

POTASSIUM SYMPOSIUM 1962

POTASSIUM

POTASIO

KALIUM

SYMPOSIUM

1962

POTASSIUM
POTASIO
KALIUM

SYMPOSIUM

1962

La fumure potassique dans les conditions méditerranéennes

Comptes rendus du 7^e congrès de
l'Institut International de la Potasse
Athènes 1962

17 rapports présentés au cours de cinq séances de travail

Editeurs Editors Herausgeber Editores
Institut International de la Potasse
International Potash Institute
Internationales Kali-Institut
Instituto Internacional de la Potasa
Berne (Switzerland)

Printed in Switzerland

Table des matières Contents Inhaltsverzeichnis Indice de materias

Introduction, Einführung, Introducción..... 9-16

SÉANCE D'OUVERTURE

Allocution de S.E. le Ministre de l'Agriculture du Royaume de Grèce, *C. Adamopoulos* 17-19

Discours de bienvenue du Recteur de l'Ecole Supérieure d'Agriculture d'Athènes, Prof. Dr. *N.C. Rousopoulos* 20-28

1. Aperçu général sur l'agriculture en Grèce, Prof. *N.E. Christodoulou* 29-49

2. Les sols grecs et leurs besoins en matières fertilisantes, Dr. *D.S. Catacouzinos* 51-61

3. Characteristics of some Alluvial Soils of Northern Greece, Dr. *J.M. Kalovoulos* and Prof. Dr. *S.A. Paxinos* 63-74

4. Sur l'utilisation économique optimale des engrais, Prof. Dr. *N.C. Rousopoulos* 75-88

Discussions 89-91

DEUXIÈME SÉANCE

| | | |
|--|---|---------|
| <i>Ecologie de l'agriculture méditerranéenne</i> | <i>Ökologie der Landwirtschaft in den mediterranen Gebieten</i> | |
| <i>Ecology of the Mediterranean Agriculture</i> | <i>Ecología de la agricultura de las regiones mediterráneas</i> | |
| 5. The Climate of the Mediterranean, Prof. Dr. <i>G. Roncali</i> | | 93-166 |
| 6. Die Böden des Mediterranen Raumes, Prof. Dr. <i>W. Kubiena</i> | | 167-190 |
| 7. Plant Growth under Mediterranean Climatic Conditions as Influenced by Water Supplies, Prof. Dr. <i>R.M. Hagan</i> | | 191-218 |
| Communication: | | |
| Estimation of Available Potassium Reserves in Soils, Dr. <i>J. Hagin</i> and Dr. <i>S. Feigenbaum</i> | | 219-227 |
| Discussions | | 229-230 |

TROISIÈME SÉANCE

| | | |
|---|--|---------|
| <i>Le potassium et les sols méditerranéens</i> | <i>Das Kalium und die Böden in den mediterranen Gebieten</i> | |
| <i>Potassium and the Mediterranean Soils</i> | <i>El potasio y los suelos de las regiones mediterráneas</i> | |
| 8. La dynamique du potassium dans le sol, Dr. <i>G. Barbier</i> | | 231-258 |
| 9. The Improvement of Saline and Sodic Soils, Dr. <i>A. D. Ayers</i> | | 259-270 |
| 10. Fertilizer Use under Irrigation, Dr. <i>I. Arnon</i> | | 271-298 |
| Communications: | | |
| Le problème des interactions N-K et les conditions méditerranéennes, Dr. <i>G. Drouineau</i> | | 299-304 |
| The Effect of Long-Term Potassium Experiment on Yield and Quality of Potatoes as a third Crop in Rotation, Dr. <i>D. Lachover</i> and Dr. <i>I. Arnon</i> | | 305-324 |
| Discussions | | 325-330 |

QUATRIÈME SÉANCE

| | | |
|--|---|---------|
| <i>Le potassium et les cultures méditerranéennes</i> | <i>Das Kalium und die mediterranen Kulturen</i> | |
| <i>Potash and the Mediterranean Crops</i> | <i>El potasio y los cultivos mediterráneos</i> | |
| 11. La fumure des agrumes, Dir. <i>E. González-Sicilia</i> | | 331-341 |
| 12. La fumure des plantes fourragères, Prof. <i>V. Morani</i> | | 343-355 |
| Communications: | | |
| Leaf and Soil Analysis Studies for the Evaluation of Potassium Requirements of Citrus Trees, Dr. <i>A. Bar-Akiva</i> , Dr. <i>A. Porath</i> and Dr. <i>S. Feigenbaum</i> | | 357-367 |
| Phénomènes de synergisme molybdène-potassium dans la nutrition potassique des plantes, Dr. <i>A. Baroccio</i> | | 369-373 |
| Potassium Deficiency as a Result of Increased Nitrogen Fertilization in Irrigated Pastures, Dr. <i>A. Douvat</i> | | 375-385 |
| Utilisation des engrais potassiques dans l'agriculture de la République Populaire Roumaine, Prof. Dr. <i>G. H. Ionescu-Sisesti</i> | | 387-393 |
| La carence potassique de l'olivier en Grèce, Dr. <i>S. D. Démétriadès</i> et Dr. <i>N. A. Galvalas</i> | | 395-400 |
| Le potassium dans les principaux types de sols en Yougoslavie, Prof. Dr. <i>S. Nikolic</i> , Dr. <i>Dj. Jelenić</i> et Dr. <i>M. Pantović</i> | | 401-409 |
| Discussions | | 411-413 |

CINQUIÈME SÉANCE

Le potassium et les cultures méditerranéennes *Das Kalium und die mediterranen Kulturen*
Potash and the Mediterranean Crops *El potasio y los cultivos mediterráneos*

| | |
|---|---------|
| 13. La fumure de la vigne et des vergers, Dir. <i>L. Audidier</i> | 415-435 |
| 14. Commercial Fertilizers for Cotton, Prof. <i>B. G. Christidis</i> | 437-462 |
| 15. Corn Manuring under Mediterranean Conditions, Dir. <i>E. Sánchez-Monge</i> | 463-469 |
| 16. La fumure du riz en Italie et dans les pays méditerranéens, Prof. <i>L. Borasio</i> | 471-496 |
| 17. La fumure de l'olivier, Dir. <i>E. Buchmann</i> | 497-589 |
| Discussions | 591-592 |
| Conclusion, Prof. Dr. <i>N. C. Rousopoulos</i> | 593-594 |
| Conclusions, Prof. Dr. <i>N. C. Rousopoulos</i> | 595-596 |
| Schlußbetrachtung, Prof. Dr. <i>N. C. Rousopoulos</i> | 597-598 |
| Conclusión, Prof. Dr. <i>N. C. Rousopoulos</i> | 599-600 |
| Registre des auteurs | 601-608 |
| Author index | 601-608 |
| Autorenregister | 601-608 |
| Registro de autores | 601-608 |
| Index alphabétique | 609-614 |
| Subject index | 615-620 |
| Sachregister | 621-626 |
| Índice alfabético | 627-632 |

Introduction

La Direction de l'Institut International de la Potasse a le plaisir de présenter à ses lecteurs les comptes rendus du septième Congrès International de la Potasse qui s'est tenu à Athènes du 1^{er} au 4 mai 1962 sous le patronage d'honneur de Son Excellence le Ministre de l'Agriculture de Grèce.

Les travaux des précédents Congrès Internationaux de la Potasse ont eu pour but de faire le point de nos connaissances scientifiques sur la nature du potassium dans le sol, ses rapports avec l'utilisation de l'eau, son rôle dans la nutrition des plantes et de l'organisme animal et ceci sur un plan général et universel. Le Conseil Scientifique de l'Institut International de la Potasse a alors jugé qu'il conviendrait d'examiner l'application de ces données scientifiques de base à une zone climatique spécifique du globe. Il a choisi celle du climat méditerranéen que l'on rencontre en différentes régions de notre globe et plus particulièrement autour de la mer qui lui a donné son nom. Cette région, berceau de notre civilisation en Europe et habitée depuis les premiers jours de l'humanité, revêt actuellement une grande importance économique et humaine tant par le nombre des pays qui l'occupent que par la densité de sa population.

Les travaux de ce septième Congrès International de la Potasse qui ont eu pour thème général «La fumure potassique dans les conditions méditerranéennes» désirent apporter leur contribution au développement de cette région.

L'étude du climat et la connaissance des conditions écologiques sont, dans cette région du monde plus que dans aucune autre, les approches scientifiques indispensables à une étude complète de l'utilisation rationnelle des engrais minéraux. Dans des sols d'origine géologique très différente, soumis à de grandes variations de température et surtout à un système hydrologique très irrégulier, la connaissance du mouvement des éléments minéraux dans le sol, leur migration, leur accumulation dans certaines zones, forment le prélude indispensable à l'étude du problème général de la fertilisation. Les agronomes grecques ont, au cours des dernières années, réalisé de nombreux travaux sur les facteurs climatiques et édaphiques de leur pays, dont l'agriculture en plein essor a profité.

L'irrigation permet de pallier aux vicissitudes du régime pluviométrique en donnant aux plantes cultivées, la possibilité de faire pleinement usage de la fumure minérale mise à leur disposition. Ainsi il est possible de transformer une agriculture extensive et alléatoire en une agriculture intensive et hautement productive.

Ces données scientifiques de base ont été présentées et discutées par d'éminents spécialistes des problèmes écologiques et agronomiques des régions méditerranéennes au cours des trois premières séances de travail de ce congrès. Afin de contribuer plus directement à l'évolution de l'agriculture de ces régions du monde, le Conseil Scientifique de l'Institut International de la Potasse a décidé de consacrer une partie de ses travaux à l'étude de la fumure d'un certain nombre de cultures méditerranéennes. Cette innovation a permis à un groupe de chercheurs expérimentés d'exposer les expériences pratiques qu'ils ont réalisées et les résultats qu'ils ont obtenus. Ils ont ainsi montré que dans un grand nombre de types de sol méditerranéens, l'apport de potassium est indispensable à l'obtention de récoltes élevées et de grande qualité. Les deux dernières séances de travail ont donc été dédiées à l'étude de la fumure rationnelle et équilibrée, non seulement dans le domaine de la production des fruits (oranges, olives, vignes et autres produits horticoles) mais également dans celui de la production des céréales de base comme le riz et le maïs ou celui des cultures industrielles comme le coton. Ces débats ont permis de montrer que, dans les conditions du climat méditerranéen et compte tenu de la nature spécifique des sols de ces régions, il est très important d'étudier soigneusement le mode d'application des engrais en général et plus particulièrement des fumures potassiques. Ces spécialistes ont en effet démontré qu'il est tout aussi important dans la pratique de savoir comment et quand il faut appliquer les engrais que de déterminer d'une manière précise les besoins en éléments nutritifs des différentes plantes cultivées.

La Direction de l'Institut International de la Potasse souhaite que les conclusions des travaux de son septième congrès puissent ainsi contribuer à l'amélioration de la production agricole dans les régions méditerranéennes.

Nous tenons à remercier ici MM. les rapporteurs, qui ont bien voulu nous apporter leur précieux concours et nous faire connaître pour le bénéfice de tous, les résultats de leurs remarquables travaux, ainsi que les jeunes chercheurs qui ont présenté des communications très appréciées de l'auditoire. Nous remercions tout spécialement Son Excellence Monsieur C. Adamopoulos, Ministre de l'Agriculture du Royaume de Grèce, d'avoir bien voulu accepter le patronage d'honneur de ce Congrès.

Nos remerciements s'adressent également à Monsieur le Professeur N.C. Roussopoulos, Recteur de l'École Supérieure d'Agriculture d'Athènes, qui a bien voulu accepter la lourde tâche de présider les travaux et les discussions de ce Congrès. Enfin, nous tenons à exprimer notre vive gratitude à tous ceux qui ont bien voulu contribuer au plein succès de cette réunion et à la réalisation de cette publication.

La Direction de l'Institut International de la Potasse

Introduction

The Board of the International Potash Institute takes pleasure in presenting its readers with the report of the Seventh International Potash Congress held at Athens from May 1 to 4, 1962, under the patronage of His Excellency the Greek Minister of Agriculture.

The work of previous International Potash Congresses has been concerned with reviewing at a general and universal level our scientific knowledge on the nature of potash in the soil, its implications as regards the utilization of water and its role in the nutrition of plant and animal organisms. The Scientific Council of the International Potash Institute therefore considered it worthwhile to examine these basic scientific data as applied in a specific climatic region. It settled on the Mediterranean climate, which occurs in various parts of the world and more especially around the sea from which it takes its name. This region, which is the cradle of our European civilization and which has been inhabited since the earliest times, has now assumed a position of the greatest economic and social importance, both by virtue of the number of countries included in it and by the density of its population.

The efforts of the Seventh International Potash Congress, whose general theme was entitled "Potash manure in Mediterranean conditions", were intended as a contribution to the improvement of this region.

In this region more than in any other it is essential to study climatic and ecological conditions in order to have a complete picture of how chemical fertilizers can be used to full advantage. As regards soils of widely varying geological origin which are subjected to a considerable range of temperature and, more especially, depend on a very irregular rainfall, a knowledge of the movement of mineral elements in the soil, of their migration and of their concentration in certain areas is an indispensable prelude to the general problem of fertilization. In recent years Greek agricultural experts have put into operation a number of schemes to combat climatic and edaphic conditions in their country from which agriculture has derived great benefit. Moreover, irrigation makes agriculture independent of the vicissitudes of rainfall and ensures that crops being grown have every chance of properly assimilating the chemical fertilizer expended on them. It is thus possible to make an unstable system of large-scale agriculture more intensive and productive.

These basic scientific data were submitted and discussed by eminent specialists in ecological and agricultural problems in Mediterranean regions in three initial study sessions of the Congress. In order to make a more

direct contribution to these areas, the Scientific Council of the International Potash Institute decided to devote part of its efforts to the study of fertilizer problems confronting a certain number of Mediterranean crops. This innovation has enabled an agricultural research team to review the practical experience and the results which they have obtained in the course of fertilizer experiments. They have thus been able to show that the addition of potash is essential to many types of Mediterranean soil before they can yield abundant high-quality crops. The last two study sessions were devoted to rational, balanced fertilization, not only as applied in fruit growing (oranges, olives, grapes and other plantation crops) but also in the cultivation of basic cereals, such as rice and maize, or in such industrial crops as cotton. These discussions have revealed that in view of the climatic conditions prevailing in the Mediterranean region and of the peculiarities of the different kinds of soil in these regions it is of the utmost importance to devote careful study to methods of applying fertilizers in general and potash fertilizers in particular. These experts have in fact demonstrated that in practice it is just as important to know how and when to employ fertilizers as it is to know the exact nutritional requirements of the various crops cultivated.

The Board of the International Potash Institute sincerely hopes that the work accomplished by its Seventh Congress will thus help to improve agricultural production in the Mediterranean area.

We should like to take this opportunity of thanking the speakers for their kind and valuable collaboration and for making the results of their sterling work available for the common weal, as well as the young research team for their information, which was very much appreciated by the audience. A special word of gratitude is due to His Excellency the Greek Minister of Agriculture, Mr. C. Adamopoulos, for his kindness in assuming the patronage of this Congress.

We are also equally indebted to Professor N.C. Roussopoulos, Rector of Athens Agricultural College, for accepting the heavy responsibility of presiding over the activities and discussions of the Congress. In conclusion, we should like to thank all those who have in any way contributed to the success of this meeting and the issuing of this publication.

The Management of the International Potash Institute

Einführung

Die Direktion des Internationalen Kali-Institutes freut sich, die Berichte des siebenten Internationalen Kali-Kongresses, welcher unter dem Ehrenpatronat S.E. des griechischen Ministers der Landwirtschaft in Athen, im Mai 1962, stattfand, vorzulegen.

Die früheren Internationalen Kali-Kongresse wurden veranstaltet, um den Stand der wissenschaftlichen Kenntnisse über das Kalium im Boden, seine Beziehungen zum Wasserhaushalt, seine Bedeutung in der Pflanzen- und tierischen Ernährung in einem ganz generellen Rahmen zu ermitteln. Der wissenschaftliche Beirat des Internationalen Kali-Institutes hat deshalb vorgeschlagen, nun die praktische Anwendung dieser wissenschaftlichen Grundlagen in einem spezifischen klimatischen Gebiet zu untersuchen. Er wählte das mediterrane Klima, welches in verschiedenen Zonen der Erde anzutreffen ist und vor allem seine ausgeprägte Entwicklung rund um das Mittelmeer erreicht hat. Dieses Gebiet, Wiege unserer westeuropäischen Zivilisation, ist auch heute noch von großer wirtschaftlicher und sozialer Bedeutung.

Die Arbeiten dieses siebenten Internationalen Kali-Kongresses, welcher als Hauptthema «Die Kalidüngung unter mediterranen Bedingungen» hatte, möchten ihren Beitrag zum großen Werk der Wiederherstellung der Bodenfruchtbarkeit leisten.

Die Untersuchung der Klima- und ökologischen Bedingungen bilden, in diesem Gebiet mehr als irgendwo anders in der Welt, die notwendige wissenschaftliche Grundlage zur rationellen Düngeranwendung. In den Böden von sehr verschiedenem geologischem Ursprung, welche großen Temperatur- und Feuchtigkeitsgehaltsschwankungen unterworfen sind, muß man unbedingt die Wanderungsvorgänge der Mineralstoffe kennen, um an die Probleme der Düngung herantreten zu können. Die griechischen Agronomen haben im Laufe der letzten Jahre zahlreiche Arbeiten über die klimatischen und bodenkundlichen Bedingungen ihrer Heimat durchgeführt, wovon die im Aufschwung begriffene Landwirtschaft großen Nutzen gezogen hat.

Dank der Bewässerung ist es auch möglich, den Nachteilen der unregelmäßigen Regenfälle zu begegnen und den angebauten Pflanzen die volle Ausnützung der ihnen zur Verfügung gestellten Mineraldünger zu ermöglichen. Auf diese Weise kann man eine extensive und dem Zufall überlassene Bodennutzung in eine intensive und hochproduktive Landwirtschaft umwandeln.

Diese wissenschaftlichen Grundlagen wurden von hervorragenden Spezialisten der Ökologie und der Landwirtschaft der mediterranen Gebiete im Laufe der drei ersten Arbeitssitzungen dieses Kongresses dargestellt. Um zur fortschrittlichen Entwicklung der Landwirtschaft in diesen Gebieten der Welt in umfangreicher Weise beizutragen, hat der wissenschaftliche Beirat des Internationalen Kali-Institutes beschlossen, einen Teil seiner Beratungen der Untersuchung der Düngung einer Anzahl spezifisch mediterraner Kulturen zu widmen. Dieser Beschluß ermöglichte es einer Gruppe von erfahrenen Forschern, ihre Feldversuche zu erklären und deren Ergebnisse darzulegen. Sie haben dabei gezeigt, daß die Zufuhr von Kaliumdüngungen in einer großen Anzahl mediterraner Bodentypen unerlässlich ist, um hohe, qualitativ einwandfreie Erträge zu erzeugen. Die zwei letzten Sitzungen des Kongresses wurden der Untersuchung der wirtschaftlichen und ausgeglichenen Düngungsmethoden zu Obstkulturen (Zitrusfrüchte, Oliven, Weinreben usw.), Getreidebau (Reis und Mais) und Handespflanzenbau (Baumwolle) gewidmet. Aus diesen Verhandlungen ging hervor, daß in Anbetracht der spezifischen Bodenarten dieser Gebiete und ihrer besonderen klimatischen Bedingungen die Ermittlung der günstigsten Anwendungsmethoden der Dünger im allgemeinen und der Kaliumdüngungen im besonderen außerordentlich wichtig ist. Diese Spezialisten haben dargelegt, daß es in der Praxis ebenso wichtig ist, zu wissen, wann und wie die Dünger angewendet werden sollen, wie die Nährstoffbedürfnisse der verschiedenen Kulturpflanzen genau zu ermitteln.

Die Direktion des Internationalen Kali-Institutes möchte mit den Ergebnissen des siebenten Kali-Kongresses dazu beitragen, die Verbesserung der landwirtschaftlichen Produktion in den mediterranen Gebieten zu fördern.

Wir danken allen Referenten, welche uns ihre wertvolle Mitarbeit zuteilen ließen und, zum Vorteil aller, uns über die Ergebnisse ihrer bedeutenden Forschungsarbeiten berichteten. Dieser Dank gilt auch den jungen Forschern, welche mit sehr interessanten Mitteilungen wesentlich zum Erfolg der Tagung beigetragen haben. Ganz besonders danken wir S.E. Herrn C. Adamopoulos, Landwirtschaftsminister Griechenlands, für die freundliche Übernahme des Ehrenpatronates dieses Kongresses.

Wir danken auch Herrn Professor N.C. Roussopoulos, Rektor der Landwirtschaftlichen Hochschule von Athen, für die Übernahme der Leitung der Arbeiten und Diskussionen dieser Tagung. Endlich gilt unser Dank all jenen, welche zum guten Gelingen des Kongresses und zur Herausgabe des vorliegenden Bandes beigetragen und uns ihre wertvolle Mitarbeit in freundlicher Weise zuteilen ließen.

Die Direktion des Internationalen Kali-Institutes

Introducción

La Dirección del Instituto Internacional de la Potasa tiene el honor de presentar a sus lectores los informes del séptimo Congreso Internacional de la Potasa, reunido en Atenas del 1° al 4 de mayo de 1962, bajo el alto patrocinio de honor de Su Excelencia, el Ministro de Agricultura de Grecia.

Los trabajos de los precedentes Congresos Internacionales de la Potasa tuvieron por objeto resumir nuestros conocimientos científicos sobre la naturaleza del potasio en el suelo, sus relaciones con la utilización del agua, su función en la nutrición de las plantas y del organismo animal, todo ello en un nivel general y universal. El Consejo Científico del Instituto Internacional de la Potasa juzgó entonces conveniente examinar la aplicación de éstos datos científicos fundamentales a una zona climática específica del globo. Se decidió por el clima mediterráneo que se encuentra en diferentes regiones de nuestra tierra y, muy particularmente, alrededor del mar que le ha dado su nombre. Esta región, cuna de nuestra civilización en Europa y habitada desde los primeros días de la humanidad, tiene actualmente gran importancia económica y humana, tanto por el número de países que la ocupan, como por la densidad de su población.

Los trabajos del séptimo Congreso Internacional de la Potasa que tuvieron por tema general «El abonado potásico en las condiciones mediterráneas», quieren aportar su contribución al desarrollo de esta región.

El estudio del clima y el conocimiento de las condiciones ecológicas constituyen, en esta región del mundo más que en ninguna otra, los fundamentos científicos indispensables para un estudio completo de la utilización racional de los abonos minerales. En los suelos de origen geológico muy diferente, sometidos a grandes variaciones de temperatura y, ante todo, a un sistema hidrológico muy irregular, el conocimiento de los elementos minerales en el suelo, su migración y su acumulación en ciertas zonas, forman el prelude indispensable para el estudio general de la fertilización. Durante estos últimos años, los agrónomos griegos han realizado numerosos trabajos sobre los factores climáticos y edáficos de su país, que han producido grandes beneficios para la agricultura en pleno desarrollo. La irrigación puede subsanar las vicisitudes del régimen pluviométrico y conferir a las plantas cultivadas, la posibilidad de utilizar plenamente el abono mineral que ha sido puesto a su disposición. Así resulta posible transformar una agricultura extensiva y aleatoria en una agricultura intensiva y altamente productiva.

Estos datos científicos fundamentales fueron presentados y discutidos por eminentes especialistas de los problemas ecológicos y agronómicos de las

regiones mediterráneas, durante las tres primeras sesiones de trabajo de este Congreso. Con el fin de contribuir más directamente a la evolución de la agricultura de esas regiones del mundo, el Consejo Científico del Instituto Internacional de la Potasa decidió consagrar una parte de sus trabajos al estudio del abonado de cierto número de cultivos mediterráneos.

Merced a esta innovación, algunos investigadores experimentados, constituidos en un grupo, pudieron exponer las experiencias prácticas llevadas a cabo por ellos y los resultados obtenidos durante sus ensayos de abonado. Demostraron así que en gran número de tipos de suelo mediterráneo, el aporte de potasio es indispensable si se quiere obtener cosechas óptimas y de gran calidad. Las dos últimas sesiones de trabajo estaban dedicadas, pues, al estudio del abonado racional y equilibrado, no solamente en el dominio de la producción de frutas (naranjas, aceitunas, uva y otros productos hortícolas), sino igualmente en el de la producción de los cereales de base, tales como el arroz y el maíz, o en el de los cultivos industriales como el algodón. Estos debates pusieron en evidencia que es muy importante — en las condiciones del clima mediterráneo y tomando en consideración la naturaleza específica de los suelos de esas regiones — estudiar cuidadosamente el modo de aplicación de los abonos en general y, más particularmente, de los abonados potásicos. Estos especialistas demostraron, en efecto, que es tan importante saber, en la práctica, cómo y cuándo han de aplicarse los abonos, como determinar de manera precisa, las necesidades de las diferentes plantas cultivadas en elementos nutritivos.

La Dirección del Instituto Internacional de la Potasa desea que las conclusiones de los trabajos de su séptimo congreso puedan contribuir eficazmente a mejorar la producción agrícola en las regiones mediterráneas.

Queremos dar aquí las gracias a los señores relatores quienes han tenido a bien aportarnos su valiosa ayuda y darnos a conocer, en beneficio de todos, los resultados de sus notables trabajos, así como a los jóvenes investigadores quienes han presentado comunicaciones muy apreciadas por el auditorio. Expresamos nuestro reconocimiento muy especialmente a Su Excelencia el señor C. Adamopoulos, Ministro de Agricultura del Reino de Grecia, por haberse dignado aceptar el patrocinio de honor de este Congreso.

Nuestra gratitud va igualmente al Profesor N. C. Roussopoulos, Rector de la Escuela Superior de Agricultura de Atenas, quien ha tenido a bien aceptar la carga pesada de presidir los trabajos y las discusiones de este Congreso. Finalmente, expresamos nuestro vivo agradecimiento a todos los que se hayan dignado contribuir al pleno éxito de esta reunión y la a realización de esta publicación.

La Dirección del Instituto Internacional de la Potasa

Allocution

Monsieur le Président,
Messieurs les Délégués,

Je regrette, étant absent d'Athènes, de ne pas avoir pu proclamer l'ouverture du 7^e Congrès International de la Potasse.

Je me suis informé avec satisfaction que les travaux du Congrès étaient efficaces et fertiles et leurs conclusions seront d'un grand intérêt pour tous les pays du bassin méditerranéen.

Dans l'effort que mon pays fait pour augmenter la production agricole et améliorer la qualité des produits, l'usage équilibré des engrais pourrait contribuer d'une façon décisive à la réussite de cette tâche.

Nos produits délicats et exportables constituent un facteur considérable de l'économie rurale de la Grèce, surtout en vue de notre prochaine adhésion à la Communauté économique européenne.

Vous pouvez par conséquent concevoir avec quel intérêt les résultats scientifiques de votre Congrès seront l'objet d'un accueil bienveillant et d'une étude profonde.

Exprimant ma vive satisfaction, je désire féliciter le Conseil d'administration de l'Institut International de la Potasse pour l'inspiration heureuse qu'il a eu d'organiser le présent Congrès à Athènes, ainsi que tous les savants éminents qui ont contribué à sa réussite par leur participation soit comme rapporteurs soit aux communications et aux discussions qui ont suivi.

J'éprouve encore l'obligation de vous remercier, M. le Président, chaleureusement pour l'honneur que vous m'avez réservé de proclamer la clôture du Congrès.

S.E. Ministre Adamopoulos

Mr. President,
Messrs. Delegates,

I regret my absence from Athens which prevented me from announcing the opening of the Seventh International Potassium Congress.

It gives me great satisfaction to learn that the programme of the Congress has been carried out so effectively, and that so many fertile ideas have been expressed; its conclusions will be of great importance for all the countries of the Mediterranean basin.

You are aware of the present efforts of my country to elevate agricultural production both in quantity and in quality. The balanced use of fertilizers could contribute decisively to their success.

Our choice products, appreciated abroad, are a considerable factor in the rural economy of Greece, especially in view of our close link with the European Economic Community.

You will therefore conceive the importance we attach to the scientific results of your Congress, which will be eagerly received and closely studied.

Expressing my lively appreciation, I desire to congratulate the Council of Management of the International Potash Institute on the happy inspiration which led them to arrange the present Congress in Athens, and to all the distinguished scholars who have played their part through the presentation of papers, or in the subsequent communications and discussions.

I am obliged to you, Mr. President, for the honour of being asked to perform this function, and I thank you warmly as I announce the closing of the Congress.

H.E. Minister Adamopoulos

Herr Präsident,
Meine Herren,

Ich bedaure, daß es mir infolge meiner Abwesenheit von Athen nicht möglich gewesen ist, den 7. Internationalen Kali-Kongreß zu eröffnen.

Wie ich mit Befriedigung feststellen konnte, war die Kongreßtätigkeit erfolgreich und fruchtbar, und die getroffenen Schlußfolgerungen werden für alle Länder des Mittelmeerraumes von großem Interesse sein.

Bei den Bemühungen meines Landes, die landwirtschaftliche Produktion zu steigern und die Qualität der Erzeugnisse zu verbessern, könnte die sinnvolle Anwendung der Düngemittel entscheidend zum Erfolg dieser Aufgabe beitragen.

Unsere vorzüglichen Ausführprodukte stellen einen wichtigen Faktor in der Volkswirtschaft Griechenlands dar, besonders im Hinblick auf unseren baldigen Eintritt in die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft.

Daher werden Sie verstehen, mit welch großem Interesse die wissenschaftlichen Ergebnisse Ihres Kongresses erwartet und einem gründlichen Studium unterworfen werden.

Indem ich meiner großen Befriedigung Ausdruck verleihen möchte, gratuliere ich dem Direktorium des Internationalen Kali-Institutes zu seiner glücklichen Entscheidung, den jetzigen Kongreß in Athen abzuhalten, ebenso wie allen bekannten Wissenschaftlern, die durch ihre Anwesenheit als Berichterstatter oder Diskussionsteilnehmer viel zum Erfolg beigetragen haben.

Ich möchte es nicht versäumen, Ihnen, Herr Präsident, nochmals herzlich für die mir erteilte ehrenvolle Aufgabe zu danken, den Kongreß für beendet zu erklären.

S.E. Minister Adamopoulos

Señor Presidente
Señores Delegados

Siento mucho al haber tenido que ausentarme de Atenas, no haber podido proclamar la apertura del Séptimo Congreso Internacional de la Potasa.

Me he informado con satisfacción de que los trabajos del Congreso han resultado eficaces y fecundos y que sus conclusiones serán de gran interés para todos los países de la cuenca del Mediterráneo.

En el esfuerzo que mi país hace para aumentar la producción agrícola y mejorar la calidad de los productos, el empleo equilibrado de los abonos puede contribuir de una manera decisiva al éxito de esta tarea.

Nuestros productos delicados y exportables constituyen un factor considerable de la economía rural de Grecia, sobre todo con vistas a nuestra próxima adhesión a la Comunidad Económica Europea.

Por consiguiente, podeis concebir con qué interés serán objeto de una buena acogida y de un estudio profundo los resultados científicos de vuestro Congreso.

Para expresar mi viva satisfacción, deseo felicitar al Consejo de Administración del Instituto Internacional de la Potasa por la feliz inspiración que ha tenido al organizar el presente Congreso en Atenas, así como a todos los eminentes sabios que han contribuido a su éxito con su participación, bien como informadores o bien por las comunicaciones, y a los discursos que han seguido.

Además deseo expresarles mi caluroso agradecimiento. Sr. Presidente, por el honor que me ha reservado de proclamar la clausura del Congreso.

S.E. Ministro Adamopoulos

Discours de Bienvenue

Très éminents collègues!

Je suis très fier et très heureux en souhaitant, comme président des travaux du 7^e Symposium de la Potasse, la bienvenue à Athènes aux éminents savants et participants à cette réunion, qui ont bien voulu répondre avec empressement à l'invitation de l'Institut International de la Potasse, organisateur des symposia de cet élément si important pour la vie et l'agriculture.

Qu'il me soit aussi permis, au nom de tous, de remercier à mon tour les personnalités helléniques et étrangères qui ont bien voulu rehausser de leur présence la séance inaugurale de nos travaux.

Enfin, c'est un devoir très agréable pour moi d'exprimer nos remerciements chaleureux à l'éminent professeur M. Louros, fondateur et directeur de la Clinique Alexandra qui a si aimablement mis à la disposition de notre symposium, ce bel amphithéâtre de sa clinique.

C'est de bon augure que le 7^e Symposium, qui coïncide avec le dixième anniversaire de l'Institut international de la Potasse ait lieu, à l'ombre de l'Acropole, sous l'égide d'Athéna, la déesse antique de la raison et de la sagesse, dans cette cité et dans ce pays, illustres entre tous, qui furent le berceau de la science et, avec Rome, de notre civilisation actuelle.

C'est qu'en effet, ainsi que le fait remarquer Bergson «la précision, la rigueur, le souci de la preuve, l'habitude de distinguer entre ce qui est simplement possible et probable et ce qui est certain, n'auraient peut-être jamais paru dans le monde, s'il ne s'était rencontré jadis, en ce coin de la Grèce, un petit peuple auquel l'à peu près ne suffisait pas, et qui inventa la précision.»

L'Institut international de la Potasse ne saurait donc commencer sa deuxième décennie sous de meilleurs augures. Son œuvre est d'ailleurs déjà considérable.

Notre science, si féconde en acquisitions et applications merveilleuses, qui a pourtant, comme bases solides l'expérience et l'observation a, comme toute création humaine, ses côtés faibles: Son caractère nécessairement provisoire et momentané, et jamais définitif, étant donné que comme l'affirme Platon dans Théaititos, avant et mieux que Du Bois-Raymond «nous savons et nous ne savons pas et nous connaissons et nous ne connaissons pas», car «aucune chose n'est jamais, mais toujours en état de l'être»; son besoin de généralisation avec tous ses risques: mais il n'y a de scientifique que le général remarquait déjà Aristote; le mal nécessaire qu'est la spécialisation, qui, trop poussée, mène au babélisme; la mode, qui, comme l'a souligné Schrödinger, toute puissante en science aussi, même sur les esprits les plus ouverts et les plus avertis, empêche l'exploration symétrique du

domaine scientifique; les divers mauvais héritages et préjugés du passé, dont il est si difficile de se débarrasser; et, surtout parmi tant d'autres encore, la prodigieuse production scientifique, qui croît à un rythme de plus en plus accéléré.

Il y a déjà quarante et un ans Georges Urbain sonnait la cloche d'alarme à ce dernier sujet «Depuis qu'il est devenu impossible à un savant de se tenir au courant des questions qu'il n'étudie pas personnellement dans son laboratoire, l'avenir de la science, écrivait-il, risque de sombrer sous la marée montante d'une vaine documentation» et de préconiser une organisation d'ensemble pour la valorisation de l'excellent principe qu'est autrement, pour le progrès scientifique, la spécialisation, vu le caractère social et universel de la science.

Cette organisation de coordination scientifique, en ce qui concerne la potasse est précisément entreprise par l'Institut international de Berne, qui, en dehors d'un travail «de documentation et de sa répartition vers les organismes intéressés» organise, dans l'esprit aussi plus général de collaboration et de contacts internationaux de notre temps, ces symposia dont il est inutile de souligner devant vous l'importance et le succès.

Ce succès et le succès de l'Institut international de la Potasse est dû aux hommes éminents qui assument sa direction – et je dois citer en tout premier lieu Monsieur le Président Borel – et à la valeur des autres savants, de renommée mondiale, qui forment son Conseil scientifique.

Qu'il me soit permis de leur exprimer à tous, au nom de ce symposium, toute notre gratitude.

Le présent 7^e Symposium est consacré à la question de la fumure potassique dans les conditions méditerranéennes, d'après le programme que nous avons tous sous les yeux.

Les organisateurs de ce 7^e Symposium se sont efforcés d'établir l'horaire de ce programme en tenant, autant que possible compte du désir légitime de nos hôtes qui visitent pour la première fois notre pays, de tirer parti de leur court séjour en Grèce, pour en faire une première connaissance.

De notre côté tâchons, en étant brefs tout en étant complets de seconder leur effort. Pour le reste, souhaitons que dans notre cas aussi, comme dans le cas de Renan, opère la grâce de la Raison et de la Sagesse, personnifiées dans l'Antiquité par la déesse Athéna «qui par un sourire, conférait à l'Athénien naissant, l'initiation que le célèbre auteur «avait acquise à force de réflexion, au prix de longs efforts».

Sur cela je souhaite pour notre 7^e Symposium qu'il marque le même succès que les précédents, et, pour nos chers hôtes un agréable et à tous points profitable séjour en Grèce.

N.C. Roussopoulos

Welcoming Address

Honoured Colleagues!

It is with great pride and pleasure that I welcome you to Athens and to the 7th Potassium Symposium, over whose deliberations I am to have the honour of presiding. We are fortunate indeed in bringing together so many distinguished scholars who have readily responded to the invitation of the International Potash Institute, the organiser of these symposia on an element of such great importance for agriculture and indeed for all living things.

On my own behalf, and if you will permit me in the name of all participants here, I express our thanks to those eminent citizens of this and of other countries whose presence adds distinction to our inaugural session.

Lastly, it is a very agreeable duty for me to express our warm thanks to Professor Louros, the Founder and Director of the Alexandra Clinic, who has so kindly made this fine lecture hall available for our symposium.

It is a good augury for the 7th Symposium, which also marks the tenth anniversary of the International Potash Institute, that it is taking place in the shade of the Acropolis, under the aegis of Athena, the ancient goddess of reason and of wisdom, in this city and in this land, renowned the world over as the cradle of Science, and, with Rome, of our present civilisation.

It is indeed the case, as Bergson remarked, that "precision, rigour, concern for proof, the habit of distinguishing between the merely possible or probable and that which is certain, might never have made their appearance in the world had there not lived in this corner of Greece a small community to whom 'almost' was not enough, and who invented precision". And so I may assert that the International Potash Institute could not have entered its second decade under better auguries for the extension of its already considerable achievement.

Our science, so fertile in knowledge gained and marvellously applied, so firmly based on experiment and observation, has nevertheless its imperfections, like everything else made by man; its necessarily provisional and transient character, never final, as Plato expressed it in *Theaitos*, earlier and better than du Bois-Raymond, "we know and we know not, we understand and we do not understand", since "each thing is not for ever, but always in a state of becoming"; its need for generalisation with all the attendant risks, although this applies not only in science but also in general, as Aristotle was already aware; the necessary evil of specialisation, which if pushed too far leads to babelism; fashion, which as Schrödinger has emphasised, is a strong force in science as elsewhere, even among the most discriminating and cautious minds, hindering the uniform exploration of the scientific

domain; legacies of error and prejudice from the past, so difficult to discard; and – even more in some other fields than our own – the problem of an overwhelming scientific output, which grows at an ever increasing pace.

Regarding the latter, it is now forty-one years since Georges Urbain sounded an alarm: “Since it has become impossible for a scholar to keep himself informed on topics that he does not study personally in his laboratory”, he wrote, “the future of science is in danger of foundering under the rising tide of unread publications”. He held the view that the progress of science required a unifying organisation, with the excellent principle of reconciling specialisation with the social and universal character of science.

This work of scientific co-ordination, as far as potassium is concerned, is precisely the sphere of activity of the International Institute at Berne, which in addition to the task of “documentation, and its transmission to all interested bodies”, acting in the spirit of international collaboration and contacts that is becoming more general in our own times, arranges these symposia, the importance and the success of which I need not point out to my present audience.

N.C. Roussopoulos

Eröffnungsansprache

Meine sehr eminenten Kollegen!

Ich bin sehr glücklich und sehr stolz darauf, als Präsident der Arbeiten des 7. Symposiums die hervorragenden Wissenschaftler und Teilnehmer dieser Versammlung, welche der Einladung des Internationalen Kali-Institutes, des Organisators der Symposien, dieses für das Leben und die Landwirtschaft so wichtigen Elements, mit Eifer Folge leisteten, in Athen willkommen zu heißen.

Erlauben Sie mir auch, im Namen aller den griechischen und ausländischen Persönlichkeiten für ihre das Niveau der Einweihungssitzung unserer Arbeiten hebende Anwesenheit meinen Dank auszusprechen.

Schließlich bleibt mir noch die sehr angenehme Aufgabe, den eminenten Herrn Professor Louros, den Gründer und Direktor der Klinik Alexandra, unserer Dankbarkeit zu versichern für die Liebenswürdigkeit, mit der er uns für unsere Sitzung diesen schönen Hörsaal in seiner Klinik zur Verfügung gestellt hat.

Es ist ein gutes Ohmen, daß das 7. Symposium, das auch mit dem 10. Jahrestag des Internationalen Kali-Institutes zusammenfällt, im Schatten der Akropolis, unter dem Schutz Athens der antiken Göttin der Vernunft und der Weisheit, in dieser unter allen auserwählten Stadt und diesem Land stattfindet, die die Wiege der Wissenschaft und, mit Rom zusammen, die unserer heutigen Zivilisation bedeutet.

Es ist wirklich so, wie *Bergson* bemerkt hat: «Wenn sich in diesem Teil Griechenlands nicht ein kleines Volk zusammengefunden hätte, dem das «beinahe» nicht genügte, und das die Genauigkeit erfand, wäre vielleicht die Präzision, die Kraft, die Sorge zu beweisen, die Gewohnheit, zwischen dem, was nur möglich und wahrscheinlich und dem, was sicher ist, zu unterscheiden, nie in die Welt gekommen.»

So könnte also das Internationale Kali-Institut sein 2. Jahrzehnt kaum unter günstigeren Zeichen beginnen. Übrigens ist sein Werk schon beachtenswert.

Unsere in der Verwirklichung und in der wunderbaren Anwendung so fruchtbare Wissenschaft, der doch Erfahrung und Beobachtung zugrunde liegt, hat, wie alles menschliche Schaffen, ihre schwachen Punkte: Ihren notwendigerweise provisorischen und augenblicklichen, nie endgültigen Charakter, wie lange bevor *Du Bois-Raymond*, *Plato* in «Phaidros» auch besser als jener versichert hat: «Wir wissen und wir wissen nicht; und wir kennen und wir kennen nicht», weil «keine Sache ewig ist, aber immer im Zustand des Seienden»; ihr Bedürfnis nach Verallgemeinerung mit all ihren

Gefahren: Schon *Aristoteles* hat bemerkt: «So gibt es denn nichts Wissenschaftliches außer dem Allgemeinen»; das notwendige Übel der Spezialisierung, die, zu weit getrieben, zur Verwirrung führt; die Mode, wie *Schrödinger* hervorgehoben hat, die auch die Wissenschaft, ja auch den offensten und fortschrittlichsten Geist beherrscht, und die die systematische Forschung auf wissenschaftlichem Gebiet hemmt; die verschiedenen schlechten Erbeile und Vorurteile der Vergangenheit, von denen man sich so schwer befreien kann; und namentlich, unter vielem anderen die riesige wissenschaftliche Produktion, die an ihren mehr und mehr beschleunigten Rhythmus glaubt.

Schon vor 41 Jahren hat *Georges Urbain*, was diesen letzten Punkt anbelangt, die Alarmglocke geschlagen: «Seit es einem Wissenschaftler unmöglich geworden ist, sich über Probleme, die er nicht selbst in seinem Labor studiert, auf dem laufenden zu halten, läuft die Wissenschaft Gefahr, in der steigenden Flut eitler Dokumentation unterzugehen?». In derselben Zeit sieht er eine alles umfassende Organisation vor für die Verwertung des für den wissenschaftlichen Fortschritt sonst ausgezeichneten Prinzips der Spezialisierung, insbesondere vom Standpunkt der sozialen und universellen Gültigkeit der Wissenschaft aus gesehen.

Gerade diese Organisation der wissenschaftlichen Gleichstellung wurde, was das Kali anbetrifft, vom Internationalen Institut in Bern geschaffen. Neben der Arbeit der Dokumentierung und ihrer Verteilung in den interessierten Kreisen, organisiert es auch im Geiste der allgemeineren Gemeinschaftsarbeit und der internationalen Kontakte unserer Zeit diese Symposien, deren Wichtigkeit und Erfolg hervorzuheben unnötig ist.

Dieser Erfolg und der Erfolg des Internationalen Kali-Institutes ist den hervorragenden Männern seiner Direktion zu verdanken. An erster Stelle möchte ich Herrn Präsident *Borel* anführen sowie auch die Bedeutung der andern Wissenschaftlern von Weltruf, die seinen wissenschaftlichen Rat bilden.

Erlauben Sie mir, Ihnen im Namen dieses Symposiums unsere tiefe Dankbarkeit auszudrücken.

Das gegenwärtige 7. Symposium ist dem Problem der kalihaltigen Düngung in mediterranen Verhältnissen gewidmet, wie wir alle aus dem Programm ersehen können.

Die Organisatoren dieses 7. Symposiums haben sich Mühe gegeben, den Stundenplan so einzurichten, daß dem berechtigten Wunsch unserer Gäste, die das erste Mal unser Land besuchen, ihren Aufenthalt in Griechenland auszunützen, um es kennen zu lernen, Rechnung getragen wird.

Seien wir unsrerseits bemüht, indem wir uns kurz fassen, aber deutlich ausdrücken, ihre Anstrengungen zu unterstützen. Im übrigen wünschen

wir, daß auch bei uns, wie für *Renan*, die Gnade der Vernunft und der Weisheit tätig sei, die in der Antike von der Göttin Athene personifiziert wurde, welche mit ihrem göttlichen Lächeln den geborenen werdenden Athener in das einweihete, was der berühmte Autor nur durch Meditation und zum Preis von großen Anstrengungen erwarb.

Schließlich wünsche ich unserem 7. Symposium, daß ihm ein ebensolcher Erfolg wie den vorherigen beschieden sei, und unsern Gästen wünsche ich einen angenehmen und allseits inhaltsreichen Aufenthalt in Griechenland.

N. C. Roussopoulos

Discurso de Bienvenida

Muy eminentes colegas!

Estoy muy orgullo y muy feliz al desear, como presidente de los trabajos del séptimo Symposium de la potasa, la bienvenida a Atenas a los eminentes sabios y participantes de esta reunión, que han querido responder con rapidez a la invitación del Instituto Internacional de la Potasa, organizador de los symposiums de este elemento tan importante para la vida y la agricultura.

Deseo me sea permitido, en nombre de todos, agradecer a mi vez a las personalidades helénicas y extranjeras que han tenido a bien realzar con su presencia la sesión inaugural de nuestros trabajos.

Finalmente, es un deber muy agradable para mí expresar nuestros calurosos agradecimientos al eminente profesor Mr. Louros, Fundador y Director de la Clínica Alexandra, quien tan amablemente ha puesto a disposición de nuestro symposium este bello anfiteatro de su clínica.

Es de buen augurio que el séptimo Symposium, que coincide con el décimo aniversario del Instituto Internacional de la Potasa, tenga lugar a la sombra de la Acrópolis, bajo la égida de Atenas, la diosa antigua de la razón y de la sabiduría, en esta ciudad y en este país, ilustrados entre todos, que fueron la cuna de la Ciencia y, con Roma, de nuestra civilización actual.

Es que, en efecto así como lo señala Bergson, «la precisión, el vigor, la inquietud de la prueba, la costumbre de distinguir entre lo que es simplemente posible y lo que es cierto, jamás hubieran podido ocurrir en el mundo si no hubiera existido en otro tiempo, en este rincón de Grecia, un pequeño pueblo al que, el más o el menos, no era suficiente, y que inventó la precisión».

Así pues, el Instituto Internacional de la Potasa no podría pues, comenzar su segundo decenio bajo mejores augurios. Por otra parte, su trabajo resulta ya considerable.

Nuestra ciencia, tan fecunda en adquisiciones y aplicaciones maravillosas, que tiene, sin embargo, como base sólida la experiencia y la observación, tiene, como cualquier otra creación humana, sus puntos débiles: su carácter necesariamente previsor y momentáneo, nunca es definitivo, teniendo en cuenta que, como afirma Platón en Theaititos, antes y mejor que Du Bois-Raymond «sabemos y no sabemos; conocemos y no conocemos», pues «ninguna cosa existe jamás, sino siempre en estado del ser»; su necesidad de generalización con todos sus riesgos: perono hay más científico que el general que señalaba ya Aristóteles; el mal necesario que es la especialización que, demasiado adelantada, lleva hasta el babelismo; la moda, como señaló Schrödinger, todopoderoso en ciencia también, incluso sobre los espíritus más abiertos y más avisados, que impide la exploración simétrica del dominio científico; los diversos males de herencia y prejuicios del

pasado, de los que tan difícil es desembarazarse; y, sobre todo todavía entre tantos otros, la prodigiosa producción científica, que crece a un ritmo cada vez más acelerado.

Hace ya cuarenta y un años Georges Urbain daba el toque de alarma sobre este último tema «Desde que se le ha hecho imposible a un sabio ponerse al corriente de las cuestiones que no estudia personalmente en su laboratorio, el porvenir de la ciencia, describía, pelagra de hundirse bajo la marea ascendente de una vana documentación» y de preconizar una organización de conjunto para la valoración del excelente principio que es además, para el progreso científico, la especialización, visto el carácter social y universal de la ciencia.

Esta organización de coordinación científica, por lo que se refiere a la potasa, ha sido emprendida precisamente por el Instituto Internacional de Berna, el cual, además de un trabajo «de documentación y distribución hacia los organismos interesados», organiza, también en el espíritu más general de colaboración y de contactos internacionales de nuestro tiempo, estos symposiums, cuya importancia y éxito es inútil señalar ante vosotros.

Este éxito y el éxito del Instituto Internacional de la Potasa es debido a los hombres eminentes que asumen su dirección – y yo debo citar en primer lugar al Señor Presidente Borel – y al valor de los demás sabios, de renombre mundial, que forman su Consejo Científico.

Deseo me sea permitido expresar a todos, en nombre de este symposium, toda nuestra gratitud.

El presente séptimo Symposium está consagrado a la cuestión del abonado potásico en las condiciones mediterráneas, según el programa que todos tenemos ante nuestra vista.

Los organizadores de este séptimo Symposium se han esforzado en establecer el horario de este programateniendo en cuenta todo lo posible el legítimo deseo de nuestros huéspedés que visitan por primera vez nuestro país, de sacar partido de su corta estancia en Grecia, para hacer de ella su primer conocimiento.

Por nuestra parte tratamos de ser breves para secundar su esfuerzo. Por lo demás, deseamos que también en nuestro caso, como en el de Renan, opere la gracia de la Razón y de la Sabiduría, personificadas en la antigüedad por la diosa Atenas «que por una sonrisa confería al Ateniense naciente la iniciación que el célebre autor «había adquirido a fuerza de reflexión, a costa de grandes esfuerzos».

Por esto deseo a nuestro séptimo Symposium que tengan el mismo éxito que los precedentes, y a nuestros queridos huéspedes una agradable estancia en Grecia, bien aprovechada desde todos los puntos de vista.

Mayo de 1962

N.C. Roussopoulos

Aperçu Général sur l'Agriculture en Grèce

N.E. CHRISTODOULOU

Gouverneur de la Banque agricole de Grèce, Athènes

La décision prise par l'Institut international de la Potasse de choisir Athènes comme siège du 7^e Congrès de la Potasse a été accueillie avec une satisfaction particulière dans notre pays.

Nous avons ainsi l'agréable occasion de recevoir des distingués délégués du monde scientifique international, de discuter avec eux un grand nombre de sujets intéressant notre agriculture et de nous mettre au courant de tous les résultats des recherches faites jusqu'à présent sur l'écologie agricole des pays méditerranéens et, tout spécialement, sur l'influence de la potasse en ce qui concerne les cultures méditerranéennes.

Nous sommes aussi heureux d'avoir l'occasion de présenter à des techniciens qualifiés un aperçu, tout à fait général il est vrai, de la situation actuelle et des problèmes qui se posent à l'agriculture grecque, espérant que cet aperçu vous donnera quelques informations et contribuera à compléter votre enquête concernant les problèmes de l'économie agricole méditerranéenne.

L'agriculture occupe toujours chez nous, tant au point de vue économique qu'au point de vue social, une place prépondérante.

A peu près la moitié de notre population travaille dans l'agriculture.

Selon les résultats du recensement de 1951 la population agricole représentait 49,32% de la population totale qui s'élevait à 7 632 801 habitants.

D'après le recensement de 1961 la population totale s'élève à 8 388 553 habitants, mais nous ne disposons pas encore de données récentes concernant la population agricole. Il paraît que le pourcentage de cette population agricole est encore en diminution*.

Selon des données récentes dont nous disposons, la surface cultivée s'élève à 3 653 000 hectares, représentant le 28% d'une étendue totale de 130 918 km².

* Selon les résultats de divers recensements, le pourcentage de la population agricole (demeurant dans les villages et autres agglomérations rurales comprenant moins de 2000 habitants) en relation avec la population totale, présente une diminution, comme le prouve le tableau ci-dessous.

De la surface cultivée, 81,7% sont occupés par la grande culture, 12,9% par l'arboriculture et 5,4% par la viticulture.*

Les exploitations agricoles existant actuellement dépassent légèrement le chiffre de 1 000 000.

| Années de recensement | Population totale | Population agricole | Pourcentage |
|-----------------------|-------------------|---------------------|-------------|
| 1920 | 5 021 790 | 3 105 920 | 61,8 |
| 1928 | 6 204 684 | 3 399 182 | 54,8 |
| 1940 | 7 344 860 | 3 861 713 | 52,6 |
| 1951 | 7 632 801 | 3 637 547 | 47,7 |
| 1961 | 8 388 553 | (non disponibles) | — |

La surface moyenne de chacune de ces exploitations est de l'ordre de 3,5 hectares.**

92% de ces exploitations appartiennent à des cultivateurs propriétaires et sont cultivées par eux-mêmes, aidés des membres de leur famille.

* On remarque tout dernièrement une tendance d'expansion des cultures arbustives, au dépens sur tout des surfaces occupées par les plantes de grande culture.

** Selon le recensement de 1950 les exploitations agricoles se répartissent comme suit:

| Etendues des exploitations en ha | Nombre d'exploitations | Pourcentage |
|----------------------------------|------------------------|-------------|
| < 0.1 | 10 088 | 1,03 |
| 0.1- 1.0 | 276 718 | 27,48 |
| 1 - 5 | 573 198 | 56,94 |
| 5 - 10 | 114 327 | 11,35 |
| 10 - 20 | 25 912 | 2,57 |
| 20 - 50 | 5 361 | 0,53 |
| 50 -100 | 651 | 0,06 |
| 100 et plus | 382 | 0,04 |
| Total | 1 006 637 | 100,00 % |

Les données provisoires du recensement de 1961 donnent un nombre total d'exploitations agricoles qui s'élève à environ 1 048 000.

Parmi elles, les exploitations de 1 à 5 ha présentent une augmentation, s'élevant à un taux de 58,3 % du total, contre 49,44 % et 56,94 % respectivement pour les recensements de 1928 et de 1950. Cette augmentation se fait surtout au dépens des plus grandes exploitations.

Il résulte des données ci-dessus que la petite propriété agricole prédomine en Grèce, que la terre appartient presque entièrement à ceux qui la cultivent et que l'exploitation agricole est effectuée, en général, par les propriétaires des terres eux-mêmes et par les membres de leurs familles.

La part du revenu de l'économie agricole dans la formation du revenu national du pays est, d'autre part, considérable.

En effet, 28% environ du revenu national brut est dû au secteur agricole. Ce pourcentage est supérieur au pourcentage particulier de chacun des autres secteurs constituant le revenu national.

Enfin, en ce qui concerne l'influence exercée par la production agricole sur la balance des paiements du pays, nous signalons que les produits agricoles exportés constituent le 82% de nos exportations (tabac 42%, raisins secs et coton 27%), tandis que la valeur des produits agricoles importés ne dépasse pas le 18% de la valeur totale des importations.

Ces données montrent l'importance primordiale de notre agriculture dans la vie économique et sociale du pays.

Mais ces mêmes données prouvent aussi quelles difficultés à surmonter l'effort visant au développement agricole du pays et à l'amélioration du niveau de vie des populations rurales.

La difficulté fondamentale provient du fait que la petite étendue des terres cultivées ne permet pas la pleine utilisation de la main-d'œuvre agricole disponible.

Il est vrai que les étendues actuellement cultivées, comparées à celles d'avant-guerre, ont presque doublé. Ainsi contre 1700000 ha environ cultivés avant la guerre (1929) 3350000 ha sont actuellement cultivés (excepté les jachères qui occupaient 550000 ha en 1929 contre 300000 ha en 1961). L'étendue totale donc se trouvant à présent sous exploitation agricole s'élève à 3653000 ha.

Une grande partie de cette étendue provient de l'exécution de travaux d'améliorations foncières dans les plaines les plus importantes du pays, travaux de protection contre les inondations d'assèchement de lacs, de drainage et, en général, d'assainissement et d'amélioration des sols malades.

Malgré ces efforts, cependant, le problème de la pleine utilisation du travail de la population rurale persiste toujours.

Il ne reste, pour la solution de ce problème - étant donné que jusqu'à maintenant d'autres conditions, permettant le plein emploi de la main-d'œuvre agricole excédentaire dans d'autres secteurs de l'activité nationale n'ont pu être pleinement développées - que l'intensification de la production agricole, par l'utilisation de méthodes améliorées, combinées à l'introduction de cultures exigeant plus de main-d'œuvre, et une meilleure organisation de l'écoulement des produits agricoles.

C'est surtout vers ce but que l'Etat a déployé ses efforts après la guerre, dans le secteur agricole.

Tous les facteurs qui peuvent contribuer à l'intensification de la production ont été utilisés. L'exécution de travaux fondamentaux de protection, d'amélioration et d'utilisation adéquate des sols, ainsi que d'irrigation, la mise à la disposition des producteurs des capitaux d'exploitation nécessaires et des moyens de production suffisants et enfin la formation professionnelle des cultivateurs, de façon à les rendre capables d'un meilleur rendement ont contribué à l'obtention de résultats impressionnants tant au point de vue de l'augmentation du volume de la production végétale et animale, qu'au point de vue de l'amélioration de la qualité des produits.

Pour que vous puissiez vous rendre mieux compte des résultats obtenus par l'application de cette politique agricole au cours de ces dernières années, je crois utile de vous donner quelques chiffres comparatifs sur la production des cultures fondamentales, chiffres dont il résulte que le progrès réalisé au cours des années d'après-guerre n'a pas seulement abouti à l'autarchie pour certains produits, mais aussi à la création de marges d'exportations considérables.

C'est ainsi, que selon les données du Service national de Statistique de notre pays, les rendements moyens de certains produits fondamentaux présentent l'évolution suivante par hectare :

| | Avant-guerre | Après-guerre |
|----------------------|--------------|---------------|
| Blé | 576-694 kg | 1 400 kg |
| Maïs | 976 kg | 1 440 kg |
| Coton | 715 kg | 1 320 kg |
| Pommes de terre..... | 6 930 kg | 11 030-11 480 |
| Riz | 2 020 kg | 3 492- 4 095 |

Mais le fait qui doit être tout particulièrement signalé est la réorientation des cultures vers celles qui sont plus favorisées par les conditions climatiques du pays et qui exigent une main-d'œuvre plus abondante, telles que l'arboriculture, les cultures maraichères, le coton, le riz et les plantes fourragères.

Le développement des cultures précoces, favorisé dans plusieurs régions du pays, présente également un intérêt particulier.

Les irrigations sont cependant indispensables pour toutes ces cultures et leur extension a été, en conséquence, un des objectifs de base de la politique agricole en vigueur.

Les étendues irriguées, à la suite des travaux d'irrigation exécutés jusqu'à ce jour, couvrent le 11% de la surface totale des terrains cultivés de la Grèce.

La continuation de ces travaux et l'exécution de nouveaux travaux qui sont à l'étude ou dont l'exécution a été décidée, permettent de présager une augmentation des étendues irriguées existantes au cours des dix prochaines années jusque et au-delà du 20% des cultures.

Les chiffres mentionnés ci-dessous concernant l'extension de ces cultures et l'évolution consécutive du volume de la production confirment qu'un progrès considérable a été réalisé dans ce domaine par l'agriculture grecque.

C'est ainsi que la culture du coton, encouragée systématiquement par l'Etat, occupe des terrains de plus en plus étendus, en connexion toujours avec l'augmentation des surfaces irriguées. En effet, alors qu'avant la guerre la culture du coton ne couvrait que 62000 hectares, avec une production moyenne de 44000 tonnes métriques, elle s'étend aujourd'hui sur 168000 hectares et son rendement atteint les 184000 tonnes métriques.

L'augmentation réalisée est donc de 171%, en ce qui concerne l'étendue cultivée, et de 301% en ce qui concerne la production.

L'Etat a également encouragé la culture des plantes fourragères, en vue d'augmenter la production des plantes servant à l'entretien et à la nourriture du bétail et cette culture a marqué ainsi, également, un développement des plus importants, l'étendue de ces cultures, qui était en 1929 de 35400 hectares, ayant dépassé actuellement les 328400 hectares.

Nous signalons tout particulièrement l'extension qu'a pris la culture de la luzerne, qui est la culture irriguée par excellence pour l'élevage du bétail et qui atteint aujourd'hui 68800 hectares de terrain cultivé alors qu'elle ne couvrait, avant la guerre, pas même 10000 hectares.

Nous croyons devoir signaler de même que, grâce à l'application d'un programme spécial, tendant à valoriser les sols salins des régions littorales, le riz a disparu du tableau des produits agricoles importés de l'étranger et qu'on a pu obtenir l'autarchie complète de ce produit, 18000 hectares étant cultivés actuellement, avec une production de 54300 tonnes métriques, alors que la culture d'avant-guerre ne couvrait que 200 hectares et que la production ne dépassait pas les 400 tonnes.

Mais le plus grand développement a été atteint dans la culture maraîchère, dans celle des pommes de terre et dans celle des arbres fruitiers.

Cette dernière ne couvrait, en effet, en 1929 que 176900 hectares, alors qu'elle en couvre aujourd'hui 472000.

L'augmentation est considérable pour toutes les espèces d'arbres fruitiers, mais surtout pour les agrumes, qui ont passé de 55000 tonnes métriques avant la guerre à 295000 tonnes.

La production d'autres fruits (pêches, abricots, etc.) atteint 309 000 tonnes métriques et celle des fruits secs 90 000 tonnes.

Nous devons citer en passant un intéressant progrès effectué au cours de la période d'après-guerre représenté par une augmentation de la culture des fleurs qui, alors qu'elle n'occupait qu'une étendue de 30 hectares avant la guerre, couvre maintenant une surface de 400 hectares d'installations en plein air grâce au climat tempéré, mais aussi en serres, quand c'est nécessaire.

Enfin la culture maraîchère y compris celle des pommes de terre s'exerce aujourd'hui sur 135 300 hectares tandis qu'elle n'occupait avant la guerre que 87 000 hectares: l'augmentation est donc de 55% permettant l'exportation de pommes de terre précoces.

Le développement des cultures maraîchères et des plantations d'arbres fruitiers occupe le premier rang dans le programme agricole du pays. Aussi, malgré l'augmentation de la consommation de ces produits sur le marché intérieur, des quantités considérables sont exportées à l'étranger. Ainsi, pour ne mentionner que les principaux produits, on a exporté en 1960 54 866 tonnes métriques d'agrumes, 17 635 tonnes métriques de pommes, 13 801 tonnes métriques de pêches, 7 335 tonnes métriques de raisins de table, c'est-à-dire 101 190 tonnes métriques en tout et les devises provenant de ces exportations se sont élevées à 13 557 100 dollars.

Les quantités ci-dessus mentionnées ont été doublées au cours de l'année 1961-1962.

En dehors des cultures intensives indiquées ci-dessus, la culture du blé, de l'olivier, du tabac et de la vigne a présenté également, à la suite de l'application de méthodes culturales améliorées et de soins plus appropriés, une augmentation considérable du volume de production.

Ainsi la culture du blé, qui couvre aujourd'hui une étendue de 1 142 500 hectares, représentant le 43% du total des cultures labourées, qui est de 2 645 000 hectares, a abouti non seulement à l'autarchie du pays, mais, même, à des possibilités d'exportation. Pour ce qui concerne cette culture, il faut prendre en considération qu'à l'encontre de la politique protectionniste poursuivie depuis 1928 et jusqu'en 1960, l'Etat exerce aujourd'hui une politique agricole tendant à freiner la culture du blé au profit de celles du coton, des plantes fourragères et des betteraves à sucre.

La production d'huile d'olives et d'olives comestibles présente également une augmentation considérable, en comparaison à la période d'avant-guerre, et ce tant à cause de l'amélioration des méthodes de culture des arbres existants, qu'à cause du rendement fructueux des jeunes plantations.

La production moyenne d'huile d'olive obtenue au cours des dix dernières années a été de 128000 tonnes contre 113000 tonnes de la période 1935-1938 et celle des olives comestibles de 50000 à 60000 tonnes contre 30000 à 40000 avant-guerre.

En ce qui concerne la culture du tabac, qui est la culture la plus rémunératrice pour les cultivateurs du pays, notons que les terrains cultivés sont contrôlés par l'Etat et que, pour cette raison les étendues produisant du tabac ne présentent pas des variations importantes, celles-ci demeurant, en tout cas, en relation étroite avec l'écoulement du produit.

En 1960, par exemple, le tabac a été cultivé sur 93800 hectares, avec une production de 63000 tonnes métriques, alors qu'en 1955 la culture s'était étendue à 129100 hectares, avec une production de 96600 tonnes métriques. L'exportation moyenne s'élève à environ 60000 tonnes métriques par an d'une valeur de 2000000000 de drachmes.

Les surfaces occupées par les vignobles (raisins de table, raisins secs, etc.) n'ont pas marqué d'augmentation durant la période de l'après-guerre et leur étendue n'a guère varié (195800 hectares).

Des changements intéressants ont eu lieu cependant; les raisins secs et ceux destinés à la vinification cédant en grande partie leur place aux raisins de table d'excellente qualité, propres à approvisionner tant la consommation intérieure que l'exportation.

Les mesures prises enfin par l'Etat en faveur de l'élevage, de l'exploitation des forêts et de la pêche, ont donné des résultats très satisfaisants au point de vue de l'augmentation et de l'amélioration de la production.

Plus particulièrement en ce qui concerne le cheptel, qui avait été décimé pendant la guerre, on peut constater avec satisfaction que depuis 1959 il a atteint le niveau d'avant-guerre et l'a même dépassé en certains cas.

L'augmentation des troupeaux de vaches laitières et de brebis accompagnée d'une amélioration sensible du rendement, obtenue grâce à la création de centres d'élevage d'animaux de choix destinés à la reproduction et grâce à la propagation de l'insémination artificielle, est très importante.

La production de la viande a aussi augmenté et a atteint des chiffres inconnus auparavant, tendant à couvrir les besoins de la population dans un proche avenir.

En dehors de l'augmentation de la quantité du lait et des produits laitiers, qui est assez importante, l'amélioration de la qualité de ces produits est remarquable.

Des usines de pasteurisation et de traitement industriel du lait, ainsi que des fromageries tout à fait modernes, ont été installées dans les régions laitières, et des fromageries modèles, appartenant aux coopératives agri-

coles, fonctionnent dans plusieurs régions du pays avec des résultats extrêmement satisfaisants.

D'après les données provisoires du Service des Comptes nationaux, l'augmentation de la production agricole en 1961 a été, en comparaison à celle de 1960, de 19,5%.

Les résultats satisfaisants cités sont dus surtout au travail soutenu de la population agricole, en connexion avec une capacité d'adaptation extraordinaire de nos agriculteurs aux nouvelles méthodes d'exploitation agricole.

Mais parallèlement à ces facteurs il ne faut pas omettre de mentionner tout particulièrement l'effort continu de l'Etat, de la Banque agricole et des organisations spécialisées, visant à aider et à soutenir les agriculteurs dans la tâche vraiment difficile de la modernisation de l'agriculture grecque.

L'éducation technique et professionnelle de notre population agricole constitue un des principaux facteurs assurant le progrès agricole du pays, absolument indispensable, non seulement pour des raisons d'ordre économique, mais aussi pour des raisons sociales.

L'activité des Services d'application ou de vulgarisation du Ministère de l'Agriculture, aidés par le Service technique de la Banque agricole et par diverses organisations rurales, mérite, dans ce domaine, d'être tout particulièrement mise en relief.

L'éducation professionnelle des agriculteurs, n'est, cependant, pas suffisante pour donner la solution aux nombreux problèmes qui empêchent le développement rapide de l'agriculture grecque.

Des problèmes d'ordre technique, de financement de l'économie agricole, ainsi que des problèmes d'organisation doivent aussi obtenir la solution qu'ils exigent.

L'activité de l'Etat tend sans cesse à satisfaire au plus tôt ces besoins.

Ainsi, le régime de la petite propriété existant, aggravé par le morcellement dû à la législation réglant la succession exerce une influence défavorable sur l'application des méthodes de culture moderne.

Le fonctionnement d'un grand nombre de coopératives agricoles, formant des Unions coopératives locales, a eu pour objectif de permettre aux petits cultivateurs d'appliquer des méthodes améliorées de culture, de faciliter le traitement et la gestion de leur production, ainsi que de simplifier la technique du financement. D'autre part, le remembrement des propriétés agricoles, appliqué depuis quelques années, tend à diminuer les inconvénients que présente le morcellement excessif des exploitations agricoles.

Par ailleurs, la mise à la disposition des cultivateurs des moyens de production nécessaires, soit: semences, machines, engrais et produits phyto-

pharmaceutiques, constitue l'une des conditions fondamentales pour créer une agriculture progressant sans cesse et d'un rendement plus rémunérateur.

L'activité de l'Etat dans ce domaine est multiple et efficace. Des quantités considérables de variétés sélectionnées de graines des principales cultures sont produites ou acquises par l'Etat et distribuées ensuite par la Banque agricole ou les coopératives aux cultivateurs, soit au comptant, soit à crédit. Un pourcentage considérable des surfaces cultivées en céréales, coton, luzerne, pommes de terre et plantes maraîchères, est ainsiensemencé avec des graines sélectionnées et contrôlées.

Un effort particulier a été également déployé pour fournir aux cultivateurs des arbres de variétés sélectionnées et des plants de vignes greffés.

L'utilisation des machines agricoles de culture, de récolte et de traitement des produits agricoles, se développe de plus en plus. Elle présente évidemment l'inconvénient de diminuer le pourcentage de la main-d'œuvre agricole utilisée, mais elle a l'avantage de réduire le coût de production, ce qui est un facteur de base pour la création d'une agriculture améliorée. Nous signalons tout spécialement l'augmentation continue des installations fonctionnant au pétrole ou à l'électricité pour l'irrigation, en raison de l'importance de l'augmentation des surfaces et de l'extension des cultures irriguées.

Par ailleurs, l'augmentation de l'utilisation des engrais chimiques et des produits phytopharmaceutiques, dans la lutte contre les ennemis et les maladies des plantes, est remarquable.

Ces produits sont mis presque en totalité à la disposition du cultivateur à crédit par la Banque agricole et à des prix uniformes pour toutes les régions du pays.

L'application de prix uniformes, favorisant les régions lointaines et montagneuses, dont l'économie est plus faible, facilite la généralisation de l'utilisation de ces moyens fondamentaux de production et contribue à l'amélioration de l'économie des régions les moins favorisées.

Des perspectives de plus en plus vastes se présentent dans l'utilisation d'engrais chimiques, à peu près le 40% seulement des surfaces cultivées étant fertilisées aujourd'hui avec ces engrais, quoique, cependant, par rapport au pourcentage des sols fertilisés avant la guerre, qui ne représentaient que le 10% des terres cultivées, l'augmentation actuelle doit être considérée comme particulièrement satisfaisante.

En ce qui concerne le rapport entre les trois principaux éléments fertilisants, il faut remarquer que ce rapport s'améliore continuellement et ce fait doit attirer particulièrement notre attention. Il est vrai qu'on peut constater encore un certain déséquilibre en ce qui concerne la potasse, surtout si l'on prend en considération que beaucoup de plantes cultivées dans le pays sont

kaliophiles, mais on peut exprimer la certitude que l'amélioration du rapport en question, qui a commencé depuis deux années, nous mettra bientôt dans la bonne voie.

Outre les problèmes purement techniques, dont nous nous sommes occupés jusqu'ici, la politique agricole doit également envisager les problèmes de financement de l'économie agricole.

L'organisme chargé de l'application de la politique agraire de l'Etat dans ce domaine, est la Banque agricole. Il s'agit d'une organisation bancaire d'utilité publique, constituée spécialement pour être à même d'exercer non seulement le financement du crédit agricole, dans le sens propre du mot, mais aussi de guider et d'aider les agriculteurs à résoudre d'une manière pratique les problèmes d'ordre technique et à organiser les Coopératives agricoles de la manière la plus avantageuse et efficace.

La Banque agricole octroie des prêts d'exploitation à court terme ou d'investissement à moyen et long terme et couvre ainsi la plupart des besoins des agriculteurs, associés en coopératives ou non associés.

Elle finance les coopératives de tout degré pour faciliter la vente en commun de leurs produits et avance les capitaux d'investissement nécessaires pour les installations d'emmagasinage, de conservation, de standardisation et de placement des produits agricoles. Elle établit et finance des associations ou des sociétés s'occupant exclusivement de l'industrialisation et du commerce des produits agricoles, comme sucreries, laiteries, fromageries, etc. et y participe au besoin, et fournit aux producteurs les moyens de production nécessaires comme graines, appareillage agricole, bestiaux, engrais, produits phytopharmaceutiques, etc.

Il est peut-être intéressant de signaler que les capitaux mis par la Banque agricole à la disposition de l'économie rurale dépassent actuellement les 9 milliards de drachmes, contre 4,5 milliards il y a cinq ans. Ces capitaux, représentant environ le 30% du revenu agricole, donnent la mesure de l'effort déployé pour obtenir l'intensification de la production agricole.

On s'efforce enfin, tout particulièrement, de donner la solution adéquate aux problèmes d'organisation, surtout à ceux relatifs au traitement et à l'écoulement des produits agricoles. C'est là, peut-être, le problème le plus ardu auquel l'agriculture grecque est appelée à faire face.

A cet égard, nous croyons devoir signaler tout spécialement l'initiative prise dans ce sens et à cet effet par la Banque agricole, avec l'approbation de l'Etat.

Celle-ci ne se borne pas, en effet, seulement à encourager de toute manière l'initiative privée et celle des coopératives, mais étend d'une façon multiple et avec un notable succès sa collaboration avec les organisations coopératives, alors que la collaboration entre l'Etat, la Banque agricole et les Coopé-

ratives a évolué dans des cadres amplifiés, soit sous la forme d'associations, soit sous la forme de sociétés anonymes ou autres.

D'autres formes de coopération et d'organisation de service et d'entreprises sont également envisagées.

Ainsi est-il permis d'espérer qu'on aboutira bientôt à des solutions plus rationnelles qui permettront de mettre pleinement en valeur la production agricole du pays et d'obtenir le placement le plus avantageux de nos produits de choix.

Quoiqu'on soit parvenu, au cours de ces dernières années et à la suite des mesures d'organisation et de nature technique et économique énoncées ci-dessus, à obtenir une augmentation vraiment impressionnante de la production agricole, le résultat économique des diverses activités de la population rurale (agriculture, élevage, exploitation forestière, pêche) continue à être inférieur au revenu des autres occupations, dont l'apport contribue à former le revenu national.

En effet, alors qu'au cours de la période allant de l'année 1951 à l'année 1960, le revenu global net du pays a présenté une augmentation de 64,4%, le revenu agricole net n'a augmenté que de 34,3%, tandis que le revenu des autres secteurs d'activité nationale a marqué une majoration de 80,8%.

L'augmentation proportionnellement réduite du revenu agricole net est due, principalement, aux faiblesses que présente notre économie, particulièrement dans les secteurs productifs de la conservation, de l'industrialisation, du transport et du placement, en général, des produits agricoles.

La nature de ces faiblesses, cependant, n'est pas telle qu'on ne puisse les surmonter pour qu'elles cessent de constituer un obstacle au développement nécessaire du revenu agricole, et c'est dans ce sens que se manifeste tout particulièrement l'effort de l'Etat au cours des dernières années.

En outre, dans le but d'utiliser aussi pleinement que possible la main-d'œuvre agricole excédentaire, l'Etat tend à créer les conditions et les possibilités nécessaires d'occupation de cette main-d'œuvre à des travaux agricoles secondaires, ainsi qu'à divers autres travaux d'utilité publique, exécutés dans les campagnes, et créant des revenus supplémentaires.

L'évolution de l'économie nationale, à partir de la fin de la guerre, favorisant l'absorption d'une partie de la population agricole par d'autres occupations et, plus particulièrement, par l'industrie, la marine marchande, le tourisme et les divers travaux de substructure, permet de présager que le revenu individuel des agriculteurs pourra, sûrement, présenter une sensible augmentation dans un proche avenir.

La décision prise, enfin, l'année dernière d'étendre le régime de l'assurance sociale aux paysans, ainsi que l'assurance totale des récoltes contre la

grêle et le gel, ne peuvent que contribuer à augmenter le pourcentage de participation de ces populations au revenu national.

Ce sont là, en grandes lignes, les mesures prises afin d'améliorer le rendement de notre agriculture.

C'est avec cette structure de notre économie agricole que nous nous préparons à participer à la vaste organisation de la Communauté Economique Européenne.

Les problèmes supplémentaires qui se présentent pour nos produits agricoles, à cause de notre participation au Marché commun, sont nombreux et ardu; aussi doit-on tâcher d'y faire face d'une manière rationnelle.

Les services compétents de l'Etat déploient, pour mieux atteindre ce but, une intense activité et les premières mesures relatives ont été déjà annoncées et mises en exécution.

C'est ainsi que: a) On accorde à l'économie agricole, par l'entremise de la Banque agricole, des crédits toujours plus importants, à un taux modéré, et ce pour lui permettre de s'équiper avec l'équipement technique nécessaire. On stipule des tarifs réduits de consommation du courant électrique spécialement pour l'agriculture. On tâche également de réduire les prix des engrais chimiques et, en général, d'amoindrir le coût de la production, de façon à assurer sa capacité concurrentielle, non seulement pour les produits spéciaux d'exportation, mais aussi pour les produits similaires à ceux des autres pays du Marché commun, étant donné que ces produits pourront être importés librement chez nous.

b) On encourage la culture des produits exigeant des conditions climatiques spéciales, dont notre pays bénéficie à un degré supérieur, par rapport aux autres pays, comme c'est le cas pour les primeurs, la vigne, l'arboriculture, le coton, le riz, etc.

Pour les agrumes et les autres fruits on prévoit, spécialement, l'amélioration des variétés par des mesures appropriées, comme aussi leur adaptation au goût du consommateur, le choix attentif des produits, l'emballage soigné et, enfin, la standardisation.

c) Des mesures spéciales ont été prises pour assurer la conservation des produits périssables et leur transport dans les meilleures conditions possibles. On a construit, à cet effet, des entrepôts frigorifiques et l'on se sert, pour le transport, de véhicules frigorifiés, alors que l'excédent des récoltes est utilisé de la meilleure manière par la conserverie.

Ces mesures seront complétées par l'institution, déjà annoncée, de l'organisme de la chaîne frigorifique, auquel sera confié exclusivement le soin de la conservation et des transports frigorifiques en général, de la production agricole, exigeant un tel traitement.

Nous nous basons sur ces mesures fondamentales ainsi que sur d'autres mesures complémentaires, qui sont à l'étude et ne tarderont pas à être appliquées, pour exprimer en toute confiance l'espoir que l'agriculture grecque pourra efficacement faire face à ses obligations, tant envers la nation qu'envers les peuples de la Communauté économique européenne, et tous les peuples.

Nous croyons pouvoir compter, pour mener à bien cette tâche, sur la compréhension et la collaboration des autres nations, collaboration qui nous permettra de contribuer au progrès et au bien-être matériel et spirituel de l'humanité.

RÉSUMÉ

L'agriculture occupe en Grèce une place prépondérante, tant du point de vue économique que social. Environ 50% de la population totale tire ses ressources de l'agriculture, alors que la surface cultivée couvre seulement 28% de la superficie du pays. La petite propriété prédomine et, dans un peu plus d'un million de fermes, l'exploitation agricole est assurée par les propriétaires des terres eux-mêmes. 28% environ du revenu national est redevable au secteur agricole, dont les produits constituent 82% des exportations du pays.

De ce fait, l'effort tendant au développement agricole en Grèce rencontre de grosses difficultés. Pour remédier au plus urgent – le sous-emploi de la main-d'œuvre agricole –, des mesures ont été prises depuis la guerre pour intensifier la production grâce à des travaux de drainage, à l'irrigation, la mise à la disposition des cultivateurs de capitaux d'exploitation nécessaires, une meilleure formation professionnelle, etc. La politique agricole du gouvernement a consisté à réorienter les cultures en tenant compte des conditions climatiques du pays et de la nécessité d'occuper de façon rentable une main-d'œuvre abondante. Ces cultures étaient en particulier l'arboriculture, l'horticulture, les cultures maraîchères; celle du riz, du coton, du tabac, des plantes fourragères, etc. Les résultats de cette politique sont une élévation très sensible des rendements moyens des principales cultures.

L'auteur décrit les perspectives qui existent quant à l'utilisation des engrais minéraux. Ceux-ci sont mis à la disposition du cultivateur à crédit par la Banque Agricole à des prix uniformes pour toutes les régions du pays, permettant l'amélioration de l'économie des régions les moins favorisées. Cependant, 40% seulement des surfaces cultivées sont fertilisées; aujourd'hui avec ces engrais. Le rapport entre les trois principaux éléments fertilisants s'améliore continuellement, quoiqu'un certain déséquilibre subsiste encore en ce qui concerne la potasse.

La Banque agricole a aussi pour mission d'aider les agriculteurs à résoudre leurs problèmes d'ordre technique et les encourage à s'organiser en coopératives agricoles à objets multiples, qu'elle finance. Les capitaux utilisés à cette fin dépassent actuellement 9 milliards de drachmes, soit environ 30% du revenu agricole.

Par cette nouvelle structure de son économie agricole et grâce aux mesures déjà énumérées, la Grèce se prépare à participer à l'organisation de la Communauté Economique Européenne.

En annexe au travail de M. N. E. Christodoulou, une brève étude de M. J. Harpantides donne un aperçu très complet, avec données statistiques, des éléments techniques qui influencent l'application des engrais minéraux en Grèce, ainsi que l'évolution de la consommation de ces engrais selon les différents types de cultures.

SUMMARY

Agriculture in Greece has a prevalent position from the social and the economic point of view. About 50% of the entire population are living on agriculture, whereas the cultivated area represents only 28 per cent of the country. Small property predominates and in little more than one million farms the work is done by the landowners themselves. About 28 per cent of the national income is owing to agriculture, which provides 82 per cent of the export from the country.

Therefore, efforts undertaken to improve conditions in agriculture encounter tremendous difficulties. In order to cope with the most urgent one, the under-employment of agricultural man-power, several measures have been taken since the war to intensify production by means of drainage, irrigation, financial support to the farmers, a better professional training, etc. The trend of the government policy has been to encourage new types of agriculture in line with the prevailing climate and providing work to the abundant man-power: fruit, vegetable and horticulture, rice, cotton, tobacco, foddercrops, etc. The result of such policy has been an appreciable raise in average yields of the main crops.

The author outlines some prospects with regard to mineral fertilizers. These are being put to the disposal of the farmers by means of credits of the Bank of Agriculture at uniform prices wherever needed in the country to help improving economic conditions in the least favoured areas. Nevertheless, 40 per cent only of the cultivated land to-day make use of such fertilizers. The correlation between the three main nutrients is improving continuously but the lack of potash keeps it still somewhat unbalanced.

The Bank of Agriculture is also responsible for technical aid to the farmers and promotes the organization of agricultural cooperatives on a broad basis providing them with financial support. More than 9 milliards of drachmes have already been spent to that purpose; they represent about 30 per cent of the agricultural income.

Thanks to this new structure of its agricultural economy and to the above mentioned technical improvements, Greece is preparing to cooperate efficiently with the European Common Market.

In addition to Mr. N. E. Christodoulou "exposé", Mr. M. J. Harpantides makes a short statement with statistical references on the various technical factors influencing application of mineral fertilizers in Greece according to the various types of agriculture.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Landwirtschaft spielt in Griechenland sowohl vom wirtschaftlichen als auch vom sozialen Standpunkt aus betrachtet eine außerordentlich wichtige Rolle. Ungefähr 50% der Bevölkerung lebt von der Landwirtschaft, obwohl die landwirtschaftlich genutzte Fläche bloß 28% der Gesamtfläche des Landes ausmacht. Der landwirtschaftliche Kleinbetrieb herrscht allgemein vor und etwas mehr als eine Million Bauernhöfe werden von ihren Eigentümern genutzt. Ungefähr 28% des nationalen Einkommens stammt von der Landwirtschaft, deren Produkte 82% der Ausfuhr darstellen. Die Anstrengungen, welche zur Förderung der Entwicklung der Landwirtschaft unternommen werden, stoßen auf beträchtliche Schwierigkeiten. Um dem wichtigsten Problem – die Arbeitslosigkeit in der Landwirtschaft – zu begegnen, wurden seit dem Kriege Maßnahmen zur Intensivierung der Produktion ergriffen. Darunter sind zu nennen: die Entwässerungs- und Bewässerungsmaßnahmen, die zur Verfügungstellung des notwendigen Betriebskapitals an die Bauern, eine bessere Berufsausbildung usw. Die landwirtschaftliche Politik der Regierung bestand in einer Reorientierung der Kulturen unter Berücksichtigung der klimatischen Bedingungen des Landes und des Arbeitsmarktes. So wurde der Obst- und Gemüsebau, Reis, Baumwolle, Tabak, Futterpflanzen usw. stark gefördert. Als Resultat dieser Politik kann man die sehr empfindliche Steigerung der durchschnittlichen Erträge der wichtigsten Kulturen feststellen. Der Autor beschreibt die für die Anwendung von Mineraldünger bestehenden Perspektiven. Diese Dünger werden den Landwirten von der Landwirtschaftlichen Bank im ganzen Lande zu einheitlichen Preisen zur Verfügung gestellt, wobei diese Bank die entsprechenden Kredite gewährt. Dadurch ermöglicht man die wirtschaftliche Entwicklung der am wenigsten begünstigten Gebiete. Heute erhalten aber nur 40% der landwirtschaftlich genutzten Flächen Mineraldüngungen. Das Verhältnis zwischen den verschiedenen Nährstoffen verbessert sich ständig, obwohl ein gewisses Ungleichgewicht noch in bezug auf das Kalium besteht.

Die Aufgaben der Landwirtschaftlichen Bank dehnen sich ebenfalls auf die Hilfe bei der Lösung der technischen Probleme der Landwirte aus, sie fördert auch die Gründung von landwirtschaftlichen Genossenschaften, welche sie finanziell unterstützt. Die zu diesem Zweck verwendeten Summen übersteigen heute 9 Milliarden Drachmen, was ungefähr 30% des landwirtschaftlichen Einkommens ausmacht.

Dank dieser neuen Strukturen seiner Landwirtschaft und den eben erwähnten Maßnahmen kann sich Griechenland zur Teilnahme an die Europäische Wirtschaftsgemeinschaft vorbereiten.

Als Anhang an die Arbeit von Herrn Christodoulou wird eine kurze Untersuchung von Herrn J. Harpantides angeführt, welche eine genaue statistisch unterstützte Beschreibung der technischen Faktoren enthält, welche die Anwendung von Mineraldünger in Griechenland beeinflussen. Daneben wird auch der Mineraldüngerverbrauch je nach Kultur aufgeführt.

RESUMEN

La agricultura ocupa en Grecia un rango preponderante, tanto desde el punto de vista económico como del social. Aproximadamente un 50 % de la población saca sus recursos de la agricultura, a pesar de que la superficie cultivada cubre tan sólo un 28 % de la superficie del país. La pequeña propiedad predomina y, en un poco más de un millón de granjas, la explotación agrícola queda asegurada por los mismos propietarios de las tierras. Aproximadamente un 28 % de la renta nacional se debe al sector agrícola, cuyos productos constituyen el 82 % de las exportaciones de la nación.

Por este motivo, el esfuerzo que está haciéndose en favor del desarrollo agrícola en Grecia tropieza con grandes dificultades. Para remediar a lo más urgente – el insuficiente empleo de la mano de obra agrícola – diversas medidas han sido aplicadas desde la guerra, con el fin de intensificar la producción merced a obras de avenamiento, a irrigación, al otorgamiento a los campesinos de los capitales necesarios de explotación, mejor formación profesional, etc. La política agrícola del gobierno ha consistido en reorientar los cultivos, teniendo en cuenta las condiciones climáticas del país y la necesidad de ocupar de manera rentosa una mano de obra abundante. Estos cultivos eran particularmente la arboricultura, la horticultura, los cultivos de hortalizas; el cultivo del arroz, del algodón, del tabaco, de las plantas forrajeras, etc. Los resultados de esta política consisten en una elevación muy considerable del rendimiento medio de los cultivos principales.

El autor describe las perspectivas que existen en lo tocante a la utilización de los abonos minerales. El Banco Agrícola pone estos últimos a disposición del cultivador, a crédito y a precios uniformes para todas las regiones del país, merced a lo cual ha quedado muy mejorada la economía de las menos favorecidas de todas las comarcas. No obstante, tan sólo el 40 % de las superficies cultivadas es fertilizado con dichos abonos. La proporción entre los tres principales elementos fertilizantes mejora continuamente, a pesar de que cierto desequilibrio subsiste todavía en lo que a la potasa se refiere.

El Banco Agrícola tiene también por misión ayudar a los agricultores a resolver sus problemas de carácter técnico y les anima a organizarse en cooperativas agrícolas de fines múltiples, a las que facilita el capital necesario para su desarrollo. Los capitales utilizados con este fin exceden actualmente los 9 mil millones de dracmas, o sea aproximadamente un 30 % de la renta agrícola.

Por esta nueva estructura de su economía agrícola y merced a las medidas ya enumeradas, Grecia se prepara para participar en la organización de la Comunidad Económica Europea.

Figurando como anexo del trabajo del señor N. E. Christoudoulou, un breve estudio del Sr. J. Harpantides da una idea muy completa, con datos estadísticos, de los elementos técnicos que influyen en la aplicación de los abonos minerales en Grecia, como asimismo de la evolución del consumo de dichos abonos, según las diferentes categorías de cultivos.

Outline of Fertilizer Economy in Greece*

JOHN HARPANTIDES

Agronomist of the Technical Department of the
Agrarian Bank of Greece

Geology: Greece is a country in which limestone rocks of different ages prevail. Schists, metamorphic or not, flysch, neogen formations and alluvium follow. Carstic phenomena are observed in many regions, especially in N.W. (Epirus) and in the centre of Peloponnese.

Morphology: Greece is a mountainous country, since over half its surface is situated at an altitude of 500 meters or above, as can be seen from the following distribution of the total area with respect to altitude.

| Altitude (m) | Area (ha) | % |
|----------------|-----------|--------|
| 0- 200 | 4389 100 | 33.53 |
| 201- 500 | 3421 500 | 26.13 |
| 501-1000 | 3627 800 | 27.71 |
| 1001-1500 | 1260000 | 9.62 |
| 1501-2000 | 341 700 | 2.61 |
| 2001 and above | 51 700 | 0.40 |
| | 13091800 | 100.00 |

Climate: Mediterranean, with dry summer season, lasting from 4 to 5 months in the south and from 2 to 3 months in the northern regions.

Rainfall: The rainfall is generally decreasing from west to east and from north to south of the country. The rainfall is increasing with the altitude. The average height of the total annual rainfall varies from 1400 to 250 mm, with 250 to 50 mm during the summer season.

Temperature: Varies in the different regions. Isotherms from +14.5° to +19.5°C.

Evaporation: The average annual evaporation equals 1000-1200 mm (800-900 mm during the summer season).

Sunshine hours: Greece has a very high percentage of sunshine hours in comparison to other european countries: 2300 to 3100 hours annually.

Human population: Total 8388553 (census 1961) of which 48 per cent (estimation) is considered as agricultural population. The density of the

* Appendix to the paper of Prof. N.E. Christodoulou

agricultural population per square kilometer of arable and cultivated land is 110 persons. There are one million farms, with 3.5 hectares per farm (in average) as arable land.

Raised animals: Large animals 2 million, small animals 15.3 million and poultry 13 million.

Productivity level of cultivated soils: A percentage of 55.4 per cent (two million hectares surface) is classified from high to middling productivity and of 44.6 per cent (1.6 million hectares surface) is classified from middling to low productivity.

Soils:

Content of humus: Poor (less than 2 per cent humus) to middling (2–3 per cent) soils at an 86 per cent average of the soils tested.

Content of nitrogen (N): 87.5 per cent of the analysed soils were found to be poor (less than 150 mg of total N per 100 g of soil) and only 12.5 per cent were considered not to need nitrogenous fertilization (higher than 200 mg of total N per 100 g of soil).

Content of phosphorus (P₂O₅): A percentage of 80.0 per cent of the soils tested were found to be poor in available phosphorus.

Content of potassium (K₂O): According to recent work the Greek soils are characterized as follows:

| Area under | K ₂ O-status, percent of the total area | | | Acreage (ha) in need of potash |
|------------------------|--|--------|------|--------------------------------|
| | High | Medium | Low | |
| Field crops | 71.3 | 20.7 | 8.0 | 803360 |
| Vine-grapes | 60.4 | 24.6 | 15.0 | 90080 |
| Olive trees | 58.6 | 22.0 | 19.4 | 144900 |
| Fruit trees-vegetables | 34.8 | 35.6 | 29.6 | 78240 |
| | | | | 1116580 |

Content of calcium carbonate (CaCO₃) 37.1 per cent of the top soil of the normal soils are inefficiently supplied (0–0.4% of calcium carbonate) and 62.9 per cent are well supplied.

Of the well supplied soils a percentage of 18.6 per cent has been found to contain too much (20–40% and even higher) calcium carbonate.

Soil reaction (pH): 76 per cent of the tested soils are of alkaline reaction, 12.0 per cent of acid reaction and 12 per cent of neutral reaction. A percentage of 3.2 per cent of the soils tested (115000 hectares) has been found as non saline alkali and saline alkali soils, which necessitate strong treatment with gypsum (1,15 million tons of gypsum). Soils in need of

liming at a rate of 1000 kg limestone per hectare are estimated at 430000 hectares.

Trace elements: By animal and plant nutrition, deficiencies were ascertained in Fe, B, Zn, Mn and Cu.

Fertilizer policy: Only very limited fertilizing was practiced in Greece up to the last war; the maximum annual consumption reached 26000 metric tons of plant food nutrients. After the war the management of fertilizers was assigned by the Government to the Agrarian Bank of Greece.

Since 1945 the Agrarian Bank in cooperation with farmers cooperative associations supplies Greek agriculture with the necessary fertilizers.

The level of fertilizer consumption has substantially increased, as to be seen from the following data:

Evolution of fertilizer consumption in Greece
(Metric tons of plant food nutrients)

| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | Total |
|-----------|--------|-------------------------------|------------------|---------|
| 1937/38 * | 7.500 | 15.000 | 3.500 | 26.000 |
| 1944/45 * | 827 | — | — | 827 |
| 1945/46 * | 3.937 | 5.648 | 3.216 | 12.801 |
| 1946/47 * | 7.307 | 9.422 | 2.861 | 19.590 |
| 1947/48 * | 11.472 | 12.260 | 3.047 | 26.779 |
| 1948/49 * | 13.489 | 12.397 | 1.507 | 27.393 |
| 1949/50 * | 17.301 | 15.452 | 2.830 | 35.583 |
| 1950/51 * | 27.682 | 22.657 | 4.576 | 54.915 |
| 1951/52 * | 27.973 | 22.521 | 3.430 | 53.924 |
| 1952/53 * | 27.167 | 23.090 | 3.305 | 53.562 |
| 1953/54 * | 41.674 | 36.347 | 3.512 | 81.533 |
| 1954 ** | 45.067 | 37.138 | 4.193 | 86.398 |
| 1955 ** | 40.002 | 35.071 | 4.356 | 79.429 |
| 1956 ** | 53.322 | 38.748 | 6.130 | 98.200 |
| 1957 ** | 55.519 | 46.807 | 7.188 | 109.516 |
| 1958 ** | 70.670 | 55.501 | 8.170 | 134.341 |
| 1959 ** | 69.387 | 52.230 | 7.663 | 129.280 |
| 1960 ** | 68.955 | 54.749 | 7.784 | 131.488 |
| 1961 ** | 78.334 | 62.637 | 8.776 | 149.747 |

The total cultivated (and partially fertilized) area is 3653000 ha, which means that the average per hectare consumption of plant nutrients is, for the

* Agricultural year, beginning 1st September, ending 31th August.

** Calendar year, beginning 1st January and ending 31th December.

year 1960, 35.99 kg. The average consumption of plant nutrients per hectare for some of the precedings years is as follows:
1938: 9.43 kg, 1951: 17.90 kg, 1954: 25.97 kg.

This means an increase in the application of fertilizers per cultivated unit of acreage of 4 times approximately as compared to prewar consumption. There exists a substantial divergence in the consumption of fertilizers among the different districts of the country, as shown in the following table:

| Districts | Average nutrients per ha in kg | Districts | Average nutrients per ha in kg |
|--------------------|--------------------------------|--------------------|--------------------------------|
| Thrace | 23.63 | Peloponnese | 40.04 |
| East Macedonia | 38.03 | Aegean Islands | 22.06 |
| Central Macedonia | 38.24 | Cyclades | 17.64 |
| West Macedonia | 25.27 | Crete | 49.00 |
| Thessaly | 37.72 | Ionian Islands | 31.08 |
| Continental Greece | 29.07 | Dodecanese | 14.13 |
| Epirus | 20.40 | Average for Greece | 35.99 |

With regard to the fertilized crops the following data is available, concerning the fiscal year 1958-59 (beginning 1st July, ending 30th June).

| | Fertilized acreage (ha) | Average consumption of nutrients (kg/ha) | | | Total |
|----------------------|-------------------------|--|-------------------------------|------------------|--------|
| | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | |
| Cereals | 1028230 | 45.64 | 32.86 | 0.08 | 78.58 |
| Winter legumes | 34185 | 8.69 | 28.87 | 1.11 | 38.67 |
| Spring legumes | 30062 | 5.46 | 59.21 | 2.83 | 67.50 |
| Other spring crops | 7019 | 33.76 | 38.04 | 4.84 | 76.64 |
| Rice | 18732 | 56.86 | 23.86 | 2.46 | 83.18 |
| Potatoes | 30942 | 94.56 | 87.23 | 48.74 | 230.53 |
| Water melons, melons | 11847 | 59.76 | 48.54 | 30.81 | 139.11 |
| Vegetables | 40760 | 76.13 | 43.96 | 20.34 | 140.43 |
| Tobacco | 33184 | 27.09 | 38.06 | 34.75 | 99.90 |
| Cotton | 20595 | 48.75 | 35.79 | 2.28 | 86.82 |
| Grapes | 32966 | 53.75 | 47.20 | 26.51 | 127.46 |
| Raisins | 45451 | 69.30 | 74.39 | 33.90 | 177.59 |
| Olive trees | 95000 | 53.24 | 35.59 | 10.79 | 99.62 |
| Fruit trees | 15400 | 88.83 | 61.23 | 22.86 | 179.92 |
| Citrus trees | 17000 | 105.18 | 86.47 | 37.24 | 228.89 |
| Total | 1461373 | | | | |

Roughly we can estimate that 40 per cent of the area under field crops and tree plantations (including vineyards) is fertilized. But the applied quantities of plant nutrients per hectare are considerably lower than the actual crop requirements, considering most of the crops and trees.

It is estimated that in the year 1968 the annual consumption of plant food units will be approximately as follows (in metric tons):

N = 110000, P₂O₅ = 105000, K₂O = 30000.

7 per cent of the fertilizer are distributed in the form of mixed fertilizers and 93 per cent in the form of straight (single) materials. It is the government policy to encourage the use of straight materials instead of mixed fertilizers. In this way the selling prices are kept constantly low, as compared to mixed fertilizers. Besides, in a country, like Greece, without intensive research work on the use of fertilizers and with diversified soil and climatic conditions the use of straight materials seems to be the most preferable policy.

Level of prices: The Agrarian Bank has applied since 1945 the system of uniform prices for each type of fertilizers throughout Greece, independently of the district distance from the center.

Thus the existing selling prices of plant nutrients in the various simple fertilizer materials are as follows:

| Single materials | Dollars per 1000 kg | Single materials | Dollars per 1000 kg |
|------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|
| Ammonium sulfate | 238.10 | Single superphosphate 20 % | 150.00 |
| Ammonium nitrate | 208.97 | Potassium sulphate | 118.10 |
| Calcium nitrate | 290.33 | Ammonium phosphate | |
| Sodium nitrate | 306.27 | 16-20-0 | 208.30 |

The total investment in fertilizers is annually 30 million Dollars. The net profit derived by the country through the use of fertilizers is estimated at approximately two to three times this amount.

Bibliography

1. Present and Future Irrigation Development in Greece. Greek Ministry of Agriculture. Athens 1961
2. *Catacouzinos D.S.*: Potassium in Greek Soils.
3. Soil and Water Samples Analysis. Central Soil Laboratory of Ministry of Agriculture. Athens 1955



Les sols grecs et leurs besoins en matières fertilisantes

Dr. D.S. CATACOUZINOS
Directeur de l'Institut des sols et des engrais
Ministère de l'Agriculture, Athènes

A. Sols typiques de la Grèce

En Grèce, comme d'ailleurs dans tous les pays, la formation des sols dépend du climat, de la roche-mère, du temps ainsi que des interventions des hommes, animaux et plantes.

Des recherches effectuées jusqu'à présent en Grèce (1, 2, 3, 9, 10) il ressort que les types de sols décrits à la suite se rencontrent dans notre pays. La répartition géographique de ces sols rassemblés en associations est donnée dans la carte édaphologique à l'échelle 1:2500000 annexée au présent travail.

1. Formations squelettiques et rendzines

Ces sols se rencontrent sur de grandes surfaces dans toutes les zones climatiques de la Grèce, mais surtout dans les régions à calcaires durs pratiquement imperméables à l'eau et en règle générale riches en argiles.

Ces formations sont surtout occupées par des pâturages à moutons et à chèvres et, dans une plus faible mesure, par des terres de labours qui ne donnent, d'ailleurs, que de médiocres résultats.

Dans les environs des villes et des villages, ces sols sont également plantés d'arbres fruitiers, surtout lorsque ces arbres sont résistants au calcaire actif.

2. Formations squelettiques et sols rouges méditerranéens

Ces formations sont composées d'une masse squelettique recouverte d'une couche peu profonde de sols rouges méditerranéens auxquels sont mélangés des sols bruns forestiers, des rendzines et des affleurements rocheux nus. Dans les dépressions du type des dolines, des épaisseurs considérables de sols rouges méditerranéens se forment qui sont caractérisés par une fertilité remarquable.

Ces terres se forment en général dans les régions à climat méditerranéen sur des calcaires durs karstiques et sur des dolomies. Les régions de Grèce

où ces sols se rencontrent sont occupées par des forêts et des pâturages à chèvres et moutons. Lorsque les sols s'étendent sans discontinuer sur une assez grande surface et qu'ils sont assez profonds, ils sont utilisés pour la culture des arbres fruitiers, de la vigne, de l'olivier, etc.

3. *Rendzines, sols bruns calcaires et regosols*

Ces formations apparaissent sur des roches calcaires tendres telles que les marnes et le travertin, sur des dépôts calcaires du tertiaire, sur des psamites (grès) et des sables riches en chaux ainsi que sur d'autres roches riches en chaux.

La plupart de ces sols sont fertiles, surtout lorsqu'on y cultive la vigne, l'amandier, l'olivier et d'autres arbres fruitiers calcaréophiles. Lorsqu'ils sont peu profonds, ils ne conviennent pas pour la culture et ils sont utilisés pour les pâturages.

4. *Formations squelettiques et sols bruns lessivés*

Ces sols apparaissent dans les régions à climat de montagne où le lessivage des bases est rendu possible par la présence de roches perméables privées de ou pauvres en CaCO_3 et en bases.

La croissance de plantes forestières acidophiles telles que le hêtre, le châtaigner, etc. est caractéristique pour les régions occupées par les formations évoquées ci-dessus.

Ces terres sont en conséquence utilisées pour la production forestière et l'élevage.

Dans les régions où le climat le permet, on y cultive le seigle, la pomme de terre, le lupin et d'autres plantes acidophiles.

5. *Sols bruns méditerranéens*

Ces sols se forment sur des roches pauvres ou privées de CaCO_3 et de bases – comme le flysch, les roches éruptives acides telles que le granit, etc. – sous l'influence du climat méditerranéen.

Lorsque ces sols sont suffisamment profonds, leur fertilité est assez bonne et on y cultive avec succès du blé, de l'avoine, du maïs, des vesces, l'*bélier annuus*, des arbres fruitiers, l'olivier, les agrumes, la vigne, etc.

6. *Sols alluviaux et marécageux*

Ces sols se divisent en deux groupes: ceux qui contiennent du CaCO_3 et ceux qui n'en contiennent pas. La présence ou l'absence de CaCO_3 dépend de la composition des dépôts alluvionnaires.

Comptes Rendus de l'Académie des Sciences et belles-lettres

Par la D.E.D. S. Catanzano

En Grèce, les sols alluviaux contenant du CaCO_3 sont fréquents alors que ceux qui n'en contiennent pas sont plus rares.

Ces sols sont souvent inondés périodiquement, soit en surface, soit dans le sous-sol, par les eaux des fleuves et des torrents voisins, ce qui empêche leur exploitation agricole.

Si ces sols sont protégés des inondations et si le plan d'eau est maintenu à une profondeur convenable, ils fournissent régulièrement à notre agriculture des sols très productifs et fertiles qui peuvent être cultivés avec beaucoup de succès. Parmi les cultures recommandées on peut citer le coton, le blé, les betteraves, la luzerne, etc.

7. Formations salines et alcalines

Dans les sols dont le plan d'eau est riche en sels de sodium (delta des fleuves), les alluvions donnent naissance à des formations salines et alcalines qui portent comme végétation naturelle des *Salicornias*, *Salsola kali*, etc. Lorsqu'ils sont bien drainés et que les sels qu'ils contiennent ont été lessivés grâce à l'irrigation et parfois totalement améliorés par l'apport de gypse, ces sols deviennent propres à la culture et donnent avec différentes plantes parmi lesquelles nous pouvons citer le riz, le coton, la luzerne, etc. des résultats excellents. Ces formations occupent en Grèce une surface estimée à 150 000 ha.

8. Sols organiques

Les sols organiques se forment en Grèce dans des bassins fermés ayant la forme des lacs qu'ils contenaient et qui ont été asséchés et drainés soit naturellement soit artificiellement par des travaux techniques. Les sols organiques se composent de tourbe (peat) ou de «muck»* dont l'épaisseur est dans certains cas faible et dans la plupart des cas importante pouvant aller jusqu'à plusieurs mètres (Marécages de Philippi, d'Arzan-Amatovo, ancien lac de Yanitsa en Macédoine, de St. Floros à Messinia, Kopais en Béotie et Lessini en Acarnanie).

Un drainage convenable et la régularisation du plan d'eau à une bonne profondeur ainsi que l'oxydation de la tourbe dans les couches superficielles permettent la formation de sols très fertiles qui peuvent produire de belles récoltes de culture maraîchère, de coton, de maïs, de céréales, etc.

* Contient 25-65 % de matière organique bien décomposée mêlée à beaucoup d'argile ou de limon et aussi à du sable.

B. La teneur des sols grecs en éléments nutritifs

Les 20000 analyses de sols effectuées tant par l'Institut des Sols et Engrais (4) que par d'autres Services scientifiques (5) permettent de tirer les conclusions suivantes sur leurs teneurs en CaCO_3 , leurs pH, leurs teneurs en humus et en éléments nutritifs.

1. Teneur en CaCO_3

Dans 63% des cas la couche superficielle est suffisamment pourvue en CaCO_3 , le sous-sol dans 70,7% et la couche en dessous du sous-sol dans 11,4% des cas. 18,6% des sols examinés contiennent des quantités de CaCO_3 et de calcaire actif beaucoup plus considérables qui contribuent beaucoup à la fixation du phosphore soluble et à son immobilisation.

Cette fixation du phosphore est considérablement réduite lorsque le phosphore est ajouté au sol en présence de l'ion sulfate comme c'est le cas pour les superphosphates.

2. Réaction (pH)

Les analyses effectuées nous montrent que 76% des sols examinés présentent une réaction basique ou extrêmement alcaline, 12% sont neutres et 12% sont acides.

Ces renseignements nous prouvent que dans les sols grecs l'on doit normalement utiliser avant tout des engrais physiologiquement acides tels que le sulfate d'ammoniaque, le sulfonitrate d'ammoniaque, le nitrate d'ammoniaque, les superphosphates (simples) et le sulfate de potasse.

3. Teneur en matière organique (humus)

86% des sols examinés sont pauvres en humus et ont par conséquent besoin d'augmenter leurs teneurs en matières organiques, soit par l'application de fumier ou par l'enfouissement d'engrais verts.

4. La teneur en azote totale

Dans 87% des sols examinés, les teneurs en azote sont pauvres ou médiocres. Ces sols ont par conséquent besoin de fumures azotées moyennes à fortes.

5. Teneur en acide phosphorique assimilable

80% des sols examinés sont pauvres en acide phosphorique ou médiocrement pourvus en cet élément. De ce fait, ils ont aussi besoin d'une fumure phosphatée forte à moyenne.

6. Teneur en potasse assimilable

L'analyse d'environ 20000 échantillons de sols d'après les méthodes de *Neubauer* et *Dirks-Scheffer* a donné les résultats suivants classés par catégorie d'utilisation des sols (6) :

| Catégorie d'utilisation des sols | Echantillons examinés | Teneur en potasse assimilable, % | | | Sols ayant besoin de potasse, % |
|--|-----------------------|----------------------------------|---------|--------|---------------------------------|
| | | riche | moyenne | pauvre | |
| Champs labourés | 9280 | 70,3 | 20,7 | 8,0 | 28,7 |
| Vignobles: vins et raisins secs | 5166 | 60,4 | 24,6 | 15,0 | 39,6 |
| Oliviers | 4332 | 58,6 | 22,0 | 19,4 | 41,4 |
| Arbres fruitiers et cultures maraîchères | 745 | 34,8 | 35,6 | 29,6 | 62,5 |

Les données rassemblées dans ce tableau nous permettent de tirer les conclusions suivantes:

a) 39,6% des sols examinés sur lesquels on cultive de la vigne et des raisins secs sont insuffisamment pourvus en potassium et nécessitent par conséquent une fumure potassique forte à moyenne.

b) 62,5% des sols étudiés sur lesquels on cultive des arbres fruitiers et des cultures maraîchères ne contiennent pas assez de potasse et doivent par conséquent recevoir des fumures potassiques.

c) 41,4% des sols utilisés pour la culture des oliviers ont besoin de fumures potassiques et

d) 28,7% des sols de champs labourables nécessitent une fumure potassique pour donner une production rentable.

Il est remarquable de constater que les sols grecs ne contiennent proportionnellement pas de grandes quantités de potasse totale (7) ce qui est avant tout dû au fait que les roches pauvres en potassium, comme les calcaires, etc., sont très répandues (11).

7. Teneur en calcaire actif

Environ 20% des sols grecs contiennent de grandes quantités de calcaire actif.

8. Teneur en soufre

La plus grande partie des sols grecs contiennent du soufre sous forme de sulfates d'alcalino-terreux et, plus rarement, de sulfates d'alcalis.

9. Teneur en magnésium

La plupart des sols agricoles grecs sont riches en Mg car les roches qui ont contribué à leur formation sont riches en cet élément (péridotite, magnésite, etc.).

10. Teneur en manganèse

Les analyses effectuées nous montrent qu'en règle générale les sols contiennent des quantités satisfaisantes de manganèse actif.

C. Données sur les essais de fumure

Tous les essais effectués jusqu'à maintenant sur la réaction des cultures aux engrais ont démontré que dans notre pays le rendement de toutes les plantes cultivées peut être augmenté considérablement grâce à l'application des techniques modernes parmi lesquelles l'emploi des engrais joue un rôle essentiel (10). Les agriculteurs de notre pays sont déjà conscients des profits que les engrais minéraux peuvent leur apporter, et c'est pourquoi la consommation des engrais augmente en Grèce d'année en année.

Alors qu'avant la guerre la consommation des engrais minéraux s'élevait à 7500 t de N, 15000 t de P_2O_5 et à 3500 t de K_2O , elle atteint aujourd'hui (1960) 68955 t d'azote, 54749 t de P_2O_5 et 7784 t de K_2O . La surface cultivée qui reçoit des engrais au cours d'une année atteint aujourd'hui 35-40% de la surface agricole totale, alors qu'avant la guerre, elle ne s'élevait qu'à 10%. 41% de la surface occupée par les cultures annuelles sont actuellement fumés. Pour la vigne, ce pourcentage s'élève à 29%, pour les agrumes à 57%, pour les oliviers à 12% et enfin pour les arbres fruitiers à 9%.

On estime (10) qu'au cours des 10 prochaines années, la consommation des engrais atteindra dans notre pays 110000 t d'azote, 120000 t de P_2O_5 et 30000 t de K_2O .

La Grèce doit étendre l'utilisation des engrais minéraux à toute la surface cultivée afin qu'elle puisse intensifier considérablement sa production agricole et améliorer la qualité des produits qu'elle exporte.

Des résultats des essais de fumure entrepris, il découle que l'azote constitue l'axe de la nutrition et le principal facteur d'augmentation des rendements. En effet, l'utilisation des engrais azotés donnent toujours des augmentations de rendements considérables.

Toutes les cultures profitent de la fumure azotée – son importance variant selon la fertilité du sol et la rotation appliquée – à la condition, bien entendu, que tous les autres facteurs de production ne limitent pas le rendement (11).

La réaction positive des sols grecs aux engrais azotés est également démontrée par les résultats des essais de fumure de l'Institut, au cours desquels l'azote utilisé sous forme nitrique ou ammoniacale a provoqué une réaction favorable dans la plupart des cas ainsi que des bénéfices considérables.

L'acide phosphorique constitue, comme le montrent les essais effectués, un élément indispensable pour les sols grecs. Il doit toujours être utilisé ensemble avec l'azote, car c'est dans ces conditions qu'il donne les meilleurs résultats. Le phosphore appliqué seul soit sous forme de superphosphate simple ou de superphosphate concentré, ne donne des résultats positifs que dans un petit nombre de cas et ne laisse comparativement qu'un petit profit aux agriculteurs.

La plupart du temps l'utilisation du phosphore seul n'augmente que très peu les rendements, et il en résulte un désavantage pour les cultivateurs. Dans les sols grecs, riches en chaux, le coefficient d'utilisation du phosphore est faible (15% environ). C'est pour cette raison qu'il est nécessaire d'appliquer sur ces sols des quantités de phosphore plus importantes pour obtenir des résultats satisfaisants.

En ce qui concerne le potassium, les résultats des expériences nous montrent que cet élément appliqué en combinaison avec les deux autres provoque dans la culture des céréales des réactions positives et laisse dans beaucoup de cas un bénéfice considérable (11, 12).

Quant aux cultures kaliophiles telles que les cultures maraîchères, les arbres fruitiers, le tabac, etc., une fumure potassique moyenne leur est dans tous les cas indispensable, car elle permet d'obtenir des augmentations de rendement importantes, un bénéfice considérable et une amélioration sensible de la qualité des produits.

Même dans la plupart des sols suffisamment pourvus en potassium, la fumure potassique devient également nécessaire, lorsque l'on intensifie l'exploitation du sol et que l'on élève les rendements, car ces pratiques épuisent rapidement les réserves potassiques disponibles dans le sol (12).

Les résultats des expériences de notre Institut nous prouvent que dans les sols grecs pauvres en humus, la fumure organique augmente généralement les rendements et laisse aux cultivateurs un bénéfice considérable.

Nous avons également constaté au cours de nos essais que les apports de gypse combinés avec un bon drainage et une bonne irrigation provoquent dans les sols riches en sodium échangeable une amélioration sensible du sol.

Enfin, le chaulage des sols acides de notre pays est surtout nécessaire lorsqu'on y cultive des plantes kaliophiles; dans ce cas, il provoque des augmentations de rendement importantes.

En conclusion, nous pouvons assurer, en nous basant sur les résultats des essais effectués jusqu'à aujourd'hui, qu'une augmentation des rendements de 50% pourra être atteinte en appliquant dans chaque région la fumure adéquate, à condition que l'on suive les systèmes culturaux améliorés. Une telle augmentation des rendements aura comme conséquence finale l'abaissement du prix de revient des produits agricoles.

Bibliographie

1. *Catacouzinos, D.S.* : Le sol - 1958
2. *Catacouzinos, D.S.* : Les sols de Grèce - 1959
3. *Catacouzinos, D.S.*, et *Tsvorykin, J.* : L'étude des sols de la plaine de Thessalie - 1960
4. *Catacouzinos, D.S.* : Analyses des sols et des eaux du Laboratoire Edaphologique Central - 1955
5. «*N. Kanellopoulos, -Institut*» : Pour que les Grecs connaissent mieux leurs champs - 1948
6. *Catacouzinos, D.S.* : L'état des sols grecs en potasse assimilable et la réaction des engrais potassiques. *Viomichaniki Epitheorisis* 1957
7. *Catacouzinos, D.S.*, *Kelperi, E.*, et *Malefakis, J.* : Les formes de la potasse et leurs rapports aux sols grecs - 1960
8. *Kanassis, N.*, et *Harpantides, J.* : Lipasmatologie spéciale appliquée - 1961
9. *Liatsikas, N.* : Die Verbreitung der Bodentypen in Griechenland - 1935
10. *Neuros, N.*, et *Tsvorykin, J.* : Zur Kenntnis der Böden der Insel Kreta - 1939
11. *Panos, B.* : Utilisation rationnelle des engrais - 1959
12. *Panos, B.* : Eau et fumure - 1961

RÉSUMÉ

Les sols grecs et leurs besoins en matières fertilisantes

D'après les recherches entreprises jusqu'ici à notre Institut, les sols grecs typiques peuvent être classés comme suit :

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| 1. Rendzines | 5. Sols bruns méditerranéens |
| 2. Sols rouges méditerranéens | 6. Sols alluviaux |
| 3. Sols bruns calcaires | 7. Sols salins et alcalins |
| 4. Sols bruns lessivés | 8. Sols organiques |

En outre, l'analyse de 20000 échantillons de sols cultivés a fait ressortir que 63% d'entre eux sont bien pourvus en CaCO_3 , que 76% de ces sols présentent une réaction basique à très alcaline (pH), que 12% sont neutres et 12% acides.

De plus, 86% des sols examinés sont pauvres en humus et en azote total et 80% ont besoin d'engrais phosphatés.

Enfin, d'après les analyses selon *Neubauer* et *Dirks-Scheffer*, on constate qu'une fumure potassique est absolument nécessaire pour:

- a) 28,7% des terres labourées,
- b) 39,6% des vignes (vin et raisins secs),
- c) 41,4% des sols plantés d'oliviers,
- d) 62,5% des sols plantés d'arbres fruitiers.

Actuellement, on applique en Grèce des engrais sur 35-40% de la surface cultivée, alors qu'avant la guerre cette proportion n'était que de 1/10. On estime que dans les 10 prochaines années l'utilisation des engrais s'élèvera dans notre pays à 110000 t de N, 120000 t de P_2O_5 et 30000 t de K_2O . Les résultats des expériences en champs dont nous disposons confirment les résultats des analyses de laboratoire et prouvent que l'application d'une fumure adéquate provoque une augmentation considérable des rendements et un bénéfice net très important pour le cultivateur.

SUMMARY

The soils of Greece and their need for fertilizing substances

The research of our Institute up to the present has shown that the typical soils of Greece may be classified as follows:

- | | |
|----------------------------|------------------------------|
| 1. Rendzinas | 5. Mediterranean brown soils |
| 2. Mediterranean red soils | 6. Alluvial soils |
| 3. Calcareous brown soils | 7. Saline and alkali soils |
| 4. Leached brown soils | 8. Organic soils |

Furthermore, 20000 samples of cultivated soils have been analysed, showing that 63 per cent of them are well provided with $CaCO_3$, and that 73 per cent show a reaction (pH) that is basic to highly alkaline, whilst 12 per cent are neutral and the remaining 12 per cent acidic.

Eighty-six per cent of the soils examined are low in humus and in total nitrogen, 80 per cent of them require phosphatic fertilizers.

Finally, analyses by the methods of *Neubauer* and of *Dirks* and *Scheffer* indicate that potassic manuring is absolutely necessary for:

- a) 28.7 per cent of the arable soils
- b) 39.6 per cent of the vineyards (producing wine and dried grapes)
- c) 41.4 per cent of the soils under olives
- d) 62.5 per cent of the soils under fruit trees

Fertilizers are used at present on 35 per cent to 40 per cent of the cultivated area, against only a tenth of the cultivated area before the war. It is estimated that in the next ten years the consumption of fertilizers in our country will rise to 110000 metric tons of N, 120000 metric tons of P_2O_5 and 30000 metric tons of K_2O . The results of field experiments at our disposal confirm the results of the laboratory tests and prove that adequate fertilizer dressings cause a considerable rise in the yields and bring a very substantial net profit to the grower.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Böden Griechenlands und ihre Düngerbedürfnisse

Nach den bis heute in unserem Institut durchgeführten Untersuchungen können die griechischen Böden wie folgt eingeteilt werden.

- | | |
|---------------------------|---------------------------|
| 1. Rendzinen | 5. Mediterrane Braunerden |
| 2. Mediterrane Roterden | 6. Alluvialböden |
| 3. Braune Kalkböden | 7. Salz- und Alkaliböden |
| 4. Lessivierte Braunerden | 8. Organische Böden |

Die Untersuchung von über 20000 Bodenproben von landwirtschaftlich genutzten Flächen hat gezeigt, daß 63 % dieser Böden mit $CaCO_3$ gut versorgt sind, daß 76 % dieser Böden eine alkalische bis stark alkalische Reaktion zeigen, daß 12 % neutral und 12 % sauer sind. Dazu waren 86 % der untersuchten Böden humusarm und arm an Gesamtstickstoff und 80 % benötigten Phosphatdüngungen.

Schließlich konnte man mit Hilfe der *Neubauer-* und *Dirks-Scheffer-Analysen* feststellen, daß in folgenden Fällen eine Kaliumdüngung unbedingt notwendig ist:

- a) bei 28,7 % der offenen Ackerfläche
- b) bei 39,6 % der Weinberge (Wein und getrocknete Weinbeeren)
- c) bei 41,4 % der mit Olivenbäumen bepflanzten Feldern
- d) bei 62,5 % der Obstgärten

Heute erhalten in Griechenland 35–40 % der landwirtschaftlich genutzten Böden Düngemittel, während vor dem letzten Weltkrieg dieser Prozentsatz nur 10 % betrug. Es wird angenommen, daß der Düngerverbrauch in unserem Land in 10 Jahren folgende Ausmaße annehmen wird: 110000 t N, 120000 t P_2O_5 und 30000 t K_2O . Die Ergebnisse unserer Feldversuche bestätigen die Laboruntersuchungen und beweisen uns, daß eine angemessene Düngung eine beträchtliche Ertragerhöhung verursacht und den Landwirten einen umfangreichen Reingewinn hinterläßt.

RESUMEN

Los suelos griegos y su necesidad en materias fertilisantes

Segun las investigaciones que hasta ahora han sido llevadas a cabo en nuestro Instituto, los suelos tipicos pueden clasificarse como sigue:

- | | |
|---------------------------------|--------------------------------|
| 1. Rendzinas | 5. Suelos pardos mediterráneos |
| 2. Suelos rojizos mediterráneos | 6. Suelos aluviales |
| 3. Suelos pardos calcáreos | 7. Suelos salinos y alcalinos |
| 4. Suelos pardos lixiviados | 8. Suelos orgánicos |

Además, el análisis de 20000 muestras de suelos cultivados demostró que el 65 % de ellos están bien dotados de CaCO_3 ; que el 76 % de estos suelos presentan una reacción básica muy alcalina (pH) que el 12 % son neutros y el 12 % ácidos.

Por otro lado, el 86 % de los suelos examinados son pobres en humus y en nitrógeno total, y el 80 % tienen necesidad de abonos fosfados.

Finalmente, según los análisis realizados por *Neubauer* y *Dirks-Scheffer*, se comprueba que el abonado potásico es absolutamente necesario para:

- a) el 28,7 % de las tierras labradas,
- b) el 39,6 % de las viñas (vinos y pasas),
- c) el 41,4 % de los suelos plantados de olivos,
- d) el 62,5 % de los suelos plantados de árboles frutales.

En la actualidad, en Grecia se aplican abonos sobre el 35-40 % de la superficie de suelo cultivada, mientras que antes de la guerra esta proporción no era más que del 10 %. Puede estimarse que en los diez próximos años el empleo de abonos se elevará en nuestro país a 110000 toneladas de N, a 120000 toneladas de P_2O_5 y a 30000 toneladas de K_2O . Los resultados de los experimentos realizados en los campos de ensayo de que disponemos confirman los resultados de los análisis obtenidos en el laboratorio, demostrando que la aplicación de un abono adecuado produce un aumento considerable de los rendimientos y un beneficio neto muy importante para el cultivador.

Characteristics of Some Alluvial Soils of Northern Greece

Dr. J.M. KALOVOULOS and Prof. Dr. S.A. PAXINOS
Soils Laboratory
University of Thessaloniki, Greece

In the last two decades the diagenesis of the clay minerals has been a matter of discussions and contradictions. Several investigators have suggested that some of the clay minerals change by diagenetic processes in marine or in general salty environments, while others very little if not at all accept such diagenetic changes of the clay minerals.

Dietz (2) in 1941 suggested that illite develops on the sea floor mainly by alteration of montmorillonite. *Grim* and his coworkers (6) in 1949 suggested that kaolinite slowly changes under marine conditions to illitic or chloritic clay minerals, and in general that soil clays and especially partially degraded illite carried into the sea water take up potassium and magnesium. Further on, they consider the widespread occurrence of montmorillonite on the sea floor as an indication that this clay mineral does not change under marine conditions. The regular interstratification of two different clay structures is also taken by some investigators as a result of the influence of marine or supersaline environments. The mineralogical composition of detritus carried into several fresh or saline water lakes of California, and the mineralogical composition of the saline muds of these lakes found by *Droste* (3) were almost identical. But what is remarkable in *Droste's* (3) investigation is that the predominant cations in the salty water of the lakes studied are sodium and calcium instead of potassium and magnesium which are responsible for the diagenetic changes of clay minerals.

It is clear from this brief bibliography review that the diagenesis of the clay minerals is an open subject to further investigation.

It seems to be reasonable that a marine environment provides the best example for diagenetic process studies of clay minerals and a river delta usually offer such an environment.

This paper presents some characteristics of alluvial deposits of the Axios and Nestos river deltas in northern Greece and especially the salt content of these soils, the mineralogical composition of the soil clays, and the possibility of their diagenetic alterations upon the influence of the salts.

Materials and methods

Surface soil samples were taken from recent alluvial deposits of the Axios and Nestos river deltas in northern Greece. These soils are deep with moderate to fine texture, in the surface layers, strongly salt-affected by the sea water and they support the typical clumps of halophytic vegetation (*Gnaphalium* 5). During the winter the water table is close to the surface and in summer it recedes to 2 meters or more from the surface.

Since the areas under consideration will sooner or later be reclaimed mainly by leaching, the water movement into the soil profile should be of particular interest. The infiltration rate of the soil among the other factors is also influenced by the type of clay minerals. The alteration of the clay minerals by diagenetic process controls more or less the infiltration rate and the productivity of the soil. Thus particular attention has been given to the kind of the salts present in these soils, the type of the clay minerals present, and the possibility of their alteration by diagenetic processes. The procedures of the U.S. Salinity Laboratory (13) were used for the determination of the salts. The clay fraction was separated from the soils by repeated cycles of a mechanical dispersion-settling-siphoning techniques. The clays were readily dispersed in water after two or three cycles without any chemical dispersing agent. The clay suspensions were concentrated by filtering with a Pasteur-Chamberland candle. The concentrated suspensions were treated with H_2O_2 first at room temperature and then at $95^\circ C$ for 16 hours to remove the organic matter, after which they were allowed to dry at $50^\circ C$. Type of clay minerals, cation exchange capacity, total potassium and surface area were determined, and differential thermal analysis was carried out on these dried clay samples.

The identification of the clay minerals was accomplished mainly by the X-ray diffraction methods while the other methods mentioned above were used to support the X-ray data. Magnesium and potassium saturated samples of these clays were prepared before and after the removal of the aluminum and probably iron interlayers by Tamura's (12) technique. Approximately one normal magnesium chloride and potassium chloride solutions were used for the preparation of Mg- or K-saturated clays. The clays were shaken 5 minutes with 25 cm^3 of the above solutions, centrifuged, and the supernatant clear solutions were rejected. This process was repeated five times and then the excess of the salts removed by alcohol. About 20 drops of the Mg- or K-saturated clays were placed on separate microscope slides and allowed to orient at room temperature. X-ray diffraction records were made of these clays. Then the K-saturated samples were heated at $400^\circ C$ and the Mg-saturated samples glycolated by placing the slides, for three days, in a

desiccator containing ethylene glycol. Then another X-ray record was made of these samples. Differential thermal analysis was made by using the multiple differential thermal analysis apparatus, manufactured by the Technical Equipment Corporation.

The cation exchange capacity of the clays was determined after saturation with magnesium before and after their treatment with Na-citrate. Cation exchange capacity of the clays saturated with potassium after the treatment with Na-citrate was also determined; *MacKenzie's* (8) micro-procedure being used in all these cases.

Total potassium content of the clays was determined by the semi-microchemical perchloric acid method described by *Jackson* (7).

The surface area of the calcium saturated clays was determined by *Dyal's* and *Hendrick's* (4) method as modified by *Martin* (9).

Results and discussions

In Table 1 the chemical analysis of the soil-water saturation extracts as well as an analysis of sea water for comparison purposes are given.

The electrical conductivity of the saturation extracts in millimhos per centimeter, ranging from 11.8 to 64.4 (mhos/cm $\times 10^3$) indicates the presence of soluble salts in high quantities. The sodium content of the saturation extracts frequently exceeds the sodium content of the sea water. As far as the magnesium and potassium concentrations concern which must have special influence on the diagenetic alterations of the clay minerals, the magnesium content of the extracts is smaller or almost equal to the magnesium content of the sea water, whereas the potassium concentration reaches the half of the potassium concentration in the sea water. Among the anions present in the saturation extracts, chlorides are more abundant than sulfates. The water saturated pastes are neutral to slightly alkaline (pH 7.2 to 7.8); this is in accordance with the lack of carbonates and the presence of moderate quantities of bicarbonates in the saturation extracts. The highest boron contents of the Axios and Nestos river delta soils are 1.7 to 3.0 ppm respectively. Leaching of these soils would probably reduce the boron concentration to safe levels for plant growth, but since the removal of boron salts is slower than that of the other salts, the reduction of boron content to safe levels should be verified after leaching.

X-ray records of a clay from the Axios and one from Nestos river deltas before (A) and after (B) their treatment with Na-citrate are given in Figures 1 and 2. It is clear from these records that both of the clays have similar

Table 1 Chemical analysis of some salt-affected soils from the Axios and Nestos river deltas and of sea water

| Soil sample | SP | pH | Soil-water saturation extract | | | | | | | | | | CEC mEq per 100 g | |
|-------------|----|-------|-------------------------------|-------|------|-------|-----|-----------------|------------------|-------|-----------------|-----|----------------------|---------------|
| | | | EC $\times 10^4$ | Ca+Mg | Ca | Na | K | CO ₃ | HCO ₃ | Cl | SO ₄ | B | | |
| | | | | | | | | | | | | | | mEq per liter |
| | | mmhos | | | | | | | | | | | | ppm |
| Axios | | | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 61 | 7.2 | 11.8 | 55.0 | 35.0 | 69.5 | 1.0 | 0 | 5.8 | 11.8 | 14.0 | 0.2 | 27 | |
| 2 | 58 | 7.8 | 11.2 | 21.0 | 13.0 | 104.0 | 0.4 | 0 | 4.0 | 87.0 | 70.0 | 1.7 | 16 | |
| 3 | 55 | 7.4 | 54.6 | 154.0 | 61.0 | 514.0 | 2.0 | 0 | 4.6 | 670.0 | 42.0 | 0.6 | 16 | |
| 4 | 65 | 7.4 | 64.4 | 203.0 | 82.0 | 590.0 | 3.0 | 0 | 4.6 | 765.0 | 76.0 | 1.0 | 20 | |
| Nestos | | | | | | | | | | | | | | |
| | 47 | 7.8 | 57.8 | 121.0 | 32.0 | 622.0 | 4.6 | 0 | 2.3 | 720.0 | 43.0 | 3.0 | 24 | |
| Sea Water | | | | | | | | | | | | | | |
| | | — | — | 135.1 | 21.6 | 469.0 | 9.3 | — | — | — | — | — | — | |

SP
EC $\times 10^4$
CEC

Saturation percentage
Electrical conductivity in millimhos
Cation exchange capacity

mineralogical composition. Besides, the Na-citrate treated clays gave much sharper X-ray diffraction graphs than the untreated, and probably this is due to the removal of the interlayered materials. The glycolation of the Mg-saturated clays gave two peaks, the original about 14 Å, and another at about 17 Å. These values are consistent with the adsorption of single layers of glycol by some crystals and double by others and indicates the presence of vermiculitic and montmorillonitic clay minerals. The about 14 Å spacing could also be attributed to the presence of chloritic clay minerals. Evidence for this is the presence of a 2.8 Å spacing as well as the double or assymmetric peaks at about 7.0 and 3.5 Å where the first and second and the second and fourth orders of kaolinite and chlorite approach coincidence. The combination of the double 7.0 and the single 14 Å peaks of the heated K-saturated clays indicates also the presence of chlorite and kaolinite especially in the Axios river delta sample. The strong 17 Å peak of the Nestos river sample after glycolation indicates that this sample is richer in montmorillonitic clay minerals than the Axios delta sample.

What is important in the X-ray diffraction records of the no treated clays with Na-citrate, is that the 14 Å peak failed to collapse to 10 Å upon potassium saturation and instead, both of the clay records presented a peak at 12.6 to 13.5. When these clays were saturated with potassium after their treatment with Na-citrate, the 14 Å peak collapsed to 10 Å, probably because of the removal of the aluminum interlayers by the chelate effect of the citrate anion (12). The 12.6 to 13.5 Å spacing could be attributed to intermediate products formed by diagenetic alteration of biotite to vermiculite or to vermiculite with aluminum interlayers, according to several investigators as it is reported by *Sawbney* (11), and partially to K-saturated montmorillonitic clay minerals.

The suggested diagenetic alteration of biotite to vermiculite is fairly well supported by the high ratio Mg:K present in these soils; such an alteration has been reported by *Barshad* (1) and by *Walker* (14). An evidence of the presence of vermiculitic type of clay minerals is the decrease of cation exchange capacity after saturation of the samples with potassium, in comparison with the exchange capacity of the corresponding Mg-saturated clay samples, probably due to potassium fixation. The possibility of potassium fixation by the montmorillonite present can be excluded (*Mortland and Giesecking*, 10) by the fact that the clays were potassium saturated at room temperature and dried to 50°C. The decrease of the cation exchange capacity ranges from 19.5 to 27.8 per cent of the exchange capacity of the Mg-saturated clays (Table 2). A small increase of the cation exchange capacity was also observed on the Mg-saturated clays after the removal of the interlayered materials by the Na-citrate treatment. This increase expressed

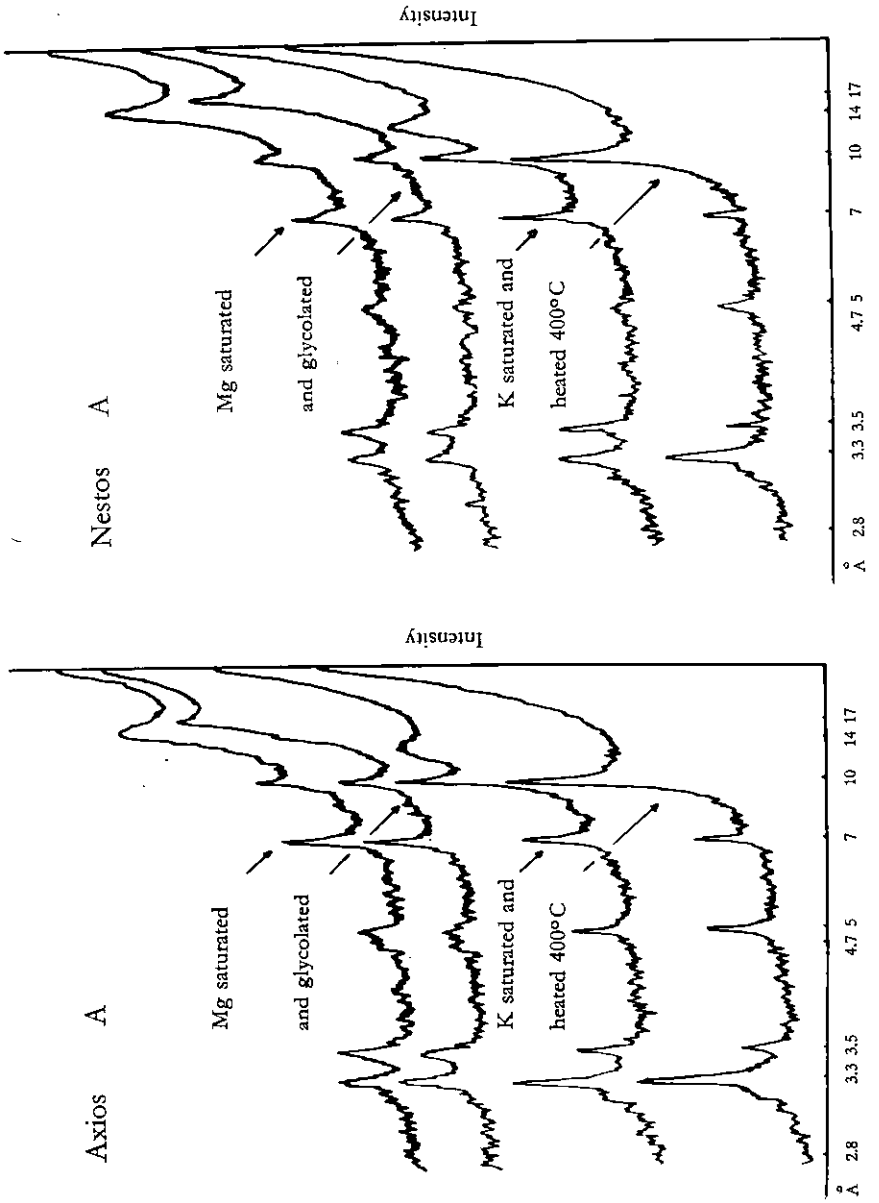


Figure 1 X-ray diffraction records of a clay sample from Axios and one from Nestos river delta soils
A = not treated with Na-citrate

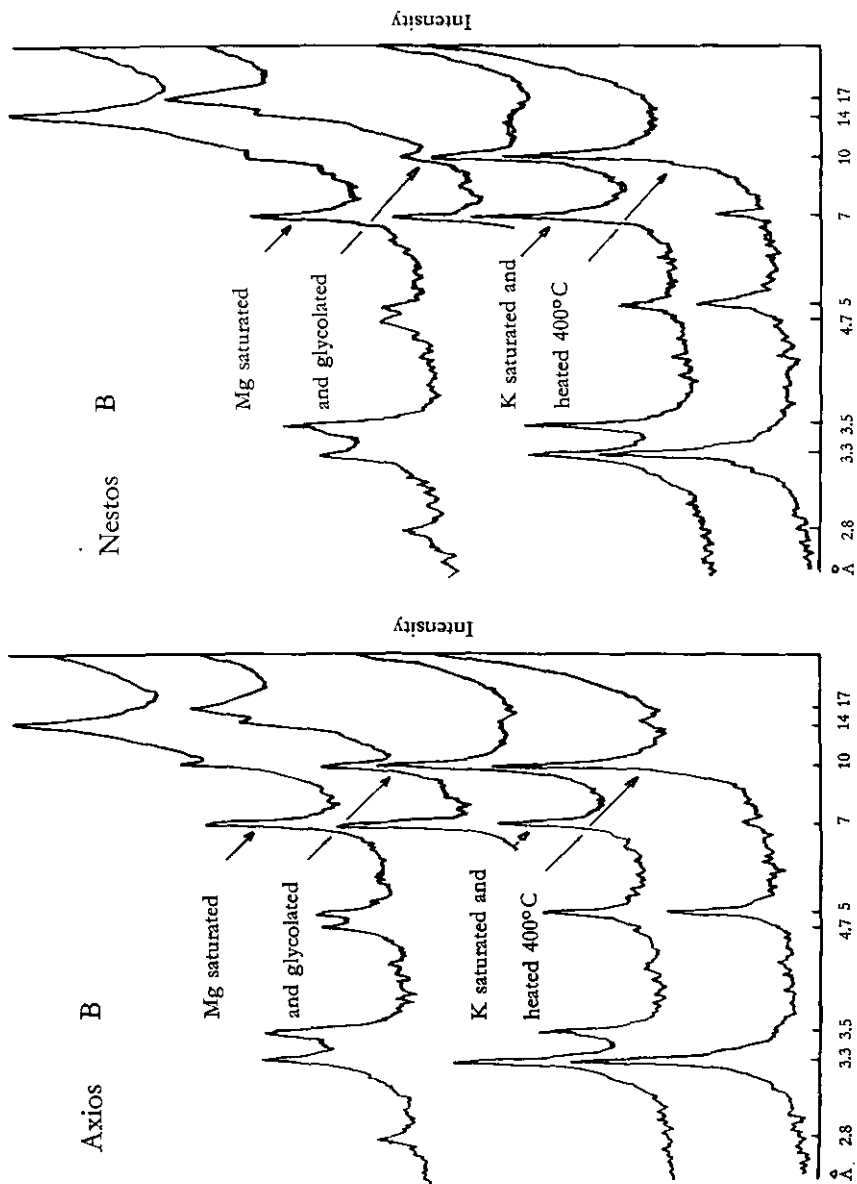


Figure 2 X-ray diffraction records of a clay sample from Axios and one from Nestos river delta soils
 B = treated with Na-citrate

Table 2 Cation exchange capacity, total potassium and total surface of soil clays from Axios and Nestos river deltas

| Clays from Axios and Nestos deltas | CEC of clays mEq/100 g after Mg- saturation | CEC of Na-citrate treated clays mEq/100 g | | Total Potassium % | Total surface area sq. m/g |
|--|---|--|---------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| | | after Mg- saturation | after K- saturation | | |
| Axios 1 | 54.78 | 57.73 | 46.40 | 1.30 | 432 |
| Axios 2 | 54.10 | 56.54 | 42.40 | 1.39 | 407 |
| Axios 3 | 46.26 | 48.28 | 34.84 | 1.40 | 336 |
| Axios 4 | 49.00 | 51.50 | 38.00 | 1.50 | 370 |
| Nestos | 56.32 | 59.54 | 46.52 | 1.28 | 445 |

on the basis of the cation exchange capacity values obtained from the Mg-saturated samples before their treatment with Na-citrate ranges from 4.4 to 5.8 per cent.

The presence of the first, second, and third order mica reflections of the Na-citrate treated and K-saturated samples (Fig. 2), and their low total potassium content (Table 2), support the presence of illitic type of clay minerals in the Axios and Nestos river delta samples.

Summarizing the information taken on the mineralogical composition of these soil clays, the following series of abundance can be given: montmorillonite, vermiculite, intermediate products of diagenetic alteration of biotite to vermiculite, illite, kaolinite and chlorite. This series of abundance is also supported by the DTA graphs (Fig. 3), and especially by the data in Table 2. Thus, the broad endothermic reaction, 100–250°C (Fig. 3), indicates the presence of montmorillonite as well as vermiculite and illite. The second endothermic reaction, 550–700°C, shows the presence of kaolinite and illite, whereas the high-temperature side of the same reaction proves the presence of montmorillonite in higher quantity in the Nestos than in Axios river sample. The final part of the curve, the third main reaction, supports the existence of kaolinite and montmorillonite mixture. The presence of montmorillonite and vermiculite is also supported by the rather high values of cation exchange capacity and surface area obtained (Table 2), even if they are lower than the ones of the pure montmorillonite and vermiculite.

In conclusion it seems to be probable that in the deltaic areas of the Axios and Nestos river of northern Greece under the marine environment the

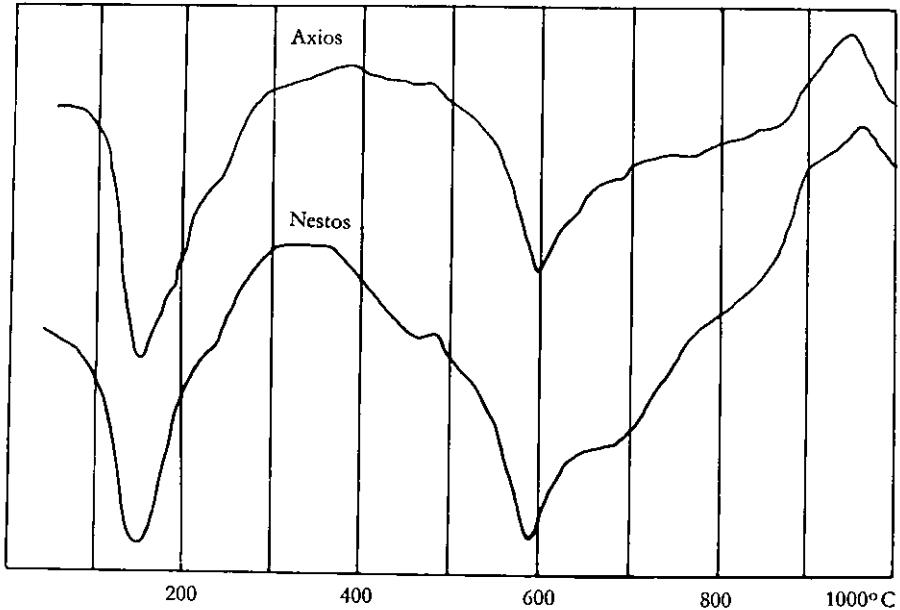


Figure 3 Differential thermal analysis curves of a clay sample from the Axios and one from the Nestos river delta soil clays

finest particles of biotite changes by diagenetic alterations to vermiculite. The higher magnesium to potassium ratio (20.0 to 46.5) of the soil extracts, in comparison to that of the sea water (12.2), evidently accelerates this diagenetic alteration. The increase of the cation exchange capacity of the magnesium saturated as compared to the potassium saturated clay after their treatment with Na-citrate is another indication of the presence of vermiculitic type of clay minerals. Meanwhile this change of the cation exchange capacity indicates that these soils possess a high potassium fixation value, at least under the conditions of the present investigation.

Bibliography

1. *Barshad, I.*: Vermiculite and its relation to biotite as revealed by base exchange reactions, X-ray analysis, differential thermal curves and water content. *American Mineralogist*. *33*, 655-678 (1948)
2. *Dietz, R.S.*: Clay minerals in recent marine sediments. Ph.D. Thesis, University of Illinois (1941)
3. *Droste, J.B.*: Clay minerals in playas of the Mojave desert, California. *Science*. *130*, 100 (1959)

4. *Dyal, R.S., and Hendricks, S.B.*: Total surface of clays in polar liquids as a characteristic index. *Soil Sci.* 69, 421-432 (1950)
5. *Ganiatsas, C. A.*: Untersuchungen über die Vegetation auf den Salzböden bei Saloniki. *Ber. dtsh. bot. Ges. LIV*, N° 7, 430-444 (1936)
6. *Grim, R.E., and Bradley, W.F.*: *Bulletin of Geological Society of America.* 60, 1768-1808 (1949)
7. *Jackson, M.L.*: *Soil chemical analysis.* Prentice-Hall Inc., N. J. (1958)
8. *Mackenzie, R.C.*: A micromethod for determination of cation exchange capacity of clays. *J. Colloid Sci.* 6, 219-222 (1951)
9. *Martin, R.T.*: Ethylene glycol retention by clays. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19, 160-164 (1955)
10. *Mortland, M.M., and Gieseking, J.E.*: Influence of the silicate ions on potassium fixation. *Soil Sci.* 71, 381-385 (1951)
11. *Sawbney, B.L.*: Weathering and aluminum interlayers in soil catena. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 24, 221-226 (1960)
12. *Tamura, T.*: Identification of clay minerals from acid soils. *J. Soil Sci.* 9, 141-147 (1958)
13. US Salinity Laboratory. Staff. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*, USDA, Handbook 60 (1954)
14. *Walker, G.F.*: The decomposition of biotite in the soil. *Mineralogical Magazine XXVIII*, 693-703 (1949)

SUMMARY

This report presents some characteristics of the Axios and Nestos river delta alluvial deposits, in northern Greece.

The chemical analysis of the soil-water saturation extracts indicates that these soils are strongly salt-affected and that their Mg: K ratio (20.0 to 46.5) is higher than that of the sea water (12.2). The X-ray analysis of the less than 2 microns fraction shows the presence of clay minerals in the following series of abundance: montmorillonite, vermiculite, products of diagenetic alteration of biotite to vermiculite, illite, kaolinite, and chlorite. Cation exchange capacity, total surface area, total potassium, and differential thermal analysis support the above series of abundance. The X-ray analysis also affords evidence that a diagenetic alteration takes place of very fine and weathered particles of biotite to vermiculite type of clay minerals. This diagenetic change of biotite to vermiculite is probably due to the high magnesium content of the soil-water saturation extracts, and it is supported by the strong decrease (19.5 to 27.8%) of the cation exchange capacity values of the K-saturated in comparison to the values of the corresponding Mg-saturated samples. The decrease of the cation exchange capacity also indicates that under the conditions of the present work these soils possess a high potassium fixation value.

RÉSUMÉ

Les caractéristiques de quelques sols d'alluvions en Grèce septentrionale

Ce rapport présente quelques caractéristiques des sédiments alluviaux des deltas des rivières Axios et Nestos en Grèce septentrionale.

L'analyse chimique des extraits de l'eau de saturation du sol nous montre que ces sols sont fortement influencés par le sel et que leur rapport Mg:K (20,0 à 46,5) est plus élevé que celui de l'eau de mer (12,2). L'analyse aux rayons X de la fraction < 2 microns révèle la présence des minéraux argileux suivants, énumérés dans l'ordre décroissant d'importance: montmorillonite, vermiculite, produits d'altération diagénétique de la biotite en vermiculite, illite, kaolinite et chlorite. La capacité d'échange en cations, la surface totale, le potassium total et l'analyse thermo-différentielle confirme l'ordre d'importance évoqué ci-dessus. L'analyse aux rayons X fournit également une preuve de l'altération diagénétique de particules très fines et altérées de biotite en minéraux argileux du type de la vermiculite. Cette transformation diagénétique de la biotite en vermiculite est probablement due à la très forte teneur en magnésium des extraits de l'eau de saturation du sol et elle est soutenue par la forte diminution (19,5 à 27,8%) de la capacité d'échange en cations des échantillons saturés de K par rapport à ceux saturés de Mg. La diminution de la capacité d'échange en cations indique également que dans les conditions dans lesquelles le présent travail a été exécuté, ces sols présentent une forte capacité de fixation de potassium.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Eigenschaften einiger Alluvialböden Nord-Griechenlands

Die vorliegende Arbeit enthält die Beschreibung einiger Eigenschaften von Alluvialsedimenten der Deltas der Flüsse Axios und Nestos in Nord-Griechenland.

Die chemische Analyse der Extrakte aus dem Sättigungswasser des Bodens zeigt uns, daß diese Böden sehr stark vom Salz beeinflusst werden und daß ihre Mg:K-Verhältnisse (20,0 bis 46,5) höher liegen als jene des Meerwassers (12,2). Die Röntgenstrahlenuntersuchung der Fraktion < 2 Mikron weist auf die Anwesenheit von folgenden Tonmineralien hin, welche in der Reihenfolge der abnehmenden Häufigkeit aufgeführt sind: Montmorillonit, Vermikulit, Produkte der diagenetischen Umwandlung des Biotites in Vermikulit, Illit, Kaolinit und Chlorit. Die Kationenaustauschkapazität, die Gesamtoberfläche, das Gesamtkalium und die Differential-Thermoanalyse bestätigen die oben angeführte Reihenfolge. Die Röntgenstrahlenuntersuchung liefert ebenfalls einen Beweis für die diagenetische Umwandlung von sehr feinen und verwitterten Biotitpartikelchen in Tonmineralien des Vermikulittypus. Diese diagenetische Umwandlung des Biotites in Vermikulit ist wahrscheinlich auf den sehr hohen Magnesiumgehalt in den Extrakten aus dem Sättigungswasser des Bodens zurückzuführen; sie wird von der starken Abnahme (19,5 bis 27,8%) der Kationenaustauschkapazität der mit K gesättigten Proben, verglichen mit jener der mit Mg gesättigten, unterstützt. Die Abnahme der Kationenumtauschkapazität weist ebenfalls auf die Tatsache hin, daß die unter den beschriebenen Bedingungen bestehenden Böden eine starke Kaliumfixierungskapazität haben.

RESUMEN

Características de algunos suelos aluviales del Norte de Grecia

Este informe presenta algunas características de los depósitos aluviales en los deltas de los ríos Axios y Nestos, en el norte de Grecia.

El análisis químico de los extractos debidos a la saturación del agua del suelo indica que estos suelos están fuertemente afectados por la sal y que su relación Mg:K (20,0 a 46,5) es más alta que la del agua de mar (12,2). El análisis ante los rayos X de una fracción menor que 2 micrones demuestra la presencia de minerales arcillosos en las series de abundancia siguientes: montmorillonita, vermiculita, productos de alteración diagénética de biotita a vermiculita, ilita, kaolinita y clorita. La capacidad de intercambio de los cationes, el área total de la superficie, el potasio total y el análisis térmico diferencial justifica las series de abundancia anteriormente citadas. Los análisis ante los rayos X también proporcionan pruebas de que tiene lugar una alteración diagénética en las partículas muy finas y disgregadas de la biotita ante el tipo de vermiculita de los minerales arcillosos. Este cambio diagénético de la biotita en vermiculita es probablemente debido al alto contenido de magnesio en los extractos obtenidos por la saturación del agua del suelo, y es confirmado por un fuerte descenso (19,5 a 27,8%) de los valores de la capacidad de intercambio del K saturado en comparación con los valores correspondientes de las muestras del Mg saturado. El descenso de la capacidad de intercambio de los cationes indica también que bajo las condiciones en que se realizó el presente trabajo, estos suelos poseían un alto valor de fijación del potasio.

Sur l'utilisation économique optimale des engrais

Prof. D^r N. C. ROUSSOPOULOS

Recteur et professeur à l'École supérieure agronomique d'Athènes

Le but de l'agriculture est: produire le plus et le plus économiquement possible, des produits de la plus haute qualité, sans préjudice du biocycle atmosphère-sol-plantes-animaux-homme.

Considérons plus particulièrement le facteur fumure, en laissant, pour l'instant, de côté le point de vue économique.

Dans l'état actuel de nos connaissances – et les rapports soumis à notre symposium en témoignent – une bonne pratique paraît toujours être de restituer au sol ce qui lui est enlevé au cours d'une rotation, après avoir atteint – s'il n'existe pas – un niveau de fertilité maximum; c'est-à-dire de porter, par des fumures convenables, la fertilité au maximum et de l'entretenir ensuite à ce maximum.

Cette pratique correspond pleinement aux besoins accrus en produits agricoles d'une population du globe qui augmente avec une rapidité de plus en plus grande.

Mais, les moyens économiques de l'agriculteur et de chaque pays étant limités, il faut bon gré mal gré considérer aussi, en général au moment de l'application d'une fumure le point de vue économique de la question.

Si l'on ne considérait que ce point de vue, il faudrait certes fumer une plante, dans un sol, à un moment donné, avec la dose d'engrais qui placerait l'argent dépensé pour la fumure en question au taux maximum.

Mais on peut aussi, comme une solution moyenne entre cette solution et la pratique qui fait abstraction du coût de la fumure, fumer une plante, dans un sol, à un moment donné, avec la dose d'engrais qui provoque l'augmentation du rendement net optima.

D'ailleurs, ainsi que *Malicornet* le mentionne dans une très intéressante étude parue en 1961 dans les C.R.A.A. de France, dont j'ai malheureusement eu connaissance après la rédaction de mon rapport, la première solution du problème, par rapport à celle qui constitue une moyenne, donne des résultats qui dans la pratique, diffèrent – en moins – à peine de 20%.

Aussi, il ne faut jamais oublier que l'optimum économique est toujours un minimum technique imposé à l'agriculteur pour des raisons économiques.

Ainsi, dans notre rapport, nous avons admis la solution moyenne de *Bondorff*.

Dans le même rapport, nous avons fait abstraction de toute action résiduaire éventuelle de la fumure, comme aussi de l'action de l'engrais sur la qualité et le biocycle.

Enfin, remarquons que les formules mentionnées dans le rapport – à part celle de *Demolon* qui doit être considérée surtout comme une simple formule d'interpolation – ne sont applicables, comme les formules fondamentales de *Mitscherlich* et de *Bondorff*, dont elles dérivent, qu'aux seuls engrais simples. Dans notre rapport, nous exposons la théorie des différentes solutions données et nous proposons la dose d'engrais après expérimentation d'après *Mitscherlich*, suivant la formule économiquement optimale correspondante.

Quelle est la quantité d'un engrais par laquelle nous obtenons, pour une culture donnée, toutes les autres conditions étant les mêmes, le résultat économique le plus élevé? Voilà en quoi consiste, comme le fait remarquer *Bondorff*, à qui l'on doit les tentatives expérimentales les plus importantes pour aborder ce sujet, la question de la fumure la plus rentable, ou encore des doses optimales d'utilisation économique des engrais.

La solution du problème, pour chaque cas particulier, ne peut être obtenue que par l'expérimentation et, dans les conditions des applications pratiques usuelles, exige la connaissance des lois générales du rendement des végétaux, c'est à dire de la variation de ce rendement en fonction de la quantité d'un engrais donné (considéré comme facteur d'action de la croissance végétale), lorsque tous les autres facteurs du rendement restent constants pendant l'expérimentation, ou varient d'une manière identique pour tous les lots expérimentaux: exemple frappant de l'apport précieux de la théorie dans la pratique expérimentale.

Suivant la loi du rendement admis, c'est-à-dire suivant la formule que nous adoptons comme donnant le rendement y en fonction de la dose x d'un engrais donné, les données expérimentales permettent de calculer, pour chaque cas particulier, la dose la plus rentable à employer. Cette dose varie, bien entendu, suivant la formule du rendement admise.

Dans le présent rapport nous allons examiner les principales formules de calcul de la dose la plus rentable et tirer quelques conclusions intéressantes tant la théorie que la pratique.

I. Calcul de la dose la plus rentable à partir de la formule de Mitscherlich

On sait que, d'après *Mitscherlich*, le rendement y est donné par la formule, expérimentalement établie :

$$y = A (1 - e^{-K(x+b)}) \text{ ou}$$

$$y = A (1 - 10^{-c(x+b)}), \text{ avec } c = 0,434 K$$

Dans ces formules :

A = le rendement maximum avec l'engrais (simple) envisagé,

y = le rendement pour une dose x (qx/ha) de cet engrais,

e = 2,718, la base des logarithmes népériens,

b = la quantité de l'élément fertilisant qui existe déjà dans le sol,

K ou c = constantes se rapportant à chaque élément fertilisant (par exemple $c = 0,122$ pour l'N, $c = 0,6$ pour le P_2O_5 et $c = 0,4$ pour le K_2O).

Lorsque $x = 0$, alors $y = y_0$, c'est-à-dire :

$$y_0 = A (1 - e^{-Kb}) \text{ ou}$$

$$y_0 = A (1 - 10^{-cb})$$

Cette formule, $y = A (1 - e^{-K(x+b)})$ ou $y = A (1 - 10^{-c(x+b)})$ (dite de première approximation) s'applique lorsque l'engrais n'exerce pas d'action nuisible (cas de P_2O_5 et K_2O), à doses relativement élevées. Dans le cas contraire, seul un calcul spécial permet encore de l'utiliser.

Nous laisserons de côté la question de la constance de K (ou c) pour un engrais simple donné, quelles que soient les autres conditions lors de son application. Il nous suffira de rappeler que *Mitscherlich*, en choisissant la valeur de A (obtenue de plus en plus au moyen du calcul) et en suivant, lors de l'application de sa méthode, certaines prescriptions, peut considérer K ou c comme pratiquement constantes.

Quant à la signification de la formule de *Mitscherlich*, rappelons que l'on peut la déduire de la loi chimique d'action de masse, en admettant que l'ensemble des réactions chimiques, dont le végétal est le siège et dont le rendement est le résultat, sont de nature monomoléculaire, et que chaque facteur de croissance agit catalytiquement par rapport à l'action des autres (1).

Venons maintenant au calcul de la dose la plus rentable d'après la formule de *Mitscherlich*: Nous appliquerons la méthode suivie par *Bondorff*, dans le cas de sa formule.

L'accroissement Y du rendement (par rapport au témoin sans engrais), sous l'action d'une quantité d'engrais x est, d'après *Mitscherlich*:

$$Y = y - y_0 = A(1 - e^{-K(x+b)}) - A(1 - e^{-Kb}) \text{ ou}$$

$$Y = Ae^{-Kb}(1 - e^{-Kx})$$

Avec *Bondorff*, appelons p_1 le prix de 100 kg de récolte, et p_2 le prix de 100 kg d'engrais, et mettons $\frac{p_2}{p_1} = r$.

Le gain net G , à la suite de la fumure, c'est-à-dire le prix de l'accroissement de la récolte moins le prix de l'engrais utilisé (sans compter sur aucune action résiduaire éventuelle de l'engrais) sera:

$$G = Ae^{-Kb}(1 - e^{-Kx}) \cdot p_1 - p_2 x$$

Et l'accroissement net correspondant de la récolte (en qx/ha):

$$z = \frac{G}{p_1} = Ae^{-Kb}(1 - e^{-Kx}) - r x \quad (\text{I})$$

D'où:
$$dz = KAe^{-Kb} \cdot e^{-Kx} dx - r dx \quad \text{et}$$

$$\frac{dz}{dx} = z' = (KAe^{-Kb} \cdot e^{-Kx}) - r \quad (\text{II})$$

Mais:
$$\frac{d}{dx} \frac{dz}{dx} = \frac{d^2z}{(dx)^2} = z'' = -K^2 Ae^{-Kb} \cdot e^{-Kx} \quad (\text{III})$$

Donc, comme la dérivée seconde de z est négative pour toute valeur de x (ce dernier étant toujours positif), la fonction z comporte, d'après la règle bien connue, un maximum et ce maximum est obtenu pour la valeur de x qui annule la dérivée première, z' , de z , soit pour:

$$KAe^{-Kb} \cdot e^{-Kx} - r = 0 \quad \text{ou:}$$

$$KAe^{-Kb} \cdot e^{-Kx} = r \quad \text{ou encore:}$$

$$e^{Kx} = \frac{KAe^{-Kb}}{r} \quad (\text{IV})$$

Prenons les logarithmes népériens de (IV) (avec base $e = 2,718$):

$$Kx = l(KA) - Kb - lr \quad \text{d'où:}$$

$$x = \frac{l(KA) - Kb - lr}{K} \quad (\text{V})$$

Mais: $\log x = 0,434 lx, c = 0,434 k$ et $k = \frac{c}{0,434} = 2,303 c$

Par conséquent (V) peut aussi s'écrire:

$$x = \frac{l(2,303 cA) - 2,303 cb - lr}{2,303 c}$$

et, en multipliant numérateur et dénominateur par 0,434 (du moment que

$$0,434 \times 2,303 = 0,434 \cdot \frac{1}{0,434} = 1)$$

$$x_{\text{opt}} = \frac{\log(2,303 cA) - cb - \log r}{c} \quad (\text{VI})$$

Cette formule, déduite de celle de *Mitscherlich* de première approximation, permet de calculer, avec considération de la loi du rendement non proportionnel, la dose la plus rentable lorsqu'on connaît r et c et, de plus, A et b déterminés d'après la méthode de *Mitscherlich*.

D'après elle, la quantité optimale économique d'engrais à employer est, dans chaque cas particulier, d'autant plus grande que, *ceteris paribus*:

1. Le sol est plus riche en autres éléments fertilisants (macroéléments, microéléments, etc.); de même, lorsque tous les autres facteurs du rendement se trouvent en quantités optimales (eau, chaleur, aération, perméabilité, édaphon, etc.). Ainsi un sol, plus il est fertile, plus il répond à la fumure par un élément qui en est absent. (A d'autant plus grand que le nombre de facteurs se trouvant à un niveau optimum est plus élevé.)

2. Le sol est moins riche en l'élément fertilisant de l'engrais (b plus petit).

3. Le rapport (r) du prix de l'unité de l'engrais au prix de l'unité de la récolte est plus bas. (En Grèce, ce rapport, dans le cas du blé, est:

$$r = \frac{999}{350} = 2,85 \text{ pour l'azote, } r = \frac{687}{350} = 1,96 \text{ pour le } P_2O_5$$

$$\text{et } r = \frac{430}{350} = 1,23 \text{ pour le } K_2O.)$$

4. Bien entendu, cette dose optimale varie suivant la culture (A, r différents!), et aussi suivant la nature de l'engrais (c différent!). En somme, elle varie dans chaque cas particulier.

La potasse, si importante pour beaucoup de cultures grecques, se présente, en tout cas, comme privilégiée avec un r bas et un c intermédiaire entre ceux de l'azote et de l'acide phosphorique.

Revenons à la formule (VI). – Pour des valeurs appropriées de A, b, c et r, x_{opt} peut se réduire à zéro: C'est le cas où l'on a le plus grand bénéfice en ne fumant pas du tout. Dans ce dernier cas on doit avoir:

$$\log(2,303 cA) - cb - \log r = 0 \quad (\text{VII})$$

La formule (VII) permet, par exemple, de calculer le b d'un sol pour lequel, pour des valeurs déterminées de A, c et r, on n'a aucun intérêt à fumer. De même elle permet, pour des valeurs déterminées de A, c et b, de calculer la valeur de r, pour laquelle toute fumure, au point de vue économique, est contre-indiquée.

Ci-dessous nous donnons un exemple d'application de la formule (VI) et de l'intérêt qu'elle présente pour la pratique:

| Soit pour x (qx/ha de superphosphate à 16%) | y (qx/ha de better. sucr.) | Y = y - y ₀ |
|--|-------------------------------|------------------------|
| 0 | 217 (y ₀) | 0 |
| 1 | 253 | 36 |
| 2 | 281,6 | 64,6 |
| 3 | 322,5 | 105,5 |
| 4 | 348,2 | 131,2 |

Soit, de plus, A = 392,2; b = 3,5 (qx/ha en superphosphate à 16% de P₂O₅), r = 5 et c = 0,1 (0,6 × 0,16 = 0,096 ≈ 0,1).

Dans ce cas (tout théorique),

$$x_{opt} = \frac{\log(2,303 \cdot 392,2 \cdot 0,1) - 0,1 \cdot 3,5 - \log 5}{0,1}$$

$$x_{opt} = 9,072 \text{ qx/ha de superphosphate à 16\%.}$$

Donc, un tel sol, lorsqu'il contient de l'acide P_2O_5 correspondant à $9,072 + 3,5 = 12,572$ qx/ha de superphosphate à 16%, n'a pas besoin de fumure phosphorique ou, plus exactement, la fumure phosphorique n'est, dans ce cas, pas rentable.

Or, d'après le *Methodenbuch*, I, p. 163, Neumann-Verlag Radebeul und Berlin, 1955, un tel sol ne serait considéré comme très bien pourvu en P_2O_5 et n'ayant pas, par conséquent, besoin de fumure phosphorique, que s'il contient par hectare l'équivalent de $6 \times 3 = 18$ qx (au lieu de 12,572) de superphosphate à 16% (6 unités *Mitscherlich-Baule* assurant pratiquement le rendement maximum, soit 98,4% de A).

II. Calcul de la dose la plus rentable au moyen de la formule dite danoise (de Bondorff)

Au lieu de la formule de *Mitscherlich*, *Bondorff* utilise la formule plus simple, d'application plus facile et qui n'exige pas l'emploi des logarithmes:

$$Y = y - y_0 = \frac{Ax}{x+b} \quad (I).$$

La signification de Y , y , y_0 , x est la même que dans la formule de *Mitscherlich*; quant à b , c'est une constante expérimentale. Cette formule aussi, pour $x = 0$ donne $Y = 0$ et pour $x = \infty$, $Y = A$ (A : accroissement du rendement maximum avec quantités croissantes de l'engrais simple expérimenté). Comme celle de *Mitscherlich* de première approximation, elle se rapporte à la branche ascendante de la courbe du rendement (cas d'engrais n'exerçant pas d'action nuisible à dose relativement élevée). La formule (I) correspond à une hyperbole et, par conséquent, à une réaction bimoléculaire (2): Elle rappelle la formule d'adsorption de *Langmuir* (de *Perrin* ou de *Vageler*).

Si l'on représente par p_1 le prix du quintal de la récolte, par p_2 le prix du quintal de l'engrais et par r le rapport $\frac{p_2}{p_1}$, le profit net en argent est:

$$G = \frac{Ax}{(x+b)} \cdot p_1 - p_2 x \text{ et l'accroissement net de la récolte } z:$$

$$z = \frac{G}{p_1} = \frac{Ax}{(x+b)} - rx, \text{ d'où:}$$

$$dz = \frac{Abdx}{(x+b)^2} - rdx \quad \text{ou}$$

$$z' = \frac{dz}{dx} = \frac{Ab}{(x+b)^2} - r \text{ et comme } z'' = \frac{dz'}{dx} = -\frac{2Ab}{(x+b)^3}$$

c'est-à-dire comme la dérivée seconde de z est négative, quelle que soit la valeur de x (ce dernier étant toujours positif), il s'en suit que z devient maximum pour la valeur de x qui annule $z' = \frac{z}{dx}$, c'est-à-dire pour :

$$\frac{Ab}{(x+b)^2} - r = 0, \quad \text{d'où}$$

$$\boxed{x_{\text{opt}} = \sqrt{\frac{Ab}{r}} - b} \quad (\text{II})$$

Dans le cas où $x_{\text{opt}} = 0$ (cas où l'on a le plus de bénéfice en ne fumant pas du tout), (II) donne

$$b = \frac{A}{r}$$

La formule (II) permet de calculer le x_{opt} , lorsqu'on connaît r , A et b .

Pour la détermination de A et b , à partir des données de l'expérimentation, on se sert de la formule (I) :

$$Y = y - y_0 = \frac{Ax}{b+x} \quad \text{ou} \quad Y(b+x) = Ax \quad \text{ou}$$

$$Y = A - b \frac{Y}{X} \quad \text{Et en posant} \quad \frac{Y}{X} = X$$

$$Y = A - bX \quad (\text{III})$$

Dans cette dernière équation (III), équation de droite, la méthode des moindres carrés permet facilement de déterminer A et b à partir des valeurs expérimentales correspondant à Y et $X = \frac{Y}{X}$.

III. Calcul de la dose la plus rentable au moyen de la formule de Demolon

Demolon (3), pour le calcul de x_{opt} , utilise la formule

$$Y = y - y_0 = bx - cx^2$$

où Y , y , y_0 et x ont la signification que l'on connaît, et b et c sont deux constantes différentes dans chaque cas particulier. Cette formule parabolique n'est autre que la relation bien connue de *Stoklasa-Bondorff* (4), mais

elle est employée par *Demolon* comme une simple formule d'interpolation, en vérité la plus simple que l'on puisse choisir. Elle s'applique à des parties de la courbe entière du rendement (branche ascendante et branche descendante).

Les constantes b et c sont déterminées, au moyen de la formule, à partir d'un nombre de valeurs correspondantes de x et $Y = y - y_0$, par la méthode des moindres carrés. *Demolon*, pour simplifier, propose, toutefois, de calculer b et c au moyen de deux couples de valeurs de x et Y , en expérimentant avec deux doses x encadrant des doses telles que celles adoptées en pratique.

Pour calculer avec la formule adoptée par *Demolon* le x_{opt} , on pose comme précédemment:

$$G = (bx - cx^2) p_1 - p_2x \quad \text{ou}$$

$$z = \frac{G}{p_1} = (bx - cx^2) - rx \quad (\text{où } r = \frac{p_2}{p_1})$$

$$\text{Et comme } \frac{dz}{dx} = (b - 2cx) - r,$$

il en résulte que x_{opt} est la valeur de x pour laquelle $(b - 2cx) = r$, c'est-à-dire:

$$\boxed{x_{opt} = \frac{b-r}{2c}} \quad (\text{pour } x \text{ max.} = \frac{b}{2c})$$

Le x_{opt} devient égal à zéro lorsque $b - r = 0$ ou $b = r$, c'est-à-dire si $r > b$ l'engrais cesse d'être rentable. La formule de *Demolon* utilise les données expérimentales sans rien présumer de la loi régissant le rendement. Bien appliquée, elle se montre satisfaisante; mais elle aussi fait abstraction de toute action résiduaire de la fumure.

IV. Méthode de l'analyse polyfactorielle (5)

Nous mentionnons seulement cette méthode qui, comme celle de *Demolon*, ne présume rien quant à la loi générale du rendement, mais permet l'étude des interactions des facteurs, comme aussi des effets résiduaire des fumures, et peut ainsi conduire à la connaissance du mode d'action des différents facteurs dans toute leur complexité. Elle peut donc rendre de grands services à la pratique des fumures.

Pour une exploitation individuelle, on peut utiliser pour le calcul de x_{opt} expérimental (à partir des données de l'expérimentation) soit la formule de *Mitscherlich* de première approximation, soit plus simplement la formule de *Bondorff* (aussi de première approximation) ou la formule d'interpolation de *Demolon*.

Les différentes valeurs de x_{opt} ainsi calculées peuvent servir de base, l'expérience et le savoir de l'expérimentateur aidant, pour fixer la fumure la plus rentable dans les différents cas particuliers intéressant l'exploitation.

Mais la formule de *Bondorff* a été utilisée par son auteur pour le calcul de la dose de fumure la plus rentable aussi à l'échelon national. Dans ce but, *Bondorff* installe des expériences annuelles, avec doses croissantes d'engrais simples, dans différentes régions de son pays, donc sous différents climats locaux. Il détermine ainsi les rendements moyens des différentes régions avec chaque dose employée pour une culture donnée.

En admettant, dans une première approximation, que les champs expérimentaux de toutes les régions correspondent à un même type moyen de sol (au point de vue composition chimique, constitution mécanique, calcaire, pH, méthodes de culture, humus et fumures organiques etc.), il considère les rendements moyens obtenus avec chaque dose dans les différentes régions comme l'équivalent des rendements moyens qu'il aurait obtenus, avec la même dose, s'il expérimentait avec de nombreuses répétitions, sur un champ expérimental d'une exploitation unique sous un climat annuel correspondant à la moyenne des différents climats locaux annuels.

En d'autres termes, il considère que ces rendements moyens correspondent à un sol moyen unique du pays, sous des conditions climatiques moyennes (comme celles d'une expérimentation sur un champ unique pendant plusieurs années, afin d'éliminer l'influence du climat annuel local).

Ainsi, à partir des données expérimentales, il calcule dans la formule $y = \frac{ax}{b+x}$ les valeurs de a et b et, à partir de ces valeurs et de celle de r , le x_{opt} de l'engrais expérimenté pour tout le pays. Bien entendu, dans ce calcul de a et b il tient aussi compte du nombre d'expériences avec chaque dose dans les différentes régions.

Ce chiffre moyen présente un intérêt évident pour l'évaluation des vrais besoins du pays en un engrais simple donné. Mais il peut aussi servir à l'échelon individuel. Bien entendu, si le sol, les conditions climatiques annuelles et les autres conditions s'éloignent trop des conditions moyennes qui ont servi à l'établissement du x_{opt} , il faudra, de la part de l'agronome régional et du producteur, un sérieux effort pour adapter le chiffre moyen pour tout le pays aux conditions réelles du cas individuel.

Pour l'application du x_{opt} pour tout le pays, à l'échelon individuel, *Bondorff* se sert de l'analyse chimique. Dans une série d'expériences dans diffé-

rentes régions, il note l'excédent moyen de récolte obtenu par le x_{opt} pour le pays entier (par rapport aux témoins sans engrais) et établit, à partir des données expérimentales, une corrélation, toujours au moyen de la méthode des moindres carrés, entre cet excédent moyen (Y) et les résultats des analyses chimiques correspondantes (x) des sols des différentes régions. A cet effet, il se sert de la formule d'interpolation: $Y = a + bx + cx^2$.

Ainsi, pour un sol donné correspondant, pour le reste, aux conditions moyennes du pays, on peut, en se basant sur l'analyse chimique, voir par exemple à partir de quel taux de P_2O_5 ou de K_2O dans le sol, la dose optimale d'engrais pour tout le pays cesse d'être rentable.

Pour plus de détails, nous renverrons à la bibliographie (6, 7).

Ce qui précède suffit pour comprendre le principe des méthodes de *Bondorff*, comme aussi les critiques formulées à leur égard. Les réserves sont faciles. Lorsque l'exploitation individuelle s'éloigne trop des conditions moyennes, l'effort d'adaptation au cas particulier devient important et exige de la part de l'agronome régional, en dehors des connaissances nécessaires, un esprit critique, un don d'observation et une grande expérience. Les méthodes ne tiennent pas compte de l'effet résiduaire des fumures. Le x_{opt} calculé pour tout le pays se montre inférieur au x_{opt} réel. Les difficultés deviennent encore plus grandes lorsque le pays présente plusieurs types de sols et des climats locaux très différents. De même, une année d'expérimentation n'est pas suffisante, etc.

Bondorff lui-même, plus que tout autre, a contribué par ses travaux, ses écrits et ses paroles à ce que l'on préconise actuellement «des expériences pratiques étalées sur un certain nombre d'années et qui doivent porter sur les cultures les plus importantes et sur une gamme de sols aussi étendue que possible».

Mais ceux qui, dans un cas comme celui qui nous occupe, aiment, avec raison, la rigueur scientifique, qu'ils n'oublient jamais que l'agriculture est non seulement l'objet d'une science, mais aussi un art et que les enseignements scientifiques, donc généraux, les plus parfaits ne peuvent servir en général, grâce à des corrélations plus ou moins parfaites, que comme base pour les applications pratiques. Le succès d'une opération agricole dépend ainsi de l'intelligence, du degré d'instruction et de l'esprit d'initiative de celui qui applique les données acquises de la science agronomique. Et une science qui, parallèlement avec son objet, ne cherche pas à développer aussi les qualités de celui qui adapte le général au particulier, est bien une science, mais point du tout une véritable science agricole. Ainsi, il y a aussi la manière dont on se sert des données scientifiques, et tant dans le présent que dans le passé, il ne manque pas d'exemples où des méthodes moins rigoureuses mais intelligemment appliquées se sont révélé-

lées aussi satisfaisantes que des méthodes plus rigoureuses. En somme, le progrès scientifique, pour rendre en agriculture, doit être accompagné du progrès parallèle de l'art difficile de l'adaptation du général au particulier. D'autre part, il ne faut pas oublier que l'optimum de dose d'un engrais n'est que l'un des côtés seulement du problème de l'optimum, l'autre étant l'optimum de constitution de l'engrais (même simple), et que c'est l'association de ces deux optimums qui importe (3). Ici, on doit aussi mentionner la question de la qualité des récoltes et de l'influence de la dose optimale économique sur cette qualité.

Mais la question de la fumure optimale économique (et encore avec un engrais simple) est, en fait, plus complexe si l'on considère, comme on le doit, l'action des fumures sur le biocycle: atmosphère – sol – plantes – animaux – homme, c'est-à-dire son action sur la statique de la nature (en dehors de son action dynamique).

Ainsi, d'après tout ce qui précède, et étant donné que l'on est encore loin d'atteindre dans la pratique le x_{opt} calculé d'après les méthodes exposées, nous estimons que des tentatives comme celle de *Bondorff* marquent dans la question de la fumure un grand et réel progrès.

Bibliographie

1. *Roussopoulos, N.C.*: Introduction aux lois de rendement végétal, 142–148, Athènes (1948) (en grec)
 - Sur la loi du rendement en chimie agricole. *Annales Agr.*, 145–166, mars-avril (1948)
 - La formation de la substance végétale considérée comme phénomène pancatalytique. *Int. J. Vitalstoffe*, 30–31 (VI, 1) (1961)
2. *Roussopoulos, N.C.*: Introduction aux lois du rendement végétal, 101 et suivantes et 166–167, Athènes (1948) (en grec)
3. *Demolon, A.*: Principes régissant la rentabilité de la fumure, 537–540, *C. R. A. S. T.* 237, (1953)
4. *Roussopoulos, N.C.*: Introduction aux lois du rendement végétal, 168–179, Athènes, (1948) (en grec). Voir aussi: *J. Stoklasa*: Über die Verbreitung des Aluminiums in der Natur, 187, édit. G. Fischer, Jena (1922)
5. *Ferrari, T.J.*: Facteurs ayant une influence sur la croissance et méthodes utilisées pour exprimer les réactions des plantes à ces facteurs – *in*: Optimum économique de l'utilisation des engrais, 71–85. OECE, projet N° 393, série (1959)
6. *Bondorff, K. A.*: Quantité optimum d'engrais à utiliser. Texte introductif – *in*: L'Emploi rationnel des engrais et de la chaux, 85–92. OECE, compte rendu de la Session d'étude tenue au Danemark du 31 mai au 24 juin 1954 (1957)
7. *Bondorff, K. A.*: Résultats des analyses du sol: leur interprétation et leur application – *in*: Organisation et rationalisation de l'analyse des sols, 165–182. OECE, projet N° 156, (1956).

RÉSUMÉ

L'auteur traite des principales méthodes qui servent (ou qui peuvent servir) actuellement pour évaluer la dose la plus rentable d'un engrais (simple).

Il propose, dans l'application de la méthode de *Mitscherlich*, la fumure avec une quantité d'engrais:

$$x_{\text{opt}} = \frac{(\log 2,303 cA) - cb - \log r}{c}$$

$$\text{où } r = \frac{\text{prix de l'unité de poids de l'engrais}}{\text{prix de l'unité de poids de la récolte}}$$

et comme valeur de b , pour laquelle, et à partir de laquelle, un sol n'a pas besoin d'être fumé:

$$b = \frac{(\log 2,303 cA) - \log r}{c}$$

SUMMARY

Optimal Economic Application of Fertilizers

The author discusses the chief methods now used (or capable of being used) to evaluate the most profitable rate of fertilizing (with a simple fertilizer). He proposed, in applying the method of *Mitscherlich*, that the quantity of fertilizer used should be:

$$x_{\text{opt}} = \frac{(\log 2.303 cA) - cb - \log r}{c}$$

$$\text{where } r = \frac{\text{price per unit weight of fertilizer}}{\text{price per unit weight of harvested crops}}$$

and for the value of b , at and above which a soil does not require to be fertilized, he gives the expression:

$$b = \frac{(\log 2.303 cA) - \log r}{c}$$

ZUSAMMENFASSUNG

Optimale Wirtschaftlichkeit der Düngermanwendung

Der Autor bespricht die wichtigsten modernen Methoden zur Bestimmung der wirtschaftlich günstigsten Menge eines (einfachen) Düngers. Gestützt auf das Mitscherlich-Verfahren schlägt er vor:

$$x_{\text{opt}} = \frac{(\log 2,303 cA) - cb - \log r}{c}$$

$$\text{wobei } r = \frac{\text{Düngerpreis je Gewichtseinheit}}{\text{Preis des Ernteproduktes je Gewichtseinheit}}$$

und als b-Wert, für den und von dem ab ein Boden keine Düngung benötigt:

$$b = \frac{(\log 2,303 cA) - \log r}{c}$$

RESUMEN

Que tratade la óptima utilización económica de los abonos

El autor trata de los principales métodos que sirven (o que pueden servir) actualmente para evaluar la dosis más rentable de un abono (simple).

Propono, en la aplicación del método de *Mitscherlich*, el abonado con una cantidad de abono, como se expresa a continuación:

$$x_{\text{opt}} = \frac{(\log 2.303 cA) - cb - \log r}{c}$$

$$\text{donde } r = \frac{\text{precio de la unidad de peso del abono}}{\text{precio de la unidad de peso de la cosecha}}$$

y como valor de b, por la cual, y a partir de la cual, no tiene necesidad un suelo de ser abonado:

$$b = \frac{(\log 2.303 cA) - \log r}{c}$$

Discussions 1^{re} séance

Conférence du D^r D. S. CATACOUZINOS

Les sols grecs et leurs besoins en engrais

D^r S. NIKOLIĆ (Belgrade): Dans son rapport sur les sols grecs et leurs besoins en engrais, le Dr. *Catacouzinos* a parlé des macro-éléments de l'azote total et des micro-éléments – du manganèse.

L'azote total représente, au point de vue de la nutrition des végétaux, une réserve en cet élément car, dans le sol, l'azote peut être lié cycliquement (azote humique) ce qui le fixe énergiquement et le rend résistant aux attaques des micro-organismes et autres agents du sol. L'azote se trouve ensuite aussi sous forme – CO – NH – qui se minéralise assez facilement. Enfin, il peut se combiner avec les hydrates de carbone; sous cette dernière forme, il n'est pas très résistant. Nous constatons par conséquent que la valeur « azote total » ne peut pas nous donner une idée précise sur l'approvisionnement de la plante en cet élément, dans ce but, une donnée sur la forme sous laquelle l'azote se présente est indispensable. En ce qui concerne les micro-éléments (oligo-éléments) on y apporte ces derniers temps un intérêt croissant. Les principaux de ces éléments sont le bore, le manganèse, le cuivre, le zinc, le molybdène et le cobalt. A ce sujet, plusieurs conférences CJEC à Belgrade et de la FAO, d'autre part, ont eu lieu qui montrent la grande importance que revêt ce problème.

D^r D. S. CATACOUZINOS (Athènes): Je suis d'accord avec M. le Prof. *Nikolić* au sujet de l'importance de la forme sous laquelle l'azote se présente dans le sol; très prochainement une recherche relative sera entreprise par notre Institut afin que nous complétions nos connaissances sur les formes de l'azote des principaux types de sol de la Grèce.

Conférence du Prof. N. C. ROUSSOPOULOS

De l'utilisation économique optimale des engrais

Prof. BONDORFF (Lyngby, Denmark) stressed the importance of the problem treated by Prof. *Roussopoulos* for producers as well as for consumers and the great difficulties met in solving it. He then showed that the different equations for the yield curve could lead to quite different results, in cases where extrapolation was needed.

He emphasized that an exact determination of the optimal consumption was not necessary, for a deviation of ± 20 per cent of the optimum fertilizer quantity gave nearly the same profit to the farmers.

He finally pointed to the fact that by calculating the optimum quantity no consideration of any residual effect should be taken.

D^r I. ARNON (Rehovot, Israël): Il y a une phrase dans la conférence du Prof. *Roussopoulos* qui, il me semble, a besoin de clarification: « Dans la formulation des recommandations sur les quantités d'engrais à désirer, il n'est pas besoin de tenir compte de l'arrière-effet des engrais. » Quoique le Prof. *Bondorff* ait touché à cette question, il me semble que ses généralisations sur cet aspect des formules n'est pas applicable à la région méditerranéenne.

Je me demande comment, dans une formule pour le calcul de la fumure optimale, on peut faire abstraction de l'arrière-effet des engrais, sans compromettre la valeur pratique de la formule?

En ce qui concerne les engrais phosphoriques, par exemple, nous trouvons que la plante à laquelle cet engrais est appliqué n'en profite que dans une proportion de 5-10% du P_2O_5 appliqué; par contre, par suite de l'accumulation de P_2O_5 dans le sol résultant de ces applications successives d'engrais phosphoriques, la réaction des plantes qui suivent dans l'assolement devient de plus en plus faible aux engrais phosphoriques qui leur sont appliqués directement. La formule optimale à appliquer n'est donc pas statique; mais varie rapidement sous l'influence des engrais appliqués.

Dr. G. W. COOKE (Harpden, England): I would like to comment on methods for calculating economic optimum fertilizer dressings from British experience. We regard all equations for calculating economic optima as convenient tools for handling data from field experiments testing several different rates of fertilizer; equations of the *Mitscherlich* type can then be used to calculate crop responses to other dressings within the range tested and to calculate optimum dressings. To avoid misleading conclusions all calculations should be made within the range of dressings tested. It cannot be assumed that the curve will follow any given mathematical formula for rates above those tested. In other words the *Mitscherlich* equations and other suitable equations - like that developed by Prof. *Bondorff* - can be used to *interpolate* within experimental data but *not* to *extrapolate* from it. We have also found in modern experiments testing heavy fertilizer dressings that the *Mitscherlich* equation does not hold with very high rates of fertilizer, yields are reduced and the response curve has a parabolic form. Another important point is that optimum dressings of one fertilizer depend on the levels of other nutrients tested. This calculations made for response to one nutrient

are not appropriate when the levels of other nutrients are changed. A common example is response to potassium which is often increased with crops like sugar beet by raising the basal dressing of nitrogen fertilizer. Finally, about residual effects, I agree with Dr. *Arnon* that they are important and with Prof. *Bondorff* that it is difficult to allow for them. Our long term experiments show that P and K fertilizers do leave residues in the soil which increase crop yields in later years; after applying P or K for a number of years, the response will fall and less fertilizer will be needed. The only way to adjust optimum dressings to allow for residual effects is by repeating field experiments on the same fields every few years and so measuring the build-up of P and K in the soil. Soil analysis is also helpful.



The Climate of the Mediterranean

PROF. G. RONCALI

Ufficio Centrale di Meteorologia e di Ecologia agraria, Roma

Two radically different things can be understood by the term "the Mediterranean climate". First of all, strictly speaking, the Mediterranean climate, as understood by meteorologists, covers a great part of the Mediterranean basin but also extends over areas of the earth which are at a very considerable distance, in the southern part of Asia, America, South Africa, Australia and the southern hemisphere, in two rings at latitudes of about 35° north and south. Then on the other hand, by the climate of the Mediterranean may be meant that of the countries situated on the Mediterranean coast; the great majority of these do have a Mediterranean climate but there are some that have a different one. For example the Po plain does not have a Mediterranean climate, apart from the Adriatic coast. Also the countries on the African coast are only in a small part in a Mediterranean climate (the Atlas area, the mountainous coastal zone of Libya) whereas the remainder are in a desert climate.

Below when considering the climates of the Mediterranean countries we will indicate when this climate is Mediterranean in the meteorological sense as well and when, on the contrary, it is temperate like the Po plain, or desert as almost the whole of Egypt and the greater part of Libya.

Let us look at exactly what is the Mediterranean climate. Moving from the equator towards the poles we see successively: the tropical climate featured by very heavy rainfall; the zone with the heaviest rainfall according to seasons moves from north to south being in the main comprised between 15° N and 15° S; then there is a transition zone, the sub-tropical climate where two desert rings surround the earth about between the latitudes of 15° and 30°, forming the Sahara, Arabian, Pakistan and Arizona deserts in the north and in the south the deserts of South Africa and Australia. In the northern hemisphere there is then a temperate climate around 45°, featured by a good rainfall particularly intense during the summer; there is no temperate climate in the southern hemisphere because in the latitude where it would be, hardly any land has emerged.

The boundaries between the north desertic zone and the temperate one moves with the seasons and it is the zones affected by this movement that are said to have a Mediterranean climate from the name of the basin where this climate was first considered. The Mediterranean climate is temperate in winter and desertic in summer. Naturally the passage from one type of climate to the other is gradual, if for instance we take a section at the height of Italy, we see that the Po plain is in a clearly temperate climate in as much as no desert influence is seen during any season of the year. The Italian islands and the farthest reaches of southern Italy, Calabria and Apulia in summer have a clearly desert climate featured by an almost complete absence of rainfall during these months during which the few precipitations that do occur are concentrated in a few showers. On the contrary the whole of Italy is in a completely temperate climate during the winter. Here we see a typical example of the orographic influence; on account of the effect of the high chain of the Apennines that crosses it, Calabria at all times of the year has notably higher rainfall that pushes the limit of the desert to the south, whereas Apulia which is at a higher latitude feels the desert influence much more. Crossing the sea we see a completely Mediterranean climate in the mountainous area of Morocco both on account of the higher latitude and the presence of the Atlas range. Libya, however, is in a completely desert zone and there are only small sections with a Mediterranean climate in the coastal strip of Tripolitania and Cyrenaica.

On the whole we can say that the whole of the Mediterranean (Sea) basin is in a Mediterranean climate and that this climate extends to a certain depth along all the Mediterranean coast as indicated with the exception of the rare coastal strips of the Gulf of Sidra where the completely desert climate (i.e. desertic during all seasons) comes as far as the Mediterranean coast. On the other hand the purely temperate climate also reaches the Mediterranean coast in some stretches, such as the coast of the upper Adriatic, for example.

Let us now try to determine the boundaries of the regions with Mediterranean climates.

As regards the northern one an objective consideration is immediately evident, i.e. that the boundary is the line where (going north) summer precipitation begins to exceed that of winter. For the south on the contrary there is not such an obvious solution because going south the rainfall decreases until it finally practically disappears in the interior of the desert zone, and the choice of one limit rather than another as that of the Mediterranean climate has something arbitrary about it.

In any case, since an arbitrary limit must be chosen, it has been taken as a starting point that 15 or 20 mm of rain monthly are sufficient for the normal development of many crops that do not have particular water requirements

and so as to have an idea, an average value has been picked of 20 mm precipitation in the rainiest months as the lower boundary of the Mediterranean climate.

Data available about the Mediterranean climate

Let us examine how climatic factors influence vegetation and the mechanism of the potash in the soil and in the plants. There are many of them and not all perfectly known.

The principal ones that have an influence from this point of view are the meteorological factors of the atmosphere such as temperature, precipitation and solar radiation both as regards intensity and duration (photoperiodism), wind and evaporation, and transpiration; the meteorology of the soil, i. e. the temperature and the humidity of the soil and its movements.

The availability of information concerning these factors is very varying. For some of them, such as rainfall and in a slightly lesser degree, temperature of the air we have an absolute continuity of information concerning their trend in thousands of points in the Mediterranean zone whereas others, also highly important such as complete data on solar radiation, are only known for a few points in the whole zone. Data on evapo-transpiration and the various parameters concerning the soil are also only available within the same narrow limits. However, a fairly complete network of data calculated on Tornthwaite's-Panadaki's formula is available for evapo-transpiration; this enables us to form a good idea of the trend of the phenomenon, taking evapo-transpiration as the potential found when the soil and the vegetation are amply supplied with humidity.

As regards solar radiation, we have three very different sources of information:

1. The duration of the solar illumination on which photoperiodism depends is in its turn solely dependent on latitude and is perfectly well known in all the zones of the Mediterranean.

2. As regards the average time of direct solar radiation at a given point we have considerable and diffuse information, a small part from direct measurement (sunshine recorder) and a good deal more indirectly from the cloud covering. Unfortunately these latter measurements, as has been shown by studies checking them, have a far from negligible coefficient of error.

3. Finally, real measurements of the intensity of solar radiation are to be had for very few points and they are not always as accurate as could be wished.

Therefore all considerations on the meteorology of the Mediterranean are influenced by this state of affairs.

Mediterranean climate and vegetation

An experience which is now of half a century has shown us that the factors that can be really related to the trend of vegetation are basically temperature and precipitation. Then one remarks that, apart from photoperiodism, more often than not no effort has been made to find the direct relation between the yield of agrarian plants and solar radiation. In this case the solar radiation, in addition to its direct influence, has an indirect one leading to an increase in temperature, and therefore in the studies on the subject what actually is the influence of a greater degree of solar radiation is credited to the temperature, it being implied that the temperature is used not only in itself for its influence on the plants but also indirectly as an indication of solar radiation reaching them. The studies mentioned above have shown that those simple factors enable a picture to be traced of climatic influence on vegetation in the different zones with an undoubted degree of consistency.

These same studies have shown the absolute necessity of bearing in mind that excesses and deficiencies of the individual meteorological elements are not compensated in the different seasons of the year nor in the same months of different years; therefore to take an average of a meteorological phenomenon which has an important influence on vegetation supplies us with data which is of little service, both as regards the mean of the various months of the year and this applies all the more to the Mediterranean zone which is characterized by its outstanding seasonal variations, and also as regards the variations from year to year even in the same month since the damage resulting from an excessively dry year is in no way compensated by the damage from a following year that is excessively humid. Since there are continuous and numerous statistical data available for the above-mentioned factors, as we said, we can effectively apply the statistics so as to bear these necessities in mind. The statistics given above show the distribution of the meteorological factors month by month, and therefore provide full information about seasonal variations. However, processed data on the variations from year to year are completely lacking.

Data on soil are very scarce everywhere; the main source of information on what is happening inside the earth can be deduced indirectly from temperature and precipitation data.

Let us go on now to the influence of the different meteorological factors in connection with the vegetation and the fertilizers in the afore-mentioned Mediterranean climate.

The most important effect consists of scarcity of precipitation and the limits which this implies for the development of the plants. Ecological studies have obtained results which, although they are undoubtedly open to

criticism in each individual case, end up by serving the purpose of giving a general indication very well. The minimum necessary for good development of vegetation ranges between 15 and 20 mm mean monthly for non-exigent plants and in the phases when there is no special water requirement, whereas from 40 to 50 mm is the minimum in the periods when the plant is developing rapidly.

It is possible to go lower than the limits mentioned and have good plant growth even when the surface of the soil is completely dry, and for a period of some months consecutively, when the plants have roots which reach a great depth and can therefore utilize the moisture in the lower strata.

As regards wheat, for instance, the crop does not suffer from drought with a monthly rainfall of about 20 mm but if it is hoped to have proper development of the kernel, the wheat needs at least 40 mm in the month preceding earing. For forage in general precipitation of not less than 40 mm is advantageous during the whole vegetative cycle.

These data are obviously on broad lines but, if taken as a first approximation they enable us to determine the areas where the different cultivations could be extended and the influence on them of the hydric deficiencies of the different areas with only the use of rainfall maps.

These data are taken year by year and season by season; if for instance the 40 mm is exceeded during the critical period for wheat in 8 years out of 10, while in the other two years this point is not reached, it is quite likely that the total harvest will be 20 per cent reduced as if the two years when the value was not reached had brought down the yield. Actually even in these years there will have been a reduced harvest but this value compensated the smaller harvest which the precipitation, hardly above the theoretical limits indicated, made available.

Since it is admitted that the importance of excessive precipitations is very limited in the Mediterranean climate, we see that their influence can be exerted in the following forms:

1. Direct influence of excess humidity (exceptional).
2. Influence of stagnant water on the soil in undrained land.
3. Influence of floods.
4. High humidity favours the development of cryptogams. A typical damage to grains in Italy is from wheat rust, and to vines from peronospora. In these latter cases what counts is not so much the amount of the precipitation but its duration which for practical purposes is characterized by the number of rainy days in the seasons during which the parasites develop. This is another reason that induces us to point out the inadequacy of the statistics which only give the average total amount for the year.

Finally, excessive humidity has a direct influence on potash since utilizable potash is washed out by heavy precipitations and therefore removed from the soil and lacking to the cultivation.

Temperature exerts the greatest influence on the vegetation to the north of the Mediterranean but is of very much less importance in the Mediterranean area and this is even further reduced on account of compensating factors. It has a direct influence when the temperature of an area is such that even affecting the crops in the hottest seasons of the year, a crop limit is reached. The limit crosses the Mediterranean for citrus fruits which only grow in the southern regions of the great Mediterranean countries: Spain, Italy and Greece in the southernmost area where there is enough humidity. For olives the northern limit is little different from the northern limit of the Mediterranean climate. Lastly, the vine limits are confined to the middle of the temperate zone, but the availability of heat has varying repercussions on them and so in the middle of the temperate zone there are well known crops of excellent quality. It is enough to consider the French crops and those of the Rhine. The temperature has an important influence on the majority of plants, but this is compensated by specifying the period of cultivation. For example, wheat is grown from Norway to the equatorial regions in spite of the very marked differences of average temperature. This occurs, however, because in Norway wheat is cultivated during the hottest season, whilst in equatorial regions it is cultivated in the coldest.

Another important influence of the temperature which is also compensated for by a shifting effect is the negative influence of low temperatures and the so-called late frosts. The shifting effect is derived from the fact that the low temperatures, unless they are very low, are not very harmful to the plants, except in certain periods when they are particularly sensitive to frosts, i.e. during the period of budding and flowering. Now, since this phase occurs after a period of relatively mild weather, what is most harmful, is the inversion of the normal temperature, i.e. a period of frost following a warm period which has allowed the development of the buds and consequent flowering. In view of this, the simple effect of a lower temperature is to shift the date on which the damaging frosts occur. The late frosts might not come only if the absolute minimum stayed above 0° and this practically never happens in any part of the Mediterranean basin.

Practically speaking, temperature only has a sensible influence on the frosts when the minimum temperature falls below $+3^{\circ}\text{C}$ as given by a meteorological observatory, since at this temperature, which corresponds to a temperature of the external parts of the plants below 0° , frosts are still found. As a result of this shifting of the frost period in Italy, damage is met

with in Sicily through late frosts which is about equal to that found in the Po valley, where there is a very much lower temperature.

Other indirect effects may be found, for example, through a number of other factors: the high temperature in the Sahara is not harmful in itself but especially as it leads to evaporation, it increases the effect of the scarce precipitation and the desert feature of the area. Even higher temperatures in the equatorial regions, where there is no lack of water, are, as is known on the other hand, favourable to a greater growth of vegetation.

Lastly, as we have said, the effects of soil humidity, evaporation and transpiration are practically included in the effect which we have found of the precipitations.

The effects of the varying amount of solar radiation, apart from the perfectly well known one of photoperiodism, are regarded as though they were the effects of temperature increase from which they come.

Nebulosity – this has two effects, the more important of which is the interception of the solar radiation so that the theoretical solar radiation effectively reaching the ground is reduced in direct ratio to the nebulosity; the second is that when clouds skim the ground forming fog or mist, there may be a favourable development of cryptogams and other rust and peronospora type of plant infestations in every way similar to those caused by precipitation but perhaps even more serious because precipitations, unless they are very weak, generally have a beneficial effect on plants whereas on the contrary it is rare that fog or mist has an appreciable effect.

Below we give some tables of the meteorological data of the Mediterranean:

| | |
|---------------------------------|---|
| Table 1 Air temperature | Table 6 Evapo-transpiration |
| Table 2 Days with frost | Table 7 Nebulosity |
| Table 3 Precipitation (amount) | Table 8 Solar radiation |
| Table 4 Days with precipitation | Table 9 Hours of sunshine |
| Table 5 Relative humidity | Table 10 Hours when the sun is above the horizon |

In some cases, particularly in Tables 3 and 4, the data given for the annual total do not correspond exactly to those which could be deduced from the individual monthly values. This depends on the fact that the annual totals have not always been calculated on the same period as the monthly totals. Small differences may also result from the different ways employed to reach a round figure.

We give also some figures reporting the temperature, nebulosity and the number of days with storms intended especially to show the displacement of the limits between the hot air and the temperate air in the different seasons.

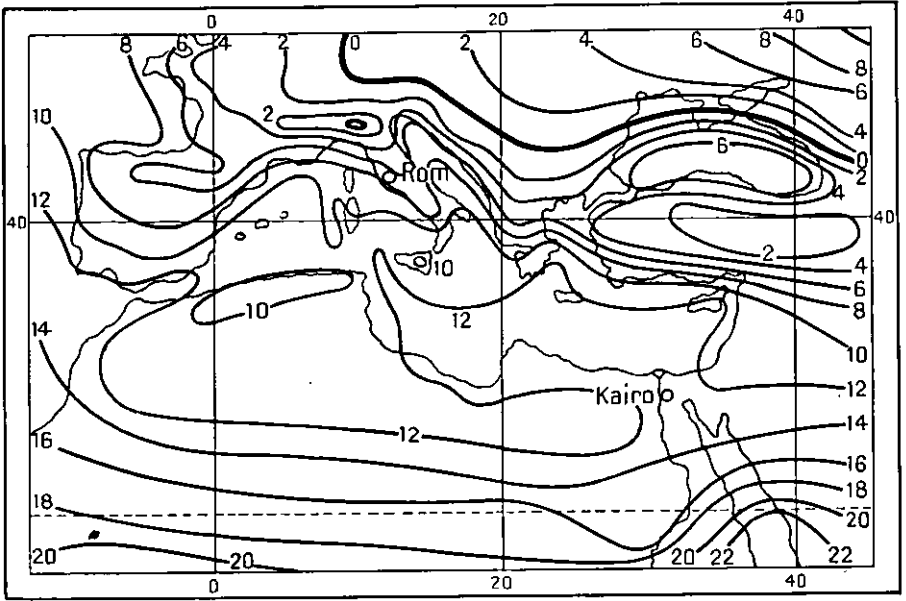


Figure 1 Average temperature at sea level in January (in °C)

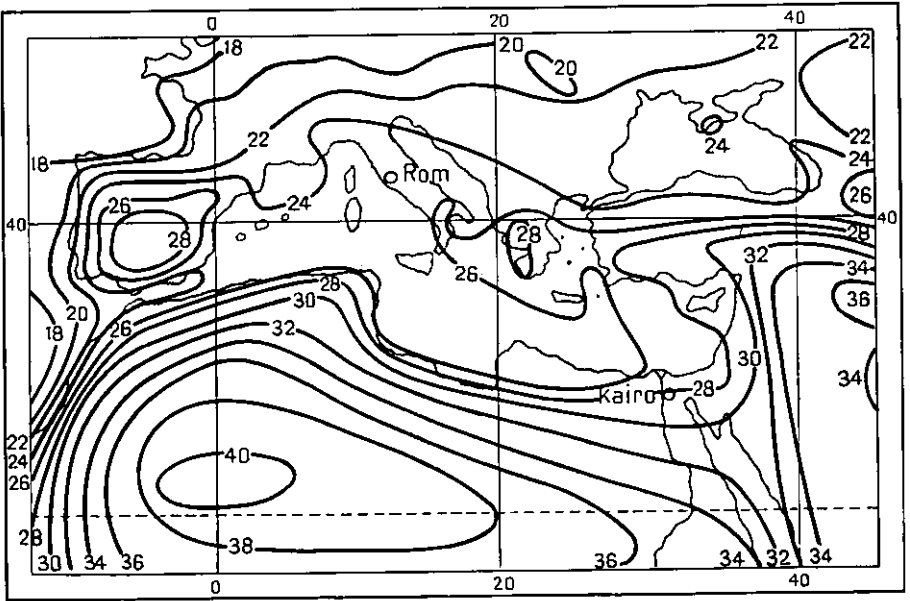


Figure 2 Average temperature at sea level in July (in °C)

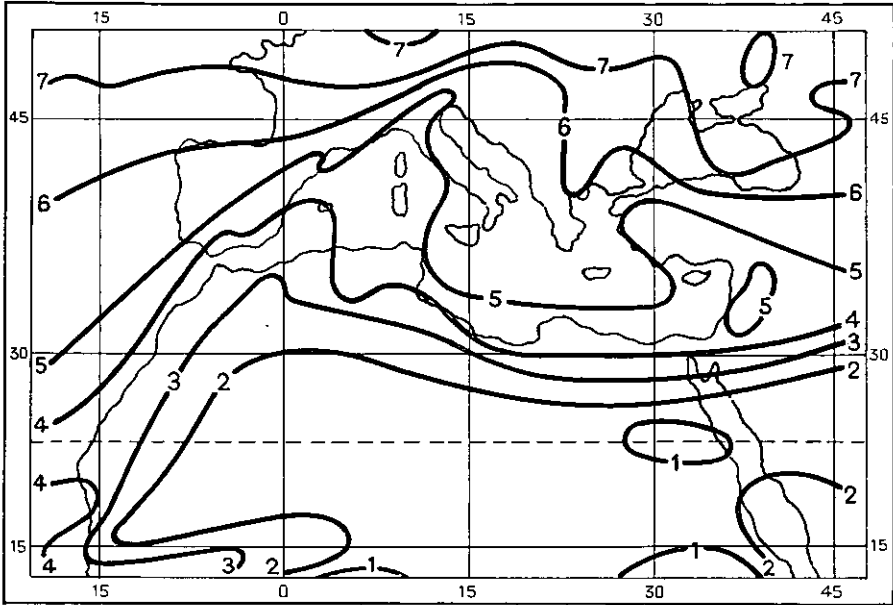


Figure 3 Average nebulosity in January (in tenths of sky covered)

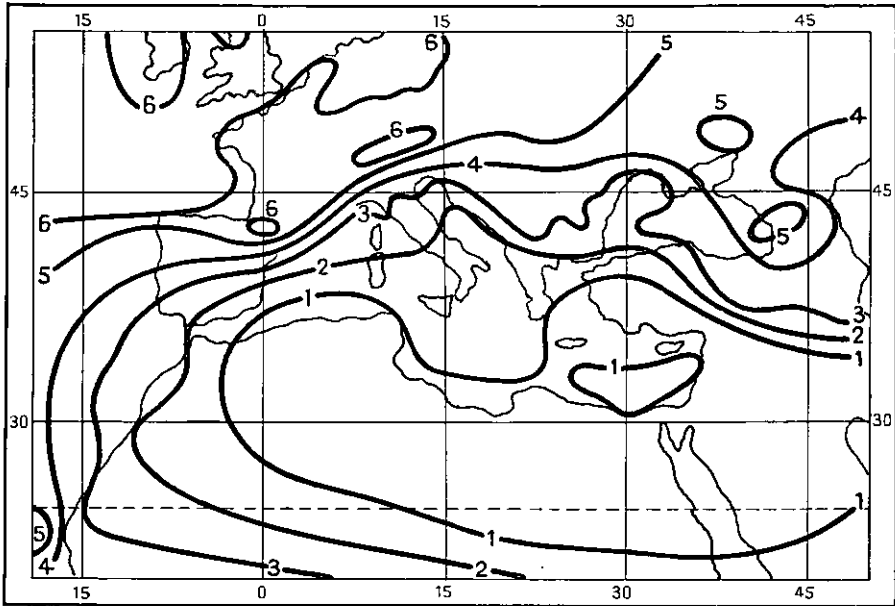


Figure 4 Average nebulosity in July (in tenths of sky covered)

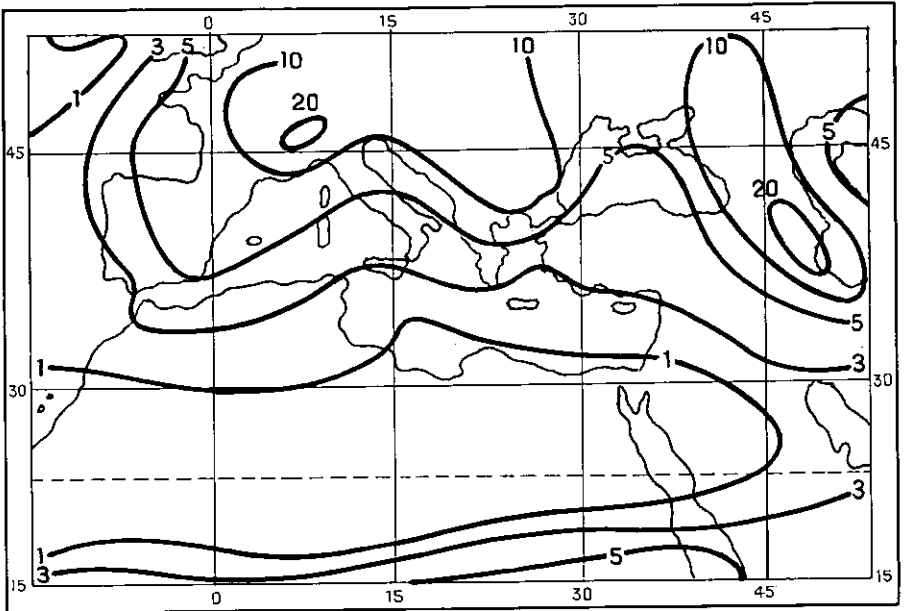


Figure 5 Average frequency of thunderstorms April - September

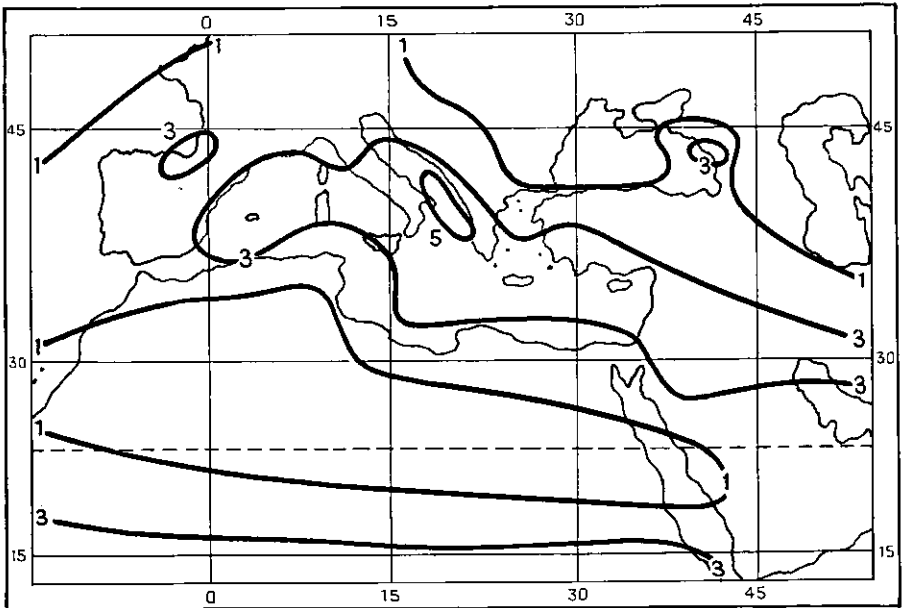


Figure 6 Average frequency of thunderstorms October - March

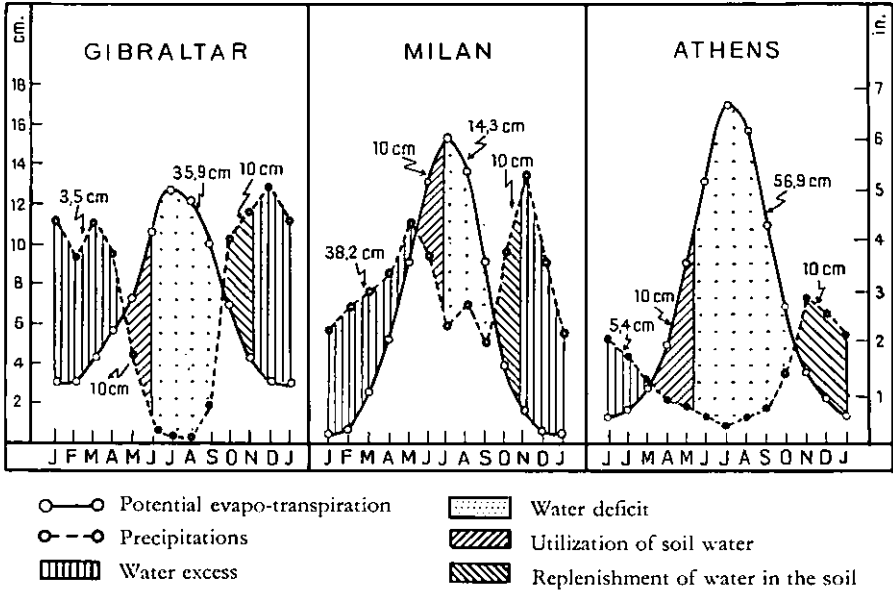


Figure 7 Comparison of seasonal rain curves and potential evapo-transpiration, according to THORNTHWAITTE'S method

Figure 5 Average frequency of thunderstorms (percentage of days when there have been thunderstorms) April - September

Figure 6 Average frequency of thunderstorms (percentage of days when there have been thunderstorms) October - March

Figure 7 gives both the average precipitation and evapo-transpiration in the different months of the year for Gibraltar, Milan and Athens; it shows us how to utilize these data. In all these stations we have a period of drought in the summer indicated by the dots, where the soil is practically devoid of reserves of humidity that are utilizable by plants which therefore have only the water from the rainfall available during this period; in autumn the rainfall exceeds the requirements of the plants, which then have adequate humidity available. Furthermore the excess humidity serves to replenish the water reserves in the soil and it is calculated that the quantity usefully stored represents 10 cm (100 mm) of water. The replenishing of this reserve is shown with the obliquely slanted downward lines. At a given moment the soil is saturated with all the humidity that it can hold and further excesses of precipitation over evapo-transpiration are dispersed unused in the deep strata. The amount thus dispersed is indicated with the vertical lines. Finally, when the hot season arrives, evapo-transpiration begins to exceed the precipitation, but for a certain period of time the plants can absorb their humidity requirements by utilizing the reserves in the soil; this utilization of the reserves is shown by the slanted line going upwards, until the time when these with the reserve have reached such a point that we return to the period of drought.

Table I Temperature (C°)

| | Height m | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year | Absolute | |
|---------------------------|-------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|----------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | | Max. |
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| San Sebastian | 23 | 8.4 | 9.8 | 10.6 | 12.4 | 14.6 | 17.7 | 19.6 | 20.4 | 19.1 | 15.2 | 11.9 | 9.0 | 14.1 | 36.0 | - 4.1 |
| Bilbao | 17 | 8.7 | 10.4 | 11.1 | 13.3 | 15.8 | 18.8 | 20.8 | 21.3 | 19.6 | 15.7 | 11.8 | 8.9 | 14.7 | 38.9 | - 3.8 |
| Santander | 14 | 8.6 | 9.6 | 10.5 | 12.1 | 13.8 | 16.8 | 18.6 | 19.2 | 18.0 | 14.9 | 12.0 | 9.5 | 13.6 | | |
| Oviedo | 244 | 6.5 | 7.6 | 8.9 | 10.5 | 13.0 | 15.7 | 17.5 | 17.9 | 16.8 | 12.9 | 9.8 | 7.9 | 12.1 | 31.4 | - 3.7 |
| Coruna | 24 | 9.2 | 9.9 | 10.9 | 12.5 | 14.2 | 16.7 | 17.8 | 18.0 | 16.4 | 13.7 | 11.8 | 9.7 | 13.6 | 30.3 | - 1.3 |
| Santiago | 269 | 7.7 | 8.7 | 9.6 | 11.3 | 13.9 | 16.9 | 18.6 | 19.2 | 17.1 | 13.5 | 10.5 | 7.9 | 12.9 | 35.2 | - 2.2 |
| Orense | 141 | 6.5 | 9.0 | 10.6 | 13.3 | 15.8 | 20.3 | 22.8 | 21.6 | 19.8 | 14.5 | 10.2 | 7.4 | 14.3 | | |
| Leon | 845 | 2.3 | 4.1 | 5.8 | 8.4 | 12.3 | 16.6 | 18.8 | 18.9 | 15.6 | 10.2 | 6.3 | 2.6 | 10.2 | 34.0 | -12.0 |
| Burgos | 860 | 2.3 | 4.0 | 6.0 | 9.0 | 11.9 | 15.7 | 18.6 | 18.9 | 15.5 | 10.5 | 6.0 | 2.7 | 10.1 | 34.9 | -10.8 |
| Pamplona | 463 | 4.1 | 6.0 | 7.6 | 10.4 | 13.5 | 17.2 | 19.9 | 19.7 | 17.3 | 12.6 | 7.7 | 4.5 | 11.7 | | |
| Jaca | 829 | 3.2 | 4.2 | 6.0 | 7.5 | 13.3 | 16.5 | 19.8 | 20.4 | 16.2 | 10.4 | 6.9 | 3.3 | 10.6 | 37.4 | - 9.4 |
| Huesca | 504 | 3.6 | 6.5 | 8.4 | 11.2 | 15.3 | 19.3 | 22.8 | 22.6 | 19.0 | 13.4 | 8.2 | 3.9 | 12.9 | | |
| Lerida | 150 | 3.6 | 8.9 | 10.9 | 13.2 | 17.3 | 20.0 | 24.9 | 24.9 | 19.7 | 14.3 | 9.0 | 4.2 | 14.3 | | |
| Igualada | 310 | 3.9 | 6.4 | 8.8 | 12.4 | 17.0 | 21.1 | 24.0 | 23.8 | 19.9 | 13.2 | 9.0 | 4.7 | 13.7 | | |
| Barcelona | 43 | 8.3 | 9.3 | 10.8 | 13.6 | 16.8 | 20.6 | 23.9 | 23.7 | 21.0 | 16.8 | 12.1 | 8.8 | 15.5 | 40.4 | - 7.6 |
| Zaragoza | 205 | 5.5 | 8.3 | 10.6 | 13.6 | 17.6 | 21.4 | 24.6 | 24.7 | 20.8 | 14.6 | 9.4 | 5.7 | 14.7 | 35.9 | -11.5 |
| Soria | 1065 | 1.9 | 4.0 | 5.4 | 8.3 | 11.8 | 16.1 | 20.0 | 20.0 | 16.3 | 10.4 | 5.9 | 2.2 | 10.2 | 38.4 | -11.1 |
| Valladolid | 715 | 3.3 | 6.1 | 7.4 | 10.3 | 14.0 | 17.7 | 21.4 | 21.3 | 17.5 | 12.0 | 7.1 | 3.8 | 11.8 | 34.2 | - 0.3 |
| Oporto | 100 | 9.3 | 10.2 | 11.4 | 14.1 | 15.9 | 19.3 | 20.2 | 20.7 | 19.2 | 16.0 | 12.1 | 9.2 | 14.8 | 30.9 | - 5.9 |
| Guarda | 1039 | 2.9 | 4.2 | 5.8 | 8.2 | 11.3 | 15.5 | 18.9 | 19.0 | 15.9 | 10.7 | 6.4 | 4.1 | 10.2 | 39.3 | - 9.2 |
| Salamanca | 811 | 3.7 | 6.1 | 7.8 | 10.8 | 14.1 | 18.9 | 22.4 | 21.6 | 18.3 | 12.4 | 7.7 | 3.9 | 12.3 | 35.3 | -11.7 |
| Avila | 1100 | 1.8 | 4.0 | 5.6 | 8.0 | 11.6 | 16.0 | 19.7 | 19.9 | 15.8 | 9.7 | 5.9 | 2.5 | 10.0 | | |
| Segovia | 1005 | 2.6 | 5.6 | 7.0 | 9.5 | 13.1 | 17.8 | 21.3 | 21.0 | 17.4 | 11.3 | 7.0 | 3.6 | 11.5 | | |
| Madrid | 655 | 3.9 | 6.3 | 9.1 | 11.3 | 15.9 | 19.1 | 23.9 | 23.6 | 19.1 | 12.8 | 8.2 | 5.1 | 13.2 | 39.8 | - 7.6 |
| Teruel | 919 | 2.9 | 5.1 | 6.9 | 9.8 | 13.8 | 18.5 | 22.0 | 21.9 | 17.8 | 12.0 | 7.2 | 3.7 | 11.8 | | |
| Valencia | 18 | 9.9 | 11.4 | 12.7 | 15.2 | 18.0 | 21.2 | 24.2 | 24.8 | 22.4 | 18.5 | 14.3 | 10.6 | 16.9 | 37.4 | - 0.4 |

Note — In the columns of absolute maxima and minima are given the averages of the limit values for the different years.

Table 1 Temperature (C°)

| | Height m | continuation | | | | | | | | | | | | Absolute | | | |
|---------------------------|-------------|--------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|----------|-------|------|--|
| | | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year | Max. | Min. | |
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Coimbra | 140 | 9.2 | 10.7 | 11.9 | 13.9 | 16.5 | 19.6 | 21.3 | 21.6 | 19.9 | 15.8 | 12.3 | 9.5 | 38.2 | - 0.6 | | |
| Lissabon | 95 | 10.9 | 11.8 | 12.2 | 14.1 | 17.1 | 21.2 | 21.2 | 22.1 | 20.9 | 16.6 | 13.6 | 11.8 | 42.7 | - 1.6 | | |
| Campe Major | 288 | 7.7 | 9.0 | 11.2 | 14.0 | 17.3 | 21.2 | 23.0 | 24.7 | 22.1 | 16.6 | 11.6 | 8.4 | 39.3 | - 7.7 | | |
| Caceres | 462 | 7.1 | 8.7 | 10.4 | 11.6 | 16.8 | 20.8 | 24.7 | 25.8 | 20.7 | 14.7 | 10.7 | 7.1 | 40.0 | - 1.8 | | |
| Ciudad Real | 628 | 5.9 | 8.3 | 10.4 | 13.1 | 16.9 | 21.7 | 25.8 | 25.8 | 21.1 | 15.0 | 10.0 | 5.5 | | | | |
| Albacete | 686 | 4.5 | 6.8 | 8.5 | 11.7 | 15.3 | 20.1 | 24.2 | 24.3 | 20.1 | 14.2 | 9.1 | 4.8 | | | | |
| Alicante | 26 | 10.8 | 12.1 | 13.4 | 16.3 | 18.7 | 22.1 | 25.1 | 25.8 | 23.3 | 19.4 | 15.1 | 11.8 | | | | |
| Murcia | 47 | 10.2 | 12.0 | 13.5 | 16.2 | 19.2 | 22.9 | 26.2 | 26.5 | 23.8 | 19.1 | 14.7 | 10.9 | | | | |
| Cartagena | 13 | 10.5 | 11.4 | 13.0 | 15.2 | 17.6 | 21.3 | 23.9 | 24.4 | 22.2 | 18.8 | 14.8 | 11.4 | | | | |
| Jacn | 575 | 8.0 | 10.0 | 11.7 | 14.3 | 17.5 | 22.4 | 26.7 | 26.7 | 22.2 | 16.7 | 11.9 | 8.3 | | | | |
| Granata | 689 | 6.7 | 8.9 | 10.8 | 14.3 | 17.4 | 20.9 | 25.1 | 25.1 | 21.1 | 15.4 | 10.5 | 6.5 | | | | |
| Sevilla | 20 | 11.2 | 13.2 | 15.5 | 18.2 | 21.2 | 24.0 | 29.1 | 29.6 | 26.0 | 20.6 | 15.6 | 11.3 | | | | |
| Badajoz | 190 | 7.2 | 10.2 | 12.5 | 14.8 | 18.1 | 22.4 | 25.9 | 26.3 | 22.5 | 17.4 | 12.4 | 8.1 | | | | |
| Evora | 311 | 8.6 | 9.9 | 11.4 | 13.8 | 16.4 | 20.0 | 23.0 | 23.2 | 20.8 | 16.5 | 12.4 | 9.6 | | | | |
| S. Fernando | 28 | 11.1 | 12.0 | 13.2 | 15.2 | 17.6 | 20.7 | 23.1 | 23.6 | 21.4 | 18.0 | 13.8 | 11.3 | | | | |
| Gibraltar | 16 | 12.8 | 13.3 | 13.9 | 16.1 | 18.3 | 21.1 | 22.8 | 23.9 | 22.2 | 18.9 | 15.6 | 13.3 | | | | |
| Malaga | 23 | 12.3 | 13.3 | 14.7 | 16.9 | 19.3 | 23.0 | 25.8 | 26.1 | 23.6 | 19.5 | 15.9 | 13.1 | | | | |
| Palma di Malorea | 20 | 10.7 | 11.8 | 13.1 | 15.3 | 18.5 | 22.2 | 25.5 | 25.8 | 23.8 | 19.2 | 14.4 | 11.3 | | | | |
| La Vid | 250 | 2.1 | 5.0 | 6.8 | 9.3 | 13.0 | 17.9 | 20.8 | 20.9 | 17.4 | 11.3 | 6.9 | 3.3 | | | | |
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Puy de Dôme | 1467 | -2.2 | -1.8 | -1.3 | 1.7 | 4.9 | 8.8 | 11.1 | 11.0 | 8.8 | 4.5 | 1.1 | -1.8 | 37 | -15.7 | | |
| Lyon | 175 | 1.7 | 3.6 | 6.6 | 10.9 | 14.4 | 18.0 | 20.1 | 19.3 | 16.1 | 11.0 | 5.8 | 1.8 | 10.8 | -12.4 | | |
| Chamonix | 1040 | -5.8 | -2.3 | 2.2 | 7.0 | 11.0 | 15.2 | 16.8 | 16.1 | 12.3 | 6.5 | 0.8 | -3.9 | 6.3 | | | |
| Izeux | 401 | 1.6 | 3.4 | 6.0 | 10.0 | 13.3 | 17.0 | 19.2 | 18.4 | 15.2 | 10.6 | 5.7 | 2.3 | 10.2 | -13.4 | | |
| La Tronche | 271 | 1.3 | 3.6 | 7.2 | 11.6 | 15.0 | 18.7 | 21.0 | 20.4 | 17.2 | 11.8 | 6.3 | 1.9 | 11.3 | -12.0 | | |
| Briançon | 1298 | -2.1 | -1.1 | 1.3 | 5.3 | 10.0 | 14.0 | 16.9 | 16.1 | 12.9 | 7.4 | 1.9 | -1.3 | 6.8 | | | |

continuation

Table 1 Temperature (C°)

| | Height m | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year | Absolute | |
|--------------------|-------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|----------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | Max. | Min. |
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bordeaux. Floirac | 74 | 4.8 | 6.2 | 8.3 | 11.7 | 14.6 | 17.9 | 20.1 | 20.2 | 17.7 | 13.0 | 8.3 | 5.1 | 12.3 | 36.0 | -7.5 |
| Arcachon | 10 | 5.7 | 7.3 | 9.3 | 12.6 | 15.6 | 18.9 | 20.9 | 20.9 | 18.2 | 14.0 | 9.2 | 6.1 | 13.2 | 37.5 | -6.4 |
| Gap | 739 | -0.3 | 1.3 | 4.6 | 8.5 | 12.3 | 16.0 | 18.7 | 18.2 | 14.3 | 9.1 | 4.4 | 0.7 | 9.0 | | |
| Barcelonnette | 1134 | -3.3 | -1.4 | 2.3 | 7.2 | 14.1 | 14.4 | 16.6 | 16.0 | 12.1 | 6.9 | 2.0 | -2.1 | 6.8 | | |
| Agen | 184 | 4.2 | 5.8 | 7.9 | 11.4 | 14.5 | 18.1 | 20.6 | 20.5 | 17.7 | 12.9 | 7.8 | 4.4 | 12.1 | 36.7 | -8.7 |
| Avignon | 22 | 4.1 | 6.4 | 9.5 | 13.2 | 17.2 | 21.4 | 24.1 | 22.9 | 19.0 | 13.7 | 8.4 | 4.6 | 13.7 | | |
| Nizza | 340 | 6.5 | 7.0 | 8.7 | 11.8 | 15.1 | 19.0 | 21.9 | 21.9 | 19.0 | 14.6 | 9.8 | 7.1 | 13.5 | 32.7 | -2.2 |
| Montpellier | 36 | 5.1 | 6.6 | 8.9 | 12.5 | 16.2 | 19.8 | 22.7 | 22.0 | 18.6 | 13.9 | 9.0 | 5.6 | 13.4 | 37.1 | -8.8 |
| Toulouse | 194 | 4.5 | 5.8 | 8.0 | 11.3 | 14.7 | 18.3 | 21.2 | 20.9 | 17.9 | 13.0 | 8.1 | 4.7 | 12.3 | 35.6 | -8.4 |
| St. Martin de Hinx | 40 | 6.0 | 7.2 | 9.1 | 12.1 | 14.8 | 17.7 | 19.8 | 19.9 | 17.7 | 13.6 | 9.0 | 6.1 | 12.7 | 35.8 | -7.0 |
| Draguignan | 178 | 6.4 | 6.5 | 8.7 | 11.7 | 15.3 | 19.3 | 22.0 | 21.7 | 18.3 | 13.3 | 8.9 | 6.3 | 13.1 | | |
| Marseille | 75 | 6.3 | 7.4 | 9.2 | 12.6 | 16.2 | 19.8 | 22.4 | 21.7 | 18.9 | 14.6 | 9.9 | 6.8 | 13.8 | 33.5 | -6.1 |
| Narbonne | 13 | 6.5 | 7.9 | 9.7 | 13.1 | 16.3 | 20.0 | 22.6 | 22.1 | 19.0 | 14.8 | 10.1 | 6.9 | 14.1 | | |
| Bagnère de Bigorre | 547 | 3.1 | 5.3 | 6.6 | 9.5 | 11.9 | 15.6 | 17.7 | 17.8 | 15.3 | 10.7 | 6.7 | 3.7 | 10.3 | 33.4 | -11.0 |
| Pic du Midi | 2859 | -7.9 | -7.6 | -7.1 | -5.2 | -1.7 | 2.8 | 6.5 | 6.5 | 3.2 | -0.8 | -4.6 | -6.9 | -1.9 | 17.6 | -25.4 |
| Foix | 433 | 3.7 | 5.1 | 7.3 | 10.1 | 13.5 | 17.0 | 19.4 | 19.1 | 16.1 | 11.6 | 7.0 | 4.0 | 11.1 | | |
| Perpignan | 32 | 6.7 | 8.0 | 10.0 | 13.1 | 16.2 | 19.9 | 22.7 | 22.2 | 19.2 | 14.7 | 10.3 | 7.4 | 14.2 | 34.8 | -4.6 |
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bolzano | 290 | 0.0 | 3.0 | 7.0 | 12.7 | 16.6 | 20.4 | 22.5 | 21.5 | 18.0 | 12.2 | 5.5 | 0.9 | 11.7 | 33.0 | -7.7 |
| Sondrio | 375 | 0.6 | 3.4 | 7.2 | 11.9 | 15.8 | 19.7 | 22.1 | 20.9 | 17.5 | 11.5 | 5.8 | 1.6 | 11.5 | | |
| Belluno | 404 | -1.0 | 1.5 | 5.8 | 10.5 | 14.4 | 18.3 | 20.7 | 19.9 | 16.6 | 10.9 | 4.6 | 0.0 | 10.2 | | |
| Domodossola | 300 | 1.5 | 3.7 | 7.0 | 11.4 | 15.2 | 19.3 | 21.8 | 20.6 | 16.9 | 11.1 | 5.7 | 2.3 | 11.4 | 33.4 | -8.7 |
| Udine | 116 | 2.9 | 4.6 | 7.9 | 12.6 | 16.6 | 20.6 | 23.2 | 22.3 | 18.8 | 13.4 | 7.7 | 4.0 | 13.0 | | |
| Trieste | 26 | 4.1 | 5.2 | 8.3 | 12.4 | 16.7 | 20.7 | 23.4 | 22.7 | 19.1 | 14.4 | 9.3 | 6.0 | 13.5 | 34.4 | -5.1 |
| Vicenza | 54 | 1.6 | 3.9 | 7.7 | 12.4 | 16.6 | 20.9 | 23.5 | 22.6 | 19.0 | 13.1 | 7.2 | 3.0 | 12.6 | | |
| Venezia | 21 | 2.6 | 4.6 | 7.9 | 12.7 | 17.2 | 21.2 | 24.1 | 23.2 | 19.5 | 14.1 | 8.0 | 4.0 | 13.3 | 32.7 | -5.4 |

continuation

Table 1 Temperature (C°)

| Italy | Height m | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year | Absolute | |
|-----------|-------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|----------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | Max. | Min. |
| Mantova | 46 | 1.2 | 4.1 | 8.3 | 13.1 | 17.5 | 22.0 | 24.7 | 23.8 | 19.9 | 13.8 | 7.4 | 2.7 | 13.2 | 32.4 | - 8.4 |
| Torino | 276 | 0.3 | 3.0 | 7.5 | 12.0 | 16.1 | 20.4 | 23.1 | 22.0 | 18.3 | 12.2 | 6.0 | 1.7 | 11.9 | 35.5 | - 7.7 |
| Milano | 147 | 1.4 | 3.8 | 7.7 | 12.9 | 17.9 | 21.6 | 23.6 | 22.8 | 18.0 | 12.2 | 6.9 | 4.0 | 12.8 | 32.0 | - 8.6 |
| Piacenza | 72 | -0.4 | 2.7 | 7.6 | 12.5 | 16.8 | 21.0 | 23.7 | 22.9 | 19.0 | 13.0 | 6.4 | 1.5 | 12.2 | 34.9 | - 7.0 |
| Bologna | 85 | 1.8 | 4.4 | 8.4 | 12.9 | 17.3 | 21.8 | 24.9 | 24.0 | 20.2 | 14.3 | 7.9 | 3.3 | 13.4 | 32.2 | - 1.3 |
| Genova | 54 | 7.5 | 8.7 | 11.0 | 14.0 | 17.3 | 21.1 | 24.1 | 24.1 | 21.3 | 16.7 | 11.8 | 8.6 | 15.2 | | |
| Urbino | 452 | 2.5 | 4.1 | 6.9 | 10.8 | 14.9 | 19.4 | 22.9 | 22.2 | 18.4 | 12.9 | 7.7 | 4.1 | 12.2 | | |
| Cuneo | 555 | 1.4 | 3.4 | 6.8 | 10.8 | 14.8 | 19.2 | 22.1 | 21.1 | 17.2 | 11.4 | 5.7 | 2.5 | 11.4 | | |
| Firenze | 73 | 4.7 | 6.4 | 9.4 | 13.4 | 17.3 | 21.5 | 24.6 | 23.8 | 20.4 | 14.9 | 9.5 | 5.9 | 14.3 | 36.3 | - 5.4 |
| Ancona | 92 | 5.5 | 7.2 | 9.8 | 13.8 | 18.1 | 22.6 | 25.6 | 24.9 | 21.6 | 16.5 | 11.2 | 7.2 | 15.4 | 34.7 | - 1.2 |
| Livorno | 24 | 7.1 | 8.4 | 10.6 | 13.9 | 17.5 | 21.6 | 24.4 | 24.1 | 21.2 | 16.4 | 11.6 | 8.2 | 15.4 | | |
| Siena | 349 | 4.6 | 6.0 | 8.3 | 12.0 | 16.0 | 20.2 | 23.5 | 23.0 | 19.6 | 14.1 | 9.2 | 5.8 | 13.5 | | |
| Perugia | 520 | 3.9 | 5.2 | 7.6 | 11.3 | 15.4 | 19.9 | 23.1 | 22.6 | 19.3 | 13.7 | 8.6 | 5.1 | 13.0 | 29.4 | 1.2 |
| Pelagosa | 92 | 9.1 | 9.1 | 10.7 | 13.1 | 16.6 | 21.0 | 23.8 | 23.4 | 20.8 | 17.3 | 13.2 | 10.8 | 15.7 | | |
| Chieti | 341 | 4.1 | 5.1 | 7.4 | 10.8 | 15.3 | 19.6 | 22.9 | 22.2 | 18.7 | 13.9 | 8.8 | 5.7 | 12.9 | | |
| Aquila | 734 | 1.3 | 2.9 | 6.1 | 9.9 | 14.2 | 18.4 | 21.4 | 20.9 | 17.4 | 12.1 | 6.6 | 3.2 | 11.2 | | |
| Roma | 286 | 7.0 | 8.5 | 11.1 | 13.6 | 17.8 | 21.6 | 23.8 | 23.8 | 20.2 | 16.0 | 11.5 | 9.3 | 15.4 | 35.0 | - 3.0 |
| Agnone | 806 | 2.6 | 3.5 | 5.8 | 9.1 | 13.3 | 17.3 | 20.6 | 20.3 | 17.2 | 12.7 | 7.3 | 3.9 | 11.1 | | |
| Foggia | 87 | 6.3 | 7.6 | 10.0 | 13.7 | 18.0 | 22.6 | 26.1 | 25.7 | 23.0 | 17.0 | 11.3 | 7.7 | 15.8 | | |
| Bari | 28 | 8.0 | 8.8 | 10.7 | 13.6 | 17.4 | 21.2 | 24.1 | 24.0 | 21.4 | 17.5 | 12.7 | 9.2 | 15.7 | | |
| Napoli | 149 | 8.2 | 9.0 | 10.7 | 13.8 | 17.5 | 21.2 | 24.2 | 24.0 | 21.3 | 16.9 | 12.7 | 9.5 | 15.8 | 33.4 | - 0.7 |
| Sassari | 224 | 8.5 | 9.4 | 10.9 | 13.5 | 16.9 | 21.2 | 24.2 | 24.2 | 21.5 | 17.1 | 13.1 | 9.9 | 15.9 | 37.0 | - 0.2 |
| Potenza | 826 | 2.8 | 3.9 | 5.9 | 9.3 | 13.6 | 17.2 | 20.5 | 20.3 | 17.3 | 12.6 | 7.5 | 4.0 | 11.2 | | |
| Gallipoli | 28 | 10.1 | 10.7 | 12.1 | 14.8 | 18.1 | 22.2 | 25.1 | 25.3 | 23.0 | 19.3 | 14.7 | 11.5 | 17.3 | 35.8 | 0.7 |
| Cagliari | 75 | 9.4 | 10.2 | 12.0 | 14.2 | 17.6 | 21.6 | 24.8 | 24.6 | 23.6 | 18.3 | 14.1 | 10.6 | 16.6 | | |
| Messina | 60 | 11.6 | 11.9 | 13.3 | 15.5 | 18.9 | 22.7 | 25.8 | 26.3 | 24.1 | 20.3 | 16.1 | 13.1 | 18.3 | | |
| Palermo | 71 | 10.3 | 11.0 | 12.6 | 14.9 | 18.1 | 21.7 | 24.6 | 24.9 | 22.9 | 19.5 | 15.1 | 11.9 | 17.3 | 39.5 | 1.3 |

continuation

Table 1 Temperature (C°)

| | Height m | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year | Absolute | |
|----------------------------|-------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|----------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | | Max. | Min. |
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Caltanissetta | 570 | 6.3 | 7.1 | 9.3 | 12.2 | 16.6 | 21.3 | 24.5 | 24.3 | 21.3 | 16.5 | 11.6 | 7.9 | 14.9 | 33.4 | -16.8 |
| Siracusa | 23 | 10.7 | 11.0 | 12.5 | 14.6 | 18.0 | 22.3 | 25.5 | 25.9 | 23.5 | 19.7 | 15.3 | 12.2 | 17.6 | 31.6 | -16.9 |
| | | | | | | | | | | | | | | | 33.4 | -13.2 |
| <i>Yugoslavia, Albania</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Csakanurn | 170 | -1.8 | 0.5 | 5.0 | 10.7 | 15.2 | 19.4 | 21.0 | 20.1 | 15.5 | 10.8 | 4.2 | -1.0 | 10.0 | 36.2 | -14.5 |
| Tuffer | 224 | -0.7 | 1.2 | 4.8 | 10.0 | 14.5 | 18.2 | 19.8 | 18.9 | 15.5 | 10.8 | 4.9 | 0.0 | 9.8 | 33.3 | -14.5 |
| Agram, Zagreb | 163 | -0.1 | 2.1 | 6.7 | 11.5 | 16.3 | 19.3 | 21.6 | 20.7 | 16.9 | 11.7 | 5.7 | 1.6 | 11.2 | | |
| Esseg | 92 | -1.5 | 0.9 | 6.2 | 11.3 | 16.9 | 20.2 | 22.1 | 21.2 | 16.7 | 11.8 | 5.4 | 1.5 | 11.1 | | |
| Bihac | 227 | 0.8 | 1.3 | 6.8 | 10.9 | 15.7 | 18.9 | 21.2 | 19.9 | 16.1 | 11.1 | 6.7 | 3.0 | 11.0 | | |
| Belgrad | 138 | -0.7 | 1.0 | 6.6 | 11.4 | 16.6 | 19.7 | 21.8 | 21.2 | 17.1 | 12.4 | 6.2 | 1.9 | 11.3 | | |
| Barjalaka | 163 | -1.9 | 1.2 | 7.6 | 12.7 | 18.9 | 22.5 | 24.8 | 23.8 | 18.6 | 13.7 | 6.5 | 1.9 | 12.5 | | |
| Zvornik | 170 | -0.9 | 2.0 | 6.4 | 10.7 | 15.3 | 18.6 | 20.8 | 19.9 | 16.0 | 12.0 | 5.8 | 2.3 | 10.7 | | |
| Kragujevac | 182 | -1.4 | 1.6 | 6.2 | 11.0 | 15.7 | 19.4 | 20.6 | 20.2 | 16.3 | 11.3 | 5.0 | 2.0 | 10.7 | | |
| Sarajevo | 637 | -0.7 | 0.2 | 5.7 | 9.5 | 13.5 | 16.5 | 18.8 | 18.5 | 15.0 | 10.1 | 5.6 | 1.0 | 9.5 | | |
| Uzice | 424 | -2.8 | -2.0 | 3.4 | 8.7 | 13.6 | 16.7 | 18.8 | 16.9 | 14.0 | 11.5 | 3.5 | -0.9 | 8.4 | | |
| Mostar | 70 | 5.5 | 6.2 | 10.4 | 13.6 | 18.7 | 22.2 | 25.4 | 25.0 | 20.8 | 15.2 | 10.9 | 7.0 | 15.1 | | |
| Nis | 214 | -1.0 | 1.1 | 5.4 | 11.4 | 16.7 | 19.5 | 22.5 | 21.5 | 17.7 | 13.0 | 5.6 | 1.2 | 11.2 | | |
| Lesina | 26 | 8.4 | 8.9 | 10.9 | 14.0 | 18.3 | 22.1 | 24.7 | 24.4 | 21.4 | 17.5 | 13.1 | 10.6 | 16.1 | | |
| Skutari | 22 | 4.4 | 5.9 | 9.5 | 14.4 | 18.4 | 22.3 | 25.5 | 25.1 | 20.9 | 16.1 | 10.3 | 6.0 | 14.9 | | |
| Ustubb | 245 | -1.4 | 1.2 | 7.3 | 11.8 | 16.7 | 20.4 | 23.2 | 22.3 | 19.1 | 13.9 | 6.1 | 1.1 | 11.8 | | |
| Durazzo | 7 | 8.3 | 8.9 | 11.0 | 14.3 | 18.3 | 22.2 | 24.8 | 24.3 | 21.4 | 17.8 | 12.9 | 9.3 | 16.1 | | |
| Monastir | | -0.9 | 2.7 | 6.7 | 11.1 | 16.4 | 19.7 | 22.1 | 21.9 | 18.3 | 13.3 | 6.4 | 2.5 | 11.7 | | |
| Valona | 10 | 9.0 | 9.7 | 11.8 | 15.2 | 18.9 | 22.7 | 25.0 | 24.6 | 21.7 | 18.2 | 13.8 | 10.1 | 16.6 | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | 35.5 | -1.4 |
| <i>Romania</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Czernowitz | 243 | -5.1 | -2.9 | 1.6 | 8.1 | 14.6 | 17.6 | 19.4 | 18.5 | 14.3 | 8.2 | 1.9 | -2.3 | 7.9 | | |
| Dorohoi | 178 | -4.2 | -2.0 | 2.3 | 8.3 | 14.5 | 17.9 | 19.6 | 18.7 | 14.2 | 8.6 | 1.9 | -1.5 | 7.9 | | |

continuation

Table 1 Temperature (C°)

| | Height m | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year | Absolute Max. | Absolute Min. |
|-----------------|-------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|------------------|------------------|
| <i>Rumania</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Akaszlatina | 295 | -4.2 | -2.3 | 2.9 | 9.3 | 14.1 | 17.1 | 19.1 | 18.2 | 14.4 | 9.8 | 3.0 | -2.3 | 8.2 | | |
| Dorna Watra | 789 | -6.4 | -5.6 | -0.8 | 5.0 | 9.4 | 12.7 | 14.2 | 13.5 | 9.8 | 5.5 | -0.9 | -5.1 | 4.3 | | |
| Jassy | 100 | -3.3 | -1.4 | 3.5 | 10.0 | 16.0 | 19.3 | 21.2 | 20.6 | 16.0 | 10.2 | 3.5 | -0.7 | 9.6 | | |
| Kischineu | 96 | -4.0 | -2.7 | 2.1 | 9.0 | 15.6 | 19.4 | 21.9 | 21.1 | 16.2 | 10.4 | -3.5 | -1.7 | 8.4 | | |
| Gorgenscentimre | 428 | -4.5 | -2.4 | 3.1 | 9.9 | 14.5 | 17.5 | 19.6 | 18.8 | 14.8 | 9.9 | 3.2 | -2.0 | 8.5 | 31.9 | -20.6 |
| Klausenburg | 363 | -4.9 | -2.5 | 3.2 | 8.6 | 14.6 | 17.5 | 19.2 | 18.1 | 14.0 | 9.0 | 2.4 | -2.0 | 8.1 | | |
| Vaslui | 120 | -4.0 | -1.1 | 3.2 | 9.2 | 15.4 | 19.0 | 20.9 | 20.3 | 15.5 | 9.9 | 3.3 | -0.7 | 9.3 | | |
| Hermannstadt | 419 | -4.0 | -1.7 | 4.3 | 9.6 | 15.4 | 17.8 | 19.9 | 19.0 | 14.9 | 10.0 | 3.2 | -1.1 | 9.0 | 32.7 | -22.7 |
| Temesvar | 92 | -1.2 | 1.3 | 6.3 | 11.0 | 16.7 | 20.4 | 21.8 | 20.9 | 16.4 | 11.4 | 5.2 | 1.9 | 11.0 | | |
| Focsani | 60 | -3.7 | -0.6 | 3.8 | 9.9 | 15.9 | 19.6 | 21.7 | 21.2 | 16.4 | 10.8 | 3.7 | -0.5 | 9.8 | | |
| Sinaia | 860 | -4.0 | -3.3 | 0.9 | 5.4 | 10.8 | 13.8 | 15.7 | 15.0 | 11.1 | 6.7 | 1.4 | -2.0 | 5.9 | | |
| Braila | 30 | -3.3 | -0.4 | 4.7 | 10.8 | 17.2 | 20.8 | 23.0 | 22.5 | 17.4 | 12.0 | 4.8 | 0.0 | 10.8 | | |
| Buzau | 90 | -2.3 | 0.2 | 4.5 | 10.3 | 16.1 | 20.0 | 22.3 | 21.7 | 16.9 | 11.4 | 4.4 | 0.4 | 10.5 | 33.4 | -16.4 |
| Sulina | 2 | -0.8 | 0.4 | 4.2 | 9.4 | 15.1 | 19.6 | 21.8 | 21.3 | 17.4 | 12.6 | 6.5 | 2.1 | 10.8 | | |
| Turnu, Severin | 170 | -0.3 | 1.6 | 6.6 | 11.8 | 17.2 | 20.8 | 23.4 | 22.8 | 18.4 | 12.5 | 6.2 | 1.6 | 11.8 | | |
| Bucuresti | 84 | -2.3 | -0.7 | 6.3 | 10.7 | 15.9 | 20.0 | 21.6 | 21.0 | 16.2 | 10.4 | 5.2 | 1.6 | 10.5 | 35.5 | -19.6 |
| Srihare | 160 | -3.4 | -0.5 | 4.8 | 10.4 | 16.1 | 19.5 | 22.0 | 21.7 | 17.2 | 11.8 | 4.6 | -0.1 | 10.4 | | |
| Constanta | 32 | -0.7 | 0.7 | 4.8 | 9.2 | 15.2 | 19.4 | 22.1 | 22.0 | 18.2 | 13.4 | 6.5 | 2.5 | 11.1 | | |
| Giurgiu | 27 | -3.0 | 0.2 | 5.7 | 11.5 | 17.3 | 21.1 | 23.4 | 22.7 | 18.0 | 12.3 | 4.5 | 0.5 | 11.2 | | |
| Corabia | 50 | -2.7 | 0.5 | 5.8 | 11.3 | 17.0 | 20.9 | 22.9 | 22.3 | 17.7 | 11.8 | 4.7 | 0.7 | 11.1 | | |
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Obr, Tschifik | 153 | -1.8 | 0.1 | 5.6 | 11.1 | 16.3 | 19.8 | 22.2 | 21.9 | 17.5 | 11.8 | 4.8 | 0.4 | 10.8 | 37.8 | -17.4 |
| Plewen | 125 | -1.2 | 0.5 | 6.1 | 11.7 | 17.0 | 20.6 | 22.8 | 22.0 | 17.4 | 11.6 | 4.9 | 0.7 | 11.1 | | |
| Warna | 35 | 1.4 | 2.6 | 6.0 | 10.3 | 15.4 | 19.7 | 22.1 | 22.1 | 17.3 | 13.7 | 7.8 | 4.7 | 12.0 | 35.1 | -12.7 |
| Petrohan | 1400 | -4.9 | -4.0 | -1.6 | 3.0 | 8.8 | 11.6 | 13.6 | 13.8 | 10.2 | 6.0 | -0.1 | -3.0 | 4.4 | 26.6 | -22.5 |
| Gabrowo | 375 | -1.3 | 0.6 | 5.5 | 10.1 | 14.8 | 17.9 | 19.9 | 19.5 | 15.7 | 10.9 | 4.9 | 1.1 | 10.0 | | |

continuation

Table 1 Temperature (C°)

| Height m | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year | Absolute | |
|-----------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|----------|-------|
| | | | | | | | | | | | | | | Max. | Min. |
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sofia | -1.7 | 0.4 | 5.3 | 10.2 | 15.1 | 18.2 | 20.4 | 20.1 | 16.1 | 10.8 | 4.4 | 0.3 | 10.0 | 34.6 | -17.3 |
| Kazanlik | 0.6 | 2.2 | 6.2 | 10.8 | 15.6 | 19.2 | 21.8 | 21.4 | 17.3 | 12.0 | 5.8 | 2.3 | 11.3 | 36.4 | -13.8 |
| Burgas | 2.0 | 3.3 | 6.7 | 11.0 | 15.7 | 20.2 | 22.8 | 22.6 | 19.1 | 14.3 | 8.3 | 5.1 | 12.6 | 35.7 | -11.6 |
| Kustendil | -0.9 | 1.6 | 6.3 | 11.1 | 15.9 | 18.9 | 21.1 | 20.9 | 17.0 | 11.6 | 5.3 | 1.3 | 10.8 | | |
| Srniakowo | -4.9 | -3.6 | -2.6 | 2.1 | 7.4 | 10.2 | 12.6 | 12.7 | 8.9 | 5.0 | -0.1 | -2.8 | 3.7 | | |
| Plovdiv | 0.9 | 3.0 | 7.4 | 12.2 | 17.3 | 21.0 | 23.4 | 22.8 | 18.7 | 13.2 | 6.7 | 2.8 | 12.4 | 36.6 | -13.8 |
| Perritsch | 2.4 | 3.8 | 8.2 | 12.8 | 18.1 | 22.2 | 24.4 | 24.0 | 19.3 | 14.1 | 7.7 | 3.9 | 13.4 | | |
| <i>Greece</i> | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kavala | 5.3 | 6.9 | 9.2 | 13.9 | 19.9 | 23.6 | 25.6 | 26.3 | 21.9 | 16.9 | 11.6 | 8.8 | 15.8 | 34.7 | - 5.6 |
| Saloniki | 5.4 | 7.1 | 10.1 | 14.0 | 19.4 | 23.5 | 26.6 | 25.8 | 22.0 | 17.5 | 11.3 | 7.8 | 15.9 | 36.0 | - 6.2 |
| Larissa | 5.1 | 7.4 | 10.7 | 14.8 | 20.2 | 24.8 | 27.7 | 27.4 | 22.7 | 17.4 | 11.1 | 7.7 | 16.4 | | |
| Trikala | 4.9 | 7.3 | 11.0 | 15.2 | 20.6 | 24.6 | 28.1 | 27.8 | 23.0 | 17.4 | 11.0 | 7.5 | 16.5 | 41.1 | - 8.5 |
| Corfu | 10.4 | 11.0 | 12.9 | 15.9 | 19.9 | 23.6 | 26.4 | 26.4 | 23.7 | 19.7 | 15.5 | 12.5 | 18.2 | 35.0 | 1.8 |
| Lamia | 7.2 | 8.9 | 11.7 | 15.7 | 20.8 | 25.4 | 28.1 | 27.7 | 23.8 | 19.1 | 13.0 | 9.6 | 17.6 | | |
| Parras | 2 | 10.2 | 11.1 | 13.1 | 16.4 | 20.6 | 24.4 | 27.4 | 27.5 | 24.6 | 19.7 | 15.2 | 18.4 | 37.2 | - 0.7 |
| Argostoli | 8 | 10.4 | 11.1 | 13.4 | 16.3 | 20.1 | 23.6 | 26.3 | 26.4 | 24.1 | 20.1 | 15.5 | 18.3 | | |
| Athen | 10.5 | 9.2 | 9.0 | 12.0 | 14.5 | 18.5 | 23.6 | 25.9 | 26.2 | 22.7 | 18.3 | 14.2 | 17.1 | 37.9 | - 1.6 |
| Andros | 4.5 | 10.3 | 11.2 | 12.7 | 16.0 | 20.3 | 24.4 | 26.6 | 26.4 | 23.7 | 20.0 | 15.1 | 12.3 | | |
| Zante | 2 | 11.8 | 12.2 | 14.8 | 16.4 | 20.2 | 24.0 | 26.9 | 27.1 | 24.7 | 21.2 | 16.6 | 13.7 | | |
| Nauplia | 10 | 10.0 | 10.8 | 12.6 | 15.7 | 20.0 | 24.4 | 27.6 | 27.4 | 24.3 | 20.2 | 15.1 | 11.8 | | |
| Tripolis | 6.8 | 5.1 | 6.6 | 8.9 | 12.7 | 17.4 | 21.5 | 24.9 | 24.8 | 21.3 | 16.8 | 10.2 | 7.0 | | |
| Naxos | 50 | 12.1 | 12.7 | 13.9 | 16.5 | 20.0 | 23.5 | 25.2 | 23.5 | 20.6 | 16.6 | 14.0 | 18.7 | | |
| Sparta | 213 | 8.8 | 10.0 | 12.1 | 14.9 | 20.1 | 24.6 | 28.0 | 27.6 | 24.9 | 19.6 | 14.0 | 18.0 | | |
| Kythera | 160 | 11.5 | 12.0 | 13.5 | 16.0 | 18.8 | 23.5 | 27.1 | 27.6 | 25.5 | 21.2 | 16.4 | 13.3 | | |
| Santorin | 227 | 10.4 | 10.8 | 12.2 | 14.6 | 18.4 | 22.1 | 24.6 | 24.7 | 22.3 | 19.2 | 15.0 | 12.3 | | |
| Kandia | 27 | 11.8 | 11.6 | 13.7 | 16.3 | 19.4 | 23.7 | 26.0 | 26.0 | 23.6 | 20.0 | 16.3 | 13.2 | 34.2 | 0.9 |

continuation

Table 1 Temperature (C°)

| | Long. | Lat. | Height m | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------|---------|---------|-------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Turkey</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Ankara | 32 53 E | 39 57 N | 891 | -1.0 | -0.2 | 4.0 | 11.1 | 16.4 | 20.5 | 23.0 | 23.0 | 18.5 | 12.1 | 7.4 | 1.6 | 11.4 |
| Antalya | 30 42 E | 36 53 N | 43 | 9.8 | 10.6 | 12.5 | 16.6 | 21.3 | 25.2 | 28.4 | 28.3 | 25.2 | 20.0 | 15.9 | 11.7 | 18.8 |
| Diyarbakir | 40 12 E | 37 55 N | 653 | 1.5 | 2.9 | 7.2 | 13.2 | 19.4 | 26.1 | 30.9 | 30.0 | 24.7 | 16.3 | 10.2 | 3.4 | 15.5 |
| Edirne | 26 34 E | 41 40 N | 47 | 0.3 | 3.8 | 6.8 | 13.1 | 18.1 | 22.1 | 24.5 | 24.0 | 19.9 | 13.7 | 8.9 | 3.8 | 13.3 |
| Erzurum | 41 16 E | 39 55 N | 1892 | -8.6 | -8.0 | -3.6 | 4.3 | 11.2 | 15.6 | 19.3 | 19.2 | 15.1 | 7.7 | 2.0 | -6.1 | 5.7 |
| Istanbul | 29 05 E | 40 58 N | 40 | 4.6 | 5.4 | 6.4 | 11.2 | 16.2 | 20.6 | 23.0 | 23.1 | 19.5 | 14.9 | 11.6 | 7.6 | 13.7 |
| Izmir | 27 19 E | 38 24 N | 4 | 7.8 | 9.0 | 10.5 | 15.4 | 20.6 | 25.1 | 27.4 | 27.1 | 23.3 | 17.8 | 14.1 | 9.9 | 17.3 |
| Rize | 40 30 E | 41 02 N | 60 | 6.7 | 7.0 | 7.6 | 11.3 | 15.9 | 20.1 | 22.2 | 22.3 | 19.8 | 16.0 | 13.3 | 9.1 | 14.3 |
| Samsun | 36 20 E | 41 17 N | 23 | 5.9 | 6.6 | 7.1 | 10.8 | 15.5 | 20.1 | 22.7 | 23.0 | 19.7 | 15.8 | 12.8 | 9.0 | 14.1 |
| Sivas | 37 01 E | 39 45 N | 1285 | -4.7 | -3.9 | 0.6 | 8.1 | 13.6 | 17.0 | 19.2 | 19.0 | 15.5 | 9.9 | 5.0 | -2.2 | 8.1 |
| Adana | 35 18 E | 36 59 N | 24 | 8.7 | 9.7 | 12.4 | 16.7 | 21.4 | 24.9 | 27.4 | 27.7 | 25.1 | 20.0 | 15.9 | 10.8 | 18.4 |
| <i>Jordan</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Amman | 35 55 E | 31 58 N | 777 | 7.8 | 8.4 | 12.3 | 15.9 | 21.1 | 23.8 | 24.9 | 25.3 | 24.1 | 20.3 | 15.4 | 10.5 | 17.5 |
| <i>Israel</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Jerusalem | 35 14 E | 31 46 N | 762 | 7.9 | 8.4 | 10.0 | 14.2 | 20.7 | 21.3 | 22.6 | 22.8 | 21.1 | 19.1 | 16.0 | 10.3 | 16.2 |
| <i>Saudi Arabia</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aden | 45 01 E | 12 50 N | 4 | 25.8 | 26.5 | 27.4 | 29.3 | 31.2 | 32.4 | 31.6 | 31.0 | 31.6 | 29.1 | 27.3 | 26.2 | 29.1 |
| Bahrain | 50 35 E | 26 14 N | 9 | 17.0 | 17.5 | 20.0 | 24.7 | 29.4 | 32.1 | 33.6 | 33.6 | 31.6 | 28.4 | 24.6 | 19.6 | 26.1 |
| Muscat | 58 35 E | 23 45 N | 5 | 21.0 | 21.6 | 24.7 | 28.2 | 32.8 | 34.2 | 32.1 | 31.9 | 29.9 | 29.3 | 26.1 | 22.7 | 27.9 |
| Riyadh | 46 42 E | 24 39 N | 589 | 14.5 | 16.0 | 20.4 | 24.8 | 29.9 | 33.4 | 33.6 | 32.9 | 30.6 | 25.2 | 20.8 | 15.5 | 24.8 |
| Riyah | 49 23 E | 14 39 N | 25 | 23.7 | 24.3 | 25.4 | 27.1 | 29.1 | 30.6 | 29.4 | 28.7 | 28.9 | 26.5 | 25.1 | 24.2 | 26.9 |
| Salalah | 54 06 E | 17 03 N | 18 | 22.6 | 23.2 | 25.0 | 26.8 | 28.6 | 29.2 | 26.1 | 25.3 | 26.0 | 25.3 | 25.0 | 23.8 | 25.6 |
| Sharjah | 55 24 E | 25 20 N | 1 | 18.1 | 18.6 | 21.8 | 24.9 | 28.2 | 30.6 | 32.7 | 33.4 | 31.5 | 27.6 | 23.7 | 20.0 | 25.9 |

continuation

Table 1 Temperature (C°)

| | Long. | Lat. | Height m | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|----------------|---------|---------|-------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Egypt</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Alexandria | 29 57 E | 31 12 N | 7 | 13.6 | 13.7 | 15.4 | 17.8 | 21.5 | 24.0 | 25.8 | 26.4 | 25.2 | 22.3 | 19.3 | 15.2 | 20.0 |
| Cairo | 31 21 E | 30 07 N | 49 | 13.7 | 14.1 | 16.7 | 20.4 | 25.5 | 27.3 | 28.5 | 28.4 | 26.1 | 23.2 | 19.8 | 15.3 | 21.6 |
| Helwan | 31 20 E | 29 52 N | 116 | 13.4 | 14.4 | 16.8 | 20.8 | 25.5 | 27.4 | 28.3 | 28.2 | 25.9 | 23.7 | 20.0 | 15.2 | 21.6 |
| Kom el Nadura | 29 53 E | 31 12 N | 32 | 14.5 | 14.7 | 16.1 | 18.4 | 21.8 | 24.3 | 26.0 | 26.7 | 25.7 | 23.6 | 20.8 | 16.7 | 20.8 |
| Luxor | 32 39 E | 25 39 N | 78 | 13.3 | 15.3 | 19.5 | 24.7 | 30.3 | 31.7 | 32.4 | 32.3 | 29.6 | 26.2 | 21.0 | 15.6 | 24.4 |
| Minya | 30 44 E | 28 05 N | 40 | 11.8 | 12.7 | 15.9 | 20.2 | 26.1 | 27.5 | 28.6 | 28.4 | 25.7 | 22.4 | 18.5 | 13.6 | 20.9 |
| Port Said | 32 15 E | 31 17 N | 6 | 14.3 | 14.2 | 16.0 | 18.5 | 22.3 | 25.0 | 26.8 | 27.4 | 26.2 | 23.8 | 21.0 | 16.3 | 21.0 |
| <i>Libya</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Benina | 20 16 E | 32 05 N | 125 | 12.1 | 12.4 | 13.6 | 17.1 | 22.8 | 24.4 | 25.9 | 26.9 | 24.7 | 22.1 | 18.1 | 14.8 | 19.8 |
| Cyrene | 21 51 E | 32 49 N | 623 | 9.2 | 9.2 | 10.6 | 14.0 | 17.8 | 20.9 | 22.4 | 23.6 | 21.2 | 17.8 | 15.0 | 10.7 | 16.2 |
| El Adem | 23 55 E | 31 51 N | 157 | 11.5 | 11.9 | 14.1 | 17.3 | 21.3 | 23.9 | 25.2 | 25.6 | 24.1 | 21.1 | 17.4 | 12.9 | 19.1 |
| Idris | 13 10 E | 32 41 N | 84 | 11.5 | 12.7 | 14.1 | 18.9 | 23.5 | 26.2 | 27.3 | 28.5 | 26.1 | 22.7 | 17.4 | 12.7 | 20.1 |
| Sebha | 14 26 E | 27 01 N | 443 | 12.1 | 15.0 | 17.4 | 22.5 | 27.9 | 30.4 | 30.3 | 30.8 | 28.1 | 24.3 | 18.6 | 12.9 | 22.5 |
| Sirta | 16 35 E | 31 12 N | 22 | 13.5 | 14.6 | 16.0 | 18.6 | 21.4 | 23.4 | 25.7 | 26.8 | 25.6 | 23.6 | 19.2 | 14.7 | 20.3 |
| <i>Tunisia</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tunis | 10 14 E | 36 50 N | 4 | 10.8 | 12.0 | 13.6 | 16.4 | 19.7 | 23.8 | 25.7 | 27.1 | 25.0 | 20.5 | 16.1 | 12.1 | 18.6 |
| <i>Algeria</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Beni-Abbes | 2 11 W | 30 08 N | 493 | 10.7 | 13.5 | 17.2 | 22.0 | 26.1 | 32.0 | 34.7 | 33.9 | 29.4 | 23.3 | 16.3 | 11.4 | 22.5 |
| Biskra | 5 44 E | 34 48 N | 81 | 11.7 | 13.4 | 16.4 | 21.4 | 26.0 | 30.6 | 33.9 | 33.4 | 29.2 | 22.7 | 16.7 | 12.1 | 22.3 |
| Bouzareah | 0 1 E | 36 48 N | 344 | 10.0 | 10.6 | 12.5 | 14.8 | 17.4 | 20.7 | 23.4 | 24.4 | 22.5 | 18.5 | 15.4 | 11.1 | 16.8 |
| El Golea | 2 52 E | 30 25 N | 38 | 10.1 | 12.5 | 16.6 | 21.5 | 26.0 | 31.7 | 33.7 | 33.4 | 29.8 | 22.9 | 16.3 | 11.2 | 22.1 |
| Oran | 0 37 W | 35 38 N | 88 | 10.2 | 11.1 | 12.7 | 14.9 | 17.2 | 21.3 | 24.3 | 24.7 | 22.7 | 18.4 | 14.1 | 10.7 | 16.9 |
| <i>Morocco</i> | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Casablanca | 07 38 W | 33 35 N | 54 | 12.5 | 13.1 | 15.2 | 16.7 | 18.3 | 21.0 | 22.8 | 23.1 | 22.1 | 19.9 | 16.7 | 13.9 | 17.9 |
| Marrakech | 08 01 W | 31 39 N | 462 | 11.5 | 13.7 | 16.7 | 19.3 | 21.5 | 25.5 | 29.3 | 29.1 | 25.7 | 21.8 | 17.2 | 12.6 | 20.3 |

Table 2 Frost days

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Oporto | 1.7 | 0.2 | 0.1 | — | — | — | — | — | — | — | 0.1 | 0.7 | 2.8 |
| Guarda | 9.0 | 4.6 | 5.9 | 2.6 | — | — | — | — | — | 0.1 | 1.7 | 7.4 | 31.5 |
| Madrid | 17.9 | 12.0 | 6.1 | 1.4 | 0.2 | — | — | — | — | 0.9 | 5.3 | 15.3 | 59.1 |
| Lissabon | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Campo Major | 1.6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.3 | 1.9 |
| Evora | 0.7 | — | 0.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.6 | 1.4 |
| S. Fernando | 0.3 | 0.2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.5 |
| Gibraltar | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 |
| Malaga | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 |
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Puy de Dôme | 25.6 | 23.9 | 24.3 | 17.0 | 8.1 | 0.6 | — | — | 1.3 | 8.9 | 17.1 | 24.0 | 150.8 |
| Lyon | 18.4 | 14.5 | 7.6 | 1.4 | — | — | — | — | — | 1.3 | 6.4 | 14.9 | 64.5 |
| La Tronche | 23.0 | 18.4 | 8.9 | 1.6 | 0.1 | — | — | — | 0.0 | 0.9 | 8.1 | 19.6 | 80.6 |
| Bordeaux-Floirac | 11.2 | 7.5 | 4.6 | 0.3 | — | — | — | — | — | 0.6 | 3.5 | 9.4 | 37.1 |
| Gap | 28.1 | 25.4 | 22.5 | 8.0 | 1.8 | — | — | — | 0.3 | 5.5 | 18.1 | 28.0 | 137.7 |
| Nizza | 3.9 | 3.7 | 1.4 | — | — | — | — | — | — | — | 0.3 | 1.5 | 10.9 |
| Montpellier | 13.7 | 9.7 | 5.0 | 0.4 | — | — | — | — | — | 0.4 | 3.2 | 11.5 | 43.9 |
| Toulouse | 12.8 | 9.6 | 5.3 | 0.8 | — | — | — | — | — | 0.5 | 3.8 | 8.7 | 41.5 |
| Marseille | 8.9 | 6.7 | 3.1 | 0.5 | — | — | — | — | — | 0.1 | 1.5 | 5.4 | 26.2 |
| Pic du Midi | 30.9 | 28.1 | 30.5 | 29.7 | 29.0 | 15.1 | 4.8 | 6.3 | 11.0 | 23.2 | 29.1 | 30.8 | 268.5 |
| Perpignan | 6.2 | 3.0 | 1.6 | 0.0 | — | — | — | — | — | 0.1 | 1.0 | 5.0 | 16.9 |
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Sondrio | 26 | 20 | 6 | 1 | — | — | — | — | — | — | 10 | 22 | 85 |
| Domodossola | 24 | 19 | 9 | 2 | — | — | — | — | — | 1 | 12 | 21 | 88 |
| Udine | 14 | 8 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 7 | 35 |

continuation

Table 2 Frost days

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Vicenza | 16 | 10 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 4 | 10 | 42 |
| Venezia | 13 | 7 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 6 | 29 |
| Mantova | 22 | 14 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | 5 | 14 | 58 |
| Torino | 26 | 17 | 4 | — | — | — | — | — | — | — | 7 | 19 | 73 |
| Milano | 18 | 10 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 3 | 12 | 45 |
| Piacenza | 23 | 17 | 5 | — | — | — | — | — | — | — | 7 | 16 | 68 |
| Bologna | 13 | 7 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 4 | 27 |
| Genova | 2 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 3 |
| Cuneo | 19 | 15 | 5 | 1 | — | — | — | — | — | — | 6 | 14 | 60 |
| Firenze | 9 | 6 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 2 | 6 | 24 |
| Ancona | 8 | 6 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 3 | 20 |
| Livorno | 3 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 1 | 7 |
| Sicna | 7 | 6 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 | 17 |
| Roma | 4 | 3 | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 | 10 |
| Agnone | 5 | 6 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 | 16 |
| Foggia | 5 | 6 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 2 | 16 |
| Bari | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 |
| Napoli | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 |
| Sassari | 1 | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 2 |
| Potenza | 13 | 11 | 6 | 1 | — | — | — | — | — | — | 2 | 6 | 39 |
| Cagliari | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 |
| Messina | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| Palermo | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0 |
| Caltanissetta | 2 | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 1 | 5 |
| <i>Yugoslavia</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Bihac | 19.2 | 17.0 | 7.2 | 1.1 | — | — | — | — | — | 1.0 | 7.5 | 14.8 | 67.8 |

continuation

Table 2 Frost days

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| <i>Yugoslavia</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Belgrad | 18.3 | 16.2 | 5.6 | 1.3 | — | — | — | — | — | 1.0 | 10.4 | 15.4 | 68.2 |
| Sarajevo | 23.0 | 20.0 | 11.0 | 3.0 | — | — | — | — | — | 1.0 | 9.0 | 18.0 | 85.0 |
| Mostar | 6.3 | 6.1 | 1.4 | 0.1 | — | — | — | — | — | — | 0.8 | 3.5 | 18.2 |
| <i>Greece</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Larissa | 7.4 | 6.4 | 1.3 | — | — | — | — | — | — | — | 1.4 | 6.3 | 22.8 |
| Korfu | 0.1 | 0.2 | 0.3 | — | — | — | — | — | — | — | 0.1 | 0.2 | 0.9 |
| Athen | 2.0 | 1.1 | 0.4 | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.4 | 3.9 |
| Naxos | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.0 |
| Kythera | — | 0.1 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0.1 |
| Kandia | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| <i>Romania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Czernowitz | 29.2 | 24.4 | 20.4 | 5.3 | 0.2 | — | — | — | 0.0 | 5.5 | 17.1 | 25.0 | 127.1 |
| Dorohoi | 29.0 | 24.2 | 21.2 | 7.8 | 0.5 | — | — | — | 0.5 | 6.3 | 17.8 | 26.4 | 133.8 |
| Dorna Watra | 30.1 | 26.5 | 24.7 | 8.8 | 0.5 | — | — | — | 2.1 | 8.3 | 21.0 | 27.7 | 149.7 |
| Jassy | 28.6 | 22.3 | 17.7 | 4.6 | 0.3 | — | — | — | 0.3 | 4.2 | 15.3 | 23.6 | 116.8 |
| Vaslui | 28.8 | 22.2 | 18.0 | 6.0 | 0.5 | — | — | — | 0.3 | 4.2 | 16.0 | 24.3 | 120.3 |
| Hermannstadt | 28.9 | 23.6 | 17.4 | 7.3 | 0.6 | — | — | — | 1.2 | 7.1 | 17.5 | 24.3 | 127.7 |
| Temesvár | 25.0 | 19.1 | 12.1 | 2.1 | 0.1 | — | — | — | 0.1 | 1.4 | 11.1 | 11.4 | 82.5 |
| Focsani | 29.6 | 22.7 | 16.3 | 3.8 | 0.1 | — | — | — | 0.2 | 2.7 | 15.0 | 23.9 | 114.3 |
| Sinaia | 30.0 | 26.2 | 25.3 | 13.5 | 1.4 | — | — | — | 1.5 | 8.2 | 20.9 | 27.8 | 154.8 |
| Braila | 27.9 | 20.8 | 13.7 | — | — | — | — | — | — | 1.1 | 11.8 | 20.5 | 95.8 |
| Buzan | 29.0 | 22.7 | 16.2 | 3.3 | 0.1 | — | — | — | 0.2 | 2.0 | 14.5 | 23.4 | 111.4 |
| Sulina | 25.7 | 18.3 | 12.2 | 1.0 | — | — | — | — | 0.0 | 0.9 | 10.5 | 17.0 | 85.6 |
| Turnu Severin | 25.4 | 16.0 | 8.1 | 1.0 | — | — | — | — | — | 0.5 | 8.8 | 16.0 | 75.8 |
| Bucuresti | 28.3 | 20.8 | 13.4 | 2.0 | 0.0 | — | — | — | 0.1 | 1.2 | 12.4 | 22.0 | 100.4 |

Table 2 Frost days

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|-------|
| <i>Romania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Striharet | 29.0 | 21.7 | 15.1 | 2.9 | 0.0 | — | — | — | 0.2 | 2.0 | 14.7 | 23.6 | 109.2 |
| Constanta | 24.1 | 15.2 | 8.9 | 0.7 | — | — | — | — | — | 0.2 | 8.0 | 23.4 | 80.5 |
| Giurgiu | 28.8 | 21.7 | 12.3 | 1.0 | — | — | — | — | 0.2 | 1.5 | 11.6 | 21.4 | 98.5 |
| Corabia | 27.9 | 20.1 | 11.6 | 1.4 | — | — | — | — | 1.0 | 1.3 | 11.6 | 20.4 | 95.3 |
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Obr. Tschiflik | 25.7 | 21.8 | 13.1 | 2.4 | 0.0 | — | — | — | 0.1 | 1.4 | 12.6 | 21.9 | 99.0 |
| Plewen | 23.7 | 20.3 | 11.0 | 1.5 | 0.0 | — | — | — | 0.2 | 0.9 | 11.5 | 21.5 | 90.5 |
| Warna | 19.9 | 15.3 | 7.0 | 0.8 | 0.0 | — | — | — | 0.0 | 0.2 | 5.4 | 11.7 | 60.3 |
| Gabrowo | 25.0 | 20.9 | 13.5 | 2.9 | 0.2 | — | — | — | 0.0 | 1.7 | 13.5 | 21.9 | 99.0 |
| Sofia | 25.8 | 21.2 | 13.1 | 3.3 | 0.0 | — | — | — | 0.2 | 1.8 | 13.1 | 21.4 | 99.9 |
| Kazanlik | 22.8 | 19.0 | 10.9 | 2.4 | 0.1 | — | — | — | 0.1 | 1.5 | 11.2 | 18.5 | 86.5 |
| Burgas | 18.8 | 13.0 | 5.8 | 0.5 | 0.0 | — | — | — | 0.0 | 0.2 | 4.5 | 9.4 | 52.6 |
| Küstendil | 25.1 | 19.4 | 11.2 | 2.1 | 0.0 | — | — | — | 0.2 | 1.9 | 11.8 | 19.2 | 90.9 |
| Plovdiv | 20.6 | 15.9 | 6.3 | 1.3 | 0.0 | — | — | — | 0.0 | 0.5 | 7.6 | 13.6 | 65.8 |

continuation

Table 3 Total precipitation (mm)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| San. Sebastian | 113 | 104 | 99 | 136 | 101 | 101 | 77 | 91 | 119 | 158 | 159 | 119 | 1396 |
| Bilbao | 116 | 95 | 109 | 111 | 77 | 84 | 62 | 55 | 89 | 135 | 143 | 136 | 1230 |
| Santander | 71 | 52 | 58 | 70 | 59 | 50 | 42 | 53 | 71 | 107 | 101 | 93 | 839 |
| Oviedo | 70 | 75 | 108 | 94 | 67 | 67 | 50 | 40 | 73 | 88 | 94 | 96 | 935 |
| Coruna | 69 | 89 | 82 | 74 | 50 | 36 | 23 | 28 | 43 | 80 | 90 | 90 | 763 |
| Santiago | 191 | 177 | 159 | 149 | 127 | 72 | 58 | 48 | 132 | 169 | 178 | 177 | 1655 |
| Orense | 66 | 61 | 78 | 51 | 57 | 51 | 18 | 14 | 39 | 82 | 95 | 76 | 700 |
| Leon | 22 | 23 | 38 | 34 | 41 | 48 | 17 | 17 | 22 | 29 | 32 | 23 | 351 |
| Burgos | 44 | 48 | 50 | 58 | 67 | 54 | 20 | 18 | 45 | 51 | 54 | 44 | 560 |
| Pamplona | 66 | 58 | 57 | 66 | 61 | 65 | 36 | 32 | 46 | 60 | 91 | 59 | 706 |
| Jaca | 31 | 46 | 63 | 76 | 67 | 83 | 50 | 58 | 77 | 69 | 71 | 32 | 732 |
| Huesca | 29 | 41 | 48 | 56 | 63 | 41 | 27 | 33 | 69 | 59 | 51 | 27 | 552 |
| Lerida | 24 | 35 | 33 | 34 | 33 | 45 | 14 | 25 | 50 | 21 | 22 | 12 | 351 |
| Igualada | 31 | 48 | 48 | 75 | 49 | 60 | 36 | 29 | 66 | 37 | 31 | 40 | 556 |
| Barcelona | 35 | 38 | 44 | 46 | 33 | 33 | 27 | 38 | 84 | 72 | 44 | 28 | 526 |
| Zaragoza | 17 | 19 | 23 | 29 | 38 | 29 | 15 | 15 | 24 | 33 | 30 | 20 | 295 |
| Soria | 42 | 46 | 48 | 62 | 67 | 47 | 28 | 22 | 49 | 57 | 49 | 44 | 568 |
| Valladolid | 20 | 22 | 26 | 27 | 40 | 29 | 9 | 9 | 33 | 31 | 36 | 23 | 308 |
| Oporto | 146 | 126 | 126 | 126 | 88 | 41 | 24 | 21 | 70 | 127 | 166 | 128 | 1210 |
| Guarda | 83 | 109 | 92 | 70 | 72 | 45 | 13 | 10 | 62 | 116 | 132 | 126 | 934 |
| Salamanca | 20 | 21 | 22 | 25 | 32 | 25 | 14 | 2 | 30 | 33 | 32 | 24 | 284 |
| Avila | 34 | 44 | 50 | 77 | 89 | 70 | 33 | 30 | 77 | 72 | 60 | 77 | 723 |
| Segovia | 40 | 36 | 39 | 60 | 63 | 38 | 26 | 22 | 44 | 70 | 53 | 45 | 548 |
| Madrid | 32 | 38 | 28 | 43 | 28 | 47 | 15 | 10 | 32 | 63 | 55 | 32 | 426 |
| Teruel | 17 | 17 | 25 | 40 | 57 | 49 | 26 | 24 | 37 | 36 | 32 | 20 | 387 |

Table 3 Total precipitation (mm)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Valencia | 32 | 40 | 42 | 30 | 36 | 20 | 13 | 9 | 80 | 67 | 56 | 43 | 472 |
| Coimbra | 91 | 83 | 97 | 106 | 82 | 45 | 19 | 15 | 57 | 88 | 111 | 89 | 894 |
| Lissabon | 86 | 83 | 86 | 78 | 45 | 14 | 4 | 6 | 33 | 61 | 92 | 110 | 700 |
| Campo Major | 49 | 63 | 68 | 43 | 41 | 26 | 5 | 6 | 28 | 66 | 92 | 67 | 541 |
| Caceres | 75 | 52 | 105 | 111 | 83 | 28 | 6 | 12 | 47 | 71 | 85 | 69 | 751 |
| Ciudad Real | 43 | 34 | 52 | 52 | 29 | 7 | 9 | 9 | 33 | 40 | 53 | 47 | 457 |
| Albacete | 23 | 21 | 38 | 41 | 49 | 36 | 11 | 15 | 41 | 39 | 32 | 28 | 381 |
| Alicante | 27 | 37 | 40 | 34 | 38 | 17 | 9 | 11 | 74 | 64 | 47 | 38 | 440 |
| Murcia | 32 | 28 | 39 | 31 | 30 | 21 | 4 | 9 | 43 | 45 | 33 | 39 | 357 |
| Cartagena | 45 | 32 | 41 | 20 | 24 | 17 | 2 | 6 | 33 | 37 | 45 | 34 | 340 |
| Jaen | 101 | 68 | 107 | 80 | 51 | 24 | 4 | 8 | 48 | 58 | 80 | 68 | 706 |
| Granada | 50 | 44 | 55 | 54 | 45 | 21 | 3 | 5 | 28 | 46 | 48 | 47 | 453 |
| Sevilla | 59 | 53 | 65 | 44 | 41 | 14 | 1 | 2 | 18 | 53 | 74 | 79 | 500 |
| Badajoz | 43 | 51 | 41 | 37 | 33 | 14 | 3 | 4 | 24 | 42 | 44 | 45 | 383 |
| Evora | 63 | 83 | 74 | 51 | 47 | 31 | 4 | 5 | 29 | 75 | 99 | 84 | 650 |
| S. Fernando | 86 | 80 | 89 | 69 | 45 | 8 | 1 | 3 | 33 | 80 | 102 | 114 | 715 |
| Gibraltar | 125 | 113 | 118 | 68 | 43 | 12 | 1 | 3 | 35 | 81 | 162 | 138 | 909 |
| Malaga | 80 | 56 | 78 | 61 | 23 | 9 | 2 | 4 | 33 | 76 | 90 | 87 | 607 |
| Palma di Mallorca | 43 | 39 | 39 | 36 | 31 | 20 | 9 | 17 | 44 | 77 | 50 | 55 | 465 |
| La Vid | 15 | 21 | 29 | 41 | 49 | 36 | 15 | 15 | 26 | 43 | 35 | 16 | 346 |
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Puy de Dôme | 162 | 150 | 162 | 138 | 120 | 138 | 119 | 134 | 134 | 136 | 128 | 140 | 1683 |
| Lyon | 36 | 39 | 47 | 61 | 81 | 84 | 73 | 79 | 76 | 97 | 66 | 42 | 794 |
| Chamonix | 59 | 68 | 63 | 67 | 87 | 116 | 116 | 129 | 112 | 112 | 86 | 87 | 1120 |
| Izies | 34 | 39 | 47 | 75 | 90 | 98 | 82 | 85 | 74 | 86 | 67 | 40 | 831 |
| La Tronche | 80 | 84 | 80 | 90 | 117 | 104 | 88 | 91 | 104 | 123 | 85 | 78 | 1142 |

continuation

continuation

Table 3 Total precipitation (mm)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Briançon | 31 | 38 | 41 | 50 | 56 | 53 | 39 | 41 | 53 | 74 | 59 | 45 | 587 |
| Bordeaux Floirac | 61 | 52 | 55 | 64 | 66 | 71 | 45 | 48 | 65 | 84 | 76 | 64 | 763 |
| Arcachon | 78 | 57 | 65 | 62 | 59 | 59 | 46 | 51 | 79 | 109 | 100 | 83 | 863 |
| Gap | 40 | 53 | 58 | 64 | 73 | 73 | 45 | 55 | 83 | 107 | 101 | 64 | 828 |
| Barcelonnette | 29 | 35 | 48 | 61 | 61 | 53 | 47 | 55 | 71 | 101 | 76 | 52 | 701 |
| Agen | 48 | 44 | 48 | 58 | 66 | 70 | 48 | 41 | 56 | 46 | 55 | 45 | 634 |
| Avignon | 39 | 39 | 40 | 51 | 62 | 52 | 28 | 52 | 73 | 88 | 66 | 45 | 645 |
| Nizza | 60 | 63 | 66 | 60 | 68 | 49 | 16 | 26 | 64 | 147 | 125 | 73 | 828 |
| Montpellier | 76 | 65 | 58 | 65 | 66 | 50 | 24 | 45 | 77 | 96 | 82 | 55 | 770 |
| Toulouse | 45 | 44 | 46 | 67 | 77 | 81 | 38 | 47 | 54 | 58 | 50 | 43 | 660 |
| St. Martin de Hinx | 118 | 104 | 102 | 114 | 101 | 122 | 77 | 80 | 133 | 156 | 158 | 118 | 1402 |
| Draguignan | 66 | 73 | 79 | 83 | 79 | 74 | 26 | 38 | 79 | 150 | 111 | 83 | 955 |
| Marseille | 47 | 38 | 40 | 43 | 46 | 26 | 14 | 23 | 60 | 99 | 79 | 50 | 574 |
| Narbonne | 50 | 41 | 41 | 42 | 45 | 35 | 16 | 24 | 48 | 69 | 59 | 41 | 519 |
| Bagneres de Bigorre | 107 | 103 | 121 | 150 | 155 | 143 | 77 | 81 | 104 | 115 | 121 | 106 | 1404 |
| Pic du Midi | 182 | 164 | 160 | 171 | 142 | 127 | 71 | 73 | 109 | 115 | 137 | 162 | 1631 |
| Foix | 72 | 72 | 76 | 102 | 108 | 100 | 53 | 60 | 69 | 75 | 72 | 70 | 942 |
| Perpignan | 58 | 47 | 49 | 47 | 57 | 40 | 20 | 27 | 44 | 59 | 57 | 41 | 554 |
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Bolzano | 25 | 25 | 44 | 56 | 71 | 82 | 96 | 91 | 72 | 79 | 53 | 33 | 740 |
| Sondrio | 44 | 44 | 65 | 63 | 98 | 70 | 80 | 83 | 85 | 103 | 79 | 48 | 874 |
| Belluno | 49 | 56 | 93 | 105 | 140 | 132 | 115 | 103 | 122 | 121 | 98 | 71 | 1225 |
| Domodossola | 77 | 76 | 95 | 138 | 162 | 121 | 89 | 114 | 133 | 178 | 121 | 78 | 1404 |
| Udine | 67 | 80 | 118 | 136 | 150 | 176 | 122 | 125 | 164 | 178 | 122 | 93 | 1552 |
| Trieste | 57 | 59 | 72 | 73 | 94 | 104 | 93 | 93 | 101 | 120 | 91 | 87 | 1062 |
| Vicenza | 72 | 80 | 107 | 120 | 139 | 119 | 75 | 88 | 125 | 146 | 111 | 86 | 1277 |

continuation

Table 3 Total precipitation (mm)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|--------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Venezia | 36 | 44 | 53 | 57 | 72 | 74 | 47 | 50 | 65 | 68 | 55 | 40 | 667 |
| Mantova | 36 | 39 | 44 | 59 | 75 | 65 | 47 | 44 | 59 | 81 | 63 | 45 | 667 |
| Torino | 56 | 40 | 58 | 112 | 121 | 107 | 59 | 67 | 72 | 91 | 65 | 40 | 902 |
| Milano | 66 | 69 | 75 | 101 | 117 | 87 | 70 | 72 | 94 | 123 | 107 | 75 | 1072 |
| Piacenza | 49 | 54 | 69 | 77 | 77 | 68 | 37 | 48 | 83 | 101 | 99 | 70 | 839 |
| Bologna | 53 | 41 | 60 | 80 | 74 | 62 | 43 | 42 | 63 | 111 | 79 | 49 | 770 |
| Genova | 105 | 111 | 114 | 89 | 90 | 50 | 48 | 125 | 173 | 189 | 119 | 111 | 1342 |
| Urbino | 112 | 53 | 72 | 98 | 104 | 85 | 47 | 49 | 67 | 134 | 96 | 75 | 1007 |
| Cuneo | 63 | 51 | 82 | 131 | 143 | 110 | 56 | 46 | 80 | 127 | 91 | 66 | 1062 |
| Firenze | 49 | 54 | 69 | 74 | 77 | 68 | 37 | 48 | 83 | 101 | 99 | 70 | 839 |
| Ancona | 66 | 41 | 45 | 57 | 48 | 51 | 27 | 31 | 59 | 98 | 62 | 49 | 644 |
| Livorno | 68 | 68 | 72 | 73 | 61 | 49 | 26 | 42 | 87 | 142 | 117 | 92 | 910 |
| Siena | 49 | 44 | 64 | 64 | 76 | 72 | 34 | 35 | 66 | 72 | 92 | 63 | 771 |
| Perugia | 51 | 54 | 82 | 92 | 80 | 87 | 36 | 48 | 72 | 131 | 109 | 69 | 925 |
| Pelagosa | 45 | 35 | 44 | 36 | 38 | 22 | 7 | 15 | 26 | 52 | 47 | 45 | 412 |
| Chieti | 117 | 85 | 67 | 84 | 86 | 74 | 44 | 50 | 70 | 109 | 120 | 85 | 1005 |
| Aquila | 55 | 50 | 55 | 66 | 61 | 54 | 31 | 37 | 57 | 84 | 79 | 55 | 694 |
| Roma | 89 | 74 | 75 | 78 | 58 | 45 | 20 | 26 | 77 | 181 | 115 | 102 | 902 |
| Agnone | 77 | 74 | 66 | 78 | 74 | 78 | 64 | 46 | 64 | 98 | 101 | 85 | 907 |
| Foggia | 49 | 32 | 34 | 42 | 44 | 31 | 15 | 30 | 35 | 54 | 57 | 42 | 473 |
| Bari | 65 | 55 | 40 | 48 | 47 | 26 | 17 | 31 | 52 | 67 | 68 | 68 | 590 |
| Napoli | 90 | 72 | 65 | 78 | 56 | 35 | 13 | 21 | 73 | 122 | 103 | 113 | 854 |
| Sassari | 60 | 49 | 52 | 57 | 44 | 27 | 6 | 14 | 38 | 86 | 100 | 72 | 612 |
| Potenza | 71 | 54 | 53 | 63 | 50 | 39 | 23 | 29 | 48 | 73 | 76 | 71 | 658 |
| Gallipoli | 67 | 52 | 34 | 45 | 23 | 16 | 5 | 9 | 51 | 69 | 81 | 70 | 528 |
| Cagliari | 42 | 36 | 52 | 41 | 25 | 23 | 2 | 6 | 29 | 51 | 101 | 69 | 484 |
| Messina | 95 | 84 | 72 | 68 | 36 | 22 | 14 | 21 | 46 | 106 | 115 | 108 | 797 |

continuation

Table 3 Total precipitation (mm)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Palermo | 99 | 84 | 70 | 66 | 34 | 16 | 8 | 14 | 37 | 98 | 99 | 115 | 749 |
| Caltanissetta | 101 | 78 | 54 | 46 | 37 | 10 | 5 | 14 | 29 | 63 | 73 | 96 | 612 |
| Siracusa | 92 | 71 | 40 | 39 | 20 | 5 | 8 | 7 | 49 | 90 | 109 | 102 | 637 |
| <i>Yugoslavia and Albania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Caskaturn | 51 | 38 | 66 | 86 | 90 | 109 | 98 | 103 | 94 | 111 | 67 | 57 | 987 |
| Tuffer | 58 | 50 | 85 | 106 | 125 | 166 | 124 | 126 | 109 | 135 | 93 | 67 | 1264 |
| Agram (Zagreb) | 46 | 47 | 57 | 72 | 77 | 100 | 81 | 81 | 86 | 98 | 79 | 61 | 900 |
| Esseg | 34 | 30 | 40 | 62 | 77 | 78 | 62 | 58 | 55 | 64 | 50 | 43 | 653 |
| Bihac | 82 | 66 | 81 | 107 | 108 | 120 | 86 | 94 | 126 | 149 | 147 | 107 | 1294 |
| Belgrad | 33 | 33 | 37 | 60 | 71 | 74 | 61 | 52 | 44 | 56 | 49 | 44 | 623 |
| Banjahaka | 49 | 58 | 74 | 91 | 126 | 120 | 83 | 76 | 85 | 119 | 60 | 61 | 1019 |
| Zvornik | 44 | 55 | 55 | 74 | 100 | 122 | 95 | 68 | 72 | 101 | 46 | 66 | 911 |
| Kragujevac | 40 | 58 | 36 | 50 | 68 | 87 | 50 | 49 | 38 | 48 | 60 | 45 | 637 |
| Sarajevo | 55 | 51 | 60 | 76 | 83 | 101 | 65 | 60 | 77 | 89 | 85 | 75 | 890 |
| Uzice | 51 | 51 | 62 | 68 | 99 | 123 | 91 | 49 | 54 | 64 | 73 | 55 | 853 |
| Mostar | 126 | 120 | 133 | 131 | 78 | 83 | 48 | 43 | 101 | 164 | 186 | 184 | 1416 |
| Nis | 33 | 45 | 37 | 56 | 49 | 70 | 43 | 45 | 43 | 64 | 61 | 35 | 587 |
| Lesina | 75 | 68 | 71 | 60 | 39 | 38 | 21 | 37 | 64 | 95 | 111 | 102 | 791 |
| Skutari | 136 | 139 | 157 | 131 | 89 | 49 | 45 | 28 | 100 | 197 | 209 | 156 | 1456 |
| Uskub | 35 | 30 | 19 | 43 | 56 | 57 | 36 | 36 | 30 | 51 | 38 | 48 | 487 |
| Durazzo | 73 | 89 | 97 | 57 | 40 | 49 | 12 | 46 | 44 | 175 | 215 | 180 | 1090 |
| Monastir | 49 | 72 | 45 | 67 | 68 | 60 | 39 | 36 | 36 | 75 | 71 | 62 | 688 |
| Valona | 98 | 95 | 104 | 59 | 35 | 48 | 13 | 46 | 101 | 133 | 195 | 141 | 1080 |
| <i>Rumania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Czernowitz | 24 | 21 | 34 | 64 | 74 | 94 | 94 | 66 | 64 | 49 | 34 | 23 | 650 |

Table 3 Total precipitation (mm)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Rumania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Dorokoi | 20 | 22 | 32 | 47 | 58 | 102 | 86 | 59 | 60 | 40 | 30 | 21 | 587 |
| Aknaszlatina | 44 | 46 | 49 | 51 | 80 | 117 | 102 | 81 | 68 | 64 | 55 | 45 | 822 |
| Dorna Watra | 21 | 27 | 43 | 48 | 81 | 129 | 135 | 88 | 52 | 46 | 38 | 23 | 745 |
| Jassy | 28 | 29 | 37 | 45 | 48 | 82 | 66 | 46 | 52 | 37 | 33 | 23 | 534 |
| Kischinev | 20 | 25 | 34 | 32 | 51 | 68 | 61 | 40 | 33 | 28 | 30 | 27 | 457 |
| Gorgenscentimre | 29 | 41 | 52 | 57 | 95 | 116 | 86 | 70 | 48 | 51 | 42 | 43 | 742 |
| Klausenburg | 24 | 21 | 30 | 53 | 68 | 111 | 98 | 69 | 56 | 42 | 28 | 25 | 634 |
| Vaslui | 35 | 32 | 36 | 47 | 50 | 86 | 53 | 44 | 43 | 44 | 35 | 30 | 543 |
| Hermannstadt | 25 | 27 | 38 | 57 | 81 | 114 | 97 | 82 | 66 | 47 | 37 | 23 | 680 |
| Temesvár | 41 | 40 | 47 | 56 | 67 | 94 | 66 | 49 | 54 | 54 | 36 | 45 | 661 |
| Focsani | 23 | 32 | 38 | 47 | 60 | 82 | 57 | 50 | 48 | 39 | 35 | 34 | 552 |
| Sinaia | 27 | 33 | 44 | 63 | 80 | 120 | 112 | 90 | 78 | 53 | 49 | 32 | 794 |
| Braila | 24 | 20 | 32 | 30 | 44 | 61 | 45 | 35 | 34 | 32 | 22 | 24 | 411 |
| Buzau | 25 | 27 | 36 | 48 | 53 | 29 | 56 | 49 | 50 | 38 | 31 | 29 | 476 |
| Sulina | 22 | 24 | 26 | 27 | 31 | 49 | 41 | 30 | 30 | 34 | 24 | 25 | 370 |
| Turnu-Severin | 38 | 44 | 47 | 61 | 77 | 81 | 49 | 52 | 62 | 73 | 58 | 46 | 699 |
| Bucuresti | 30 | 28 | 38 | 43 | 59 | 110 | 56 | 55 | 52 | 41 | 31 | 31 | 589 |
| Srriharet | 27 | 28 | 27 | 33 | 54 | 75 | 59 | 40 | 48 | 39 | 39 | 28 | 502 |
| Constanta | 31 | 30 | 27 | 25 | 20 | 45 | 40 | 32 | 36 | 30 | 27 | 30 | 381 |
| Giurgiu | 33 | 34 | 33 | 41 | 54 | 92 | 58 | 46 | 50 | 40 | 45 | 30 | 603 |
| Gorabia | 25 | 29 | 34 | 41 | 52 | 69 | 70 | 37 | 49 | 37 | 44 | 27 | 520 |
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Obr. Tschiflik | 31 | 30 | 37 | 41 | 59 | 90 | 64 | 52 | 40 | 40 | 57 | 35 | 584 |
| Plewen | 29 | 31 | 39 | 49 | 71 | 86 | 80 | 45 | 44 | 51 | 55 | 29 | 618 |
| Warna | 30 | 27 | 28 | 33 | 49 | 74 | 47 | 42 | 34 | 45 | 46 | 39 | 501 |
| Petroban | 58 | 80 | 89 | 101 | 119 | 141 | 111 | 80 | 105 | 92 | 96 | 61 | 1150 |

continuation

continuation

Table 3 Total precipitation (mm)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Gabrowo | 47 | 43 | 60 | 73 | 109 | 132 | 102 | 77 | 67 | 60 | 69 | 45 | 899 |
| Sofia | 27 | 32 | 41 | 54 | 83 | 82 | 68 | 53 | 55 | 55 | 54 | 29 | 640 |
| Kazanlik | 36 | 33 | 35 | 49 | 85 | 109 | 65 | 65 | 53 | 54 | 60 | 42 | 696 |
| Burgas | 39 | 47 | 37 | 44 | 50 | 81 | 47 | 29 | 29 | 44 | 57 | 49 | 560 |
| Kustendil | 37 | 35 | 35 | 46 | 65 | 61 | 63 | 38 | 45 | 54 | 55 | 42 | 583 |
| Sitniakow | 54 | 54 | 80 | 80 | 105 | 111 | 84 | 80 | 80 | 57 | 90 | 40 | 929 |
| Plovdiv | 35 | 33 | 38 | 40 | 57 | 62 | 49 | 40 | 38 | 38 | 50 | 33 | 521 |
| Petritsch | 60 | 77 | 60 | 65 | 44 | 35 | 31 | 19 | 20 | 76 | 90 | 45 | 628 |
| <i>Greece</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Kavala | 69 | 92 | 67 | 49 | 50 | 42 | 17 | 53 | 34 | 21 | 69 | 79 | 650 |
| Saloniki | 36 | 38 | 40 | 48 | 58 | 44 | 24 | 30 | 40 | 51 | 69 | 59 | 545 |
| Larissa | 45 | 47 | 36 | 38 | 45 | 38 | 34 | 23 | 26 | 47 | 67 | 48 | 502 |
| Trikala | 85 | 72 | 67 | 50 | 64 | 42 | 19 | 22 | 26 | 76 | 108 | 91 | 735 |
| Corfu | 150 | 170 | 87 | 85 | 58 | 32 | 9 | 23 | 74 | 148 | 159 | 211 | 1217 |
| Lamia | 59 | 59 | 41 | 36 | 47 | 35 | 21 | 25 | 28 | 62 | 85 | 84 | 595 |
| Pattas | 83 | 74 | 54 | 50 | 37 | 21 | 4 | 6 | 29 | 77 | 117 | 113 | 673 |
| Argostoli | 107 | 106 | 67 | 40 | 28 | 21 | 6 | 24 | 34 | 105 | 133 | 178 | 861 |
| Athen | 43 | 50 | 21 | 33 | 16 | 6 | 6 | ? | 24 | 27 | 94 | 55 | ? |
| Andros | 129 | 108 | 71 | 27 | 27 | 14 | 3 | 5 | 21 | 43 | 84 | 127 | 665 |
| Zante | 166 | 132 | 80 | 52 | 37 | 11 | 2 | 9 | 34 | 108 | 213 | 255 | 1112 |
| Nauplia | 54 | 53 | 42 | 23 | 26 | 18 | 8 | 17 | 28 | 60 | 80 | 88 | 503 |
| Tripolis | 113 | 87 | 62 | 56 | 57 | 31 | 15 | 19 | 24 | 77 | 123 | 125 | 801 |
| Naxos | 69 | 65 | 34 | 22 | 19 | 3 | 2 | 3 | 14 | 27 | 57 | 71 | 386 |
| Sparta | 107 | 84 | 64 | 48 | 49 | 38 | 17 | 21 | 36 | 77 | 119 | 145 | 818 |
| Kythera | 103 | 88 | 49 | 24 | 15 | 19 | 13 | 19 | 22 | 71 | 131 | 129 | 688 |
| Santorin | 62 | 46 | 32 | 20 | 16 | 2 | 2 | 2 | 15 | 21 | 68 | 73 | 362 |
| Kandia | 88 | 96 | 44 | 26 | 19 | 2 | 1 | 4 | 16 | 45 | 87 | 105 | 535 |

Table 3 Total precipitation (mm)

continuation

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|
| <i>Turkey</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Ankara | 41.3 | 32.4 | 33.6 | 29.3 | 44.8 | 23.5 | 9.1 | 4.5 | 13.6 | 29.8 | 33.4 | 47.2 | 342.3 |
| Antalya | 230.2 | 137.7 | 103.5 | 41.2 | 26.4 | 3.7 | 2.7 | 0.9 | 7.4 | 63.3 | 94.6 | 306.9 | 991.4 |
| Diyarbakir | 96.7 | 65.2 | 76.8 | 76.0 | 47.7 | 2.3 | 1.0 | 1.0 | 2.1 | 28.9 | 57.3 | 67.7 | 522.6 |
| Edirne | 66.7 | 44.8 | 41.1 | 41.0 | 45.8 | 47.2 | 38.6 | 19.4 | 15.2 | 53.6 | 76.1 | 54.7 | 544.1 |
| Erzurum | 37.0 | 31.2 | 48.6 | 49.5 | 70.2 | 44.7 | 24.2 | 11.7 | 19.0 | 62.2 | 44.8 | 19.9 | 463.0 |
| Istanbul | 93.7 | 73.7 | 60.2 | 37.2 | 29.8 | 25.7 | 27.1 | 14.8 | 48.3 | 71.7 | 82.7 | 647.6 | 647.6 |
| Izmir | 162.2 | 107.0 | 65.1 | 36.2 | 28.0 | 7.7 | 1.5 | 6.5 | 4.5 | 43.8 | 92.8 | 151.9 | 707.1 |
| Rize | 317.3 | 195.1 | 191.5 | 100.5 | 86.1 | 109.5 | 132.5 | 183.5 | 222.8 | 369.7 | 244.5 | 274.6 | 2427.7 |
| Samsun | 97.4 | 62.8 | 78.5 | 48.6 | 36.3 | 34.4 | 26.0 | 29.4 | 55.2 | 100.8 | 80.0 | 66.5 | 715.7 |
| Sivas | 54.7 | 37.0 | 46.1 | 46.9 | 62.7 | 26.0 | 7.0 | 4.5 | 11.9 | 40.8 | 42.9 | 34.2 | 414.8 |
| Adana | 122.4 | 126.4 | 61.4 | 32.4 | 53.3 | 13.3 | 4.9 | 5.0 | 25.4 | 48.7 | 65.8 | 89.6 | 648.6 |
| <i>Jordan</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Amman | 78.8 | 66.5 | 52.9 | 14.4 | 8.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.5 | 7.1 | 25.7 | 54.3 | 309.8 |
| <i>Israel</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Jerusalem | 152.8 | 106.8 | 101.8 | 21.7 | 6.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 11.5 | 54.1 | 94.4 | 549.9 |
| <i>Saudi Arabia</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Aden | 4.8 | 2.5 | 3.0 | T | 0.3 | 0.3 | 4.3 | 2.3 | 5.4 | 2.2 | 0.5 | 5.4 | 31.0 |
| Bahrain | 9.9 | 11.3 | 11.1 | 3.5 | 1.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 3.3 | 19.1 | 60.1 |
| Muscat | 19.9 | 13.7 | 13.7 | 3.5 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 47.3 | 98.4 |
| Riyadh | 2.5 | 20.0 | 22.6 | 24.9 | 9.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 79.7 |
| Riyah | 4.1 | 1.0 | 0.8 | 3.8 | 1.6 | 3.8 | 4.1 | 3.5 | 0.5 | 0.5 | 24.4 | 7.2 | 55.3 |
| Salalah | 1.3 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.3 | 1.8 | 27.9 | 26.2 | 3.0 | 17.5 | 2.5 | 9.7 | 91.0 |
| Sharjah | 15.5 | 17.3 | 9.9 | 3.8 | 0.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 5.6 | 37.3 | 89.7 |

continuation

Table 3 Total precipitation (mm)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|----------------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|
| <i>Egypt</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Alexandria | 54.4 | 41.8 | 18.3 | 2.8 | 3.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.6 | 2.6 | 29.0 | 54.3 | 207.4 |
| Cairo | 1.5 | 2.5 | 5.8 | 1.1 | 4.4 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 2.1 | 18.5 |
| Helwan | 2.5 | 4.4 | 5.7 | 0.4 | 10.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 1.0 | 5.7 | 9.4 | 39.0 |
| Kom el Nadura | 41.2 | 28.0 | 15.9 | 4.4 | 2.0 | 0.0 | 0.0 | 1.6 | 0.3 | 7.5 | 30.1 | 53.1 | 184.1 |
| Luxor | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 0.2 | 0.6 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.9 |
| Minya | 1.5 | 0.2 | 0.3 | 1.8 | 0.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.7 | 0.4 | 0.1 | 5.7 |
| Port Said | 13.3 | 12.5 | 10.7 | 2.8 | 7.1 | 0.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 | 5.9 | 16.4 | 68.9 |
| <i>Libya</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Benina | 57.6 | 42.4 | 32.5 | 2.8 | 14.0 | 0.5 | T | 0.3 | 8.4 | 14.3 | 54.1 | 83.3 | 310.2 |
| Cyrene | 148.6 | 81.8 | 64.8 | 12.2 | 18.3 | 1.6 | 1.3 | 2.8 | 6.7 | 17.3 | 106.7 | 119.4 | 581.5 |
| El Adem | 35.3 | 16.0 | 43.7 | 14.9 | 6.7 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 2.2 | 9.7 | 34.6 | 6.9 | 170.0 |
| Idris | 55.4 | 45.7 | 28.9 | 11.1 | 2.8 | 2.5 | 1.3 | 3.0 | 2.5 | 43.2 | 52.9 | 58.4 | 307.7 |
| Sebha | 2.3 | 1.9 | 0.9 | 1.7 | 0.5 | 0.2 | T | T | 0.1 | 0.4 | 0.1 | T | 8.1 |
| Sirte | 22.1 | 27.9 | 18.8 | 3.5 | 2.8 | 0.5 | 0.0 | 0.5 | 31.3 | 7.6 | 40.3 | 43.7 | 199.0 |
| <i>Algeria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Beni Abbes | 0.2 | 0.2 | 6.1 | 11.2 | 8.0 | 2.7 | 0.0 | 0.4 | 1.7 | 6.6 | 4.2 | 4.5 | 45.8 |
| Biskra | 5.6 | 7.9 | 13.1 | 13.2 | 5.3 | 1.8 | 0.2 | 4.0 | 5.5 | 11.3 | 8.1 | 20.2 | 96.2 |
| Bouzareah | 111.0 | 79.0 | 60.0 | 46.0 | 31.0 | 4.0 | 4.0 | 4.0 | 36.0 | 76.0 | 93.0 | 148.0 | 694.0 |
| El Golea | 6.1 | 6.6 | 3.0 | 2.0 | 1.1 | 0.9 | 0.0 | 0.2 | 2.0 | 9.8 | 2.8 | 5.8 | 40.3 |
| Oran | 75.2 | 33.9 | 28.4 | 29.6 | 20.9 | 1.1 | 0.8 | 1.3 | 15.6 | 35.6 | 36.4 | 86.9 | 365.6 |
| Ouallen | 1.8 | 0.4 | 0.6 | 1.3 | 0.5 | 1.1 | 1.2 | 2.1 | 2.1 | 0.5 | 0.0 | 2.6 | 14.2 |
| <i>Morocco</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Casablanca | 65.9 | 52.0 | 37.0 | 45.0 | 20.1 | 1.6 | 0.1 | 1.1 | 6.6 | 27.8 | 44.5 | 75.8 | 377.4 |
| Marrakech | 32.6 | 27.4 | 33.5 | 44.0 | 20.7 | 7.0 | 3.3 | 2.4 | 14.9 | 12.1 | 25.0 | 32.3 | 255.3 |

Table 4 Rain days

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| S. Sebastian | 15 | 14 | 14 | 18 | 15 | 15 | 13 | 13 | 13 | 15 | 15 | 15 | 175 |
| Bilbao | 15 | 14 | 15 | 16 | 14 | 12 | 10 | 11 | 12 | 15 | 15 | 15 | 164 |
| Santander | 14 | 13 | 13 | 16 | 13 | 10 | 10 | 10 | 11 | 15 | 14 | 15 | 152 |
| Coruna | 12 | 12 | 13 | 13 | 11 | 8 | 6 | 7 | 8 | 14 | 14 | 14 | 131 |
| Santiago | 17 | 17 | 16 | 18 | 14 | 10 | 9 | 9 | 13 | 16 | 17 | 18 | 176 |
| Orense | 10 | 10 | 13 | 13 | 14 | 9 | 5 | 5 | 9 | 12 | 14 | 13 | 126 |
| Leon | 4 | 6 | 14 | 11 | 11 | 14 | 5 | 4 | 6 | 10 | 10 | 6 | 100 |
| Burgos | 9 | 8 | 10 | 12 | 11 | 8 | 4 | 4 | 7 | 10 | 10 | 9 | 103 |
| Pamplona | 11 | 10 | 12 | 14 | 11 | 10 | 6 | 5 | 9 | 12 | 13 | 11 | 123 |
| Jaca | 6 | 6 | 9 | 12 | 10 | 8 | 5 | 5 | 8 | 8 | 9 | 6 | 92 |
| Huesca | 6 | 6 | 7 | 8 | 8 | 6 | 4 | 4 | 6 | 7 | 7 | 5 | 74 |
| Lerida | 5 | 5 | 7 | 9 | 5 | 6 | 4 | 3 | 4 | 4 | 3 | 3 | 58 |
| Igalada | 4 | 5 | 5 | 8 | 6 | 5 | 3 | 4 | 6 | 3 | 4 | 4 | 57 |
| Barcelona | 5 | 4 | 6 | 7 | 8 | 5 | 4 | 5 | 7 | 6 | 4 | 5 | 66 |
| Zaragoza | 6 | 6 | 7 | 8 | 7 | 5 | 3 | 4 | 7 | 8 | 6 | 5 | 72 |
| Soria | 9 | 8 | 10 | 11 | 10 | 7 | 5 | 4 | 7 | 8 | 9 | 9 | 96 |
| Valladolid | 5 | 5 | 6 | 8 | 9 | 6 | 3 | 3 | 6 | 7 | 9 | 6 | 71 |
| Oporto | 12 | 12 | 11 | 13 | 10 | 6 | 3 | 5 | 7 | 11 | 12 | 12 | 113 |
| Guarda | 9 | 10 | 12 | 12 | 11 | 7 | 5 | 2 | 11 | 12 | 12 | 11 | 106 |
| Salamanca | 7 | 6 | 9 | 9 | 10 | 6 | 3 | 2 | 6 | 9 | 9 | 6 | 80 |
| Segovia | 10 | 10 | 11 | 13 | 12 | 7 | 4 | 3 | 7 | 11 | 11 | 10 | 109 |
| Madrid | 9 | 10 | 10 | 10 | 10 | 6 | 3 | 3 | 7 | 9 | 10 | 10 | 94 |
| Teruel | 4 | 4 | 6 | 9 | 8 | 7 | 3 | 4 | 5 | 6 | 5 | 4 | 65 |
| Valencia | 6 | 5 | 5 | 4 | 5 | 3 | 3 | 3 | 5 | 6 | 5 | 6 | 56 |
| Coimbra | 15 | 13 | 14 | 16 | 13 | 9 | 6 | 5 | 8 | 14 | 13 | 14 | 139 |
| Lissabon | 15 | 14 | 14 | 14 | 10 | 5 | 3 | 3 | 6 | 8 | 11 | 14 | 116 |
| Caceres | 8 | 8 | 12 | 12 | 9 | 5 | 1 | 2 | 5 | 6 | 9 | 8 | 84 |

continuation

Table 4 Rain days

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Ciudad Real | 11 | 10 | 12 | 11 | 9 | 5 | 2 | 2 | 6 | 8 | 10 | 14 | 98 |
| Albacete | 5 | 4 | 7 | 7 | 7 | 4 | 2 | 2 | 5 | 6 | 6 | 6 | 61 |
| Alicante | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 4 | 4 | 3 | 38 |
| Murcia | 6 | 5 | 7 | 6 | 6 | 4 | 2 | 1 | 5 | 6 | 6 | 6 | 59 |
| Cartagena | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 2 | 2 | 2 | 14 |
| Jaen | 8 | 7 | 11 | 10 | 8 | 4 | 1 | 1 | 6 | 7 | 8 | 8 | 79 |
| Granada | 9 | 8 | 11 | 10 | 10 | 4 | 1 | 2 | 5 | 8 | 8 | 8 | 84 |
| Sevilla | 8 | 8 | 10 | 7 | 7 | 2 | 9 | 0 | 1 | 3 | 7 | 8 | 67 |
| Badajoz | 7 | 7 | 8 | 8 | 7 | 3 | 1 | 1 | 3 | 6 | 7 | 7 | 66 |
| Evora | 10 | 10 | 12 | 9 | 9 | 5 | 1 | 1 | 5 | 9 | 12 | 13 | 92 |
| S. Fernando | 11 | 11 | 13 | 10 | 8 | 3 | 1 | 2 | 5 | 10 | 10 | 12 | 95 |
| Gibraltar | 10 | 11 | 11 | 9 | 6 | 2 | 1 | 1 | 4 | 8 | 11 | 11 | 84 |
| Malaga | 6 | 5 | 7 | 6 | 4 | 1 | 1 | 1 | 2 | 3 | 6 | 6 | 49 |
| Palma di Mallorca | 9 | 7 | 8 | 7 | 5 | 4 | 1 | 2 | 6 | 9 | 8 | 9 | 73 |
| La Vid | 5 | 6 | 8 | 9 | 9 | 6 | 3 | 2 | 5 | 7 | 8 | 7 | 75 |
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Puy de Dôme | 21 | 22 | 21 | 21 | 20 | 20 | 19 | 17 | 20 | 21 | 21 | 21 | 250 |
| Lyon | 11 | 12 | 13 | 13 | 14 | 12 | 11 | 10 | 11 | 14 | 14 | 14 | 148 |
| La Tronche | 11 | 11 | 12 | 15 | 15 | 13 | 11 | 11 | 11 | 13 | 13 | 12 | 147 |
| Bordeaux Floirac | 18 | 17 | 16 | 18 | 16 | 15 | 12 | 12 | 14 | 18 | 10 | 11 | 201 |
| Gap | 6 | 7 | 8 | 9 | 11 | 10 | 7 | 6 | 7 | 10 | 10 | 8 | 99 |
| Nizza | 6 | 6 | 7 | 7 | 8 | 7 | 4 | 4 | 6 | 10 | 8 | 8 | 81 |
| Toulouse | 10 | 10 | 11 | 13 | 10 | 10 | 8 | 8 | 8 | 10 | 11 | 12 | 121 |
| Draguignan | 7 | 6 | 7 | 9 | 8 | 5 | 3 | 4 | 6 | 9 | 9 | 6 | 79 |
| Marseille | 7 | 6 | 8 | 9 | 7 | 5 | 3 | 3 | 6 | 9 | 9 | 9 | 81 |
| Pic du Midi | 15 | 15 | 16 | 19 | 16 | 15 | 12 | 12 | 14 | 15 | 15 | 15 | 181 |
| Perpignan | 7 | 7 | 7 | 9 | 8 | 8 | 5 | 5 | 7 | 8 | 8 | 7 | 96 |

continuation

Table 4 Rain days

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Bari | 12 | 12 | 10 | 11 | 8 | 5 | 3 | 4 | 6 | 10 | 11 | 13 | 104 |
| Napoli | 12 | 12 | 12 | 13 | 9 | 6 | 3 | 4 | 8 | 13 | 13 | 14 | 116 |
| Sassari | 12 | 11 | 11 | 11 | 8 | 5 | 1 | 2 | 6 | 12 | 14 | 14 | 107 |
| Potenza | 9 | 10 | 10 | 12 | 10 | 8 | 4 | 5 | 7 | 11 | 10 | 12 | 106 |
| Gallipoli | 8 | 6 | 6 | 6 | 4 | 2 | 1 | 1 | 4 | 6 | 7 | 8 | 59 |
| Cagliari | 9 | 10 | 11 | 10 | 7 | 5 | 1 | 1 | 4 | 8 | 11 | 12 | 89 |
| Messina | 15 | 14 | 13 | 11 | 7 | 5 | 3 | 3 | 7 | 13 | 13 | 16 | 118 |
| Palermo | 15 | 14 | 12 | 11 | 7 | 4 | 2 | 2 | 6 | 12 | 13 | 15 | 113 |
| Caltanissetta | 10 | 11 | 8 | 8 | 5 | 2 | 1 | 2 | 4 | 8 | 9 | 11 | 80 |
| Siracusa | 11 | 10 | 8 | 6 | 5 | 2 | 1 | 2 | 5 | 9 | 10 | 12 | 79 |
| <i>Yugoslavia and Albania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Ckakaturn | 7 | 5 | 8 | 10 | 10 | 11 | 10 | 9 | 8 | 10 | 8 | 7 | 104 |
| Tuffer | 12 | 10 | 11 | 13 | 15 | 17 | 13 | 13 | 10 | 13 | 12 | 11 | 148 |
| Agram, Zagreb | 11 | 10 | 11 | 13 | 14 | 14 | 12 | 10 | 10 | 12 | 12 | 12 | 140 |
| Bihac | 10 | 7 | 10 | 11 | 11 | 11 | 8 | 8 | 9 | 11 | 11 | 10 | 117 |
| Belgrad | 12 | 13 | 15 | 14 | 15 | 16 | 12 | 10 | 12 | 12 | 12 | 13 | 156 |
| Kragujevac | 10 | 14 | 12 | 13 | 15 | 15 | 10 | 9 | 10 | 10 | 9 | 11 | 137 |
| Sarajewo | 12 | 11 | 12 | 13 | 15 | 15 | 11 | 11 | 11 | 13 | 14 | 13 | 151 |
| Usice | 10 | 12 | 12 | 13 | 15 | 15 | 10 | 9 | 8 | 10 | 10 | 10 | 134 |
| Mostar | 11 | 11 | 13 | 13 | 12 | 10 | 7 | 6 | 8 | 13 | 13 | 15 | 131 |
| Nish | 8 | 11 | 10 | 13 | 12 | 12 | 9 | 6 | 8 | 10 | 10 | 10 | 118 |
| Lesina | 11 | 11 | 10 | 10 | 9 | 6 | 5 | 4 | 7 | 10 | 11 | 13 | 104 |
| Skutari | 10 | 11 | 11 | 10 | 8 | 6 | 3 | 3 | 7 | 10 | 11 | 11 | 100 |
| Uskub | 6 | 5 | 5 | 6 | 8 | 7 | 5 | 4 | 4 | 6 | 5 | 6 | 68 |
| Durazzo | 10 | 10 | 12 | 8 | 7 | 5 | 2 | 4 | 4 | 10 | 14 | 12 | 97 |
| Monastir | 10 | 12 | 10 | 12 | 12 | 11 | 7 | 6 | 6 | 8 | 9 | 10 | 113 |
| Valona | 8 | 7 | 9 | 5 | 4 | 4 | 1 | 3 | 6 | 7 | 11 | 10 | 74 |

continuation

Table 4 Rain days

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Rumania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Czernowitz | 10 | 10 | 10 | 12 | 13 | 14 | 12 | 10 | 10 | 9 | 9 | 9 | 127 |
| Dorohoi | 8 | 7 | 10 | 10 | 12 | 13 | 12 | 10 | 9 | 8 | 8 | 8 | 115 |
| Dorna Watra | 13 | 12 | 13 | 12 | 16 | 21 | 15 | 12 | 9 | 11 | 12 | 12 | 157 |
| Jassy | 10 | 8 | 9 | 9 | 11 | 12 | 11 | 9 | 8 | 8 | 8 | 9 | 114 |
| Klausenburg | 9 | 7 | 9 | 10 | 14 | 14 | 13 | 11 | 9 | 8 | 8 | 9 | 120 |
| Vaslui | 9 | 8 | 8 | 7 | 10 | 11 | 9 | 8 | 7 | 6 | 8 | 8 | 98 |
| Hermannstadt | 8 | 8 | 10 | 12 | 15 | 16 | 13 | 10 | 10 | 9 | 8 | 8 | 126 |
| Temesvar | 12 | 12 | 13 | 14 | 12 | 13 | 11 | 9 | 9 | 11 | 11 | 14 | 140 |
| Focsani | 7 | 7 | 9 | 7 | 11 | 11 | 8 | 7 | 6 | 7 | 8 | 7 | 94 |
| Sinaia | 6 | 6 | 8 | 9 | 13 | 15 | 13 | 8 | 8 | 7 | 6 | 5 | 104 |
| Braila | 8 | 6 | 7 | 8 | 8 | 10 | 8 | 6 | 6 | 5 | 6 | 7 | 85 |
| Buzau | 6 | 6 | 8 | 8 | 10 | 12 | 9 | 6 | 7 | 6 | 7 | 5 | 88 |
| Sulina | 7 | 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 70 |
| Turnu Severin | 8 | 10 | 9 | 9 | 11 | 9 | 7 | 5 | 7 | 9 | 9 | 8 | 100 |
| Bucuresti | 9 | 8 | 10 | 10 | 13 | 13 | 10 | 7 | 8 | 8 | 10 | 9 | 113 |
| Striharet | 7 | 6 | 7 | 7 | 9 | 9 | 8 | 5 | 6 | 6 | 8 | 6 | 83 |
| Constanta | 7 | 7 | 7 | 6 | 7 | 8 | 6 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 | 75 |
| Giurgiu | 7 | 7 | 8 | 8 | 10 | 10 | 7 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 90 |
| Corabia | 7 | 6 | 8 | 8 | 9 | 8 | 7 | 5 | 5 | 6 | 8 | 6 | 84 |
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Orb. Tschiflik | 10 | 11 | 8 | 10 | 12 | 12 | 9 | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 | 108 |
| Pleven | 10 | 10 | 8 | 10 | 9 | 12 | 8 | 6 | 7 | 10 | 10 | 11 | 110 |
| Warna | 9 | 10 | 9 | 9 | 10 | 11 | 8 | 5 | 6 | 8 | 9 | 9 | 101 |
| Petrohan | 12 | 14 | 13 | 14 | 16 | 16 | 11 | 8 | 10 | 11 | 11 | 13 | 147 |
| Gabrowo | 11 | 12 | 11 | 12 | 15 | 14 | 10 | 8 | 7 | 10 | 10 | 11 | 130 |
| Sofia | 10 | 11 | 10 | 12 | 15 | 13 | 9 | 7 | 8 | 11 | 10 | 10 | 124 |

continuation

Table 4 Rain days

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Kazanlik | 9 | 10 | 9 | 11 | 14 | 13 | 9 | 8 | 7 | 8 | 9 | 9 | 115 |
| Burgas | 9 | 10 | 9 | 9 | 10 | 10 | 6 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 94 |
| Kustendil | 8 | 8 | 7 | 9 | 12 | 10 | 7 | 3 | 7 | 8 | 8 | 9 | 96 |
| Sitniakowo | 11 | 12 | 13 | 13 | 16 | 15 | 11 | 9 | 9 | 10 | 11 | 11 | 141 |
| Plovdiv | 7 | 7 | 7 | 8 | 10 | 10 | 6 | 5 | 5 | 7 | 8 | 8 | 86 |
| Petrirtsch | 8 | 7 | 7 | 7 | 7 | 5 | 4 | 3 | 3 | 8 | 7 | 7 | 72 |
| <i>Greece</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Kavalla | 6 | 11 | 8 | 6 | 6 | 7 | 4 | 4 | 5 | 3 | 8 | 9 | 76 |
| Saloniki | 6 | 6 | 7 | 7 | 6 | 6 | 4 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 70 |
| Larissa | 8 | 11 | 8 | 9 | 9 | 7 | 5 | 3 | 5 | 6 | 10 | 9 | 87 |
| Trikala | 12 | 13 | 11 | 11 | 9 | 8 | 5 | 3 | 7 | 9 | 11 | 11 | 108 |
| Corfu | 13 | 9 | 9 | 7 | 4 | 2 | 2 | 6 | 10 | 11 | 12 | 13 | 96 |
| Lamia | 11 | 11 | 8 | 7 | 7 | 5 | 3 | 3 | 6 | 7 | 9 | 11 | 87 |
| Patras | 13 | 14 | 11 | 11 | 9 | 6 | 2 | 3 | 6 | 10 | 13 | 14 | 110 |
| Argostoli | 10 | 11 | 8 | 5 | 4 | 2 | 1 | 1 | 3 | 6 | 10 | 12 | 72 |
| Athen | 12 | 11 | 10 | 8 | 7 | 5 | 2 | 3 | 4 | 8 | 12 | 12 | 93 |
| Andros | 12 | 12 | 9 | 5 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 75 |
| Zante | 13 | 14 | 10 | 7 | 6 | 3 | 1 | 2 | 5 | 8 | 13 | 15 | 96 |
| Nauplia | 9 | 10 | 8 | 6 | 6 | 3 | 2 | 2 | 3 | 7 | 9 | 10 | 72 |
| Tripolis | 15 | 12 | 11 | 10 | 10 | 9 | 4 | 3 | 6 | 8 | 12 | 14 | 112 |
| Naxos | 12 | 11 | 6 | 6 | 5 | 2 | 0 | 1 | 2 | 4 | 8 | 10 | 64 |
| Sparta | 11 | 10 | 9 | 6 | 8 | 4 | 2 | 2 | 5 | 6 | 10 | 11 | 82 |
| Kithera | 7 | 7 | 5 | 2 | 2 | 1 | 0 | 0 | 1 | 4 | 8 | 9 | 46 |
| Santorin | 11 | 11 | 7 | 4 | 2 | 1 | 0 | 0 | 2 | 4 | 9 | 10 | 60 |
| Kandia | 15 | 13 | 10 | 6 | 4 | 1 | 0 | 1 | 2 | 6 | 11 | 12 | 80 |

Table 5 Relative humidity

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| S. Sebastian | 74 | 72 | 70 | 71 | 71 | 75 | 74 | 75 | 73 | 72 | 74 | 75 | 73 |
| Bilbao | 77 | 73 | 72 | 71 | 69 | 69 | 69 | 70 | 70 | 74 | 78 | 78 | 72 |
| Sanander | 78 | 77 | 76 | 77 | 81 | 80 | 80 | 79 | 79 | 77 | 79 | 79 | 78 |
| Coruna | 88 | 85 | 84 | 84 | 83 | 85 | 85 | 85 | 84 | 85 | 86 | 88 | 85 |
| Santiago | 83 | 78 | 73 | 72 | 69 | 68 | 67 | 67 | 73 | 79 | 82 | 85 | 75 |
| Orense | 78 | 74 | 73 | 67 | 67 | 61 | 61 | 60 | 65 | 74 | 80 | 82 | 70 |
| Leon | 75 | 68 | 67 | 58 | 58 | 54 | 47 | 49 | 54 | 64 | 75 | 77 | 62 |
| Burgos | 84 | 78 | 73 | 68 | 67 | 65 | 61 | 60 | 67 | 77 | 81 | 85 | 72 |
| Pamplona | 81 | 74 | 69 | 66 | 62 | 62 | 59 | 57 | 62 | 70 | 78 | 80 | 68 |
| Jaca | 68 | 68 | 60 | 60 | 56 | 55 | 48 | 44 | 54 | 63 | 72 | 70 | 61 |
| Huesca | 70 | 68 | 66 | 65 | 64 | 61 | 59 | 60 | 65 | 69 | 73 | 70 | 66 |
| Lerida | 86 | 74 | 70 | 70 | 70 | 61 | 54 | 52 | 71 | 82 | 87 | 87 | 71 |
| Igalada | 88 | 85 | 80 | 78 | 71 | 70 | 68 | 72 | 77 | 82 | 85 | 87 | 79 |
| Barcelona | 69 | 68 | 68 | 67 | 67 | 67 | 67 | 68 | 70 | 70 | 70 | 69 | 68 |
| Zaragoza | 82 | 76 | 74 | 72 | 71 | 68 | 69 | 68 | 73 | 77 | 82 | 83 | 75 |
| Soria | 83 | 79 | 76 | 71 | 70 | 67 | 62 | 61 | 67 | 74 | 80 | 83 | 73 |
| Valladolid | 89 | 82 | 76 | 74 | 71 | 70 | 63 | 64 | 74 | 79 | 85 | 89 | 76 |
| Oporto | 78 | 75 | 71 | 73 | 72 | 71 | 72 | 71 | 71 | 74 | 77 | 76 | 73 |
| Salamanca | 85 | 82 | 75 | 72 | 69 | 65 | 59 | 59 | 67 | 76 | 81 | 85 | 73 |
| Avila | 75 | 71 | 67 | 64 | 57 | 49 | 42 | 42 | 53 | 64 | 74 | 75 | 61 |
| Segovia | 73 | 69 | 64 | 61 | 57 | 51 | 44 | 42 | 51 | 62 | 71 | 76 | 60 |
| Madrid | 80 | 72 | 65 | 61 | 60 | 50 | 40 | 42 | 56 | 69 | 78 | 81 | 63 |
| Teruel | 82 | 78 | 76 | 75 | 77 | 75 | 73 | 74 | 77 | 78 | 82 | 83 | 78 |
| Valencia | 69 | 68 | 66 | 65 | 66 | 64 | 64 | 65 | 67 | 67 | 69 | 70 | 67 |
| Coimbra | 76 | 74 | 71 | 72 | 70 | 69 | 68 | 68 | 70 | 75 | 77 | 77 | 72 |
| Lissabon | 77 | 72 | 67 | 64 | 60 | 58 | 57 | 62 | 67 | 64 | 73 | 75 | 67 |
| Campo Major | 75 | 71 | 65 | 59 | 55 | 48 | 40 | 40 | 52 | 63 | 74 | 79 | 60 |
| Caceres | 76 | 72 | 74 | 71 | 64 | 60 | 52 | 51 | 61 | 68 | 75 | 76 | 67 |

continuation

Table 5 Relative humidity

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Ciudad Real | 84 | 78 | 74 | 73 | 68 | 61 | 55 | 56 | 65 | 75 | 80 | 85 | 71 |
| Albacete | 77 | 68 | 63 | 55 | 53 | 47 | 36 | 38 | 51 | 62 | 74 | 79 | 59 |
| Alicante | 76 | 76 | 74 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 77 | 79 | 78 | 75 | 76 |
| Murcia | 73 | 70 | 67 | 62 | 61 | 58 | 58 | 61 | 67 | 69 | 73 | 74 | 66 |
| Cartagena | 73 | 73 | 72 | 68 | 70 | 69 | 68 | 68 | 71 | 70 | 73 | 73 | 71 |
| Jaen | 69 | 65 | 64 | 64 | 59 | 49 | 41 | 40 | 52 | 63 | 68 | 70 | 59 |
| Granada | 86 | 79 | 75 | 70 | 69 | 63 | 56 | 59 | 65 | 67 | 83 | 86 | 72 |
| Sevilla | 85 | 82 | 78 | 74 | 69 | 63 | 57 | 58 | 66 | 75 | 82 | 85 | 73 |
| Badajoz | 81 | 78 | 74 | 72 | 68 | 63 | 59 | 59 | 65 | 72 | 76 | 81 | 71 |
| Evora | 82 | 78 | 76 | 72 | 68 | 83 | 56 | 56 | 64 | 72 | 81 | 84 | 71 |
| S. Fernando | 78 | 77 | 76 | 74 | 72 | 67 | 67 | 67 | 72 | 75 | 78 | 80 | 74 |
| Gibraltar | 77 | 77 | 77 | 75 | 73 | 71 | 72 | 72 | 75 | 77 | 79 | 78 | 75 |
| Malaga | 70 | 69 | 68 | 64 | 63 | 60 | 62 | 63 | 65 | 67 | 69 | 70 | 66 |
| Palma di Mallorca | 80 | 78 | 76 | 74 | 73 | 72 | 70 | 71 | 75 | 77 | 79 | 80 | 75 |
| La Vid | 80 | 71 | 65 | 60 | 57 | 52 | 45 | 43 | 53 | 63 | 78 | 83 | 63 |
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Puy de Dôme | 85 | 86 | 88 | 87 | 86 | 85 | 84 | 83 | 84 | 87 | 84 | 85 | 85 |
| Lyon | 82 | 76 | 69 | 65 | 65 | 64 | 62 | 64 | 71 | 78 | 81 | 84 | 72 |
| La Tronche | 76 | 70 | 58 | 56 | 59 | 60 | 57 | 60 | 65 | 71 | 77 | 77 | 65 |
| Nizza | 64 | 65 | 66 | 67 | 69 | 70 | 66 | 66 | 68 | 73 | 71 | 65 | 67 |
| Montpellier | 82 | 76 | 70 | 67 | 62 | 58 | 55 | 57 | 66 | 71 | 80 | 80 | 69 |
| Toulouse | 90 | 85 | 80 | 78 | 77 | 75 | 70 | 72 | 75 | 84 | 88 | 90 | 80 |
| Marseille | 71 | 68 | 65 | 64 | 65 | 64 | 63 | 65 | 70 | 75 | 76 | 74 | 68 |
| Bagneres de Bigorre | 69 | 68 | 69 | 70 | 73 | 73 | 73 | 73 | 73 | 76 | 76 | 72 | 72 |
| Pic du Midi | 64 | 63 | 72 | 72 | 80 | 74 | 66 | 64 | 73 | 69 | 69 | 65 | 69 |
| Perpignan | 71 | 70 | 66 | 64 | 64 | 64 | 62 | 66 | 71 | 73 | 76 | 71 | 68 |

continuation

Table 5 Relative humidity

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-------------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Yugoslavia and Albania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Czakaithum | 87 | 82 | 75 | 69 | 69 | 70 | 68 | 73 | 77 | 82 | 85 | 87 | 77 |
| Agram, Zagreb | 83 | 77 | 70 | 66 | 67 | 68 | 66 | 68 | 73 | 78 | 81 | 84 | 73 |
| Bihac | 84 | 81 | 80 | 79 | 81 | 79 | 78 | 80 | 82 | 86 | 87 | 87 | 82 |
| Sarajevo | 81 | 76 | 71 | 71 | 75 | 75 | 75 | 75 | 76 | 80 | 81 | 83 | 76 |
| Mostar | 65 | 61 | 63 | 64 | 62 | 59 | 53 | 53 | 61 | 68 | 70 | 60 | 62 |
| Lesina | 66 | 65 | 66 | 67 | 68 | 66 | 62 | 61 | 67 | 72 | 69 | 70 | 67 |
| Skutari | 80 | 76 | 72 | 72 | 73 | 68 | 62 | 60 | 67 | 77 | 76 | 78 | 72 |
| Uskub | 89 | 82 | 68 | 62 | 60 | 57 | 51 | 52 | 58 | 74 | 83 | 89 | 69 |
| Durazzo | 77 | 74 | 73 | 72 | 73 | 71 | 68 | 71 | 73 | 78 | 79 | 80 | 74 |
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Bolzano | 82 | 72 | 66 | 61 | 65 | 66 | 66 | 69 | 73 | 80 | 83 | 80 | 72 |
| Belluno | 78 | 73 | 67 | 65 | 67 | 67 | 65 | 66 | 71 | 75 | 77 | 79 | 71 |
| Udine | 67 | 64 | 62 | 62 | 64 | 64 | 60 | 60 | 65 | 71 | 69 | 68 | 65 |
| Trieste | 69 | 70 | 67 | 63 | 65 | 64 | 62 | 62 | 65 | 71 | 69 | 71 | 66 |
| Vicenza | 80 | 74 | 70 | 68 | 66 | 64 | 60 | 62 | 69 | 77 | 80 | 80 | 71 |
| Torino | 82 | 75 | 65 | 62 | 63 | 60 | 58 | 63 | 68 | 76 | 80 | 81 | 69 |
| Milano | 85 | 77 | 66 | 61 | 60 | 58 | 55 | 59 | 66 | 76 | 82 | 85 | 69 |
| Bologna | 72 | 70 | 63 | 59 | 59 | 56 | 50 | 56 | 58 | 66 | 73 | 74 | 63 |
| Genova | 59 | 59 | 60 | 62 | 64 | 64 | 63 | 62 | 62 | 63 | 62 | 59 | 62 |
| Urbino | 84 | 79 | 73 | 69 | 65 | 62 | 56 | 61 | 68 | 76 | 82 | 82 | 71 |
| Firenze | 75 | 70 | 65 | 61 | 59 | 56 | 50 | 53 | 60 | 70 | 74 | 76 | 69 |
| Ancona | 79 | 76 | 71 | 68 | 66 | 62 | 57 | 59 | 64 | 72 | 76 | 77 | 69 |
| Livorno | 68 | 67 | 65 | 66 | 64 | 63 | 61 | 62 | 65 | 68 | 69 | 71 | 66 |
| Siena | 77 | 73 | 66 | 65 | 63 | 60 | 53 | 55 | 64 | 73 | 76 | 79 | 67 |
| Pelagosa | 74 | 78 | 72 | 77 | 77 | 78 | 73 | 74 | 74 | 74 | 80 | 72 | 75 |
| Aquila | 79 | 72 | 62 | 60 | 55 | 51 | 45 | 47 | 57 | 67 | 74 | 78 | 62 |

continuation

Table 5 Relative humidity

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Roma | 72 | 69 | 66 | 65 | 61 | 58 | 53 | 55 | 62 | 70 | 73 | 74 | 65 |
| Napoli | 71 | 71 | 69 | 69 | 67 | 66 | 63 | 64 | 68 | 73 | 73 | 73 | 69 |
| Sassari | 71 | 69 | 64 | 65 | 60 | 56 | 51 | 59 | 64 | 70 | 51 | 72 | 63 |
| Potenza | 79 | 75 | 68 | 65 | 62 | 56 | 48 | 48 | 59 | 69 | 76 | 78 | 65 |
| Messina | 69 | 68 | 65 | 63 | 64 | 62 | 59 | 60 | 64 | 69 | 71 | 71 | 65 |
| Palermo | 75 | 72 | 68 | 68 | 67 | 65 | 63 | 63 | 67 | 71 | 73 | 76 | 69 |
| Caltanissetta | 77 | 76 | 71 | 67 | 61 | 51 | 46 | 50 | 59 | 69 | 73 | 77 | 65 |
| Siracusa | 69 | 68 | 70 | 68 | 67 | 68 | 62 | 66 | 69 | 70 | 71 | 71 | 68 |
| <i>Romania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Czernowitz | 86 | 85 | 81 | 71 | 70 | 72 | 73 | 73 | 77 | 82 | 84 | 86 | 78 |
| Dorohoi | 83 | 81 | 79 | 67 | 65 | 68 | 68 | 67 | 72 | 79 | 83 | 80 | 75 |
| Jassi | 82 | 80 | 77 | 65 | 64 | 66 | 65 | 64 | 67 | 76 | 79 | 83 | 72 |
| Klausenburg | 89 | 85 | 76 | 68 | 69 | 72 | 72 | 73 | 76 | 80 | 84 | 89 | 78 |
| Vaslui | 86 | 84 | 79 | 72 | 64 | 65 | 63 | 63 | 68 | 77 | 81 | 88 | 74 |
| Hermannstadt | 90 | 86 | 79 | 73 | 73 | 74 | 73 | 76 | 78 | 81 | 85 | 89 | 80 |
| Temesvar | 87 | 84 | 77 | 73 | 73 | 74 | 70 | 70 | 76 | 82 | 84 | 89 | 78 |
| Focsani | 80 | 79 | 74 | 61 | 62 | 64 | 61 | 60 | 68 | 75 | 79 | 84 | 70 |
| Sinaia | 73 | 72 | 70 | 62 | 64 | 63 | 67 | 67 | 73 | 75 | 74 | 77 | 74 |
| Braila | 85 | 82 | 78 | 67 | 65 | 66 | 65 | 63 | 69 | 78 | 81 | 87 | 74 |
| Buzau | 80 | 78 | 74 | 62 | 61 | 60 | 58 | 58 | 63 | 72 | 77 | 83 | 69 |
| Sulina | 86 | 86 | 82 | 73 | 71 | 72 | 70 | 72 | 73 | 79 | 81 | 87 | 78 |
| Turnu Severin | 81 | 80 | 75 | 66 | 66 | 65 | 60 | 59 | 67 | 77 | 79 | 84 | 72 |
| Bucuresti | 84 | 79 | 72 | 59 | 58 | 60 | 54 | 53 | 60 | 71 | 78 | 86 | 68 |
| Strikaret | 81 | 78 | 73 | 64 | 65 | 64 | 61 | 58 | 64 | 72 | 79 | 84 | 70 |
| Constanta | 86 | 84 | 82 | 79 | 79 | 75 | 73 | 73 | 79 | 83 | 83 | 84 | 80 |
| Giurgiu | 86 | 83 | 77 | 68 | 66 | 66 | 61 | 61 | 68 | 76 | 82 | 87 | 73 |
| Corabia | 86 | 84 | 77 | 69 | 67 | 63 | 63 | 63 | 70 | 79 | 85 | 89 | 75 |

continuation

Table 5 Relative humidity

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Okt. | Nov. | Dec. | Year |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Obr. Tschiflik | 83 | 83 | 76 | 68 | 71 | 71 | 66 | 63 | 68 | 77 | 83 | 88 | 75 |
| Plewen | 82 | 80 | 73 | 65 | 67 | 66 | 61 | 59 | 66 | 77 | 82 | 86 | 72 |
| Warna | 79 | 78 | 77 | 74 | 76 | 75 | 71 | 69 | 72 | 77 | 77 | 81 | 76 |
| Gabrowo | 80 | 78 | 74 | 68 | 73 | 74 | 71 | 69 | 72 | 78 | 80 | 82 | 75 |
| Sofia | 82 | 79 | 72 | 65 | 67 | 68 | 64 | 62 | 68 | 77 | 80 | 84 | 72 |
| Kazanlik | 75 | 74 | 68 | 64 | 66 | 65 | 58 | 58 | 64 | 74 | 78 | 79 | 69 |
| Burgas | 81 | 81 | 81 | 79 | 79 | 78 | 74 | 73 | 76 | 80 | 81 | 84 | 79 |
| Plovdiv | 80 | 78 | 72 | 66 | 67 | 65 | 60 | 60 | 65 | 75 | 80 | 83 | 71 |
| <i>Greece</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Kavala | 84 | 85 | 83 | 83 | 81 | 79 | 75 | 75 | 78 | 82 | 84 | 85 | 81 |
| Saloniki | 71 | 69 | 67 | 65 | 64 | 59 | 54 | 56 | 62 | 71 | 72 | 74 | 65 |
| Larissa | 80 | 76 | 71 | 67 | 64 | 57 | 52 | 52 | 60 | 74 | 79 | 82 | 68 |
| Trikala | 80 | 77 | 72 | 67 | 63 | 56 | 49 | 49 | 58 | 73 | 79 | 81 | 67 |
| Corfu | 76 | 77 | 75 | 75 | 74 | 72 | 68 | 69 | 71 | 78 | 77 | 78 | 74 |
| Lamia | 71 | 68 | 65 | 62 | 56 | 51 | 46 | 47 | 55 | 66 | 71 | 73 | 61 |
| Patras | 75 | 74 | 72 | 71 | 70 | 68 | 62 | 61 | 65 | 71 | 74 | 77 | 70 |
| Argastoli | 78 | 78 | 76 | 75 | 73 | 71 | 68 | 71 | 72 | 76 | 79 | 81 | 75 |
| Athen | 75 | 73 | 70 | 65 | 60 | 54 | 47 | 46 | 55 | 66 | 74 | 75 | 63 |
| Andros | 75 | 73 | 71 | 68 | 64 | 61 | 60 | 61 | 64 | 70 | 75 | 77 | 68 |
| Zante | 77 | 78 | 76 | 75 | 72 | 71 | 66 | 65 | 69 | 76 | 77 | 79 | 73 |
| Nauplia | 73 | 71 | 69 | 68 | 65 | 60 | 55 | 56 | 61 | 69 | 73 | 75 | 66 |
| Tripolis | 79 | 76 | 72 | 66 | 62 | 58 | 49 | 50 | 57 | 68 | 77 | 81 | 65 |
| Naxos | 73 | 73 | 70 | 70 | 70 | 68 | 70 | 73 | 74 | 73 | 74 | 74 | 72 |
| Sparta | 73 | 71 | 67 | 63 | 59 | 53 | 46 | 47 | 55 | 66 | 74 | 77 | 63 |
| Kjthera | 70 | 71 | 70 | 67 | 62 | 61 | 53 | 52 | 56 | 65 | 71 | 71 | 64 |
| Santorin | 72 | 72 | 70 | 71 | 69 | 67 | 61 | 62 | 68 | 72 | 73 | 75 | 68 |
| Kandia | 70 | 69 | 66 | 64 | 64 | 60 | 60 | 61 | 64 | 67 | 69 | 73 | 66 |

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)*

continuation

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Spain</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Tefia | 6 | 6 | 9 | 9 | 9 | 10 | 10 | 12 | 10 | 9 | 9 | 6 | 105 |
| Tortosa | 4 | 4 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 9 | 6 | 5 | 4 | 83 |
| Valencia | 4 | 5 | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 10 | 9 | 7 | 6 | 5 | 84 |
| Valladolid | 2 | 3 | 5 | 6 | 9 | 12 | 16 | 16 | 11 | 6 | 3 | 2 | 91 |
| Zaragoza | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 12 | 15 | 15 | 10 | 6 | 4 | 3 | 91 |
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Ajaccio | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 12 | 10 | 7 | 5 | 4 | 87 |
| Auxerre | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 10 | 7 | 4 | 2 | 1 | 61 |
| Bagnères de Bigorre | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 9 | 7 | 4 | 3 | 2 | 61 |
| Bayonne | 3 | 3 | 5 | 5 | 6 | 7 | 10 | 9 | 9 | 8 | 8 | 3 | 76 |
| Belfort | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 8 | 8 | 6 | 3 | 2 | 1 | 51 |
| Bordeaux | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 10 | 8 | 5 | 3 | 2 | 69 |
| Brest St.Mathieu | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 3 | 2 | 2 | 37 |
| Briançon | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 8 | 5 | 4 | 2 | 2 | 52 |
| Caen | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 6 | 4 | 2 | 2 | 50 |
| Calais St.Ingl. | 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 1 | 32 |
| Carcassone | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | 13 | 12 | 10 | 6 | 3 | 2 | 79 |
| Cherbourg | 2 | 2 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 2 | 2 | 35 |
| Clermont-Ferrand | 2 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 10 | 10 | 8 | 5 | 3 | 2 | 69 |
| Dieppe | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 6 | 5 | 3 | 2 | 2 | 47 |
| Dijon | 2 | 2 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 9 | 7 | 4 | 2 | 2 | 61 |
| Grenoble | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 11 | 9 | 5 | 3 | 2 | 73 |
| La Rochelle | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 5 | 4 | 3 | 2 | 50 |
| Le Puy | 2 | 3 | 3 | 5 | 7 | 9 | 10 | 11 | 8 | 5 | 3 | 2 | 68 |
| Lille | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 8 | 6 | 3 | 2 | 1 | 49 |
| Limoges | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 | 10 | 10 | 8 | 4 | 3 | 2 | 67 |

continuation

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Lyon | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 11 | 11 | 8 | 4 | 2 | 2 | 70 |
| Marseille | 4 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 13 | 11 | 8 | 6 | 5 | 86 |
| Nancy | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 8 | 7 | 6 | 3 | 2 | 1 | 51 |
| Nantes | 2 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 9 | 7 | 4 | 2 | 2 | 59 |
| Nice | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 11 | 10 | 7 | 6 | 5 | 91 |
| Orléans | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 9 | 8 | 7 | 4 | 2 | 2 | 56 |
| Paris | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 9 | 8 | 6 | 3 | 2 | 1 | 55 |
| Pergignan | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 12 | 10 | 7 | 5 | 4 | 87 |
| Poitiers | 2 | 2 | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 9 | 7 | 4 | 2 | 2 | 60 |
| <i>Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Aricino | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 5 | 6 | 6 | 4 | 3 | 2 | 2 | 40 |
| Beja | 4 | 5 | 6 | 8 | 12 | 19 | 24 | 26 | 18 | 11 | 6 | 4 | 143 |
| Braganca | 1 | 2 | 3 | 4 | 6 | 10 | 12 | 13 | 9 | 4 | 3 | 2 | 69 |
| Cabo S. Vicente | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 4 | 4 | 48 |
| Campo Mayor | 4 | 5 | 7 | 9 | 13 | 19 | 26 | 26 | 19 | 12 | 6 | 4 | 150 |
| Castelo Branco | 3 | 4 | 6 | 8 | 11 | 18 | 24 | 25 | 17 | 9 | 5 | 4 | 134 |
| Coimbra | 4 | 4 | 6 | 7 | 8 | 10 | 12 | 13 | 11 | 8 | 5 | 4 | 92 |
| Evora | 3 | 3 | 4 | 6 | 7 | 12 | 15 | 16 | 12 | 7 | 4 | 3 | 92 |
| Faro | 4 | 5 | 6 | 6 | 8 | 10 | 13 | 13 | 10 | 8 | 6 | 5 | 94 |
| Funchal | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 7 | 6 | 81 |
| Horta | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 52 |
| Lagos | 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 9 | 11 | 12 | 10 | 6 | 5 | 4 | 82 |
| Lisboa | 3 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 | 10 | 11 | 9 | 6 | 4 | 3 | 74 |
| Moncorvo | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 18 | 22 | 23 | 16 | 9 | 5 | 3 | 129 |
| Montalegre | 2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 | 11 | 12 | 8 | 5 | 3 | 2 | 67 |
| Penhas Douradas | 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 8 | 10 | 10 | 7 | 4 | 2 | 2 | 56 |

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)* continuation

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Ponta Delgata | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 3 | 50 |
| Porto (Oporto) | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 6 | 4 | 4 | 63 |
| Porto Santo | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 57 |
| Santa Cruz | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 4 | 3 | 52 |
| Santarem | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 15 | 19 | 21 | 17 | 11 | 8 | 6 | 134 |
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Ancona | 2 | 3 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 10 | 7 | 4 | 3 | 3 | 64 |
| Bologna | 2 | 3 | 5 | 8 | 9 | 13 | 15 | 14 | 11 | 5 | 3 | 2 | 90 |
| Bolzano | 2 | 3 | 5 | 8 | 9 | 11 | 12 | 11 | 10 | 5 | 3 | 2 | 81 |
| Brindisi | 3 | 4 | 4 | 6 | 8 | 11 | 12 | 12 | 10 | 5 | 4 | 4 | 83 |
| Firenze | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 14 | 17 | 16 | 12 | 6 | 4 | 3 | 101 |
| Foggia | 4 | 4 | 6 | 8 | 12 | 17 | 20 | 21 | 15 | 7 | 5 | 4 | 123 |
| Genova | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 10 | 9 | 8 | 5 | 4 | 80 |
| Livorno | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 9 | 7 | 6 | 4 | 4 | 68 |
| Milano | 1 | 2 | 4 | 7 | 9 | 11 | 13 | 12 | 9 | 4 | 2 | 2 | 76 |
| Napoli | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 13 | 13 | 11 | 7 | 5 | 4 | 90 |
| Perugia | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 11 | 14 | 14 | 10 | 5 | 3 | 2 | 82 |
| Pescara | 3 | 3 | 4 | 4 | 7 | 9 | 12 | 12 | 9 | 5 | 4 | 3 | 75 |
| Potenza | 2 | 2 | 3 | 5 | 8 | 10 | 13 | 13 | 10 | 5 | 3 | 2 | 76 |
| Roma | 4 | 4 | 6 | 7 | 9 | 13 | 16 | 16 | 12 | 8 | 6 | 4 | 105 |
| San Remo | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 8 | 7 | 6 | 4 | 4 | 68 |
| Taranto | 4 | 4 | 5 | 8 | 11 | 14 | 17 | 17 | 13 | 7 | 5 | 4 | 109 |
| Torino | 2 | 2 | 4 | 5 | 8 | 11 | 14 | 13 | 9 | 4 | 3 | 2 | 77 |
| Udine | 3 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 12 | 12 | 10 | 6 | 4 | 3 | 85 |
| Venezia | 2 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 10 | 8 | 4 | 3 | 2 | 63 |
| Verona | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 | 11 | 12 | 12 | 9 | 5 | 3 | 2 | 78 |

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)* continuation

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Cagliari | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 14 | 13 | 10 | 8 | 6 | 5 | 94 |
| Messina | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 13 | 13 | 11 | 6 | 5 | 4 | 90 |
| Nuoro | 2 | 3 | 4 | 5 | 8 | 13 | 16 | 16 | 12 | 6 | 4 | 3 | 92 |
| Palermo | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 12 | 13 | 11 | 7 | 5 | 3 | 89 |
| Pantelleria | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 8 | 9 | 9 | 7 | 5 | 3 | 3 | 59 |
| Sassari | 4 | 3 | 5 | 6 | 8 | 11 | 13 | 14 | 11 | 7 | 5 | 4 | 91 |
| Siracusa | 4 | 5 | 5 | 6 | 8 | 11 | 13 | 13 | 10 | 7 | 6 | 5 | 93 |
| <i>Yugoslavia</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Beograd | 1 | 1 | 4 | 6 | 9 | 11 | 13 | 12 | 9 | 6 | 3 | 2 | 77 |
| Hvar | 2 | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 9 | 9 | 6 | 4 | 3 | 2 | 58 |
| Nis | 2 | 3 | 4 | 7 | 9 | 12 | 14 | 14 | 6 | 6 | 4 | 2 | 83 |
| Sarajevo | 2 | 3 | 4 | 6 | 8 | 9 | 11 | 12 | 9 | 4 | 2 | 3 | 73 |
| Senj | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 11 | 11 | 8 | 5 | 4 | 2 | 72 |
| Skopje | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 14 | 17 | 17 | 12 | 5 | 2 | 3 | 99 |
| Slavonski Brod | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 10 | 9 | 7 | 4 | 2 | 1 | 58 |
| Split | 3 | 3 | 4 | 6 | 8 | 14 | 15 | 15 | 11 | 6 | 4 | 3 | 92 |
| Zagreb | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 8 | 10 | 9 | 6 | 3 | 2 | 1 | 57 |
| <i>Rumania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Bucuresti | 1 | 1 | 2 | 6 | 7 | 12 | 15 | 15 | 10 | 6 | 3 | 1 | 79 |
| Cluj | 1 | 2 | 3 | 5 | 8 | 9 | 10 | 10 | 7 | 5 | 3 | 1 | 64 |
| Costanta | 1 | 1 | 2 | 3 | 5 | 6 | 7 | 7 | 5 | 3 | 2 | 1 | 43 |
| Georghieni | 1 | 1 | 2 | 3 | 7 | 8 | 9 | 8 | 7 | 4 | 2 | 1 | 53 |
| Paltinis | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2 | 2 | 1 | 32 |
| Sinaia | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 | 6 | 4 | 3 | 2 | 51 |

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)* continuation

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Pleven | 1 | 2 | 4 | 6 | 9 | 11 | 13 | 13 | 10 | 6 | 3 | 2 | 80 |
| Plovdiv (Philippop) | 1 | 2 | 4 | 7 | 10 | 13 | 15 | 15 | 11 | 7 | 3 | 2 | 90 |
| Sliven | 2 | 2 | 4 | 6 | 9 | 9 | 14 | 14 | 10 | 6 | 4 | 2 | 82 |
| Sofia | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 13 | 13 | 9 | 5 | 3 | 1 | 75 |
| Varna (Stalin) | 2 | 2 | 3 | 4 | 7 | 8 | 11 | 11 | 9 | 6 | 3 | 2 | 68 |
| <i>Greece</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Aighion | 3 | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 15 | 16 | 12 | 8 | 4 | 4 | 95 |
| Alexandroupolis | 3 | 3 | 3 | 6 | 8 | 11 | 16 | 16 | 9 | 6 | 4 | 3 | 88 |
| Andros | 2 | 3 | 4 | 5 | 8 | 10 | 11 | 11 | 8 | 6 | 4 | 3 | 75 |
| Anogheia (Creta) | 2 | 2 | 4 | 6 | 7 | 10 | 11 | 11 | 10 | 6 | 4 | 3 | 76 |
| Argostolion | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 | 13 | 13 | 11 | 7 | 5 | 3 | 87 |
| Arta | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 12 | 17 | 17 | 13 | 8 | 5 | 3 | 104 |
| Athinai (Athens) | 3 | 4 | 5 | 7 | 11 | 15 | 19 | 19 | 13 | 8 | 5 | 4 | 113 |
| Ioannina | 3 | 3 | 5 | 7 | 9 | 13 | 18 | 19 | 14 | 7 | 4 | 3 | 105 |
| Iraklion (Candia) | 4 | 4 | 6 | 8 | 8 | 10 | 11 | 11 | 10 | 8 | 6 | 5 | 91 |
| Kalamai (Calamata) | 4 | 4 | 5 | 6 | 9 | 11 | 15 | 14 | 11 | 8 | 6 | 3 | 96 |
| Kastron (Linnos) | 2 | 2 | 2 | 5 | 7 | 10 | 13 | 13 | 9 | 5 | 3 | 2 | 73 |
| Kerkira (Corfu) | 3 | 3 | 4 | 5 | 7 | 9 | 12 | 12 | 9 | 6 | 4 | 3 | 77 |
| Khalkis (Chalkis) | 2 | 4 | 5 | 8 | 11 | 15 | 18 | 17 | 9 | 6 | 4 | 4 | 103 |
| Khania (Canea) | 4 | 4 | 5 | 7 | 8 | 11 | 12 | 13 | 10 | 8 | 6 | 5 | 93 |
| Kithira (Cerigo) | 3 | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 13 | 14 | 9 | 6 | 4 | 3 | 81 |
| Kyparissia | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 12 | 11 | 10 | 8 | 5 | 4 | 87 |
| Lamia | 3 | 3 | 5 | 7 | 11 | 15 | 18 | 18 | 13 | 8 | 5 | 3 | 109 |
| Larissa | 3 | 3 | 5 | 8 | 10 | 15 | 18 | 19 | 13 | 7 | 4 | 2 | 107 |
| Mesolongui | 4 | 4 | 5 | 7 | 9 | 11 | 15 | 15 | 12 | 8 | 5 | 4 | 99 |
| Mitilini | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 12 | 14 | 14 | 10 | 6 | 4 | 2 | 84 |

continuation

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Greece</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Naxos | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 7 | 7 | 6 | 5 | 4 | 67 |
| Nauplion | 4 | 4 | 5 | 7 | 9 | 13 | 17 | 17 | 13 | 8 | 5 | 4 | 106 |
| Parrai (Patras) | 3 | 4 | 5 | 6 | 9 | 11 | 14 | 15 | 12 | 7 | 5 | 4 | 95 |
| Preveza | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 10 | 12 | 11 | 10 | 7 | 5 | 4 | 85 |
| Rodhos | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 11 | 11 | 10 | 8 | 6 | 5 | 86 |
| Sparta | 4 | 4 | 6 | 8 | 12 | 16 | 21 | 22 | 16 | 9 | 6 | 4 | 128 |
| Syros | 3 | 4 | 4 | 6 | 8 | 11 | 13 | 13 | 10 | 6 | 4 | 3 | 85 |
| Thera | 3 | 3 | 3 | 4 | 6 | 8 | 10 | 10 | 11 | 6 | 5 | 3 | 71 |
| Thessaloniki | 3 | 3 | 4 | 6 | 9 | 13 | 16 | 16 | 12 | 8 | 4 | 3 | 97 |
| Trikkala | 2 | 3 | 5 | 8 | 11 | 16 | 21 | 21 | 15 | 7 | 4 | 3 | 116 |
| Tripolis | 2 | 3 | 4 | 6 | 9 | 12 | 17 | 17 | 12 | 7 | 4 | 3 | 96 |
| Vathi | 3 | 4 | 4 | 5 | 9 | 12 | 14 | 14 | 11 | 7 | 5 | 4 | 92 |
| Volos | 3 | 3 | 4 | 6 | 7 | 10 | 13 | 13 | 10 | 7 | 4 | 3 | 83 |
| Zakynthos | 3 | 3 | 4 | 5 | 8 | 9 | 12 | 12 | 9 | 6 | 4 | 3 | 78 |
| <i>Libanon</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Beirut | 5 | 5 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 12 | 11 | 9 | 8 | 7 | 98 |
| Ksara | 3 | 4 | 6 | 9 | 12 | 16 | 18 | 20 | 17 | 13 | 7 | 4 | 129 |
| <i>Israel</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Acre | 5 | 6 | 6 | 9 | 12 | 12 | 12 | 13 | 12 | 13 | 10 | 6 | 116 |
| Afula | 5 | 6 | 7 | 11 | 15 | 17 | 18 | 18 | 16 | 16 | 14 | 6 | 149 |
| Beersheba | 6 | 7 | 8 | 11 | 17 | 19 | 19 | 19 | 16 | 15 | 11 | 6 | 154 |
| Beit Shean | 6 | 7 | 8 | 13 | 20 | 20 | 22 | 22 | 29 | 18 | 13 | 7 | 185 |
| Eilat | 9 | 11 | 13 | 19 | 25 | 31 | 33 | 33 | 26 | 21 | 14 | 11 | 246 |
| Haifa | 7 | 8 | 9 | 10 | 13 | 12 | 11 | 14 | 13 | 13 | 10 | 7 | 127 |
| Heftsibah Gilbos | 6 | 7 | 8 | 13 | 19 | 21 | 22 | 21 | 19 | 18 | 13 | 7 | 174 |

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)* continuation

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Israel</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Jenin | 5 | 5 | 7 | 10 | 16 | 17 | 18 | 17 | 16 | 15 | 10 | 6 | 142 |
| Jericho | 7 | 8 | 10 | 16 | 24 | 28 | 30 | 28 | 24 | 21 | 14 | 8 | 218 |
| Jerusalem | 4 | 4 | 7 | 10 | 14 | 16 | 16 | 15 | 14 | 13 | 8 | 4 | 125 |
| Lydda | 6 | 6 | 7 | 10 | 14 | 15 | 15 | 15 | 14 | 14 | 10 | 7 | 133 |
| Mishmar ha Emeq | 5 | 5 | 6 | 9 | 14 | 14 | 13 | 13 | 13 | 14 | 10 | 6 | 122 |
| Mt. Kenaan | 3 | 3 | 4 | 7 | 11 | 14 | 15 | 14 | 12 | 10 | 7 | 3 | 103 |
| Natanya | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 8 | 6 | 91 |
| Ramallah | 3 | 3 | 4 | 7 | 12 | 13 | 13 | 13 | 11 | 10 | 7 | 3 | 99 |
| Tabor | 5 | 5 | 7 | 6 | 16 | 17 | 18 | 18 | 16 | 16 | 7 | 6 | 137 |
| Tel Aviv | 6 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 10 | 12 | 11 | 8 | 6 | 98 |
| Tel Shalom | 5 | 6 | 6 | 9 | 12 | 12 | 12 | 13 | 12 | 13 | 10 | 6 | 116 |
| Tiberias | 6 | 6 | 7 | 12 | 18 | 20 | 22 | 20 | 21 | 15 | 11 | 6 | 164 |
| <i>Syria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Deir ez Zor | 3 | 4 | 8 | 12 | 21 | 28 | 34 | 33 | 26 | 16 | 9 | 5 | 199 |
| Es Sham | 3 | 4 | 7 | 12 | 17 | 22 | 26 | 29 | 22 | 14 | 8 | 4 | 168 |
| Halep | 3 | 4 | 7 | 11 | 16 | 23 | 26 | 26 | 21 | 12 | 7 | 4 | 160 |
| <i>Jordan</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Amman | 4 | 4 | 6 | 10 | 16 | 18 | 19 | 20 | 19 | 13 | 8 | 5 | 142 |
| <i>Turkey</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Adana | 5 | 5 | 7 | 9 | 12 | 15 | 16 | 17 | 17 | 14 | 10 | 6 | 133 |
| Afyon | 2 | 2 | 4 | 6 | 9 | 12 | 16 | 17 | 12 | 8 | 4 | 2 | 94 |
| Ankara | 2 | 2 | 4 | 7 | 10 | 12 | 17 | 19 | 13 | 9 | 5 | 2 | 102 |
| Antakya | 3 | 4 | 5 | 8 | 10 | 11 | 12 | 12 | 12 | 11 | 7 | 4 | 99 |
| Antalya | 5 | 5 | 6 | 7 | 9 | 13 | 17 | 16 | 14 | 11 | 8 | 5 | 116 |

continuation

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Turkey</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Aydin | 3 | 4 | 6 | 9 | 14 | 19 | 24 | 24 | 18 | 11 | 6 | 4 | 142 |
| Bolu | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 9 | 12 | 13 | 9 | 7 | 4 | 2 | 78 |
| Bodrum | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 14 | 19 | 18 | 14 | 9 | 6 | 4 | 113 |
| Burdur | 2 | 3 | 4 | 7 | 10 | 14 | 19 | 19 | 14 | 9 | 4 | 2 | 107 |
| Bursa | 3 | 3 | 4 | 7 | 8 | 12 | 15 | 15 | 12 | 8 | 5 | 3 | 95 |
| Canakkale | 2 | 2 | 3 | 5 | 7 | 11 | 14 | 14 | 10 | 7 | 4 | 2 | 81 |
| Colu | 1 | 2 | 3 | 5 | 7 | 10 | 12 | 12 | 9 | 6 | 3 | 2 | 72 |
| Corum | 2 | 2 | 4 | 7 | 9 | 12 | 15 | 16 | 12 | 9 | 4 | 2 | 94 |
| Diyarbakir | 2 | 3 | 5 | 8 | 13 | 21 | 31 | 31 | 23 | 13 | 6 | 3 | 159 |
| Dortyol | 5 | 5 | 7 | 8 | 11 | 11 | 12 | 13 | 14 | 13 | 9 | 6 | 114 |
| Edirne | 2 | 2 | 4 | 7 | 9 | 12 | 16 | 16 | 12 | 7 | 3 | 2 | 92 |
| Elazig | 2 | 2 | 3 | 7 | 11 | 18 | 16 | 23 | 17 | 9 | 4 | 2 | 114 |
| Erzincan | 2 | 2 | 3 | 6 | 10 | 13 | 18 | 20 | 15 | 8 | 4 | 2 | 103 |
| Erzurum | 1 | 1 | 2 | 4 | 7 | 9 | 13 | 15 | 11 | 6 | 3 | 1 | 73 |
| Eskisehir | 1 | 2 | 4 | 7 | 9 | 12 | 14 | 15 | 12 | 8 | 4 | 2 | 90 |
| Fethiye | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 14 | 19 | 18 | 15 | 10 | 7 | 5 | 122 |
| Gaziantep | 2 | 3 | 4 | 7 | 12 | 18 | 22 | 22 | 17 | 10 | 6 | 3 | 126 |
| Giresum | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 | 54 |
| Goztepe | 2 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 11 | 11 | 8 | 6 | 4 | 4 | 70 |
| Igdir | 1 | 2 | 3 | 7 | 10 | 14 | 18 | 19 | 14 | 7 | 4 | 2 | 101 |
| Isparta | 2 | 2 | 4 | 6 | 9 | 12 | 16 | 17 | 12 | 8 | 4 | 3 | 94 |
| Istanbul | 2 | 2 | 3 | 5 | 6 | 8 | 9 | 9 | 7 | 4 | 3 | 2 | 60 |
| Izmir | 4 | 4 | 6 | 8 | 11 | 15 | 18 | 18 | 14 | 9 | 7 | 4 | 118 |
| Karakoc | 1 | 1 | 1 | 3 | 7 | 10 | 14 | 17 | 12 | 6 | 3 | 1 | 76 |
| Kars | 1 | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 11 | 13 | 10 | 6 | 3 | 1 | 70 |
| Kastamonu | 2 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 13 | 13 | 10 | 7 | 3 | 2 | 80 |
| Kayseri | 2 | 2 | 4 | 6 | 9 | 13 | 17 | 17 | 13 | 8 | 5 | 2 | 98 |

continuation

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Tunisia</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Beja | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 18 | 23 | 22 | 17 | 9 | 6 | 4 | 132 |
| Bizerte | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 13 | 14 | 12 | 8 | 6 | 4 | 95 |
| Cabes | 6 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 13 | 14 | 13 | 11 | 8 | 6 | 114 |
| Gafsa | 5 | 6 | 9 | 12 | 16 | 21 | 28 | 27 | 20 | 12 | 7 | 5 | 168 |
| Kairouan | 6 | 7 | 8 | 10 | 14 | 20 | 25 | 24 | 19 | 12 | 9 | 6 | 160 |
| Kebili | 6 | 7 | 11 | 16 | 20 | 29 | 37 | 35 | 26 | 15 | 9 | 6 | 217 |
| Medenine | 4 | 6 | 9 | 11 | 16 | 22 | 26 | 25 | 21 | 13 | 8 | 6 | 163 |
| Remada | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 11 | 11 | 9 | 7 | 5 | 167 |
| Sfax | 5 | 5 | 6 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 12 | 9 | 7 | 5 | 95 |
| Thala | 5 | 5 | 6 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 12 | 9 | 7 | 5 | 98 |
| Tunisi | 3 | 4 | 6 | 8 | 12 | 17 | 23 | 21 | 16 | 9 | 5 | 4 | 128 |
| Sousse | 5 | 5 | 6 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 12 | 9 | 7 | 5 | 98 |
| <i>Algeria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Adrar | 10 | 12 | 16 | 24 | 30 | 42 | 48 | 44 | 35 | 21 | 15 | 10 | 307 |
| Ain Sefra | 4 | 6 | 10 | 12 | 16 | 25 | 31 | 27 | 22 | 12 | 7 | 5 | 175 |
| Algiers | 4 | 5 | 5 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 8 | 7 | 5 | 3 | 78 |
| Aoulef | 11 | 12 | 14 | 24 | 30 | 42 | 46 | 42 | 36 | 25 | 16 | 12 | 310 |
| Biskra | 6 | 7 | 9 | 13 | 18 | 26 | 36 | 33 | 22 | 13 | 8 | 6 | 197 |
| Boghari | 3 | 3 | 5 | 7 | 10 | 14 | 21 | 21 | 15 | 8 | 3 | 3 | 113 |
| Bone | 4 | 4 | 5 | 5 | 7 | 8 | 10 | 11 | 9 | 8 | 6 | 4 | 81 |
| Bou-Bernous | 10 | 13 | 18 | 27 | 33 | 45 | 51 | 47 | 36 | 23 | 14 | 10 | 327 |
| Cap Carbon | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 10 | 10 | 7 | 4 | 4 | 79 |
| Cap Tenes | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 10 | 10 | 8 | 7 | 5 | 4 | 74 |
| Colomb Bechar | 6 | 8 | 8 | 15 | 19 | 26 | 34 | 21 | 23 | 14 | 9 | 7 | 200 |
| Constantine | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 14 | 20 | 20 | 15 | 8 | 5 | 4 | 115 |
| Djanet | 9 | 11 | 19 | 21 | 27 | 31 | 30 | 29 | 26 | 21 | 15 | 10 | 249 |

continuation

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|--------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Algeria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Djelfa | 3 | 4 | 5 | 8 | 13 | 20 | 22 | 21 | 14 | 8 | 5 | 3 | 126 |
| El Golea | 7 | 9 | 13 | 18 | 22 | 32 | 37 | 36 | 29 | 18 | 11 | 7 | 239 |
| Fort de Polignac | 10 | 13 | 17 | 23 | 30 | 38 | 38 | 36 | 32 | 25 | 16 | 11 | 289 |
| Fort Flatters | 9 | 11 | 15 | 22 | 28 | 37 | 41 | 39 | 32 | 23 | 18 | 15 | 290 |
| Ghardaia | 6 | 7 | 10 | 15 | 21 | 30 | 39 | 36 | 24 | 14 | 8 | 6 | 216 |
| Insalah | 10 | 12 | 16 | 23 | 29 | 41 | 46 | 43 | 35 | 24 | 15 | 10 | 304 |
| Mecheria | 4 | 5 | 7 | 9 | 12 | 18 | 25 | 24 | 17 | 9 | 5 | 4 | 139 |
| Nemours | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 11 | 9 | 6 | 5 | 4 | 79 |
| Oran | 4 | 4 | 5 | 7 | 7 | 8 | 10 | 10 | 8 | 7 | 5 | 4 | 79 |
| Ouallene | 14 | 18 | 23 | 29 | 35 | 42 | 50 | 45 | 39 | 27 | 19 | 15 | 356 |
| Ouargla | 7 | 9 | 11 | 17 | 21 | 32 | 38 | 36 | 27 | 17 | 10 | 7 | 232 |
| Philippeville | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 8 | 6 | 4 | 3 | 69 |
| Reggan Zaq. R. | 11 | 13 | 18 | 26 | 33 | 47 | 57 | 50 | 39 | 24 | 15 | 11 | 341 |
| Setif | 3 | 4 | 5 | 7 | 10 | 15 | 22 | 22 | 14 | 8 | 5 | 3 | 118 |
| Tabelbala | 9 | 9 | 15 | 22 | 27 | 39 | 44 | 40 | 31 | 20 | 12 | 9 | 277 |
| Tamanrasset | 10 | 12 | 15 | 20 | 24 | 27 | 27 | 26 | 24 | 19 | 15 | 12 | 231 |
| Tebessa | 4 | 4 | 6 | 9 | 13 | 19 | 24 | 22 | 16 | 8 | 5 | 4 | 134 |
| Timimoun | 8 | 11 | 15 | 21 | 27 | 39 | 48 | 45 | 34 | 21 | 13 | 10 | 292 |
| Tindouf | 11 | 13 | 16 | 20 | 23 | 30 | 45 | 42 | 29 | 17 | 13 | 11 | 270 |
| Tin. Zouatene | 15 | 17 | 21 | 30 | 33 | 34 | 33 | 31 | 30 | 26 | 21 | 17 | 308 |
| Tlemcen | 3 | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 14 | 15 | 11 | 8 | 5 | 4 | 94 |
| Touggourt | 6 | 8 | 10 | 14 | 19 | 24 | 34 | 31 | 23 | 13 | 8 | 6 | 196 |
| <i>Egypt (UAR)</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Alexandria | 6 | 6 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 10 | 11 | 10 | 9 | 7 | 101 |
| Aswan | 12 | 14 | 20 | 30 | 34 | 39 | 35 | 35 | 32 | 27 | 19 | 13 | 310 |
| Asyut | 8 | 10 | 14 | 20 | 24 | 26 | 26 | 25 | 20 | 15 | 12 | 9 | 209 |

continuation

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|--------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Egypt (UAR)</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Baharia | 7 | 9 | 13 | 19 | 21 | 19 | 22 | 21 | 19 | 15 | 12 | 8 | 185 |
| Cairo/Helwan | 7 | 10 | 12 | 16 | 22 | 25 | 24 | 23 | 18 | 16 | 12 | 8 | 193 |
| Daedalus | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 10 | 12 | 9 | 7 | 7 | 7 | 97 |
| Dakhia Oasis | 10 | 12 | 17 | 23 | 30 | 33 | 33 | 32 | 27 | 22 | 16 | 11 | 266 |
| Gaza | 6 | 6 | 7 | 10 | 10 | 10 | 10 | 12 | 11 | 11 | 9 | 7 | 109 |
| Ismailia | 6 | 7 | 10 | 13 | 16 | 18 | 19 | 19 | 16 | 12 | 9 | 7 | 152 |
| Luxor | 11 | 14 | 19 | 26 | 34 | 37 | 38 | 36 | 32 | 26 | 18 | 13 | 304 |
| Mersa Matruh | 5 | 5 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 6 | 8 | 8 | 7 | 6 | 77 |
| Port Said | 6 | 6 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 11 | 11 | 11 | 8 | 6 | 102 |
| Quseir | 9 | 9 | 10 | 12 | 15 | 16 | 17 | 17 | 15 | 13 | 11 | 10 | 154 |
| Sollum | 3 | 4 | 6 | 10 | 10 | 12 | 13 | 12 | 11 | 10 | 7 | 4 | 102 |
| Siwa Oasis | 7 | 9 | 11 | 17 | 21 | 26 | 27 | 26 | 21 | 17 | 12 | 8 | 202 |
| Suez/Port Tewfik | 7 | 7 | 8 | 9 | 15 | 20 | 22 | 21 | 18 | 15 | 12 | 8 | 162 |
| Tor (El Tor) | 8 | 9 | 11 | 10 | 14 | 16 | 16 | 17 | 14 | 11 | 10 | 8 | 144 |
| <i>Libya</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Benghazi | 4 | 5 | 6 | 8 | 9 | 9 | 10 | 8 | 8 | 8 | 7 | 5 | 87 |
| Cirene | 3 | 3 | 5 | 8 | 9 | 11 | 10 | 10 | 10 | 9 | 6 | 2 | 86 |
| Cufra el Giof | 10 | 12 | 16 | 23 | 33 | 36 | 33 | 33 | 26 | 21 | 16 | 11 | 270 |
| Derna | 6 | 6 | 8 | 9 | 10 | 10 | 9 | 10 | 10 | 11 | 9 | 7 | 105 |
| Adem (El) | 6 | 6 | 8 | 10 | 12 | 13 | 14 | 14 | 14 | 11 | 9 | 7 | 124 |
| El Aghéia | 6 | 6 | 8 | 10 | 11 | 12 | 9 | 11 | 12 | 12 | 9 | 7 | 113 |
| Jaghibub | 8 | 10 | 13 | 18 | 24 | 30 | 31 | 28 | 24 | 17 | 12 | 9 | 224 |
| Jalo/Aujila | 8 | 10 | 13 | 18 | 23 | 27 | 26 | 25 | 23 | 19 | 13 | 9 | 214 |
| Jedabya | 6 | 8 | 12 | 16 | 19 | 20 | 20 | 21 | 20 | 16 | 12 | 8 | 178 |
| Marâda | 8 | 10 | 13 | 18 | 21 | 24 | 23 | 24 | 23 | 19 | 13 | 9 | 205 |
| Mektili | 6 | 8 | 10 | 16 | 18 | 22 | 25 | 25 | 18 | 16 | 10 | 7 | 181 |

continuation

Table 6 *Evapo-transpiration (cm)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Libya</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Tobruk | 5 | 5 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 8 | 7 | 6 | 86 |
| Gadâmes | 7 | 10 | 14 | 21 | 28 | 39 | 41 | 39 | 32 | 21 | 13 | 8 | 273 |
| Gat | 9 | 13 | 17 | 25 | 30 | 38 | 37 | 36 | 32 | 25 | 17 | 11 | 290 |
| Mürzuch | 9 | 12 | 16 | 25 | 34 | 38 | 37 | 37 | 33 | 24 | 16 | 9 | 290 |
| Sebha | 8 | 12 | 16 | 23 | 26 | 29 | 28 | 27 | 25 | 23 | 15 | 8 | 240 |
| Tegérthi | 9 | 13 | 18 | 25 | 38 | 47 | 43 | 40 | 36 | 28 | 16 | 9 | 322 |
| Béni Uliâ | 6 | 7 | 10 | 15 | 20 | 25 | 27 | 27 | 22 | 15 | 10 | 7 | 191 |
| El Azizia | 6 | 8 | 10 | 14 | 18 | 25 | 28 | 27 | 23 | 17 | 11 | 8 | 195 |
| El Ghéria | 7 | 10 | 13 | 19 | 21 | 26 | 28 | 26 | 24 | 16 | 11 | 7 | 208 |
| Humm | 8 | 12 | 15 | 20 | 23 | 29 | 29 | 29 | 27 | 20 | 14 | 10 | 236 |
| Idris (C. Benito) | 6 | 7 | 10 | 14 | 17 | 20 | 23 | 23 | 19 | 15 | 10 | 7 | 171 |
| Misurâta | 5 | 6 | 8 | 10 | 11 | 13 | 14 | 14 | 14 | 13 | 9 | 6 | 123 |
| Mizda | 7 | 8 | 11 | 15 | 20 | 26 | 29 | 28 | 23 | 15 | 11 | 7 | 200 |
| Nalbt | 5 | 6 | 9 | 12 | 16 | 22 | 25 | 24 | 19 | 13 | 9 | 5 | 165 |
| Sirte | 6 | 6 | 5 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 11 | 12 | 9 | 6 | 110 |
| Tripoli | 5 | 5 | 6 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 11 | 9 | 8 | 5 | 95 |
| Zélla | 8 | 10 | 15 | 19 | 24 | 31 | 29 | 29 | 26 | 22 | 14 | 9 | 236 |
| <i>Morocco</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Agadir | 7 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 9 | 9 | 9 | 8 | 8 | 7 | 93 |
| Ait Ourir | 5 | 6 | 9 | 11 | 14 | 19 | 27 | 27 | 19 | 12 | 8 | 6 | 163 |
| Averroes | 6 | 7 | 9 | 11 | 12 | 16 | 20 | 20 | 17 | 13 | 9 | 6 | 146 |
| Bouarfa | 5 | 6 | 8 | 12 | 16 | 24 | 31 | 30 | 21 | 12 | 8 | 5 | 178 |
| Casablanca | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 8 | 7 | 5 | 4 | 72 |
| Fez | 5 | 6 | 7 | 9 | 12 | 17 | 25 | 25 | 18 | 10 | 6 | 5 | 145 |
| Figuis | 7 | 9 | 13 | 17 | 23 | 31 | 42 | 39 | 27 | 16 | 11 | 7 | 242 |
| Goulimine | 8 | 8 | 10 | 12 | 13 | 14 | 21 | 22 | 18 | 16 | 12 | 8 | 162 |

continuation

Table 6 Evapo-transpiration (cm)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Morocco</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Ifrane | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 12 | 19 | 18 | 12 | 6 | 5 | 3 | 100 |
| Irherm. | 4 | 4 | 5 | 7 | 10 | 15 | 21 | 21 | 15 | 9 | 6 | 4 | 121 |
| Marrakeh | 6 | 7 | 10 | 12 | 15 | 21 | 29 | 28 | 20 | 13 | 9 | 6 | 176 |
| Midelt | 4 | 5 | 6 | 8 | 11 | 15 | 22 | 22 | 16 | 9 | 6 | 5 | 129 |
| Mogador | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 46 |
| Ouarzazate | 8 | 9 | 11 | 15 | 20 | 29 | 35 | 33 | 24 | 14 | 10 | 7 | 215 |
| Rabat | 5 | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 10 | 10 | 10 | 9 | 7 | 6 | 88 |
| Safi | 5 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 12 | 12 | 10 | 8 | 6 | 5 | 93 |
| Larache | 5 | 6 | 8 | 9 | 10 | 14 | 16 | 17 | 15 | 11 | 8 | 6 | 125 |
| Liano | 3 | 3 | 4 | 6 | 7 | 9 | 11 | 11 | 8 | 5 | 3 | 3 | 73 |
| Melilla | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 9 | 9 | 8 | 5 | 4 | 3 | 66 |
| Puerto | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 9 | 10 | 11 | 9 | 7 | 5 | 6 | 84 |
| <i>Saudi Arabia</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Hail | 7 | 8 | 13 | 17 | 17 | 34 | 34 | 36 | 23 | 18 | 11 | 7 | 225 |
| Jidda | 12 | 12 | 13 | 16 | 18 | 19 | 20 | 20 | 17 | 16 | 14 | 13 | 190 |
| Riyadh | 9 | 10 | 14 | 19 | 29 | 38 | 38 | 38 | 32 | 23 | 16 | 9 | 275 |

Table 7 Cloudiness-Nebulosity (in tenth of sky covered)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| S. Sebastian | 7.0 | 7.0 | 6.6 | 7.1 | 6.6 | 6.7 | 5.9 | 5.6 | 5.9 | 6.4 | 6.8 | 7.1 | 6.6 |
| Bilbao | 6.4 | 6.2 | 6.5 | 6.6 | 6.2 | 6.2 | 5.5 | 5.2 | 5.4 | 6.0 | 6.5 | 6.8 | 6.1 |
| Santander | 6.2 | 6.0 | 6.0 | 6.3 | 5.7 | 5.3 | 5.1 | 5.1 | 5.0 | 6.1 | 6.2 | 6.1 | 5.8 |
| Coruna | 5.8 | 5.8 | 5.6 | 5.4 | 5.2 | 5.2 | 4.4 | 4.3 | 4.9 | 5.6 | 6.0 | 6.3 | 5.4 |
| Orenze | 5.9 | 5.4 | 5.7 | 5.5 | 5.5 | 4.8 | 3.9 | 3.7 | 4.5 | 5.8 | 6.4 | 7.0 | 5.3 |
| Burgos | 6.0 | 5.7 | 5.4 | 5.3 | 5.1 | 4.2 | 2.7 | 2.7 | 4.0 | 5.4 | 6.0 | 6.8 | 4.9 |
| Pamplona | 7.0 | 7.1 | 7.1 | 7.6 | 7.4 | 6.7 | 5.3 | 4.8 | 6.0 | 6.9 | 7.6 | 6.7 | 6.7 |
| Huesca | 4.6 | 4.1 | 4.1 | 4.3 | 4.3 | 3.5 | 2.3 | 2.3 | 3.4 | 4.1 | 4.4 | 5.2 | 3.8 |
| Barcelona | 4.8 | 4.8 | 5.2 | 5.5 | 5.2 | 5.3 | 3.7 | 4.0 | 5.1 | 5.4 | 5.2 | 4.9 | 4.8 |
| Soria | 5.6 | 5.6 | 5.5 | 5.8 | 5.6 | 4.6 | 3.0 | 2.1 | 4.6 | 5.5 | 5.9 | 6.3 | 5.2 |
| Valladolid | 6.7 | 5.9 | 5.7 | 5.7 | 5.8 | 4.8 | 3.4 | 3.2 | 4.9 | 5.7 | 6.2 | 7.2 | 5.4 |
| Oporto | 5.4 | 5.5 | 5.5 | 5.2 | 5.2 | 4.7 | 3.5 | 3.4 | 4.5 | 5.5 | 5.7 | 5.8 | 5.0 |
| Guarda | 6.1 | 6.1 | 6.1 | 6.3 | 5.9 | 4.6 | 2.8 | 2.8 | 4.8 | 6.0 | 6.3 | 6.3 | 5.4 |
| Salamanca | 5.4 | 5.1 | 5.2 | 5.4 | 4.9 | 3.9 | 2.3 | 2.1 | 4.0 | 4.8 | 5.6 | 6.0 | 4.6 |
| Avila | 4.5 | 4.2 | 4.4 | 4.5 | 3.8 | 3.1 | 1.3 | 1.3 | 3.2 | 4.0 | 4.9 | 4.7 | 3.7 |
| Segovia | 5.6 | 5.5 | 5.9 | 5.8 | 4.9 | 3.8 | 1.7 | 1.7 | 4.1 | 5.0 | 6.1 | 6.4 | 4.7 |
| Madrid | 4.8 | 4.6 | 4.6 | 4.9 | 4.7 | 3.7 | 2.1 | 2.2 | 3.9 | 4.7 | 5.1 | 5.2 | 4.2 |
| Teruel | 4.4 | 4.6 | 4.7 | 5.2 | 5.1 | 4.4 | 2.6 | 2.7 | 4.2 | 4.5 | 5.0 | 5.0 | 4.4 |
| Valencia | 3.8 | 3.7 | 3.9 | 4.1 | 3.9 | 3.0 | 2.5 | 2.9 | 3.8 | 3.9 | 4.2 | 4.0 | 3.6 |
| Coimbra | 5.7 | 5.8 | 6.0 | 6.1 | 5.8 | 5.0 | 3.8 | 3.7 | 5.0 | 5.7 | 5.8 | 5.8 | 5.4 |
| Lissabon | 5.1 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.4 | 3.4 | 2.1 | 2.0 | 3.6 | 4.8 | 5.2 | 5.3 | 4.2 |
| Campomajoro | 5.1 | 5.1 | 5.1 | 4.9 | 4.9 | 3.6 | 1.9 | 2.1 | 4.1 | 4.8 | 5.0 | 5.3 | 4.3 |
| Albacete | 4.9 | 4.7 | 5.4 | 5.2 | 5.1 | 3.7 | 2.0 | 2.2 | 4.2 | 5.0 | 5.0 | 5.1 | 4.4 |
| Alicante | 3.5 | 3.4 | 3.8 | 3.6 | 3.1 | 2.4 | 1.7 | 2.0 | 3.2 | 3.7 | 3.7 | 3.7 | 3.2 |
| Murcia | 4.6 | 4.4 | 5.1 | 4.7 | 4.7 | 3.4 | 2.3 | 2.6 | 4.2 | 4.9 | 5.0 | 4.7 | 4.2 |
| Cartagena | 3.7 | 3.4 | 4.2 | 3.2 | 2.3 | 1.5 | 1.2 | 1.3 | 3.0 | 3.6 | 3.7 | 3.2 | 2.9 |
| Jacn | 3.7 | 4.0 | 4.6 | 4.7 | 4.1 | 2.6 | 1.2 | 1.6 | 3.2 | 4.0 | 4.3 | 4.3 | 3.5 |

continuation

Table 7 *Cloudiness-Nebulosity (in tenths of sky covered)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|---------------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Spain and Portugal</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Granada | 4.1 | 4.6 | 5.2 | 4.9 | 4.4 | 2.9 | 1.5 | 1.7 | 3.6 | 4.5 | 4.6 | 4.6 | 3.9 |
| Sevilla | 3.6 | 3.8 | 4.1 | 3.9 | 3.3 | 2.0 | 0.8 | 0.9 | 2.3 | 3.6 | 4.0 | 3.9 | 3.0 |
| Badajoz | 4.9 | 5.2 | 5.3 | 5.4 | 4.4 | 3.4 | 1.6 | 1.9 | 3.6 | 4.9 | 5.1 | 5.4 | 4.3 |
| Evora | 5.1 | 5.3 | 5.8 | 5.9 | 5.3 | 3.9 | 1.9 | 2.0 | 4.1 | 5.1 | 5.4 | 5.4 | 4.6 |
| Gibraltar | 4.5 | 4.9 | 4.9 | 4.0 | 3.8 | 2.7 | 2.2 | 2.6 | 4.0 | 4.4 | 4.9 | 4.3 | 3.9 |
| Malaga | 3.9 | 3.8 | 4.6 | 4.2 | 3.4 | 1.8 | 0.8 | 1.3 | 2.9 | 3.8 | 4.1 | 4.1 | 3.2 |
| Palma di Mallorca | 4.4 | 4.3 | 4.3 | 3.9 | 3.3 | 2.2 | 1.7 | 1.8 | 3.3 | 4.2 | 4.5 | 4.5 | 3.5 |
| La Vid | 5.9 | 5.7 | 5.9 | 6.0 | 5.5 | 4.8 | 3.1 | 3.0 | 4.8 | 5.6 | 6.0 | 6.7 | 5.2 |
| <i>France</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Puy de Dôme | 6.4 | 6.7 | 6.9 | 7.3 | 7.0 | 6.9 | 6.4 | 5.9 | 6.3 | 6.6 | 6.8 | 6.7 | 6.7 |
| Lyon | 7.1 | 6.3 | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.4 | 4.7 | 4.4 | 4.7 | 5.9 | 7.1 | 7.1 | 5.9 |
| La Tronche (Gren.) | 6.0 | 5.4 | 5.2 | 5.8 | 5.8 | 5.3 | 4.4 | 4.0 | 4.3 | 5.7 | 6.3 | 5.7 | 5.3 |
| Nizza | 4.4 | 3.8 | 4.8 | 5.5 | 6.0 | 4.7 | 3.2 | 3.1 | 3.7 | 5.7 | 4.1 | 4.8 | 4.5 |
| Toulouse | 6.8 | 6.2 | 6.7 | 6.4 | 6.0 | 5.7 | 4.9 | 4.4 | 4.9 | 5.7 | 6.7 | 7.1 | 5.9 |
| St. Martin de Hinx | 6.1 | 6.0 | 6.0 | 6.8 | 5.7 | 6.1 | 5.5 | 5.0 | 5.5 | 6.0 | 6.2 | 6.3 | 5.9 |
| Marseille | 4.7 | 4.7 | 4.8 | 5.0 | 4.8 | 4.0 | 2.8 | 3.0 | 3.9 | 4.8 | 5.1 | 4.8 | 4.4 |
| Bagnères de Bigore | 5.4 | 5.8 | 6.4 | 6.8 | 7.2 | 6.4 | 6.1 | 5.6 | 5.7 | 5.9 | 6.2 | 6.0 | 6.1 |
| Pic du Midi | 5.3 | 5.1 | 5.8 | 6.1 | 6.7 | 5.7 | 4.2 | 4.3 | 5.3 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.4 |
| Perpignan | 5.0 | 5.0 | 5.1 | 5.6 | 5.4 | 4.9 | 4.0 | 4.0 | 4.8 | 5.3 | 5.5 | 5.4 | 5.0 |
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Auronzo | 3.7 | 4.3 | 4.7 | 5.3 | 6.0 | 5.7 | 4.9 | 4.2 | 4.1 | 4.7 | 4.4 | 4.1 | 4.7 |
| Bolzano | 3.6 | 3.5 | 4.4 | 5.2 | 5.4 | 5.1 | 4.1 | 3.9 | 4.3 | 4.9 | 4.4 | 3.7 | 4.4 |
| Sondrio | 3.4 | 3.7 | 4.4 | 4.7 | 5.0 | 4.2 | 3.6 | 3.6 | 4.1 | 4.8 | 4.6 | 3.8 | 4.2 |
| Belluno | 5.0 | 5.5 | 6.2 | 6.7 | 7.2 | 7.0 | 6.1 | 5.5 | 5.8 | 6.2 | 5.8 | 5.4 | 6.0 |
| Domodossola | 4.0 | 4.0 | 5.0 | 5.4 | 5.7 | 5.4 | 4.3 | 4.4 | 4.8 | 5.5 | 5.0 | 4.4 | 4.8 |

Table 7 *Cloudiness-Nebulosity (in tenth of sky covered)*

continuation

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|--------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Udine | 5.1 | 5.3 | 5.9 | 6.2 | 6.2 | 5.7 | 4.6 | 4.1 | 4.6 | 5.6 | 5.3 | 5.6 | 5.3 |
| Trieste | 5.9 | 5.4 | 5.5 | 5.8 | 5.6 | 5.2 | 3.9 | 3.7 | 4.2 | 5.7 | 6.0 | 5.9 | 5.2 |
| Vicenza | 4.9 | 4.7 | 5.0 | 5.0 | 5.0 | 4.5 | 3.4 | 3.2 | 3.8 | 5.1 | 5.3 | 5.3 | 4.6 |
| Venezia | 6.2 | 5.9 | 6.2 | 5.9 | 5.9 | 5.4 | 4.7 | 4.1 | 5.0 | 6.3 | 6.5 | 6.7 | 5.7 |
| Mantova | 5.5 | 4.2 | 4.2 | 3.5 | 4.0 | 3.3 | 2.2 | 2.1 | 3.3 | 4.5 | 5.6 | 5.8 | 4.0 |
| Torino | 4.8 | 4.2 | 4.8 | 5.1 | 5.4 | 5.1 | 4.0 | 3.8 | 4.5 | 5.7 | 5.9 | 5.2 | 4.9 |
| Milano | 6.4 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 5.8 | 5.2 | 4.3 | 4.4 | 4.9 | 6.3 | 7.1 | 6.6 | 5.7 |
| Piacenza | 6.0 | 4.9 | 4.8 | 4.9 | 5.0 | 4.1 | 3.0 | 2.8 | 3.9 | 5.7 | 6.6 | 6.3 | 4.8 |
| Bologna | 5.7 | 4.8 | 5.0 | 4.9 | 4.7 | 4.0 | 3.0 | 2.6 | 3.7 | 5.2 | 6.1 | 6.1 | 4.6 |
| Genova | 5.4 | 5.0 | 5.5 | 5.7 | 5.8 | 5.3 | 4.0 | 3.8 | 4.4 | 5.7 | 5.5 | 5.3 | 5.1 |
| Urbino | 6.2 | 5.8 | 5.8 | 5.6 | 5.4 | 4.1 | 3.0 | 3.0 | 4.3 | 6.1 | 6.8 | 6.7 | 5.2 |
| Cuneo | 3.9 | 3.6 | 4.7 | 5.1 | 5.2 | 4.5 | 4.0 | 4.1 | 4.9 | 5.6 | 5.0 | 4.1 | 4.6 |
| Firenze | 5.5 | 5.3 | 5.6 | 5.5 | 5.2 | 4.3 | 2.9 | 2.5 | 3.6 | 5.3 | 5.5 | 6.0 | 4.8 |
| Ancona | 7.6 | 6.9 | 6.3 | 6.0 | 5.9 | 5.1 | 3.9 | 3.7 | 5.0 | 6.5 | 7.4 | 7.5 | 6.0 |
| Livorno | 5.5 | 5.3 | 5.6 | 5.3 | 5.2 | 4.5 | 3.1 | 2.9 | 4.1 | 5.2 | 5.5 | 5.9 | 4.8 |
| Siena | 5.2 | 5.1 | 5.3 | 5.1 | 4.7 | 3.6 | 2.3 | 2.2 | 3.4 | 4.7 | 5.1 | 5.7 | 4.4 |
| Perugia | 5.9 | 5.7 | 6.0 | 5.9 | 5.6 | 4.8 | 3.4 | 3.1 | 4.2 | 5.5 | 5.8 | 6.2 | 5.2 |
| Pelagosa | 6.0 | 5.9 | 5.4 | 5.0 | 4.5 | 3.8 | 2.5 | 2.2 | 3.2 | 5.1 | 5.6 | 5.8 | 4.6 |
| Chieti | 5.0 | 5.1 | 4.6 | 4.7 | 4.4 | 4.0 | 2.6 | 2.4 | 3.6 | 4.6 | 5.6 | 5.5 | 4.3 |
| Aquila | 5.8 | 5.4 | 5.5 | 5.6 | 5.4 | 4.5 | 2.9 | 2.6 | 3.8 | 5.4 | 5.9 | 6.3 | 4.9 |
| Roma | 5.5 | 5.6 | 5.5 | 5.6 | 5.3 | 4.1 | 2.3 | 2.2 | 3.8 | 5.2 | 5.3 | 5.8 | 4.7 |
| Agnone | 5.6 | 5.3 | 4.8 | 5.4 | 4.8 | 4.2 | 2.8 | 2.7 | 3.6 | 5.4 | 5.9 | 6.1 | 4.7 |
| Foggia | 6.2 | 6.3 | 5.4 | 5.6 | 4.8 | 4.2 | 2.6 | 2.9 | 3.3 | 5.6 | 6.2 | 6.7 | 4.9 |
| Bari | 6.0 | 5.8 | 5.3 | 4.9 | 4.2 | 3.8 | 1.7 | 2.0 | 3.2 | 4.8 | 5.8 | 6.1 | 4.5 |
| Napoli | 4.8 | 5.0 | 5.0 | 4.9 | 4.2 | 3.2 | 1.9 | 1.6 | 2.8 | 4.3 | 4.9 | 5.2 | 4.0 |
| Sassari | 6.2 | 6.0 | 6.1 | 5.6 | 5.3 | 4.2 | 2.6 | 2.6 | 4.3 | 5.7 | 5.9 | 6.5 | 5.1 |
| Potenza | 7.0 | 6.5 | 6.4 | 6.4 | 5.8 | 4.8 | 3.0 | 3.0 | 4.2 | 5.8 | 6.6 | 7.2 | 5.6 |

continuation

Table 7 *Cloudiness-Nebulosity (in tenths of sky covered)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Italy</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Gallipoli | 5.1 | 5.2 | 4.7 | 4.7 | 3.9 | 2.8 | 1.4 | 1.4 | 3.0 | 4.5 | 4.9 | 5.8 | 3.9 |
| Cagliari | 5.3 | 5.5 | 5.3 | 4.9 | 4.1 | 2.7 | 1.3 | 1.0 | 3.3 | 4.7 | 5.3 | 5.5 | 4.1 |
| Messina | 6.1 | 6.0 | 5.4 | 5.2 | 4.3 | 3.0 | 2.8 | 2.1 | 3.4 | 4.9 | 5.6 | 6.4 | 4.6 |
| Palermo | 6.2 | 6.3 | 5.5 | 5.3 | 4.6 | 3.2 | 1.5 | 1.6 | 3.4 | 5.2 | 5.6 | 6.5 | 4.6 |
| Caltanissetta | 5.6 | 5.6 | 4.5 | 4.0 | 2.8 | 1.6 | 0.6 | 0.8 | 2.5 | 3.5 | 5.3 | 6.2 | 3.6 |
| Siracusa | 6.0 | 6.0 | 5.6 | 5.6 | 4.9 | 3.4 | 1.8 | 2.2 | 4.2 | 5.7 | 6.0 | 6.4 | 4.8 |
| <i>Bulgaria</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Obr Tschiflik | 6.5 | 6.5 | 6.0 | 5.4 | 5.3 | 4.8 | 3.8 | 3.1 | 3.6 | 5.3 | 6.7 | 7.2 | 5.4 |
| Plewen | 6.4 | 6.6 | 6.0 | 5.3 | 5.2 | 4.4 | 3.6 | 2.9 | 3.8 | 5.3 | 6.7 | 7.2 | 5.3 |
| Warna | 6.4 | 6.7 | 6.7 | 5.4 | 5.5 | 4.7 | 3.1 | 2.6 | 3.8 | 5.4 | 6.6 | 6.9 | 5.3 |
| Petrohan | 5.9 | 7.0 | 6.8 | 6.4 | 6.0 | 5.8 | 4.4 | 3.5 | 4.8 | 6.1 | 6.9 | 7.2 | 5.9 |
| Gabrowo | 6.3 | 6.7 | 6.3 | 6.0 | 5.9 | 5.5 | 4.2 | 3.5 | 4.1 | 5.4 | 6.6 | 6.7 | 5.6 |
| Sofia | 6.7 | 6.5 | 6.0 | 5.9 | 5.5 | 5.1 | 3.7 | 3.2 | 3.8 | 5.2 | 6.6 | 7.2 | 5.4 |
| Kazanlik | 6.1 | 6.5 | 6.3 | 5.9 | 5.7 | 5.2 | 3.8 | 3.2 | 3.9 | 5.4 | 6.3 | 6.6 | 5.4 |
| Burgas | 6.3 | 6.8 | 6.8 | 6.0 | 5.4 | 4.7 | 3.2 | 2.7 | 3.8 | 5.4 | 6.8 | 7.0 | 5.4 |
| Plovdiv | 6.0 | 6.4 | 5.8 | 5.4 | 5.4 | 4.7 | 3.5 | 3.0 | 3.7 | 5.2 | 6.2 | 6.8 | 5.2 |
| Perritsch | 5.6 | 5.6 | 5.4 | 4.5 | 4.7 | 4.1 | 2.7 | 2.4 | 2.4 | 4.4 | 5.7 | 6.4 | 4.5 |
| <i>Yugoslavia</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Czakathurn | 6.3 | 5.1 | 4.6 | 4.8 | 4.1 | 3.8 | 3.2 | 3.1 | 3.4 | 4.7 | 6.1 | 6.2 | 4.6 |
| Tuffer | 5.8 | 5.6 | 5.7 | 5.7 | 5.4 | 5.2 | 4.1 | 4.1 | 5.2 | 6.2 | 6.7 | 6.3 | 5.5 |
| Agram (Zagreb). | 7.0 | 6.2 | 6.0 | 5.8 | 5.4 | 5.2 | 4.2 | 4.0 | 4.5 | 5.9 | 7.1 | 7.4 | 5.7 |
| Bihac | 7.3 | 6.3 | 6.1 | 6.4 | 5.6 | 5.0 | 3.9 | 4.0 | 5.1 | 6.5 | 7.4 | 7.6 | 5.9 |
| Belgrada | 6.8 | 6.4 | 5.8 | 6.3 | 5.7 | 5.5 | 4.0 | 3.6 | 4.6 | 5.0 | 6.3 | 7.7 | 5.6 |
| Banajaluka | 6.8 | 6.5 | 6.1 | 5.8 | 5.5 | 5.2 | 3.8 | 3.7 | 4.5 | 5.9 | 7.0 | 7.5 | 5.7 |
| Zwornik | 6.3 | 5.8 | 5.4 | 5.3 | 5.1 | 4.5 | 3.2 | 3.1 | 4.0 | 5.4 | 5.9 | 6.4 | 5.0 |

Table 7 *Cloudiness-Nebulosity (in tenths of sky covered)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|-------------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Yugoslavia</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Kragujevac | 6.7 | 6.2 | 5.9 | 6.3 | 5.5 | 5.4 | 3.8 | 3.2 | 4.6 | 5.1 | 6.3 | 7.8 | 5.6 |
| Sarajevo | 6.9 | 6.2 | 6.2 | 6.4 | 5.9 | 5.5 | 4.3 | 3.9 | 4.9 | 5.8 | 7.0 | 7.6 | 5.9 |
| Mostar | 5.4 | 5.0 | 5.4 | 5.6 | 4.7 | 3.9 | 2.6 | 2.4 | 3.6 | 4.8 | 5.8 | 6.0 | 4.6 |
| Nis | 7.1 | 6.4 | 6.3 | 6.5 | 6.0 | 5.5 | 4.5 | 4.5 | 5.2 | 5.5 | 6.9 | 8.3 | 6.1 |
| Lesina | 4.9 | 4.5 | 4.5 | 4.2 | 3.4 | 2.8 | 1.4 | 1.7 | 2.7 | 4.7 | 5.0 | 5.4 | 3.7 |
| Skutari | 4.6 | 5.1 | 4.7 | 5.1 | 4.3 | 3.4 | 1.6 | 1.5 | 2.7 | 4.5 | 4.6 | 5.1 | 3.9 |
| Uskub | 7.1 | 6.1 | 6.0 | 6.3 | 6.0 | 4.8 | 3.4 | 3.5 | 3.2 | 5.2 | 6.4 | 7.3 | 5.4 |
| Durrazzo | 4.4 | 4.1 | 4.4 | 3.9 | 3.2 | 2.4 | 1.1 | 1.5 | 1.8 | 3.9 | 5.0 | 5.1 | 3.4 |
| Monastir | 6.4 | 6.6 | 6.2 | 6.2 | 5.9 | 5.1 | 2.9 | 2.9 | 3.5 | 5.5 | 6.3 | 6.5 | 5.3 |
| Valona | 5.5 | 4.6 | 4.8 | 3.6 | 3.8 | 2.8 | 1.4 | 1.9 | 3.1 | 4.6 | 6.2 | 5.7 | 4.0 |
| <i>Rumania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Czernowitz | 6.9 | 6.7 | 6.6 | 5.7 | 5.2 | 5.3 | 4.8 | 4.2 | 4.9 | 5.5 | 6.6 | 7.4 | 5.8 |
| Dorohoi | 6.9 | 6.9 | 6.6 | 5.9 | 5.8 | 5.6 | 5.1 | 4.4 | 4.9 | 5.5 | 6.7 | 7.6 | 6.0 |
| Dorna Watra | 6.8 | 6.5 | 6.8 | 6.4 | 6.8 | 7.3 | 6.6 | 5.8 | 6.0 | 6.6 | 6.8 | 7.2 | 6.6 |
| Jassy | 7.2 | 7.1 | 6.9 | 6.0 | 5.8 | 5.6 | 5.0 | 4.3 | 4.8 | 5.6 | 7.0 | 7.8 | 6.1 |
| Kischinev | 7.1 | 7.1 | 6.8 | 5.7 | 5.3 | 5.4 | 4.3 | 3.5 | 4.0 | 5.2 | 6.8 | 7.6 | 5.7 |
| Klausenburg | 6.7 | 6.1 | 5.5 | 5.6 | 5.4 | 5.4 | 4.7 | 4.2 | 4.4 | 4.8 | 6.2 | 6.9 | 5.5 |
| Valsui | 7.0 | 6.9 | 6.6 | 5.6 | 5.4 | 5.6 | 4.7 | 3.9 | 4.5 | 5.5 | 6.4 | 7.5 | 5.8 |
| Hermannstadt | 6.9 | 6.6 | 6.0 | 5.6 | 5.9 | 5.6 | 4.8 | 4.0 | 4.7 | 4.9 | 6.1 | 7.1 | 5.7 |
| Temesvar | 7.2 | 6.7 | 6.1 | 6.1 | 5.7 | 5.6 | 4.6 | 4.0 | 4.5 | 5.3 | 6.7 | 7.4 | 5.8 |
| Focsani | 6.6 | 6.6 | 6.8 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 4.6 | 4.0 | 4.5 | 5.6 | 6.2 | 7.4 | 5.8 |
| Sinaia | 5.6 | 5.8 | 6.2 | 5.9 | 6.5 | 6.2 | 5.5 | 4.5 | 4.7 | 5.1 | 5.0 | 5.9 | 5.7 |
| Braila | 6.7 | 6.6 | 6.2 | 5.4 | 5.0 | 5.1 | 3.9 | 3.2 | 3.9 | 5.0 | 6.0 | 7.2 | 5.3 |
| Buzao | 6.1 | 6.3 | 6.2 | 5.6 | 5.7 | 5.3 | 4.6 | 3.9 | 4.3 | 5.0 | 5.8 | 6.7 | 5.5 |
| Sulina | 6.4 | 6.4 | 5.9 | 4.4 | 3.7 | 3.2 | 2.5 | 1.9 | 2.9 | 4.6 | 5.8 | 6.6 | 4.5 |
| Turru Severin | 6.3 | 6.5 | 6.0 | 5.7 | 5.2 | 4.6 | 3.8 | 3.2 | 4.3 | 5.4 | 6.5 | 7.0 | 5.4 |

continuation

continuation

Table 7 Cloudiness-Nebulosity (in tenths of sky covered)

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|----------------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| <i>Romania</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Bucuressti | 6.5 | 6.4 | 6.3 | 5.6 | 5.6 | 5.3 | 4.2 | 3.5 | 4.0 | 5.3 | 6.4 | 7.2 | 5.5 |
| Stribaret | 5.9 | 6.1 | 5.9 | 5.5 | 5.4 | 4.8 | 3.8 | 3.4 | 4.0 | 5.1 | 6.1 | 6.6 | 5.2 |
| Constanta | 6.4 | 6.4 | 6.2 | 5.2 | 4.6 | 4.1 | 3.2 | 4.6 | 3.4 | 5.3 | 6.1 | 6.8 | 5.2 |
| Giurgiu | 6.3 | 6.2 | 5.6 | 5.0 | 4.7 | 4.5 | 3.4 | 2.9 | 3.6 | 4.8 | 5.9 | 6.7 | 5.0 |
| Corabia | 6.5 | 6.2 | 5.5 | 5.0 | 4.7 | 4.4 | 3.5 | 2.7 | 2.9 | 4.9 | 6.3 | 7.0 | 5.0 |
| <i>Greece</i> | | | | | | | | | | | | | |
| Kavala | 4.6 | 5.8 | 5.5 | 5.1 | 4.2 | 3.8 | 2.4 | 2.1 | 3.7 | 3.9 | 5.6 | 6.2 | 4.4 |
| Saloniki | 5.0 | 5.4 | 5.5 | 5.2 | 4.5 | 3.3 | 2.2 | 2.2 | 3.0 | 4.5 | 5.8 | 5.9 | 4.4 |
| Larissa | 5.2 | 5.6 | 5.2 | 5.1 | 4.5 | 3.6 | 1.8 | 1.7 | 2.9 | 4.3 | 5.8 | 6.2 | 4.3 |
| Trikala | 5.8 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.2 | 4.1 | 2.4 | 2.1 | 3.3 | 5.0 | 6.6 | 6.8 | 4.9 |
| Corfu | 5.3 | 5.8 | 5.1 | 4.9 | 4.1 | 2.5 | 0.9 | 1.2 | 2.5 | 4.4 | 5.2 | 5.8 | 4.0 |
| Lamia | 5.7 | 6.0 | 5.9 | 5.4 | 4.4 | 3.3 | 1.8 | 1.7 | 2.8 | 4.7 | 6.3 | 6.4 | 4.5 |
| Patras | 5.7 | 6.2 | 5.8 | 5.8 | 4.7 | 2.9 | 1.1 | 1.0 | 2.2 | 4.3 | 5.3 | 6.2 | 4.3 |
| Argostoli | 4.9 | 4.9 | 4.3 | 3.6 | 2.7 | 1.6 | 0.5 | 0.5 | 1.5 | 2.0 | 4.5 | 5.0 | 3.0 |
| Athen | 5.5 | 5.7 | 5.3 | 4.8 | 4.0 | 2.5 | 1.1 | 1.2 | 2.2 | 4.0 | 5.7 | 5.9 | 4.0 |
| Andros | 6.7 | 6.3 | 5.6 | 4.3 | 3.2 | 1.4 | 0.5 | 0.8 | 1.7 | 3.8 | 6.1 | 6.7 | 3.9 |
| Zante | 4.9 | 5.0 | 4.2 | 3.9 | 2.9 | 1.8 | 0.6 | 0.6 | 1.9 | 3.4 | 4.7 | 5.3 | 3.3 |
| Nauplia | 5.5 | 5.7 | 5.3 | 4.9 | 5.2 | 2.6 | 1.2 | 1.4 | 2.4 | 4.4 | 5.5 | 6.1 | 4.4 |
| Tripolis | 5.2 | 5.5 | 5.6 | 4.1 | 3.3 | 2.5 | 1.4 | 1.5 | 2.1 | 3.5 | 4.9 | 5.2 | 3.7 |
| Naxos | 6.5 | 6.2 | 5.6 | 4.7 | 3.8 | 1.9 | 0.6 | 0.5 | 2.1 | 4.4 | 6.2 | 6.8 | 4.1 |
| Sparta | 5.2 | 5.5 | 5.0 | 5.0 | 4.2 | 2.6 | 1.4 | 1.4 | 2.3 | 4.0 | 5.3 | 5.9 | 4.0 |
| Kithera | 5.6 | 5.5 | 5.1 | 4.3 | 3.7 | 2.0 | 0.6 | 0.7 | 1.9 | 3.6 | 5.1 | 5.6 | 3.6 |
| Santorin | 6.6 | 6.4 | 5.5 | 4.8 | 3.5 | 1.7 | 0.4 | 0.3 | 1.3 | 3.5 | 5.8 | 6.4 | 3.8 |
| Kandia | 5.7 | 6.0 | 4.1 | 3.8 | 3.3 | 1.2 | 0.7 | 1.2 | 1.9 | 3.6 | 5.4 | 5.6 | 3.6 |

Table 8 Energy in kilowatt-hours which would be received, if there were no atmosphere, upon a hundred square metres of horizontal surface by direct radiation from the sun - totals for day -
 Multiply by 3.6 to express the results in joules per square centimeter and by 0.859 to express in calories per square centimeter

| Elevation of sun over equator plane | Date | 60° N | 50° N | 40° N | 30° N | 20° N |
|-------------------------------------|-------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 22° 45' S | 4 January | 68 | 217 | 385 | 554 | 714 |
| 21° 50' S | 11 January | 80 | 234 | 401 | 568 | 728 |
| 20° 35' S | 18 January | 99 | 255 | 424 | 590 | 745 |
| 19° 01' S | 25 January | 124 | 285 | 452 | 616 | 767 |
| 17° 10' S | 1 February | 155 | 320 | 487 | 647 | 791 |
| 15° 4' S | 8 February | 193 | 370 | 525 | 680 | 818 |
| 12° 45' S | 15 February | 238 | 406 | 568 | 717 | 846 |
| 10° 16' S | 22 February | 289 | 456 | 614 | 755 | 875 |
| 7° 40' S | 1 March | 344 | 509 | 660 | 794 | 903 |
| 4° 58' S | 8 March | 404 | 564 | 709 | 833 | 932 |
| 2° 14' S | 15 March | 467 | 621 | 757 | 871 | 957 |
| 0° 32' N | 22 March | 532 | 679 | 805 | 906 | 980 |
| 3° 17' N | 29 March | 599 | 736 | 852 | 941 | 1002 |
| 5° 59' N | 5 April | 667 | 792 | 896 | 973 | 1021 |
| 8° 36' N | 12 April | 733 | 846 | 938 | 1002 | 1037 |
| 11° 5' N | 19 April | 798 | 898 | 976 | 1027 | 1050 |
| 13° 26' N | 26 April | 860 | 946 | 1013 | 1050 | 1061 |
| 15° 36' N | 3 May | 918 | 991 | 1045 | 1072 | 1069 |
| 17° 33' N | 10 May | 971 | 1031 | 1062 | 1088 | 1076 |
| 19° 16' N | 17 May | 1018 | 1065 | 1096 | 1102 | 1080 |
| 20° 43' N | 24 May | 1058 | 1095 | 1115 | 1112 | 1083 |
| 21° 53' N | 31 May | 1092 | 1118 | 1131 | 1122 | 1084 |

Table 8 Energy in kilowatt-hours which would be received, if there were no atmosphere, upon a hundred square metres of horizontal surface by direct radiation from the sun - totals for day -

Multiply by 3.6 to express the results in joules per square centimeter and by 0.859 to express in calories per square centimeter

| Elevation of sun over equator plane | Date | 60° N | 50° N | 40° N | 30° N | 20° N |
|-------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 22° 44' N | 7 June | 1115 | 1134 | 1142 | 1127 | 1085 |
| 23° 15' N | 14 June | 1130 | 1143 | 1148 | 1130 | 1085 |
| 23° 27' N | 21 June | 1135 | 1148 | 1150 | 1130 | 1085 |
| 23° 18' N | 28 June | 1130 | 1143 | 1148 | 1129 | 1084 |
| 22° 49' N | 5 July | 1115 | 1133 | 1139 | 1125 | 1083 |
| 22° 01' N | 12 July | 1091 | 1115 | 1127 | 1116 | 1080 |
| 20° 54' N | 19 July | 1057 | 1091 | 1111 | 1107 | 1076 |
| 19° 30' N | 26 July | 1017 | 1062 | 1091 | 1095 | 1072 |
| 17° 50' N | 2 August | 971 | 1027 | 1067 | 1081 | 1067 |
| 15° 56' N | 9 August | 918 | 988 | 1040 | 1064 | 1060 |
| 13° 50' N | 16 August | 861 | 945 | 1007 | 1044 | 1050 |
| 11° 32' N | 23 August | 801 | 898 | 972 | 1021 | 1040 |
| 9° 6' N | 30 August | 737 | 846 | 934 | 995 | 1027 |
| 6° 33' N | 6 September | 672 | 794 | 894 | 967 | 1011 |
| 3° 54' N | 13 September | 606 | 738 | 851 | 936 | 994 |
| 1° 12' N | 20 September | 541 | 683 | 805 | 903 | 972 |
| 1° 32' S | 27 September | 477 | 628 | 759 | 868 | 950 |
| 4° 15' S | 4 October | 414 | 571 | 713 | 832 | 926 |
| 6° 56' S | 11 October | 355 | 517 | 666 | 794 | 899 |
| 9° 32' S | 18 October | 300 | 466 | 620 | 757 | 872 |
| 12° 1' S | 25 October | 250 | 416 | 575 | 720 | 845 |

Table 8 Energy in kilowatt-hours which would be received, if there were no atmosphere, upon a hundred square metres of horizontal surface by direct radiation from the sun - totals for day -
 Multiply by 3.6 express the results in joules per square centimeter and by 0.859 to express in calories per square centimeter

| Elevation of sun over equator plane | Date | 60° N | 50° N | 40° N | 30° N | 20° N |
|-------------------------------------|--------------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 14° 21' S | 1 November | 205 | 370 | 533 | 684 | 818 |
| 16° 30' S | 8 November | 166 | 329 | 494 | 651 | 792 |
| 18° 26' S | 15 September | 132 | 293 | 460 | 621 | 768 |
| 20° 05' S | 22 November | 107 | 263 | 431 | 594 | 747 |
| 21° 27' S | 29 November | 85 | 239 | 406 | 572 | 729 |
| 22° 28' S | 6 December | 72 | 221 | 387 | 556 | 716 |
| 23° 8' S | 13 December | 62 | 209 | 377 | 545 | 706 |
| 23° 26' S | 20 December | 58 | 204 | 371 | 540 | 702 |
| 23° 21' S | 27 December | 59 | 207 | 373 | 543 | 705 |
| 23° 7' S | 31 December | 62 | 211 | 378 | 547 | 709 |

Table 9 *Sunshine (number of hours and percentage of number of hours in the month when the sun is above the horizon)*

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. | Year |
|----------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|------|
| Sofia | 67 | 82 | 131 | 178 | 227 | 264 | 313 | 294 | 206 | 150 | 85 | 52 | 2049 |
| % | 23 | 28 | 35 | 44 | 50 | 58 | 67 | 68 | 55 | 44 | 29 | 18 | 43 |
| Sarajevo | 63 | 89 | 125 | 136 | 168 | 207 | 240 | 243 | 180 | 110 | 69 | 55 | 1686 |
| % | 22 | 31 | 34 | 34 | 37 | 45 | 52 | 57 | 48 | 33 | 24 | 20 | 38 |
| Mostar | 103 | 135 | 149 | 168 | 231 | 254 | 308 | 298 | 213 | 152 | 106 | 90 | 2207 |
| % | 36 | 46 | 40 | 42 | 50 | 55 | 66 | 60 | 57 | 44 | 37 | 32 | 50 |
| Athen | 149 | 156 | 190 | 215 | 232 | 292 | 364 | 340 | 272 | 210 | 129 | 108 | 2655 |
| % | 49 | 50 | 52 | 55 | 53 | 66 | 81 | 81 | 73 | 61 | 43 | 37 | 60 |
| Trieste | 94 | 137 | 155 | 170 | 228 | 256 | 315 | 294 | 212 | 140 | 108 | 96 | 2205 |
| % | 33 | 47 | 42 | 42 | 49 | 55 | 66 | 67 | 57 | 41 | 38 | 36 | 49 |
| Torino | 56 | 97 | 161 | 151 | 158 | 186 | 215 | 220 | 158 | 101 | 52 | 63 | 1618 |
| % | 25 | 35 | 39 | 39 | 37 | 37 | 45 | 50 | 44 | 29 | 18 | 19 | 34 |
| Roma | 114 | 135 | 158 | 176 | 225 | 279 | 384 | 311 | 219 | 162 | 131 | 107 | 2401 |
| % | 38 | 45 | 42 | 44 | 50 | 62 | 76 | 73 | 53 | 47 | 44 | 37 | 53 |
| Lecce | 111 | 129 | 164 | 186 | 249 | 312 | 351 | 317 | 228 | 167 | 142 | 109 | 2468 |
| % | 38 | 42 | 45 | 47 | 54 | 70 | 77 | 74 | 62 | 48 | 47 | 38 | 56 |
| Messina | 114 | 121 | 180 | 192 | 244 | 298 | 336 | 287 | 213 | 151 | 122 | 102 | 2358 |
| % | 37 | 40 | 49 | 49 | 56 | 68 | 75 | 68 | 58 | 44 | 40 | 35 | 52 |

Table 10 Number of hours in the month when the sun is above the horizon

| | Jan. | Febr. | March | April | May | June | July | Aug. | Sept. | Oct. | Nov. | Dec. |
|-------|------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|-------|------|------|------|
| 25° N | 334 | 317 | 371 | 380 | 411 | 407 | 416 | 400 | 367 | 358 | 328 | 330 |
| 26° N | 333 | 316 | 371 | 381 | 412 | 409 | 418 | 401 | 367 | 357 | 327 | 328 |
| 27° N | 331 | 315 | 371 | 382 | 414 | 412 | 420 | 403 | 368 | 356 | 325 | 326 |
| 28° N | 329 | 314 | 371 | 383 | 416 | 414 | 422 | 404 | 368 | 356 | 323 | 324 |
| 29° N | 327 | 313 | 371 | 384 | 419 | 416 | 425 | 406 | 368 | 355 | 321 | 321 |
| 30° N | 325 | 311 | 371 | 385 | 421 | 419 | 427 | 407 | 369 | 354 | 319 | 318 |
| 31° N | 323 | 310 | 371 | 385 | 423 | 422 | 429 | 409 | 369 | 353 | 317 | 316 |
| 32° N | 319 | 309 | 371 | 386 | 425 | 424 | 432 | 410 | 369 | 353 | 315 | 313 |
| 33° N | 317 | 307 | 371 | 387 | 428 | 427 | 434 | 412 | 370 | 352 | 313 | 310 |
| 34° N | 314 | 306 | 371 | 388 | 430 | 430 | 437 | 413 | 370 | 350 | 310 | 307 |
| 35° N | 311 | 305 | 370 | 390 | 432 | 432 | 439 | 414 | 370 | 349 | 308 | 304 |
| 36° N | 308 | 303 | 370 | 391 | 434 | 435 | 442 | 416 | 370 | 348 | 306 | 301 |
| 37° N | 305 | 302 | 370 | 392 | 437 | 438 | 445 | 417 | 371 | 347 | 304 | 297 |
| 38° N | 303 | 300 | 370 | 393 | 439 | 440 | 448 | 419 | 371 | 346 | 301 | 295 |
| 39° N | 300 | 299 | 370 | 394 | 442 | 444 | 451 | 421 | 371 | 344 | 299 | 291 |
| 40° N | 297 | 297 | 369 | 396 | 445 | 448 | 454 | 423 | 372 | 343 | 296 | 288 |
| 41° N | 294 | 296 | 369 | 397 | 447 | 451 | 457 | 425 | 372 | 342 | 294 | 284 |
| 42° N | 290 | 294 | 369 | 398 | 450 | 455 | 460 | 427 | 373 | 341 | 292 | 281 |
| 43° N | 287 | 292 | 369 | 400 | 452 | 458 | 463 | 429 | 373 | 340 | 289 | 278 |
| 44° N | 284 | 291 | 369 | 401 | 455 | 461 | 468 | 431 | 374 | 339 | 287 | 274 |
| 45° N | 281 | 289 | 368 | 403 | 459 | 465 | 470 | 433 | 374 | 337 | 283 | 270 |
| 46° N | 277 | 288 | 368 | 404 | 461 | 469 | 473 | 435 | 374 | 336 | 281 | 266 |
| 47° N | 274 | 286 | 368 | 406 | 464 | 473 | 477 | 438 | 375 | 335 | 277 | 262 |
| 48° N | 270 | 284 | 368 | 407 | 467 | 477 | 481 | 439 | 375 | 333 | 274 | 258 |

SUMMARY

The climate of the Mediterranean

First of all we have to distinguish between the climate of the Mediterranean basin, i.e. that of the countries around the Mediterranean sea and the Mediterranean climate which corresponds to one of the greatest climatic zones of the world. This zone is limited in the south by the climate of the desert (Sahara, etc.) and in the north by the moderate climate, which includes the major part of Europe. It is characterized by a moderate winter climate and a desert-like summer climate. Practically all of the Mediterranean countries belong to the Mediterranean climate.

As far as agriculture is concerned, the Mediterranean climate shows the following characteristics: enough precipitation in winter, spring and fall, but clearly defective in summer. The quantity of precipitation diminishes from north to south to become rare even in the best periods at the southern border of the Mediterranean sea where the climate tends to become desert-like during the whole year.

Concerning the temperature we may give evidence that in general it is sufficiently high for most cultures. The temperature is always satisfactory for the wine culture. The northern expansion limit of the olive tree coincides about with the limit of the Mediterranean climate in the north. The culture of other plants, dates and southern fruits is possible only in a certain number of countries of the Mediterranean basin. Because of the low cloudiness the insolation in the moderate regions is rather abundant.

The influence of these meteorological conditions over the cultures is discussed in detail. Diagrams are presented, showing the mean monthly and yearly temperatures, the days of frost, amount of precipitation, days of rain, relative humidity, evapotranspiration, cloudiness, solar radiation, duration of insolation and the presence of the sun above the horizon.

It is worthwhile to note that it is especially important to consider the monthly meteorological data for the Mediterranean climate, because the yearly data do show very seldom the particular differences of the climate. Meteorological charts are presented and discussed.

RÉSUMÉ

Le climat du bassin méditerranéen

Il faut avant tout distinguer entre le climat du bassin méditerranéen, c'est-à-dire des pays situés autour de la mer méditerranée et le climat méditerranéen qui correspond à l'une des plus grandes zones climatiques de la terre. Cette zone est limitée par le climat désertique au sud (Sahara, etc.) et la zone tempérée au nord (par exemple la majeure partie de l'Europe) et il présente comme caractéristique un climat hivernal de transition, tempéré durant l'hiver et désertique en été. Les pays du bassin méditerranéen appartiennent pratiquement tous au climat méditerranéen.

Le climat méditerranéen présente en ce qui concerne l'agriculture les caractéristiques suivantes: précipitations suffisantes en hiver, printemps et automne mais

nettement déficitaires en été. Les précipitations diminuent du nord au sud et deviennent rares même pendant les meilleures périodes à la limite méridionale de la Méditerranée où le climat tend à devenir désertique pendant toute l'année.

En ce qui concerne la température, nous pouvons constater qu'elle est en général suffisante pour la majorité des cultures. Elle est toujours satisfaisante pour la culture de la vigne. Pour l'olivier, la limite d'expansion septentrionale coïncide environ avec la limite nord du climat du bassin méditerranéen, pour d'autres plantes —, dattes et agrumes, la culture n'est possible que dans un certain nombre de pays du bassin méditerranéen. Dans les régions tempérées également, vu la faible nébulosité, la radiation solaire est plutôt abondante que faible.

L'influence de ces conditions météorologiques sur les cultures est discutée en détail. Des tableaux sont rassemblés à la suite de l'exposé, ils contiennent les températures moyennes mensuelles et annuelles, les jours de gel, les précipitations, les journées pluvieuses, l'humidité relative, l'évapo-transpiration, la nébulosité, la radiationsolaire, la durée de l'insolation et de la présence du soleil au dessus de l'horizon.

Il est bon de remarquer qu'il est spécialement important de prendre en considération les données météorologiques mensuelles dans le climat méditerranéen où les seules données annuelles ne font ressortir que rarement les différences caractéristiques de la situation climatique. Des cartes météorologiques sont présentées et discutées.

ZUSAMMENFASSUNG

Das Klima des Mittelmeerbeckens

Vorerst muß zwischen dem Klima des Mittelmeerbeckens, das heißt der Länder rund um das Mittelmeer gelegen, und dem mediterranen Klima, einer der größten klimatischen Zonen der Welt, unterschieden werden. Diese Zone grenzt im Süden an das Wüstenklima (Sahara usw.) und im Norden an die gemäßigte Zone, wie zum Beispiel den größten Teil Europas, wo im Winter ein mäßig kaltes und im Sommer ein heiß-trockenes Klima herrscht. Die Länder des Mittelmeers haben fast alle mediterranes Klima.

Was die Landwirtschaft anbetrifft, ist für das mediterrane Klima folgendes charakteristisch: Im Winter, Frühling und Herbst gibt es genügenden, im Sommer dagegen nur mangelhaften Niederschlag. Die Niederschlagsmenge verringert sich von Norden gegen Süden hin und wird an der südlichen Grenze des Mittelmeers sogar in der günstigsten Zeit selten, da dort das Klima die Tendenz hat, das ganze Jahr über wüstenartig zu werden.

Wir können feststellen, daß die Temperatur im allgemeinen für die meisten Pflanzen genügt. Für den Weinbau ist sie immer befriedigend. Die Olivenkultur hört ungefähr an der nördlichen Grenze des Mittelmeerbeckens auf. Das Anbauen anderer Pflanzen, Datteln und Agrumen, ist nur in einer gewissen Anzahl Mittelmeerländer möglich. In den gemäßigten Zonen ist wegen der geringen Bewölkung die Sonnenbestrahlung eher reichlich als schwach.

Der Einfluß dieser meteorologischen Umstände auf die Pflanzungen wird ausführlich besprochen. In der Darstellung sind einige Tabellen enthalten, worauf die monatlichen und jährlichen Durchschnittstemperaturen, die Gefriertage, die Niederschläge, die Regentage, die relative Feuchtigkeit, die Verdunstung, die Bewölkung, die Sonnenbestrahlung, deren Dauer sowie die Tageszeit der Sonne verzeichnet sind.

Es soll betont werden, daß es im mediterranen Klima besonders wichtig ist, die meteorologischen monatlichen Messungen zu betrachten, da dort die jährlichen Messungen nur selten die charakteristischen Verschiedenheiten der klimatischen Verhältnisse hervortreten lassen.

Meteorologische Karten des Mittelmeergebietes werden besprochen.

RESUMEN

El clima de la cuenca mediterránea

Es preciso distinguir, ante todo, la diferencia existente entre el clima de la cuenca mediterránea, es decir, de los países situados alrededor del mar Mediterráneo y el clima mediterráneo que corresponde a una de las zonas climáticas más grandes de la tierra. Esta zona está limitada al sur por el clima desértico (Sahara, etc.) y al norte por la zona templada (por ejemplo, la mayor parte de Europa) y presenta como característica un clima invernal de transición templado durante el invierno y desértico en verano. Todos los países de la cuenca mediterránea pertenecen prácticamente al clima mediterráneo.

Por lo que se refiere a la agricultura, el clima mediterráneo presenta las siguientes características: suficientes precipitaciones en invierno, primavera y otoño, pero muy pocas en verano. Las precipitaciones disminuyen de norte a sur y llegan a ser muy raras, incluso en los mejores periodos, en el límite meridional del Mediterráneo, donde el clima tiende a hacerse desértico durante todo el año.

En cuanto a la temperatura, podemos hacer constar que es en general suficiente para la mayor parte de los cultivos. Siempre resulta satisfactoria para el cultivo de la viña. Para el olivo, el límite de expansión septentrional coincide aproximadamente con el límite norte del clima de la cuenca mediterránea; para otras plantas - dátiles y agrrios -, el cultivo sólo es posible en cierto número de países de la cuenca mediterránea. En las regiones templadas, vista igualmente la débil nubosidad, la radiación solar es más bien abundante que débil.

En esta conferencia se discute con detalle la influencia que ejercen estas condiciones meteorológicas sobre los cultivos. Se han resumido cuadros a continuación de lo expuesto, en los que se expresan medias mensuales y anuales, los días de hilo, las precipitaciones, los días lluviosos, la humedad relativa, la evapotranspiración, la nubosidad, la radiación solar, la duración de la insolación y de la presencia del sol en el horizonte.

Conviene señalar que es especialmente importante tomar en consideración los datos meteorológicos mensuales en el clima mediterráneo, donde los únicos datos anuales sólo hacen veraramente las diferencias características de la situación climática. En el curso de la conferencia serán proyectados mapas meteorológicos.

Die Böden des mediterranen Raumes

PROF. DR. W. KUBIENA

Universität Hamburg und Abteilung für Bodenkunde der Bundesforschungsanstalt
für Forst- und Holzwirtschaft, Hamburg-Reinbek

I. Allgemeine Besonderheiten der Bodenbildung

1. Einleitung

Durch eine Reihe einführender Beiträge ist geplant, die natürlichen Gegebenheiten des Mediterrangebietes zu behandeln. Der vorliegende Bericht soll einen Überblick über die Formen seiner Bodenbildung geben und auf naturkundlicher Grundlage jene Einzelheiten herausstellen, die für die land- und forstwirtschaftliche Nutzung von besonderer Bedeutung sind. Das Mediterrangebiet zeigt eine seltene Vielfalt in seiner landschaftlichen Gestaltung. Die Extreme schwanken zwischen Halbwüsten, die die niedrigsten Regenmengen Europas aufweisen, bis zu hochgelegem Waldland mit Niederschlägen von mehr als 3000 mm. Dennoch zeigt diese Vielfalt in allen seinen Teilen seine ausgeprägte Eigenart, nicht nur im Landschaftscharakter und in den besonderen Pflanzendecken, sondern ganz besonders in den Böden. Diese Eigentümlichkeiten lassen sich durch globale vergleichende bodenkundliche Untersuchungen, die ich mit meinen Mitarbeitern als meine spezielle Aufgabe ansehe, besonders anschaulich herausstellen. Sie zeigen, daß das Mediterrangebiet durch die Arten der Bodenbildung nicht nur leicht erfaßt und abgegrenzt werden kann, sondern daß sich auf diese Weise auch Gebiete in anderen Teilen der Welt, die in ihren Umweltverhältnissen mehr oder minder weitgehend jenen der Mittelmeerländer entsprechen, leicht ihrem Charakter nach erkennen und typisieren lassen. Beispiele für solche Gebiete sind: Kalifornien, Mittelchile, die südafrikanische Kap-Provinz, der Irak, Persien, Turkmenien, ferner Süd- und Südwestaustralien. Die Verhältnisse sind vielfach so ähnlich, daß Versuchs- und Untersuchungsergebnisse, die in den Mittelmeerländern selbst gewonnen wurden, auch für weite Gebiete ähnlicher Struktur in anderen Weltteilen Gültigkeit haben.

Wie überall auf der Erde, ist auch im Mittelmeergebiet die Bodenbildung beeinflusst von der Art des Ausgangsmaterials, von den Umweltverhältnissen und den Auswirkungen des Lebens eines Standortes, bei denen in der Gegenwart auch der Einfluß des Menschen gerade im mediterranen Raum eine besonders entscheidende Rolle spielt.

2. Einfluß der Ausgangsgesteine

Die Bodenbildung nimmt einen verschiedenen Verlauf, je nachdem ob sie sich aus Kiesel- oder Silikatgesteinen oder aus Kalkgesteinen vollzieht. Bei den Silikatgesteinen ist es wesentlich, ob diese basenarm oder basenreich sind. Das Mittelmeergebiet zeigt eine außerordentliche Vielfalt an Muttergesteinen, die zu großem Teile die Vielfalt seiner Bodenbildung bedingt.

3. Einfluß der geographischen Breite

Das Mittelmeergebiet und die ihm entsprechenden Zonen anderer Erdteile zeigen auch in bezug auf die Bodenbildung deutlich eine feuchtere und kühlere nördliche Subzone und eine wärmere und trockenere südliche Sub-

-
- Abbildung 1 Kalkrohboden (weiße Rendzina) mit Trockenvegetation und *Asphodelus*stauden, Athen, Nähe der Akropolis.
- Abbildung 2 Terra rossa, Kalun-Berg. Istrischer Karst.
- Abbildung 3 Terra rossa bei Sferrocavallo, Sizilien.
- Abbildung 4 Blick auf die Ebene von Korinth von Akrokorinth. Abtrag alter Bodendecken. Im Tale kalkreiche Terra fusca, im Hintergrunde Kalkrohboden (weiße Rendzina), zwischen beiden neugebildete, hellgrau gefärbte Mullrendzina. Im Vordergrund schwach entwickelte Rendzinen.



Abbildung 1



Abbildung 2

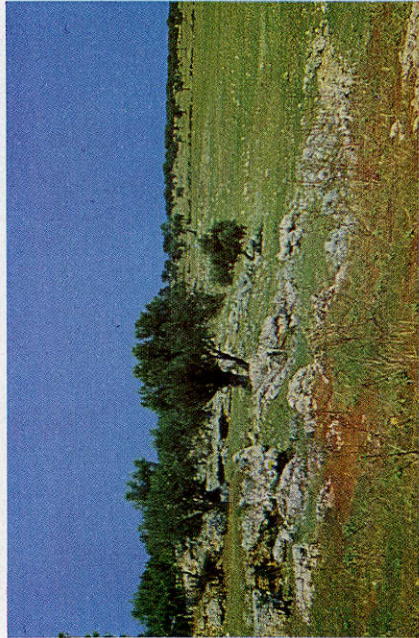


Abbildung 3



Abbildung 4



Abbildung 5



Abbildung 6



Abbildung 7

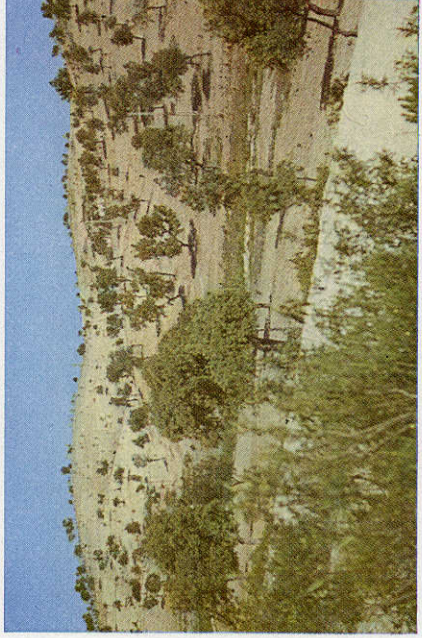
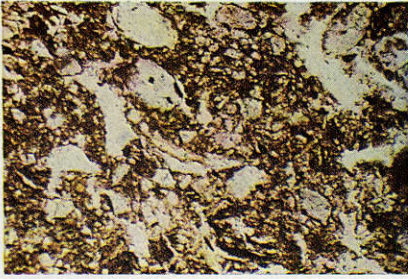
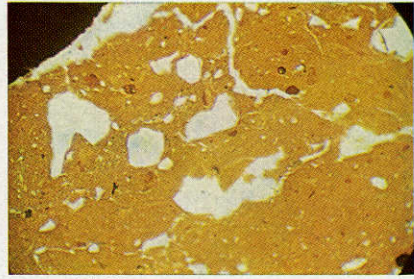


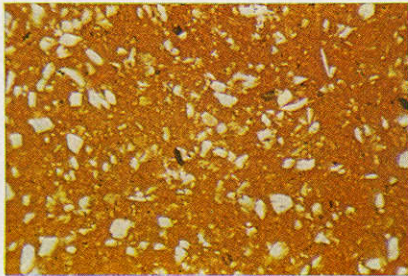
Abbildung 8



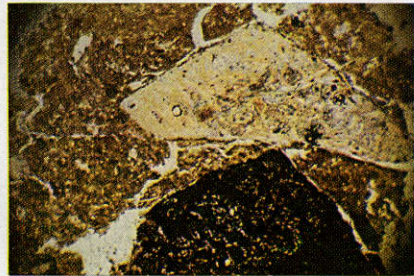
Dünnschliff 1



Dünnschliff 2



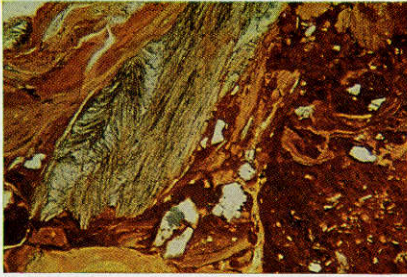
Dünnschliff 3



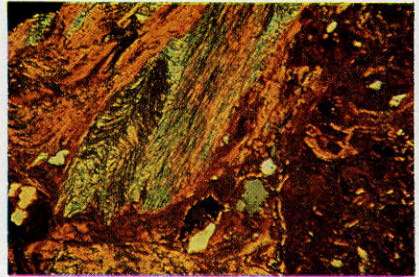
Dünnschliff 4

- Dünnschliff 1 *Humide Braunerde*, (B)-Horizont. Gut geflocktes, durch amorphes Eisenoxydhydrat gefärbtes Schwammgefüge.
- Dünnschliff 2 *Humide Terra fusca*, (B)-Horizont. Dichtes, durch feinzerteiltes amorphes Eisenoxydhydrat intensiv ockergelb gefärbtes Gefüge mit Sprungrissen und einzelnen Quarzkörnern. In der linken oberen Ecke ragt der Rand einer dunkelbraun gefärbten, scharf konturierten, Konkretion von Eisenoxydhydrat in die Bildfläche.
- Dünnschliff 3 *Terra rossa*, (B)-Horizont, Mallorca. Grundmasse von Sprungrissen durchzogen, durch Ausscheidung feinsten Kristalliten von Goethit und Hämatit rot gefärbt (Rubefizierung.)
- Dünnschliff 4 *Verbraunte Terra fusca*, (B)-Horizont, Balkangebirge. Übergangsgefüge zwischen Braunlehm und Braunerde durch braune Vererdung.

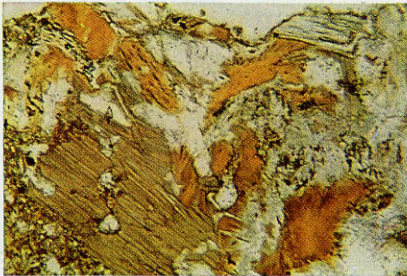
-
- Abbildung 5 Rotlehm auf Chloritschiefer. Stadtrand von Saloniki. Der Boden wird abgegraben, gesiebt und als Garten- und Blumentopferde verkauft. Der ockergrau gefärbte Boden im Hintergrund ist meridionale Trockenbraunerde (rezente, dem heutigen Klima entsprechende Bodenbildung).
- Abbildung 6 Verbraunter Rotlehm. Nordhang der Sierra Morena in Estremadura, Spanien. Im Hintergrunde weniger verbrauchter Boden, der die ehemalige rote Farbe besser erkennen läßt.
- Abbildung 7 Ballota-Eichenhain, Pedroches, Spanien, mit noch geschlossenem, doch bereits merklich degeneriertem Rasen. Boden: gut entwickelte meridionale Braunerde auf Granit.
- Abbildung 8 Durch mehrfache Ackernutzung zerstörter Rasen unter ehemaligem Ballota-Eichenhain, Pedroches, Spanien. Boden degeneriert, humusarm mit starkem Fruchtbarkeitsrückgang. Einsetzen beschleunigter Bodenerosion.



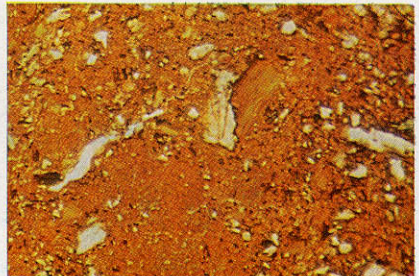
Dünnschliff 5



Dünnschliff 6



Dünnschliff 7



Dünnschliff 8

- Dünnschliff 5 *Rotlehm auf Biotitgneis, (B)/C-Horizont, bei Arenas de San Pedro, Südhang der Sierra de Gredos, Spanien. In der Bildmitte wenig verwittertes, noch grün gefärbtes Paket von Biotit. In der linken unteren Ecke zu Vermikulit verwitterter rubefizierter Biotit. Gute Kali-Nachlieferung.*
- Dünnschliff 6 *Rotlehm auf Biotitgneis, (B)/C-Horizont, gleicher Schliff wie in Nr. 5, Aufnahme mit gekreuzten Nicols.*
- Dünnschliff 7 *Semibumide Braunerde auf Biotitgneis, (B)/C-Horizont, Sierra de Gredos. Wenig verwittertes grünes Biotitpaket, daneben ockergelb gefärbte Vermikulit-Aggregate. In der linken unteren Ecke flockiges Braunerdegefüge. Gute Kali-Nachlieferung.*
- Dünnschliff 8 *Rotlehm auf Serpentin, A-Horizont, Euböa. Sperrige Splitter von gelblich verwittertem Serpentin in dichter Rotlehmgrundmasse. (Aufnahme Dr. W. Krause).*

zone. Beide zeichnen sich sowohl auf der Iberischen Halbinsel als auch auf der Apenninen- und Balkanhalbinsel deutlich ab und lassen sich auch noch in Kleinasien, im Irak und in Persien erkennen. Die nördliche Zone zeigt Bodenbildungen, die sich im Charakter jenen von Mitteleuropa nähern. Die südliche Subzone, der Gürtel der Hartlaubgehölze, weist eine für sie besondere Prägung auf, obwohl viele Bodenbildungen bereits an afrikanische Formen erinnern. In größerer Menge treten hier Salzböden in Erscheinung, die zum Teil Salzwüsten bilden. An der Südgrenze geht die südliche Subzone zumeist in Halbwüste und Wüste über, im eigentlichen Mittelmeergebiet südlich der noch mediterranen Atlasländer in die Sahara. Zwischen nördliche und südliche Subzone kann sich noch eine Übergangszone einschieben (mittlere Subzone).

4. Einfluß der Seehöhe

In allen mediterranen Subzonen treten mit steigender Seehöhe wesentliche Unterschiede in der Art der Bodenentwicklung auf. Auf Silikatgesteinen gehen in der südlichen Subzone die meridionalen Trockenbraunerden in etwa 1000 m in semihumide bis humide Braunerden über und können in einer subalpinen bis alpinen Zone mit Silikat-Humusböden (Rankern) oder alpinen Rohböden abschließen. In der nördlichen Subzone wechseln humide Braunerden zu podsoligen Böden bis Podsolen über (siehe Tafel III). Auf Kalkgesteinen reichen die roten (Terra rossa) und braunen (Terra fusca) Böden mit starker Verwitterung und Tonanreicherung bis zu einer Höhe von 1500 bis 2000 m und gehen dann in Zonen über, in denen nur Kalkhumusböden (Rendsinen) anzutreffen sind.

5. Einfluß vorzeitlicher Klimate

Wer sich mit der Altersbestimmung der Böden beschäftigt, kommt bald zu der Erkenntnis, daß nicht alle Böden einer Region in der Gegenwart entstanden sind. Eine Reihe von Bodenformen verdanken ihre Entstehung Bildungsvorgängen im Pleistozän oder im Tertiär, seltener älteren geologischen Zeitperioden. Viele dieser Bodenformen unterscheiden sich schon durch auffallende äußere Merkmale von den Bodenbildungen der Gegenwart, wie durch die intensivere Farbe, höhere Tongehalte und Ausscheidungen von freien Eisenoxydhydraten durch die intensivere Verwitterung. Aus bestimmten Gründen unterscheiden wir unter diesen Bildungen (Paläoböden) *Reliktböden*, wenn diese Bildungen sich auch heute noch an der Erdoberfläche befinden und sich ihr ursprünglicher Charakter noch deutlich erhalten hat, *Fossilböden*, wenn diese von Sedimenten oder vulkanischen

Laven bedeckt und damit der Biosphäre und dem Bereich der Bodenbildung entrückt worden waren. Reliktböden können durch die Wirkung der andersgearteten rezenten Umweltverhältnisse mehr oder minder stark verändert werden. Die häufigste Form der Veränderung oder Transformation von Reliktböden in den Mittelmeergebieten ist die sogenannte braune Vererdung in der Feuchtzone und die Lockerung und Verstaubung in der Trockenzone. Auch die Tatsache, daß eine solche Umwandlung bei bestimmten Böden erfolgen kann und sichtbar wird, ist ein Zeichen, daß es sich um Reliktböden, das heißt um solche in anderen vorzeitlichen Klimaten entstandene Bildungen handelt.

Reliktböden spielen in allen Mediterrangebieten eine größere Rolle als in feucht gemäßigten oder immerfeuchten tropischen Zonen. Im Mittelmeergebiet hängt das damit zusammen, daß die Nähe der afrikanischen subtropischen und tropischen Bodenzone in Zeiten erheblicher Klimaschwankungen mehr oder minder starke afrikanische Einflüsse mit sich gebracht hatte, worauf später noch zurückgekommen werden soll. Ferner ist die Wirkung der heutigen Umweltverhältnisse, besonders in der trockenen südlichen Subzone, nicht stark genug, um eine tiefgreifende Umwandlung der Reliktböden herbeiführen zu können; der Gegensatz zwischen den Reliktböden und den Böden der Gegenwart ist darum auch größer und auffallender als in anderen Gebieten.

II. Bodenbildungen auf Kiesel- und Silikatgesteinen

*6. Die meridionale Trockenbraunerde**

(Synonyme: brauner Trockenwaldboden, mediterrane Braunerde, südliche Braunerde)

Während im feuchtgemäßigten Klima Mitteleuropas eine humide Braunerde mit intensiver chemischer Verwitterung und guter Mullbildung bei geschlossenem üppigen Pflanzenwuchs, im immerfeuchten tropischen Afrika ein dichter, schwer durchlässiger, zu Staunässe neigender Braunlehm überwiegt, tritt in der mittleren und südlichen Subzone des Mittelmeergebietes eine Bildung in den Vordergrund, die im Profil und im Gefüge zwar braunerdeähnlich ist, aber eine helle Farbe, geringe chemische

* Bodennamen und Profilnomenklatur nach *W. Kubiena*: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas, Stuttgart 1953.

Verwitterung, geringe Humusgehalte, geringe Humushorizonttiefen und ein stark reduziertes Bodenleben zeigt. Wo der Boden nicht in Kultur genommen wurde, ist er von einer spärlichen offenen Trockenvegetation bewachsen, zumeist zwergstrauchähnliche Varianten des *Quercetum ilicis*. Diese Böden waren ursprünglich Waldböden (zumeist Stecheichenwälder, die sich nur in wenigen Relikten erhalten haben), erleiden aber durch die Kultivierung erhebliche Fruchtbarkeitseinbußen, die schon durch die starke Ackernutzung in der Römerzeit einsetzte, in der Gegenwart aber besonders auffallend in Erscheinung tritt. Die Ursachen des Fruchtbarkeitsrückganges sind: Austrocknung des Bodens durch die starke Einstrahlung der sengenden mediterranen Sommersonne und Fehlen der schattenspendenden Vegetation, dadurch starke Lockerung des Bodengefüges, Nachlassen der Wirksamkeit der Bindesubstanzen bis zu fast völligem Gefügezerfall und Staubbildung, starke Erosion durch Wind und Wasser, geringer Pflanzenwuchs und geringe Humusbildung, starke Abnahme der chemischen Verwitterung, damit der Tonbildung, der Mobilisierung gebundener Pflanzennährstoffe, vor allem Verminderung der Bildung verfügbaren Kalis, geringes Wasserspeichervermögen und Fehlen einer ausreichenden Wasserversorgung der Kulturpflanzen. Welches Ausmaß diese nachteiligen Veränderungen durch einen schattenarmen Feldbau mit geringer Humusnachlieferung erreichen kann, zeigt eine Untersuchung von meridionalen Braunerden unter Waldrelikten oder unter Ballota-Eichenhainen (Abb.7). Diese Ballotahaine, die sich in verschiedenen Teilen Spaniens heute noch erhalten haben und in deren Schatten geschlossene Grasweiden entstanden sind, bildeten frühzeitig eine besonders gute Grundlage für eine rentable, auf Weidewirtschaft beruhende Schweinenutzung. Diese Schweineweiden bestehen in einigen Gebieten seit Jahrhunderten und haben sich für die Bodendecke außerordentlich günstig ausgewirkt. Die Böden sind dort heute noch auffallend tiefgründig, sie sind erdreich, biologisch aktiv mit guter Aggregatbildung, zeigen einen günstigen Wasserhaushalt und eine gute Humusbildung in Form von vorzüglich entwickeltem Mull. Durch den starken Bedarf an Ackerland werden viele dieser Flächen heute gerodet und wir erleben die Verarmung sozusagen vor unseren Augen (Abb.8). In vielen Fällen muß der Wechselfeldbau zufolge der raschen rückläufigen Bodenentwicklung nach 7 bis 10 Jahren eingestellt werden. Die meridionale Trockenbraunerde nimmt im Bereich der mittleren und südlichen Subzone aller Mediterrangebiete große Flächen ein, die dem Trockenfeldbau schwierige Probleme aufgeben. Auböden, die durch Ablagerung meridionaler Braunerden in Flußgebieten entstehen (meridionale braune Vegas), sind bei Möglichkeit künstlicher Bewässerung fruchtbar, kommen aber relativ selten vor.

7. Silikatrobböden und Ranker

An der Grenze der südlichen Subzone gegen die Wüste oder in Trockenklaven erleiden eine weitere Abnahme: die Humusbildung, die Intensität der chemischen Verwitterung, die Besiedelung durch höhere Pflanzen und im Zusammenhang damit andere Eigentümlichkeiten, die die Xeromorphie-Merkmale der Böden stark hervortreten lassen. Dies führt zu Bildungen, bei denen ein (B)-Horizont fehlt (*Ranker*) oder denen sowohl ein (B)-Horizont als auch ein Humushorizont mangelt (*Robböden*, *Wüstenböden*, *Yerma*). Die *Ranker* charakterisieren sich zufolge der spärlichen Vegetation und des reduzierten Bodenlebens durch geringe Humusgehalte und im Zusammenhang damit durch helle Färbung (*Xeroranker*). *Xeroranker* und *Silikatrobböden* sind zu Trockenfeldbau nicht mehr geeignet.

In Seehöhen über 1000 m sind *Ranker* häufig zu finden; sie sind humusreicher und darum graubraun bis schwärzlich-braungrau gefärbt. Sie finden sich im Bereiche humider Braunerden und sind zumeist Entwicklungsvorstufen zu solchen. Sie können weite Gebirgslandschaften einnehmen und unter stark atlantischen Einflüssen vielfach als Entwicklungsendstadien auftreten. Solche *Ranker* erreichen in Westspanien und Portugal Humushorizonte von 1 m Tiefe und mehr und finden sich an der Küste auf Granit sogar in der Fußstufe (atlantische *Ranker*).

8. Humide und semihumide Braunerden

Humide Braunerden, die den mitteleuropäischen Braunerden weitgehend entsprechen, sind die führende Bodenbildung auf Silikatgesteinen in der nördlichen Subzone. Sie sind neutrale bis mäßig saure Böden mit intensiver tiefreichender chemischer Verwitterung, gut ausgebildeten (B)-Horizonten, guter Aggregatbildung, guter Durchlüftung und guten Wasserverhältnissen. Ihre Kalinachlieferung ist gut, ihre Kaligehalte hängen von den Ausgangsgesteinen ab (siehe Dünnschliff 6). Humide und semihumide Braunerden kommen über etwa 1000 m Seehöhe auch in den Gebirgen der mittleren und südlichen Subzone vor. Es sind im wesentlichen Waldböden.

9. Semipodsole und Podsole

Beide Gruppen von Bodenbildungen sind nur als Gebirgsböden in der nördlichen Subzone eine typische Erscheinung. In der südlichen Subzone treten sie stark zurück und werden in den ihnen entsprechenden Höhenstufen durch humide Braunerden und *Ranker* ersetzt. Gut entwickelte Podsole, die in den Alpen in Höhen von etwa 1800 bis 3000 m führend sind, treten auch in der nördlichen mediterranen Subzone als seltene Bildungen und zumeist nur auf Kieselgesteinen (vorzugsweise Kieselsandsteinen) auf.

In der südlichen Subzone kommen Semipodsole nur vereinzelt vor; Podsole fehlen so gut wie völlig (Tafel III). Beide Bodengruppen charakterisieren sich durch saure bis stark saure Reaktion, geringe Nährstoff- und insbesondere Kaligehalte, starke Durchschlammung und Tendenz zu Bleichhorizontbildung sowie ungünstige, unvollständige Humifizierung und Durchsetzung der Humushorizonte mit zersetzungshemmenden Stoffen (Humusformen: Rohhumus und dystropher Moder).

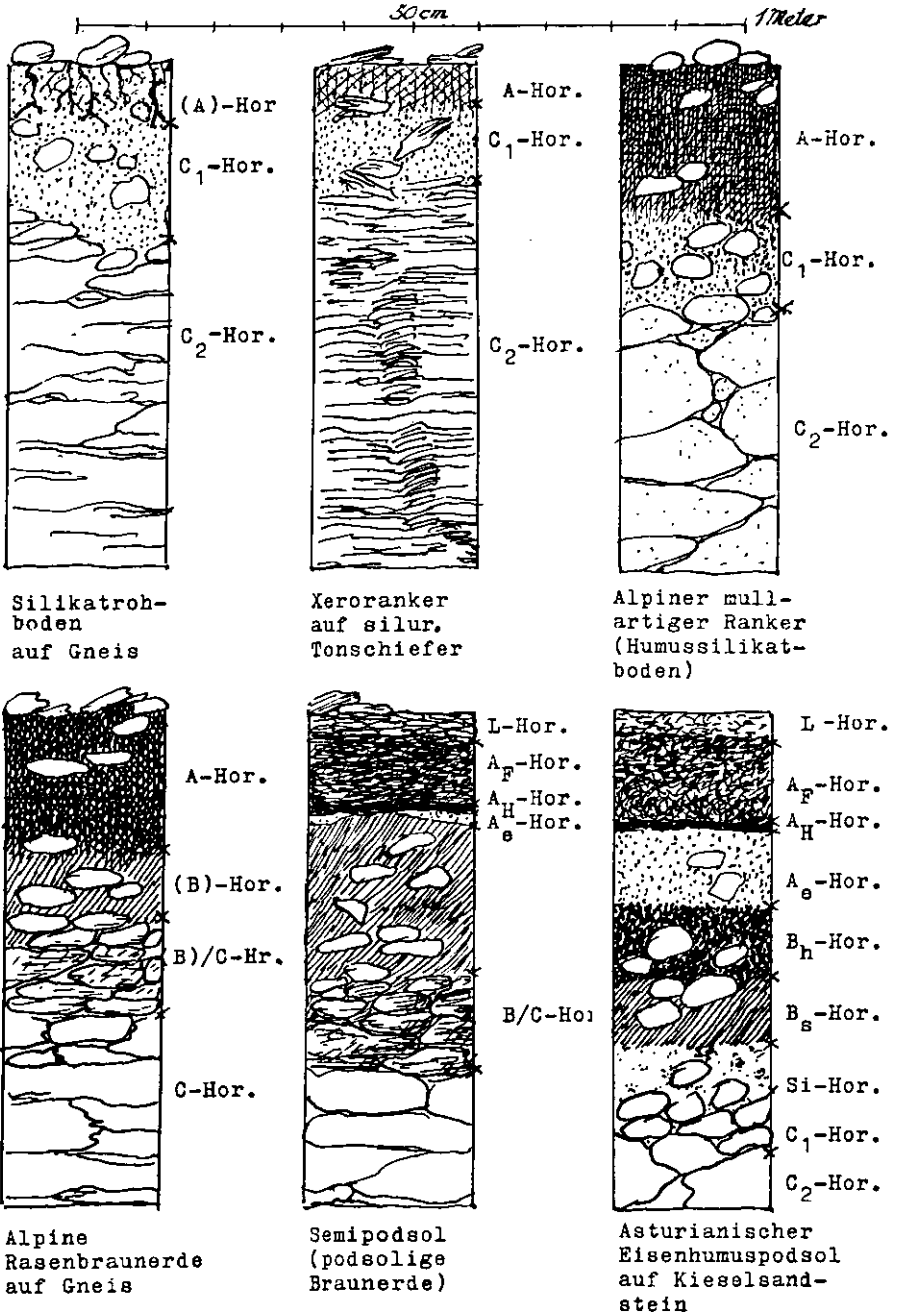
10. Braunlehme und Rotlehme

Alle Altersbestimmungen dieser Böden auf Silikatgesteinen ergaben übereinstimmend, daß sie durchwegs vorzeitlichen Klimaten ihre Entstehung verdanken. Im europäischen Teil des Mittelmeergebietes überwiegen Böden tertiären Alters (fossile Böden *in situ* wurden von pontischen Kalken, zum Teil auch noch von pliozänen Basalten überdeckt), während pleistozäne Bildungen selten sind. In den Atlasländern treten auch pleistozäne Paläoböden (besonders Rotlehme) neben den häufigen tertiären Relikten stark in den Vordergrund. Das Vorkommen solcher Böden, besonders der Rotlehme von ausgesprochener afrikanischer Prägung, geht darauf zurück, daß die Nordgrenze der Rotlehm- (Rubefizierung) und Braunlehm- bildung im Tertiär und im Pleistozän ähnlichen Schwankungen unterworfen war wie die Südgrenzen der Vereisung Europas in den Eiszeiten und Zwischeneiszeiten. Braunlehm- und Rotlehmrelikte sind im Mittelmeergebiet nicht nur als Bodenbildungen *in situ* anzutreffen, sondern in großer Verbreitung auch in Form von umgelagertem Material als Bodensedimente.

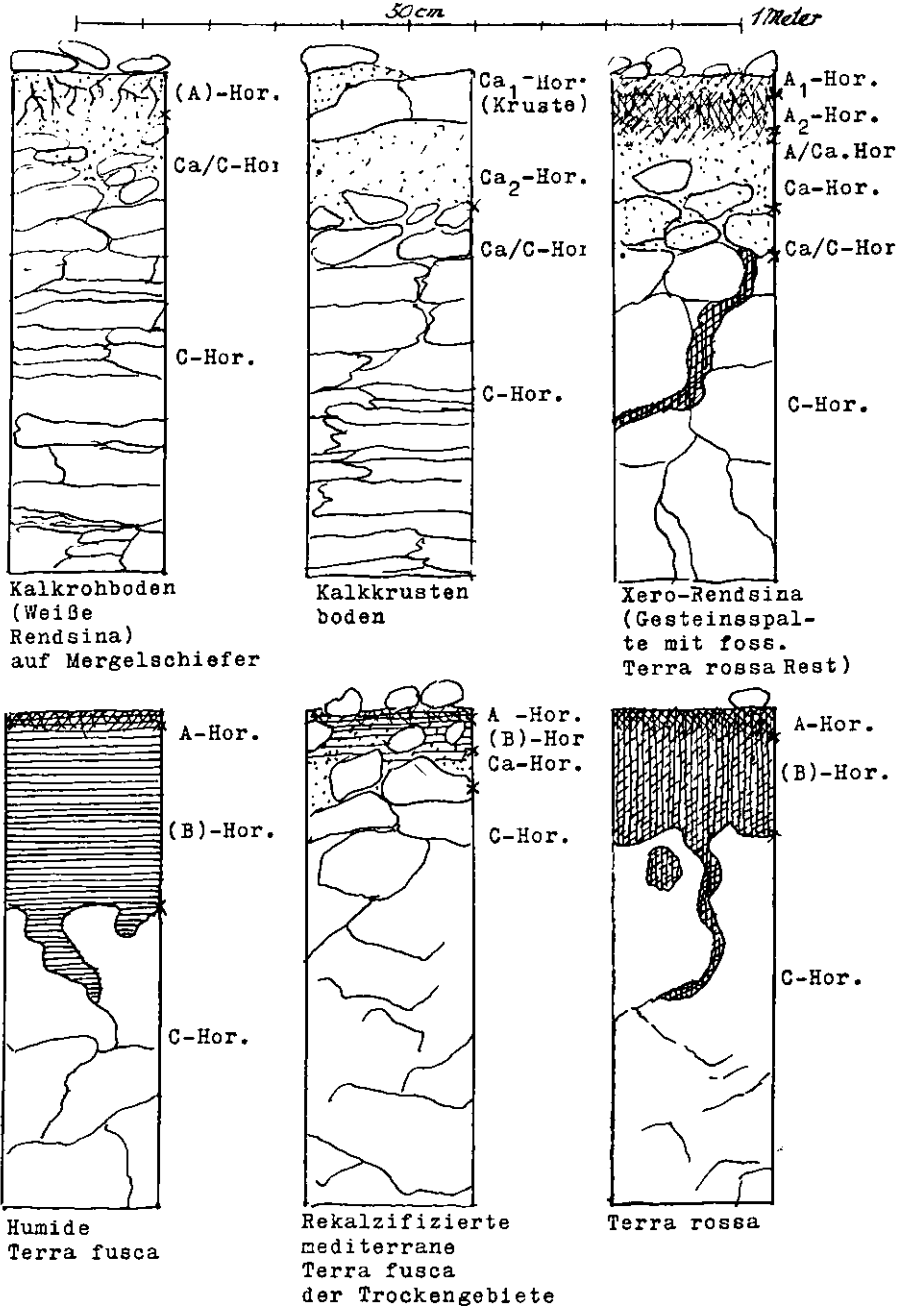
Alle Braunlehme und Rotlehme (siehe Dünnschliff 5 und 8) zeigen eine wesentlich höhere Verwitterung, Tonanreicherung und Abscheidung von freiem Eisenoxydhydrat als die rezenten Bodenbildungen, besonders jene in der südlichen Subzone. Hier können zufolge der heutigen klimatischen Verhältnisse Böden ihrer Zusammensetzung nicht mehr erreicht werden. Sie sind wertvoller als die rezenten Bodenbildungen, da sie ein größeres Wasserhaltevermögen und ausgeglichene Wasserverhältnisse haben, weshalb sie für die Landwirtschaft der südlichen Subzone von besonderer Bedeutung sind (siehe Abb. 5). Sie können erhalten und geschützt, aber bei Verlust nicht mehr ersetzt werden. Darum dient hier die Bekämpfung der Bodenerosion zugleich der Konservierung der in zunehmendem Maße der Abtragung verfallenden alten Bodendecken.

Braunlehme und typische Rotlehme neigen in den feuchten Tropen und Subtropen zu dichtem Gefüge von geringer Durchlässigkeit, welche Eigenschaft im Mittelmeergebiet zumeist weitgehend gemildert auftritt und nur bei künstlicher Bewässerung (Bodensedimente in Augebieten) wieder stär-

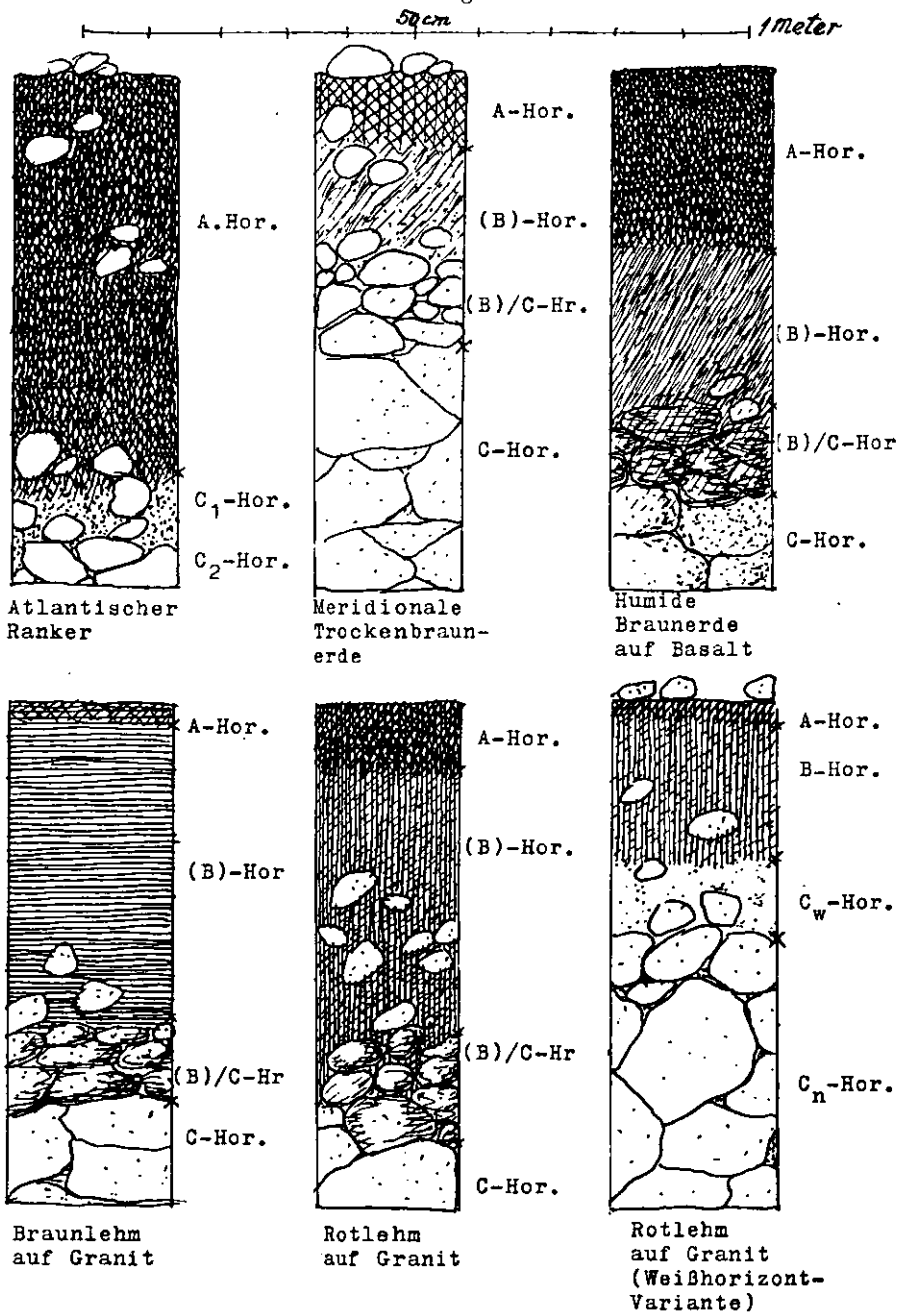
Tafel I. Profile der wichtigsten Mediterran-Böden



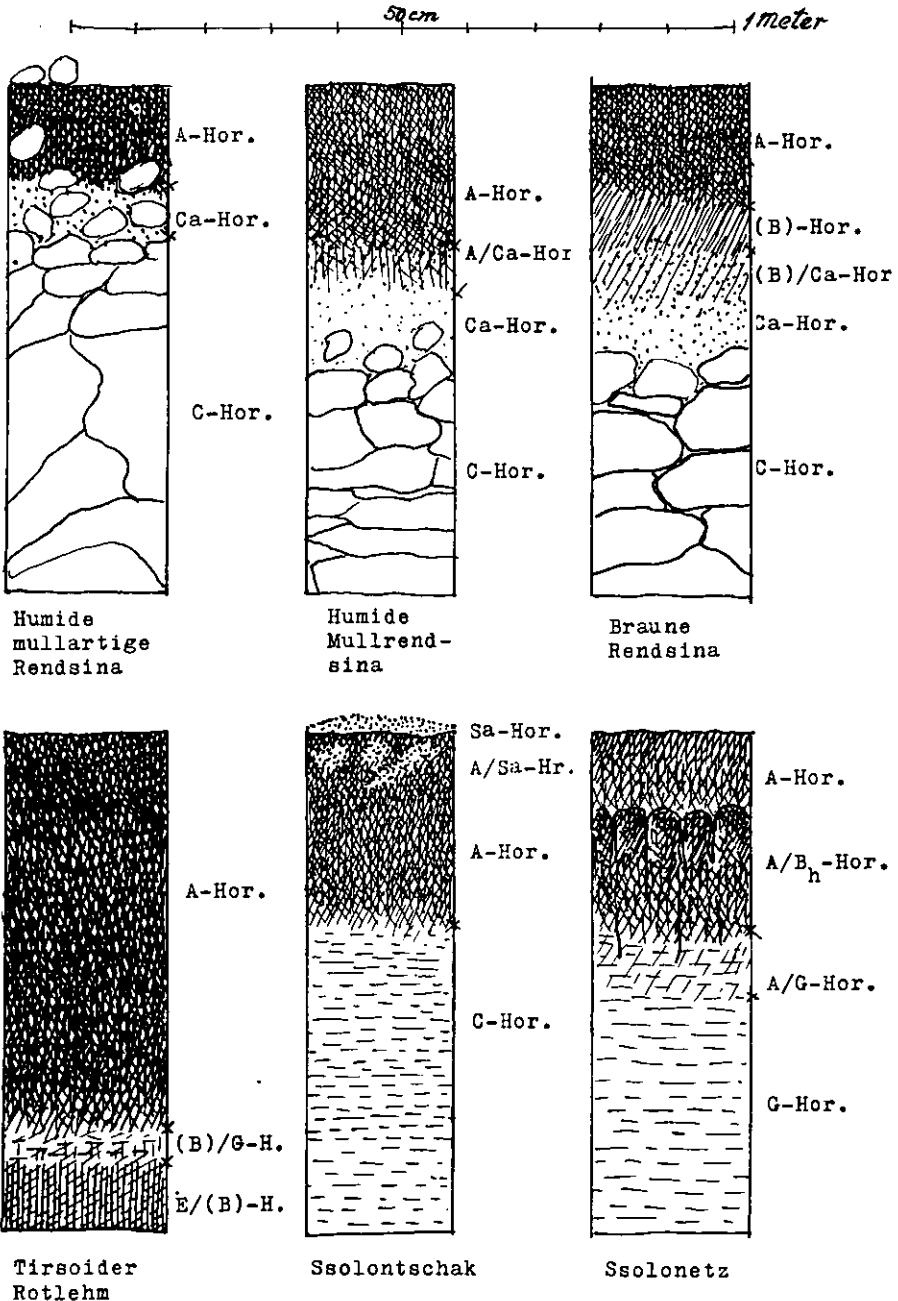
Tafel I. Profile der wichtigsten Mediterran-Böden



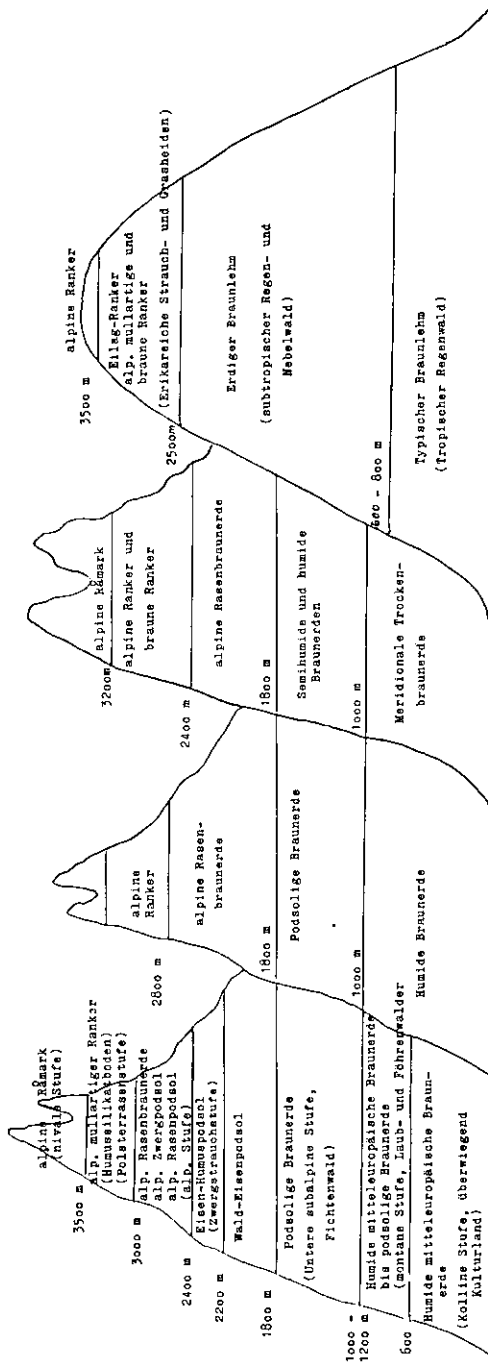
Tafel II. Profile der wichtigsten Mediterran-Böden



Tafel II. Profile der wichtigsten Mediterran-Böden



Tafel III. Gliederung der Bodenbildung (Silikatgesteine) nach Höhenstufen in verschiedenen geographischen Breiten



- 1. Zentralalpen
- 2. Nördliche mediterrane Subzone
- 3. Südliche mediterrane Subzone
- 4. Zone des äquatorialen Regenwaldes

Ans.: Die Höhegrenzen zeigen örtliche Schwankungen, vor allem nach der Art des Muttergesteines und nach der Exposition (ob Nord-, Süd- oder Westhang).

ker in Erscheinung tritt. Dichte Braun- und Rotlehmsedimente zeigen bei Austrocknung eine steinähnliche Verhärtung. Reife, stark verwitterte Braun- und Rotlehme sind nährstoffarm und zumeist stark kalibedürftig. Bei Rotlehmern kommen (besonders in Gebirgslagen) Bildungen vor, die in einem relativ geringen Entwicklungszustand stehen geblieben waren. Sie sind flachgründig und können auf günstigen Ausgangsgesteinen eine weit bessere Nährstoffnachlieferung zeigen als die meridionalen Trockenbraunerden, wie dies durch den Dünnschliff 5 demonstriert wird.

11. Umwandlung der Braun- und Rotlehme

Braun- und Rotlehme sind in Klimaten entstanden, die von den heutigen stark verschieden sind. Sie sind darum Umwandlungen ausgesetzt. Die Braunlehme sind in der nördlichen Subzone (mehr noch in Mittel- und Nordeuropa) und in größeren Seehöhen stärkeren Veränderungen unterworfen als in der südlichen Subzone. Hier ist es eine weitgehende Gefügelockerung (siehe Absatz 7), die diese Bildungen vielfach erst in Dünnschliffpräparaten in ihrem wahren Charakter erkennen läßt. Neben der Gefügelockerung können auch leichte Formen der braunen Vererdung (siehe Absatz 7) hinzutreten. Dennoch bleibt in der Regenzeit ein Teil der Braunlehm-Schlammstoffe beweglich und kann aus dem Oberboden ausgeschlämmt und in den Unterboden gewaschen werden. Durch Zusammenwirken beider Veränderungsformen nehmen die Krumen vielfach einen Charakter an, der jenen der meridionalen Trockenbraunerden ähnlich ist, so daß der Braunlehmcharakter erst im Untergrund voll in Erscheinung tritt.

Rotlehme können schon unter dem Einfluß vorzeitlicher Klimate eine Vererdung erleiden, indem die durch Rubefizierung gebildeten kleinen roten Eisenoxydhydrat-Kriställchen von Goethit und Hämatit zu krümeligen Aggregaten ausflocken (rote Vererdung) und gleichzeitig eine mehr oder minder starke Auswaschung von Schlammstoffen eintritt. Der Boden zeigt eine stabile Aggregatbildung, wird hohlraumreich und wasserdurchlässig. Bei mäßiger Vererdung und Durchschlämmung entstehen *erdige Rotlehme*, aus denen sich (nicht lateritische) *Roterden* bilden können, die ähnlich wie die lateritischen Roterden (*Laterisole*, *Latosole*), welche in den Mittelmeergebieten als Reliktböden so gut wie völlig fehlen, weitgehend ihre Plastizität eingebüßt haben.

Rotlehme können in der nördlichen Subzone und in Gebirgslagen auch eine braune Vererdung erfahren und werden durch sie zu *verbraunten Rotlehmern* (siehe Abb. 6, Dünnschliff 4).

In ebener Lage, Depressionen und Unterhängen kommt es auf Braunlehmern und Rotlehmern in der südlichen Subzone häufig zu einer besonde-

ren Umwandlung der Humushorizonte, die als *Tirsifizierung* bezeichnet wird. Sie geht auf die geringe Wasserdurchlässigkeit der Braunlehme und Rotlehme zurück. Die Humusbildungen zeigen Staunässe und schlammig-anmoorige Beschaffenheit in der feuchten Jahreszeit, trocknen aber im Sommer aus und tendieren zu einer terrestrischen Mullbildung. Ihre Verbreitung ist in den Atlasländern besonders stark; sie finden sich aber auch im europäischen Mittelmeergebiet, wie in Form der andalusischen Schwarzerden in Südspanien.

Auböden, die sich aus abgelagerten Braun- und Rotlehmsedimenten gebildet haben, sind im Mediterrangebiet häufig zu finden (Braunlehm-Vega, Rotlehm-Vega). Sie neigen zu Dichtschlammung und Staunässe. Versalzung durch Karbonate führt zu besonders schweren Strukturschäden.

III. Humide Bodenbildungen auf Kalkgestein

12. Humide Rendsinen

Dies sind junge Wald- und Weideböden, die in der nördlichen Subzone und in Hochgebirgslagen der Südzone starke Verbreitung haben. Sie sind je nach Humusgehalt grau bis schwärzlich gefärbt, flachgründig, nur aus einem Humushorizont bestehend, der entweder unmittelbar oder nach Zwischenschaltung eines weißen Kalkanreicherungshorizontes auf dem Kalkgestein aufliegt. Die humiden Rendsinen zeigen starke Kalkauswaschung, so daß sich in den Humushorizonten in der Regel nur klastischer Kalk findet, das heißt solcher, der aus feinen Trümmern des Muttergesteins besteht und als aus Lösung sekundär ausgeschiedener, rekristallisierter Kalk erst in den Ca-Horizonten erscheint. Wenig entwickelte Rendsinen mit geringen Tongehalten werden nach ihrer Humusform unterschieden als *Protorendsinen* und *mullartige Rendsinen* bezeichnet (nach *H. Pallmann*: Humuskarbonatböden). Mergelige Rendsinen mit tieferer Krume, guter Aggregatbildung, Humifizierung, gutem Wasserfesthaltevermögen und ausgeglichenen Wasserverhältnissen sind nach ihrer Humusform *Mullrendsinen* (nach *H. Pallmann*: Rendsinen im engeren Sinn). Rendsinen, die außer dem charakteristischen Rendsinahumus noch Ansätze eines (B)-Horizontes zeigen, werden als *braune Rendsinen* bezeichnet.

13. Terra fusca und Terra rossa

Die *Terra fusca* ist ein zumeist humusarmer tonreicher Boden auf Kalkgestein von intensiv ockergelber, ockerbrauner bis rötlichbrauner Farbe, die durch feinverteiltes amorphes Eisenoxydhydrat bewirkt wird. Da sie

aus zumeist mehrfach umgelagerten kalkarmen Sedimenten entstanden ist, liegt sie fast immer unmittelbar auf der festen Kalksteinunterlage auf. Kalkanreicherungshorizonte kommen selten vor und bilden sich zumeist nur auf Mergelgesteinen. Die Terra fusca entspricht in ihrer Mikromorphologie einem Braunlehm. Ihre Struktur ist instabil, sie verschlämmt leicht und neigt in Depressionen zu Staunässe. Wie aus Entwicklungsstudien hervorgeht, stellt sie eine Vorstufe zur Terra rossa dar, deren Entstehung auf Rubefizierung, das heißt durch Umbildung des amorphen Eisenoxydhydrates zu feinsten Kristalliten von Goethit und Hämatit beruht (siehe Dünnschliff 3). Die Mikromorphologie der Terra rossa ist die eines Rotlehms (siehe Absatz 10). Die Terra-rossa-Bildung ist jedoch nur an bestimmte Umweltbedingungen gebunden, die in der heutigen nördlichen Subzone nicht gegeben sind. Die hier vorkommende Terra rossa hat Reliktcharakter und zeigt darum in der Regel mehr oder minder starke Verbraunung im Oberboden (Umwandlung von Rotlehmgefüge in Braunlehmgefüge).

Die *humide* (typische) Terra fusca hat einen stark bolusähnlichen Charakter, zeigt bei Wasserverlust Sprengrißbildung und bröckeligen Zerfall, hat langsame, sehr flachgründige Humusbildung und ist in der Regel sehr nährstoffarm und stark kalibedürftig. Die Eisenausscheidung vollzieht sich in rundlichen Konkretionen von dunkelbrauner Farbe (siehe Dünnschliff 2). In höheren Lagen tritt braune Vererdung ein (*vererdete Terra fusca*).

IV. Bodenbildungen der Trockengebiete auf Kalkgestein

14. Robböden und Trockenrendsinen

In der südlichen Subzone verfolgt die rezente Bodenbildung deutlich andere Wege als in der nördlichen Subzone und in den nördlichen und südlichen Hochgebirgen. Während in der nördlichen Subzone bei der Bodenentwicklung die Rohbodenphase zufolge der leichten Humusbildung fast ganz übersprungen wird, tritt sie in der südlichen Subzone als eine stets deutlich ausgeprägte Entwicklungsstufe auf. Zufolgedessen sind *Kalkrohböden* eine häufige Erscheinung und zeigen sich vor allem auf Mergelsedimenten und Mergelgesteinen. Da ihnen ein Humushorizont fehlt, werden sie häufig als *weiße Rendsinen* bezeichnet (siehe Abb. 1 und 4). Sie sind biologisch träge und wirken auf Organismenreste geradezu konservierend. Sie kommen in extrem trockenen Lagen vor, sind vegetationsarm, für Olivenkultur jedoch noch gut geeignet. In den Erosionsrinnen, auf flachen Hängen und in Mulden zeigt sich zumeist bereits Humusbildung in Form von hellgrauen Humushorizonten (siehe Abb. 4).

Die Rendsinen der Trockenlandschaften sind humusarm und darum hell gefärbt. Diese *Xerorendsinen* zeigen schon im Oberboden neben klastischem Kalk (siehe Absatz 12) erhebliche Mengen von rekristallisiertem, aus der Lösungsphase ausgeschiedenen Kalk, wodurch zum großen Teil die helle Farbe des Humushorizontes mitbedingt wird. Solcher rekristallisierter Kalk wird auch reichlich in den Oberböden der Mergelrohböden ausgeschieden und kann zu Verdichtungen, plattigen Krusten oder felsähnlichen Verhärtungen führen (*Kalkkrustenböden*). Bei Gipsmergel kann anstelle der Karbonatkruste auch eine Kalziumsulfatkruste gebildet werden (*Gipskrustenböden*). Die Xerorendsinen sind in der Regel Mullrendsinen. Die Humusbildung ist somit nicht ungünstig, doch fällt durch die spärliche Vegetation zu wenig Pflanzenmaterial zu einem ausreichenden Humusaufbau an. In den kurzen Feuchtperioden ist eine rege Tätigkeit der Regenwurmfauna zu beobachten, die erst in den Rohböden so gut wie völlig ausfällt.

15. Trockenformen der *Terra fusca* und *Terra rossa*

Beide Böden finden in der heutigen südlichen mediterranen Subzone kaum günstige Bildungsbedingungen, da diese einen Grad von Trockenheit erreicht haben, daß auch die vorhandenen Relikte nicht mehr im Gleichgewicht mit ihrer Umwelt stehen, sondern tiefgehende Veränderungen erleiden. Diese Veränderungen bestehen in einer Lockerung durch Gefügesprengung (xeromorphe Vererdung), in einem beschleunigten Bodenabtrag, der durch die spärlich entwickelte Pflanzendecke noch gefördert wird und zu einer erheblichen Reduzierung der Bodendecke führt. Häufig wird diese völlig entfernt. Weitere Veränderungen bestehen in einer Verarmung an Humusstoffen und schließlich in einer starken Kalkanreicherung des ursprünglich entkalkten Bodenmaterials, das in extremen Fällen vollständig von rekristallisiertem Kalk durchsetzt wird. Die *Terra fusca* in der südlichen Zone unterscheidet sich von jener der humiden Gebiete zumeist durch einen auffallenden Gehalt an Fremdmaterial, besonders in der Schluff- und Feinsandfraktion, deren Herkunft zum Teil leicht bestimmt werden kann. Diese Beimengungen hängen mit der ungleich stärkeren Staubbildung und Winderosion in der südlichen Subzone zusammen, die in der Richtung gegen die Wüste zunimmt.

Rekalzifizierte *Terra fusca*- und *Terra rossa*-Bildungen mit xeromorpher Lockerung sind Umwandlungsformen und scheiden als Böden aus, die unter den gegenwärtigen Umweltverhältnissen entstanden sind. Wo Altersbestimmungen möglich waren, deutete ihr Ursprung auf Feuchtperioden des Tertiärs und des Pleistozäns. Aber auch Altersbestimmungen, die an entkalkten und im Typencharakter unveränderten Profilen vorgenommen wurden, führten bisher noch zu keiner Feststellung einer eindeutig rezenten

Bodenbildung. Obwohl die Untersuchungen nach dieser Richtung weitergeführt werden, scheinen die bisherigen, vor allem die Terra rossa betreffenden Ergebnisse darauf hinzudeuten, daß auch die Feuchtperioden im Pleistozän wärmer und feuchter gewesen sein mußten als das gegenwärtige Klima in der südlichen Subzone.

Ablagerungen von Terra fusca- und Terra rossa-Sedimenten in Flußtäälern führen zur Bildung von Böden, die als *kalkreiche Braunlehmvega* oder *Rotlehmvega* bezeichnet werden. Bei ausreichender Wasserversorgung bilden sie gewöhnlich fruchtbare Böden.

V. Gegenwärtige Tendenzen der mediterranen Bodenentwicklung

16. Befunde

Vergleichende bodenkundliche Untersuchungen, geobotanische, waldbauliche und historisch-geographische Forschungen ergaben übereinstimmend, daß sich die Areale der Trockengebiete in historischer Zeit stark vergrößert haben und auch weiterhin noch im Zunehmen sind. Die Xeromorphie der Böden verstärkt sich, humide Böden wandeln sich in semihumide, diese in Trockenböden um. Die Bodenerosion nimmt zu, auf immer weiteren Flächen werden ursprüngliche Bodendecken, die auf Grund einer langen Entwicklung entstanden sind, abgetragen und durch Neubildungen ersetzt, die vielfach über das Rohbodenstadium oder über Anfangsbildungen der Xerorendsina und der Trockenbraunerde nicht hinausgelangen.

17. Ursachen der Trockenboden-Zunahme

Sie liegen einerseits in einem allgemeinen Klimawandel im Mittelmeergebiet, der sich durch ein Trockenerwerden des Gesamtklimas und durch geringere Regenmengen in den Regenzeiten dokumentiert. Eine Folge von einigen feuchteren Jahren zeigt, daß relativ kleine Schwankungen (besonders in bezug auf regenreichere und wärmere Winter) genügen, um auffallende Einflüsse auf Pflanzenwuchs und Bodenleben zu bewirken. In den Kalkgebieten der südlichen mediterranen Subzone findet man in der Regel als rezente Bildungen Kalkrohböden und Xerorendsinen an der Oberfläche, während die Gesteinsspalten unter diesen Bodendecken reichlich tonreiche, stark verwitterte Terra rossa-Rückstände enthalten; sie deuten darauf hin, daß alle diese Standorte ehemals eine andere Bodendecke getragen hatten und Umweltverhältnisse eines feuchtwarmen Wechselklimas auf ihnen geherrscht hatten (siehe Tafel II, Xerorendsina). Ähnlich verhält es sich auch mit den Silikatböden, bei denen Braunlehmreste im Untergrunde von meridionalen Trockenbraunerden nicht selten sind.

Zu diesem allgemeinen Klimawandel kommen sehr entscheidende Einflüsse durch die Wirtschaftsweise des Menschen. Der große Holzbedarf (Schiffbau, Brennholznutzung) und die Notwendigkeit der Vergrößerung der Ackerfläche verkleinerten die langsam nachwachsenden Waldbestände und schufen durch stärkere Verdunstung, starke Sonneneinstrahlung und durch den ungehinderten Einfluß austrocknender Winde Komplexe von ungünstigen Kleinklimaten, die sich allmählich zu geschlossenen Arealen zusammenfügten. Die starke Beweidung durch im ganzen Mittelmeergebiet außerordentlich zahlreiche Ziegen und Schafe unterdrückten das Wiederaufkommen des Waldes und brachten eine starke Verarmung der Weidevegetation mit sich.

18. *Möglichkeiten der Beeinflussung der allgemeinen Bodenentwicklung*

Diese liegen auf gleicher Linie wie alle Maßnahmen, die der Verbesserung der natürlichen Grundlagen der Länder selbst dienen. Vergleichende bodenkundliche Untersuchungen haben gezeigt, daß der Einfluß der Beschattung des Bodens von großer Bedeutung ist für seine Verwitterung, seine Nährstoffmobilisierung, seine biologische Aktivität, die Ausnutzung künstlicher Düngergaben, seine Humusbildung, seine Strukturbildung und seinen Wasserhaushalt. Sie haben ferner gezeigt, daß die Vernichtung der Pflanzendecke durch übermäßige Beweidung, ein einseitiger Getreide-Trockenfeldbau ohne Humuswirtschaft und Humusnachlieferung die Fruchtbarkeit stark herabsetzt, die Bodenerosion beschleunigt und den Bestand wertvoller Bodendecken gefährdet. Sie haben gezeigt, daß auch die Vernichtung der Wälder den Wasserhaushalt ganzer Landschaften in Gefahr bringt und die Fläche der Trockenböden vergrößert. Da die südliche Subzone die Tendenz zeigt, sich immer mehr nach dem Norden auszudehnen, sind die Maßnahmen der Landschaftspflege auch für den Norden bedeutungsvoll.

Sie liegen in einer planmäßigen Ödlandaufforstung, in der Vergrößerung der Waldfläche vor allem durch Anlage von Schutzwäldern und Schutzwaldstreifen, in einer pfleglichen Waldnutzung unter möglicher Vermeidung von Kahlschlägen, in einer Vermehrung und pfleglichen Nutzung der Wasservorräte durch Schutz der Flußsysteme, Bau von Talsperren, Vergrößerung der künstlich bewässerten Areale, Förderung der Fruchthainanlagen und eines bodenpfleglichen Schattenfeldbaues. Unmittelbarer Bodenschutz ist durch Maßnahmen gegen die Bodenerosion dringend geboten.

Schrifttum

1. *Agafonow, W.*: Sols types de Tunisie. Ann. du S. B. A. T. T. XII-XIII, (1936)
2. *Albareda, J. Ma.*, und *Hoyos de Castro, A.*: Edafologia, Madrid (1948)
3. *Albareda, J. Ma.*: Mediterranean soils of the Spanish Levant and North Africa. Trans. 4. Int. Congr. Soil Sci. II, Amsterdam (1950)

4. *Albareda, J. Ma., Alvira, und Arevalo*: Contribution à l'étude des sols calcaires espagnols de climat aride. Int. Congr. Soil Sci., V 94, 579, Paris (1956)
5. *Anastasiades, P. H.*: General features of the soils of Greece. Soil Sci. 67, 347-362 (1948)
6. *Bramao, D. L.*: The soil map of Portugal. Trans. 4. Int. Congr. Soil Sci., 290-292, Amsterdam (1950)
7. *Cavallar, W.*: Study of the soils of the different regions of Marocco. Soc. Sci. Natur. Maroc. Trav. Sect. Pedol. I, 19-36 (1950)
8. *Carvalho de Cardoso, J. V. J.*: The soils of Southern Portugal. 7. Int. Congr. Soil Sci., 63-70, Madison (1960)
9. *Cornel, A.*: Elementi di Pedologia climatica. Udine (1937)
10. *Durand, J. H.*: Les sols d'Algérie. Pub. du S. C. H. Pédologie N° 2, Alger (1954)
11. *Durand, J. H.*: La classification des sols utilisée pour les cartes pédologiques d'Algérie. Int. Cong. Soil Sci., Leopoldville V, (1954)
12. *Franz, H.*: Drei klimabedingte Ranker-Subtropen Europas. Int. Congr. Soil Sci., V 22, 135-140, Paris (1956)
13. *Giesecke, F.*: Bodenkundliche Beobachtungen in Anatolien. Chemie d. Erde IV, 4 (1930)
14. *Gerassimow, I. P.*: Sols des régions méditerranéennes de l'Afrique (du Tell). Int. Congr. Soil Sci V, 30, 189-193, Paris (1956)
15. *Gračanić, Z.*: Die Beziehung zwischen Roterden und Waldgesellschaften des kroatischen Karstgebietes. Int. Congr. Soil Sci V 89, 549, Paris (1956)
16. *Hollstein, W.*: Beiträge zur Bodenkunde des Mittelmeergebietes. Bodenk. Forschungen VI, 2, 91-121 (1938)
17. *Huguet del Villar, E.*: Les sols méditerranéens étudiés en Espagne. Instituto Forestal de Investigaciones y experiencias. La Moncloa, Madrid (1930)
18. *Huguet del Villar, E.*: Types de sol de l'Afrique du Nord. Inst. Agricole d'Algérie, Tunis-Rabat (1947)
19. *Huguet del Villar, E.*: Suelos de España. Madrid (1949)
20. *Huguet del Villar, E.*: Los suelos de la Península Luso-Ibérica. Madrid (1937)
21. *Klinge, H.*: Zur Frage der zeitlichen Einordnung rezenter und vorzeitlicher Kalksteinböden der iberischen Halbinsel. 6. Int. Congr. Soil Sci. V 7, 31-35, Paris (1956)
22. *Klinge, H.*: Stellungnahme zur Altersfrage von Terra-rossa-Vorkommen unter besonderer Berücksichtigung der iberischen Halbinsel, der Balearen und Marokkos. Z. f. Pflanzenern., Düng. und Bdkde 7, 56-63 (1958)
23. *Kubiena, W.*: Entwicklungslehre des Bodens. Wien (1948)
24. *Kubiena, W.*: Bestimmungsbuch und Systematik der Böden Europas, Stuttgart (1953)
25. *Kubiena, W.*: Über Reliktböden in Spanien, Angew. Pflanzensoziologie. Aichinger-Festschrift 213-224 (1954)
26. *Kubiena, W.*: Kurze Übersicht über die wichtigsten Formen der Bodenbildung in Spanien. In: Die Pflanzenwelt Spaniens. Veröffentlichungen des Geobot. Institutes Rübel, Zürich (1956)
27. *Kubiena, W.*: Neue Beiträge zur Kenntnis des planetarischen und hypsometrischen Formenswandels der Böden Afrikas. Stuttgarter Geogr. Stud. 69, Lautensach-Festschrift (1957)
28. *Nevros, K., und Zvorykin, G.*: Zur Kenntnis der Böden der Insel Kreta. Bodenkundl. Forschungen VI, Nr. 4/5 (1939)
29. *Liatsikas, N.*: Die Verbreitung der Bodentypen in Griechenland. Bodenkundl. Forschungen VI, Nr. 4/5, 242-304 (1939)
30. *Marques, F. S., und Cardos, J. C.*: Les sols de l'Agarve (Sud du Portugal). Int. Congr. Soil Sci., Leopoldville V 74 (1954)
31. *Mancini, F. S.*: Observations sur l'évolution de sols au Val de Lima. Int. Congr. Soil Sci. V 63, 381, Paris (1956)
32. *Mancini, F.*: Recent soil surveys in South Italy. Transact. 5. Int. Congr. Soil Sci. IV (1954)

33. Müller, S.: Beobachtungen an rezenten Kalkrinden im nördlichen Algerien. Z. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. A, 107–117 (1954)
34. Oehmer, K.: Die Salzböden in der Türkei. Z. Pflanzenern. Düng. u. Bodenk. A 27, 117–119 (1932)
35. Oehmer, K.: Bodenkarte der Türkei. Ankara (1954)
36. Principi, P.: I terreni d'Italia. S.A.E. Dante Alighieri, Genova (1943)
37. Principi, P.: Geopedologia. Rom (1953)
38. Popvatz, M., und Spirese, M.: Les sols rouges du Sud-Ouest de la République Populaire Roumaine. Int. Congr. Soil Sci. V 102, 631, Paris (1956)
39. Reifenberg, A.: The soils of Syria and Lebanon. The Journal of Soil Sci. 3, 68–88 (1952)
40. Reifenberg, A.: The soils of Palestine. London (1947)
41. Rotini, O.T.: Argiles et Terrains argileux d'Italie. 7. Int. Congr. Soil Sci. 395–401, Madison (1960)
42. Soteriades, C.G.: Red soils of Cyprus. Int. Congr. Sci V 9, 53–59, Paris (1956)
43. Vageler, P.: Beiträge zur Landes- und Bodenkunde Persiens. Z. Pflanzenern., Düng. u. Bodenk. A. 27, 22–64 (1933)
44. Vageler, P.: Zur Bodengeographie Algiers. Petermanns Geogr. Mitt., Erg. Heft 258, 11 (1955)

ZUSAMMENFASSUNG

Die Böden des mediterranen Raumes

Das Mediterrangebiet zeigt eine seltene Vielfalt in seiner landschaftlichen Gestaltung. Dennoch zeigt diese Vielfalt in allen seinen Teilen seine ausgeprägte Eigenart, nicht nur im Landschaftscharakter und in den besonderen Pflanzendecken, sondern auch in den Böden. Das Mediterrangebiet kann durch die Art der Bodenbildung nicht nur leicht erfaßt und abgegrenzt werden, durch sie lassen sich auch Gebiete in anderen Teilen der Welt, die in ihren Umweltverhältnissen mehr oder minder weitgehend jenen der Mittelmeerländer entsprechen, leicht erkennen und in ihrem Charakter typisieren (z. B. Kalifornien, Mittelchile, die südafrikanische Kap-Provinz, der Irak, Persien, Turkmenien, Süd- und Südwestaustralien u.a.). Die Verhältnisse sind vielfach so ähnlich, daß Untersuchungsergebnisse, die in den Mittelmeerländern im engeren Sinne gewonnen wurden, auch für weite Gebiete ähnlicher Struktur in anderen Weltteilen Gültigkeit haben.

Der Vortrag des Autors hat den Zweck, an der Hand ausgewählter Farbdiapositive von Landschaften, Bodenprofile und Dünnschliffpräparaten aus verschiedenen Mittelmeerländern einen anschaulichen Einblick in das Wesen der Mediterranböden, in ihre Umwelt, ihre Entstehungsbedingungen, ihren Aufbau, ihre Strukturbildung, Zusammensetzung, Biologie, Dynamik, Erodierbarkeit, landwirtschaftliche und forstliche Nutzung, ihren Wert, ihre Verfügbarkeit an Kali und anderen Nährstoffen zu geben.

Als wichtigste Mediterranböden werden behandelt:

a) *Auf Silikat- und Kieselgesteinen*: die mediterranen (meridionalen) Trockenbraunerden, die semihumiden Braunerden der Höhenwälder, die humiden Braunerden, Semipodsole und Podsole in Feuchtenklaven, die mediterranen Rotlehme und Silikat-Roterden, die Braunlehme und ihre Vererdungsformen, die Ranker und Rohböden.

b) *Auf Kalkgesteinen*: die Kalkrohböden und Xerorendsinen, die humiden Rendsinen in Feuchtenklaven, die mediterranen Terra rossa- und Terra fusca-Formen.

c) *Auf lockeren Sedimenten*: vor allem die Tirsböden und tirsoiden Braunlehme, Rotlehme und Mergel und die mediterranen Auböden.

Diese Böden werden mit Böden anderer Gebiete, besonders mit solchen der tropischen und feucht-gemäßigten Zone verglichen und an der Hand von Bildern und Dünnschliffaufnahmen die bestehenden Unterschiede und Parallelen in ihrem Aufbau, ihrer Entstehung und Leistung besonders herausgestellt.

Geologische, landschaftsgeschichtliche und entwicklungskundliche Studien lassen erkennen, daß den einzelnen Bodentypen des Mediterrangebietes nicht nur verschiedene Bildungsbedingungen, sondern auch verschiedene Entwicklungszeiten und Entwicklungsformen entsprechen. Während einige dieser Bodenbildungen eine sehr einfache und relativ kurze Entstehung haben, weisen andere einen komplizierten, durch weitgehenden Klimawandel bedingten Entwicklungsgang auf. Die gegenwärtige Entwicklungstendenz der Mediterrangebiete charakterisiert sich durch eine fortschreitende Trockenheitszunahme, die sich in Form einer auffallenden Xeromorphie in der Vegetation und in den Bodenbildungen auswirkt.

Auf die starke Trockenheitszunahme in der Gegenwart gründet sich zu großem Teile der heutige Charakter der Mediterrangebiete. Die Kenntnis dieser charakteristischen Entwicklungstendenz und ihrer Auswirkungen ist darum wichtig, weil sie durch bestimmte Wirtschaftsmaßnahmen stark beschleunigt werden und zu empfindlichen Verlusten und Mißerfolgen führen kann.

RÉSUMÉ

Les sols des régions méditerranéennes

La région méditerranéenne présente une rare diversité dans ses paysages. Pourtant, chaque élément qu'il soit du paysage, de la végétation et aussi des sols, présente ses caractères bien distinctifs. La pédogénèse ne permet pas seulement de concevoir facilement la région méditerranéenne, elle nous permet aussi de reconnaître et de classer selon leurs caractéristiques d'autres régions d'autres continents dont les conditions de leur milieu ambiant correspondent plus ou moins fortement à celles des pays méditerranéens (p. ex. Californie, Chili central, Province du Cap en Afrique du Sud, Irak, Perse, Turkménistan, Sud et Sud-Ouest de l'Australie, etc.). Les conditions sont souvent si semblables, que des résultats d'analyses entreprises dans des pays du bassin méditerranéens sont également valables pour de grandes régions à structure semblable qui se trouvent dans d'autres continents.

L'exposé de l'auteur est destiné à donner une image de la nature des sols méditerranéens, de leur milieu, des conditions dans lesquelles ils ont été formés, de leurs constitutions, de leurs structures, composition, biologie, dynamique, érodabilité, de leur exploitation agricole et forestière, de leur valeur, de leur teneur en potassium et en autres éléments nutritifs à l'aide de clichés en couleurs repré-

sentant les paysages, des profils et des lamelles minces de sols de différents pays méditerranéens.

Les principaux sols méditerranéens traités sont les suivants:

a) *Sur silicates et roches silicieuses*: les terres brunes sèches méditerranéennes (méridionales), les terres brunes semi-humides des forêts d'altitude, les terres brunes humides, les semi-podzols et les podzols des enclaves humides, les limons rouges méditerranéens et les terres rouges silicieuses, les limons bruns et leurs formes terreuses, les rankers et les sols bruts.

b) *Sur roches calcaires*: les sols bruts calcaires et les xérendzines, les rendzines humides dans les enclaves humides, les formes terra rossa et terra fusca.

c) *Sur sédiments meubles*: avant tout les tirs et les braunlehms, rotlehms et marnes tirsoïques et marnes et les sols alluviaux méditerranéens.

Ces sols sont comparés à ceux d'autres régions, particulièrement à ceux des régions tropicales et tempérées humides. A l'aide de clichés et de lamelles minces, les différences et les parallèles entre ces sols en ce qui concerne la constitution, la formation et la productivité sont particulièrement soulignées. Des études géologiques, topographiques et de développement permettent de déceler qu'aux différents types de sols méditerranéens ne correspondent pas seulement différentes conditions de formation, mais également différentes époques et formes de développement. Alors que certains de ces sols ont été formés de façon très simple et au cours d'une période relativement brève, d'autres se sont développés de façon compliquée influencée par des modifications climatiques importantes. Actuellement la tendance qui se fait jour dans les sols méditerranéens est caractérisée par une augmentation continue de la sécheresse qui s'extériorise sous la forme d'une xéromorphie remarquable de la végétation et de la pédogénèse.

Le caractère général des régions méditerranéennes repose actuellement pour une large part sur l'augmentation de la sécheresse. La connaissance de cette tendance et de ses conséquences est indispensable, car elle peut être accélérée par certaines mesures économiques qui peuvent provoquer des pertes sensibles et des insuccès.

SUMMARY

The soils of the Mediterranean region

The Mediterranean region displays an uncommon diversity of forms in its landscape. Moreover this diversity displays its marked individuality in all its parts, not only in the character of the landscape and in the special plant cover but also in the soils. The Mediterranean region can not only be easily detected and delimited by the nature of the soil formation but also regions in other parts of the world whose environmental conditions agree more or less closely with those of the Mediterranean countries, can easily be recognised by their characters and classified in their structure (e.g. California, central Chile, the Cape Province of South Africa, Iraq, Persia, Turkmenistan, Southern and South-Western Australia, et al.). The conditions are often so similar that the results obtained in investigations carried out in the Mediterranean countries in the stricter sense also apply to wide regions of similar structure in other parts of the world.

The author's purpose in this lecture is to give a clear insight into the nature of the Mediterranean soils, their environments, the conditions which led to their formation, their development, structural formation, composition, biology, dynamics, liability to erosion, their utilisation for agriculture and forestry, their value and their ability to supply potash and other nutrients. He hopes to attain this objective by a selection of coloured lantern slides of landscapes, soil profiles and micro-structure as revealed by thin sections from different Mediterranean countries.

The following soils, as the most important of the Mediterranean Region, are considered:

a) *On silicate- and siliceous rocks*: The Mediterranean arid brown earths. The semi-humid brown earths of the high forests, the humid brown earths, semi-podzols and podzols in moist enclaves. The Mediterranean red loams and silicate red earths. The brown loams and their antecedent forms – the rankers and raw mineral soils.

b) *On calcareous rocks*: The limestone raw soils and xerorendzinas. The humid rendzinas in moist enclaves. The Mediterranean forms of terra rossa and terra fusca.

c) *On loose sediments*: Above all, the tirs soils, and tirsoid brown loams, red loams and marls. The Mediterranean alluvial meadow soils.

These soils are compared with soils of other regions, especially with those of the same type from the tropical and moist temperate zones; the existing differences and parallels in their structure, development and particularly their performance set forth by means of pictures and photographs of thin sections.

Studies of the geology, the history of the landscape and of their evolution reveal that the individual soil types of the Mediterranean region not only correspond to different conditions of formation but also to different periods of evolution and different forms of development. Whilst some of these soil formations have a very simple and relatively short development, others display a complicated course of development caused by far-reaching changes in climate. The present evolutionary tendency in the Mediterranean region is characterised by a progressive increase in aridity, which is expressed in the form of a striking xeromorphy in the vegetation and in the soil formations.

To a large extent the present character of the Mediterranean region is based on the great increase of aridity which is now in progress. A knowledge of this evolutionary tendency and of its effects is important because they are greatly accelerated by certain cultural operations and can lead to a susceptibility to losses and crop failures.

RESUMEN

Los suelos de las regiones mediterraneas

La zona del Mediterráneo presenta una escasa diversidad en lo que se refiere a su carácter geográfico. No obstante ello, esta diversidad presenta en todos sus componentes su particularidad especial, no sólo con respecto al carácter del paisaje y a las capas especiales de las plantas, sino también a los suelos. La zona del

Mediterráneo, por la formación del suelo, no sólo puede ser comprendida y delimitada fácilmente, sino que merced a ella se pueden reconocer y clasificar también zonas en otras partes del mundo que en su ambiente corresponden, con mayor o menor amplitud, a las de los países del Mediterráneo (por ejemplo, California, Chile Central, la provincia de El Cabo en Africa del Sud, el Iraq, Persia, Turcomania, Sur y Sudeste de Australia y otras). Las relaciones son, en muchos casos, tan semejantes que los resultados de las investigaciones efectuadas en países del Mediterráneo en el sentido más limitado, tienen también validez para amplias zonas de estructura análoga en otras partes del mundo.

La exposición que hace el autor de este trabajo tiene por objeto proporcionar, a base de escogidas diapositivas en color de paisajes y perfiles de suelos de diversos países del Mediterráneo y de láminas delgadas, una idea clara del carácter de los suelos mediterráneos, de su ambiente, su origen, su constitución, su formación estructural, composición biológica, dinámica, posibilidad de erosión, explotación agrícola y forestal, su valor, su disponibilidad en potasa y otros elementos nutritivos.

Como suelos más importantes del Mediterráneo se tratan:

a) *Sobre rocas silíceas*: las tierras pardas secas mediterráneas (meridionales), las tierras pardas semihúmedas de los bosques montañosos, las tierras pardas húmedas, los semi-podsóles y podsóles en emplazamientos húmedos, los rotlehm mediterráneas y roterde de silicatos, los braunlehm pardo y sus formas de terrificadas, los ranker y los suelos brutos.

b) *Sobre rocas calizas*: los suelos brutos calizos y xerorendsinas, las rendsinas en lugares húmedos, las formas de terra rossa y terra fusca.

c) *En sedimentos movedizos*: en especial los suelos tirs y los braunlehm, rotlehm y margas tirsoides, así como los suelos mediterráneas de las vegas.

Estos suelos se comparan con los de otras zonas, sobretodo con los de la zona húmeda tropical y templada y presentando imágenes y fotografías hechas de laminas delgadas, se demuestran las diferencias y los paralelismos que existen en su construcción, formación y rendimiento.

Estudios geológicos, de la historia y del desarrollo de las regiones permiten reconocer que a los diferentes tipos de suelos de la zona mediterránea corresponden, no sólo diferentes condiciones ambientales, sino también épocas y formas evolutivas distintas. Mientras algunos de estos suelos son de formación muy sencilla y relativamente corta, otras presentan un proceso evolutivo muy complicado originado por un ampleo cambio climatológico. La tendencia de desarrollo actual en las zonas mediterráneas se caracteriza por un aumento progresivo de sequía, que se manifiesta en forma de una xeromorfía muy notable en la vegetación y en los suelos.

El carácter de las zonas mediterráneas se basa, en grand parte, sobre el fuerte aumento de sequía existente en la actualidad. El conocimiento de esta tendencia característica de evolución y sus repercusiones es importante por el hecho de que mediante determinadas medidas económicas, puede ser acelerado considerablemente y conducir a sensibles pérdidas y fracasos.

Plant Growth under Mediterranean Climatic Conditions as Influenced by Water Supplies

DR. ROBERT M. HAGAN

Professor of Irrigation and Chairman, Department of Irrigation
University of California, Davis, California, USA

Introduction

There is widespread recognition of the need for managed water supplies to achieve a more productive and stable agriculture under Mediterranean climates. Accordingly much attention is now directed to planning and construction of major water storage structures and irrigation canals.

In general, many problems involved in achieving efficient use of the water made available by construction of dams and other facilities are overlooked or minimized. Major construction projects are far more spectacular than the detailed investigations and relatively minor irrigation works required to utilize this developed water in an efficient manner. Actually a new irrigation project should not be considered as complete until well-engineered provisions have been made to apply water efficiently to the last crop row on the last farm and adequate arrangements made for the drainage of any surplus waters wherever necessary. There is now a growing recognition of the great need for improved management of irrigation water in order to obtain increased crop production. The development of efficient water management programs will require a thorough understanding of water, soil, fertility and other factors determining crop production.

A recent FAO report (10) suggests that: "... improved water management (including irrigation and drainage practices) can probably do more towards increasing food supplies and agricultural income in the irrigated areas of the world than any other agricultural practice." Although irrigation and/or drainage may change the plant environment - and thus influence crop growth - more than any other single practice, the control of water alone is seldom adequate to achieve a highly productive agriculture. Irrigation *alone* will often cause a striking improvement on yield initially, but unless the supply of plant nutrients in the soil is later increased by fertilization, crop yields are liable to fall as the hitherto unused nutrient reserves

in the soil are exhausted by the increased crops made possible through irrigation (12). Unfortunately the high cost of irrigation and drainage schemes often appears to leave little money for expenditures on fertilizers and other agricultural requirements. On a long term basis, however, managed water supplies, adequate fertilizers and proper attention to other cultural practices will *all* be needed to maximize crop production. Water resources engineers, economists and investment planners, and government leaders should give greater attention to the fact that the building of water supply facilities will not alone increase crop production. It should be stressed that 1. water supply projects must provide for delivery of water to crops in accordance with their water requirements and 2. the introduction of irrigation or the improvement of irrigation and drainage should be accompanied by a complete program of better cropping practices. Both are essential if the full production potentials of the land and of the irrigation water are to be achieved and if serious disappointments and even ultimate failure of irrigated agriculture are to be avoided.

Water-soil-crop relations

The gross effects of deficient and of excessive soil moisture on plant growth are well known, but controversy has existed for many years around the question whether the so-called "available moisture" is equally available for plant growth or is available only with such increasing difficulty that plant growth functions are retarded before the wilting point is reached. These viewpoints have been summarized by several authors (6, 9, 16, 18 and 19). Differences of opinion on this matter are of more than academic concern, for our answer to the farmers' very practical question "when should I irrigate" depends upon our understanding of soil water-plant growth relations. The now voluminous literature on water-soil-plant relations includes many reports of irrigation experiments on given crops from which seemingly diametrically opposed conclusions have been drawn. This situation is most confusing, especially to those of you who must attempt to apply the results of irrigation research to the practical problems of water-fertility-crop relations.

The essence of the several viewpoints on crop responses to soil water conditions will be summarized by a series of schematic diagrams which represent plant responses as the available soil water is depleted within one irrigation cycle. *Veihmeyer and Hendrickson's* theory, that plants can obtain a supply water with equal facility between field capacity (FC) and the wilting point or permanent wilting percentage (PWP), can be illustrated by Figure 1. This represents their view that rate of growth is not diminished over the available range or, in other words, that no measurable increases in

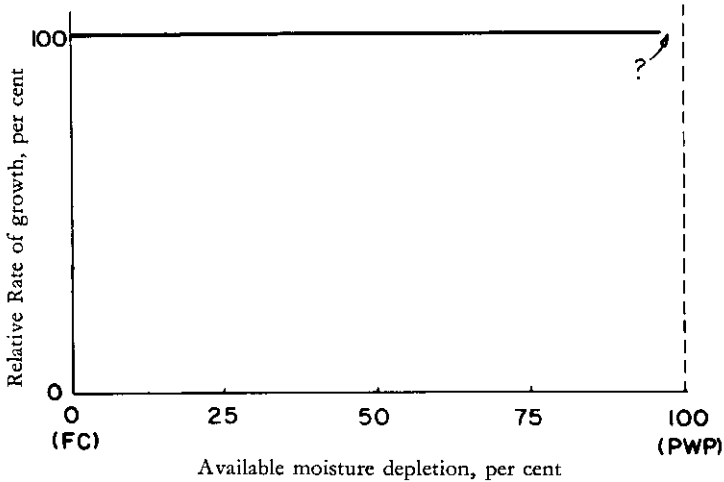


Figure 1 Schematic representation of *Veibmeyer and Hendrickson's* theory of equal availability of soil water for plant growth between field capacity (FC) and wilting point (PWP)

rate of growth are obtained by irrigating until the soil water content falls to near the wilting point. This is often called the "equal availability" theory. The question mark indicates some uncertainty in plant response close to the wilting point. On the other hand, it is often maintained that plants grow best in soils at water contents near the field capacity. The statement is sometimes made that plant growth diminishes progressively as the soil water content falls below field capacity and ceases at the wilting point. Such a picture (see Figure 2) of soil-water-plant growth relations often creeps into textbooks and popular articles, although there is little support for this idea among research workers in this field. This may be called the "more water, more growth" idea. Figure 3 illustrates the theory that plant growth is related to the "tightness" with which water is held in the soil or the energy state of water in soil, which can be expressed as soil water stress. As will be discussed later, the soil water stress increases as the available water in soils is extracted. According to this viewpoint, plant growth decreases as the soil water stress increases.

The existence of these divergent views has greatly affected irrigation practice. Those accepting the "equal availability" view have advocated

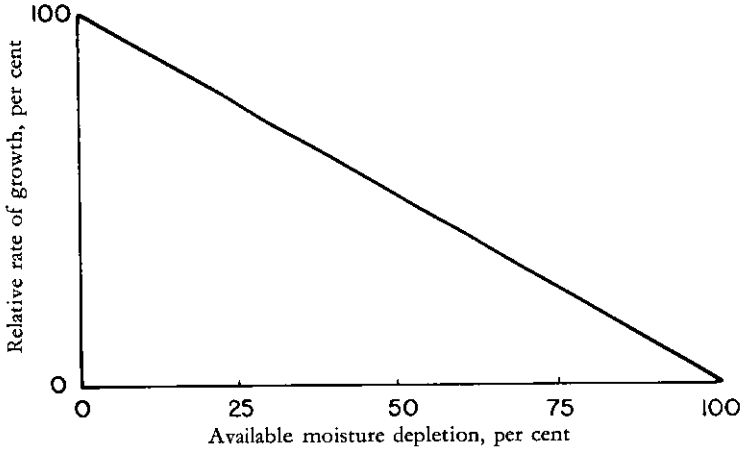


Figure 2 Representation of view that plant growth is directly related to soil water content within available range

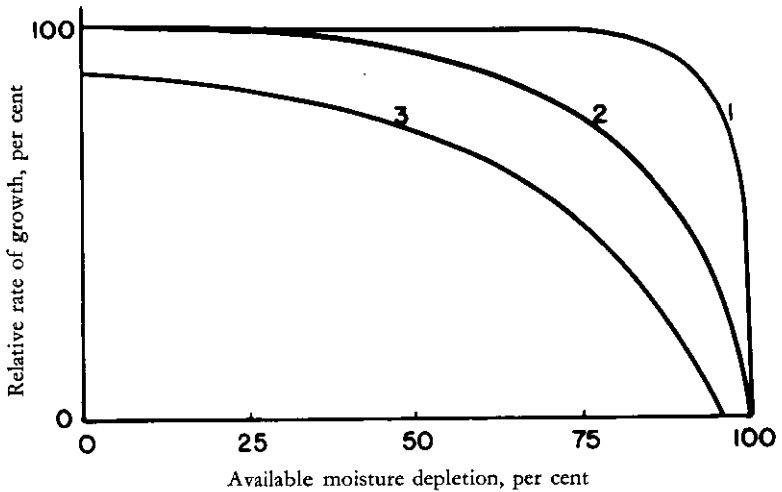


Figure 3 Illustration of theory that plant growth is a function of soil water stress. Curve (1) represents a non-saline sandy soil, (2) a non-saline clay, and (3) a saline soil

delaying irrigation until most of the available water has been extracted from the major root zone of the crop. This leads to relatively infrequent but deep irrigations. Those holding the "more water, more growth" idea seek to irrigate just as frequently as possible. Those believing that plant growth is related to soil water stress recognize that the scheduling of irrigations should consider the water retention characteristics of the soil. Often at least 50 per cent of the available water can be used without reducing crop yields. However, as will be discussed below, the fraction of the available water in a soil which can be extracted before any reduction in plant growth occurs actually depends upon the soil, the rate of water use, and on other factors.

It is now generally recognized that crop production is not a single valued function of the soil water stress. The recent trend is to recognize that crop yield depends upon a complex of physiological processes going on within the plant and that these processes are most directly related to *plant* water stress, or to the severity of water deficits within the plant. Water deficits within plant tissues check growth and the degree to which growth is retarded depends on the relative deficits developed within the plant. Plant water deficits are not only dependent on soil water supply. Rather they depend at any given time on the balance between water lost from the shoot and that absorbed by roots. Whenever water loss exceeds absorption, some internal water deficit develops. Such deficits are everyday occurrences in crop plants. Usually, however, water absorption by plants at night offsets the water deficits produced during the day, permitting recovery of turgor and continuance of what is recognized as *normal* growth. This *normal* growth is probably not the maximum growth of which the plant is potentially capable. If water deficits in plant tissues developed within diurnal cycles are not restored during the night, then progressive decreases in growth should be observed.

Plant water stress depends on the balance between water supplied through the roots and that lost to the atmosphere. This balance is determined by 1. soil water stress; 2. rate of supply of soil water, which is largely determined by hydraulic conductivity and extent of root system; 3. rate of water loss to the atmosphere, which is controlled by radiation, wind, etc.; and 4. duration of the unbalance between rates of supply and loss.

Soil factors affecting water-soil-crop relations

Some soil factors affecting water-soil-crop relations are summarized in Table 1. Soil factors influencing water absorption include texture, structure, and depth of soil which determine its characteristics as a porous media for

Table 1 Some environmental factors affecting crop responses to irrigation

| | |
|--|--|
| <i>Soil factors</i> | |
| Structure, texture, and depth | Salinity |
| Water retention characteristics | Effect on soil structure |
| Unsaturated hydraulic conductivity | Relation to water stress |
| Infiltration | Ionic toxicity |
| Internal drainage rate | Temperature |
| Mechanical impedance to root growth | Plant diseases |
| Water Table | Nematodes |
| Aeration | |
| Fertility | |
| <i>Plant factors</i> | |
| Genus, species, variety | Length of growing season and fruiting period |
| Rooting characteristics | |
| Growth habit | Plant history |
| Organ harvested | |
| "Critical" periods for water | Population density |
| Drought-resistance characteristics | |
| <i>Atmospheric or Climatic factors</i> | |
| Precipitation | Temperature |
| Humidity | Day length |
| Wind | Length of growing season |
| Light | |

the retention and flow of water. Soil water stress is now well known to be related to soil water content (see Figure 4) with the functional relationship dependent upon surface forces and pore geometry. Soil water stress is also influenced by the presence of salts in the soil water. The hydraulic conductivity of soils decreases as the soil water content falls. The relation between hydraulic conductivity and soil water content depends primarily on the size and conformation of the pores in the soil (see Figure 5). Soil texture, structure, depth and fertility also determine the rate and extent of root growth and thus the area of roots through which water may be absorbed.

Gingerich and Russell (5) have compared the growth of seedling plants in nutrient solutions and in soils at the same soil water stress levels. As shown in Figure 6, the dry weight yield of seedlings was higher in nutrient solutions than in soils for all stress levels. They suggest that plant growth in water cultures was limited only by the prevailing water stress, while in the

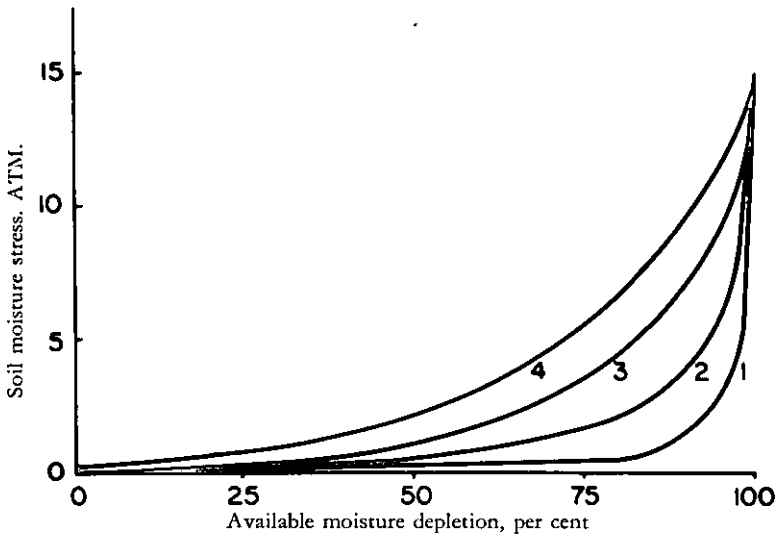


Figure 4 Idealized water retention curves for non-saline sandy soil (Curve 1), loam soil (Curve 2), and two clay soils (Curves 3 and 4)

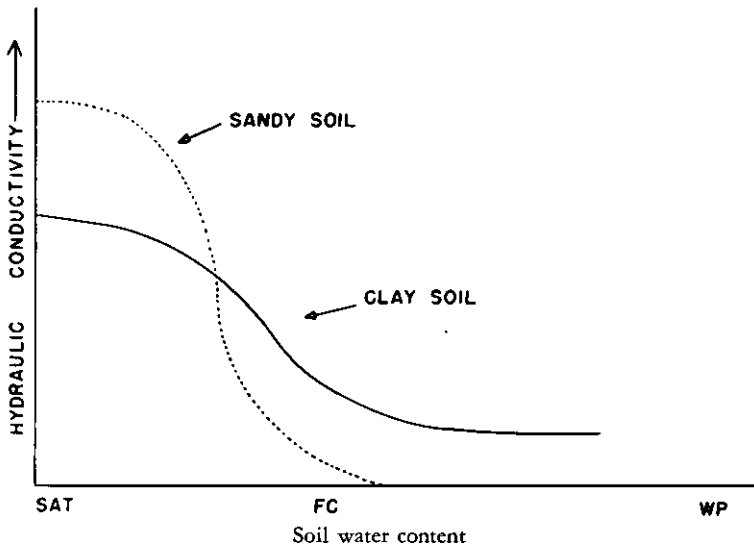


Figure 5 Relations of hydraulic conductivity to soil water content between saturation and wilting point for a sandy soil and a clay soil. These relations depend upon size and arrangement of soil pores.

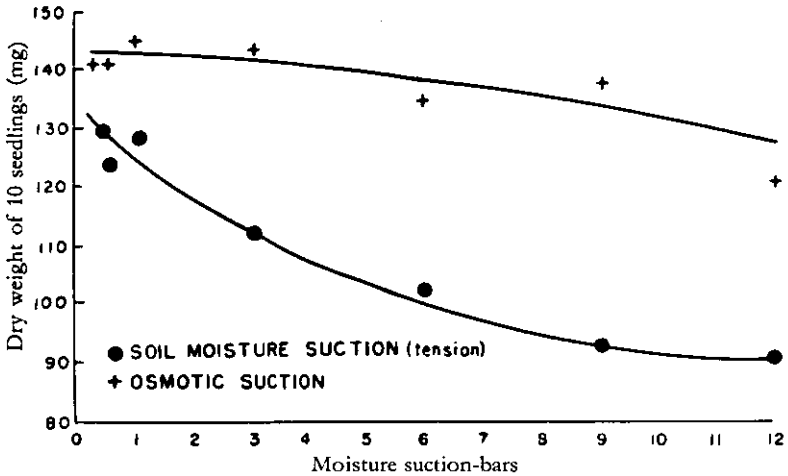


Figure 6 The effect of soil water tension and osmotic stress on growth of corn seedlings.
(Adapted from *Gingrich and Russell [5]*)

soil growth was limited by both stress and the rate of water flow from soil particles to the root surfaces. In related studies, *Peters (14, 15)* shows that the elongation of seedlings in soils is determined both by the soil water stress and the soil water content (see Figure 7). The wetter the soil for a given level of soil water stress, the faster the seedlings elongated. Presumably this is caused by the more rapid flow of water to absorbing root surfaces at the higher water contents for given stress levels. The dynamic aspects of water supply in relation to plant growth have also been stressed by *Gardner (4)*. All of these studies point out the limitations of attempting to relate plant growth directly to soil water content or even to soil water stress. These limitations should be recognized by those involved in fertilizer experiments and demonstrations.

Plant factors affecting water-soil-crop relations

Some plant factors affecting relations between plant growth and soil water are given in Table 1.

The nature of the plant root system has a substantial effect on rates of water and nutrient absorption. The depth, density and rate of root growth are all important. Some schematic relations between growth and available moisture depletion as influenced by root density are given in Figure 8. The importance of the root system in determining crop responses to soil water

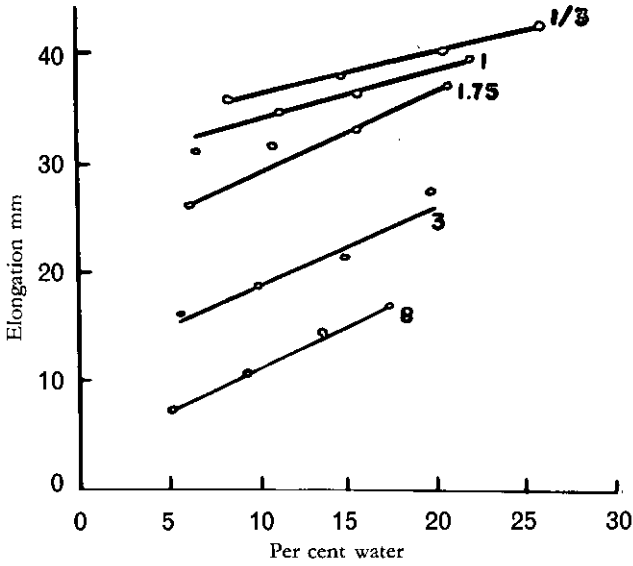


Figure 7 Elongation of corn seedlings is determined both by soil water content and soil water stress. Numbers at ends of lines give soil water stress in atmospheres. (Redrawn from Peters [14])

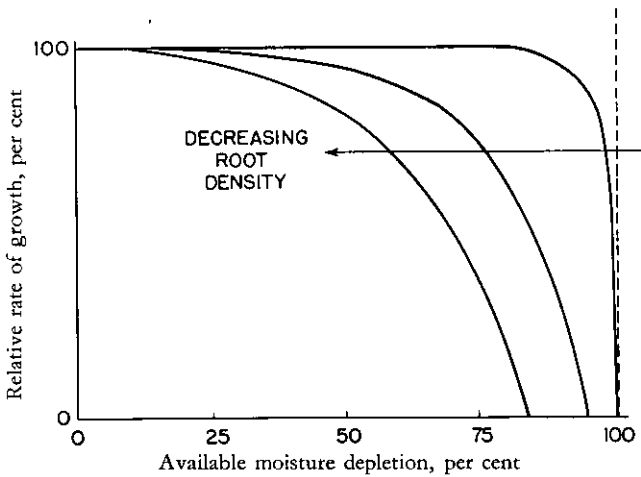


Figure 8 Schematic representation of the effect of spatial density of roots on the relation of plant growth to the apparent depletion of available soil water

depletion is illustrated by a comparison of sugar beet irrigation experiments conducted at Logan, Utah (11) and at Davis, California (3). See Figure 9. At Logan the highest yield was obtained with the wettest treatment, while at Davis yields were not significantly affected by the various irrigation programs. In the dry treatments, which closely approached the wilting point at both locations, yield was unaffected at Davis but decreased markedly at Logan. It is probable that these divergences in crop response primarily reflect differences in root development. Because of earlier planting, sugar beets at Davis have about four months to develop a deep and well branched root system before encountering the hot, dry weather and resultant high evaporation conditions of the summer irrigation season. However, in Utah, the hot summer begins soon after planting thus giving beets there little time to develop an extensive root system. Measurements of soil water

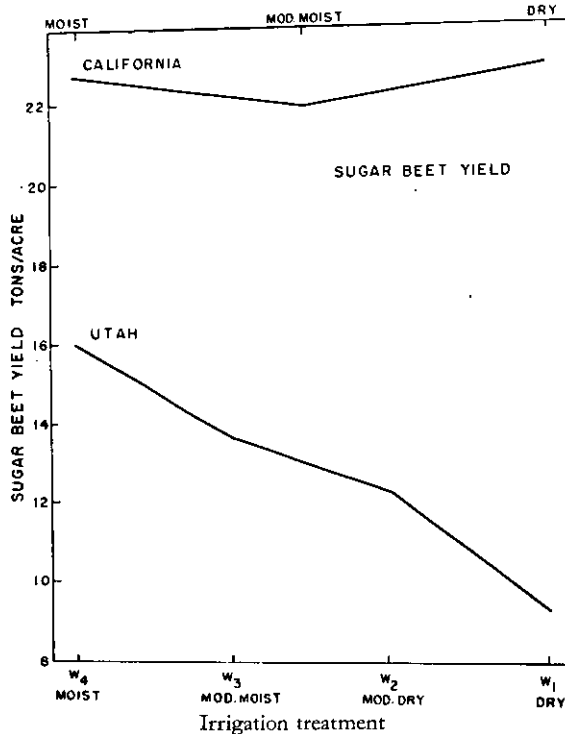


Figure 9 Yields of sugar beets at Davis, California, and at Logan, Utah, illustrating influence of root development on response of crop to soil water depletion. (Adapted from Doneen [3] and Kelley and Haddock [11])

content and stress, which were used as indicators of the various irrigation treatments in these experiments, do not reveal the situation near the absorbing root surfaces under these conditions. Rather they probably indicate a higher soil water content or a lower stress than the roots actually experience.

The type of plant and the plant organ harvested are also factors affecting the relation of yield to water supply. For example, with ladino clover, the yield of forage and of seed show quite different relations to available soil water (see Figure 10).

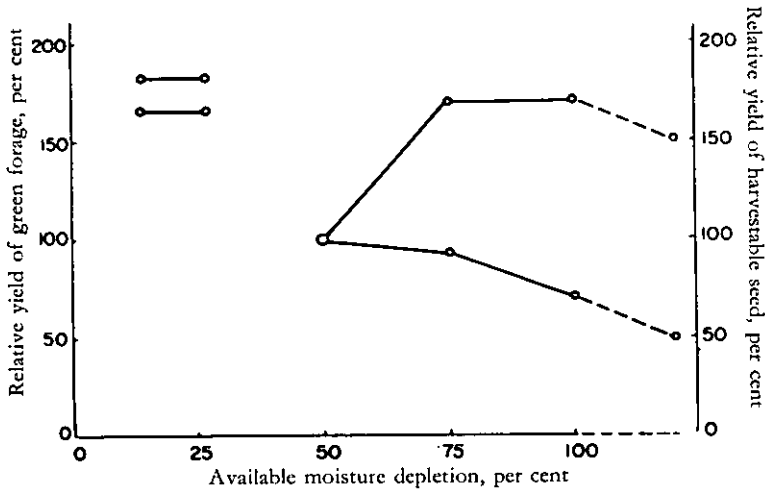


Figure 10 Difference in effects of soil water depletion on harvestable yields of vegetative and reproductive phases of growth in ladino clover

Atmospheric or climatic factors affecting water-soil-crop relationships

Factors of importance are those affecting plant water balance such as precipitation, humidity, wind, light, temperature and day length (see Table 1). When evaporative demands are high, a given rate of water supply to the plant through its roots may become inadequate. If water absorption lags behind loss, water deficits develop within the plant, usually causing a closing of stomates and reducing transpiration rates below the potential evapo-transpiration rates under the prevailing atmospheric factors. As shown

in Figure 11, the rate at which actual evapo-transpiration falls below potential evapo-transpiration depends upon soil water stress (or soil water suction). As soil water is depleted and soil water stress increases, the rate at which water can be supplied through the roots to the plant diminishes. This causes the actual evapo-transpiration to depart from potential evapo-transpiration at progressively lower transpiration rates. No serious water deficits will develop even under high transpiration rates at low soil water stress. This suggests that as the evapo-transpiration rates increase (caused by increasing light intensity, decreasing humidity, etc.), the rate of plant growth processes (such as photosynthesis) will decrease more rapidly as the soil water is depleted (see Figure 12). In other words, under conditions favoring high transpiration rates, crops will respond to relatively frequent irrigation.

The length of growing season can markedly influence relations between soil water supply and harvestable yield of crops. For example, the harvesting of tomatoes grown near Davis, California, is often curtailed by early rains or frost. Somewhat larger plants (having higher potential yield, but later fruit) may be produced with relatively frequent irrigation. However, in many years, the greater yield potential of the more frequently irrigated plants is

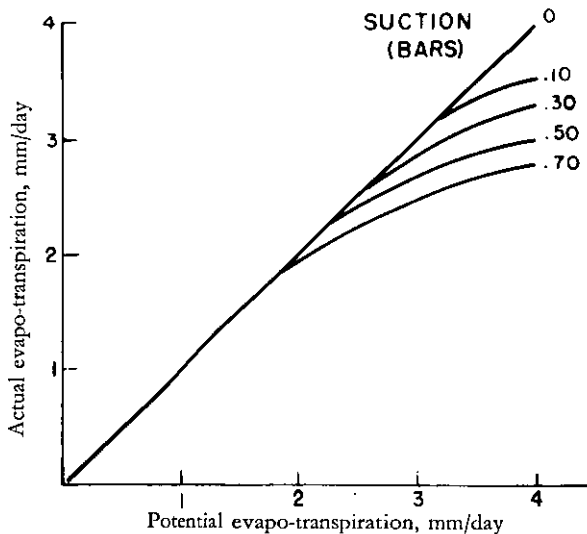


Figure 11 Relation between actual and potential evapo-transpiration rates as affected by soil moisture tension or suction. One bar suction is approximately equal to one atmosphere of tension. (Adapted from *Makkink and van Heemst [13]*)

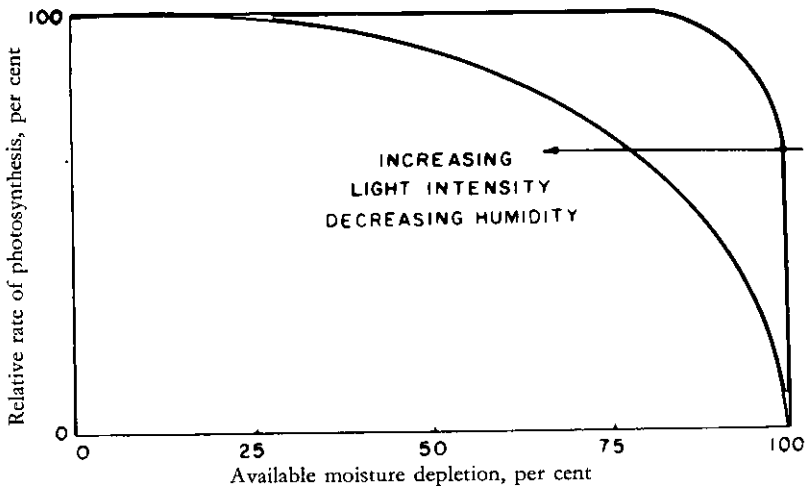


Figure 12 Schematic representation to indicate that increasing light intensity and decreasing humidity (by increasing evapo-transpiration rate) cause photosynthetic rate to decrease more rapidly as soil water is depleted

not realized because the harvest is terminated by rain or frost. Under these conditions, the *harvestable* yield of tomatoes may be little affected by level of soil water depletion.

Predicting crop responses to irrigation

As pointed out above, crop growth and yield do not depend directly on soil water supply but rather on the balance between absorbed and transpired water. This balance is dependent on soil, plant and climatic factors. Studies to determine crop yield as a function of soil water must inevitably give a wide spectrum of results. Any relationships developed between soil water content or soil water stress and crop growth will, of necessity, be empirical and applicable only in an approximate manner to the given crop under the prevailing soil, climatic and management conditions. Some soil, plant and climatic factors permitting relatively infrequent irrigations are summarized in Table 2, and those requiring relatively frequent irrigations for favorable crop yields are listed in Table 3.

In given situations, answers to the important irrigation questions – when to irrigate, how much to apply, and how to apply the water – should be developed from irrigation principles of general applicability rather than be

Table 2 Conditions permitting relatively infrequent irrigations

| |
|--|
| <i>Soil factors</i> |
| Deep soil; good structure |
| Good infiltration, internal drainage, aeration |
| Large fraction of available water held at low tensions |
| Non-saline |
| Fertility level low; nutrients distributed in profile |
| Constant water table in reach of roots |
| <i>Plant factors</i> |
| Deep, dense, fast-growing roots |
| Xerophytic characteristics |
| Dry-weight yields of reproductive organ desired |
| Harvest for content of sugar, oil, etc. |
| <i>Climatic factors</i> |
| Planted well ahead of hot, dry weather |
| Major growth period before hot, dry weather |
| Low evaporation rates |

based on specific practices found successful under other conditions. Specific irrigation practices cannot be generalized. For example, one should avoid the proposal that crops be irrigated at a given level of soil water depletion or water stress. Some tentative irrigation principles have been proposed (7). These principles are believed to be useful for the efficient design and operation of irrigation projects. They should also be considered in planning and conducting research and demonstration programs designed to investigate fertilizer responses under Mediterranean conditions.

Water-fertilizer-crop relations

Arnon (1) gives a good review of fertilizers in relation to irrigation, but detailed information on water-fertilizer-crop relations is quite limited.

The purpose of the present paper is to suggest some possible relations which may appear when detailed studies are made of crop responses to applied fertilizers under a wide range of water supply conditions. The schematic diagrams of Figures 13-16 are intended to suggest possible trends. The curves sketched in these figures generally do not represent actual data, but they illustrate trends which appear to be reasonable on the basis of theory and the scattered available data. Such illustrations are believed to be useful in predicting the results of water-fertilizer-crop growth studies.

Table 3 Conditions requiring relatively frequent irrigation

| |
|--|
| <i>Soil factors</i> |
| Shallow soil; poor structure impeding root growth |
| Slow infiltration and internal drainage; poor aeration |
| Root disease, nematodes present |
| Small fraction of available water held at low tensions |
| Saline soils or water |
| Fertility level high; nutrients concentrated in top-soil |
| Very high soil temperatures, with shallow-rooted crops |
| <i>Plant factors</i> |
| Shallow, sparse, slow-growing roots |
| Fresh-weight yield of vegetative organ desired |
| Quality dependent on size of vegetative organ |
| <i>Climatic factors</i> |
| Planting at beginning of hot, dry weather |
| Major growth period during hot, dry weather |
| High evaporation rates |

Scattered experiments which suggest some effects of soil fertility on crop responses to soil water supply are summarized in Figure 13. At low fertility levels (bottom line, Figure 13), there may be little difference in crop response over the entire range of available water, and only small reductions in yield may occur when soil water nears the wilting point prior to irrigation. Some loss of yield may appear where irrigations are frequent

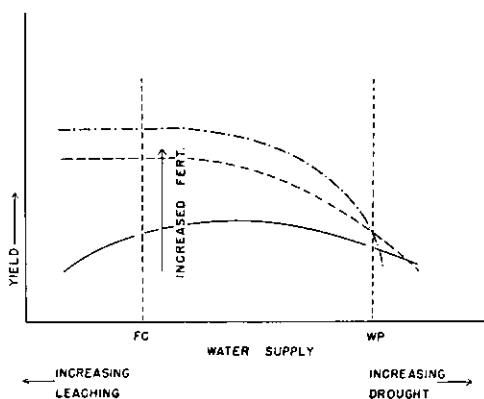


Figure 13 Sketched curves to suggest some possible effects of soil fertility on crop responses to soil water supply

enough to maintain the soil at water contents close to field capacity because the availability of some limiting plant nutrient has been reduced by leaching in the irrigation water percolating below the root zone. At higher fertility levels, crop yields decline more sharply as available water is depleted, and reduced yields under very frequent irrigation are less probable. Experiments or demonstrations conducted at low fertility levels will likely indicate that relatively infrequent irrigations produce little yield loss, while those at high fertility levels may indicate substantial yield loss with increased soil water stress. This figure also reminds us that application of fertilizers may produce substantially increased yields where soils can be kept relatively wet but only small increases where soils dry nearly to the wilting point.

Some of the many possible relationships between fertilizer applications and resultant crop yield as influenced by soil water conditions are sketched in Figure 14. Curve (1) represents conditions where crops (other than forage) are subjected to severe water stress. Under such conditions, increasing fertility may substantially reduce yield by producing larger plants which deplete the water supply before maturation of the plant organ to be harvested. Curve (2) illustrates cases, as with forage crops, where applied fertilizers may produce little increase in yield because growth is severely limited by water stress but no decrease in yield since harvest is not dependent upon later maturation of the plant. Under the conditions depicted by curves

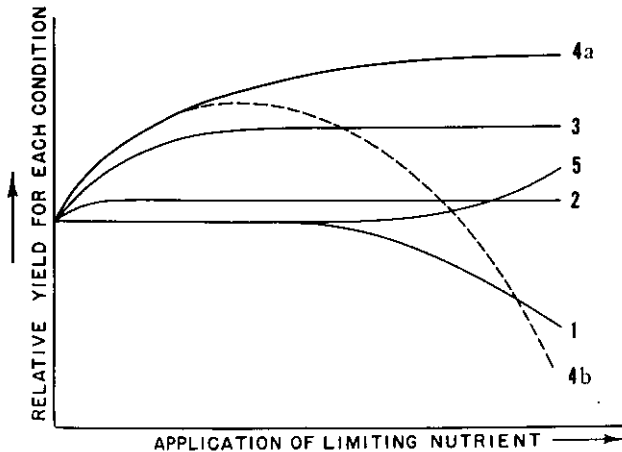


Figure 14 Sketched curves to suggest possible relationships between fertilizer applications and crop yield as influenced by soil water conditions.

See text for explanation

(1) and (2), application of fertilizer gives disappointing results. Curve (3) may be followed where crop growth is less affected by water stress, but only a portion of the potential increase in yield from fertilization is actually realized. Curve (4a) represents cases where crops are not limited by water stress and are able to respond fully to the applied fertilizer. Curve (4b) illustrates cases where crop growth is not limited by water, but under higher fertility levels yields are reduced by adverse physiological responses in the plant, attacks of diseases or insects, etc. A combination of abundant water and high fertility may produce very low yields of cotton and potatoes and low percentages of sugar in sugar beets. Such conditions may cause other crops to remain largely vegetative and to show incomplete or late maturation thus adversely affecting crop yields or quality. Excessively vegetative plants are frequently more subject to plant diseases and control of diseases and insect infestations in such cases is often much more difficult. Curve (5) depicts situations where plant growth is not limited by water stress but where excessive applications of irrigation water leach out nutrients. In these situations, the leaching of nutrients may be offset only by high rates of fertilizer application. The work of *Robins et al.* (17) provides a striking demonstration that the application of excessive depths of irrigation water can cause the loss of substantial quantities of soluble plant nutrients in the percolating waters (see Figure 15). In this study, irrigations were given every two weeks to sugar beets growing on a highly permeable soil underlain below the 50 cm depth by coarse gravel which provided rapid drainage of surplus irrigation water. To one treatment, just enough water was applied to replenish the root zone to field capacity (100% efficiency). To the second, twice as much water was applied causing one-half the applied water to percolate below the root zone (50% efficiency). To the third, three times as much water was applied causing three-fourths the applied water to pass below the roots (25% efficiency). Even the application of 360 pounds per acre of nitrogen did not completely equalize the yields.

Some investigators have noted that the results of fertilizer experiments may be influenced by the timing of irrigations in relation to stages in plant development. Even where irrigations are carefully scheduled so as to produce a given soil water stress, the relation of irrigation dates to plant growth periods can have very great effects on plant responses to applied fertilizer. These effects will depend upon the relation between irrigation date and the occurrence of growth periods in the plant which are particularly sensitive to water stress conditions. It has been shown that maize is more sensitive to water deficits occurring in the tasselling period than during other stages in growth. Thus the effects on maize yields of a certain irrigation program, which permits a given soil water stress to develop prior to irrigations,

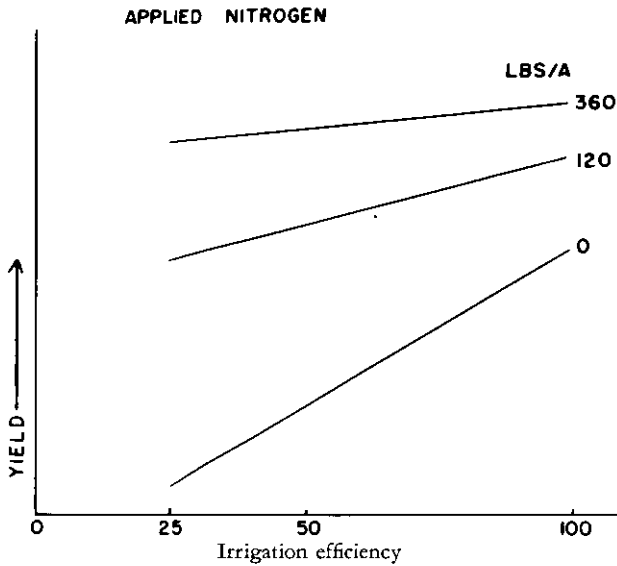


Figure 15 The effects of applying excessive depths of irrigation water on yield of sugar beets under three levels of nitrogen fertilization. With an irrigation efficiency of 100 per cent, no water percolated below crop root zone. With efficiencies of 50 and 25 per cent, one-half and three-fourths respectively of the applied irrigation water percolated below the roots leaching out plant nutrients.

(Adapted from *Robins, Nelson and Domingo [17]*)

would depend upon whether an irrigation was applied just before the tasselling period or just after tasselling. In Figure 16, curve (1) illustrates cases where the date of irrigation provided water at the beginning of critical growth periods thus permitting the plant to respond more completely to the applied fertilizer. Curve (2) suggests cases where the irrigation was not phased with critical periods, and as a result fertilization produced only a small increase in yield.

Soil structure, by influencing infiltration and internal drainage of water or by modifying root growth, can also affect crop responses to applied fertilizers. Such interrelationships can produce a wide spectrum of fertilizer-crop yield responses. Figure 17 illustrates some possible effects of excessively wet or dry subsoils (or of shallow soils) on crop yields with increasing fertilizer. Curve (1) illustrates cases where soils are deep with a favorable distribution of plant nutrients and water throughout the rooting depth. Under such cases, the application of fertilizer may produce considerably

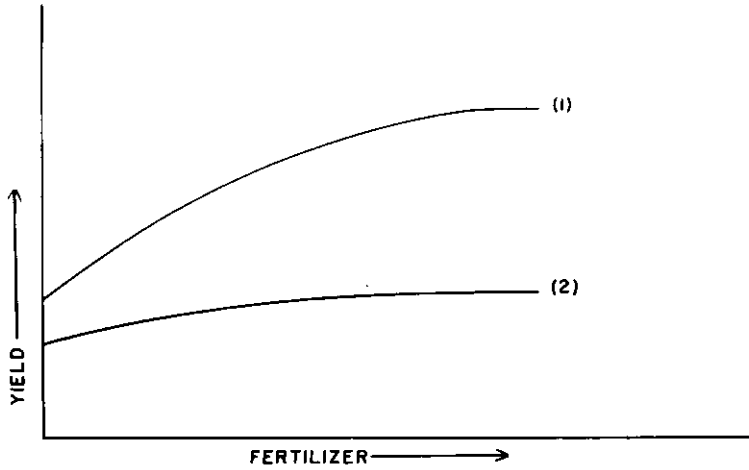


Figure 16 Sketched curves to suggest relative crop responses to fertilizer when (curve 1) irrigations are phased so as to supply water at low stress during critical stages in plant growth and (curve 2) when irrigations are not phased with critical stages

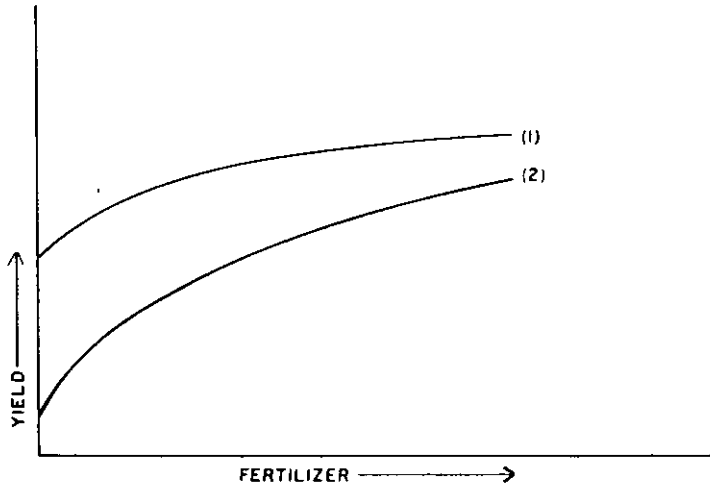


Figure 17 Sketched curves to suggest possible effects of excessively wet or dry subsoils (or of shallow soils) on crop yields with increasing fertilizer. Curve (1) represents deep soil with favorable water content, and curve (2) excessively wet or dry subsoil or a shallow soil

smaller increases in yield than in situations, as in curve (2), where unfavorable water conditions in the subsoil or shallow soils limit roots to a smaller soil volume and thus to a smaller supply of nutrients in the soil.

The foregoing diagrams illustrate some of the numerous interrelationships determining crop responses to irrigation and fertilizer applications. It is probable that water relations influence crop responses to fertilizers more frequently than commonly realized and are responsible for much of the diversity in responses obtained.

Some indication of the complexity of water-fertilizer-crop relations involved in predicting crop yield and selecting an efficient irrigation management program are illustrated by the cotton irrigation choice chart of Figure 18. In this illustration, cotton may be planted on relatively low nitrogen soil ("short cotton" soil) or on relatively high nitrogen soil ("rank cotton" soil). Sowing may be relatively early or late. Irrigation may be applied so as to produce little or moderate plant water stress prior to fruiting or during fruiting. Considering these alternatives only, leads to 16 possibilities for yield. Expected relative yields from each combination have been predicted from present research on cotton irrigation. Actually there

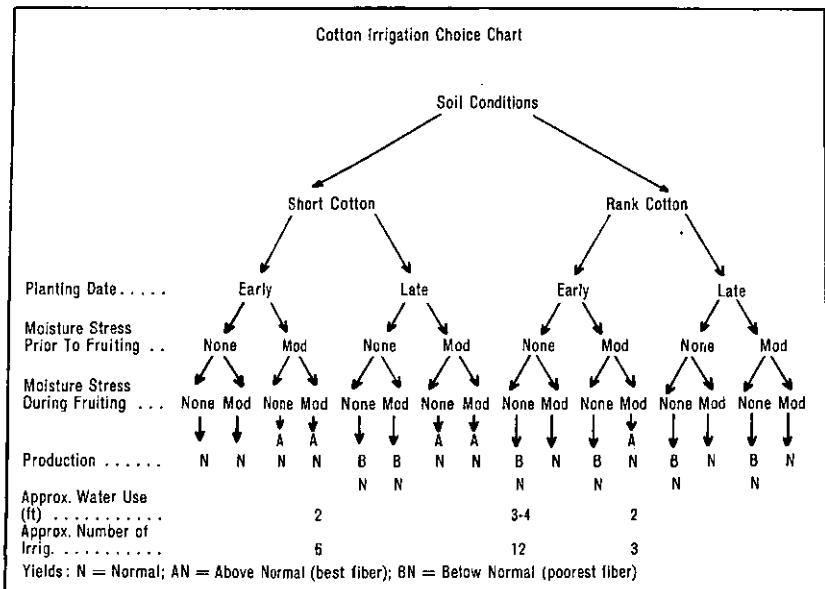


Figure 18 Chart illustrating possible relative yields of cotton as influenced by fertility level and moisture stress. "Short cotton" refers to relatively low nitrogen soils, and "Rank cotton" to high nitrogen soils. Moisture stress prior to and during fruiting controlled by timing of irrigation applications. Data on water use and number of irrigations and predictions of relative yields provided by J. R. Stockton, University of California Staff, US Cotton Station Shafter, California

are many more possible alternatives if one also includes irrigation management during the late growth period before harvest, other variations in fertility and fertilizer applications, occurrence of plant disease and insect infestations, etc.

The irrigation choice chart of Figure 18 serves to point out that very specific irrigation recommendations are required if some of the many soil-fertility-management-crop relations are to be properly taken into account. An optimum irrigation program can be established only by carefully analyzing the soil, plant, and climatic factors involved; by considering the soil, water and engineering factors determining water supply and application; by evaluating the impact of irrigation on fertilizer practices and on other cultural and management operations; and by relating irrigation and other operations to economic factors.

Fertilizer studies

It is obviously important to seek to evaluate crop yields as a function of applied fertilizers. However, as pointed out above, fertility is but one of many factors affecting crop yield. Thus a great variety of responses to applied fertilizers can be expected.

The very complexity of the plant-soil-water-fertility-climatic-management system encourages the field-trial approach to determining fertilizer needs. For example, some 50000 fertilizer plots are reported to have been put out in Iran alone during the last several years. Unfortunately numerous fertilizer "trials" and even carefully laid out fertilizer experiments may contribute very little to the advancement of our understanding of crop-water-fertility relations unless the experimental conditions are carefully controlled and adequate experimental data are taken. Only by thorough analysis of data obtained, can the applicability of these data to other situations be determined. The utility of field experimentation to determine plant-soil interactions was recently criticized in Australia (2). The International Potash Institute has also considered the problems of generalizing from the results of fertilizer experiments. These problems should not be overlooked. Instead they should serve to emphasize again that research workers, extension agents and others concerned must seek to develop carefully planned programs of field trials and other experimentation and from these strive to establish principles of broad application. Through application of general principles, criteria could be developed for selecting the fertilizer practice most appropriate in given situations.

The numerous factors involved in water-fertility-crop yield relations suggest that the approach of multiple correlation analysis be employed. Such analyses can, of course, be very helpful when rationally employed.

Unfortunately these analyses may suggest relationships which are not real. The greater availability of machine computers can be expected to increase temptations to run theoretically unsound correlation analyses. Such analyses, unless the variables included can be shown by theoretical considerations to be related, may not contribute much to the development of general principles to guide in interpreting and predicting water-fertilizer-crop relations.

To increase the usefulness of the numerous trials and experiments now conducted with fertilizer materials, it is suggested that fertility specialists conversant with the numerous interrelationships involved attempt to work out a guide for fertilizer trials and experimental programs that will make adequate provisions for controlling or evaluating soil and plant water stress and other variables which can so greatly influence fertilizer-crop-yield relations. Recently a list of information to be sought with priorities indicated was developed (8) to serve as a guide for those studying water-soil-crop relations.

Greater teamwork between irrigation specialists, fertilizer specialists, crop specialists and others is much needed to accelerate the development of basic information on water-fertilizer-crop interrelationships and to increase the reliability of this information and its usefulness for predicting responses to be expected under new conditions. If man is to develop a greatly intensified and permanently successful agriculture with the limited water resources often found under Mediterranean climates, he will need to achieve maximum use of the potentially available water (while also, of course, providing for domestic, industrial and other competing water uses). This means that plans for utilization of water in agriculture should be accompanied by enlightened programs of fertilization and other advanced cultural practices. Man's goals for greater food and fiber production in this increasingly populous world can be met much more quickly through increased cooperation between professional groups and through greater utilization by government leaders of professional personnel in policy and operations decisions.

Bibliography

1. Arnon, I.: Fertilizer use under irrigation. Proc. 7th Congress Intn. Potash Inst. (In press)
2. Collis-George, N., and Davey, B. G.: The doubtful utility of present-day field experimentation and other determinations involving soil-plant interactions. *Soils and Fertilizers* 23, 307-310 (1960)
3. Doneen, L. D.: Some soil moisture conditions in relation to growth and nutrition of the sugar beet plant. *Ann. Amer. Soc. Sugar Beet Tech.* p. 1-9 (1942)
4. Gardner, W. R.: Dynamic aspects of water availability to plants. *Soil Sci.* 89, 63-74 (1960)
5. Gingrich, J. R., and Russell, M. B.: A comparison of effects of soil moisture tension and osmotic stress on root growth. *Soil Sci.* 84, 185-194 (1957)

6. Hagan, R.M.: Factors affecting soil moisture-plant growth relations. Report of 14th Int. Hort. Congr. Netherlands, Symposium 2, pp. 82-102 (1955)
7. Hagan, R.M., and Vaadia, Y.: Principles of irrigated cropping. Plant-Water-Relations Symposium, Madrid. UNESCO Arid. Zone Research Proc. 16: 215-225 (1959)
8. Hagan, R.M., and Vaadia, Y.: Selecting measurements and data in water-soil-plant relations experiments. Plant-Water Relations Symposium, Madrid. UNESCO Arid Zone Research Proc. 16: 331-335 (1959)
9. Hagan, R.M., and Vaadia, Y.: Analysis of Water-soil-plant relationships. Trans. 7th Intern. Congress Soil Sci. 1: 374-385 (1961)
10. Houston, C.E.: Recommendations for improved water management programs. FAO, Rome, Unnumbered mimeographed report (1962)
11. Kelley, O.J., and Haddock, J.L.: The relation of soil water levels to mineral nutrition of sugar beets. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 8 (part 2) 344-356 (1954)
12. Klatt, W. et al.: Preliminary report of the survey of the fertilizer economy of Asia and the Far East Region. FAO, Rome, Unnumbered mimeographed report (1960)
13. Makkink, G.F., and van Heemst, H.D.J.: The actual evapo-transpiration as a function of the potential evapo-transpiration and the soil moisture tension. Netherlands J. Agr. Sci. 4, 67-72 (1956)
14. Peters, D.B.: Water uptake of corn roots as influenced by moisture content and soil moisture tension. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 21, 481-485 (1957)
15. Peters, D.B.: Growth and water absorption by corn as influenced by soil moisture tension, moisture content, and relative humidity. Proc. Soil Sci. Amer. 24, Soc. 523-526 (1960)
16. Richards, L. A., and Wadleigh, C.H.: Soil water and plant growth. In: Soil Physical Conditions and Plant Growth, Agronomy Monographs 2, 73-251. B. T. Shaw, editor. Academic Press, New York (1952)
17. Robins, J.S., Nelson, C.E., and Domingo, C.E.: Some effects of excess water application on utilization of applied nitrogen by sugar beets. J. Amer. Soc. Sugar Beet Tech. 9, 180-188 (1956)
18. Stanhill, G.: The effects of differences in soil moisture status on plant growth: A review and analysis of soil moisture regime experiments. Soil Sci. 84, 205-214 (1957)
19. Veibmeyer, F.J., and Hendrickson, A.H.: Soil moisture in relation to plant growth. Ann. Rev. Plant Physiol. 1, 285-304 (1950)

SUMMARY

Plant growth under Mediterranean climatic conditions as influenced by water supplies

Plant growth under Mediterranean or other climatic conditions is a function of water supply, soil conditions, plant characteristics, and other factors. Recognizing these relationships, water supply (as determined by irrigation and drainage practices) is discussed in relation to crop growth. Emphasis is placed on water as a factor affecting crop responses to plant nutrients occurring within the soil or applied as fertilizers.

There is widespread recognition of the role of managed water supplies in achieving a more productive and stable agriculture under Mediterranean climates. Accordingly much attention is now directed to planning and construction of major water storage structures and irrigation canals. Unfortunately much less attention is currently given to the many problems involved in the efficient utiliz-

ation of these often costly water supplies to increase crop yields and to insure the permanence of a more productive agriculture. Although irrigation may change the plant environment – and thus influence crop growth – more than any other single practice, it is seldom adequate to supply water alone. The fact that water alone will not always increase crop production should be given greater attention by water resources engineers, economists and investment planners, and by government leaders.

Relations between water and crop growth are briefly reviewed to provide a basis for predicting the effects of water on crop yields and for evaluating crop responses to fertilizers. Some divergent responses by crops to water and fertilizers, even where applied under apparently similar conditions, are illustrated. The interrelationships involved must be understood if man is to make efficient use of water supplies and to take full advantage of fertilizers and other practices for increasing agricultural production.

Irrigation needs and practices vary widely. Some irrigation principles of broad applicability are suggested and contrasted with the restricted applicability of specific irrigation practices. These general principles are useful for the efficient design and operation of irrigation projects. These principles should be considered in planning and conducting research and demonstration programs designed to investigate fertilizer responses under Mediterranean conditions. In interpreting the results of experiments or demonstrations, it is important to analyze the conditions prevailing during the project and to avoid the dangers of over-generalizations.

Greater teamwork between irrigation specialists, fertilizer specialists, crops specialists and others is much needed to accelerate the development of basic information on water – fertilizer – crop interrelationships and to increase the reliability of this information and its usefulness for predicting responses to be expected under new conditions. If man is to develop a greatly intensified and permanently successful agriculture with the limited water resources often found under Mediterranean climates, he will need to achieve maximum use of the potentially available water (while also, of course, providing for domestic, industrial and other competing water uses). This means that plans for utilization of water in agriculture should be accompanied by enlightened programs of fertilization and other advanced cultural practices. Man's goals for greater food and fiber production in this increasingly populous world can be met much more quickly through increased cooperation between professional groups and greater utilization by government leaders of professional personnel in policy and operations decisions.

RÉSUMÉ

Croissance des plantes sous le climat méditerranéen influencée par l'approvisionnement en eau

La croissance des plantes dans un climat méditerranéen ou dans tout autre climat, est influencée par l'approvisionnement en eau, les conditions du sol, les caracté-

ristiques des plantes elles-mêmes et d'autres facteurs ou méthodes d'exploitation. L'interaction de ces divers éléments étant admise, l'auteur considère le rôle de l'approvisionnement en eau (déterminé par les méthodes d'irrigation et de drainage) sur la croissance des récoltes. Il insiste particulièrement sur l'influence de l'eau sur la réaction des plantes aux éléments nutritifs disponibles dans le sol ou mis à leur disposition par les fumures.

Le rôle des méthodes d'approvisionnement en eau comme élément stabilisateur et stimulant de la production agricole dans les régions méditerranéennes est bien connu. C'est pourquoi l'établissement des plans de captage et la construction de réservoirs d'eau et de canaux d'irrigation font l'objet d'une attention toute spéciale. Il n'en est malheureusement pas de même en ce qui concerne l'utilisation efficace de ces réserves d'eau souvent très coûteuses, pour augmenter les récoltes et assurer la permanence d'une agriculture plus productive. Quoique l'irrigation, plus que toute autre méthode d'exploitation, est susceptible de modifier le milieu et, par conséquent, d'influencer la récolte, l'irrigation seule suffit rarement à augmenter la production. Les ingénieurs d'hydraulique agricole, les économistes, les responsables des investissements et les autorités gouvernementales devraient être rendus attentifs à ce fait.

L'auteur rappelle brièvement les phénomènes d'interaction entre l'eau et la croissance des plantes, avant d'évaluer l'influence de l'eau sur la production agricole et d'estimer les effets de la fumure sur les récoltes. Il donne des exemples des effets contradictoires que peuvent exercer l'eau et la fumure sur les récoltes dans des conditions d'exploitation apparemment semblables. Celui qui veut faire un usage efficace de ses réserves d'eau et tirer le maximum d'avantage de la fumure et autres méthodes à sa disposition pour accroître la production agricole, doit être bien informé du mécanisme de ces interactions.

En ce qui concerne l'irrigation, la quantité d'eau nécessaire et les méthodes d'application varient énormément. L'auteur propose, d'une part, certains principes d'irrigation valables dans la généralité des cas et, par opposition, d'autre part, certaines méthodes particulières d'un usage plus restreint. Il est utile de tenir compte de ces principes pour la conduite et la mise en place des programmes de champs d'essais et de démonstration ayant pour but d'étudier l'influence des engrais dans les conditions méditerranéennes. En interprétant les résultats de ces essais ou de ces démonstrations, il est important de connaître exactement les conditions dans lesquelles le programme d'irrigation a été appliqué et d'éviter les dangers d'une généralisation trop rapide.

Il est avant tout nécessaire de synchroniser le travail des spécialistes de l'irrigation, des spécialistes de la fumure, des spécialistes de la production et autres si l'on veut obtenir rapidement les informations de base sur l'interaction eau - fumure - récolte et augmenter ainsi le bien-fondé des informations permettant de prévoir utilement les résultats que l'on pourra obtenir dans des conditions nouvelles. Si les agriculteurs veulent améliorer et intensifier avec succès, c'est-à-dire d'une façon permanente, leurs cultures avec les ressources en eau souvent très limitées dont ils disposent dans les régions méditerranéennes, ils devront faire l'usage le plus rationnel possible du potentiel d'eau qui peut leur être attri-

bué (en tenant compte, bien entendu, de la consommation domestique, industrielle et autres besoins coexistant). Tout projet d'utilisation de l'eau en agriculture devrait donc être accompagné d'un programme de fertilisation bien étudié et d'une réforme des méthodes d'exploitation. Pour faire face au problème de surpopulation d'un monde dont les besoins en nourriture et en matières premières vont sans cesse croissant, le moyen le plus rapide d'intensifier la production est d'encourager la coopération des divers groupes professionnels et d'avoir recours à des experts pour l'établissement et la mise à exécution des programmes de développement agricoles préconisés par les gouvernements.

ZUSAMMENFASSUNG

Pflanzenwuchs in mediterranen Verhältnissen, beeinflusst von Wasserversorgung

Das Pflanzenwachstum in mediterranen oder andern Verhältnissen hängt von der Wasserversorgung, dem Boden, den Pflanzeigenschaften und andern Umständen ab. In Anbetracht dieser Beziehungen wird hier die Wasserversorgung mit Berieselungs- und Trockenlegeverfahren geprüft, im Zusammenhang mit dem Erntewachstum erörtert. Wasser wird besonders betont als ein Faktor, der die Ernte beeinflusst mit im Boden enthaltener oder als Dünger angewandter Pflanzennahrung.

Daß die geleitete Wasserversorgung eine produktivere und beständigere Landwirtschaft zustandebringt, wird weithin anerkannt. Dementsprechend wird auch der Planung und Errichtung von größeren Wasserreservoirbauten und Berieselungskanälen viel Aufmerksamkeit geschenkt. Die genügende Nutzbarmachung dieser oft kostspieligen Wasserversorgungen, um die Ernteerträge zu vermehren und die Dauerhaftigkeit einer produktiveren Landwirtschaft zu sichern, stellt viele Probleme, die leider zu wenig berücksichtigt werden. Trotzdem die Bewässerung die Pflanzenumgebung ändern kann und mehr als irgendein anderes Verfahren das Wachstum der Ernte beeinflusst, ist es selten hinreichend, Wasser allein zu liefern. Der Tatsache, daß nur Wasser den Ernteertrag nicht immer vermehrt, sollte von Hydroingenieuren, Ökonomen, Investitionsspezialisten und der Regierung mehr Beachtung geschenkt werden.

Indem die Beziehungen zwischen Wasser und Erntewachstum kurz erläutert werden, schaffen wir eine Grundlage, um die Wirkung des Wassers auf Ernteerträge vorauszusagen und die Reaktion der Ernte auf Düngemittel abzuschätzen. Abweichende Reaktionen der Ernten auf Wasser und Dünger, sogar unter offenbar ähnlichen Bedingungen, werden veranschaulicht. Soll es dem Menschen möglich sein, den Gebrauch der Wasserversorgung voll auszunützen und den Vorteil von Düngemitteln für größere landwirtschaftliche Erträge zu genießen, müssen die Zusammenhänge verstanden werden.

Der Bedarf und die Anwendung von Bewässerung verändern sich sehr. Es werden einige Bewässerungsgrundregeln mit weiter Anwendbarkeit vorgeschla-

gen und der beschränkten Brauchbarkeit von besondern Bewässerungsverfahren gegenübergestellt. Diese allgemeinen Grundregeln sind nützlich für den Entwurf und die Leitung von leistungsfähigen Bewässerungsprojekten. Sie sollten berücksichtigt werden bei der Planung, der Forschung und den Vorführungsprogrammen, die, um die Düngungsreaktionen in mediterranen Verhältnissen zu untersuchen, geplant sind. Werden die Resultate der Experimente und Vorführungen ausgelegt, ist es wichtig, die während des Projektes vorherrschenden Verhältnisse zu betrachten und die Gefahren von Über-Verallgemeinerungen zu vermeiden. Eine bessere Zusammenarbeit zwischen Bewässerungsspezialisten, Düngungsspezialisten, Erntefachmännern und andern ist sehr nötig, um rascher grundlegende Informationen der Zusammenhänge zwischen Wasser, Dünger und Ernte zu erhalten und um diese Auskunft und ihre Nützlichkeit bei der Voraussage der zu erwartenden Wirkungen in neuen Verhältnissen zuverlässiger geben zu können. Soll es möglich sein, mit den in mediterranen Verhältnissen oft beschränkten Wasserhilfsmitteln eine viel intensivere und auf die Dauer erfolgreiche Landwirtschaft zu entwickeln wird man aus dem Gebrauch des zur Verfügung stehenden Wassers das Höchste herausholen müssen, währenddem natürlich auch für den Haus-, Industrie- und andern Wasserverbrauch genügend reserviert werden muß. Das heißt, daß Pläne zur Nutzbarmachung des Wassers in der Landwirtschaft von aufklärenden Programmen für die Düngung und andere Kulturverfahren ergänzt werden sollten. Das Ziel einer größeren Nahrungsmittel- und Faserproduktion in dieser immer dichter bevölkerten Welt wird viel eher erreicht durch engere Zusammenarbeit zwischen den Berufsgruppen und damit, daß die Regierung bei Politik- und Unternehmungsentscheidungen öfter Berufsleute zu Rate zieht.

RESUMEN

Cultivo de las plantas bajo las condiciones climáticas mediterráneas influenciado por los suministros de agua

El cultivo de las plantas bajo las condiciones climáticas mediterráneas u otras condiciones lo es en función del suministro de agua que se realiza, condiciones del suelo, características de la planta y otros factores, que por su sencillez pueden incluirse en las prácticas de los cultivos.

Admitiendo estas relaciones, el suministro de agua tal y como está determinado por las prácticas de irrigación y drenaje es el que se discute en el presente trabajo, en su relación con la producción de cultivos. Es de señalar el agua como factor que afecta a las respuestas de la cosecha ante los elementos nutritivos aplicados a la planta, bien dentro del suelo o bien aplicados como fertilizantes.

Está ampliamente admitido el papel que desempeña el suministro de agua en las prácticas agrícolas al lograr una mayor producción y una agricultura estable bajo climas mediterráneos. De acuerdo con esto se presta mucha atención a la planificación construcción de grandes embalses así como canales de irrigación. Por desgracia, corrientemente se presta mucha menos atención a los muchos pro-

blemas que implica la eficiente utilización de estas aplicaciones del agua a menudo costosas, para aumentar los rendimientos de las cosechas y asegurar la permanencia de una agricultura más productiva. Aunque la irrigación pueda cambiar el medio ambiente de la planta – y así influenciar en el desarrollo de la cosecha –, más que cualquier otra práctica individual, muy raras veces resulta adecuado el suministro de agua sola. Por el hecho de que el agua sola no siempre aumentará la producción de cosechas deberá prestarse una mayor atención a las reservas de agua por los ingenieros, economistas, investigadores y gobernantes.

En este estudio se examinan brevemente las relaciones entre el agua y el desarrollo de las cosechas para facilitar una base que permita predecir los efectos que ejerce el agua sobre los rendimientos de las cosechas y para evaluar sus respuestas ante los fertilizantes. Asimismo se informa de algunas respuestas divergentes de las cosechas ante el agua y los fertilizantes; incluso cuando se aplican bajo condiciones aparentemente similares. Las inter-relaciones deben ser comprendidas si el hombre hace eficiente el empleo de los suministros de agua y adquiere una completa ventaja de las posibilidades que le ofrecen los fertilizantes y otras prácticas agrícolas para el incremento de la producción.

La irrigación es necesaria y sus prácticas varían ampliamente. En este trabajo se sugieren algunos principios de irrigación de amplia aplicación y se contrastan con las pertinentes y restringidas prácticas de irrigación específicas. Estos principios generales son provechosos para realizar los eficientes diseños y estudiar los proyectos a realizar para llevar a cabo la irrigación. Estos principios deberán considerarse al planificar y dirigir los programas de investigación y demostración diseñados para examinar las respuestas ante el fertilizante bajo condiciones mediterráneas. Al interpretar los resultados de los experimentos y demostraciones, es importante analizar las condiciones que prevalecen durante el proyecto y evitar los peligros de las super-generalizaciones.

Se necesita un mayor trabajo de equipo entre los especialistas en irrigación, especialistas en fertilizantes y técnicos agrícolas y otros para acelerar el desarrollo de la información básica sobre las inter-relaciones agua-fertilizante e incrementar la veracidad de esta información así como su plena utilidad para predecir las respuestas que deben obtenerse bajo estas nuevas condiciones.

Si el hombre está decidido a desarrollar un éxito agrícola intensificado y permanente con los limitados recursos de agua encontrados con frecuencia en los climas mediterráneos, necesitará alcanzar el máximo empleo del agua potencialmente disponible (mientras también, por supuesto, cubre sus necesidades para usos domésticos e industriales).

Esto significa que los planes para el empleo del agua en agricultura deben ir acompañados por programas de fertilización lo suficientemente claro así como otras prácticas agrícolas avanzadas.

Los fines perseguidos por el hombre para alcanzar una mayor producción de alimentos y fibras en este mundo cada vez más poblado pueden ser alcanzados mucho más rápidamente por medio del incremento de la cooperación entre los grupos profesionales y un mayor empleo por parte de los gobernantes del personal profesional en la política a realizar así como en las decisiones a tomar.

Estimation of Available Potassium Reserves in Soils

J. HAGIN and S. FEIGENBAUM

The National and University Institute of Agriculture
Rehovot, Israel

In numerous field experiments performed in Israel and other semi-arid countries no response to potassium fertilization was obtained (3). The lack of response may be attributed to large reserves of available potassium accumulated under conditions of incomplete leaching of the soil profile, accelerated weathering, and presence of potassium-containing minerals. The principles underlying the weathering processes in primary minerals were reviewed by *Arnold* (1).

In recent years, signs of possible potassium deficiency, or a response to potassium fertilization were observed, in a number of fields in Israel which were under very intensive cultivation. Presumably the features of intensive agriculture: irrigation, with accelerated leaching of the upper soil layers; increased nutrient uptake by plants; and the displacement from the upper soil layers of exchangeable potassium by applied ammonium, produced this effect.

In view of this, an estimation of available potassium reserves in some typical Israeli soils seemed to be of considerable interest. It is obvious that the best criterion for estimation of available potassium reserves would be the yield response in continuous exhaustion field plots. However, this approach would be very costly in time and money. Shorter laboratory methods should therefore be sought. Continuous extraction of soil samples, depletion of soil samples by short-time plant growth or by contact with cation exchange resins should provide the desired information.

Evidently, a reliable method for evaluation of available potassium should be used in order to estimate the changes due to extraction or depletion treatments. The method based on calculation of free energy of exchange seems to be suitable (3, 6, 7).

In this report only some phases of the work will be presented, namely, that of the continuous extraction experiment.

Materials and Methods

Some characteristics of the experimental soils are presented in Table 1. All samples were taken from the 0–20 cm layer.

In addition, pertinent information on the crop rotation and agricultural practices prior to soil sampling is given below:

Zerifin 1 and 2 (in the coastal plain) were taken from an irrigated citrus orchard. The orchard was in its sixth year. Organic manures were not applied in the last few years and the orchard received ammonium sulphate and superphosphate. Potassium fertilizers were not applied to plot 1, and an application was given in plot 2.

Hazor (southern plain): The soil sample was taken from a flax field. The previous crop was wheat. The field was not irrigated and did not receive organic manure or potassium fertilizers in the previous years.

Nir David (Beth Shean Valley): The crop in the field at time of sampling was sugar beets, which did not receive organic manure or potassium fertilizers. However, as the field is under irrigation, organic manure was probably applied in the past.

Kfar Rupin (Beth Shean Valley): The crop in the field at time of sampling was under sugar beets. The field is under irrigation only a short time, and it did not receive potassium or organic manure in the past few years.

Zeelim (Western Negev): The crop at the time of sampling are irrigated potatoes, which did not receive potassium or organic manure. This field was brought under cultivation only a year ago, and was probably never fertilized or manured.

Table 1 Some characteristics of the experimental soils

| Location | Texture | CaCO ₃ % | pH | Ex- change capacity mEq per 100 g | Ex- change- able K mEq per 100 g | Percent of exchangeable K of total exchange capacity | ΔF cal per mol/°C |
|------------|------------|------------------------|-----|---|--|--|----------------------------|
| Zerifin 1 | Sandy loam | Nil | 7.4 | 12.8 | 0.27 | 2.1 | —3270 |
| Zerifin 2 | Sandy loam | Nil | 7.4 | 13.6 | 0.96 | 7.0 | —2340 |
| Hazor | Silty clay | 15.5 | 7.8 | 42.0 | 1.00 | 2.4 | —3500 |
| Nir David | Clay | 43.4 | 7.9 | 32.9 | 2.25 | 6.8 | —2500 |
| Kfar Rupin | Clay | 53.4 | 7.9 | 20.1 | 1.20 | 5.9 | —2890 |
| Zeelim | Sandy loam | 13.2 | 7.9 | 9.5 | 0.89 | 9.3 | —2220 |
| Malkiya | Clay | Nil | 7.1 | 44.6 | 0.86 | 1.9 | —4020 |

Malkiya (upper Galilee): The sample was taken from a non cultivated field.

Calcium carbonate was determined by the gasometric method, pH with a glass electrode, exchange capacity and exchangeable potassium were measured according to *Richards* (5). Energies of replacement (ΔF) were determined as described by *Woodruff* (6, 7). A modification was adopted (*Woodruff's* personal communication), whereby magnesium in addition to calcium cations were determined together in an EDTA titration. The ΔF calories values were obtained from the following equation:

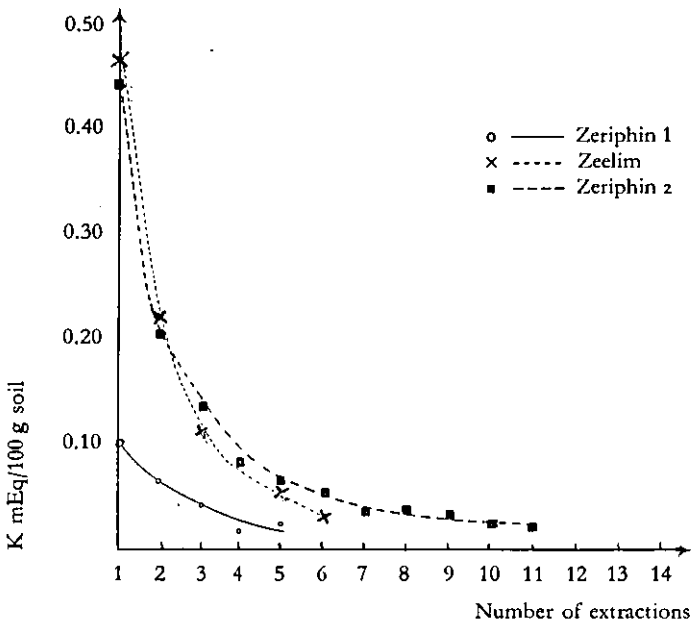
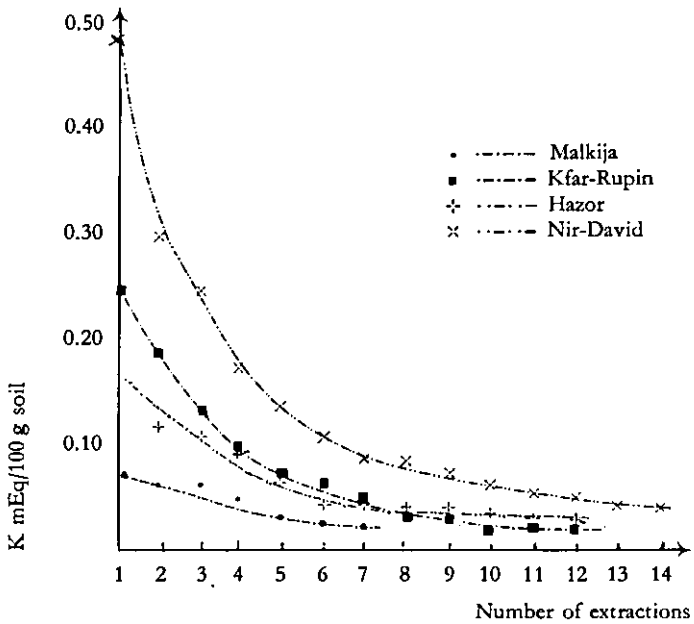
$$\Delta F = 1364 \log \frac{K}{\sqrt{Ca + Mg}}$$

where K, Ca, Mg represent the concentration of these cations in the extracted soil solution in moles per liter. As the solutions are dilute, concentration values may be used for ionic activities. For purposes of general soil characterization the ΔF values were calculated from measurements done in water extract of soil pastes, and in the extraction experiment from the dilute calcium chloride extract. Potassium was in all cases determined by a flame photometer.

Extraction experiment: 5 grams of soil sample were repeatedly extracted in a 0.01 N CaCl₂ solution. This concentration was chosen because its ionic strength was assumed to be near to that of the soil solution in the field. The ratio of solution to soil was 10:1. The suspension was shaken for 15 minutes (a shaking time of 30 minutes was tried, but this did not change the amount of potassium extracted, or the ΔF values), and subsequently centrifuged. The concentrations of Ca, Mg and K were determined in the clear solution, while the soil was mixed with a new portion of dilute CaCl₂ solution, shaken and centrifuged. This procedure was repeated 5-14 times, according to the release of potassium from the various soils.

Results

Soil samples from seven locations were extracted repeatedly until the concentration of potassium in the extracts was lowered to about 0.02-0.04 mEq of K per 100 grams of soil extracted. The amounts of potassium extracted in each portion were plotted against the number of extractions. The results are presented in Figure 1a for the finer textured soils and in Figure 1b for the coarser textured ones. The shape of the curves suggests, according to



Figures 1a, b Relation between number of extractions and amount of potassium extracted from soil samples

Garman (2), three forms of potassium: the steep part represents the depletion of soluble and easily replaceable potassium; the transitional part of the curve is due to the strongly adsorbed and exchangeable potassium, and the lower part is obtained by the slow release of potassium from mineral structures. According to Figure 1a the soils from Hazor and Kfar Rupin, and especially that from Nir-David, show considerable reserves of easily exchangeable potassium. The soil from Nir David released about 0.1 mEq of potassium per 100 grams of soil in the sixth extraction, which is still in the steeper part of the release curve. This amount, which was received after considerable depletion still represents about 100 kg of potassium (K) easily exchangeable in the plow layer of the area of one hectare. (It is assumed that the plow layer of one hectare contains 2500 tons of soil). For the fourth soil in the same diagram only the lower part of the curve was obtained. This indicates a very small reserve of easily exchangeable potassium.

In Figure 1b, the coarse textured soils show steeper depletion curves than the fine textured soils in Figure 1a. For one soil, only the lower part of the curve was obtained.

The difference between the steepness of the curves for finely and coarsely textured soils is consistent with observed and well known facts that the reserves of available potassium in light soils are exhausted faster than those in heavy soils.

The curves in Figures 1a and b may serve as a qualitative comparison of available potassium reserves in soils tested.

A quantitative evaluation of reserves of easily soluble potassium was attempted. *Olsen* and *Watanabe* (4) proposed a method for determination of a phosphorus adsorption maximum by adjustment of the Langmuir isotherm equation to the experimental data. A similar approach is suggested here for the evaluation of the maximal amount of potassium released by successive extractions.

By plotting the cumulative amounts of potassium extracted versus the number of extractions, which is identical with the volume of extract, an asymptotic curve is obtained. This curve is similar to that obtained for the Langmuir isotherm.

It is justified, at least formally, to adjust to the data obtained an equation similar to that of Langmuir isotherm, although the meaning of the various parameters in the equation may not be identical to those in Langmuir's. Accordingly the linear form of this equation may be used:

$$\frac{\Sigma V}{\Sigma K} = \frac{1}{b} \Sigma V + \frac{1}{kb} \quad [1]$$

where ΣV represents the cumulative extraction volume. ΣK = the cumulative amount of potassium in mEq K per 100 g of soil, and b and k are constants.

According to the Langmuir isotherm (4) the constant b , which is the reciprocal of the slope of the straight line, represents the maximal amount of potassium which in our case may be released by successive extractions. Formally, also, it is easy to prove the meaning of constant b . By arithmetical transformation of equation [1]:

$$\Sigma K = \frac{b}{1 + \frac{1}{k\Sigma V}} \quad [2] \text{ is obtained,}$$

if ΣV approaches infinity: $\frac{1}{k\Sigma V}$ approaches zero, and $\Sigma K = b$

In the original equation (4), the intercept $\frac{1}{kb}$ is an indicator of bonding energy of the ion to the absorbing medium. However, it seems that in our case it would be difficult to attribute a meaning to this parameter.

Regression lines and coefficients of correlations relating $\frac{\Sigma V}{\Sigma K}$ to ΣV were calculated, accordingly, from the data presented in Figures 1a and b. The data fitted a straight line very well (coefficients of correlation are given in Table 2), and the constant b was evaluated. In Table 2 the equations of the regression lines and the maximal amount of potassium (b) that could potentially be extracted is presented in units as used in the laboratory work, and additionally calculated in kg potassium per plow layer of one hectare. The largest amount of extractable potassium was found in the Nir David soil. Four other soils form a second group with still large amounts of potassium, but less than the first one. Two soils contain but a small reserve, especially so the coarse textured soil from Zerifin 1. The numbers obtained may serve as indices for the length of cropping time needed to produce potassium deficiency or a response to potassium fertilization. The validity of the predictions will be tested by plant exhaustion experiments.

It should be noted that the indices thus obtained are not in good correlation with the ΔF values tabulated in Table 1 for obvious reasons. Whereas

the ΔF values give the present status of potassium availability, the b-index should represent the total available reserve. The immediate availability of potassium in Zerifin 2 and Zeelim which are light textured is higher than that in Nir David, a heavy textured soil, whereas the opposite is true for the total reserve. A similar relation is found between the soils from Zerifin 1 and Malkiya.

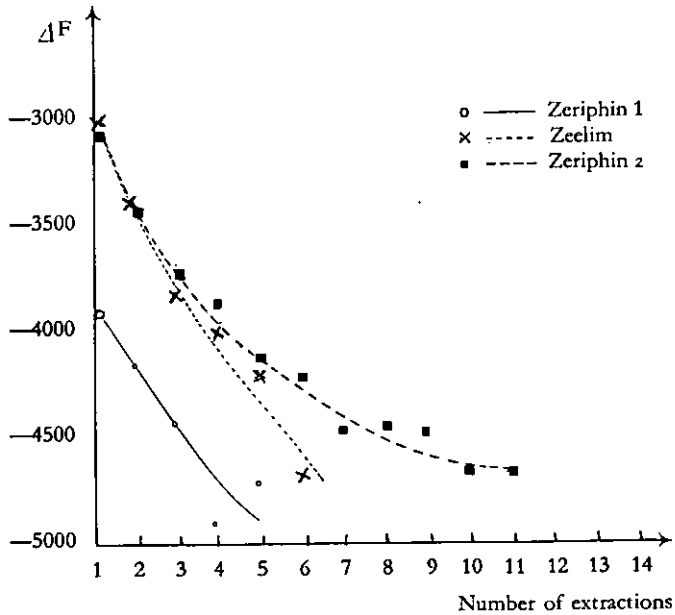
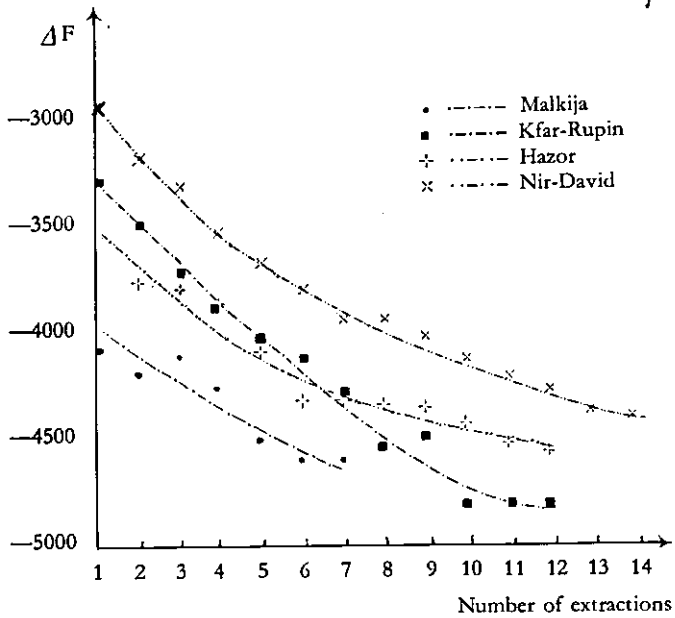
Free energy of exchange of potassium (ΔF) was calculated from the concentrations of potassium and calcium and magnesium in the extracting solutions. The values obtained of energy calories (ΔF), versus the number of extractions are presented in Figures 2a and b. Although calcium was added to the extracting solutions, its concentration was low and presumably near to that in a typical soil solution in the field. It should be noted that the concentration of calcium found in the extracting solution was not constant and it became higher in succeeding extractions, especially so in the first ones.

Table 2 Coefficients of correlation, regression equation, and parameters calculated according to the linear equation of the Langmuir isotherm

| Location | Regression equation* | Coefficient of correlation | b K mEq/ 100 g | b kg K/ha |
|------------|----------------------|----------------------------|----------------------|--------------|
| Zerifin 1 | $y = 2.68x + 6.9$ | 0.999 | 0.37 | 350 |
| Zerifin 2 | $y = 0.73x + 1.7$ | 0.990 | 1.37 | 1300 |
| Hazor | $y = 0.75x + 5.1$ | 0.999 | 1.33 | 1270 |
| Nir David | $y = 0.38x + 1.7$ | 0.999 | 2.63 | 2500 |
| Kfar Rupin | $y = 0.74x + 2.9$ | 0.999 | 1.35 | 1280 |
| Zeelim | $y = 0.82x + 1.3$ | 0.999 | 1.22 | 1160 |
| Malkiya | $y = 1.10x + 12.2$ | 0.970 | 0.90 | 860 |

$$*y = \frac{\sum V}{\sum K} \quad x = \sum V \quad \text{For further explanation see text}$$

It may therefore be assumed that the calculations of the free energy of exchange values may serve as a good indication of potassium availability (3, 6, 7). As is seen in Figure 2a, much potassium depletion is needed for the soil from Nir David until the limiting value of approximately—4000 calories is reached, whereas for the soil from Malkiya this value is obtained already in the first extract. By comparing the free energy values of the coarse and fine textured soils (Fig. 2b and a) it is clear that the former reach the critical value sooner than the latter.



Figures 2a, b Relation between number of extractions and free energy of exchange of potassium in calories (ΔF)

Summary and conclusions

An attempt was made to evaluate the reserves of available potassium in some Israeli soils. Successive extraction of soil samples by a 0.01 *N* CaCl₂ solution was employed. Potassium, calcium and magnesium concentrations were determined in the extracts. An asymptotic curve was fitted to the cumulative potassium concentration values in the successive extracts. From the linear form of these curves the maximal values of soluble potassium in the tested extracts were calculated. The values obtained should furnish information on the potential reserves of available potassium and enable a prediction of the length of cropping time until a response to potassium fertilization may be expected. No correlation was observed between the available potassium reserves index and the ΔF values, which were proved to be good indices of the immediate potassium availability. It was postulated that no correlation should be expected because of the different nature of the two indices.

The change of the free energy of exchange of potassium was calculated in the successive extracts. Qualitative comparison of the slopes of the curves obtained may serve as an indication of the rate of potassium depletion in the tested soils.

Additional experiments with plants and cation exchange resins are being performed in order to verify the results obtained in the extraction experiments. This second phase of the work will be published in another report.

Bibliography

1. *Arnold, P. W.*: Nature and mode of weathering of soil-potassium reserves. *J. Sci. Food Agric.* 11, No. 6; 285-292 (1960)
2. *Garman, W. L.*: Potassium release characteristics of several soils from Ohio and New York. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21; 52-58 (1957)
3. *Hagin, J.* and *Dovrat, A.*: Methods for determination of available soil potassium. To be published in the *Empire Jour. of exper. Agri.* (1962)
4. *Olsen, S. R.* and *Watanabe, F. S.*: A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soil as measured by the Langmuir isotherm. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21; 144-149 (1957)
5. *Richards, L. A.*: Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA Handbook No. 60* (1954)
6. *Woodruff, C. M.*: Ionic equilibria between clay and dilute salt solutions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19; 36-40 (1955)
7. *Woodruff, C. M.*: The energies of replacement of calcium by potassium in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19; 167-171 (1955)

Acknowledgment: The authors wish to express their thankfulness to the Dead Sea Works for the financial help extended to the reported research.



Discussions 2^e séance

Conférence du Prof. D^r W. KUBIENA

Les sols des régions méditerranéennes

D^r NIKOLIĆ (Zemun): Il est évident que le nombre de facteurs qui déterminent les types, sous-types et variétés de sols est très grand dans la zone méditerranéenne. Il en va de même en Yougoslavie où le climat, par exemple, est à l'origine de sols très différents. Je sais d'autre part que lors de l'établissement d'une carte pédologique de l'Europe (sous les auspices de la FAO) un certain nombre de difficultés de nomenclature des sols est apparu. Je ne citerai pour exemple que le cas de podzols qui portent les noms de: podzols, vrais podzols, parapodzols, pseudogley, sols podzoliques, sols parapodzoliques, etc. Même le Prof. *Kubiena* parle dans son rapport (p. 164) de semi-podzols et podzols. J'aimerais connaître à ce sujet l'opinion du rapporteur, ainsi que ses idées sur la tendance actuelle à l'uniformisation des dénominations pédologiques.

Prof. W. KUBIENA (Hamburg): Eine Vereinheitlichung der Nomenklatur der Bodenbildungen ist nur durch Nomenklaturregeln möglich und im Zusammenhang damit durch die Anwendung des Prioritätsprinzips, wie es in der Botanik und Zoologie üblich ist. Die Nomenklaturregeln lassen sich aus der allgemeinen Tradition der Benennung von Bodentypen und Subtypen leicht ableiten. Ich habe dies in meinem Buch «Die Böden Europas» zu zeigen versucht. Auf dem Wege von Vereinbarung wird eine Vereinheitlichung niemals erreicht werden können, da hier anstelle objektiver Prinzipien immer wieder subjektive Einflüsse, wie durch bestimmte Untersuchungstechniken und Spezialisierungen, durch die Zugehörigkeit zu bestimmten Schulen, Ländern, Ämtern, philosophischen Systemen, durch administrative Machtvollkommenheiten und nationales Prestige, zu stark in den Vordergrund treten werden. Es ist kein Unglück für jenen, der mit bestimmten Böden zu tun hat, wenn er für einen Begriff neben dem ihm bekannten Namen auf die eine oder andere synonyme Bezeichnung stößt. Es ist nur notwendig, daß wir uns bemühen, in der Synonymologie auf dem laufenden zu sein, sie ständig zu kontrollieren und auszubauen. Auch die Systematik ist etwas, das nicht still steht, sondern sich dauernd weiterentwickelt. Änderungen und Doppelbezeichnungen sind darum unvermeidlich. Sie kommen in allen Naturwissenschaften vor. In der Bodenkunde ist jedoch die Zahl der Synonyme noch so gering, daß es nicht schwer ist, die

zwei oder drei Nebenbezeichnungen, die in verschiedenen Ländern auftreten, zu übersehen. Meist sind sie in ihrer Anwendung lokal beschränkt, wodurch dies noch erleichtert wird. Daß es heute nicht mehr angeht, sich bei bodenkundlichen Arbeiten mit Einzelmerkmalen zu begnügen, daß man darum stets darüber hinaus mit ganzen Böden und mit Ganzheitsbezeichnungen arbeiten muß, hat gerade unsere Tagung am deutlichsten gezeigt. Immer mehr sehen wir, daß die komplizierte Ursächlichkeit auch einfacher Einzelercheinungen eine solche Betrachtungsweise auf fast allen Gebieten notwendig macht.

D^r NIKOLIĆ: Je tiens à exprimer mon estime pour l'opinion du Prof. *Kubiëna*, mais je désire toutefois faire remarquer que même les pédologues allemands ne sont pas d'accord avec cette dénomination.

D^r G. BARBIER (Versailles): Parmi les magnifiques microphotographies que nous a présentées M. *Kubiëna*, j'ai remarqué celle où est représenté une radice qui s'est développée dans la terre. J'ai noté que cette radice apparaissait comme complètement détachée de la terre environnante.

Je désire demander à M. *Kubiëna*:

1. Si cet aspect est la conséquence de la technique de préparation.
2. S'il existe une technique pour étudier la morphologie de l'association du sol et des radices dans le sol en place.

Prof. W. KUBIENA (Hamburg):

1. Man kann in Dünnschliffen natürlich auch Würzelchen sehen, die der Erde völlig anliegen. Sie werden nicht durch die Präparierung von ihr getrennt. Dünnschliffpräparate mußten bisher im lufttrockenem Zustande hergestellt werden. Bei Böden, die wenig schrumpfen, macht das wenig aus, aber bei Böden mit starker Volumsverkleinerung (besonders Anmoore und Torfmoore sowie schwere Tone) werden auch die Hohlraumwände stärker auseinanderrücken. Dies sind Veränderungen, die *vor* der Präparierung einsetzen und nicht durch die Präparierung selbst hervorgerufen werden. Wir führen soeben Versuche zur Feuchttränkung durch, die uns eine Präparierung ohne vorherige Tränkung gestatten soll. Einige gute Ergebnisse lassen uns auf Erfolg hoffen.

2. Die Untersuchungen von Würzelchen *in situ* und *in vivo* ist in vollkommener Weise durch Direktmikroskopie an zwar geöffneten, doch sonst ungestörten und naturfeuchten Böden mit Hilfe von Auflichtmikroskopie gegeben. Sie kann bereits im Feld, bei Entnahme von Feuchtproben mit ungestörter Lagerung, unter Anwendung hochleistungsfähiger Optiken und Beleuchtungsapparaturen, aber auch im Laboratorium durchgeführt werden.

La dynamique du potassium dans le sol

G. BARBIER

Station Centrale d'Agronomie, Versailles

La plupart des sols renferment une quantité de potassium total relativement énorme vis à vis du potassium assimilable, par exemple 100 fois plus. L'un des problèmes qui préoccupent toujours les agronomes est de savoir si cette masse de potassium actuellement inerte évolue peu à peu vers la forme assimilable. Une libération de 1 pour mille du potassium total par an correspondrait, pour le sol et le proche sous-sol, à une fumure dépassant souvent 50 kg K_2O par ha chaque année.

Or, selon le schéma ci-contre (Fig. 1), le potassium interne des minéraux, primaires ou secondaires, peut être libéré de deux façons :

– par la *décomposition* de minéraux, laquelle résulte sinon d'une démolition complète des cristaux, du moins d'un remaniement profond de leur structure, transformant par exemple des feldspaths en argiles.

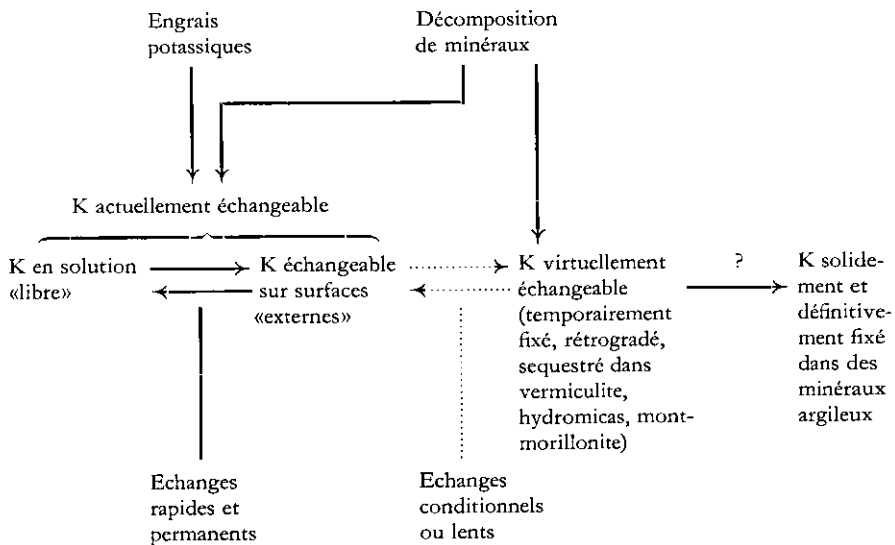


Figure 1 Schéma de la dynamique du potassium dans le sol

– par une *émigration d'ions potassium* en dehors de cristaux conservant leur charpente, notamment d'ions potassium primitivement logés dans les espaces interfeuilletés des argiles, comme conséquence d'un échange contre d'autres cations venant de l'extérieur (flèche en traits discontinus, de droite à gauche, du schéma).

Le deuxième processus, étudié en détail plus loin, est incapable d'enrichir le sol en potassium échangeable (assimilable), du fait qu'il est limité par un processus inverse. Il modère l'appauvrissement du sol en potassium échangeable, mais ne libère pas de potassium dans un sol qui n'en a pas perdu. Au contraire, le premier processus, la décomposition de minéraux, foncièrement irréversible, apparaît capable d'enrichir le sol en potassium échangeable, à condition que le potassium du minéral décomposé dépasse en quantité celui qui reste occlus dans les argiles nouvellement formées.

I. Libération éventuelle de potassium par décomposition de minéraux

La décomposition des minéraux primaires a fait autrefois l'objet de nombreuses études (parmi les références récentes: 25, 33, 39). Ce ne sont pas nécessairement les minéraux les plus riches en potassium qui en libèrent le plus par décomposition, dans le même temps. L'orthose (9–15% K_2O) et la muscovite (8–12%) résistent bien à la décomposition, la biotite (6–9%) s'altère plus facilement (bibliographie générale: 14).

Mais ces études renseignent mal sur l'importance de la décomposition des minéraux comme source de potassium assimilable selon le degré d'évolution du sol. Dans des sols jeunes ou rajeunis par l'érosion, sur roches éruptives ou sur sédiments provenant de leur désagrégation récente, la décomposition des minéraux peut libérer du potassium à une vitesse notable (14). Un granite concassé en fragments de 2 à 4 mm et abandonné à l'action de la pluie sous climat tempéré (Versailles) a cédé à l'eau de drainage, en l'absence de toute végétation, 13,5 mg K_2O par litre, soit 36 kg par ha et par an, représentant 1 pour dix mille du potassium total par an, pour la moyenne des 30 premières années, période qui correspond à la toute première phase de l'altération géochimique du granite. Il s'agit d'ailleurs d'un granite exceptionnellement riche en quartz (48,6%) (17, 51).

Mais la décomposition des minéraux primaires se ralentit au fur et à mesure de l'évolution pédologique, au moins à partir d'un certain stade de cette évolution. Dans des sols mûrs, la majeure partie de K non échangeable, lequel représente 99% ou plus du potassium total, est occluse non pas dans

des minéraux primaires, mais comme potassium interfeuilletés dans les minéraux argileux.

Il n'est pas exclus que les minéraux argileux eux mêmes puissent être superficiellement attaqués, par exemple par des excréctions radiculaires.

Or il paraît possible de se renseigner à cet égard en étudiant le bilan du potassium échangeable (Tableau 1) au cours d'expériences culturales d'une durée suffisante.

Tableau 1 Définition des bilans du potassium

| | |
|--|--|
| 1. Bilan brut, ou bilan de K total: K des engrais - K exporté par récoltes et eau de drainage. | |
| 2. Bilan de K échangeable : | $\left. \begin{array}{l} K \text{ échangeable final} + K \text{ des récoltes et drainage} \\ - (K \text{ échangeable initial} + K \text{ des engrais}) \end{array} \right\}$ |
| | différence positive = libération |
| | différence négative = fixation |

Le Tableau 2 résume l'une de plusieurs expériences en vases de *L. Audidier*, *J. Garaudeaux* et *H. Chevalier**, qui ont constaté, comme d'habitude, une fixation de K à l'état non échangeable lorsque le bilan de K total est excédentaire, et une libération de K en cas de bilan franchement déficitaire. Ce qu'il faut noter c'est le décalage entre les points O des bilans de K total et de K échangeable, et surtout le sens de ce décalage. Dans des cultures en vases, où l'enracinement est dense, on s'attendrait à ce qu'une certaine attaque des minéraux par les racines libère du potassium, ce qui se traduirait par un gain de potassium échangeable au point O du bilan du potassium total, et même un peu au-delà. Or c'est précisément le contraire qui a été observé: un déficit de potassium échangeable, alors que le bilan de K total est encore déficitaire; ce déficit est d'ailleurs limité.

* Le rapporteur remercie ces auteurs de l'avoir autorisé à faire état de ces résultats non encore publiés.

Tableau 2 Comparaison des bilans de K total et de K échangeable dans une expérience en vases d'une année. (Audidier, Garaudeaux et Chevalier)

| | mg K ₂ O par pot | | | | |
|------------------------|-----------------------------|-------|------|------|-------|
| Fumure | 0 | 200 | 400 | 600 | 800 |
| Récolte | 162 | 309 | 477 | 612 | 754 |
| Bilan de K total | - 162 | - 109 | - 77 | - 12 | + 46 |
| Bilan de K échangeable | + 68 | + 15 | - 5 | - 70 | - 105 |

Dans d'autres expériences en vases des mêmes auteurs, ayant comporté 3 cultures en 3 ans, sur sols variés, 4 ont eu un résultat de même sens que la précédente (fixation au point O du bilan de K total); dans une autre, les deux bilans ont coïncidé; dans une autre, une très petite quantité de potassium a été libérée au point O du bilan de K total.

La connaissance de tels bilans est importante. Il est précieux, pour l'agronome, de savoir que dans un sol périodiquement enrichi en potassium par des engrais et appauvri par des cultures, si le bilan du potassium total est finalement nul, le taux de potassium échangeable n'est pas augmenté, c'est-à-dire que le potassium interne des minéraux n'a pas évolué vers la forme assimilable, même en présence d'une forte densité de racines.

Dans une expérience au champ de longue durée, où les bilans du potassium ont été établis pour l'ensemble du profil, une légère libération de potassium, non significative, a été observée pour un bilan nul du potassium total (5). Dans une autre, ne comportant il est vrai que des bilans excédentaires, on n'a observé que des fixations, même en l'absence d'un enrichissement important du sol en potassium total (55).

En résumé, il apparaît que la libération de potassium par décomposition de minéraux est de faible importance dans des sols ayant atteint une certaine maturité pédologique.

II. Le potassium échangeable - L'échange du potassium

1. Agitation «thermodynamique» des cations adsorbés

Etude avec l'aide d'isotopes. Depuis fort longtemps, les physicochimistes, pour expliquer l'échangeabilité des ions adsorbés, ont imaginé que ces ions ne restent pas immobiles, mais continuellement animés de mouvements spontanés non orientés de translation, qui font que chaque ion se déplace continuellement, au hasard, dans tout l'espace accessible à la diffusion. L'emploi

des isotopes a apporté récemment une nouvelle confirmation de cette conception.

Si l'on traite un sol, dont le potassium est constitué en quasi-totalité de l'isotope K^{39} , non radioactif, par une solution contenant K^{42} , radioactif, les ions K du sol et de la solution portent initialement une marque distinctive. On constate alors, dans tous les cas, que des ions K de la solution passent aux particules solides, et simultanément de celles-ci à la solution, même si le système reste en équilibre. Il faut donc admettre que le vagabondage des ions K se poursuit indéfiniment dans le sol humide.

Les mêmes phénomènes ont été observés, ou s'observeraient à coup sûr, pour tous les autres cations échangeables (9, 16, 35).

Ainsi les isotopes permettent de matérialiser la double flèche par laquelle on représente un équilibre cinétique de distribution d'un ensemble de molécules ou d'ions de même espèce entre deux portions d'espace:

ions K en solution \rightleftharpoons ions K condensés sur les surfaces adsorbantes

Dans le système en équilibre, les déplacements indiqués par les flèches, ceux des ions K et de tous les autres cations échangeables, se compensent statistiquement, ayant la même fréquence dans un sens que dans l'autre.

En cas de rupture d'équilibre du potassium, les déplacements individuels d'ions K deviennent plus fréquents dans un sens que dans l'autre, et ceux des autres cations en sens inverse, jusqu'à nouvel équilibre. C'est donc la diffusion qui est la cause de l'échange de cations. Echangeable et diffusible apparaissent comme des termes équivalents, ou s'impliquant mutuellement.

Les particules d'argile ou d'humus se comportent aussi bien comme des émetteurs que comme des récepteurs d'ions de chaque espèce, à chaque instant, ce qui éclaire singulièrement la notion d'ion assimilable.

Ces faits justifient, parmi d'autres, l'application de la théorie de *Gouy* (24), ou de *Gouy-Chapman*, aux phénomènes étudiés (du moins à titre qualitatif). D'après cette théorie, à laquelle il est fait largement appel aujourd'hui en science du sol, les particules solides négatives attirent les ions positifs ou cations, qui se concentrent à leur surface, et refoulent les anions. Mais les cations ainsi adsorbés n'en demeurent pas moins animés de l'agitation thermique. En conséquence, l'excès de leur pression (de leur activité) au voisinage de la surface tend à les en écarter. À l'équilibre, en chaque élément de volume, ces deux actions se compensent. *Gouy* a calculé la concentration des cations en fonction de la distance à la surface solide. Cette concentration

décroit rapidement sur une épaisseur de 50–100 Å par exemple (13), pour devenir égale à celle de la solution libre.

L'énergie libre de chaque espèce d'ion est uniforme dans tout le système en équilibre. Tous les ions échangeables de même espèce jouent le même rôle dans un sol en équilibre, qu'ils se trouvent actuellement dans la solution libre ou dans la «couche diffuse».

Cinétique de l'échange isotopique : L'emploi d'isotopes renseigne commodément sur la cinétique de l'échange. Après introduction de K^{42} , la radioactivité spécifique de K en solution diminue très rapidement jusqu'à une valeur apparemment stable (du moins dans un type de sol étudié par l'auteur: un limon des plateaux (Lösslehm) à montmorillonite et illite). C'est ce qu'indique la Figure 2. (K isotopiquement dilué est défini comme inversement proportionnel à la radioactivité spécifique de K en solution.) La rapidité de l'échange isotopique implique une vive agitation thermique des ions K adsorbés (69).

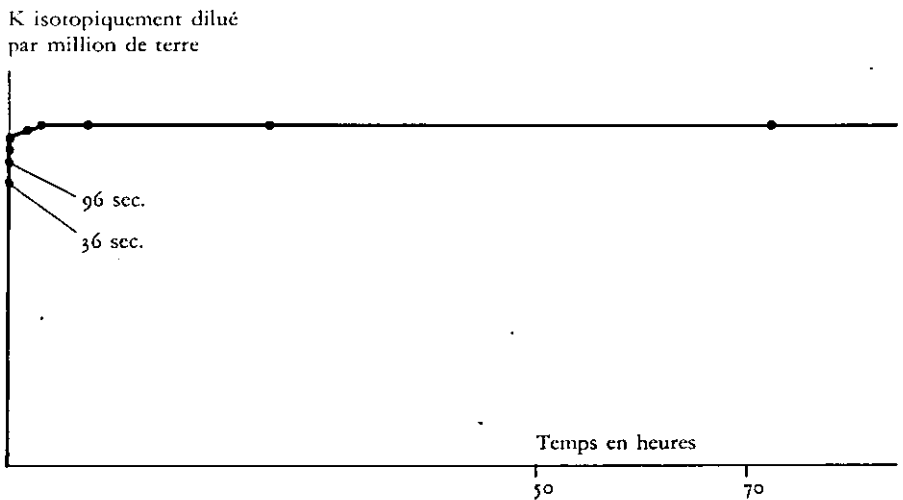


Figure 2 Exemple de cinétique de l'échange isotopique de K du sol

Il n'est pas impossible que la deuxième branche de la courbe continue à monter très lentement, mais la précision des mesures n'est pas suffisante pour le prouver, ni pour l'infirmer. Quoiqu'il en soit, la quantité de K échangeable de ce sol apparaît comme une grandeur bien définie, ou du moins ce sol renferme-t-il une quantité bien définie de potassium beaucoup

plus rapidement échangeable que le reste du potassium. Cette quantité est d'ailleurs voisine de celle déplaçable par un sel d'ammonium, de même que dans une dizaine d'autres sols étudiés par l'auteur.

Or, il sera rappelé ci-dessous que des quantités supplémentaires de potassium peuvent être extraites, au moins de certains sols, par épaissements successifs au moyen de solutions de cations autres que NH_4 , ou par des acides, ou par des cultures successives. Mais le potassium extractible dans ces conditions ne participait pas nécessairement aux équilibres entre solide et liquide dans le sol initial; le potassium interfeuillet qui s'échange après élimination de tout ou partie du potassium externe n'était pas nécessairement échangeable avant cet épaissement. En effet, comme on le verra plus loin, la présence de K en solution peut bloquer la sortie du potassium interne, comme le fait l'ammonium. Un avantage spécifique de la méthode isotopique est justement de doser le potassium échangeable sans l'échanger, donc en laissant le sol dans son état actuel, avec son équipement ionique normal (approximativement).

Dans le même ordre d'idées, la quantité actuelle de K assimilable d'un sol est peut-être mieux définie que ne le laisseraient supposer les expériences d'épuisement par cultures successives. Et si l'on définit K assimilable, ou tout autre ion assimilable, comme l'ensemble des ions de même espèce ayant chacun, *actuellement*, une certaine probabilité de venir au contact d'une racine par unité de temps, le potassium assimilable ne diffère pas du potassium échangeable.

2. *Distribution du potassium et des autres cations entre solution et adsorbants*

Dans un sol en équilibre, la composition cationique de la solution (libre) reflète, en gros, la composition de l'ensemble des cations échangeables du sol. Le sol et la solution renferment les mêmes cations, en proportions non extrêmement différentes (si ce n'est pour certains cations très fortement adsorbés, comme le césium). Dans un sol de constitution normale, renfermant beaucoup de Ca, un peu de K, un peu de Mg, etc., la solution en équilibre renferme également beaucoup plus de Ca que de K et de Mg. Or, la quantité globale des cations en solution n'est en général qu'une petite fraction de la somme des cations échangeables du sol, exprimée en équivalents, dans un sol doué de quelque capacité d'échange. En conséquence, la solution ne renferme qu'une petite fraction de chaque cation échangeable.

En outre, la quantité globale de cations qui traverse annuellement un sol par infiltration n'est en général qu'une petite fraction de la somme des

La validité de cette formule, où k serait approximativement constant dans un large intervalle de variation de la proportion K/Ca , n'est pas absolue, même pour des cations de même valence (44) (c'est alors le rapport des activités en solution qui figure à droite de la formule). Les résultats récents de *Lagerwerff* et *Bolt* (38) n'excluent pas, dans le cas d'une illite, une augmentation continue de k au fur et à mesure que la proportion du potassium diminue dans la zone des degrés de saturation en K des sols naturels; le potassium serait alors d'autant plus fortement retenu que sa proportion est plus petite.

Cette formule n'en est pas moins importante. Même si elle n'est qu'approchée, elle éclaire divers problèmes agronomiques:

a) Pour un même degré de saturation en K , la proportion du potassium en solution augmente lorsque la concentration de la solution diminue. Si les sels dissous sont dilués avec de l'eau, la concentration de K diminue, mais la quantité totale en solution augmente, ainsi que le rapport K/Ca en solution.

b) Pour une même concentration de la solution en Ca – qui ne varie d'ailleurs pas tellement d'un sol neutre à un autre sous le même climat avec un même système de culture – la concentration en K augmente en raison directe du degré de saturation du sol en K . C'est là la raison pour laquelle l'idée a été émise depuis longtemps d'apprécier l'assimilabilité de K du sol non d'après le taux de K échangeable par unité de sol, mais d'après le degré de saturation en K (référence récente: 8).

c) Cependant, le coefficient k varie largement d'un type d'argile à un autre, par exemple: 1 $\sqrt{\text{litre}}/\sqrt{\text{mole}}$ environ dans un montmorillonite, à 4 environ dans une illite, pour un degré de saturation en K de 5% (38). C'est là peut-être l'une des raisons, parmi d'autres, pour lesquelles on ne trouve pas de relation générale entre le degré de saturation du sol en K et la nutrition potassique des plantes (76).

d) Le logarithme du rapport $(K)/\sqrt{(Ca)}$ peut servir de mesure à l'énergie de l'échange, c'est-à-dire à l'énergie mise en jeu lors du transfert au sol d'un ion gramme de K de la solution supposée dans un certain état standard, et en retour d'un ion gramme de Ca du sol à la solution standard. L'énergie de l'échange diminue avec le degré de saturation du sol en K , et serait assez bien reliée à la nutrition potassique des plantes (76).

III. La séquestration, ou fixation, et la libération du potassium dans le sol; leur limitation mutuelle

Il est bien établi que le potassium apporté sous forme soluble ne reste qu'en partie à l'état échangeable dans la plupart des sols quelque peu argileux. Dans certains, la quasi-totalité du potassium des engrais est ainsi fixée sous

une forme difficilement récupérable (73). Ce phénomène de fixation (rétrogradation chez la plupart des auteurs français) demeure assez mal connu, dans ses mécanismes et ses conséquences agronomiques. De l'ensemble des faits observés*, il est cependant possible de dégager quelques idées directrices.

1. Réversibilité de la fixation du potassium

Cette question est d'une importance primordiale, mais particulièrement difficile. Le terme de fixation peut avoir deux sens très différents :

a) Il peut signifier que chaque fois qu'un sel de potasse soluble est incorporé dans le sol, *une fraction du potassium apporté serait fixée irréversiblement* par des argiles, c'est-à-dire qu'elle ne serait pas libérée après retour au taux de potassium initial. Après chaque nouvel apport d'engrais potassique, le potassium non échangeable augmenterait et le potassium échangeable diminuerait nécessairement en cas d'équilibre du bilan de K total. Pour entretenir la force nutritive du sol à son niveau actuel, il faudrait importer toujours plus de potassium qu'il n'en est exporté, du moins tant que la capacité de fixation des argiles ne serait pas saturée. Il est concevable que les choses puissent se passer ainsi, d'après nos connaissances sur le mécanisme de la fixation : les fortes augmentations locales de concentration en potassium, au contact de particules d'engrais solubles, provoqueraient une pénétration d'ions K entre les feuillettes d'argiles qui se fermentaient, et ce potassium resterait bloqué même après retour du potassium externe à sa concentration initiale.

b) *La fixation du potassium serait réversible*, ou tout au moins limitée par un phénomène inverse de libération. Le potassium fixé augmenterait seulement lorsque le potassium échangeable augmente, mais diminuerait à nouveau en cas de diminution du potassium échangeable. Dans un sol où le bilan du potassium total resterait en équilibre, le taux de potassium échangeable resterait constant, à des oscillations près en cours de rotation.

Plusieurs faits militent en faveur de cette deuxième hypothèse :

a) Dans un sol traité par une solution de K^{42} (radioactif), puis soumis à des alternances de dessiccation et d'humectation, ayant provoqué une fixation supplémentaire de potassium, on constate une diminution de la radioactivité

* Une bibliographie très complète a été donnée par R.F. Reitemier en 1951 (57). Les vues générales qui y sont exposées ne semblent pas avoir profondément évolué depuis, malgré les progrès accomplis.

spécifique de K échangeable (une dilution isotopique supplémentaire); la fixation du potassium ajouté a donc été accompagnée d'une libération de potassium antérieurement fixé (69). Ce fait ne suffit pas, à lui seul, pour justifier la double flèche (en traits discontinus) du schéma précédent, laquelle signifie que la fixation et la libération se limitent mutuellement dans de mêmes espaces interfeuilletés. Il est possible en effet que ce ne soient pas les mêmes minéraux, ou les mêmes espaces interfeuilletés d'argiles interstratifiées, qui fixent et libèrent le potassium dans le cas envisagé. *De Mumbrum* et *Hoover*, ayant expérimenté des mélanges d'illite et de vermiculite, attribuent à la première la propriété de libérer le potassium, et à la seconde celle de le fixer (19). Quoiqu'il en soit, s'il était prouvé, au moyen d'isotopes, que la fixation du potassium ajouté donne toujours lieu à une libération de potassium antérieurement fixé, et la libération à une fixation de potassium antérieurement libre, dans des argiles aussi pures que possible du point de vue minéralogique, ce serait là un argument particulièrement convaincant en faveur de la réversibilité de ces processus.

b) *De Mumbrum* (20) ayant ajouté des quantités croissantes de K à une vermiculite ou à une biotite appauvrie en K, a constaté que K échangeable contre Na reste très constant (0,4 mEq/100 g), tant que la teneur en K du minéral reste inférieure à 3% K₂O environ, puis augmente brusquement au-delà: la fixation devient relativement beaucoup moins importante, bien qu'elle continue. Ces faits sont à rapprocher de ceux observés autrefois par *Chaminade* (10): la fixation cesse au delà d'un certain degré de saturation du sol en potassium, 4% de la capacité d'échange dans le sol étudié. En outre, d'après *De Mumbrum*, le même taux de K échangeable (0,4 mEq) tend à se maintenir pendant la libération pour des teneurs en K total *au-dessus* de 3% K₂O. Ainsi un même taux de K échangeable correspondrait à une teneur plus élevée en K total à la libération qu'à la fixation. Aux basses teneurs en K fixation et libération seraient complètement réversibles. La phlogopite (biotite dans laquelle Al est (idéalement) complètement remplacé par Mg) a donné lieu aux mêmes observations, mais à un niveau plus bas de K échangeable.

En relation avec ces faits, il a été observé que la fixation peut devenir particulièrement solide dans des sols fortement enrichis en K (64, 75). *Chaussidon*, ayant abandonné en atmosphère sèche, à froid, une montmorillonite saturée de K, a constaté que la majeure partie de K n'est plus échangeable par épaissements successifs, ni contre NH₄, ni contre Na (12).

Ainsi, la première des deux hypothèses envisagées au début de ce paragraphe ne doit pas être exclue, au moins en ce qui concerne les parties du sol qui se sont trouvées fortement enrichies en K par contact avec des particules

d'engrais. Il n'en reste pas moins qu'en général les mêmes minéraux peuvent donner lieu à une fixation ou à une libération de K selon qu'on les enrichit ou qu'on les appauvrit.

c) Ayant exposé des sols à différentes tensions de vapeur d'eau pendant 18 mois, *Luebs, Stanford et Scott (40)* ont constaté que K échangeable augmente pendant deux mois en atmosphère sèche, et diminue en atmosphère humide. Mais si l'on inverse ensuite les tensions de vapeur d'eau sur les mêmes échantillons, les taux de K échangeable s'inversent également.

La dessiccation peut avoir deux effets distincts: d'après ce qui vient d'être cité, elle modifierait la répartition de K entre espaces interfeuilletés et surfaces externes, à l'équilibre; mais aussi elle paraît accélérer l'établissement de cet équilibre. En tout cas, les dessiccations alternant ou non avec des réhumectations peuvent aussi bien favoriser la fixation dans des sols récemment enrichis en K, que la libération de K dans des sols pauvres ou appauvris (1, 2, 3, 4, 15, 26, 27, 29, 36, 43, 45, 58, 62, 68).

Ce dernier effet, appelé effet *Attoe (1, 2, 3)* par divers auteurs américains, pourrait être attribué à la présence dans les mêmes sols de minéraux qui libéreraient du potassium (illite), alors que d'autres en fixeraient (vermiculite) [voir a) ci-dessus]. Pourtant, dans un sol soumis à des alternances d'enrichissement par les engrais et d'appauvrissement par les cultures, il est difficilement concevable que ce soient toujours les mêmes minéraux qui se vident de potassium et d'autres qui s'en remplissent; il doit bien arriver un moment où les deux sortes de minéraux se mettent en équilibre, puisque chacun est susceptible de libérer ou de fixer K, d'après ce qui précède. C'est là un exemple des difficultés de la question.

d) En règle générale, les taux de K échangeable et de K fixé varient parallèlement dans un même sol, dans un sens ou dans l'autre; K libérable par des cultures appauvrissant le sol augmente avec la quantité de K fixée antérieurement (32, 36, 42, 48, 59, 75). L'apport de K diminue la quantité de K libérée par les plantes (71).

2. Les mécanismes de la fixation – libération du potassium

a) *Aperçu minéralogique.* Les phénomènes de fixation et de libération du potassium ont leur siège surtout dans des minéraux argileux à trois couches (1 couche octaédrique entre deux couches tétraédriques). La plupart de ces minéraux peuvent y donner lieu, notamment: vermiculites, hydromicacés (illites), montmorillonites, même des minéraux primaires comme la biotite.

Les charges négatives résultant de la substitution de Al^{+++} à Si^{++++} ou de Mg^{++} à Al^{+++} sont compensées par des cations logés entre deux couches tétraédriques contiguës de deux feuillets consécutifs (Ca, Mg, Na, H, etc.). Les cations interfeuillets sont échangeables entre eux et avec ceux de l'extérieur si la distance interfeuillets est suffisante pour les laisser diffuser et si en outre leur diffusion n'est pas entravée par divers obstacles (ions fortement liés, dépôts d'hydroxydes, étranglements), dans les espaces interfeuillets, ou à leurs orifices. En cas contraires, ils ne sont pas actuellement échangeables, mais peuvent le devenir ou le redevenir par écartement des couches ou par élimination de ces obstacles. Le potassium interne a alors la possibilité d'émigrer à l'extérieur et d'être ainsi libéré.

L'une des difficultés de la question est de savoir si les ions considérés comme fixés sont complètement immobiles, ou si leurs déplacements sont seulement fortement ralentis. C'est peut être dans cette dernière éventualité que la libération est dite difficile.

Dans la muscovite, K est fortement retenu en raison de la proximité des charges, localisées dans les couches tétraédriques.

La fixation du potassium dans les sols hollandais, selon *Van der Marel* (43) est due à la présence d'une variété d'«illite» à réseau ouvert (15,6 Å) qui se contracte par l'entrée des ions K entre les plans réticulaires, jusqu'à l'illite commune (10,8 Å), de sorte que les ions K ne peuvent plus ressortir, ou difficilement. L'argile à 15,6 Å est également contractée par NH_4 , Rb, Cs. L'entrée des ions K peut être entravée par des hydroxydes de Al et Fe, ou par cations Al et Fe. Des traitements à la soude ou à la potasse favorisent la fixation en dissolvant ces bouchons.

Le resserrement des couches par addition de K a été souvent observé dans d'autres minéraux (22, 37) notamment dans la vermiculite (20), dans la biotite et dans ses formes de transition à la vermiculite (6, 47), également dans des montmorillonites (diminution de la rétention de l'éthylène glycol: 21).

De Mumbrum attribue à la présence de petites quantités de vermiculite, éventuellement interstratifiée et difficilement détectable par examen minéralogique, l'aptitude de certaines montmorillonites à fixer le potassium à froid (18, 19).

La dessiccation, surtout à température élevée, favorise la fixation de K ajouté antérieurement à certains minéraux, éventuellement en relation avec le resserrement des couches (18, 12).

b) *Influence de Al*. L'inhibition, par Al ou par les hydroxydes d'Al, des échanges de K entre l'intérieur et l'extérieur des minéraux, dans un sens ou

dans l'autre, a été étudiée à plusieurs reprises, ainsi que le rétablissement des échanges par extraction de Al au moyen d'alcalis.

C'est à la présence de Al sur des positions internes d'échange, très répandue dans des sols bruns acides, que *Fölster* attribue le comportement anormal de minéraux à 14 Å: la pénétration de K ne provoque pas de contraction, à moins d'un traitement préalable par NaOH qui dissout les ions Al hydroxylés complexes (22).

Selon *Scott*, *Ablrichs* et *Stanford* (61), Al peut exercer deux influences distinctes: en milieu acide, la fixation de K peut être favorisée par formation d'Al échangeable, ce qui augmente le nombre des sites internes d'échange. En milieu neutre, les précipités d'hydroxydes d'Al peuvent entraver la fixation de K (comme d'ailleurs la libération de K antérieurement fixé: 54).

c) *Nature physico-chimique de la fixation.* Il est définitivement établi (57) que K est fixé par des sites qui contribuent normalement à la capacité d'échange. La fixation a pour conséquence une diminution de la capacité d'échange, égale à K fixé, et K retenu (sous toutes formes) est égal à la somme des cations déplacés (45).

La fixation et la libération du potassium dépendent largement de la nature des cations échangeables, internes et externes. D'une façon générale, la fixation de K est entravée par l'addition préalable de cations qui sont eux-mêmes fortement fixés, NH_4 entre autres (67); mais NH_4 entrave la libération de K antérieurement fixé (46, 71).

L'analyste a couramment l'occasion d'observer que le lessivage du sol par une solution d'acétate d'ammonium sépare d'abord une certaine quantité de potassium, puis seulement des traces si l'on prolonge le lessivage. Ainsi la quantité de K échangeable contre NH_4 est en général bien définie. Au contraire, une solution de MgCl_2 , CaCl_2 , LiCl et surtout NaCl continuent à extraire pendant longtemps des quantités notables de K. Dans des expériences de *Williams* et *Jenny* (74), la quantité libérée par extractions répétées au moyen de NaCl , s'est élevée après 190 jours à plus de 3 fois celle extraite par l'acétate d'ammonium, laquelle avait d'ailleurs atteint son maximum dès le départ.

d) *Le blocage du potassium par le potassium:* Etudiant la libération de NH_4 antérieurement fixé dans une vermiculite et une bentonite, *Hanway*, *Scott* et *Stanford* ont constaté que cette libération est entravée par la présence de petites quantités de NH_4 , ou de K, dans les liquides d'extraction sodiques (28). Etant donnée l'analogie du comportement de K et NH_4 (71), il est permis de supposer que la présence de K échangeable bloque la sortie de K

interne, par le maintien de quelque barrière. En fait, le complexage de K par le tétraphénylborate de Na dans le liquide d'extraction favorise largement la libération de K (63).

S'il se confirmait que l'échange isotopique de K atteint rapidement une limite bien définie, dans des sols où le remplacement de K externe par un autre cation (Ca par exemple) libère des quantités importantes de K, il faudrait bien admettre que c'est K échangeable lui-même qui empêche K interne de participer actuellement aux échanges, et cela indépendamment du fait que l'abaissement de l'activité de K à l'extérieur est nécessaire à l'exodiffusion de K interne.

e) *Action des plantes* – Il a été très souvent observé, et depuis très longtemps (1931 par exemple, 53) que les plantes ont la faculté d'extraire du sol des quantités de K très supérieures à K échangeable, même en plein champ, et sans que le taux de K échangeable du sol s'abaisse fortement (5). Par des cultures répétées en vases, la quantité extraite s'est montrée généralement en corrélation étroite avec celle extractible par HNO_3 1,0 N bouillant (23, 52, 56, 59). Il n'est pas déraisonnable d'imaginer que les plantes ont la possibilité de déboucher des orifices de sortie, par exemple par chélation de Fe ou Al d'hydroxydes de recouvrement, ou par actions réductrices modifiant les charges superficielles.

3. Conclusion sur les phénomènes de fixation – libération du potassium

On a observé, dans certains minéraux, que la fixation de K cesse ou diminue fortement au-delà d'un certain degré, assez bas, de saturation en K (10, 20). On pourrait être tenté d'en conclure que l'énergie de la fixation diminue lorsque le degré de saturation en K augmente. L'hypothèse contraire apparaît beaucoup plus probable d'après l'ensemble des faits actuellement connus: la fixation deviendrait particulièrement solide au-delà d'un certain taux de potassium; en conséquence, les portes d'entrée (ou de sortie) de K se fermentaient, plus ou moins, éventuellement par resserrement des feuillettes aux orifices.

Quoi qu'il en soit, l'idée émise depuis longtemps d'un équilibre entre K externe actuellement échangeable et tout ou partie de K interfeuillettes, virtuellement échangeable, demeure valable. Si l'on examine les choses dans le détail, les facteurs et conditions de cet équilibre apparaissent beaucoup plus compliqués que ceux régissant la distribution de K échangeable entre solution libre et couches diffuses. Il est peu probable qu'une fraction im-

portante de K interfeuillettes forme avec K externe un véritable pool, qui répondrait dans son ensemble à toute petite modification provoquée à l'extérieur, fût-ce même par de lents déplacements d'ions K dans les espaces interfeuillettes; il est peu probable également que l'on aboutisse à la même distribution, selon que l'on s'approche de l'équilibre dans un sens ou dans l'autre. Néanmoins, du point de vue pratique, on peut admettre que fixation et libération se limitent mutuellement. Cela signifie que si le bilan des gains et des pertes de K demeure nul, le taux de K échangeable doit demeurer approximativement constant, du moins dans des sols voisins de la maturité, où la libération de K par décomposition de minéraux est peu intense. Pour établir solidement ce point, il serait utile de disposer d'expériences culturales de longue durée avec bilans précis. Mais dans l'état actuel des connaissances, l'agriculteur ne doit pas espérer voir augmenter la force alimentaire de son sol quant au potassium, s'il ne fournit pas plus de potasse qu'il n'en exporte, de même qu'il ne doit pas craindre de la voir diminuer s'il en fournit autant qu'il en est exporté par les récoltes et par drainage.

IV. Infiltration du potassium

La connaissance des pertes de K par infiltration serait utile à l'agronome et à l'agriculteur. Elle permettrait au premier de mieux interpréter les variations du taux de K échangeable au cours d'expériences culturales de longue durée, au moins si le bilan de K total ne s'écarte pas trop de l'équilibre. Sur le plan pratique, la perte annuelle par infiltration n'est pas toujours négligeable vis à vis de la dose moyenne nécessaire à l'entretien du stock. Il y aurait d'ailleurs intérêt à connaître la perte au niveau de la semelle du labour, car l'entretien d'un taux optimal de K dans la couche labourée a probablement plus d'importance pour la nutrition des cultures annuelles que l'entretien du stock global du profil entier. Or, la perte au niveau de la semelle du labour est plus importante en général que la perte à la base du profil, en raison d'un degré de saturation en K plus élevé dans la couche labourée, et peut-être d'une plus grande concentration en sels, en bicarbonates notamment.

Dans les cases lysimétriques de Versailles, en sol de limon des plateaux pauvre en K (0,09‰ K_2O échangeable, soit 1,2% de la capacité d'échange) la perte moyenne annuelle en 17 ans, à 60 cm de profondeur, a été seulement de 4 kg K_2O par ha, le drainage annuel étant de 146 mm (7). Mais dans un sol noir de Limagne, d'origine volcanique, contenant 1 pour mille K_2O échangeable, la perte annuelle peut dépasser 100 kg K_2O (14 bis).

D'après différentes expériences culturales de longue durée, dont certaines ont plus de 30 ans, en plein champ ou en cases lysimétriques, aux Etats-Unis (31, 34, 41, 55, 65, 66), l'enrichissement du sous-sol par les engrais potassiques appliqués aux doses usuelles, est souvent important; l'infiltration à 20 cm de profondeur peut dépasser 100 kg K_2O par ha et par an (41). Il va de soi que la perte à un niveau donné augmente d'année en année tant que la couche supérieure s'enrichit. L'importance des pertes en sol peu argileux est due surtout, probablement, à ce qu'on y entretient un taux plus élevé de saturation en K.

Lessivage des anions des sels de potasse. La quantité de sels solubles apportée par les doses usuelles d'engrais potassiques n'augmente pas beaucoup la concentration saline, si on la suppose uniformément répartie dans l'eau du sol. Mais un sel soluble appliqué au printemps, par temps sec, sur sol non irrigué, augmente fortement la concentration saline dans un petit volume de terre, éventuellement au niveau du lit de semences, ce qui peut porter préjudice aux jeunes plantules, surtout si l'engrais est localisé par bandes près des lignes de semis. *Chapin et Smith* ont constaté une forte diminution de la germination du blé en présence de doses modérées de KCl ou NH_4NO_3 , si le sol est un peu au-dessus du point de flétrissement, alors que le blé germe bien à ce taux d'humidité en l'absence d'engrais (11). C'est pour cette raison que des engrais potassiques n'augmentant pas, ou peu, la concentration en sels (phosphate de K notamment) pourraient être particulièrement précieux pour des applications tardives sous climats à printemps sec en sol non irrigué.

V. Action comparée du potassium des engrais et du potassium échangeable du sol

Le potassium d'un sel de potasse récemment incorporé dans le sol est réparti de façon hétérogène dans la couche labourée, même après quelques hersages. La dissolution des particules d'engrais placées entre des mottes enrichit en potassium d'abord la surface de ces mottes ou de leurs agrégats superficiels. On conçoit ainsi que les radicules qui se développent dans les espaces libres assimilent plus rapidement le potassium des engrais que le potassium échangeable préexistant, uniformément réparti sur toute la surface des particules colloïdales. On sait d'ailleurs que l'hétérogénéité de la distribution d'un ensemble de molécules ou d'ions diffusibles lui confère un supplément d'énergie libre. Ainsi le potassium des engrais solubles récemment incorporés dans le sol a plus de force alimentaire, par unité K, que la réserve de potassium échangeable du sol.

Mais une autre question se pose: *le rendement maximum* d'un sel de potasse récemment incorporé à doses croissantes dans un sol pauvre en K, est-il différent du rendement maximum de la réserve d'ions K du même sol, supposé enrichi par des fumures antérieures?

Une étude de *Van der Paauw* (49) suggère qu'en sols pauvres en K, le rendement en tubercules frais des pommes de terre, par application de doses croissantes de sulfate de potasse, plafonne à un niveau nettement inférieur au rendement obtenu en sols riches même sans application d'engrais potassique à la pomme de terre.

Ce résultat a été confirmé dans une expérience de *Trocme* et de l'auteur (70): la moitié des parcelles d'un champ d'expériences a été progressivement enrichie en potassium par des applications annuelles d'engrais potassiques, pendant 6 ans; l'autre moitié n'en a pas reçu. Le sol a été maintenu sans végétation pendant ces 6 années, mais a reçu des façons culturales normales. Au printemps de la 7^e année, on a appliqué des doses croissantes de sulfate de potasse aux deux séries de parcelles, puis on a semé des pommes de terre.

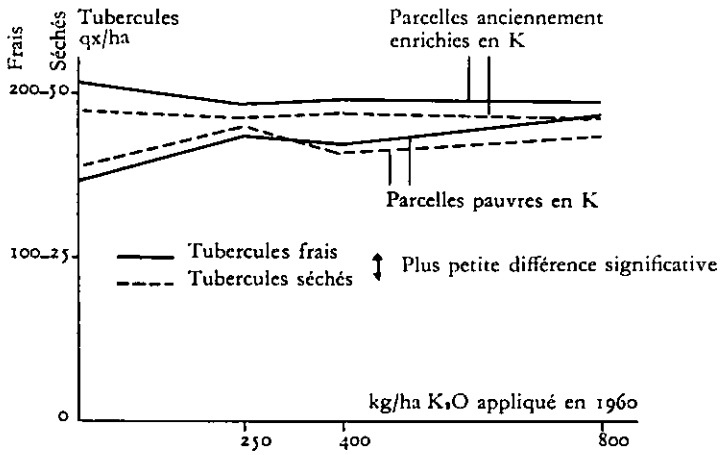
Le rendement des parcelles antérieurement enrichies en K a été significativement supérieur à celui des parcelles non enrichies, quelle que fût la dose de sulfate de potasse appliquée à la pomme de terre (jusqu'à 800 kg K₂O par ha). La deuxième année, aucun engrais potassique n'a été appliqué (Fig. 3).

La doctrine généralement professée sur l'emploi des engrais fait appel à un postulat, d'après lequel une insuffisance de la réserve du sol pourrait être compensée, dans l'immédiat, par une dose suffisante d'engrais: la courbe du rendement en fonction de la dose d'engrais subirait seulement une translation parallèle à l'axe des abscisses lorsque la richesse du sol en l'élément considéré varie, toutes les autres conditions restant les mêmes. Les deux diagrammes de la Figure 3, comme les résultats de *Van der Paauw*, ne sont pas en parfait accord avec ce postulat.

Conclusion

Une question, simple en apparence, reste au fond du problème: Dans un sol qui au cours d'une série d'années a reçu une certaine quantité de potassium par les engrais et qui en a perdu la même quantité par les exportations des récoltes et par drainage, le potassium se retrouve-t-il finalement dans son état initial?

Pommes de terre 1960



Blé 1961

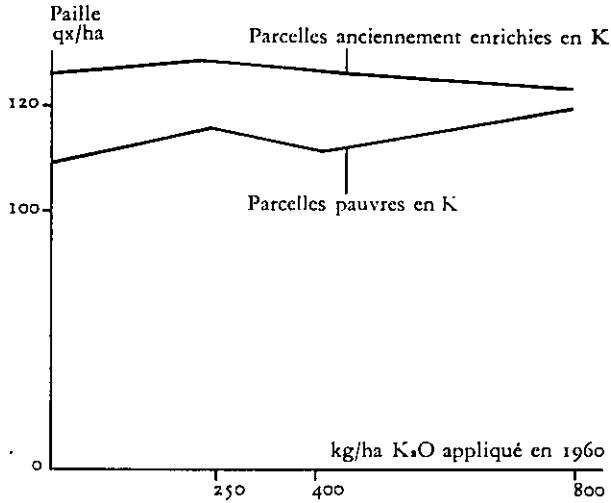


Figure 3 Action comparée, en sol initialement pauvre, d'un sel de potasse récemment appliqué, avec ou sans augmentation antérieure de la réserve d'ions K du sol

A cette question, de nombreux faits autorisent à répondre par l'affirmative. Le potassium échangeable n'augmente pas si le bilan du potassium total est nul, sauf dans des sols peu évolués contenant des minéraux potassiques primaires décomposables. Il ne diminue pas non plus, la fixation partielle du potassium des engrais étant limitée par une réaction inverse de libération.

En règle générale, le taux de potassium échangeable diminue si le bilan de K total est déficitaire, et il augmente si le bilan est excédentaire, plus ou moins vite selon la capacité du sol à libérer K interfeuilletts, ou à le fixer sous cette forme.

Ce qu'il faut bien faire remarquer, c'est que la fixation du potassium est la conséquence d'un enrichissement du sol en potassium assimilable, et sa libération la conséquence d'un appauvrissement du sol. Il a été souvent constaté qu'en l'absence de fumures potassiques, des cultures successives extraient du sol du potassium en quantité très supérieure au potassium échangeable initial. Mais ce n'est pas là une raison pour conseiller aux agriculteurs d'appauvrir leur sol, dans l'espoir de tirer profit du potassium virtuellement assimilable. L'agriculteur doit en général se résigner à cultiver des sols contenant une large réserve de potassium virtuellement assimilable, laquelle joue seulement le rôle de volant régulateur du potassium directement assimilable.

En définitive, la fumure potassique doit tendre vers un régime d'entretien quantitatif, tel que les pertes soient approximativement compensées par les gains au cours d'une rotation, une fois que K échangeable du sol a été porté ou éventuellement ramené, à un certain niveau. La véritable difficulté du problème est de savoir à quel niveau il convient d'entretenir le stock de K échangeable selon les conditions générales pédoclimatiques. Les faits exposés à la fin de cet article suggèrent qu'il peut y avoir intérêt à entretenir ou à porter la réserve de potassium du sol à un niveau supérieur à celui que l'on tiendrait pour optimal d'après des expériences culturales de courte durée.

Bibliographie

1. *Attoe, O.J., et Truog, E.* : Exchangeable and acidsoluble K as regards availability and reciprocal relationships. *Soil Science Soc. Amer. Proc.* 10, 81-86 (1945)
2. *Attoe, O.J.* : Potassium-fixation and release in soils occurring under moist and drying conditions. *Soil Science Soc. Amer. Proc.* 11, 145-149 (1946)
3. *Attoe, O.J.* : Fixation and recovery by oats of potassium applied to soils. *Soil Science Soc. Amer. Proc.* 13, 112-115 (1948)

4. *Barbier, G., et Durroux, M.* : Equilibres auxquels donnent lieu dans le sol la fixation de potassium à l'état non échangeable. C. R. Ac. Sciences, 228, 1747-49 (1949)
5. *Barbier, G., Tendille, Cl., et Trocmé, S.* : Expérience culturale de 11 années sur la fumure potassique. C. R. Ac. Agric. 256-261 (1957)
6. *Barsbad, I.* : Cation exchange in micaceous minerals: I. Replaceability of the interlayer cations of vermiculite with ammonium and potassium ions. Soil Science, 77, 463-472 (1954)
7. *Bastisse, E.* : 18 années d'études lysimétriques appliquées à l'agronomie. Ann. Agron. Série A, 727-781 (1951)
8. *Blanchet, R., Strasman, A., et Quidet, P.* : Dynamique du potassium dans le sol et alimentation potassique des plantes. Ann. Agron. Série A, 637-660 (1958)
9. *Borland, J. W., et Reitemeier, R. F.* : Kinetic Exchange Studies on clays with radioactive calcium. Soil Sci. 69, 251-260 (1950)
10. *Chaminade, R.* : La rétrogradation du potassium dans les sols. Ann. Agron. 6, 818-830, (1936)
11. *Chapin, J. S., et Smith, F. W.* : Germination of wheat at various levels of soil moisture as affected by applications of ammonium-nitrate and muriate of potash. Soil Science, 89, 322-327 (1960)
12. *Chaussidon, J.* : Communication privée, à paraître aux C. R. Ac. Sciences.
13. *Chaussidon, J.* : Etude de l'environnement ionique et des propriétés électrochimiques de surface des particules d'argile en suspension. Thèse de doctorat ès Sciences physiques. Paris (1961)
14. *Collier, D.* : Mise au point sur les processus de l'altération des granites en pays tempéré. Ann. Agron. 12, 273-331 (1961)
- 14bis *Collier, D., et Robelin, M.* : Contribution à l'étude de la dynamique de l'eau et des substances chimiques dans les sols argilo-calcaires de Limagne. Ann. Agron. Série A, 415-454 (1959)
15. *Cook, M. G., et Hutcheson, Jr. T. B.* : Soil Potassium reactions as related to clay mineralogy of selected Kentucky soils. Soil Sc. Soc. Am. Proc. 24, 252-256 (1960)
16. *Delas, J., Delmas, J., et Demias, C.* : Etude par dilution isotopique du cuivre incorporé dans les sols depuis 70 ans. C. R. Acad. Sciences 250, 3867 (1960)
17. *Demelon, A., et Bastisse, E.* : Observations sur les premiers stades de l'altération spontanée d'un granit et la genèse des colloïdes argileux. C. R. Acad. Sciences, 223, 115 (1946)
18. *De Mumbrum, L. E.* : Potassium fixation as affected by mineralogy in some soils derived from argillaceous chalk. Soil Sc. 86, 277-281 (1958)
19. *De Mumbrum, L. E., et Hoover, C. D.* : Potassium release and fixation related to illite and vermiculite as single minerals and in mixtures. Soil Sc. Soc. Am. Proc. 22, 222-225 (1958)
20. *De Mumbrum, L. E.* : Exchangeable potassium levels in vermiculite and K-depleted micas, and implications relative to potassium levels in soils. Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 23, 192-194 (1959)
21. *Dayal, R. S., et Hendricks, S. B.* : Formation of mixed layer minerals by potassium fixation in montmorillonite. Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 16, 45-48 (1952)
22. *Fölster, H.* : Aluminiumfixierung und Tonmineralverwitterung in sauren Mineralböden. Kalibriefe, Fachgebiet 1, 9. Folge (1961)
23. *Garman, W. L.* : Potassium release characteristics of several soils from Ohio and New York. Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 21, 52-58 (1957)
24. *Gony, M.* : Sur la constitution de la charge électrique à la surface d'un électrolyte. Journ. Phys. théorique et appliquée, IX, 427 (1910)
25. *Graham, E. R., et Turley, Hall C.* : The transfer of potassium from the nonavailable form as reflected by the growth and composition of soyabeans. Soil Sc. Soc. Amer. Proc. 12, 332-335 (1947)

26. *Grissinger, E., et Jeffries, C.D.*: Influence of continuous cropping on the fixation and release of potassium in three Pennsylvania soils. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 21, 409-412 (1957)
27. *Hanway, J.J., et Scott, A.D.*: Profile-distribution of exchangeable potassium in Iowa soils as influenced by drying and rewetting. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 27, 501-504 (1957)
28. *Hanway, J.J., Scott, A.D., et Stanford, G.*: Replaceability of ammonium fixed in clay minerals as influenced by ammonium or potassium in the extracting solution. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 21, 29-34, (1957)
29. *Hanway, J.J., et Scott, A.D.*: Determining the increase in exchangeable soil potassium on drying soils. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 23, 22-24 (1959)
30. *Harward, Moyle E., et Mehlich, A.*: Factors affecting distributions of cations in clay-electrolyte systems. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 17, 227-230 (1953)
31. *Hoover, C. Dale*: Residual effect of varying applications of potassium on the replaceable potassium in several Mississippi soils. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 8, 144-149 (1943)
32. *Hoover, C. Dale, Jones, V.S., et Gholston, L.E.*: Release of nonexchangeable potassium as influenced by weathering; soil mineral type, soil reaction and K-fertilization. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 13, 347-351 (1948)
33. *Hutcherson Jr. T.B., McCaleb, S.B., et Woltz, W.G.*: Potassium-sodium interrelationships. 2. K and Na interactions in mineral systems. *Soil Sc.* 88, 36-44 (1959)
34. *Jackson, W.A., et Thomas, G.W.*: Effects of KCl and dolomitic limestone on growth and ion uptake of the sweet potato. *Soil Sc.* 89, 347-352 (1960)
35. *Jansson Svends*: Tracer studies on nitrogen transformations in soil with special attention to mineralisation-immobilisation relationships. *Kungl. Lantbr. Högsk. Ann.* 24, 101-361 (1958)
36. *Jones, Jr. J.B., Mederski, H.J., Hoff, D.J., et Wilson, J.H.*: Effect of drying some Ohio soils upon the soil test for potassium. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 25, 123-125 (1961)
37. *Kunze, G.W., et Jeffries, C.D.*: X-ray characteristics of clay minerals as related to potassium-fixation. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 17, 242-244 (1953)
38. *Lagerwerff, J.V., et Bolt, G.H.*: Theoretical and experimental analysis of Gapon's equation for ion exchange. *Soil Sci.* 87, 217-222 (1959)
39. *Leaf, Albert G.*: Release of K from feldspathic rock and minerals. *Soil Sci.* 87, 11-12 (1959)
40. *Luebr, R.E., Stanford, G., et Scott, A.D.*: Relation of available potassium to soil moisture. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 21, 45-50 (1951)
41. *McIntire, W.H., Shaw, W.M., Young, J.B., et Robinson, B.*: The effects of 12-year residues of lime and magnesia upon the outgo of subsequent additions of potash. *Journ. Amer. Soc. Agr.* 28, 202-215 (1936)
42. *McLean, E.O., et Simon, R.H.*: Potassium status of some Ohio soils as revealed by greenhouse and laboratory studies. *Soil Sci.* 87, 324-332 (1958)
43. *Marel, H.W. van der*: Potassium fixation in Dutch soils: Mineralogical analysis. *Soil Sci.* 78, 163-179 (1954)
44. *Marshall, C.E., et Garcia, G.*: Exchange equilibria in a carboxylic resin and in attapulgite clay. *Journ. of Physical Chem.* 63, 1663 (1959)
45. *Martin, I.C., Overstreet, R., et Hoagland, D.R.*: Potassium-fixation in soils in replaceable and non replaceable forms in relation to chemical reactions in the soil. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 10, 94-101 (1945)
46. *Merwin, H.D., et Peech, M.*: Exchangeability of soil potassium in the sand, silt and clay fractions as influenced by the nature of the complementary exchangeable cation. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 17, 125-128 (1950)

47. *Mortland M.M., Lawton, K., et Uehara, G.* : Alteration of biotite to vermiculite by plant growth. *Soil Sci.* 82, 477-481 (1956)
48. *Nelson, L.E.* : A comparison of several methods for evaluating the K status of some Mississippi soils. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 23, 313-316 (1959)
49. *Paauw, F., van der* : Evaluation of methods of soil testing by means of field experiments. *Assoc. Intern. Science du Sol. Joint Meeting Dublin I*, 207-221 (1952)
50. *Paauw, F., van der* : Die Auswertung der Bodenuntersuchung auf Phosphorsäure und Kali in den Niederlanden. *Landwirtsch. Forsch.* 12, Sonderheft 86 (1959)
51. *Pedro, G.* : Sur l'altération spontanée du granite en milieu naturel: résultats obtenus au bout de 30 ans dans l'expérience lysimétrique de Versailles. *C. R. Acad. Sciences*, 253, 2242-44 (1961)
52. *Pope, A., et Cheney, H.B.* : The K-supplying power of several western Oregon soils. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 21, 75-79 (1957)
53. *Popp, M., et Contzen, J.* : Die Erschöpfung der Bodenphosphorsäure. *Zschr. f. Pflernähr., Düng., Bodenk.*, A 22, 1-20 (1931)
54. *Pratt, P.F., Simon, R.H., et Volk, G.W.* : Release of Potassium from non exchangeable forms in relation to soil reaction. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 20, 190-192 (1955)
55. *Pratt, P.F., et Goulden, Benoist* : K fixation in soil of a long-term fertility trial with citrus. *Soil Sci.*, 84, 225-232 (1957)
56. *Reitemier, R.F., Holmes, R.S., Brown, G.C., Klipp, Goraine W., et Parks, R.Q.* : Release of non-exchangeable potassium by greenhouse, Neubauer and laboratory methods. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 12, 158-162 (1947)
57. *Reitemier, R.F.* : Soil potassium. *Advances in Agronomy*, 3, 113-164 (1951)
58. *Richards, G.E., et McLean, E.O.* : Release of fixed potassium from soils plant uptake and chemical extraction techniques. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 25, 98-101 (1961)
59. *Rouse, R. Dennis, et Bertramson, B. R.* : Potassium availability in several Indiana soils: its nature and methods of evaluation. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 14, 113-123 (1949)
60. *Schuffelen, A.C., et Bolt, G.H.* : Ionic equilibria in soils. *Assoc. Intern. Science Sol. Conférence de Hambourg*, 132-146 (1958)
61. *Scott, A.D., Abtrichs, J.L., et Stanford, G.* : Aluminium effect on potassium fixation by Wyoming bentonite. *Soil Sci.* 84, 377-387 (1957)
62. *Scott, A.D., Hamway, J.J., et Stickney, E.M.* : Soil potassium-moisture relations: I, potassium release observed on drying Iowa-soils with added salts or HCl. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 21, 498-501 (1957)
63. *Scott, A.D., Hunziker, R.R., et Hamway, J.J.* : Chemical extractions of potassium from soils and micaceous minerals with solution containing Na-tetraphenylboron. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 24, 191-194 (1960)
64. *Leatz, Lloyd F., et Winters, Eric* : Potassium release from soils as affected by exchange capacity and complementary ion. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 8, 150-153 (1943)
65. *Shaw, W.M., et Robinson, Brooks* : Reaction efficiencies of liming materials as indicated by lysimeter leachate composition. *Soil Sci* 89, 209-218 (1960)
66. *Smith, G.K., et Obenshain, S.S.* : The effect of certain fertilizer and manure treatments on the exchangeable K in the surface and subsoil of Dunmore silt loam. *Soil. Sc. Soc. Amer. Proc.* 12, 300-303 (1947)
67. *Stanford, G., et Pierre, W.H.* : The relation of K-fixation to NH₄-fixation. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 11, 155-160 (1946)

68. *Stanford, G.* : Fixation of K in soils under moist conditions and on drying in relation to type of clay-mineral. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 12, 167-171 (1947)
69. *Tendille, Cl., de Ruère, J. Gremer, et Barbier, G.* : Echanges isotopiques du potassium peu mobile des sols. *C. R. Acad. Sciences*, 243, 87-89 (1956)
70. *Trocmé, S., et Barbier, G.* : Optimum d'action du potassium en réserve dans le sol, comparé à celui des sels de potasse récemment appliqués. *C. R. Acad. Agric.* 47, 562-567 (1961)
71. *Welch, L. F., et Scott, A. D.* : Availability of non exchangeable soil potassium to plants as affected by added ammonium and potassium. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 25, 102-104 (1961)
72. *Wiklander, L., et Giesecking, J. E.* : Exchangeability of adsorbed cations as influenced by the degree of saturation and the nature of the complementary ions with special reference to trace concentrations. *Soil Sci.* 66, 377-384 (1948)
73. *Wiklander, L.* : Potassium in the cultivated soils in the province of Skåne (1960). *Revue de la Potasse*, Section 5, 19^e suite (1961)
74. *Williams, D. E., et Jenny, H.* : The replacement of non exchangeable potassium by various acids and salts. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 16, 216-221 (1952)
75. *Wood, L. K., et de Turk, E. E.* : The release of fixed potassium to replaceable or watersoluble forms. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 7, 148-153 (1942)
76. *Woodruff, C. M.* : The energies of replacement of calcium by K in soils. *Soil Sc. Soc. Amer. Proc.* 19, 167-171 (1955)

RÉSUMÉ

1. Libération de K par décomposition de minéraux

Probablement peu intense en sols pédologiquement mûrs, d'après le bilan de K échangeable dans des expériences culturales de longue durée.

2. K actuellement échangeable

Un exemple de la cinétique de la dilution isotopique de K indique qu'une quantité bien définie d'ions K adsorbés demeure animée d'une vive agitation thermique.

Le rapport K/\sqrt{Ca} en solution, fonction du degré de saturation en K.

3. K virtuellement échangeable - Fixation et libération de K interfeuilles

a) Divers faits en faveur de la réversibilité de la fixation : a) en cas de fixation, dilution isotopique supplémentaire de K resté échangeable, par K antérieurement fixé; b) dans diverses phyllites minéralogiquement pures, réversibilité complète aux bas degrés de saturation en K; hystérésis au delà; c) inversion des taux de K échangeable par inversion des tensions de vapeur d'eau sur les mêmes échantillons; d) fixation de K par dessiccation en sol enrichi et libération en sol appauvri.

L'hypothèse déjà ancienne d'une limitation mutuelle de la fixation et de la libération demeure pratiquement valable.

b) Mécanismes de la fixation-libération de K, notamment: *blocage de K interne par K externe*, comme par NH_4 .

4. *Infiltration du potassium* selon le degré de saturation en K de l'horizon considéré.

5. *Le rendement maximum* de la réserve d'ions K du sol peut dépasser le rendement maximum d'un sel de K récemment appliqué à un sol pauvre.

Conclusion générale

L'un des principes directeurs de l'emploi des engrais potassiques est que l'on doit tendre vers un régime d'entretien quantitatif (compensation approximative des gains et des pertes de K au cours d'une rotation des cultures). Il peut y avoir intérêt à porter (progressivement) ou à entretenir K échangeable du sol (et éventuellement du sous-sol) à un niveau supérieur à celui qui paraît optimal dans des expériences au champ de courte durée.

SUMMARY

The dynamics of potassium in soils

1. Liberation of K by decomposition of minerals

probably of slight intensity in pedologically mature soils according to the exchangeable K balance in several cropping experiments of long duration.

2. K exchangeable at a given time

An example of the kinetics of dilution with isotopically labelled K indicates that a well defined quantity of the adsorbed K ions remains motivated by a lively thermal agitation.

The quotient K/\sqrt{Ca} in solution, a function of the degree of saturation with potassium.

3. Virtually exchangeable K. Fixation and liberation between laminae

1. Various facts support the *reversibility of fixation*: a) K initially fixed contributes to the isotopic distribution of the K that remains exchangeable, b) in various mineralogically pure phyllites there is complete reversibility at low degrees of K saturation, hysteresis at higher degrees, c) the proportion of K that is exchangeable responds to changes in the concentration of water vapour over the same specimens, d) fixation of K by desiccation in an enriched soil and liberation in a depleted soil.

The long established hypothesis of *mutual limitation of fixation and liberation* remains valid in practice.

2. Mechanisms of the fixations-liberation of K, notably: *blockade of internal by external K*, as in the case of the ammonium ion.

4. *Infiltration of potassium*

according to the degree of K saturation of a horizon.

5. *Maximum crop yield*

from the reserve of K ions in the soil may exceed the maximum obtainable from recent application of a K salt to a poor soil.

General Conclusion

A main guiding principle in the use of potassic fertilizers could be the aim towards a maintenance regime (approximate equality of gains and losses of K during a crop rotation). There might be advantages in selecting a higher level of exchangeable K to be maintained, or to be gradually achieved, than short-term field experiments would indicate as optimal.

ZUSAMMENFASSUNG

Das dynamische Verhalten des Kaliums im Boden

1. *Freimachung des Kaliums durch Verwitterung von Mineralien*

In den bodenkundlich reifen Böden ist diese Freimachung, wie es die Bilanz des austauschbaren K in einigen langdauernden Kulturversuchen zeigt, wahrscheinlich von geringer Intensität.

2. *Zurzeit austauschbares K*

Ein Beispiel für die Kinetik der isotopischen Verdünnung des K zeigt, daß eine genau bestimmte Menge adsorbierter K-Ionen in einer lebhaften thermischen Bewegung verbleibt.

Das K/\sqrt{Ca} Verhältnis in einer Lösung in Beziehung mit dem K-Sättigungsgrad.

3. *Virtuell austauschbares K. Fixierung und Freimachung von Zwischenschichten-K*

1. Verschiedene Tatsachen sprechen für die Reversibilität der Fixierung: a) im Falle einer Fixierung wird das austauschbar verbliebene K durch früher fixiertes K zusätzlich isotopisch verdünnt. b) in verschiedenen mineralogisch reinen

Phylliten ist die Reversibilität bei den niedrigen K-Sättigungswerten vollständig; Hysterese oberhalb dieser Werte. c) Umkehrung der Mengen am austauschbaren K durch Umkehrung der Wasserdampfdrucke auf den gleichen Bodenproben. d) Fixierung von K durch Austrocknung in angereicherten Böden und Freimachung in verarmten Böden.

Die schon ältere Annahme einer gegenseitigen Begrenzung zwischen Fixierung und Freimachung bleibt praktisch gültig.

2. Mechanismen der K-Fixierung und Freimachung, namentlich Blockierung von internem K mit externem K, sowie durch NH_4^+ .

4. *Infiltration von Kalium*

je nach der K-Sättigung des betreffenden Horizontes.

5. *Der Höchstertag*

des K-Ionenvorrats eines Bodens kann den Höchstertag eines vor kurzem auf armem Boden angewandten K-Salzes übertreffen.

Allgemeine Schlußfolgerung

Eine der Richtlinien für die K-Düngung könnte in der Bemühung nach einer quantitativen Unterhaltung des K-Vorrates bestehen (approx. Ausgleich der K-Gewinne und -Verluste im Laufe eines Fruchtwechsels). Es könnte von Vorteil sein, den Vorrat an austauschbarem K auf einem Niveau zu erhalten oder progressiv zu bringen, welches höher liegt als jenes welches nach kurzen Feldversuchen als optimal erachtet wurde.

RESUMEN

La dinamica del potasio en los suelos

1. *Liberación de K por descomposición de minerales*

Probablemente es poco intensa en suelos pedológicamente maduros, según el balance de K intercambiable en algunos ensayos de cultivos de larga duración.

2. *K actualmente intercambiable*

Un ejemplo de la cinética de la dilución isotópica de K indica que una cantidad bien definida de iones de K – absorbidos permanece animada por una viva agitación térmica.

La relación K/\sqrt{Ca} en solución, en función del grado de saturación de K.

3. *K virtualmente intercambiable. Fijación y liberación de K entre las hojas.*

1. *Diversos hechos en favor de la reversibilidad de la fijación:* a) en caso de fijación, la dilución isotópica suplementaria de K permanece intercambiable, como conse-

cuencia del K fijado anteriormente. *b)* En diversas flitas mineralógicamente puras, se produce la reversibilidad completa en los grados bajos de saturación de K; más allá de éstos se ocasiona una histéresis. *c)* Inversión de las dosis de K intercambiable por inversión de las tensiones de vapor de agua sobre las mismas muestras. *d)* Fijación de K por desecación en suelo enriquecido y liberación en suelo empobrecido.

La ya antigua hipótesis de una *limitación mutua de la fijación y liberación* permanece prácticamente valedera.

2. Mecanismos de la fijación - liberación de K; principalmente: *bloqueo de K interno por el K externo*, como por NH_4 .

4. *Infiltración del potasio* según el grado de saturación de K en el horizonte considerado.

5. *El rendimiento máximo* de la reserva de iones de K del suelo puede sobrepasar al rendimiento máximo de una sal de K recientemente aplicada a un suelo pobre.

Conclusión general

Uno de los principios que rigen el empleo de abonos potásicos podría ser el que tiende hacia un régimen de entretenimiento cuantitativo (compensación aproximada de las ganancias y pérdidas de K durante el curso de cultivos en rotación). Puede existir interés en producir (progresivamente) o en mantener el K intercambiable del suelo a un nivel superior al que se tendría por óptimo según los ensayos de corta duración llevados a cabo en el campo.

The Improvement of Saline and Sodic Soils

ALVIN D. AYERS

formerly with the US Salinity Laboratory, Riverside, California,
presently stationed in Europe, c/o American Embassy, Rome, Italy

Introduction

In most of the countries bordering the Mediterranean, there are large areas of lands with arid or semi-arid climates. Such areas have a low rainfall, ranging from about 25 inches in the wetter and often higher regions to locations in North Africa and the Middle East where rain is a novelty. They are also characterized by a Mediterranean climate with winter rainfall and long, hot, dry summers.

The soils reflect the parent materials and the climatic conditions under which they have been formed. Their characteristics have been described in detail in various symposia, journals, books, and local bulletins. In previous symposia of this organization, the potassium relationships have been given special consideration. So that we may better appreciate the agriculture of the host country, the soils of Greece will be reviewed especially in this Symposium. We will not, therefore, include additional information on Mediterranean soils in this paper. It may be in order, however, to point out that these arid and semi-arid soils are usually calcareous, low in organic matter, alkaline in reaction and frequently contain appreciable quantities of soluble salts and exchangeable sodium. It is this last characteristic which sometimes limits the best use of otherwise favorable soils, and it is the improvement of these saline and sodic soils which will be treated in this paper.

Saline soils

All soils contain soluble salts but when the concentration is sufficiently high to limit or retard plant growth, a soil is said to be saline (36). The accumulation of salts may result from a number of factors, but it is essentially the lack of sufficient leaching to carry the salts out of the soil profile into drainage ways and eventually into the ocean or to seas which brings this about. Salinization of soils may have occurred in past geologic periods or may be occurring in the present. From a practical standpoint, it must be

emphasized that salinization or desalinization of arid or semi-arid soils is a dynamic process going on continuously. The equilibrium on agricultural lands, particularly under irrigation, can be favorably or unfavorably altered by man's activities. The occurrence of saline and alkali soils and soil salinization process have been reviewed and discussed by a number of authors, including *Bernstein (3)*, *Hayward (17)*, and others (*1, 19, 26, 36*).

Test for salinity

The first step in the improvement of a saline soil is to properly diagnose the problem. Among the various items to be considered is the concentration of salts in the soil; the distribution both within the area and within the profile. The level of salinity in an individual soil sample can be estimated by measuring the conductivity of an extract of the soil solution at a given moisture level. The US Salinity Laboratory has found a good correlation of plant growth with the conductivity of an extract from the saturated soil (*36*). Other methods have been reviewed and compared (*3, 36*), but the conductivity procedure still appears to be the most accurate and convenient for estimating salinity levels in a large number of samples. The conductivity of the saturation extract, the osmotic pressure of the saturation extract and the per cent of salt on a dry weight basis has been correlated in a simple graph in US Department of Agriculture Handbook 60 (*36*).

Toxicity of salinity

Salinity retards or interferes with normal plant growth but the exact mechanism is not completely understood. However, there seem to be two effects: the concentration or osmotic effect, and the specific ion effect (*3, 24*). Increasing concentrations of salts or osmotic pressures in the soil solution cause a decrease in plant growth. Different species and even different varieties often exhibit different tolerances to increased salt concentrations (*2, 3, 4, 5, 6, 7, 15, 16, 17, 18, 19, 22*). As yet, we are not sure of the basic reason for these differences.

Osmotic effect

Let us look at saline solutions from the standpoint of physical chemistry. To remove a unit of pure water from a saline solution requires energy. The higher the concentration of the solution, the more energy is required. This is true whether the water is removed by evaporation, by osmotic pressures, by electro-osmosis, or by plants. From the energy viewpoint, it can be seen that with increasing amounts of salts in the soil solution, increasing amounts of energy are required to remove water from these so-

lutions. The correlation of reduction in plant growth with increases in concentration of soil or nutrient solution has been demonstrated by many investigators. Studies on the influence of concentration on such factors as water absorption (20), transpiration (25), respiration (27), photosyntheses (27), and the carbohydrate and nitrogen relationships are continuing to shed more light on how high salt concentrations cause a reduction in plant growth.

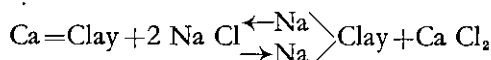
Specific ion effects

In addition to the osmotic effect on plant growth, there are also specific ion effects. These toxicities and/or nutritional disturbances may be superimposed on the osmotic effects and have been reviewed in detail by *Bernstein* and *Hayward* (3, 7, 17, 19). The sensitiveness of many fruit trees to chloride and sodium are well known examples (18). Recently, *Lagerwerff* and *Eagle* (24) have separated some of the osmotic and specific ion effects by using carbox polyethylene glycol and salts to provide a series of nutrient solutions with several osmotic concentrations. Differences in plant response with osmotic concentrations produced by a) added salts and b) added carbox polyethylene glycol are explained primarily on the basis of differences in total concentration and specific ion effects.

Boron is an ion which is extremely toxic to some plants (38). As little as 1 to 2 parts per million in the irrigation water or about 1 part per million in the saturation extract is harmful to sensitive crops such as citrus (36, 38). This element is a constituent of all irrigation waters, particularly in volcanic areas, and may accumulate in soils in a manner analogous to salinity.

Sodic soils

Another problem which is often encountered in arid soils is that of high exchangeable sodium. When sodium is the dominant cation in the soil solution or in the irrigation water, there is a tendency for the base exchange complex in the soil to have a high sodium saturation percentage (10, 11, 13). The following equation illustrates the reaction:



Sodium saturated soils have a poor physical structure, they are poorly aerated, are difficult to cultivate, have poor water infiltration properties, sometimes have a high pH, and generally are a poor media for plant growth. The poor physical conditions may be accentuated as salinity levels in the surface are decreased by leaching during a reclamation procedure.

Some crops are sensitive to high exchangeable sodium. This has been demonstrated by *Pearson* using soil stabilizers to minimize the poor soil structure usually associated with high exchangeable sodium (28, 29). *Chang* (13) reports that with alfalfa and intermediate levels of salinity, the effect of exchangeable sodium and salinity appear to be additive.

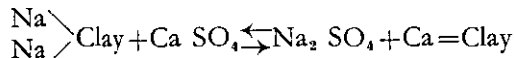
Removal of salts from saline soils

The best means of improving a saline soil is to reduce the salinity. One cannot add another chemical compound to counteract the osmotic effect of salts in the soil. Such a procedure would only increase the total osmotic concentration in the soil solution. The way to effectively improve a saline soil is to reduce the salts to a level which will not limit the agricultural use of such lands. Removing the salts from the soil by leaching with water is the only economic method available. In the case where total salinity is the limiting factor, it must be reduced to some safe level before one can expect an appreciable response to any other improvement factors.

Leaching is usually done by ponding water on the land. The amount of water needed will depend on several factors, but experience has shown that if four feet (appr. 1.25 meters) of water passes through the soil, it will generally reduce salinity to a level where salt tolerant crops can be grown. Boron is less soluble and, if present, greater volumes of water may be needed (33). In some areas, leaching may be combined with the growing of rice (22, 30).

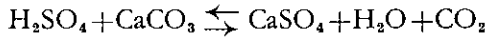
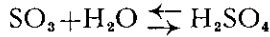
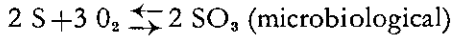
Removal of exchangeable sodium from sodic soils

In a manner similar to the removal of salt from a soil, a prerequisite to the improvement of a sodic or alkali soil is the replacement of the exchangeable sodium by calcium.



Calcium clays have more favorable physical properties than sodium clays. If the above reaction is to go to the right, the Na_2SO_4 must be removed from the reaction. In the soil, this is done by leaching and may be the most difficult problem in the reclamation process.

Gypsum is generally the cheapest and most available source of soluble calcium, but other soluble calcium compounds should be equally effective (12, 36). With calcareous soils, acids or acid-forming amendments may bring about the solubilization of the calcium which can then replace the exchangeable sodium (12, 36).



If gypsum is already present in the soil in sufficient amounts, particularly in the surface horizon, additional applications of gypsum may show little or no beneficial effects. In this case, all that is needed is to leach the soil.

In the classical sense, gypsum is not a fertilizer or a manure but an amendment. The addition of gypsum, or soluble calcium, to a sodium soil only allows for the possibility of reducing exchangeable sodium and thus for improving soil structure, obtaining better aeration, better water penetration, and reducing the toxicity of high exchangeable sodium.

Need for drainage

In the improvement of both saline and sodic soils, leaching is an important and necessary step. Water must be passed through the soil to wash the salts or the displaced sodium out of the soil. In this process of leaching, it may be necessary to pass as much as four feet, or approximately 1.25 meters, of water through the profile (33). The need for good drainage is thus an obvious necessity. If natural drainage is not sufficient, it may be necessary to install artificial drains prior to reclamation. Continued good drainage is, of course, necessary for good crop production and is pointed up in a later section.

Need for fertilizers and soil structure improvement after reclamation

In a leaching program to remove salts or replace sodium from the soil, not only the chlorides and sulfates of sodium, calcium and magnesium, but also soluble nitrates, phosphates and potassium may be lost. With the first crops after leaching, special consideration should be given to fertilizer needs.

Leaching may also tend to cause some deterioration in soil structure and a shift in the microbial population. The first crops to be planted after leaching should aim at increasing soil organic matter, and improving soil structure. *Sesbania* is a favorite in some parts of the southwestern United States. It is a legume that gives large volumes of organic matter and is turned under as a green manure. Because of its relatively high salt tolerance, barley is often used as a first crop but the farmer aims at a legume such as alfalfa or berseem clover as soon as possible.

Sodic soils are noted for their poor structure and their improvement may be difficult. Deep plowing, intermittent wetting and drying, use of green manure cover crops as well as gypsum and leaching, may be necessary. Very fine textured soils may be particularly difficult to reclaim and their continued use and improvement may require special handling and cropping.

Soil management and fertilizer practices

Intensive agriculture in much of the Mediterranean area is associated with irrigation. Aspects of this irrigated agriculture will be considered in other presentations at this Symposium, but several points should be emphasized in regard to soil salinity and exchangeable sodium.

Engineers and agronomists recognize that a certain amount of water is required to produce a crop. In the past there has been a tendency to over-irrigate, but with the increasing shortage and high cost of water, irrigation efficiency is being increased. In low rainfall areas, however, irrigated agriculture would soon cease to exist if we applied only enough water to meet the evapo-transpiration requirement. In reviewing one of the long-time experiments at the California Citrus Experiment Station, *Kelley, Chapman and Pratt (23)* stress the importance of soil leaching to keep salts from accumulating in soils of low rainfall areas even though the irrigation water used is of excellent quality.

All irrigation waters contain some salts and without leaching these salts are left in the soil. For example, irrigation water with an average conductivity of 1 millimho, or 640 ppm of salts, would contain 0.87 tons of salt per acre foot. If the crop required 3 acre feet of water, then 2.6 tons of salt would be applied to the land. Within a few cropping cycles, soils without any leaching would become too saline to support crop growth. Sufficient water must be applied for some of the water to pass through the soil and to wash the salts out of the root zone and into the drainage ways or into the underground. This quantity of water is called "The Leaching Requirement" (32, 36).

$$LR = \frac{EC_{iw}}{EC_{dw}}$$

In the above formula, EC_{iw} is the conductivity of the irrigation water and EC_{dw} is the maximum concentration of salinity permissible in the drainage water. The leaching requirement will be greater the higher the concentration of the irrigation water or the less salt tolerant the specific crop (32, 36). The leaching requirement is usually expressed as a per cent

of water which must pass through the root zone and into the drainage. For example, if the irrigation water has a conductivity of 1 millimho and you wish to limit the average concentration of the drainage water to 4 millimhos to insure against damage to salt sensitive crops, then at least $\frac{1}{4}$ or 25 per cent of the applied water must pass through the soil. If the irrigation water has a conductivity of 2 millimhos, then the leaching requirement for salt sensitive crops would be 50 per cent. This leaching requirement is over and above, or in addition to, irrigation water needed to meet the evapo-transpiration requirement. This is an extremely important concept in the management and improvement of saline soils. In a similar manner, if there is a high water table so that salts may be left in the soil by evaporation from this water table, then the application of irrigation water in excess of the evapo-transpiration requirements is needed to keep salt movement downward and prevent accumulation in the surface or root zone.

As soils dry out, the soil moisture tension increases until the soil moisture becomes almost unavailable to crops. This "wilting point" correlates closely to a soil moisture tension of 15 atmosphere (34). If a soil is saline, then there is also a soil moisture stress equivalent to the osmotic pressure of the soil solution which is in addition to any tension due to the relative dryness of the soil. The plant must operate against this total soil moisture stress; that is, the sum of the soil moisture tension and the osmotic pressure of the soil solution (37). Saline soils, therefore, should not be allowed to dry out to the "wilting point" between irrigations, but should be kept relatively moist to ensure against a high total soil moisture stress.

The seedlings of many crops seem to be especially sensitive to salinity. This is particularly apparent in saline soils if seeds are planted in the center of irrigated ridges or beds. Evaporation from ridges or beds causes salts to concentrate near the center and may thus retard or inhibit seed germination. Planting on the sides of beds, on specially shaped beds, and using special irrigation practices may decrease the salinity hazard during the germination and the seedling stage (8, 9).

Flood or sprinkler irrigation is sometimes used advantageously in keeping salts from accumulating on furrow ridges or beds, but here again sufficient water must be applied to keep salts from accumulating in the root zone. The leaching requirement concept also applies with sprinkler irrigation.

As the irrigation water is applied to a soil over a number of years, there is a tendency for exchangeable sodium in the soil to come into equilibrium with the soluble sodium in the water. If irrigation water has a low sodium absorption ratio (SAR), a relatively low concentration of sodium in relation to calcium plus magnesium, the exchangeable sodium percentage in the soil tends to be low. As the SAR of the irrigation water increases, there is

an increase in the per cent of exchangeable sodium in the soil until an equilibrium is reached and thus may improve or decrease the physical characteristics of a soil depending on the SAR of the water (11, 13, 35).

The SAR of an irrigation water can be decreased by adding calcium to the water. This is sometimes done by adding gypsum to the irrigation water or to the surface of the soil. In this latter case, the calcium level of the water is increased by solubilizing some of the calcium as it passes over the gypsum in the soil surface.

We have seen that some crops and even some varieties are more salt tolerant than others. Also that there are differences in tolerances to different ions such as sodium, chloride and boron. Where salinity, exchangeable sodium or boron problems exist, the most tolerant crops or varieties should be selected.

Fertilizer effects in saline and sodic soils

One question which is often raised is the effect of fertilizers on crops grown in saline or on sodic soils. Particularly will the use of fertilizers tend to counteract the effect of salinity? This is a complex question because a number of factors may be involved. Under different conditions, different factors may be limiting and salinity may have a different effect upon the nutrition and metabolism of different species.

If the deficiency of a fertilizer element is a factor limiting plant growth, then the application of that element should be reflected in increased plant growth. We have already mentioned that leaching or heavy irrigations tend to wash out soluble nitrates. Use of nitrogen fertilizers is widespread in irrigated agriculture and generally gives good returns even when the soil may be slightly to moderately saline. Where nitrogen is not lacking, one would not expect the application of nitrogen fertilizers to give any beneficial results. High fertilizer applications may even give a negative response in a saline soil by increasing the total salinity.

In some instances, it may be possible to change the balance of ions in the soil to counteract unfavorable ratios. *Bernstein and Hayward* (7), for instance, mention examples of apparent sulfate-induced calcium deficiencies and calcium-induced potassium deficiencies. *Chang and Dregne* (14) discuss sodium-induced calcium deficiency. *Heiman* (21) puts great stress on K/Na ratios in soils and irrigation waters in reducing the damaging effects of high levels of soluble sodium. We need more information on the relative importance of ionic balances in relationship to salt damage to crops and their economic implications.

Surprisingly, there is little published information about the effect of fertilizer application to crops on saline soils. Recent investigations by

Ravikovich and Porath (31) indicate that the application of the nutrients NPK to saline soils of Israel have resulted in a greater adaptability of crops to salinity. Each crop tested apparently exhibited a specific adaptation depending upon the salinity, the nutrient status of the soil, and the nutrients applied.

Bibliography

1. *Ayers, Alvin D., Vasquez, A., de la Rubia, J., and Samplon, Sabino*: Saline and Sodic Soils of Spain. *Soil Sci.* 90, 133-138 (1959)
2. *Ayers, Alvin D., Brown, J.W., and Wadleigh, C.H.*: Salt Tolerance of Barley and Wheat in Soil Plots receiving several Salinization Regimes. *Agr. J.* 44, 307-310 (1952)
3. *Bernstein, Leon*: Salt-affected Soils and Plants. UNESCO Paris, Symposium 1960 (in Press)
4. *Bernstein, Leon*: The Salt Tolerance of Field Crops. USDA Agr. Inform. Bull. 217 (1959)
5. *Bernstein, Leon*: The Salt Tolerance of Vegetable Crops in the West. USDA Agr. Inform. Bul. 205 (1959)
6. *Bernstein, Leon, and Ayers, Alvin D.*: Salt Tolerance of Five Varieties of Carrots. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 61, 360-366 (1953)
7. *Bernstein, Leon, and Hayward, H.E.*: Physiology of Salt Tolerance. *Ann. Rev. Pl. Physiol.* Vol. 9, 25-46 (1958)
8. *Bernstein, Leon, and Ayers, Robert S.*: Sloping Seedbeds. *Calif. Agr.* 9, 8 (1955)
9. *Bernstein, Leon, MacKenzie, A.J., and Krantz, B.A.*: The Interaction of Salinity and Planting Practice on Germination of Irrigated Row Crops. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19, 240-243 (1955)
10. *Bower, C.A.*: Cation Exchange Equilibria in Soils Affected by Sodium Salts. *Soil Sci.* 88, 32-35 (1959)
11. *Bower, C.A.*: Prediction of the Effects of Irrigation Waters on Soils. Salinity Problems in the Arid Zones. Proceedings of Teheran Symposium, UNESCO. Arid Zone Research XIV, 215-222 (1959)
12. *Bower, C.A.*: Chemical Amendments for Improving Sodium Soils. USDA Agr. Inform. Bul. 195 (1959)
13. *Chang, C.W.*: Effect of Saline Water and Exchangeable Sodium on Soil Properties and Growth of Alfalfa. *Soil Sci.* 91, 29-37 (1961)
14. *Chang, C.W., and Dregne, H.W.*: Effect of Exchangeable Sodium on Soil Properties and on Growth and Cation Content of Alfalfa and Cotton. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19, 29-35 (1955)
15. *Ehlig, F.C.*: Effects of Salinity on Four Varieties of Table Grapes Grown in Sand Culture. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.* 76, 323-331 (1960)
16. *Grillot, G.*: The Biological and Agricultural Problems Presented by Plants Tolerant of Saline or Brackish Water and the Employment of such Water for Irrigation. In: Utilization of Saline Water. Review of Research, Paris, UNESCO, p. 9-35 (1956)
17. *Hayward, H.E.*: Plant Growth under Saline Conditions. In: Utilization of Saline Water. Review of Research, Paris, UNESCO, p. 37-71 (1956)
18. *Hayward, H.E.*: Factors Affecting the Salt Tolerance of Horticultural Crops. *Intern. Hort. Cong. Rpt. Vol. 14, No. 1, p. 385-399* (1955)
19. *Hayward, H.E., and Bernstein, L.*: Plant Growth Relationships in Salt-affected Soils. *Bot. Rev. Vol. 24, p. 584-635* (1958)
20. *Hayward, H.E., and Spurr, Winifred B.*: Effects of Isosmotic Concentrations of Inorganic and Organic Substrates on Entry of Water into Corn Roots. *Bot. Gaz.* 106, 131-139 (1944)

21. *Heiman, H.*: Irrigation with Saline Water and the Ionic Environment. Potassium Symposium Berne, p. 173-220 (1958)
22. *Kaddab, Malek, T., and Fakhry, Selim I.*: Tolerance of Egyptian Rice to Salt. 1. Salinity Effects when Applied Continuously and Intermittently at Different Stages of Growth after Transplanting. *Soil Sci.* 91, 113-120 (1961)
23. *Kelley, W.P., Chapman, H.D., and Pratt, P.F.*: Effects of Plant Growth on Salts of Irrigated Soil. *Soil Sci.* 91, 103-112 (1961)
24. *Lagerwerff, J.V., and Eagle, H.E.*: Osmotic and Specific Effects of Excess Salts on Beans. *Plant Physiol.* 36, 472-477 (1961)
25. *Lagerwerff, J.V., and Eagle, H.E.*: Transpiration Related to Ion Uptake by Beans from Saline Substrates. *Soil Sci.* (1961) (in Press)
26. *Milykovic, Nikola, Eberhard, D.L., and Ayers, Alvin D.*: Alkali Soils of Vojvodina, Province of Yougoslavia. *Soil Sci.* 88, 51-55 (1959)
27. *Neiman, Richard H.*: Some Effects of NaCl on Growth, Photosynthesis and Respiration of Twelve Crops. *Bot. Gaz.* (in Press) (1961)
28. *Pearson, George A.*: Tolerance of Crops to Exchangeable Sodium. USDA Agr. Inform. Bul. 216 (1959)
29. *Pearson, George A.*: Influence of Exchangeable Sodium on Yield and Chemical Composition of Plants. II. Wheat, Barley, Oats, Rice, Tall Fescue and Tall Wheatgrass. *Soil Sci.* 86, 254-261 (1958)
30. *Pearson, George A., and Ayers, Alvin D.*: Rice as a Crop for Salt-affected Soils in Process of Reclamation. USDA Production Report No. 43 (1960)
31. *Ravikovich, S., and Porath, A.*: The Effect of Nutrients on the Adaptation of Crops to Soils Salinity. (Unpublished but in preparation) (1962)
32. *Reeve, R.C.*: The Relation of Salinity to Irrigation and Drainage Requirements. Third Congress of International Commission on Irrigation and Drainage. San Francisco, California. Question IORIO, p. 10175-19187 (pre-print) (1957)
33. *Reeve, R.C., Pillsbury, A.F., and Wilcox, L.V.*: Reclamation of a Saline and High Boron Soil in the Cochella Valley of California. *Hilgardia* 24, 69-91 (1955)
34. *Richards, L.A., and Weaver, L.R.*: Fifteen-Atmosphere Percentage as Related to the Permanent Wilting Percentage. *Soil Sci.* 56, 331-339 (1943)
35. *Thorne, D.W., and Thorne, J.P.*: Changes in Composition of Irrigated Soils as Related to the Quality of Irrigation Waters. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 18, 92-97 (1954)
36. *United States Salinity Laboratory Staff*: Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Department of Agric. Handb. 60, (1954)
37. *Wadleigh, C.H., and Ayers, A.D.*: Growth and Biochemical Composition of Bean Plants as Conditioned by Soil Moisture Tension and Salt Concentration. *Plant Physiol.* 20, 106-132 (1945)
38. *Wilcox, L.V.*: Boron Injury to Plants. USAD Agr. Information Bul. 211 (1959)

SUMMARY

Improvement of saline and sodic soils

Salinity and high exchangeable sodium limit the use of large acreages of arid and semi-arid lands. The improvement of such soils depends first on lowering the salinity or the exchangeable sodium to a level where crop production is economically feasible. This can be accomplished by leaching out the salts and by replacing the exchangeable sodium with calcium and leaching out the replaced sodium.

Special management practices can be helpful in improving salt-affected soils and in increasing crop production. These include the concept of "leaching requirement", use of tolerant crops, special planting techniques, and the application of amendments and fertilizers.

Additional research is needed to explain the basic mechanisms of salt injury and variations on the salt tolerance of different crop species and varieties.

RÉSUMÉ

Amélioration des sols salins et sodiques

La salinité et les fortes concentrations en sodium échangeable limitent l'exploitation agricole de grandes surfaces de pays arides et semi-arides. L'amélioration de telles terres dépend avant tout de l'abaissement de la salinité et de la teneur en sodium échangeable à un niveau où la production des plantes est économiquement réalisable. Ce but peut être atteint par lessivage des sels et par remplacement du sodium échangeable par du calcium tout en lessivant le sodium ainsi libéré. Des mesures de cultures spéciales peuvent à ce propos être très utiles en améliorant les sols salins et en intensifiant la production des cultures. Parmi ces mesures citons le «besoin de lessivement», l'utilisation de plantes tolérantes, de techniques spéciales de plantation ainsi que l'application d'amendement et d'engrais. D'autres recherches seront nécessaires pour expliquer les mécanismes fondamentaux des dégâts dus au sel et les variations de tolérance aux sels qui existent entre les différentes espèces et variétés végétales cultivées.

ZUSAMMENFASSUNG

Verbesserung der Salz- und Natriumböden

Die Salinität und die hohen Konzentrationen an austauschbarem Natrium begrenzen die landwirtschaftliche Nutzung großer Flächen in den ariden und semi-ariden Ländern. Die Verbesserung solcher Böden hängt vor allem von der Herabsetzung der Salinität und des Gehaltes an austauschbarem Natrium bis zu einem Punkt, wo die Pflanzenproduktion wirtschaftlich tragbar ist, ab. Dieses Ziel kann durch Auswaschung der Salze und durch den Ersatz des austauschbaren Natriums durch Kalzium mit nachträglicher Auswaschung des freigewordenen Natriums erreicht werden. Besondere Kulturmaßnahmen können dabei sehr nützlich sein, indem sie die salinen Böden verbessern und den Pflanzenertrag erhöhen. Dabei ist das «Auswaschungsbedürfnis, der Anbau von salztoleranten Pflanzen, besondere Anbaumethoden sowie die Anwendung von Düngemitteln besonders erwähnenswert. Weitere Forschungsarbeiten werden noch notwendig sein, um den Mechanismus der Salzschäden und die Toleranzunterschiede, welche zwischen den verschiedenen Arten und Unterarten von Nutzpflanzen bestehen, zu erklären.

RESUMEN

Mejora de los suelos alcalinos y sodicos

La salinidad y el sodio altamente intercambiable limitan el empleo de grandes extensiones de tierras áridas y semiáridas. La mejora de tales suelos depende en primer lugar del descenso de la salinidad del sodio intercambiable a un nivel en el que la producción de la cosecha sea posible económicamente. Esto puede realizarse lixiviando las sales y reemplazando el sodio intercambiable por calcio y lixiviando el sodio reemplazado.

Las prácticas especialmente dirigidas pueden resultar útiles para la mejora de los suelos afectados por la sal y para incrementar la producción de cosechas. Estas incluyen el concepto de «necesidad de lixiviación»; empleo de cosechas tolerantes, plantaciones técnicas especiales y aplicación de mejoras y fertilizantes.

Es necesaria llevar a cabo una investigación adicional para explicar los mecanismos básicos de los daños que produce la sal así como las variaciones en la tolerancia de ésta en diferentes especies y variedades de cosechas.

Fertilizer Use Under Irrigation

DR. I. ARNON
National and University Institute of Agriculture
Israel

I. Introduction

Most large-scale irrigation projects in the world are usually concerned with cultivating desertic areas, which have been completely barren in the past, thereby providing an outlet for the investment of capital or making possible intensive settlement of populations from other areas.

In the Mediterranean region, the objective of irrigation is entirely different and can be expressed succinctly as aiming at raising the standard of living of a long established agricultural population.

In this region, practically all land that is not too steep, rocky or shallow, is already under cultivation, including a not inconsiderable proportion of lands on which, under rational land-usage methods, cultivation would be considered as not justified due to soil erosion hazards.

The area is characterized by alternating wet and dry seasons and considerable variability in the amount and distribution of rainfall. The erratic climate and relatively low rainfall leave very little scope for diversification or for intensification of production. Choice of crops, adapted to these conditions, is limited and yield levels are as erratic as the rainfall.

Under these conditions, crops such as cotton, that require high investments in labour or cash cannot be remunerative, except in very restricted favoured areas; industrial crops, such as sugar-beets, are not economically justified because an industry already handicapped by a working season of 2-3 months only, cannot possibly maintain itself when the supply of raw material is also subject to great fluctuations due to unpredictable climatic conditions.

A study of Greece, by an FAO commission in 1947 (11a) concluded that future prosperity and economic stability depend largely on the development of water resources to expand irrigation agriculture.

This conclusion certainly holds true for all other Mediterranean countries, especially those still less favoured than Greece with rainfall or culti-

vable areas. *Quintanilla-Rejado (40)* estimates that at present only 8 per cent of the total cultivated area in the Mediterranean basin is irrigated. It is estimated by FAO (*11b*) that the area under irrigation will be more than doubled by 1975, and production from irrigated land will account for at least 40 per cent of the total value of agricultural production in the region.

Objectives of irrigation in the Mediterranean region

Though the seasonal rainfall pattern is uniform, this is far from being the case in regard to the amount of rainfall in different parts of the region. One can distinguish, roughly, between areas with an annual rainfall of less than 300 mm, in which crop production based on natural precipitation is precarious, if not impossible, and the higher rainfall areas in which regular yields of adapted crops are more or less assured.

In the low rainfall areas there is a possibility of choice of objectives: a) supplementary irrigation aimed at assuring a more or less constant level of production in lieu of the alternating crop failures and relative successes which are typical for the area; b) full irrigation aimed at the general intensification of crop production. *Shimshi et al. (44)* have calculated, on the basis of long-term meteorological records and the results of irrigation experiments, that for the Northern Negev in Israel (250 mm average annual precipitation) the prospects of obtaining an economic yield of wheat – 80 per cent of the maximum yield obtainable if water is not a limiting factor – occur about once in 10 years. Supplementary irrigation at the rate of 100 mm, given before sowing, ensures success in one year out of two; if the farmer has at his disposal a reserve of water to cover deficits arising from insufficient rainfall up to earing (about 50–60 mm), the probability of success becomes 95 per cent.

Whilst this in itself is a great advance, there is no essential difference between crop production with supplementary irrigation in the low rainfall areas and rain-fed production in the higher rainfall regions, except that production costs are appreciably increased. Supplementary irrigation in the low rainfall area cannot therefore appreciably raise the standard of living, unless the farm unit per family is relatively large – which is practically unfeasible in this region.

Hence, the main importance of irrigation is to make possible a more intensive succession of crops, a greater variety of crops and higher yield levels. Replacing a rain-fed crop, such as wheat, by an irrigated crop like cotton, makes it possible to treble and even quadruple net income from a unit area.

Whether supplementary or full irrigation is used, has considerable relevance to fertilizer practice. In the first case, no considerable departure from the current norms of the region is indicated, whilst in the latter case an entirely new approach to fertilizer practice is essential.

Need for integration of irrigation and other production factors

It would be a great fallacy to suppose that full irrigation per se is capable of attaining the objectives outlined above. When applied under the existing conditions – without an almost complete change in crops, varieties, rotation and production methods – a brief period of stimulation of yields may result, but irrigation under these circumstances causes an increase in expenditure without a corresponding increase in income! The direct effects of irrigation, when applied in a primitive framework, are leaching of plant nutrients, increased salinity, reduction of soil organic matter, impaired soil structure, rise in water table, increased incidence of diseases, pests and weeds.

Successful irrigation involves far more than the elucidation of engineering problems and the determination of rates and time of water application. It becomes an effective tool for increased production only when applied in conjunction with the most intensive and up-to-date cultural practices.

*II. Factors affecting efficiency of soil water utilisation**

In addition to methods of application of water and optimum levels of soil moisture – the efficiency of water utilisation is largely dependent on:

a) Elimination of factors adversely affecting any physiological processes of the plant – such as lack of one or more nutrients –, unsatisfactory soil aeration, etc.

b) Developing to the full the ability of the plant to make use of a high fertility level and favourable soil moisture status (use of productive varieties, improved crop sequences and tillage methods, increased plant populations, effective control of pests and diseases, etc.).

The traditional method of experimentation, whereby all variables are kept constant, except the one under consideration, cannot elucidate com-

* *Water use efficiency* is defined as units of marketable crop produced per mm of water used in evapo-transpiration.

plex problems of this nature. However, in view of the complexity and number of factors involved, these cannot be simultaneously handled, notwithstanding the improvements made in recent years in experimental techniques and the refinements in biometric methods. Many experiments have been carried out in recent years to elucidate the interaction of different production factors on soil moisture utilisation; these have all dealt with 2-3 variables at the most, tested at a limited number of levels. Yet, from these experiments, imperfect though they may be, certain valid conclusions can be drawn.

Soil moisture / fertility relationships and yields

Of all the factors investigated, the interrelation between soil moisture and fertility has been the most intensively studied and a few typical examples on the most important crops are cited:

Fernandes and Laird (13) found in Central Mexico that yields of *wheat* per pound of applied N was more than double under optimum soil moisture conditions as compared to the dry treatment.

The results obtained by *Parks (38)* for *maize* are typical of many experiments of this kind: When irrigation water was applied, without modification of current practices, including nitrogen fertilization at 60 lb/acre, there was little or no increase in grain yields. As the fertilizer applications were increased, two important relationships were found:

- a) limited supplies of irrigation water were used more efficiently –
- b) the increased supply of irrigation water was used with even greater efficiency. The highest yield obtained in this experiment was 130 bu/acre. –

Scarbrook et al. (43) found, on *cotton*, a well defined interaction between soil moisture and fertilizers. At low moisture levels there was no response to fertilizing with nitrogen at rates above 60 lbs N/acre. At the intermediate moisture level, there was a response to 120 kg/N/acre, and at the highest moisture treatments cotton responded to all the levels of N tested, including 240 lbs N/acre.

Conversely, the nitrogen applied increased the efficiency of water utilisation. At the highest moisture level tested, the lint produced per acre-inch of water applied was respectively:

| | |
|--------------------------------|----------------|
| N ₁ (60 lbs N/acre) | 29 lbs = 100 |
| N ₂ (60 lbs N/acre) | 40 lbs = 137.9 |
| N ₃ (60 lbs N/acre) | 45 lbs = 155.2 |
| N ₄ (60 lbs N/acre) | 57 lbs = 196.6 |

Haddock (16) working on *sugar beets* found that when soil fertility was held constant, irrigation could increase yields by 7 tons/acre. Conversely, when soil moisture stress was held constant, fertilizers were able to increase yields by 6 tons. Improving soil moisture relationships and soil fertility conditions simultaneously increased yield by 12 tons of beets.

Howe and Rhoades (21) working on *potatoes* in Western Nebraska, on soil with relatively high fertility, obtained noticeable increases in yields, due to the application of fertilizers, only on plots with a high moisture level and with an increased plant population.

Stanberry et al. (45) studied the effects of three moisture regimes and 10 rates and/or frequencies of phosphate applications on the yields of *lucerne* in Arizona.

They found that progressive increases in lucerne production, with added increments of P_2O_5 , occurred for each moisture treatment, and that for a given amount of phosphate applied, yields increased as soil moisture tension was decreased. Yield over a 3 year period from low-fertility - low moisture plots was 16.1 tons, compared to 36.1 tons in high-fertility-high moisture plots, an increase of 224.2 per cent.

The water requirement* varied from 1748 m³ on the dry treatment with 100 lbs P_2O_5 , to 962 m³ on the wet treatment receiving 600 lbs P_2O_5 /acre, a difference of 181.7 per cent.

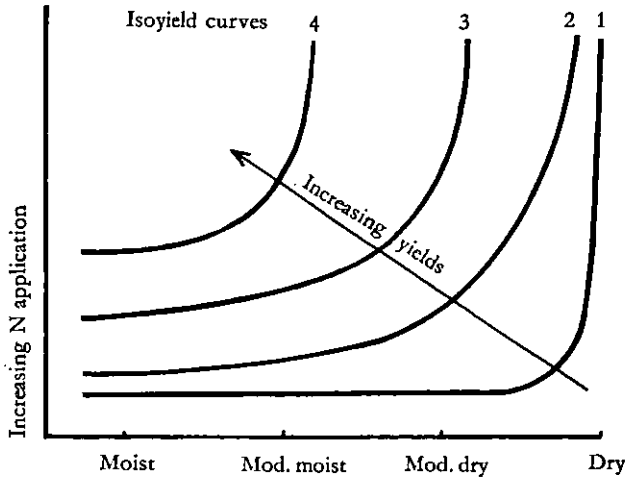
Many more experiments of this kind are reported in the literature, and results are extraordinarily consistent, showing that nutrient and water requirements are intimately linked, and that fertilisation increases the efficiency with which crops use available water; furthermore, improved water regimes make possible fertilizer applications at levels which would be entirely ineffective under conditions of moisture stress.

The data obtained from these experiments could be used to plot curves showing the interaction between soil moisture and soil fertility. *Hagan et al. (17)* plotted iso-yield contour lines for various irrigation and fertilizer levels. These are shown in the idealized figure 1.

Incidentally, these authors point out that soil moisture-fertility relationships also have a bearing on soil moisture-availability; they show that at low nitrogen levels water is equally available between Field Capacity and Permanent Wilting Point, whilst at higher N levels, yield is markedly reduced by lower irrigation treatments within the available range.

They also state that, under certain circumstances, results can be obtained which appear, at first sight, to conflict with all the foregoing conclusions. They report on an experiment in which, at each level of fertilization, yield

* *Water requirement*: amount of water required to produce a unit amount of dry matter.



Isoyield curves illustrating the interaction between fertilisation, soil moisture and yield
(Hagan *et al.*, 17)

decreased with increased water applications; the driest treatment received sufficient water to wet the entire root zone, whilst the wetter treatments received twice and three times as much respectively. Nitrogen was evidently leached from the soil by the heavy water applications. This experiment serves to underline what should really be self-evident: that the favourable soil moisture-fertility interactions are valid only when a rational irrigation regime is practised.

Penman and Schofield (39) state that evapo-transpiration depends almost entirely on meteorological conditions and scarcely at all on nature of vegetation, as long as it is active and effectively covers the soil. Yields may, therefore, vary within wide limits without markedly affecting the amount of water removed from the soil. Even if certain reservations are made as to the universality of this statement, there is no doubt that increased production due to fertilizers decreases the ratio of evapo-transpiration to yield - and thereby makes it possible to use water more efficiently at high than at low fertility levels.

It must however be pointed out that increased efficiency of water use due to rational fertilizer application does not necessarily imply a reduction in the total amount of water used. In seeming contradiction to *Penman and Schofield's* conclusions, the increased crop production resulting from fertilizer usually involves a somewhat higher rate of water application per unit area, whilst still ensuring a higher yield per unit water applied.

Physiological factors involved in soil moisture-fertility relationships

Most of the CO₂ assimilated by the plant enters through the open stomata of the leaves, whilst simultaneously water vapour escapes. Many factors can improve or reduce the efficiency of this assimilation without affecting the rate at which water continues to be lost by transpiration and evaporation, thereby affecting water requirement and water use efficiency.

Ballard (6) found that increasing the nitrogen supply reduced water requirements by changing the growth pattern without affecting transpiration per unit leaf surface.

Williams (51) found that increasing the supply of phosphorus increased the amount of dry matter produced per unit water used, by decreasing transpiration rate per unit plant weight. This is due to:

- a) a decrease in transpiration per unit leaf weight –
- b) a decrease in ratio of leaf weight to total plant weight during the latter part of the growth cycle.

From research carried out on the effect of potash on the water relationships of the plant, it appears that this element has a specific influence in this respect, though its nature is still unclear and controversial. Potash influences numerous vital processes in the plant, and directly or indirectly determines rate of growth and yields.

The processes involved are (33) :

1. Synthesis of simple sugars and starch
2. Translocation of carbohydrates
3. Reduction of nitrates and synthesis of proteins
4. Normal cell division

All or most of these processes are affected by the water relationships of the plant; changes in the water content can delay or stimulate any of these processes.

Rogaler (41) working on a number of crops, found that plants lacking in potash were characterised by their high rate of transpiration. Transpiration rate increases with plant development and reaches its maximum at the period of maximum plant development. *Rogaler* suggests that this increase in transpiration is connected with the movement of potash from the leaves to the growing points of the plant. He found that the addition of a small amount of potash to plants grown under potash deficiency caused an almost immediate sharp decrease in transpiration.

*Soil moisture - fertility relationships
and plant composition*

Nutrient absorption cannot be treated as a purely physical process; it is a physiological process related to the metabolic activities of the cell.

Although nutrient absorption is not controlled by water intake, the two processes are not entirely independent of each other in transpiring plants.

One would expect plants developing under the favourable conditions of soil moisture provided by irrigation, to have a lower nutrient content. This was found to hold true for maize, for example, as regards nitrogen, phosphorus and potash (35). However, many instances disagreeing with this general statement (48) have been reported. Most experimental evidence indicates that the above statement generally holds true for nitrogen: whilst the rate of entry of nitrogen is not markedly affected by moisture regimes, its rate of utilization in the growth processes increases markedly when moisture supply is favourable. Since this reduces nitrogen content in the plant, the general statement that irrigation normally causes a reduction in quality (26) may be true in referring to plants such as forage crops, in which the protein content is of primary importance.

However, the above generalisation does not relate to indirect effects of nitrogen on plant composition.

Arnon (3) found that nitrogenous fertilizers had a favourable effect on the sugar content of sorgo when soil moisture was adequate, but negligible when the supply was limited. When P_2O_5 in the soil was deficient, the nitrogenous fertilizer was effective only when phosphoric fertilizer was also applied. The latter by itself had no or little direct effect on the sugar content of the sorgo.

It has frequently been observed that potassium deficiency symptoms become more marked under conditions of high soil moisture tension. This can be due to:

- a) Restricted root growth and hence reduced nutrient absorption, especially as a result of desiccated root hairs and rootlets (33)
- b) Reduced availability of the potash due to increased intensity of potassium fixation.

Under these conditions, uptake of potash is reduced to a greater degree than rate of utilization of the slower growing plants.

In seeming contradiction to this view are the results obtained by Lawton (32) who found that the potassium content of plants grown on soils with high moisture content was significantly lower than that of plants in a lower

moisture regime. He found that this deficiency was due to compaction and lack of aeration associated with excessively high moisture (a frequent occurrence in badly managed irrigation systems).

Hence, potassium content of plants may be actually higher with a favourable moisture regime, than when soil moisture is either deficient or excessive.

Another factor may affect K intake: It has already been stated that irrigation farming is characterized by the high rates of N fertilizers applied. *Ehrendorfer* (10) indicated that high N nutrition may adversely affect K intake: when N application was increased threefold, the K content of the plant was reduced by half.

Whilst variations in K content of the plant may have little direct relation to quality of the product, the reduction of K below a certain level may have far-reaching results by affecting various physiological processes and thereby indirectly affecting quality.

The most well-known effects of this kind are those on sugar and starch content of plants.

A number of investigations have shown that inadequate amounts of available potash in the soil may also affect the oil content of certain crops. *Nelson et al.* (37) for example, found that applying potash fertilizers to a soil low in this element increased oil content of soya beans, while *Hong* and *Schuylenborg* (20) report a similar effect on peanuts.

The effect of soil moisture on phosphate nutrition, and hence on P content of plants, is far less consistent than that observed for nitrogen or for potassium.

However, as a rule, the higher the moisture content of soils – within the range up to the optimum supply, the more readily available is the phosphorus to plants (46). Phosphorus content of plants grown under irrigation is therefore usually higher than that of plants grown on the same soils without irrigation.

Maume (34) working on irrigated pastures in Southern France, found that P-, and still more PK-fertilization, increased both the protein and P_2O_5 content of hay.

Effect of fertilizers on root development

Any influence on root development by fertilizers has relevance to water relationships of the plant.

As water movement in unsaturated soils is both limited and slow, an extensive proliferation of roots is essential for the plant to effectively utilize

soil moisture. The extent of the root system also determines the depth of the reservoir from which plants can absorb water, and hence their ability to make use of water stored in the sub-soil.

A high soil fertility is usually conducive to the proliferation of the root system; penetration in depth is frequently limited as a result of an unsatisfactory nutrient status underneath the ploughed layer.

Fox and Lipps (14) showed, for alfalfa, that a favourable nutrient regime is even more important than a favourable physical environment for the deep rooting of the plant and for satisfactory modulation.

Febrenbacher and Rust (12) reported that in a well-fertilized rotation, corn roots penetrated to a depth considerably greater than in unfertilized controls.

It is well known that heavy nitrogen fertilization tends to increase the top-root ratio, since less carbohydrates are translocated to the roots. However, nitrogen does not always have this negative effect. *Knock et al. (24)* working on wheat grown on four moisture levels and three nitrogen rates, found that the added nitrogen increased root weights at all moisture levels and at nearly all soil depths, thereby permitting more effective utilization of soil moisture. In all probability the problem is one of nutrient balance. *Duncan and Ohlrogge (9)* working on maize found that a 1:5 ratio of nitrogen and phosphorus appeared to favour optimal root development.

The effect of potassium fertilizers in low-potassium soils on decreasing the lodging of maize due to weakness of the root system is well known. *Hoffer and Krantz (19)* have shown that as a result of potassium deficiency, iron accumulates at the nodes of the stalk thereby interfering with the translocation of nutrients to the roots; the roots become weakened, susceptible to root rots and hence the subsequent lodging.

Application of phosphorus fertilizers frequently favours the development of the root system and may thereby increase the ratio of roots to shoots.

Fertilizers in relation to disease and pest incidence, under irrigation

The high fertilizer rates associated with irrigation are bound to affect the reaction of cultivated plants to disease and insects. These may even help to control one particular disease and encourage another. Excessive nitrogen frequently increases susceptibility to diseases. On the other hand it has been found (29) that nitrogen fertilizers, in particular in the form of aqueous ammonia and applied at high rates, have a marked influence on *Sclerotium rolfsii*, an extremely important disease causing considerable damage to many crops in the irrigated soils of the Mediterranean region.

The effect of soil moisture on potash availability has already been pointed out. This has particular relevance in view of the fact that potassium can increase the resistance of certain crops to specific diseases. *Last (31)* made a comprehensive review of the effect of potassium on parasitic plant diseases without, however, specifying the extent to which soil moisture is a contributing factor.

Walker (49) has shown that the effect of several wilt diseases – which are also of great importance in irrigated soils – can be greatly reduced by appropriate potash fertilization in soils deficient in this element. *Tisdale and Dick (47)* stated that heavy applications of potash could be very beneficial for the control of cotton wilt; however, varieties differed in their response to such treatments.

Insects are not affected in the same way as animals by mineral deficiencies in the plants on which they feed. *Haseman (18)* found that a shortage of certain minerals actually proved beneficial rather than detrimental to insects, in a number of cases. It was found that the chinch-bug matures faster, lives longer and is more prolific when feeding on corn grown under conditions of N-deficiency. Thrips have also shown differential preference for plants with a low level of nitrogen nutrition. *Haseman* claims that as insects generally require lesser amounts of minerals than plants, it is quite possible that plants with a low mineral content may be more favourable hosts than those with a higher mineral content. Depletion of soil nutrients, associated with irrigation, either directly through leaching, or indirectly through increased yields, may therefore increase susceptibility to insect damage, unless offset by appropriate fertilization.

III. Fertilizer practice under irrigation *Rates of application*

Desert soils, on which most irrigation projects are initiated, never having been cropped or submitted to leaching, have a high initial fertility in mineral elements. Irrigation farming in the Mediterranean region begins with soils that have been exhausted by centuries of cropping. An FAO study (*11a*) found that 80 per cent of the soils of Greece are depleted in N, 95 per cent in available P and 25 per cent in K. These figures are probably typical for most areas of the region.

Under the distinctive climatic pattern of the area, with the relatively limited and erratic rainfall and the long drought periods, certain patterns of fertilizer use have evolved. Farmers have frequently been disappointed, under Mediterranean conditions, by crop response to fertilizers; in certain

cases, when fertilizers stimulated early vegetative growth, and thereby caused a premature exhaustion of the water supply, their use actually was detrimental to yields.

Under such conditions an extremely cautious fertilizer policy evolved in this area and farmers usually employed very limited rates. However, when judiciously applied, fertilization made possible increased utilization of the limited moisture available to plants.

With the introduction of irrigation into the region, it is essential that the farmer break away from the traditional fertilizer practices evolved under dryland farming, and adopt an entirely new approach.

One of the most striking innovations in Israel agricultural practice in recent years are the high rates of fertilizers applied under irrigation. In our early experimental work with irrigated crops, rates exceeding those customary for dry-land crops by 25, 50 or 100 per cent were tested, and the responses obtained from these additional amounts were generally so unspectacular as to create the impression that further increases from fertilizer application were not to be expected. It was only when rates of application were increased three- and fourfold and even more, that the potentialities of heavy fertilizer application for increasing the efficiency of water use were fully realized. It is true that for certain crops, factors other than yield limited the amounts of fertilizer that could properly be used: in cotton it was necessary to avoid excessive vegetative growth, which increased the costs of hand-picking and made mechanical picking impracticable; in sugar beets, excessive N-fertilization adversely affected sugar content; the wheat varieties available did not have the genetic ability to make full use of high fertility levels, and responded by lodging and increased disease incidence. For these crops, the development of varieties adapted to the high fertility levels possible under irrigation is a major challenge to plant breeders. In other crops, such as maize for grain or forage production, fodder beets, irrigated pastures, and many vegetable crops, really astonishing yield increases were obtained by heavy fertilizer dressings.

Nitrogen

The most consistently spectacular responses are obtained from nitrogenous fertilizers. Rates of up to 200 kg N/ha for maize, 300 kg for stock beets, and 500 kg and more for irrigated pastures, have given economic returns. Actually, in view of the high costs involved in irrigation farming, high yields are an economic necessity and one cannot actually afford *not* to apply these high rates of fertilizers.

Phosphoric fertilizers

The high rates of nitrogen applied almost automatically call for an increase in phosphoric fertilizers. Most of the soils of the region are poor in this element. However, response to phosphorus is usually erratic, and largely dependent on the fertilizers applied to previous crops in the rotation. As only a relatively small proportion (5–10%) of the phosphoric fertilizers is used by the crop to which it is applied, the excess is not lost but contributes to the building up of P reserves in the soil. It is therefore not surprising, that after several consecutive applications at the rate of 150–200 kg P₂O₅ per ha, response of crops to this element tends to become erratic. Apparently, the rates of phosphoric fertilizers should be adjusted, not to the requirements of the individual crops, but to those of the crop rotation as a whole. A reliable diagnostic technique for determining available P in the soil would be of considerable benefit in this respect.

Potash

Most of the soils of the Mediterranean region are known to be relatively rich in this element. With the low yields usually obtained in the region under dry-land cropping, liberation of available K from the soil has usually been able to keep pace with the removal of this element by the crops.

When irrigation is first practised on these soils, response to K fertilizers is usually meagre. However, this situation is not necessarily static. In an experiment on irrigated pastures in Israel (8) in which annual rates of up to 3000 kg/ha of sulfate of ammonia gave economical returns, clover sown into the high nitrogen plots showed distinctive signs of potash starvation, which were relieved by potash fertilization.

An experiment was carried out on four different soil types by *Lachower* and *Arnon* (28), designed to ascertain when potash insufficiency will develop under an intensive cropping system under irrigation, and whether these deficiencies are due to an exhaustion of K reserves, or to the inability of crops to mobilize these reserves at a speed commensurate with crop requirements. It was found that by the third crop grown in the rotation – potatoes – K deficiencies appeared in two of the four soil types studied.

Yields were increased 81–90 per cent and starch content by 23–37 per cent in the NPK plots as compared to the NP plots.

Larson (30) reported increased yields of sugar beets as a result of potash fertilization on irrigated calcareous soils in Montana, notwithstanding the large quantities of exchangeable potassium in these soils. He claimed that

the favourable response to potassium was due to a lack of aeration, a very frequent concomitant of irrigation.

Increased needs for fertilizers under irrigation are due to :

1. *A more intensive cropping schedule* : in an intensive crop rotation under irrigation, eight crops or more may be harvested in the course of 5 years. It is evident that, under these conditions, nutrient-removal may assume considerable proportions.

2. *Higher yields produced* : in Israel, yields of 20'000 F.U. annually from irrigated pasture, 120 tons/ha of lucerne, 450–500 tons of stock beets, 100–120 tons of forage maize, 4500–5000 kg of cottonseed, 80–100 tons of sugar beets, are common.

Nutrient removal is at least trebled as compared with dry-land crops. This is possible only if the soil is rich in nutrients, either from its own reserves, or from fertilizers judiciously applied by the farmer.

3. *Leaching of nutrients due to irrigation* : Salinity and alkalinity are major problems of irrigation farming. The removal of excess salts by leaching is an almost essential part of good farming practice ; neglect of this process brings on salinity problems. The leaching process, however, is indiscriminate and also removes soluble nutrients from the soil, thereby enhancing the deficits resulting from increased plant production. Of the principal nutrients, the most affected is nitrogen. Losses of potassium by leaching are far less marked, except in sandy soils. *De Turk et al. (7)* showed that potassium held in exchangeable form leaches relatively slowly.

Techniques of fertilizer application under irrigation

Applying fertilizers in irrigation water : Applying fertilizers in irrigation water is very attractive to the farmer as it makes for economy in labour, savings in equipment and faster crop responses. The method is becoming increasingly popular in many countries. Application of phosphoric acid and nitrogen in irrigation water is being used quite extensively. *Humbert (23)* reports that muriate of potash is applied in the irrigation water on plantations of sugar cane in Hawaii.

Where water distribution is not uniform, fertilizer application in solution will further aggravate the negative results of faulty irrigation techniques.

Most studies comparing the application of dry fertilizers with that of fertilizer in solution do not indicate any marked differences in nutrient

availability except under certain specific conditions, e. g. rapid reversion of phosphate on highly calcareous soils. Certain types of fertilizers are not suitable for application in water. *Andrews (2)* states categorically that application of anhydrous ammonia in sprinkler irrigation water or in furrow irrigation proved to be very inefficient compared to soil application, where normal responses to nitrogen were obtained.

Choice of fertilizers and their long-term effects: Many of the difficulties encountered in irrigation farming have been attributed to the heavy use of fertilizers.

Most studies comparing different carriers of nutrients have, as a rule, shown no consistent differences in their effects on the yields or composition of individual crops.

Arnon et al. (4) comparing various sources of nitrogen in dry, liquid and gaseous forms, on forage and grain crops, as well as on stock and sugar beets, found that the aqueous form showed a clear advantage as compared to ammonium sulfate when applied to green fodder; effects were identical in the production of grass and it was less effective in its influence on fodder and sugar beets. The differences either way did not exceed 12–15 per cent. No significant differences were observed on the effects of different sources of nitrogen on dry matter, protein or sugar content.

Schmebl et al. (42) found that H_3PO_4 applied in irrigation water was about as available as monoammonium phosphate applied as concentrated superphosphate.

Except for certain specialized crops (tobacco) one potash carrier is usually as effective as another.

However, when the long-term effects of various types of fertilizers on the physical and chemical properties of an irrigated soil are investigated, far-reaching differences may be observed. *Aldrich et al. (1)* comparing different nitrogen carriers, found, after 16 years of differential treatment, marked physical and chemical changes in the soil. In particular, the rate of water percolation was greatly affected. The use of sodium nitrate and sulfate of ammonia brought about structural breakdown resulting in reduced macrospore space. In the sodium nitrate plots, the poor physical conditions appeared to be due to an unfavourable calcium-sodium ratio, whilst in the sulfate of ammonia plots the cause was apparently the dispersing action of the ammonium ion. The latter builds up in the exchange complex as a result of the low pH, caused by the continuous use of sulphate of ammonia, which inhibits the ability of soil organisms to nitrify the ammonium. No such unfavourable effects were found to result from the use of urea or calcium nitrate.

Where continuous use of large rates of a certain type of fertilizer is apt to cause difficulties, the answer is not to reduce or abandon fertilizer application, but to change the type of fertilizer used or apply appropriate soil amendments.

Salinity and alkalinity are major problems of crop production under irrigation and the opinion is frequently voiced that heavy fertilization increases these problems. When it is realized however that the amounts of salts added to the soil by the irrigation water, even of satisfactory quality, easily amounts to 5 tons/ha per year, it is clear that the effect of fertilizers, per se, under normal practice, is practically negligible.

Split-application of fertilizers under irrigation: The practice of applying fertilizers in split-applications – partly at the time of sowing, and the rest at different growth periods – has become part of accepted agricultural practice. In particular under irrigation, and especially for N fertilizers, this practice appears to be based on sound theoretical considerations. However, this was not borne out by our experiments on corn, cotton, sugar-beets, ground nuts and other crops under irrigation; no advantage whatsoever was obtained from split-applications as compared to a single application prior to sowing. This is probably due to the more complete control of water supply made possible by overhead irrigation, as compared to furrow irrigation. Downward movement of the fertilizers, as far as it occurs, corresponds to the development of the root system – and should be more beneficial than negative, as long as the fertilizers are not leached *beyond* the reach of the roots.

Fertilizing the sub-soil: In irrigation farming, the upper 15–20 cm of soil are periodically dried out during the intervals between irrigations. It is evident that nutrients, normally applied in the upper horizon of the soil, will pass through similar cycles of periodical unavailability. Thus water applications not only improve the moisture status of the soil layer in which the most active and abundant roots are usually found, but also make available nutrients that had become positionally unavailable to plants.

Deeper placement of fertilizers in irrigation farming has the advantage of avoiding these periodical cycles of availability and unavailability of nutrients due to soil dryness.

Sub-soil moisture plays an important role in irrigation farming by serving as a steady source of water supply, thereby offsetting the moisture fluctuations of the top-soil. It is good irrigation practice to wet the whole soil-horizon which will eventually be penetrated by the root-system to its full depth, even prior to sowing.

This practice will however be ineffective if conditions are not favourable for the penetration of roots into the sub-soil. Experience has shown that simply improving the physical conditions of the sub-soil, even the breaking up of impervious layers between soil and sub-soil is not sufficient. There is evidence that adequate soil fertility may enable plants to overcome compact layers.

Fertility levels are, on the whole, lower in subsoils than in surface soils, especially as regards readily available nutrients (52).

Gliemeroth (15) has shown that the fertility of the sub-soil may greatly affect the utilization of sub-soil water. He found that sub-soil fertilization doubled the proportion of roots in the soil layer at a depth of 36–54 cm as compared to more shallow fertilization.

These results are confirmed by other workers. *Kohnke* and *Bertrand* (25) found that corn roots did not penetrate deeply into a compacted silty clay loam, mainly because of lack of oxygen. Subsoiling alone improved root development under these conditions, but fertilization of the sub-soil gave even more striking results.

The adage that the subsistence of farmers is derived from the 18–20 cm of top-soil is certainly not justified in irrigation farming; however, it must be pointed out that the full possibilities of sub-soil fertilization have not yet been developed in practice, or even thoroughly investigated.

It can however be safely concluded that whilst keeping the entire soil profile moist is good farming practice, this will not be fully effective unless a proper moisture-fertility balance is maintained.

Bibliography

1. *Aldrich D.U., Parker E.R. and Chapman H.D.*: Soil Sci. 59, 299–312 (1945)
2. *Andrews W.B.*, Advance Agron. 8, 61–126 (1956)
3. *Arnon I.*, Agric. Res. Sta. Rehovot, Bull. No. 11 (1958)
4. *Arnon I., Bersky A., Berkovitz J., Dor Z., Horowitz M., Menkes I. and Lachover D.*, Agric. Res. Sta. Rehovot, Rep. 222 (1958) (Hebrew)
5. *Arnon I.*, Ktavim 11, 19–34 (1961) (Hebrew)
6. *Ballard L.A.*, Austr. J. Exptl. Biol. Med. Sci. 11, 161–176 (1933)
7. *De Turk E.E., Wood L.K. and Bray R.H.*, Soil Sci. 55, 1–12 (1943)
8. *Dovrat A., Leshem I., Jacobsen A.*, Hassadeh 40, 1–5 (1960) (Hebrew)
9. *Duncan W.G. and Oblrogge, A.J.*: Principles of Nutrient Uptake From Fertilizers. Agron. J. 50, 605–608 (1958)
10. *Ehrendorfer K.*; Untersuchungen über Angebot und Aufnahme der Hauptnährstoffe. Z. Acker- und Pfl. Bau 2, 105–3, 301 (1958)
11. a) FAO Mission for Greece (1947)
11. b) FAO Mediterranean Development Project (1959)

12. *Fehrenbacher J.B. and Rust R.H.*: Corn root penetration in soils derived from various textures of Wisconsin-age glacial till. *Soil Sci.* 82, 369-378 (1956)
13. *Fernandez G.R. and Laird R.J.*: Yield and protein content of wheat in Central Mexico as affected by available soil moisture and nitrogen fertilization. *Agr. J.* 51, 33-38 (1959)
14. *Fox R.L. and Lipps R.S.*, *Agron. J.* 47, 361-367 (1955)
15. *Gliemeroth G.*, *Z. Pfl.ernahrung, Düng. Bodenk.* 52, 21-41 (1951)
16. *Haddock J.L.*, *Agron. J.* 41, 79-84 (1949)
17. *Hagan R.M., Vaadia Y. and Russell M.B.*: Interpretation of plant responses to soil moisture regimes. *Advanc. Agron.* 11, 77-98 (1959)
18. *Haseman L.*, *J. econ. Ent.* 39, 8-11 (1946)
19. *Hoffer G.N. and Krantz B.A.*, in «Hunger Signs in Crops» 59-84, The Am. Soc. of Agron. and Nat. Fert. Assoc., Washington D.C. (1949)
20. *Hong G.B. and Schuylenborg J. van.*, *Landbouwk. Tydchr.* 65, 339-352 (1953)
21. *Howe O.W. and Rhoades H.F.*, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13 (1948)
22. *Hudson J.P.*: General effects of potash on the water economy of plants. *Potassium Symposium* 95-108, 1958
23. *Humbert R.P.*: Potash fertilization in the Hawaiian sugar industry. *Potassium Symposium* 319-344, 1958
24. *Knoch H.G., Ramig R.E., Fox R.L. and Koebler F.E.*: Root development of winter wheat as influenced by soil moisture and nitrogen fertilization. *Agron. J.* 49, 20-25 (1957)
25. *Kohnke H. and Bertrand A.R.*: Fertilizing the subsoil for better water utilization. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 20, 581-586 (1956)
26. *Kopetz L.M.*: Probleme der Beregnungsdüngung. *Potassium Symposium* 59, 1957
27. *Kramer P.I.*: The role of water in the physiology of plants. *Advanc. Agron.* 11, 51-70 (1959)
28. *Lachover D. and Arnon I.*: Unpublished data
29. *Lachover D. and Avizohar - Hershenzon.* *Zehara, Ktavim* 10, 65-76 (1960) (Hebrew)
30. *Larson W.E.*: Response of sugar beets to potassium fertilization in relation to soil physical on moisture conditions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 18, 313-317 (1954)
31. *Last F.T.*: The effect of potassium on parasitic plant diseases. *Potassium Symposium*, p. 179 (1956)
32. *Lawton K.*, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 10, 263-268 (1945)
33. *Lawton K. and Cook R.L.*, *Advanc. Agron.* 6, 253-303 (1954)
34. *Maume L.*, *Ann. Agron. Paris*, p. 21 (1941)
35. *Miller M.F. and Duley F.L.*, *Mo. Agr. Expt. Sta. Res. Bull.* 176 (1925)
36. *Nelson L.B.*, *Advanc. Agron.* 8, 321-368 (1956)
37. *Nelson W.L., Bruckhart L. and Colwell W.L.*: *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 10, 224-229 (1945)
38. *Parks R.O.*: Irrigation agriculture and soil research in the United States. *Advanc. Agron.* 3, 323-344 (1951)
39. *Penman H.L. and Schofield R.K.*, «Symposia» *Soc. Exp. Biol.* 5, 115 (1951)
40. *Quintanilla-Rejado P.*: General characteristics of agriculture and the use of fertilisers in countries of a Mediterranean type. *P. Bull. de Documentation* 27, 44-57, *Assoc. Int. de Fabric. de Superphosphate* (1960)
41. *Rogaler W.*, *Fisiologica rastenni* 50, 511 (1958)
42. *Schmebl W.R., Olsen S.R., Gardner R., Romsdal S.D. and Kunkel R.*, *Colorado Agr. Expt. Sta. Tech. Bull.* 58 (1955)
43. *Scarsbrook C.E., Bennett O.L., Pearson R.W.*, *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 13 (1948)
44. *Shimshi D., Geron S., Rubin I.*, *Prelim. Rep.* 167/4 *Nat. Univ. Ins. Agr.* (1957) (Hebrew)
45. *Stanberry C.O., Converse C.D., Haise H.R. and Kelley O.J.*: Effect of moisture and phosphate variables on alfalfa hay production on the Yuma Mesa. *Soil. Sci. Soc. Amer. Proc.* 19, 303-310 (1955)

46. *Stanford G. and Pierre W.H.*: Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. ed. Pierre, W. H. and Norman, A. G., Academic Press Inc. (1953)
47. *Tisdale H.B. and Dick J.B.*, J. Am. Soc. Agron. *34*, 405-426 (1942)
48. *Wadligh C.H. and Richards L.A.*, in "The mineral nutrition of plants" ed. Truog E. p. 411-450 (1951)
49. *Walker J.C.*, Soil Sci. *61*, 47-54 (1946)
50. *Wiersma D.*: The soil environment and root development. *Advanc. Agron. 11*, 43-51 (1959)
51. *Williams R.S.*, Austr. J. Exptl. Biol. Med. Sci. *13*, 49-66 (1935)
52. *Winters E. and Simonson R.W.*: The Subsoil. *Advanc. Agron. 3*, 2-86 (1951)

SUMMARY

Fertilizer Use under Irrigation

Most large-scale irrigation projects have been concerned with bringing under cultivation desert areas which have been completely barren in the past, making possible intensive settlement of populations from other areas.

In the Mediterranean region, all cultivable lands are already settled, but an erratic climate and relatively low rainfall have the following effects:

- 1 Relative low yields; intensification is not economically feasible;
- 2 A limited choice of crops, adapted to these conditions.

Future prosperity and economic stability of the region depend largely on the development of its water resources and the expansion of irrigation. This will make possible a more intensive succession of crops, greater stability of production and higher levels of yields.

Irrigation per se is not capable of attaining the objectives outlined above. When applied in a primitive agricultural farmework, irrigation may cause untold harm and damage. Successful irrigation involves more than the elucidation of engineering problems or irrigation techniques. It becomes an effective tool for increased production only when applied in conjunction with the most up-to-date and intensive cultural practices.

Factors affecting efficiency of soil water utilization

In addition to methods of application of water on optimum levels of soil moisture the efficiency of water utilization is largely dependent on:

- a) The elimination of factors adversely affecting any physiological processes of the plant - such as lack of one or more nutrients; unsatisfactory soil aeration etc.
- b) Developing to the full the ability of the plant to make use of a high fertility level and favorable soil moisture status (use of productive varieties, increased plant populations, effective control of pests and diseases etc.).

Of all the above, *fertilizer practice – moisture utilization interaction* has been the most closely investigated. Results have been remarkably consistent, showing that fertilization increases the efficiency with which crops use available water and that improved water regimes make possible fertilizer applications at levels which would be entirely ineffective under conditions of moisture stress.

In addition to its effects on yield, the soil moisture – fertility relationship has many other direct and indirect effects: on root development, on physiological processes in the plant and its composition, on disease and pest incidence.

Fertilizer practice under irrigation

Rates of application

Under the typical climatic conditions of the Mediterranean region, farmers have been frequently disappointed by rain-fed crop response to fertilizers. When fertilizers stimulate early vegetative growth, and thereby cause premature exhaustion of water supply, their use can actually be detrimental to yields. Tradition has therefore evolved a very cautious fertilizer policy based on very low rates of application. With the introduction of irrigation, farmers must break away from the traditional approaches developed under dry-farming. Irrigation farming in the Mediterranean region starts off with soils that have been exhausted by centuries of cropping. An FAO study found that 80% of the soils of Greece are depleted in N, 95% in available P and 25% in K. These figures are probably typical for most areas of the region.

An outline is given of fertilizer use as developed in recent years under irrigation in Israel.

Nitrogen gave the most spectacular and consistent increase. Rates used vary from 200–500 kg of N per hectare for crops in which extraneous factors do not limit yield.

Phosphoric fertilizers: Pattern of response changes in the course of the rotation due to cumulative effect of the P fertilizers.

Potash: Initially, little or no response to K fertilizers in most soils. However indications already apparent that following high applications of N and P, K starvation may develop. Experiments aiming at determining whether this is due to exhaustion of K supplies or to the lag between plant use and mobilisation of K reserves are in progress.

The increased needs for fertilizers under irrigation are due:

1. to a more intensive cropping schedule,
2. to the higher yields produced,
3. to leaching of nutrients due to irrigation.

Techniques of fertilizer application under irrigation

Applying fertilizers in irrigation water. This method is becoming popular, its efficacy is mainly dependant on uniform water distribution.

Choice of fertilizers

Long term use of heavy rates of certain types of fertilizer, may have detrimental effects on physical and chemical properties of irrigated soils. This can be overcome by choice of appropriate types of fertilizers.

Split-application of fertilizers under irrigation

Experimental evidence is brought to show that split applications of fertilizer are usually unnecessary when water supply is well controlled, as in overhead irrigation.

Fertilizing the sub-soil

The adage that the subsistence of farmers is derived from the 18–20 cm of top soil is not justified in irrigation farming. The supply of available water increases with the depth and extent of root penetration and can therefore be favorable affected by raising the fertility of the sub-soil, by deeper placement of fertilizers. Of particular significance is the effect of fertilizers on increasing productivity of sub-soils exposed by land levelling which is frequently necessary in the development of irrigation projects.

RÉSUMÉ

Emploi des engrais minéraux en cultures irriguées

Beaucoup de grands projets d'irrigation ont été établis dans le but de mettre en culture des surfaces désertiques qui étaient précédemment complètement stériles, ce qui permet une colonisation intense avec des populations provenant d'autres régions. Dans la région méditerranéenne, tous les sols cultivables sont déjà colonisés mais un climat irrégulier et des précipitations relativement faibles ont pour conséquence les phénomènes suivants:

1. Productions relativement faibles; intensification économiquement impossible.
2. Choix de cultures limité, adapté à ces conditions.

La prospérité et la stabilité économique de ces régions dépend à l'avenir surtout du développement des ressources en eau et de l'expansion de la pratique de l'irrigation. Ces mesures permettront une succession plus intense des cultures, des productions plus stables et des récoltes plus élevées. L'irrigation en elle-même est incapable d'atteindre les objectifs évoqués ci-dessus. Lorsqu'elle est appliquée dans un cadre agricole primitif, l'irrigation peut provoquer d'énormes dégâts. Pour qu'une irrigation soit couronnée de succès, il faut plus que la solution de problèmes de génie rural ou de techniques d'irrigation. Elle ne devient un instrument efficace pour l'amélioration de la production que lorsqu'elle est appliquée conjointement avec les pratiques de culture les plus modernes et les plus intensives.

Facteurs influençant l'efficacité de l'utilisation de l'eau et du sol

Outre des méthodes d'application de quantités optimales d'eau, l'efficacité de l'eau appliquée dépend surtout de:

a) l'élimination des facteurs qui exercent un effet néfaste sur n'importe quel processus physiologique de la plante: carence en un élément nutritif, aération du sol insuffisante, etc.

b) développement maximum de la capacité des plantes d'utiliser de grandes quantités d'éléments nutritifs et des conditions d'humidité favorables. (Utilisation de variétés très productives, augmentation de la densité de plantation, lutte efficace contre les insectes nuisibles et les maladies, etc.) De tout ce qui précède, l'interaction fumure-utilisation de l'eau a été la mieux étudiée. Les résultats ont été très conséquents; ils ont montré que la fumure augmente l'efficacité avec laquelle les cultures utilisent l'eau à leur disposition et que des régimes d'irrigation améliorés permettent l'application de quantités de fumures qui seraient totalement inefficaces dans des conditions de manque d'eau.

Outre ces effets sur les récoltes, l'interaction humidité du sol-fertilité exerce de nombreuses autres influences directes et indirectes sur le développement des racines, les processus physiologiques dans la plante, la composition des végétaux, la résistance aux insectes et aux maladies, etc.

La fumure en conditions d'irrigation

Doses à appliquer

Dans les conditions climatiques méditerranéennes, les cultivateurs ont souvent été déçus par la réaction aux engrais des plantes ne recevant que l'eau des pluies. Lorsque les engrais stimulent la première croissance des végétaux et provoquent de cette manière l'épuisement prématuré des réserves d'eau, leur utilisation peut être réellement néfaste aux récoltes. La tradition a par conséquent développé un système d'utilisation des engrais très prudent, basé sur des doses très faibles. L'introduction de l'irrigation oblige les cultivateurs à rompre avec les méthodes traditionnelles développées dans des conditions arides. L'agriculture irriguée débute dans les régions méditerranéennes avec des sols qui ont été épuisés par des siècles de culture. Une étude de la FAO relève que 80 % des sols grecs manquent de N, 95 % manquent de phosphore assimilable et 25 % manquent de potassium. Ces chiffres sont probablement également valables pour la plus grande partie de la région. Les données générales d'utilisation des engrais, telle qu'elles ont été développées récemment en Israël dans des conditions irriguées sont résumées:

L'azote donne les augmentations les plus spectaculaires et les plus logiques. Les doses utilisées varient entre 200 et 500 kg de N/ha pour les cultures dont aucun facteur étranger ne limite la production.

Engrais phosphatés: Le genre de réactions change au cours de la rotation à la suite de l'effet cumulatif des engrais P.

Potassium : Au début, peu ou pas de réaction aux engrais K dans la plupart des sols. Toutefois, des indices se sont déjà manifestés selon lesquels des carences en K peuvent se manifester après de fortes fumures N et P. Des expériences se poursuivent pour déterminer si ces carences en K sont dues à un épuisement des réserves de K ou à un décalage entre la consommation de K par les plantes et la mobilisation des réserves de K.

L'augmentation des besoins en engrais en conditions irriguées est due à :

1. un plan de culture plus intensif
2. l'augmentation de l'importance des récoltes
3. lessivage des éléments nutritifs par l'irrigation.

Modes d'application des engrais en conditions d'irrigation :

Application des engrais dans l'eau d'irrigation. Cette méthode devient populaire. Son efficacité dépend avant tout d'une répartition homogène de l'eau.

Choix des engrais : L'application prolongée de doses élevées de certains types d'engrais peut avoir des influences néfastes sur les propriétés physiques et chimiques des sols irrigués. Cet inconvénient peut être évité en choisissant les types d'engrais adéquats.

Application fractionnée d'engrais sur culture irriguée : Une expérience est évoquée qui prouve que l'application fractionnée d'engrais n'est habituellement pas nécessaire lorsque l'approvisionnement en eau est bien contrôlé comme c'est le cas dans l'irrigation par aspersion.

Fumure du sous-sol : L'adage selon lequel l'existence du cultivateur se trouve dans les 19–20 premiers cm du sol ne se justifie pas dans le cas de l'agriculture irriguée. La réserve en eau disponible augmente avec la profondeur. Un moyen efficace pour augmenter la profondeur et l'ampleur de la pénétration des racines consiste en une élévation de la fertilité du sous-sol par le placement des engrais en profondeur. L'effet des engrais sur l'augmentation de la productivité revêt une importance particulière lorsqu'il s'agit de sous-sols dénudés par le nivellement du sol qui est fréquemment nécessaire lors de l'établissement de cultures irriguées.

ZUSAMMENFASSUNG

Düngung und Bewässerung

Großangelegte Bewässerungs-Projekte zur Urbarmachung bisher völlig unbauter Wüstengebieten sind entstanden, um eine starke Ansiedlung von Menschen aus anderen Gegenden zu ermöglichen.

In der Gegend des Mittelmeeres ist alles urbare Land bereits besiedelt, aber das unregelmäßige Klima und die relativ geringen Regenfälle haben folgende Wirkungen:

1. Relativ geringe Bodenerträge; eine intensivere Bebauung ist aus wirtschaftlichen Gründen nicht durchführbar.

2. Die Wahl der Kulturen ist begrenzt, da sie sich den gegebenen Bedingungen anpassen muß.

Die künftige Prosperität und ökonomische Stabilität der Gegend hängt weitgehend von der Entwicklung ihrer Wasserversorgung und der Ausdehnung der Bewässerung ab. Diese wird eine intensivere Anbaufolge, höhere und beständigere Erträge ermöglichen.

Mit der Bewässerung allein können diese Ziele nicht erreicht werden. In einer primitiven Bewirtschaftung kann durch Bewässerung ungeheurer Schaden entstehen. Zu einer erfolgreichen Bewässerung braucht es mehr als die Klärung baulicher oder bewässerungstechnischer Probleme. Nur in Verbindung mit modernsten und intensivsten Anbaumethoden wird die Bewässerung zu einem wirksamen Werkzeug zur Erreichung größerer Ernteerträge.

Faktoren, welche die Bodenwassernutzung beeinflussen:

Für die Wirksamkeit der Wasseranwendung zur Erreichung einer optimalen Bodenfeuchtigkeit sind neben den Bewässerungsmethoden folgende Faktoren zu beachten:

- a) Die Ausscheidung von Faktoren, die der physiologischen Entwicklung der Pflanzen hinderlich sind, wie Mangel an einem oder mehreren Nährstoffen, unbefriedigende Bodenlüftung, usw.
- b) Den Pflanzen muß die Möglichkeit gegeben werden, sich die Fruchtbarkeit und den günstigen Feuchtigkeits-Status des Bodens nutzbar zu machen (produktive Pflanzenarten, dichtere Bebauung, wirksame Bekämpfung von Schädlingen, Krankheiten, usw.)

Von den erwähnten Faktoren wurde die Interaktion zwischen Düngungs- und Bewässerungsverfahren am eingehendsten untersucht. Die Ergebnisse waren bemerkenswert übereinstimmend; es zeigte sich, daß die Düngung den Kulturen zur besseren Ausnutzung des verfügbaren Wassers verhilft, und daß andererseits eine richtige Wasserversorgung Düngergaben gestattet, die bei Wassermangel völlig unwirksam wären.

Die Interaktion zwischen Bodenfeuchtigkeit und -fruchtbarkeit wirkt sich nicht nur auf den Ertrag aus, sondern hat noch viele andere direkte und indirekte Auswirkungen: auf die Entwicklung der Wurzeln, auf die physiologischen Vorgänge in der Pflanze, auf ihre Zusammensetzung und auf das Auftreten von Krankheiten.

*Düngungsverfahren bei Bewässerung
Anwendungsmengen*

In den typischen klimatischen Verhältnissen des Mittelmeergebietes wurden die Landwirte oft enttäuscht über die Wirkung von Düngern auf beregnete Kulturen. Wenn die Düngung eine rasche Anfangs-Entwicklung verursacht und dadurch

eine verfrühte Erschöpfung der Wasservorräte bewirkt wird, so kann sie sich tatsächlich nachteilig auf den Ertrag auswirken. Durch diese Erfahrung hat sich eine sehr vorsichtige Anwendung von Düngemitteln überliefert, die nur sehr kleine Gaben gestattet. Bei Einführung der Bewässerung müssen die Bauern diese bei Trockenkultur entstandene Tradition aufgeben. Die Bewässerungskultur in der Mittelmeergegend beginnt mit Böden, die durch jahrhundertelange Ausnutzung erschöpft sind. Eine FAO-Untersuchung ergab, daß 80% der Böden Griechenlands an N, 95% an aufnehmbarem P und 25% an K erschöpft sind. Diese Ergebnisse haben wahrscheinlich für die meisten Böden dieses Gebietes Geltung.

Es folgen hier einige Angaben über die in den letzten Jahren entwickelte Düngung unter Bewässerung in Israel.

Stickstoff ergab die sichtbarste und stärkste Ertragserhöhung. Für Kulturen, deren Ertrag nicht durch äußere Faktoren eingeschränkt wird, werden 200–300 kg N/ha verwendet.

Phosphordünger: Das Wirkungsbild verändert sich im Laufe des Fruchtwechsels infolge der kumulativen Wirkung der P-Dünger.

Kali ergab anfänglich in den meisten Böden nur eine geringe oder überhaupt keine Reaktion. Jedoch sind bereits Anzeichen dafür vorhanden, daß bei den folgenden hohen N- und P-Raten sich K-Mangel entwickeln kann. Es wird untersucht, ob dieser Mangel infolge der Ausnutzung des verfügbaren Kali entsteht oder durch die Zeitdifferenz zwischen dem Moment des K-Bedarfs und der Verfügbarkeit der Reserven.

Die vermehrten Düngungsbedürfnisse in bewässerten Gebieten haben folgende Ursachen:

1. Intensivere Bewirtschaftung
2. Höhere Erträge
3. Auswaschen von Nährstoffen durch die Bewässerung.

Düngungsverfahren bei Bewässerung

Die Düngemittel werden mit dem Wasser verabreicht. Diese Methode verbreitet sich immer mehr. Ihre Wirksamkeit hängt hauptsächlich von einer gleichmäßigen Wasserverteilung ab.

Wahl der Düngemittel: Bei gewissen Düngemitteln können starke, während langer Zeit verabfolgte Gaben sich auf die physikalische und chemische Beschaffenheit bewässerter Böden ungünstig auswirken. Dies kann durch eine richtige Auswahl der Düngemittel vermieden werden.

Fraktionierte Düngung bei Bewässerung: Es ist experimentell erwiesen, daß fraktionierte Anwendungen von Düngemitteln gewöhnlich unnötig sind, wenn die Bewässerung, wie dies bei der Beregnung der Fall ist, gut geregelt ist.

Düngung der tieferen Bodenschichten: Die Ansicht, der Bauer ziehe seinen Nutzen aus den 18–20 cm der oberen Bodenschicht ist bei bewässertem Anbau nicht

stichhaltig. Die Versorgung an verfügbarem Wasser nimmt mit der Tiefe und Durchdringung der Wurzeln zu. Ein wirksames Mittel, um dies zu erreichen, ist die Erhöhung der Fruchtbarkeit des Unterbodens, indem die Dünger tiefer in die Erde gesenkt werden. Von besonderer Bedeutung auf die Fruchtbarkeit des Unterbodens ist die Düngung der tieferen Bodenschichten, die bloßgelegt werden bei der Ausebnung des Landes, die bei der Verwirklichung von Bewässerungsprojekten oft notwendig ist.

RESUMEN

Empleo del fertilizante en la irrigación

La mayor parte de los proyectos de irrigación en gran escala han estado relacionados con la colonización de áreas desérticas de cultivo, que en el pasado fueron áridas, haciendo posible el establecimiento intensivo de poblaciones procedentes de otras zonas.

En la región mediterránea, todas las tierras cultivables fueron ya colonizadas anteriormente, pero un clima errático y una pluviosidad relativamente baja ejercen los siguientes – efectos:

1. Rendimientos relativamente bajos; la intensificación del cultivo no es económicamente practicable.
2. Una limitada elección de cosechas, adaptadas a estas condiciones.

La futura prosperidad y la estabilidad económica de la región mediterránea dependen ampliamente del desarrollo de sus recursos de agua y la expansión de la irrigación. Esto hará posible una sucesión de cosechas más intensiva, mayor estabilidad de la producción y más altos niveles de rendimiento.

La irrigación, por si misma, no es capaz de alcanzar los objetivos expuestos más arriba, y cuando se aplica en una estructura de agricultura primitiva, puede producir incalculables daños y pérdidas. La irrigación realizada con éxito implica más que la explicación de los problemas de ingeniería o las técnicas de irrigación, y llega a ser un medio para incrementar la producción solamente cuando se aplica junto con las prácticas más modernas de cultivos intensivos.

Factores que afectan a la eficiencia de la utilización del agua en el suelo

Además de los métodos de aplicación del agua en sus óptimos niveles de humedad del suelo, la eficiencia de la utilización del agua depende ampliamente de:

a) La eliminación de los factores que afectan adversamente cualquier proceso fisiológico de la planta – tales como la falta de uno o más elementos nutritivos; insuficiente aeración del suelo, etc.

b) Desarrollo de la capacidad total de la planta para hacer uso de un alto nivel de fertilidad y el favorable estado de humedad del suelo (empleo de variedades

productivas, incremento de las poblaciones de plantas, control efectivo de las pestes y enfermedades, etc.).

De todos los factores anteriormente indicados, la práctica de *fertilización y la interacción del empleo de la humedad* han sido los más cuidadosamente investigados. Los resultados han sido notablemente consistentes, demostrando que la fertilización incrementa la eficiencia con la cual las cosechas emplean el agua asimilable y mejoran los regímenes de agua, haciendo posible las aplicaciones del fertilizante a niveles que serían ineficaces por entero bajo condiciones de fuerte humedad.

Además de sus efectos sobre el rendimiento, la humedad del suelo la relación de fertilidad ejerce otros muchos efectos directos e indirectos sobre el desarrollo de la raíz, los procesos fisiológicos de la planta y su composición, la incidencia de la enfermedad y de la peste.

Prácticas de fertilización en la irrigación

Dosis de aplicación

Bajo condiciones típicas climáticas de la región mediterránea, los agricultores se ven con frecuencia chasqueados por la respuesta de los cultivos ante los fertilizantes. Cuando éstos estimulan el desarrollo vegetativo temprano, y por ello se produce el agotamiento prematuro del suministro de agua, su empleo puede ser actualmente perjudicial para los rendimientos. La tradición envuelve, por ello, una política de empleo de fertilizante muy cuidadosa, basada fundamentalmente en muy bajas dosis de aplicación. Con la introducción de la irrigación, los agricultores tienen que romper con las tradicionales aproximaciones desarrolladas bajo las condiciones en que se desenvuelven los cultivos de secano. La irrigación en los campos mediterráneos se inicia en suelos que se encuentran completamente exhaustos después de centurias de cultivos. En estudio realizado por la FAO halló que el 80 % de los suelos de Grecia están agotadas en N: el 95 % en P asimilable y el 25 % en K. Probablemente, estas cifras son típicas para la mayor parte de la región mediterránea.

A continuación se da un esquema del fertilizante empleado tal como se desenvolvió la irrigación en Israel en el próximo pasado.

El nitrógeno produjo el más espectacular y consistente incremento. La dosis empleadas variaban de 200 a 500 kgs. de N por hectárea, para cosechas en las que no limitaban el rendimiento factores extraños.

Fertilizantes fosfóricos: Muestra de los cambios de respuesta en el curso de la rotación debido al efecto acumulativo de los fertilizantes P.

Potasa: Inicialmente produjo poca o ninguna respuesta ante los fertilizantes de K, en la mayor parte de los suelos. Sin embargo, ya existen indicaciones aparentes de que prosiguieron la fertilización con altas aplicaciones de N y P, puede desarrollarse la falta de K. Actualmente se encuentra en periodo de desarrollo experimentos realizados para determinar si esto es debido al agotamiento de los suministros de K o al retraso que se produce entre el empleo de la planta y la movilización de las reservas de K.

El incremento de las necesidades de fertilizantes en la irrigación es debido

1. A un cultivo más intenso.
2. A la producción de más altos rendimientos.
3. A la lixiviación de los elementos nutritivos debidos a la irrigación.

Técnicas de aplicación del fertilizante en la irrigación

Aplicación de fertilizantes en el agua de irrigación. Este método se está haciendo popular, dependiendo su eficacia, principalmente, de la distribución uniforme del agua.

Elección de fertilizantes. El empleo durante largo tiempo de fuertes dosis de ciertos tipos de fertilizantes, puede ejercer dañosos efectos sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos irrigados. Esto puede ser superado por la elección de los tipos adecuados de fertilizantes.

Aplicación dividida de fertilizantes en la irrigación. La evidencia, experimental conduce a demostrar que las aplicaciones de fertilizantes son corrientemente innecesarias cuando el suministro de agua está bien controlado, así como cuando la irrigación se hace por aspersión.

Fertilización del sub-suelo

El adagio de que la subsistencia del agricultor se encuentra a 18-20 cm. de la superficie del suelo no está justificado en el caso de la irrigación. El suministro de agua asimilable aumenta con la profundidad y penetración de la raíz. Un medio muy eficaz de aumentar la profundidad y la extensión de penetración de la raíz es el de aumentar la fertilidad del sub-suelo, situando los fertilizantes más profundamente.

Es de particular significación el efecto que ejercen los fertilizantes sobre el incremento de la productividad de los sub-suelos expuestos al allanamiento que es frecuentemente necesario realizar para el mejor desarrollo de los proyectos de irrigación.

Le problème des interactions N-K et les conditions méditerranéennes

G. DROUINEAU

Station d'Agronomie et de Physiologie Végétale
Antibes - France - I.N.R.A.

L'interaction des facteurs alimentaires de croissance domine toute la question de l'équilibre des fumures et il peut paraître inopportun de dissocier l'interaction de deux facteurs comme N et K. D'autre part, la tendance actuelle des recherches physiologiques sur la nutrition serait plutôt d'étudier séparément entre eux les anions d'une part et les cations d'autre part.

Cependant il semble que le problème des interactions N-K dont nous n'envisagerons pas ici l'aspect statistique doive tout de même être discuté en raison de ses conséquences sur les progrès de la fertilisation surtout dans une agriculture intensive.

Le facteur limitant principal de l'Agriculture méditerranéenne est évidemment l'eau, la possibilité ou l'impossibilité d'irrigation délimitant deux grands groupes de conditions écologiquement non comparables.

Dans des conditions d'approvisionnement en eau satisfaisantes, et pour des sols qui ne présentent pas d'excès d'eau en hiver et au printemps, le premier facteur limitant qu'ont rencontré ensuite les agronomes en milieu méditerranéen s'est trouvé généralement être l'acide phosphorique.

Quand celui-ci a été éliminé en ramenant le sol à un niveau moyen et en poursuivant son entretien, ce sont les difficultés d'une fourniture régulière d'azote minéral dans des conditions climatiques particulières et dans des sols pauvres en humus qui sont apparues. On commence seulement à connaître à l'heure actuelle les données fondamentales et les exigences relatives à la fertilisation azotée, l'utilisation de cette dernière étant moins limitée qu'en d'autres régions par l'insuffisance de la radiation.

L'intensification en général et l'amélioration des fumures azotées augmentent considérablement les exportations en K surtout pour les fourrages et les cultures maraîchères. De ce fait, l'épuisement de sols même jeunes et riches en réserves n'est pas exclu.

Quels sont les éléments expérimentaux dont on dispose à l'heure actuelle pour aborder ce problème des interactions N-K dans les conditions méditerranéennes.

L'inventaire est malheureusement assez vite fait car on ne dispose pratiquement pas, dans cette zone, d'essais factoriels.

Il n'est donc pas possible de dire actuellement le pourcentage de cas où cette interaction est positive et si, dans un même sol, l'interaction varie avec le temps. Ce dernier point est important. Les modifications de la fertilisation en cultures intensives, déjà constatées dans le sud de la France, sont susceptibles de faire évoluer la situation rapidement.

En effet, quand les régions irriguées étaient limitées en surface, la régularité de l'alimentation azotée a été en partie assurée dans les conditions du jardinage par des fumures organiques considérables, apportant d'autre part beaucoup de potasse avec elles, surtout étant donnée l'importance de l'emploi du fumier de mouton riche en K. La rareté des fumiers et l'évolution de la production dans les conditions économiques présentes amènent à remplacer progressivement l'un des rôles des fumures organiques, celui de la fourniture progressive d'azote minéral, par une fertilisation azotée échelonnée. L'amélioration des techniques de fumures azotées minérales (par fertilisation par exemple) devrait donc conduire à examiner plus sérieusement les relations azote-potasse.

Certaines données fondamentales nous y incitent. En premier lieu et dans des limites raisonnables de fourniture d'azote nitrique, l'alimentation potassique, par la voie d'une modification du métabolisme des glucides, entraîne une augmentation de l'intensité de la réduction des nitrates. Nous pourrions citer quelques exemples empruntés aux travaux de *Mme D. Blanc (1)* (1962).

Dans une expérience en pots sur pommes de terre, N nitrique qui augmente avec la dose d'azote dans le milieu, est mieux réduit quand la fourniture de K augmente, tout au moins tant que le niveau d'alimentation azoté nitrique n'est pas tel que l'amélioration de la réduction ne soit plus possible (Tableau 1).

Cette amélioration ne joue que dans certaines limites de rapport ainsi que le montre une autre expérience de *Mme D. Blanc (2)* sur le dactyle. (Tableau 2)

D'autre part, dans les cultures intensives dans lesquelles on recherche le rendement maximum, il est fréquent d'atteindre des niveaux de fumure qui risquent de provoquer des dépressions de rendement résultant d'un déséquilibre.

Dans l'exemple suivant emprunté à un autre travail de *Mme D. Blanc (3)* on peut examiner la relation entre le nombre de fleurs produites par pied d'œillet et la teneur en azote total dans la matière sèche des boutures (Fig. 1).

Tableau 1 Azote nitrique dans les pétioles de pommes de terre

| Traitement | Teneur en N nitrique % de m.s. |
|--------------------------------|--------------------------------|
| N ₂ K ₁ | 0,032 |
| N ₆ K ₃ | 0,086 |
| N ₆ K ₅ | 0,071 |
| N ₆ K ₇ | 0,048 |
| N ₁₀ K ₃ | 0,470 |
| N ₁₀ K ₅ | 0,300 |
| N ₁₀ K ₇ | 0,300 |

Tableau 2 Azote nitrique dans les parties aériennes de dactyle à 6 semaines

| Traitement | Teneur en N nitrique % de m.s. |
|--------------------------------|--------------------------------|
| N ₂ K ₁ | 0,10 |
| N ₅ K ₃ | 0,02 |
| N ₅ K ₅ | 0,03 |
| N ₅ K ₇ | 0,02 |
| N ₁₀ K ₁ | 1,55 |
| N ₁₀ K ₃ | 1,16 |
| N ₁₀ K ₅ | 0,80 |
| N ₁₀ K ₇ | 0,84 |
| N ₁₅ K ₁ | 1,66 |
| N ₁₅ K ₃ | 1,50 |
| N ₁₅ K ₅ | 1,71 |
| N ₁₅ K ₇ | 1,67 |

Il s'agit d'une expérience relative à l'interaction N-K dans des sols rouges (terra rossa). On voit que la dépression de rendement qui intervient quand la nutrition azotée est trop forte est d'autant plus marquée et intervient d'autant plus tôt que la dose de potasse apportée est plus faible (Figure 2).

On pourrait signaler également l'influence de la variété dans le problème des relations azote-potasse dans la fumure indiquée par *Cardus* et *Aguila* (4).

Il s'agit ici encore d'une culture d'œillets (en pleine terre dans la région de Barcelone), recevant de fortes fumures azotées minérales échelonnées, au total 655 kg par hectare et par an. Des doses de potasse (K₁-K₃ des engrais minéraux) variant de 382 à 920 kg K₂O/ha donnent lieu à des augmentations de production très variables suivant la variété (Figure 3).

En conclusion, nous pensons que ce problème des relations azote-potasse dans la fumure mériterait un examen plus attentif dans les cultures intensives qui se développent avec l'irrigation sur le pourtour du Bassin méditerranéen. Elles sont malheureusement plus laborieuses à étudier que dans les cultures de céréales en raison des difficultés d'établissement et d'exploitation d'essais factoriels.

Il est d'autre part indispensable de prévoir, au moins pour l'azote minéral, un fractionnement des apports, ce qui complique l'expérimentation.

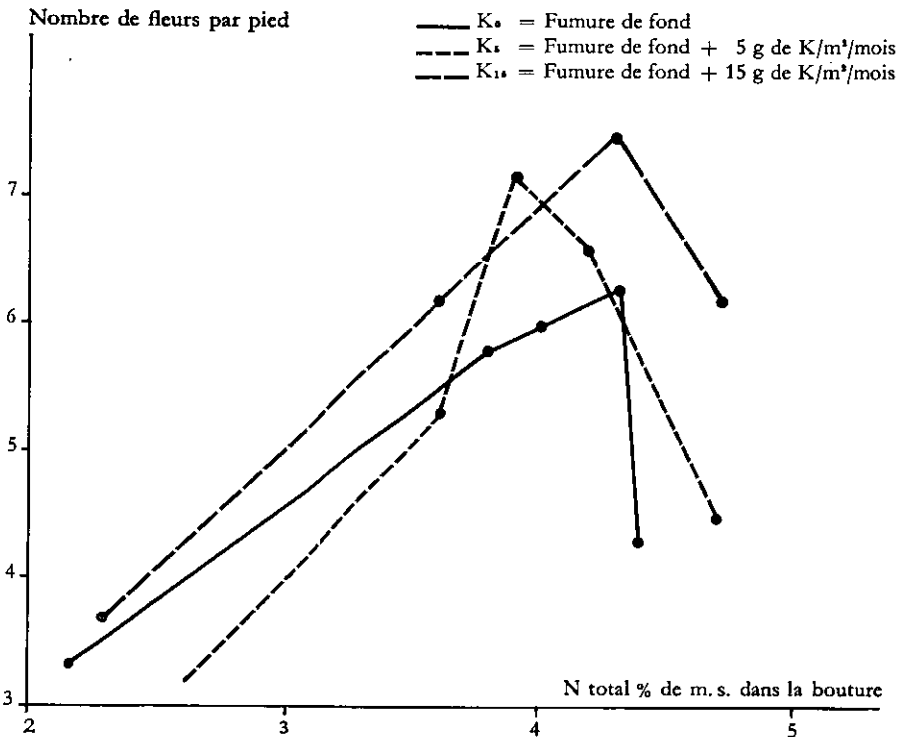


Figure 1 Rendement et teneur en azote des tissus de l'œillet pour différentes alimentations en potasse - (D. Blanc, 3)

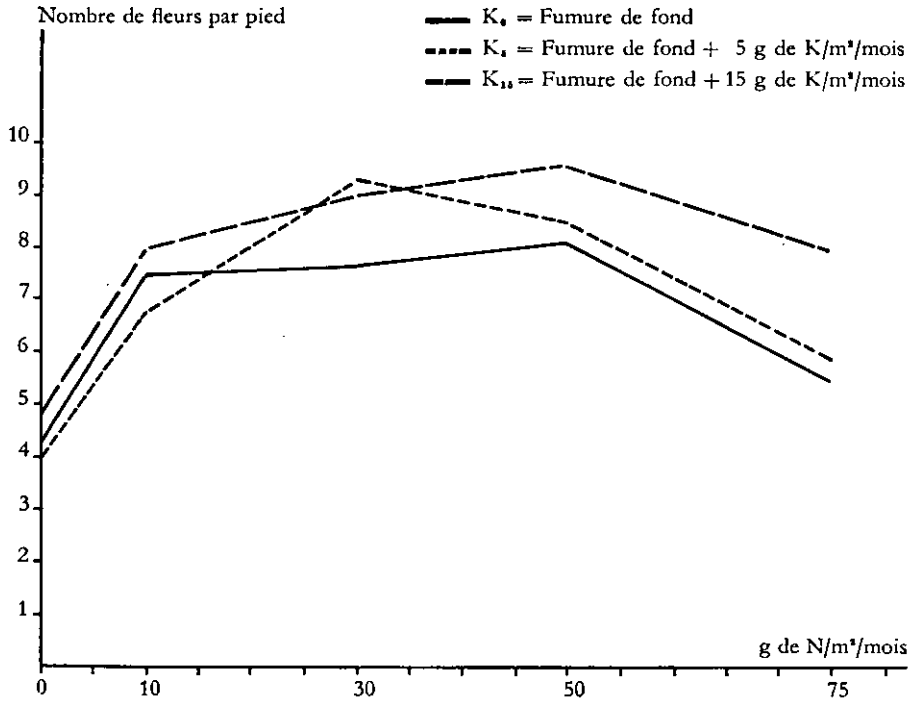


Figure 2 Rendement et nutrition azotée et potassique de l'œillet -
(D. Blanc 3)

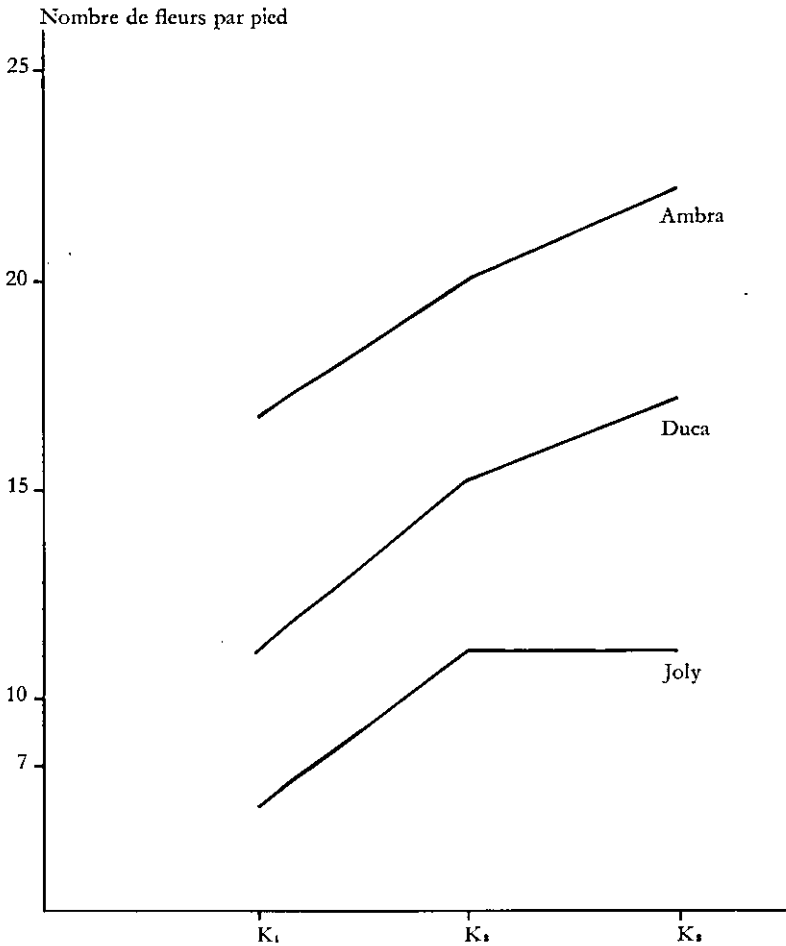


Figure 3 Influence de la variété d'œillet sur la réponse au potassium (avec des apports fractionnés) pour une forte fumure azotée - *J. Cardus et J. F. Agula*

Bibliographie

1. *Blanc, D.* : Influence de la nutrition potassique sur l'utilisation des nitrates par la pomme de terre. C. R. Acad. Agr. (à paraître) (1963)
2. *Blanc, D.* : Interaction azote-potasse dans la nutrition du *Dactylis Glomerata*. Ann. Agron. Sec. Physiol. (à paraître) (1963)
3. *Blanc, D.* : Etude sur la fertilisation de l'œillet. Ann. Agron. 12, 6, 573-597 (1961)
4. *Cardus, J., et Agula, J. F.* : Influence de la variété d'œillet sur la réponse au potassium pour un forte fumure azotée (avec des apports échelonnés). Ann. Edaf. y Fisiol. Veg. Madrid 16, 5 637-647 (1957)

The Effect of Long-Term Potassium Experiment on Yield and Quality of Potatoes as a Third Crop in Rotation

D. LACHOVER and I. ARNON

The National and University Institute of Agriculture,
Rehovot, Israel

Introduction

Up to the last World War it was the usual practice for farmers in Israel when growing potatoes to apply potassium to all types of soil, at the rate of 80–120 kg of muriate of potash to the acre, in accordance with soil texture. Because of the scarcity of fertilizers in general and of potassium in particular this element was not applied during the war years. With the establishment of the State, and the reappearance of local potassium fertilizer on the market, the question of the need for the addition of potassium compounds to the different soils again came to the fore. It was felt that owing to insufficient research work in Israel on this subject, and because of its prime importance for the cultivation of potatoes for export, a basic experiment was desirable. Accordingly, potatoes were introduced as a third crop in a long-term potassium fertilizer experiment.

While appreciating the advantages of experiments carried out under field conditions, there are still a number of very important topics for which solutions may be sought by growing potatoes in large pots or similar containers. From this point of view we attempted to solve the following problems:

- A. To find a diagnostic method for estimating the potassium fertilizer requirement of the potato plant.
 1. By means of external visual symptoms.
 2. By chemical analysis of the foliage.
- B. The relative response of potatoes to potassium fertilization as regards yield and size of the tuber.

- C. The relative response of potatoes to potassium fertilization as regards the quality of graded tubers.
- D. Fluctuations of exchangeable potassium and its correlation with yield of tubers.
- E. The response to potassium fertilization and the uptake of potassium by the haulms (stem) and tubers at time of harvest.

Materials and methods

In an endeavour to achieve the above-mentioned aims the investigation was carried out under controlled conditions as possible – in a long-term potassium fertilizer experiment in large containers each holding about 50 kilograms soil. The potatoes were introduced as the third crop in rotation.

Soils. Four extreme typical soils of Israel were selected for the long-term experiment:

1. Light soil from the Coastal Plain;
2. Medium heavy soil from the same area;
3. Loess soil from the Negev in the south;
4. Calcareous soil from the Beissan Valley.

The following table presents some of the most important properties of these soils at the beginning of the crop rotation.

Composition of the soils at the beginning of the long-term potassium experiment

| Soils | Mechanical analysis in % | | | Texture | Lime (CaCO ₃) % | pH | Ex- change- able K kg/acre* |
|-------------------------------|-----------------------------|------|------|------------|-----------------------------------|-----|--------------------------------------|
| | Sand | Silt | Clay | | | | |
| Coastal Plain, light | 85 | 12 | 3 | Sandy | nil | 7.7 | 192 |
| Negev, loess | 34 | 24 | 42 | Loamy | 16.8 | 8.2 | 1224 |
| Coastal Plain, heavy | 30 | 37 | 33 | Loamy clay | 10.5 | 7.8 | 512 |
| Beissan Valley, calcareous | 24 | 40 | 36 | Light clay | 42.0 | 8.2 | 1752 |

* Potassium content calculated on soil layer of 30 cm depth.

As may be shown from the table the soils differ one from the other in texture, amount of lime and exchangeable potassium content.

Treatments. Two treatments only were applied from the beginning in the long-term experiment – the addition of potassium and the control treatment without potassium. Equal quantities of nitrogen and phosphorus were given to the two treatments according to the need of each crop in the experimental rotation.

The experiment was laid out at random in split blocks with 6 replicates of each treatment in each type of soil. The first two crops in the rotation were maize and vetches for green fodder. It was found that neither of these crops responded to the addition of potassium either morphologically or increase in yield or quality.

The potatoes which were the third crop in the rotation received before sowing the following fertilizer per container: Sulphate of ammonia at a rate equivalent to 250 kg per acre, single superphosphate at 480 kg and the potassium series received 160 kg of potassium sulphate equivalent to the acre.

Date of sowing. Imported certified seeds of “Up-to-date” potatoes were selected and sown on 29 February 1960. Four tubers were planted per container, and later thinned to two. Harvesting took place on 8 June 1960.

Irrigation. Moisture conditions of the different soils in the container were kept at a uniform level of about 60 per cent of field capacity – moisture determinations being carried out at frequent intervals during the growth period.

Plant sampling. Morphological observations were made on the plants during the growth period and as requires leaf samples were taken from haulms of the potatoes to determine their potassium content. In the first sampling 57 days after sowing only basal leaves were chosen, while 21 days later at the second sampling top leaves were selected.

At harvest the tubers were weighed and sorted into the five usual farm grades, according to weight viz. grade AA = over 100 g; grade A = 60–100 g; grade B = 40–60 g; grade C = 20–40 g; and grade D = below 20 g.

Samples were taken from the various grades in order to determine the thickness of the peel, dry matter content, starch, protein, and their potassium content.

Soil samples. Samples of soil were also taken from two layers 0–15 cm and 15–30 cm in order to determine the exchangeable potassium content after growth of the potatoes.

Chemical methods. Estimation of potassium in the plants was determined directly in a hot water solution of plant ash by the Fel flame photometer; exchangeable potassium by leaching with normal ammonium acetate at pH 7, (21) and the analysis of the above cation in the extract by the flame photometer. Starch was estimated by polarization method of Grossfeld (12),

sampling was carried out on the pulp of all the tubers, instead of, as is more usual, only on slices. Total protein was determined by the *Kjeldahl* method (4).

Results and discussion

A. Diagnostic tests to determine potassium fertilizer requirement of potatoes

Many works have been published in the literature on potassium fertilization of potatoes; these investigations are concerned on the one hand with the effect of potassium on growth and yield, and on the other hand with modes of nutrition, absorption and deficiency symptoms. Although the published results are of great practical value (6, 7, 8, 10, 14, 15, 19), there is still no quick and certain method available for determining the potassium fertilizer requirement of the potato plant.

1. *Visual symptoms.* Although the two previous crops in the rotation, maize and vetch, did not show any deficiencies without potassium application in the 4 types of soils, this was not the case with the third crop – potatoes – which followed them. It is of interest to note that although the difference in development of the plants was very visible, it only occurred in 2 types of soil – these of a sandy and loamy clay texture – both from the coastal area. On the other hand, no abnormal symptoms were observed in the Negev loamy loess and calcareous clay of Beissan Valley.

The response to potassium fertilizer in the first two mentioned soils was shown by the vigorous and healthy development of the haulms, in the contrast to the control without potassium, which developed purple spots on the lower leaves in all the replicates – in the sandy soil these symptoms were visible 41 days after sowing and after 53 days in the loamy clay soil. At a later period the patches coalesced and spread chiefly to the leaf margins and their colour turned from purple to dark violet. With increase in age and continued vegetative development of the plants they developed new but characteristic symptoms of deficiency – rosetting of the upper young leaves which remained reduced in size and which turned dark purple in colour. These symptoms only appeared on plants growing in the sandy and loamy-clay soils that did not receive potassium. Sixty-six days after sowing, a general yellowing of the above plants started, which was accompanied by a browning and partial desiccation. In general these symptoms were very similar to “hunger signs” due to potassium deficiency in potatoes as described by *Wallace* (24) and others (5, 23, 25).

2. *Estimation of potassium content of the foliage.* Samples of leaves mottled with “hunger signs” which appeared, as previously stated, only on plants

grown in two types of soil, were submitted for a pathological laboratory examination but proved to be pathogen-free.

To confirm that the symptoms were results of a deficiency of potassium in the soil, leaf samples were taken 57 days after sowing from plants fertilized with potassium; at the same time spotted leaves from the same leaf positions were collected from the control plants (before yellowing). Seventy-eight days after sowing leaflets from the characteristic leaf rosettes from potassium unfertilized plants were collected together with the upper leaves of the foliage of normal plants receiving potassium sulphate. The results of the potassium content of all mentioned plant samples are presented in Figure 1.

It will be seen from the above diagrams that the potassium content of leaves showing initial signs of deficiency was highly significantly less than that of leaves from normal plants receiving potassium in the same soils. The mean potassium content of leaves showing deficiency symptoms varied within a narrow range and was 0.62 per cent in the sandy soil, and 0.55 per cent in the loamy-clay textured soil, whereas the mean K content of the plants fertilized with K and which developed normally was 4.56 per cent for both soils. If the values of the potassium content of leaflets of the "rosettes" are compared with these of normal upper leaves 78 days after sowing – a very similar picture presents itself. The mean potassium content was 0.60 per cent in sandy soil, and 1.05 per cent in loamy clay without potassium fertilization, compared with a mean content of 3.3 per cent in the upper leaves of plants, receiving potassium in the two above mentioned soils.

The above observations – visual and chemical, confirm that the characteristic "hunger signs" are a result of potassium deficiency in the soil. These results, and especially those from the early stage, form a good basis for the development of a diagnostic method for determining the additional potassium needed for potatoes growing in soils in which the available supply has been overexploited.

B. The relative response of potatoes to potassium sulphate fertilization with regard to yield

Many and varied opinions are held in the world about the fertilization of potatoes in general and the need for potassium in particular. Because of this the quantities of potassium used for this crop vary over a wide range, from 0–200 kilograms (K_2O) per acre (22). This wide range is a result of the influence of numerous factors on the response of potassium – such as type of soil, its mineral composition, level of fertility, rotation, reaction of the soil (pH), amount of precipitation, temperature, length of growing period,

variety of potato, and others. It has been shown that the influence of the above mentioned factors on growth and nutrient absorption is very great (22). The edaphic factors seem to be most important of all the factors involved, both because of the behaviour of the added potassium in the soil and because of the different properties and composition of primary mineral compounds and subsequent changes due to weathering reactions (2, 16, 26).

Samples of tubers were taken from each treatment, their number and weight determined and classified into the various grades. The results are presented in Tables 1 and 2.

1. *The effect of potassium on tuber number.* Results of total number and number in each grade are presented in Table 1.

The data show that potassium has a significant effect on tuber number, but only in two types of soil – the sandy and loamy-clay of the coastal area. In the other two soils – the loamy loess of the Negev and the calcareous clay of the Beissan Valley no significant differences were found or even any trend discernible whether the soils were fertilized or not fertilized with potassium; here it should be emphasized that the significant effect of potassium was not only shown in the total number of tubers, but in what is more important – an increase in the number of selected grades. In the sandy soil there was a significant increase in the number of tubers in the AA and A grades, and in the loamy clay in the AA grade only. As a result of potassium supply there was a 144 per cent increase in the two grades in the sandy soil and of 110 per cent in the loamy clay.

In the smaller tuber grades no significant difference was found or any general trend in relation to the effect of potassium on the number of tubers.

2. *Effect of potassium on yield of tubers.* The results of the yields, in gram per container, as related to all grades of tubers are presented in Table 2.

Since the number of large tubers in the sandy and loamy-clay soils increased greatly and the number of smaller ones did not appear effected as a result of potassium addition, it will be clear that this has caused an increase in total yield, and also in more high grade selected tubers in particular. It will be observed from the above tables that the increase in yield of tubers in the sandy and loamy-clay soils was marked and highly significant. Here also as with number of tubers no significant difference or trend was noticeable in the loess and calcareous soils, either in relation to the total yield of tubers or to any special grade. In the two types of soil from the coastal area the differences in yield of selected AA and A grade tubers together, from fertilized and unfertilized soils, was an increase of 199 per cent in sandy soil and 167 per cent in loamy clay.

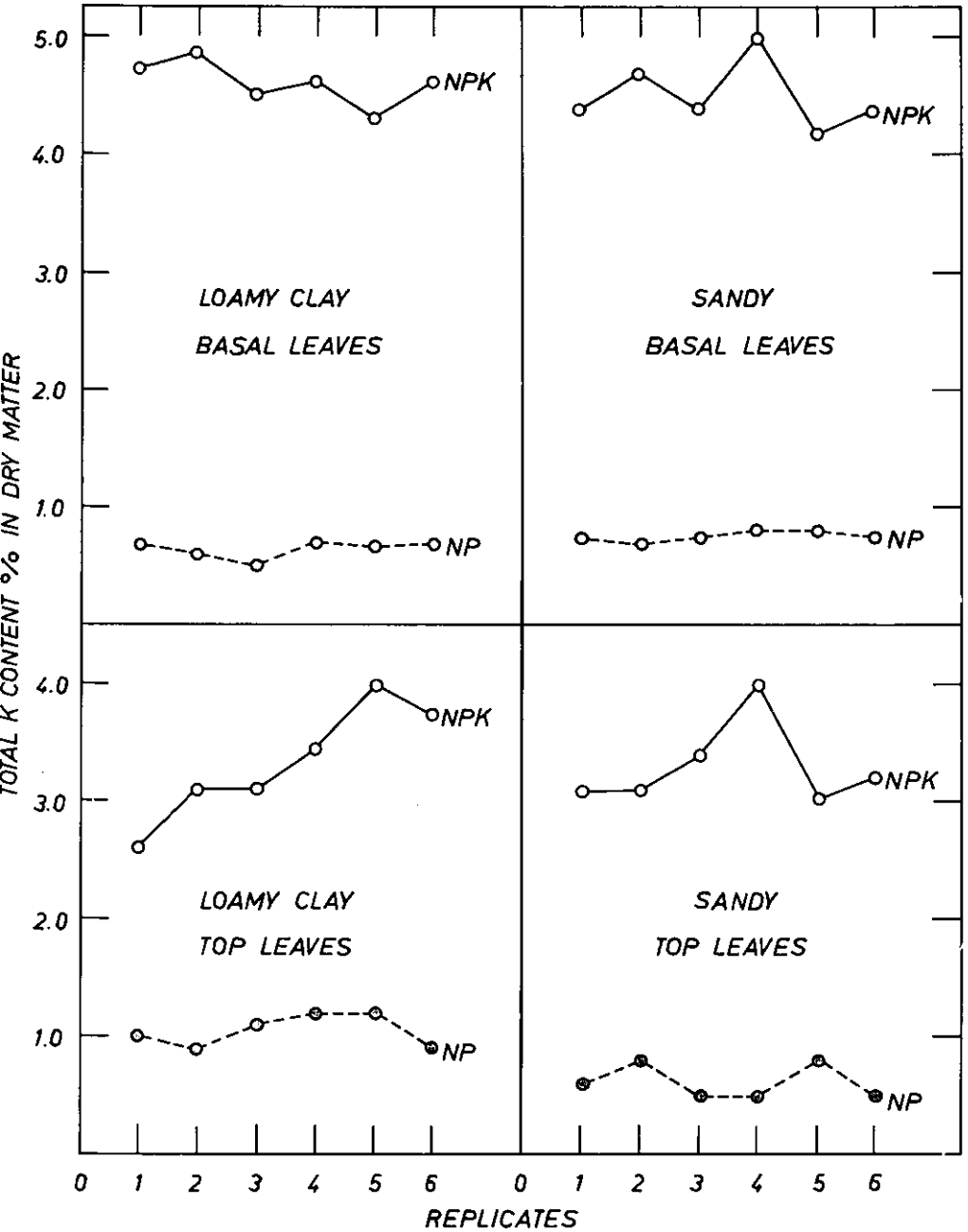


Figure 1 Estimation of potassium content (K) in basal and top leaves in the fertilized and unfertilized soils

Table 1 The effect of potassium fertilization on total number of tubers and number in each grade (Values per container - average of 6 replicates)

| Soil and fertilization | | Number of tubers per grade | | | | | |
|------------------------|-----|----------------------------|------|------|------|------|-------|
| | | AA | A | B | C | D | Total |
| Sandy | NP | 2.0 | 6.3 | 10.0 | 12.0 | 14.0 | 44.3 |
| Sandy | NPK | 8.5 | 11.0 | 7.6 | 11.0 | 16.0 | 54.1 |
| L. S. D. at 5 % | | 4.42 | | | | | 1.98 |
| Loamy clay | NP | 4.0 | 6.5 | 5.5 | 10.0 | 7.7 | 33.7 |
| Loamy clay | NPK | 14.0 | 7.7 | 5.8 | 7.3 | 6.5 | 41.3 |
| L. S. D. at 5 % | | 3.52 | | | | | 1.56 |
| Loamy loess | NP | 9.1 | 10.7 | 8.0 | 11.7 | 16.5 | 56.0 |
| Loamy loess | NPK | 7.8 | 11.5 | 7.7 | 11.7 | 21.3 | 60.0 |
| L. S. D. at 5 % | | Non-significant | | | | | N.S. |
| Calcareous clay | NP | 8.7 | 10.0 | 6.3 | 8.5 | 11.1 | 44.6 |
| Calcareous clay | NPK | 10.1 | 10.7 | 6.5 | 9.8 | 13.5 | 50.6 |
| L. S. D. at 5 % | | Non-significant | | | | | N.S. |

C. The effect of potassium sulphate on quality of graded tubers

It has recently been shown that the response of potatoes to potassium fertilizers often is shown not only in an increase of yield, but also in quality: Colour, flavour, cooking properties (13), especially in increased starch content (3, 9, 18).

Unfortunately, the majority of farmers in Israel place the emphasis more on selecting varieties to soil and climatic conditions and that bear high yields, but no direct account is taken of the effect of potassium on quality of the potatoes. Even if the fact that potatoes with a high starch content have a higher food value is not taken in consideration, a higher amount of this ingredient may often be the decisive factor why they are grown for certain specific economic ends as for instance in the starch industry or for alcohol production. Starch content of potatoes has become of considerable importance in recent years. In the crisping trade waxy potatoes with low starch content

are required, while for the chipping trade high starch is desirable; for ordinary cooking purposes potatoes that are floury after boiling are preferred and for this they should have a high starch content (9).

The effect of potassium on certain qualities of the tubers was examined chiefly on two selected grades AA and A and the small one C grade.

Table 2 The effect of potassium fertilization on total yield of tubers and yield of each grade (Values per container - average of 6 replicates)

| Soil and fertilization | | Yield of tubers in grams | | | | | |
|------------------------|-----|--------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|
| | | AA | A | B | C | D | Total |
| Sandy | NP | 223.0 | 475.0 | 453.3 | 304.7 | 115.0 | 1571.0 |
| Sandy | NPK | 1265.5 | 820.0 | 351.5 | 271.0 | 137.0 | 2845.0 |
| L. S. D. at 5 % | | 192.0 | | | | | 85.9 |
| Loamy clay | NP | 482.7 | 527.5 | 280.0 | 306.7 | 86.0 | 1682.9 |
| Loamy clay | NPK | 2086.0 | 611.0 | 272.0 | 199.7 | 49.5 | 3218.2 |
| L. S. D. at 5 % | | 157.9 | | | | | 70.6 |
| Loamy loess | NP | 1153.0 | 834.8 | 376.7 | 291.0 | 151.5 | 2807.0 |
| Loamy loess | NPK | 1016.0 | 964.3 | 356.3 | 336.5 | 168.0 | 2931.1 |
| L. S. D. at 5 % | | Non-significant | | | | | N. S. |
| Calcareous clay | NP | 1234.5 | 790.0 | 317.3 | 224.5 | 87.7 | 2654.0 |
| Calcareous clay | NPK | 1508.0 | 873.5 | 290.0 | 238.3 | 99.0 | 3009.3 |
| L. S. D. at 5 % | | Non-significant | | | | | N. S. |

1. *Effect of potassium sulphate on peel thickness.* Thickness of the peel is of some importance at the time of sorting and grading of the tubers which takes place immediately at lifting. Tubers with thin peels may be damaged more by the grading machine which may cause a considerable increase in rotting during storage.

Accordingly, all grades of tubers from all the treatments were carefully examined. It was found that the tubers grown only on the sandy and loamy-clay soils, which had not received any addition of potassium during the 3 crops in rotation, had pronouncedly thinner peels. No difference in peel

thickness was discovered in the tubers grown in the loess or calcareous soil, irrespective of potassium addition, and the peels were normal in thickness. It should be stressed that because of the lack of a suitable and quick method of determining peel thickness, a visual method was adopted which was based on: a) External observations by determination of the easiness of peeling; b) tearing off pieces of peel and examination under magnifying glass.

2. *Effect of potassium on dry matter.* The values for dry matter content of the tubers in all treatments are presented in Table 3. It will be observed that potassium fertilization has only raised significantly the dry matter content of the tubers in two types of soil – the sandy and loamy clay in which, as already stated, there had been a significantly positive effect on yield and peel thickness. In these soils there was a considerable difference between plants

Table 3 *Effect of potassium sulphate on dry matter and starch content of large (AA+A) and small (C) graded fresh tubers (Average of 6 replicates)*

| Soil and fertilization | | Dry matter in % | | Starch in % | |
|------------------------|-----|-----------------|-------|-------------|-------|
| | | AA × A | C | AA + A | C |
| Sandy | NP | 14.7 | 14.8 | 10.9 | 10.5 |
| Sandy | NPK | 19.6 | 19.9 | 14.6 | 14.4 |
| L. S. D. at 5 % | | 0.92 | | 0.62 | |
| Difference in % | | +33.3 | +34.5 | +33.9 | +37.1 |
| Loamy clay | NP | 16.5 | 16.9 | 12.2 | 11.9 |
| Loamy clay | NPK | 18.8 | 19.1 | 15.0 | 14.7 |
| L. S. D. at 5 % | | 0.84 | | 0.41 | |
| Difference in % | | +13.9 | +13.0 | +23.0 | +23.6 |
| Loamy loess | NP | 19.9 | 20.3 | 16.1 | 15.4 |
| Loamy loess | NPK | 19.6 | 19.8 | 15.5 | 14.9 |
| L. S. D. at 5 % | | N. S. | | N. S. | |
| Calcareous clay | NP | 21.1 | 21.2 | 16.9 | 16.1 |
| Calcareous clay | NPK | 21.0 | 21.2 | 16.7 | 15.8 |
| L. S. D. at 5 % | | N. S. | | N. S. | |

receiving potassium and those without; these giving a 33 per cent increase in dry matter of the high grades of tubers in the sandy soil, and a 14 per cent increase in the loamy-clay soil. These results also apply to the small grade of tubers - C.

3. *Effect of potassium on starch content.* It is established that potassium is necessary for various metabolic processes in the plant, especially for the synthesis of simple sugars and starch.

As the potato is considered a starch synthesizer "par excellence", it has a high demand for potassium; accordingly it was thought necessary to determine not only the dry matter but also the starch content as well. The values of starch in two selected grades AA + A and C in all treatments are included in Table 3.

Since starch constitutes the major portion of dry matter it follows that the effect of potassium on starch will be the same as that on dry matter content. It will be observed from the above table that the values for starch content are significantly lower in tubers from the sandy and loamy-clay soils which during 3 periods of cropping did not receive any addition of potassium. Here, too, however, the increase in starch was not the same in both soils in spite of an equal application of potassium. In the sandy soil there was a 34 per cent increase in starch in the large tubers AA and A on addition of potassium compared with the control, while in the loamy soil the increase was 23 per cent only. These conclusions apply also to the small grade of tubers C in the two types of soil.

Table 4 *Calculated yield of starch per potato plant, fertilized and unfertilized with potassium sulphate (Average of 6 replicates)*

| Soil and fertilization | | Yield of starch per plant in grams | % increase |
|------------------------|-----|---------------------------------------|------------|
| Sandy | NP | 84.1 | +145.4** |
| Sandy | NPK | 206.4 | |
| Loamy clay | NP | 101.9 | +135.2** |
| Loamy clay | NPK | 239.7 | |
| Loamy loess | NP | 221.6 | N.S. |
| Loamy loess | NPK | 223.0 | |
| Calcareous clay | NP | 219.0 | N.S. |
| Calcareous clay | NPK | 223.0 | |

** highly significant

As with dry matter content, no effect of potassium application on starch content was found in the loess or calcareous soils.

Due to the increase in yield and starch content of the tubers in the two types of soil from the coastal area, it is clear that the yield of starch per unit area will be greatly increased. As an example, the yield of starch per individual plant in all the treatments has been calculated in order to illustrate the quality response of potatoes to potassium fertilization. These figures are given in Table 4.

4. *The effect of potassium on the protein content.* The finding of an increased starch content in the potato tubers grown in the above two types of soil made it of interest to observe whether potassium fertilization had also influenced the protein accumulation in the tubers in those soils. A summary of the results of protein analyses of the larger tuber grades AA and A and small sized grade C is presented in Table 5.

Table 5 *The effect of potassium sulphate on protein content on large (AA+A) and small (C) graded fresh tubers (Average of 6 replicates)*

| Fertilization | Sandy | | Loamy clay | | Loamy loess | | Calcareous clay | |
|---------------|--------|------|------------|------|-----------------|------|-----------------|------|
| | AA + A | C | AA + A | C | AA + A | C | AA + A | C |
| NP | 2.20 | 2.17 | 2.15 | 1.92 | 1.79 | 1.76 | 1.91 | 1.92 |
| NPK | 1.87 | 1.67 | 1.72 | 1.58 | 1.74 | 1.68 | 1.82 | 1.92 |
| LSD at 5 % | 0.19 | 0.20 | 0.17 | 0.21 | Non-significant | | Non-significant | |

It will be seen from the above table that the figures for protein content are quite contrary to those obtained for the starch content. It appears that in the two soils – the sandy and loamy clay – in which as stated the potatoes responded to potassium fertilization, both in yield, thickness of peel and starch content, have a significantly lower protein content as a result of potassium addition. In the sandy soil to which potassium sulphate had been applied, the large grade tubers had a mean protein content of 1.87 per cent and the small grade 1.67 per cent, whereas in the controls – without potassium – the large tubers had 2.20 per cent and the small ones 2.17 per cent. A similar result was found with the tubers growing in the loamy clay, which also responded to potassium fertilization. In the other soils which did not show a potassium response, no significant difference was found in protein status, whether the soils were fertilized with potassium or not.

Many workers have found conflicting results on the influence of potassium on the metabolism of nitrogenous compounds in different field crops (1) therefore it is hard to conclude that a deficiency of available potassium in the soil causes an increase in protein content of the tubers. It is quite feasible that as potassium was the limiting factor in growth in the controls in the above two soils and which gave a low yield of tubers, that the amount of nitrogen added was in excess, leading to an increase in the protein content of the tubers. This interesting result requires further investigation.

D. Fluctuations of exchangeable potassium and its correlation with yield of tubers

It is known that total potassium content is a poor guide to its availability, because the nature and kind of the potassic minerals found in the soil are more important than their absolute amounts. Nevertheless the use of exchangeable potassium as an index of the supplying power of the soil for this element has been found advantageous by many investigators while others have obtained disappointing results. The reason for the latter seems to be related to the phenomenon of reversion to a non-exchangeable form and fixation of the potassium that may occur in soils differing one from another in their mineral composition (16, 26). In certain soils, too, non-exchangeable potassium may become available to the plant where the reserves of exchangeable and water-soluble K diminish. As no convenient method of soil analysis for determining the potassium fertilizer requirement in different soils has yet been established it was decided to study only the fluctuations in exchangeable potassium during the 3 cropping periods of the rotation.

The values of exchangeable potassium in soils not fertilized with potassium before the first crop in the rotation and after the third crop – potatoes – are presented in Table 6. The correlation between exchangeable potassium and total yield of tubers has also been calculated.

It will be seen from Table 6 that the two soils from the coastal area – the sandy and loamy clay – which showed a good response to potassium, contained at the beginning of the long-term experiment the lowest values of exchangeable potassium; these values were equivalent to 192 and 512 kg K per acre, respectively, calculated on a soil layer 30 cm in depth. These levels were further reduced considerably by the three crops in the rotation – maize, vetches and potatoes. In all these the three crops could exploit only 125 kg potassium in the sandy soil and 229 kg in the loamy clay soil; accordingly, the potatoes in these two soils showed a very positive response to potassium

fertilization. The examination of data showed a highly significant correlation, $r = 0.976^{**}$, between the values of exchangeable potassium and tuber yields in the sandy soil, and a significant one in the loamy clay, $r = 0.835^*$.

The loamy loess and calcareous clay soils, however, had a relatively high level of exchangeable potassium at the beginning of the rotation, equivalent to 1244 and 1744 kg per acre, respectively; as it is shown, the potassium available to the three crops fluctuated between 764 and 1052 kg/acre. Accordingly, the potatoes showed a negative response to potassium application in these two soils.

Table 6 Fluctuations in exchangeable potassium and its correlation with yield of tubers in soils not fertilized with potassium

| Treatment | Exchangeable potassium (K), kg/acre ¹ | | | |
|--|--|------------|-------------|-----------------|
| | Sandy | Loamy clay | Loamy loess | Calcareous clay |
| At the beginning of rotation | 192 | 512 | 1244 | 1744 |
| After 3rd crop – potatoes | 67 | 283 | 480 | 692 |
| Difference in kg/acre | 125 | 229 | 764 | 1052 |
| Response to K fertilization | good | good | nil | nil |
| Correlation between exchangeable potassium and yield of tubers | 0.976** | 0.835* | N.S. | N.S. |

¹ Amount of potassium calculated in a layer of soil 30 cm deep

* significant ** highly significant

The fluctuation of potassium in the soil as a result of fertilization. To compare the changes that took place in exchangeable potassium in the soil which received potassium during the growth of the crops in the rotation – the values of exchangeable potassium together with those of the controls for the same period, after the cropping of the potatoes – are given in Table 7.

It will be seen from Table 7 that the treatment with potassium enriched the soil considerably in exchangeable potassium, but that the differences between the fertilized and unfertilized soils were not of the same magnitude in the various soil types. These differences fluctuate from 69–139 kg per acre in soils which responded to potassium fertilization, and from 356–496 kg in those soils which, as stated, did not show any response, although a more or less equal yield of tubers was obtained as a result of addition of potassium.

Table 7 Comparison of amounts of exchangeable potassium in potassium fertilized and non-fertilized soils after harvest of the potatoes (Average of 6 replicates)

| Fertilization | Exchangeable potassium (K), kg/acre ¹ | | | |
|--------------------------|--|------------|-------------|-----------------|
| | Sandy | Loamy clay | Loamy loess | Calcareous clay |
| NPK | 136 | 422 | 836 | 1188 |
| NP | 67 | 283 | 480 | 692 |
| LSD at 5% | 14.8 | 18.4 | 30.0 | 68.0 |
| Difference kg/acre | 69 | 139 | 356 | 496 |

¹ Amount of potassium calculated in a layer of soil 30 cm deep

This result may be related to the fact that reserves of potassium in the two soils – sandy and the loamy clay – were, as shown, much lower than those of the two other, and accordingly the crop plants used the potassium fertilizer as an available source.

In an attempt to determine the penetration of potassium in profile of the four types of soil during the growth of the three crops in rotation, the ratio of exchangeable potassium in the soil layer 0–15 cm to that of 15–30 cm layer was calculated for the same profile. The Table 8 presents the results of the above ratios in all the soils examined, both fertilized and not fertilized, with potassium sulphate after the potato harvest.

If the ratios of the fertilized and non-fertilized soils are compared it will be seen that the deepest penetration of potassium in soil profile was in the sandy soil, so much that the ratio between the upper and lower layers did not change. However, in the other three soils – the loamy clay, loamy loess and calcareous clay – the ratio of the 0–15 to that of the 15–30 cm layer was significantly higher after addition of potassium.

E. The response to potassium sulphate fertilization and the uptake of potassium by potatoes at time of harvest

It is well known that numerous factors influence potassium uptake by plants, for example: quantity of available potassium in the soil, amount and nature of other cations present, and variations due to plant species (20). Potatoes are recognized as a heavy potassium feeder. Accordingly, it was of interest

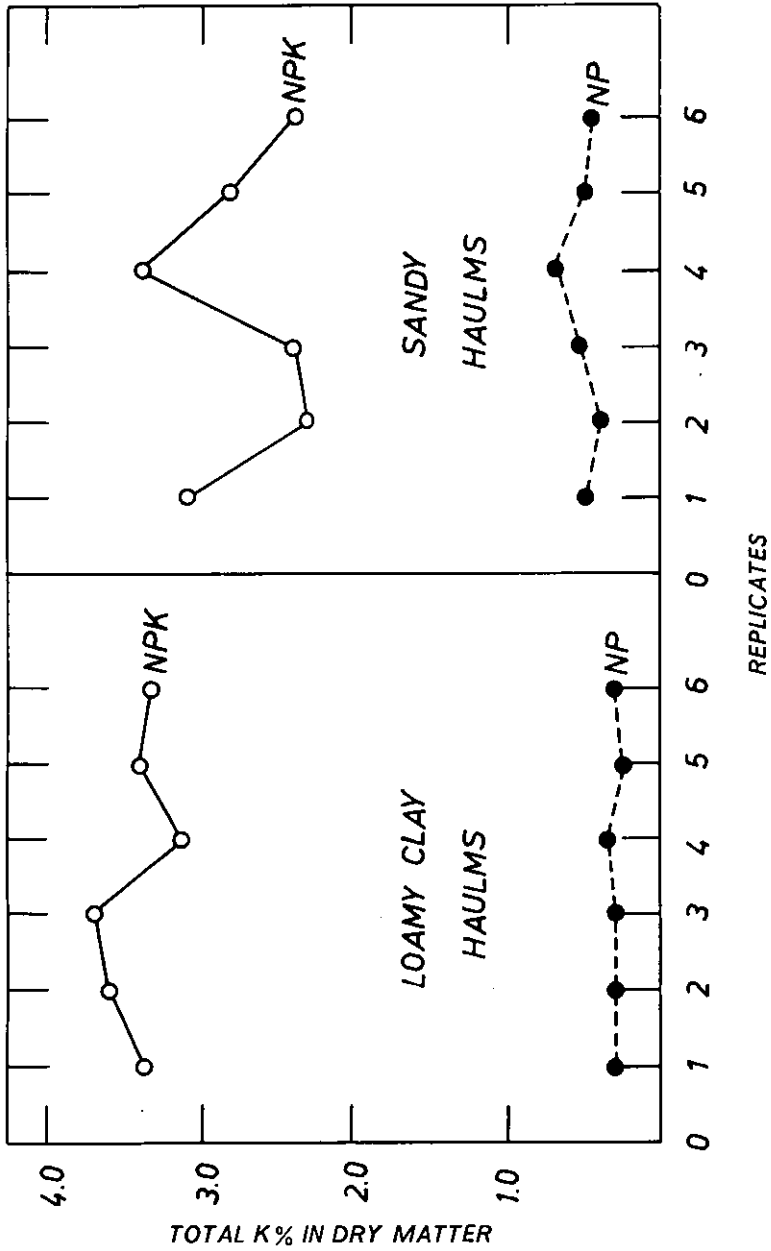


Figure 2. Estimation of potassium content (K) in the haulms (stems) after harvesting in the fertilized and unfertilized soils

Table 8 Ratio of exchangeable-potassium in the 0-15 cm soil layer to that of 15-30 cm layer after the growth of potatoes as the third crop in the rotation (Average of 6 replicates)

| Fertilization | Exchangeable potassium ratio $\frac{0-15}{15-30}$ cm layers | | | |
|-----------------|---|------------|-------------|-----------------|
| | Sandy | Loamy clay | Loamy loess | Calcareous clay |
| NPK | 1.30 | 1.21 | 0.83 | 1.00 |
| NP | 1.23 | 0.92 | 0.61 | 0.65 |
| LSD at 5% | Non-significant | 0.17 | 0.06 | 0.06 |

to analyse the content of potassium in potatoes grown under different soil types conditions, as a third crop in rotation of the long-term experiment.

1. *Potassium content of the haulms (stems).* The wide and significant differences in the potassium content of potassium sulphate fertilized and unfertilized plants in the two soils which responded to treatment is also very marked at the end of the growth period. This is shown from the analyses of the haulms, carried out after harvesting. The results of potassium content are presented in Figure 2.

It will be seen from the above diagrams that potassium "hunger" continued until the harvest. The mean potassium content of the haulms was 0.53 per cent in sandy soil and 0.32 per cent in the loamy clay, while in potassium fertilized soils the mean content was 2.75 per cent in the first and 3.42 per cent in the second soil.

2. *Potassium content of graded tubers.* A knowledge of the potassium uptake of the tubers may be essential for a better understanding in the fertility requirements necessary to produce maximum yields of high quality.

The response of the sandy and loamy clay soils is shown by the potassium composition of the tubers presented in Figure 3.

It will be seen from these diagrams that the potassium content of the tubers grown in the soil which responded to potassium application was highly significantly greater than that of the control. In this respect the large sized tubers A or the smaller ones C showed no difference. In the sandy soils, fertilized with potassium the mean content of this element varied from 0.34-0.39 per cent, according to size of tubers, compared with 0.16-0.18

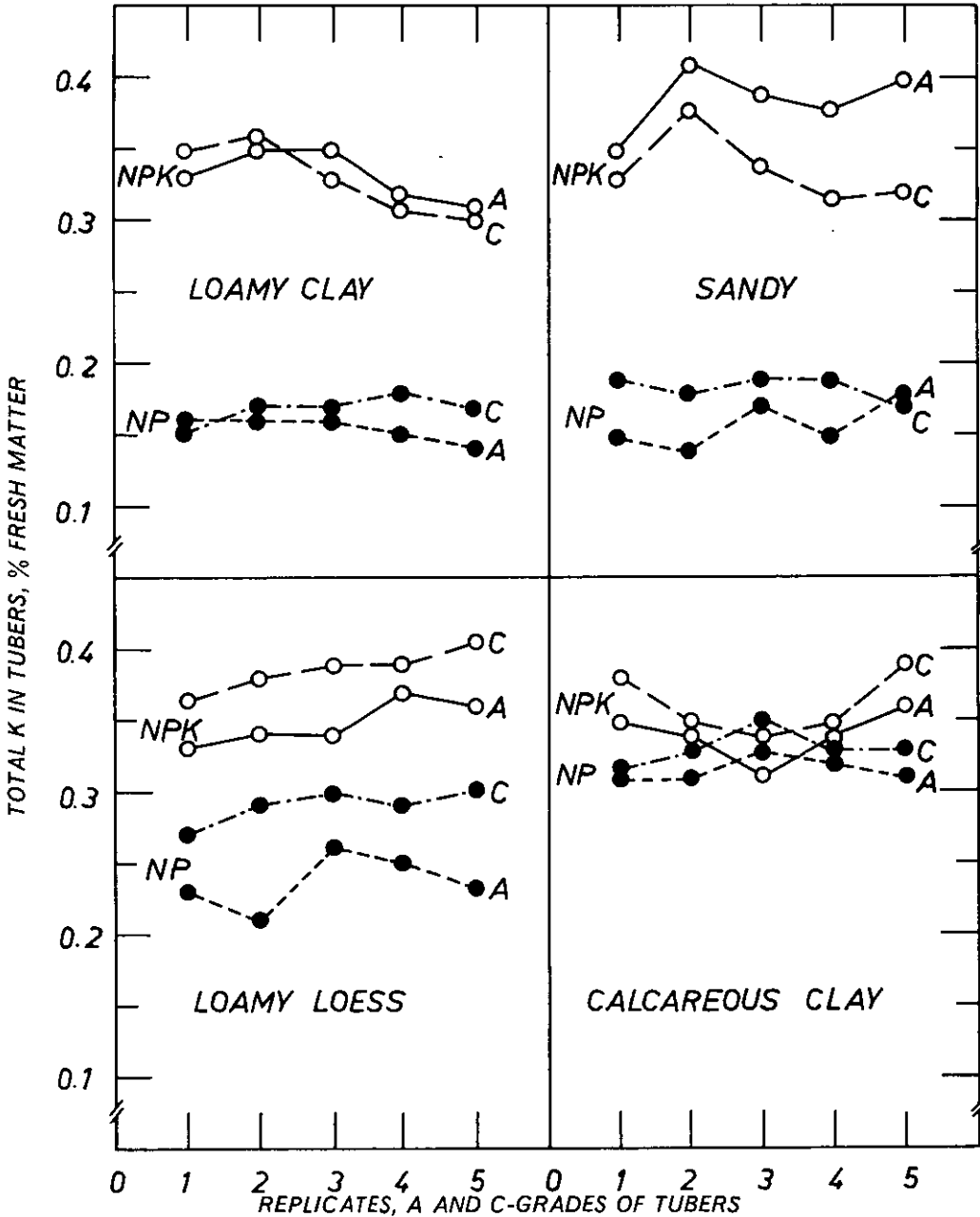


Figure 3 Estimation of potassium content (K) in graded tubers in the fertilized and unfertilized soils

per cent calculated on fresh matter in the controls. A similar result was obtained for the loamy clay: 0.32-0.33 per cent in the potassium fertilized treatment, and 0.15-0.16 per cent in the controls. These results are reflected well in the increased starch content of the tubers grown in the two above mentioned soils and in the known function of potassium in synthesis of carbohydrates in the potato.

In contrast to the considerable increase of potassium content in the tubers grown in the two soils which responded, no effect of potassium was found in the calcareous soil, in contrast to the accepted theories of "luxury consumption" which apparently do not hold in potato tubers. What is unclear is the marked trend in relative increase of potassium in the tubers grown in the loess soil, as a result of addition of potassium sulphate.

Summary

A long-term experiment on the effect of potassium fertilization was initiated in 1959 in large containers with four soil types selected as being most characteristic of Israel: (1) Sandy soil; (2) Loamy clay soil, both from the Coastal Plain, and (3) Loamy loess from the Negev; (4) Calcareous clay from the Beissan Valley.

It was found that there was no difference in either yield or quality of the potassium fertilized or unfertilized plants of the first two crops in the experimental rotation - maize and vetches for green fodder. There was, however, a significant and interesting response to potassium fertilization in the third crop - potatoes. This was confined to potatoes grown in the sandy and loamy clay soils only.

It was found that plant diagnostic methods - visual and chemical tests of the basal or top leaves - gave a reliable information concerning the potassium status of the potato plants.

The response of potato tubers in yield, quality and especially starch content was shown to be related to the amount of exchangeable potassium in the soil. At high levels of exchangeable potassium potatoes did not respond to addition of potassium sulphate. The fluctuations and removal of exchangeable potassium of the fertilized and unfertilized potassium are discussed and also the uptake of this element by the tubers.

Acknowledgement

Thanks are due to the Dead Sea Works, Ltd., for financial assistance in carrying out this research, and to Mr. *A. Gabay* for his help in chemical analyses.

Bibliography

1. *Achitov, N.*: Review of the literature on the interaction between potash and water in plants. *Potash Review*, 3, 15 October, p. 1-15 Int. Potash Inst. Berne, (1961)
2. *Arnold, P.W.*: Nature and mode of weathering of soil potassium reserves. *Journ. Sci. Food Agr.* 6, p. 285-292 (1960)
3. *Asdonk, T.*, and *Jacob, A.*: *Bodenkunde und Pflanzenernahrung* 20, p. 107-122 (1940)
4. Association of Official Agricultural Chemist Methods of Analysis. Publ. by A. O. A. A. Washington. p. 27(1945)
5. *Brickley, W.D.*: Potassium availability and the incidence of browning of potato foliage. *Eire Dept. Agr. Journ.* 40, p. 149-161 (1943)
6. *Carolus, R.L.*: Chemical estimation of the weekly nutrient level of a potato crop. *Amer. Potato Journ.* 14, p. 141-143 (1937)
7. *Carpenter, P.N.*: Mineral accumulation in potato plants. *Maine Agr. Exp. St. Bull.* 562 (1957)
8. *Clark, C.F.*: Development of tubers in the potato. *U.S.D.A. Bull.* 958 (1921)
9. *Cooke, G.W.*: Fertilizers and profitable farming. Crosby Lockwood & Sons, Ltd., p. 103 (1960)
10. *Eckstein, O.*, and *elb.*: Potash deficiency. Verlagsgesellschaft für Ackerbau, Berlin (1937)
11. *Eves, C.A.*, and *Leeffe, J.S.*: Nutrient levels and yields of netted germ potatoes as influenced by nutritional treatment on various soil types. *Amer. Soc. Hort. Sci.* 62, p. 377-383 (1953)
12. *Grossfeld, I.*: Quantitative and technological analyses by M. Struszynski (in Polish). *Gov. Techn. Pub. Warsaw*, Vol. III, p. 589 (1954)
13. *Harrap, F.E.G.*: Some aspect of the potash nutrition of the potato. *Jour. Sci. Food Agr.* 11, p. 293-298 (1960)
14. *Hawkins, A.*: Rate of absorption and translocation of mineral nutrient potatoes in Aroostock County and their relation to fertilizer practices. *Journ. Amer. Soc. Agr.* 38, p. 667-681 (1946)
15. *Jackson, R.D.*, and *Haddock, J.L.*: Growth and nutrient uptake of Russet Burbank potatoes. *Amer. Potato Jour.* 36, p. 21-28 (1959)
16. *Lachover, D.*: The movement of potassium in irrigated and fertilizer red sandy clay. *Jour. Agr. Sci.* 30, p. 498 (1940)
17. *Laughlin, W.M.*, and *Dearborn, S.*: Correction of leaf necrosis of potatoes with foliar and soil application of potassium. *Amer. Potato Jour.* 37, p. 1-12 (1960)
18. *Lempitskaia, V.K.*: The influence of different potassium salts on carbohydrate accumulation in the potato. *Potash Review* 11, 12 Sept. p. 1-5 Int. Potash Inst. Berne, (1960)
19. *Lorenz, O.A.*: Studies on potato nutrition. *Amer. Potato Jour.* 24, p. 281-293 (1947)
20. *Millar, C.E.*: Soil fertility. John Wiley Co., New York, p. 187 (1955)
21. *Piper, C.S.*: Soil and plant analysis. Interscience Publishers Co., New York, p. 171 (1950)
22. *Smith, Ora*: Potato production. *Advances in Agronomy*, Vol. 1, p. 353-386 (1949)
23. *Stinchfield, R.H.*: The visual deficiency symptoms in potatoes. *Better Crops* 36, N. 1, p. 31-32 (1952)
24. *Wallace, T.*: The diagnosis of mineral deficiency in plants. H.M. State Office. London (1951)
25. *Walsb, Th.*: Visual symptoms and plant analysis. Symposium of the Board of Techn. Advisers. Int. Potash Inst. Berne, p. 327-352 (1954)
26. *Wiklander, L.*: Forms of potassium in the soil. Annual Meeting. Board of Technical Advisers. Int. Potash Inst. Berne, p. 109-121 (1954)

Discussions 3^e séance

Conférence du D^r G. BARBIER

La dynamique du potassium dans le sol

Prof. D^r ST. NICOLIĆ (Zemun-Belgrad):

1. Dans le sol, la potasse peut se trouver partiellement sous forme organique (les humates, les oxalates, etc.). On sait d'ailleurs qu'il s'agit ici de la potasse soluble ou échangeable.

2. La fixation de la potasse dans le sol peut être gênée, par exemple, par l'ammonium (NH₄). Pourtant, cet ion est fixé lui-même énergiquement, c'est-à-dire de la même manière que la potasse.

Comment explique-t-on plus précisément ce phénomène de la fixation et de la mobilisation de la potasse qui sont liés de cations échangeables, internes et externes?

D^r G. BARBIER (Versailles):

1. Le potassium lié à la matière organique morte, aux humates notamment, est échangeable. Du fait même des échanges, ce potassium se trouve porté ou ramené au même potentiel chimique que celui adsorbé par les constituants minéraux, dans une portion de sol en équilibre.

2. Effectivement, comme il est rappelé dans le rapport, l'évolution de NH₄ dans les argiles montre d'étroites analogies avec celle de K. L'un comme l'autre en quantité suffisante provoquent le blocage de sites internes d'échange, ce qui se traduit par une réduction de la capacité d'échange. Chacun d'eux entrave alors la fixation de l'autre ou de lui-même, comme d'ailleurs la libération de K ou NH₄ antérieurement fixés. Pour obtenir la libération de ceux-ci, il est nécessaire d'éliminer partiellement ou de complexer à la fois K et NH₄ échangeables.

Prof. Dr. C. A. NIAVIS (Athènes): I wish to ask Dr. *Barbier* :

1. About the relative proportion of exchangeable Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ / K⁺ in the soils used in his experiments.

2. What would have been the relative significance of the called "reversible fixation" of potassium in soils with high proportion of exchangeable Ca⁺⁺.

3. What kinds of argillic minerals were present in his soil samples.

4. What is the rate of mobilization of the "reversibly fixed potassium" in comparison to exchangeable potassium which is easily and instantaneously mobilized.

D^r G. BARBIER (Versailles):

1. Les sols utilisés sont des sols de culture non ou peu acides, à dominante de Ca, dont le degré de saturation en K varie de 1 ou 2% à 4 ou 5% de la capacité d'échange, donc de richesse normale (6,5% dans les parcelles enrichies en K faisant l'objet des figures 3 et 4).

2. Si cette question concerne l'influence du pH (selon le degré de saturation en Ca) sur la fixation - libération de K, une revue bibliographique très complète et critique a été donnée en 1951 par *R. F. Reitemier*. D'après certains, le chaulage favorise la libération. Dans d'autres cas, il a été bien établi que le chaulage favorise la fixation. La question a évolué depuis, par l'étude de l'influence de Al, dont l'état dépend du pH actuel et passé (voir texte du rapport).

3. Les sols utilisés pour l'étude des bilans du potassium sont d'origine variée, et différent par la nature de leurs argiles (bien que des illites s'y rencontrent fréquemment en proportion variable). Il est connu que la pente des diagrammes représentant la variation de K échangeable en fonction de K total dépend de la nature des argiles. Il n'en reste pas moins que le fait constaté par *Audidier*, *Garaudeaux* et *Chevalier*, à savoir l'absence de libération de K au point O du bilan de K total, en sol cultivé, paraît assez général et valable pour une grande variété d'argiles.

Le sol utilisé dans l'expérience de *Trocmé* et *Barbier* renferme surtout illite et montmorillonite.

4. Cette question est particulièrement difficile. La figure 2 du rapport donne un exemple de la cinétique de la dilution isotopique du potassium. Le diagramme montre une limite précise entre un potassium très rapidement «diffusible» (échangeable) et un potassium qui ne s'échange que très lentement, ou peut-être pas du tout, avec le précédent. Cependant il est établi qu'en certaines circonstances, par exemple au cours de dessiccations et réhumectations, ou par modification de l'état de la surface des argiles, et surtout par variation du taux de K (ou NH₄) échangeables, des échanges de K entre les espaces interfeuilletés et l'extérieur ont lieu à une vitesse notable. Mais il est certain que les échanges d'ions entre les espaces interfeuilletés et l'extérieur sont plus lents que les échanges entre les couches diffuses externes et la solution libre. Il a été également observé que la vitesse de pénétration des ions K dans les espaces interfeuilletés (après addition de K) est plus grande que la vitesse de sortie des ions K (après prélèvement de K externe).

Prof. D^r N. ROUSSOPOULOS (Athènes): Nous croyons que l'observation de *van der Paauw*, confirmée par les expériences de MM. *Trocmé* et *Barbier*, trouve son explication en appliquant à ce cas, la formule de *Mitscherlich*. En effet, pour le sol enrichi on doit avoir:

$$\begin{aligned}
 Y' &= A' \left\{ \begin{array}{l} -c(x+b') \\ 1-10 \end{array} \right\} \text{ et pour le sol pauvre:} \\
 Y &= A \left\{ \begin{array}{l} (x+b) \\ 1-10 \end{array} \right\} \text{ d'où} \\
 Y' &= A' \frac{c(x+b')}{A(1-10)} \\
 &\quad \frac{A'(1-10)}{c(x+b)}
 \end{aligned}$$

Or, dans cette formule $b' > b$ et A' égale mais peut aussi être supérieur à A (à la suite d'interaction de la potasse ajoutée au sol enrichi avec d'autres facteurs, ainsi par exemple la potasse ajoutée peut provoquer une augmentation de l'N du sol, en stimulant les microorganismes assimilateurs d'azote atmosphérique, etc.).

Par conséquent, pour n'importe quelle valeur de X y' doit être plus grand que Y et d'autant plus que X est plus petit. Nous devons donc bien avoir, dans le cas de *van der Paauw*, les diagrammes observés par lui-même et par MM. *Trocmé* et *Barbier*, dans leurs expériences, qui ne perdent d'ailleurs rien de leur grand intérêt pratique et théorique, mais trouvent par application de la formule de *Mitscherlich* leur explication théorique.

D^r G. BARBIER (Versailles): Je reconnais bien volontiers que des formules du type de celle de *Mitscherlich*, malgré leurs insuffisances – peut-être grâce à leurs insuffisances lorsqu'elles ont été précisées –, aident à analyser la complexité de l'interaction des facteurs de croissance.

1. Si l'on considère l'échelle des abscisses de la figure 3 de mon rapport, on constate que le décalage horizontal des deux courbes serait de l'ordre de 1500 kg K_2O par hectare. Or il est invraisemblable qu'un sel de potasse récemment appliqué puisse agir positivement sur le rendement jusqu'à une telle dose, quelle que soit la pauvreté initiale du sol.

2. Du point de vue dogmatique, au lieu d'exprimer l'effet d'un élément fertilisant par un facteur $f(x+b)$, il paraît plus prudent de l'exprimer par un facteur $f'(a, b)$, sans lier x et b par un signe d'addition.

Prof. Dr. P. SCHACHTSCHABEL (Hannover): Eine wichtige Eigenschaft für die K-Fixierung und K-Abgabe des Bodens ist die *Intensität* der K-Bindung.

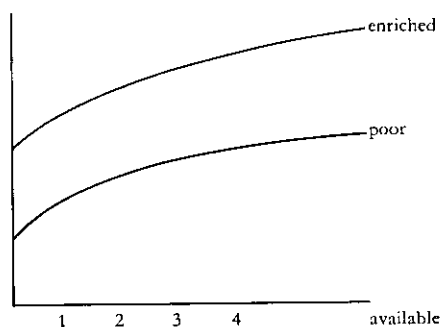
Dies hängt vor allem von dem Anteil des tetraedrischen Ersatzes ab; je höher dieser ist, um so stärker ist die Intensität der K-Fixierung und um so schwieriger wird dieses fixierte K an die Pflanzen abgegeben. Es genügt daher nicht mehr die Angabe, ob zum Beispiel in einem Boden Montmorillonit oder Illit vorhanden ist, sondern es ist eine weitere Angabe über den Anteil des tetraedrischen Ersatzes notwendig. Ein indirektes Maß bilden unsere Untersuchungen über die Kontraktion aufweitbarer Bodenminerale unter dem Einfluß verschiedener K-Vorbehandlung und die selektive Sorption von K-Ionen aus einer Mischlösung von $\text{CaCl}_2 - \text{KCl}$ (vergl. Arbeiten von *N. Schwertmann*). Der Intensität der K-Fixierung wird man in Zukunft ein erhöhtes Augenmerk zur Beurteilung des K-Versorgungsgrades – und wahrscheinlich auch im Hinblick auf den NH_4 -Kreislauf – zuwenden müssen.

Dr. G. W. COOKE (Harpden): I would like to comment on the implications of the enrichment of soils by potassium manuring discussed by Dr. *Barbier*. We have laid down new experiments on the plots of our Classical Experiments at Rothamsted where the soils have been enriched in potassium by potash fertilizers given for many years. We find also that yields from these soils are higher than the maximum yields that we can obtain with increasing additions of potash fertilizers. We attribute this to the difference in action between potash fertilizer – which cannot be mixed with all the soil – and a supply of potassium coming from reserves in all parts of the soil. If this is a general effect it means that potassium levels in soil should be maintained at satisfactory levels to achieve maximum yields. The dressings of potash fertilizers that are necessary cannot easily be derived from the results of field experiments and so we have to make use of soil analyses to determine whether K-reserves in soil are satisfactory whether soils are very rich or very poor in “available” K, but they do not distinguish in the middle range of values for exchangeable K between soils with good reserves and those with poor reserves that are quickly exhausted. Recently we have been applying the methods first developed by *Woodruff* and described last evening by Dr. *J. Hagin*, for measuring the free energy of exchange of potassium by calcium, F (calculated in the way described by Dr. *Hagin*). We find that measurements of F are much better correlated with uptake of K by crops over long periods than are values for exchangeable K. They have been particularly useful in measuring the availability of reserves in soils of terra rossa type developed from Jurassic Limestones.

We consider this method should be developed further since measurements on solutions in equilibrium with soils gave a valid thermodynamic basis for estimating the ease with which potassium is released from reserves of fixed K – this problem cannot be solved satisfactorily by any other means.

D^r G. BARBIER (Versailles): Je suis particulièrement heureux que nos propres observations soient venues renforcer celles faites par le D^r Cooke à Rothamsted, et je le remercie vivement de ses remarques.

Prof. Dr. K. A. BONDORFF (Lyngby, Denmark): The phenomenon, that a soil previously fertilized with K gives better yields than a soil poor in K, even when big amounts of K are applied, I know from Danish experiments. But do we not interpret the results wrong, when we plot the yields in relation to the K available? The enriched soil will place at the disposal more K i.e. exchangeable K + fertilizer K than the poor soil.



Conférences du D^r G. BARBIER

La dynamique du potassium dans le sol

et du D^r I. ARNON

Utilisation des engrais en cultures irriguées

Prof. D^r P. PRÉVOT (Paris): Je voudrais donner deux exemples qui confirment certains points des exposés des professeurs Arnon et Barbier.

Le Prof. Arnon, au sujet de l'effet résiduel des engrais a fait observer que les résultats pouvaient être très différents selon les endroits et que les effets résiduels pouvaient être importants.

Sur plus de 50 expériences de fumure minérale de l'arachide dans le Sud Sénégal, l'effet résiduel de l'application de 75 kg de phosphate bicalcique à l'hectare a été aussi important que l'effet direct.

Sur le palmier à huile, en Côte d'Ivoire, dans une zone fortement carencée en potasse et où la fumure potassique a quintuplé les rendements, l'effet résiduel de 1,5 kg de KCl par arbre se manifestait encore 5 ans après l'application.

Il faut environ 6 à 7 ans pour que l'effet résiduel de cette fumure potassique disparaisse complètement. Inversement, il faut aussi 6 à 7 ans pour que l'effet d'une fumure potassique qui se manifeste cependant dès la deuxième année atteigne son effet maximum. Ceci pourrait en partie s'interpréter par les considérations de M. *Barbier* sur les échanges entre la potasse assimilable et la potasse «interfeuilletts».

Conférence du D^r A. D. AYERS

Amélioration des sols salins et sodiques

Prof. V. MORANI (Rome):

1. Le labour d'un sol salin au printemps provoque une interruption des phénomènes de capillarité. Ceci peut avoir une influence favorable pour la culture actuelle. La couche superficielle du sol se dessèche alors après les dernières pluies de la saison. Mais cette pratique empêche l'ascension des sels du sous-sol. Ainsi, les labours d'automne sont à préférer afin de permettre au lessivage de s'opérer sur tout le profil du sol défriché. En effet, l'ascension des sels au cours de l'été suivant n'est pas entravée et les sels sont éloignés de façon plus active par l'écoulement des eaux superficielles provenant des pluies ou de l'irrigation.

2. L'application de plâtre ne devrait avoir lieu que lorsque l'analyse du sol nous montre que les sulfates provenant de l'eau saline ont bien disparu. Il serait en effet anti-économique d'ajouter de nouvelles quantités de sulfates. Pour corriger l'alcalinité du sol et pour constituer des réserves de soufre organique, le soufre élémentaire est dans tous les cas à préférer au gips.

La fumure des agrumes

E. GONZÁLEZ-SICILIA

Directeur de la Station d'essais sur Orangers, Burjasot (Valence)

La culture des agrumes dans les pays riverains de la Méditerranée a une très grande importance économique: la production des agrumes pendant le triennat 1957-1959 arriva à 5 120 000 tonnes, dont 2 388 400 furent réservées à l'exportation pendant l'année 1959, celle-ci ayant été dirigée principalement vers les pays européens. Ces chiffres de production et de commerce international représentent, selon notre estimation, 358 et 239 millions de dollars respectivement.

| Données exprimées par milliers de tonnes | | |
|--|--|---------------------|
| Pays | Production moyenne du triennat 1957-1959 | Exportation en 1959 |
| Espagne | 1409 | 833,2 |
| France | 1 | 3,8 |
| Italie | 1203 | 459,2 |
| Grèce | 259 | 50,9 |
| Turquie | 300 | 13,4 |
| Chypre | 63 | 44,5 |
| Syrie | 5 | 0,8 |
| Liban | 136 | 68,2 |
| Israël | 544 | 368,3 |
| Egypte | 321 | — |
| Lybie | 11 | 2,8 |
| Tunisie | 71 | 40,7 |
| Algérie | 373 | 234,4 |
| Maroc | 424 | 268,2 |
| Totaux | 5120 | 2388,4 |

Caractéristiques de la culture des agrumes en Espagne

En Espagne l'on cultive des agrumes sur une surface de 100 000 hectares à peu près, dont un peu plus de 80% sont enclavés dans la région de la Méditerranée (provinces de Castellon, Valence, Alicante et Murcie).

Le climat de cette région est typiquement méditerranéen: température moyenne annuelle entre 16,7 et 17,7 degrés; pluviosité moyenne annuelle entre 289 et 416 mm; humidité relative élevée, etc.

Les sols, naturellement variables dans leur structure, correspondent aussi au type méditerranéen, avec pH généralement supérieur à 7, parmi lesquels on peut trouver facilement des sols salins.

Parmi les nombreuses municipalités qui ont été étudiées dans la Station d'essais sur Orangers à Burjasot, nous nous rapporterons d'une manière concrète à celle d'Alcira, qui peut être considérée comme très typique. Dans cette municipalité, 606 échantillons de terre furent analysés, dont la composition mécanique fut classée dans les groupes ci-après énumérés, suivant l'échelle de *Kopecky*:

| | | | |
|--------------|------------------|--------------|------------------|
| Groupe n° 4 | 1 échantillon | Groupe n° 13 | 29 échantillons |
| Groupe n° 5 | 1 échantillon | Groupe n° 14 | 9 échantillons |
| Groupe n° 8 | 3 échantillons | Groupe n° 15 | 55 échantillons |
| Groupe n° 9 | 62 échantillons | Groupe n° 16 | 170 échantillons |
| Groupe n° 10 | 170 échantillons | Groupe n° 17 | 8 échantillons |
| Groupe n° 11 | 83 échantillons | Groupe n° 18 | 9 échantillons |
| Groupe n° 12 | 6 échantillons | | |

Les analyses chimiques sont résumées ci-après:

| | Maximum | Moyenne | Minimum |
|--|---------|---------|---------|
| Azote total, promille | 2,66 | 1,03 | 0,50 |
| Acide phosphorique total, promille | 3,13 | 1,49 | 0,35 |
| Acide phosphorique assimilable, promille | 1,88 | 0,40 | traces |
| Potasse totale, promille | 15,00 | 1,44 | 0,35 |
| Potasse échangeable, promille | 1,25 | 0,22 | 0,014 |
| Chaux (carbonate), pour-cent | 45,00 | 20,85 | 0,25 |
| Puissance de rétention pour l'eau, pour-cent | 80 | 49 | 36 |

On peut facilement observer que ce sont des terres dont la texture mécanique varie grandement; elles sont généralement pauvres en azote et en potasse et leur teneurs en acide phosphorique et spécialement en chaux sont également très variables.

Les caractéristiques principales de la culture des agrumes en Espagne sont:

- *Parcellement intensif*. Les fermes de plus de 40 hectares étant très peu nombreuses (en effet, dans la municipalité d'Alcira, les fermes d'une exten-

sion inférieure à 83 ares 10 centiares représentent le 81%), il en résulte une très forte préférence pour la culture manuelle en petites parcelles.

– *Fumure intensive*, où l'azote est particulièrement préféré. En un mot, culture intensive permettant d'obtenir des revenus très élevés.

Nous estimons que les revenus bruts d'une hectare d'orangers s'élèvent à quelque 2000 dollars par an, les frais de culture étant de 800 dollars.

L'agriculteur de Valence est actif, intelligent et laborieux. Il connaît parfaitement la culture des agrumes et il adopte facilement de nouvelles techniques si l'on arrive à le convaincre de leur efficacité, surtout quand celles-ci agissent directement sur l'importance de la récolte. Cependant, les nouvelles techniques destinées à améliorer la qualité ne sont généralement pas acceptées car, du point de vue économique, elles sont moins rentables.

Les agrumes sont les cultures les plus fumées en Espagne. Nous estimons une moyenne de 1500 kg d'engrais, à peu près, par hectare, et parmi les bons cultivateurs on en utilise fréquemment jusqu'à 3000 kg par hectare et plus.

Les principales caractéristiques de la fumure sont les suivantes:

- le non-emploi – ou presque nul – des engrais organiques, spécialement du fumier, étant donné le manque de bétail dans la région;
- la prédominance bien marquée des engrais azotés, pour leur action directe sur l'importance de la récolte;
- le phosphore incorporé généralement sous forme de superphosphates et parfois de scories Thomas, est employé par beaucoup de cultivateurs;
- le potassium, cependant, est très peu employé et, généralement, en quantités insuffisantes. En cas de nécessité, ces fumures sont complétées par du fer, de la chaux ou des oligo-éléments.

Besoins nutritifs des agrumes: Herrero et Acerete précisèrent les quantités d'éléments nutritifs principaux mobilisées chaque année par l'oranger, c'est-à-dire les quantités contenues dans les fleurs, les fruits et les boutons. Ils réalisèrent une étude sur un grand nombre de variétés. Nous nous bornerons à exposer ci-dessous les résultats obtenus dans une de celles-ci: l'orange *Washington Navel*, très appréciée sur tous les marchés et dont la culture s'étend de plus en plus.

Les quantités totales des divers éléments exportés pendant la formation des bourgeons en automne ne sont pas indiquées dans le tableau, car celles-ci ne furent pas importantes, ni celles correspondant à la formation des bourgeons en été, des racines et des rejetons; par conséquent, les chiffres réellement exportés par la plante sont un peu plus élevés que ceux indiqués dans le tableau ci-dessous.

Teneur en éléments nutritifs et en matière sèche des orangers Washington Navel

| | Fruits | Fleurs | Boutons de printemps | Boutons d'automne |
|-------------------------------|----------|---------|----------------------|-------------------|
| Matière sèche: | | | | |
| Pourcentage | 14,13 | 26,25 | 37,29 | 30,10 |
| Total par arbre, moyenne en g | 13768,32 | 6579,91 | 10347,97 | — |
| Azote: | | | | |
| Pourcentage m.s. | 0,169 | 0,529 | 0,840 | 0,672 |
| Total par arbre, moyenne en g | 165,28 | 132,60 | 233,10 | — |
| Acide phosphorique: | | | | |
| Pourcentage m.s. | 0,028 | 0,172 | 0,896 | 0,132 |
| Total par arbre, moyenne en g | 27,21 | 43,11 | 248,64 | — |
| Potasse: | | | | |
| Pourcentage m.s. | 0,178 | 0,540 | 0,508 | 0,516 |
| Total par arbre, moyenne en g | 169,25 | 135,36 | 140,97 | — |
| Chaux: | | | | |
| Pourcentage m.s. | 0,042 | 0,319 | 3,800 | 0,500 |
| Total par arbre, moyenne en g | 40,92 | 79,96 | 1054,50 | — |

Recommandations pour la fumure

Les directives que nous conseillons de suivre à la Station d'essais sur Orangers de Burjasot sont les suivantes:

Engrais organiques: Etant donné que la matière organique, bien qu'elle agisse favorablement dans le sol et sur les arbres, fait diminuer considérablement la qualité des oranges et des mandarines (mais pas celle des citrons), nous recommandons un usage parcimonieux du fumier, proportionnel à la teneur du sol en matière organique, et de ne jamais dépasser (sauf pour les citronniers) la quantité de 25000 kg par hectare.

La pénurie du fumier, due au manque de bétail, conduit à l'emploi d'autres engrais organiques. Nous recommandons aussi la culture intercalaire de légumineuses, comme engrais vert, dans les plantations jeunes ou à grands écartements.

Engrais azotés: L'azote exerce une action appréciable sur la quantité et la qualité de la récolte; mais employé à l'excès, il réduit la qualité et la beauté du fruit ainsi que la vigueur des arbres.

Les sels ammoniacaux, d'une action lente, bien retenus par le sol, retardent la maturité du fruit.

Les nitrates, par contre, agissent rapidement mais sont facilement lessivés par l'eau d'irrigation ou la pluie. Ils n'avancent guère, ou seulement légèr-

ment, l'époque de la maturité. Nous les recommandons pour la fumure d'été des variétés précoces. Application après l'arrosage.

Le sulfate d'ammoniaque, pour son efficacité ainsi que pour son prix, est indiqué pour la fumure de printemps des variétés mi-précoces ou tardives.

L'importance des doses de ces engrais, et d'autres, dépend de divers facteurs dont les principaux sont la variété cultivée et la fertilité du sol.

Engrais phosphoriques : Le phosphore, dans les agrumes, agit d'une façon appréciable sur la formation de bourgeons et, à travers celle-ci, sur la récolte. Le phosphore est accumulé principalement dans les racines.

Le phosphore est incorporé au sol de préférence sous forme de superphosphate de chaux. Lorsque le pH est acide ou que la terre manque de chaux, nous conseillons d'utiliser les scories Thomas. Pour des raisons économiques, ces engrais sont appliqués autant que possible en même temps que les engrais azotés.

Engrais potassiques : Selon un travail inédit de *Herrero Egaña*, le potassium n'a aucune influence sur le nombre des fruits ni sur leur volume; en revanche, il augmente le poids des fruits en élevant la quantité et la densité du jus. D'autres effets du potassium sur les fruits sont: une coloration plus intense et une pelure plus fine. — En un mot, le potassium *améliore la qualité* des fruits.

Un autre effet important du potassium provient de son action sur l'absorption de l'eau et sur la transpiration. Par conséquent, les agrumes bien approvisionnés en cet élément résistent beaucoup mieux à la sécheresse et au vent.

Nous recommandons de préférence le sulfate de potasse, mais pour les sols bien approvisionnés en chaux, nous ne voyons aucun inconvénient à l'emploi du chlorure, à cause de son prix avantageux.

On peut constater des divergences entre notre idée sur l'utilisation des engrais phosphoriques et potassiques et celle d'un grand nombre d'auteurs américains qui estiment que ces fumures n'exercent aucune influence sur les agrumes.

Nous sommes du même avis que *Rebour*, qui attribue cette divergence de jugements d'une part à la composition du sol, et d'autre part au fait que tant le phosphore que le potassium sont fixés dans les couches superficielles du sol et que, de ce fait, l'efficacité de ces engrais est fonction de la profondeur à laquelle se trouvent les racines absorbantes.

Amendements calcaires : Les agrumes ont besoin de grandes quantités de calcium, l'oxyde de calcium représentant à peu près un tiers du poids total des cendres des feuilles.

Notre expérience fait ressortir l'avantage d'incorporer cet élément au sol lorsque sa teneur (exprimée en carbonate) n'atteint pas 10%.

Dans les sols alcalins, on préfère ajouter le calcium sous forme de sulfate et, dans les terrains acides, sous forme de carbonate ou de chaux.

Formules de fumure : La formule de fumure d'un verger dépend de divers facteurs: nature, pH, quantité de chaux et fertilité du sol, conditions climatologiques, variété cultivée, porte-greffe et âge des arbres, qualité de l'eau et genre d'irrigation, système de culture, etc. Nous avons établi une série de formules générales pour les diverses variétés, formules qui doivent être adaptées aux conditions de la plantation. Le comportement ultérieur des arbres nous apprendra si la formule employée était bonne, ou s'il convient de la modifier.

Avant d'exposer les formules de fumure, nous allons résumer brièvement une expérience en cours à la Station d'essais sur Orangers de Burjasot.

Cette expérience a lieu dans un champ d'arbres homogènes, disposés en 44 parcelles de 8 arbres chacune et séparés entre eux par des arbres « gardiens », pour effectuer 11 traitements différents quatre fois répétés.

L'homogénéité des arbres employés pour l'expérience a été obtenue de la façon suivante:

a) Les porte-greffes proviennent de semences d'une même plante d'oranger amer; ils sont donc génétiquement identiques;

b) Les porte-greffes furent greffés avec des greffons provenant de quatre arbres, de façon que dans chaque parcelle il y a des arbres qui proviennent de chacune des plantes mères des greffons, complétant ainsi les huit arbres de chaque parcelle.

L'expérience qui est maintenant dans sa troisième année a pour but l'étude de l'influence de la fumure azotée sur la quantité, la qualité et la conservation de l'orange ainsi que des limites techniques et économiques de son emploi.

La Station d'essais sur Orangers à Burjasot recommande aux cultivateurs les formules de fumure suivantes, établies par le professeur *Herrero Egaña* :

Variétés : *Washington Navel*, *Mandarines* et *Cadeneras*.

| | |
|--------------------------|--|
| | <i>1^{re} fumure : fin janvier à début février</i> |
| 35% sulfate d'ammoniaque | } (6 ans 1200 kg par hectare) (12 ans 1800 kg par hectare) (Production entière: 1800 kg par hectare) |
| 30% sulfate de potasse | |
| 35% superphosphate | |
| | <i>2^e fumure : fin juillet</i> |
| 35% nitrate de chaux | } (6 ans 1200 kg par hectare) (12 ans 1800 kg par hectare) (Production entière: 1800 kg par hectare) |
| 30% sulfate de potasse | |
| 35% superphosphate | |

Variété : Sanguine

Il convient d'utiliser des engrais organiques. En cas d'applications annuelles, une dose de 6000 kg par ha de fumier de gadoues est nécessaire; s'il s'agit d'engrais plus riches, 2400 kg sont suffisants. Une fumure de ce genre devrait se faire au moins tous les deux ans. En plus de la fumure organique, il faudra appliquer chaque année les engrais suivants:

| | | |
|--------------------------|-----------------------|--|
| 40% sulfate d'ammoniaque | } 1800 kg par hectare | <i>1^{re} fumure : au moment de cultiver le verger</i> |
| 30% sulfate de potasse | | |
| 30% superphosphate | | |
| 35% sulfate d'ammoniaque | } 1800 kg par hectare | <i>2^e fumure : fin juillet</i> |
| 45% sulfate de potasse | | |
| 20% superphosphate | | |

Variété : Berna

Engrais organique comme pour les variétés sanguines. En plus:

| | | |
|--------------------------|-----------------------|---|
| 10% sulfate d'ammoniaque | } 1500 kg par hectare | <i>1^{re} fumure : en janvier, au moment de cultiver le verger</i> (Sans labour, enfouissement par binage) |
| 40% sulfate de potasse | | |
| 50% superphosphate | | |
| 40% sulfate d'ammoniaque | } 1500 kg par hectare | <i>2^e fumure : fin juillet</i> |
| 30% sulfate de potasse | | |
| 30% superphosphate | | |
| 30% sulfate d'ammoniaque | } 1500 kg par hectare | <i>3^e fumure : mi-octobre</i> |
| 40% sulfate de potasse | | |
| 30% superphosphate | | |

Variété : Commune

Pour une récolte tardive (début mars) une seule fumure au moment du premier labour, également lorsqu'on désire récolter tôt en sacrifiant le volume et la quantité.

| | | |
|-----------------------------------|---|--|
| 30% sulfate d'ammoniaque | } | 1800 kg par hectare |
| 40% sulfate de potasse | | |
| 30% superphosphate | | |
| <i>Pour une récolte précoce :</i> | | <i>1^{re} fumure : au moment de cultiver le verger</i> |
| 35% sulfate d'ammoniaque | } | 1200 à 1500 kg par hectare |
| 30% sulfate de potasse | | |
| 35% superphosphate | | |
| | | <i>2^e fumure : fin juillet</i> |
| 35% nitrate de chaux | } | 1200 à 1500 kg par hectare |
| 30% sulfate de potasse | | |
| 35% superphosphate | | |

Pour la formation des orangers il convient de fumer suivant la formule ci-dessous :

| | | |
|--------------------------|---|-------------------------------------|
| 35% sulfate d'ammoniaque | } | 1 ^{re} année – rien |
| 30% sulfate de potasse | | 2 ^e année – 1 kg/arbre |
| 35% superphosphate | | 3 ^e année – 2 kg/arbre |
| | | 4 ^e année – 2 ½ kg/arbre |
| | | 5 ^e année – 3 ½ kg/arbre |

Jusqu'à la quatrième année, après tous les deux arrosages, on ajoute du nitrate de chaux dans les terrains argileux et manquant de chaux, comme suit :

| | |
|-----------------------|---------------------------------|
| | <i>par arbre et application</i> |
| 1 ^{re} année | 100 grammes |
| 2 ^e année | 200 grammes |
| 3 ^e année | 300 grammes |
| 4 ^e année | 500 grammes |

Note : La seconde fumure fait toujours retarder l'apparition de la couleur. Avec le nitrate, cet effet est moins marqué.

– Dans les sols riches en azote, il faut diminuer les quantités d'engrais, surtout pour l'orange « Commune », jusqu'à 1200 kg par hectare.

– Dans les sols argileux et pour des récoltes tardives, on diminue les doses à 1200–1500 kg par hectare (sauf pour les oranges « Sanguine » ou « Berna »).

– Afin de favoriser la reconstitution physiologique de l'arbre, il y a lieu d'augmenter la dose de nitrate ou de remplacer le sulfate par le nitrate.

– Dans les sols pâturés, il faut appliquer la fumure assez tôt.

Fumure du citronnier

Dans les premiers quinze jours du mois de janvier, on laboure en enfouissant 45000 kg de fumier par hectare, tous les deux ans, et 4 à 10 kg par arbre d'un mélange de:

| | |
|--------------------------------|-----|
| Superphosphate de chaux | 40% |
| Sulfate d'ammoniaque | 40% |
| Chlorure ou sulfate de potasse | 15% |
| Sulfate de fer | 5% |

Deuxième fumure au mois d'août:

| | |
|--------------------------------|-----|
| Sulfate d'ammoniaque | 60% |
| Superphosphate de chaux | 30% |
| Chlorure ou sulfate de potasse | 10% |

La dose par arbre dépendra de sa vigueur.

Dans les sols légers, on devra appliquer du fumier tous les ans, en diminuant proportionnellement l'engrais chimique.

Bibliographie

Herrero de Egaña, M., y Acerete, A.: Análisis de los elementos nutritivos en el fruto, la flor y el tallo del naranjo. Boletín del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, Tomo III, julio (1937).

Herrero de Egaña, M., y Martín Penasco, T.: Los suelos del naranjo en el término de Alcira. Boletín del Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, n° 18, junio (1948)

Rebour, H.: Les Agrumes. Un. des Synd. de Prod. d'Agrumes d'Algérie, Alger (1950)

RÉSUMÉ

La fumure des agrumes

L'énorme importance de la culture des agrumes pour les pays méditerranéens est démontrée par le chiffre de production qui s'élève pour ces pays à environ 5 millions de tonnes et correspond à une valeur de l'ordre de 300 millions de dollars.

L'auteur décrit les conditions dans lesquelles la culture des agrumes est pratiquée dans la zone méditerranéenne espagnole: climatologie, nature des sols, caractéristiques culturales, genre de fumure, etc.

Les besoins en éléments nutritifs NPK et Ca sont ensuite passés en revue. Les quantités de ces éléments utilisées par la plante pour la formation des boutons, la floraison et pour la formation des fruits sont évoquées. L'auteur expose ensuite les diverses fumures conseillées par la Station d'agrumiculture de Levante en tenant compte des fumures organiques et minérales et en spécifiant l'utilisation

de chacune d'elles et les raisons qui militent en leur faveur. Il décrit également les effets qu'exercent les différentes fumures sur les arbres et sur la quantité et la qualité des fruits produits.

Enfin, les formules de fumure conseillées sont expliquées en détail en fonction de la variété cultivée et de l'état des arbres.

SUMMARY

Citrus - Manuring

Citrus-crops in the Mediterranean areas taken as a whole amount to about 5 million tons and represent a value of 300 millions dollars. These figures show what important part citrus-growing plays in the economics of Mediterranean countries.

The author outlines the characteristics of citrus-growing in the Spanish Mediterranean area: climatology, types of soils, growing particularity, suitable manuring, etc.

He, thereafter, studies the requirements of those plants in NPK and Ca, stating which quantity of each element is absorbed by the plants during the process of budding, blossoming and elaboration of the fruits respectively. The author also enumerates the various kinds of manuring recommended by the Citrus-Growing Station of Levante considering organic and mineral fertilizers and specifying their possible use and the advantages offered by each of them. He also describes the effects of these fertilizers on the trees and the quantity and quality of the fruits produced.

Finally, the formulas of fertilizers recommended are explained in detail according to the variety and the condition of the trees.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Düngung der Citrus-Kulturen

Die Bedeutung des Agrumenanbaus in den Ländern des Mittelmeergebietes geht aus folgenden Zahlen hervor: Jährliche Produktion etwa 5 Millionen Tonnen, Ausfuhrwert etwa 300 Millionen \$.

Es folgt die Beschreibung der klimatologischen Bedingungen, Bodenbeschaffenheiten, Anbaumethoden, Düngungsarten usw. der spanischen Citrus-Gebiete des Mittelmeerbeckens. Die Nährstoffbedürfnisse der Zitrusbäume: Stickstoff, Phosphor, Kalium, Kalzium, werden auf Grund der zur Bildung der Knospen, Blumen und Früchte notwendigen Mengen berechnet und die verschiedenen von der Versuchsanstalt für Citrusfrüchte in Levante empfohlenen Düngungsformeln aufgeführt. Sodann folgt die Aufzählung der verwendeten Salzarten, die Begründung der Düngerwahl, die Wirkungen dieser Dünger auf Umfang und Qualität der Erträge. Schließlich werden die empfohlenen Düngerformeln je nach Art und Zustand der angebauten Bäume im einzelnen beschrieben.

RESUMEN

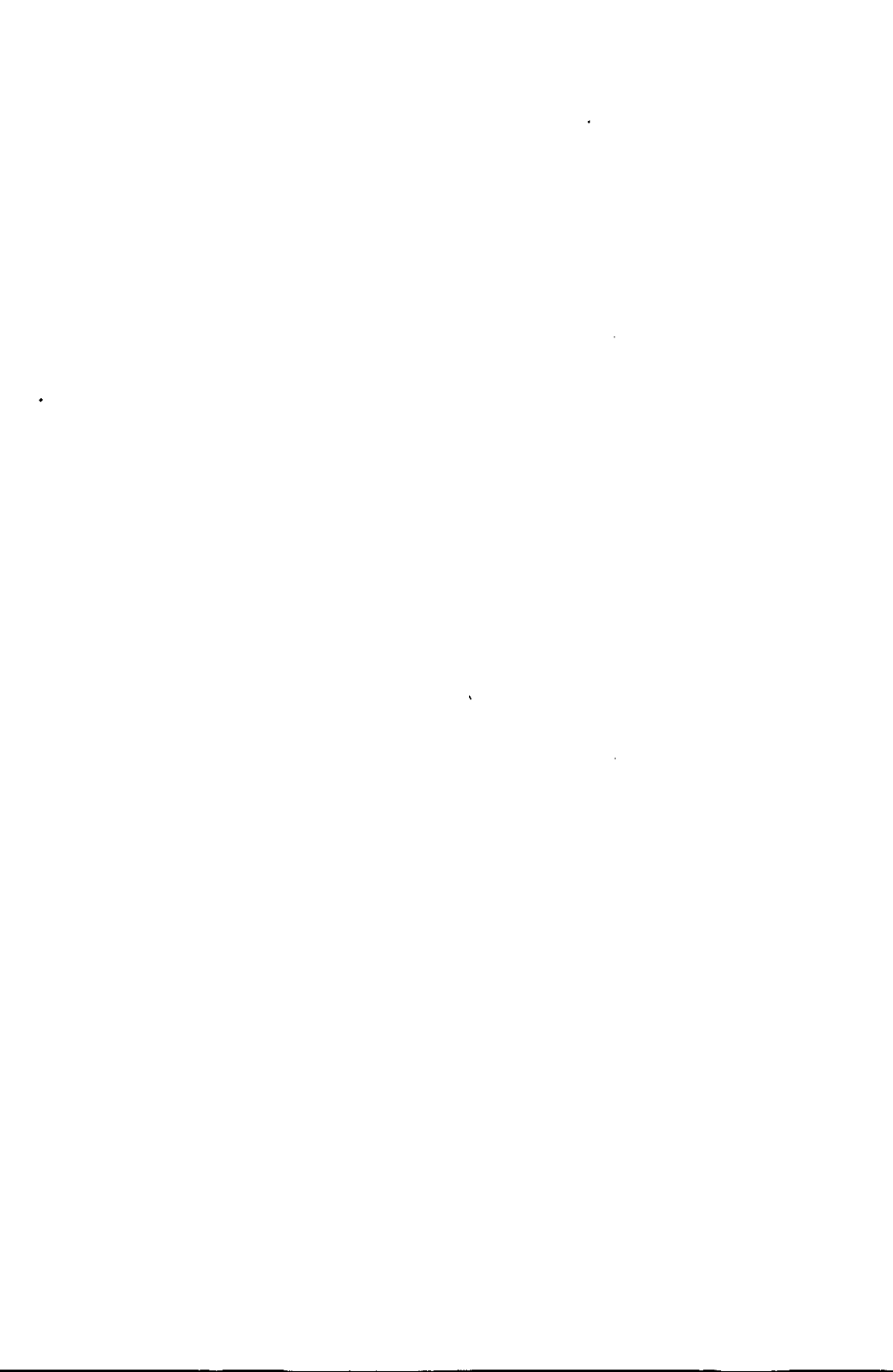
El abonado de los agrios

La enorme importancia del cultivo de los agrios se ilustra por la amplitud de la producción que asciende a 5 millones de toneladas, así como por el valor comercial de la exportación, que alcanza aproximadamente 300 millones de dólares. En este trabajo se hace una descripción de las condiciones (climatología, naturaleza del suelo, característica del cultivo, género de abonos, etc.) en que se cultivan los agrios en la zona mediterránea española.

Las necesidades de elementos nutritivos de los agrios (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio) se exponen a continuación, habiéndose calculado estas necesidades teniendo en cuenta las cantidades empleadas de estos elementos por la planta para la formación de los brotes, de las flores y los frutos.

A continuación se enumeran los diferentes abonos recomendados por la Estación de Cultivo de los Agrios de Levante, señalando los tipos de suelos utilizados y las razones que existen en favor de estos abonos, así como las influencias de los mismos sobre los árboles, la importancia y calidad de las cosechas.

Finalmente, se describen con detalle las fórmulas aconsejadas en función de la variedad empleada y del estado de los árboles.



La fumure des plantes fourragères

PROF. DR. V. MORANI

Directeur de la Station expérimentale de Chimie agricole, Rome

Dans les perspectives agricoles des régions méditerranéennes, la culture des plantes fourragères revêt de plus en plus une importance croissante qui est en relation avec une production zootechnique déficitaire par rapport à l'accroissement des besoins en protéines animales de l'alimentation humaine.

Le développement de l'élevage est lié dans la plupart des pays soumis au climat méditerranéen à l'extension des luzernières et à la diffusion des cultures herbagères annuelles, notamment du trèfle alexandrin.

Dans les fermes irriguées, les autres trèfles (violet, ladine) conservent le rôle important qu'ils ont acquis. En outre, d'autres espèces sont essayées avec succès, comme par exemple le *trifolium squarrosum* et le *resupinatum*.

La prépondérance des légumineuses dans les prés et les herbages trouve sa raison d'être technique dans la possibilité de fournir de l'azote organique à la plupart des terres méditerranéennes qui sont soumises à des conditions climatiques épuisantes. Cette prépondérance est aussi économiquement justifiable, dans l'immédiat, par le meilleur rendement en unités fourragères que nous fournissent les légumineuses, surtout lorsqu'elles sont irriguées et qu'elles reçoivent des fumures phospho-potassiques.

Comme les profits économiques des engrais se trouvent actuellement – au sein de l'évolution générale du coût des moyens de production de l'agriculture – dans une phase ascendante, les cultures qui réagissent le plus favorablement aux plus fortes doses d'engrais, comme c'est le cas pour les légumineuses, jouissent d'une faveur croissante de la part des cultivateurs. Ces considérations ne gardent évidemment leur valeur que lorsque l'eau est disponible en quantités suffisantes – comme eau de pluie ou comme eau d'irrigation – pour permettre une production économiquement rentable des plantes fourragères.

La fumure phosphatée

Dans les pays du bassin méditerranéen, il est rarement nécessaire de chauler les sols, car les carences en calcium et en magnésium sont limitées à quelques plateaux et à certaines alluvions anciennes.

Par contre, les sols qui ont besoin de fumures phosphatées sont très fréquents, la carence en phosphore assimilable étant générale dans presque tous les sols. Par rapport aux autres grandes cultures, le seuil de carence en phosphore est, pour les légumineuses, presque deux fois plus élevé. Lorsque l'approvisionnement en eau est satisfaisant et permet des récoltes herbagères élevées, l'on peut observer une réponse spectaculaire à l'apport d'engrais phosphatés.

Nous avons observé (*Morani, Baroccio et coll. 3, 4, 20*) que l'application de doses relativement importantes de superphosphate (15-20 q/ha) lors des semilles de luzerne est tout à fait appropriée. L'augmentation de la production de fourrage, qui contient dans ces conditions des quantités de P sensiblement plus élevées (jusqu'à 0,80% P_2O_5 /mat. sèche) est non seulement liée à l'intensification de la croissance des plantes, mais également à une densité plus élevée du gazon. A la fin de la première année, le nombre de plantes de luzerne par unité de surface était dans les luzernières avec fumure phosphatée de 26% plus élevé que celui des luzernières ayant reçu la fumure habituelle de 4 q/ha.

Dans la luzernière âgée de trois ans, ce pourcentage s'abaissa jusqu'à 10%.

A un nombre plus élevé de plantes de luzernes correspond évidemment un apport plus élevé d'azote organique dans le sol au profit des cultures ultérieures. L'effet résiduel de la fumure phosphatée appliquée sur les légumineuses a été contrôlé par beaucoup de chercheurs, en Grèce, par exemple, par *Panos (23)*. Cet effet résiduel assure l'approvisionnement en phosphore des cultures de la rotation lorsque la totalité des engrais phosphatés que le sol recevrait au cours de l'assolement, est appliquée lors des semilles de luzerne.

En conclusion, il n'existe dans l'opinion des agronomes aucun doute sur l'utilité de la fumure phosphatée aux plantes fourragères si ce n'est sur les doses et le mode d'application, questions qui sont à résoudre, à mon avis, en considérant chaque cas particulier.

La fumure azotée

Tous les agronomes sont d'accord pour déclarer que la fumure azotée des prairies de légumineuses doit être limitée et n'être appliquée que dans la saison des semilles vu qu'elle favorise, selon *Gerwig et Ahlgreen (13)* «l'amorçage de la fixation de cet élément par les racines».

Glander (14) propose l'application de 10 à 15 kg d'azote par ha. *Purvis (25)* signale des diminutions de production après des fumures allant de 25 à 50 lbs d'azote par acre (28-56 kg/ha).

Il nous paraît superflu d'ajouter que l'azote minéral joue un rôle favorable pour les espèces adventices et que les distributions de doses massives sont indispensables aux herbages composés de graminées et de crucifères.

La fumure potassique

L'approvisionnement des plantes fourragères en potasse a fait l'objet d'un nombre de recherches et de discussions beaucoup plus étendues, ceci même lorsque l'on n'envisage que la luzerne.

Besoin des animaux en potassium

Le bétail a besoin de quantités relativement faibles de potassium. La teneur en potassium (K_2O) des substances produites par une vache laitière (lait, viande, foetus, etc.) en une année n'excède pas 15 kg. Le K_2O supplémentaire absorbé avec des fourrages riches en potassium est éliminé pour la plus grande partie par les urines. La quantité de potassium ingérée par une tête de gros bétail par an peut dépasser 150 kg et atteindre 200 kg lorsque la majorité du fourrage est constituée par des légumineuses. Bien que le potassium joue un rôle physiologique fondamental dans l'organisme animal (Rowinski, 28), on doit considérer que pareilles quantités de potassium représentent un excès. Du point de vue alimentaire, nous pourrions affirmer que le phénomène de l'assimilation de potassium par la luzerne dans un sol bien pourvu en cet élément est anti-économique.

Bien que les besoins en potassium de beaucoup d'animaux soient encore mal définis, nous sommes certains qu'ils ne correspondent tout au plus qu'à des teneurs en K modestes dans les foin. Les quantités excédentaires non retenues par l'organisme se retrouvent dans les purins et peuvent dans plusieurs cas être perdues pour l'exploitation.

Besoin des plantes en potassium

Le bilan potassique se situe dans la plante à un niveau beaucoup plus élevé.

Nous disposons de deux genres de renseignements sur la teneur critique en K dans la luzerne: un *minimum vital* qui correspond à près de 1% dans les tissus, soit 1,2% de K_2O (Stivers et Ohlrogge (34) : 0,9-1,1%, Gernig et Ahlgreen (13) 1%, Nielsen et al. (22b) : 1%, Bear et Prince (5) 25 mEq% de K) et un *minimum agronomique* qui varie entre 1,25% (Seay et al., 32, Chandler et al., 9) et 1,40% Bear et Wallace, (6) ou bien, d'après Gernig et Ahlgreen (13) entre 1,42 et 1,84% d'une saison à l'autre. Selon Hunter et al. (16) le

pourcentage critique de 1% intervient particulièrement lorsque la teneur en Ca dépasse 2%, mais l'on voit également apparaître une carence lorsque le rapport Ca/K dépasse la valeur de 4.

Les teneurs en K_2O des foins de luzerne s'élèvent, en particulier dans la région méditerranéenne, souvent au-dessus de 4% (3,32% de K). *Fabris (10)* a observé en Campanie des teneurs en K_2O s'élevant jusqu'à 4,44 et 4,53% dans des foins de cinquième coupe de parcelles fumées avec 2 q de sulfate de potasse par ha, et à 4,31% dans les foins des parcelles sans fumure. Dans nos expériences réalisées près de Rome, nous avons atteint des teneurs allant jusqu'à 4,01% de K_2O pour une teneur du sol en K_2O échangeable de 250 ppm. Il s'agit évidemment là de consommations de luxe qui sont momentanées mais qui ne peuvent toutefois être supprimées qu'au détriment des rendements de la culture en question.

Hamway et ses collaborateurs (15) ont terminé leur important travail intitulé «North Central Regional Potassium Studies» par ces mots: «Environmental conditions in the field have a marked effect on K uptake by plants in the field.» La vitesse de croissance, qui est hâtée dans nos régions, ainsi que la structure du sol, jouent à ce propos un rôle essentiel. Les foins des coupes faites en été (en zones irriguées nous pouvons atteindre neuf coupes de luzerne par an) présentent des teneurs en potassium qui atteignent même le double de celles des premières ou des dernières coupes. Si l'on diminue la consommation de luxe en été et, par conséquent, les pertes relatives en potassium en diminuant l'importance des fumures potassiques du printemps, on risque de provoquer des dommages pour les coupes effectuées pendant les saisons moins chaudes où les plantes peuvent rencontrer quelques difficultés à absorber le potassium.

Influences agronomiques

Après avoir évoqué les inconvénients de la fumure potassique, arrêtons nous un peu aux avantages, au point de vue agronomique, de la fumure potassique des plantes fourragères.

L'augmentation de l'importance des récoltes n'est pas seulement liée à la vigueur de la plante de luzerne que l'on peut observer en sols pauvres (d'après *Ancellin et coll. (1)* moins de 40 ppm, d'après d'autres auteurs entre 50 et 100 ppm de K échangeable et d'après *Nielsen et coll. (22 b)* 15 ppm de K soluble dans l'acide carbonique) mais également, et même d'une plus forte mesure, à un plus grand nombre de plantes par unité de surface, à la durée de la luzernière, à la diminution des plantes adventices et, d'une manière générale, à la prolongation de la période pendant laquelle la

prairie est exploitable. Toutes ces influences du K sont parallèles à celles du phosphore.

Gernig et Ablgreen (13) ont observé qu'une fumure potassique de 200 lbs/acre et par an provoque une élévation de la densité de la luzerne de 4,4 à 7,8 plants par pied carré. *Rich et Odland (26)* ont constaté après une réduction des doses de la fumure potassique sur une prairie de 4 ans une diminution du pourcentage de luzerne dans la population végétale de 50 à 3%, et une diminution de l'importance de la récolte de 3,1 à 1,6 tonnes par acre. *Bear et Wallace (6)* ont constaté pendant leurs essais une diminution de la proportion de plantes adventices de 31 à 6 au cours du mois de juin succédant à la distribution de 180 lbs de K_2O /acre.

Wallace (37) signale que dans les luzernières pauvres en potassium, l'azote favorise les graminées et les mauvaises herbes dans la compétition qui existe entre ces plantes et les légumineuses. Selon *Hamway et coll. (15)*, le potassium est, dans ces sols pauvres en K, davantage absorbé par les autres espèces; les trèfles et les graminées contiennent en effet 4% de K_2O de plus que la luzerne. En ce qui concerne la longévité de la luzernière, l'on a constaté au cours d'essais entrepris en Caroline du Nord (29) que les rendements en foin ont, au cours de la troisième année de culture, augmenté de 2500 kg sans fumure potassique à 7000 kg/ha avec 200 kg de K_2O /ha. *Stivers et Ohlrogge (34)*, *Prince et coll. (24)* et beaucoup d'autres agronomes sont convaincus de l'influence favorable qu'exerce le potassium sur la longévité des luzernières. A ce sujet, on peut entrevoir, outre l'effet simplement nutritif du potassium, son influence sur la résistance des plantes au froid observée par *Twamley (35)*, *Jung et Smith (19)*, *Wang, Attoe et Trnog (38)*, *Bear et Wallace (6)* etc. Ce phénomène revêt également de l'intérêt dans les régions méditerranéennes, car le froid y provoque souvent, au printemps, des dégâts plus graves qu'ailleurs. La résistance au froid pourrait être, dans certaines conditions, tributaire de la diminution de la teneur en protéine provoquée elle-même par les apports de potassium (*Wallace (37)*) a observé une diminution de la teneur en azote de 3,18 à 2,74% après fumure de 200 kg de K/ha. *Shotton et James (33)* affirment pour leur part que cette diminution n'est que relative, car le rendement total d'une prairie en protéines n'est pas modifié par la fumure potassique lorsque l'approvisionnement en azote reste constant.

Doses et genres d'application des engrais potassiques

Le coefficient de corrélation entre le K échangeable du sol et le K absorbé par la luzerne varie, selon *Jaworski et Barber (17)* entre 0,65 et 0,82 et,

selon *Hamway et coll.* (15), il atteint une moyenne de 0,59 pour la première coupe. La régression entre le K distribué sous forme de fumure et le K contenu dans les plantes est plus forte; dans un cas elle s'éleva à $r = 0,98$. *Seay, Attoe et Truog* (32) affirment, en se basant sur les résultats de 44 essais de fumure, qu'une corrélation linéaire existe entre la teneur en K de la luzerne et le logarithme de la disponibilité du K échangeable par acre/6 pouces. Aux disponibilités moindres, le K échangeable se révèle comme facteur limitatif des rendements (*Bear et Prince*, 5). Au contraire, dans les sols relativement bien pourvus, la fumure potassique peut donner des résultats utiles tels que ceux observés par *Frank* (12) en Autriche, avec 40 ppm de K_2O Neubauer. En présence de disponibilités plus grandes, « la luzerne a tendance à accumuler du K au-delà de ses besoins » (*Bear et Prince*, 5). Personnellement je crois que toute définition de limite entre les besoins et la consommation de luxe est illusoire, surtout en ce qui concerne la luzerne, dont nous avons déjà constaté les grandes variations de teneurs en potassium, selon le sol ou selon la saison. La marche à suivre pour la fumure potassique sur les prairies sera par conséquent modifiée en fonction de l'aptitude du sol à fournir du K aux plantes. Cette aptitude a d'ailleurs fait l'objet d'exposés fondamentaux, spécialement en ce qui concerne les sols du bassin méditerranéen, au cours du présent congrès.

Selon *Barbier* (2), « la fumure doit tendre vers un régime d'entretien tel que les pertes soient en moyenne compensées par les apports au cours d'une rotation, une fois que la réserve de la potasse du sol a été portée à un niveau suffisant ». Cet auteur se rapporte aux expériences de *van der Paauw* et de *Trocmé*, pour conclure qu'une vieille graisse potassique accumulée en quantité suffisante au moyen des fumures antérieures est capable de porter le rendement à un plafond plus élevé qu'une même quantité de sel de potasse récemment appliquée à un sol pauvre.

L'apport anticipé de quantités de potasse qui correspondent aux exportations de trois ans de la luzernière – soit 750–1000 kg K_2O /ha avec irrigation ou 300–400 kg K_2O /ha en sol d'alluvions secs – n'est pas opportune. En effet, les phénomènes de fixation très fréquents dans les sols à argile illitique et montmorillonitique qui abondent dans nos régions doivent être pris en considération ainsi, d'ailleurs, que les pertes par consommation de luxe (*Richards et McLean*, 27), par lessivage – spécialement en sols légers (*Barbier*, 2; *Benjaminsen*, 7) – et par les déséquilibres provoqués par l'assimilation d'autres cations (*Gernwig et Ablgreen*, 13). Par conséquent, la fumure de base avant les semences ne peut pas être conçue de la même manière en ce qui concerne le potassium et le phosphore, bien que ce dernier élément soit également sujet dans certains sols à des insolubilisations importantes.

La plupart des agronomes sont favorables à l'applications fractionnée de la fumure potassique avant les semailles et en couverture. *Jones et Dermott* (18) recommandent l'application de 3,7 q/ha (3 cwt/acre) de KCl au labour et de 3,7 à 5 q/ha chaque année. *Glander* (14) est favorable à une fumure de 200 à 300 kg de KCl lors des semailles suivies d'une fumure annuelle de 120 à 200 kg/ha en automne dans les sols lourds, et au printemps dans les sols légers. *Nelson et MacGregor* (22) trouvent qu'une fumure de 11,2 q/ha d'un engrais complexe 0-20-20 avant le labour a une efficacité comparable à l'application de 3,3 q avant les semailles et de 2,2 q chaque année. D'autres chercheurs estiment que l'application fractionnée de la fumure est à préférer dans l'intérêt de la densité et du rendement de la prairie. Tel est l'avis de *Brown* (8) pour le trèfle ladino, et de *Franc de Ferrière et coll.* (11), *Barbier* (2), etc. pour la luzerne.

Au cours de nos essais sur sols modérément approvisionnés en potassium, la fumure avant semailles (120 kg K₂O/ha) n'a provoqué un effet positif que dans un cas (82 ppm de K₂O échangeable) mais les applications fractionnées n'ont jamais donné de résultats significatifs.

Il est fort probable que différents caractères physico-chimiques du sol peuvent modifier le train de la nutrition potassique et par conséquent l'efficacité de la fumure.

La teneur en matière organique – également susceptible de diminuer l'importance de la fixation (21) – ainsi que celle en Ca échangeable ont été étudiées sous ce rapport par *Jaworski et Barber* (17), la texture et les conditions d'aération du sol par *Schroeder, Hoffman et coll.* (30), les conditions d'humidité par *van der Pauw* (36) et par *Franc de Ferrière et coll.* (11), le dessèchement par *Hanway et coll.* (15), *Scott et Smith* (31).

La propriété essentielle d'un sol conditionnant le succès d'une luzernière ou d'un herbage à trèfle reste toutefois son état structurel (stabilité des agrégats, l'état d'ameublissement, etc). L'amélioration des conditions physiques défavorables, la défense de tout étanchement avec le modelage superficiel et le réglage hydrique du champ, les labours profonds assez précoces et dans des conditions d'humidité favorables, constituent les conditions préliminaires indispensables à un bon enracinement, à une productivité prolongée et à une utilisation efficace des engrais potassiques et phosphatés par les cultures fourragères.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Ancellin, J.P., Foissil, A., et Redlich, G.C.* : Contribution à l'étude du potassium dans les sols de limon. C. R. Acad. Agr. Fr. 45, p. 491 (1959)
2. *Barbier, G.* : Evolution du potassium dans le sol et besoins des cultures en engrais potassiques. Bull. Ass. Fr. Etude du sol, 1, p. 22 (1961)
3. *Baroccio, A., de Clementi, G., et Morani, V.* : Ann. Staz. Chim. Agr. Roma, 171 (1960)
4. *Baroccio, A., Pisano, G., et Morani, V.* : Ann. Staz. Chim. Agr. Roma, 156 (1959)
5. *Bear, F.E., et Prince, A.L.* : Constance de la teneur de la luzerne en cations (Ca + Mg + K). Rev. de la Potasse, 7, p. 2 (1953)
6. *Bear, F.E., et Wallace, A.* : Soil Dep. Agr. Exp. Sta. N. Brunswick, 748 (1950)
7. *Benjaminsen, J.* : Tidsskr. Planteavl., 17, p. 99 (1954)
8. *Brown, B.A.* : Potassium fertilization of Ladino clover. Agron. J. 49, p. 477-480 (1957)
9. *Chandler, R.F.Jr., Peck, M., et Bradfield, R.A.* : Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 10, p. 141 (1946)
10. *Fabris, A.* : La Concimazione potassica nelle regioni aride. Potassium Symposium, p. 251-276 (1958)
11. *Franco de Ferrière, P.J.J., Camex, T., et Millot, G.* : Influence des types d'argile des sols et de la pluviosité sur la nutrition potassique du blé. Ann. Agr. p. 149 (1958)
12. *Frank, F.* : Luzernegras-Düngungsversuche. Ernährung der Pflanze, 31, p. 410-415 (1935)
13. *Gerwig, J.L., et Ahlgreen, G.H.* : The effect of different fertility levels on yield, persistence and chemical composition of alfalfa. Rev. de la Potasse, 7, p. 4 (1958)
14. *Glander, H.* : Allgemeine Standort- und Nährstoffansprüche der Luzerne sowie die spezifischen Wirkungen der K-Düngung. Rev. de la Potasse, 7, p. 3 (1955)
15. *Hanway, J.J., Barber, S.A., et Bray, R.H.* et al. : North Central Reg. Bull. 124 (1961)
16. *Hunter, A.S., Toth, S.J., et Bear, F.E.* : Soil Sci. 55, p. 71 (1943)
17. *Jaworski, C.A., et Barber, S.A.* : Soil properties in relation to potassium uptake by alfalfa. Soil Sci. 87, p. 37-41 (1959)
18. *Jones, J.O., et Dermott, W.* : Agriculture (London) 57, p. 507 (1951)
19. *Jung, G.A., et Smith, D.* : Influence of soil potassium and phosphorus content on the cold resistance of alfalfa. Agron. J. 51, p. 585-587 (1959)
20. *Morani, V., et Baroccio, A.* : Ann. Staz. Chim. Agr. Roma, 156 (1958)
21. *Morani, V., et Tombesi, L.* : Essais de fumure potassique organique sur un sol à haute capacité de fixation du potassium. Rev. de la Potasse, 16, p. 18 (1961)
22. *Nelson, W.W., et McGregor, J.M.* : The effect of time and rate of fertilizer application on the yield, composition and longevity of alfalfa. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 21, p. 42-46 (1957)
- 22b. *Nielson, R.F., Thorne, J.P., et Baird, G.T.* : Utah Agr. Exp. Sta. Bull. 374 (1955)
23. *Panos, D.A.* : The growth of legumes in conjunction with phosphate fertilizer, as a means of increasing soil fertility and agricultural productivity in Greece. Emp. J. exp. Agr. 27, p. 98-106 (1959)
24. *Prince, F.S., Blood, P.T., Percival, C.P., et Scripture, P.N.* : New Hampsh. Agr. Exp. Sta. Circ. 58 (1948)
25. *Purvis, E.R.* : N. J. Agr. Exp. Sta. Bull. 37, p. 12 (1955)
26. *Rieb, A.E., et Odland, T.E.* : J. Am. Soc. Agr. 39, p. 390 (1947)
27. *Richards, G.E., et McLean, E.O.* : Release of fixed potassium from soils by plant uptake and chemical extraction techniques. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 25, p. 98-101 (1961)
28. *Rowinski, P.* : Potassium et équilibre minéral dans la ration de l'homme et des animaux. Potassium Symposium p. 381-433 (1960)
29. *School of Agriculture, North Carolina State College* : Ann. Rep. (1950/51)
30. *Schroeder, D., Hoffman, W.E.* et al. : Landw. Forsch. Sonderh. 15, p. 48 (1961)

31. *Scott, T. W.*, et *Smith, F. W.* : Effect of drying upon availability of potassium in Parsons silt loam surface soil and subsoil. *Agr. J.* 49, p. 377-381 (1957)
32. *Seay, W. A.*, *Attoe, O. J.*, et *Truog, E.* : *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 14, p. 245 (1949)
33. *Shotton, F. E.*, et *James, P. J.* : *J. Roy. Agr. Soc.* 114, p. 54 (1953)
34. *Stivers, R. K.*, et *Oblrogge, A. J.* : *Agron. J.* 44, p. 618 (1952)
35. *Twamley, B. E.* : Variety, fertilizer, management interactions in alfalfa. *Canad. J. Plant Sci.* 40, p. 130-138 (1960)
36. *Van der Paauw, F.* : Relations between the potash requirements of crops and meteorological conditions. *Plant and Soil*, 9, p. 254-268 (1958)
37. *Wallace, A.* : *Better Crops*, 31, n. 6, p. 20 et 38 (1958)
38. *Wang, L. C.*, *Attoe, O. J.*, et *Truog, E.* : *Agr. J.* 41, p. 381 (1953)

RÉSUMÉ

La fumure des plantes fourragères

Les agriculteurs méditerranéens tendent actuellement de plus en plus à intensifier la culture du trèfle alexandrin et surtout celle de la luzerne, qui sont essentielles à l'élevage du bétail.

Les fumures phospho-potassiques constituent un élément indispensable au rendement de ces plantes fourragères. La luzerne puise dans le sol des doses de phosphore beaucoup plus élevées que toute autre culture. C'est pourquoi il est opportun lors de l'ensemencement, en particulier en terrain irrigué, d'appliquer des doses élevées de phosphate de façon à élever le niveau phosphorique du sol environ au double de celui nécessité par les autres cultures.

Le résidu des fumures phosphoriques à hautes doses assure en outre un meilleur rendement des cultures alternées en cas d'assolement.

Les engrais azotés ne profitent à la luzerne et au ladine que lorsqu'ils sont appliqués dans la période consécutive à l'ensemencement.

La fumure potassique serait exigée par la luzerne dans les sols ayant moins que 120 kg/ha de K échangeable selon *Ancellin* et moins que 150 à 300 kg/ha selon d'autres auteurs. Le seuil de suffisance se déplace selon le rendement en foin et selon les disponibilités en eau et en chaux.

La luzerne, ainsi que les trèfles, peuvent toutefois prospérer dans des sols pauvres en potasse auxquels on adjoint des doses modérées de sels potassiques (v. *Barbier, Trocmé*, etc.).

Certaines expériences ont révélé que l'application de doses massives de potasse n'est pas favorable et peut même avoir des effets préjudiciables (*Kofoed, Brown, Kohnlein*, etc.); elles ne sont cependant pas absolument concluantes. Dans certains sols, en raison des phénomènes de fixation, même lorsque des sels potassiques ont été administrés en grande quantité, la disponibilité de K échangeable ne s'accroît pas dans des proportions appréciables (*Schuffelen, Gouny, Morani et Tombesi*).

Le K utilisé par la culture fourragère varie selon la concentration d'oxygène dans la ryzosphère (*Glander*). Les exportations de K sont généralement très élevées, allant jusqu'à 700 kg/ha par an de K₂O (*Fabris*). La luzerne peut accumuler le potassium dans une proportion dépassant ses besoins physiologiques (nous

avons trouvé jusqu'à 4 % de K_2O dans des foins) lorsqu'elle se trouve en terrain riche ou enrichi. Dans les terres pauvres les exportations ne descendent couramment pas au-dessous de 250-300 kg/ha par an.

La fumure potassique, par conséquent, doit être distribuée avec prodigalité lors de la mise en exploitation du pré et répétée dans les années suivantes.

Les fumures potassiques et phosphatiques contribuent à augmenter la densité et la durée d'exploitation du pré; elles stimulent par conséquent aussi l'action de la légumineuse.

Dans nos expériences l'absorption et l'efficacité de la potasse ont été fortement influencées par l'utilisation de molybdène, dans les sols pauvres en ce micro-élément.

SUMMARY

Fertilizers for fodder crops

Nowadays, farmers in the Mediterranean region are tending to grow more and more Alexandrine clover and particularly lucerne, both crops being essential for raising livestock.

Phosphate-potash fertilizers are indispensable for these fodder crops. Lucerne takes more phosphorus from the soil than any other crop. For this reason it is advisable, particularly on irrigated land, to apply large quantities of phosphates right from sowing time in order to raise the phosphorus content of the soil to about double than required by other crops.

The residues of phosphate fertilizers used in large quantities will also ensure better yields from alternative crops which may be grown when rotation is practised.

Nitrogenous fertilisers are only of benefit to lucerne and ladino clover if applied during the period immediately after sowing.

Lucerne requires potash fertilizers in soils carrying less than 120 kg per hectare of exchangeable potassium (according to *Ancellin*), and less than 150-300 kg per hectare according to other writers. The sufficiency threshold varies according to the amount of hay produced and to the availability of water and lime.

Lucerne as well as clover can always thrive on soils poor in potassium provided moderate amounts of potash salts are applied (see *Barbier, Trocmé et al.*).

Some experiments have shown that the application of excessive quantities of potash is not beneficial, and can even have harmful effects (*Kofoed, Brown, Kohnlein et al.*); however, they are not absolutely conclusive. In certain soils, even though large amounts of potash salts may have been applied, owing to fixation reactions the amount of exchangeable potassium does not appreciably increase (see *Schuffelen, Gouny, Morani and Tombesi*).

The amount of potassium used by fodder crops varies in accordance with the oxygen concentration in the rhizosphere (see *Glander*). The amount of potassium taken out of the soil is very large, going up to 700 kg K_2O per hectare per annum (see *Fabris*). Lucerne can accumulate larger quantities of potassium than it needs biologically (we have found up to 4 per cent K_2O in the hay), when it is growing

on land either rich or enriched in potash. On potash-poor soil the amount taken out does not generally go below 250–300 kg per hectare annually. Thus potash fertilizers should be applied generously as soon as the field is put under cultivation, and the application should be repeated in following years.

Potash and phosphate fertilizers help to increase crop density, and to prolong the productive life of a field; they also stimulate the action of the leguminosae.

We have found that the absorption and efficacy of potash is strongly influenced by the presence of molybdenum in soils poor in this trace element.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Düngung der Futterpflanzen

Die Landwirte der mediterranen Regionen sind im Begriff, mehr und mehr den Anbau des Klees, und besonders der Luzerne, zu verstärken, weil diese Futterpflanzen eine Grundlage der Viehernahrung bedeuten.

Die Phosphor-Kali-Dünger sind unerläßliche Elemente für den Ertrag dieser Pflanzen. Die Luzerne schöpft viel größere Mengen Phosphor aus der Erde als alle andern Kulturen; deswegen ist es vorteilhaft, während des Säens und besonders auf bewässerten Böden große Mengen von Phosphaten beizufügen, um den Phosphorgehalt des Bodens auf das Doppelte des von andern Pflanzen benötigten zu steigern.

Ein großer Vorrat an Phosphordünger garantiert unter anderem einen besseren Ertrag bei den anderen Kulturen des Fruchtwechsels.

Die Luzerne und der Ladino-Klee ziehen nur Vorteil aus den stickstoffhaltigen Düngern, wenn sie nach dem Säen angewandt werden.

Die Luzerne braucht Kali-Dünger in Erde mit weniger absorbierbarem Kali als 120 kg/ha nach *Ancellin* und weniger als 150 bis 300 kg/ha nach andern Autoren. Die unterste Kaliumschwelle je ha variiert je nach dem Ertrag von Heu und der Verfügbarkeit von Wasser und Kalk.

Die Luzerne sowie der Klee können in kaliarmem Boden nach Beifügung mäßiger Mengen von Kali-Dünger (s. *Barbier, Trocmé*) trotzdem gedeihen.

Einige Erfahrungen haben gezeigt, daß große Mengen Kali nicht vorteilhaft sind sondern sogar schädlich sein können (*Kofoed, Brown, Kohnlein*, usw.); jedoch sind diese Erfahrungen nicht unbedingt zuverlässig. In einigen Böden steigt wegen der Fixierung die Verfügbarkeit von austauschbarem Kalium nur wenig, sogar wenn große Mengen von Kaliumdünger beigefügt wurden (*Schuffelen, Gouny, Morani und Tombesi*).

Das von den Futterpflanzen absorbierte Kalium variiert je nach der Sauerstoffkonzentration in der Rizosphäre (*Glander*). Der Export von Kalium aus dem Boden ist im allgemeinen sehr hoch, bis zu 700 kg K_2O /ha (*Fabris*). Die Luzerne kann das Kalium in Mengen aufspeichern, die ihre physiologischen Bedürfnisse übersteigen (wir haben bis zu 4 % K_2O im Luzerne-Heu gefunden), sofern sie auf K reichem oder angereichertem Boden wächst. In armem Boden fällt der Export

nicht unter 250 bis 300 kg/ha pro Jahr. Darum sollte das Kalium zu Beginn der Wiesennutzung und auch in den folgenden Jahren immer wieder mit Freizügigkeit verteilt werden.

Unter Anwendung von kalium- und phosphathaltigen Düngemitteln werden die Wiesen ertragreicher und länger nutzbar. Folglich wird auch das Wachstum der Leguminosen angeregt.

Erfahrungsgemäß ist es so, daß in molybdenarmen Böden die Absorption und die Wirksamkeit des Kaliums von der Zugabe des fehlenden Spurenelementes bedeutend beeinflußt wird.

RESUMEN

El abonado de las plantas forrajeras

Los agricultores mediterráneos tienden actualmente cada vez más a intensificar el cultivo del trébol alejandrino y, sobre todo, el de la alfalfa, que son esenciales para la cría del ganado.

Los abonados fosfopotásicos constituyen un elemento indispensable para el rendimiento de estas plantas forrajeras. La alfalfa extrae del suelo dosis mucho más elevadas de fósforo que cualquier otro cultivo. Por este motivo es muy oportuno aplicar, en el momento de la siembra, muy particularmente en terreno irrigado, dosis elevadas de fosfato, con el fin de elevar la concentración fosfórica del suelo a aproximadamente el doble de la que se requiere para los otros cultivos.

El residuo de los abonados fosfóricos en dosis elevadas asegura, además, un rendimiento mejor de los cultivos alternados en caso de rotación de cosechas.

Los abonos nitrosos sólo aprovechan a la alfalfa y al «ladino» cuando son aplicados en el período consecutivo a la siembra.

Se cree que la alfalfa exige el abonado potásico en los suelos que tengan menos de 120 kg/ha de K intercambiable según *Ancellin* y menos de 150 a 300 kg/ha según otros autores. El umbral de suficiencia se disloca con arreglo al rendimiento en heno y según las disponibilidades en agua y cal.

Sin embargo, la alfalfa, así como los tréboles, pueden prosperar en suelos pobres en potasa, a los cuales se han agregado dosis moderadas de sales potásicas (v. *Barbier, Trocmé*, etc.).

Algunas experiencias han revelado que la aplicación de dosis masivas de potasa no es favorable y puede incluso tener efectos perjudiciales (*Kofoed, Brown, Kohnlein*, etc.); sin embargo, no son absolutamente concluyentes. En ciertos suelos, debido a fenómenos de fijación, incluso cuando sales potásicas han sido administradas en grandes cantidades, la disponibilidad de K intercambiable no aumenta en proporciones apreciables (*Schuffelen, Gouny, Morani y Trombesi*).

El K utilizado por el cultivo forrajero varía según la concentración de oxígeno en la rizosfera (*Glander*). Las extracciones de K son generalmente muy elevadas y pueden alcanzar hasta 700 kg/ha por año de K_2O (*Fabris*). La alfalfa puede acu-

mular el potasio en una proporción que excede sus necesidades fisiológicas (hemos encontrado hasta un 4% de K_2O en el heno) cuando se encuentra en terreno rico o enriquecido. En las tierras pobres, las extracciones no suelen bajar a menos de 250 a 300 kg/ha por año.

Por consiguiente, el abonado potásico debe ser distribuido con prodigalidad cuando se comienza la explotación del prado y se repite luego en los años siguientes.

Los abonados potásicos y fosfáticos contribuyen a aumentar la densidad y la duración de exploración del prado; estimulan por consiguiente también la acción de la leguminosa.

En nuestras experiencias, la absorción y la eficacia de la potasa han acusado una fuerte influencia por parte de la utilización de molibdeno, en los suelos pobres en este microelemento.



Leaf and Soil Analysis Studies for the Evaluation of Potassium Requirements of Citrus Trees

A. BAR-AKIVA, A. PORATH AND S. FEIGENBAUM
The National and University Institute of Agriculture
Rehovot - Beit Dagan, Israel

Introduction

During the last decade, foliar analysis developed from being a tool of research to a concrete guide of fertilization for commercial citrus growers (*De Villiers et al. 3; Wilson, 14*). This was achieved by the establishment of standard values, for the various elements, obtained from long term field fertilizer trials and surveys. However, not only do different varieties differ in standard values, but even the same variety shows different values under different environmental conditions (*Heyman-Herschberg, 5*).

In 1954 a potassium fertilizer trial was initiated to study the effect of potassium on yield and quality of Shamouti oranges and to set up the standard K values; (standard values for N and P in Shamouti oranges had previously been established (*Heyman-Herschberg, 4*)). Preliminary results were published elsewhere (*Bar-Akiva et al., 1*) and this communication deals only with the problems arising from the establishment of the leaf K standards. The results of four years of leaf K analysis from the various treatments, presented in Table 1 show that although K treated trees usually had a higher K content in the leaves than the control, they did not reflect the K ratio in the fertilizers. It seems, therefore, that during the first four years of this experiment very little relationship existed between fertilizer applied and K composition in leaves.

Chapman et al. (2) based their set of standards for leaf K mainly on controlled cultures. *Winnik (15)*, in lysimeter studies, was able to show significant differences in leaf K composition, between potassium fertilized and non-fertilized Shamouti orange trees. In field experiments, however *Praloran et al. (9)* and *Wilson et al. (13)* failed to find such a correlation. Because of these different views, it was decided to initiate an investigation into this problem from two directions:

a) Analysis of individual parts of the leaf, such as petiole, midrib and fruit stalks, since some of these were found to be better potassium indicators than the whole leaf (*Ulrich, 12, Nicholas, 8*).

b) Different methods of soil analysis to assess the available potassium.

Experimental

Experimental grove

The grove consisted of 35 plots each containing four fruit-bearing Shamouti orange trees (planted in 1934) budded on sweet lime. Plots were insulated from each other by guard trees. A randomized block design was used, giving five blocks and five replications, of each of the seven treatments.

| Treatments | | | Treatments | | |
|------------|----------------|--|------------|-----------------|--|
| No. 1 | K ₀ | control | No. 6 | K ₁ | 250 g/tree K as K ₂ SO ₄ |
| No. 2 | K ₁ | 250 g/tree K as KCl | | Mg ₁ | 33 g/tree Mg as MgSO ₄ |
| No. 3 | K ₂ | 750 g/tree K as KCl | No. 7 | K ₂ | 750 g/tree K as K ₂ SO ₄ |
| No. 4 | K ₁ | 250 g/tree K as K ₂ SO ₄ | | Mg ₂ | 100 g/tree Mg as MgSO ₄ |
| No. 5 | K ₂ | 750 g/tree K as K ₂ SO ₄ | | | |

The grove is located on sandy soil in the Coastal Plain of Israel in the middle of the main citrus growing area of the country. The grove belongs to the Yachin-Hakal Co. Ltd. and it is cultivated according the Company standards. No manure is given; an uniform N application of 142 lb N/acre per year is given. Phosphorus nutrition was controlled by means of leaf analysis.

Table 1 Leaf-K composition of Shamouti orange leaves in the first four years of the experiment (% of dry matter)

| Treatment | | | Season | | | | Average of four years |
|-----------|--------------------------------|--|---------------|---------------|---------------|---------------|-----------------------|
| | | | 1955/ 1956 | 1956/ 1957 | 1957/ 1958 | 1958/ 1959 | |
| No. 1 | K ₀ | control | 0.64 | 0.47 | 0.66 | 0.49 | 0.56 |
| No. 2 | K ₁ | KCl | 0.75 | 0.59 | 0.78 | 0.54 | 0.66 |
| No. 3 | K ₂ | KCl | 0.56 | 0.63 | 0.71 | 0.65 | 0.64 |
| No. 4 | K ₁ | K ₂ SO ₄ | 0.63 | 0.58 | 0.58 | 0.60 | 0.62 |
| No. 5 | K ₂ | K ₂ SO ₄ | 0.70 | 0.69 | 0.68 | 0.81 | 0.72 |
| No. 6 | K ₁ Mg ₁ | K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ | 0.66 | 0.44 | 0.72 | 0.58 | 0.60 |
| No. 7 | K ₂ Mg ₂ | K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ | 0.72 | 0.61 | 0.74 | 0.69 | 0.69 |

*Results**Leaf analyses*

In December 1958 large leaf samples were taken from the different plots and divided into two parts. The first part was analysed in the usual way. In the second one, the blades were separated from the midribs and each separately analysed. The results are summarized in Table 2.

*Table 2 Comparison of the K composition of blades vs. midribs
(% of dry matter)*

| Treatment | | | Leaf part | | |
|-----------|--------------------------------|--|-----------|-----------------------|---------|
| | | | Blades | Blades without midrib | Midribs |
| No. 1 | K ₀ | control | 0.49 | 0.52 | 0.71 |
| No. 2 | K ₁ | KCl | 0.54 | 0.62 | 0.98 |
| No. 3 | K ₁ | KCl | 0.65 | 0.56 | 0.87 |
| No. 4 | K ₁ | K ₂ SO ₄ | 0.60 | 0.58 | 0.73 |
| No. 5 | K ₁ | K ₂ SO ₄ | 0.81 | 0.73 | 1.07 |
| No. 6 | K ₁ Mg ₁ | K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ | 0.58 | 0.57 | 0.88 |
| No. 7 | K ₁ Mg ₁ | K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ | 0.69 | 0.64 | 0.91 |

In the 1959 experiment the samples were again halved and one part analysed in the usual way; in the second half the K was determined only in the petioles. Fruit stalks of the different treatments were also analysed. These results are summarized in Table 3.

*Table 3 Comparison of the K composition of blades petioles and fruit stalks
(% of dry matter)*

| Treatment | | | Tree part | | |
|-----------|--------------------------------|--|-----------|----------|--------------|
| | | | Blades | Petioles | Fruit stalks |
| No. 1 | K ₀ | control | 0.57 | 1.22 | 0.62 |
| No. 2 | K ₁ | KCl | 0.69 | 1.47 | 0.70 |
| No. 3 | K ₁ | KCl | 0.79 | 1.80 | 0.83 |
| No. 4 | K ₁ | K ₂ SO ₄ | 0.68 | 1.48 | 0.69 |
| No. 5 | K ₁ | K ₂ SO ₄ | 1.06 | 1.97 | 0.74 |
| No. 6 | K ₁ Mg ₁ | K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ | 0.69 | 1.47 | 0.65 |
| No. 7 | K ₁ Mg ₁ | K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ | 0.88 | 1.55 | 0.77 |

Results of analysing individual leaf parts (midrib, petioles) or fruit stalks, showed them to contain more K than that found in blade. Our method, however, showed no advantage over the usual method of analyses in reflecting the potassium treatment of the respective trees (Tables 2 and 3). In the 1958 sampling a poor correlation was found between the K ratio in the fertilizers and either leaves or midribs. In 1959 the correlation with whole leaves was better than with the corresponding petioles or fruit stalks.

Thus after five years (in 1959) of continuous application of the same fertilizer program a relatively good correlation was found between leaves and fertilization. However, even these results were not completely consistent: in the following year, in December 1960, leaf values again did not truly reflect the varying potassium rates in the fertilizers. When leaves were sampled in September, however, instead of December, better results were obtained (Table 4).

Table 4 Comparison of Shamouti leaf-K composition in different times of sampling (% of dry matter)

| Treatment | | | Sampling date | |
|-----------|--------------------------------|--|---------------|----------|
| | | | September | December |
| No. 1 | K ₀ | control | 0.58 | 0.55 |
| No. 2 | K ₁ | KCl | 0.67 | 0.61 |
| No. 3 | K ₂ | KCl | 0.73 | 0.65 |
| No. 4 | K ₁ | K ₂ SO ₄ | 0.68 | 0.69 |
| No. 5 | K ₂ | K ₂ SO ₄ | 1.00 | 0.85 |
| No. 6 | K ₁ Mg ₁ | K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ | 0.66 | 0.61 |
| No. 7 | K ₁ Mg ₂ | K ₂ SO ₄ · MgSO ₄ | 0.86 | 0.79 |

Variations in K distribution in petioles, midrib and blade (Table 2 and 3) led us to investigate the ratio between petiole, midrib and blade. This ratio was found to be narrower for small leaves than for large ones (Table 5). This may explain *Steyn's* (11) findings that small leaves contain more K than large ones.

Table 5 The effect of leaf size on the relative amount of midrib and petiole in the leaves (% in fresh material)

| Leaf size | Petiole | Midrib |
|-------------|---------|--------|
| Large | 2.74 | 11.8 |
| Small | 3.61 | 15.2 |

Soil analyses

In these studies leaf - K values were compared with soil - K values, of the same plots. The exchangeable K content was estimated according to *Richards (10)* and the non-exchangeable K content determined according to *Kolterman et al. (6)* and *Legg et al. (7)*. As a third method for estimating available potassium the method of *Woodruff (16)* was used i.e. measuring the free energy change (ΔF) of the process of Ca/K ion exchange in the soil, according to the following equation:

$$\Delta F = RT \ln \frac{cK}{\sqrt{cCa + Mg}}$$

ΔF = Free energy change in cal/mol °C

R = Gas constant

T = Absolute temperature

cK = K concentration in mol g/l

cCa + Mg = Ca and Mg concentration in mol g/l

Woodruff identifies in soils:

ΔF values of —2500 to —3000 with optimal amount of available K

ΔF values of —2000 or less with excessive amount of available K

ΔF values of —3500 to —4000 as deficient in available K

Table 6 Comparison of the soil potassium with the leaf K composition

| Treatment | | | Leaf K % of dry matter | Soil non-exchangeable K* | Soil exchangeable K* | Value ΔF ** |
|-----------|--------------------------------|---|------------------------|--------------------------|----------------------|---------------------|
| No.1 | K ₀ | control | 0.57 | 0.28 | 0.11 | —3280 |
| No.2 | K ₁ | KCl | 0.69 | 0.37 | 0.30 | —2600 |
| No.3 | K ₂ | KCl | 0.79 | 0.31 | 0.54 | —2010 |
| No.4 | K ₁ | K ₂ SO ₄ | 0.68 | 0.34 | 0.30 | —2520 |
| No.5 | K ₂ | K ₂ SO ₄ | 1.06 | 0.31 | 0.47 | —2190 |
| No.6 | K ₁ Mg ₁ | K ₂ SO ₄ ·MgSO ₄ | 0.69 | 0.34 | 0.29 | —2500 |
| No.7 | K ₂ Mg ₂ | K ₂ SO ₄ ·MgSO ₄ | 0.88 | 0.38 | 0.61 | —1980 |

* = mEq in 100 g soil

** = cal/mol °C

The average results of soil - K of the three layers 10-30, 30-60 and 60-90 cm, are summarized in Table 6 and compared with the same year's data on leaf analysis. A more detailed picture of the various soil - K estimations is presented in Figures 1, 2 and 3.

The non-exchangeable potassium did not differ much, neither between K treated and control nor between treatments K_1 or K_3 . On the other hand exchangeable K and the ΔF values gave a good reflection of differences in the fertilizer program.

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| Treatment No. 1 = K_0 | control |
| Treatment No. 2 = K_1 | KCl |
| Treatment No. 3 = K_3 | KCl |
| Treatment No. 4 = K_1 | K_2SO_4 |
| Treatment No. 5 = K_3 | K_2SO_4 |
| Treatment No. 6 = K_1Mg_1 | $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$ |
| Treatment No. 7 = K_3Mg_3 | $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$ |

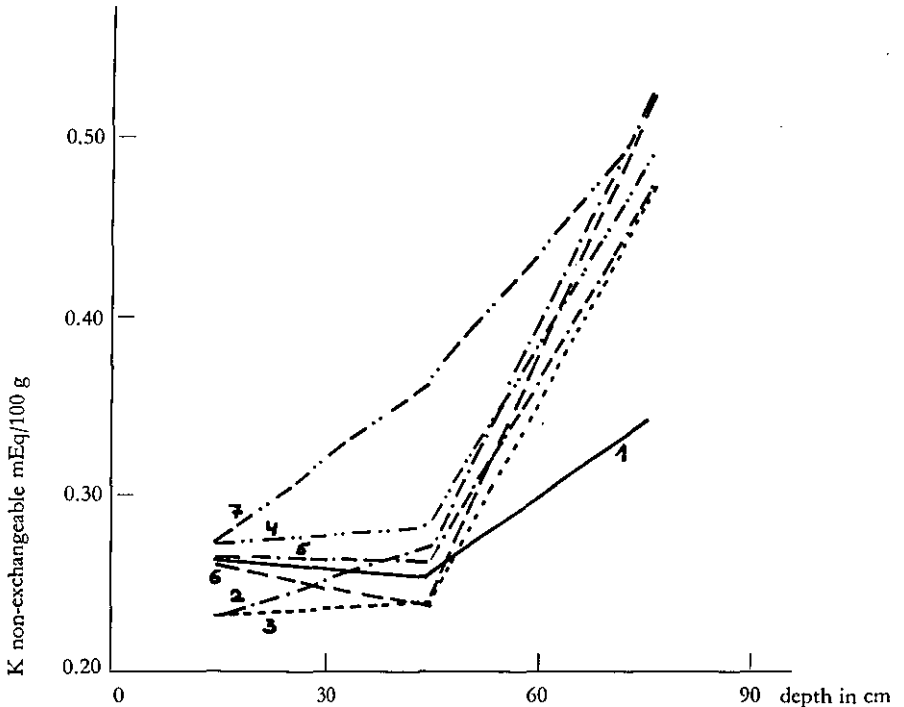


Figure 1 The influence of the different treatments on the non-exchangeable potassium in the soil

- Treatment No. 1 = K_2 control
- Treatment No. 2 = K_2 KCl
- Treatment No. 3 = K_2 KCl
- Treatment No. 4 = K_2 K_2SO_4
- Treatment No. 5 = K_2 K_2SO_4
- Treatment No. 6 = K_2Mg $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$
- Treatment No. 7 = K_2Mg $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$

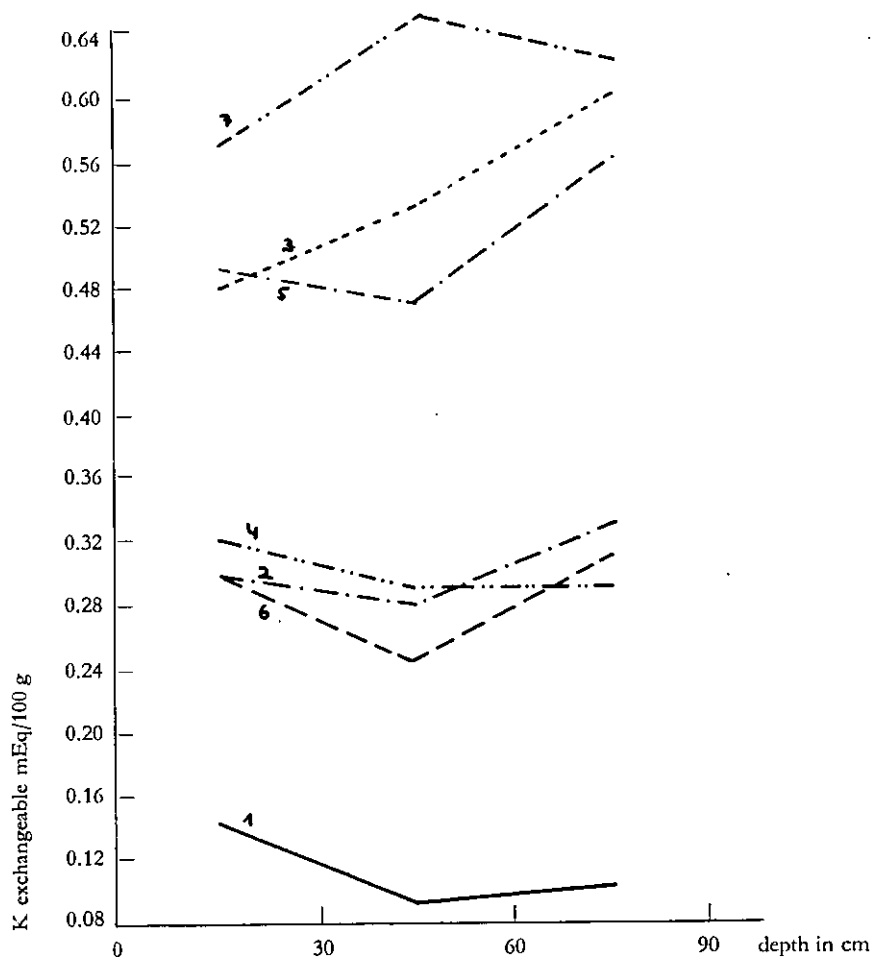


Figure 2 The influence of the different treatments on the exchangeable potassium in the soil

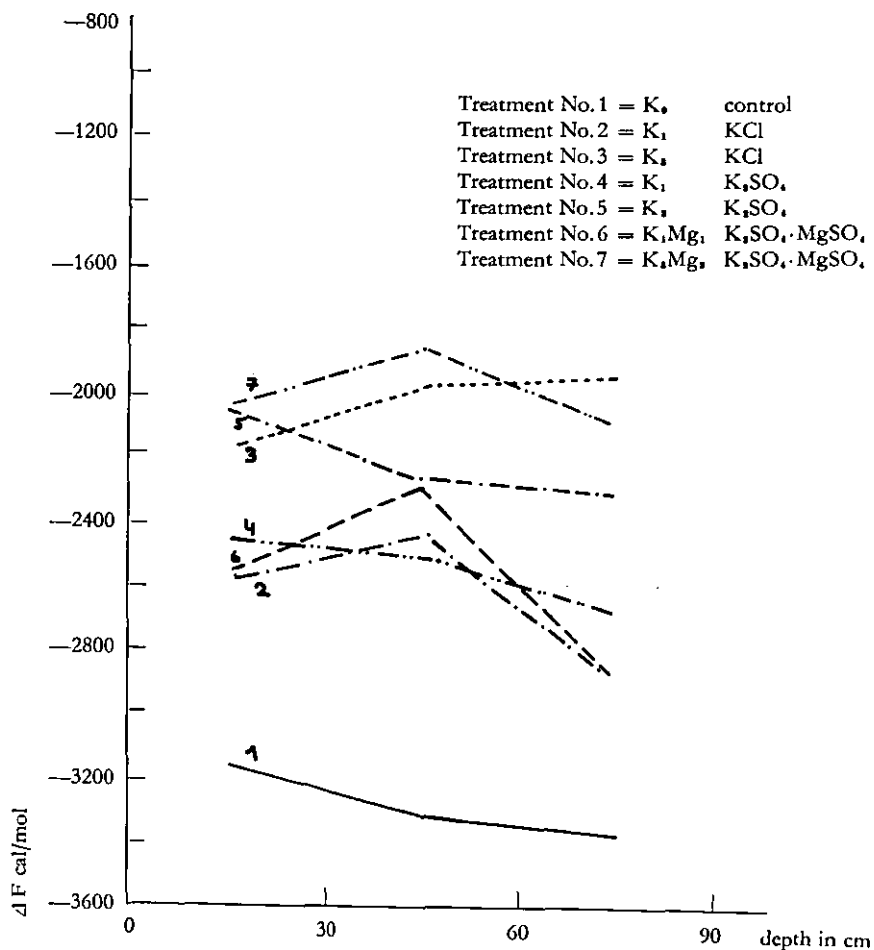


Figure 3 The influence of the different treatments on the ΔF values in the soil

Discussion

Our leaf analysis data confirm the results, obtained by *Wilson et al.* (13) and *Praloran et al.* (9), that the year to year fluctuations of leaf - K values have little connection to the potassium nutrition of the respective trees. Even *Chapman et al.* (2) point out that under field conditions trees *not* deficient in potassium may show fairly wide variations from one year to the next. Apparently this fluctuation decreases after several years of continuous

potassium application, but it does not disappear completely. Moreover, since this fluctuation seems somewhat less in younger leaves it may be necessary to change our sampling date from December to September.

The relatively higher rate of potassium-rich leaf parts (petiole and midrib) in small leaves suggests that undersized or abnormally large leaves be omitted from the samplings as recommended by *De Villiers et al.* (3). This phenomenon may also explain *Steyn's* (11) findings of increased K content in small leaves as compared to large ones of the same tree.

The year to year consistently higher leaf-K composition of the K_3 , K_2SO_4 (treatment No. 5) probably indicates preferential uptake of potassium with sulphate rather than with chloride. However, in the K_1 treatments no such difference was found. This differential uptake of K is less conspicuous when magnesium is also supplied (treatment No. 7); this is perhaps due to the antagonistic effects of the latter on the K absorption.

Of the three types of soil analysis the exchangeable K and ΔF values gave good correlation with the fertilizer treatment and also with leaf-K values. In spite of this correlation exchangeable K has a limited value as a method of estimating potassium requirement of citrus orchards planted on different soil types. For this reason the method of measuring the ΔF value, which apparently is independent of soil type, is more promising (*Woodruff*, 16). Indeed if we compare the leaf-K composition of the K_0 treatment (0.57%) with the ΔF value of the same plot (-3280) we find that both of them fall into the low potassium category as defined by *Chapman et al.* (2) for leaves and for ΔF values for soil by *Woodruff* (16). The same is true for the K_1 treatment, where both values indicate the low range of the optimum. The same trend was shown for every treatment.

Conclusions

The fact that potassium varies from one year to the next with little relationship to the amount of potassium applied as fertilizer, should be taken an account when using leaf analysis as a tool for determining current fertilizer needs. Apparently several years of leaf-K data are necessary before a precise fertilizer program can be worked out.

Leaf petioles and midribs and fruits stalks appear to have the same fluctuation as the lamina.

The year to year fluctuation diminishes after several years of continuous application of potassium fertilizers and it is apparently less in younger leaves than in older ones.

If the interpretation of leaf analysis data concerning potassium is doubtful, determination of ΔF values in soil may be helpful in evaluating potassium needs in the orchard.

ΔF values may be also useful for the evaluation of potassium needs in young orchards where leaf analysis has not yet been introduced.

Acknowledgements

The authors are indebted to the Dead Sea Works Ltd. for the financial support extended for this research.

Summary

Evidence is presented which indicates that the considerable variations in potassium content found in citrus leaves have little relationship to the amount of fertilizer applied. Although the leaf petiole or midrib had higher K content, it did not produce more consistent results than the lamina.

This potassium fluctuation in leaves decreases after several years of continuous potassium application and is smaller in younger leaves than in older ones.

Good correlations were found between various soil tests and K content in leaves. The value of soil tests as a diagnostic tool is discussed.

Publication of the National and University Institute of Agriculture, Rehovot, Israel. 1962 Series, No. 451-E.

Bibliography

1. Bar-Akiva, A., and Heyman-Herschberg, Lotte.: Potassium fertilizer experiment in Shamout orange grove. (Hebrew) Preliminary Report No.270, Agr. Res. Station, Rehovot - Beit Dagan (1960)
2. Chapman, H. D., and Brown, S. M.: Analysis of orange leaves for diagnosing nutrient status with reference to potassium. *Hilgardia* 19 No. 17, 501-539
3. De Villiers, J. I., and Beyers, C. J.: Leaf analysis as a guide to fertilization in commercial orange growing. *Plant Analysis and Fertilizer Problems*. p.107-119, Edit. W. Reuther AIBS, Washington 1961
4. Heyman-Herschberg, Lotte.: Soil and leaf analysis as indicators of fertilizer requirement in Shamouti orange groves. *Bull. Res. Council of Israel* 1, 20-37 (1954)
5. Heyman-Herschberg, Lotte.: A survey of the effect of fertilizing practices on the macronutrient composition of citrus leaves in Israel. *J. Agric. Res. Sta. Rehovot, Ktavim* 6, 17-33 (1956)
6. Kolterman, S. W., and Truog, E.: Determination of fixed soil potassium. *Proc. Soil Sci. Soc. Am.* 17, 347-351 (1953)
7. Legg, I. O., and Axley, J. H.: Investigation of fixed potassium in soils. *Proc. Soil. Sci. Soc. Am.* 22, 287-290 (1958)
8. Nicolas, D. J. D.: An appraisal of the use of chemical tissue tests for determining the mineral status of crop plants. *Plant Analysis and Fertilizer Problems*. p. 119-139, I. R. H. O., Paris 1956

9. *Praloran, J.C., and Minot, F.* : L'alimentation minérale des oranges d'après l'analyse des feuilles. Plant Analysis and Fertilizer Problems, p.322-336, I. R. H. O., Paris 1956
10. *Richards, L. A.* Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agricultural Handbook No. 60, p.100, U. S. D. A., 1954
11. *Steyn, W. J. A.* : The errors involved in the sampling of citrus and pineapples plants for leaf analysis purposes. Plant Analysis and Fertilizer Problems, p.416, Edit. W. Reuther AIBS, Washington 6, D. C., 1961
12. *Ulrich, A.* : Plant analysis. Methods and interpretation of results. Diagnostic techniques for soils and crops., p. 157-189, American Potash Institute Washington 6, D. C., 1948
13. *Wilson, A. E., and Army, W. Y.* : Potash relationships in commercial groves. Citrus Industry 40, No. 2, 14-21 (1959)
14. *Wilson, A. E.* : Leaf analysis and fertilizer control in commercial citrus production. Plant Analysis and Fertilizer Problems. Edit. W. Reuther, p.107-119, AIBS, Washington 6, D. C., 1961
15. *Winnik, M.* : Some effects of P and K deficiencies on orange tree growth, composition and fruit quality. Transaction 4th Internat. Congr. Soil. Sci., Amsterdam 1, 240-242 (1950)
16. *Woodruff, C. H.* : The energy of replacement of calcium by potassium in soils. Proc. Soil. Sc. Soc. Am. 19, 167-169 (1958)



Phénomènes de synergisme molybdène-potassium dans la nutrition potassique des plantes

DOCT. ALDO BAROCCIO

Station Expérimentale de Chimie Agraire, Rome (Italie)

Au cours d'essais de fumure phosphatée et potassique entrepris sur des luzernières dans de nombreuses exploitations de l'Italie centrale (*Baroccio, Pisano et Morani, 3; Morani et Baroccio, 6*), nous avons observé que les distributions additionnelles de molybdène produisaient dans chaque cas une remarquable augmentation de la teneur en potassium des fourrages.

L'aptitude de ce microélément à modifier les processus de la nutrition minérale de la plupart des plantes, particulièrement des légumineuses, avait été observée depuis longtemps. Les effets du molybdène tant au point de vue physiologique que phytopathologique, avaient été étudiés, à côté de ceux du vanadium, en ce qui concerne l'absorption et l'évolution de l'azote dans beaucoup d'espèces cultivées et de cryptogames; les résultats en sont bien connus.

Le synergisme molybdène-calcium a été lui-même largement étudié et reconnu essentiel pour l'adaptation et le développement des légumineuses (*Grimmet, 4; Anderson et Oertel, 1; Plant, 9; Peterburgskii et Sidorova, 8*). L'effet positif du molybdène sur l'absorption des phosphates fut observé par *Stout (12), Mulder (7), Possingham (10) et Yakovleva (14)*, tandis qu'un synergisme molybdo-phosphorique avait été déjà remarqué par *Anderson et Thomas (2)* dans les processus de fixation de l'azote en sols latéritiques et podsolisés. Des phénomènes de synergisme du molybdène avec le manganèse et le bore ont été signalés respectivement par *Millikan (5)* et par *Anderson et Oertel (1)*; il semble probable que d'autres manifestations de l'activation des processus de nutrition des végétaux provoquées par cet important microélément, aient mérité l'intérêt des savants.

En particulier, à l'égard de la potasse, il faut rappeler qu'au cours d'expériences en pot, *Trumble et Ferres (13)* remarquèrent une fréquente interaction positive entre le molybdène et le potassium, dans le développement de certaines légumineuses. Plus tard, *Rossiter (11)*, a avec des expériences en pot sur trèfle, ayant comme substratum un sol faiblement acide et pauvre

en molybdène, observé que l'interaction chaux-molybdène augmentait en fonction des niveaux de potassium assimilable.

L'interaction molybdène-potassium devenait, en outre, fort positive pendant les dernières phases du développement, mais seulement en l'absence de chaux. Ce n'est que sur le poids de la récolte et sur la surface des feuilles que ces effets ont été constatés.

Les changements de la teneur en potassium de la luzerne, observés dans nos expériences, faisaient plus fortement ressortir cette interaction, et suggéraient l'intérêt d'expériences plus détaillées et étendues même à d'autres espèces.

Description des expériences

Expériences en champs sur luzerne. Sur 4 sols, d'Italie centrale (3, 6) fumés à la plantation de la luzernière avec du superphosphate (16 q/ha) et du sulfate de potasse (2,5 q/ha) on a obtenu les résultats analytiques rassemblés dans le tableau 1, dans les fourrages des parcelles, traitées ou non, avec 2 kg/ha de molybdate d'ammonium.

Tableau 1 *Expériences en champ sur luzerne : résultats analytiques*

| Localités | Molybdène assimilable en ppm | K ₂ O total % dans les foins : moyenne de 7 à 11 coupes | |
|-----------------------|------------------------------|--|---------|
| | | sans Mo | avec Mo |
| Torrimpietra | 0,435 | 3,31 | 3,44 |
| S. Donato | 0,375 | 2,06 | 2,23 |
| Maccarese ch. n° 1175 | 0,420 | 2,68 | 2,91 |
| Maccarese ch. n° 1137 | 0,440 | 2,28 | 2,39 |

Les différences étaient statistiquement significatives à différents niveaux dans tous les sols, et davantage lorsque les teneurs en potassium assimilable du sol étaient les plus élevées.

Expériences en pot sur luzerne. Dans des pots Mitscherlich, on a expérimenté 5 sols, dont les caractéristiques étaient bien différenciées, auxquels on a distribué deux doses de sulfate de potassium (65 et 130 ppm) et deux doses de molybdate d'ammonium (0,5 et 1 ppm) ainsi que 200 ppm de superphosphate. Le semis de la luzerne a été suivi par l'analyse des fourrages des trois

coupes de la première année, dont les résultats sont rassemblés dans le tableau 2.

Tableau 2 *Expériences en pot sur luzerne : résultats analytiques*

| Localités | K ₂ O échangeable en ppm | Molybdène assimilable en ppm | K ₂ O total % dans les foins : moyenne de trois coupes aux deux niveaux de K | | |
|--|-------------------------------------|------------------------------|---|-------------------|-----------------|
| | | | Mo ₀ | Mo _{0,5} | Mo ₁ |
| Maccaresse ch. n° 1229 (argileux) | 110 | 1,405 | 2,10 | 2,27 | 2,41 |
| Maccaresse ch. n° 970 (sableux-calcaire) | 50 | 1,050 | 2,50 | 2,65 | 2,83 |
| Pomezia (sableux-argileux) | 600 | 1,205 | 2,30 | 2,41 | 2,53 |
| Monte dell'Oro (sableux-calcaire) | 80 | 1,820 | 2,05 | 2,33 | 2,75 |
| Furbara (argileux-sableux) | 170 | 0,710 | 2,00 | 2,13 | 2,23 |

Etude statistique : F calculé pour l'effet du molybdène : 1^{re} coupe 11,41 ; 2^e coupe 9,10 ; 3^e coupe 6,15
F tabellaire pour P = 0,05 : 3,44 ; P = 0,01 : 5,72

L'étude statistique, faite sur l'ensemble des résultats relatifs aux cinq sols, indique l'existence de différences significatives, pour P = 0,01 dues à l'action des deux doses de molybdate, dans chaque cas.

Expériences en pots sur blé. Sur 4 des sols précédents, en pots, traités d'une manière analogue, on a cultivé du blé (var. « *Autonomia* »), et on a déterminé la teneur en potassium des feuilles dans les phases du tallage et de l'épiaison ainsi que dans les grains. Les résultats obtenus sont indiqués dans le tableau 3.

Tableau 3 *Expérience en pot sur blé : résultats analytiques*

| Localités | K ₂ O total % aux deux niveaux de K | | | | | | | | |
|------------------------|--|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|-----------------|-------------------|-----------------|
| | dans les feuilles lors | | | | | | dans les grains | | |
| | du tallage | | | de l'épiaison | | | | | |
| | Mo ₀ | Mo _{0,5} | Mo ₁ | Mo ₀ | Mo _{0,5} | Mo ₁ | Mo ₀ | Mo _{0,5} | Mo ₁ |
| Maccaresse ch. n° 1229 | 3,05 | 3,06 | 3,22 | 2,59 | 2,88 | 2,95 | 0,35 | 0,37 | 0,32 |
| Maccaresse ch. n° 970 | 2,81 | 3,05 | 3,26 | 2,53 | 2,91 | 2,97 | 0,27 | 0,37 | 0,31 |
| Pomezia | 2,99 | 2,99 | 3,09 | 2,59 | 2,61 | 2,53 | 0,36 | 0,36 | 0,43 |
| Monte dell'Oro | 3,15 | 3,15 | 3,14 | 2,30 | 2,83 | 2,91 | 0,13 | 0,13 | 0,19 |

Etude statistique : F calculé pour l'effet du molybdène : tallage 6,95 ; épiaison 12,53
F tabellaire pour P = 0,05 : 3,59 ; pour P = 0,01 : 6,11

Ici, l'étude statistique des résultats des analyses foliaires indique l'existence de différences significatives à $P = 0,01$ dues à l'action des deux doses de molybdate, sur trois des quatre sols (le sol de Pomezia, volcanique, qui était déjà fort riche en potasse échangeable, fait exception). Par contre, les résultats des analyses des grains sont très irréguliers et ne permettent aucune conclusion.

Expériences sur plantules de luzerne et de blé. Sur sable de quartz traité avec solution nutritive, sans et avec molybdate d'ammonium (0,5 et 1 ppm) on a laissé croître des plantules de froment et de luzerne jusqu'au 18^e jour. Le matériel recueilli a ensuite été calciné et le potassium déterminé.

Sur luzerne le pourcentage de K_2O monte de 4,28 à 6,13 et à 6,53 avec les deux doses de molybdate; sur le blé de 4,54 à 6,60 et à 7,40 respectivement. Cela démontre que l'activation de l'absorption potassique par le molybdène a lieu dès les premières phases de la croissance et pas seulement pendant les dernières.

Résumé

Le synergisme molybdène-potassium, entrevu par *Rossiter (11)*, a été confirmé au moyen de l'analyse des foins et des plantules de luzerne, et des feuilles de blé.

L'augmentation de la teneur en potassium des organes en activité photosynthétique était hautement significative dans tous les cas, spécialement en présence des plus hautes teneurs en potassium du sol, alors que ce phénomène ne s'observait pas dans les graines. Pourtant le molybdène peut être considéré comme un activant du rôle du potassium dans les végétaux.

Bibliographie

1. *Anderson, A.J., et Oertel, A.C.*: Factors affecting the response of plants to molybdenum. Australia Council Sci. Ind. Research Bull. 198 (pt. 2), 25-44 (1946)
2. *Anderson, A.J., et Thomas, M.P.*: Plant responses to molybdenum as a fertilizer: 1. Molybdenum and symbiotic nitrogen fixation. Australia Council Sci. Ind. Research Bull. 198 (pt. 1), 7-24 (1946)
3. *Baroccio, A., Pisano, G., et Morani, V.*: Esperienze di concimazione fosfatica e solfatica al medicaio. Ann. Sper. Agr., n. s., vol. XIV, n° 3, 437-453 (1960)
4. *Grimmett, R.E.R.*: Soil fertility research station. New Zealand J. Agr. 73, 385-392 (1946)
5. *Millikan, C.R.*: Effect of molybdenum on the severity of toxicity symptoms in flax induced by an excess of either manganese, zinc, copper, nickel or cobalt in the nutrient solution. J. Australian Inst. Agr. Sci. 13, 181-186 (1947)

6. *Morani, V.*, et *Baroccio, A.*: Studi sulla concimazione fosfatica al medicaio: esperienze nel Lazio e in Toscana. Ann. Staz. Chim. Agr. Roma, ser. III, n° 136 (1958)
7. *Mulder, E.G.*: Molybdenum in relation to growth of higher plants and microorganisms. Plant and Soil 5, 368-415 (1954)
8. *Peterburgskii, A.V.*, et *Sidorova, N.K.*: Doklady Moskov. Sel'shokhoz Akad. im K.A. Timiryazeva, Nauch. Konf. 31, 43-48 (1957)
9. *Plant, W.*: The relation of molybdenum deficiency to the acid soil complex. Trans. 4th Intern. Congr. Soil Sci. 2, 148-151 (1950)
10. *Possingham, J.V.*: The effect of molybdenum on the organic and inorganic phosphorus of plants. Australian J. Biol. Sci. 7, 221-224 (1954)
11. *Rossiter, R.C.*: Studies on the nutrition of pasture plants on the southwest of western Australia. IV Australian J. Agr. Research 3, 244-258 (1952)
12. *Stout, P.R.*, et al.: Molybdenum nutrition of crop plants. I. Plant and Soil 3, 51-87 (1951)
13. *Trumble, H.C.*, et *Ferres, H.M.*: Responses of herbage legumes to applied nutrients on some Southern-Australian soils and their dependence on external factors. J. Australian Inst. Agr. Sci. 12, 32-43 (1946)
14. *Yakovleva, V.V.*: Udobr. Urozh. 12, 23-29 (1958)



Potassium Deficiency as a Result of Increased Nitrogen Fertilization in Irrigated Pastures

AMOS DOVRAT

National and University Institute of Agriculture
Rehovot, Israel

Interest in the interactions of N/K fertilizers as related to pasture yields, in grazed herbage swards as well as cut, is undoubtedly stimulated through the growing recognition of the favourable responses which can be obtained, both in increased forage production and protein content, by the use of relatively large amounts of nitrogen (*Jackson, 14; Holmes, 12, 13; Castle, 3; Stewart, 18; Haussmann, 11; Walsh, 19*). An additional example of such interaction is provided by the sudden appearance of acute K deficiency symptoms in autumn seeded Berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) into irrigated Rhodes grass (*Chloris gayana*) swards, when massive doses of sulphate of ammonia were applied during the summer to the latter (*Dovrat, 4*) in a soil generally considered to be adequately supplied with available potassium.

The general lack of yield responses to fertilizer K under local conditions (*Arnon, 1*), precluded the testing of methods in the determination of available potassium. The above reported case, therefore, provided a suitable opportunity for evaluating methods for determining soil potassium availability (*Hagin, 10*).

This paper presents additional information on the response to fertilizer K, in the presence of increased amounts of nitrogen, in irrigated pastures; some of the mechanisms involved in N/K relationships under such conditions are discussed.

Contribution from the National and University Institute of Agriculture, Rehovot, Israel. 1962 Series, No. 457-E

Part of the data in this paper is contained in a Ph.D. thesis submitted to the Senate of the Hebrew University, Jerusalem. This work was carried out under the guidance of Prof. S. Hurwitz and Dr. J. Hagin.

Field responses to fertilizer K in the presence of increased amounts of sulphate of ammonia

Significant yield increases were obtained with each increment of 120 kg N per ha, as sulphate of ammonia, up to a total of 480 kg N per ha and season. Such massive nitrogen applications were found to be economical as well. Treatments were applied in split applications, in established irrigated pastures consisting of perennial summer grasses, Rhodes grass and *Paspalum (Paspalum dilatatum)*, on three different soil types, during a two to three year experimental period (Dovrat *et al.* 7). Grasses dominated during the summer and autumn period; when they entered dormancy, annual legumes, either Berseem clover or vetch (*Vicia sativa*), were overseeded into the pasture sod.

The application of increasing amounts of nitrogen during the first summer season in the Beit Dagan experiments (soil: loamy sand, pH 7.5, CaCO₃ 0.4%, organic matter 1.0%, total cation exchange capacity approximately 7 mEq/100 g, percentage K of total cation exchange capacity 3.1%), in the absence of phosphate and potash, resulted in decreasing yields of clover during the following winter season.

Although phosphate applied in autumn significantly increased clover yields it did not alter the trend of decreasing yields in a reversal relationship to the amount of sulphate of ammonia applied during the summer. The autumn application of potash in addition to phosphate disrupted this trend (Table 1).

Table 1 Effect of potassium sulphate and superphosphate on overseeded Berseem clover, Beit Dagan 1958|59 (kg dry matter per ha)*

| P ₂ O ₅ as superphosphate kg per ha | Total N, as sulphate of ammonia, kg per ha** | | | | |
|--|--|------|------|--------------------|--------------------|
| | 0 | 120 | 240 | 360 | 480 |
| 0 | 2380 | — | — | 2160 | 1960 |
| 128 in autumn | — | — | — | 3400 | 2980 +K 3960*** |
| 128 in autumn plus 48 in spring | 4250 | 4130 | 3740 | 3420 +K 4360*** | 2870 +K 4180*** |
| LSD (P < 0.05): 460 kg per ha | | | | | |

* Total yields from three cuttings (January–May)

** Applied during preceding summer to Rhodes grass

*** 180 kg K₂O, as potassium sulphate, per ha in autumn

Similar results were obtained during the second winter season when vetch was overseeded following increased nitrogen fertilization to the Rhodes grass. During the third winter season no legume could be established without potassium fertilizer.

In similar experiments carried out on a Paspalum sward in Yagur (soil: clay, pH 7.5, CaCO₃ 8.8%, organic matter 3.9%, total cation exchange capacity approximately 51 mEq/100 g, percentage K of total cation exchange capacity 1.4%), a significant K response in the winter legume was found after the second season of increased nitrogen fertilization.

No K yield responses in legumes were found throughout the experimental period in a Rhodes grass pasture in Kefar Ruppim (soil: clay, pH 7.9, CaCO₃ 57.2%, organic matter 3.8%, total cation exchange capacity approximately 28 mEq/100 g, percentage K of total cation exchange capacity 3.8%).

The occurrence of K responses in the overseeded legumes in two out of three soils within a relatively short period could partly be attributed to the accelerated removal of K from the soil, proportionate to the increase of dry matter continuously produced by the summer grasses due to nitrogen (Dovrat, 6). This is in accordance with the findings of Jackson *et al.* (14), who report similar N/K plant-soil relationships in Coastal Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) on a loamy sand fertilized with equivalent amounts of N as ammonium nitrate. The plots produced similar dry matter yields as in

Table 2 Effect of split applications (total 120 kg K₂O as potassium chloride per ha) on yields of overseeded Berseem clover and highly nitrogen fertilized Rhodes grass, Beit Dagan 1959/60. (kg dry matter per ha)

| K ₂ O kg per ha | Berseem clover* | Rhodes grass** |
|--|-----------------|----------------|
| without K | 2760 | 18470 |
| 60 in autumn 60 in spring | 4570 | 18770 |
| 40 in autumn 40 in early spring 40 in summer | 4830 | 18480 |
| 120 in autumn | 5060 | 18590 |
| LSD (P < 0.05) | 800 | NS |
| (P < 0.01) | 1000 | |

* Total yields from five cuttings (December–April)

** Total yields from seven cuttings (May–October), fertilized with total 480 kg N, as sulphate of ammonia, per ha

our experiments. For practical purposes this would mean that the level of available K at the end of the summer period had reached a point at which the rate of K release from less available forms was smaller than that of K uptake required by overseeded legumes. Or, otherwise, that there exist distinct differences in the capacity between grasses and legumes to extract K from the soil partly explained by a root effect such as cation exchange capacity of roots as shown by *Drake et al.* (8, 9).

This is well illustrated in the results of experiments in which split applications of potash from autumn onwards were given to overseeded Rhodes grass during the second season (Table 2).

Table 2 shows that 60 kg K₂O/ha applied in autumn produced optimum clover yields but a subsequent application had no effect on Rhodes grass. Rhodes grass responded to K fertilizer only after three seasons of massive N applications. Thus the occurrence of K deficiency in the overseeded legume does not necessarily mean that the grass would instantly profit from K fertilization; i.e. chances are great that grass yields would soon be decreasing because of lack of available soil K.

Plant responses to K fertilizer and Woodruff's ΔF value for evaluating soil K availability

Soil samples from the 0–15 cm layer, from a number of the N/K treatments at the three localities (Beit Dagan, Yagur and Kefar Ruppim), were collected during the second winter season for potassium analyses. Determinations of total cation exchange capacity, exchangeable K (described by *Richards*, 17) and energies of replacement, ΔF value*, according to *Woodruff* (20, 21) were used as a criterion for soil K availability. *Hagin* and *Dovrat* (10) reported from these experiments that in cases where the free energies of replacement of calcium and magnesium by potassium (ΔF) were higher than —4200 cal, the supply of available potassium was adequate for overseeded clover and vetch, whereas for lower values, i.e. lower than —4200, potassium deficiency and resulting yield decreases were observed. The data seemed in close agreement with those presented by *Woodruff* (20) for soils under moist conditions. Furthermore, it was found that the values obtained from exchangeable K determinations expressed as mEq of exchangeable K per 100 g soil, or as percentage of total cation exchange capacity,

* ΔF values were obtained from the equation:

$$\Delta F \text{ (in cal/mol)} = 1364 \log \frac{K}{\sqrt{Ca + Mg}}$$

where K, Ca and Mg represent the concentration of these cations in the extracted soil solution in moles per liter.

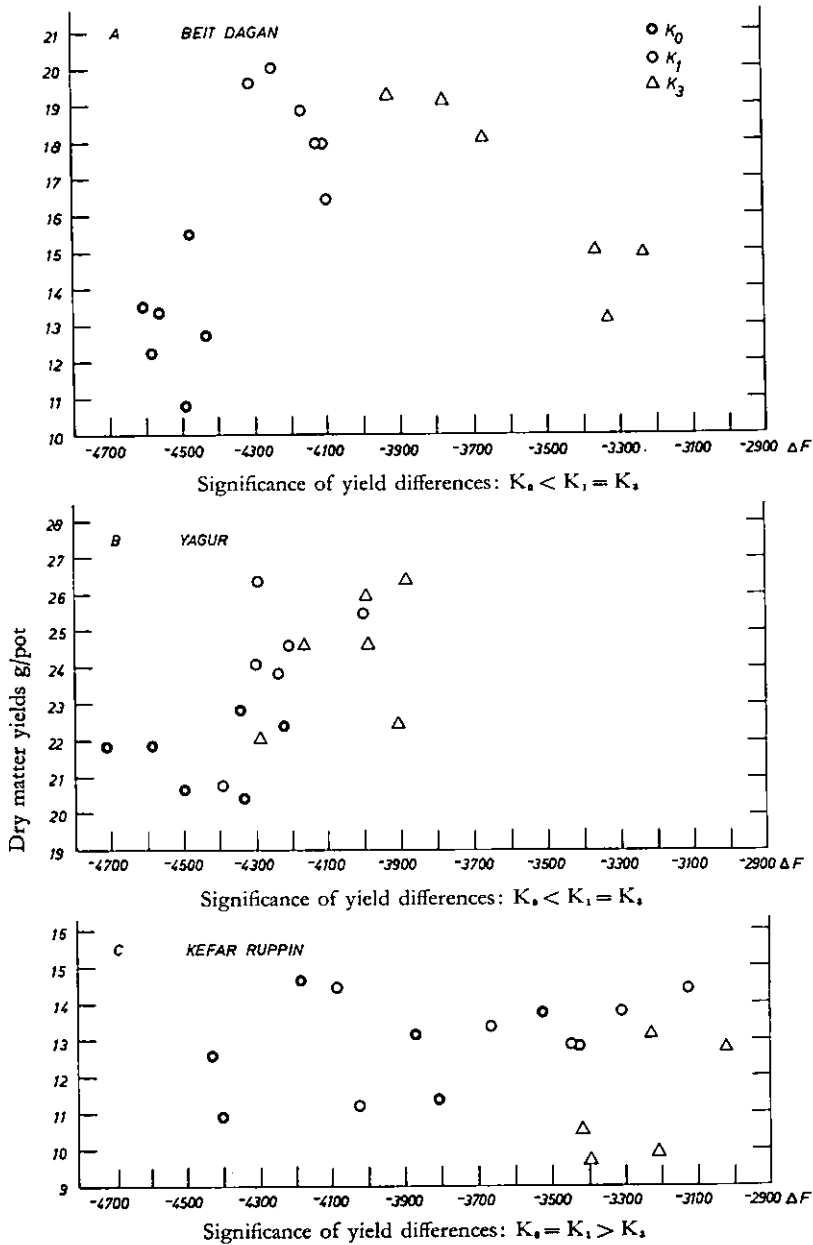


Figure 1 Maize yields as a function of ΔF values in three soils

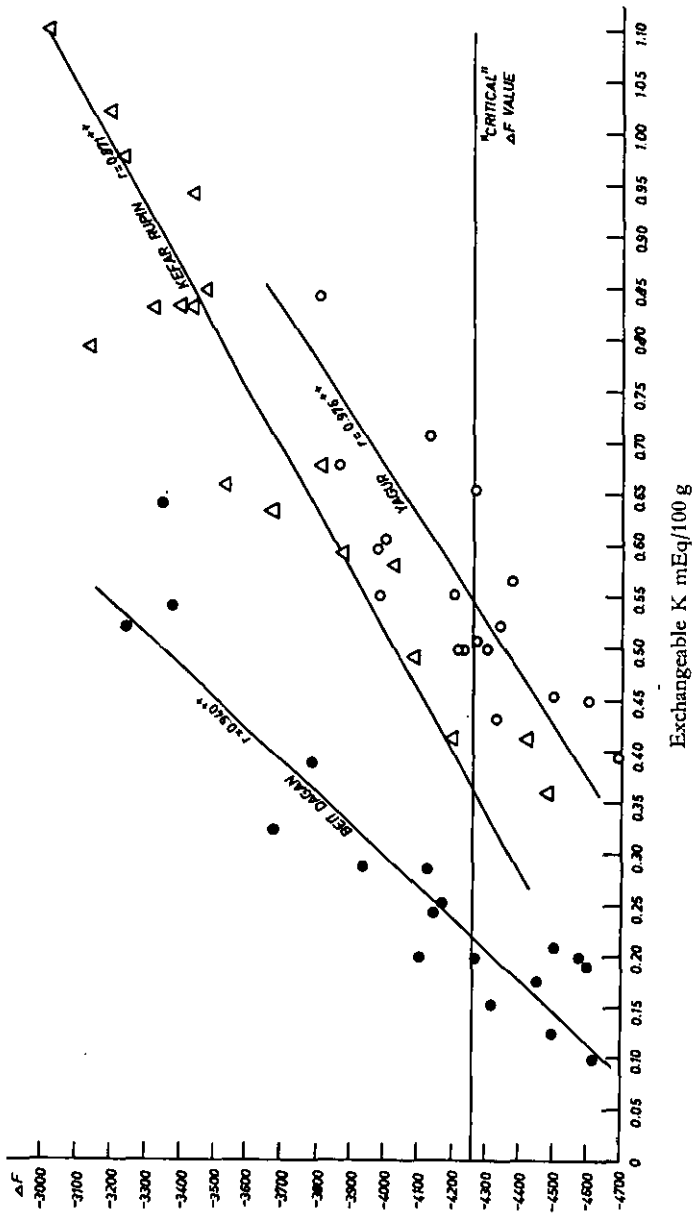


Figure 2 Relationship between ΔF and exchangeable K values in three soils prior to the growing of green maize

did not reflect the status of soil potassium availability to plants as well as the ΔF values.

Further work along those lines with the above pasture soils was carried out in a series of pot experiments using soil from the 0–30 cm layer. Simultaneously two rotations of four different forage crops were grown successively in Mitscherlich vessels containing approximately 10 kg of soil over a period of almost one year. The K treatments (as KCl) were K_0 = control, K_1 = 1 g per pot and K_3 = 3 g per pot. They were applied at the start of the experiment and prior to the growing of the third crop. A standard application of N and P fertilizer was given to all pots throughout the experiment. Data are presented here on green maize, the last crop harvested from pots in both rotations.

In Figure 1 dry matter yields of maize, harvested 47 days after seeding, are plotted against ΔF values, as a measure of soil K availability, determined at the start of the growing of maize, in three soils.

In the Beit Dagan soil (Fig. 1A), no significant yield increase was obtained after ΔF had reached a value between -4300 and -4200 , whereas a value lower than this indicated K deficiency. From the Yagur soil (Fig. 1B), where a similar yield response was obtained, it can be seen that significantly lower yields were also associated with ΔF values lower than -4300 to -4200 . Here again no significant yield increase was obtained when ΔF was higher than -4200 . In the Kefar Ruppin soil (Fig. 1C) almost all ΔF values were higher than -4200 and no significant yield increase occurred as a result of K fertilization. This "critical" ΔF values in pots were found to be similar to those found under field conditions.

It is of interest to note, however, that a significant yield decrease took place as soon as ΔF values had risen over -3500 to -3400 in Kefar Ruppin, indicating that excessive amounts of potassium in relation to the amounts of Ca and Mg were present. A similar trend can be found as well in the Beit Dagan soil (Fig. 1A).

Another aspect, of practical as well as theoretical interest, is the relationship between ΔF and exchangeable K values determined in these soils (Fig. 2).

A highly significant correlation was found in each soil between the two values, ΔF and exchangeable K, which are both supposed to be an estimate of soil K availability. It is outside the scope of this paper fully to discuss the type of regression which characterized these relationships. For the sake of simplicity, therefore, we have drawn lines through the dots of each respective soil assuming linear regression. *Woodruff's* ΔF value was found

to provide a better generalized estimate for soil K availability than exchangeable K value.

After having adopted a "critical" ΔF value —4300 to —4200 (drawn in Fig. 2 as a horizontal line), the meeting points of this line with the regression lines, would indicate the approximate "critical" exchangeable K value, i.e. value at which K deficiency can be expected in the respective soils. It is readily seen, that these are different in the three soils investigated. They are, approximately, for Beit Dagan 0.20, Kefar Ruppin 0.35 and Yagur 0.55 mEq K/100 g. Or, if we express these values as percentage K of total cation exchange capacity we obtain for Beit Dagan 2.8%, Kefar Ruppin 1.3% and Yagur 1.1%. The possibility of correctly interpreting exchangeable K values even with an additional estimate of total cation exchange capacity, with respect to soil K availability under our conditions, is therefore doubtful and more tedious than the more reliable and efficient method suggested by *Woodruff*.

The ΔF values were found to be highly significantly correlated with K uptake by plants (expressed as mEq K per kg dry matter) in the above experiments (*Dovrat, 5*). This meant that the uptake of K by the maize plants was governed by the availability of soil K measured in terms of energy of exchange (Fig. 3).

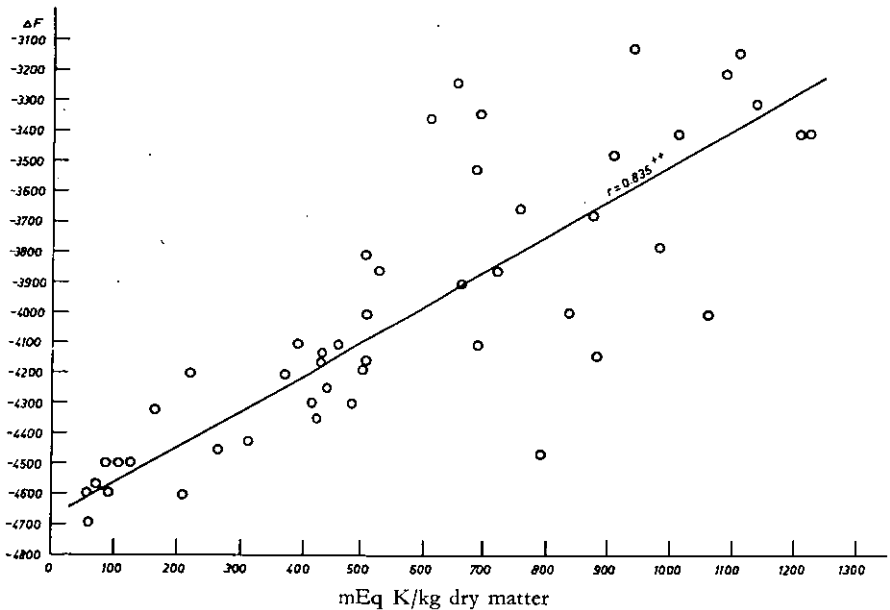


Figure 3 Relationship between ΔF values and K uptake by maize plants

Changes in the vertical distribution of available soil K

The spontaneous failure of overseeded winter legumes, due to potassium deficiency, in intensively nitrogen-fertilized summer grasses in irrigated pasture, led us to think not only in terms of increased removal of K by the grasses as a major agent (*Ayers, 2*), but as an exchange activity inherent to NH₄ cations. These were continuously and exclusively applied in the form of top dressings of sulphate of ammonia. We reasoned that if sizable amounts of NH₄ cations were participating in an exchange process, proportionally greater amounts of K would be released in the topsoil rather than at lower depth (*Jenny, 15*). The released K would readily be taken up by the vigorously growing grass roots, initiating a process of accelerated depletion in the surface soil which diminishes with soil depth. The depleted surface would enable normal germination of overseeded legumes; however, after use had been made of all potassium reserves contained in the seed, considerable difficulty would be encountered in the final establishment of seedlings. Sulphate of ammonia as a rule is not applied prior to the overseeding of winter legumes.

Some experimental evidence seems to support the assumption of NH₄ exchange activity. *Hagin and Dovrat (10)* determined ΔF values for the 0-15 and 15-30 cm layers in soil samples collected at the time of legume growth at the three experimental pasture sites. In general the relative decrease in K availability was greater in the 0-15 layer than in the 15-30 cm layer in a comparison between previously N fertilized and non-N fertilized plots.

Similar results were obtained from further profile samplings carried out during the fourth summer season in the Beit Dagan experiment (Table 3).

Table 3 K availability (ΔF values) according to soil depth, under Rhodes grass fertilized with different total amounts of sulphate of ammonia, Beit Dagan 1961

| Soil depth | N, as sulphate of ammonia, kg per ha | | |
|----------------|--------------------------------------|-------|-------|
| | none | 240 | 480 |
| 0-15 cm | -4370 | -4950 | -5180 |
| 15-30 cm | -4910 | -5050 | -5060 |
| 30-45 cm | -4950 | -5200 | -5230 |
| 45-60 cm | -4920 | -5230 | -5140 |
| 60-75 cm | -5000 | -5190 | -5180 |

The proportionally greater decrease of K availability in the 0-15 cm layer against that in the lower depths, with increasing amounts of sulphate of

ammonia, is clearly demonstrated. Attention is furthermore drawn to the extremely low K availability status (ΔF values around -5000) of the soil under Rhodes grass during the fourth season. This can be prevented through the use of potash fertilizer.

Work on the rate of soil K release under the influence of sulphate of ammonia *in vitro* is in progress.

Summary

The growing interest in the use of increased amounts of nitrogenous fertilizer for cut as well grazed herbage swards necessitates better understanding of interactions of N/K fertilizers. Details are presented on the sudden appearance of K deficiency in Berseem clover which was overseeded in the autumn into irrigated Rhodes grass when a total of 480 kg N as sulphate of ammonia per ha was applied to the latter. K responses in the presence of phosphate in overseeded winter legumes occurred from the first year onwards in a loamy sand and from the second year in a clay soil; however, no K responses occurred in a calcareous clay. K responses to Rhodes grass in loamy sand started to appear in the third summer season. These base-saturated soils were generally considered to be adequately supplied with available K.

Soil K availability was evaluated in terms of exchangeable K and energy of exchange (*Woodruff*, 20, 21, 22). The "critical" ΔF value -4300 to -4200 cal/mol, postulated by *Woodruff* for moist conditions, for clover, vetch and green maize was confirmed in field and pot experiments. ΔF value, under our conditions, was a better generalized criterion for soil K availability than either exchangeable K, expressed as mEq K/100 g, or as percentage K of total cation exchange capacity. A highly significant positive correlation was found between ΔF value and K uptake, expressed as mEq K per kg dry matter, by maize plants growing in pots in three widely divergent soils.

The occurrence of K deficiency in winter legumes could partly be attributed to increased K removal from the soil by the vigorously growing summer grasses. Profile sampling of N fertilized and non-N fertilized plots indicated that the relative decrease in K availability was greater in the 0-15 cm layer than at lower depths. It is suggested that the large amount of ammonium cations, applied as a top dressing of sulphate of ammonia, through exchange activity, initiated an accelerated process of K depletion to the level of exhaustion in the surface soil. Overseeded legumes would encounter considerable difficulty in their establishment as soon as all K reserves contained in the seed had been used up.

The need for efficient use of potash as replacement fertilizer under such conditions is emphasized.

Bibliography

1. *Arnon, I.*: Fertilizer use under irrigation. Potassium Symposium 7, 1962. International Potash Institute Berne (1962)
2. *Ayers, A.S., and Fujimoto, C.K.*: Hawaiian Planters Record, 48, 249-269 (1944)

3. *Castle, M.E., and Holmes, W.* : The intensive production of herbage for cropdrying. *J. Agric. Sci.* 55, No. 2, 251-260 (1960)
4. *Dovrat, A.* : Potassium deficiency as a result of increased nitrogen fertilization. Potash Review Subject 30, 14th suite (1960)
5. *Dovrat, A.* : The effect of nitrogen on soil K availability in forage crops. Diss. (unpublished) (1962)
6. *Dovrat, A., and Lachover, D.* : unpublished data
7. *Dovrat, A., Lesbem, J., and Jacobsen, O.B.* : Special Bull. 40. Nat. Univ. Inst. Agr. Israel (1961)
8. *Drake, M., and Scarseth, G.D.* : *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 4, 201-204 (1940)
9. *Drake, M., Vengris, J., and Colby, W.G.* : *Soil Sci.* 72, 139-147 (1951)
10. *Hagin, J., and Dovrat, A.* : *Emp. J. Exp. Agri.* (in press)
11. *Hausmann, G.* : La fumure potassique dans les prairies irriguées de culture intensive. Potassium Symposium 4, 1957, 241-270. International Potash Institute Berne (1962)
12. *Holmes, W.* : *J. agric. Sci.* 41, 70-79 (1951)
13. *Holmes, W., and MacLusky, D.S.* : The intensive production of herbage for crop drying. V. The effect of continued massive applications of nitrogen with and without phosphate and potash on the yield of grassland herbage. *J. Agric. Sci.* 45, 129-140 (1954)
14. *Jackson, J.E., Walker, M.E., and Carter, R.L.* : Nitrogen, phosphorus and potassium requirements of Coastal Bermudagrass on a Tifton loamy sand. *Agr. J.* 51, 129-131 (1959)
15. *Jenny, H., Ayers, A.D., and Hosking, J.S.* : *Hilgardia* 16, 429-457 (1945)
16. *Reitemeier, R.F.* : Soil Potassium. *Advances in Agronomy* 3, 113-159 (1951)
17. *Richards, L.A.* : Handbook US Dep. Agr. No. 60 (1954)
18. *Stewart, A.B., and Holmes, W.* : *J. Sci. Food Agr.* 9, 401-408 (1953)
19. *Walsb, T.J.* : *Dep. Agric. Eire* 54 (1957)
20. *Woodruff, C.M.* : Ionic equilibria between clay and dilute salt solutions. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19, 36-40 (1955)
21. *Woodruff, C.M.* : The energies of replacement of calcium by potassium in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 19, 167-171 (1955)
22. *Woodruff, C.M., and McIntosh, J.L.* : *Missouri Agr. Expt. Stat. J. Series* 2181 (1960)



Utilisation des engrais potassiques dans l'agriculture de la République Populaire Roumaine

PROF. DR. G. H. IONESCU-SISESTI

Bucarest

La République Populaire Roumaine n'est pas, à proprement parler, un pays méditerranéen. Toutefois, le climat de la région située au sud-ouest du pays présente des caractères qui le rapprochent de celui de la zone méditerranéenne. Sa formule climatique est C_{fx}. La température moyenne du mois le plus froid ne s'abaisse pas, dans cette région, au-dessous de -3°C. Sa flore contient de nombreuses espèces méditerranéennes spontanées comme le châtaigner (*Castanea vesca* Gaertn.), *Syringa vulgaris* (lilas vulgaire), *Ruscus aculeatus* (Fragon piquant, Petit Houx), etc. On peut y cultiver les blés italiens, l'avoine d'automne, etc. cultures qui exigent un climat méditerranéen. A certains endroits s'est développé un sol de type méditerranéen: la terra rossa. C'est pour ces raisons que ce Congrès consacré aux pays méditerranéens intéresse également notre pays au plus haut point.

La Roumanie occupe une position géographique située au carrefour des influences climatiques méditerranéennes, ouest-européennes et est-continentales. Elle possède un relief très varié dont les Carpathes constituent la chaîne principale. Par conséquent, tous les types de sols de la zone climatique tempérée sont représentés en Roumanie: différents types de sols de steppe ou chernozems, des sols bruns-roux et bruns de forêt, des sols bruns podzoliques, des podzols à différents degrés de podzolisation, des sols alpins, des sols alluvionnaires, etc.

L'emploi des engrais chimiques a fait, ces dernières années, de grands progrès. Pour tous les types de sols, les principaux engrais sont les engrais azotés et phosphatiques mais sur certains types de sol, pour certaines plantes et dans certaines conditions de culture, l'emploi des engrais potas-

siques est indispensable pour obtenir des récoltes maxima et constantes. Ainsi, les sols podzoliques, qui occupent un tiers de la superficie agricole du pays, ont manifestement besoin d'engrais potassiques.

Dans une expérience comprenant plusieurs variantes réalisée dans le sud-ouest de la Roumanie sur sol podzolique très pauvre en K_2O ainsi qu'en N et P_2O_5 , caractéristique de cette région, le maïs grain double-hybride cultivé sur la variante fumée avec de l'azote (600 kg de nitrate d'ammonium/ha) et de l'acide phosphorique (300 kg de superphosphate/ha) a produit une récolte de 3682 kg/ha alors que sur le sol sans aucun engrais l'on n'a récolté que 2203 kg/ha; mais pour réaliser la production maxima de 3906 kg/ha, il a été nécessaire d'ajouter 200 kg de sel potassique par ha. L'augmentation de 224 kg est donc due à l'engrais potassique. L'année suivante, on a cultivé du blé, sans autre engrais que ceux qui ont été appliqués pour le maïs, et on a de nouveau obtenu une augmentation de la récolte due à l'engrais potassique (10). Cette expérience, comme plusieurs autres exécutées dans notre pays, prouve qu'il ne suffit pas d'appliquer la loi du minimum de *Liebig*, mais qu'il convient, dans les proportions utiles, d'employer tous les engrais nécessaires à la plante. Il y a donc lieu de reviser la loi du minimum de *Liebig* et de la formuler comme la loi des proportions harmonieuses.

Dans une autre expérience, avec plusieurs variantes, on a appliqué pour une variante des amendements calcaires, 150 kg/ha de nitrate d'ammonium et 300 kg/ha de superphosphate, et on a obtenu une récolte de 2255 kg de blé/ha, tandis que les parcelles sans engrais et sans amendements, ne portaient que 821 kg/ha. En ajoutant sur cette même parcelle à l'amendement calcaire et l'engrais azoté et phosphatique une quantité de 125 kg/ha de sel potassique, on réussit à obtenir une récolte de blé de 2775 kg, soit une augmentation de 520 kg comparée avec la variante précédente (11).

Un autre type de sol qui a beaucoup profité de la fumure potassique, est le sol alluvionnaire qui se trouve dans les vallées de toutes les rivières intérieures de notre pays. Dans une expérience avec plusieurs variantes, avec du maïs double-hybride, sur sol alluvionnaire de l'intérieur du pays et notamment dans une zone plus humide, on a obtenu dans la variante avec engrais azoté et phosphatique (300 kg de nitrate d'ammonium et 400 kg de superphosphate 16%) une récolte de 5751 kg de grains de maïs à l'hectare, vis-à-vis de 4094 kg/ha dans les parcelles sans engrais. Par l'adjonction à la fumure azotée et phosphatique de 200 kg de sel potassique 40 pour cent, une récolte de 6787 kg/ha a été atteinte, soit une augmentation de 1036 kg/ha.

Des résultats similaires ont été obtenus dans d'autres localités en sols alluvionnaires avec différents engrais chimiques (4).

Dans une expérience avec de l'avoine et du maïs variété *Lister-Pfister* sur un sol alluvionnaire, qui était dans un état de solidification très avancé,

presque semblable au chernozem, au sud-ouest du pays, région de Timisoara, la récolte était de 3059 kg/ha de grains de maïs avec engrais azoté et phosphatique (200 kg de nitrate d'ammonium, 400 kg de superphosphate) et de 1870 kg/ha sans engrais. Par l'adjonction aux engrais azotés et phosphatiques de 100 kg de sel de potasse 40 pour cent, la récolte montait à 5477 kg/ha; l'engrais potassique a donc provoqué une augmentation de 2418 kg/ha. (12). Avec l'avoine, l'augmentation due à l'engrais potassique n'était que de 200 kg/ha. On voit donc que les différentes plantes répondent d'une manière différente aux engrais chimiques.

Cette différence de réaction aux engrais minéraux devient très évidente lorsqu'il s'agit de cultures industrielles telles que la betterave à sucre, les pommes de terre et le tournesol qui ont besoin de plus grandes quantités d'engrais potassique.

Lors d'un essai sur sol alluvial du sud-ouest du pays avec betterave à sucre, la parcelle fumée avec 100 kg de nitrate d'ammonium et 150 kg de superphosphate à l'ha a produit une récolte de 26694 kg/ha, la parcelle témoin sans engrais 9544 kg/ha et la parcelle fumée avec NP et 50 kg de sel potassique/ha 27505 kg/ha. Grâce à la petite fumure potassique de 50 kg/ha on a obtenu une augmentation de production de 811 kg/ha. Ce qui est encore plus important est le fait que la teneur en sucre des betteraves a également augmenté de 13,2 dans la parcelle sans engrais à 14,4 pour cent dans la parcelle NP et à 15,2 dans la parcelle NPK. Cet essai a été répété au cours de l'année suivante, année de grande sécheresse, et les productions étaient de: Parcelle NP = 9620 kg de racines/ha et 20,59% de sucre; parcelle NPK = 10720 kg de racines/ha et 21,25% de sucre. La sécheresse a diminué la quantité de la récolte sans diminuer l'efficacité des engrais, mais en revanche, elle a élevé sensiblement la teneur en sucre (13).

Des résultats semblables ont été obtenus en République Populaire de Bulgarie. Les augmentations de production provoquées par l'engrais potassique n'ont pas été très importantes mais, par contre, l'augmentation de la teneur en sucre s'est élevée à 0,6-0,8% ce qui représente, pour une récolte de 30000 kg de racines/ha, 180 à 240 kg de sucre/ha.

En Roumanie, les résultats de plusieurs essais sur différents types de sol ainsi que l'expérience acquise dans les fermes d'état et dans les fermes coopératives montrent que l'engrais potassique donne, ensemble avec les engrais azotés et phosphatés, de meilleures productions tant de racines que de sucre. Les quantités d'engrais généralement recommandées s'élèvent à 300 kg de nitrate d'ammonium, 400 kg de superphosphate et 100 kg de chlorure de potassium. Ces fumures ont permis de réaliser sur différents types de sol et sur des chernozems des récoltes variant entre 45400 et 47000 kg de betteraves à sucre par ha. L'augmentation par rapport au témoin sans

engrais variait entre 14 et 57%. En intensifiant encore la fumure minérale (jusqu'à 200 kg/ha de sel potassique) et en fumier de ferme (20 tonnes/ha) il a été possible de réaliser des productions allant jusqu'à 63 600 kg/ha.

Des résultats semblables ont été réalisés à l'aide de la fumure potassique sur pommes de terre, tournesol, maïs fourrager ainsi que sur différentes cultures maraichères (1).

Pour les cultures irriguées, l'utilisation des engrais chimiques constitue une condition essentielle de succès. Les quantités d'engrais chimiques appliquées en cultures irriguées sont beaucoup plus importantes que celles utilisées en agriculture non-irriguée. Ici aussi, il est nécessaire de tenir compte de la loi des proportions harmonieuses, c'est-à-dire d'appliquer les engrais azotés, phosphoriques et potassiques dans des proportions appropriées pour chaque culture et type de sol différents. Bien entendu, les cultures irriguées qui réagissent le plus favorablement à la fumure potassique sont les mêmes que celles qui profitent le plus de cet engrais en culture normale, auxquelles on doit ajouter la vigne, la luzerne et d'autres plantes fourragères.

Au cours d'un essai en culture de luzerne irriguée sur chernozem lessivé, la parcelle témoin sans engrais a produit 314 quintaux de matière verte, dans la parcelle fumée avec 140 kg de nitrate d'ammonium et 1500 kg de superphosphate on en a obtenu 552 quintaux. Or, dans la parcelle fumée avec NP plus 400 kg de sel potassique, la production était de 581 quintaux de matière verte (7).

Le maïs pour ensilage constitue une autre culture fourragère de première importance pour notre agriculture. Il est souvent irrigué et reçoit des engrais chimiques. Une fumure de 800 kg de nitrate d'ammonium et de 600 kg de superphosphate a permis d'obtenir 72 252 kg de matière verte. En ajoutant à cette fumure NP 200 kg de chlorure de potasse, un supplément de production de 4044 kg/ha a été réalisé. La teneur en substances nutritives était beaucoup plus élevée dans le fourrage de la parcelle à fumure complète NPK: la teneur en sucre des tiges de maïs de la parcelle NP s'élevait à 13,66%, tandis que celle des tiges de la parcelle NPK atteignait 19,6%; la teneur en protéines brutes dans les épis de maïs s'élevait dans la parcelle à fumure complète, à 7,55%, de 7,06% dans celle sans fumure K. Nous voyons donc que l'application d'une fumure complète NPK améliore à la fois la qualité et la quantité des récoltes (6).

La betterave à sucre réagit également très favorablement à l'irrigation et aux fortes doses d'engrais minéraux. Au cours d'un essai avec progression de l'importance des fumures azotées, phosphoriques et potassiques, les résultats suivants ont été obtenus dans la série des engrais potassiques avec approvisionnement N et P adéquat:

| | |
|---|--------------|
| Fumure azotée et phosphorique seule | 57 200 kg/ha |
| Fumure azotée et phosphorique + 200 kg de KCl | 58 300 kg/ha |
| Fumure azotée et phosphorique + 400 kg de KCl | 59 200 kg/ha |
| Fumure azotée et phosphorique + 600 kg de KCl | 60 500 kg/ha |

Ces chiffres représentent le maximum obtenu sur sol brun-roux forestier. La plus forte teneur en sucre (19,8%) a été atteinte avec 400 kg de KCl; les fumures plus fortes ont provoqué un léger abaissement de la teneur en sucre (18,9%) (8).

Dans la région de Dobroudja située entre le Danube inférieur et la Mer Noire, on a exécuté un essai avec pommes de terre, plantées en été sur sol alluvial de steppe, irrigué, avec une fumure de fond de 25 tonnes de fumier de ferme. Une fumure supplémentaire de 100 kg de superphosphate/ha a permis d'atteindre une production de 20 600 kg de tubercules/ha, 100 kg de sel de potasse ont produit une récolte de 21 000 kg/ha alors que ces deux fumures combinées (100 kg de superphosphate + 100 kg de KCl) ont fait monter la production jusqu'à 25 000 kg/ha. Ce résultat prouve que les effets du superphosphate et du sel potassique se sont réciproquement amplifiés, provoquant une augmentation de production de tubercules jusqu'à 8 300 kg/ha par rapport au témoin (5).

La fumure potassique a donné en Roumanie des résultats très encourageants en viticulture et en arboriculture fruitière (pommiers).

L'application d'engrais azotés, phosphoriques et potassiques par aspersion a fait l'objet d'expériences dans une Station expérimentale de viticulture de la province de Dobroudja sur un chernozem châtain-carbonaté. L'aspersion a été exécutée avec une solution à 0,3% de nitrate d'ammonium et à 5% de superphosphate et de sel potassique (matière active) dans trois groupes de parcelles. Dans un groupe de parcelles on a fait quatre aspersions après la floraison, à des dates différentes. Les parcelles avec fumure foliaire au nitrate d'ammonium + superphosphate ont produit 3 595 kg de raisins/ha, résultat très proche de celui obtenu dans la parcelle témoin (3 551 kg/ha); la parcelle avec fumure foliaire à base de nitrate d'ammonium, de superphosphate et de KCl, par contre, a produit 4 186 kg de raisins/ha.

Cette expérience a été répétée l'année suivante, avec des productions de 4 933 kg de raisins/ha dans la parcelle sans engrais, de 5 248 kg avec fumure foliaire de nitrate d'ammonium et de superphosphate, et enfin de 5 973 kg/ha avec le nitrate d'ammonium, le superphosphate plus le KCl (2). Ces résultats nous montrent que l'augmentation de la production était due avant tout à l'engrais potassique.

Dans les pépinières également, la fumure potassique a donné de bons résultats, notamment dans la culture de porte-greffes. En effet, la fumure

potassique a produit des boutures saines en plus grand nombre et de meilleure qualité par rapport aux parcelles NP (3).

Bien que la technique de la fumure des arbres fruitiers avec engrais minéraux ne soit pas encore très répandue, des résultats expérimentaux très encourageants ont pu être enregistrés. Ainsi, dans un essai de fumure sur jeunes pommiers et poiriers, on a constaté des poids différents des racines selon les différents engrais appliqués, soit (9):

| | Racines de pommiers | Racines de poiriers |
|---|---------------------|---------------------|
| parcelle sans engrais | 12 g | 8 g |
| parcelle avec fumure azotée et phosphorique | 20 g | 26 g |
| parcelle avec fumure azotée, phosphorique et potassique | 29 g | 32 g |

Les résultats des essais tout comme ceux obtenus dans les grandes cultures des fermes d'état et des fermes coopératives nous montrent l'importance que revêt la fumure potassique en Roumanie et la nécessité de l'appliquer à toutes les cultures sur sols podzoliques, aux cultures industrielles sur les autres sols, aux cultures irriguées, aux vignobles et aux arbres fruitiers sur tous les sols également. Cette fumure doit être appliquée ensemble avec les engrais azotés et phosphatés en respectant la loi des proportions harmonieuses, sans oublier le fumier de ferme qui constitue un engrais complet et général.

Le besoin en engrais potassiques, et en engrais minéraux en général, augmente parallèlement au développement intensif dans lequel l'agriculture roumaine est actuellement engagée.

Résumé

La République Populaire Roumaine est dans le sud-ouest de son territoire, fortement influencée par le climat méditerranéen. Grâce à sa configuration géographique, tous les types de sol de la zone tempérée se rencontrent sur ce territoire. De tous ces sols, ceux qui présentent un besoin évident de fumure potassique sont les sols podzoliques et les podzols.

Les cultures industrielles comme la betterave à sucre, par exemple, nécessitent les fumures potassiques dans tous les sols de notre pays, et il en va de même pour les cultures irriguées, et ceci pour presque toutes les plantes, mais surtout pour les cultures industrielles et fourragères. De grandes perspectives pour les engrais potassiques apparaissent dans les vignobles et dans l'arboriculture fruitière. La fumure potassique doit toujours être appliquée en proportion harmonieuse avec les autres engrais minéraux.

Bibliographie

(Les travaux mentionnés dans cette bibliographie sont rédigés et publiés en roumain)

1. *Académie de la R.P. Roumaine*: Documents de la conférence du 17-21 octobre 1960 relatifs à la recherche scientifique de la culture de la betterave à sucre en R. P. Roumaine, Problèmes actuels concernant la culture de la betterave à sucre (1961)
2. *Băjescu, N., Alexandrescu, I., Săndulescu, Gb., et Stela Corbeanu*: L'application extra-radiculaire des engrais chimiques dans les vignobles. Travaux scientifiques de l'Institut de recherches horti-viticoles, 1958-1959
3. *Baltagi, B., Calistru, Gb., et Popa, S.*: L'utilisation des engrais chimiques dans la culture des boutures pour la vigne. Trav. scient. de l'Inst. de recherches horti-viticoles, 1959-1960
4. *Coculescu, Gr.*: Expériences avec le maïs double-hybride, 1960, réalisées à l'Institut de recherches pour la culture du maïs Fundulea, Bucarest. Edit. Agro-Sylv. (1961)
5. *Comarnescu, V.*: L'effet du superphosphate et du sel potassique sur la production de la pomme de terre irriguée (pas encore publié)
6. *Hulpoi, N.*: Les résultats obtenus dans les expériences complexes avec l'irrigation, densité des plantes et engrais avec le maïs double-hybride Iowa 4316 cultivé pour le silo (pas encore publié)
7. *Ion Stan*: Contributions à l'étude de la luzerne irriguée, dans la première année d'irrigation. Travail de diplôme. Institut agr. «N. Bălcescu» (pas encore publié)
8. *Ionescu-Sisesti, Vlad., Jovmir, Gb., Stancu Elena, et Voica Radu.*: L'étude de l'influence des engrais minéraux dans un groupement systématique des facteurs N. P. K. sur la production et la qualité de la betterave à sucre irriguée. Travaux scientifiques de l'Institut agr. «N. Bălcescu», série A, Vol. 7 (1961)
9. *Moldovan, I.*: Contributions à l'étude de l'influence des engrais chimiques sur la formation de la croissance des racines aux pommiers et aux poiriers, Trav. scient. de l'Inst. de rech. horti-vitic., 1959-1960
10. *Staicu, Ir., Bratu, V., Opreșan, N., et Vacaru, L.*: La culture du maïs double-hybride sur le podzole et les sols podzoliques du sud-est de la région Banat. Rev. «Problèmes agricoles» N° 7 (1961)
11. *Staicu, Ir., Opreșan, N., et Bratu, V.*: Rev. «Problèmes agricoles» N° 9 (1961)
12. *Staicu, Ir., et Petre Braica*: L'effet des engrais de base et supplémentaires sur l'avoine et le maïs cultivés sur un sol alluvionnaire de la région Timișoara. Rev. «Problèmes agricoles» N° 5 (1955)
13. *Staicu, Ir., et Cimpoeru, N.*: L'effet des engrais appliqués à la betterave à sucre sur un sol alluvionnaire de la Vallée de Timiș. Rev. «Problèmes agricoles» N° 5 (1955)



La carence potassique de l'olivier en Grèce

S. D. DÉMÉTRIADES et N. A. GAVALAS

Laboratoire des maladies non parasitaires
Institut Phytopathologique Benaki, Kíphissia - Athènes

Au cours d'une vaste inspection faite dans les régions oléicoles de notre pays dans le but de dépister les maladies éventuelles causées par une nutrition défectueuse, nous avons eu l'occasion de noter dans beaucoup de régions des symptômes dus à une carence potassique.

Cette carence ne paraît pas être très étudiée, au point de vue symptômes, dans la région méditerranéenne sur l'arbre en question. En effet il n'y a, à notre connaissance que *Petri* (8) qui, dans son traité classique sur les maladies de l'olivier, décrit très succinctement les symptômes de la carence potassique sur cette espèce. D'après cet auteur les feuilles ont des dimensions réduites et sont moins vertes, les olives restent petites et la végétation, en général, manque de vigueur.

Les symptômes de la carence potassique sur l'olivier ont aussi été décrits en Amérique dans une localité de Californie par *Hartmann* et *Brown* (6) et *Hartmann* (5). Dans ce cas les feuilles se présentaient un peu décolorées avec des nécroses apicales ou périphériques. Les olives étaient plus petites et la végétation laissait à désirer.

Dans la présente note nous exposons brièvement nos observations personnelles sur cette carence de l'olivier.

Symptômes

Les symptômes que nous avons observés sont les suivants :

Les feuilles présentent une chlorose, apparaissant au début à leur pointe et avançant peu à peu sur toute la surface du limbe. Celui-ci prend finalement une couleur jaune bionzé. Cette décoloration du limbe est ordinairement suivie d'une nécrose des tissus qui peut s'étendre sur le tiers ou les deux tiers de sa surface.

Les symptômes de la carence potassique apparaissent, au début, sur les feuilles inférieures et progressent par la suite sur les autres feuilles vers le

sommet du rameau. Ils se manifestent le plus souvent sur une ou deux branches principales. Ce n'est que dans les cas graves que les symptômes apparaissent sur tout le feuillage. Dans ce cas aussi l'on observe une forte réduction des dimensions des feuilles (fig. 1).

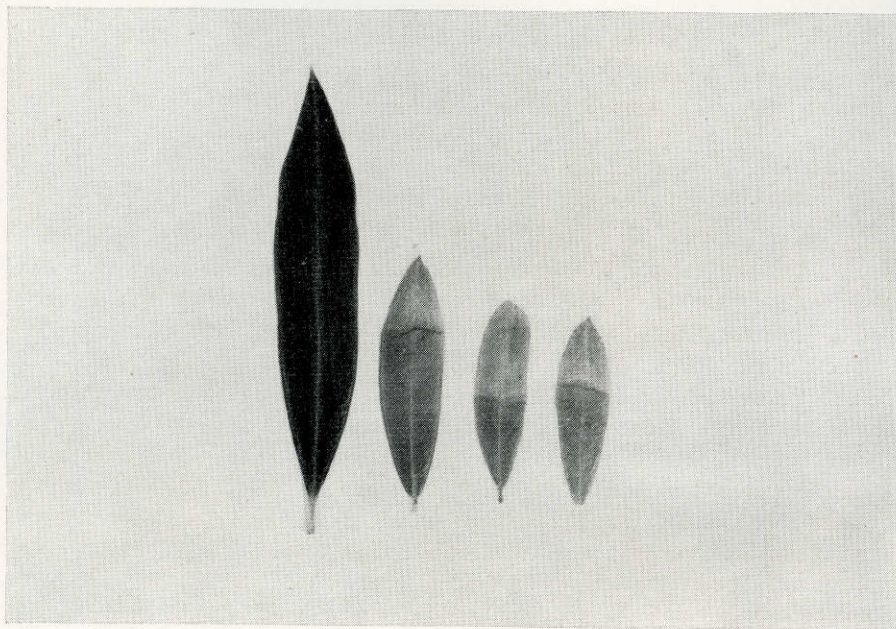


Figure 1 Symptômes de carence potassique sur les feuilles de l'olivier. A gauche feuille normale. Les trois feuilles à droite présentent une nécrose plus ou moins avancée à partir de la pointe et une réduction excessive de leur dimension (île de Crète)

Il est à noter que lorsqu'il n'y a qu'une chlorose vers la pointe de la feuille les symptômes ressemblent singulièrement à ceux de la carence en bore (fig. 2).

La végétation des arbres malades, et surtout des branches présentant des symptômes intenses, est fort réduite. Finalement les rameaux à la périphérie de la cime se dessèchent après s'être dénués de leurs feuilles (fig. 3).

D'ordinaire les symptômes apparaissent sur les feuilles au cours de l'automne et de l'hiver. Pourtant dans la région de Polygyros en Chalcidique (Macédoine) où nous avons trouvé la teneur la plus faible en K (0,08%) les symptômes se manifestaient sur la nouvelle végétation, dès le mois d'août.

Dans quelles régions apparaît la carence?

La carence en question sur l'olivier fut observée dans beaucoup de régions de l'île de Crète et du Péloponnèse, dans les îles de Zante et de Céphalonie, dans la Grèce continentale et en Macédoine.

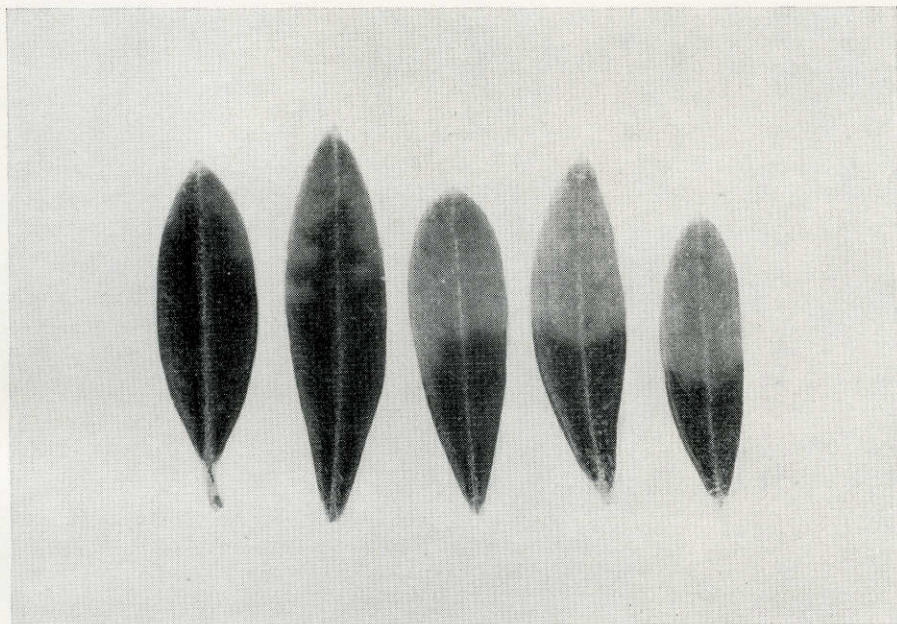


Figure 2 Chlorose sur feuilles de l'olivier causée par une déficience en K. Ces symptômes, qui ne sont pas très communs, ressemblent singulièrement à ceux de la carence borique (côte nord du Péloponnèse)

Cette maladie de carence constitue déjà un problème sérieux dans le département de Canée, de Rethymne et de Candie dans l'île de Crète ainsi que dans la province de Cynourie du département de l'Arcadie.

Analyse des feuilles

Nous avons déterminé la teneur en K d'un grand nombre de feuilles avec ou sans symptômes, prélevées sur des arbres sains ou malades, cultivés dans différentes régions. La méthode analytique utilisée était celle au cobaltinitrite décrite par *Johnson et Ulrich* (7).

Les résultats de ces analyses nous ont montré que les feuilles âgées de 6 mois ou plus et présentant des symptômes, avaient une teneur en K bien faible (0,08–0,25%). La teneur en K des feuilles sans symptômes, âgées de

2-4 mois, oscillait entre 0,41 et 0,73%. Enfin la teneur des feuilles correspondantes des arbres normaux ou n'ayant du moins pas de manifestations malades, était respectivement 0,35-1,42% et 0,81-1,69% de m. s.



Figure 3 Olivier souffrant d'une carence potassique. Brindilles dénudées et desséchées

D'après les données de *Hartmann* et *Brown* (6) les feuilles présentant des symptômes avaient une teneur en K égale à 0,11%.

Samish et ses collaborateurs (10) estiment que la teneur de 0,22 à 0,30% correspond à une carence, bien qu'ils ne font pas allusion à la présence de symptômes.

En examinant les olivettes irriguées en Tunisie, *Buchmann* et ses collaborateurs (1) considèrent qu'une teneur en K égale à 1,20% correspond au niveau critique en ce qui concerne la réponse des arbres à la fumure potassique.

Bouat et coll. (cités par (1) et (9)), étudiant la même question en France placent ce niveau critique à 0,87%, ce qui correspondrait à 0,74% dans le cas de *Buchmann* à cause de l'époque différente du prélèvement des échantillons.



Symptômes de carence potassique sur les feuilles de l'olivier

Toutes ces données montrent que nos cas représentent une carence potassique bien nette tant par la teneur en K très faible de nos échantillons (0,08-0,25%) que par la manifestation de symptômes caractéristiques qui ressemblent, pour la plupart, à ceux décrits par les auteurs américains.

Nous avons essayé, à Leonidion dans la province de Cynourie, de donner une fumure potassique à quelques arbres présentant des symptômes intenses

et typiques. A cette fin nous avons ajouté dans le sol 5 kg de sulfate de potassium par arbre. En dehors de cela, quelques-uns de ces arbres, déjà fumés, reçurent 4 pulvérisations d'une solution de sulfate de K à 1%.

Au bout d'une année, les arbres traités montraient une végétation plus vigoureuse que les témoins, mais les symptômes persistaient sur quelques branches. La teneur des feuilles en K n'avait, d'ailleurs, pas atteint le niveau physiologique.

Il est certain que la quantité du sulfate de K ajoutée par arbre était insuffisante pour qu'elle puisse rétablir les arbres malades. Nous avons l'intention de recommencer nos essais cette année avec une dose beaucoup plus forte.

En terminant nous voudrions souligner l'importance de l'analyse chimique des feuilles dans le cas des carences minérales de l'olivier plus spécialement, à cause du fait que les symptômes manifestés se ressemblent parfois à tel point, qu'à l'examen macroscopique il peut y avoir des confusions (2, 3, 4, 6).

A ce propos il faut noter que dans tous les cas que nous avons étudiés la teneur des feuilles en magnésium, calcium et bore était normale.

Bibliographie

1. *Buchmann, E., Brès, C., et Prévot, P.* : Diagnostic foliaire de l'olivier irrigué en Tunisie. *Oléagineux*, 14 (3), 163-173 (1959)
2. *Démétriadès, S. D., et Gavalas, N. A.* : Magnesium deficiency in the Olive. A paraître dans les *Ann. Inst. Phytopath. Benaki* 1962
3. *Démétriadès, S. D., Gavalas, N. A., et Holevas, C. D.* : Boron deficiency in olive groves of Lesbos island. *Ann. Inst. Phytopath. Benaki (N.S.)*, 3, 119-129 (1960)
4. *Démétriadès, S. D., Holevas, C. D., et Gavalas, N. A.* : A non parasitic disease of olive probably caused by abnormal Ca/Mg ratio within the plant. *Ann. Inst. Phytopath. Benaki (N.S.)*, 3, 130-138 (1960)
5. *Hartmann, H. T.* : Olive production in California. *Calif. Agr. Exp. Sta., Ext. Serv., Manual* 7
6. *Hartmann, H. T., et Brown, J. G.* : The effect of certain mineral deficiencies on the growth, leaf appearance and mineral content of young olive trees. *Hilgardia* 22, 119-130 (1953)
7. *Johnson, C. M., et Ulrich, A.* : Analytical methods for use in plant analysis. *Calif. Agr. Exp. Sta., Bull.* 766, 25-78 (1959)
8. *Petri, L.* : Le malattie dell'olivo. *Istituto Micrographico Italiano, Firenze* 1915
9. *Prévot, P., et Buchmann, E.* : Diagnostic foliaire de l'olivier irrigué. Evolution des teneurs au cours de l'année. *Fertilité N° 10*, 3-11 (1960)
10. *Samish, R. M., Moscicki, W. Z., Kessler, B., et Hoffmann, M.* : A nutritional survey of Israel vineyards and olive groves by foliar analysis. *Nation. and Univ. Inst. of Agric., Spec. Bull. N° 39* (1961) (Polycopié)

Le potassium dans les principaux types de sols en Yougoslavie

S. NIKOLIĆ, DJ. JELENIĆ et M. PANTOVIĆ
Faculté Agronomique de l'Université de Belgrade

Introduction

La production agricole s'est sensiblement accrue au cours de ces dernières années en Yougoslavie. L'industrialisation du pays après la Deuxième Guerre mondiale a exercé une influence très importante à ce sujet en introduisant dans l'agriculture des machines modernes et des engrais, ce qui a, par la suite, permis d'obtenir des productions satisfaisantes. Le plan quinquennal de développement de l'économie yougoslave entière assure pour l'avenir un accroissement de la production agricole.

Les qualités des sols représentent pour chaque pays la base de sa production agricole. Au cours de ces dernières années, de nombreux travaux ont été consacrés en Yougoslavie à l'étude du sol et de la nutrition des plantes. Dans le présent exposé, nous insisterons particulièrement sur les sols de la zone méditerranéenne et sur l'intérêt particulier que représente pour les terres rouges yougoslaves les teneurs et la dynamique du potassium.

Caractères généraux des sols yougoslaves

La Yougoslavie est un pays très accidenté dont les sept dixièmes sont occupés par des montagnes, le reste – principalement le nord du pays – étant relativement plat (sud de la plaine pannonique). Le relief joue par conséquent dans notre pays un rôle important lors de la formation des types et sous-types du sol. Les nombreux accidents du terrain sont également à l'origine d'un grand nombre de rivières et de lacs qui influencent à leur tour la formation des sols. Ainsi, dans un grand nombre de vallées, les alluvions constituent un substratum important pour la formation des sols.

Le climat de la Yougoslavie est assez varié. À l'est et au nord-est il est continental modéré, au nord-ouest il est humide et d'origine atlantique. Les côtes adriatiques sont sous l'influence du climat maritime alors que le centre montagneux du pays a un climat humide. Nous rencontrons par conséquent au nord-est le tchernoziem et les sols salins, à l'ouest les sols podzoliques et parapodzoliques et sur le littoral le sol rouge (*terra rossa*). Le substratum géologique ainsi que la végétation ont également contribué à la formation des divers types et sous-types de sol en Yougoslavie. Dans le nord du pays, nous rencontrons ainsi comme substratum du loess et des sédiments lacustres, et dans les régions montagneuses les calcaires mésozoïques qui s'étendent de Trieste jusqu'en Albanie; en Macédoine et partiellement en Serbie, Bosnie et Slovénie, nous trouvons enfin les schistes.

Les principaux types de sols en Yougoslavie

Rangés selon l'ordre d'importance pour l'agriculture, et non selon l'importance de la surface qu'ils occupent, nous rencontrons en Yougoslavie les types de sols suivants: le tchernoziem, la smonitza (terre noire), la gaïnjatcha (*Braunlehm vega de Kubiena*), les sols podzoliques et parapodzoliques, la terre rouge méditerranéenne, etc.

Le tchernoziem: Le tchernoziem appartient en Yougoslavie au sous-type pannonique et il est caractérisé par un horizon A-C profond et humifère. Ce tchernoziem est le plus souvent carbonaté, il possède une bonne structure (structure granuleuse) ainsi que d'autres propriétés. Il n'est toutefois pas aussi riche en humus que celui d'Europe orientale. La teneur en humus varie entre 4 et 6%, et c'est ce dernier qui confère à ce tchernoziem sa couleur brun-foncé.

Dans le Tableau 1 nous avons rassemblé quelques données relatives au potassium dans quatre profils caractéristiques de tchernoziem carbonaté pannonique:

– Zrenjanin – Crvenka – Zemun – Novi-Sad –

La smonitza: Ce type de sol se rencontre en Serbie, en Macédoine et dans certaines parties de la Bosnie. De la Serbie, la smonitza s'étend jusqu'en Bulgarie. C'est une terre noire particulière qui se distingue du tchernoziem par sa genèse et surtout par ses propriétés physiques. Sa genèse est liée à l'apparition des sols lacustres (eau douce) tels que l'argile d'eau douce, la marne argileuse. Il apparaît en partie avec les anciens sédiments alluviaux. Toutefois, les opinions de différents auteurs divergent sur la genèse de ces sols. Selon *Stebut*, ils constituent des anciens sols et des sols reliquats. D'autres auteurs ont à ce sujet des opinions différentes. Par sa genèse et surtout par ses propriétés physiques, la smonitza se distingue très nette-

Tableau 1

| Profil | Profondeur cm | Fraction < 2 μ . % | K ₂ O total % | K ₂ O échang. mg/100 g |
|-----------|--|--|---|--|
| Zrenjanin | 0-20 | 37,92 | 2,15 | 43,1 |
| | 20-40 | 37,25 | 2,23 | 27,5 |
| Crvenka | 0-20 | 34,48 | 1,96 | 10,4 |
| | 20-40 | 29,08 | 1,92 | 8,4 |
| Zemun | 0-20 | 24,82 | 1,85 | 14,1 |
| | 20-40 | 22,45 | 1,82 | 7,1 |
| Novi-Sad | 0-20 | 31,00 | 1,84 | 15,8 |
| | 20-40 | 28,12 | 1,85 | 12,4 |
| Profil | K ₂ O échang. de capacité d'échange % | Fixation humide K ₂ O mg/100 g * | Fixation sèche K ₂ O mg/100 g * | Mobilisation K ₂ O non échang. mg/100 g ** |
| Zrenjanin | 2,66 | 11,88 | 26,92 | 224,36 |
| | 1,76 | 25,48 | 58,48 | 218,24 |
| Crvenka | 0,78 | 15,35 | 58,76 | 169,21 |
| | 0,64 | 24,62 | 64,76 | 148,00 |
| Zemun | 0,91 | 8,20 | 30,88 | 148,00 |
| | 0,45 | 19,24 | 47,64 | 183,99 |
| Novi-Sad | 0,96 | 17,36 | 59,64 | 198,54 |
| | 0,76 | 23,20 | 61,36 | 223,17 |

* selon la méthode *Van der Marel* (3)** selon la méthode *Kolterman et Truog* (2)

Toutes les analyses suivantes se rapportent à la terre sèche

ment du tchernozem d'une part et des rendzines d'autre part. Elle est par conséquent considérée comme un type de sol particulier. Au point de vue physique, c'est une terre noire et lourde à structure prismatique. Dans ce type de sol, nous retrouvons toujours, à une certaine profondeur, un horizon de gley. Du point de vue agricole, la smonitza représente une bonne terre particulièrement favorable à la culture des plantes sarclées. Le Tableau 2 contient les chiffres relatifs à différents renseignements sur l'état du potassium dans 4 profils caractéristiques de smonitza:

-Trnava - Zaječar - Kosovo - Preljina -

Tableau 2

| Profil | Profondeur cm | Fraction < 2 μ . % | K ₂ O total % | K ₂ O échang. mg/100 g |
|----------|--|--|---|---|
| Trnava | 0-20 | 62,00 | 2,42 | 21,12 |
| | 20-40 | 62,05 | 2,40 | 16,3 |
| Zajecar | 0-20 | 45,00 | 2,12 | 100,0 |
| | 20-40 | 48,34 | 2,18 | 100,6 |
| Kosovo | 0-20 | 59,00 | 2,16 | 41,44 |
| | 20-40 | 59,00 | 2,17 | 28,4 |
| Preljina | 0-20 | 53,10 | 2,25 | 17,6 |
| | 20-40 | 51,68 | 2,20 | 19,9 |
| Profil | K ₂ O échang. % de capacité d'échange | Fixation humide K ₂ O mg/100 g | Fixation sèche K ₂ O mg/100 g | Mobilisation K ₂ O non échang. mg/100 g |
| Trnava | 0,96 | 17,72 | 58,84 | 436,47 |
| | 0,76 | 40,12 | 66,80 | 444,43 |
| Zajecar | 6,85 | 38,88 | 65,32 | 618,32 |
| | 7,15 | 39,88 | 68,84 | 610,56 |
| Kosovo | 2,33 | 16,92 | 46,76 | 473,18 |
| | 2,02 | 17,16 | 40,76 | 458,63 |
| Preljina | 0,89 | 17,32 | 54,60 | 530,26 |
| | 1,22 | 14,28 | 50,36 | 501,05 |

La gaïnjatcha : Jusqu'à récemment, où certains auteurs ont établi qu'il s'agissait d'un type de sol particulier, ce type de sol a toujours été compté comme terre brune «Braunerde». La gaïnjatcha se forme sur différents substratums comme les sédiments lacustres, les alluvions, loess ainsi que sous l'influence de la forêt de chêne très développée. Elle se rencontre le plus fréquemment en Serbie et en Slovénie. C'est une terre profonde, assez argileuse, de couleur brune et moyennement fertile. Nous avons rassemblé dans le Tableau 3 quelques chiffres relatifs à l'état du potassium dans sept profils caractéristiques de gaïnjatcha :

– Radmilovac – Smederevska Palanka – Mladenovac – Ripanj – Binovac
– Ostružnica – Batočina – Kladovo –

Tableau 3

| Profil | Profondeur cm | Fraction 2 μ . % | K ₂ O total % | K ₂ O échang. mg/100 g |
|------------------------|--|--|---|---|
| Radmilovac | 0-20 | 30,00 | 1,68 | 15,5 |
| | 20-40 | 33,72 | 1,82 | 11,5 |
| Smederevska Palanka | 0-20 | 44,00 | 1,94 | 16,8 |
| | 20-40 | 41,95 | 2,03 | 16,2 |
| Mladenovac | 0-20 | 37,00 | 2,37 | 13,00 |
| | 20-40 | 45,10 | 2,34 | 14,1 |
| Ripanj | 0-15 | 42,78 | 2,08 | 18,1 |
| | 20-40 | 40,55 | 2,16 | 17,6 |
| Binovac | 0-20 | 37,84 | 1,75 | 11,7 |
| | 20-40 | 43,15 | 1,80 | 9,8 |
| Ostružnica | 0-15 | 33,18 | 1,68 | 17,2 |
| | 20-40 | 35,00 | 1,74 | 17,00 |
| Batočina | 0-15 | 49,00 | 2,25 | 9,5 |
| | 20-35 | 52,00 | 2,20 | 8,4 |
| Profil | K ₂ O échang. % de capacité d'échange | Fixation humide K ₂ O mg/100 g | Fixation sèche K ₂ O mg/100 g | Mobilisation K ₂ O non échang. mg/100 g |
| Radmilovac | 1,56 | 9,36 | 44,24 | 277,00 |
| | 0,88 | 16,08 | 54,04 | 359,37 |
| Smederevska Palanka | 1,24 | 9,56 | 50,00 | 292,51 |
| | 1,18 | 22,20 | 71,08 | 329,22 |
| Mladenovac | 1,02 | 6,32 | 55,76 | 276,14 |
| | 1,06 | 18,52 | 72,40 | 312,54 |
| Ripanj | 1,16 | 23,08 | 40,80 | 228,17 |
| | 1,23 | 22,12 | 41,24 | 259,68 |
| Binovac | 0,82 | 17,16 | 50,20 | 314,24 |
| | 0,58 | 22,18 | 58,16 | 343,53 |
| Ostružnica | 1,43 | 11,21 | 34,52 | 268,64 |
| | 1,33 | 13,68 | 32,96 | 296,59 |
| Batočina | 0,51 | 19,16 | 43,08 | 329,73 |
| | 0,43 | 18,84 | 45,76 | 386,53 |

Les sols podzoliques: Les sols podzoliques et parapodzoliques se rencontrent à l'ouest de la Yougoslavie soit en Croatie, Bosnie et Serbie occidentale, régions caractérisées par un climat occidental humide (750–2500 mm de pluie). Ils se sont essentiellement formés sous forêt de chêne sans humus brut et se caractérisent par un horizon alluvial profond et par un horizon illuvial très développé. Afin de distinguer ce podzol d'autres podzols et notamment de l'orthopodzol, l'on est tombé d'accord pour l'appeler parapodzol.

Ces sols peuvent être plus ou moins fertiles selon les cas et les précipitations atmosphériques.

Le Tableau 4 contient quelques données relatives au potassium dans quatre profils caractéristiques de sols podzoliques.

Tableau 4

| Profil | Profondeur cm | Fraction 2 μ . % | K ₂ O total % | K ₂ O échang. mg/100 g |
|-------------|--|--|---|---|
| Milutinovac | 0–15 | 25,17 | 1,31 | 6,8 |
| | 20–40 | 27,19 | 1,39 | 5,9 |
| Kraljevo | 0–20 | 22,95 | 1,28 | 8,5 |
| | 20–40 | 35,95 | 1,38 | 5,5 |
| Latković | 0–20 | 25,00 | 1,52 | 5,3 |
| | 20–40 | 42,12 | 1,50 | 6,8 |
| Štavica | 0–20 | 33,52 | 1,45 | 14,6 |
| | 20–40 | 49,96 | 1,76 | 9,5 |
| Profil | K ₂ O échang. % de capacité d'échange | Fixation humide K ₂ O mg/100 g | Fixation sèche K ₂ O mg/100 g | Mobilisation K ₂ O non échang. mg/100 g |
| Milutinovac | 1,08 | 5,40 | 29,16 | — |
| | 1,15 | 17,72 | 34,08 | — |
| Kraljevo | 1,18 | 1,30 | 27,84 | 152,92 |
| | 0,63 | 5,08 | 41,96 | 180,55 |
| Latković | 0,60 | 6,72 | 39,52 | — |
| | 0,75 | 11,56 | 44,76 | — |
| Štavica | 1,24 | 14,04 | 58,04 | 266,18 |
| | 0,72 | 25,04 | 66,80 | 369,75 |

Terre rouge méditerranéenne : Parmi les pays dans lesquels on rencontre la terre rouge méditerranéenne, on cite habituellement l'Espagne, la France, la Grèce, la Yougoslavie (Croatie, Istrie, Dalmatie), etc. Sur le littoral, ce sol est lié à la présence de karst. Nous donnons ci-après quelques renseignements sur la teneur en potassium total ou en potassium assimilable de six profils de terres rouges méditerranéennes (Tableau 5)

Tableau 5

| Profil | Profondeur cm | K ₂ O total % | K ₂ O échang. mg/100 g |
|---------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------------------|
| Herceg Novi | 0-16 | 1,84 | |
| | 25-40 | 1,64 | |
| | 50-65 | 1,72 | |
| Korčula | 0-18 | 0,7 | |
| | 30-45 | 0,74 | |
| | 50-80 | 0,82 | |
| | 100-120 | 1,02 | |
| Korčula | 0-45 | | 7,42 |
| | 45-90 | | 6,13 |
| | 90-120 | | 5,41 |
| Vis | 5-30 | | 10,06 |
| | 50-90 | | 9,22 |
| | 100-150 | | 8,15 |
| Dubrovnik | 0-30 | | 6,78 |
| | 30-60 | | 6,02 |
| | 60-90 | | 6,08 |
| | 90-120 | | 7,13 |
| Split-Marian pelouse..... | 0-15 | | 2,00 |
| | 15-30 | | 2,00 |
| | 30-45 | | 3,00 |

Enfin nous ne ferons que signaler d'autres types, sous-types et variétés de sol que l'on rencontre en Yougoslavie: tchernoziem des prairies et marécageux, tchernoziem sableux, tchernoziem gaïnjatché; terres rouges sur sédiments tertiaires sols parapodzoliques de fougères et de bruyères, sols parapodzoliques et peu évolués sur flysch et marne; sols salins; sols alluviaux; sols diluviens; sables; rendzines; karsts, etc.

Résumé et conclusions

En Yougoslavie, l'on consacre beaucoup moins d'attention aux problèmes soulevés par le potassium et la fumure potassique qu'à ceux posés par l'azote et le phosphore.

Par conséquent, la fumure potassique a été délaissée ou appliquée en quantités insuffisantes ce qui en restreint l'efficacité. L'origine de cette lacune réside dans le fait que les résultats d'analyses de sols yougoslaves présentent la plupart du temps des richesses assez importantes en potassium total. Toutefois, un grand nombre de recherches ont démontré qu'en ce qui concerne le potassium physiologiquement actif, 30% des sols yougoslaves sont pauvres en potassium facilement assimilable par les plantes, 35% en contiennent des quantités moyennes, 16% des quantités suffisantes et que 17% des sols de notre pays sont riches en cet élément. Suivant les types de sols, la teneur en potassium assimilable varie beaucoup; ainsi 85% des parapodzols de Mačva sont pauvres, comme aussi 30% des gaïnjatcha et 35% des sols d'alluvions, etc. Nous pouvons dire qu'en moyenne de tous les sols yougoslaves, environ 30% sont pauvres, environ 40% sont assez riches, environ 20% suffisamment pourvus et environ 10% sont très riches en potassium assimilable par les plantes.

Les analyses effectuées ont montré que les sols yougoslaves ont un pouvoir de fixation du potassium qui est assez grand. Les variations que l'on rencontre à ce sujet entre certains types de sols et même à l'intérieur de ces types, proviennent des différents teneurs en colloïdes minéraux et d'autres facteurs influençant la fixation du potassium. Rappelons toutefois que le potassium fixé peut être absorbé un peu plus facilement par les plantes que le phosphore fixé. Il faut cependant signaler que l'influence de la fixation du potassium est plus forte au cours des années sèches que pendant les années humides. Les sols qui fixent fortement le potassium ont besoin d'environ 300 kg de K_2O /ha, outre les fumures adéquates azotées et phosphatées, pour fournir des récoltes normales (betteraves à sucre, avoine, orge, blé). Ces résultats ont été obtenus sur des terres fixant en laboratoire 300 kg de K_2O /ha. Nous devons toutefois constater que nous ne possédons pas de sols fixant des quantités de potassium assez importantes pour nécessiter des fumures potassiques beaucoup plus fortes que celles exportées par les récoltes augmentées d'un certain pourcentage.

Bibliographie

1. *Jekić, M.* : Problème du potassium dans notre agriculture. *Agrohemija*, Beograd 1960
2. *Koltermann, D.W.*, et *Truog, E.* : Determination of fixed soil potassium. *Proc. Soil. Sci. Soc. Am.* 17, 1953

3. *Marel, H. W. van der* : The amount of exchangeable cations of K-fixating soils. Vth International Congress of Soil Science, Leopoldville 1954
4. *Nejgebauer, V., et coll.* : Guide des cartes pédologiques de Yougoslavie, Belgrade 1961
5. *Nikolić, S.* : Contribution à l'étude de la fertilité de quelques terres rouges (terra rossa) dalmatiennes. Zemljište i biljka, N° 1-3, Beograd 1958
6. *Nikolić, S., Jelenić, Dj., et Popović, Z.* : Fertilité des sols de la Yougoslavie et emploi des engrais. IVe Congrès mondial des fertilisants, Beograd 1961, Opatija
7. *Pantović, M.* : Sur quelques problèmes de l'application des engrais potassiques. Hemizacija poljoprivrede, Beograd 1959



Discussions 4^e séance

Conférence de M. E. GONZÁLEZ-SICILIA

La fumure des agrumes

M. M. MATHIEU (FAO), Damas:

Question 1: Comment la fumure est-elle appliquée aux agrumes?

Epannage sur toute la surface

Epannage en bandes

A quelle profondeur

Question 2: Que pense l'auteur de la dissolution de NH_3 anhydre dans l'eau d'irrigation?

M. E. GONZÁLEZ-SICILIA (Burjasot):

1. En España se aplica el abono al finalizar el invierno extendiéndolo en toda la superficie del terreno, para, seguidamente, incorporarlo al suelo con una labor de azada o arado que además entierra la vegetación espontánea desarrollada durante el invierno; de esta manera el abonado (nitrogenado, fosfórico y potásico) queda incorporado a los 18-20 centímetros de la capa superficial, ya que ésta es la profundidad corrientemente dada a la labor precitada.

Estimo que en estas condiciones tanto el fósforo como la potasa quedan retenidos en la capa superficial, aquel por el paso de fosfato monocálcico a bi o tricálcico en presencia de la cal del suelo y la potasa por absorción del complejo coloidal; con lo que estos elementos nutritivos quedan fuera del alcance de la raíces situadas a mayor profundidad.

Se trabaja activamente en muchos Centros de Investigación en el sentido de buscar medios de incorporación de los abonos fosfórico y potásico de manera tal que queden perfectamente al alcance de las raíces.

2. La incorporación del amoníaco gaseoso mediante su disolución en el agua de riego es tal vez el sistema más barato de fertilizar con nitrógeno, apesar de la pérdidas que se producen.

A mi juicio este sistema tiene una serie de inconvenientes: el principal derivado del hecho de que el amoníaco es fijado por la arcilla con lo que se produce una decalcificación del suelo al par que la arcilla amónica formada (si bien transitoria ya que el amoníaco de la misma es nitrificado lentamente) modifica la estructura del suelo disminuyendo su permeabilidad; por otra parte este sistema de abonado solubiliza el humus arrastrándolo a capas profundas.

Por tanto el abonado con amoniaco disuelto en el agua de riego no debe ser empleado en suelos faltos de cal o en aquellos en que la carencia de elementos finos haga difícil la fijación del amonio.

M. L. AUDIDIER (Paris): Je ne suis pas un spécialiste de la culture des agrumes, mais j'ai eu l'occasion de suivre de près les techniques de fertilisation des agrumes en Afrique du Nord, et notamment au Maroc.

Il apparaît que les méthodes générales d'enfouissement en profondeur, que je serai amené à préconiser lors de ma prochaine conférence, sont valables pour les agrumes avec toutefois quelques précautions puisque chacun sait que les agrumes redoutent particulièrement les meurtrissures aux racines.

Dans la région de Valence, les agrumiculteurs se bornent à faire des rigoles d'irrigation relativement profondes autour de chaque arbre et à mettre les engrais dans ces rigoles avant d'y faire pénétrer l'eau d'irrigation.

En Afrique du Nord, la technique d'enfouissement, par des appareils distributeurs d'engrais munis d'un couteau faisant des sections nettes aux racines superficielles et enfouissant les engrais à 30 ou 40 cm, a donné de très bons résultats.

Conférence du Prof. MORANI

La fumure des plantes fourragères

Dr. G. W. COOKE (Harpenden): The method used in estimating the potash needs of forage crops on clay-loam soils at Rothamsted may be of interest to other workers. Our general aim is to supply sufficient potash fertilizer so that the yields of crops are not limited by K-deficiency but to avoid supplying too much, when waste through "luxury consumption" may occur. In experiments on crops that are cut for hay, silage or feeding green to animals it is easy to do normal field experiments, testing increasing dressings of potash fertilizer and, by measuring the response, to calculate optimum dressings. This method cannot be used where the crop is used by grazing animals; in these circumstances, we rely on a test crop of potatoes, which are very sensitive to K-deficiency, to show us whether the herbage crop has depleted the K-reserves in the soil or whether the fertilizer given to the herbage crop was sufficient to feed the crop and maintain reserves in the soil. These experiments have been in progress for 15 years and we have adjusted the potash dressings to the herbage crops through the years, and also tested the effect of extra potash on the potatoes. In addition we check the soil-K status continually by analysis. In this way we find that the potash needed *each year* by lucerne (yielding about 10 tons of dry matter/ha) is about 180 kg/ha of

K_2O . When grass is dressed heavily with N, using about 300 kg N/ha in the year, the yield is about $12\frac{1}{2}$ tons/ha of dry matter, and the potash needed to maintain this yield level without depleting K-reserves in the soil is about 200 kg K_2O /ha each year. Under continuous grazing conditions, much potash is returned to the herbage crop in excreta (faeces and urine) and therefore less potash fertilizer is needed to maintain output: our experiments show that 80 kg K_2O /ha is sufficient to maintain production of grass, or grass-clover sward, and to prevent depletion of soil potassium when the herbage is all used by grazing animals.



La fumure de la vigne et des vergers

L. AUDIDIER, ingénieur agronome-viticulteur
Membre de l'Académie d'Agriculture de France

Il est impossible qu'un viticulteur français, même lorsqu'il pratique son art dans une région de renommée mondiale comme la Bourgogne, puisse parler sans une certaine émotion de la vigne et des vergers dans un pays comme la Grèce où Dionysos, fils de Zeus, découvrit la vigne, et où l'étrusque Pomone eut de nombreux adeptes dès la plus haute Antiquité.

Il m'a été demandé de vous entretenir à la fois du vignoble et des vergers autres que ceux d'agrumes qui font l'objet de la conférence du professeur *González*.

La vigne et les arbres fruitiers présentent, malgré des aspects extérieurs fort différents, un certain nombre de caractères communs; ce sont des plantes pérennes au système racinaire souvent puissant, stockant des matières de réserve dans des troncs, branches ou bras (2), et capables de végéter soit sur des côteaux arides, soit dans des sables presque stériles où aucune autre culture ne serait capable de s'installer et de persister, le poirier et le pommier étant toutefois beaucoup plus exigeants que la vigne et les autres arbres fruitiers.

La souplesse et la résistance des cultures arbustives, et aussi leur enracinement toujours assez profond, quelquefois très profond, rendent particulièrement difficile l'application fructueuse des engrais au niveau des racines qui doivent les absorber.

Des tentatives de fertilisation mal raisonnée, mal réalisée, ont parfois abouti à des résultats peu démonstratifs, ce qui a amené certains techniciens en chambre à conseiller de ne point se préoccuper du problème des fumures des vignes et arbres fruitiers. Quelques esprits chagrins sont même allés jusqu'à redouter que l'emploi des matières fertilisantes ne détériore la qualité des vins ou des fruits obtenus.

Nous nous efforcerons de les rassurer.

Le premier problème à résoudre dans la fumure de la vigne et des arbres fruitiers est de *déterminer les besoins* de ces cultures. Pour cela nous aurons à étudier d'abord les exportations, à les comparer avec les ressources des sols,

et nous établirons des formules de fumure à la lumière de ces considérations théoriques, complétées par les expériences de la pratique.

Nous serons ensuite amenés à étudier les modes d'application, tout à fait spéciaux par rapport à d'autres cultures, qui seuls peuvent permettre aux cultures arbustives de bénéficier rapidement de l'emploi des engrais.

Pour rester dans les limites du temps qui nous est accordé, nous ne parlerons pas des éléments secondaires ni des oligo-éléments, dont l'importance est beaucoup moins grande, mais qui à eux seuls pourraient faire l'objet d'une autre conférence.

Nous terminerons en citant quelques résultats pratiques de nature à rassurer les sceptiques qui peuvent douter des avantages de la fertilisation de la vigne et des arbres fruitiers.

Evaluation des besoins

En ce qui concerne la vigne, le grand chimiste et agronome *Muntz*, Professeur à l'Institut national agronomique de Paris, membre de l'Académie des sciences, affirmait déjà au siècle dernier, après avoir analysé les différents types de vins, les grappes, les sarments, les feuilles enlevées par une récolte, que «la vigne ne saurait se passer de fumure». Il constatait qu'un hectare de vigne exportait par an:

de 47 à 53 kg d'azote,
de 11 à 13 kg d'acide phosphorique,
de 44 à 51 kg de potasse,

les vins de meilleure qualité étant d'ailleurs ceux qui exportaient le plus d'éléments minéraux.

Plus récemment, de 1925 à 1939, à l'Ecole nationale d'agriculture de Montpellier, spécialisée comme chacun sait dans les problèmes viticoles, le regretté professeur *Lagatu*, avec son collaborateur et successeur le professeur *Maume* (11), donnaient comme ils le disaient «la parole à la plante». Pour ce faire, ils analysaient des feuilles, toujours prélevées au même niveau des rameaux portant des grappes à des époques précises: début de la floraison, fin de la floraison, début de la véraison, maturité du raisin.

Ils portaient les teneurs en N, P₂O₅ et K₂O, exprimées en pour-cent, sur un graphique triangulaire, et remarquaient que les vignes donnant les meilleurs rendements correspondaient à une zone dont les coordonnées triangulaires moyennes étaient:

N 41% P₂O₅ 8% K₂O 51%

Ces travaux ont été continués par le professeur *Dulac* (17), et on a constaté par exemple que lorsque la teneur moyenne en K_2O des feuilles de référence descendait au-dessous de 1%, il s'agissait toujours de vignes en mauvais état de productivité sous le climat méditerranéen.

De 1932 à 1939, *E. Vinet* (24), directeur de la Station œnologique d'Angers (France), démontrait que l'état de vigueur et de productivité d'une vigne était sous la dépendance, non seulement de la dernière fumure, mais surtout des fumures antérieures, le nombre de grappes se trouvant fixé de très bonne heure sous la forme des ébauches apparaissant dans les yeux fructifères des sarments développés ou aoûtés au cours de l'année précédente.

Il a noté que l'on pouvait juger de l'état de productivité d'un vignoble par les doses de N, P_2O_5 et K_2O accumulées dans la partie basale des sarments fructifères (bois portant les trois premiers yeux), et proposait une méthode dite du « diagnostic ligneux ».

La teneur du bois des vignes bien fumées portant les meilleures récoltes variait :

pour l'azote, de 0,75 à 0,82%,
pour l'acide phosphorique, de 0,41 à 0,51%,
pour la potasse, de 0,93 à 1,04% de K_2O .

Dans le bois, comme dans les feuilles de vigne, les dominantes sont donc l'azote et surtout le potassium.

Liverant (15), chargé de recherches à la station agronomique de Toulouse, dépendant de l'Institut national de la recherche agronomique français, dans une série de publications de 1957 jusqu'à ce jour, fixe les prélèvements de la vigne dans la région de Toulouse à :

60-80 kg d'azote par hectare
20-30 kg d'acide phosphorique par hectare
60-80 kg de potasse par hectare

En ce qui concerne les arbres fruitiers, *Liverant*, après avoir suivi ses vergers expérimentaux pendant plus de 15 ans, constate que le total des matières minérales exportées par les fruits, les feuilles et organes ligneux éliminés par la taille, est en moyenne, dans la région toulousaine :

pour le pommier (20 t de fruits à l'hectare) :
127 kg de N
36 kg de P_2O_5
152 kg de K_2O

pour le pêcher Amsden (moyenne de 10 t de fruits à l'hectare):

144 kg de N
23 kg de P_2O_5
131 kg de K_2O

Aux Etats-Unis, *Rogers et al.* (20), expérimentant sur des pommiers adultes ayant une production moyenne de l'ordre de 35 t de fruits à l'hectare, obtiennent les chiffres d'exportations ci-après:

113 kg de N
47 kg de P_2O_5
159 kg de K_2O
35 kg de MgO

pour un verger de pêchers donnant 37 t de fruits à l'hectare:

129 kg de N
41 kg de P_2O_5
212 kg de K_2O
38 kg de MgO

Si nous comparons les exportations d'une vigne avec celles des cultures fruitières en bon état de production, on constate que les prélèvements sont nettement plus importants pour les arbres fruitiers que pour la vigne, mais que l'équilibre N, P, K y est tout à fait comparable.

Pour les deux cultures, les prélèvements sont relativement élevés en azote, faibles en acide phosphorique, très élevés en potasse, avec un rapport de l'ordre de 1 pour N, 0,3 à 0,5 pour P_2O_5 , 1,5 à 2 pour K_2O .

Ces points communs justifient la décision des organisateurs du Congrès de l'Institut international de la potasse de réunir, pour une même conférence, les productions viticoles et fruitières; ce mariage de Dionysos et de Pomone aurait pu logiquement être envisagé par la mythologie grecque.

On peut dire que la vigne exporte, sous le climat méditerranéen, environ:

40 à 50 kg d'azote par hectare et par an
une vingtaine de kilos d'acide phosphorique par hectare et par an
50 à 80 kg de potasse par hectare et par an.

Les arbres fruitiers, plus exigeants, prélèvent des quantités d'éléments fertilisants qui sont au moins le double de celles exportées par la vigne.

L'application régulière d'une fumure de restitution pourrait constituer une solution simple qui ne serait pas valable.

Toute solution doit tenir compte des ressources du sol en éléments dits «*assimilables*» qui, dans l'ensemble, sont d'ailleurs souvent beaucoup moins importantes que ne le déclarent certains auteurs. Elle doit aussi prendre en considération les fixations, sous une forme quelquefois peu assimilable, de l'acide phosphorique et de la potasse, ces fixations sur les colloïdes étant fréquemment plus considérables qu'on ne le suppose.

Si les prélèvements d'acide phosphorique ne sont que de 25 à 40 kg, il est, dans le domaine de la pratique, indispensable, si l'on veut être certain d'éviter une carence en acide phosphorique, d'en apporter 40 ou 60 kg. De même, si les chiffres d'exportations de la potasse se traduisent par 60 kg, il sera bon d'ajouter une dose de sécurité portant les applications de K_2O à 100 ou 130 kg, cela toutes les fois que les cultures seront soit irriguées, soit faites en sol ne risquant pas de souffrir de concentrations salines importantes du fait d'une sécheresse excessive.

C'est pourquoi nous vous conseillerons, sauf adaptation à faire compte-tenu des cas de richesse exceptionnelle en un élément ou en un autre, *pour la vigne* dans la région méditerranéenne, des formules de fumure comportant:

40 à 50 kg d'azote par hectare et par an
 40 à 50 kg d'acide phosphorique par hectare et par an
 100 à 130 kg de potasse par hectare et par an.

Pour les arbres fruitiers, les doses d'azote devront être plus élevées compte-tenu des exportations plus importantes et du plus grand développement foliaire des arbres. Une formule moyenne de fumure par hectare et par an paraît devoir être:

120 à 130 kg d'azote
 40 à 50 kg d'acide phosphorique
 130 à 160 kg de potasse.

Enfin, avant d'arrêter une formule, il est indispensable d'examiner le profil du sol et du sous-sol, à la lumière des analyses mécanique et physique permettant d'en apprécier la perméabilité et la capacité de rétention de l'eau. Il est en effet vain de chercher, même avec de bonnes fumures, à faire prospérer une vigne ou des cultures fruitières dans des milieux asphyxiants.

Avant d'arrêter définitivement les chiffres des apports d'engrais choisis dans les limites que nous venons d'indiquer, il faudra bien entendu tenir compte de la productivité de la variété considérée et aussi de la nature du porte-greffe. On sait en effet que la capacité d'échange des radicelles change d'une variété à l'autre (1). C'est ainsi que, pour le pommier par exemple, la résistance au manque de potasse décroît dans l'ordre suivant: EM. V – EM. II – EM. IX et Franc.

Modes d'application des engrais à la vigne et aux arbres fruitiers

L'azote n'étant pas retenu par le pouvoir absorbant du sol et descendant facilement vers la zone des racines, il est sage d'en fractionner les applications pour éviter des pertes. L'azote descend en moyenne de 10 cm par 30 cm de pluie dans le sud-ouest de la France (travaux de *Soubiès, Gadet* et *Maury*).

L'acide phosphorique, au contraire, et cela est bien connu, tend à rester fixé au niveau où on l'applique, et il est fixé de telle manière que son apport est loin d'être mis en totalité à la disposition des plantes. Il en est de même pour la potasse qui semble toutefois migrer un peu plus facilement que l'acide phosphorique.

E. Vinet (24), déjà cité, avait constaté dans ses essais que les engrais, appliqués en surface et enfouis par les façons culturales normales de la vigne et sous le climat cependant humide de l'ouest de la France, mettaient souvent 4 ou 5 ans avant de produire leurs bons effets; l'acide phosphorique et la potasse ne descendaient que très lentement au niveau actif des racines. Sous les climats méditerranéens secs du type grec, les sels minéraux peuvent même remonter en surface, aspirés par une active évaporation, et apparaître sous la forme d'efflorescences blanchâtres sur les particules terreuses.



Figure 1 Epandage d'engrais dans un vignoble au milieu de l'interligne (cliché SCPA)

Vinet a également montré qu'en creusant un sillon de 35 cm entre les rangs de vigne les engrais profitaient à la plante l'année même de leur application.

De nombreuses études, et notamment celles de *Liverant*, ont démontré que les engrais apportés superficiellement restaient pratiquement fixés dans les 10 premiers centimètres du sol, les réserves ainsi accumulées étant évidemment peu profitables aux racines des arbres qui, dans la plupart des cas atteignent le maximum de leur développement entre 40 et 50 centimètres, et bien au-dessous lorsque le sous-sol le permet.

Voici à titre d'exemple les résultats d'analyses faites par *Liverant* (15) dans le sud-ouest de la France dans un sol de verger portant des arbres âgés de 24 ans et recevant chaque année de fortes fumures minérales :

| Profondeur des prélèvements | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|-----------------------------|-------------------------------|------------------|
| 0 à 10 cm | 2,72‰ | 1,11‰ |
| de 10 à 20 cm | 0,56‰ | 1,05‰ |
| de 20 à 30 cm | 0,31‰ | 0,56‰ |
| de 30 à 40 cm | 0,22‰ | 0,34‰ |
| de 40 à 50 cm | 0,15‰ | 0,24‰ |

Suivant la nature du porte-greffe, la vigne enfonce ses racines actives à des profondeurs variant de 15 à 30 cm pour les porte-greffes à racines traçantes comme le *Riparia*, à 1 m et plus pour les porte-greffes à racines pivotantes du type *Rupestris*; on a même trouvé des racines de vieilles vignes s'enfonçant jusqu'à 10 m de profondeur en terrains calcaires fissurés!

Pour les arbres fruitiers, les divers porte-greffes ont également un enracinement fort différent les uns des autres, mais les racines utiles sont toujours au moins à 25 cm, même pour des porte-greffes à racines traçantes comme le pommier *East Malling IX*. La moyenne des racines actives est entre 25 et 60 cm.

Une étude du profil du sol à l'aplomb des branches, pour examiner l'emplacement des racines, sera fort utile pour déterminer la meilleure profondeur d'enfouissement des engrais.

On a recommandé, pour approcher les engrais des racines: soit un sillon ouvert à la charrue, soit un trou de barre à mine ou l'utilisation d'un pal injectant des engrais en solution. La fumure à la barre à mine ou au pal est encore la seule solution possible lorsqu'il s'agit d'arbres isolés ou de vignes plantées en foule.



Figure 2 Localisation de l'engrais par l'appareil spécial pour application en profondeur (cliché *Liverant*)

Mais, il faut bien reconnaître que jusqu'à ces dernières années, l'apport en profondeur d'acide phosphorique et de potasse était peu commode sur de grandes surfaces avant que l'on mette au point des distributeurs d'engrais capables de les enfouir profondément et de les localiser au niveau des racines.

Ces appareils peuvent être conçus pour appliquer, soit des engrais pulvérolents, soit mieux des engrais granulés qui cheminent plus facilement dans les tubes des distributeurs. Ils sont essentiellement constitués, en dehors d'une trémie et d'un mécanisme de distribution classique, par un couteur de sous-soleuse derrière lequel est fixé un tube à section généralement elliptique dans lequel descendent les fertilisants.

L'expérience a prouvé que les racines sectionnées par le couteur du localisateur, tant pour la vigne que pour les arbres fruitiers, ne souffraient pas de cette coupe, puisque au contraire, au niveau de la section, un nombre con-

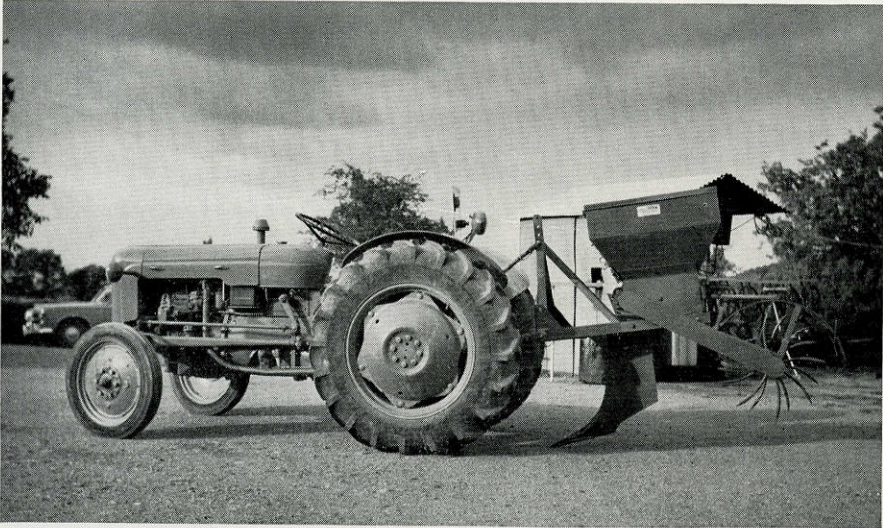


Figure 3 Appareil épandeur d'engrais en profondeur (cliché *Liverant*)

sidérable de radicelles actives prenaient naissance. Avec des labours profonds, retournant le sol et endommageant un très grand nombre de grosses racines, le résultat n'est pas du tout le même.

L'utilisation d'*engrais complets liquides*, qui a commencé aux Etats-Unis, et qui se répand dans différents pays, permet une solution élégante de l'enfouissement en profondeur.

Le principe de la fabrication de ces engrais liquides consiste essentiellement en la neutralisation d'acide phosphorique, dont les fabrications se multiplient dans le monde, par de l'ammoniac. On ajoute ensuite un sel de potasse, chlorure ou mieux carbonate de potasse, qui permet d'atteindre de plus hautes concentrations sans risque de cristallisation. Pour équilibrer les dosages, on peut compléter avec de l'urée ou du nitrate de potasse. On peut aboutir ainsi à des formules du type 10-5-15, 7-15-15, 9-9-14, etc., pour 100 litres de solution, c'est-à-dire à des concentrations comparables à celles des engrais composés habituellement commercialisés.

Une méthode complémentaire d'application des engrais sur vigne et arbres fruitiers, qui ne peut pas remplacer l'alimentation normale par les racines, est la *fumure foliaire*. Cette fumure foliaire, largement appliquée pour lutter contre les carences en oligo-éléments, a été étudiée en France depuis plusieurs années.

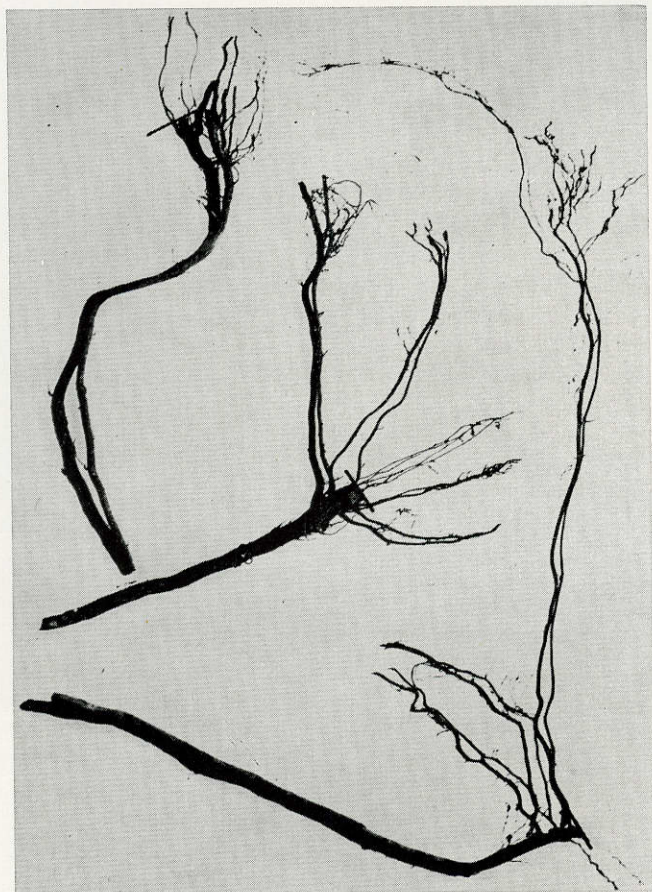


Figure 4 Régénération de racines de pommier sectionnées par le localisateur d'engrais (cliché *Liverant*)

Dès 1941, *J. Lafon* et *P. Couillaud* (10), de la Station Viticole de Cognac (Charente), ont démontré que la vigne profitait nettement de solutions étendues de nitrate de chaux, provenant de bouillies à base de nitrate de cuivre, pulvérisées sur les feuilles. Leurs essais furent repris en 1952 avec du nitrate de potasse, dosant comme on le sait 13% d'azote et 44% de potasse, qui, appliqué en addition à la bouillie bordelaise ou aux bouillies organo-cupriques habituellement utilisées, à raison d'un millier de litres par hectare lors de chaque traitement contre le mildiou, et à la concentration de 0,6 à 1%, faisait disparaître rapidement des signes de carence en potasse, flavescence ou brunissure.

Les engrais ainsi appliqués en pulvérisation sur les feuilles sont assimilables (12) même par temps sec, ne subissent pas de perte dans les eaux de drainage et ne sont pas bloqués par les colloïdes du sol.

Il ne faut pas croire que ce procédé de fumure foliaire, s'il constitue une technique heureuse permettant d'agir vite, puisse supprimer les apports d'engrais au sol, pas plus que certaines piqûres remontant un malade ne remplacent les aliments normaux.

Pour que les fumures minérales soient efficaces, il est absolument indispensable que le végétal, vigne ou arbre fruitier, dispose de ressources suffisantes en eau. La présence dans le sol de la matière humique (2), l'avantage de certaines techniques comme le « mulching », ont avant tout pour but de maintenir un taux d'humidité suffisant au niveau des racines des plantes. L'intérêt de l'humus est d'autant plus grand que les climats sont plus secs, mais c'est malheureusement sous ces climats secs que l'humus se détruit le plus rapidement.

C'est aussi sous ces climats secs que les plantes auxquelles nous nous intéressons, fuyant la sécheresse de la surface, descendent, lorsque le sol le permet, leurs racines le plus profondément possible, et c'est une raison de plus pour enfouir les engrais à une profondeur suffisante.

L'application des engrais en profondeur permet, dans une certaine mesure de pallier la pénurie d'humus.

Bien entendu, les travaux superficiels qui détruiront toute la végétation adventice qui concurrence la plante, et réduiront dans une certaine limite l'évaporation, permettront aux engrais de mieux agir. Ce sont d'ailleurs des pratiques culturales régulièrement suivies par tous les bons viticulteurs et arboriculteurs de tous les pays.

Différents auteurs ont souligné le rôle des engrais comme économiseurs d'eau et leur efficacité pour réduire les accidents dûs au gel.

Dans le sud-ouest de la France, en 1956, *Liverant* et *Martin* (16) constataient dans leurs champs d'essais que lorsque les parcelles sans engrais ou avec fumure incomplète N, NP donnaient un rendement de 100 ou légèrement inférieur à 100, les parcelles avec fumure NK atteignaient 136, et celles avec NPK 154; ce qui montre bien l'influence des sels minéraux, et notamment du potassium qui, se concentrant dans les cellules, permet aux plantes de mieux résister au gel, comme par ailleurs à la sécheresse en réduisant l'évaporation.

Epoques d'application

Jusqu'à ces dernières années, on recommandait d'apporter les engrais, tant à la vigne qu'aux arbres fruitiers, à la fin de l'hiver ou au début du printemps.

En réalité, des études sur l'absorption de la fumure phospho-potassique ont montré qu'il y avait deux périodes d'absorption particulièrement importantes :

- une première période qui correspond au maximum de croissance pour remplacer, au moment où la pousse est la plus active, les éléments précédemment stockés dans le tronc et les rameaux. Dans nos régions tempérées méditerranéennes, cette période de végétation active va de mars à juin.
- une deuxième période active d'assimilation, qui n'était pas soupçonnée jusqu'à ces temps derniers, correspond à l'accroissement du système racinaire, au stockage des aliments de réserves et à l'ébauche des organes de fructification. Cette deuxième phase commence aussitôt après la récolte des fruits et, suivant la douceur du climat, peut se continuer plus ou moins activement pendant une partie plus ou moins longue du repos végétatif.

Des études ont été faites dans ce domaine, tant en France par *Liwerant* déjà cité, que par des auteurs russes tels que *Kolesnikov* et *Priimak* (18).

Il importe à tout prix de favoriser la croissance automnale des racines et la constitution des réserves, afin de réduire l'alternance qui s'accroît lorsque les besoins nutritifs des plantes ne sont pas satisfaits.

Il est démontré aujourd'hui que, pour la vigne comme pour les arbres fruitiers, la fumure phospho-potassique gagne à être apportée à l'automne de bonne heure et enterrée profondément à la portée des racines, immédiatement après la récolte des fruits.

Un tiers des engrais azotés pourra être mis à cette même période, l'autre tiers à la fin de l'hiver ou au début du printemps au moment du développement actif de la végétation foliacée, la troisième partie lorsque les fruits ou grappes sont noués.

Résultats d'application d'engrais sur vigne

Les professeurs *Lagatu* et *Maume*, suivant aux environs de Montpellier, pendant 10 ans, une vigne type, ont obtenu les chiffres ci-après :

- 61,8 hl de vin à l'hectare comme moyenne de récolte sur les parcelles témoin sans engrais,
- 53 hl sur la parcelle recevant seulement 100 kg d'azote et 100 kg d'acide phosphorique. (Il se confirme qu'une fumure déséquilibrée donne quelquefois moins que le témoin sans fumure.)
- 116 hl sur la parcelle recevant 100 kg d'azote, 100 kg d'acide phosphorique et 200 kg de potasse.

Dans la région du Bordelais, des essais organisés sur une vigne de Cabernet greffé sur *Riparia*, à Château Olivier près de Léognan, donnaient, en degrés hectolitre à l'hectare, les rendements ci-après :

| Années | Témoin | P P ₂ O ₅ : 72 kg/ha | PK ₁ P ₂ O ₅ : 72 kg/ha K ₂ O : 120 kg/ha | PK ₂ P ₂ O ₅ : 72 kg/ha K ₂ O : 175 kg/ha |
|---------------------|--------|---|---|---|
| 1948-1949 | | | pas de différence | |
| 1949-1950 | 270,00 | 288,27 | 305,20 | 326,52 |
| 1950-1951 | 165,22 | 231,78 | 329,87 | 343,16 |
| 1951-1952 | 265,90 | 302,90 | 396,00 | 373,00 |
| Moyenne de 4 ans | 233,70 | 274,32 | 343,69 | 347,66 |

Dans la vallée de la Loire, *L. Depardon* (5), directeur de la Station Agronomique de Blois, après avoir suivi un vignoble expérimental de 1950 à 1955, publiait les résultats financiers ci-après :

| Résultats | Doses de K ₂ O en kilos à l'hectare | | | |
|--|--|------------|------------|------------|
| | 0 | 100 | 150 | 200 |
| Quantités de vin produit en 6 ans (140 kg de raisin = 1 hl) | 6,96 hl | 8,06 hl | 7,86 hl | 8,08 hl |
| Richesse alcoolique moyenne des vins | 11°3 | 11°4 | 11°7 | 11°9 |
| Degrés hectolitres obtenus en 6 ans | 78°6 | 91°9 | 92° | 96°1 |
| Valeur du vin produit en 6 ans sur la base de 250 F. le deg/hl (anciens francs) | 19 650 fr. | 22 975 fr. | 23 000 fr. | 24 025 fr. |
| Valeur du chlorure de potassium employé en 6 ans (anciens francs) | — | 255 fr. | 382 fr. | 510 fr. |
| Bénéfice net dû à l'action de la potasse en 6 ans (anciens francs) | — | 3 070 fr. | 2 968 fr. | 3 865 fr. |
| Bénéfice moyen dû à l'action de la potasse par ha et par an | — | 43 361 fr. | 41 920 fr. | 54 590 fr. |

Ces exemples pourraient être multipliés. Ils démontrent incontestablement que la fumure de la vigne est rentable, qu'elle améliore non seulement le rendement, mais lorsqu'elle est bien équilibrée, elle favorise la maturation, accroît la teneur en sucre du moût et la qualité du vin.

Poussant plus loin nos investigations, nous avons organisé en Champagne un essai de comparaison de l'action des engrais potassiques appliqués soit sous forme de chlorure, soit sous forme de sulfate. Cet essai mis en place au moment de la création d'un nouveau vignoble en sol homogène et en terrain calcaire (40% dont 15% de calcaire actif), de 50 cm de profondeur reposant sur un socle de craie, a donné les résultats ci-après :

| | Rendements ramenés à l'hectare |
|---|--------------------------------|
| Parcelle avec sulfate de potassium | 3536 kg |
| Parcelle avec chlorure de potassium | 2758 kg |

d'où une différence de rendement en faveur du sulfate de 28%.

Ces chiffres confirment tout à fait l'opinion des praticiens qui ont toujours préféré le sulfate au chlorure pour l'obtention de vins ou de fruits de qualité.

Résultats sur arbres fruitiers

Pour les arbres fruitiers, la littérature abonde d'exemples.

Liverant (15) résume des résultats d'essais de fumure sur pêcher dans le tableau ci-dessous:

| Variétés | Sols | Indices de comparaison | | | | | |
|---|------------------------------|------------------------|------|------|------|------|------|
| | | NPK | NK | NP | PK | N | T |
| Elberta (moyenne de 5 récoltes) Amsden | Sablonneux (Caroline du Sud) | 100,0 | 82,2 | 55,5 | — | 42,4 | 34,5 |
| | Boulbène (S.O. de la France) | 100,0 | 79,7 | 60,8 | 63,9 | — | 49,4 |

Les résultats de nos propres essais à la Station agronomique d'Aspach-le-Bas près de Mulhouse, sur pommier Belle de Boskoop, greffé sur East Malling IX (Paradis jaune de Metz) sont indiqués ci-dessous, pour les années 1954 à 1961, avec une année de gel en 1956.

Influence des fumures sur le rendement en fruits

| Rendements totaux annuels en T/ha | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|--------|-----------------------------|---|--|---|--|------------------|------|--------|
| Essais en blocs - 4 répétitions | | | | | | | | | |
| Année | Témoin | N ₁ P 75.75.0 | N ₁ PK ₁ 75.75.150 | N ₂ PK ₁ 150.75.150 | N ₁ PK ₂ 75.75.300 Chl. | N ₁ PK ₃ 75.75.300 Sulf. | 0,05 | 0,01 | C. V. |
| 1954 | 19,8 | 16,0 | 15,9 | 17,8 | 19,8 | 17,3 | Non significatif | | |
| 1955 | 7,4 | 1,6 | 9,4 | 13,9 | 20,8 | 19,5 | 9,7 | 13,4 | 53,5 % |
| 1956 | 0,6 | 0,3 | 1,1 | 1,3 | 2,4 | 2,1 | | | |
| 1957 | | | | Gel total | | | | | |
| 1958 | 23,6 | 14,1 | 27,1 | 37,2 | 51,5 | 45,7 | 10,6 | 5,12 | 21,5 % |
| 1959 | 2,3 | 1,3 | 2,9 | 6,5 | 5,7 | 4,6 | 1,6 | 2,3 | 27,9 % |
| 1960 | 30,6 | 23,8 | 41,8 | 51,7 | 47,1 | 44,3 | 11,9 | 16,4 | 22,2 % |
| 1961 | 8,1 | 6,9 | 26,3 | 34,6 | 36,9 | 41,9 | 15,2 | 20,8 | 39,0 % |
| Total | 92,4 | 64,0 | 124,5 | 163,0 | 184,2 | 175,4 | 39,4 | 54,1 | 19,6 % |

Nous avons également constaté que la réponse aux engrais variait et s'accroissait avec le temps. Le tableau ci-après donne des chiffres qui le démontrent. Ce phénomène peut tenir à un enrichissement progressif du sol et aussi à une lente migration vers le niveau des parties actives des racines.

| | NPK ₀ | NPK ₁ | NPK ₂ (chlorure) | différence K ₁ -K ₀ |
|---------------|------------------|------------------|--------------------------------|--|
| 1954/55 | 17,6 | 25,3 | 40,6 | 23,0 |
| 1958/59 | 15,4 | 30,0 | 57,2 | 41,8 |
| 1960/61 | 30,7 | 68,1 | 84,0 | 53,3 |

Engrais et qualité

En ce qui concerne l'influence sur la qualité dégustative et l'influence sur la conservation, tous les praticiens sont d'accord pour considérer que le sulfate de potasse donne généralement des fruits de meilleure qualité que le chlorure de potassium, même si, comme à Aspach, les rendements sont quelquefois légèrement inférieurs avec sulfate qu'avec chlorure de potasse.

Un de mes collaborateurs *P. Quidet* (19) a étudié, avec le Professeur *Ulrich* (23), Directeur du Laboratoire de Biologie Végétale au Centre National de la Recherche Scientifique à Meudon-Bellevue près de Paris, la conservation en frigorifique d'échantillons de pommes d'une même variété, (Starking Delicious), provenant de parcelles à fumure NP, NPK, NPK₂ N₂PK₂. La conclusion de cette étude est que le potassium s'est révélé indispensable à une bonne maturation et une meilleure conservation des fruits.

Didd et West, en Grande-Bretagne, avaient déjà mis ce fait en évidence dès 1938.

Tous les faits que nous rapportons démontrent que les fumures bien équilibrées augmentent non seulement la rentabilité de la vigne et des arbres fruitiers, mais assurent des produits de bonne qualité.

Nous avons nous-même constaté, autour de notre vignoble personnel de Bourgogne, qu'en 1959 année de forte récolte, les viticulteurs routiniers qui, sous prétexte de conserver la qualité, s'abstenaient de mettre des engrais, ont vu leurs vignes perdre prématurément leurs feuilles et mûrir imparfaitement l'abondante récolte qu'elles portaient, alors que d'autres, bien fumées, pouvaient allier à un rendement élevé une bonne qualité du vin obtenu.

Et, j'ose affirmer aujourd'hui que tous ceux qui dégustent les excellents vins de 1959, produits par des vignes abondamment fumées, sont convaincus que rendement et qualité ne sont pas incompatibles.

Bibliographie

1. *Anstett, A.* : Sur la variabilité des besoins en éléments nutritifs des diverses cultures fruitières
Revue «Agriculture», 355-358, décembre 1960
2. *Audidier, L.* : Les principes de la fumure des arbres fruitiers. Rapport général du Congrès pomologique de France, Rennes (1953)
3. *Batjer, L. P., et Rogers, B. L.* : Fumures à appliquer d'après l'utilisation de l'azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium par les pommiers. Proc. Am. Soc. Hort. Sci. 60, 1-6 (1952)
4. *Delmas, J., Bais, J., et Morenaud, C.* : Etude de l'importance du phosphore dans l'alimentation du pêcher en milieu contrôlé. C. R. Ac. Agr. France 792-795 (1959)
5. *Depardon, L.* : Fumure potassique de la vigne, Revue «La Potasse», n° 237, Septembre 1956
6. *Didd, F., et West, C.* : Effets de la fumure sur la conservation des pommes Cox Orange. Report of the Food Invest. Board f. 1937, 56-60 (1938)
7. *Direction centrale de la Science agronomique* : Résultats des recherches sur l'arboriculture, la viticulture et les cultures subtropicales pour les années 1952-1955, Moscou 1957
8. *Drouineau, G., et Nageotte, P.* : Influence du mode d'application d'une fumure complète sur la nutrition des arbres fruitiers. Recherches sur la fertilisation, 50 (1940)
9. *Dussert, L., et Faure, J. F.* : L'emploi des engrais en arboriculture «Chimie et Industrie», 1938
10. *Lafon, J., et Couilland, P.* : Station viticole de Cognac (Charente). Essais de fumure foliaire sur la vigne. Revue «Vignes et Vins», 1954
- Nouveaux essais de la fumure foliaire sur la vigne en 1954. C. R. Ac. Agr. France, séance du 2 février 1955
11. *Lagatu, H., et Maume, L.* : Diagnostic de l'alimentation du végétal par l'évolution chimique d'une feuille convenablement choisie. C. R. Ac. Sciences, p. 653 (1926)
- Le diagnostic foliaire et son degré de sécurité. C. R. Ac. Sciences, p. 1062 (1929)
- Application du diagnostic foliaire: il suggère, contrôle, limite le rendement alimentaire d'une vigne mal nourrie. C. R. Ac. Sciences, p. 812 (1932)
- Composition comparée de la matière sèche de feuilles homologues des rameaux fructifères et des rameaux naturellement stériles d'une vigne. C. R. Ac. Sciences, p. 1445 (1933)
- Méthode de contrôle chimique du mode d'alimentation de la vigne. C. R. Ac. Agric., avril 1927
- Examen critique des conditions et des résultats du contrôle alimentaire de la vigne. C. R. Ac. Agric., 11 mai 1927
- Examen critique du diagnostic foliaire. C. R. Ac. Agric., 21 février 1934
- Action d'un même engrais simple annuel sur l'alimentation N-P-K d'une même espèce végétale au cours de quatre années successives de culture dans un même sol. C. R. Ac. Agric., 16 mai 1934
12. *Lecat, P.* : Première esquisse de la physiologie du potassium en pulvérisation foliaire sur la vigne au moyen du potassium radioactif. C. R. Ac. Agric., 7 décembre 1955
13. *Levy, J.* : La rationalisation des fumures en viticulture. Revue «Vignes et Vins», 1954
14. *Levy, J., et Dussine, P.* : Fumure de la vigne et diagnostic foliaire, 1954
15. *Liverant, J.* : La fumure des arbres fruitiers. B. T. I., N° 81, p. 575-581 (1953)
- Influence du mode d'application des engrais sur leur efficacité en culture fruitière. C. R. IV^e Congrès Int. Science du Sol, Paris 1956
- Quelques aspects des problèmes de la fumure en culture fruitière. C. R. Congrès pomologique, 284-298 (1957)
- La fumure de la vigne, C. R. Chambre Agr. du Tarn, Novembre 1958
- Relations entre la chlorose des arbres fruitiers et la réaction du sol. C. R. Ac. Agr., p. 352-358 (1960)
- Effets des principaux éléments fertilisants sur le développement végétatif et sur la fructi-

- fication du pêcher – *Annales agronomiques* 1, p. 93–112 (1960)
16. *Liverant, J., et Martin, J. R.* : Note sur quelques facteurs ayant influencé la résistance de la vigne au froid en février 1956. C.R. Ac. Agr. France, 13 novembre 1957
 17. *Maume, L., et Dulac, J.* : Nouvelles observations par l'analyse périodique de la feuille sur l'absorption de la potasse chez quelques plantes pérennes. C.R. Ac. Sciences, p. 257 (1945)
 - Carence potassique chez la vigne décelée par le contrôle chimique de la feuille avant l'apparition de la brunissure. C.R. Ac. Sciences, p. 116 (1945)
 - Sur les valeurs extrêmes des proportions d'azote, d'acide phosphorique et de potasse dans la feuille en relation avec la santé de la vigne. C.R. Ac. Sciences, p. 1374 (1947)
 - L'acide phosphorique dans les équilibres physiologiques N-P-K de la feuille de vigne. C.R. Ac. Agr. 20 janvier 1937
 - Une jeune vigne peut tirer parti de certains éléments du sol là même où la vigne âgée souffre de carence prononcée. C.R. Ac. Agr., 23 mai 1945
 - Nouvelles observations sur la nutrition de la vigne contrôlée par l'analyse chimique de la feuille. C.R. Ac. Agric., 13 octobre 1948
 18. *Priimak, A. D.* : La fumure des cultures fruitières. Krasnodar (URSS), 1955
 19. *Quidet, P., Richard, H., et Petit, P.* : Influence de la fumure sur le rendement, les conditions de maturation et l'aptitude à la conservation des pommes. C.R. Ac. Agr. de France, 1^{er} février 1961
 20. *Rogers, B. L., Batjer, L. P., et Billingsley, H. D.* : Fumures à appliquer d'après l'utilisation de l'azote, phosphore, potassium, calcium et magnésium par les pêchers. Proc. Am. Soc. Hort. Sci., 66, p. 7–12 (1955)
 21. *Roubine, S. S.* : La fumure des arbres fruitiers et des arbustes à baies. Moscou 1949
 22. *Scott, L. E.* : Effets des engrais phosphatés et potassiques sur le pêcher dans la zone des collines sablonneuses du Sud-Est
 23. *Ulrich, R.* : La vie des fruits, Paris 1952
 24. *Vinet, E.* : La production à venir de la vigne. Progrès agr. et viticole, p. 88 (1933)
 - La fumure annuelle de la vigne et l'accumulation des effets fertilisants d'après le diagnostic ligneux. C.R. Ac. Agr. de France, 15 novembre 1933
 - Processus de la fumure sur la production, ses effets sur la qualité. C.R. Ac. Agr., 9 janvier 1935
 - Action de la fumure sur le développement du bois de taille en rapport avec sa composition minérale et son aptitude à la production. C.R. Ac. Agr. 16 octobre 1935
 - Action de la fumure potassique sur la vigueur générale de la vigne. C.R. Ac. Agr., 4 novembre 1936
 - Action sur la vigne de la fumure carencée en potasse ou en azote. C.R. Ac. Agr. 13 octobre 1937
 - Contribution à l'étude de l'alimentation minérale de la vigne

RÉSUMÉ

Malgré des apparences fort différentes, vigne et arbres fruitiers ont des points communs quant à l'équilibre de leurs besoins en éléments principaux.

Les prélèvements de ces cultures sont dans un rapport de l'ordre de: 1 pour l'azote, 0,3 à 0,5 pour l'acide phosphorique, 1,5 à 2 pour la potasse. Les arbres fruitiers prélèvent environ deux fois plus que la vigne.

Compte tenu des fixations plus ou moins réversibles dans le sol, il est conseillé d'appliquer, par hectare et par an, dans les régions méditerranéennes:

| | |
|------------------------------------|---------------------------------|
| <i>pour la vigne :</i> | 40 à 50 kg d'azote |
| | 40 à 50 kg d'acide phosphorique |
| | 100 à 130 kg de potasse |
| <i>pour les arbres fruitiers :</i> | 120 à 130 kg d'azote |
| | 40 à 50 kg d'acide phosphorique |
| | 130 à 150 kg de potasse |

Des résultats souvent insuffisants ont été enregistrés lors d'essais de fumure sur vigne et arbres fruitiers, du fait d'un mode d'application mal adapté au système racinaire toujours profond de ces cultures.

Il est indispensable de mettre en contact les engrais avec les éléments actifs des racines, ce qui amène à enfouir les matières fertilisantes à 30 ou 40 cm au moins, en utilisant soit la charrue sous-soleuse distributrice d'engrais, la barre à mine ou le pal.

Les engrais complets liquides peuvent également être utilisés.

La fumure aux racines peut dans certains cas être complétée par une fumure foliaire (nitrate de potasse 0,6 à 1 %).

Les engrais doivent être appliqués à deux époques différentes: une fumure complète lors de la période active de végétation, de mars à juin en région méditerranéenne; une fumure phospho-potassique aussitôt après la récolte, pour permettre le stockage des aliments de réserve et l'ébauche des organes de fructification.

Plusieurs résultats d'essais, économiquement chiffrés, tant sur vigne que sur arbres fruitiers, sont fournis.

Enfin, des essais récents démontrent que rendement et qualité ne sont pas incompatibles et qu'au contraire une bonne fumure donne davantage de sucre dans les raisins, et assure une meilleure qualité et une meilleure conservation pour les fruits.

SUMMARY

Fertilizing of vine and orchards

A vine and a fruit tree look very different, but when the balance of the chief elements in their nutritional needs is examined they are found to have points in common.

These crops take up nutrients in the following approximate proportions:—nitrogen 1, phosphoric acid 0.3 to 0.5, potash 1.5 to 2. In absolute amounts the fruit trees take about twice as much as the vines.

In regard to the fixation processes of varying degrees of reversibility that take place in soil it is recommended to apply annually in the Mediterranean regions (British equivalents to nearest 5 lb/acre):—

| | |
|--------------------------|---|
| <i>for the vine :</i> | 40 to 50 kg per hectare, nitrogen (35 to 45 lb/acre) 40 to 50 kg per hectare, phosphoric acid (35 to 45 lb/acre) 100 to 130 kg per hectare, potash (90 to 115 lb/acre) |
| <i>for fruit trees :</i> | 120 to 130 kg per hectare, nitrogen (110 to 115 lb/acre) 40 to 50 kg per hectare, phosphoric acid 130 to 150 kg per hectare, potash (35-45 lb/acre) |

Unsatisfactory results in manuring experiments on the vine and on fruit trees have often been recorded, owing to a method of application unsuited to the root systems of these plants, which always penetrate deeply.

It is essential to bring the fertilizers into contact with the actively absorbing tissues of the roots, i.e. to place them at least 30 cm to 40 cm (12 to 15 inches) down, by means of a combined subsoiler-fertilizer distributor, the soil or root injector.

Compound fertilizers may also be used in liquid form.

Fertilizing via the roots may be supplemented in some cases by a foliar spray (potassium nitrate, 0.6 per cent to 1 per cent).

Fertilizing should be done at two different times; there should be a complete dressing during the period of active growth, i.e. from March to June in the Mediterranean area; and also a phospho-potassic dressing after the harvest, enabling the plants to build up their stock of nutrient reserves and to form fruit buds.

Financial results of a number of experiments both on the vine and on fruit trees are given.

Finally, recent experiments show that yield and quality are not incompatible, but, on the contrary, generous fertilizing results in grapes richer in sugar and fruits with better storage properties.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Düngung im Obst- und Weinbau

Trotz verschiedener Erscheinungsformen zeigen, was das Gleichgewicht ihres Nährstoffbedürfnisses angeht, Weinreben und Obstbäume Ähnlichkeit. Die Nährstoffentnahmen dieser Pflanzen stehen annähernd in folgendem Verhältnis zueinander: Stickstoff = 1, Phosphorsäure = 0,3 bis 0,5 und Kalium 1,5 bis 2. Die Bedürfnisse der Obstbäume betragen ungefähr das Doppelte jener der Weinreben.

Unter Berücksichtigung der mehr oder weniger reversiblen Fixierungen im Boden, werden unter mediterranen Bedingungen folgende Düngermengen je ha und Jahr empfohlen:

| | |
|----------------------------|----------------------------|
| <i>für die Weinrebe :</i> | 40 bis 50 kg Stickstoff |
| | 40 bis 50 kg Phosphorsäure |
| | 100 bis 130 kg Kali |
| <i>für die Obstbäume :</i> | 120 bis 130 kg Stickstoff |
| | 40 bis 50 kg Phosphorsäure |
| | 130 bis 150 kg Kali |

Es wurden oft bei Düngungsversuchen mit Weinreben und Obstbäumen unbefriedigende Ergebnisse erzielt, welche auf eine ungenügende Berücksichtigung des stets tiefen Wurzelsystems dieser Pflanzen bei der Düngieranwendung zurückzuführen sind.

Es ist unerlässlich, die Dünger mit den aktiven Wurzelorganen in Berührung zu bringen, was uns zwingt, die Düngemittel mindestens 30 bis 40 cm tief in den Unterboden einzuarbeiten. Dabei können wir entweder den mit einem Untergrundlockerer verbundenen Düngerstreuer, den Düngerstab oder die Düngelanze verwenden. Die flüssigen Volldünger können ebenfalls verwendet werden.

Die Wurzeldüngung kann in gewissen Fällen durch eine Blattdüngung ergänzt werden (Kaliumnitrat 0,6 bis 1%).

Die Dünger müssen zu zwei verschiedenen Zeitpunkten angewendet werden: eine Volldüngung während der aktiven Vegetationsperiode, das heißt im Mittelmeerraum von März bis Juni, und eine Kalium-Phosphorsäure-Düngung sofort nach der Ernte, um das Aufspeichern von Nährstoffvorräten und die Anlage von Fruchtknospen zu fördern.

Es werden die Ergebnisse mehrerer Weinreben- und Obstbaum-Düngungsversuche wirtschaftlich ausgelegt und besprochen.

Schließlich zeigen neuere Versuche, daß Ertrag und Qualität nicht unvereinbar sind und daß im Gegenteil eine gute Düngung bei den Trauben einen höheren Zuckergehalt und beim Obst eine bessere Haltbarkeit herruft.

RESUMEN

El abonado de las viñas y de los vergeles

No obstante las grandes diferencias existentes, la viña y los árboles frutales tienen puntos comunes en lo que respecta al equilibrio de sus necesidades en elementos nutritivos principales. El consumo de estos cultivos se encuentra en una relación del orden de: 1 para el nitrógeno: 0,3 a 0,5 para el ácido fosfórico y 1,5 a 2 para la potasa. Los árboles frutales consumen aproximadamente dos veces más que las viñas.

Teniendo en cuenta las fijaciones más o menos reversibles en el suelo, se aconseja aplicar, por hectárea y año, en las regiones mediterráneas:

| | |
|----------------------|-------------------------------|
| <i>para la vid :</i> | 40 a 50 kg de nitrógeno |
| | 40 a 50 kg de ácido fosfórico |
| | 100 a 130 kg de potasa |

para los arboles frutales: 120 a 130 kg de nitrógeno
 40 a 50 kg de ácido fosfórico
 130 a 150 kg de potasa

Durante los ensayos de abonos con fertilizante en las viñas y arboles frutales, se han registrado con frecuencia resultados insuficientes, debido a la forma de aplicación más adaptada al sistema radicular siempre profundo de estos cultivos.

Es indispensable poner en contacto los abonos con los elementos activos de las raíces, lo que conduce a enterrar los elementos fertilizantes a 30 ó 40 cm de profundidad, por lo menos, bien por medio de un arado distribuidor de abonos que los hace penetrar profundamente en el subsuelo, una barra de mina o el inyector de abonos.

Igualmente pueden ser empleados abonos íntegros líquidos.

El abonado de las raíces puede, en ciertos casos, completarse por un abonado foliar (nitrato de potasa 0,6 a 1 %).

Los abonos deben ser aplicados en dos épocas diferentes: un abonado completo durante el periodo activo de vegetación, de Marzo a Junio en la region mediterránea; un abonado fosfo-potásico inmediatamente después de la cosecha, para permitir la acumulación de los elementos nutritivos de reserva y eldesgaste de los órganos de fructificación.

En el presente trabajo se facilitan diversos resultados de ensayos, cifrados económicamente, tanto sobre la vida como sobre los árboles frutales.

Finalmente diremos que, ensayos recientemente realizados demuestran que rendimiento y calidad no son incompatibles, y que, por el contrario, una buena aplicación de abonos origina un incremento de azúcar en las uvas pasas y asegura una mejor calidad y conservación para la fruta.



Commercial Fertilizers for Cotton

BASIL G. CHRISTIDIS

Professor of Agriculture at the University of Thessalonike
Director of the Cotton Research Institute
Sindos, Greece

In spite of the advent of artificial fibres, the annual production of which is steadily on the increase, the demand for cotton rises markedly. So much so that from about 25 million bales a quarter of a century ago, in recent years cotton consumption gradually exceeded 40 million bales per annum. In a good many countries the cotton crop acquired exceptional importance, and every factor, associated with cotton yield and quality, attracts considerable attention.

Though not a very exhausting crop, cotton cannot prosper where essential food elements are lacking or found in insufficient amounts. Hence the necessity of using commercial fertilizers for supplying deficient plant nutrients to the soil.

Nutrients needed

The amount of fertilizer elements needed, obviously depends on the constituents removed with the crop and those lost by leaching. This amount is also influenced by the constituents that are naturally added to the soil as a result of weathering of the soil mineral substances, of decomposition of the soil organic matter, etc.

Chemical constituents of the cotton plant

Numerous analyses, carried out at the close of the last century (*McBryde*, 43, 1891; *McBryde and Beal*, 44, 1896) and confirmed by later investigators (*White*, 80, 1914; *Fraps*, 29, 1919; *McHargue*, 45, 1926; *Dastur and Abab*, 24, 1941), showed that different parts of the cotton plant vary immensely in composition (Table 1). It was also brought out that various factors, such as the stage of growth, soil and weather conditions, the use of commercial fertilizers, spacing, irrigation, etc., have a considerable effect on the percentage of nutrients (*Armstrong and Albert*, 4, 1931; *Crowther*, 20, 1934;

Olson and Bledsoe, 56, 1942; Wadleigh 76, 1944; Skinner et al., 67, 1944; Kapp, et al., 40, 1953; Ergle, 28, 1953; Appling and Giddens, 3, 1954).

Several attempts were made to determine the relative weights of the different parts, but the results obtained exhibit striking variations. Excessive rain, the amount of nitrogen in the soil, the incidence and severity of insect pests and diseases, the intensity of shedding, variety, etc., all seem to affect the relative development of various parts. Therefore, on this point it is difficult to be very specific. The figures of *McBryde*, given in the first column of Table 2, are only indicative; before applied to specific cases, they must be confirmed under local conditions.

*Table 1 Constituents * in different parts of the cotton plant*

| | Ash | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
|--------------|-------|------|-------------------------------|------------------|------|-----|
| Roots | 4.50 | .92 | .49 | 1.28 | .64 | .41 |
| Stems | 4.80 | 1.46 | .59 | 1.41 | .97 | .42 |
| Leaves | 13.11 | 3.21 | 1.19 | 1.80 | 4.44 | .87 |
| Burs | 9.23 | 1.08 | .48 | 2.66 | 1.80 | .43 |
| Seed | 3.78 | 3.13 | 1.27 | 1.17 | .25 | .55 |
| Lint | 1.37 | .34 | .10 | .46 | .19 | .08 |

* In percentage of dry matter

With the percentages in Table 1 and the relative weights in Table 2 (first column), one may estimate the actual weights of different parts; also the nutrients they contain. For doing so, it is only necessary to fix the weight of a certain part of the plant, for example lint, which is the most important (and usually available) part of the cotton plant. Thus, assuming an average yield of about 560 kg of lint per ha (one 500-pound bale per acre), the numbers in Table 2 (except column 1), indicate the estimated amounts of nutrients needed for raising the whole crop (*Christidis and Harrison, 16, 1955*).

Actual amounts

As shown in Table 2, a good cotton crop (560 kg of lint per ha, or one 500-pound bale per acre), removes from the soil roughly 40 kg of nitrogen, 16 kg of P₂O₅, and 17 kg of K₂O per ha. The total amounts needed are naturally much higher (about 105 kg of N, 42 kg of P₂O₅, and 80 kg of K₂O per ha). The larger part of these constituents, however, remains in the soil as roots, stems, leaves, and burs, while the part removed in seeds and lint constitutes a definite loss to the soil.

The amounts mentioned must be looked upon as mere approximations, since yield of seed cotton is not necessarily proportional to vegetative growth. In fact, data from various sources differ markedly in this respect. Also the amounts given in Table 2 for roots, stems, leaves, and burs, are certainly overestimated, since they are determined from cotton yields much lower than one bale per acre.

Table 2 *Nutrients - in kg per ha - needed for producing 560 kg of lint per ha (one 500-pound bale per acre)*

| | Dry weights | | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | MgO | CaO |
|-------------------|-------------|-------|--------|-------------------------------|------------------|-------|-------|
| | Per cent | kg/ha | | | | | |
| Roots | 8.80 | 466 | 4.29 | 2.28 | 5.96 | 1.90 | 2.98 |
| Stems | 23.15 | 1228 | 17.93 | 7.25 | 17.31 | 5.16 | 11.91 |
| Leaves | 20.25 | 1074 | 34.38 | 12.78 | 19.33 | 9.34 | 47.69 |
| Burs | 14.21 | 754 | 8.14 | 3.62 | 20.06 | 3.24 | 13.57 |
| Seed | 23.03 | 1221 | 38.22 | 15.51 | 14.29 | 6.72 | 3.05 |
| Lint | 10.56 | 560 | 1.91 | .56 | 2.58 | .45 | 1.07 |
| Total | 100.00 | 5303 | 104.87 | 42.00 | 79.53 | 26.81 | 80.27 |
| 1st 4parts | 66.41 | 3522 | 64.74 | 25.93 | 62.66 | 19.64 | 76.16 |
| Seed + lint | 33.59 | 1781 | 40.13 | 16.07 | 16.87 | 7.17 | 4.11 |

The data in Table 2 explain the great practical importance of ploughing under the cotton stalks, with leaves and burs. The practice, common in most Mediterranean countries, of removing cotton debris from the field and using them as fuel, etc., is definitely detrimental to soil fertility. Roots, stems, leaves, and burs contain about two thirds of the nitrogen and phosphoric acid needed for the whole crop. They also contain slightly less than four fifths of the potash, a large proportion of the magnesia, and almost the whole of lime.

Besides the three major elements N, P, and K, above mentioned, cotton also requires a number of other constituents, such as magnesium, calcium, sulphur, as well as various trace elements, such as iron, manganese, boron, copper, zinc, cobalt, and possibly molybdenum. These nutrients are not dealt with in this paper, since they generally occur in sufficient quantities in most soils, or they are often supplied with the major elements.

Deficiency

A good cotton crop takes away from the soil relatively small amounts of nutrients, compared with those removed by other crops. Nevertheless,

reserves in the soil can never be unlimited. Hence, intensive cropping with cotton will, sooner or later, bring about soil exhaustion and reduced, or unprofitable, yields.

To restore or increase the fertility of the soil, one has to supply deficient nutrients artificially. Farmyard manure, green manuring, and other organic substances, may profitably be applied, if available at reasonable cost. Only a few years ago they constituted the traditional means for enriching the soil, besides fallowing which would keep the field idle for one or more years.

However, the number of draught animals kept on farms is declining sharply, owing to the phenomenal spread of the tractor. Furthermore, organic residues are increasingly used for industrial purposes, while the need for crop land becomes more intense in a rapidly rising world population. Therefore, for the fertilization of vast cotton areas, it is neither possible nor profitable to rely, to any appreciable extent, on farm manure, etc. Restitution of nutrients is commonly sought by the application of commercial fertilizers, notably those containing nitrogen, phosphate, and potash.

As it should be expected, response of cotton to any of the major fertilizer elements exhibits a wide variation. Soil fertility and other soil properties, climatic conditions, the variety grown, cultural methods, and various other factors, all affect the efficiency of commercial fertilizers. This explains why even neighbouring fields may react differently to the same rate of fertilizers, or differential responses can be established for the same field in different years.

To determine the best methods of procedure in the use of commercial fertilizers for cotton, vast experimental programmes have been carried out in the past, and are still in progress, in several countries. The results obtained, though often markedly diverging, provide valuable information for practical use. They are summarized in the following paragraphs, with particular emphasis on evidence referring to the Mediterranean countries.

Nitrogenous fertilizers

Cotton is usually sensitive to nitrogen applications. If grown in soil deficient in nitrogen, plants develop poorly and give low yields.

Different types

Nitrogenous fertilizers contain their nitrogen in the nitrate, ammoniacal, or amide forms. Sodium nitrate and calcium nitrate are the fertilizers most commonly used for supplying nitrate nitrogen. Sulphate of ammonia, ammonium phosphate, and ammonia (anhydrous ammonia or aqua ammonia) provide ammoniacal nitrogen, while urea and calcium cyanamide

have their nitrogen in the amide form. Ammonium nitrate provides nitrogen as both nitrate and ammoniacal.

There is evidence that growth and fruiting of cotton are favoured by the presence of both ammonium and nitrate nitrogen (*Naftel*, 52, 1931; *Nelson and Welch*, 54, 1952). With regard to different types, their merits depend on the amount of nitrogen they contain, and on its availability. In several cases, different forms of nitrogen varied but little in their effect on cotton (*Paden*, 57, 1937, 58, 1948). In others, however, only fertilizers with the same form of nitrogen appear to be of equal value.

Results from all over the American Cotton Belt indicate that fertilizers with their nitrogen in the ammonium or nitrate form seem to range first (any difference between them can largely be attributed to soil acidity); nitrogen in the amide form comes usually afterwards. Anhydrous ammonia, the cheapest source of nitrogen, gives yield increases either higher or the same as sodium nitrate (*Andrews*, et al., 2, 1949).

In Egypt, it makes no immediate difference whether nitrogen is supplied in the form of sodium nitrate, calcium nitrate, nitrochalk, or sulphate of ammonia (*Gracie and Khalil*, 31, 1935); the same applies to India (*Wabhab and Ahmad*, 78, 1960). In the Sudan, however, the nitrate fertilizer proved consistently superior to sulphate of ammonia (*Crowther*, 21, 1941).

Effect on cotton

Nitrogen has a profound effect on almost all processes of the cotton plant (*Crowther*, 20, 1934; *Wadleigh*, 76, 1944; *Brown*, 13, 1946). The height of the plants increases with the addition of nitrogen. The number of fruiting branches, of flowers, and of mature bolls, is also higher. There is a favourable effect of nitrogen on boll size, seed weight, and lint index as well; but contradictory results have been reported regarding lint percentage and fibre length (*Hooton* et al., 36, 1949).

An interesting relation between nitrogen supply and the chemical composition of the cotton seed has been established. The oil content decreases (from 29.2 to 24.1 per cent in *Wadleigh's* experiments), when the nitrogen supply increases. The reverse is the case with protein which, in the same experiments, from 17.6 per cent for low nitrogen, increased to 27.0 for the high nitrogen series. In India, when nitrogen falls below a certain level, occur the symptoms of *tirak*. They consist in a premature yellowing and shedding of the leaves, bad opening of the bolls, etc., and are associated with an accumulation of tannins in the leaves (*Dastur*, 23, 1941).

With regard to yield, there is overwhelming evidence that the effect of nitrogen may be considerable. In the American Cotton Belt (South Carolina,

Georgia, Alabama, Mississippi, Texas, Arkansas, Arizona, etc.), yield increases of several hundred kg of seed cotton per ha can be obtained with nitrogen applications (Rogers, 62, 1932; Bledsoe et al., 10, 1937; Brimball and McGeorge, 12, 1951; Mikkelsen and Hoover, 50, 1952; Christensen and Lyerly, 14, 1953; and several others). Spectacular yield responses, but with much higher rates of fertilizers, are also obtained in warm countries, such as Egypt and the Sudan (Crowther, 21, 1941; Gracie, 30, 1950). In India, 45 kg of nitrogen per ha had a considerable effect on yield (Bhat and Gopani, 7, 1956); later data led to similar conclusions (Singh and Singh, 66, 1959).

Not infrequently, however, response to nitrogenous fertilizers may be quite negligible. In New Mexico, for instance, 168 kg of sulphate of ammonia per ha, applied for 12 consecutive years, did not have any appreciable effect on yield, lint-length, ginning out-turn, boll-size, or time of maturity (Staten and Hinkle, 69, 1947). Earlier work in Arizona gave similar results, but later evidence pointed to the contrary (Brimball and McGeorge, 12, 1951). In West Pakistan, responses of yield to nitrogen were almost negligible (Wahhab and Ahmad, 79, 1961).

An excessive amount of nitrogen is also undesirable. By lowering the C/N-ratio below normal limits, excess nitrogen may cause unfruitful, rank, sappy growth, susceptible to insect attack or disease (Hardy, 34, 1945). Heavy nitrogen applications also have a delaying effect on fruiting, etc. (Reynolds et al., 61, 1934), not usually experienced with light applications (Narayanayya, 53, 1947).

Evidence from Greece

In Greece, the effect of nitrogen, as well as that of phosphate and potash, is studied every year in a number of 3³ factorial experiments. They include three levels of nitrogen (0, 30, and 60 kg per ha), three levels of phosphate (0, 40, and 80 kg), and three levels of potash (0, 20, and 40 kg), in all their 27 combinations. There always are four complete replications (108 plots in all), for every experiment.

The results of 67 such experiments, carried out during the 5-year period 1956–1960 on various parts of Greece, are summarized in Table 3. Though an effect of nitrogen on yield is unmistakable, its importance varies with the locality (or season), proving profitable only on certain occasions (notably at Ammoudia and Arta). In the other four localities, where the result is shown to be statistically significant, yield increases due to nitrogen are relatively small (often they hardly cover the cost of the fertilizer).

Similar conclusions are also reached from a large number of simpler experiments, carried out all over Greece (Christidis, 15, 1957–1962). They

include nine cotton varieties, grown with or without complete fertilizers (45 kg of N, 80 kg of P_2O_5 , and 35 kg of K_2O per ha), and with 5 complete replications (90 individual plots) each. Table 4 gives, by district, the average differences between plots with and without fertilizers. These differences (in kg of seed-cotton per ha) are based on 422 experiments, carried out from 1952 to 1960 inclusive. Since 160 to 200 kg of seed-cotton are generally needed to cover the cost of the fertilizer, extra transport and picking charges, etc., one can see that, under the present conditions, manuring of cotton in Greece is rarely indicated.

Rate and time of application

How much nitrogen should be applied to the soil for best results, varies immensely, depending on soil and weather conditions. The evidence, already referred to, points to the conclusion that in the American Cotton Belt an average of about 40 kg of nitrogen per ha (varying from about 20 to 60) is generally used. But in areas such as El Paso, Arizona, and California, rates much higher, up to 80, 100, or more kg per ha, were shown to give profitable returns.

The same holds good for other warm countries as well. In the Sudan and Egypt, excellent responses in yield have been reported with applications up to 130 or 140 kg of nitrogen per ha. In India, the rate may profitably reach 90 to 110 kg on fertile land. On poor land, however, applications down to 6 kg per ha can increase yield by 30 to 60 per cent, depending upon rainfall conditions. According to evidence from Greece, 60 kg of nitrogen per ha are generally better than 40 kg, where this nutrient is at all effective on yield; the advisability of using still higher doses is being investigated. At the same time, one must not lose sight of the fact that, in some cases, nitrogen applications are entirely unnecessary, or that, if they exceed a certain maximum level, their effect may be deleterious to yield.

The time of applying nitrogen depends on its availability. Easily available forms, if applied too early, may be leached by rain and serve merely to stimulate the growth of weeds, or of cotton plants to be removed at thinning. On the other hand, late applications, for instance after flowering has begun, do not enable cotton to take full benefit of the fertilizer.

Experimental evidence from various countries indicates that, in spite of frequent contradictions, nitrogen should generally be supplied at the time of sowing. With heavy nitrogen doses, a fractional application (part of it at sowing and part as top dressing) might be desirable. Even repeated applications throughout the growing season were shown advantageous (*Malinkin and Protasov, 47, 1951*). Without being appreciably inferior, application at the time of sowing is simpler and costs less than any later application given

singly or in two doses. But in India, spreading the fertilizer after the crop is established, proved, with regard to yield, distinctly superior to application at the time of sowing (*Bhat and Gopani, 7, 1956*).

Phosphatic fertilizers

Besides nitrogen, phosphorus is also of considerable importance in the nutrition of the cotton plant. Cases of phosphorus deficiency occur not infrequently. Hence the necessity of supplying this constituent by using commercial fertilizers.

Types used

Various types of phosphatic fertilizers are now in use. But superphosphate that contains 16 to 22 per cent P_2O_5 (soluble in water or ammonium citrate), ranks first with regard to quantities used by cotton farmers. Triple superphosphate, a concentrated material with as much as 50 per cent P_2O_5 , is also applied.

Other types supply both nitrogen and phosphorus. The commercial product of ammonium phosphate, under the trade name of Ammo-Phos, contains 45 to 48 per cent P_2O_5 and 11 per cent nitrogen. Ammoniated superphosphates, produced by treating superphosphate with anhydrous or aqueous ammonia, have several advantages, notably for the preparation of mixed fertilizers. Other types are also coming into use.

It should be remembered that even water soluble forms of phosphatic fertilizers, when applied to the soil, are fixed sooner or later, depending on the nature of the soil colloids and other factors. In this way they move but little from the point of application, and loss by leaching is very small. Evidently, only a portion of the phosphorus supplied is used by the crop, the balance remaining in the soil in non-available forms. If heavy applications are given for a long time, phosphorus will accumulate in the soil, so that further applications might be unnecessary.

Phosphorus fixed in the soil becomes slowly available and thus may have a marked residual effect on cotton, grown in subsequent years without fertilizers. Several cases of such residual effect have been reported (*Pierre, 60, 1938; Volk, 75, 1945; Stelly and Morris, 70, 1953*). In India, phosphate applied to previous legume crops had a residual effect on succeeding cotton (*Bhide, 9, 1952*). On the other hand, superphosphate applied to cotton in Central Asia increased subsequent lucerne yields, as well as nitrogen accumulation in the soil under lucerne (*Malinkin, 46, 1951*).

Importance and application

Hastening of maturity is one of the most striking effects of phosphatic fertilizers on cotton. The effect, similar to that caused by deficiency in water (but less pronounced), has been established by a number of workers (Williams, et al., 81, 1937; Brown, 13, 1946; Andrews, 1, 1954). Contradictory results are also reported.

Phosphorus seems to favour root development. But its effect on other cotton properties, such as size of boll, weight of seed, lint percentage, lint length, etc., seems to be very little, if any. Yield may be affected considerably by the application of phosphatic fertilizers, though quite frequently it remains entirely indifferent.

In West Pakistan phosphorus fertilizers proved the most effective, though still uneconomical under current prices (Wahhab and Ahmad, 79, 1961). The same applies to the Congo (Bambesa), where 50 kg of P_2O_5 per

Table 3 The effect of nitrogen, phosphorus, and potassium on the yield of cotton (data from Greece)

| District | Average 1956-1960** | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | N ₀ | N ₁ | N ₂ | P ₀ | P ₁ | P ₂ | K ₀ | K ₁ | K ₂ |
| Thessalonike | 162 | 170 | 169 | 164 | 169 | 169* | 169 | 169 | 165 |
| Veria | 214 | 227 | 233* | 211 | 218 | 224 | 220 | 216 | 218 |
| Yanitsa | 210 | 212 | 213 | 212 | 211 | 211 | 208 | 213 | 213 |
| Ammoudia | 137 | 161 | 177* | 158 | 159 | 159 | 160 | 157 | 158 |
| Rodopi | 128 | 131 | 137 | 130 | 133 | 133 | 134 | 131 | 131 |
| Larissa | 170 | 173 | 174 | 169 | 172 | 176 | 173 | 173 | 172 |
| Karditsa | 107 | 118 | 124* | 118 | 115 | 116 | 116 | 118 | 115 |
| Phthiotis | 216 | 227 | 230* | 221 | 227 | 225 | 223 | 226 | 223 |
| Copais | 185 | 181 | 183 | 180 | 180 | 188 | 184 | 182 | 183 |
| Mesolonghi | 190 | 193 | 193 | 196 | 193 | 187 | 190 | 194 | 192 |
| Arta | 147 | 163 | 185* | 154 | 166 | 170 | 164 | 162 | 163 |
| Preveza | 133 | 137 | 141 | 113 | 134 | 138 | 127 | 128 | 129 |
| Laconia | 186 | 197 | 201 | 195 | 194 | 194 | 194 | 195 | 194 |
| Elia | 131 | 130 | 129 | 131 | 128 | 131 | 130 | 130 | 130 |
| Lemnos | 150 | 159 | 164* | 157 | 158 | 159 | 158 | 158 | 157 |
| Average | 164 | 172 | 177 | 167 | 170 | 172 | 170 | 170 | 170 |

* Differences statistically significant at the 5 per cent level.

** All the experiments averaged in this table amount to 67. Yield is expressed in kg of seed cotton per 1000 m², while N, P, K stand for the amounts of nutrients applied, as stated in the test.

ha caused a tremendous increase in yield (*Bannink, 5, 1958*). In Egypt, relatively large amounts of superphosphate are very rarely, and then only slightly, effective in increasing the yield of cotton (*Crowther et al., 22, 1937; Gracie and Khalil, 32, 1948*). Similar results have been reported from India

Table 4 *Effect of complete fertilizers on the yield of cotton (data from Greece)*

| District | Average yield difference 1952-1960* | Number of tests averaged |
|------------------|-------------------------------------|--------------------------|
| Sindos | 89 | 17 |
| Edessa | 182 | 5 |
| Veria | 125 | 20 |
| Yanitsa | 07 | 26 |
| Platy | 48 | 5 |
| Langadas | 41 | 7 |
| Chalcidike | 33 | 24 |
| Kilkis | 249 | 9 |
| Seres | 179 | 35 |
| Philippi | 94 | 7 |
| Xanthi | 187 | 3 |
| Rodopi | 79 | 14 |
| Evros | 90 | 11 |
| Katerine | -8 | 8 |
| Larisa | 80 | 7 |
| Tyrnavos | -29 | 8 |
| Pharsala | 51 | 9 |
| Karditsa | 37 | 15 |
| Trikala | 156 | 14 |
| Volos | 127 | 9 |
| Phthiotis | 117 | 25 |
| Boeotia | 89 | 27 |
| Phocis | 205 | 8 |
| Mesolonghi | 130 | 15 |
| Vonitsa | 158 | 13 |
| Arta | 253 | 17 |
| Preveza | 214 | 13 |
| Thesprotia | 341 | 7 |
| Arghos | 143 | 6 |
| Laconia | 163 | 16 |
| Elia | 64 | 13 |
| Lemnos | 157 | 9 |
| Average | 114 | 422 |

* Yield difference between manured and unmanured plots (in kg of seed cotton per ha).

(*Dastur and Singh, 25, 1943*), also from Chad in Africa (*Roux and Gutknecht, 63, 1956*).

Phosphatic fertilizers give no returns in New Mexico or California. In Greece, the evidence summarized in Table 3 leaves little doubt that the effect of phosphate is very slight. Not only it almost never reached the level of statistical significance, but any difference due to this fertilizer is distinctly less than the cost involved.

In other areas, notably in Alabama, North Carolina, Georgia, Mississippi, etc., considerable increases in yield have been obtained with application of about 450 kg of superphosphate (16 to 18 per cent P_2O_5) per ha. However, its effect on yield is not so pronounced as in the case of nitrogen.

Where phosphatic fertilizers are effective, the amounts generally recommended vary between 55 and 70 kg of P_2O_5 per ha. Highest yields can often be obtained with much lower rates of fertilizer, but substantially heavier applications may also be advisable. Owing to their quick fixation, phosphatic fertilizers can be applied before, or at the time of, sowing. Pre-sowing application was shown to stimulate root growth and, according to evidence from the Soviet Union, fractional application would give very good results.

Potassic fertilizers

Potash as well is a major nutrient of considerable consequence in cotton production. Where it is lacking in the soil, applications of potash may result in enormous yield increases. As it frequently happens, however, the soil is well provided with potash, in which case any further application would prove ineffective.

Types and application

Potash is supplied to the soil mostly as potassium chloride (muriate of potash), or potassium sulphate. Muriate of potash, containing 48 to 62 per cent of K_2O , is commonly applied to non-alkaline soils, whereas potassium sulphate has a K_2O content of 48 to 52 per cent and is recommended where the amount of sodium in the soil causes concern. The commercial material "Kainit", a semi-refined product with 20 per cent of K_2O , is also used, as well as a number of other fertilizer substances.

All the above materials contain their potash in water-soluble form readily absorbed by the cotton plant. Hence they are equivalent in their effects for equal amounts of K_2O . Cotton burs, very rich in potash (Tables 1 and 2), are also made use of for supplying potash. In Oklahoma three tons of cotton burs ploughed under every third year increased yield by 167 kg of

seed cotton per ha; ashes from an equivalent amount of burs increased yield by 65 kg (*Harper, 35, 1952*).

Soluble potash salts applied to the soil may be taken up by cotton plants (about 5 per cent of the amount supplied); they can remain in the soil in available form (in which case they are subject to leaching), or be transformed into non-exchangeable forms, from which potash is released slowly (*Hoover, 37, 1944*). Since alternate wetting and drying of soils facilitates fixation of potassium into a non-replaceable form, it is advisable to apply potash to a greater depth than is usually practiced. Fixation also depends on the nature and the amount of soil colloids.

The time of application is the same as that for superphosphates. Differences between dates might be negligible. Applications before sowing, however, seem better than potash supplied as a side dressing, after cotton is three to four weeks old (*Volk, 74, 1946*).

With regard to rates, they depend mostly on the capacity of soils to release potassium from non-exchangeable forms, which can hardly be measured by chemical tests. An average of two thirds of the potassium used by the plants was shown to come from forms that were non-available at the beginning of the test (*Stewart and Volk, 71, 1946*).

Potassium compounds are in general much more abundant in cotton soils than compounds of nitrogen or phosphorus. Where exchangeable potash in the soil is less than 225 kg per ha, yield of cotton was found to vary with the exchangeable potash contained in the soil (*Volk, 73, 1942*). Though results are greatly diverging, the amounts of potash most commonly applied to cotton vary between 25 and 50 kg of K_2O per ha.

Effects of potash

It is well known that potassium stimulates photosynthesis and counteracts the ill-effects of an excessive amount of nitrogen in the soil. In addition, by reducing the rate of transpiration, potassium enables plants to utilize soil moisture to better advantage. It also favours root development, helps the plants to reach normal maturity (by preventing excessive earliness, often induced by an abundance of phosphorus), and reduces damage by certain fungus diseases.

In several parts of the American Cotton Belt, the condition known as cotton "rust" or "potash hunger" has been responsible for severe damage to cotton yield and quality. It is thought to be a result of malnutrition. But while the usual fertilizer and cropping practices do not correct the symptoms, additional potash definitely controls them (*Young, 85, 1943; Volk, 74, 1946*). The *Fusarium* wilt disease is also associated with potash

deficiency. Applications of this nutrient help markedly in keeping the disease under control.

Potash extends the cotton flowering period and, when in moderate amounts, increases the total leaf surface. Heavy applications seem to retard maturity, though they do not affect the bolling period. The effect of potash on the number of squares, blooms, and bolls, is usually slight. The same applies to boll weight, lint percentage, staple length, or other properties of the cotton fibre; but somewhat contradictory results have been reported by *Turner* (72, 1944). Regarding the length of staple, there is evidence that potash applications might have a favourable effect on it (*Hooton et al.*, 36, 1949; *Lunt and Nelson*, 42, 1951).

Potash and yield

Yield responses to potash are generally smaller than responses due to nitrogen or phosphorus. In the United States, however, large yield increases are usually reported (*Oakes*, 55, 1937; *Bledsoe et al.*, 10, 1937; *Volk*, 73, 1942; *Skinner et al.*, 68, 1946). So much so that one-half the potash used on crops in the United States is applied to cotton. Cases where the addition of potash proves ineffective are also known.

Some of the most striking results with the use of potash have been obtained in Trinidad (*Wood*, 83, 1934, and 84, 1938). As shown in Table 5, potash had an extraordinary effect on yield, exceeding by far that of any other plant nutrient. A comparison between treatments N+P (lacking K) and N+P+K (complete) indicates that K alone increased yield by 144 per cent in 1932-1933, and by 240 per cent in 1936-1937.

Table 5 Results of manurial trials in Trinidad

| Treatment | Yield* | |
|------------------------|-----------|-----------|
| | 1932-1933 | 1936-1937 |
| Nil | 359 | 376 |
| N+P (lacking K) | 560 | 392 |
| N+K (lacking P) | 1.143 | 1.165 |
| P+K (lacking N) | 1.009 | 986 |
| N+P+K (complete) | 1.367 | 1.334 |

* Seed-cotton in kg per ha.

In other countries response to potassic fertilizers is almost negligible. In Egypt, potash had a slight effect in only six (out of 23) trials carried out

in 1933 (*Gracie and Khalil*, 31, 1935); in three cases there was an increase, while in the other three potash depressed yield. This has been confirmed by later work (*Crowther et al.*, 22, 1937), and agrees with the experience of the Egyptian farmer. Negative results were also reported from India (*Dastur and Ahmad*, 79, 1961), also from the Congo (*Bannink*, 5, 1958), and Chad (*Roux and Gutknecht*, 63, 1956), in Africa.

With regard to Greece, yield increases with potash have not been obtained. The manurial trials, summarized in Table 3, do not give results statistically significant. Yield differences between the various potash levels tried are small. This is further confirmed by the data of other tests, not included in the same programme. Present evidence indicates that, for the time being, Greek farmers need not worry about potash for their cotton.

Practical recommendations

The effectiveness of commercial fertilizers depends on a number of factors, some of which are dealt with below.

Simple or mixed fertilizers

Instead of using one constituent at a time, it is possible to include several of them in the same mixed fertilizer. Mixtures, also referred to as complete fertilizers, besides all the three major constituents, may provide other ingredients, trace elements, etc.

Simple fertilizers provide just the missing nutrient; thus they become more economical. In Greece, for instance, nitrogen seems to be lacking more often than other nutrients, on which money might be wasted. On the other hand, complete fertilizers contain all the necessary ingredients in a balanced form. Where many of these constituents are missing, it is much safer to use the complete fertilizer. Under such conditions mixtures are also cheaper and save considerable trouble.

In the case of cotton, by far the greatest amount of fertilizers is applied as mixtures, which may be of either high or low grade. The former contain more than 20 per cent of essential food elements (N, P₂O₅, and K₂O), and require less expense for transportation, storage, and handling. Low-analysis mixtures, with less than 20 per cent of food elements, provide a market for low-grade industrial by-products, contain a large amount of secondary and trace elements, are better distributed, etc. Recent industrial developments made possible the production of high-analysis mixtures with the advantages of the low grades. Hence, the use of either of them is merely a matter of cost. Various types are usually on the market to meet all requirements.

For best results, fertilizer mixtures for cotton must exhibit certain properties, most important of which are: good drillability, non-acid forming constituents that supply nitrogen, moderate solubility (to avoid poor germination), and a balanced proportion of fertilizer elements.

Methods of application

There are various methods for applying fertilizers to cotton. The traditional method, referred to as broadcasting, consists in spreading the fertilizer uniformly over the entire surface of the field. The work is performed either by hand or by suitable fertilizer distributors, the method being still in common use.

For several years past it has been shown that localized (row or hill) placement, usually at the time of sowing, gives far better results than broadcasting. In a localized placement, near the rows of the cotton plants, fertilizers are within reach of the developing roots; they also remain soluble for a longer period of time (*Salter, 64, 1938*). With regard to actual positions, best results are generally obtained by spreading the fertilizer in two narrow (5 cm wide) bands on each side of the row, at a distance of about 6 cm from the row and at 5 cm below seed level. In this way cotton seeds lie in undisturbed soil, without coming into direct contact with the fertilizer. The same applies to developing roots, which thus can keep away from high salt concentrations. Somewhat different locations are recommended in the Soviet Union (*Chumachenko, 17, 1958*).

In applying fertilizers to cotton, uniformity in distribution is of great practical consequence. Fertilizers distributed uniformly result in more regular spacing between the plants, more rapid and uniform growth, earlier blooms and maturity, and larger yields (*Mehring and Cumings, 49, 1932*). With regard to depth of application, unless in specific cases, there is little or no advantage of deep placement over conventional methods (*Jones and Rogers, 39, 1949; Patrick et al., 59, 1959*).

Some fertilizers, such as aqua ammonia, are directly applied to the soil in liquid form. Almost any dry fertilizer grade may now be made into liquid form; it is applied to cotton through irrigation water. Liquid fertilizers cause less injury to seedlings than dry fertilizers, enable better distribution, and in dry years give higher yields. On the other hand, it is unlikely that leaf sprays with nutrient solutions can ever become a standard method for supplying major nutrients, as it is the case with trace elements.

Relatively large quantities of mineral nutrients may also enter the seed by soaking it in appropriate solutions. In this way enough nutrient can be introduced to carry the plant successfully through the critical period of early growth. In the Soviet Union pre-sowing treatment of cotton seed

with mono-ammonium phosphate (Ammono-Phos) resulted in marked yield increases (*Musina*, 51, 1955). In the case of seeds treated in trace element solutions, yield of fibre, as well as oil content, were appreciably higher than if growing seeds without treatment (*Mamedov*, 48, 1956). In India, various effects have been established by soaking cotton seeds in ammonium sulphate solutions (*Bhat and Patel*, 8, 1957).

Interaction with other factors

Response of cotton to fertilizers is not independent from the effect of other environmental or genetic factors that affect growth and yield. Some of the most interesting relationships between fertilizers and other factors are given below.

The application of a certain fertilizer element may prove ineffective in the absence of other necessary nutrients. Notably the interaction between nitrogen and phosphorus has often been found significant, as shown by results in the United States (*Williamson*, 82, 1929; *Coleman*, 18, 1944); Egypt (*Crowther et al.*, 22, 1937), and Greece. Any one of the two constituents is not fully effective, unless the other is present in sufficient amounts.

In addition, interaction between nitrogen and water supply seems to be of practical consequence. Experiments in the Sudan showed most conclusively that returns to nitrogen applications increase markedly with increasing water supply (*Gregory et al.*, 33, 1932; *Crowther*, 20, 1934). Similar results have been obtained in the United States (*Bartholomew*, 6, 1951; *Scarsbrook et al.*, 65, 1959), India (*Dastur and Singh*, 25, 1943), and elsewhere. Evidently, irrigation water should mostly be confined to productive soils, or to those receiving a heavy application of fertilizers; it should not be wasted on poor land.

The importance of the date of sowing was brought out by a number of workers. As shown recently in West Pakistan, the use of ammonium sulphate for cotton is economical only if sowing takes place at an early date (*Wahhab and Ahmad*, 77, 1960). The same applies to spacing: fertilizers are more effective with thicker plant populations than otherwise.

With regard to varieties, an excellent example is provided by the development of cotton manuring in Egypt. *Sakellaridis*, the most widely grown variety between 1914 and 1929, proved least responsive to nitrogen; early experiments showed that inorganic fertilizers were not needed. But the adoption of other varieties, also closer spacing and sowing at an earlier date, showed that manuring is actually profitable.

The previous considerations indicate that commercial fertilizers are more effective when applied to soils well provided with moisture and with all

other food elements; also to crops sown early and closely spaced, and to varieties able to make good use of the nutrients available.

Diagnostic methods

The safest method for determining fertilizer requirements is, no doubt, field trials. In this way various amounts and kinds of fertilizers are tried in their effect on cotton under farm conditions. Field trials, which are time consuming and rather costly, lead to practical and straight-forward answers, valid under similar environmental conditions. For saving time and money, other shorter methods have been tried which, in order to be acceptable, must show the closest agreement with the results of field trials.

Pot-culture experiments, proposed by *Mitscherlich*, constitute one of these methods, while the *Neubauer*-method is another one. Both are subject to severe criticism and hardly in use anywhere outside Germany. Rapid soil tests, which acquired considerable importance in some parts of the United States, are also subject to serious limitations. Even where this method became a matter of routine, a close relationship between the results of soil tests and crop responses is still forthcoming.

The plant itself is undoubtedly a better index of nutrient deficiency. Plant tissue tests, in addition to visual symptoms, are the two methods made use of in this connection. Tissue tests with cotton would disclose deficiency in advance of typical visual symptoms (*Joham*, 38, 1951), while the parts to be analyzed, best time, etc., are indicated by *Kranz* et al. (41, 1948). Application of this method to cotton has been reported from Brazil (*De Mello* et al., 27, 1960), and Africa (*Braud* et al., 11, 1960). In the case of visual symptoms, *Cooper* (19, 1941) described the symptoms caused to cotton plants by deficiency of various constituents.

The foregoing considerations point to the conclusion that, for predicting fertilizer requirements, the field trials method cannot yet be dispensed with. Other shortcut methods, notably soil or plant-tissue tests and diagnostic symptoms, may also be resorted to. For the time being, however, their evidence is only supplementary and at best may help in interpreting the results of field trials.

Bibliography

1. *Andrews, W. B.*: The Response of Crops and Soils to Fertilizers and Manures, published by W. B. Andrews, State College (Miss.), p. 463, 1954
2. *Andrews, W. B., Edwards, F. E., and Hammons, J. C.*: Ammonia as a Source of Nitrogen. Mississippi Agric. Expt. Sta. Bul. 411, 1-34 (1949)

3. *Appling, E. D., and Giddens, J.*: Differences in Sodium and Potassium Content of Various Parts of the Cotton Plant at Four Stages of Growth. *Soil Sci.* 78, 199-203 (1954)
4. *Armstrong, G. M., and Albert, W. B.*: A Study of the Cotton Plant with Special Reference to Its Nitrogen Content. *J. Agric. Res.*, 42, 689-703 (1931)
5. *Bannink, L.*: La Fumure Minérale du Cotonnier. *Bull. Inform. INEAC*, 7, 199-211 (1958)
6. *Bartholomew, R. P.*: Soil Improvement Practices Affecting Yield of Cotton. *Arkansas Agric. Expt. Sta. Bul.*, 513, 1-81 (1951)
7. *Bhat, N. R., and Gopani, D. D.*: Manurial Experiments on Surti Cotton with Nitrogenous Fertilizers. *Indian Cott. Growing Rev.*, 10, 82-93 (1956)
8. *Bhat, N. R., and Patel, M. H.*: The Effects of Some Pre-Sowing Treatments of Seed on Growth and Yield of Cotton. *Indian Cott. Growing Rev.*, 11, 111-116 (1957)
9. *Bhide, N. N.*: Effects of Phosphate Manuring to Previous Leguminous Crops on the Yield of Succeeding Cotton Crop. *Indian Cott. Growing Rev.*, 6, 187-192 (1952)
10. *Bledsoe, R. P., Stacy, S. V., and Skimmer, J. J.*: Cotton Fertilizers for Georgia Soils. *Georgia Agric. Expt. Sta. Bul.* 196, 1-20 (1937)
11. *Braud, M., Datschner, M., Megie, C., and Richard, L.*: Méthode d'Etude des Fumures Minérales. Possibilités d'un Diagnostic Foliaire du Cotonnier. *Fertilité*, 9, 15-32 (1960)
12. *Brimball, L. L., and McGeorge, W. T.*: Cotton Fertilization. *Arizona Agric. Expt. Sta. Bul.*, 234, 1-21 (1951)
13. *Brown, H. B.*: A Study of the Effect of Fertilizers on Various Characters of the Cotton Plant. *Louisiana Agric. Expt. Sta. Bul.*, 406, 1-48 (1946)
14. *Christensen, P. D., and Lyerly, P. J.*: Cotton Fertilizer Trials in the El Paso Area, 1943-1951. *Texas Agric. Expt. Sta. Bul.* 758, 1-14 (1953)
15. *Christidis, B. G.*: Regional Cotton Tests, Results of 1956, 1957, 1958, 1959, and 1960, published by the Cotton Res. Inst. Sindos (Greece), *Sci. Bul.* 4-8, (in Greek, with summaries in English)
16. *Christidis, B. G., and Harrison, G. J.*: Cotton Growing Problems. McGraw-Hill Book Company Ltd., New-York, p. 633 (1955)
17. *Chumachenko, I. N.*: Row Application of Fertilizers to Cotton. *Udobr. Urozh.* 4, 16-19 (1958) in Russian (ref. *Soils and Fert.*, 22, 1959, p. 71)
18. *Coleman, R.*: The Effect of Nitrogen Upon the Response of Cotton and Oats to Phosphorus. *J. Amer. Soc. Agron.*, 36, 970-975 (1944)
19. *Cooper, H. P.*: Plant-Nutrient Deficiency Symptoms in Cotton. In "Hunger Signs in Crops", *Amer. Soc. Agron. and Nation. Fert. Assoc.*, Washington. p. 125-148 (1941)
20. *Crowther, F.*: Studies in Growth Analysis of the Cotton Plant under Irrigation in the Sudan. I. The Effects of Different Combinations of Nitrogen Applications and Water-Supply. *Ann. Bot.*, 48, 877-913 (1934)
21. *Crowther, F.*: Form and Date of Nitrogenous Manuring of Cotton in the Sudan Gezira. *Empire J. Expt. Agric.*, 9, 125-136 (1941)
22. *Crowther, F., Tomforde, A., and Mahmoud, A.*: Manuring of Cotton in Egypt. *Roy. Agric. Soc. Egypt Tech. Bul.* 32, 1-38 (1937)
23. *Dastur, R. H.*: Studies in the Periodic Partial Failures of the Punjab-American Cottons in the Punjab. IV. Relation between Nitrogen Deficiency and Accumulation of Tannins in the Leaves. *Indian J. Agric. Sci.*, 11, 301-315 (1941)
24. *Dastur, R. H., and Abad, A.*: Studies in the Periodic Partial Failures of Punjab-American Cottons in the Punjab. III. The Uptake and Distribution of Minerals in the Cotton Plant. *Indian J. Agric. Sci.*, 11, 279-300 (1941)
25. *Dastur, R. H., and Singh, S.*: The Interrelation of Manurial Factors and Water-Supply on the Growth and Yield of 4-F Cotton on Light Sandy Soils. *Indian J. Agric. Sci.*, 13, 610-630 (1943)

26. *Dastur, R. H., and Singh, S.* : Studies in the Periodic Partial Failures of the Punjab-American Cottons in the Punjab. XIII. Manuring of Cotton. *Indian J. Agric. Sci.* 14, 325-332 (1944)
27. *De Mello, F. A. F., Coury, T., Brasil Sobr^o, M. O. C., et Malavolta, E.* : Application du diagnostic foliaire au cotonnier. *Fertilité*, 9, 3-9 (1960)
28. *Ergle, D. R.* : Effect of Low Nitrogen and Sulphur Supply on their Accumulation in the Cotton Plant. *Bot. Gaz.* 114, 417-426 (1953)
29. *Fraps, G. S.* : The Chemical Composition of the Cotton Plant. *Texas Agric. Expt. Sta. Bul.* 247, 1-17 (1919)
30. *Gracie, D. C.* : An Analysis of the Factors which Govern the Response to Manuring of Cotton in Egypt. *Empire Cott. Growing Rev.*, 27, 100-118 and 177-194 (1950)
31. *Gracie, D. S., and Khalil, F.* : An Analysis of the Factors Governing the Response to Manuring of Cotton in Egypt. *Ministry Agric. Egypt, Tech. Sci. Serv. Bul.* 152, 1-71 (1935)
32. *Gracie, D. S., and Khalil, F.* : The Total and Available Phosphoric Acid in Egyptian Soils and the Effect of Superphosphate on the Main Agricultural Crops. *Ministry Agric. Egypt, Tech. Sci. Serv. Bul.* 251, 1-75 (1948)
33. *Grecory, F. G., Crowther, F., and Lambert, A. R.* : The Interrelation of Factors Controlling the Production of Cotton under Irrigation in the Sudan. *J. Agric. Sci.* 22, 617-638 (1932)
34. *Hardy, F.* : The Significance of Carbo-Nitrogen Ratio in Soils Growing Cotton. (1). The Cotton Soils of Queensland, Australia. *Trop. Agric. Trinidad*, 22, 119-127 (1945)
35. *Harper, H. J.* : Cotton Burs and Cotton Bur Ashes as Fertilizer for Cotton on a Clay Pan Soil. *Oklahoma Agric. Expt. Sta. Bul.* 387, 1-10 (1952)
36. *Hooton, D. R., Jordan, H. V., Jenkins, P. M., and Adams, J. E.* : Influence of Fertilizers on Growth Rates, Fruiting Habits and Fiber Characters of Cotton. *US. Dept. Agric. Tech. Bul.* 979, 1-31 (1949)
37. *Hoover C. D.* : Residual Effect of Varying Applications of Potash on the Replaceable Potassium in Several Mississippi Soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 8 (1943) 144-149 (1944)
38. *Joham, H. E.* : The Nutritional Status of the Cotton Plant as Indicated by Tissue Tests. *Plant Physiol.*, 26, 76-89 (1951)
39. *Jones, R. J., and Rogers, H. T.* : New Fertilizers and Fertilizer Practices. *Advanc. Agron.* 1, 39-76 (1949)
40. *Kapp, L. C., Hervey, R. J., Johnston, J. R., and Smith, J. C.* : Response of Evergreen Clover and Cotton to Phosphorus Applications on Houston Black Clay. *Soil Sci.* 77, 109-118 (1953)
41. *Kranz, B. A., Nelson, W. L., and Burkhart, L. F.* : Plant Tissue Tests as a Tool in Agronomic Research. In "Diagnostic Techniques for Soils and Crops", edited by Kitchen. The American Potash Institute, Washington, pp. 137-155, 1948
42. *Lunt, O. R., and Nelson, W. L.* : Studies on the Value of Sodium in the Mineral Nutrition of Cotton, 1951. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 15, 195-200 (1950)
43. *McBryde, J. B.* : A Chemical Study of the Cotton Plant. *Tennessee Agric. Expt. Sta. Bul.* 4, 120-145 (1891)
44. *McBryde, J. B., and Beal, H.* : Chemistry of Cotton. In "Cotton Plant", *US. Dept. Agric. Dept. Bul.* 3, 81-142 (1896)
45. *McHargue, J. S.* : Mineral Constituents of the Cotton Plant. *J. Amer. Soc. Agron.* 18, 1076-1083 (1926)
46. *Malinkin, N. P.* : The Effect of Fertilizers on Increasing Ley Yields in Cotton-Ley Rotations of Central Asia. *Sovet. Agron.* 2, 25-34 (in Russian) (1951)
47. *Malinkin, N. P., and Protasov, P. V.* : Applying Fertilizers to Cotton at Different Stages of Growth. *Sovet. Agron.* 9, 63-73 (in Russian) (1951)
48. *Mamedov, Z. I.* : The Effect on Cotton Yields of Treating Seed with Solutions Containing Trace Elements. *Izv. Akad. Nauk Azerbaidzh. SSR.* 1, 63-70 (ref. *Soils and Fert.* 20, 1957, p. 218) (1956)

49. *Mehring, A. L., and Cumings, G. A.*: Effects on Cotton of Irregular Distribution of Fertilizers. *J. Agric. Res.* 44, 559-570 (1932)
50. *Mikkelsen, D. S., and Hoover, M.*: Cotton Fertilization Trials. *California Agric.* 6 (N° 8), 3-4 (1952)
51. *Musina, G.*: Effect of Pre-Sowing Treatment of Cotton Seeds on their Sowing Qualities. *Hlopkovodstvo*, 4, (1), 21-24 (in Russian) (1955)
52. *Nafstel, J. A.*: The Absorption of Ammonium and Nitrate Nitrogen by Various Plants at Different Stages of Growth. *J. Amer. Soc. Agr.* 23, 142-158 (1931)
53. *Narayanayya, D. V.*: Effect of Application of Small Doses of Nitrogen to Cotton. *Indian Cott. Growing Rev.* 1, 143-150 (1947)
54. *Nelson, W. L., and Welch, C. D.*: Sources of Nitrogen for Cotton. *North Carolina Agric. Expt. Sta. Tech. Bul.* 96, 15-21 (1952)
55. *Oakes, J. Y.*: The Effects of Potash Fertilizer on Cotton in Louisiana. *Louisiana Agric. Expt. Sta. Bul.* 291, 1-11 (1937)
56. *Olson, L. C., and Bledsoe, R. P.*: The Chemical Composition of the Cotton Plant and the Uptake of Nutrients at Different Stages of Growth. *Georgia Agric. Expt. Sta. Bul.* 222, 1-16 (1956)
57. *Paden, W. R.*: Responses from Various Sources of Nitrogen Fertilizers. *South Carolina Agric. Expt. Sta. Bul.* 309, 1-40 (1937)
58. *Paden, W. R.*: Response of Cotton and Changes in Chemical Properties of Soil from Continuous Use of Various Sources of Nitrogen Fertilizers. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 12 (1947), 289-293 (1948)
59. *Patrick, W. H., Jr., Sloane L. W., and Phillips, S. A.*: Response of Cotton and Corn to Deep Placement of Fertilizer and Deep Tillage. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 23, 307-310 (1959)
60. *Pierre, W. H.*: Phosphorus Deficiency and Soil Fertility, in "Soils and Men", *Yearbook Agric. US. Dept. Agr.*, pp. 377-396 (1938)
61. *Reynolds, E. B., Johnson, P. R., and Langley, B. C.*: The Effect of Time and Rate of Application of Nitrate of Soda on the Yield of Cotton. *Texas Agric. Expt. Sta. Bul.* 490, 1-20, (1934)
62. *Rogers, W. B.*: Experiments on Rate and Time of Applying Sodium Nitrate. *South Carolina Agric. Expt. Sta. Bul.* 283, 1-31 (1932)
63. *Roux, J. B., and Gutknecht, J.*: Essais de Fumure du Cotonnier au Tchad. *Coton Fibres Trop.*, 11, 137-152 (1956)
64. *Salter, R. M.*: Methods of Applying Fertilizers, in "Soils and Men", *US. Dept. Agric. Yearbook Agr.*, pp. 546-562 (1938)
65. *Scarsbrook, C. E., Bennett, O. L., and Pearson, R. W.*: The Interaction of Nitrogen and Moisture on Cotton Yields and Other Characteristics. *Agron. J.* 51, 718-721 (1959)
66. *Singh, G., and Singh, K.*: Studies on Manurial Requirement of American Cotton in Punjab. *Indian Cott. Growing Rev.*, 13, 161-163 (1959)
67. *Skinner, J. J., Futral, J. G., and McKaig, N. Jr.*: The Uptake of Nutrients by the Cotton Plant when Fertilized with Acid Forming and Non-Acid Forming Fertilizers Combined with Different Rates of Potash. *Georgia Agric. Expt. Sta. Bul.* 235, 1-21 (1944)
68. *Skinner, J. J., Nelson, W. L., and Collins, E. R.*: Potash and Lime Requirements of Cotton Grown in Rotation with Peanuts. *J. Amer. Soc. Agron.*, 38, 142-151 (1946)
69. *Staten, G., and Hinkle, D. A.*: Maintaining Cotton Yields through Fertilizer and Crop Rotation. *New Mexico Agric. Expt. Sta. Bul.* 340, 1-15 (1947)
70. *Stelly, M., and Morris, H. D.*: Residual Effect of Phosphorus on Cotton Grown on Cecil Soil as Determined with Radioactive Phosphorus. *Soil Sci. Soc. Americ. Proc.* 17, 267-269 (1953)
71. *Stewart, E. H., and Volk, N. J.*: Relation between Potash in Soils and That Extracted by Plants. *Soil Sci.* 61, 125-129 (1946)

72. *Turner, J. H., Jr.*: The Effect of Potash Level on Several Characters in Four Strains of Upland Cotton Which Differ in Foliage Growth. *J. Amer. Soc. Agron.* 36, 668-698 (1944)
73. *Volk, N. J.*: Relation of Exchangeable Potassium in Alabama Soils to Needs of the Cotton Crop. *J. Amer. Soc. Agron.*, 34, 188-198 (1942)
74. *Volk, N. J.*: Nutritional Factors Affecting Cotton Rust. *J. Amer. Soc. Agron.* 38, 6-12 (1946)
75. *Volk, G. W.*: Response to Residual Phosphorus of Cotton in Continuous Culture. *J. Amer. Soc. Agron.* 37, 330-340 (1945)
76. *Wadleigh, C. H.*: Growth Status of the Cotton Plant as Influenced by the Supply of Nitrogen. *Arkansas Agric. Expt. Sta. Bul.* 446, 1-138 (1944)
77. *Wahhab, A.*, and *Abmad, R.*: Manuring of Cotton in West Pakistan. II. Effect of Date of Sowing, Irrigation, Spacing between Rows, and Rate of Manuring on the Yield of Seed Cotton. *Empire J. Expt. Agric.* 28, 35-43 (1960a)
78. *Wahhab, A.*, and *Abmad, R.*: Manuring of Cotton in West Pakistan. IV. Effect of the Source of Nitrogen on the Yield of Seed Cotton. *Empire J. Expt. Agric.* 28, 145-150 (1960b)
79. *Wahhab, A.*, and *Abmad, R.*: Manuring of Cotton in West Pakistan. V. Effect of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium, Alone and in Combination, on the Yield of Seed Cotton. *Empire J. Expt. Agric.* 29, 73-78 (1961)
80. *White, H. C.*: The Feeding of Cotton, I. *Georgia Agric. Expt. Sta. Bul.* 108, 129-144 (1914)
81. *Williams, C. B.*, *Buie, T. S.*, and *Stacy, S. V.*: Effects of Superphosphate upon the Yield and Earliness in Maturity of Cotton. *North Carolina Agric. Expt. Sta. Bul.* 314, 1-22 (1937)
82. *Williamson, J. T.*: Fertilizer Experiments with Cotton. *Alabama Agric. Expt. Sta. Bul.* 228, 1-32 (1929)
83. *Wood, R. C.*: Potash Starvation and the Cotton Plant. *Empire Cott. Growing Rev.*, 11, 25-29 (1934)
84. *Wood, R. C.*: Potash Starvation and the Cotton Plant. II. *Empire Cott. Growing Rev.* 11, 30-34 (1938)
85. *Young, P. A.*: Cotton Resistant to Wilt and Root Knot and the Effect of Potash Fertilizer in East Texas. *Texas Agr. Expt. Sta. Bul.* 627, 1-26 (1943)

SUMMARY

1. The increasing importance of cotton production makes it necessary to study all factors that affect cotton yield and quality. Most prominent among these factors is the use of commercial fertilizers.

2. A good cotton crop (giving about 560 kg of lint per ha) removes from the soil, roughly, 40 kg of N, 16 kg of P_2O_5 , and 17 kg of K_2O per ha. Besides these three major nutrients, a number of others are also taken away, which this paper is not concerned with.

3. Intensive cropping and the continuous drain in nutritive substances might soon cause deficiency which the cotton farmer will be wise to make good by supplying the deficient nutrients.

4. The need for nitrogenous fertilizers is in general the most wide-spread in the case of cotton. Soils are frequently deficient in N, so that cotton benefits from adequate N-applications. Various types of nitrogen fertilizers are on the market. Nitrate or ammonium nitrogen are almost equivalent in their effect on cotton.

5. Considerable yield increases are usually obtained with about 40 kg of N per ha (much higher rates, up to 100 or more kg, are often indicated in warm countries). The fertilizer is applied at the time of sowing, but fractional application might be desirable. In some cases, cotton response to N is small or negligible; an excess of this nutrient must always be avoided.

6. Phosphatic and potassic fertilizers prove often profitable. But in the Mediterranean cotton soils, deficiency in phosphorus or potassium is not as common as in the case of nitrogen.

7. Superphosphate is the most common form of fertilizer that provides phosphorus for cotton, but other types are also applied. The amounts generally recommended vary round 60 kg of P_2O_5 per ha. The fertilizer is applied either before or at the time of sowing.

8. In various cotton growing countries response to potash may be negligible. In others, however, potash alone can increase yield far beyond the level reached by the use of any other plant nutrient. Muriate of potash and potassium sulphate are the two forms commonly made use of; the rates generally applied vary between 25 and 50 kg of K_2O per ha.

9. Fertilizer mixtures supplying more than one ingredient are in wide use. They should exhibit moderate solubility, good drillability, a balanced proportion of all elements, etc. Localized placement seems more effective for cotton than broadcast distribution. The best actual position is defined as two bands (5 cm wide) on each side of the plant row, at 6 cm from it and 5 cm below seed level.

10. The effect of fertilizers is not invariably the same under different conditions of growth. Best results are usually obtained in soils well provided with moisture and with all other food elements; with crops sown early and closely spaced; also with varieties able to take good advantage of the nutrients available.

11. Since cotton is not always responsive to fertilizer applications, cost will be saved by carefully predicting fertilizer requirements. Visual symptoms, the simplest and most practical method, is generally applied, while plant-tissue tests may soon come into prominence. The importance of rapid soil tests, already in general use in some places, seems to have been over-rated. Thus field trials remain still the only safe and reliable method for judging fertilizer requirements; it is unavoidable before making practical recommendations to farmers.

RÉSUMÉ

La fumure minérale du coton

1. L'importance croissante que revêt la production du coton rend l'étude de tous les facteurs influençant la quantité et la qualité de la production cotonnière indis-

pensable. Parmi ces facteurs, l'utilisation des engrais commerciaux en est un particulièrement important.

2. Une bonne culture de coton (produisant environ 560 kg de coton égrené par ha) exporte du sol environ 40 kg de N, 16 kg de P_2O_5 et 17 kg de K_2O par ha. Outre ces trois principaux éléments, un certain nombre d'autres éléments qui ne font pas l'objet du présent travail, sont également exportés.

3. La culture intensive et l'exportation continue de substances nutritives peuvent rapidement provoquer des déficiences que le cultivateur de coton sera sage de prévenir en remplaçant les éléments déficients.

4. Dans la culture du coton, le besoin en azote est en général le plus répandu, les sols sont souvent déficients en N et en conséquence, le coton tire profit des fumures N. Différents types d'engrais azotés se trouvent sur le marché; l'azote nitrique ou ammoniacale ont des effets identiques sur le coton.

5. Des augmentations de production considérables sont habituellement obtenues avec environ 40 kg de N par ha (des doses beaucoup plus fortes allant jusqu'à 100 kg et plus sont souvent nécessaires dans les pays chauds). L'engrais est appliqué au moment des semailles mais une application fractionnée peut être avantageuse. Dans certains cas, la réaction du coton à l'azote est faible ou négligeable; un excès de cet élément doit toujours être évité.

6. Les engrais phosphatés et potassiques sont souvent rémunérateurs, mais dans les sols à coton de la région méditerranéenne, les déficiences en phosphore ou en potassium ne sont pas si fréquentes que celles d'azote.

7. Le superphosphate constitue la forme la plus commune d'engrais phosphaté appliqué sur le coton, mais d'autres types d'engrais phosphatés sont également utilisés. Les doses généralement recommandées varient autour de 60 kg de P_2O_5 par ha. Cet engrais est appliqué soit avant, soit au moment des semailles.

8. Dans différents pays producteurs de coton, la réaction aux engrais potassiques peut être négligeable. Dans d'autres, toutefois, seul le potassium est susceptible d'augmenter la production loin au dessus du niveau atteint après l'utilisation de n'importe quel autre élément nutritif. Le chlorure et le sulfate de potassium sont les deux formes d'engrais potassiques habituellement utilisées; les doses appliquées s'élèvent généralement entre 25 et 50 kg de K_2O par ha.

9. L'utilisation d'engrais composés apportant plusieurs éléments nutritifs est très répandue. Ils doivent présenter une solubilité modérée, un équilibre judicieux entre les éléments, se laisser semer facilement, etc. Le placement des engrais semble être plus efficace pour le coton que les semailles à la volée. Actuellement la meilleure méthode d'application des engrais semble être la suivante: deux bandes de 5 cm de large à 6 cm de chaque côté de la ligne de plantation et 5 cm en dessous des semences.

10. Les engrais n'ont, dans différentes conditions de croissance des plantes, pas toujours les mêmes effets. Les meilleurs résultats sont habituellement obtenus dans les sols convenablement pourvus en eau et en autres éléments; avec des cultures semées tôt et denses ainsi qu'avec des variétés susceptibles de tirer un gros avantage des éléments offerts.

11. Vu que le coton ne réagit pas toujours aux engrais, on évitera des dépenses inutiles en prévoyant soigneusement les besoins en engrais. L'observation des symptômes de carences visibles constitue la méthode la plus simple et la plus pratique et elle est utilisée très fréquemment alors que les tests sur tissus végétaux pourraient devenir prochainement très importants. L'importance des analyses de sol rapides fréquemment répétées à certains endroits semble avoir été surestimée. Ainsi les essais en champs restent encore le seul moyen sûr et digne de confiance pour juger des besoins en engrais; ils sont indispensables avant d'établir des recommandations pour les cultivateurs.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Mineraldüngung der Baumwolle

1. Der ständig zunehmende Umfang der Baumwollproduktion erfordert unbedingt die genaue Untersuchung der Faktoren welche die Qualität und den Umfang der Baumwollproduktion beeinflussen. Unter diesen Faktoren bildet die Mineraldüngeranwendung einen besonders wichtigen.

2. Eine gute Baumwollkultur (ungefähr 560 kg rohe Baumwollfasern/ha) führt aus dem Boden ungefähr 40 kg N, 16 kg P_2O_5 und 17 kg K_2O /ha. Außer diesen drei Hauptnährstoffen wird noch eine Anzahl anderer Nährstoffe ausgeführt, welche aber in der vorliegenden Arbeit nicht besprochen werden.

3. Der intensive Baumwollanbau, sowie die andauernde Nährstoffausfuhr können rasch zu Mangelerscheinungen führen, welchen der Baumwollpflanze mit Hilfe der Düngung mit den entsprechenden Stoffen entgegentreten soll.

4. In der Baumwollkultur ist das Stickstoffbedürfnis am häufigsten anzutreffen und da die Böden oft N-arm sind, wird die Baumwolle von den N-Düngungen einen reichen Profit ziehen. Auf dem Markt sind verschiedene Typen Stickstoffdünger anzutreffen; das Nitrat- und Ammoniak-N üben auf die Baumwolle die gleichen Einflüsse aus.

5. Beträchtliche Ertragserhöhungen werden gewöhnlich nach einer 40 kg N-Düngung je ha erreicht (in den warmen Ländern sind oft viel stärkere Düngungen, bis 100 kg/ha und mehr, notwendig). Der N-Dünger wird zur Zeit der Aussaat angewendet. Teildüngungen können von Vorteil sein. In gewissen Fällen kann die Reaktion der Baumwolle gegenüber dem Stickstoff schwach oder unbedeutend sein; ein N-Überschuß muß immer vermieden werden.

6. Die Phosphat- und Kaliumdünger sind oft ertragsbringend aber in den Baumwollböden des Mittelmeergebietes sind die Kalium- und Phosphormängel weniger verbreitet als die Stickstoffmängel.

7. Das Superphosphat stellt die gebräuchlichste Phosphatdüngung der Baumwolle dar, es werden aber auch andere Phosphatdünger-Typen verwendet. Die gewöhnlich empfohlenen Mengen bewegen sich um 60 kg P_2O_5 /ha herum. Dieser Dünger wird entweder vor oder während der Saat ausgestreut.

8. In verschiedenen baumwollproduzierenden Ländern kann die Reaktion gegenüber dem Kaliumdünger unbedeutend sein. In anderen Ländern jedoch, ist

allein das Kalium fähig, die Produktion weit über das durch die Anwendung irgend eines anderen Nährstoffes zu erreichende Niveau zu steigern. Gewöhnlich wird sowohl Kaliumchlorid als auch Kaliumsulfat angewendet. Die K-Düngungen betragen gewöhnlich zwischen 25 und 50 kg K_2O /ha.

9. Die Anwendung von Mischdünger, welche gleichzeitig mehrere Nährstoffe enthalten, ist sehr verbreitet. Diese Dünger müssen eine mäßige Löslichkeit und ein angemessenes Gleichgewicht zwischen den verschiedenen Nährstoffen aufweisen und gut gekörnt sein. Die Düngerplazierung scheint für die Baumwolle günstiger zu wirken als die Düngerstreuung. Zurzeit scheint die günstigste Düngeranwendungsmethode folgende zu sein: zwei 5 cm breite Streifen 6 cm von der Pflanzenreihe und 5 cm unter der Saattiefe.

10. Die Dünger haben je nach dem Wachstumszustand der Pflanzen nicht immer die gleichen Wirkungen. Die besten Resultate werden gewöhnlich in Böden erzielt, welche mit Wasser und anderen Nährstoffen ordentlich versorgt sind, mit sehr früh und dicht gesäten Pflanzen sowie mit Arten welche ein großer Vorteil aus den angebotenen Nährstoffen ziehen können.

11. Da die Baumwolle nicht immer auf die Düngung reagiert, soll man unnötige Ausgaben durch sorgfältig errechnete Nährstoffbedürfnisse verhüten. Die Beobachtung der sichtbaren Mangelanzeichen stellt die praktischste und einfachste Methode dar und sie wird sehr oft angewendet; die Gewebsuntersuchungen könnten aber in naher Zukunft diesbezüglich an Wichtigkeit gewinnen. Es scheint, daß die Wichtigkeit der raschen Bodenanalysen, welche in verschiedenen Gebieten angewendet werden, überschätzt wurde. Die Feldversuche bleiben noch den einzig sicheren und vertrauenswürdigen Weg um die Nährstoffbedürfnisse zu ermitteln; sie sind vor jeder Abfassung von Ratschlägen an die Baumwollpflanzler unentbehrlich.

RESUMEN

Fertilizantes comerciales para el algodón

1. La creciente importancia de la producción de algodón hace necesario estudiar todos los factores que afectan el rendimiento y calidad del algodón, siendo el más importante de estos factores el empleo de fertilizantes comerciales.

2. Una buena cosecha de algodón (proporcionando aproximadamente 560 kg de hilaza por ha) absorbe del suelo, generalmente, 40 kg de N 16 de P_2O_5 y 17 kg de K_2O por ha. Además de estos tres importantes elementos nutritivos, también absorbe otros elementos de los cuales no se ocupa este trabajo.

3. Las cosechas intensivas y el continuo drenaje de los elementos nutritivos pueden producir una deficiencia, que el granjero inteligente deberá mejorar por medio de la aplicación de aquellos elementos de los que el suelo sea deficitario.

4. En general, la necesidad de fertilizantes nitrogenados está muy difundida en el caso del algodón. Como los suelos son con frecuencia deficitarios en N, el algodón se beneficia cuando se hacen aplicaciones adecuadas de este elemento. En el mercado se encuentran diversos tipos de fertilizantes nitrogenados: el

nitrato o el nitrógeno amónico ejercen efectos casi equivalentes sobre el algodón.

5. Se obtienen considerables incrementos en el rendimiento con aplicaciones de 40 kg aproximadamente de N, por ha (en países cálidos se indican a menudo dosis mayores, hasta 100 o más kilos).

El fertilizante se aplica durante la época de la siembra, pero son aconsejables las aplicaciones fraccionarias. En algunos casos, la respuesta del algodón entre N es reducida, o apenas apreciable. Debe evitarse la aplicación en exceso de este elemento.

6. Los fertilizantes fosfatados y potásicos demuestran ser útiles en muchas ocasiones, pero en los suelos mediterráneos, en los que se cultiva algodón, la deficiencia en fósforo o potasio no es tan corriente como en el caso del nitrógeno.

7. El superfosfato es la forma de fertilizante más comúnmente empleado, el cual suministra fósforo al algodón. También se aplican otros tipos de fertilizantes. Las cantidades que generalmente se recomienda aplicar varían alrededor de los 60 kg de P_2O_5 por ha, aplicándose el fertilizante antes o en la época de la siembra.

8. En varios países cultivadores de algodón, la respuesta ante la potasa es apenas apreciable. En otros, sin embargo, la potasa aplicada sola puede incrementar el rendimiento muy por encima del nivel alcanzado con el empleo de cualquier otro elemento nutritivo aplicado a la planta. El cloruro y el sulfato potásicos son las dos formas más comúnmente empleadas. Las dosis que generalmente se aplican oscilan entre 25 kg y 50 kg de K_2O por ha.

9. El empleo de fertilizantes mezclados, que suministran más de un elemento nutritivo, también está ampliamente difundido. Dichas mezclas deben poseer una solubilidad moderada, buena capacidad de penetración y una proporción equilibrada de todos los elementos, etc. — pareciendo que su acción es más efectiva cuando se sitúan adecuadamente que cuando se distribuyen a voleo. Su mejor acción la ejercen cuando se sitúa el fertilizante en dos bandas (de 5 cm de ancho), a cada lado del surco, a 6 cm del mismo y a 5 cm por debajo del nivel de la semilla.

10. El efecto que ejercen los fertilizantes no es invariablemente el mismo bajo diferentes condiciones de desarrollo. Los mejores resultados se obtienen, normalmente, en suelos bien provistos de humedad y bien dotados de todos los elementos nutritivos; con cosechas tempranas y espaciadas cuidadosamente. También se obtienen buenos resultados con variedades capaces de mejorar con la aplicación de elementos nutritivos asimilables.

11. Como el algodón no responde siempre ante las aplicaciones de fertilizantes, deben evitarse los cuantiosos gastos que esto produce, estudiando cuidadosamente las necesidades en fertilizantes.

Los síntomas visuales, el método más sencillo y práctico, se aplica, generalmente, mientras que los tests sobre los tejidos de la planta puedan alcanzar pronto importancia. Parece que han sido ensalzada la transcendencia que han tenido los tests del suelo rápidos, ya de general uso en muchos lugares.

Por todo ello, los ensayos en el campo siguen siendo el método más seguro y veraz para juzgar las necesidades de fertilizantes, por lo que es inevitable llevar a cabo ensayos antes de hacer recomendaciones prácticas a los granjeros.

Corn Manuring under Mediterranean Conditions

E. SÁNCHEZ-MONGE
Instituto Nacional de Investigaciones Agronomicas
Centro de Mejora del Maiz, Madrid

The nutritive needs of maize regarding potassium have been estimated in 1,5 to 2,2 kg per quintal of grain. From this amount, something less than a third goes into the grain.

Potassium differs from other macronutrients in its translocation and accumulation in the maize plant. One of the main points of difference is a loss of potassium as the maize plant reaches maturity. The loss is more important in the leaves, stalks and husks and it is caused by the greater part of the potassium being in a water soluble form. The total loss, varying with the total yield, can be estimated in 12 to 16 kg per ha. Another interesting feature is the lack of accumulation of this element in the grain. It seems probable that the maximum of potassium accumulation in the whole maize plant is reached from 3 to 4 weeks after silking.

Besides its actions as a macronutrient, several beneficial actions of potassium on the corn plant have been demonstrated. These are the main ones:

a) An influence on the development of the first roots and on the anchorage of the maize plant in the soil (*Pettinger, 3*). Through this influence, the potassium manuring in deficient soils favours an early vigorous rooting which will avoid later the lodging of the maturing plants.

b) An important action on the water economy of the maize plant, as high concentrations of potassium in the soil solution increase the osmotic pressure of the plant giving it greater absorbing power towards water. With adequate potassium manuring, besides an increase in yield, a reduction in transpiration intensity can be observed.

c) A reduction of the breaking tendency of the maturing maize stalks (*Boswell and Parks, 2*).

Potassium is easily absorbed by the maize roots, firstly from inorganic solutions and later on from that fixed in several soil components. The maize plant takes more easily the potassium fixed on montmorillonite than that

fixed on kaolinite (*Boischot and Latuner, 1*). When there is a deficiency of potassium, this difference in easiness of potassium absorption from montmorillonite and kaolinite is increased. For this reason, in montmorillonite soils the increase in potassium fertilizers gives always apparent effects, but in kaolinite soils high doses of potassium fertilizers give no greater apparent effects than medium doses.

Potassium acts competitively on the absorption of other elements. *Wadleigh and Shive (7)* and *Thomas and Mack (6)* have found that a high potassium absorption reduces the absorption of calcium and magnesium. Potassium fertilization in nitrogen deficient soils reduces the content of this element in the leaves and increases the nitrogen deficiency symptoms. Conversely, *Reeve and Shive (4)* have shown that boron and potassium absorption are positively correlated.

It has been also proved that soil aeration has a marked effect on the root absorption of potassium, the aeration increasing greatly the amount of this element absorbed.

These observations along with the fact that in many soils the decrease in yield due to suppression of potassium manuring is only apparent after several years, account for the unsatisfactory results obtained in experiences with this fertilizer, and also for the apathy of many farmers to apply to their farms, even in a trial way, potassium manuring.

The response of maize to increasing levels of potassium through fertilization can be very low in soils of arid and subhumid regions; however many of these soils are lacking potassium, this lack being due to the winter leaching of the soil and to the repetition of cultures without any potassium fertilization.

In soils of more humid zones where the leaching is rather intense all over the year and therefore the available potassium level, is very low, the responses of maize to potassium manuring can be very apparent.

Thanks to the kind cooperation of agricultural research workers in several countries of the Mediterranean area, and specially those belonging to the Southern Committee of the Maize Section of EUCARPIA, some data have been obtained about the usual manuring formulae for maize in several countries, about the differences between these formulae and those recommended by agricultural advisers as a result of manuring trials, about the reasons of the farmers for the no-utilization of potassium, and about differences in response between open pollinated varieties and maize hybrids to fertilization.

In Table 1 some of the data so far obtained have been summarized.

Table 1 Amounts of macroelements used in the maize manuring, compared with the amounts recommended by local agricultural advisers in the Mediterranean area

| Country | Farmyard manure T/ha | | P ₂ O ₅ , kg/ha | | N kg/ha | | K ₂ O kg/ha | |
|---------------------------|----------------------|-------------|---------------------------------------|-------------|----------|-------------|------------------------|-------------|
| | Utilized | Recommended | Utilized | Recommended | Utilized | Recommended | Utilized | Recommended |
| Portugal (North) | - | - | 50-90 | 90-110 | 40-80 | 70-100 | 0 | 60-110 |
| Portugal (Center + South) | 20-30 | 20-30 | 90 | 70-130 | 40-60 | 50-80 | 0-40 | 40-70 |
| Spain (North) | 30-60 | 30-40 | 0 | 70-90 | 20-40 | 50-70 | 0 | 80 |
| Spain (Ebro + N.E.) | - | - | 70-130 | 150 | 70-80 | 160 | 0-60 | 110 |
| Spain (South) | - | - | 70 | 90 | 60-80 | 120-160 | 0-60 | 90 |
| Spain (Levante) | - | - | 90-110 | - | 80-120 | - | 60-90 | - |
| France (South, Pyr.) | - | 0-25 | * | 150 | * | 50 | - | 160-80 |
| France (South, Aude) | - | - | * | 90-160 | * | 40-120 | ** | 90 |
| France (South, Hérault) | - | - | 100-140 | - | 40-80 | - | ** | 70-130 |
| Italy (N.E.) | 20-30 | - | 90-110 | - | 30-60 | - | 0 | - |
| Italy (North) | 50-60 | - | 50-70 | - | 20-30 | - | 0-60 | - |
| Italy (Center) | - | - | 40-70 | - | 30-50 | - | 0-20 | - |
| Italy (South) | 0-12 | - | 90-110 | - | 90-120 | - | 60-80 | - |
| Jugoslavia | - | - | - | - | - | - | 0 | - |
| Greece | - | - | - | - | - | - | 0 | - |
| Turkey (Marmara) | - | - | 100 | - | 100 | - | 0 | - |
| Turkey (Black sea) | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Lebanon | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Iraq | - | - | - | - | - | - | 0 | - |
| Israel | - | - | - | - | - | - | 0-40 ¹ | - |
| Morocco | - | - | - | 60 | 40 | 40 | 0 | 50 |

¹ Per dunam carrying 5000 plants
 * Less than recommended
 ** Much more less than recommended

From these data and the remaining information obtained it can be seen that the amounts of phosphorus and nitrogen fertilizers used by Mediterranean farmers on maize are more close to the optimum than the amounts of potassium.

It is also a general observation in the Mediterranean area that fertilization formulae not including potassium that seemed adequate for open pollination varieties have not been so adequate after substitution of these varieties for hybrids. The hybrids have shown potassium deficiency symptoms, specially stalk weakness and malformations of the ear-tip grains.

Table 2 gives a summary of data from our own trials in Spain. In this table are recorded the averages of the maximum annual yields obtained in several Spanish zones with open pollinated varieties and hybrids always comparing the results obtained with only phosphorus and nitrogen fertilization with those obtained using also potassium. This element was used in amounts of 70 to 120 kg per ha under the form of sulphate or chloride, and applied to the soil just before sowing. The results of 129 trials during the last 7 years are included.

Table 2 Averages of the maximum annual yields (q/ha), obtained in the trials of the Maize Breeding Center of the Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas in the various maize growing zones of Spain

| Zone | Open pollinated varieties | | | Hybrids | | |
|-------------------------|----------------------------|----------------|------------|----------------------------|----------------|------------|
| | Without potassium manuring | With potassium | Difference | Without potassium manuring | With potassium | Difference |
| South (no irrigation) | 11.65 | 13.04 | 1.39 | 15.57 | 18.09 | 2.52 |
| South (irrigation) | 30.69 | 41.41 | 10.72 | 59.48 | 67.36 | 7.88 |
| Levante (irrigation) | 32.13 | 41.18 | 9.05 | 70.17 | 75.19 | 5.02 |
| Upper Ebro (irrigation) | 30.83 | 43.82 | 12.99 | 65.09 | 67.92 | 2.83 |
| Ebro (irrigation) | 28.50 | 46.06 | 17.56 | 48.25 | 69.14 | 20.89 |
| North (no irrigation) | 28.25 | 39.28 | 11.03 | 43.40 | 57.23 | 13.83 |
| North (irrigation) | 38.76 | 37.16 | 1.60 | 52.75 | 57.61 | 4.86 |

From this table it can be clearly seen the need of potassium fertilization for the obtention of maximum yields of maize in Spain.

It is remarkable that where the differences in the table are greater for the open pollinated varieties than for the hybrids, these open pollination varie-

ties belong to maize races (Andaluz, Basto and Daxa) having many cultural and morphological characteristics in common with the hybrids.

The researches of *Tamés* (5) on the Spanish soils have shown that potassium fertilization is: indispensable in 18,3 per cent of the soils, necessary in 47,9 per cent and not necessary in the remaining 33,8 per cent. However, the results obtained in the trials of the "Maize Breeding Center" of the Instituto Nacional de Investigaciones Agronómicas, have shown almost always a favourable response of maize to potassium fertilization.

The main reasons of the farmers of the Mediterranean area for the non-utilization of potassium manuring are the following:

a) The effect of the potassium fertilization on maize is not apparent. This can be a sound reason in regions where big amounts of farmyard manure are used, or where the level of available potassium in the soil is rather high.

b) It is said in the region, very frequently without any real reason, that the soil does not need potassium.

c) The open pollination varieties are still prevalent in the region and they belong to races that do not give spectacular responses to potassium fertilization.

d) Routine and lack of information. Sometimes even the fertilizer sellers do not show interest in advertising potassium fertilizers, as they obtain better profits from the other fertilizers.

e) High cost of the potassium fertilizers, as in Turkey where the price of one kilogram of potassium sulphate is twice the price of one kilogram of maize.

Conclusions

1. The formulae of maize manuring used by farmers of the Mediterranean area are generally insufficient. The insufficiency is greater for potassium than for other elements.

2. The generalized belief that most of the Mediterranean soils have enough available potassium for maize growing, lacks real confirmation. The trials of manuring formulae for maize, including lack and several levels of potassium, must not be reduced to the results of a single crop.

3. The work of the Agricultural Extension Services advising the farmers to change for well chosen hybrids the open pollination varieties must go together with adequate advising about the higher manuring needs of the hybrids for reaching maximum yields.

Bibliography

1. Boisshot, P. and Latimer, F. : Sur la fixation de la potasse par le sol et ses conséquences sur la fixation de la fumure potassique. Cong. Mund. Inv. Agron. Roma, 1211-1214 (1959)
2. Boswell, F.C. and Parks, W.L. : The effect of soil potassium levels on yield, lodging, and mineral composition of corn. Proc. Soil Sci. Soc. Amer. 21, 301-305 (1957)
3. Pettinger, N.A. : The effect of fertilizers, crop rotation and weather conditions on the anchorage of corn plants. Va. Sta. Tech. Bull. 46, 1-36 (1933)
4. Reeve, E. and Shive, J.W. : Better crops. Plant Food 27, 14-16, 45-48 (1943)
5. Tamés, C. : La fertilization potásica de los regadíos españoles. Potassium Symposium, Int. Potash Inst. 29-43 (1958)
6. Thomas, W. and Mack, W.B. : The foliar diagnosis of *Zea mays* subjected to differential fertilizer treatments. J. Agr. Res. 58, 477-491 (1939)
7. Wadleigh, C.H. and Shive, J.W. : Base content of corn plants as influenced by pH of substrate and form of nitrogen supply. Soil Sci. 47, 273-283 (1939)

SUMMARY

Corn manuring under Mediterranean conditions

The chief favourable effects of potassium, in addition to its general action as a nutrient element, are to induce early and strong growth of roots, to protect against lodging by the weather, to economise in the use of water, and to reduce the tendency of the stalk to bend or break.

Favourable effects of potassic manuring on maize can still be in evidence several years after application.

The manurial treatment of maize by farmers of the Mediterranean region is deficient in potassium. Usage of potassic fertilizer falls further below the recommended optimum than does usage of nitrogenous manures or phosphates.

Replacement of freely pollinated varieties by hybrids very often reveals the need for more generous manuring, specially in terms of potassium, if the potentially high yields are to be realised.

The common assumption that most soils have an adequate supply of available potassium and hence do not need fertilizing with that element for the growth of maize is quite unjustified in many cases.

RÉSUMÉ

Fumure du maïs sous les conditions méditerranéennes

Les principaux effets favorables du potassium sur les plantes de maïs, en plus de son action comme élément macro-nutritif sont : favoriser l'enracinement et éviter la verse, favoriser l'économie de l'eau et réduire la tendance à l'affaissement des tiges.

Les effets favorables de la fumure potassique sur le maïs peuvent ne se faire sentir qu'après plusieurs années d'application.

Dans la zone méditerranéenne les formules de fumure du maïs utilisées par les agriculteurs sont plus souvent en dessous de l'optimum conseillé pour les engrais potassiques qu'en ce qui concerne les engrais phosphoriques et les azotés.

La substitution des variétés de pollinisation libre par des hybrides révèle, fort souvent, le besoin d'augmenter les doses de fumure, spécialement potassique, pour l'obtention du maximum des récoltes.

La croyance généralisée selon laquelle la plupart des sols possèdent une assez grande quantité de potassium assimilable et, pour cela, n'ont pas besoin de ce type de fumure pour la culture du maïs, n'est pas justifiée en beaucoup d'occasions.

ZUSAMMENFASSUNG

Mais - Düngung

Die wichtigsten günstigen Auswirkungen der Kaliumdüngung auf die Maispflanzen bestehen in einem frühen und kräftigen Wurzelwachstum, in der Verhütung des Legens durch Gewitter, in der Förderung des Wasserhaushaltes und in der Verminderung der Knicktendenz der Stengel.

Die günstigen Einflüsse der Kaliumdüngung auf die Maispflanze können sich auch erst nach mehreren Jahren äußern.

In den Mittelmeergebieten liegen die angewandten Kaliumdüngungen tiefer unter dem zu empfehlenden Optimum als dies für die Phosphorsäure- und Stickstoffdünger der Fall ist.

Der Ersatz der Maisarten mit freier Befruchtung durch Hybridarten hat oft ein größeres Düngungsbedürfnis zur Folge - besonders Kaliumdüngung - um Höchstserträge erreichen zu können. Die sehr verbreitete Annahme, wonach die meisten Böden eine ausreichende Menge aufnehmbares Kalium enthalten und dementsprechend für den Maisanbau keine Düngung benötigen, ist nicht berechtigt.

RESUMEN

Abonado del maíz bajo condiciones mediterráneas

Los principales efectos favorables que ejerce el potasio sobre las plantas de maíz, además de su acción como elemento macro-nutritivo, son: favorecer el rápido y vigoroso enraizamiento y evitar el acamado, aumentar la economía del agua y disminuir la tendencia al debilitamiento de los tallos.

Los efectos favorables del abonado potásico sobre el maíz pueden no hacerse sentir más que al cabo de varios años de aplicación de dicho elemento nutritivo.

Las fórmulas de abonado del maíz utilizadas por los agricultores en la zona mediterránea están más por debajo de la cantidad óptima aconsejable para los abonos potásicos que para los fosfóricos y los nitrogenados.

La sustitución de las variedades de polinización libre por híbridos revela, muy a menudo, la necesidad de aumentar las dosis de abonado, especialmente potásico, para obtener el máximo de las cosechas.

En muchas ocasiones no está justificada la creencia generalizada de que la mayor parte de los suelos poseen la suficiente cantidad de potasio asimilable, y, por tanto, no tienen necesidad de este tipo de abonado para el cultivo del maíz.



La fumure du riz en Italie et dans les pays méditerranéens

PROF. L. BORASIO

Directeur f. f. de la Stazione Sperimentale
di Riscoltura de Vercelli
Italie

Introduction

Le riz – céréale des régions tropicales chaudes et humides *, dont l'origine se perd dans le temps** – était déjà cultivé en Syrie et en Egypte ♦ avant l'ère chrétienne, d'où il s'est répandu dans les pays méditerranéens ♦♦, se concentrant dans les zones les plus propices à sa culture.

Répartition géographique, superficies, production

Les pays méditerranéens producteurs de riz – comprenant aussi le Maroc, le Portugal, la Hongrie, la Yougoslavie et la Roumanie – sont situés entre le 30° (Egypte) et le 48° degré de latitude nord (Hongrie). Dans ces pays, la culture du riz est pratiquée surtout sur le littoral méditerranéen, dans les deltas et le long des rivières, dans des terrains souvent marécageux et en général salins.

Par contre, en Hongrie, en Italie, en Yougoslavie et dans quelques zones du Portugal et de la Turquie, cette céréale est cultivée à l'intérieur du pays.

La culture du riz dans les pays tropicaux est surtout tributaire des pluies périodiques (moussons), tandis que dans les régions méditerranéennes, qui s'étendent sur 18 parallèles et présentent un climat à forte luminosité caractérisé par des étés chauds et peu pluvieux, elle est pratiquée comme culture

*De récentes recherches indiennes placent le centre d'origine du riz dans l'état de Oryssa, plus précisément dans la région de Yeypore, où l'on trouve encore des variétés sauvages.

**Les premiers documents chinois mentionnent sa culture déjà 2800 ans avant l'ère chrétienne.

♦Strabon – écrivain et géographe grec, de l'année 60 avant J.-C. à 20 après J.-C. – parle de la culture du riz en Syrie et en Egypte dans son ouvrage «Géographie».

♦♦En Espagne, la riziculture a débuté au 9^e siècle après J.-C. grâce aux Arabes; au Portugal elle était déjà connue en 1325; dans l'Italie du Nord elle fut importée dans la 2^e moitié du XV^e siècle.

d'été, pendant les mois les plus chauds à luminosité prolongée et intense*. Les besoins hydro-thermiques sont alors satisfaits par la submersion réalisée surtout par l'irrigation temporaire et contrôlée, ce qui crée artificiellement le milieu hydro-climato-pédologique favorable et propre à la végétation de cette céréale.

L'importance de la riziculture varie selon les pays. Les plus récentes statistiques, publiées par la FAO, donnent les chiffres indiqués ci-dessous. Notons que la production totale s'élève, pour le bassin méditerranéen, à plus de 33480000 quintaux pour une superficie de 726000 hectares.

Superficies et productions de riz dans le bassin de la Méditerranée 1959/1960

| | Superficie hectares | Production totale quintaux | Production unitaire quintaux/ha |
|-------------------------|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| <i>Europe</i> | | | |
| Albanie (1958/59) | 3000 | 50000 | 19,3 |
| Bulgarie | 10000 | 290000 | 29,8 |
| France | 32000 | 1320000 | 41,0 |
| Grèce | 18000 | 670000 | 37,4 |
| Hongrie | 32000 | 590000 | 18,4 |
| Italie | 136000 | 7120000 | 52,4 |
| Portugal | 36000 | 1630000 | 44,7 |
| Roumanie | 27000 | 550000 | 20,1 |
| Espagne | 67000 | 3860000 | 57,7 |
| Yougoslavie | 6000 | 210000 | 35,6 |
| <i>Asie</i> | | | |
| Turquie | 45000 | 1530000 | 34,0 |
| Syrie | 1000 | 20000 | 21,5 |
| <i>Afrique</i> | | | |
| Egypte | 306000 | 15350000 | 50,2 |
| Maroc | 5000 | 210000 | 42,0 |
| Algérie | 2000 | 80000 | 42,6 |
| Total | 726000 | 33480000 | |

* Dans les pays tropicaux, la durée maximum du jour en été est de 12 à 13 heures, tandis que dans les pays méditerranéens elle atteint, au solstice d'été (21 Juin) 14 heures au Caire (30° N) et même 16 heures en Hongrie (48° N). Cette durée est complétée par une luminosité intense (à Vercelli, 25,6 cc au lucimètre Bellani).

L'Égypte – dont la production varie selon la disponibilité en eau – est la nation où la riziculture est la plus étendue. Viennent ensuite l'Italie, l'Espagne, le Portugal, la Turquie, etc.

Les courbes de production à l'unité de surface sont très intéressantes à étudier: les pays du bassin méditerranéen sont en effet, comparés aux pays tropicaux, ceux où l'on trouve les productions unitaires les plus élevées. Il est assez courant en Espagne, en Italie, en France, en Égypte, etc. d'atteindre des productions de 60-70 quintaux par hectare, dans quelques terrains plus fertiles même 80-90 quintaux par hectare.

Ces résultats sont obtenus, selon les techniciens, non seulement grâce à un milieu hydro-climato-pédologique favorable et artificiellement créé, mais tout particulièrement grâce à une culture intensive et des procédés rationnels, dont les plus importants sont:

1. *Les variétés cultivées.* Elles appartiennent, pour la plupart, à la proles japonica*. Ce sont des riz à grain court et rond, très sensibles aux engrais et de grand rendement. On cultive aussi des variétés à grain long et gros, aussi d'un bon rendement. A cause de leurs bonnes qualités agronomiques, industrielles et commerciales, les variétés italiennes communes et demi-fines (Americano, Balilla, Stirpe 136, Maratelli, Precoce Rossi, etc.) ainsi que les variétés fines à grain long et gros (Arborio, R. 82, Rinaldo Bersani, R. 77, Rizzotto, etc.) s'imposent dans les pays méditerranéens.

2. *La fumure rationnelle* appliquée par une grande partie des riziculteurs, constitue un facteur fondamental pour l'amélioration et l'augmentation de la production.

La fumure du riz en Italie

Avant-propos

Notre étude commence par l'Italie, car la fumure y est pratiquée d'une façon rationnelle. Elle a été étudiée par la Stazione Sperimentale di Riscicoltura de Vercelli dès sa fondation en 1908.

L'Italie, la plus importante nation productrice de riz d'Europe, pratique la culture du riz essentiellement dans la vallée du Pô**, surtout dans les provinces de Vercelli, Pavia, Novara, Milano, etc. La production du paddy s'élève à 7200000 quintaux environ, sur une superficie de 136000 hectares, avec une production par unité de surface de 52,6 q/ha. Ces données très

*Les variétés appartenant à la proles indica ne sont pas, selon quelques chercheurs, sensibles aux engrais et ne sont pas non plus d'un rendement unitaire élevé.

**Les provinces les plus grandes productrices sont: Vercelli (51969 ha), Pavia (32911 ha), Novara (18250 ha) puis Milan, Ferrara, Alessandria, etc.

significatives révèlent que la riziculture italienne, grâce à l'emploi des techniques les plus rationnelles et les plus modernes, est une des plus évoluées du monde entier.

Système de culture : Semis ou repiquage (22%), irrigation contrôlée, mécanisation assez développée.

Variétés cultivées : Americano 1600, Balilla, Balilla gr. gr., Maratelli, Precoce Rossi, Stirpe 136, etc. (variétés à grain court ou moyen); Arborio, R. Bersani, Razza 77, Rizzotto, etc. (variétés à grain long).

Fumure des rizières : La fumure – connue depuis longtemps par les agriculteurs – a naturellement pour but d'apporter au sol, de façon rationnelle et économique, les éléments chimiques dont le riz a besoin pour sa nutrition, afin d'augmenter la production tout en améliorant la qualité.

Exigences nutritives : Il faut connaître avant tout les exigences nutritives qui se déterminent par l'analyse de la plante : teneur en pour-cent des éléments et quantité globale utilisée par les récoltes.

*Éléments chimiques présents dans le paddy et enlevés
par une bonne récolte d'«Originario»*

| Elements | Paddy % | Paille % | 6500 kg paddy = teneur kg | 4900 kg paille = teneur kg | Teneur totale kg |
|-------------------------------|---------|----------|---------------------------------|----------------------------------|---------------------|
| Carbone | 34,90 | 30,10 | 2268,50 | 1474,50 | 3743,00 |
| N | 1,09 | 0,42 | 70,85 | 21,07 | 91,92 |
| P ₂ O ₅ | 0,59 | 0,27 | 38,71 | 13,47 | 52,19 |
| K ₂ O | 0,24 | 1,42 | 25,66 | 69,65 | 85,31 |
| CaO | 0,042 | 0,027 | 2,59 | 14,39 | 16,98 |

Le rapport entre paddy et paille (humidité 14 %) est environ 1 : 0,76.

En réalité, la composition chimique de la plante révèle que le carbone est l'élément dominant et fondamental, fourni non seulement par l'atmosphère, mais également par le sol où il est absorbé par les racines, comme l'ont prouvé de manière indiscutable des recherches* au moyen d'isotopes radioactifs (C¹⁴).

Les éléments les plus importants, après le carbone, sont l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium. Ses éléments – souvent déficitaires et qui doivent être apportés au sol – sont absorbés par le système racinaire en quantité variable, suivant les stades végétatifs.

* L. Borasio – L'assorbimento del carbonio nella pianta del riso (da «Riscicoltura», Vercelli, 1949).
L. Borasio et G. Cetini – L'assorbimento dei composti contenenti carbonio radioattivo attraverso l'apparato radicale di alcune graminacee (da «Annali», vol. I, Vercelli, 1953).

Absorption des éléments minéraux les plus importants par les organes aériens de plantes de riz « Originario »

| Stades végétatifs des plantes | N g | P ₂ O ₅ g | K ₂ O g | CaO g | MgO g |
|-------------------------------|-------|---------------------------------|--------------------|-------|-------|
| très jeunes | 0,76 | 0,30 | 0,70 | 0,11 | 0,07 |
| jeunes | 3,18 | 1,76 | 4,06 | 0,64 | 0,32 |
| au tallage | 13,44 | 6,72 | 23,90 | 3,45 | 1,92 |
| à la nouaison | 26,50 | 9,75 | 53,50 | 8,50 | 4,75 |
| à la floraison | 36,95 | 17,20 | 57,62 | 9,15 | 6,28 |
| à la maturité | 46,23 | 22,99 | 58,53 | 10,18 | 8,27 |

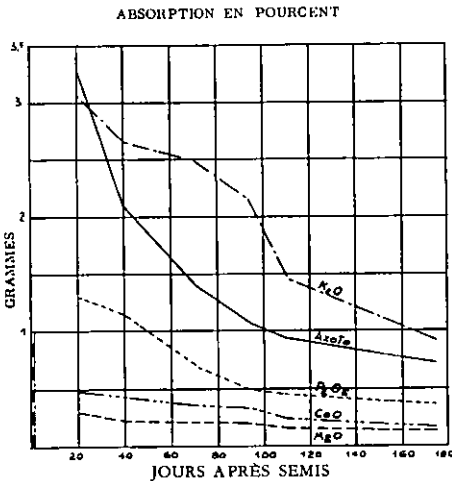


Fig. I Absorption en pour-cent des éléments minéraux par la variété « Originario » (partie aérienne)

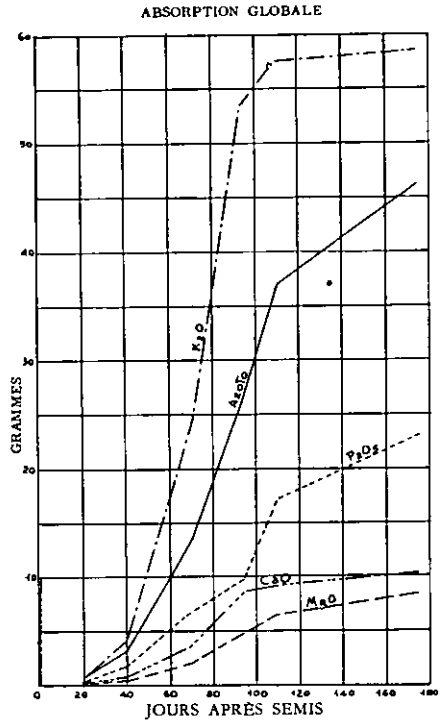


Fig. II Absorption globale de 1000 plantes de riz « Originario » (partie aérienne)

Les deux graphiques (Figure 1) indiquent l'absorption en pourcent et l'absorption globale des éléments minéraux par la variété «Originario» la plus couramment cultivée.

*Répartition de l'absorption pendant les principales phases végétatives
(pourcentage du total absorbé)*

| Stades végétatifs des plantes | N % | P ₂ O ₅ % | K ₂ O % | CaO % | MgO % |
|-------------------------------|--------|---------------------------------|--------------------|--------|--------|
| au tallage | 29,07 | 29,23 | 40,84 | 33,89 | 23,33 |
| à la nouaison | 57,32 | 42,41 | 91,41 | 85,30 | 57,44 |
| à la floraison | 79,98 | 74,82 | 98,45 | 89,88 | 75,94 |
| à la maturité | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 | 100,00 |

En effet, l'absorption (en pour-cent) des principaux éléments nutritifs est plus élevée au cours des premiers stades et décroît vers la floraison et la maturité, tandis que l'absorption globale augmente parallèlement à la croissance de la plante pour atteindre presque 100% à la maturité*

Ces phénomènes sont extrêmement importants à connaître afin d'assurer une nutrition et une fumure convenables particulièrement au milieu et à la fin du cycle végétatif, car les apports de substances nutritives doivent se faire de telle manière qu'elles soient présentes pendant tout le cycle végétatif, et surtout au cours des phases les plus délicates où leur défaut pourrait réduire et même compromettre la production.

Besoins du riz en eau, mécanisme d'absorption des éléments. Le riz a besoin d'une grande quantité d'eau (selon nos récentes recherches de 200-300 kg pour obtenir 1 kg de substance sèche). L'eau est aussi le moyen de solubilisation et le véhicule des éléments chimiques dont l'absorption a lieu soit sous la forme moléculaire soit sous la forme ionique, grâce aux racines qui développent une action sélective en rapport avec les nécessités de la plante.

Milieu pédologique et hydroclimatique: Les terrains rizicoles italiens appartiennent, pour la plupart, à l'ère quaternaire (diluviale et alluviale) et sont de constitutions physiques les plus variées (sablonneux, francs, limoneux, les sols argileux et tourbeux sont rares). Dans l'Italie méridionale et insulaire, on trouve parfois des sols salés (salins et alcalins).

* L. Borasio - Biochimica della pianta del riso - Assimilazione degli elementi nutritivi e localizzazione dei componenti (Vercelli 1944).

Les terres rizicoles de l'Italie du nord sont en général peu riches en substances organiques (15–20⁰/₀₀), en azote (1,5–2⁰/₀₀) et en éléments assimilables. Leur réaction (terrains submergés) oscille entre pH 6,6–7,1; le rH (pouvoir d'oxyréduction) entre 15–19 (système indifférent).

Ce sont des terrains plutôt aérés, avec des apports remarquables d'oxygène par l'eau, lorsque l'irrigation est temporaire. Ils sont sujets à un assolement agricole, l'humification et la minéralisation s'y effectuant normalement et rapidement (particulièrement dans les terrains francs et sablonneux).

Les eaux d'irrigation – dont la consommation varie entre 1,0 litre/ha/seconde en sol compact et 2–3 l dans les terrains francs et 4–5 l en sol perméable – sont généralement de nature douce (pauvre en sels); elles exercent une action très forte non seulement de délavage ou d'enrichissement en éléments nutritifs quand elles recouvrent le sol, mais aussi de neutralisation de l'acidité ou de l'alcalinité, sans oublier l'élimination de substances nuisibles et, par conséquent, la bonification des terres.

Forme et fonctions physiologiques des principaux éléments déficitaires

Après le carbone, l'azote est, par ordre d'importance, le deuxième élément qui conduit à la formation des composés azotés, protéiques et non protéiques. L'azote est absorbé, outre sous forme moléculaire organique, de préférence sous la forme d'ion ammoniacal NH_4^+ tandis que l'ion NO_3^- – presque toujours absent – n'est pas retenu par le terrain et se perd facilement dans l'eau. L'ion NO_2^- – qui ne se rencontre jamais dans nos terrains – est nuisible à la plante.

Le *phosphore* favorise la production du grain; il est concentré dans le caryopse sous forme de composés phospho-organiques très importants pour l'alimentation humaine.

Le *potassium* – présent en faible quantité dans les sols de la vallée du Pô – est un élément indispensable à la formation de la plante. Il se trouve surtout dans la paille. A part ses fonctions énergétiques (stimulation de la production de chlorophylle, formation et métabolisme des hydrates de carbone), le potassium renforce la résistance mécanique en augmentant l'épaisseur des tiges (*Yakichi Noguchi*, 1957). De plus, il est très important pour l'équilibre nutritif, ainsi que pour la résistance aux maladies et pour l'augmentation de la production.

Le *calcium* – qui existe surtout dans le caryopse sous forme organique de sel phosphate (phytine) – outre des fonctions physiologiques importantes, a une grande influence sur la réaction du sol et sur la minéralisation des substances organiques.

Les autres éléments – parmi lesquels les micro-éléments, dont nous ignorons encore les fonctions – sont également importants pour la nutrition et le développement de la plante; ils sont déjà présents dans les sols et sont souvent apportés par les engrais.

Assolement et engrais: L'assolement – facteur fondamental de la fertilité qui permet d'une part l'amélioration des propriétés physiques et d'autre part l'enrichissement du sol en matières organiques et en azote – est fréquemment adopté en Italie où l'on fait alterner, en règle générale, trois cultures successives de riz avec du blé et de la prairie artificielle (4^e année) et la prairie seule (5^e année). En outre, il faut signaler l'intercalation – où elle est possible entre deux cultures de riz – d'une culture dérobée de légumineuse (souvent du trèfle incarnat) enfouie avant la culture suivante de riz.

En effet, la fumure organique est fondamentale pour la fumure du riz et joue un rôle très important, particulièrement dans les zones où le riz est cultivé de façon permanente.

Les engrais organiques les plus importants – outre les engrais verts – sont: le fumier*, les engrais à base de cornes et d'onglons, les tourteaux, les résidus organiques, etc. Ce sont des engrais très efficaces et appréciés des riziculteurs.

Parmi les engrais azotés, mentionnons le sulfate d'ammonium et la cyanamide de chaux considérée comme l'une des meilleures formes d'azote pour les rizières. Actuellement l'urée s'impose de plus en plus et donne des résultats bien visibles.

Les engrais phosphoriques employés sont: les superphosphates, les scories Thomas et – rarement – les phosphates naturels moulus. Ces derniers trouvent une application utile dans l'amélioration et l'enrichissement des fumiers naturels ainsi que dans la préparation des fumiers artificiels où ils activent la décomposition biologique des matières organiques**, favorisent la solubilisation et l'assimilation des composants insolubles et la formation de complexes humiques-minéraux très efficaces pour la fertilisation.

Comme engrais potassiques on emploie généralement le chlorure de potasse.

Les engrais calciques sont rarement distribués dans les rizières de l'Italie du nord, car cet élément est fourni avec d'autres engrais. Les amendements calciques (CaO ou CaCO₃) doivent être apportés avec modération aux sols acides riches en matières organiques, tandis que dans les terres très salées

*Le fumier doit être bien décomposé; trop pailleux – en consommant de l'azote lors de sa décomposition bactérienne – il concurrence la culture.

**Cette action est très utile pour la paille de riz qui, vu sa teneur élevée en silice, se transforme difficilement.

(salines et alcalines par le sodium) on distribue des quantités importantes de gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) pour aider à neutraliser l'alcalinité et à éliminer les produits nocifs.

Efficacité des engrais. Synergisme : A cause des différents besoins de la plante, la fumure du riz varie aussi en rapport à la richesse du sol et des eaux d'irrigation. En ce qui concerne l'efficacité des engrais, il faut mentionner que, selon les conditions hydro-climato-pédologiques, les éléments exercent une interaction très sensible sur leur absorption. Cette interaction, appelée « synergisme », est réciproque et complémentaire, ce qui rend plus efficace et rentable une formule de fertilisation complète comprenant un équilibre nutritif.

Le carbone joue un rôle de premier ordre; l'azote, le phosphore, le potassium, le calcium, etc. viennent ensuite.

D'après les travaux de *Matsucki*, la potasse accélère l'absorption de l'azote et, en dose moyenne, celle du phosphore; par contre, appliquée en doses fortes, la potasse entrave l'absorption.

Technique de la fumure : Selon les expériences et la pratique agricole que nous avons relatées, la fertilisation du riz doit être considérée comme une fumure carbonique-organique, complétée judicieusement par des engrais minéraux, azotés, phosphatiques, potassiques et, parfois, calciques.

Quant aux formules de fertilisation, on applique en Italie, pour obtenir une bonne production (50–60 q/ha) outre le fumier (100–200 q/ha) et l'engrais vert (100–200 q/ha) généralement les engrais minéraux suivants :

| | |
|------------------------|--------------------------|
| N | 40 à 60 kg par hectare |
| P_2O_5 | 100 à 160 kg par hectare |
| K_2O | 100 à 120 kg par hectare |

L'emploi de la potasse est limitée aux rizières du nord, les sols de l'Italie centrale et méridionale étant, paraît-il, assez riches en K_2O .

Les amendements calciques (CaO ou CaCO_3 et $\text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$) se font selon les besoins et la nature des terres.

La fumure fractionnée donne de bons résultats, mais présente malheureusement des difficultés économiques pour l'épandage.

En conclusion, les recherches et la pratique s'efforcent d'améliorer et de renforcer la production d'engrais organiques naturels et artificiels donnant les bases optimales pour la fertilité de la terre.

La fumure du riz dans les pays méditerranéens

Après avoir parlé de la fumure du riz en Italie, nous allons brièvement traiter la situation de la fumure dans les pays qui entourent la Méditerranée,

en indiquant les conditions agro-géo-pédologiques et les formules de fumure employées par les cultivateurs.

L'Égypte sera évoquée en premier, puisque c'est le pays le plus important au point de vue de l'histoire et de la riziculture.

Égypte

Importance de la culture du riz

| | |
|---------------------------------|--------------|
| production 1959/60 | 15 350 000 q |
| surface | 306 000 ha |
| production par unité de surface | 50,2 q/ha |

La culture du riz – dont les superficies et les productions varient selon la disponibilité en eau – a une action bienfaisante sur l'assainissement et la mise en valeur des terrains stériles salins-alcalines.

Système de culture : semis et repiquage (80%) irrigation contrôlée

Variétés : *Nabda* (proles japonica) 80–90% de la production,
Agami dans les terrains salés.

Zones rizicoles : La culture du riz est pratiquée sur les bords et dans le delta du Nil et elle s'étend surtout dans les provinces de la Basse-Égypte. On en trouve plus de 95% dans les quatre provinces du delta: Gharbieh, Béhéra, Dakalieh et Charkieh.

Nature du sol : Essentiellement compacts, ils sont caractérisés par de fortes teneurs en argile (jusqu'à 60%) et en calcaire. Ils sont souvent salés et possèdent de fortes teneurs en sels de sodium, potassium, calcium, etc. Ils sont moyennement pourvus en humus et en azote et assez riches en potasse et en anhydride phosphorique total, mais souvent pauvres en anhydride phosphorique assimilable. Le pH varie entre 6,5 et 7,2 dans les terrains normaux; dans les terrains salins-alcalins dont la teneur en chlorure de sodium et en carbonate de sodium peut être supérieure à 1% resp. 0,1%, le pH atteint même 8,5 à 9,2.

L'assolement est surtout constitué par des cultures de céréales et de trèfle alexandrin.

La fumure organique est insuffisante, le fumier étant réservé au coton. Une quantité considérable de matière organique et d'azote est fournie par l'assolement.

La fumure minérale comprend:

N: 35–70 kg/ha de chlorure d'ammonium

P₂O₅: 45–90 kg/ha de superphosphate dans les terrains pauvres en P₂O₅ assimilable.

Vu la richesse du sol en K_2O , on n'applique pas de fumure potassique. Les essais avec cet élément n'ont pas donné de résultats significatifs.

Dans les terrains précédemment cultivés en trèfle alexandrin et dans les sols fertiles, la fumure azotée se limite à 35 kg/ha. Le Ministère de l'agriculture conseille de fournir les engrais en trois applications: $\frac{1}{4}$ de l'engrais azoté avec le superphosphate avant les semailles et $\frac{3}{4}$ en deux fois: 30-40 jours avant les semailles et 20 jours après le désherbage.

Tunisie

Importance de la riziculture : La riziculture est très récente et se trouve encore dans la phase expérimentale; vu le manque d'eau, la superficie occupée par le riz ne peut dépasser 2000 ha.

Zone rizicole : dans le nord du pays, dans la vallée du fleuve Medjerdah qui fournit les eaux d'irrigation contenant une certaine quantité de sels.

Système de culture : semis.

Nature du sol : argilo-limoneux (50% d'argile), quelquefois perméable, suffisamment pourvu en humus, azote et acide phosphorique, riche en potasse.

Assolement : pas encore définitivement établi.

La fumure organique : se base sur le fumier (10-20 t/ha).

La fumure minérale : comprend: N 40-60 kg/ha
 P_2O_5 : 40-60 kg/ha

Les engrais potassiques n'ont pas donné de résultats significatifs. On utilise le sulfate d'ammonium et le superphosphate.

Algérie

Importance de la riziculture :

| | |
|------------|---------|
| production | 80000 q |
| surface | 2000 ha |
| rendement | 42 q/ha |

Zones rizicoles : actuellement:

a) Zone d'Oran: plaine du bas Chiliif 500-2000 ha (selon les années)

plaine de l'Habra environ 50-100 ha

b) Zone d'Alger: vallée du Mazafran et de ses affluents à l'ouest d'Alger: 500 ha.

Systèmes de culture : semis et repiquage.

Variétés : Balilla, R. B. (Italie), Magnolia (USA).

Nature du sol

a) *Zone d'Oran* : le riz est surtout cultivé dans les terres compactes riches en potasse, en sulfate de calcium et en chlorures (quelquefois la teneur en chlorure de sodium est supérieure à 10‰).

b) *Zone d'Alger* : terres alluviales ou marécageuses, argileuses, avec peu de calcaire.

Assolement : pas encore imposé.

La fumure organique n'est pas pratiquée.

Fumure minérale : formules les plus communes :

a) *Fumure de fond*

Bas Chiliff: sulfate d'ammonium 2,5 q/ha
superphosphate 5 q/ha

Pas de potassium, le sol étant bien pourvu en cet élément.

Mazafran: sulfate d'ammonium 2 q/ha
superphosphate 4-6 q/ha
chlorure de potassium 2-3 q/ha

b) *Fumure en couverture*

Oran: sulfate d'ammonium 4-5 q/ha
en deux fois : au commencement du tallage et à l'épiaison.

Dans les terres très salées, au lieu de sulfate d'ammonium, on emploie, la première fois, 1,5-2 q de nitrate de calcium.

Mazafran: sulfate d'ammonium en deux fois 2-4 q/ha

*Maroc**Importance de la riziculture*

production 290000 q
surface 7000 ha
rendement 42 q/ha

Zones rizicoles : plaine du Rharb (Maroc du nord) sur le littoral océanique.

Système de culture : semis (100%).

Variétés : italiennes (Balilla, RB, R 82, etc.); USA (Magnolia).

Nature du sol : terres alluviales de deux types :

a) Tirs - très argileuses et compactes (60% d'argile et 20% de limon),

b) Dess - argilo-limoneuses avec sous-sol caillouteux (20% d'argile, 40% de limon).

Il y a toujours du calcaire (10-20%) sous forme active, pH 7,5-8. Richesse remarquable en azote et en potasse. Généralement pauvre en acide phosphorique.

Assolement : généralement pas pratiqué. Le riz est cultivé pendant 3–4 ans, suivi du blé (2–3 ans). Parfois on cultive, en culture dérobée – entre riz et riz – du trèfle alexandrin.

La fumure organique est peu pratiquée, le fumier n'est pas employé.

La fumure minérale varie en fonction des sols :

| | | |
|---------|-------------------------------|---------------|
| a) Tirs | N | 80–120 kg/ha |
| | P ₂ O ₅ | 100–160 kg/ha |
| b) Dess | N | 90–120 kg/ha |
| | P ₂ O ₅ | 60–100 kg/ha |
| | K ₂ O | 60–100 kg/ha |

Espagne

Importance de la riziculture :

| | |
|------------|-----------|
| production | 3860000 q |
| surface | 67000 ha |
| rendement | 57,7 q/ha |

Zones rizicoles : presque partout, les plus développées étant les suivantes :

| | |
|-----------------------|----------|
| Province de Valencia | 25392 ha |
| Province de Tarragona | 17079 ha |
| Province de Sevilla | 15576 ha |
| 16 autres provinces | 6666 ha |

Système de culture : repiquage (100%).

Variétés : espagnoles (Insen × Tremesino, Benloc, Bomba, etc.)
italiennes (Balilla, Stirpe 136, etc.)

Nature du sol : Les sols provenant pour la plupart des alluvions des fleuves Jucar et Turia (Valencia), Ebro (Tarragona) et Guadalquivir (Sevilla) ont en général une haute teneur en argile, en calcaire et en humus ; ils sont bien pourvus en azote et en acide phosphorique et surtout en potasse. La richesse en sels est parfois (Sevilla) très élevée et le pH varie de 7 à 9.

Assolement : pratiqué dans les zones non submergées avec intercalation de trèfle alexandrin ou de fèverole et vesce, entre riz et riz, et enfouis avant le riz suivant.

La fumure organique est fournie, dans les rizières repiquées, par les plantes aquatiques (qui se développent pendant l'hiver dans les zones submergées de Valencia) et par les engrais verts (trèfle alexandrin, fèverole et vesce).

La fumure minérale est la suivante :

N : 140 kg/ha de sulfate d'ammonium

P_2O_5 : 70 kg/ha de superphosphate

K_2O : (aucun résultat important des essais).

Dans les sols calcaires, on donne aussi 120–180 kg/ha de sulfate ferreux. Le sulfate d'ammonium se donne à la pépinière par 100–160 kg/ha en deux fois: un mois après les semailles resp. une semaine avant le repiquage.

Portugal

Importance de la riziculture :

| | |
|------------|-------------|
| production | 1 630 000 q |
| surface | 36 000 ha |
| rendement | 44,7 q/ha |

Zones rizicoles : les vallées des fleuves et le long du littoral:

| | |
|---------------------|-----------|
| Vale do Vouga | 1 686 ha |
| Vale do Mondego | 6 930 ha |
| Vale do Liz | 219 ha |
| Sul do Vale do Liz | 185 ha |
| Vale do Tejo | 22 922 ha |
| Entre Tejo et Sado | 1 666 ha |
| Vale de Sado | 9 475 ha |
| Sul do Vale do Sado | 869 ha |
| Alente | 1 078 ha |
| Vale do Guadiana | 298 ha |
| Algarve | 787 ha |
| | 36 985 ha |

Systèmes de culture : semis et repiquage (60%)

Variétés : locales. Chinès, Punta Ruba, Muga, etc.
italiennes, Allorio, Precoce 6, R. B., etc.

Nature du sol très variable: terres sablonneuses, limoneuses, argileuses, souvent salées et quelquefois humifères. L'irrigation est très importante pour l'assainissement et la mise en culture des sols acides et salins.

Assolement impossible à cause de la salinité et l'alcalinité de plusieurs terrains et d'un drainage insuffisant. Dans la vallée du Sado, on cultive quelquefois, entre riz et riz, le trèfle (*trifolium resupinatum*) qui donne de très bons résultats pour l'alimentation du bétail et pour l'amélioration des terres.

La fumure organique, soit sous forme de fumier soit sous forme d'engrais vert, n'est presque pas pratiquée.

La fumure minérale, dans certaines zones, est la suivante:

N: 120 kg/ha (normalement 60 kg)
 P_2O_5 : 130 kg/ha (normalement 65 kg)
 K_2O : 70 kg/ha (très rarement).

Comme engrais on emploie le sulfate d'ammonium, la cyanamide, le superphosphate, les Scories Thomas et le chlorure de potassium, soit après la semaille, sauf la cyanamide et les Scories qui ne sont jamais distribuées en couverture.

Pour les sols acides, du calcaire moulu (10–30 q/ha), pour les sols très salins, quelquefois 10–30 q/ha de sulfate de calcium.

France

Importance de la riziculture :

| | |
|------------|-------------|
| production | 1 320 000 q |
| surface | 32 000 ha |
| rendement | 41 q/ha |

Zones rizicoles : Bouches-du-Rhône et Gard; petites zones dans le Vaucluse, l'Hérault, l'Ardèche, l'Aude, les Basses-Alpes et le Var.

Systèmes de culture : semis (40%) et repiquage (60%).

Variétés : en général italiennes: Balilla, Stirpe 136, R. B., etc.
 sélections françaises: Balilla 28, Stirpe 136–7, etc.) et nouvelles (Césariot)

Nature du sol : Le sol de la Camargue et du Gard provenant des alluvions quaternaires d'origine marine, varie du sablonneux à l'argileux, avec des teneurs très différentes en calcaire et en chlorure de sodium. Il est suffisamment pourvu en humus, azote et acide phosphorique total et bien pourvu en potasse. Le pH varie de 7,4 à 8,3 jusqu'à 8,7–9,1 dans quelques zones alcalines peu étendues. Les sols loins de la mer ont un pH inférieur à 7.

L'assolement n'est pas encore systématiquement adopté; parfois on alterne luzerne ou vesce entre riz et riz en Camargue, dans les terres saines.

La fumure organique, tant le fumier que l'engrais vert, est peu employée.

La fumure minérale est la suivante:

| | |
|------------|--------------|
| N: | 80–150 kg/ha |
| P_2O_5 : | 80–150 kg/ha |
| K_2O : | 50–120 kg/ha |

L'azote est donné sous forme de sulfate d'ammonium, cyanamide ou urée, l'acide phosphorique comme superphosphate, le potassium sous forme de sulfate dans les zones salines, et même sous forme de chlorure.

*Albanie**Importance de la riziculture :*

production 50 000 q
 surface 3 000 ha
 rendement 19,3 q/ha (1958/59)

Zones rizicoles : localisées principalement à Sarande, Elbasan, Durres, Kruje et Shkoder.

Variétés cultivées : Urosi (soviétique) et Vialone nero (italienne).

Système de culture : semis; irrigation par inondation moyennant les grands canaux percés au cours de ces dernières années.

Nature du sol : terres alluvionnaires moyennes aux tendances argileuses, non salées.

Assolement : la rizière suit le maïs pour 1-2 ans, plus rarement le blé.

Fumure : essentiellement organique ainsi que minérale, notamment azotée et phosphatée.

*Yugoslavie**Importance de la riziculture :*

production 210 000 q
 surface 6 000 ha
 rendement 35,6 q/ha

Zones rizicoles surtout:
 dans la Macédonie:

Province de Stip: Plaines de Koçani 3 200 ha
 Plaines de Strumica 400 ha

Province de Titov Veles 400 ha

en Serbie:

Province de Vranje 70 ha

Système de culture : semis.

Variétés : les variétés italiennes donnent de très bons résultats.

Nature du sol : alluvionnaire, sablonneux-argileux et argilo-sablonneux (argile 20-25%), pauvre en humus (6-10%) avec une teneur en azote moyenne (1,1-1,2‰), insuffisamment pourvu en acide phosphorique et en potassium, dépourvu de calcaire. Réaction faiblement acide.

Assolement presque ignoré.

La fumure organique est insignifiante.

La fumure minérale est limitée à :

avant le semis ou repiquage N: 50-100 kg/ha comme cyanamide

| | | |
|---------------|---|--|
| en couverture | } | N: 20- 60 kg/ha comme sulfate d'ammonium |
| | | P ₂ O ₅ : 80-120 kg/ha comme superphosphate (très peu employé) |
| | | K ₂ O: 80-120 kg/ha comme KCl 40% (très peu employé) |

Hongrie

Importance de la riziculture :

| | |
|------------|-----------|
| production | 590000 q |
| surface | 32000 ha |
| rendement | 18,4 q/ha |

Zones rizicoles : Province de Szabolos, aux limites de la zone rizicole (48° parallèle N), dans les vallées du Tibisco (57%) et du Koros (15%), entre le Koros et le Tibisco (21%) et dans la vallée du Danube.

Système de culture : semis.

Variétés : locales et quelques variétés précoces italiennes (Maratelli, Bellardone, etc.).

Nature du sol : La riziculture hongroise est pratiquée dans des sols peu fertiles (sablonneux, limoneux, argileux, etc.), surtout argileux à haute teneur en calcaire et à forte salinité et alcalinité (entre le Danube et le Tibisco). Les autres terres argileuses ont une réaction acide et une perméabilité insuffisante.

Assolement : On conseille un assolement de 6-7 ans: trois ans de riz, deux de trèfle blanc et un d'une plante sarclée.

Fumure organique : le fumier n'est pas employé.

La fumure minérale est la suivante:

| | |
|---------------------------------|-------------|
| N: | 40-60 kg/ha |
| P ₂ O ₅ : | 60-80 kg/ha |
| K ₂ O: | 40-80 kg/ha |

L'azote est donné sous forme de sulfate ou nitrate d'ammonium, en couverture, en une ou deux fois après la troisième ou quatrième feuille; le superphosphate est apporté en automne à l'engrais vert. Le sulfate de potasse a donné de bons résultats dans les terres sablonneuses.

Grèce

Importance de la riziculture :

| | |
|------------|----------|
| production | 670000 q |
|------------|----------|

surface 18000 ha
rendement 37,4 q/ha

Zones rizicoles : Le riz est cultivé particulièrement pour la mise en valeur des terres salines, afin de les rendre propres à d'autres cultures. La répartition est la suivante :

| Année 1959 | | |
|---------------------------|----------|----------------|
| Départements | Hectares | Rendement q/ha |
| <i>Péloponèse</i> | | |
| Messinia | 700 | 45,0 |
| Laconia | 1000 | 50,0 |
| Ilia | 550 | 43,1 |
| <i>Grèce continentale</i> | | |
| Etoloakarnania | 3365 | 34,8 |
| Phthiotis | 1100 | 38,2 |
| <i>Epire</i> | | |
| Arta | 315 | 30,1 |
| Prevesa | 515 | 26,8 |
| Jannina | 36 | 28,0 |
| Thesprotia | 460 | 25,3 |
| <i>Macédonine</i> | | |
| Salonicco | 3520 | 40,0 |
| Pieria | 22 | 23,6 |
| Imathia | 30 | 20,0 |
| Druma | 550 | 30,0 |
| Kavalla | 942 | 33,4 |
| Serre | 48780 | 33,5 |
| <i>Thrace</i> | | |
| Rodopi | 25 | 44,0 |
| Xanthi | 43 | 61,5 |

Système de culture : semis (100%).

Variétés italiennes : Americano 1600, Balilla, R. Bersani, etc.).

Nature du sol : Il y a deux catégories :

a) Terres alluviales argileuses et argilo-limoneuses, bien pourvues en carbonate de calcium et à réaction alcaline (régions de Messinia, Laconie, Arta, Prevesa, Thesprotia, Jannina, Ilia, Etolokarnania);

b) Terres alluviales salines et alcalines contenant du carbonate de calcium.

Les sols cultivés en riz ne sont pas riches en matière organique (20‰) et en azote (1,2‰), pauvres ou insuffisamment pourvus en acide phosphorique, assez riches en K_2O . Dans les sols salins, la teneur en sels est quelquefois supérieure à 3%.

Assolement : pour la plupart (80%), cultures successives de riz (3-5 ans) et de céréales; en quelques zones (20-30%) culture dérobée de trèfle alexandrin destinée au bétail.

Fumure organique : pas pratiquée.

Fumure minérale :

N: 80-120 kg/ha

P_2O_5 : 50- 80 kg/ha

Comme engrais on applique le sulphate d'ammonium et le superphosphate. Les engrais potassiques ne sont presque pas utilisés.

Bulgarie

Importance de la riziculture :

production 370000 q

surface 10400 ha

rendement (1961) 36,0 q/ha

Zones rizicoles : Vallée du Maritza, autour de Plovdiv et Pasargie (noyau principal); vallée de la Tundja, autour de Junboli et Sliven; vallée du Danube; quelques localités dans le sud.

Système de culture : semis, irrigation au moyen de canaux alimentés par les fleuves Maritza, Tundja, Topolnitza, etc.

Variétés : on cultive, en général, des variétés d'origine italienne (Bellardone, Pierrot, Allorio, Maratelli, etc.).

Nature du sol : terrains sédimentaires alluviaux de natures variées (sablonneux à argileux, moyennement pourvus en humus, azote, phosphore et suffisamment riche en potasse. Le pH varie de 6,5 à 7,5.

Assolement : les experts conseillent la pratique d'une rotation basée sur la culture du riz (3 ou 2 ans) suivie de cultures de céréales (blé, maïs) et prairie (2 ans).

Fumure organique : elle se présente lorsqu'on effectue la rotation (spécialement quand on enfouit la luzerne): on n'apporte pas d'engrais organiques aux terrains (fumier d'étable).

Fumure minérale : la plus pratiquée est la suivante:

avant semis: N 40-50 kg/ha (sulfate d'ammonium);

en couverture: N 35-50 kg/ha (sous forme de nitrate d'ammonium)

épanché en deux fois (60% après la levée du riz; 40% au début du tallage); avant semis: P_2O_5 80–120 kg/ha (superphosphate).

On n'emploie pas d'engrais potassiques qui ne donnent pratiquement pas de bons résultats.

Turquie

Importance de la culture du riz :

| | |
|------------|-------------|
| production | 1 530 000 q |
| surface | 45 000 ha |
| rendement | 34 q/ha |

Zones rizicoles : Le riz est cultivé dans de nombreuses régions du pays soit:

Provinces du littoral méditerranéen: Antalya, Icel, Seyhan, Hatay;

Provinces du littoral de la mer Noire: Kastamonu, Sinop, Samsun, Rize, Bolu;

Provinces à l'intérieur de l'Anatolie: Ankara, Marras, Malatya, Urfa, Mardin, Diyarbakir, Corum, Cankiri, Bursa;

Province européenne: Edirne.

Système de culture : semis.

Variétés : italiennes; Maratelli, R. B., Sesia, locales (anciennes).

Nature du sol : très hétérogène. En général le riz est cultivé dans des terres alluvionnaires, argileuses et argilo-limoneuses, souvent salines et alcalines (au bord de la mer). – La teneur en éléments nutritifs varie beaucoup d'un sol à l'autre. Les terres des provinces où la riziculture est la plus développée (Bursa, Icel, Samsun, Ceyhan) ont une teneur en azote entre 0,7 et 1,75‰, et elles sont suffisamment pourvues en P_2O_5 assimilable et en K_2O ; le pH peut varier entre 6,5 et 9. Dans quelques zones il y a beaucoup de chlorures et une alcalinité très forte.

Assolement : pas appliqué.

Fumure organique : pas appliquée en général.

Fumure minérale : limitée; lorsqu'elle est pratiquée, elle s'élève à:

N: 40–100 kg/ha de sulfate d'ammonium

P_2O_5 : 40–60 kg/ha de superphosphate.

Les engrais potassiques ne sont pas employés, les essais avec la potasse n'ayant pas donné de résultats significatifs.

Syrie*

Importance de la riziculture :

| | |
|------------|----------|
| production | 20 000 q |
|------------|----------|

* Renseignements officiels.

surface 1000 ha
rendement 21,5 q/ha (1959/60)

La surface occupée par la riziculture n'est pas constante mais variable et en voie de restriction. A cause du prix non rentable du riz et à cause de la carence en eaux d'irrigation, captées et amenées de bassins construits en Turquie, on s'adonne de préférence aux autres cultures (ex. coton).

Zones rizicoles : se trouvent particulièrement dans les districts suivants :

| Districts | Surface en ha | | |
|-----------|---------------|------|------|
| | 1958 | 1959 | 1960 |
| Damas | 115 | 100 | 30 |
| Hones | 250 | 100 | 130 |
| Hasseké | — | 400 | — |
| Deraa | 64 | 184 | 60 |
| Totaux ha | 429 | 784 | 220 |

Système de culture : semis; irrigation par des canaux ou au moyen de pompes.

Variétés : locales.

Nature du sol : calcaire et semi-aride dans le district de Hassaké; silicique (franc et argileux) dans celui de Hones dont la production comporte la meilleure qualité.

Assolement : quinquennale, constituée par une culture de riz suivie de cultures de blé, coton, blé et coton.

Fumure : presque inconnue; constituée parfois par de petits apports d'azote N 50 kg/ha. Aucun apport de superphosphate ni d'engrais potassique.

Conclusion

Après une étude générale sur la fumure du riz en Italie et dans les différents pays du bassin méditerranéen, on constate que les pays les plus avancés dans cette culture adoptent, outre des méthodes culturales modernes et des semences sélectionnées, l'application d'engrais en quantités remarquables selon les conditions et la nature des sols.

D'autre part, la fumure organique est fondamentale pour la productivité, car une fumure rationnelle du riz a comme base la fumure carbonique-organique, judicieusement complétée par des engrais minéraux azotés, phosphatiques et, parfois, potassiques et calciques.

Les engrais potassiques ne sont, en règle générale, pas employés dans les rizières des pays méditerranéens dont les sols sont relativement riches en potasse. Par contre, on en applique en Italie du nord (et aussi dans une

mesure plus limitée en France, au Maroc, en Hongrie, etc.), où les sols sont souvent très pauvres en potassium assimilable.

La fumure organique (assolement, fumier naturel et artificiel, amélioration des cultures de légumineuses, engrais organiques, etc.) est d'une importance primordiale pour augmenter, avec le pouvoir de rétention du sol, sa teneur en humus et en azote.

J'adresse mes meilleurs remerciements aux chercheurs et aux collègues des Instituts de recherches des pays rizicoles qui ont bien voulu m'accorder leur très compétente collaboration pour une meilleure connaissance des problèmes de fumure du riz dans le bassin méditerranéen.

RÉSUMÉ

La fumure du riz

Après avoir examiné les conditions géographiques et hydroclimatiques des zones rizicoles du bassin méditerranéen, l'auteur parle d'abord de la fumure du riz en Italie, première nation qui a pratiqué la fumure à la suite des recherches faites par la «Stazione di Riscicoltura» de Vercelli depuis 1908.

Il est nécessaire de connaître les composants chimiques de la plante de riz; outre l'azote, le phosphore, la potasse et les autres éléments on constate que le carbone joue un rôle capital dans la nutrition de cette plante. Cet élément est en partie puisé directement dans le sol.

Les terrains rizicoles italiens – qui appartiennent, pour la plupart, à l'ère quaternaire – sont d'une constitution physique très variée et présentent une composition peu riche en substances organiques et minérales assimilables. Ce sont des terres plutôt aérées, avec des quantités remarquables d'oxygène apporté par l'eau de l'irrigation temporaire, soumises à un assolement agricole et avec humification normale et, parfois, très rapide.

La mécanique de la nutrition est basée essentiellement sur l'action des ions, captés par les racines, qui développent une fonction sélective; cette absorption est plus forte en pourcentage dans les premières phases végétatives et est toujours en augmentation globale. Ce phénomène est très important au point de vue de la fumure afin de permettre d'assurer la nutrition au cours de toutes les périodes végétatives et pour ne pas compromettre la production.

Après le carbone, l'azote est par ordre d'importance, le deuxième élément qui est absorbé par le sol, tant sous forme moléculaire que sous la forme NH_4^+ qui est préférée, tandis que le NO_3^- n'est pas retenu par le terrain et le NO_2^- – jamais présent – serait nuisible à la plante.

Viennent ensuite, toujours par ordre d'importance, le phosphore et la potasse – qui ne sont présents qu'en faibles quantités dans les sols rizicoles de la vallée du Pô et qui jouent un rôle très important pour le métabolisme de la plante et pour l'équilibre nutritif.

Le calcium – important pour la plante – est apporté aux sols, en règle générale, avec les autres engrais; parfois on doit l'appliquer, en quantités considérables, aux sols acides ou salino-alcalins.

D'autres éléments, tels que le fer, le manganèse, le magnésium, le soufre, le zinc, l'aluminium, etc. – déjà présents dans les terrains – ne sont pas de grande utilité pour la fertilité du sol.

L'auteur examine ensuite les propriétés et les caractéristiques des différents engrais, et fait remarquer l'efficacité des engrais organiques naturels et synthétiques (cyanamide, urée, etc.) ainsi que les phénomènes agissant sur la fertilité du sol.

Après avoir étudié la fumure pratiquée en Italie et dans les autres pays du bassin méditerranéen, l'auteur constate que les rizicultures les plus progressistes adoptent – outre les pratiques modernes de culture et les semences sélectionnées – la fumure et qu'ils appliquent aux sols des quantités remarquables d'engrais, selon leurs compositions et leurs besoins.

L'autre part la fumure organique est fondamentale pour la productivité: en effet une fumure rationnelle du riz a comme base la fumure carbono-organique, complétée judicieusement par des engrais minéraux azotés, phosphatiques et parfois potassiques et calciques.

Les engrais potassiques, en règle générale, ne sont pas employés dans les rizières des pays méditerranéens à cause de la richesse en potasse des sols. Par contre ils sont utilisés en Italie du nord où cet élément n'est souvent présent qu'en quantités très faibles sous la forme assimilable.

Pour accroître la productivité, il faut naturellement utiliser surtout de la fumure organique (assolement, production de fumier naturel et artificiel, amélioration des cultures de légumineuses, engrais carboniques, etc.) afin d'augmenter, avec le pouvoir de rétention du sol, la teneur en humus et en azote des terrains.

SUMMARY

After investigating the geographic and hydroclimatic conditions of the rice-growing areas in the Mediterranean regions, the author deals with the fertilization of rice in Italy where it has been practised for the first time thanks to the research work done at the "Stazione di Risicoltura" in Vercelli since 1908.

It is essential to know the chemical composition of the rice plant; besides nitrogen, phosphorus, potassium and other elements, carbon has a leading role in plant nutrition. This element originates partially from the soil itself.

The Italian rice-soils are mainly of Quaternary origin. Their physical structure varies, and is poor in assimilable organic matter and minerals. These soils are well aerated, supplied with oxygen by seasonal irrigation and normally or even rapidly humification. They are submitted to a crop rotation system.

The mechanism of nutrition is mainly due to the presence of ions in the soil which are picked up by the roots according to their selective absorption capacity. During the first period of vegetation this absorption is relatively strong and increases continuously. This process is very important from the point of view of

fertilization to assure nutrient supply during the whole vegetative process and to increase the yield.

After carbon, nitrogen is the second important element to be absorbed by the soil in molecular form as well as, and more likely, in NH_4 -form, whereas the NO_3 -ion is not fixed by the soil. The none-existing NO_2 -form would be harmful to the plant.

In descending order, elements such as phosphorus and potassium are next to be mentioned. They play an essential role in plant metabolism and in the balance of nutrient elements. Only very small quantities of both phosphorus and potassium are available in the rice-soils of the Po-Valley.

Calcium, another important element for the plant, is applied to the soil with various fertilizers. Considerable amounts of it have often to be added to acid and to alkalic saline soils.

Other elements available in the soil such as iron, manganese, magnesium, sulphur, zinc, aluminium, etc., are of secondary importance to soil fertility.

Furthermore, the author investigates the characteristics of the various fertilizers and emphasizes the efficiency of the natural organic and synthetic (cyanamide, urea, etc.) fertilizers, as well as their influence on soil fertility.

After studying the fertilizer practice in Italy and other countries of the Mediterranean regions, the author points out that the most progressive rice-cultivators attach much importance to fertilization combined with the use of modern cultivation methods and selected seeds. Therefore, they apply large quantities of fertilizers according to the condition and requirements of the soil.

On the other hand, organic manuring is of fundamental importance to the yield; in fact, organic manuring is the basis of rational rice-fertilization, completed by mineral nitrogen, phosphorus and – occasionally – potassium and calcium fertilizers.

Generally, potassium fertilizers are not used in the rice-growing areas of the Mediterranean countries, their soils being well supplied with potassium. On the other hand, potassium is used in Northern Italy where this element is very often only available in rather small quantities.

To increase yield, organic manuring methods are essential (crop rotation, production of natural or artificial dung, improvement of the leguminous crops, carbonic manure, etc.), in order to enlarge the content of humus and nitrogen by means of the retention capacity of the soil.

ZUSAMMENFASSUNG

Nachdem der Verfasser die geographischen und hydroklimatischen Verhältnisse der Reisanbaugebiete des Mittelmeerraumes geprüft hat, behandelt er vorerst die Reisdüngung in Italien, wo zum ersten Mal auf Grund der seit 1908 durchgeführten Untersuchungen an der «Stazione di Riscoltura» von Vercelli die Düngung praktisch angewendet wird.

Es ist unerlässlich, die chemische Zusammensetzung der Reispflanze zu kennen; Es wird festgestellt, daß *außer Stickstoff, Phosphor, Kalium und anderen Elementen*

der Kohlenstoff eine wesentliche Rolle in der Ernährung dieser Pflanze spielt. Dieses Element entstammt zum Teil direkt dem Boden.

Die italienischen Reisböden, die hauptsächlich im Quartär entstanden sind, besitzen eine sehr vielseitige physikalische Struktur und sind arm an organischer Substanz und pflanzenaufnehmbaren Mineralen. Es sind hauptsächlich durchlüftete, durch die zeitweise Bewässerung mit Sauerstoff gut versorgte Böden, die eine normale, manchmal sehr schnelle Humusbildung aufweisen und landwirtschaftlich bewirtschaftet werden.

Der Nährstoffmechanismus ist im wesentlichen eine Wirkung der Ionen, die durch die Wurzeln mit Hilfe eines selektiven Aufnahmevermögens absorbiert werden. Diese Absorption ist während der ersten Wachstumsperiode relativ stark und nimmt weiterhin zu. Diese Erscheinung ist sehr wichtig hinsichtlich der Düngung, um die Nährstoffversorgung während sämtlicher Vegetationsperioden sicherzustellen und die Produktion nicht zu beeinträchtigen.

Nach dem Kohlenstoff ist der Stickstoff das zweitwichtigste Element, welches vom Boden sowohl in molekularer Form, als auch in der bevorzugten NH_4 -Form absorbiert wird, während das NO_3 -Ion nicht vom Boden festgehalten wird: die niemals vorhandene NO_2 -Form würde schädlich für die Pflanze sein.

In der Reihenfolge ihrer Bedeutung folgen Phosphor und Kalium, die in den Reisböden der Po-Ebene nur in geringen Mengen vorhanden sind, und die eine bedeutende Rolle im Metabolismus der Pflanze und für das Nährstoffgleichgewicht spielen.

Das für die Pflanze wichtige Kalzium wird dem Boden mit den andern Düngemitteln zugefügt. Oft muß man es in beträchtlichen Mengen auf sauren Böden und alkalischen Salzböden verwenden.

Die im Boden vorhandenen andern Elemente wie Eisen, Mangan, Magnesium, Schwefel, Zink, Aluminium usw. sind für die Fruchtbarkeit des Bodens von zweitrangiger Bedeutung.

Der Verfasser untersucht anschließend die Eigenschaften und Charakteristiken der verschiedenen Düngemittel und hebt die Wirksamkeit der natürlichen organischen und synthetischen (Zyanamide, Harnstoffe usw.) Düngemittel hervor sowie deren Beeinflussung der Bodenfruchtbarkeit.

Nach dem Studium der in Italien und in den andern Ländern des Mittelmeerraumes angewendeten Düngungsmaßnahmen stellt der Verfasser fest, daß die fortschrittlichsten Reisanbauer neben den modernen Anbaumethoden und der Verwendung von selektioniertem Saatgut die Düngung in den Vordergrund stellen, und daß sie entsprechend Beschaffenheit und Bedarf der Böden erhebliche Düngermengen verwenden.

Andererseits ist die organische Düngung für die Produktivität von grundlegender Bedeutung: Dies bedeutet, daß Grundlage einer rationellen Reisdüngung die organische Düngung ist, die entsprechend durch mineralische Stickstoff-, Phosphor- und manchmal Kalium- und Kalzium-Dünger zu vervollständigen ist.

Im allgemeinen werden in den Reisanbaugebieten der Mittelmeerländer auf Grund des Kalireichtums der Böden Kalidüngemittel nicht verwendet. Dagegen

verwendet man sie in Norditalien, wo dieses Element oft nur in sehr kleinen Mengen in aufnehmbarer Form vorhanden ist.

Um die Produktivität zu steigern, muß man natürlich vor allem die organische Düngung anwenden (Bodenbearbeitung, Erzeugung betriebseigener natürlicher und künstlicher Dünger, Verbesserung der leguminösen Kulturen), um mit Hilfe des Nährstoffhaltevermögens des Bodens den Humus und Stickstoffgehalt zu erhöhen.

RESUMEN

El abonado del arroz

Después de tener un conocimiento general sobre el abonado del arroz en Italia y en diversos países del Mediterráneo hay que comprobar que, en cuanto al cultivo de este cereal los países que disfrutaban de mayor progreso son los que emplean considerables cantidades de abonos, según la constitución del suelo, además de modernos métodos de cultivo.

El abonado orgánico es básico para la productividad del arroz, pues un abonado racional se basa en el empleo de abonos orgánicos de contenido carbónico, el cual debe completamentarse mediante abonos minerales (nitrógeno, ácido fosfórico, potasio y calcio).

Los abonos potásicos, por regla general, apenas si se emplean en los campos dedicados al cultivo del arroz en los países mediterráneos, pues sus suelos son relativamente ricos en K.

Este elemento nutritivo se emplea, en cambio, en los arrozales del Norte de Italia, donde los contenidos en potasio asimilable son, con frecuencia, muy débiles.

A fin de incrementar la producción de arroz hay que emplear, ante todo, abonos orgánicos (fertilizantes alternos, estiércol, mantillo, mejora del cultivo de leguminosas, abonos carbónicos, etc.) para incrementar así la capacidad de fijación, el humus y el contenido de nitrógeno de los suelos.

La fumure de l'olivier

E. BUCHMANN, Enfida, Tunisie

L'olivier apparaît comme l'expression végétale la plus typique de la zone méditerranéenne puisque les limites géographiques de son expansion sont symboliques de celles du climat méditerranéen; par ailleurs, 98% de la production oléicole est issue de pays méditerranéens.

L'importance mondiale de cette production vue sous l'angle des oléagineux alimentaires, apparaît au moyen des chiffres suivants:

| | |
|---|-------------------------|
| Production mondiale totale des matières grasses | 32,5 millions de tonnes |
| Production mondiale totale d'huile fluide alimentaire | 13,4 millions de tonnes |
| Production mondiale moyenne en huile d'olive | 1,1 millions de tonnes |

Elle est donc représentative de:

3,5% de la production mondiale, ou de
8,5% des huiles fluides (18)

Toutefois, pour les deux dernières campagnes, les productions seraient:

| | |
|----------------------------|------------------|
| réelles estimées 1960/1961 | 1 333 000 tonnes |
| prévisibles 1961/1962 | 1 256 000 tonnes |

Du Tableau 1 (27) ressort une répartition par pays de la production d'huile d'olive et du nombre des oliviers. La production des olives de table n'est pas comprise dans ces chiffres.

Nous pouvons estimer la valeur de cette production agricole à environ 500 millions de dollars.

L'exploitation agricole nécessite chaque année, en moyenne, 550 millions de journées de travail soit environ la contre-valeur du gagne-pain exclusif ou du potentiel d'activités annuel moyen d'environ 2 millions de travailleurs ruraux méditerranéens.

En fait, ce qui caractérise essentiellement l'oléiculture méditerranéenne, c'est qu'elle représente, dans une majorité des cas, la forme ultime d'utili-

Tableau 1

| Pays | Production moyenne totale en tonnes d'huile | Nombre d'arbres estimés ou inventoriés |
|--------------------|---|--|
| Algérie | 26 000 | 11 300 000 |
| Espagne | 350 000 | 182 100 000 |
| France | 800 | 11 100 000 |
| Grèce | 153 000 | 77 300 000 |
| Israël | 9 000 | 1 300 000 |
| Italie | 255 000 | 168 400 000 |
| Jordanie | 2 200 | 5 800 000 |
| Libie | 4 000 | 4 000 000 |
| Liban | 7 800 | 4 400 000 |
| Maroc | 22 000 | 14 000 000 |
| Portugal | 88 600 | 49 000 000 |
| Syrie | 13 000 | 11 500 000 |
| Tunisie | 75 000 | 27 600 000 |
| Turquie | 68 000 | 57 200 000 |
| Yougoslavie | 2 600 | 5 000 000 |
| Autres pays | | |
| Amérique | | |
| Asie | 20 000 | 20 000 000 |
| Océanie | | |
| Total | 1 100 000 | 630 000 000 |

sation des sols les moins fertiles et l'activité agricole ou arboricole la plus marginale qui soit.

Les données économiques, notamment le coût des oléagineux fluides ou autres, conjointement avec la hausse des revenus individuels réalisables dans d'autres activités, cantonnent en définitive l'olivier de plus en plus là où il représente la seule ressource agricole encore possible au service de populations ayant une grande endurance et une aptitude au sacrifice individuel élevé.

L'olivier est mêlé à notre histoire méditerranéenne depuis des millénaires. Certains terrains peuvent prouver une occupation pratiquement continue par les oliviers depuis deux millénaires avec, bien entendu, les renouvellements appropriés. Nombre de plantations actuelles sont constituées d'arbres pluri-centenaires.

Or, ce qui caractérise avant tout cette culture, c'est qu'elle exporte quasi toutes ses productions sans restituer d'éléments nutritifs au sol.

Les olives, outre l'huile, donnent des grignons qui sont pratiquement tous consommés à titre de combustible sans que les cendres retournent au

sol des olivaias. Les eaux de végétation, riches en potasse, se perdent ou s'accumulent sans retourner dans les plantations. Les feuilles et le bois sont brûlés sans redistribution sur place, et si les moutons consomment parfois des feuilles, le fumier qui en résulte ne retourne que rarement sous les oliviers.

En d'autres termes, l'oléiculture est sûrement une des rares activités agricoles à exportation continue et totale sans grande faculté de restitution.

Si nous devons nous livrer, abstraction faite de l'azote, au cumul de ce qu'auraient pu, en 2000 ans, exporter de telles olivaias, nous n'aurions pas de peine à comprendre que les sols oléicoles ou ceux qui l'ont été soient souvent pauvres au-delà de leur médiocrité originelle.

Pour comble, dans la lutte que l'homme aura livrée pour réserver à cet arbre béni le maximum d'une eau qui lui fait souvent si cruellement défaut, il aura souvent conjugué toute son énergie et son savoir à une élimination systématique des herbes adventices, et il aura ainsi encore accentué tous les phénomènes d'une dégradation progressive des sols, aboutissant à la destruction des structures de surface avec, comme corollaires, les érosions et parfois les colmatages. Ces phénomènes s'accompagnent, en outre, du lessivage progressif des horizons supérieurs avec abaissement du taux d'humus à une valeur dérisoire et donc sûrement d'une réduction très forte de la vie organique sous toutes ses formes.

Les sols affectent donc de plus en plus le caractère d'organismes qui ne peuvent plus retrouver en eux-mêmes l'élan d'un renouveau du fait d'une productivité qui ne tend qu'à fléchir et qui autorisera de moins en moins la mise en œuvre des ressources financières permettant, par une remise en état technique, une amélioration progressive de la productivité.

Nous ne pouvons, en effet, jamais perdre de vue que l'oléiculture, en tant que production d'oléagineux, voit sa productivité décliner régulièrement, faute surtout d'un accroissement de sa capacité de production.

En d'autres termes, l'individu vivant exclusivement de l'oléiculture à production supposée constante, verra son niveau de vie fléchir faute de pouvoir modifier substantiellement sa propre productivité, étant donné les impératifs généraux de cette culture difficile – encore aujourd'hui du moins – à mécaniser et à rationaliser.

Confessons que l'olivier, s'il a été chanté par le poète et béni par l'esthète, semble avoir été négligé par les scientifiques auxquels sa silhouette familière et rassurante n'a pas inspiré beaucoup de préoccupations.

De toute évidence, la sévérité des études qu'il impliquait, la lenteur que suppose la progression de celles-ci, auront rebuté plus d'un chercheur ou laissé indifférents ceux que des tâches plus urgentes et plus prometteuses appelaient.

Le résultat se résume aujourd'hui à la constatation que la productivité de l'olivier fléchit et que le maintien, voire l'accroissement de la rentabilité que suppose la survie à longue échéance de cette culture, commande impérieusement de faire progresser les études sur tous les fronts.

Certes, l'amélioration des techniques de production permettant une réduction du coût de production à l'unité d'arbre ou de surface est possible, mais dans des limites souvent très étroites, à moins de bouleverser sérieusement certaines données de base, surtout lors de nouvelles plantations (6).

Par contre, l'accroissement de production sur une moyenne quinquennale doit être réalisable par la conjugaison de multiples facteurs, avant tout par :

une taille suivie de l'arbre,
une culture raisonnée des sols,
l'enrichissement en humus ou son maintien,
la fumure,
la lutte contre les maladies et les parasites.

Par souci de concision, nous négligerons l'examen de ces facteurs au maximum pour ne considérer que la fumure. Nous nous efforcerons cependant de réfléchir comment l'usage de la fumure pourrait être limité par l'intervention judicieuse des facteurs voulus.

I. Rappel historique des études sur la fumure de l'olivier

Columelle (16) recommandait que la plantation des jeunes arbres se fasse avec adjonction d'engrais dans les fosses de plantation et disait aussi que «fumer l'olivier, c'est le supplier de donner des fruits». Certes, il ajoutait aussi : «Tout soin favorise la fertilité, la fécondité aggrave la vieillesse», ce que nous compléterions aussitôt par l'idée qu'une nutrition judicieuse de l'arbre pourrait retarder le terme de cette évolution.

Pline l'Ancien (15) recommande de fumer tous les trois ans les arbres à la base.

L'Abbé Couture (16) dans son ouvrage célèbre de 1786, refait une synthèse de toutes les connaissances oléicoles depuis l'Antiquité jusqu'alors. Au chapitre 12, il met en exergue «L'olivier aime beaucoup les engrais» et termine, sept pages plus loin, avec la maxime : «Il y a de l'économie à ne point épargner les amendements.»

Sept pages sur 500, c'est peu, mais la volonté y est manifestée de tout mettre en œuvre pour utiliser, à titre de fumures, tout ce qui est susceptible de constituer un apport jusqu'à la terre elle-même. La volonté de pallier aux

insuffisances des fumures naturelles apparaît par la recommandation d'enfouir systématiquement tout produit d'origine organique dont la liste, par ailleurs, est longue.

L'évocation des soins dont l'olivier était l'objet, n'a pas de peine à être mise en relation avec la haute valeur que connaissait, proportionnellement, l'huile en ce temps puisque l'ouvrage débute ainsi: «L'olivier est l'arbre le plus précieux qu'on puisse cultiver en Provence.»

Aujourd'hui, le nombre total des arbres de cette région n'est plus qu'une fraction de celui d'alors, et la production totale est économiquement négligeable.

de Gasparin (1) a publié une expérience concluante sur l'usage de 100 kg de fumier de ferme par arbre durant sept ans ayant conduit à un surcroît de production de 3,3 kg d'huile par arbre sur cette période.

Müntz et Girard (1) ont étudié les exigences en principes fertilisants et chiffré les restitutions.

Braci (33) en Italie, en 1898, définit les besoins d'exportation.

d'Aygalliers (1), en 1900, s'efforce de réunir tous les éléments connus alors et définit une ligne de conduite pour la fumure et s'y attarde longuement.

Paparelli (1) en Italie, vers 1895, donne les chiffres d'exportation.

Bertainchaud (3) en Tunisie, vers 1909, définit le premier les diverses exportations par hectare. Il constate que les besoins sont faibles, vu l'importance du terrain prospecté par l'arbre, et conclut à la nécessité d'une restitution de matières d'origine organique, si possible.

Tournieroux (34) en Tunisie, en 1929, cite différents essais concluants de fumure et recommande diverses formules et doses d'application.

Rey (31), en Tunisie, implante des parcelles expérimentales et, huit ans plus tard, en 1936, publie des résultats, modestes certes, mais qui montrent un effet prépondérant de la potasse. Il montre l'intérêt de reprendre les études à l'aide du diagnostic foliaire.

Carrante (9), en 1946, publie les résultats d'expériences systématiques en Sicile.

Wells et Pisani (38), en 1949, dans le Sud Tunisien, relatant 10 ans de fumure en climat aride, doivent conclure à un effet dépressif des fumures dans des parcelles de 17 arbres par hectare.

Morettini (26), le grand promoteur de l'arboriculture méditerranéenne, dans son ouvrage sur l'olivier, rappelle en 1952 l'ensemble des expériences et conclusions italiennes et donne diverses recommandations de fumure. Il conclut que l'efficacité des fumures N, P, K ne font pas de doute.

Sommainsi (32), en 1955, publie un important travail sur la fumure azotée, appliquée au début et à la fin du printemps. Il confirme l'efficacité de cette formule, non seulement pour accroître la production, mais pour briser l'alternance. Il met surtout l'accent sur l'efficacité de fumures appliquées lors de la phase biologique voulue.

Louvrier (24), en Tunisie, rapporte en 1959 les derniers résultats positifs de l'usage de l'azote dans les zones Sud et conclut à la généralisation possible de cette formule.

Le Congrès international des techniciens oléicoles de Tanger (13), en 1958. Sur 114 communications, trois travaux, dont un seul important, concernent les fumures, ou plutôt l'étude de leurs besoins, et attestent la modicité des recherches en matière de fumures.

La FAO (27) résuma en 1960 les données récentes sur l'amélioration de l'oléiculture et préconisa les fumures résultant de diverses investigations.

Yankowitch (39), en Tunisie, doit être médité et remercié pour son importante contribution à la connaissance de l'évolution des sols en "dry-farming" et pour avoir relevé que l'on ne peut en aucun cas négliger l'humus et qu'il faut maintenir une fumure équilibrée (longtemps considérée inutile). Il est le point de départ de toute réflexion sensée en oléiculture aride.

Mais ce sont surtout les divers travaux fondamentaux de:

Bouat-Renaud-Dulac (4, 4¹, 5, 5¹, 5², 5³) et la somme considérable des éléments réunis en matière de diagnostic foliaire qui constituent, depuis 1950, les guides et bases de départ de toute réflexion sur la biologie de l'olivier et, partant, sur les études de fumures. Il est impossible de résumer ici les travaux, mais il suffit de dire qu'ils concluent à l'intérêt d'obtenir, au stade du repos hivernal, un niveau et un équilibre des teneurs foliaires d'au moins:

N - 2,10 %
 P - 0,154%
 K - 0,85 % sur sec

Ils donnent, compte tenu de ces valeurs, des recommandations de fumures qui ne peuvent manquer d'avoir une bonne influence et où l'azote joue un rôle important.

Un des remarquables résultats de leurs travaux récents portant sur plusieurs centaines d'analyses foliaires d'olivaies du bassin méditerranéen, est la révélation de fréquentes carences tant en azote, phosphore qu'en potasse et qui proviennent de l'absence générale de fumures de restitution (4²).

Les travaux poursuivis par ces chercheurs peuvent déjà apporter à beaucoup de cultivateurs méditerranéens des solutions à leurs problèmes.

Parallèlement aux études de ces pionniers, nous avons poursuivi, avec *M. Prévot* de l'IRHO de Paris, la confrontation des résultats de plusieurs blocs expérimentaux à trois niveaux de fumures N, P, K. Dans un travail antérieur, nous avons résumé les résultats analytiques et cherché à dégager des notions de fumures grâce aux valeurs obtenues dans de nombreuses parcelles expérimentales, mais surtout:

Expérience I 127 parcelles de 4 arbres ($3 \times 3 \times 3$), terre franche calcaire, fertile -

Expérience II 27 parcelles, terre siliceuse pauvre, assez fertile -

Expérience III terre silico-calcaire à horizons inférieurs salés, à fertilité moyenne -

Expérience IV portant sur 100 parcelles couvrant 300 ha, a surtout permis de situer l'état nutritionnel général et de définir, pour nos régions, un niveau critique des teneurs des feuilles provisoirement fixé, lors de l'épanouissement floral, à:

N = 1,75 % sur sec

P = 0,095% sur sec

K = 1,20 % sur sec

En résumé, ces études font apparaître une réaction significative, quoique lente, aux fumures. L'arbre semble posséder une grande capacité à mobiliser les réserves du sol.

Cependant, si l'intérêt de l'azote est certain, P est susceptible d'être significatif, mais K semble jouer, surtout statistiquement, un rôle majeur.

Les recommandations de fumures qui résultent des valeurs des divers auteurs, conservent une grosse marge d'approximation, du fait de l'extrême variabilité des densités, des capacités de production par arbre, des teneurs oléagineuses, des vocations huile ou fruits de table et, par conséquent, des valeurs intrinsèques des productions. Or, étant souvent marginale, la rentabilité de l'exploitation oléicole commande, en ce qui concerne les fumures, de tout subordonner aux impératifs financiers et de s'efforcer de serrer l'éventuel problème de plus près.

II. Suggestions pour une évaluation des besoins de fumures

En attendant des conclusions et des définitions ultérieures encore plus formelles, nous avons pensé faire progresser le concept de fumure de l'olivier en nous servant de l'expérience IV sur nos exploitations. Pour trouver un mode d'expression plus général des besoins nutritifs de l'arbre, nous nous sommes basés sur une idée de valeur absolue des besoins alimentaires con-

courant à la création de l'unité de production finale, soit 1 kilo d'huile total. Cette dernière valeur correspondrait arbitrairement à 880 g d'huile de pression, valeur optimum que les oléiculteurs savent obtenir de leurs olives avec les moyens industriels classiques, abstraction faite également de l'huile extraite des grignons par les solvants chimiques.

En effet, nous avons pensé qu'en première approximation les facteurs biologiques qui concourent à la production de 1 kg d'huile, exprimés en g de N, P, K, Ca et Mg, doivent être, pour un lieu donné, très voisins les uns des autres.

Certes, les oliviers subissent des conditions climatiques très variables, bien que leur aire d'expansion soit en fait une donnée schématique de définition de la zone du climat méditerranéen.

Les sols à oliviers ont souvent des genèses analogues, mais n'en restent pas moins très différents. Les modes de cultures s'apparentent souvent et sont plus généralement similaires dans leur médiocrité, mais surtout, le nombre de «cultivars» est infini, ce qui délimite très strictement leur zone de rentabilité.

En fait, l'homme a, au cours des millénaires d'observations sur cet arbre, indubitablement abouti à des sélections ou choix variétaux, tous dictés par un souci d'accroissement de la production. L'efficacité de cette sélection aura été d'autant plus grande que la reproduction de l'olivier a toujours été exclusivement végétative.

Nous pouvons penser que biologiquement, l'homme a cherché à obtenir des formes de rentabilité optimum dont les besoins en N, P, K, Ca et Mg, doivent en définitive, pour 1 kg d'huile, tendre vers une constante pour un ensoleillement déterminé, sous réserve que les autres facteurs soient satisfaits normalement: ressources en eau notamment et tous autres facteurs climatiques.

En effet, de la zone polaire à l'équateur, nous devons, pour un temps déterminé, un an par exemple, observer pour les divers oléagineux une courbe de productivité optimum d'huile/ha, courbe qui doit, en dernier ressort, être une parallèle rigoureuse de l'efficacité calorifique solaire par région, tous autres facteurs étant optimum.

Il doit y avoir aussi de fortes présomptions pour que les données de la synthèse de l'huile obéissent en définitive, du fait même de la fonction chlorophyllienne (qui doit en être le point de départ) à un besoin constant en N, P, K qui se trouverait en valeur absolue affecté d'un coefficient d'efficacité variable selon les lieux et critères particuliers mais également définissables.

Nous pourrions supputer qu'à défaut de nombreux oléagineux, une telle éventualité subsiste pour le moins pour l'olivier et chercher à donner une

expression des besoins optimum N, P, K, Ca et Mg pour un kilo d'huile dont la constante théorique se vérifiera sûrement pour un lieu déterminé.

Nous avons pensé utiliser la solution suivante pour le calcul des valeurs totales:

a) Définir par comptages et pesées les besoins moyens en nombre de feuilles et en kilo de bois par kilo d'huile sur des arbres gros producteurs ayant un potentiel optimum et affectant une production alternante maximum.

b) Recouper ces renseignements par un comptage et mesurage d'un arbre à végétation optimum et ayant un potentiel de production d'huile connu et dont la production serait préjugée.

c) Utiliser la courbe d'évolution du poids sec d'une feuille pendant 24 mois.

d) Etablir le poids sec des feuilles et du bois pour un kilo d'huile total produite.

e) Compte tenu des analyses mensuelles de teneurs pendant 24 mois des feuilles d'arbres gros producteurs, obtenir le poids variable présent chaque mois, pour l'obtention d'une unité d'huile.

f) Etablir un schéma théorique de l'évolution végétative des différentes parties intervenant dans la production:

feuilles
brindilles, bois
fleurs
olives

(Les racines sont négligées du fait de la restitution automatique lors de leur disparition éventuelle.)

g) Etablir par élément et par organe les courbes totales des besoins en N, P, K, Ca et Mg.

b) Etablir les courbes synthétiques totales par élément nutritif montrant les besoins totaux et leur évolution au cours de 24 mois.

i) Utiliser les données économiques moyennes existantes pour situer les impératifs auxquels doivent, avant tout, se plier les notions de fumures.

III. Examen de la dynamique globale de l'olivier

a) et b) *Eléments de base*

Nous nous sommes servis des valeurs figurant au Tableau 2 et résultant d'investigations approfondies pour poursuivre notre étude.

c) *Evolution du poids sec et du poids total d'une feuille*

La Figure 1 montre nettement la forte augmentation de la concentration au début du développement qui atteint un maximum en hiver pour ensuite

Figure 1

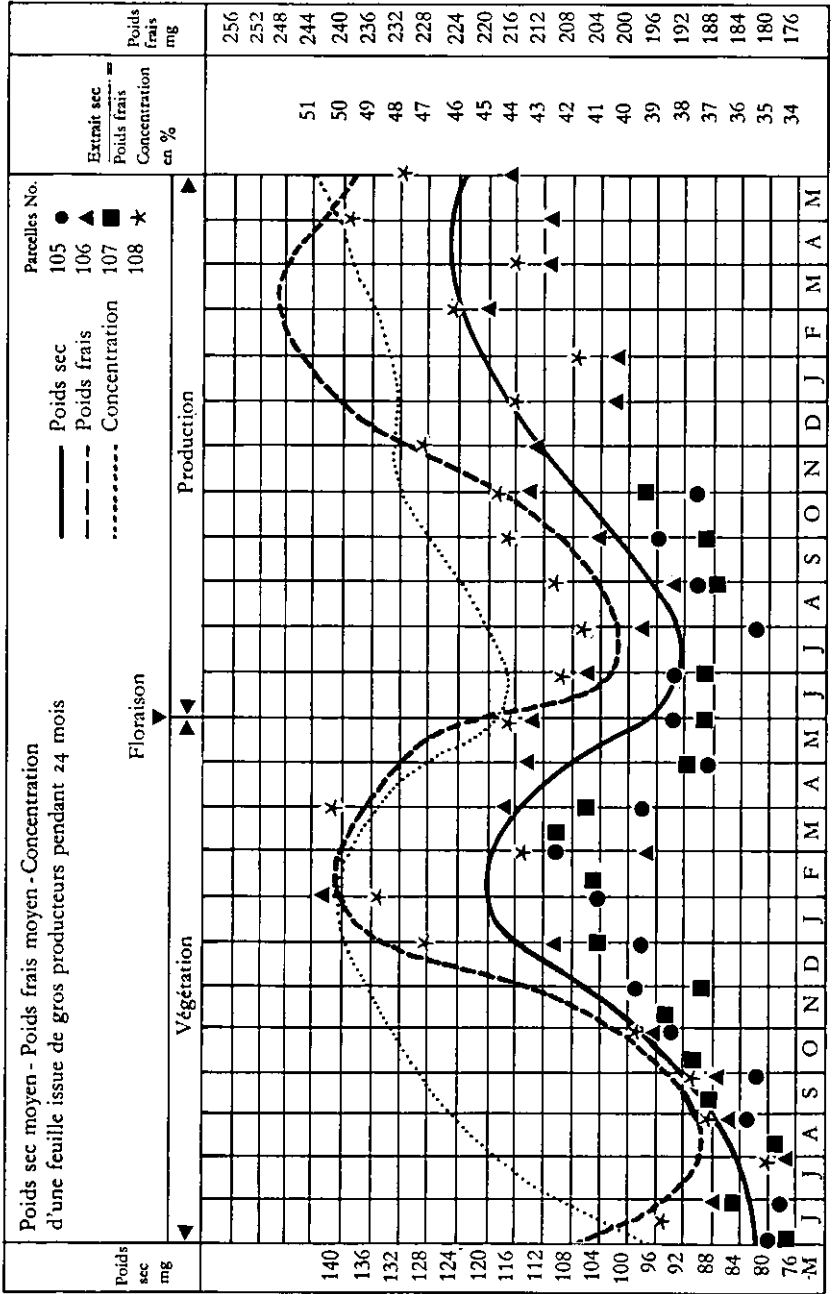


Figure 5 Calcium Evolution de la teneur en calcium au co

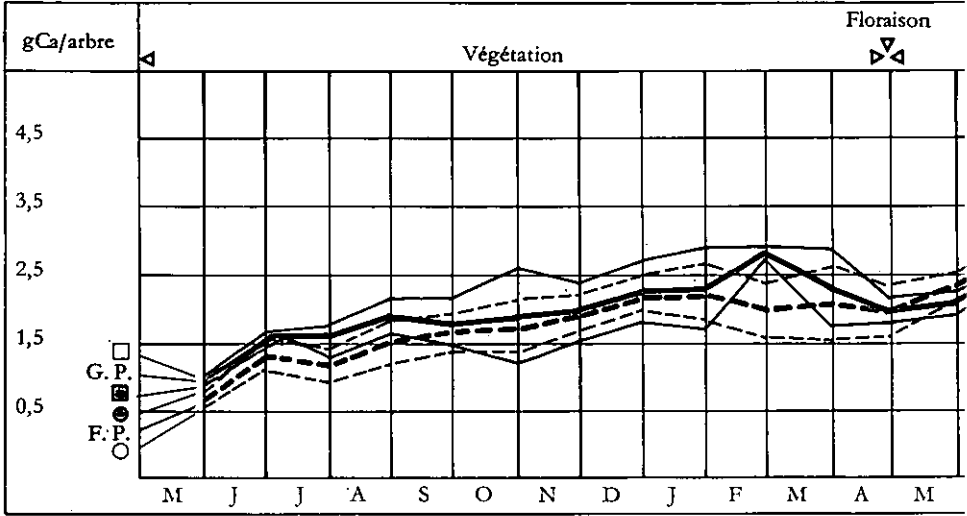
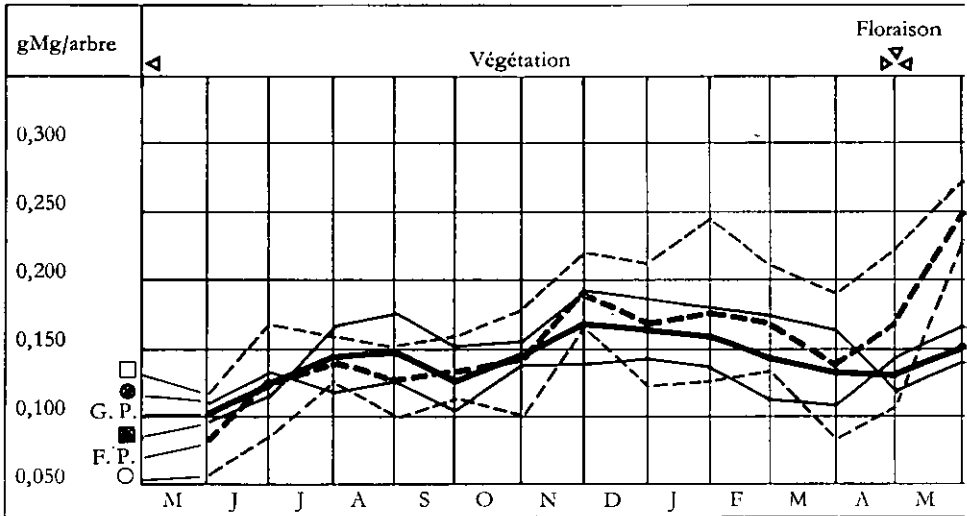
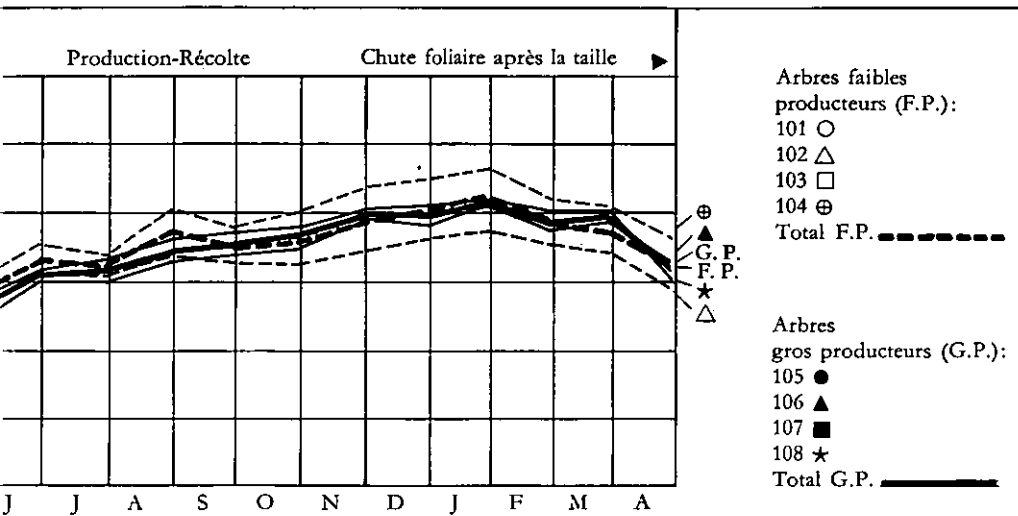


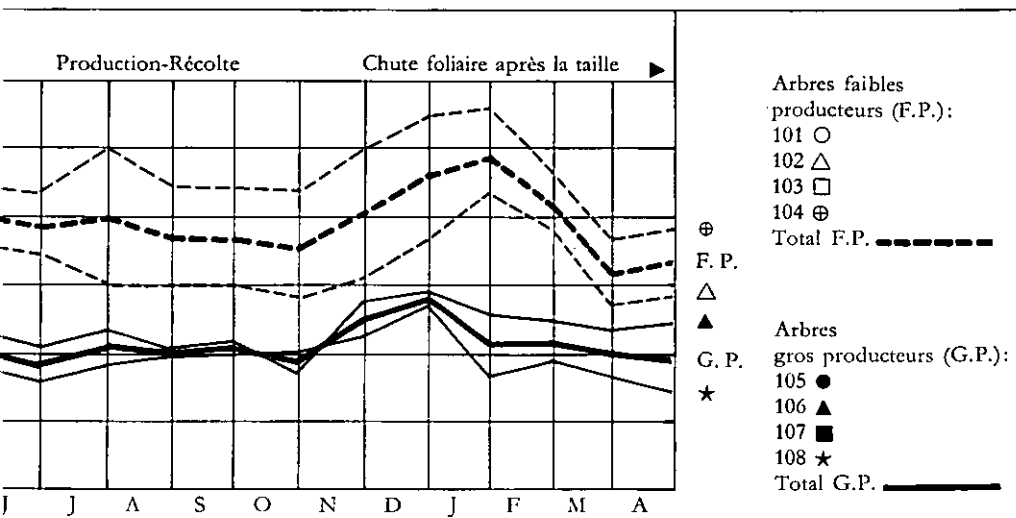
Figure 6 Magnésium Evolution de la teneur en magnésium a



rs de 24 mois pour des arbres gros producteurs et faibles producteurs



ours de 24 mois pour des arbres gros producteurs et faibles producteurs



faire face, par migration (puisque aucun accroissement de la feuille n'est observé), aux besoins alimentaires de la floraison. A l'issue de celle-ci, l'enrichissement général s'accroît progressivement, marque un palier en début d'hiver lors de la fin de la maturation des olives, et se poursuit à nouveau jusqu'à la chute.

Ce document met également en évidence le fait que la feuille constitue le siège d'une évolution qui, si elle n'est pas contrariée, doit certainement être le gage d'une efficacité maximum des éléments en équilibre. Cela suppose évidemment, entre autres, que l'évolution de la sève se passe aussi harmonieusement que possible.

d) et e) Variations des teneurs N, P, K, Ca et Mg des feuilles

Les figures 2, 3, 4, 5, 6 mettent en parallèle les teneurs moyennes N, P, K, Ca et Mg pour des arbres gros producteurs (GP) des 4 parcelles expérimentales : 105, 106, 107 et 108 de notre expérience IV, avec les mêmes valeurs des arbres faibles producteurs (FP), parcelles 101, 102, 103 et 104 de cette même expérience.

Il s'agit de terrains silicocalcaires analogues dans les deux cas. Les productions sont rapportées au Tableau 3 et illustrent bien l'importance des différences.

Nous pourrions confronter les évolutions de ces deux types d'arbres (GP et FP) et aboutir aux idées suivantes :

1. Azote (fig. 2)

Nettement mêlées pendant la phase de végétation, les valeurs individuelles des GP et FP ne se séparent définitivement qu'après la floraison. Les valeurs moyennes montrent constamment un écart plus favorable pour les GP. La chute des teneurs en décembre reste sans explication plausible. A la floraison, la concordance des valeurs est plus nette. A remarquer que dès début mai (floraison) la feuille récupère rapidement de l'azote, ce qui montre la volonté d'accumuler à nouveau des réserves nécessaires à la croissance des olives.

Le diagramme N surprend par la faiblesse des écarts moyens qui, en définitive, sont de l'ordre de 5 à 10% des teneurs totales. Certes, les FP restent des arbres d'une production honnête – en moyenne 101 kg – en comparaison des arbres qui produisent 295 kg durant le même temps.

2. Phosphore (fig. 3)

L'évolution de P suit assez remarquablement celle de N : superposition des valeurs individuelles GP et FP, séparation de la valeur moyenne avec des écarts moyens nettement plus forts, de l'ordre de 20%.

Tableau 2

| | |
|--|---------------------|
| <i>Pour 1 kg d'huile totale en deux ans</i> | |
| Localisation: Tunisie, ENFIDA, 100 km au sud de Tunis, 5 km rivage mer | |
| Variété: Chemlali à huile 39 arbres/ha | |
| Régime agricole: à l'irrigation | |
| Arbre de référence: parcelle 4, coordonnée 45 × 31 | |
| Capacité de production: Optimum prévu 380 kg d'olives tous les 2 ans, soit: | |
| Teneur en huile des olives | 18,4 % total |
| Teneur en huile extractible | 88 % soit 16,3 % |
| <i>Au kilo d'huile</i> | |
| Nombre total de feuilles | 10800 |
| Poids total matière sèche feuilles au départ de la végétation | 864 g |
| Superficie totale de ces feuilles | 4,92 m ² |
| Nombre total de brindilles fructifères | 754 |
| Longueur totale des brindilles fructifères | 91,900 m |
| Poids sec du bois nécessaire sur 20 années de développement et pour une période de 2 ans | 1,010 kg |
| Partie faisant retour au sol, feuilles seulement 17 % | 0,161 kg |
| Poids parties florales et pédoncules 3,7 % des olives | 0,199 kg |
| Poids total des olives | 5,400 kg |
| Poids de 1000 olives | 0,938 kg |
| <i>Sur l'arbre au total pour 70,3 kg d'huile totale</i> | |
| Nombre de feuilles total sur l'arbre | 761000 |
| Superficie totale des feuilles de l'arbre | 347 m ² |
| Nombre total de brindilles fructifères | 53148 |
| Longueur moyenne des brindilles | 12,19 cm |

Le fléchissement de la teneur en P lors de la floraison est moins accentué chez les FP. Au moment de la production, les teneurs en Phosphore des feuilles des arbres GP s'écartent plus nettement de celles des FP, tout en suivant un tracé en grande partie parallèle.

Les valeurs $\frac{N}{P}$ oscillent entre 16,5 et 19, sauf en décembre où l'on n'observe pas de dépression corrélative à N. En fin d'évolution, une convergence vers 0,080 semble s'établir.

Par contre, pour les rapports $\frac{N}{P}$, les écarts entre FP et GP sont très nets (fig. 7).

Les FP présentent durant toute la partie très active de l'évolution, et même pendant le repos hivernal, des valeurs de 19,5 et 22, alors qu'au début de la végétation et à la fin de l'existence des feuilles, ces valeurs rejoignent

celles des GP avec 17,3 de moyenne. Une certaine concordance entre les diminutions et les augmentations de ce rapport $\frac{N}{P}$ apparaît aussi chez les FP et GP. Tout semble indiquer une incapacité d'utiliser le Phosphore, ou des besoins plus faibles pour cet élément chez les FP.

3. *Potassium* (fig. 4)

Les divergences entre les deux groupes de producteurs sont très caractéristiques. Au moment de la végétation, les teneurs en K des feuilles des GP restent d'abord groupées; au stade de la production, ces valeurs prennent des voies très parallèles, surtout caractérisées par une forte élévation à l'issue de la floraison. Ces teneurs diminuent ensuite jusqu'à la maturité des olives et remontent finalement à la veille de la taille ou de leur chute.

Les teneurs en K des feuilles des FP présentent au premier stade de la végétation de très gros écarts entre les différents arbres, qui vont jusqu'au double. Par la suite, ces teneurs diminuent progressivement et régulièrement, tout en maintenant entre elles ces écarts relatifs. L'évolution très différente entre GP et FP que l'on observe au stade de la production (avril à février) et le volume total très nettement plus faible qui en résulte, pourraient facilement caractériser l'origine de la plus faible production des FP par rapport aux GP.

Nous constatons également une très nette différence entre l'évolution du K dans la feuille, telle que la révèlent nos travaux, et celle dévoilée par une publication antérieure (Bibl. *Bouat*) qui nous montre une lente et constante diminution de la teneur en K du début à la fin, soit précisément l'allure du graphique des FP.

Or, les GP ENFIDA sont des arbres capables de productions bien au-dessus de celles qui ont servi à établir la courbe de *Bouat*. Il est très tentant d'attribuer à cette forte élévation des teneurs en K de la feuille de la deuxième année la faculté de produire un grand nombre d'olives. En effet, les feuilles seraient ainsi capables de fournir à un fruit exigeant en cette matière les quantités de potassium qui lui sont nécessaires. Malgré cette très forte élévation de la teneur en K de la feuille, les teneurs totales dans tout l'ensemble foliaire (fig. 11) restent constantes ou diminuent légèrement. Pendant ce temps, N (fig. 9) et P (fig. 10) continuent de s'accumuler dans le système foliaire, ce qui lui permet de satisfaire aux besoins en N et P du fruit.

Nous pouvons aussi rappeler ici les valeurs précédemment citées par *Bouat* et *Enfida*, relatives à cet équilibre K (Tableau 4) et les comparer à nos valeurs GP et FP. Manifestement, l'équilibre des GP ou du niveau critique

ENFIDA donne à K une position nettement plus élevée que nous retrouverons constamment par la suite. Il est tout aussi troublant de constater que les équilibres FP tendent vers les valeurs *Bouat* avec, de plus, une faible teneur en P.

Tableau 3 *Productions moyennes des arbres de l'expérience IV pendant 4 années consécutives*

| Faibles producteurs – FP – moyennes kg/arbre | | | | Gros producteurs – GP – moyennes kg/arbre | | | |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|---|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|
| N° parcelles de 4 arbres | Périodes agricoles 1953/54 1954/55 | Périodes agricoles 1955/56 1956/57 | Moyennes 4 ans | N° parcelles de 4 arbres | Périodes agricoles 1953/54 1954/55 | Périodes agricoles 1955/56 1956/57 | Moyennes 4 ans |
| 101 | 31,5 | 129 | 80,3 | 105 | 269 | 296 | 282,5 |
| 102 | 80,5 | 73,5 | 77 | 106 | 296 | 256 | 276 |
| 103 | 38,5 | 112 | 75,8 | 107 | 235 | 434 | 334,5 |
| 104 | 91 | 87,5 | 89,3 | 108 | 263 | 312 | 287,5 |
| Moyennes | 60,2 | 101 | 80,6 | Moyennes | 265,8 | 324,5 | 295,1 |

Tableau 4 *Diverses valeurs NPK*

| Repos hivernal | Niveau critique Enfida | | GP Enfida | | FP Enfida | | Bouat | |
|---------------------|------------------------|---|-----------|------|-----------|------|-------|------|
| | Gr | % | Gr | % | Gr | % | Gr | % |
| N P K | | | 1,91 | 56,4 | 1,82 | 66,7 | 2,10 | 67,5 |
| | | | 0,110 | 3,1 | 0,076 | 2,8 | 0,152 | 4,9 |
| | | | 1,38 | 40,5 | 0,830 | 30,5 | 4,85 | 27,6 |
| | | | 3,40 | 100 | 2,726 | 100 | 7,11 | 100 |
| Floraison | | | 1,33 | 52,5 | 1,29 | 65 | 1,75 | 67,5 |
| | | | 0,100 | 3,3 | 0,074 | 2,9 | 0,10 | 3,9 |
| | | | 1,14 | 44,6 | 0,63 | 31,7 | 0,74 | 28,6 |
| | | | 3,05 | 100 | 2,544 | 100 | 2,59 | 100 |
| Proportions | | | 75 % | | 73 % | | 83 % | |
| Total floraison NPK | | | | | | | | |
| Total hiver NPK | | | | | | | | |

4. *Calcium* (fig. 5)

Les deux courbes moyennes GP et FP se chevauchent beaucoup. L'évolution de la teneur en Ca des feuilles se poursuit régulièrement en augmentant. Le niveau des GP semblerait plus stable encore que celui des FP, ce qui prouve que les perturbations sont minimales, car les besoins très faibles en Ca des olives n'interfèrent certainement pas sur l'alimentation Ca des feuilles.

La feuille présenterait à la veille de sa chute une teneur moyenne en Ca moindre mais le stock absolu en Ca n'en est pas moins plus élevé, du fait de l'accroissement de la concentration en éléments minéraux dans la feuille.

Selon nos connaissances, le Ca ne semblerait pas faire défaut dans l'expérience IV, alors que son absence est à incriminer dans certains sols sablonneux.

5. *Magnésium* (fig. 6)

Pendant la végétation, nous constatons une concordance quasi totale entre GP et FP. Par contre, dès la floraison, un enrichissement marqué en Mg s'amorce chez les FP par rapport aux GP. Les valeurs unitaires par parcelle s'écartent chez les GP résolument les unes des autres.

Les différences entre les teneurs totales des GP et des FP sont de l'ordre de 30%.

Connaissant l'évolution du K et celle du Mg chez les FP, il est très probable que le Mg intervienne comme élément de substitution partielle du K. Il est à noter que cette augmentation de la teneur en Mg n'a pas entraîné de réaction similaire pour le Ca. Mg représente certes en poids absolu une faible quantité d'élément, mais nous admettons qu'en face d'un régime alimentaire déficient, l'arbre cherche des éléments de remplacement que nous avons vu intervenir, de façon accentuée, ailleurs dans le règne végétal.

Il eut été intéressant d'étudier de la même manière l'évolution du Mg dans l'olive qui y apparaît proportionnellement à une concentration plus élevée. Il est aussi possible que le Mg participe, en cas de carence caractérisée de K, à un effort de substitution également dans l'olive.

En définitive, les FP comparativement aux GP, ne présentent une différence très nette que pour le K. Les FP pourraient, sauf pour cet élément et en partie pour le Mg, passer pour avoir des équilibres valables, vu les valeurs encore élevées de production. Néanmoins, nous devons pouvoir considérer que leur état de sous-production est la conséquence indéniable d'une carence alimentaire dont nous rendrions aisément K et en partie Mg responsables.

f) *Rythme de croissance des diverses parties de l'arbre*

Nous nous sommes efforcés, par nos recherches et par l'observation du rythme de développement de nos arbres depuis de longues années, de schématiser le tracé hypothétique de cette évolution pour les feuilles, le bois, les fleurs et pédoncules et enfin les olives, en pour-cent du total final connu.

Lorsque la biologie de l'arbre sera mieux connue, ces valeurs pourront être données pour chaque climat particulier mais nous avons tenu à nous servir d'ores et déjà de ces valeurs moyennes pour la suite de notre définition.

La figure 8 suscite les commentaires suivants:

Les paliers estivaux et hivernaux interviennent la première année *pour les feuilles et le bois*. Les bois ont été considérés comme croissant en deuxième année, comme l'observation nous l'a montré, mais dans une proportion plus faible car les poids respectifs sont en majorité influencés par le volume des brindilles qui est bien plus en corrélation avec l'évolution foliaire.

Dans l'appréciation finale des valeurs, le 17% sera soustrait pour les feuilles en janvier de la deuxième année, pour tenir compte des observations que nous avons faites sur le total moyen du retour au sol dans nos zones irriguées. Cette valeur est plutôt sévère pour des zones non irriguées.

Pour les *fleurs et pédoncules*, la forte diminution des valeurs passant de 84 à 50%, provient du retour au sol des corolles, pollen et, pédoncules inutilisés.

Pour les *olives*, nous avons tenu compte de comptages et pesées fréquentes qui rendent fidèlement compte de cette évolution. L'infléchissement de juillet et août serait certainement moins marqué dans les zones à température plus clémente.

g) *Evolution progressive des besoins en éléments nutritifs pour 1 kilo d'huile.*

Les figures 9, 10, 11, 12, 13 présentent les résultantes de l'évolution dans le temps de l'accroissement des besoins de différents organes de l'olivier.

Feuilles: Les besoins ont été exactement calculés en se basant sur le rythme de croissance des poids variables unitaires et des teneurs variables précédentes (fig. 1).

Bois: A défaut d'analyses à différentes époques, nous avons soigneusement décomposé les diverses années intervenant à l'occasion de la taille, en tenant compte d'une taille plus sévère qui, dans notre cas, a lieu tous les 8 ans.

La figure 16 donne les poids du bois et la figure 17 la répartition des teneurs en N, P, K, Ca et Mg, des bois de différents âges. Le diagramme «bois» apporte donc des renseignements insuffisants car au niveau des

brindilles notamment des migrations intenses doivent avoir lieu à certaines époques : floraison, maturation, etc. Des travaux ultérieurs nous renseigneront mieux à ce sujet.

1. *Evolutions respectives de N* (fig. 9)

Les besoins prioritaires de la feuille au cours de la première année sont très nets.

La seconde année, les besoins totaux chez les olives sont sensiblement identiques pendant 6 mois, à ceux des feuilles au cycle végétatif antérieur.

Lorsque les demandes des olives cessent, il semble que nous assistions à une nouvelle accumulation de N dans la feuille dont les réserves du 18^e au 20^e mois augmentent sensiblement.

Eu égard aux feuilles et aux fruits, le bois a des besoins totaux restreints qui sont de l'ordre de 14% des autres organes.

Naturellement, il est vraisemblable que des analyses ultérieures mettront mieux en évidence les translations des divers éléments, N et P, surtout, dans le bois lors de la floraison.

De même, un point remarquable dont l'étude serait à compléter, réside dans le transport apparemment très important de N qui a certainement lieu en faveur des fleurs, puis dans la rapide récupération de N par les feuilles, dès que la floraison n'y fait plus appel en attendant les besoins qui se manifestent rapidement ensuite chez les olives.

2. *Phosphore* (fig. 10)

L'évolution dans les feuilles correspond à celle de l'azote mais avec une tendance plus nette à l'accumulation en fin de période de production des olives. Les bois contiennent des disponibilités en P qui augmentent plus rapidement que celles en N, leur total atteignant le 19% des besoins totaux.

Il est remarquable de constater que le besoin en P est très prononcé lors de la floraison mais aussi qu'un besoin rapidement croissant apparaît chez les olives. Ce besoin correspond exactement aux mêmes besoins que ceux des feuilles la première année, tant en ampleur qu'en rythme.

En définitive, les besoins en P restent modérés puisqu'ils représentent un rapport pour N de :

$$\begin{array}{l} \text{feuilles} \quad \frac{22,65}{1,334} = 17 \\ \text{bois} \quad \frac{6,80}{6,80} = 10 \\ \text{olives} \quad \frac{16,95}{1,41} = 12 \end{array}$$

Figure 8

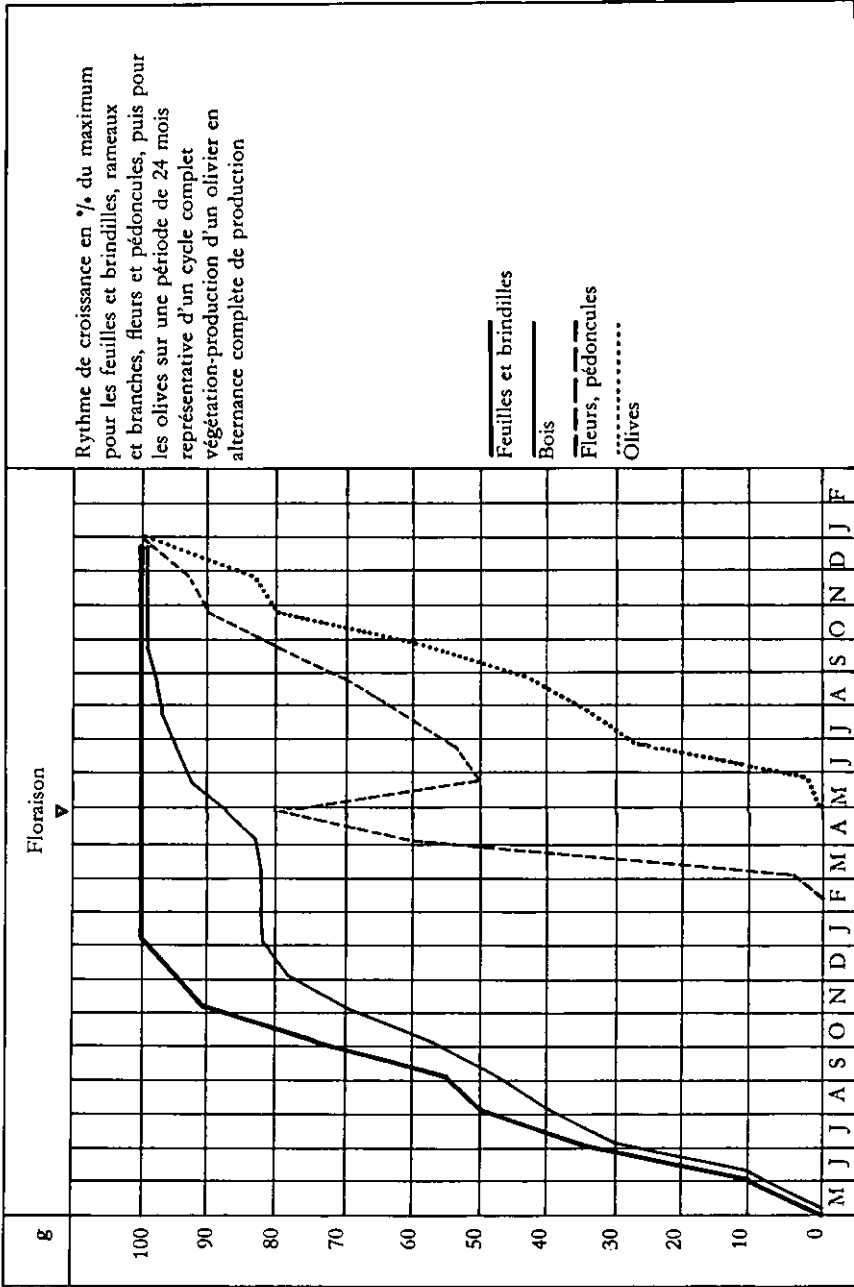
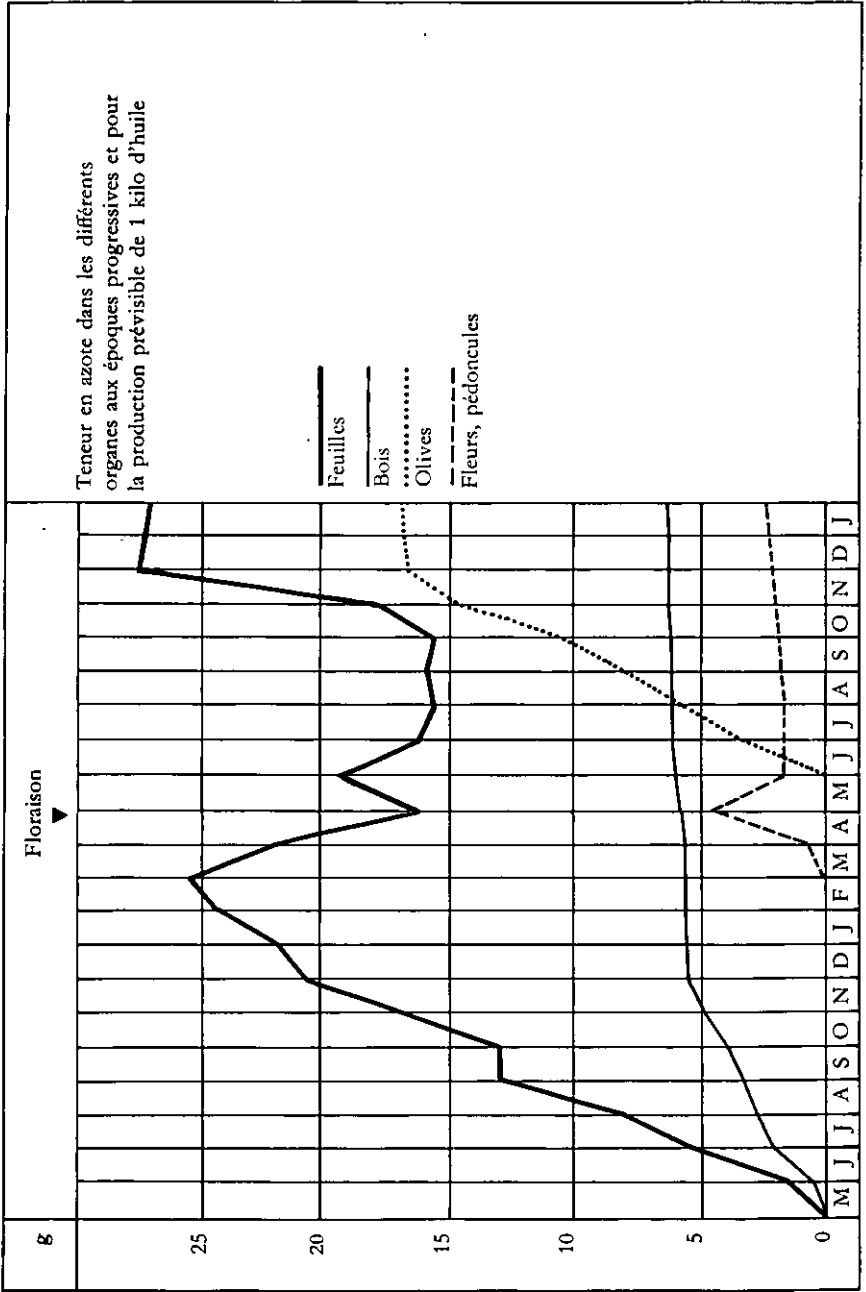


Figure 9



3. *Potassium* (fig. 11)

Les besoins pour les feuilles atteignent leur plafond en janvier, pratiquement en même temps que l'azote et le phosphore, mais ils montent proportionnellement à un niveau moins élevé pour atteindre, exception faite d'une légère dépression lors de la floraison, un palier stationnaire légèrement décroissant.

Si les besoins en K du bois correspondent proportionnellement à ceux en phosphore, soit à la moitié environ des besoins des feuilles, les fleurs et les pédoncules se contentent de faibles quantités et ce sont surtout les olives qui s'attribuent la part prépondérante de cet élément. Les besoins en K des olives pendant trois mois, correspondent à ceux des feuilles pendant 9 mois.

La progression des besoins d'août à novembre est excessivement forte.

Comparativement à N et P, l'olive apparaît réellement comme «potassivore» et doit satisfaire ses besoins dans un laps de temps très bref. Finalement, les olives absorbent le 59,3% des besoins totaux.

Faut-il penser que ces ressources peuvent faire l'objet d'un approvisionnement constant de l'arbre à partir du sol ou faut-il penser que ce sont surtout des réserves accumulées qui servent de tampons provisoires?

La feuille ne contribue que modérément par épuisement de son stock à cet approvisionnement, c'est donc sûrement par une migration active de cet élément, soit à partir du bois ou de la souche, qu'il est réalisé.

Il est connu que l'olivier ne résiste pas à l'asphyxie radiculaire et l'excès d'humidité doit, a fortiori, influencer l'aspect nutritionnel potasse et avoir une incidence sur la production d'olives.

4. *Calcium* (fig. 12)

La feuille accapare la majorité du stock nécessaire. L'accumulation se poursuit fortement au cours de la première année jusqu'à l'issue de l'hiver. Lors de la floraison, une forte réduction a lieu qui sera très régulièrement compensée vers mai et sans aucune interruption jusqu'à la chute des feuilles. L'absence de diagnostics ligneux progressifs empêche d'observer une accumulation dans le bois qui doit avoir lieu de mars à juin.

Le bois s'approprie le 16,5% des besoins alors que les feuilles en absorbent 74%. Les besoins des fleurs et olives apparaissent d'une surprenante faiblesse. Faut-il penser que seule une alimentation satisfaisante en K maintient Ca à ce palier?

Le bois fait un usage plus modéré du calcium que primitivement présumé mais cet élément reste malgré tout prépondérant en poids, comparativement aux autres éléments, sauf naturellement pour les bois de l'année précédente ou de deux ans chez lesquels N, P et surtout K sont plus abondants.

Figure 10

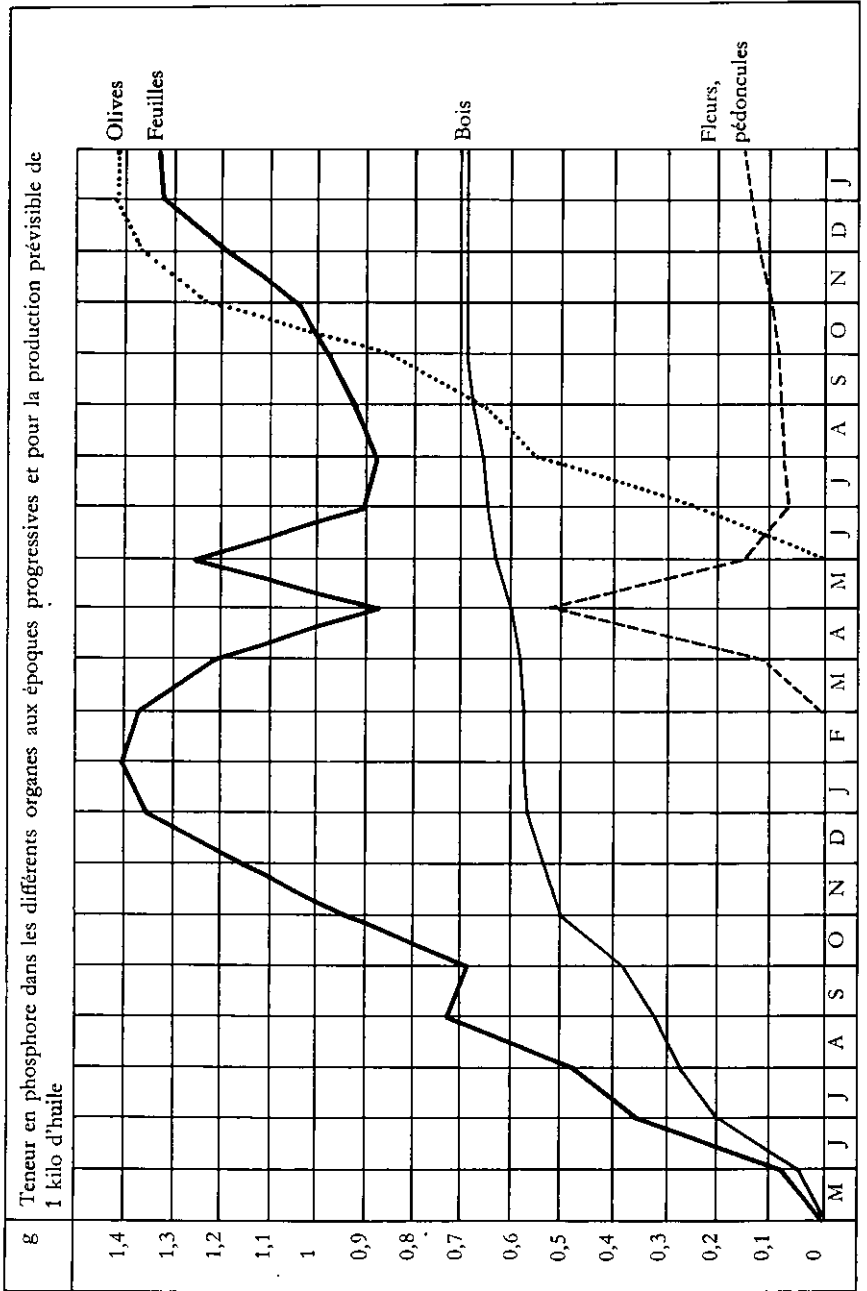
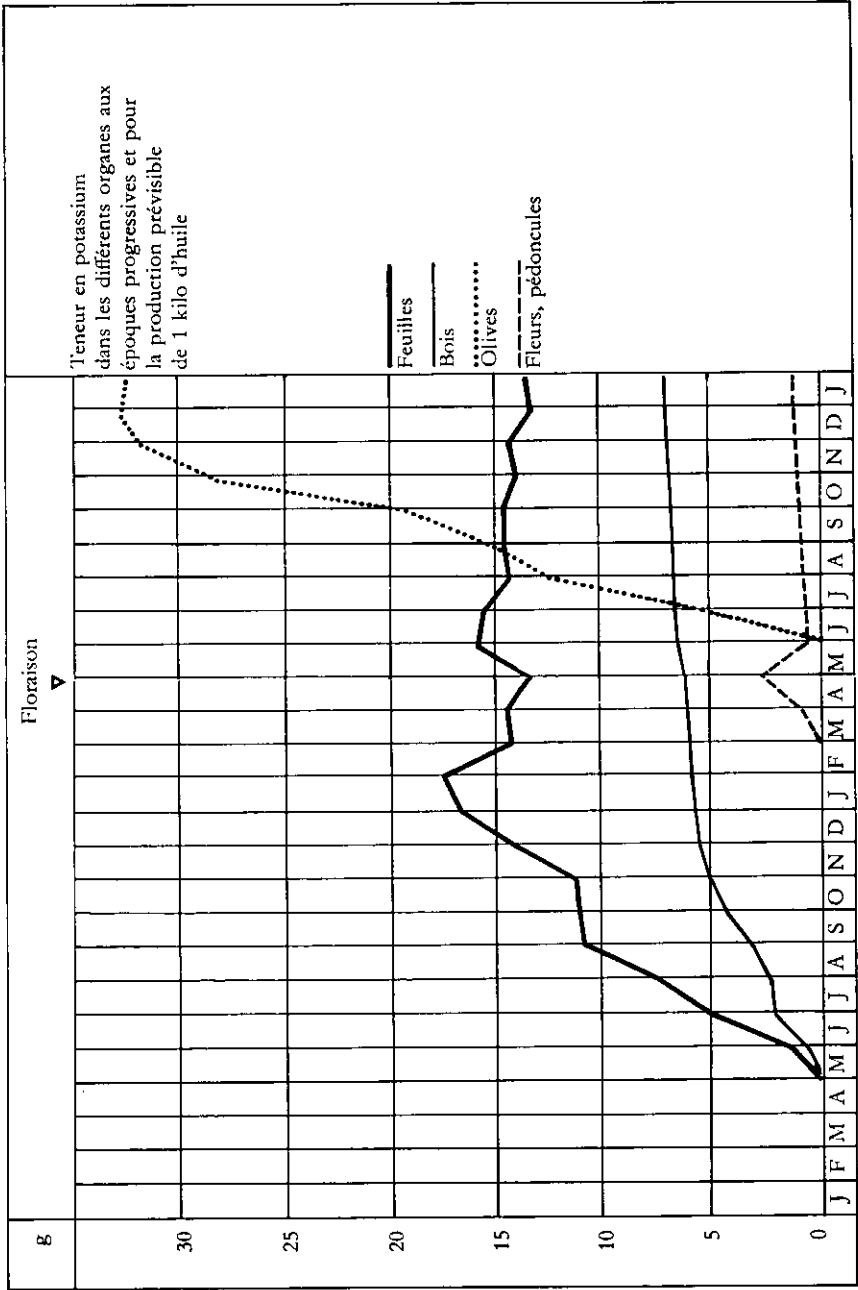


Figure II



La figure 17 renseigne du reste sur les diverses teneurs dans le bois lors de la taille et sur les différentes parties qui y participent à un âge qui remonte progressivement jusqu'à 20 ans. Ce sont essentiellement les bois des 20 années écoulées qui participent à la taille et ce dans les proportions évoquées à la figure 16.

5. *Magnésium* (fig. 13)

Ce sont les feuilles qui présentent la majorité des besoins en Mg avec une stagnation la seconde année pendant 7 mois et un accroissement des teneurs en fin de végétation, conjointement avec N, P et Ca.

Les olives présentent un besoin moitié moins élevé que les feuilles. Les bois participent activement à ces besoins, les fleurs et pédoncules peu.

Le tracé général de la courbe des besoins en Mg rappelle celui de l'azote pour des teneurs qui sont sensiblement de l'ordre de 12 fois moins élevées. Elle exprime la relation: fonction chlorophyllienne et développement foliaire.

6. *Dynamique et teneurs globales de N, P, K, Ca et Mg chez l'olivier pour la production d'un kilo d'huile*

Le cumul de l'ensemble des valeurs précédentes aboutit au tableau 5.

Les valeurs mensuelles (fig. 14) donnent les 5 courbes représentées, desquelles nous pouvons tirer un certain nombre d'enseignements en attendant des confirmations ultérieures de ces premières appréciations.

Rappelons que nous sommes en présence de valeurs propres à une zone climatique relativement favorable et irriguée, donc proche d'un optimum d'évolution.

Globalement, au cours de la phase végétative, nous pourrions être surpris par la faiblesse du palier estival et surtout par le fait que l'accumulation des besoins, bien que se ralentissant en novembre, se poursuit en décembre, janvier et février. Le palier de fin février à pratiquement fin juin, au cours duquel les éléments nutritifs doivent simplement être l'objet de migration sans que les stocks globaux ne s'accroissent est intéressant à étudier.

Cet aspect surprend lorsque l'on s'attend à une grosse consommation coïncidant avec le départ de la végétation, voire surtout avec la floraison.

Les remarques suscitées par ces données sont les suivantes:

Azote: 62% sont satisfaits la première année, la veille de la floraison.

Les besoins sont la première année élevés, sauf en septembre et février.

Lors de la production, les besoins sont modérés jusqu'en août mais importants en octobre/novembre et nuls lorsque la maturité est réalisée.

Figure 12

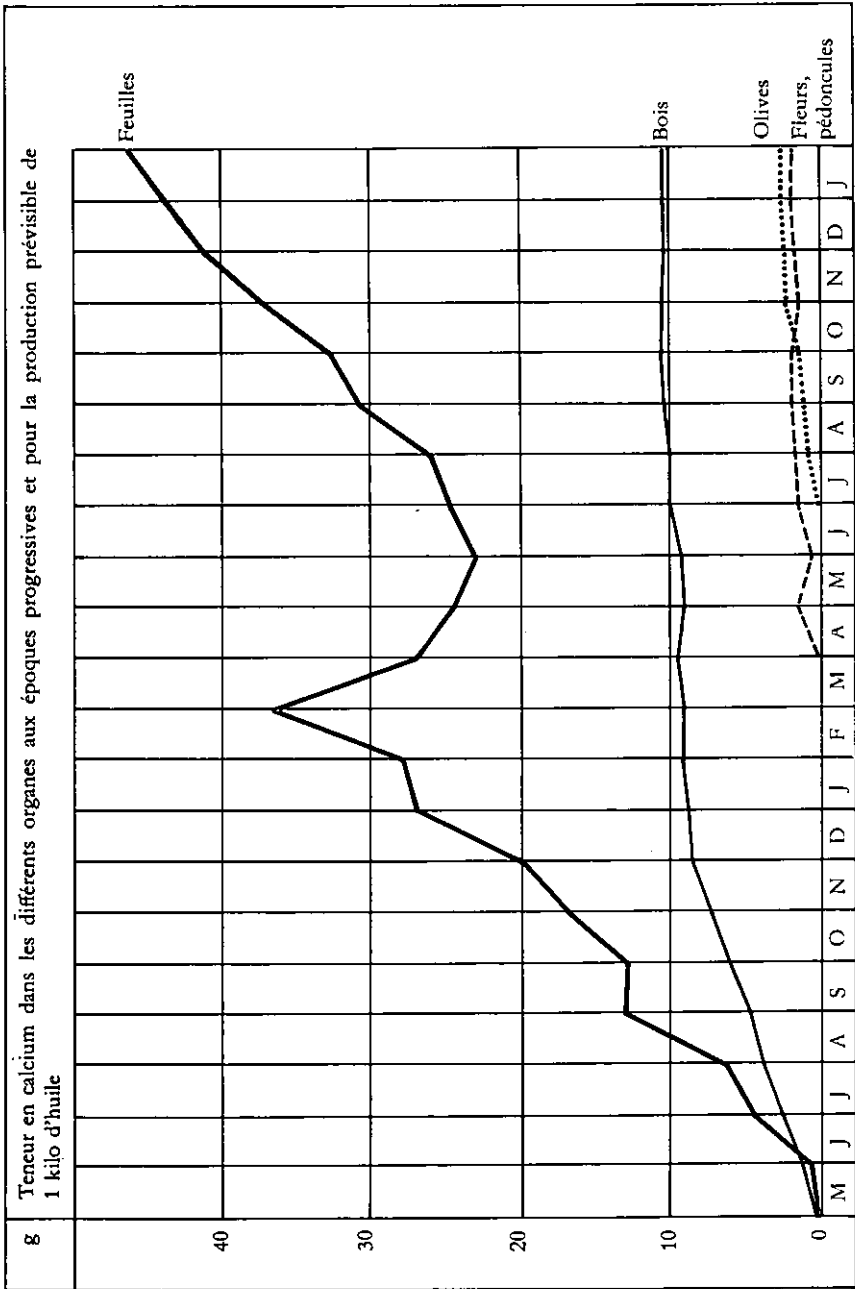
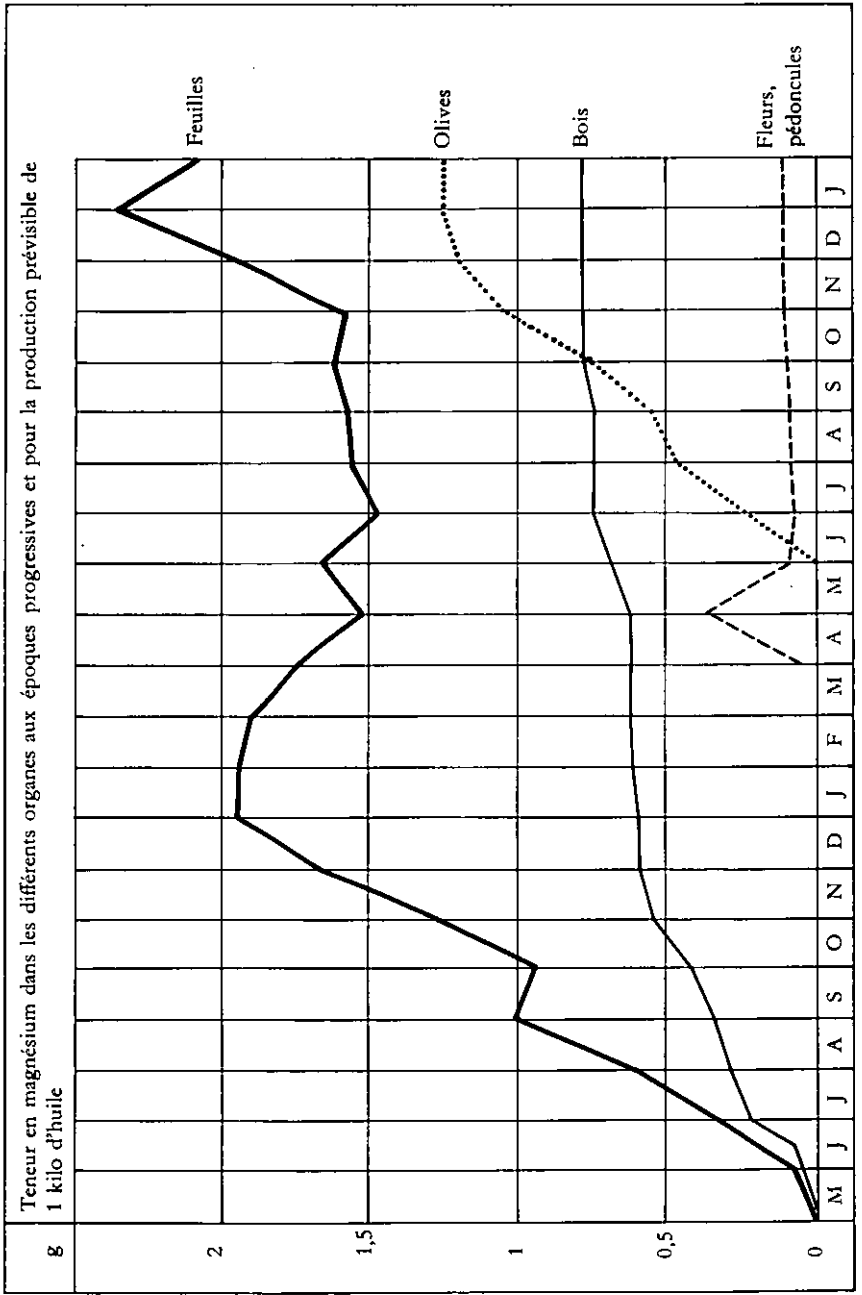


Figure 13



Phosphore : 59% des besoins apparaissent la première année jusqu'à la fin janvier avec un rapport N/P de 15,1. De janvier à fin juillet, les besoins, même compte tenu de la floraison, semblent faire l'objet de substitutions intérieures, puis, d'août à décembre, des besoins qui, notamment pour l'olive, atteignent des valeurs élevées doivent être régulièrement satisfaits. La relation N/P passe de 13 à fin août à 13,6 seulement, en fin d'année. P suit en définitive, une évolution analogue à N.

Potassium : A fin janvier de la première année 43% des besoins doivent être couverts. Elevés jusqu'à fin août, les besoins marquent le pas jusqu'à fin janvier par rapport à l'évolution de N.

Le rapport N/K de 1,14 à fin juillet devient en fin janvier 1,27. Par contre, le palier de K est plus court que les autres car, dès fin mai, les besoins grimpent brutalement sans discontinuer jusqu'à fin novembre.

| | |
|---------------------|------|
| N/K devient fin mai | 1,35 |
| fin juillet | 0,87 |
| fin octobre | 0,81 |
| fin décembre | 0,88 |

L'année de production apparaît de ce fait comme grosse consommatrice de K.

Calcium : Fin février, le 71% des besoins sont satisfaits surtout chez les feuilles. Une migration importante doit avoir lieu vers les bois que le diagnostic ligneux incomplet ne révèle pas encore. Dès fin mai, l'accumulation de Ca se poursuit sans discontinuer jusqu'à fin janvier. Ça apparaît comme un élément déterminant des besoins de l'olivier car en poids, il représente l'élément le plus important.

La très nette vocation de l'olivier pour les terres calcaires peut partiellement apparaître en harmonie avec cet aspect.

Magnesium : Les besoins progressifs suivent remarquablement l'évolution de ceux en N, sauf en fin d'exploitation. La première année, 62% de l'accumulation totale sont absorbés.

En ce qui concerne les valeurs globales en poids, le rôle du Ca est à méditer. L'intervention du K apparaît plus forte qu'elle n'a été mise en relief par les travaux antérieurs et, surtout, la variation sur 24 mois du facteur N/K est très nette. En ce qui concerne les proportions totales dans les différents organes, le rôle important de l'exportation totale par les feuilles (49,5) devrait être le point de départ de nouvelles considérations.

Quant aux olives, si leur participation globale paraît plus modeste avec 32,9%, elles représentent le 60% (59,3) des exportations potassiques globales.

Tableau 5 Besoins totaux et relations des poids des éléments nécessaires pour la production d'un kilo d'huile totale

| | N | | P | | K | | Ca | | Mg | | Total | |
|-------------------------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|---------|------|
| | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % | g | % |
| Feuilles | 22,65 | 47 | 1,334 | 37,8 | 13,74 | 25,1 | 47,04 | 73,6 | 2,008 | 48,3 | 86,772 | 49,5 |
| | 26,1 | | 1,5 | | 15,7 | | 54,4 | | 2,3 | | 100 | |
| Bois | 6,80 | 14,2 | 0,680 | 19,2 | 7,19 | 13,1 | 10,58 | 16,5 | 0,775 | 18,6 | 26,025 | 14,9 |
| | 26,4 | | 2,6 | | 27,6 | | 40,5 | | 3 | | 100 | |
| Fleurs et Pédoncules | 1,92 | 4 | 0,106 | 3 | 1,340 | 2,5 | 2,740 | 4,3 | 0,164 | 3,9 | 6,270 | 3,6 |
| | 30,8 | | 1,6 | | 21,4 | | 43,6 | | 2,6 | | 100 | |
| Olives | 16,95 | 34,8 | 1,410 | 40 | 32,55 | 59,3 | 3,54 | 3,6 | 1,240 | 29,2 | 55,69 | 32,9 |
| | 30,5 | | 2,5 | | 58,4 | | 6,4 | | 2,2 | | 100 | |
| Total | 48,32 | 100 | 3,53 | 100 | 54,82 | 100 | 63,9 | 100 | 4,187 | 100 | 174,757 | 100 |
| | 27,6 | | 2 | | 31,4 | | 36,6 | | 2,4 | | 100 | |
| N, P, K | 45,4 | | 3,3 | | 51,3 | | | | | | | |

Tableau 6 *Corrélation NPK des diverses fumures préconisées ou utilisées par différents expérimentateurs et chercheurs*

| | N P seul | | N P K | | | N:P | N:K |
|--|----------|------|-------|------|------|------|------|
| | N % | P % | N % | P % | K % | | |
| Exportations calculées page précédente | 93 | 7 | 44,2 | 3,3 | 52,5 | 13,4 | 0,84 |
| Enfida fumures N, P, K, expér. I, II, III (7) | 91 | 9 | 51,3 | 5,2 | 43,5 | 10 | 1,19 |
| Enfida base fumures 1961 zones générales irrig. (inédit) | 93,5 | 6,5 | 48 | 3,4 | 48,6 | 14,1 | 0,98 |
| Fumures recommandées Bouat 2 kg 05 — 1 kg (11) | 92 | 8 | 49 | 4,2 | 47 | 11,7 | 1,04 |
| FAO cultures irrig. (27) terres fertiles engrais seuls | 81,5 | 18,5 | 47,6 | 11,1 | 41,3 | 4,3 | 1,16 |
| FAO climat aride terre calcaire, engrais seul (27) | 81 | 19 | 49,6 | 11,6 | 38,5 | 4,3 | 1,29 |
| V. Carrante (9) essais 4 ans | 87,5 | 12,5 | 54,5 | 7,8 | 37,7 | 7 | 1,44 |
| Louvrier Sfax expér. 5 (24) | 60 | 40 | 46,2 | 30,8 | 23,1 | 1,5 | 2 |
| Louvrier Sfax expér. 6 | 77,5 | 22,5 | 23,4 | 6,6 | 70 | 3,5 | 0,33 |
| Wells Pisani Sfax (38) | 49 | 51 | 33 | 34,8 | 32,2 | 0,95 | 1,02 |
| Rey Sfax (31) | 85 | 15 | 46,5 | 8,2 | 45,3 | 5,7 | 1,02 |
| Morettini (26) | 80 | 20 | 36,7 | 9,6 | 53,7 | 3,7 | 0,68 |
| Exportations totales sur palmiers à huile selon Georgie à Kuala Lumpur Malaya 1936 (*) | 90 | 10 | 44 | 4,7 | 51,3 | 9,4 | 0,85 |

* In The Oil Palm its culture manuring and utilisation 1957 page 66 – Institut International de la Potasse Berne

IV. Divers aspects liés à la biologie de l'arbre

A. Diagnostic foliaire et corrélation N, P, K

Nous désirons éviter ici de retracer les éléments déjà évoqués dans nos publications antérieures (7-29) et se référant notamment aux corrélations

de nos fumures N, P, K et des résultats statistiques des divers diagnostics foliaires ou des productions de nos diverses parcelles expérimentales.

Qu'il soit simplement résumé que les significations sont très lentes à se dégager. Nous pensons que pour une part majeure, la lenteur des migrations de P et K mais aussi la forte mobilisation des réserves de nos sols par les irrigations, sont à l'origine de la faible réaction des fumures.

L'étude de l'expérience VI de nos exploitations a livré une série d'appréciations résumées dans les figures 15, 18, 19 et 20.

Le rapport $\frac{N}{K}$ montre très nettement comment les parcelles à haute production sont corrélatives d'alimentation en K très prononcée puisque le diagnostic foliaire révèle des teneurs croissantes en cet élément pour les parcelles les plus productives.

Si, dès 120/130 kg de production, les teneurs en N sont étalées, voire fléchissantes, les teneurs en K sont régulièrement croissantes, ceci en parfaite conformité avec les besoins totaux fortement croissants en 2^e année pour la production élevée d'olives. Or, en opposition avec cet aspect, il faut mentionner que les sols ayant généralement une vocation à haute productivité/hectare, ont surtout des textures grossières et, de par leur pauvreté en argile, une prédisposition à être rapidement déficients en K. A fortiori donc, une alimentation valable en K doit être susceptible de jouer dans ces sols un rôle important.

B. Antagonisme P et K

Les valeurs P et K montrent, dès 1955 dans nos études, une éventualité d'antagonisme qui semble mise en évidence par la figure 19. L'accroissement simultané de P et K semble se situer jusqu'à un niveau critique de 0,094, au-delà duquel un antagonisme s'exercerait de P sur K au détriment de la production.

Cet aspect est encore illustré par la figure 20 où, par olivette de l'expérience, sont reportées les valeurs P et K du diagnostic par parcelles extrêmes du point de vue production.

1. Pour chaque olivette, la production augmente avec l'augmentation pour-cent de K.

2. Lorsque les teneurs en P sont inférieures à 0,094, P et K augmentent simultanément.

3. Lorsque les teneurs en P sont supérieures à 0,094, l'augmentation de K s'accompagne d'une diminution de P.

Cette observation des corrélations de P et K sur la production, mériterait d'être étudiée plus à fond. En effet, l'agriculture méditerranéenne poussée

Figure 14

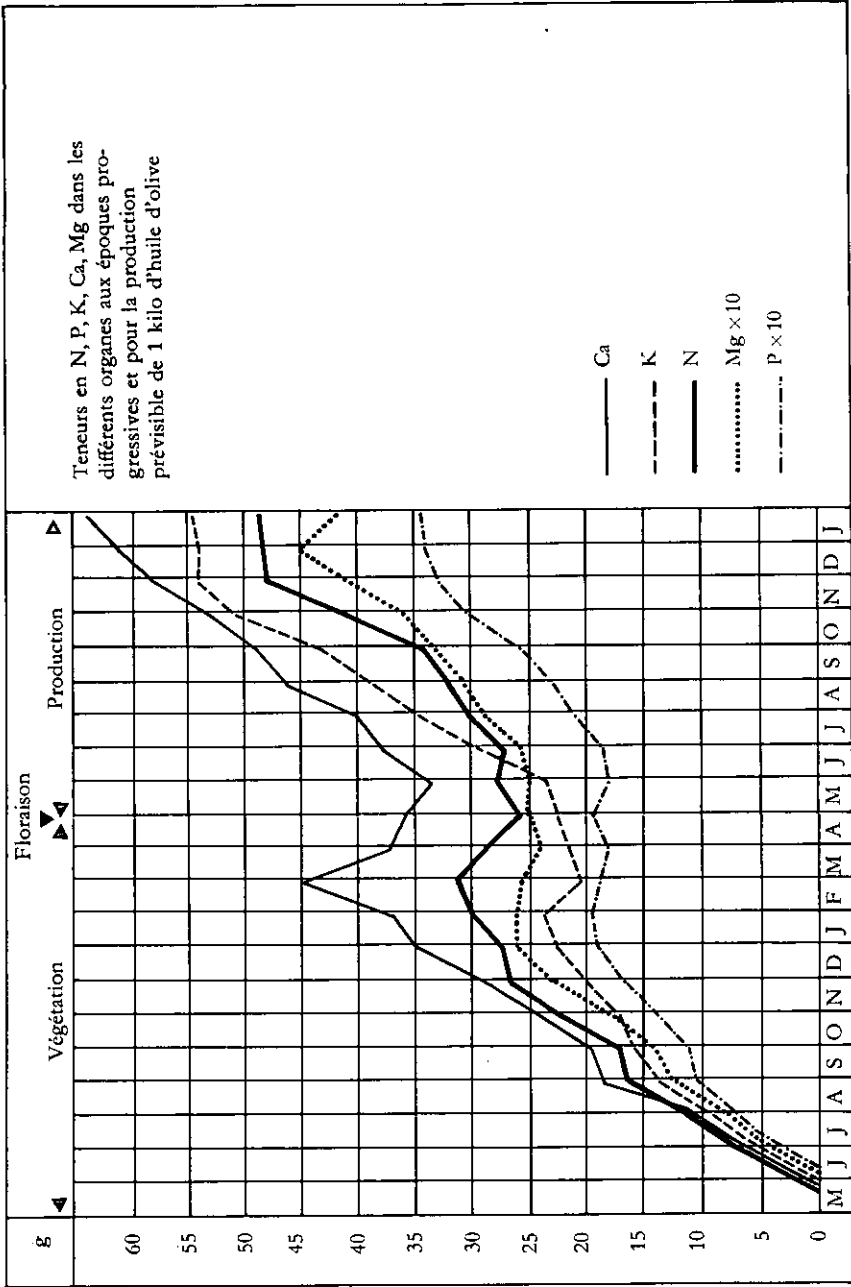


Figure 15

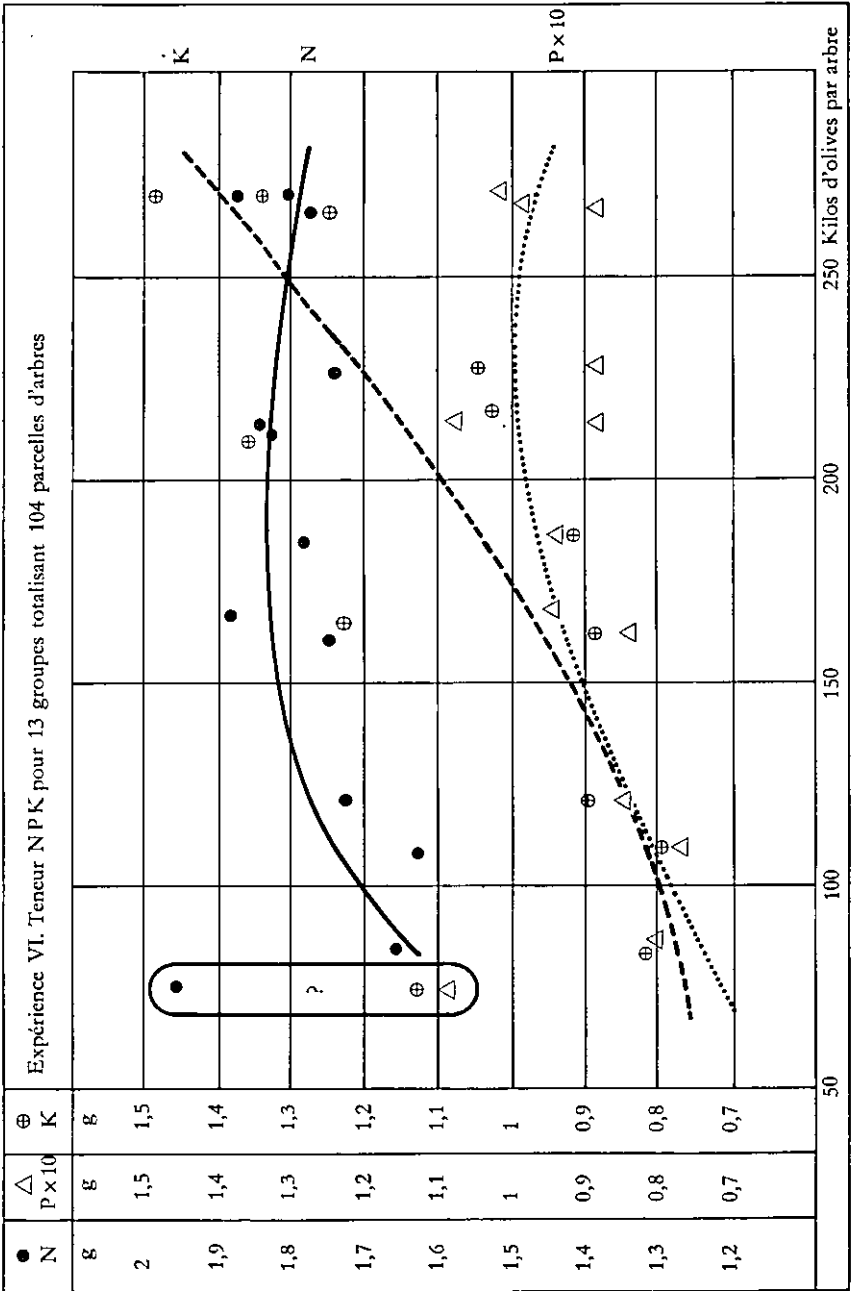


Figure 16

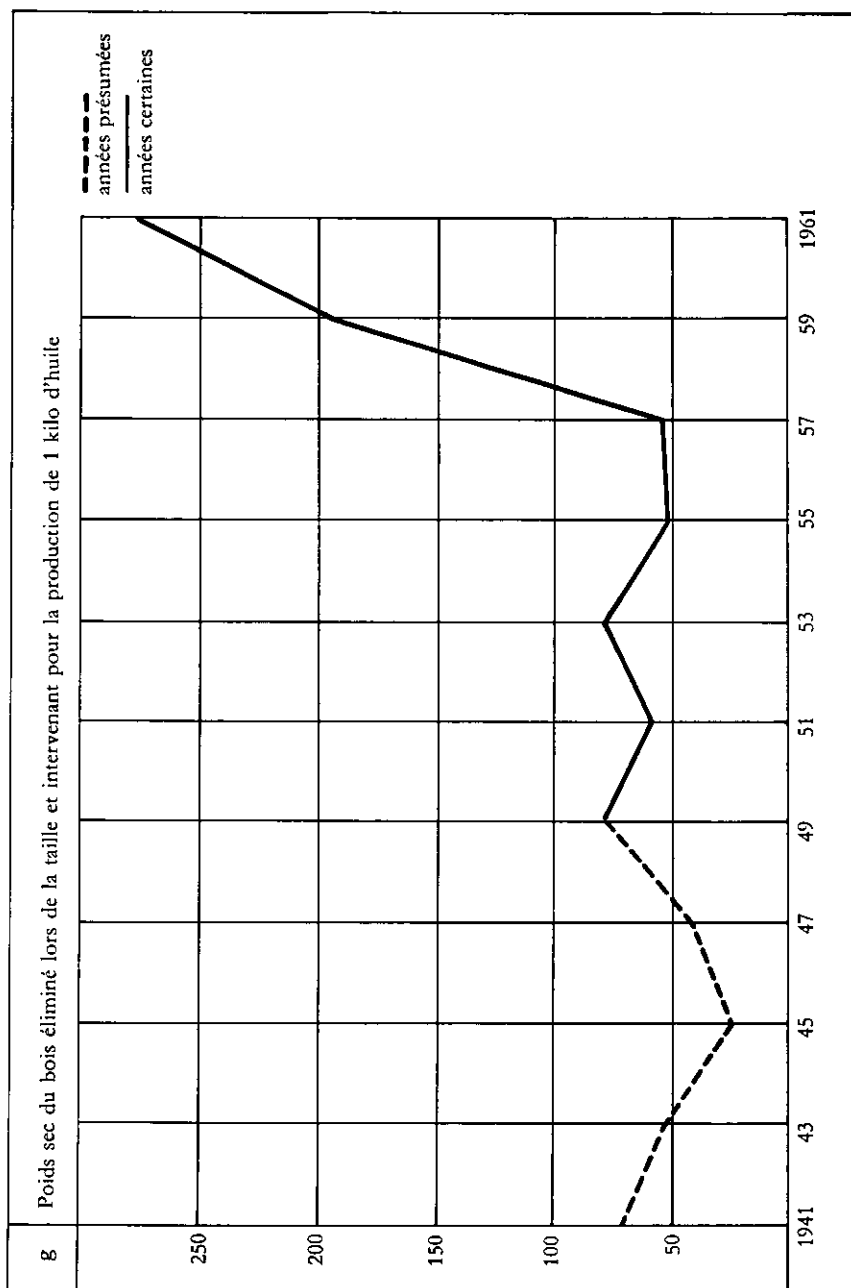


Figure 17

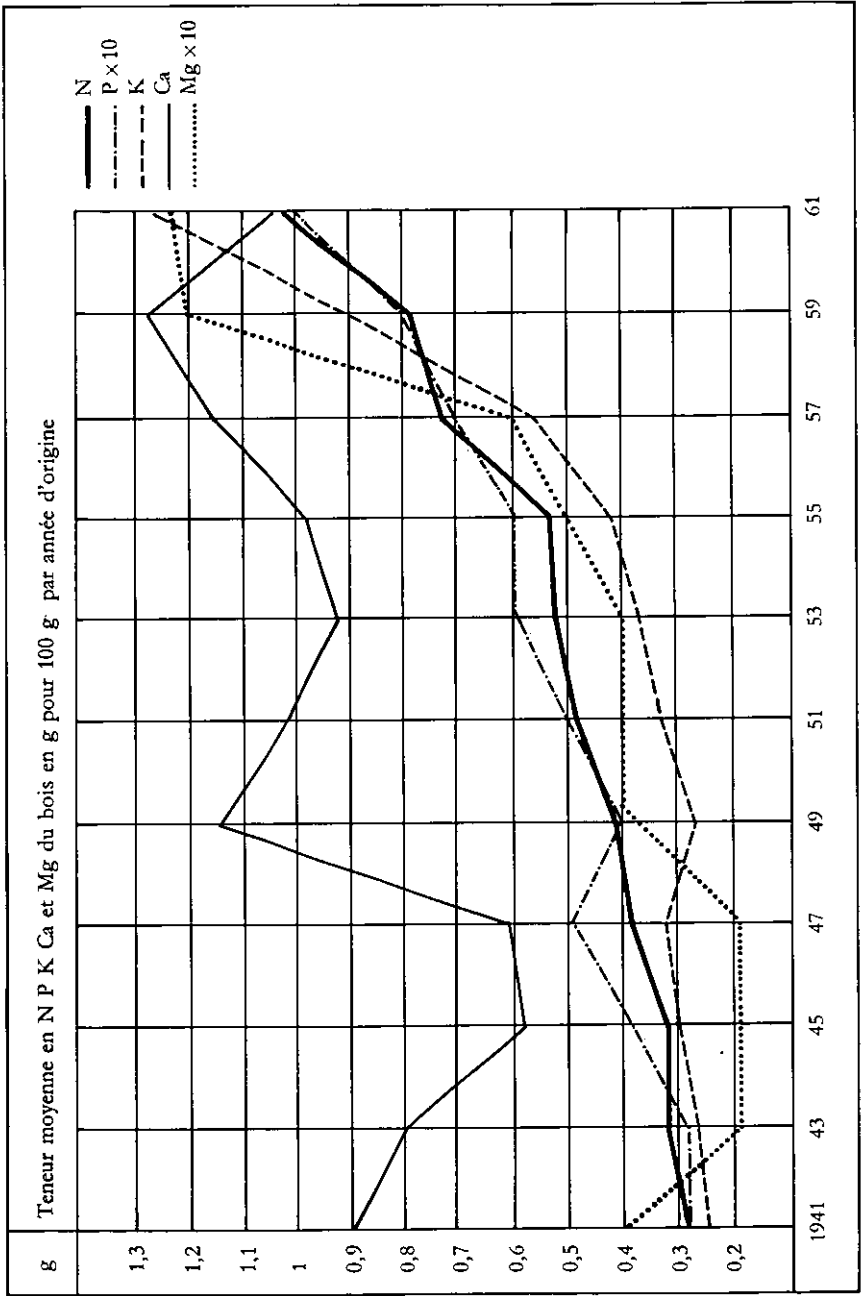


Figure 18

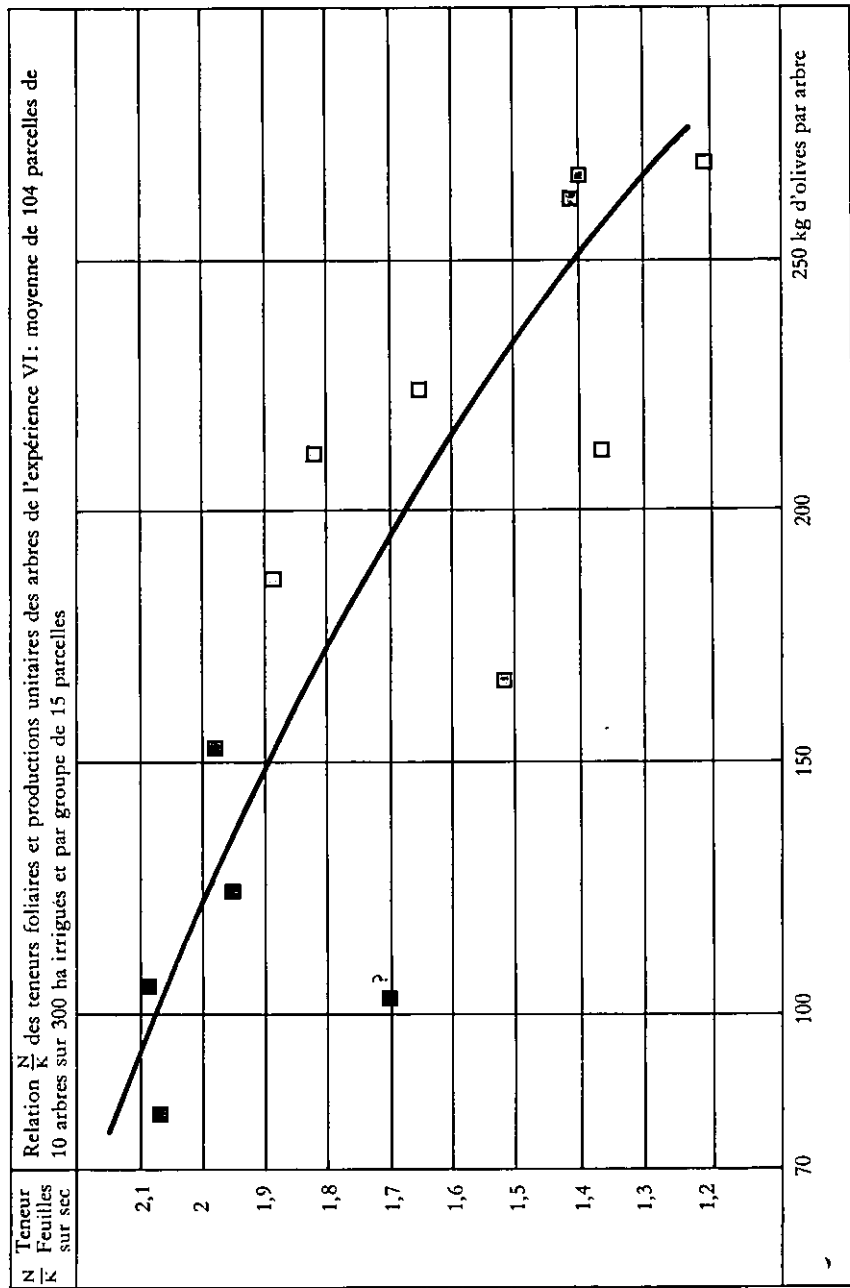
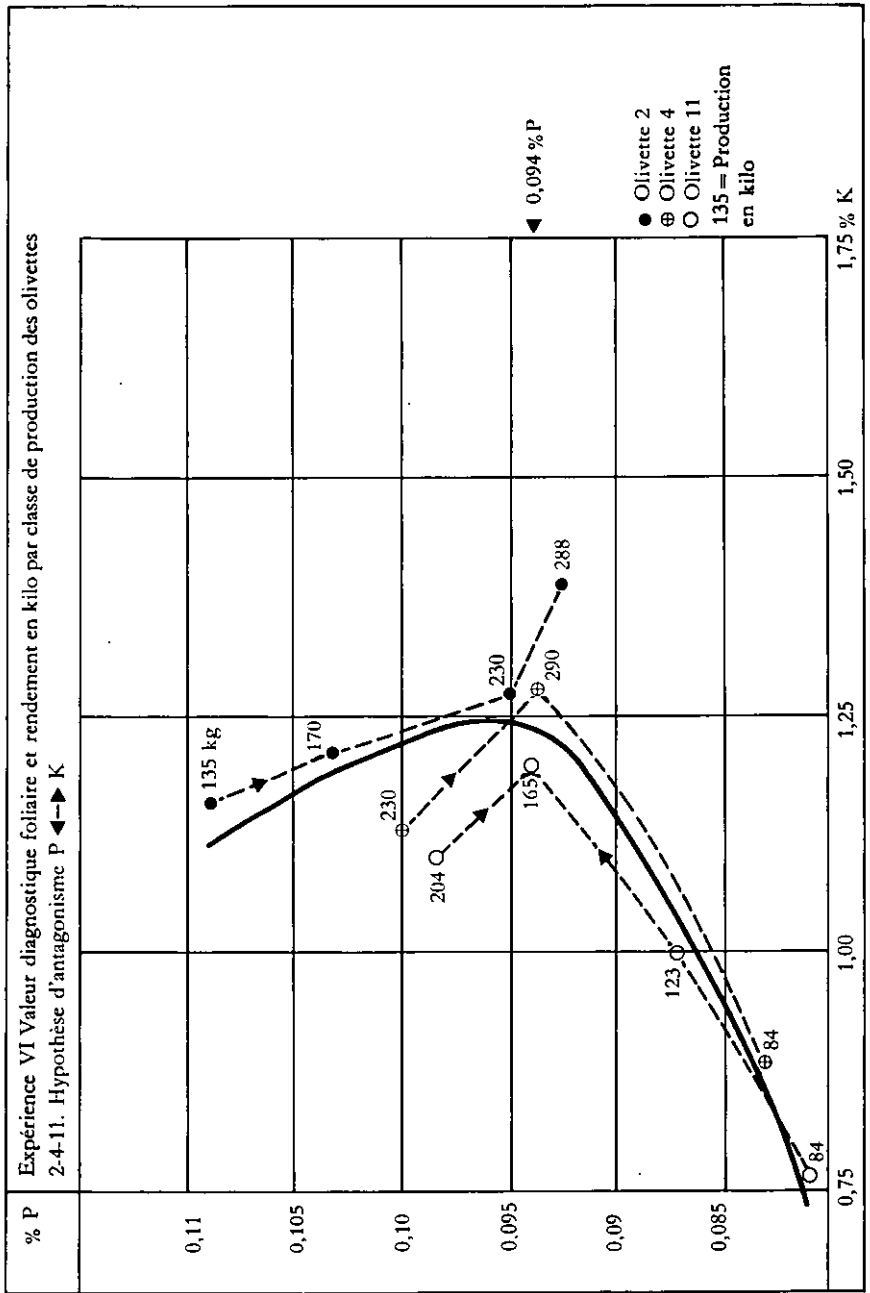


Figure 19



en cela par les observations en céréaliculture où la réaction des fumures est plus rapide, a donné une propension marquée à l'usage prioritaire du phosphore dont les terres méditerranéennes se sont souvent révélées très appauvries. C'est tellement vrai que dans nos campagnes tunisiennes, le terme habituellement utilisé pour désigner l'engrais minéral quel qu'il soit est le terme «foussfat».

Or, la généralité de cet usage depuis fort longtemps a toujours incité les chercheurs à ménager une place importante au phosphore, même si, dans le cas considéré de l'olivier, les résultats analytiques des exportations se présentent très différemment. Le tableau 6 est à ce propos édifiant.

Différents observateurs et chercheurs (24-38) ont dû conclure à l'effet dépressif de certaines fumures. Le rôle éventuellement défavorable du phosphore en excès n'a été qu'à peine mentionné (24).

Nous pensons qu'une majeure partie des échecs ou de la médiocrité des résultats et notamment ceux résultant d'enfouissement des fumures (38), réunis par les chercheurs peuvent provenir du dosage excessif en phosphore qui peut avoir exercé un effet dépressif sur les modalités d'absorption du potassium, lequel nous apparaît, au stade de la fructification, déterminer avant tout les hauts rendements.

L'oléiculteur produisant également des céréales et en ayant cultivé en intercalaires dans les jeunes plantations, tout comme le chercheur avec ses tests physiologiques en cases, reste constamment sous l'effet de la réaction très heureuse des céréales aux applications de phosphore et transfert obligatoirement ce concept à l'olivier.

Aussi, en l'absence d'études plus précises et de conclusions mieux étayées, il y aura lieu de considérer l'apport en P dans une stricte proportionnalité des exportations possibles, surtout en cas d'enfouissement profond des fumures où le prélèvement de P par les racines devient plus aisé et où aucune intervention ne saurait plus l'en soustraire.

C. Oligo-éléments

Aucune étude sur l'application et l'effet des oligo-éléments n'est connue. *Bouat* a heureusement (4^e) (13) situé l'ampleur des études à venir et montré l'extrême variabilité des teneurs diverses observées dans la zone méditerranéenne. Couramment, les écarts observés sont de 1 à 10 ou même de 1 à 35 par exemple, pour le manganèse.

La vraisemblance de certaines carences est possible si nous songeons que depuis cinq mille ans, souvent plus, les zones méditerranéennes ont été l'objet d'une exploitation intense et souvent irréfléchie, par l'homme.

Tout dans le climat, par ses pluies torrentielles, l'érosion et la constante détérioration des disponibilités en humus, aura pu favoriser une réduction

des teneurs en oligo-éléments. Il nous semble que l'olivier manifeste moins aisément les cas carentiels des éléments moyens ou des oligo-éléments, que d'autres cultures. Sur ses feuilles et en dehors de cas réellement extrêmes, nous n'avons pas pu retrouver par l'examen visuel, des éléments d'appréciation rapides et certains. Nul doute qu'à ce sujet, des études statistiques sur les facteurs métriques, dimensions, poids et couleurs, livreraient des moyens de jugement pour des variétés et des localisations régionales.

Les résultats de *Hartmann* (20) mettraient en évidence des signes des carences dont les cas ne peuvent être qu'extrêmes et qui ne se manifesteraient que bien après que l'exploitant agricole ait fait faillite. Par contre, les effets de migration de l'azote à la veille de la floraison, caractérisés par un jaunissement et que nous avons régulièrement observé, nous ont paru très fortement influencés par les applications azotées.

Il faut espérer que ces prochaines années verront également progresser l'étude de ces éléments par diagnostics foliaires et par l'étude en solution nutrition, car il est possible que les manifestations carentielles des oligo-éléments soient plus accessibles à l'œil car plus directement spectaculaires.

D. Influence de la taille

Nos observations permanentes sur des arbres en zones irriguées notamment, nous incitent à penser que la taille est susceptible, plus souvent que soupçonné, de modifier sensiblement les données de production. Tout le métabolisme de l'alimentation est fondamentalement modifié par la taille et celle-ci, par son incidence sur la migration des éléments, détermine, en l'absence de tous autres facteurs, un nouvel équilibre alimentaire dans l'arbre qui atténue heureusement souvent des insuffisances ou des déséquilibres alimentaires et permet de retrouver un meilleur équilibre de production.

Le raccourcissement des circuits de sève et la recherche d'arbres ayant des volumes plus restreints, permettent sûrement de réduire sensiblement les besoins de fumure par une utilisation beaucoup plus optimum des fumures.

Dans les cas climatiquement favorables, l'accentuation de l'alternance peut venir en aide par une généralisation de la taille chaque 2^e année, qui permet un ravalement plus aisé chaque 6^e ou, tel à l'Enfida, 8^e année.

Nous pensons que cet aspect peut autoriser une différenciation ou une spécialisation partielle des fumures permettant d'abaisser le coût de ces interventions par la modicité des quantités appliquées et par le choix de périodes plus tardives.

E. Sous-solage

Complément de la taille, le sous-solage semble parfois préconisé. Nos observations nous incitent à penser qu'il y a lieu d'agir avec circonspection et qu'une taille radicaire partielle ne doit pas être synonyme de bouleversement fondamental. L'application des fumures en profondeur que nous verrons plus tard, se doit d'être réfléchie.

Nous avons observé des arbres qui, soumis à des traitements apparemment normaux de sous-solage, n'en ont pas moins accusé des effets néfastes pendant plusieurs années et ce, malgré une taille aérienne concommittente que nous pensions bien équilibrée.

F. Le parasitisme

Le parasitisme de tout ordre accompagne d'ordinaire les déficiences alimentaires et il nous a semblé, dans nos observations sur l'olivier, que l'apparition des dégâts parasites n'était qu'insuffisamment mise au compte des défauts alimentaires, privant en cela peut-être financièrement l'arbre de concours au stade fumures, en faveur de la seule lutte antiparasitaire. Le règne animal des insectes est d'une bien grande complexité si nous songeons à l'équilibre fragile que la nature instaure et nous savons tous combien la rupture de cet équilibre, s'il est autorisé par des types de cultures très rentables, devient dangereux pour des activités agricoles marginales comme c'est le cas de l'oléiculture en général.

*V. Facteurs conditionnant les problèmes de fumures
et non déterminés par la biologie de l'arbre**A. Problème de l'humus*

Toute l'agriculture méditerranéenne est affectée par ce problème à des titres divers. Son rôle a été incontestablement minimisé dans un premier stade et préoccupe aujourd'hui, à juste titre, beaucoup plus les chercheurs et les exploitants.

La tentation était facile de penser qu'en raison de la médiocrité originelle de certains sols, notamment sur les rives Sud de la Méditerranée, l'humus ne pouvait jouer un rôle prépondérant dans l'évolution des cultures et notamment de l'olivier.

Les cas extrêmes mentionnaient 1 à 2‰ d'humus à l'origine des plantations, avec une régression à moins de 1‰ ou, plus généralement, à des traces en 50 ans (12, p.104) dans les zones semi-arides de Sfax.

Il est certain que nous situons mal encore aujourd'hui les importantes réactions en chaîne que peuvent susciter des tonnages aussi réduits sur la

vie microbienne, la réaction des solutions du sol, la mobilisation progressive de la fertilité naturelle des sols, la migration de l'eau et l'évolution des racines.

Ce sujet que nous avons évoqué de nombreuses fois devrait faire l'objet d'un intense travail de recherches car il est plausible de penser que l'accroissement de la quantité d'humus pourrait permettre une substantielle réduction du coût des fumures, en étant à l'origine de la mobilisation de la fertilité naturelle des sols, tant du fait du travail radicaire que du travail microbien.

Pour toute zone au-delà de 300 m le maintien d'un taux d'humus aussi élevé que possible, compatible avec l'objectif cultural, est réalisable mais demande une attention et une persévérance soutenues. De multiples observations nous incitent à penser que la production de la matière organique de restitution ne se réaliserait pas obligatoirement au détriment des disponibilités en eau. Par contre, là où les ressources en eau atteignent des valeurs hivernales élevées, le problème de la fertilité et de la fumure de l'olivier ne sont constitués que par l'intervention judicieuse des engrais verts avec le problème de la localisation appropriée des fumures minérales.

Dans toutes nos activités agricoles méditerranéennes, nous retrouvons dans l'examen des problèmes à résoudre, qu'il s'agisse de la réduction des coûts de production, de l'accroissement des ressources ou de la reconversion de certaines activités, un élément constant, universel et, nous ajouterions, fatidique: celui du maintien de l'humus ou de l'enrichissement organique des sols appauvris.

De ce fait, il est vraisemblable que des conclusions ultérieures aboutissent à l'idée que l'accroissement de la fertilité destinée à l'arbre puisse se résumer, avant tout, dans l'accroissement du taux humifère et des innombrables conséquences qui en résultent.

Dans une analyse rapide de la longévité de l'olivier et de la pérennité de ses capacités de production, le seul point dont nous pouvons invoquer avec une grande certitude l'effet antérieur, prépondérant du fait de la situation de l'arbre ou du mode d'exploitation, se trouve être la pérennité d'une certaine reconstitution en matières organiques.

B. Migration des fumures

1. L'évolution de l'azote

Cette évolution dans les sols méditerranéens a été longuement étudiée (39) et si la migration rapide que nous pouvons concevoir également pour les sols à oliviers est fréquemment favorisée par leur texture grossière, il reste que l'olivier, par l'étendue de son réseau radicaire, doit mieux que tout autre arbre pouvoir chercher et mobiliser les éléments dans les couches

Tableau 7 Expérience - Oliviers irrigués du domaine de l'Enfida - Plantation N° 3

| | Kilos d'engrais par arbre | |
|---|---------------------------|------------------|
| | de 1953 à 1957 | à partir de 1957 |
| N ₀ Sulfate | 0 | 0 |
| N ₁ Ammoniaque | 7 | 7,3 |
| N ₂ 20,6 % N | 14 | 14,6 |
| P ₀ Superphosphate | 0 | 0 |
| P ₁ Superphosphate | 7 | 2,2 |
| P ₂ 16 % P ₂ O ₅ | 14 | 4,4 |
| K ₀ Sulfate de potasse | 0 | 0 |
| K ₁ Sulfate de potasse | 1,8 | 3,3 |
| K ₂ 48 % K ₂ O | 3,6 | 6,6 |

Tableau 8 Expérience 1 des fumures minérales
Domaine de l'Enfida - Plantation N° 3Essai I = N₀P₀K₀

| | 0-15 cm | 15-25 cm | 25-35 cm | 35-60 cm | 60-90 cm |
|-------------------------------------|---------|----------|----------|----------|----------|
| Éléments grossiers (sup. à 2 mm) | 19,2 | 17,5 | 13,8 | 12,9 | 30,0 |
| <i>Analyse physique de la terre</i> | | | | | |
| <i>fine %</i> | | | | | |
| Sable grossier (2 mm à 0,2 mm) | 49,8 | 42,9 | 45,6 | 50,0 | 47,0 |
| Sable fin (0,2 à 0,02 mm) | 31,6 | 36,7 | 35,6 | 31,0 | 28,2 |
| Limon (0,02 à 0,002 mm) | 2,5 | 2,8 | 1,5 | 1,1 | 1,3 |
| Argile (Inf. à 0,002 mm) | 14,5 | 16,5 | 16,5 | 14,0 | 20,0 |
| Calcaire CO ₂ Ca % | — | — | — | f. tr. | f. tr. |
| Perte au feu | 0,9 | 0,5 | 0,6 | 3,4 | 2,8 |
| <i>Analyse chimique de la terre</i> | | | | | |
| <i>fine %</i> | | | | | |
| Azote total N % | 0,50 | 0,45 | 0,40 | 0,35 | 0,35 |
| Acide phosph. assim. | | | | | |
| P ₂ O ₅ % | 0,09 | 0,06 | 0,05 | 0,06 | 0,06 |
| Bases échangeables %: | | | | | |
| Potasse K ₂ O | 0,18 | 0,15 | 0,11 | 0,09 | 0,10 |
| Chaux CaO | 3,63 | 3,05 | 2,78 | 4,03 | 4,30 |
| Magnésium MgO | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,16 |
| pH | 8,7 | 8,6 | 8,5 | 8,8 | 8,9 |

Tableau 9 Expérience 1 - Domaine de l'Enfida
Application des irrigations et des fumures

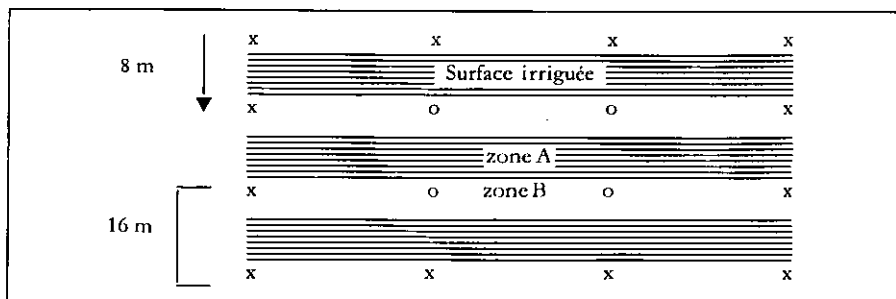


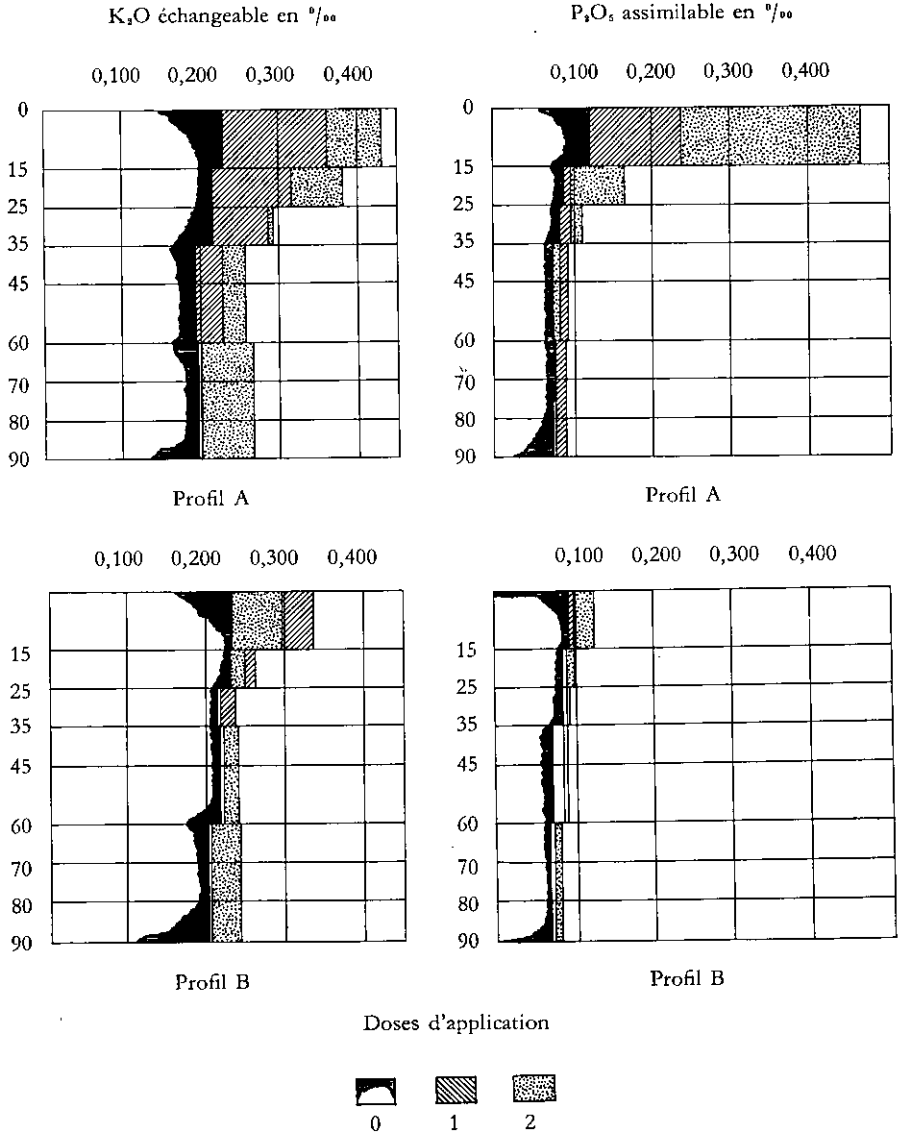
Tableau 10 Expérience 1 - Domaine de l'Enfida - Plantation N° 3

| Teneurs moyennes aux trois doses P ₀ , P ₁ , P ₂ (moyenne de 9 parcelles à 3 répétitions) aux profondeurs de sol: | | | | | | |
|---|----------------|---------|---------|-------|-------|-------|
| A | P ₀ | 0-15 | 15-25 | 25-35 | 35-60 | 60-90 |
| | | cm | cm | cm | cm | cm |
| | P ₁ | 0,124 | 0,091 | 0,085 | 0,076 | 0,081 |
| | P ₂ | 0,242* | 0,096 | 0,097 | 0,095 | 0,092 |
| | | 0,471** | 0,172** | 0,110 | 0,088 | 0,077 |
| B | P ₀ | 0,094 | 0,087 | 0,082 | 0,087 | 0,073 |
| | P ₁ | 0,098 | 0,078 | 0,082 | 0,085 | 0,070 |
| | P ₂ | 0,128 | 0,097 | 0,087 | 0,072 | 0,081 |

Tableau 11 Expérience 1 - Domaine de l'Enfida - Plantation N° 3

| Teneurs moyennes aux trois doses K ₀ , K ₁ , K ₂ (moyenne de 9 parcelles à 3 répétitions) aux profondeurs de sol: | | | | | | |
|---|----------------|---------|--------|-------|-------|-------|
| A | K ₀ | 0-15 | 15-25 | 25-35 | 35-60 | 60-90 |
| | | cm | cm | cm | cm | cm |
| | K ₁ | 0,232 | 0,216 | 0,216 | 0,194 | 0,202 |
| | K ₂ | 0,365** | 0,321* | 0,290 | 0,230 | 0,199 |
| | | 0,434 | 0,385 | 0,292 | 0,261 | 0,269 |
| B | K ₀ | 0,234 | 0,229 | 0,221 | 0,225 | 0,205 |
| | K ₁ | 0,338* | 0,265 | 0,241 | 0,223 | 0,204 |
| | K ₂ | 0,301 | 0,251 | 0,220 | 0,244 | 0,248 |

Expérience I, Domaine de l'Enfida, Plantation No 3, représentation graphique des effets de P 1-P 2 et K 1-K 2 sur la teneur en P_2O_5 assimilable et K_2O échangeable aux profondeurs respectives de 0 à 90 cm en A zone fumée médiane et B zone inter-arbre non fumée.



inférieures. La probabilité d'une pure perte de l'azote telle qu'elle se rencontre dans les cultures annuelles, est moins vraisemblable.

Dans nos parcelles expérimentales, nous n'observons jusqu'à 1 mètre, aucune différence notable des teneurs en azote, quelles que soient les doses d'application et le régime de l'eau; il est certain que notamment dans les plantations irriguées, la migration risque d'être très rapide et qu'il y a lieu d'éviter l'effet de lessivage par une application plus opportune des fumures.

Mais les années de faible pluviométrie, dans les zones arides, il est plausible de penser que les racines ne sont pas en mesure de prélever les éléments nutritifs situés à de grandes profondeurs, ce qui aggrave doublement les déficiences azotées de ces zones qui voient alors l'arbre dépérir, lors des mauvaises années.

2. Phosphore et potasse

Si les études de *Drouineau* et de *Liwierant* et les connaissances en général sur le mode de fixation des engrais phosphatés et potassiques sont connues, il est utile de définir le comportement des fumures en oléiculture et notamment sous le régime irrigué, particulier aux sols très perméables.

Un important travail d'analyses sur les sols de notre expérience 1 a été réalisé par les Laboratoires des Potasses d'Alsace et interprété par M. *Loué* ces tous derniers jours. Il pouvait paraître intéressant d'en faire une rapide mention ici.

Depuis 1953, 9 applications annuelles de fumure en 3 sous-blocs de 9 parcelles étudient trois niveaux de N, de P et de K, ces données d'application de fumures étant conformes au tableau 7. Le tableau 8 donne pour la parcelle N₀, P₀, K₀ les éléments chimiques et physiques observés.

A indique la zone de prélèvement où l'application interligne de fumure et irrigation a eu lieu alors que

B est situé sur l'alignement parallèle non irrigué et non fumé immédiatement contigu: Tableau 9.

Phosphore: Le tableau 10 résume les teneurs moyennes de 0 à 90 cm pour P₀, P₁, P₂. Il apparaît clairement que malgré 9 années d'application et quelques 8,600 mm d'eau d'imbibition soit 86,000 m³ d'eau/ha qui ont transité au travers des couches supérieures, l'engrais est resté avant tout dans l'horizon de 0 à 15 cm, seule la dose P₂ ayant suscité un enrichissement de 15 à 25 cm. En dessous, la migration aura été faible ou nulle.

La migration horizontale de la zone A vers B pouvant résulter d'entraînements mécaniques par les outils ou l'eau est minime.

La figure 22 donne les éléments graphiques de ce tableau. Cette énergique fixation, compte tenu de la grossièreté relative des éléments du sol, ne manque pas de surprendre.

Potasse : Le tableau 11 indique les valeurs analogues pour K_0 , K_1 , K_2 . Si pour le phosphore la concordance entre les zones A et B ne révélait qu'en surface une légère différence, elle est ici très bonne.

En Zone A de 0 à 15 cm, les différences K_1-K_0 et K_2-K_0 sont hautement significatives:

de 15 à 25 cm K_1-K_0 est significatif

K_2-K_0 est hautement significatif

de 25 à 35 cm une certaine importance de K_1 et K_2 mais en fait

de 25 à 90 cm aucune différence n'est significative.

En Zone B : de 0 à 15 cm K_1-K_0 est significative. Une migration de l'engrais potassique très nette a eu lieu jusqu'à 25 cm et semble s'être poursuivie jusqu'à 35 cm.

Par contre, l'on peut observer une migration latérale certaine de K de 0 à 15 cm et, peut-être, une influence jusqu'à 25 cm.

La fixation énergétique en surface est malgré tout bien illustrée pour K, rendant nécessaire ou plausible, comme pour P, les applications en profondeur, alors même que les doses importantes nécessaires en régime irrigué laissent préjuger d'un lessivement plus facile. Un aspect à mentionner et qui méritera d'être étudié, est l'effet significatif de l'application de N_2 sur la teneur en K_2O échangeable, lequel subit une réduction importante de près de 30% dans les niveaux de 0 à 15 cm et de 15 à 25 cm. Les autres profondeurs mentionnant un effet dans le même sens.

CaO-MgO : L'ensemble des valeurs analytiques de nos études montre pour CaO un important appauvrissement de l'horizon supérieur jusqu'à 1 m accentué semble-t-il dans les parcelles où l'application du sulfate d'ammoniaque est la plus forte.

La zone B, non soumise aux irrigations, montre également un appauvrissement en CaO moins prononcé en général qu'en A. Cette propension au lessivage du calcium, surtout en zone très légère, doit être sûrement liée au cours des années de sécheresse, à un manque de disponibilité de cet élément qui constitue, du point de vue quantitatif pour l'olivier, l'élément majeur nécessaire tout autant dans la phase végétative que de fructification.

La magnésie : Avec une intensité moindre, le Mg subit, selon nos analyses de sol, un phénomène de lessivage analogue au calcium mais moins important. Les besoins totaux peuvent sûrement être satisfaits dans la majorité des cas.

C. Problème de localisation des fumures

Les études de Yankovitch et nos propres investigations ont bien montré que même dans les zones arides ou semi-arides, l'arbre finit par occuper la tota-

lité des terres mises à sa disposition et qu'un chevauchement intervient selon le schéma de la figure 21.

Il apparaît que plus les conditions pluviométriques ou d'irrigations sont favorables, plus l'interpénétration radicaire des arbres est forte. Par contre, on peut penser que la prospection verticale par l'arbre est, en présence d'un sol homogène et profond, assez régulière et milite en faveur d'une application aussi régulière que possible des fumures.

Au cours de nos études sur l'irrigation, nous avons eu toutefois le sentiment que l'arbre déployait dans la zone interligne une activité radicaire plus grande et réagissait notamment remarquablement aux irrigations. Il est possible que les zones intercalaires, exposées au soleil, conservent en hiver plus longtemps une meilleure activité générale.

Aspect essentiel à retenir: l'arbre réagit par section et non dans son ensemble aux effets bénéfiques d'une irrigation notamment et également des fumures. Nous avons pu observer des phénomènes de bordure absolument formels par lesquels, du fait de l'existence d'une piste et de l'absence des irrigations, les arbres négligeaient totalement la végétation sur cette face.

L'alternance aidant, nous avons eu des arbres dont le demi-côté portait 100 kg de fruits, l'autre face poursuivant au stade inverse de végétation une timide végétation.

Il doit être posé comme axiome de base que la fumure doit concerner la totalité de la zone radicaire et que toutes dispositions qui tendent à limiter la superficie d'application ne peuvent être qu'une erreur ou un pis-aller.

Application du phosphore et de la potasse

Nos éléments analytiques précédents montrent que pour des terres légères (environ 5% d'argile) ou assez légères (12-15% d'argile), nous avons pu enregistrer l'hypothèse d'une migration maximale:

pour P, de 10 cm en 9 ans sous 8,600 m/m d'eau,

pour K, de 20 cm en 9 ans sous 8,600 m/m d'eau

soit respectivement pour:

P - 1 cm pour une colonne pluviométrique de 820 cm,

K - 1 cm pour une colonne pluviométrique de 410 cm.

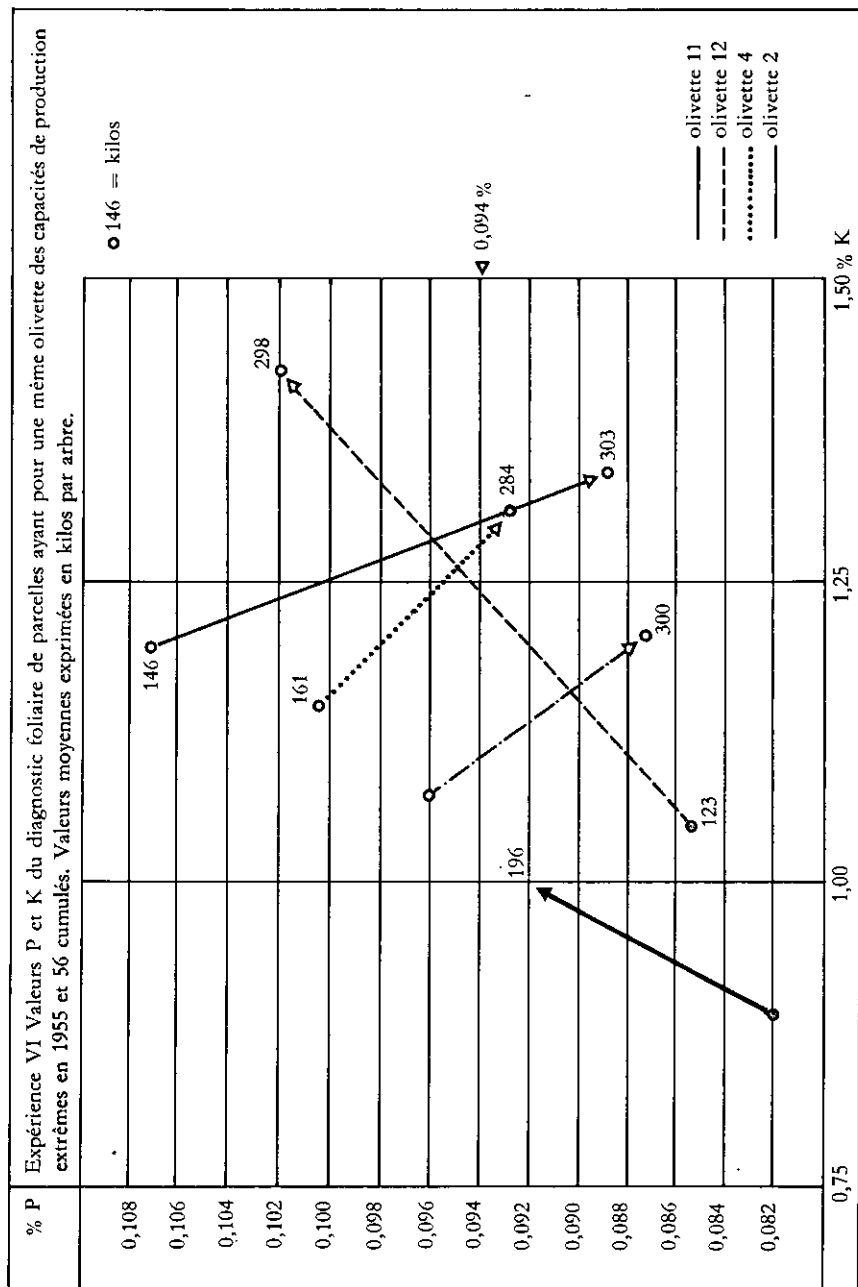
Dans des terrains ayant des teneurs en argile de 15 à 25%, il faudrait réduire ces chiffres peut-être de moitié.

Une répartition progressive et judicieuse de cette fumure devrait s'étendre sur une période de 50 à 100 ans.

Le placement profond s'impose

Il devient dès lors tributaire des moyens d'intervention existants et ceux-ci sont pour l'instant d'une rare médiocrité, étant donné l'objectif à atteindre.

Figure 20



a) Les engrais liquides et le pal injecteur ont pratiquement découragé tous les utilisateurs par la complication et le coût (apparemment seulement) plus élevé des fumures.

b) Présentement, la seule solution réelle réside dans l'usage des dents sous-soleuses de modèles divers avec trémie d'alimentation et convoyage mécanique ou pneumatique de l'engrais.

Les inconvénients sont en fait multiples et montrent que cette technique de fumures profondes est encore au stade des tâtonnements. Mentionnons :

1. Pour aboutir à des profondeurs désirables de 50 cm, il faut déjà mettre en œuvre, en sols sablonneux, des tracteurs à roues de 40 CV au moins.

2. L'usure très rapide des socs, en 20 à 25 heures de travail parfois, implique une surveillance attentive et occasionne des arrêts prolongés pour les réparations.

3. Les obstacles souterrains se révèlent plus fréquents qu'imaginés et le nombre de pannes est proportionnellement très élevé.

4. Il faut agir en sols bien humidifiés sinon la pénétration voulue est impossible à moins d'un effet d'éclatement violent du sol grâce à un matériel puissant avec tous les inconvénients que cela suppose.

5. La largeur de renfort des lames implique une application en ligne droite ce qui n'est pas forcément judicieux là où une adaptation aux courbes de niveau s'impose.

6. La répartition latérale régulière de la fumure est pratiquement une vue de l'esprit.

7. La coupe des racines est en fait le grief principal et met en question la plus judicieuse disposition de coupe.

L'imagination peut donner libre cours à toutes suggestions mais nous pensons que les idées suivantes devraient nous guider.

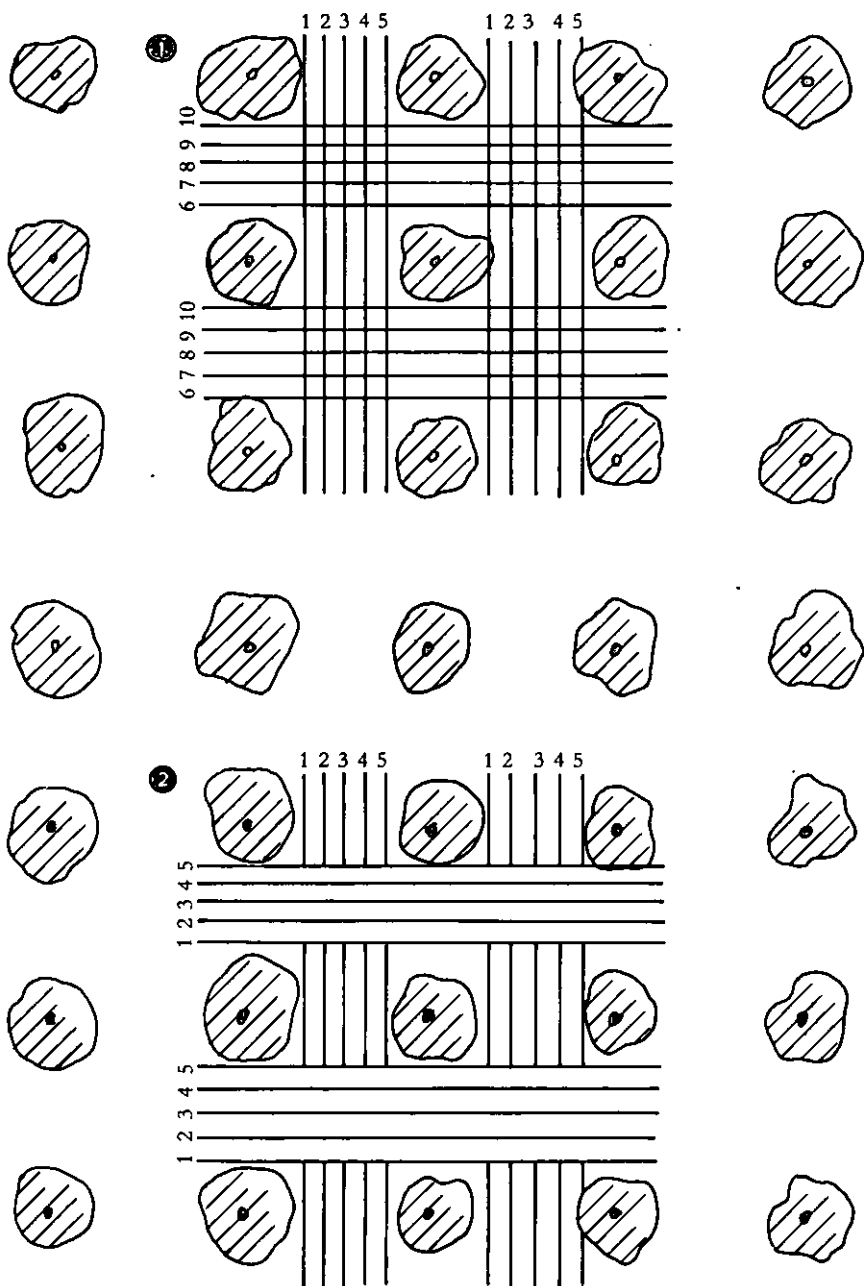
a) Adopter un programme d'actions progressives sur 10 ans au moins et de préférence avec une intervention annuelle et non biennale, avec l'idée de ne pas y déroger, sauf conclusions nouvelles formelles, afin de ne pas perturber totalement l'évolution des racines.

b) Débuter la première intervention la plus proche du tronc, une année de pluviométrie favorable et de préférence, en cas d'alternance, l'hiver de récolte consécutivement à la taille pour que l'arbre puisse sûrement supporter l'intervention avec l'effet dépressif minimum.

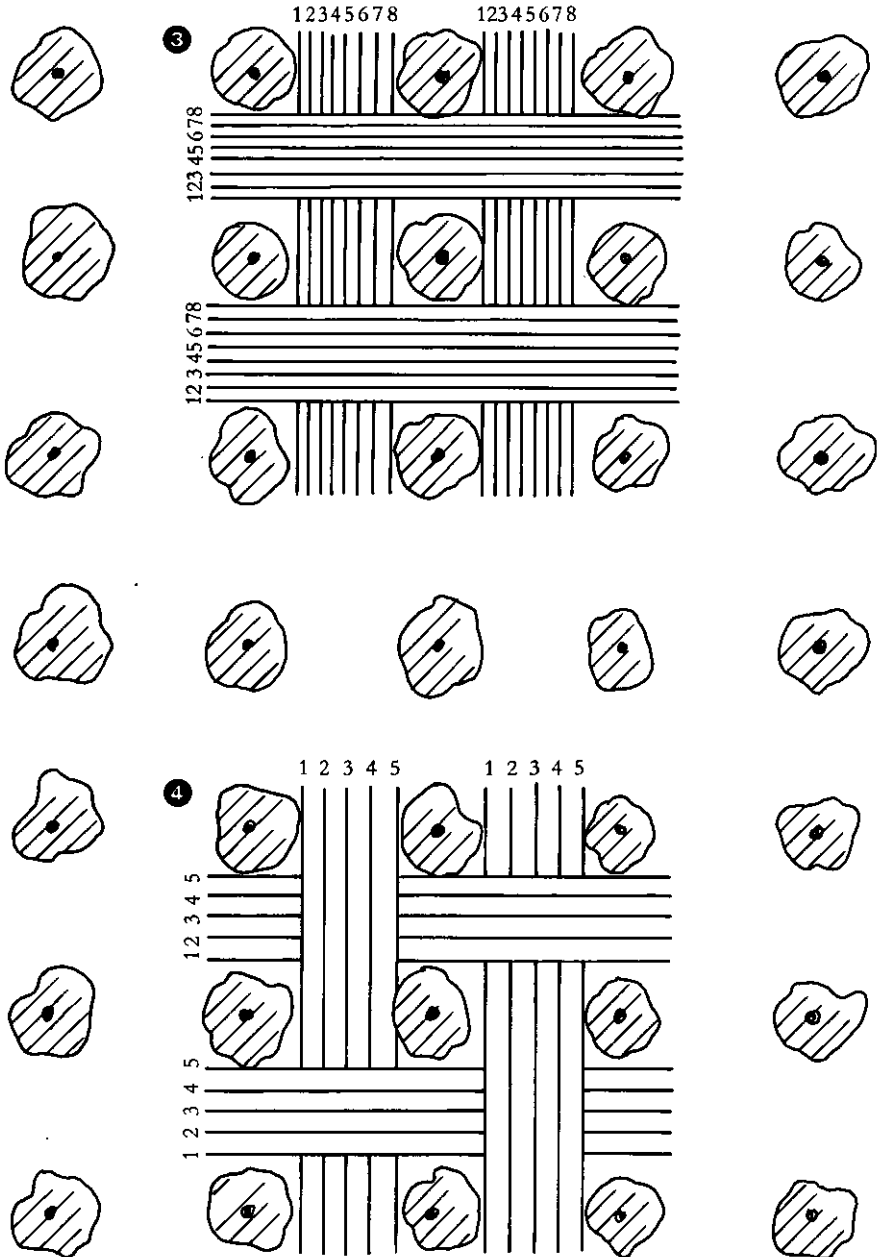
c) En cas d'utilisation du soc sous-soleur, procéder à des applications jumelées ou triplées aussi voisines que possible.

d) Tant à intervenir, intervenir le plus profond possible, mais, en liaison avec l'idée de ne pas faire éclater le sol.

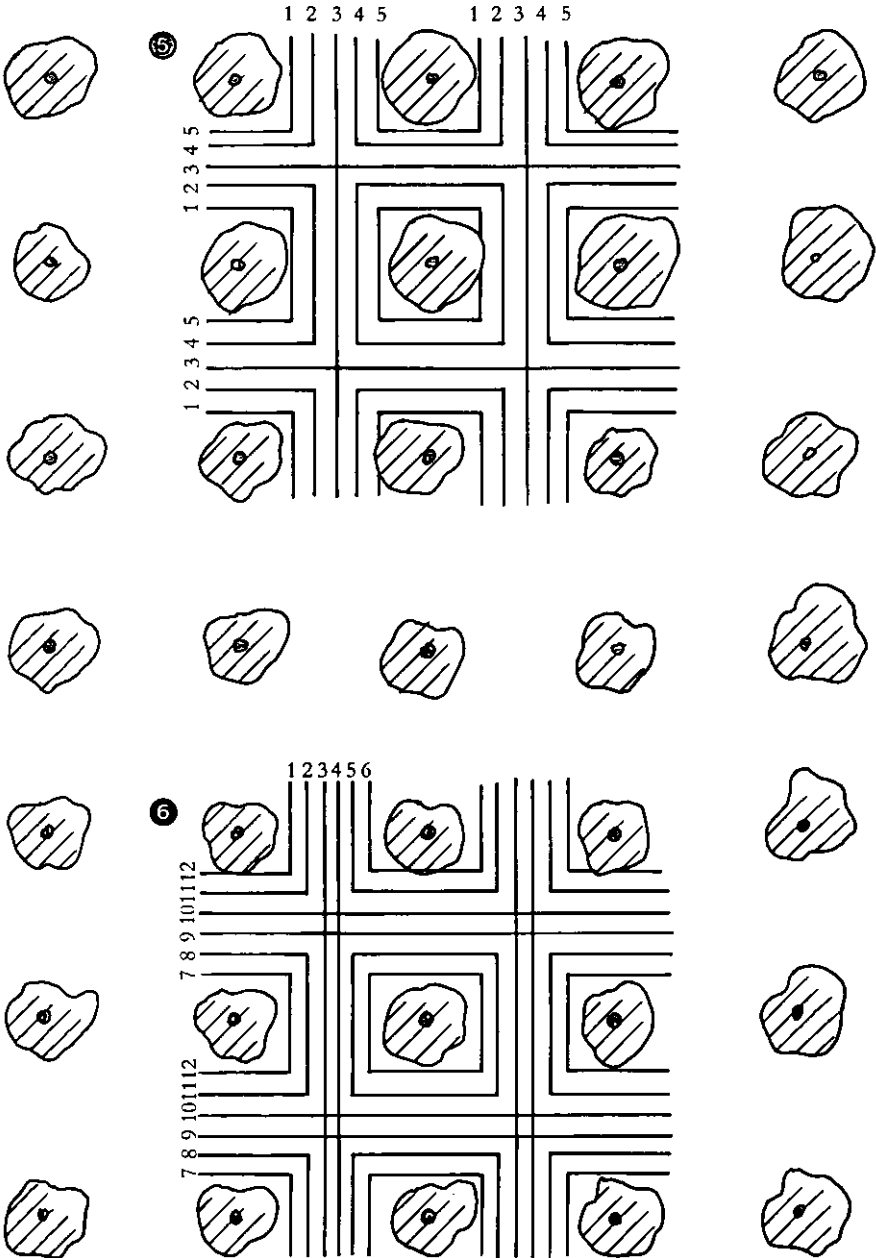
Divers modes possible de localisation des fumures profondes P - K sur plantations anciennes plantées en carré



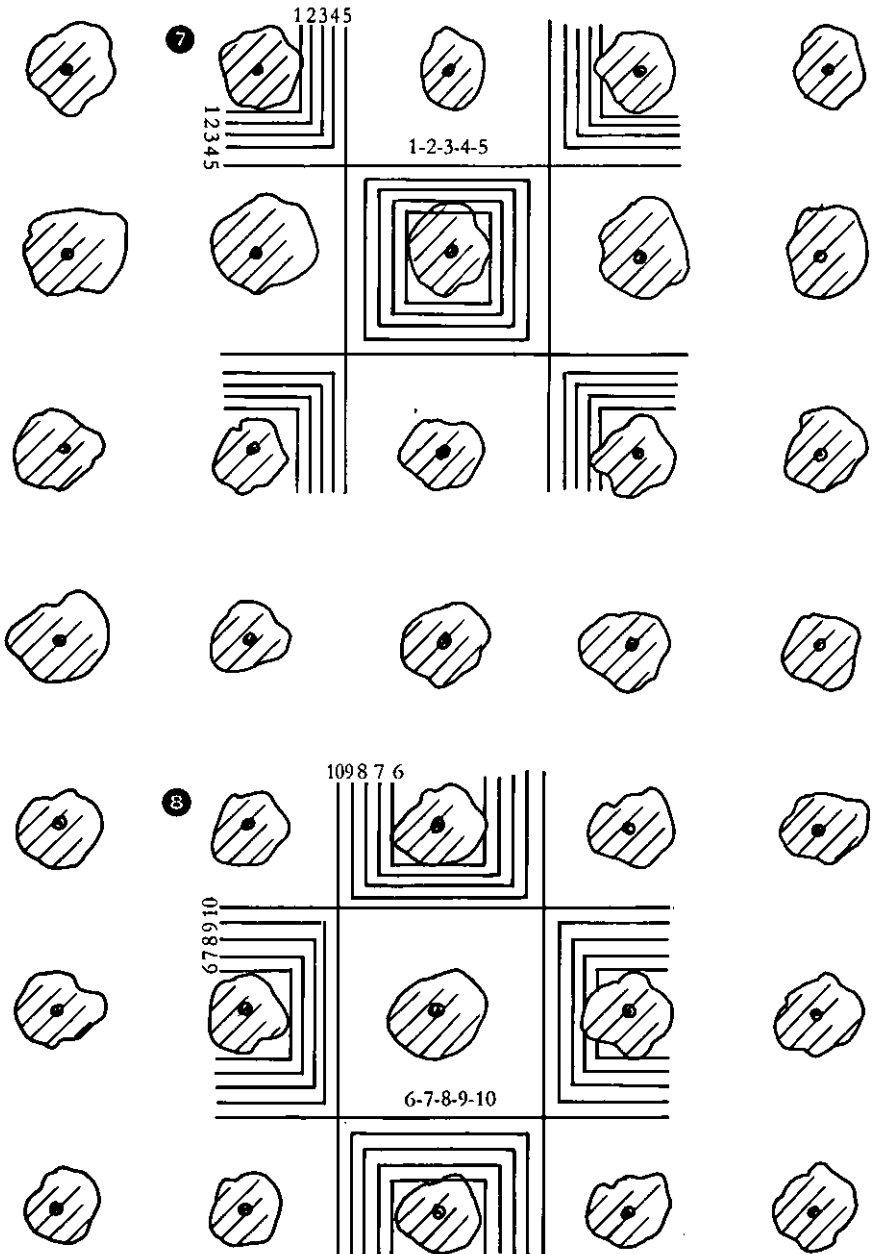
Divers modes possible de localisation des fumures profondes P - K sur plantations anciennes plantées en carré



Divers modes possible de localisation des fumures profondes P - K sur plantations anciennes plantées en carré



Divers modes possible de localisation des fumures profondes P - K sur plantations anciennes plantées en carré



e) Dans le cas des plantations à très grand écartement, ne faire progresser les applications annuelles que jusque vers l'interligne, alors que cette solution apparaîtra impossible ou difficile dans les plantations plus denses où la coupe des racines se ferait sur une face de l'arbre en se rapprochant chaque année du tronc.

f) Ne pas intervenir simultanément en travail croisé lors des premières applications les plus proches, de crainte d'accentuer un phénomène de déséquilibre végétatif.

8. Obligation de confier l'exécution du travail à un personnel très consciencieux qui se préoccupera constamment de la réelle distribution en profondeur de l'engrais, les conduits de glissement étant régulièrement à nettoyer (se méfier des engrais hygroscopiques).

9. Procéder naturellement à l'application simultanée d'un engrais phosphaté dont les faibles doses ne justifieraient pas une deuxième application.

10. Avant tout, l'inconvénient réside dans la localisation de la fumure de l'année sur un volume de terre qui ne représente qu'une fraction infime du cube de terre total prospecté par les racines qui est de l'ordre d'une fraction de pour-cent seulement, ou, au mieux, de 1 à 2%.

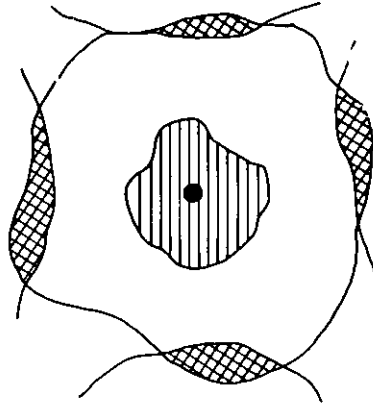
Certes, avec la progression des années, le cumul disponible s'accroît, surtout si la rotation est bien envisagée sur une longue période.

11. Il nous a été donné d'observer une sensible perturbation du réseau racinaire des arbres à la suite de sous-solages à 1 m de profondeur, en terrain relativement sec. Une telle intervention, équivalant à une taille du réseau racinaire, avait été accompagnée d'un ravalement sévère des arbres.

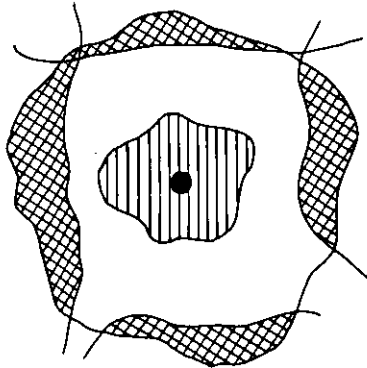
L'effet s'est répercuté pendant plusieurs années dans un sens qui est, selon une première estimation, assez défavorable. Nous en déduisons que autant l'arbre est susceptible de se plier à certains caprices lorsqu'il s'agit du système aérien, autant il est affecté par l'élément racinaire. C'est pourquoi les applications de fumure en profondeur doivent obligatoirement être très soigneusement étudiées et ne pas affecter l'arbre sur une trop grande partie de son système racinaire. L'intervention se faisant sur sol bien humide rendra les opérations bien tranchantes et évitera l'éclatement en mottes.

12. *Le matériel mécanique* pour l'établissement de tranchées a déjà tellement progressé que peut-être, en poursuivant des études, il sera également possible de songer même à l'établissement d'une tranchée de fumures de l'ordre de 60 cm à 1 m de profondeur, ayant de 30 à 40 cm de largeur et qui permettrait de songer à une répartition à tous les horizons de 30 cm à 1 m, des fumures, par des mélanges terre/fumures. Dans cette éventualité, il y aurait peut-être même la possibilité de conjuguer l'incorporation à cette tranchée des bois de taille et de réaliser tout à la fois un ensemble d'objectifs techniquement très cohérent. Une telle conception, si elle pouvait par sur-

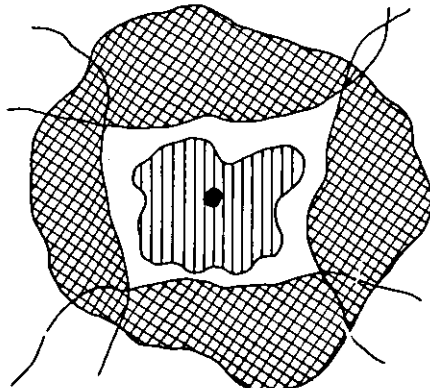
Interférences des réseaux racinaires des oliviers selon la densité adoptée



A Zone aride 17 arbres/ha

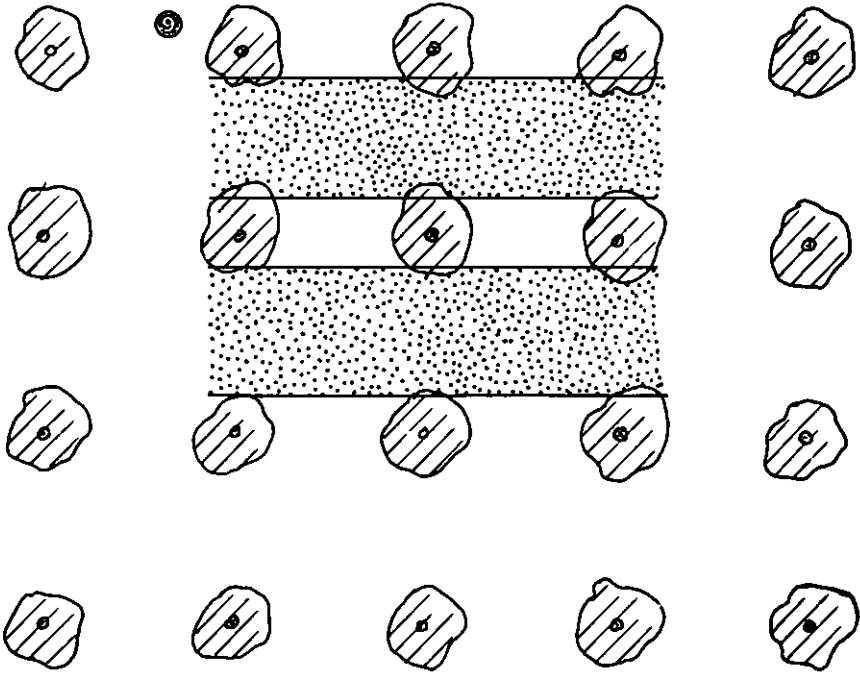


B Zone semi-aride 40 arbres/ha

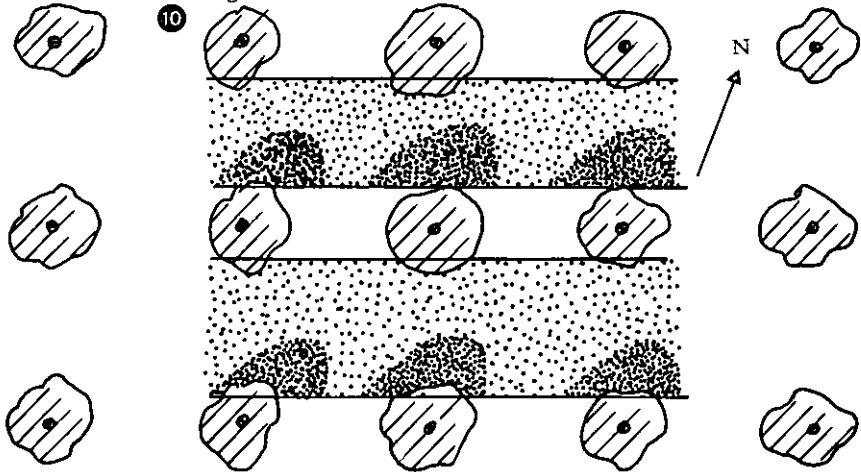


C Zone à bonne pluviosité

Zone de semaille des engrais
verts à l'Enfida



Effet de zone d'ombre sur
engrais vert favorisant la
végétation



croit être adaptée aux plantations en courbes de niveau, améliorerait les problèmes de filtration là où ils se posent assez souvent.

Les constructeurs de matériel gagneront à se pencher sur ce problème de localisation des fumures avec toute l'attention voulue. Il y a là, en puissance, un sujet passionnant à résoudre et qui, demain, connaîtra sûrement une utilisation très généralisée même en dehors du domaine de l'arboriculture.

Peut-être seront-ils concurrencés dans leurs réalisations par les producteurs d'engrais qui sauront apporter aux arboriculteurs les fumures P et K, échappant dans un temps nécessaire à l'action du complexe absorbant.

D. Application de P et K aux jeunes arbres

Naturellement, pour les nouvelles plantations, l'idée d'une application beaucoup plus rationnelle de P et K existe incontestablement.

— Il faudrait admettre d'inclure dans le budget d'investissement de la plantation, celui d'une fumure progressive qui, avec peut-être 15 à 20 années d'avance sur les besoins, chercherait à localiser en avance ces fumures. C'est là un stricte aspect de rentabilité et de trésorerie.

— Une variante consisterait à consacrer, par contre, un effort dès l'entrée en production vers la 8^e-10^e année et de localiser à la mesure de la progression radiculaire prévue.

Dans ces deux alternatives, l'usage d'une application en carré est parfaitement plausible, se faisant à la mesure de l'extension radiculaire (fig. 22).

L'usage des dispositifs hydrauliques sur le tracteur permet aisément de suspendre l'alimentation de l'engrais sur une partie du parcours et de réaliser réellement une application en carré.

Il serait également pensable de suggérer une descente d'application progressivement plus importante, du fait des migrations projetées dans l'avenir et du souci de ne pas contrarier le réseau radiculaire. Nous aurions par exemple:

| | |
|-----------------|----------|
| première année | 35 cm |
| deuxième année | 40 cm |
| troisième année | 45 cm |
| quatrième année | 50 cm |
| cinquième année | 55-60 cm |

VI. Les engrais verts et les matières organiques

Leur usage est plus largement prôné qu'utilisé. En oléiculture, surtout en zone semi-aride, nous avons été frappés à quel point la lutte contre les mauvaises herbes avait jeté l'anathème contre l'usage des engrais verts, à telle enseigne que nombre d'agriculteurs chevronnés reculeraient devant le fait

de tolérer une végétation hivernale raisonnable de peur du qu'en dira-t-on. Il nous est souvent arrivé de recevoir les confidences inquiètes d'amis qui se préoccupaient de voir la végétation adventice dans nos plantations et qui concluaient à un abandon de nos activités.

Parmi les observations qui nous ont le plus frappés se situe la vision, l'hiver 1956/57, de deux plantations côte à côte, l'une de 28 ans, soumise 25 ans durant à une stricte pratique de dry farming classique, l'autre de 15 ans, n'ayant reçu cette pratique que modérément pendant 10 ans et dans laquelle une végétation hivernale était toujours tolérée pendant les périodes prospères depuis 5 ans. Dans des conditions écologiques identiques, le contraste était brutal. Nous pouvons admettre que la somme de matière organique à enfouir se trouvait dans la proportion minimum de 1 à 10, accentuée encore par le fait que la proportionnalité d'éléments à racines pivotantes était beaucoup plus prononcée dans le second cas.

S'il fallait exprimer une valeur « matière verte » ce, sont respectivement environ 7 à 70 quintaux/hectare que nous pourrions observer. Il est clair que l'évolution ultérieure de deux sols de ce type, consécutivement à un enfouissement approprié, ne peut être identique et, par la suite, la production de ces deux sols doit, au cours des décades, se développer différemment.

A. Zones de bonne pluviométrie

(Elles sont encore fréquentes en Méditerranée)

Il est absolument indispensable de ménager à l'engrais vert la première place dans ses soucis d'exploitation. L'importance des petites pénétrations hivernales, d'ordinaire perdues par la dessiccation de surface, surtout en sols plus consistants, représente, avec les rosées constantes et abondantes, pratiquement l'apport humide essentiel à l'engrais vert.

Dans ces zones, l'exploitation oléicole pouvant être financièrement rentable, l'usage d'engrais vert semé paraît indispensable car il constitue la seule possibilité de commander réellement la constitution du tapis végétal et de contrarier la progression souvent désordonnée des herbes adventices. De même, il sera plus facile à l'arboriculteur de juger par le développement concomittant d'une légumineuse et de graminées, de l'évolution nutritionnelle des sols et ainsi de mieux guider les équilibres de fumures selon les observations et les conclusions qu'il jugera opportunes. Il faut également admettre que le coût des semis de la légumineuse pourra souvent en esprit, être compensé par l'enrichissement en azote. Nous avons pu également observer que les légumineuses naturelles sont généralement trop fortement

conurrencées par les espèces plus envahissantes, notamment: chenopodes, orties, matricaires ou mauves. Aujourd'hui, les techniques courantes du Diskall, semoir muni de disques d'enfouissement, apporte aux grandes exploitations la solution économique des semis.

Certes, pour satisfaire aux exigences de la récolte, un semi sous l'arbre peut être évité, ou seulement préconisé, en cas de culture alternante l'hiver de végétation.

Dans cette hypothèse, même les travaux culturaux de récolte n'ont pas lieu de faire des dégâts. Seules peuvent jouer pour certaines années, les applications de fumier de ferme, qui provoquent des dégâts du fait des moyens de transport.

En zone de pluviométrie favorable, il faut considérer que cette faculté de production hivernale abondante que nous accorde le climat méditerranéen, est la compensation la plus efficace aux effets de lessivage et de destruction rapide de la matière organique et que, 8 ou 9 années sur 10, sa réalisation est possible. Le coût de l'intervention pourra être variable selon le coût des semences, nous pensons qu'il ne devrait pas excéder à raison de 80% de la superficie semée, la contre-valeur de 200 kilos d'olives, soit environ le 5 à 7% du coût total de la production de ces zones.

Ce chiffre en soi paraît élevé, il peut raisonnablement être considéré réduit de l'apport d'azote fixé par la légumineuse et que l'on peut schématiser comme suit pour un hectare de plantation:

| | |
|---|------------------|
| 8000 m ² à 3 kg de matière verte = | 24000 kg/ha vert |
| 40% étant la vesce, en poids = | 9600 kg |
| dont la matière sèche = | 1700 kg |
| à raison de 3% de N, la teneur totale | 51 kg |

Nous devons admettre que seul le 50% résulte du travail radriculaire, c'est donc 25 kg d'azote à 0 d,132, soit 3 d,300 (\$ 8.—) qui seraient acquis.

Ce chiffre paraît élevé et doit être considéré comme un maximum. Nous pensons que valablement, la demi-valeur de l'opération engrais vert doit être considérée comme payée par l'acquisition d'azote dans le cas de l'intervention d'une légumineuse dans cette production et pour autant que l'évolution proportionnelle reste en faveur de la légumineuse, ce qui n'est pas toujours facile à obtenir.

B. Zones irriguées

Nous pouvons assimiler à cette conception des engrais verts en zones favorables, ceux également à appliquer ou à préconiser dans les zones semi-arides de moins de 600 mm où l'irrigation rationnelle est appliquée. Dans

Tableau 12 Expériences 1 et 2 - Plantations N° 3 et N° 12 irriguées
 Domaine de l'Enfida - Essai : Engrais verts
 Kilos de fourrage vert récoltés sur 9 parcelles 9 x 6 m²

| | N ₀ | N ₁ | N ₂ | En % de la récolte totale | | | |
|------------------------|----------------|----------------|----------------|---------------------------|----------------|----------------|-------------|
| | | | | N ₀ | N ₁ | N ₂ | |
| Avoine | 4,560 | 9,925 | 14,280 | Avoine Vesce | 30,3 41,3 | 54,6 19,0 | 62,5 6,5 |
| Vesce | 6,210 | 3,460 | 1,485 | | | | |
| Avoine + vesces | 10,770 | 13,385 | 15,765 | Total | 71,6 | 73,6 | 69,0 |
| Autres légumineuses | 3,415 | 1,965 | 1,465 | | | | |
| Autres herbes | 0,835 | 2,820 | 5,615 | | | | |
| Total autres herbes | 4,250 | 4,785 | 7,080 | | | | |
| Total général | 15,020 | 18,170 | 22,845 | 71,6 | 73,6 | 69,0 | |

ce cas, les engrais verts prélèveront une partie des réserves hivernales dont l'irrigation, 8 ou 6 mois par an, constituera la compensation utile.

Une première année d'étude d'engrais vert a été réalisée sur 2 blocs expérimentaux de fumure N, P, K à deux niveaux 0, 1, 2 comportant 27 parcelles, chacun distribué en 3 sous-blocs de 9 parcelles. Les résultats analytiques seront publiés simultanément avec ceux d'une seconde année mais, d'ores et déjà, les observations suivantes se dégagent.

1. L'azote au niveau N₂ a seule significativement accru les productions.
2. Simultanément, les applications d'azote se sont révélées avoir une incidence majeure sur la composition relative des espèces, comme il résulte du tableau 12.
3. Les documents ultérieurs montreront par contre, comment, N et P agissent significativement sur l'accroissement total de la teneur de l'engrais vert, tant en N qu'en P, K et Na, alors même que K augmente la teneur en K et diminue très fortement les absorptions de Na.
4. La prédominance des graminées pourra être fortement mise en relation avec la diminution de Ca et il sera sûrement toujours judicieux de porter une attention particulière à cet élément très important pour notre oléiculture.
5. Nous avons pu observer également nettement que l'application du phosphore, en favorisant simultanément la légumineuse et la céréale, contribue, pour le prix le plus faible, à hausser le développement de la légumineuse dont l'apport en N sera d'autant plus important.

Tableau 13 Coût de la restitution de N,P,K pour la production de 1 kilo d'huile totale, soit 880 g d'huile extractible

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---------------|----------------------------|---|--|--|---|--|
| Elé- ments | Nature de l'engrais | Teneur en unités | Valeur en Dinars de l'engrais appliqué en | | Valeur unité fertile en Dinars tunisiens | Valeur unité fertile en \$ US |
| | | | Surface | Profon- deur | | |
| N | Ammonitre | 20,5 | 2,700 | | 0,132 | 0,314 |
| P | Superphosph. 16 % | | | 1,380 | 0,197 | 0,47 |
| K | Sulfate de potasse 48 % | | | 3,780 | 0,097 | 0,23 |
| 1 | 2 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 |
| Elé- ments | Nature de l'engrais | Besoins théori- ques uni- tés ferti- les de 1kg huile to- tale en g | Besoin en poids d'engrais en g | Valeur en milli- mes et Dinars tunisiens | Valeur en Cents et Dol- lars US \$ 1.- = 0 d,420 | Pour- centage du total |
| N | Ammonitre | 44,47 | 216 | 5,91 | 1,41 | 50,8 |
| P | Superphosph. 16 % | 3,303 | 20,6 | 0,65 | 0,155 | 5,6 |
| K | Sulfate de potasse 48 % | 52,48 | 109 | 5,08 | 1,21 | 43,6 |
| | Total | | 345,6 | 11,64 | 2,775 C | 100 % |

Nous en dégagerons l'idée que vu la forte fixation en surface de P et nous souvenant d'un risque d'apport trop élevé de P est susceptible d'être antagoniste avec K, il resterait peut-être judicieux dans les cas l'autorisant, de favoriser l'évolution des engrais verts par un léger apport de P de l'ordre de 15 à 20 kg/ha par exemple.

La proportion des associations légumineuses et graminées est si fortement conditionnée par l'état des fumures et le volume total si contrasté, que l'agriculteur gagnera beaucoup d'avoir dans un premier temps, expérimenté l'engrais vert le plus judicieux pour ses terrains, surtout si la faible rentabilité de son exploitation lui interdit l'intervention d'une fumure sur l'engrais vert.

Tableau 14

| Coût d'un engrais vert classique vesce-orge | | |
|--|------------------|--------|
| | Dinars Tunisiens | \$ U S |
| 1. Coût des semences: | | |
| 0,8 ha à 40 kg d'orge x 2 d, 200 = | 0,880 | 2,10 |
| 40 kg vesce x 3 d, 800 = | 1,520 | 3,62 |
| | 2,400 | 5,72 |
| 2. Coût du semis y compris amortissement du matériel et des frais généraux de l'opération: | | |
| 1 d, 200 l'ha, soit 0,8 ha | 1,000 | 2,38 |
| 3. Frais supplémentaires d'enfouissement; 2 passages de cover-crop ou de disques crénelés à: | | |
| 0 d, 900 l'ha, soit 0,8 ha = 0,720 x 2 | 1,440 | 3,43 |
| Coût total de l'opération | 4,840 | 11,53 |
| A raison de 0,024 le kilo d'olives sur l'arbre, le coût d'une telle intervention est de environ 200 kg d'olives ce qui, pour des densités de 80 à 100 arbres, représente 2 à 2,5 kg d'olives ou environ, dans les bonnes exploitations courantes, le 5 à 6 % de la production moyenne. | | |

L'usage de la végétation spontanée est peu recommandable car nos observations depuis 10 ans montrent que la composition de la flore est en constante modification et la présence des légumineuses rare. Fréquemment aussi, l'enfouissement est décidé par l'état du tapis végétal et l'on ne peut pas se préoccuper de laisser venir en graines une partie de la production en vue des restitutions de semences ultérieures. Par ailleurs, selon la période des précipitations, la flore est très différente et souvent les espèces utiles plus tardives, par exemple, sont sacrifiées en faveur des espèces moins prolifères de début de saison.

Une autre observation utile de cet hiver est également l'absence totale de réaction d'un engrais vert vesce-orge aux enfouissements profonds d'engrais P et K destinés aux arbres et appliqués à 35 et 50 cm de profondeur. Cette observation confirmée sur 300 hectares était assez inattendue.

Nous pourrions en déduire qu'une localisation profonde et judicieuse des fumures n'est pas perturbée par l'engrais vert dans sa destination localisée et qu'abstraction faite des phénomènes de rétrogradation dont nous ignorons aujourd'hui l'ampleur et le mécanisme, de telles applications profondes

seront effectivement mises intégralement à la portée du réseau racinaire de l'arbre.

Au cours de cet hiver, il nous a été également donné d'observer, en janvier, le contraste saisissant entre deux limites d'exploitation sur une bordure très riche en matière organique et d'une zone pauvre; la délimitation absolument tranchée de la zone favorable ayant une luxuriante végétation d'engrais vert, la zone voisine manifestant tous les signes de siccité et de médiocrité. Or, l'examen par prélèvements profonds devait révéler des disponibilités en eaux profondes très voisines: l'engrais vert aura donc peu puisé aux dépens des réserves de l'arbre.

Autre effet de la matière organique: nous pouvons signaler avoir été frappés par le contraste de développement d'arbres ayant, pendant 10 ans, bénéficié d'un complément de matière organique dans leur zone de prospection immédiate et qui montrent aujourd'hui une avance de développement général de 3 à 4 ans par rapport à leurs voisins immédiats, n'ayant pas bénéficié de cet apport.

C. En zone semi-aride de 300 à 600 mm

L'usage des engrais verts devient plus délicat. Nous pensons toutefois que 4 à 5 années sur 10 cette production est possible et justifiée. Nous inclinons à conseiller, lors des pluies automnales particulièrement abondantes, un semis dont le coût d'intervention sera d'autant plus supportable qu'il pourra, en trésorerie, coïncider avec la spéculation d'une bonne année de production en cours ou prévisible, du fait précisément de ces fortes précipitations.

Certes, une décision d'enfouissement sera toujours difficile à prendre, soit qu'elle restreigne les possibilités d'accroissement de l'engrais vert, soit qu'elle tende à restreindre les réserves humides du sol.

Il nous a été régulièrement possible d'observer, sur les alignements de semis, des graduations de végétation d'abord difficiles à définir mais qui apparaissaient chaque matin comme étant celles des limites de rosée après le lever du soleil. En d'autres termes, la zone d'ombre hivernale de l'arbre se répercute d'une façon favorable sur la végétation vesce-orge par exemple. Or, des disponibilités en eau plus élevées apparaissent en cet endroit, notamment grâce aux abondantes rosées, mais aussi au microclimat particulier qui aura exercé son effet répété sur la végétation de l'engrais vert ainsi que sur la vie microbienne de cette zone d'ombre où la fertilité en est accrue. Ce point mérite d'être rappelé en ce sens qu'il pourrait, en cas d'application de fumure minérale à la main, faire l'objet de mesures de discrimination appropriées.

Cependant, il est un cas où, dans cette zone, cette pratique des engrais verts semés ou non devrait être généralisée: Nous songeons aux nouvelles plantations. Un usage constant prévoyait déjà la culture céréalière pendant 7 ou 8 ans. Dans ce cas, l'enfouissement des pailles pour le moins, devrait être réalisé mais l'expérience montre qu'il n'est pas toujours facile d'assigner aux cultures intercalaires la place et les réserves en eau voulues. L'exemple a été constamment renouvelé où l'exploitant, se consacrant à ses arbres seuls et négligeant les productions annexes, arrivait dès lors, la 6^e ou 7^e année de travail de ses oliviers, à une production très intéressante. Cette idée est à pousser. Si l'engrais vert est pratiqué conjointement à des travaux culturaux 8 mois par ans, lesquels viseront outre la lutte contre le chiendent et autres espèces xérophyles d'été au travail de dry farming, nous pouvons prédire à tout exploitant un succès certain dans sa création oléicole.

Cette notion de l'engrais vert, du maintien ou de l'accroissement de la matière organique en oléiculture, aura avant tout inspiré nos considérations sur les nouvelles techniques de plantation à préconiser (6¹) où nous avons songé à la juxtaposition d'un impluvium à chaque arbre, lié avant tout à l'idée de ne pas détruire la matière organique existante, mais surtout de pouvoir consacrer une partie des ressources de l'impluvium en eau à l'accroissement de la production d'engrais vert.

D. Zone aride 150 à 250 mm

Naturellement, le cas des zones arides dont les plantations se contentent de 200 mm ou moins de moyenne décennale, constitue un cas extrême à examiner sous l'angle engrais vert.

1. Observations certaines: A l'origine, les sols de ces régions disposaient de 1,5 à 3 ‰ d'humus; après 50 à 70 ans l'analyse révèle des traces, rarement une fraction de la valeur originelle.

2. Ramenées à l'unité d'arbre, les teneurs originelles correspondant à des doses de disponibilité totale voisines de celles des autres régions, ayant 2, 3, 5 fois plus d'arbres à l'hectare et des doses d'humus effectives de 2, 3, 5 fois supérieures.

3. Il y a concomitance de la disparition de l'humus avec l'annonce ou le constat du déclin.

4. Les cultures existantes ou à créer doivent repenser le problème et accorder à l'humus la considération voulue.

5. Les solutions sont à étudier et à expérimenter selon le schéma suivant:
– Priver l'arbre d'une partie de sa zone d'extension en faveur d'un impluvium connexe à établir d'une façon judicieuse.

– Utiliser une partie de l'eau excédentaire réunie 4 ou 6 années sur 10 pour la production d'un engrais vert approprié, conjointement aux fumures

jugées opportunes. Mettre au point l'espèce et le mode de croissance de l'engrais vert le plus approprié en s'orientant vers des légumineuses xérophytes de croissance hivernale.

Dans les raisonnements concernant les zones méditerranéennes bordant la mer, il faut aussi se souvenir, dans les raisonnements à long terme relatifs aux zones semi-arides et arides, de la très forte interférence possible de l'apport annuel du chlorure de sodium par l'atmosphère et les pluies qui représenterait, selon *Soulmagnon (33)*, environ 90 kg/ha.

On conçoit que sur 50 ou 70 ans de culture de l'olivier les tonnages de cet ordre, soit par exemple 5 tonnes de Na Cl/ha, finissent par induire des facteurs très particuliers.

En effet, souvenons-nous que l'arbre intervient là en tant que facteur pédologique par le prélèvement de l'eau, véhicule essentiel des chlorures qui sont moins drainés qu'en terre non complantée où les eaux de pluie accèdent à des profondeurs de 5 à 6 mètres, d'où aucune végétation herbacée ne la tire.

Dès, lors nous pouvons imaginer les perturbations en chaîne que suscite sur K, Ca, Mg et la fraction d'humus, une teneur régulièrement croissante de NaCl.

Il est possible aussi que ce ne soit que dans cette seule notion que réside l'origine du déclin des territoires plantés d'arbres en zone aride ou semi-aride.

Autres matières organiques

A. Fournies par l'arbre

Toutes ces notions de l'humus et des engrais verts paraîtraient couramment comme une évidence ou mieux, une banalité; songeons cependant que la première matière organique que produit l'oléiculteur: le bois et la feuille (ensuite seulement, les olives, hormis une fraction que l'obstination de la nature fait choir sur place), est l'objet d'une destruction à raison de 95% par le feu. En Tunisie, abstraction faite de 15% du feuillage pouvant être destiné au bétail, certaines années et dans certaines zones encore, nous pouvons estimer, au moyen des valeurs figurant au tableau 2, la production totale minimum en matière organique participant conjointement à la production de 60000 tonnes d'huile, comme pouvant être de l'ordre de:

| | |
|---|-----------------------|
| feuilles..... | 35 000 tonnes |
| bois..... | 60 000 tonnes |
| matière sèche déshuilée des olives..... | 75 000 tonnes |
| | <u>170 000 tonnes</u> |

Ce total, qui représente 17000 wagons de chemin de fer, est livré à l'usage des fours de tous ordres. Cette situation n'est pas propre à la Tunisie du

reste. Nos expériences récentes ont montré qu'un effort de récupération des feuilles pouvait être réalisé aisément s'il, est loisible de laisser stationner le bois en alignement durant 1 mois environ sans crainte d'effet parasitaire pour les plantations.

Le coût de livraison rendu magasin, compte tenu certes d'un bas prix de la main-d'œuvre féminine se consacrant à cet effort, a été réduit à environ 1 d,300 (\$ 3,10) pour la tonne et ce, sur quelques 400 tonnes recueillies, ce qui représente le quart du coût d'un fourrage semé, bottelé, rendu magasin. Or, l'expérience d'alimentation avec cette matière a toujours montré son très grand intérêt puisque nos calculs l'interprètent pour 0,44 unités fourragères.

Il y aura là une formule de restitution organique par l'élevage qui devrait être vulgarisée et développée et permettrait le retour, sous forme de fumure, sur certaines exploitations du moins. Si, par contre, une telle récupération à titre de fourrage paraissait d'un intérêt médiocre, pour un coût de 0 d,500 la tonne dans nos régions, il serait possible de laisser sur place l'intégralité de ces feuilles dont l'efficacité n'a pas besoin d'être démontrée. Ce prix de 0 d,500 est la valeur couramment attribuée au fumier de ferme dans ces régions, à raison de 50% d'humidité, ce qui mettrait là encore la matière organique à un prix très réduit sur place, c'est-à-dire représentatif par kilo d'huile de 0 d,035, soit 2,5 pour mille de la valeur de la récolte sur l'arbre. Cet apport serait à limiter à la seule zone sous la frondaison et représenterait par arbre susceptible d'une production de 10 kg d'huile l'an, outre la chute naturelle des feuilles, une restitution de 7 kg par an soit sur 4 ans avec 28 kg, la contrevaletur de la matière organique de 70 kg de fumier de mouton et en valeur d'éléments tels que mentionnés au tableau ci-dessous :

| | Teneur des feuilles | Pour 7 kg arbre et en kg | Pour 280 kg ha et en kg | | Valeur totale ha |
|---|------------------------|--------------------------------|----------------------------|-----|---------------------|
| N | 1,6 | 0,450 | 18 | 132 | 2,400 |
| P | 0,09 | 0,025 | 1 | 197 | 197 |
| K | 0,9 | 0,2 | 10 | 97 | 970 |
| Recette totale | | | | | 3,567 |
| Dépense de récupération 1,120 kg × 0 d, 500 = | | | | | 560 |
| Profit théorique en faveur de la plantation, environ | | | | | 3,000 |
| En cas de vente pour brûler valeur nette payée au départ arbre, environ 1 millime soit pour 280 kg = | | | | | 280 |
| Permettant toujours une plus - valeur nette de | | | | | 2,720. |

Rappelons que dans les zones arides où, aujourd'hui, les arbres sont arrachés lorsque les plantations sont perdues, le seul lieu où une maigre végétation accepte de s'installer est celle de la zone circonférentielle de l'arbre où, pendant 70 ou 80 ans, le 15 à 20% des feuilles sont tombées sur place et où également, devons-nous le dire, l'ombrage aura contrarié la destruction de la matière organique en lui évitant l'effet des très hautes températures solaires qui sont également à l'origine de la destruction plus rapide de la matière organique.

B. Matière organique extérieure

L'application des fumures de ferme mériterait une mention car, dans les zones de polyculture et également dans celles où l'élevage est connexe aux plantations irriguées, comme chez nous, la question de l'utilisation des fumiers de ferme peut se poser. Certes, des cultures plus riches revendiqueront d'abord les fumiers mais, si des disponibilités existaient, pour l'olivier irrigué notamment, nous préconiserions une application tous les 4 ans par exemple et à une dose copieuse, justifiant mieux un travail soigné d'enfouissement qui, évidemment, est indispensable; par exemple 300 à 400 kilos au moins par arbre ayant un potentiel annuel de 10 à 20 kg d'huile. Nos applications antérieures avaient lieu entre les rangées d'arbres à l'épandeur mécanique et se trouvaient enterrées aussitôt mécaniquement. Cette solution sensée, car mettant à disposition immédiate des racines l'aliment le plus équilibré qui soit, nous a paru à l'examen et à la réflexion comme une erreur. En effet, la zone radiculaire, hors de la frondaison basse des arbres, est celle qui de toute façon, est, la plus accessible à toutes les interventions de l'exploitant:

labours

irrigations

sous-solage

applications profondes et de surface des fumures donc les plus aisément susceptibles, en cas d'effort de rénovation ou d'amélioration foncière visant la fertilité de l'arbre, de contrarier également le moins possible l'élément primaire du système radiculaire.

Or, l'application des fumures sous la frondaison laisse espérer le conditionnement optimum du sol du point de vue de la fertilité de la zone du tronc où les interventions profondes notamment sont les plus mal aisées, les travaux du sol souvent les moins bien exécutés et où l'intérêt d'une intense faune souterraine est le plus recherché en vue de susciter une aération de cette zone qui est indispensable à l'olivier très sensible aux effets d'asphyxie.

Il est vraisemblable aussi que l'apport du fumier peut susciter dans la zone la plus précieuse de l'arbre, un enrichissement ou un maintien d'oligo-éléments qui peuvent ou doivent jouer un rôle certain. Nous devons rappeler à ce propos le déclin rapide définitif semblait-il, de quelques arbres dans une parcelle irriguée où la très mauvaise qualité physique du sol (compacité en poudingue) liée à des teneurs certes faibles mais non exceptionnelles de N, P, K, Ca, Mg, nous a laissé très perplexes pour prendre une décision.

Une application de fumier de ferme assez copieuse de l'ordre de 500 kg liée à un piochage à 25 cm sous la frondaison et accompagnée d'une irrigation au tronc répétée deux fois dans la saison (que nous évitons habituellement) (Bibl. 6) a permis un excellent départ végétatif et depuis 4 ans, les arbres se portent bien. Il est à présumer que les oligo-éléments ont pu être à l'origine du phénomène et de son remède. Cet aspect majeur du fumier en tant que pourvoyeur d'oligo-éléments méritera de rester toujours présent à l'esprit.

L'enfouissement nécessaire du fumier qui devra s'opérer à la main, peut se conjuguer durant les périodes d'octobre/novembre/décembre, avec l'obligation du ramassage des olives au sol et de la destruction de la végétation sous l'arbre à la veille proprement dite de la récolte d'olives.

Selon une antique tradition de la région de Sousse (Tunisie) dont il nous a été fait mention, le peu de fumure disponible chez l'oléiculteur était appliquée par les anciens sur la section Nord de l'arbre. Nous pensons que cette disposition, judicieuse en soi, tendait à confier précieusement au sol un produit coûteux qui se trouvait, dans la section Nord de l'arbre, exercer vraisemblablement plus longtemps un effet bénéfique visible. Avec la tendance à l'abaissement maximum de frondaison, une telle disposition n'apparaît plus tellement indispensable bien qu'il faille la rapprocher de la remarque se référant aux zones d'ombre des engrais verts.

Aspect financier des fumiers

Dans nos régions, il est courant que le fumier soit acquis sur la base de 0 d,800 à 1 d,000 la tonne base matière sèche, départ exploitation. Nous devons retenir ce coût pour l'établissement des frais d'application qu'une expérience suivie nous permet d'estimer ainsi:

| | |
|--|---------|
| Valeur 400 kg fumier à raison de 1 d. base sèche = | 0 d,200 |
| Chargement, déchargement, transport sur 5 km = | 0 d,090 |
| Epannage aux pieds | 0 d,025 |
| Binage d'enfouissement | 0 d,045 |
| Total | 0 d,360 |

| | |
|--|---------|
| Prévu tous les 4 ans, cet apport nécessite par an | 0 d,090 |
| soit à raison de 100 kg d'olives l'an, valant 0,022 sur l'arbre | 4% |
| soit à raison de 50 kg d'olives | 8% |

Cette dernière indication montre immédiatement que le fumier ne peut être compatible qu'avec un potentiel de haute production et qu'il ne peut intervenir que très exceptionnellement.

VII Données économiques des fumures

A. Coefficient d'utilisation des fumures

Nous n'avons pas pu retrouver d'éléments analytiques mentionnant, pour nos sols méditerranéens, des coefficients d'efficacité des fumures notamment dans le cas de l'arboriculture.

Tableau 15 Valeur de 1 kg huile totale représentative de 880 g d'huile commercialisable

| | Dinars tunisiens | Dollars US |
|---|------------------|-----------------|
| Valeur de vente 1 kg d'huile super extra de moins de 0,3° d'acidité, type Enfida, campagne 1960/61 moyenne | 0,195 | 0,465 |
| Valeur des sous-produits accompagnant 1 kg d'huile, soit en moyenne pour pulpe et noyaux sans huile d'amandon, 8% | 0,015 | 0,037 |
| Valeur des sous-produits arbre, feuilles, bois | 0,0015 | 0,0036 |
| Valeur totale pour 1 kg d'huile extrait ou pour 1 kg d'huile totale soit 880 g | 0,212 0,187 | 0,5056 0,445 |
| <i>Frais industriels et divers à la tonne d'olives</i> | | |
| Production à la tonne d'olives avec les sous-produits de l'olive | 4,500 | |
| Taxes | 2,060 | |
| Transports divers dont bois et sous-produits | 0,700 | |
| Cueillette, en moyenne avec surveillance, organisation et transports huilerie | 5,500 | |
| Total en Dinars tunisiens | 12,760 | |
| ou en \$ US | 30,4 | |
| Soit au kg d'huile extractible (88%) pour 18,5% de teneur totale: | | |
| 12,700 = | 0,069 | 0,164 |
| 18,5 | | |
| Valeur nette 1 kg d'huile totale sur l'arbre ou 880 g extractible | 0,118 | 0,281 |

Pour l'azote, sauf cas de tirsification à 1-1,20 m tel que nous l'observons fréquemment, la préhension radulaire doit pouvoir être quasi totale même si par la rétrogradation hivernale possible, un report saisonnier est réalisé.

Pour P et K, la réponse est moins formelle puisqu'il faudrait connaître les hypothèses de rétrogradation dont l'éventualité est différente pour chaque type de sol. Vu peut-être à échéance de plusieurs années et compte tenu de la fixation prononcée des apports, une libération progressive totale doit se réaliser ce que nous autoriserait à faire abstraction de ce coefficient.

B. Coût théorique d'une fumure de restitution

Sur la base de nos investigations précédentes, les besoins théoriques pour la seule restitution, affecteraient au kilo d'huile totale les valeurs mentionnées au tableau 13 si nous considérons le 17% du feuillage comme retournant au sol.

Ramené à la valeur moyenne sur l'arbre de l'huile totale (tableau 15) le besoin théorique de restitution coûterait donc :

$$\frac{0 \text{ d},01164}{0 \text{ d},118} = 9,86\% \text{ soit de l'ordre de } 10\%$$

ou pour N = 5,08%
 ou pour P = 0,56%
 ou pour K = 4,36%

Ramené à la valeur huile sortie usine, nous aurons :

$$\begin{array}{l} \text{coût total } \frac{0 \text{ d},01164}{187} = 6,23\% \\ \text{soit N} = 3,16\% \\ \text{soit P} = 0,35\% \\ \text{soit K} = 2,72\% \end{array}$$

Ce chiffre propre aux données économiques tunisiennes paraîtra aujourd'hui à l'oléiculture moyenne de notre pays, comme une charge en disproportion avec les possibilités réelles de cette culture si cette dépense ne devrait entraîner pour l'intéressé, que la seule pérennité de la fertilité de ses exploitations, toutes autres conditions devant naturellement rester favorables.

Ainsi cette charge telle que définie de par son caractère proportionnel à la production, apparaîtra d'autant plus aisément supportable que l'intervention des valeurs non proportionnelles de prix de revient sera moindre, ce qui est le cas seulement dans les zones de production maximum ou optimum.

En d'autres termes, la fumure deviendra financièrement d'autant moins conciliable que la productivité sera moindre.

Mais, il découle aussi de ces chiffres :

- que la fumure phosphatée est négligeable en tant que coût d'intervention et qu'elle pourra donc toujours intervenir;
- que la fumure potassique avec environ 4% de la valeur de la récolte, valeur plus abordable, devrait obligatoirement, si le diagnostic foliaire ne fait pas état de hautes teneurs, être l'objet d'une application automatique de substitution car son coût pourrait être encore conciliable avec les prix de revient de production, sous réserve que ce soit dès le jeune âge, c'est-à-dire entre 15 et 20 ans, qu'une telle pratique soit adoptée et que l'on capitalise peut-être une assurance;
- dès lors l'intervention de N se ferait toujours avec l'aide du diagnostic foliaire à la dose sensément la plus limitée.

Dans les zones particulièrement difficiles, il est possible de recommander, pour des raisons de simple psychologie financière, une forte intervention de fumure P et K les hivers de très forte production. En effet, après ces productions il est nécessaire de tailler fortement et les applications profondes sont donc, a fortiori, moins délicates. En outre l'agriculteur disposant d'une trésorerie abondante envisagera plus volontiers un effort financier dont il ne peut qu'entrevoir l'intérêt.

La capacité optimum de production à l'unité de disponibilité hydrique doit, dans bien des zones où ce facteur est limitant, être susceptible d'une légère amélioration en fonction d'un équilibre alimentaire meilleur. L'observation tend à démontrer que de la 15^e à la 25^e année, la faculté d'une moindre alternance existe tout en atteignant des chiffres de production parfois plus élevés que la moyenne des adultes de 40 à 50 ans.

L'état des tissus conducteurs et donc le meilleur métabolisme durant la jeunesse de l'arbre; l'état optimum des réserves alimentaires du sol mobilisées par une période de bonne culture intervient avec tout autant de probabilité à condition qu'elles ne soient ni trop lessivées ni trop épuisées par les prélèvements des récoltes.

Nous arriverions donc facilement à la conclusion que bien fumé et soigné d'une façon appropriée notamment du point de vue taille, l'arbre poursuivrait longtemps une évolution montante et accuserait des poussées de production absorbant aisément le 10 à 12% résultant du coût des fumures. Certes, cette démonstration reste à faire et demandera peut-être longtemps à être établie.

Du reste, dans ces zones arides ou semi-arides, l'expérience des plantations récentes a toujours conclu à la préférence des sols très légers et donc

très pauvres, comme susceptibles du développement le plus rapide et donc le plus rentable, ceci naturellement en raison du pourcentage de pénétration de l'eau et donc des disponibilités hydriques importantes.

L'expérience tout aussi récente du déclin de la productivité de ces mêmes terres, montre que ce raisonnement n'est valable que si l'idée absolue du maintien de la fertilité guide l'exploitant, durant les périodes financièrement favorables.

Sur arbre déclinant, l'apport des fumures paraîtra plus aisément répondre mais il est à présumer que la modicité financière des résultats fera regretter de n'avoir pas antérieurement, avec des doses moindres, veillé à la pérennité d'une productivité élevée à l'hectare.

Une illustration pourrait être le fait que certains producteurs des régions arides Sfaxiennes, auraient conclu à l'efficacité financière d'application de 3 kg d'azote par pied d'arbre soit 0 d,400 (\$ 0,96) de dépense brut. Or, l'accroissement de production sur 3 ans s'est situé sur les parcelles expérimentales à 15,3 kg d'olives par arbre, ce qui est assez considérable mais ne présente en valeur fruit sur l'arbre, pour cette région et cette même période que 0 d,450 (\$ 1,07) environ. Autant dire que cette fumure incomplète en soi aura permis un gain de 12% sur la valeur de la fumure ce qui est très insuffisant puisque incapable de couvrir l'intérêt d'immobilisation d'un tel effort de trésorerie sur deux ans.

Par ailleurs, ces mêmes arbres qu'il nous a été possible d'examiner attentivement au stade extrême de leur souffrance physiologique en janvier dernier, après 18 mois d'absence quasi totale de précipitations, ne se différenciaient en rien visuellement d'arbres témoins non traités. Or, le contraste visuel très net qu'ils accusaient deux ans plus tôt pouvait laisser présumer que son effet se révélerait même dans l'état déficient des arbres.

Les études à venir le démontreront sûrement. Il faut veiller à entretenir l'arbre dès son jeune âge, dans sa forme optimum et les fumures devront faire partie de cet effort suivi, conscient et cohérent.

C. Intervention du diagnostic foliaire

Les éléments antérieurs réunis par *Bouat* en France et *Prévôt* à l'Enfida, ont suffisamment montré l'intérêt et le mode d'application du procédé. En l'absence de chiffres nouveaux que livreront les parcelles expérimentales au fur et à mesure, nous pourrions dire:

Il apparaît nettement que les résultats analytiques doivent autoriser le praticien qui en fait un usage souple, de modifier au gré des valeurs analytiques, l'importance des applications de fumures.

Nous pouvons cependant penser que le diagnostic foliaire nous aidera surtout beaucoup dans la définition des apports azotés dont l'intervention à

court terme sera sûrement efficace et payante mais que pour P et K les apports devront suivre un programme plus constant et automatique où le diagnostic foliaire définira surtout le niveau éventuel au départ et les hausses possibles d'application bien plus que leur réduction ou suspension.

Dans nos applications de fumures des récentes années, nous avons tenu compte du résultat du diagnostic foliaire même lorsque il s'est agi de valeurs de P et K relativement anciennes, persuadés que nous devions admettre malgré un début d'effort de localisation profonde, une modification très lente des teneurs P et K.

Nul doute que le mérite essentiel du diagnostic foliaire est d'inciter à une plus grande spécialisation de la fumure permettant de décider de substantielles économies, ce qui pour une exploitation aussi marginale que l'oléiculture, constitue un avantage essentiel.

Les éléments qui figurent en tête aux tableaux 1 à 8 peuvent servir de référence éventuelle dans les investigations du débutant mais les valeurs de *Bonaf* montrent qu'il doit exister des variations pour des variétés et localisations différentes et que les valeurs du diagnostic foliaire sont à étalonner à nouveau pour un usage régional. Cependant, la valeur des figures 1 à 7 est de livrer des éléments de référence sur des arbres dont le potentiel de production doit être jugé un optimum, d'accès certainement difficile.

En définitive, nous tenderions à suivre les valeurs N du diagnostic de près pour le calcul de nos applications en affectant la valeur calculée pour N à la figure 14 résumée au tableau 5 et tableau 13 colonne 8, du pour-cent de déficience observé par rapport à l'optimum du graphique 2: Azote.

L'examen des facteurs $\frac{N}{K}$ et $\frac{N}{P}$ aiderait à opter pour des applications plus ou moins accentuées.

Pour K et P, sans tendre vers des consommations de luxe, nous inclinerions à tout faire pour d'abord remonter le niveau de K puis seulement celui de P en supputant toujours de prévoir une application excessive.

En zone favorable, nous donnerions la préférence à une formule d'exploitation biennale alternante qui se prêterait mieux à des applications plus spécialisées et schématiques à la fois. Celles-ci doivent sûrement réaliser des réductions supplémentaires de dépenses sur la fumure mieux ajustée aux besoins. Certes, nous avons le sentiment que le mode alternant de production suscite au niveau feuille et bois, une consommation peut-être légèrement plus élevée que le mode non alternant. Cette démonstration statistique reste toutefois à faire.

Concernant l'alternance, nous rappelons que *Somâini* pensait que celle-ci lorsqu'elle est considérée nuisible, pouvait être contrariée par des applica-

tions tardives en N comme le faisait apparaître le résultat des essais concluant également à une plus grande production avec N tardif que précoce.

Nous pensons que dans une zone à très bonne pluviométrie comme il en était question, la migration de N précoce devait être fortement prononcée, l'arbre ayant ensuite moins de disponibilités d'azote que dans les applications tardives.

Nous inclinons à penser que dans des terres légères méditerranéennes, la migration de N est plus rapide que nous le croyons généralement. Par ailleurs, le tableau 14 montre bien comment en février et mars, les besoins notamment en N sont pratiquement nuls en sorte que N doit en février, mars, avril n'être que faiblement sollicité par le système racinaire.

Dans ces conditions, l'apport de N en mai, aux doses optimales en début de la végétation, devrait favoriser une activité végétative des brindilles et, par la suite, stabiliser la production et ce à un niveau meilleur que la fumure de février déjà partiellement lessivée.

Photographies de contrôle

Nous pensons utile de mentionner dans le cas d'études suivies, l'intérêt primordial qui existe à constituer pour certains arbres témoins, outre des relevés de production, des prises de vue photographiques aux périodes et répétitions voulues. Nous avons été, à de multiples occasions et à plusieurs examens, trompés dans nos interprétations d'évolution des arbres par notre seule mémoire visuelle se rapportant à une ou plusieurs années en arrière et dans les deux sens d'appréciation: arbres que nous jugions plus vigoureux qui ne l'étaient point, arbres que nous voyons décliner et en fait se portaient plus vigoureusement. Ce détail, et il est important, nous commande d'être circonspects avec le jugement résultant d'appréciations visuelles anciennes.

Nous nous devons également, à l'adresse de ceux qui par le passé, ont cherché à minimiser l'intérêt du diagnostic foliaire, de rappeler le cas de conscience qui se pose au praticien dans la définition des fumures opportunes et donc de dépenses très importantes, dans une branche encore peu étudiée.

L'agronome sait toujours que la complexité des phénomènes du sol rend, même en présence d'une multitude d'analyses du sol, une décision difficile et forcément toujours schématique mais que pratiquement aucun contradicteur ne pourra valablement critiquer les initiatives prises. Avec le diagnostic foliaire et une plus grande faculté de juger à posteriori, le problème de conscience du praticien se trouve être allégé et lui permet une attitude plus dynamique dont toute l'activité économique de l'exploitation oléicole peut se ressentir.

VIII. Recommandation de fumures

Nous croyons difficile de préconiser des solutions passe-partout pour la zone méditerranéenne et préférons nous limiter à exprimer un schéma d'actions pour les conditions Tunisiennes que nous aurions classées ainsi:

- Zone 1* Très favorable au développement avec des précipitations de 600 à 1000 mm.
Zone 2 Favorable avec des disponibilités de 350 à 500 mm.
Zone 3 Difficile avec des ressources très alternantes de 180 à 250 mm en moyenne décennale.
Zone 1 bis Cas présenté par l'irrigation en zones 1, 2 et 3.

Zone 1

A 1^{er} à 6^e année: cultures intercalaires, de préférence fourrage semé vesce-orge ou production hivernale de fèves mais pas de fumure phosphatée traditionnelle dans ces zones.

B A partir de la 6^e année:
chaque automne semis d'un engrais vert sur l'interligne: 80% de la superficie.

Enfouissement en février ou plus tard si justifié.

Test de diagnostic foliaire dès 10-12 ans.

Application systématique à l'enfouisseur d'un mélange P-K dès la 12^e année, à la dose décrite, modifiée selon les caractéristiques variétales à moins d'une évidente consommation de luxe de K.

Application en profondeur selon le programme progressif choisi de préférence en deux lignes jumelées ou, si la fumure est copieuse en trois lignes parallèles à 40 cm d'écart.

La date d'application serait décembre/janvier ou en année de pluviométrie déficiente, l'époque à laquelle l'humidité sera suffisamment profonde pour permettre une coupe franche par le soc de l'enfouisseur.

A titre indicatif, si la production moyenne prévisible est de 500 kg huile/hectare, nous adopterions selon notre tableau, les valeurs de:

unité de P = $500 \times 3,3$ g 1,7 kg/ha

unité de K = 500×52 g 26 kg/ha

Le coût total de cette application ressortirait à environ 3 d,000. Elle entrerait sans autre dans un budget d'exploitation de cette région.

En année de belle production, des substitutions plus importantes seraient réalisées qui monteraient le coût à 5 à 7 Dinars selon l'importance de l'exportation.

Pour N, sous forme d'ammonitre, l'application aurait lieu selon le rythme de la plantation. Si celui-ci est favorisé en vue de l'alternance, l'année de végétation il faudrait prévoir en mai ou avril une fumure N, ou, si de petites pluies sont moins probables, au moment du départ végétatif et début février au cours de l'année de production pour soutenir la forte migration de N lors de la floraison qui suit.

Application en surface dans la zone où l'activité racinaire est la plus intense ce qui permet de négliger l'abord du tronc.

Vouloir éventuellement exclure de l'application la zone de placement de P et K se trouvant en aval à cause de la coupe racinaire serait une erreur puisque cette zone connaîtra sûrement, dans les mois à venir, une intense activité.

Fumure de ferme au tronc seulement et si l'exploitation peut permettre cette importante contribution. Prévoir dans ce cas une rotation de 4 ans. Placement avant la récolte d'olives pour nettoyer en même temps l'aire de chute des olives.

Si la production est alternante et l'état général nettement à améliorer, prévoir une application précoce de fumier fin septembre et octobre pour semer l'engrais vert également sous le tronc et obtenir une végétation hivernale abondante sous la frondaison qui ne contrariera pas la récolte comme ce serait le cas l'année suivante. Dose 150 à 400 kg de fumier selon la taille des arbres.

Le coût d'une telle intervention se situerait, sans le fumier, à :

| | | | |
|---|----------|------|-------|
| Engrais vert | 3 d,000 | \$US | 7,15 |
| Fumure P et K | 3 d,000 | \$US | 7,15 |
| Fumure N | 3 d,000 | \$US | 7,15 |
| Coût supplémentaire de travail des labours pour l'en- | | | |
| fouissement | 1 d,000 | \$US | 2,38 |
| <i>Total</i> | 10 d,000 | \$US | 23,83 |

pour une capacité de production de 500 kg valant de l'ordre de 60 Dinars. Une telle dépense apparaît élevée mais reste conciliable avec la potentialité de cette région qui permettra de fréquentes années très belles et de meilleurs cours des huiles certaines années qui permettront d'abaisser le coût proportionnel des fumures.

A titre indicatif, nous pourrions mentionner comme hypothèse favorable :

| | | | |
|---|---------|------|------|
| Coût des huiles en hausse de 20% soit valeur 1 kg | | | |
| d'huile totale sur l'arbre | 0 d,140 | \$US | 0,33 |
| Production 80 arbres à 150 kg = 12000 kg d'olives | | | |
| ayant une teneur totale de 20 donc teneur totale | | | |
| 2400 kg | | | |

| | |
|---|-----------------------|
| Valeur hectare de la récolte sur l'arbre = | 335 d,000 \$ US 800.- |
| Coût total de la restitution sur la base de nos raisonnements précédents: | |
| engrais verts | 3 d,000 |
| Restitution intégrale P et K | 14 d,000 |
| restitution partielle N à la mesure du diagnostic foliaire | 6 d,000 |
| Coût total | <u>23 d,000</u> |

Proportionnalité de l'apport: $\frac{23}{335} = 7\%$

Une telle valeur tout en étant raisonnable, aboutirait à un substantiel enrichissement du sol du point de vue fumure minérale.

Zones irriguées 1, 2, 3

L'objectif générale reste le même qu'en zone 1 mais il existe une plus grande faculté d'opter comme nous l'avons fait à l'Enfida pour une production alternante.

Dès lors, le schéma théorique des besoins N, P, K (tableau 14) doit pouvoir inspirer l'exploitant en donnant une prédominance à l'effort de N la première année et une accentuation de l'effort de K la seconde.

L'effort de production d'engrais vert doit être l'objectif majeur avec des pluies hivernales disponibles en surface, l'arbre voyant ses besoins en eau satisfaits par le reliquat des réserves et les adjonctions par irrigation.

Le problème des sels accumulés par les eaux d'irrigation doit être considéré et peut justifier chaque Nième année, des irrigations hivernales complémentaires. Dans ce cas, les applications de N devront être prévues en conséquence quant aux doses. Naturellement, les plus hautes productions espérées à l'hectare vont conduire à des restitutions en N, P, K et logiquement, à des inter-réactions avec les sels des eaux, dont il sera bon de suivre l'évolution.

Nous pensons notamment aux migrations accélérées de Ca et Mg, les réactions possibles des sulfates et chlorures sans compter la mobilisation accélérée des réserves humiques anciennes auxquelles les apports organiques nouveaux ne pourront peut-être se substituer qualitativement.

Nous pensons que dans un proche avenir, il nous sera possible d'apporter quelques informations complémentaires à cet aspect du fait des études en cours.

Zone 2

A 1^{er} et 2^e année : culture intercalaire de céréales sans fumures phosphatées.

- B 2^e à 6^e année : Aridoculture avec éradication du chiendent d'avril à novembre avec maintien de la végétation herbacée hivernale.
- C 6^e à 10^e année : Semis d'engrais vert avec légumineuses si les frais sont supportables et seulement lors des automnes pluvieux. 10^e année : Test de diagnostic foliaire.
- D 10^e à 20^e année : restitution P-K à la mesure seulement de la production et selon indication du diagnostic foliaire pour l'azote. Semis d'engrais vert les automnes pluvieux. Enfouissement hâtif si l'absence de pluies n'en justifie pas le maintien.
15^e année : nouveau diagnostic foliaire.
- E *A partir de la 20^e année* : Contrôle de diagnostic foliaire tous les 2 ans par sondage. Application constante et raisonnée de N, P, K. Engrais verts semés seulement les automnes favorables.

Dates d'application des fumures

Si la tendance de l'année est nettement alternante ou que l'exploitation l'a favorisée, faire une application chaque année :

Année de végétation :

en février si les pluies antérieures sont faibles,
en mars si les pluies antérieures sont favorables.

Année de production :

en janvier si les pluies antérieures sont modestes,
en février si les pluies antérieures sont bonnes.

P-K en janvier-février, lorsque la pluviométrie hivernale garantit une application sans perturbation du sol mais aussi parce qu'il est possible de juger des réserves existantes, l'évolution possible de l'année permettant de restreindre ou supprimer les doses P-K.

Cette application coïncide aussi avec les décisions prises pour la taille, il y a donc faculté de synchroniser les décisions afférentes.

P et K ne doit pas être appliqué plus tôt, de crainte de perturber le réseau racinaire par le soc de sous-solage, en automne alors que la végétation est encore active et continue jusqu'à fin novembre au moins.

Zone 3

Nous considérons les plantations jeunes et adultes menées selon les techniques aujourd'hui traditionnelles des zones Sfaxiennes et sur sols généralement très légers.

A 1^{re} et 2^e année : Eradication totale du chiendent.

B 3^e à 10^e année : Aucune culture intercalaire. Consacrer l'excédent d'humidité du sol à susciter sur l'interligne des plantations et sur une largeur progressivement décroissante, une flore spontanée susceptible de s'en-

richir chaque année. Par un contrôle de l'état des réserves humides, situer les limites d'une telle tolérance pendant 1 mois $\frac{1}{2}$ à 2 mois $\frac{1}{2}$ l'hiver.

C 10^e année : Diagnostic foliaire.

D de la 10^e à la 20^e année : Tenter encore durant deux ou trois années très favorables dans la décennie, le maintien d'une végétation spontanée l'hiver et sur une bande médiane de peut-être 50% de la superficie totale.

Application de N, P, K.

P et K les hivers présentant une bonne récolte. Application en janvier-février à titre de restitution.

N en janvier ou plus tard si les pluies ont été favorables sous forme d'ammonitrite.

Mode d'application

P-K enfouir au soc à 50-60 ans selon le déroulement du programme d'enfouissement fixé sur 20 ans par exemple.

N en surface mais en préjugant de la progression radiculaire qui n'atteindra les zones centrales que vers la 20^e année.

E Après 20 années : l'arbre étant adulte, établir le diagnostic foliaire de sondage tous les deux ou trois ans.

P et K seraient appliqués selon un programme annuel stricte. Les années de bonne récolte, le programme serait favorisé.

N s'inspirerait du diagnostic foliaire, des productions obtenues, des restitutions antérieures, des réserves prévisibles en eau, de la tendance de l'année en cours et verrait son chiffre théorique de 45 g par kg d'huile totale potentielle, modifié en conséquence. C'est donc surtout N qui constituerait l'élément souple d'intervention qui rendrait financièrement l'opération plus supportable.

N se ferait sur toute la superficie malgré les doses restreintes sauf sous la frondaison dont la richesse restera toujours meilleure. A ce propos, au moment de la taille, il importe de restituer sous la frondaison la totalité des feuilles séchées résultant du battage des branches taillées et de procéder à l'enfouissement aussitôt.

En zone 3 aride, nous aboutirions donc à un prix de revient de restitution théorique des fumures qui, à l'âge adulte, équivaldrait à la valeur du tableau 13, colonne 18, soit au kg d'huile totale valant 0 d,114 (\$ 0,27) un coût de 0 d,01164 soit 10% environ de la valeur de récolte sur l'arbre soit 2 d,100 à 2 d,400 selon la moyenne décennale courante.

Les remarques suivantes sont à faire: Considérée en tant que fumure d'application elle se révélera d'une surprenante modestie mais examinée en tant que coût d'opération, elle apparaîtra souvent inconciliable.

Or, nous pensons que si dès la création de la plantation les critères : crainte d'appauvrissement et nécessité de restitution prévalent, comme étant inexorables et qu'un effort, restreint peut-être, est réalisé pour autoriser une restitution organique aussi faible soit-elle, il sera possible de maintenir la productivité de l'arbre adulte au niveau de celle qu'il aura connue de la 15^e à la 25^e année et qui, en général, est de l'ordre de 10 à 15% supérieure à ceux observés aujourd'hui dès 45-50 ans. Dans ces conditions, il se peut que le niveau général de la productivité ait haussé à un niveau tel que les restitutions de fumures ne pèsent pas trop financièrement.

Dans cette éventualité de restitution, la pérennité de productivité pourra s'étendre encore 10, 20 ou 30 ans au-delà des dates habituellement citées, mais la lente disparition de l'humus que ce type de plantation ne peut plus restituer à partir de 20 à 25 ans selon le schéma ci-dessus aboutira obligatoirement à la disparition anticipée de l'arbre et à l'héritage d'un patrimoine foncier dévalué entièrement à reconstituer en vue d'autres spéculations agricoles qui resteront longtemps très médiocres.

Peut-être que les études en cours et la mise au point d'une technique d'impluvium permettront de trouver un remède aux graves difficultés que pose la production en zone aride et auxquelles est soumis le tiers du patrimoine oléicole productif de notre pays.

Ce sont notamment ces derniers aspects qui nous ont incités à suggérer le principe d'une nouvelle technique de plantation (6) visant à la juxtaposition d'un impluvium aux lignes de plantation et donc une exploitation agricole sous un régime de disponibilités en eau meilleur autorisant la restitution organique également.

Conclusion

Les connaissances sur la fumure de l'olivier sont médiocres aujourd'hui encore. Le diagnostic foliaire a permis et permettra dans l'avenir des décisions plus cohérentes au sujet des fumures.

Par l'expérience et par l'étude, il apparaît que l'olivier n'échappe pas aux critères de la production agricole raisonnable :

- adoption d'une fumure minérale bien équilibrée même si elle doit être modeste;
- effort opiniâtre pour le maintien ou l'accroissement des disponibilités en humus du sol quelles que soient les régions.

Il est souhaitable que les chercheurs amplifient leurs études et investigations car la majorité des problèmes sont à peine effleurés.

Bibliographie

1. *Aygalliers d', P.* : L'olivier et l'huile d'olive. J.B. Baillière et Fils, Ed. 1900
2. *Baxter, P.* : Fertilizer Trials on Apple and Pear Orchards in Southern Victoria, Australia. The Victorian Journal of Agriculture, juin 1957
3. *Bertainchaud* : Bulletin de la Direction générale de l'agriculture 1902-1912
4. *Bouat, A.* : Le diagnostic foliaire et son utilisation dans les problèmes de conduite de taille de régénération et fumures de l'olivier. Madrid 1960
- 4¹ *Bouat, A.* : La fumure de l'olivier. Fertilité, information sur la fertilisation en régions tropicales et subtropicales, n° 10, mai/juin 1960
- 4² *Bouat, A.* : Variabilité de l'alimentation minérale chez l'olivier. Informations oléicoles internationales n° 16, décembre 1961
5. *Bouat, A., Renaud, P., et Dulac, J.* : Etude de la physiologie de la nutrition de l'olivier. Premier mémoire, INRA, (1951)
- 5¹ *Bouat, A., Renaud, P., et Dulac, J.* : Etude de la physiologie de la nutrition de l'olivier. Deuxième mémoire, INRA, (1953)
- 5² *Bouat, A., Renaud, P., et Dulac, J.* : Etude de la physiologie de la nutrition de l'olivier. Troisième mémoire, INRA, (1954)
- 5³ *Bouat, A., Renaud, P., et Dulac, J.* : Etude de la physiologie de la nutrition de l'olivier. Cinquième mémoire, INRA, (1958)
6. *Buchmann, E.* : L'olivier irrigué, 1955
- 6¹ *Buchmann, E.* : Suggestions pour une nouvelle technique de plantation d'oliviers en zone semi-aride, Agronomie oléicole, Première conférence internationale des techniciens oléicoles de Tanger, 1958
- 6² *Buchmann, E.* : Tunisie oléicole. Oléagineux Paris, mensuel n° 5, (1960)
7. *Buchmann, E., Bres, C., et Prevot* : Diagnostic foliaire. Oléagineux 59
8. *Camps-Fabrer, H.* : L'olivier et l'huile dans l'Afrique Romaine. Gouvernorat général de l'Algérie. Direction de l'Intérieur et des Beaux-Arts, 1953
9. *Carrante, V.* : 4 ans de fumure de l'olivier en climat aride. Ann. Spet. Agr. n° 3, (1947)
10. *Chabanne, M.* : La journée des fruits et légumes en vignobles et vergers, n° 22, (1960)
11. *Commissariat à la productivité* : L'oléiculture tunisienne. Tome I, (1959)
11. *Commissariat à la productivité* : L'oléiculture tunisienne. Tome II, (1959)
12. *Deuxième conférence des techniciens oléicoles de France et d'Afrique du Nord* : Tome I, 31 janvier-4 février 1956
13. *Première conférence des techniciens oléicoles* : Agronomie oléicole, Tanger, 21-27 mai 1958
14. *Constant, A.* : L'emploi des engrais en Tunisie, le problème de l'humus. La Tunisie agricole, n° 4, avril 1949
15. *Cordier, G.* : De la composition de quelques produits fourragers tunisiens et de leur valeur pour l'alimentation du mouton. Annale du Service botanique et agronomique de Tunisie. Vol. 20, (1947)
16. *Cecture, curé de Miramas* : Traité de l'olivier. Tome I à Aix, chez Antoine David, imprimeur et libraire du Roi et du Pays, (1786)
- 16¹ *Cecture, curé de Miramas* : Traité de l'olivier. Tome II à Aix, chez Antoine David, imprimeur et libraire du Roi et du Pays, (1786)
17. *Farmers' Bulletin 1249, 1950* : Olive growing in the Southwestern United States
18. *Faure, J.C.A.* : La situation mondiale des corps gras. Oléagineux, octobre 1960
- 18¹ *Faure, J.C.A.* : La situation mondiale des corps gras. Oléagineux, août/septembre 1961
19. *Fernandez, J.G.* : Abonado del olivar
20. *Hartmann, H.T. et Brown, J.G.* : The effect of certain minerals deficiencies on the growth, leaf appearance and mineral content of young olives trees. Hilgardia Vol. 22, n° 3, mai 1953

21. *Henin, S., Feororoff, A., Gras, R., et Monnier, G.* : Le profil cultural, principes physiques du sol. Sté d'éditions des Ingénieurs agricoles 1960
22. *Informations oléicoles internationales* : Madrid octobre, novembre, décembre 1961
23. *Laumonier, R.* : Cultures fruitières méditerranéennes. J.B. Baillière et fils. Ed. 1960
24. *Louvrier, J.* : L'olivier, son agronomie, positions actuelles. La Tunisie agricole, n° 8, (1959)
25. *Nutrition minérale et engrais* : Colloque d'Abidjan 1959
26. *Morettini, A.* : Olivicoltura. Trattati di Agricoltura, Vol. 9 Ramo, Ed. 1950
27. *Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture* : Amélioration de la culture de l'olivier. Rome 1960
28. *Peyre, P.* : Sur l'olivier. Les Oléagineux. Première série. P. Le chevalier Ed. 1938
29. *Prevot, P., et Buchmann, E.* : Diagnostic foliaire de l'olivier irrigué, évolution des teneurs en cours de l'année. Fertilité, informations sur la fertilisation en régions tropicales et subtropicales. N° 10, mai-juin 1960
30. *Reuther, W.* : Plant analysis and fertilizer problem. American Institut of Biological Sciences. Washington n° 8, 1961
31. *Key* : Contribution à la fumure minérale de l'olivier non irrigué. Bulletin de la direction agricole. Tunis (1935)
32. *Sommàini, L.* : La fumure azotée retardée de l'olivier observée dans le temps et dans l'espace. Annali delle Sperimentazione agraria, vol. IX, n° I, Rome (1955)
33. *Soulmagnon, A.* : La fumure de l'olivier en Tunisie. IX^e Congrès international d'Oléiculture 1928
34. *Tournieroux* : L'oléiculture en Tunisie - 1929
35. *Valdeyron, G.* : L'arboriculture fruitière. Extrait de la feuille d'informations viticoles et arboricoles en Tunisie n° 5, 1944
36. *Vernet, A.* : L'olivier et son milieu. La Tunisie Agricole mai 1948
37. *Walsb, T. und Clarke, E.J.* : Bodenuntersuchungen bei Obstkulturen in bezug auf Kalimangelerscheinungen. Transactions of International Congres of Soil Science. Amsterdam 1950
38. *Wells & Pisani* : Cité dans Constant (14) et Louvrier (24)
39. *Yankovitch, L.* : Humus du sol et engrais organiques en région semi-arides. Revue Agricole n° 1910 - 1950
- 39^a. *Yankovitch, L.* : Contribution à la meilleure compréhension du problème de l'Azote dans les terres Nord-Africaines. Extrait des Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie Tome X 1933
40. *Yankovitch, L. et Bertbelot P.* : Rapport sur l'enracinement de l'olivier et des autres arbres fruitiers en Tunisie. Annales du Service Botanique et Agronomique de Tunisie. Vol. 20 1947.

RÉSUMÉ

La fumure de l'olivier

La culture de l'olivier est concentrée pour 98 pour cent dans le bassin méditerranéen et représente pour toutes les nations riveraines, une production agricole des plus importantes. En effet, elle rapporte annuellement, toutefois avec de grandes variations, environ 500 millions de dollars. Cette activité apparaît en général, d'une faible rentabilité et ne reçoit pas l'intérêt et l'attention qu'elle mériterait.

I. Rappel historique des études sur la fumure de l'olivier

La fumure a paru efficace à tous les auteurs depuis l'Antiquité, pourtant, l'absence de fumure semble la règle surtout du fait du faible revenu que procure aujourd'hui cette culture, mais aussi du fait de l'absence de conclusions suffisamment nombreuses, montrant l'efficacité technique et financière de la fumure. Par ailleurs, de fréquents échecs ou réponses négatives aux fumures ont été enregistrés. Selon la pratique agricole courante, l'on exporte hors de la zone de plantation, le 90 pour cent de la production de feuilles, bois et de matière sèche déshuilée des olives, bien qu'il s'agisse fréquemment de sols supportant une activité agricole depuis des millénaires accompagnée d'érosion et de destruction de l'humus.

II. Suggestions pour une évaluation des besoins de fumures

L'auteur rappelant les importantes contributions de *Bouat* et de *Prevôt* à la connaissance biologique de l'olivier, exprime l'idée de définir provisoirement pour le praticien exploitant, un mode de calcul de restitution de N, P, K, Ca, Mg que suscite la production de 1 kilo d'huile totale, soit 0 kg, 880 g d'huile obtenue sans solvant.

Il pense que la production de 1 kg d'huile met en œuvre en définitive, dans les cas optimums de production pour un même lieu, des besoins minimum en N, P, K, Ca, Mg, constants.

III. Examen de la dynamique globale de l'olivier

La définition des valeurs fournies par divers arbres d'une potentialité optimum en feuilles, fleurs, bois et olives, permet de situer les quantités de matières sèches brutes nécessaires à l'obtention d'un kilo d'huile totale. Celles-ci sont ensuite comparées avec les teneurs en N,P,K,Ca,Mg que présentent, par diagnostic foliaire deux séries d'arbres:

- = gros producteurs (295 kg d'olives en moyenne chaque 2 ans à 18, 5% d'huile)
- = faibles producteurs (80,6 kg d'olives en moyenne chaque 2 ans à 18, 5% d'huile)

Le choix des teneurs des arbres gros producteurs donne les proportions totales de besoins en N,P,K,Ca,Mg pour un cycle et aussi la progression de ces besoins au cours de deux ans.

Alors que la teneur en azote et en phosphore des feuilles des gros producteurs est pendant les deux années que dure le cycle de production supérieure à celle des faibles producteurs, nous constatons que la teneur en potassium elle, caractérise très nettement les fortes productions d'olives. Ce phénomène est particulièrement

marqué au cours de la seconde année pendant laquelle se forment les olives. La consommation de potasse est en effet alors très élevée.

Le calcium est absorbé à haute dose sauf par l'olive et caractérise également les besoins très élevés de l'arbre en cet élément.

Il résulte que la production d'un kilo d'huile totale nécessite au moins:

| | |
|----------------|---------|
| - Azote N | 48,32 g |
| - Phosphore P | 3,53 g |
| - Potassium K | 54,82 g |
| - Calcium Ca | 63,9 g |
| - Magnésium Mg | 4,19 g |

IV. Divers aspects liés à la biologie de l'arbre

L'auteur mentionne ensuite les corrélations qui ont été observées sur la productivité grâce au diagnostic foliaire sur 300 hectares. Ce sont les rapports N/K les plus bas pour des relations N/P pratiquement invariables qui sont générateurs des plus hautes productions. Ces confirmations confirment celles pratiquées sur un groupe isolé d'arbres.

Les analyses statistiques effectuées semblent également démontrer l'existence d'un antagonisme P-K qui pourrait être à l'origine des résultats négatifs ou de l'absence de résultats observés lors de différents essais de fumure antérieurs. Les expérimentateurs avaient en effet attribué, par analogie avec d'autres cultures méditerranéennes, une trop grande importance au phosphore pour la fumure de l'olivier.

L'absence d'essais avec les oligo-éléments nous interdit pour l'instant de porter un jugement sur les modalités d'application mais les toutes récentes investigations de *Bouat* posent de sérieuses présomptions de déficiences diverses.

L'auteur rappelle la grande importance de la taille en liaison avec les fumures et préconise, là où elle est possible, une production alternante.

V. Facteur conditionnant les problèmes de fumures

Délaissant l'arbre, l'auteur évoque les problèmes du sol et met l'accent avant tout, sur le rôle primordial joué par l'humus, dont l'agriculture méditerranéenne, surtout après l'avènement de la motoculture, a fait un énorme gaspillage. Il rappelle les observations constantes et infaillibles croit-il, selon lesquelles la disparition de l'humus est à l'origine de tout déclin oléicole en Méditerranée et particulièrement en zone semi-aride et aride qui sont les plus familières à l'auteur.

De récentes études sur la migration et l'évolution dans le sol de P et K ont montré qu'en sol très léger, en 9 ans, avec un total de 8.600 mm d'eau ou 86.000 m³/hectare, la pénétration s'est effectuée sur 10 à 20 centimètres seulement et que la translation latérale tant pour K que pour P était très réduite.

CaO semble subir des migrations importantes et doit être surveillé de près par l'analyse du sol.

Il en résulte que si N peut être appliqué en surface, il faut absolument et définitivement opter pour la localisation en profondeur de P et K et se souvenir que l'arbre réagit non en tant qu'entité mais par section.

L'auteur fait ensuite une analyse critique de ce mode d'application et des solutions à suggérer qui sont actuellement encore imparfaites.

VI Les engrais verts et les matières organiques

Les possibilités d'application des engrais verts et du fumier ainsi que la conservation des feuilles sont étudiées. La production de matières organiques est considérée comme un pilier de la technique de fumure la plus économique. Toutes les recommandations de fumures la prennent en considération.

Des essais récents montrent que des applications de N aux engrais verts réduisent significativement la production des légumineuses. L'effet du phosphore est également net.

VII Données économiques des fumures

L'aspect économique des fumures nous montre que, malgré des exportations apparemment faibles, il est difficile d'adopter un taux de fumure qui devrait atteindre, pour restituer intégralement les exportations, le 10 pour cent de la valeur des récoltes qui devraient se répartir comme suit:

$$N = 50,8\%$$

$$P = 5,6\%$$

$$K = 43,6\%$$

Cet effort est d'autant plus difficile à réaliser que la production oléicole est des plus marginale.

VIII Recommandation de fumures

L'auteur propose des fumures selon les grandes zones climatiques caractéristiques. Il rappelle que la base de tout effort doit être d'abord le maintien ou la reconstitution de l'humus. Il recommande à la mesure de la production ou de sa potentialité l'apport régulier de potasse. Le phosphore doit être apporté conjointement mais aux doses minimum indiquées afin de prévenir un antagonisme.

Cet apport est à effectuer exclusivement en profondeur. Il suggère que N soit appliqué selon les résultats du diagnostic foliaire et en harmonie avec divers facteurs tels que: pluviométrie, état végétatif, prévision de récolte, etc.

Il conclut à la modicité des études réunies permettant de juger des fumures et exprime le vœu que les chercheurs s'intéressent davantage à l'olivier.

A cette étude sont joints: 23 figures, 14 tableaux.

SUMMARY

Fertilizers for olive trees

Ninety-eight per cent of olive growing is concentrated in the Mediterranean countries, for which the olive is one of the most important agricultural products. Though subject to considerable variations, the value of the annual crop is in the

region of 500 million Dollars. However, since the yield per acre is small, the cultivation of olives has not generally received the attention which it deserves.

1. *Historical note on olive fertilizing*

The use of fertilizers has been recommended by all writers on the subject since ancient times. However, they are hardly used at all by growers in the Mediterranean lands, partly because of the small profit margin to be earned on olives, and partly because of the lack of sufficient information on the effectiveness and economic advantages of fertilizers. Apart from this, failures have frequently been recorded in tentative experiments with fertilizers.

The writer points out that olive trees are too often grown on ground which has been cultivated for millennia and leached out by erosion, being consequently poor in humus. Unfortunately, current agricultural practice involves taking away from the growing areas 90 per cent of the leaves, wood, and de-oiled lees of the olives, which, of course, aggravates still further the deficiency in nutritive elements.

2. *Suggestions for assessing fertilizer requirements*

The writer, after citing the important work of *Bouat* and *Prévo*t on the biology of the olive tree, proposes to establish a formula for the use of the grower in calculating the amounts of N, P, K, Ca and Mg required for the production of 1 kg of total oil (equivalent to 0.88 kg of oil obtained without the use of solvents). The writer is of opinion that in the ideal case where growing in a given spot is considered, this figure for the production of 1 kg of oil will give constant minimum requirements of N, P, K, Ca and Mg.

3. *The general ecology of the olive tree*

The quantities of leaves, flowers, wood, and fruit produced by various trees enable the gross amount of dry solids produced to get 1 kg total oil to be found. These figures are then compared with the N, P, K, Ca and Mg contents found by analysing the leaves of two classes of trees:

- good producers
(average yield 295 kg olives every 2 years, carrying 18.5 per cent oil)
- poor producers
(average yield 80.6 kg olives every 2 years, carrying 18.5 per cent oil).

The analyses of high-yield trees for nutritive elements enable their N, P, K, Ca and Mg requirements to be estimated during a cycle, and also show the variations in these requirements over the two years.

Although during the course of the two-year production cycle the nitrogen and phosphorus contents of the leaves of high-yield trees are, in general, greater than those of the low-yield ones, in our opinion it is the potassium content, which most markedly characterises a high fruit yield. This phenomenon is particularly noticeable during the second year, when the olives are being formed. In fact the potash consumption is then very great.

Calcium is also absorbed in large quantities, although this element does not affect fruiting.

This work shows that the production of 1 kg total oil requires at least:

| | | |
|------------|----|---------|
| Nitrogen | N | 48.32 g |
| Phosphorus | P | 3.53 g |
| Potassium | K | 54.82 g |
| Calcium | Ca | 63.90 g |
| Magnesium | Mg | 4.19 g |

4. *Various aspects of the biology of the tree*

The writer then mentions the correlations which have been observed between these nutritive elements and productivity. Leaf analyses on an olive grove 300 hectares in area enabled these correlations to be established. The highest yields are associated with the lowest N/K ratios for practically invariable N/P ratios. These results confirm those obtained from an isolated group of trees.

The statistical analyses which have been carried out also seem to show the existence of a P-K antagonism which could be responsible for the negative or null results which have been obtained previously in fertilizer trials. Experimenters have, in fact, attributed too much importance to phosphorus in fertilizing the olive tree, by analogy with other Mediterranean crops.

The absence of any trials with trace elements prevents us from forming any judgements about their application just at present, but the most recent investigations of *Bouat* definitely point towards various deficiencies.

The writer points out the great importance of pruning in connection with fertilizing, and recommends alternating production wherever possible.

5. *Soil and fertilizers*

Leaving the tree, the writer considers the problems of the soil, emphasising above all the fundamental part played by humus, which Mediterranean agriculture has wasted prodigiously, particularly since the introduction of mechanisation. He cites observations showing that the disappearance of humus is responsible for the falling-off in olive growing in the Mediterranean, and particularly in the arid and semi-arid regions with which he is most familiar.

Recent work on the migration and evolution of P and K in the soil has shown that in a very light soil, in 9 years, with a total of 8600 mm of rainfall (86000 cubic meters of water per hectare), penetration only occurs down to a depth of 10-20 cm, and that the lateral transfer of both K and P is very slight.

CaO seems to be subject to important migrations, which should be checked by soil analysis.

Thus, if N is to be applied to the surface, the localisation in depth of P and K must be taken into consideration, and it must be borne in mind that the tree reacts differently according to the places where the fertilizer is applied.

The writer then makes a critical analysis of this method of application and of possible solutions to the problem, which at present are still imperfect.

6. *Green manures and organic matter*

The possibilities of using green manures and farmyard manures have also been

investigated. The production of organic matter is considered to be an essential factor in a rational fertilizing technique. All the literature takes this into consideration. Recent trials show that applying N to green manures causes a significant reduction in the production of the leguminosae. The effect of phosphorus is equally marked.

7. *Economics of fertilizing*

The economic aspects of fertilizers show us that in spite of the apparently small amounts of the nutritive elements being removed, it is difficult to get growers to apply sufficient quantities of fertilizers to make up for them. In order to do this, fertilizers made up as follows, and costing 10 per cent of the value of the crop, would have to be applied:

N = 50.8 per cent

P = 5.6 per cent

K = 43.6 per cent

Such a financial effort is made even more difficult owing to the small profit margin on olive growing, as we have already pointed out.

8. *Fertilizer recommendations*

The writer proposes fertilizers adapted to the major climatic regions. He points out that the aim of all efforts in this direction must be primarily the maintenance or reconstitution of the humus. He recommends the application of potash in quantities proportional to the yield or potential yield. Phosphorus should also be applied at the same time, but without exceeding the minimum doses prescribed, in order to avoid an antagonism.

These applications should only be made in depth, taking into account leaf-analysis and in harmony with various factors such as rainfall, state of growth, anticipated crop, etc.

The writer regrets the lack of work which has been done on the fertilizing of olive trees and hence of established conclusions which can be drawn. He expresses the wish that researchers will devote more attention to the subject in future.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Düngung der Olivenbäume

Die Olivenkultur konzentriert sich zu 98 % in Mittelmeerländern und bedeutet für alle Nationen der Ufergebiete eines der wichtigsten landwirtschaftlichen Erzeugnisse, da es doch, gewiß mit großen jährlichen Abweichungen, 500 Millionen Dollar ausmacht. Im allgemeinen erscheint diese Tätigkeit kaum rentabel und erhält nicht das Interesse und die Aufmerksamkeit, die sie verdiente.

1. *Geschichtliche Bemerkungen über Olivenbaumdüngung*

Von alters her ist allen Autoren die Düngung wichtig erschienen; aber ein Mangel derselben scheint üblich zu sein, vor allem um des gegenwärtigen kleinen Einkommens willen und wegen zahlreichen Beweisen ihrer technischen und finanziellen Wirksamkeit. Übrigens sind häufig keine Reaktionen auf Dünger gebucht worden. Es werden heute 90% des Ertrages an Blättern, Holz und trockener, entölter Olivenmaterie in die Gebiete außerhalb der Pflanzungen ausgeführt, obgleich es sich um seit Jahrtausenden bebauten Boden handelt, der ständig der Erosion ausgesetzt ist, und in dem der Humus fortwährend zerstört wird.

2. *Vorschläge zur Schätzung des Bedarfes an Düngemitteln*

Der Verfasser beruft sich auf die wichtigen Beiträge zur Biologie des Olivenbaumes von *Bouat* und *Prévo*t und schlägt für den Produzenten eine provisorische Rechenmethode für den Ersatz von N, P, K vor, indem er sich von den Gegenwerten des Bedarfes an N, P, K, Ca, Mg leiten ließ, die zu einer Produktion von 1 kg Öl total führen (das entspricht, ohne die Benützung von Lösungsmittel, 0,880 kg).

Er denkt, daß im besten Falle der Produktion von 1 kg Öl an ein und derselben Stelle ein sicheres Minimum von N, P, K, Ca und Mg gebraucht wird.

3. *Untersuchung der globalen Dynamik des Olivenbaumes*

Die Bestimmung der Werte der optimalen Ergiebigkeit an Blättern, Blüten, Holz und Oliven, die ein Baum liefert, gestattet eine Schätzung der Bruttomenge von trockenem Material, die von der Produktion von 1 kg Öl total benötigt werden. Diese Werte werden nachher mit dem durch die Blattanalyse bestimmten Gehalt an N, P, K, Ca und Mg verglichen, welche bei zwei Baumarten ermittelt wurden:

- hochproduktive Bäume
(mit durchschnittlich 295 kg Oliven mit 18,5% Öl alle 2 Jahre)
- schwachproduktive Bäume
(mit durchschnittlich 80,6 kg Oliven mit 18,5% Öl alle 2 Jahre)

Der Gehalt hochproduktiver Bäume ergibt das richtige Verhältnis des Bedarfes an N, P, K, Ca und Mg für einen Zyklus und auch die Steigerung des Bedarfes während der 2 Jahre.

Während im ersten wie im zweiten Jahr die Blätter der Hochproduzenten größere Mengen Stickstoff und Phosphor enthalten, wird der große Ertrag an Oliven besonders im 2. Jahr dem Kalium zugeschrieben. Kalzium wird in großen Mengen absorbiert, ausgenommen von der Olive, und beweist den großen Bedarf des Baumes an diesem Element.

Daraus folgt, daß der Ertrag von 1 kg Öl einen Minimalbedarf aufweist an:

| | | |
|------------|----|---------|
| Stickstoff | N | 48,32 g |
| Phosphor | P | 3,53 g |
| Kalium | K | 54,82 g |
| Kalzium | Ca | 63,9 g |
| Magnesium | Mg | 4,19 g |

4. *Verschiedene Seiten der Biologie des Baumes*

Der Autor erwähnt sodann die Wechselwirkungen, die bei der Produktivität dank der Blattanalyse über 300 ha beobachtet wurden. Das Verhältnis N/K, das am kleinsten war, und das praktisch konstante von N/P war verantwortlich für die hohe Produktion und bestätigte somit die vorherigen Beobachtungen an isolierten Bäumen. Aus dieser statistischen Analyse ist auch das Bestehen eines P-K-Antagonismus ersichtlich, das die Quelle des Mißerfolges oder der negativen Resultate der verschiedenen Versuche mit Düngemitteln sein dürfte; denn viele Forscher haben im allgemeinen dem Phosphor wegen seiner Wirkung auf andere mediterrane Pflanzen eine zu große Wichtigkeit als Olivendünger beigemessen.

Ungenügende Erfahrungen mit Spurenelementen untersagen einen endgültigen Beschluß über die Anwendungsmethoden; doch die letzten Untersuchungen von *Bouat* lassen verschiedene Mangelkrankheiten vermuten.

Der Autor erwähnt die große Wichtigkeit des Baumschnittes in bezug auf den Düngungserfolg und schlägt vor, wo es möglich ist, eine alternierende Ernte zu veranlassen.

5. *Das Problem der Düngung bestimmende Faktoren*

Der Autor spricht nun vom Boden und betont besonders die hervorragende Rolle des Humus, der in der mediterranen Landwirtschaft mit der Motorisierung so unbedacht verschwendet wird. Er erinnert an die konstanten und unfehlbaren Beobachtungen, nach denen er im Verschwinden des Humus die Quelle der Senkung der Olivenkultur in Mittelmeerländern sieht, und das besonders in halbtrockenen und in trockenen Zonen, welche dem Autor am besten bekannt sind.

Die letzten Untersuchungen über die P- und K-Wanderung im Boden zeigten, daß in einem leichten Boden mit Totalniederschlägen von 8600 mm oder 86000 m³ pro Hektare in 9 Jahren eine Durchdringung von nur 10–20 cm stattfand mit einer sehr geringen lateralen Wanderung von K und P.

CaO scheint große Wanderungen zu machen und muß durch Bodenanalyse kontrolliert werden.

Daraus folgt, daß, wenn N auf der Oberfläche verwendet werden kann, es unbedingt nötig ist, für eine tiefe Lokalisierung von P und K zu sorgen.

Der Autor macht darauf noch eine kritische Analyse dieser Düngungsmethode und der vorgeschlagenen Lösungen, die noch nicht vollkommen sind.

6. *Grüdünger und organische Substanz*

Die Produktion der organischen Materien wird als Grundlage der sparsamsten Düngungsmethoden angenommen, und alle Vorschläge sind darauf aufgebaut.

Die letzten Versuche haben gezeigt, daß die Anwendung von N in Grüdünger die Produktion der Hülsenfrüchte bedeutend vermindert. Die Wirkung von Phosphor ist auch deutlich.

7. *Wirtschaftlichkeit der Düngeranwendung*

Die ökonomische Seite zeigt, daß es trotz der anscheinend kleinen Ausfuhr aus dem Boden schwierig ist, diese ausgeführten Mengen vollständig zu ersetzen,

was 10 % des Ertragswertes ausmachen würde. Diese 10 % wären wie folgt zu verteilen:

N = 50,8 %

P = 5,6 %

K = 43,6 %

8. Düngungsempfehlungen

Der Autor schlägt Düngungen für große, klimatisch charakteristische Zonen vor. Er betont, daß die Grundlage aller Anstrengung der Aufbau und die Wiedererrichtung des Humus sein sollte. Zur Steigerung der Produktion empfiehlt er eine regelmäßige Zufuhr von Kalium und von nur geringen Mengen Phosphor, um dem P-K-Antagonismus vorzubeugen.

Diese Zufuhr soll unbedingt und ausschließlich tief in den Boden erfolgen. Er schlägt vor, daß die Menge des N streng nach den Resultaten der Blattanalyse gerichtet werde und mit den folgenden verschiedenen Faktoren harmoniere: Regenmenge, biologischer Zustand, Voraussicht auf die Ernte usw.

Diese Arbeit enthält 14 Tabellen und 23 Abbildungen.

RESUMEN

El abonado del olivo

El 98 % de los cultivos del olivo está concentrado en los países de la cuenca mediterránea y representa para estos últimos una producción agrícola sumamente importante. Produce anualmente – con variaciones considerables, según los años – unos 500 millones de dólares. Sin embargo, como este cultivo tiene sólo un rendimiento muy modesto por unidad de superficie, generalmente no se le dedica el interés y la atención que merecería.

1º Evocación histórica de los estudios hechos sobre el abonado del olivo

El abonado del olivo ha parecido eficaz a todos los autores que, desde la antigüedad, se han preocupado de este dominio. No obstante, los agricultores mediterráneos no lo utilizan apenas, por un lado en atención a los escasos ingresos que les procuran los olivos y, por otro, porque carecen de información suficiente sobre la eficacia técnica y las ventajas económicas del abonado. Por otra parte, muy a menudo se han observado fracasos en las experiencias llevadas a cabo en materia de abonados.

El autor recuerda que el olivo es cultivado demasiado frecuentemente en suelos sometidos desde millares de años a la explotación agrícola, desgastados por la erosión y, por consiguiente, pobres en humus. Ahora bien, la práctica agrícola corriente implica desgraciadamente la exportación fuera de la zona de plantación

del 90 % de la producción de hojas, leña y materia seca desaceitada de las olivas, lo que naturalmente agrava todavía el déficit en elementos nutritivos.

2º Sugerencias para una valoración de las necesidades de abonados

El autor, quien evoca las contribuciones importantes de *Bouat* y de *Prévo*t al conocimiento biológico del olivo, emite la idea de establecer provisionalmente para el explotador práctico un modo de cálculo de restitución de N, P, K, Ca y Mg fundado en la producción de 1 kilo de aceite total, o sea 0,880 kg de aceite obtenido sin solvente. Admite que la producción de 1 kg de aceite moviliza en los casos óptimos de producción para un lugar determinado, necesidades mínimas y constantes de N, P, K, Ca y Mg.

3º Examen de la dinámica global del olivo

Merced a la importancia de la producción óptima de diversos árboles en hojas, flores, leña y aceitunas, pueden situarse las cantidades de materias secas brutas, necesarias para obtener un kilo de aceite total. Estas se comparan a continuación con las concentraciones de N, P, K, Ca y Mg que presentan, por diagnóstico foliar, dos series de árboles:

- productores importantes
(295 kg de olivas, por término medio, cada 2 años al 18,5 % de aceite)
- productores moderados
(80,6 kg de olivas, por término medio, cada 2 años al 18,5 % de aceite)

A partir de las concentraciones de los árboles de la primera serie - productores importantes - en elementos nutritivos, pueden estimarse sus necesidades en N, P, K, Ca y Mg, durante un ciclo; estas concentraciones indican también la progresión de estas necesidades en el curso de dos años.

Mientras que la riqueza en nitrógeno y en fósforo contenida en las hojas de estos árboles - productores importantes - es, durante los dos años que dura el ciclo de producción, superior a la de los productores moderados, observamos que por su parte, la concentración de potasio caracteriza asaz netamente las fuertes producciones de olivas. Este fenómeno está particularmente pronunciado durante el segundo año, en el curso del cual se forman las aceitunas. El consumo de potasa es, en efecto, muy elevado en este caso.

El caldo es igualmente absorbido en dosis elevadas, aunque este elemento carezca de toda influencia sobre la oliva.

Resulta de estos estudios que la producción de un kilo de aceite total necesita, por lo menos:

| | | |
|-----------|----|---------|
| nitrógeno | N | 48,32 g |
| fósforo | P | 3,53 g |
| potasio | K | 54,82 g |
| calcio | Ca | 63,9 g |
| magnesio | Mg | 4,19 g |

4º *Diversos aspectos ligados a la biología del árbol*

El autor menciona a continuación las correlaciones que han sido observadas entre estos elementos nutritivos y la productividad. Estas correlaciones han podido ser determinadas merced al diagnóstico foliar establecido sobre un olivar de 300 hectáreas. Las relaciones de N/K más bajas, para proporciones N/P prácticamente invariables, son generadoras de las producciones más elevadas. Estas observaciones confirman aquéllas practicadas en un grupo aislado de árboles.

Los análisis estadísticos efectuados, demuestran al parecer igualmente la existencia de un antagonismo P-K, que podría ser la causa de los resultados negativos o de la ausencia de resultados observados en los ensayos precedentes de abonado. En efecto, los experimentadores habían atribuido, por analogía a otros cultivos mediterráneos, demasiada importancia al fósforo, para el abonado del olivo.

Debido a la ausencia de ensayos con los oligoelementos, no nos es posible emitir, de momento, un juicio sobre sus modalidades de aplicación; sin embargo, las investigaciones recientes de *Bouat* establecen presunciones muy serias de deficiencias diversas.

El autor recuerda la gran importancia de la poda en relación con el abonado, y preconiza – en los casos que sea posible – una producción alternante.

5º *Suelo y abonados*

Prescindiendo del árbol, el autor evoca los problemas del suelo e insiste ante todo en el papel primordial que desempeña el humus, del que la agricultura mediterránea ha hecho, muy particularmente desde la generalización de la motocultura, un despilfarro enorme. Recuerda las observaciones, según las cuales la desaparición del humus es la causa de la regresión de los cultivos del olivo en la cuenca mediterránea y muy especialmente en las zonas semiáridas y áridas que le son particularmente familiares al autor.

Estudios recientes sobre la migración y la evolución de P y K en el suelo, han revelado que en suelo muy ligero, en 9 años y con un total de 8600 mm de agua ó 86000 m³ por hectárea, la penetración se ha efectuado solamente sobre 10 a 20 centímetros y que la traslación lateral ha sido muy reducida, tanto para el K como para el P.

El CaO este, al parecer, sometido a migraciones importantes que deben ser verificadas por el análisis del suelo.

De esto modo, si el N puede ser aplicado en superficie, hace falta optar absoluta y definitivamente por la localización del P y del K en profundidad y acordarse de que el árbol reacciona diferentemente según el lugar donde los abonos son aplicados.

El autor hace, a continuación, un análisis crítico de este modo de aplicación y de las soluciones posibles, que son actualmente todavía imperfectas.

6º *Los abonos verdes y las materias orgánicas*

Las posibilidades de aplicación de los abonos verdes y del estiércol de granja son estudiadas igualmente en este trabajo. La producción de materias orgánicas es con-

siderada como un factor esencial de un abonado racional. Todas las publicaciones que tratan de abonados la toman en consideración.

Ensayos recientes revelan que las aplicaciones de N a los abonos verdes reducen significativamente la producción de las leguminosas. El efecto del fósforo es igualmente manifiesto.

7º Datos económicos relativos a los abonados

El aspecto económico de los abonados nos muestra que, a pesar de las exportaciones relativamente escasas de elementos nutritivos, resulta difícil hacer adoptar un nivel de abonado suficiente. Para restituir íntegramente las exportaciones, este abonado debería elevarse al 10% del valor de las cosechas, que habría de repartirse como sigue:

$$N = 50,8\%$$

$$P = 5,6\%$$

$$K = 43,6\%$$

Semejante esfuerzo financiero es tanto más difícil de obtener cuanto que la producción de aceitunas es, como lo hemos declarado ya, poco remuneradora.

8º Recomendaciones relativas a los abonados

El autor propone abonados adaptados a las grandes zonas climáticas características. Recuerda que la base de todos los esfuerzos debe ser, en primer lugar, el mantenimiento o la reconstitución del humus. Recomienda la aplicación regular de potasa, proporcionalmente a la producción o a la capacidad de producción. El fósforo debe ser aplicado conjuntamente, sin exceder empero las dosis mínimas prescritas, con el fin de prevenir un antagonismo.

Esta aplicación ha de ser efectuada exclusivamente en profundidad, teniendo en cuenta los resultados del diagnóstico foliar y en armonía con diversos factores, tales como: pluviometría, estado vegetativo, pronóstico de cosecha, etc.

El autor lamenta la modicidad de los estudios reunidos sobre el abonado de los olivos y la falta de conclusiones probatorias que de ellos pudieran sacarse. Expresa el deseo de que los investigadores se interesen más por este problema.

Este estudio leva como anexos: 23 figures y 14 cuadros



Discussions 5^e séance

Conférence de M. le Dir. L. AUDIDIER

La fumure de la vigne et les vergers

M. CH. BINOPOULOS (Athènes): L'entretien du stock humique ne rencontre-t-il pas de grosses difficultés techniques dans les régions méditerranéennes?

L'enfouissement d'engrais vert et la culture arboricole sont-ils compatibles?

M. L. AUDIDIER (Paris): L'entretien du stock humique est particulièrement important dans les régions méditerranéennes, mais ne pose pas de très graves problèmes techniques dans les vergers irrigués ou dans les vignes hautes pouvant être irriguées; il importe simplement de prendre quelques précautions.

En culture sèche, il y a lieu de redouter dans de nombreux cas la compétition, dans le domaine de l'eau, entre la plante verte destinée à être enfouie comme engrais vert et la culture arboricole ou la vigne.

Il importe d'enfouir des engrais verts avant les périodes où cette compétition peut s'exercer et de toujours apporter une quantité suffisante d'azote pour favoriser la décomposition de la matière organique.

Pour la culture des vignes basses et serrées, comme celle que je pratique moi-même en Bourgogne, la seule solution pour maintenir un stock de matière humique consiste à laisser se développer une certaine végétation adventice peu avant les vendanges, alors que cette végétation adventice ne risque plus de faciliter le développement des maladies cryptogamiques, et de l'enfouir par les labours de chausage du début de l'hiver.

D^r MANOS ANAGNOSTOPOULOS (Larissa): Dans un essai de fumure de plantation de pieds-mères (porte-greffe américain) effectué pendant 4 ans à l'Institut des Raisins Secs, avec les trois éléments N-P-K dans différentes combinaisons à raison de 80 kg/ha (6 répétitions), nous n'avons observé aucune influence statistiquement assurée sur la production en bois ni sur la longueur des sarments.

La vigne n'était pas irriguée et les engrais ont été apportés en surface.

M. L. AUDIDIER (Paris): Il s'agit de l'illustration de ce que j'ai précisé dans ma conférence, à savoir que les engrais mis en surface – sur vigne surtout –

sous le climat méditerranéen, ne peuvent entrer en contact avec les racines et ne peuvent qu'être inefficaces, d'où les techniques d'enfouissement en profondeur que j'ai été amené à exposer.

D^r S. NIKOLIĆ (Zemun-Belgrad): A l'exposé de M. *Audidier*, je me permets de faire brièvement les commentaires suivants, correspondants à notre expérience:

Outre les cultures agricoles proprement dites, on fume la vigne et les arbres fruitiers au moyen d'engrais verts (prairies). Par conséquent, les quantités d'engrais minéraux et, entre autres, le potassium, doivent être sensiblement augmentées dans certaines régions.

Quoiqu'il existe certaines machines et appareils pour l'enfouissement des engrais verts, le problème de leur utilisation n'est pas encore résolu.

L'application des engrais par les feuilles – nutrition foliaire des plantes – peut pour le moment seulement contribuer aux besoins des végétaux.

Les symptômes de carence en macro-éléments, dont il a été question, peuvent être les mêmes que ceux d'une carence en micro-éléments; similitude dont il faut tenir compte.

La chlorose ne doit pas être toujours attribuée au phénomène cité, car la chaux peut insolubiliser le bore, le manganèse, etc. D'où changement similaire de la couleur des feuilles.

M. L. AUDIDIER (Paris): En ce qui concerne la lutte contre la chlorose, j'ai précisé qu'en dehors des procédés classiques de lutte contre les carences ferriques, plus ou moins efficaces sur la vigne, l'apparition récente de certains chélates avait donné satisfaction tant en pulvérisation sur les feuilles qu'en addition au sol.

L'inconvénient de ces traitements est leur prix très élevé, qui est de l'ordre d'environ 2000 NF par hectare.

Conférence de M. le Dir. E. BUCHMANN

La fumure de l'olivier

D^r G. BARBIER (Versailles): A propos d'une inhibition (mutuelle éventuellement) de PO_4 et K. Formation de phosphates de K et cations trivalents (Al et Fe). Ce phénomène pourrait donner lieu à une fixation irréversible de PO_4 ou K, car il est possible que les produits de solubilité soient plus bas à la redissolution qu'à la formation. Il est probablement très difficile d'évaluer l'importance de ce phénomène dans le sol en place. On peut seulement présumer que la formation de tels sels serait plus importante en cas de localisation de deux éléments dans les mêmes portions du sol.

Conclusion

Prof. Dr. N. C. ROUSSOPOULOS

Nous voici arrivés au terme des travaux du 7^e Symposium de la Potasse, qui sera désormais désigné comme Symposium d'Athènes 1962, et il nous faut en dresser le bilan. Ce dernier est très satisfaisant.

Le succès est dû à la bonne organisation du Congrès et au nombre et à la compétence des participants étrangers, parmi lesquels plusieurs des maîtres de la science agronomique mondiale. Le thème spécial du 7^e Symposium était, la fumure potassique sous les conditions méditerranéennes. Ce thème a été traité – je puis dire – à fond.

Après une première séance, où, selon la tradition établie, les rapporteurs hellènes ont tâché de donner un aperçu général de la situation actuelle de l'agriculture hellénique, plus particulièrement au point de vue sols et engrais, comme aussi des différentes activités des agronomes pédologues et chimistes agronomes hellènes, les séances suivantes ont été consacrées à presque tous les sujets touchant à l'agronomie et plus spécialement à la fumure, surtout potassique, en pays méditerranéens.

Ainsi ont été successivement traitées devant nous, d'une manière approfondie, des sujets tels que: le climat méditerranéen, les types des sols méditerranéens, les sols salins et alcalins et leur amélioration, l'importance de l'eau dans les pays méditerranéens, l'irrigation qui joue un rôle si important dans l'agriculture de ces pays, l'utilisation des engrais en cultures irriguées, etc., etc.

La dynamique du potassium dans le sol a fait l'objet d'une étude complète spéciale, comme aussi plusieurs autres sujets concernant les engrais potassiques et leur interaction avec d'autres engrais et facteurs de la production.

Enfin, des rapports et communications extrêmement importants et intéressants, concernant la fumure des principales cultures méditerranéennes, telles que agrumes, plantes fourragères, vignes et vergers, coton, maïs, riz, olivier complètent le tableau que je viens d'esquisser si brièvement. A mon avis il est regrettable que le tabac n'y figure pas aussi.

En ce qui concerne la potasse, ce qui résulte de tous les travaux présentés à notre symposium, c'est que dans presque tous les pays méditerranéens, cet important élément fertilisant, cependant si nécessaire pour avoir des récoltes abondantes et de bonne qualité, est, malheureusement, peu ou même presque pas du tout utilisé, tandis que les sols et les cultures méditerranéennes en ont en général un grand besoin, ainsi que cela est prouvé par les nombreuses expériences et analyses qui nous ont été rapportées.

Avant de terminer ces conclusions je désire exprimer la reconnaissance particulière du monde agronomique et agricole hellène, pour l'inestimable appoint agronomique que représente pour notre pays, qui se trouve en ce moment en plein essor agricole, les résultats de ce symposium, qui, je suis sûr, marquera une date importante pour l'agronomie de tous les pays méditerranéens.

Sur cela, chers et très éminents collègues, j'exprime, au nom de notre réunion, notre fervente gratitude à tous ceux qui ont contribué au succès du 7^e Symposium de la Potasse. Merci et au revoir.

Athènes, Mai 1962

N.C. Roussopoulos

Conclusions

Prof. Dr. N. C. ROUSSOPOULOS

We have now arrived at the end of the deliberations of our 7th Potassium Symposium, to be known hereafter as the Athens Symposium, 1962, and it is time, as it were, to strike a balance; which proves to be a highly satisfactory one.

The success we have enjoyed is due to the excellent organisation of the Congress and to the number and high abilities of the participants from abroad, among whom we recognise some of the acknowledged masters of world agricultural science. The special theme of the 7th Symposium has been potassic manuring under Mediterranean conditions. This theme, I may assert, has been dealt with thoroughly.

After a first session, at which according to established tradition the Greek contributors essayed a general survey of the current situation in Greek agriculture, more particularly under the headings of soils and fertilizers, and the various activities of our agronomists, pedologists and agricultural chemists, the following sessions have been concerned with almost every subject bearing on agronomy but especially with manuring, and above all potassic manuring, in Mediterranean countries.

We have thus heard a profound exposition of such subjects as: the Mediterranean climate, the Mediterranean soil types, alkaline and saline soils and their improvement, the importance of water in the Mediterranean lands, irrigation which is so vital for the agriculture of these countries, the use of fertilizers for irrigated crops, and so on.

The dynamics of potassium in the soil has been the subject of a special and complete study, as also have several other topics concerning potassic fertilizers and their interaction with other nutrients and factors in production.

Lastly, reports and communications of great value and interest concerning the manuring of the chief Mediterranean crops, such as citrus fruits, fodder plants, vines and orchard fruit, cotton, maize, rice and olives, complete the picture that I have sketched so briefly. My only regret is that tobacco did not also find a place in it.

A general conclusion regarding potassium that may be drawn from all the papers presented, a conclusion that applies to almost every Mediterranean country, is that this important element so necessary to ensure abundance and high quality in the harvest is, unfortunately, little used, and in some cases not used at all. That the soils and crops of these countries general-

ly stand in great need of it is proved by the many experiments and analyses of which we have been informed here.

Before drawing these conclusions to a close I wish to express appreciation on behalf of the community of agronomists and agriculturists of Greece. For our country, now developing rapidly in the results of this Symposium represent an invaluable contribution, and I am sure that it will mark an important date for the agriculture of all the Mediterranean countries.

I close on this note, dear colleagues, expressing in the name of our gathering our deep gratitude to all who have contributed to the success of the 7th Potassium-Symposium. Thank you, and farewell.

Athens, May 1962

N.C. Roussopoulos

Schlußbetrachtung

Prof. Dr. N. C. ROUSSOPOULOS

Da wir nun am Ende der Arbeiten des 7. Kali-Symposiums angelangt sind, das hinfort das Symposium von Athen 1962 genannt sein wird, wollen wir noch die Bilanz ziehen, die sehr zufriedenstellend ausfällt.

Sein Erfolg ist der guten Organisation des Kongresses sowie der Anzahl und Kompetenz der ausländischen Teilnehmer zu verdanken, worunter einigen der berühmtesten Fachmännern der weltweiten landwirtschaftlichen Wissenschaft. Das Spezialthema des 7. Symposiums war die kalihaltige Düngung in mediterranen Verhältnissen. Ich darf sagen, daß dieser Gegenstand gründlich erörtert worden ist.

An der ersten Sitzung haben die griechischen Berichtersteller traditionsgemäß versucht, einen allgemeinen Überblick auf den heutigen Stand der griechischen Landwirtschaft zu geben, besonders was den Boden und den Dünger anbelangt, sowie auch auf die verschiedenen Tätigkeiten der griechischen Agronomen, Pedologen und Chemiker der Landwirtschaft. Die folgenden Sitzungen waren allem, was die Agronomie und ganz besonders die Düngung, namentlich die kalihaltige, in mediterranen Ländern angeht, gewidmet.

So wurden nacheinander folgende Themen gründlich behandelt: Das mediterrane Klima, die Arten des mediterranen Bodens, die Salz- und Alkaliböden und ihre Verbesserung, die Wichtigkeit des Wassers in den Ländern des Mittelmeers, die Bewässerung, die in der Landwirtschaft dieser Länder eine so grosse Rolle spielt, die Anwendung des Düngers auf bewässerten Pflanzungen usw.

Das dynamische Verhalten des Kaliums im Boden bildete den Gegenstand einer ganz besondern Abhandlung, wie auch andere Themen, die die kalihaltigen Düngemittel und ihre Wechselwirkung mit andern Düngern und Wirkungsgraden der Produktion betreffen.

Schließlich wird das Bild, das ich eben kurz entworfen habe, durch eindrückliche und interessante Aussagen und Mitteilungen über die Düngung der hauptsächlichsten mediterranen Kulturen wie Agrumen, Futterpflanzen, Reben, Obst, Baumwolle, Mais, Reis und Olivenbäume vervollständigt.

Aus allen an unserm Symposium vorgelegten Arbeiten geht hervor, daß das Kali, dieses für reichliche Ernten so wichtige Düngeelement in fast allen Ländern des Mittelmeers leider wenig oder fast überhaupt nicht angewandt wird, während doch die Erde und Pflanzungen besonders in mediterranen Gebieten einen großen Bedarf an Kalium haben, wie die vielen Erfahrungen und Analysen, die uns dargelegt wurden, bewiesen haben.

Bevor ich die Zusammenfassung abschlieÙe, möchte ich den besonderen Dank der landwirtschaftlichen Kreise Griechenlands ausdrücken, die sich eben jetzt in voller Entwicklung befinden, und für die die Resultate dieses Symposiums, das sicher in die Geschichte der Agronomie der Mittelmeerlande eingehen wird, eine unschätzbare Unterstützung bedeutet.

Hierauf, sehr geehrte Kollegen, möchte ich noch allen, die zum Gelingen des 7. Kali-Symposiums beigetragen haben, im Namen unserer Zusammenkunft unsern innigsten Dank aussprechen.

Danke und auf Wiedersehen.

Athen, Mai 1962

N. C. Roussopoulos

Conclusión

Prof. Dr. N. C. ROUSSOPOULOS

Henos aquí llegados al final de los trabajos del Séptimo Symposium de la Potasa, que en adelante será llamado Symposium de Atenas 1962, y debemos realizar el balance, que, por cierto, es muy satisfactorio.

El éxito se ha debido a la buena organización del Congreso y al número y calidad de los participantes extranjeros, entre los cuales había varios de los maestros de la ciencia agronómica mundial. El tema especial del Séptimo Symposium era «el abonado potásico bajo las condiciones mediterráneas». Este tema ha sido tratado, – bien puedo decirlo – a fondo.

Después de una primera sesión en la que, según la tradición establecida, los informadores helenos han tratado de hacer una descripción general de la situación actual de la agricultura helénica, más particularmente desde el punto de vista de suelos y abonos, así como también de las diferentes actividades de los agrónomos, pedólogos y químicos agrónomos helenos, las sesiones siguientes fueron consagradas a casi todos los temas concernientes a la agronomía, y más especialmente al abonado, sobre todo potásico, en países mediterráneos.

Así se han tratado sucesivamente delante de nos otros, de una manera, profunda, temas tales como: el clima mediterráneo, los tipos de suelos mediterráneos, los suelos salinos y alcalinos y su mejora, la importancia del agua en los países mediterráneos, la irrigación, que desempeña un papel tan importante en la agricultura de estos países, el empleo de los abonos en cultivos irrigados, etc. etc.

La dinámica del potasio en el suelo ha sido objeto de un estudio completo especial, así como otros diversos temas relativos a los abonos potásicos y su interacción con otros abonos y factores de la producción.

Finalmente, completan el cuadro que acabo de bosquejar con tanta brevedad, informes y comunicaciones de gran importancia e interés, relativos al abonado de los principales cultivos mediterráneos, tales como agrrios, plantas forrajeras, viñas y vergeles, algodón, maíz, arroz, olivo, etc.

Por lo que respecta a la potasa, lo que resulta de todos los trabajos presentados en nuestro symposium es que en casi todos los países mediterráneos, este importante elemento fertilizante, no obstante tan necesario para obtener cosechas abundantes y de buena calidad, es, desgraciadamente, poco o casi nada utilizada mientras que los suelos y los cultivos mediterráneos tienen en general una gran necesidad de ella, de manera que esto ha sido probado por los numerosos experimentos y análisis que nos han sido citados.

Antes de terminar estas conclusiones, deseo expresar el particular reconocimiento del mundo agronómico y agrícola heleno por la aportación agronómica inestimable que representa para nuestro país, que se encuentra en este momento en pleno movimiento agrícola, por los resultados de este symposium, que, estoy seguro, marcará una fecha importante para la agromía de todos los países mediterráneos.

Sobre esto, eminencias, colegas, expreso, en nombre de nuestra reunión, nuestra ferviente gratitud a todos cuantos ha contribuido al éxito del séptimo Symposium de la potasa. Gracias y hasta mañana.

Atenas, Mayo de 1962

N.C. Roussopoulos

Registre des auteurs

Les numéros imprimés *en italique* renvoient à des travaux effectués en collaboration; les numéros entre parenthèses renvoient, dans la bibliographie, au chiffre sous lequel l'auteur est mentionné.

Author Index

Numbers *in italics* indicate that the paper has been written jointly with other scientists; their references are given in the bibliography at the number mentioned within brackets.

Autorenregister

Die *kursiv* gedruckten Zahlen sind ein Hinweis, daß der Autor als Mitarbeiter zitiert wird. Er ist im Schrifttum bei der in Klammern angegebenen Zahl aufgeführt.

Registro de autores

Los números impresos *en cursiva* indican que los trabajos han sido efectuados en colaboración; los números entre paréntesis se refieren, en la bibliografía, a la cifra bajo la cual el autor está mencionado.

A

Acerete, A., 333
Achitov, N., 317 (1)
Adamopoulos, C., 17
Adams, J.E., 441, 449 (36)
Agafonow, W., 184
Aguila, J.F., 301, 304 (4)
Ahab, A., 437
Ahlgreen, G.H., 344, 345, 347, 348
Ahlrichs, J.L., 244 (61)
Ahmad, R., 441, 442, 445, 450, 452
Albareda, J.Ma., 184
Albert, W.B., 437
Aldrich, D.F., 285 (1)
Alexandrescu, I., 391 (2)
Alvin, D., 260
Anagnostopoulos, M., 591
Anastasiades, P.H., 185
Ancellin, J.P., 346
Anderson, A.J., 368
Andrews, W.B., 285, 441, 445
Ansett, A., 419 (1)
Appling, E.D., 438

Armstrong, G.M., 437
Arnold, P.W., 219 (1), 310 (2)
Arnon, I., 90, 271, 305
Arnon, I., 204 (1), 278, 283, 285, 375
Arwy, W.Y., 357, 364 (13)
Asdonk, T., 312 (3)
Attoe, O.J., 242, 345 (32), 347, 348
Audidier, L., 233, 234, 326, 412, 415, 425, 591
Avizohar, 280 (29)
Axley, J.H., 361 (7)
Ayers, A.D., 259, 260 (26), 262 (30),
265 (37), 383 (11)
Ayers, A.S., 383
Ayers, R.S., 265 (8)
Aygalliers d', P., 501

B

Baird, G.T., 345, 346 (22b)
Băjescu, N., 391 (2)
Ballard, L.A., 277
Baltagi, B., 392 (3)
Bannink, L., 446, 450
Bar-Akiva, A., 357

- Barber, S. A., 346 (15), 347, 347 (15),
 348 (15), 349, 349 (15)
Barbier, G., 230, 231, 325, 326, 327, 329, 592
Barbier, G., 234 (5), 236 (69), 241 (69),
 242 (4), 245 (5), 248 (70), 348, 349
Baroccio, A., 369
Baroccio, A., 344 (3, 4, 20), 369, 369 (6),
 370 (3, 6)
Barshad, I., 67, 243 (6)
Bartholomew, R. P., 452
Bastisse, E., 232 (17), 238 (7), 246 (7)
Batjer, L. P., 418 (20)
Bear, F. E., 345, 345 (16), 347, 348
Beal, H., 437
Benjaminsen, J., 348
Bennett, O. L., 274 (43), 452 (65)
Berkovitz, J., 285 (4)
Bernstein, L., 260, 260 (4, 5, 6, 7), 261, 266
Bersky, A., 285 (4)
Bertainchaud, J., 501
Bertramson, B. R., 242 (59), 245 (59)
Bertrand, A. R., 287 (25)
Beyers, C. J., 357 (3), 365 (3)
Bhat, N. R., 442, 444, 452
Bhide, N. N., 444
Billingsley, H. D., 418 (20)
Binopoulos, C., 591
Blanc, D., 300, 302, 303
Bledsoe, R. P., 438, 442, 449
Blood, P. T., 347 (24)
Boischof, P., 464
Bolt, G. H., 238 (60), 238 (38), 239 (38)
Bondorff, K. A., 89, 329
Bondorff, K. A., 76, 78, 81, 84, 85, 86
Borasio, L., 471
Borasio, L., 474, 476
Borland, J. W., 235 (9)
Boswell, F. C., 463
Bouat, A., 502, 509, 510
Bower, C. A., 261 (10, 11), 262 (12),
 266 (11)
Bradfield, R. A., 345 (9)
Bradley, W. F., 63 (6)
Brasil Sobro, M. O. C., 453 (27)
Bratu, V., 388 (10, 11)
Braud, M., 453
Bray, R. H., 284 (7), 346 (15), 347 (15),
 348 (15), 349 (15)
Brès, C., 398 (1), 399 (1), 525 (7)
Brickley, W. D., 308 (5)
- Brimhall, L. L.*, 442
Brown, B. A., 349
Brown, G. C., 245 (56)
Brown, H. B., 441, 445
Brown, H. W., 260 (2)
Brown, J. G., 395, 398, 400 (6), 534 (20)
Brown S. M., 357 (2), 364 (2), 365 (2)
Bruckhart, L., 279 (37)
Buchmann, E., 497
Buchmann, E., 398, 399, 500 (6), 559 (6),
 563 (6), 575 (6)
Buie, T. S., 445 (81)
Burkhart, L. F., 453 (41)
- C
- Calistru, Gh.*, 392 (3)
Camez, T., 349 (11)
Cardos, J. C., 185 (30)
Cardus, J., 301, 304 (4)
Carolus, R. L., 308 (6)
Carpenter, P. N., 308 (7)
Carrante, V., 501
Carter, R. L., 375, 377 (14)
Carvalho de Cardoso, J. V. J., 185 (8)
Castle, M. E., 375
Catacouzinos, D. S., 51, 89
Catacouzinos, D. S., 49, 51, 54, 55, 58
Cavallar, W., 185 (7)
Cetini, G., 474
Chaminade, R., 241, 245 (10)
Chandler, R. F., Jr., 345
Chang, C. W., 261, 262, 266 (13, 14)
Chapin, J. S., 247 (11)
Chapman, H. D., 264 (23), 285 (1), 357,
 364, 365
Chaussidon J., 236 (13), 241, 243 (12)
Cheney, H. B., 245 (52)
Chevalier H., 233, 234, 326
Christensen, P. D., 442
Christidis, B. G., 437
Christidis, B. G., 438, 442
Christodoulou, N. E., 29
Chumachenko, I. N., 451
Cimpoern, N., 389 (13)
Clark, C. F., 308 (8)
Coculescu, Gr., 388 (4)
Colby, W. G., 378 (9)
Coleman, R., 452
Collier, D., 232 (14), 246 (14bis)

Collins, E. R., 449 (68)
 Collis-George, N., 211 (2)
 Colwell, W. L., 279 (37)
 Comarnescu, V., 391 (1)
 Contzen, J., 245 (53)
 Converse, C. D., 275 (45)
 Cook, M. G., 242 (15)
 Cook, R. L., 277 278 (33)
 Cooke, G. W., 90 328 412
 Cooke, G. W., 312 313
 Cooper, H. P., 453
 Cordier, G., 500 (15)
 Cornel, A., 185 (9)
 Couilloud, P., 424 (10)
 Coury, T., 453 (27)
 Couture, 500 (16)
 Crowther, F., 437, 441, 442, 446, 450,
 452 (33)
 Cumings, G. A., 451

D

Daeschner, M., 453 (11)
 Dastur, R. H., 437, 441, 447, 452
 Davey, B. G., 211 (2)
 Dayal, R. S., 243 (21)
 Delas, I., 235 (16)
 Delmas, J., 235 (16)
 De Mello, F. A. F., 453
Démétriadès, S. D., 395
 Démétriadès, S. D., 395, 400
 Demias, C., 235 (16)
 Demolon, A., 76, 82, 83, 84, 86, 232
 DeMumbrum, L. E., 241, 243, 243 (20),
 245 (20)
 Depardon, L., 427
 Dermott, W., 349
 De Turk, E. E., 284
 De Villiers, J. I., 357, 365
 Didd, F., 429
 Dietz, R. S., 63
 Domingo, C. E., 207 (17), 208 (17)
 Doneen, L. D., 200 (3)
 Dor, Z., 285 (4)
Dovrat, A., 375
 Dovrat, A., 219 (3), 225 (3), 283 (8), 375,
 376, 377, 378, 382, 383
 Drake, M., 378
 Dregne, H. W., 266 (14)
 Droste, J. B., 63

Drouineau, G., 299
 Dulac, J., 417, 502
 Duley, F. L., 278 (35)
 Durcan, W. G., 280
 Durroux, M., 242 (4)
 Dyal, R. S., 65

E

Eagle, H. E., 260 (24), 261
 Eckstein, O., 308 (10)
 Edwards, F. E., 441 (2)
 Ehlig, F. C., 260 (15)
 Ehrendorfer, K., 279
 Engle, D. R., 438

F

Fabris, A., 346
 Fakhry, S. I., 260, 262 (22)
 Faure, J. C. A., 497 (18)
 Fehrenbacher, J. B., 280
Feigenbaum, S., 219, 357
 Fernandez, G. R., 274
 Ferrari, T. J., 83, 86
 Ferres, H. M., 369
 Foisil, A., 346 (1)
 Fölster, H., 243 (22), 244
 Fox, R. L., 280
 Franc de Ferrière, P. J. J., 349
 Frank, F., 348
 Fraps, G. S., 437
 Fujimoto, C. K., 383 (2)
 Futral, J. G., 442 (67)

G

Ganiatsas, C. A., 64
 Garaudeaux, J., 233, 234, 326
 Garcia, G., 239 (44)
 Gardner, W. R., 198
 Garman, W. L., 245 (23)
Gavalas, N. A., 395
 Gavalas, N. A., 400
 Geron, S., 272 (44)
 Gerwig, J. L., 344, 345, 347, 348
 Gholston, L. E., 242 (32)
 Giddens, J., 438
 Giesecking, J. E., 67, 238
 Gingerich, J. R., 196, 198

- Glander, H., 349
 Gliemerth, G., 287
González-Sicilia, E., 331, 411
 Gopani, D.D., 442, 444
 Goulden, B., 234, 247 (17)
 Gouy, M., 235
 Gracie, D.C., 442, 446, 450
 Graham, E.R., 232 (27)
 Gregory, F.G., 452
 Grillot, G., 260 (16)
 Grim, R.E., 63
 Grimmett, R.E.R., 369
 Grissinger, E., 242 (26)
 Grossfield, I., 307
 Gutknecht, J., 447, 450
- H
- Haddock, J.L., 200 (11), 275 (16)
Hagan, R.M., 191
 Hagan, R.M., 192 (6, 9), 204 (7), 212 (8),
 275, 276
Hagin, J., 219
 Hagin, J., 219 (3), 225 (3), 328, 375, 378,
 383
 Haise, H.R., 275 (47)
 Hanway, J.J., 242 (27, 28, 29), 244,
 245 (63), 346, 347, 348, 349
 Hardy, F., 442
Harpantides, J., 45
 Harper, H.J., 448
 Harrap, F.E.G., 312 (13)
 Harrison, G., 438
 Hartmann, H.T., 395, 398, 400 (6)
 Harward, M.E., 238 (30)
 Haseman, L., 281
 Haussmann, G., 375
 Hawkins, A., 308 (14)
 Hayward, H.E., 260, 261, 266 (7)
 Heemst, H.D.J., van, 202 (13)
 Heiman, H., 266
 Hendricks, S.B., 65, 243 (21)
 Hendrickson, A.H., 192, 193 (19)
 Herrero de Egaño, M., 333, 335, 336
 Hervey, R.J., 438 (40)
 Heyman-Herschberg, L., 357
 Hinkle, D.A., 442
 Hoagland, D.R., 242, 244 (47)
 Hoff, D.J., 242 (36)
 Hoffer, G.N., 280
- Hoffman, W.E., 349
 Hoffmann, M., 398 (10)
 Holevas, C.D., 400 (3, 4)
 Holmes, R.S., 245 (16)
 Holmes, W., 375, 375 (18)
 Hong, G.B., 279
 Hooton, D.R., 441, 449
 Hoover, C.D., 241 (19), 242 (32), 243 (19),
 247 (31), 448
 Hoover, M., 442
 Horowitz, M., 285 (4)
 Hosking, J.S., 383 (17)
 Houston, C.E., 191 (10)
 Howe, O.W., 275
 Hulpa, N., 390 (6)
 Humbert, R.P., 284
 Hunter, A.S., 345
 Hunziger, R.R., 245 (63)
 Hutcheson, Jr., T.B., 232 (33), 242 (17)
- I
- Ion Stan, 390 (7)
Ionescu-Sisesti, G.H., 387
 Ionescu-Sisesti, G.H., 391 (8)
- J
- Jackson, J.E., 375, 377
 Jackson, M.L., 65
 Jackson, R.D., (17)
 Jackson, W.A., 247 (34)
 Jacob, A., 312 (3)
 Jacobsen, O.B., 367 (7)
 Jacobson, A., 283 (8)
 James, P.J., 347
 Jansson, S., 235 (37)
 Jaworski, C.A., 347, 349
 Jeffries, C.D., 242 (26), 243 (37)
Jelenić, D., 401
 Jenkins, P.M., 441, 449 (36)
 Jenny, H., 244 (74), 385
 Joham, H.E., 453
 Johnson, C.M., 397
 Johnson, P.R., 442 (61)
 Johnston, J.R., 438 (40)
 Jones, J.B., Jr., 242
 Jones, J.O., 349
 Jones, R.J., 451
 Jones, V.S., 242 (32)

Jordan, H. V., 441, 449 (36)
 Joumir, Gh., 391 (8)
 Jung, G. A., 347

K

Kaddah, Malek, T., 260, 262 (22)
Kalovoulos, J. M., 63
 Kanassis, N., 58
 Kanellopoulos, N., 54, 58
 Kapp, L. C., 438
 Kelley, O. J., 275 (45)
 Kelley, W. P., 264 (23)
 Kelperi, E., 55, 58 (7)
 Kessler, B., 398 (10)
 Khalil, F., 441, 446, 450
 Klatt, W., 192 (12)
 Klinge, H., 185 (21, 22)
 Klipp, Goraine, W., 245 (56)
 Kmock, H. G., 280 (24)
 Kochler, F. E., 280 (24)
 Kohnke, H., 287 (25)
 Kolterman, S. W., 361
 Koltermann, D. W., 403
 Kopetz, L. M., 278 (26)
 Krantz, B. A., 265 (9), 280 (19)
 Kranz, B. A., 453
Kubiena, W., 167, 229, 230
 Kubiena, W., 170 (23, 24, 25, 26, 27), 185
 Kunze, G. W., 243 (37)

L

Lachover, D., 305
 Lachover, D., 280 (29), 283 (28), 285 (4),
 310, 317 (16), 377 (6)
 Lafon, J., 424 (10)
 Lagatu, H., 416, 426
 Lagerwerff, J. V., 238, 239 (38), 260 (24),
 261 (25)
 Laird, R. J., 274 (13)
 Lambert, A. R., 452
 Langley, B. C., 442 (61)
 Larson, W. E., 283 (30)
 Last, F. T., 281 (31)
 Latuner, F., 464
 Lawton, K., 243 (47) 277 (33) 278 (32)
 Leaf, Al. G., 232 (39)
 Leatz, L. F., 241 (64)
 Lecat, P., 425 (12)

Legg, I. O., 361
 Lempitskaia, V. K., 312 (18)
 Leshem, I., 283 (8), 376 (7)
 Liatsikas, N., 51, 58, 185 (29)
 Lipps, R. S., 280 (14)
 Liwerant, J., 417, 421, 422, 423, 425, 426, 428
 Lorenz, O. A., 308 (19)
 Louvrier, J., 502, 525, 533 (24)
 Luebs, R. E., 242 (40)
 Lunt, O. R., 449
 Lyerly, P. J., 442 (14)

M

Mack, W. B., 464
 Mackenzie, A. J., 265 (9)
 Mackenzie, R. C., 65
 MacLusky, D. S., 375 (13)
 Mahmoud, A., 446, 450 (22)
 Makkink, G. F., 202 (13)
 Malavolta, E., 453 (27)
 Malefakis, J., 55, 58 (7)
 Malinkin, N. P., 443, 444
 Mamedov, Z. I., 452
 Mancini, F. S., 185 (31, 32)
 Marel, H. W., van der, 242, 243 (43), 403
 Marshall, C. E., 239 (44)
 Martin, I. C., 242, 244 (45)
 Martin, J. R., 425
 Martin, R. T., 65
Mathieu, M., 411
 Matsucki, 479
 Maume, L., 279 (34), 416, 417 (17), 426
 McBryd, J. B., 437, 438
 McCaleb, S. B., 232 (33)
 McGeorge, W. T., 442
 McGregor, J. M., 349
 McHargue, J. S., 437
 McIntire, W. H., 247 (41)
 McKaig, N., Jr., 438 (67)
 McLean, E. O., 242 (42, 58), 348 (27)
 Mederski, H. J., 242 (36)
 Megie, C., 453 (11)
 Mehlich, A., 238 (30)
 Mehring, A. L., 451
 Menkes, I., 285 (4)
 Merwin, H. D., 244 (46)
 Mikkelsen, D. S., 442
 Millar, C. E., 319 (20)
 Miller, M. F., 278 (35)

Millikan, C. R., 369
 Millot, G., 349 (11)
 Milykovic, N., 260 (26)
 Minot, F., 357 364 (9)
 Moldovan, I., 392 (9)
 Morani, V., 330, 343
 Morani, V., 344, 349 (21), 369, 370 (3)
 Morettini, A., 501, 525
 Morris, H. D., 444
 Mortland, M. M., 67, 243 (47)
 Moscieki, W. Z., 398 (10)
 Moyle, E., 238 (30)
 Mulder, E. G., 369
 Müller, S., 185 (33)
 Musina, G., 452

N

Naftel, J. A., 441
 Narayanayya, D. V., 442
 Neiman, R. H., 261 (27)
 Nelson, C. E., 207, 208 (17)
 Nelson, L. E., 242 (48)
 Nelson, W. L., 279 (37), 441, 449, 449 (68),
 453 (41)
 Nelson, W. W., 349
 Nevros, K., 185 (28)
 Nevros, N., 51, 56 58
Niavis, C. A., 325
 Nicholas, D. J. D., 367
 Nielson, R. F., 345, 346
Nikoliti, S., 89, 229, 230, 325, 401, 592

O

Oakes, J. Y., 449
 Obenshain, S. S., 247 (66)
 Odland, T. E., 347
 Ochmer, K., 185 (34)
 Oertel, A. C., 369
 Ohlogge, A. J., 280, 339, 345, 347
 Olsen, S. R., 223, 224 (4)
 Olson, L. C., 438
 Oprisan, N., 388 (10, 11)
 Overstreet, R., 242, 244 (45)

P

Paauw, F., van der, 248 (50), 348, 349
 Paden, W. R., 441
 Panos, B., 55, 57, 58

Panos, D. A., 344
Pantović, M., 401
 Parker, E. R., 285 (1)
 Parks, R. O., 274 (38)
 Parks, R. Q., 245 (56)
 Parks, W. L., 463
 Patel, M. H., 452
 Patrick, W. H., Jr., 451
Paxinos, S. A., 63
 Pearson, G. A., 262 (28, 29, 30)
 Pearson, R. W., 452 (65)
 Pedro, G., 232 (51)
 Peech, M., 244 (46), 345
 Penman, H. L., 276 (39)
 Percival, C. P., 347 (24)
 Peterburgskii, A. V., 369
 Peters, D. B., 196, 199 (14, 15)
 Petit, P., 40 (19)
 Petre Braica, 389 (12)
 Petri, L., 395
 Pettinger, N. A., 463
 Phillips, S. A., 451 (59)
 Pierre, W. H., 244 (67), 279 (46), 444
 Pillsbury, A. F., 262, 263 (33)
 Piper, C. S., 307 (21)
 Pisani, 501, 533 (38)
 Pisano, G., 369, 370 (3)
 Plant, W., 369
 Popa, S., 392 (3)
 Pope, A., 245 (52)
 Popp, M., 245 (53)
 Popvatz, M., 185 (38)
Porath, A., 357
 Porath, A., 267 (31)
 Possingham, J. V., 369
 Praloran, J. C., 357, 364
 Pratt, P. F., 234, 244 (54), 247 (55), 264 (23)
 Prevot, 525 (7)
Prévot, P., 329
 Prévot, P., 398, 399 (1), 399 (9)
 Priimak, A. D., 426
 Prince, A. L., 345, 348
 Prince, F. S., 347
 Principi, P., 185 (36, 37)
 Protasov, P. V., 443
 Purvis, E. R., 344

Q

Quidet, P., 429
 Quintanilla-Rejado, P., 272 (40)

R

- Ramig, R.E., 280 (24)
 Ravikovitch, S., 267 (31)
 Rebour, H., 335
 Redlich, G.C., 346 (1)
 Reeve, E., 464
 Reeve, R.C., 262, 263 (33), 264 (32)
 Reifenberg, A., 185 (39, 40)
 Reitemeier, R.F., 235 (9), 240, 244 (57),
 245 (56), 326
 Renaud, P., 502
 Rey, 501, 525
 Reynolds, E.B., 442
 Rhoades, H.F., 275 (21)
 Rich, A.E., 347
 Richard, H., 429 (19)
 Richard, L., 453 (11)
 Richards, G.E., 242 (58), 348
 Richards, L.A., 192 (16), 221 (5), 265 (34),
 278 (48), 361, 378
 Robelin, M., 246 (14bis)
 Robins, J.S., 207, 208 (17)
 Robinson, B., 247 (41, 65)
 Rogaler, W., 277 (41)
 Rogers, B.L., 418
 Rogers, H.T., 451
 Rogers, W.B., 442
Roncali, C., 93
 Rossiter, R.C., 369, 372
 Rotini, O.T., 185 (41)
 Rouse, R., 242, 245 (59)
Roussopoulos, N.C., 20, 75, 327, 593
 Roussopoulos, N.C., 81
 Roux, J.B., 447, 450
 Rowinski, P., 345
 Rubia, J., de la, 260 (1)
 Rubin, I., 272 (44)
 Ruère, J., de, 236, 241 (69)
 Russel, M.B., 196, 198 (5), 275, 276 (17)
 Rust, R.H., 280 (12)
- Scarbrook, C.E., 274 (43), 452
 Scarseth, G.D., 378
Schachtschabel, P., 327
 Schofield, R.K., 276 (39)
 Schroeder, D., 349
 Schuffelen, A.C., 238 (60)
 Schuylenborg, J., van, 279 (20)
 Schwertmann, N., 328
 Scott, A.D., 242, (27, 29, 40, 62, 71),
 244 (28, 61, 71), 245 (63)
 Scott, T.W., 349
 Scripture, P.N., 347 (24)
 Seay, W.A., 345, 348
 Shaw, W.M., 247 (41, 61)
 Shimshi, D., 272 (44)
 Shive, J.W., 464
 Shotton, F.E., 347
 Sidorova, N.K., 369
 Simon, R.H., 242 (42), 244 (54)
 Simonson, R.W., 287 (52)
 Singh, G., 442 (66)
 Singh, K., 442 (66)
 Singh, S., 447, 452 (26)
 Skinner, J.J., 442 (10), 438 (67), 449,
 449 (68)
 Sloane, L.W., 451 (59)
 Smith, D., 347
 Smith, F.W., 247 (11), 349 (31)
 Smith, G.K., 247 (66)
 Smith, J.C., 438 (40)
 Smith, O., 309, 310 (22)
 Sommaini, L., 502
 Soteriades, C.G., 185 (42)
 Soulmagnon, A., 501 (33), 560
 Spiresen, M., 185 (38)
 Spurr, W.B., 261 (20)
 Stacy, S.V., 442, 445 (81), 449 (10)
 Staicu, I., 388 (10, 11), 389 (12, 13)
 Stanberry, C.O., 275 (45)
 Stancu, E., 391 (8)
 Stanford, G., 242 (40, 68)
 244 (28, 46, 61, 67)
 Stanhill, G., 192 (18)
 Staten, G., 442
 Stela, Corbeano, 391 (2)
 Stelly, M., 444
 Stewart, A.B., 375
 Stewart, E.H., 448
 Steyn, W.J.A., 360, 365
 Stickney, E.M., 242 (62)
- S
 Salter, R.M., 451
 Samish, R.H., 398
 Samplon, S., 260 (1)
Sánchez-Monge, E., 463
 Săndulescu, Gh., 391 (2)
 Sawhney, B.L., 67

- Stinchfield, R. H., 308 (23)
 Stivers, R. K., 345, 347
 Stoklasa, J., 82, 86 (4)
 Stout, P. R., 365
- T
- Tamés, C., 467
 Tamura, T., 64, 67
 Tendille, Cl., 234 (5), 236 (69), 241 (69),
 245 (5)
 Thomas, G. W., 247 (34)
 Thomas, M. P., 369
 Thomas, W., 464
 Thorne, J. P., 266 (35), 345, 346 (22b)
 Tisdale, H. B., 281 (47)
 Tombesi, L., 349 (21)
 Tomforde, A., 446, 450, 452 (22)
 Toth, S. J., 345 (16)
 Tournieroux, 501
 Trocmé, S., 234, 245 (5), 248, 348
 Trumble, H. C., 369
 Truog, E., 242 (1), 345 (32), 347, 348,
 361 (6), 403
 Tsvorykin, J., 51, 56, 58 (10)
 Turk, E. E., de, 241, 242 (75)
 Turley, Hall, C., 232 (25)
 Turner, H., Jr., 449
 Twamley, B. E., 347
- U
- Uehara, G., 243 (47)
 Ulrich, A., 357, 397
 Ulrich, R., 429
- V
- Vaadia, Y., 192 (9), 204 (7) 212 (8),
 275 (17), 276 (17)
 Vacaru, L., 388 (10)
 Vagcler, P., 186 (43)
 Vasquez, A., 260 (1)
 Veihmeyer, F. J., 192, 193 (19)
 Vengris, J., 378 (9)
 Vinet, E., 417, 420
 Voica, R., 391 (8)
 Volk, G. W., 244 (54), 444
 Volk, N. J., 448, 449
- W
- Wadleigh, C. H., 192 (16), 260 (2),
 265 (37), 278 (48), 438, 441, 464
 Wahhab, A., 441, 442, 445, 450, 452
 Walker, G. F., 67
 Walker, J. C., 281 (49)
 Walker, M. E., 375, 377 (14)
 Wallace, A., 345, 347
 Wallace, T., 308 (24)
 Walsh, T., 308, 375
 Wang, L. C., 347
 Watanabe, F. S., 223, 224 (4)
 Weaver, L. R., 265 (34)
 Welch, C. D., 441
 Welch, L. F., 242, 244 (71)
 Wels, 501, 533 (38)
 West, C., 429
 White, H. C., 437
 Wiklander, L., 238 (72), 240 (73), 310,
 317 (26)
 Wilcox, L. V., 260, 261 (38), 262, 263 (33)
 Wilson, A. E., 357, 364
 Wilson, J. H., 242 (36)
 Williams, C. B., 445
 Williams, D. E., 244
 Williams, R. S., 277 (51)
 Williamson, J. T., 452
 Winnik, M., 357
 Winters, E., 241 (64), 287 (52)
 Woltz, W. G., 232 (33)
 Wood, L. K., 284 (7)
 Wood, R. C., 449
 Woodruff, C. M., 219, 221, 225 (6, 7), 328,
 361, 365, 378, 381, 382
- Y
- Yakovleva, V. V., 369
 Yankovitch, L., 502 (40), 536 (39)
 Young, J. B., 247 (41)
 Young, P. A., 448
- Z
- Zvorykin, G., 185 (28)

Index alphabétique

- Agitation thermique des ions
K 236
- thermodynamique des
cations 234
- Agrumes, besoins en K
des -, 357
- culture des - en Espagne
332
- fumure des -, 330
- production des -, 331
- Al et fixation de K 243, 326
- Albanie, culture du riz en -,
486
- Algérie, culture du riz en -,
481
- Altération des minéraux 219
- Alternance de la production
de l'olivier 568
- Altitude et pédogénèse 169
- Amidon, influence du K sur
la teneur en - de la pomme
de terre 314
- Ammonium et K dans le sol
325
- Analyse foliaire des agrumes
357
- d'oliviers 397, 502, 543
- de la vigne 416
- polyfactorielle 83
- thermodynamique des
argiles 71
- Animaux, besoins des - en K
345
- Antagonisme P-K chez l'oli-
vier 532
- dans le sol 592
- Application des engrais sur
oliviers 574
- mode d' - des fumures aux
agrumes 411
- Arachide, effet résiduel de P
sur -, 329
- Arbres fruitiers, exportation
matières minérales par -,
417
- formules de fumure pour -,
419
- en Grèce 34
- profondeur des racines
des -, 421
- Arboriculture fruitière,
engrais verts dans -, 591
- fumure en - en Roumanie
392
- Argiles, fixation de K par -,
241
- enregistrement de la diffrac-
tion aux rayons X des -, 69
- Arrière effet des engrais 90,
285
- Aspersion, fumure K par -
des oliviers 400
- Assolement et culture du riz
en Italie 478
- Azote, absorption de - par le
riz 477
- apport d' - par engrais
verts sur l'olivier 554
- évolution de - dans l'oli-
vier 508, 514
- dans les sols méditer-
ranéens 536
- forme de l' - dans le sol 89
- teneur en - de l'olivier 516
- Azotée, fumure - du coton
440
- et irrigation 282
- des légumineuses 344
- par aspersion sur citrus 411
- Banque agricole de Grèce 37,
38
- Besoins nutritifs des agrumes
333
- Betteraves sucrières, fumure
K des - en Roumanie 389
- Bilans du potassium 233
- Biotite 67
- Blé, interaction Mo-K sur -,
371
- Bois, composition du - d'oli-
vier 530
- Bondorff, formule de -, 81
- Bulgarie, culture du riz en -,
489
- Calcaire, formation du sol sur
roche -, 180
- Calcium, besoin en - des
agrumes 335
évolution du - chez l'oli-
vier 511
- lessivage du - dans le sol
541
- teneur en - de l'olivier
517, 521
- Capacité d'échange en cation
des argiles 70
- de production des oliviers
499
- Carbone, absorption du -
par les racines du riz 474
- Carences nutritives du coton-
nier 439
- Céréales, culture des - en
Grèce 34
- Chernozem 402
- Chlorose, lutte contre la -, 592
- Chloris gayana 375
- Citronnier, fumure du -, 339
- Climat méditerranéen 93
- tempéré 94
- et végétation 96
- en Yougoslavie 402
- Climats préhistoriques et
pédogénèses 169
- Communauté économique
européenne 41
- Composés organiques de K
dans le sol 325
- Composition minéralogiques
des argiles 70
- Concentration de cations 235
- Conductivité hydraulique 197
- Conservation des fruits et
fumure K 429
- Contrôles de croissance de
l'olivier par photographies
569
- Coopératives agricoles en
Grèce 36
- Coton, culture du - en Grèce
33
- engrais P sur -, 444
- fumure du -, 437
- importance et date d'appli-
cation de la fumure N sur -,
443

- influence de l'azote sur le -, 441
 - des engrais NPK sur -, 445
 - de K sur la production de -, 449
- irrigation du -, 210
- recommandations pratiques pour la fumure du -, 450
- Cotonnier, composition du -, 437
- Coût de la fumure de l'olivier 571
- Croissance, rythme de - de l'olivier 512, 515
- Cryptogames, forte humidité et -, 91
- Cultures maraîchères en Grèce 33
- Cynodon dactylon 377
- ΔF , absorption de K par les plantes et valeurs -, 382
- ΔF , valeurs - dans le sol 364
- Décomposition de minéraux 231
- Démographie agricole 29
- Demolon, formule de -, 82
- Dessiccation et fixation de K 243
- Développement du sol, influence sur -, 184
- Diagnostic des déficiences des végétaux 453
- foliaire et corrélations NPK 525
 - de l'olivier 567
 - ligneux de la vigne 417
- Diffusion de cations 235
- Doses de fumure K pour les cultures fourragères 347
- Drainage, besoin en - pour l'amélioration des sols salins 263
- Dynamique de l'olivier 505
- Eau, besoins en - des cultures 275
 - du riz 476
 - déficits dans la teneur en - des plantes 195
 - économie en - du maïs et K 464
 - influence de l'approvisionnement en - sur la croissance des plantes 191
 - rétention en - des sols 197
 - utilisation de - et fumure 276
 - dans les végétaux 277
 - engrais-cultures, relations -, 204
 - sol-cultures, facteurs influencent les relations -, 198
 - sol-plantes, relations -, 196
 - du sol, composition de -, 65
 - et croissance des plantes 194
- Economie rurale en Grèce 31
- Echange de cations 235
 - isotopique 236
 - du K 234
 - du K, lois quantitatives de l' -, 238
 - de K par Ca, énergie libre d' -, 328
- Echantillonnage, date d' - des feuilles d'oranger 360
- Effet résiduel de KCl sur Elacis 329
- Egypte, culture du riz en -, 480
- Éléments nutritifs nécessaires au coton 437
- exportations par agrumes 333
 - teneur des sols grecs en -, 54
- Élevage en Grèce 35
- Énergie de substitution 221
- libre d'échange Ca/K 219, 361
- Enfouissement des engrais 422
- Engrais, besoins en - après amélioration des sols salins 263
 - et irrigation 211
 - commerce des - en Grèce 45
 - consommation d' - en Grèce 47
 - développement des racines et -, 279
 - dans l'eau d'irrigation 284
 - effets des - dans les sols salins 266
- Engrais, irrigation et -, 271
 - et phytopathologie 280
 - prix des - en Grèce 49
 - utilisation économique des -, 75
 - complets liquides 423
 - eau-culture, relations entre -, 204
 - K rendement d'un -, 248
 - minéraux, utilisation des - en Grèce 37
 - organiques et culture du riz 478
 - verts en arboriculture fruitières 591
 - coût d'un - sur l'olivier 557
 - sur oliviers 552, 555
 - en zone semi-aride 558
- Époque d'application des engrais sur vigne et arbres fruitiers 425
- de fumure K en zone méditerranéenne 349
- Espagne, culture du riz en -, 483
 - essais de fumure sur maïs en - 468
- Essais de fumure en Grèce 56
- Exploitations agricoles en Grèce 30
- Extraction continue de K du sol, 219, 221
- Évapo-transpiration 103, 137, 201, 202
- Fertilité du sol-exploitation-cultures, relations entre -, 211
 - influence de la - sur la réaction des plantes à l'irrigation 205
- Fertilités, utilisation de - élevées par les cultures 282
- Feuillage de l'olivier, destruction du -, 560
- Feuilles, grosseur des - d'oranger pour l'analyse foliaire 365
 - influence de la grandeur des - d'oranger sur leur teneur en K 360
 - variations des teneurs en éléments nutritifs des - de l'olivier 507
 - variation de la teneur en K des -, 364
- Fixation du K, réversibilité de la -, 240, 325
 - dans les sols yougoslaves 408

- mécanisme de -, 242
- Flétrissement, maladies de - et fumure 281
- Formation de sol, nomenclature des -, 229
- Formule de Mitscherlich 77
- Formules de fumure pour agrumes en Espagne 336
- France, culture du riz en -, 485
- Froid, résistance au - et fumure K 347
- Fruits, influence des fumures sur rendement en -, 428
- Fumier, application de - aux oliviers 562
- coût de l'application de - en Tunisie 563
- Fumure des agrumes en Espagne 333
- de formation des orangers 338
- de l'olivier 500
 - coût de la -, 556, 565
 - recommandations pour -, 570
- du maïs dans les conditions méditerranéennes 464
- en profondeur des oliviers 544
- dose la plus rentable de -, 79
- gain net dû à la -, 78
- influence de la - sur les variations de teneur en K du sol 318
- recommandations pour la - des agrumes 334
- résultats des - en Grèce 58
- technique de la -, du riz 479
- techniques d'application des - en cas d'irrigation 284
- et irrigation 206
- pratique des - en cultures irriguées 281
- proportions harmonieuses des -, 388
- foliaire des vignes et arbres fruitiers 423
- K, action de la - dans le temps 249
- et qualité des fruits 428
- du riz en Italie 473
- de la vigne 591
- résultats de la -, 426
- Gainjachta 403
- Gel 98
- Germination, dangers dus à la salinité pendant la -, 265
- Grèce, agriculture en -, 29
 - consommation en engrais en -, 48
 - culture du riz en -, 488
 - fumure N du coton en -, 442
 - zones de carence K sur l'olivier en -, 397
- Hongrie, culture du riz en -, 487
- Huile d'olive, synthèse de l' -, 504
 - valeur commerciale nette de l' -, 564
- Humidité, excès d' -, 97
 - du sol et absorption de K 278
 - rapport - fertilité, 274, 277
 - et la composition des plantes 278
 - relative 132
- Humus et culture de l'olivier 535
- Maintien de l' - dans les conditions méditerranéennes 535
- teneur des sols grecs en -, 54
- Infiltration du K 246
- Insolation, durée de l' -, 161
- Intensification de l'agriculture en Grèce 32
- Irrigation 193
 - application fractionnée d'engrais sous -, 286
 - efficacité de l' -, 206
 - et engrais verts pour olivier 554
 - facteurs influencent la réaction des plantes à l' -, 196
 - et fumure de l'olivier 572
 - fumure, interactions - chez le coton 452
 - en Grèce 32
 - dans la région méditerranéenne 272
 - réactions des cultures aux -, 203
- et autres facteurs de production 273
- fréquences des -, 204
- Journées de gel 113
 - pluvieuses 126
- K/Ca, échange -, 238
- K, fixation du -, 239
- K assimilable dans les sols évaluation du -, 219
- K, O , teneurs en - des sols grecs 46
- Latitude et pédogénèse 168
- Légumineuses, fumure K des -, 349
 - en zone méditerranéenne 343
- Lessivage, besoin en -, 265
- d'éléments nutritifs par l'irrigation 284
- de K, 247, 348
- Liaison K, intensité de la -, 327
- Libération du K 239
 - Mécanisme de -, 242
- Limon brun 173
- Limon rouge 176, 179
- Localisation des fumures 541
- Longévité des luzernières 347
- Luzerne, besoins en K de la - en Angleterre 412
 - culture de la - en Grèce 33
 - effet résiduel de P sur -, 344
 - teneur en K de la -, 346
- Maïs, pour ensilage, fumure du - en Roumanie 390
 - fumure du -, 464
 - production de - en fonction des valeurs ΔF 379
 - recommandations de fumure pour le -, 465
 - hybride, carences en K chez le -, 466
- Magnésium, évolution du - chez l'olivier 511, 520
 - migration du - dans le sol 541
 - teneur en - de différents organes de l'olivier 522
- Maroc, culture du riz au -, 482
 - fumure des citrus au -, 412

- Marrube, bosquets à -, 171
 Matière organique, apport de - par olivier 561
 Mécanisation de l'agriculture en Grèce 37
 Méthode d'application de la fumure au coton 451
 Microclimat de l'olivier 558
 Migration des fumures dans la culture de l'olivier 536, 538
 - de K dans le sol 541
 - de P dans le sol 538
 Minéraux, libération de K par décomposition de -, 232
 - argileux en Grèce 63
 - identification des -, 54
 - du sol, contraction des -, 328
 Mo-Ca, synergisme - chez les légumineuses 369
 Morphologie de la Grèce 45
 NaCl, apport de - par l'air maritime 560
 Nébulosité 99, 152
 - en janvier 101
 - en juillet 101
 Nervures centrales, teneur en K des - des feuilles d'orangers 359
 N-K interactions -, 299
 - rapport chez l'olivier 531
 N-P, rapports - chez les oliviers 513
 Nutrition K des plantes, synergisme Mo-K et -, 369
 Nutrition K et teneur en huile des arachides 279
 Oeillet, fumure des -, 300
 Oléiculture en Grèce 34
 Oligoéléments, apport d' - par fumier aux oliviers 547
 - chez l'olivier 533
 Olive, production mondiale d'huile d' - 497
 - production d' - et teneurs en éléments minéraux 528
 Olivier, analyse du sol des plantations d' - 537
 - carence N de l' -, 396
 - diagnostic foliaire de l' -, 587
 - dimension des feuilles carencées en K de l' -, 396
 - engrais verts pour -, 553
 - essais de fumure sur -, 503
 - évaluation des besoins en fumure de l' -, 503
 - fumure de l' -, 497
 - fumure PK aux jeunes -, 562
 - nombre d' - par pays 498
 - production moyenne des -, 510
 - réaction de l' - à l'irrigation 542
 - teneurs globales en NPK CaMg de -, 527
 Orages en été 102
 - en hiver 102
 Orangers, teneur en éléments nutritifs des -, 334
 - teneur en K des feuilles d' -, 358
 Osmose, effet de la salinité 260
 Paddy, composition chimique du -, 474
 Pal injecteur, fumure des arbres fruitiers au -, 421
 Parapodzol 406
 Paspalum dilatatum 376
 Pâturages, besoins en K des -, 412
 - déficience en K dans les -, et fumure N 375
 - à pores 171
 - irrigués et fumure K 283
 - fumure N et K sur les -, 375
 Pauvreté de précipitations 96
 Pêcher, exportations matières minérales par -, 418
 Pédogénèse 167
 - selon l'altitude 178
 - de la Roumanie 387
 Pédologie de la Yougoslavie 401
 Pelure, influence du sulfate de K sur l'épaisseur de la - de pomme de terre 313
 Pénétration du K dans les sols 319
 Pétioles, teneurs en K des - de feuilles d'oranger 359
 Phosphate, fumure - du coton 444
 - des plantes fourragères 343
 Phosphore, évolution du - dans l'olivier 508/514
 - fumure - sur coton 445
 - et irrigation 283
 - irrigation et teneur en - des plantes 279
 - migration du - dans le sol 538
 - teneurs en - de différents organes de l'olivier 518
 P-K, antagonisme - chez l'olivier 526
 Plantes, action des - sur la fixation du K 245
 - fourragères, fumure des -, 343
 Pluviosité, fumure de l'olivier en zone à faible -, 572
 Podzol 172
 - à humus ferrugineux 174
 Point de flétrissement permanent 192
 Pommes de terre, fumure des - en Roumanie 391
 - N-nitrique dans pétiole des -, 301
 - teneur en K des feuilles de -, 308
 Pommiers, exportations matières minérales par -, 417
 Porte-greffe, importance du - pour la nutrition des arbres 419
 Portugal, culture du riz au -, 484
 Potassium, absorption du - et nutrition azotée 278
 - par les pommes de terre au moment de la récolte 319
 - accessible dans le sol 219
 - besoins en - du maïs 464
 - carence en - de l'olivier 396
 - déficience en - chez le coton 448
 - déterminations des besoins en - par analyse foliaire 305
 - disponibilité du - selon la profondeur du sol 383
 - dynamique du - dans le sol 231
 - énergie libre d'échange du -, 275
 Potassium évolution du - chez l'olivier 509

- fumure - des légumineuses 345
- fumure - sur coton 447
- et irrigation 283
- influence des plantes sur la fixation du -, 245
- libération du -, 231
- dans les sols grecs 55
- teneur en - de l'olivier 517, 519
- variations de la teneur en - chez les feuilles d'orangers 365
- échangeable 234
- du sol, variation de la teneur en -, 317
- dans les sols et fumure K 363
- et valeurs ΔF 379
- non échangeable dans le sol fumure K et -, 362
- diffusible 326
- foliaire des orangers 358
- interfeuilles 233, 237
- du sol, détermination de l'assimilabilité du -, 375
- estimation de l'assimilabilité du -, 378
- répartition verticale du -, 383
- Précipitations 95, 103
- totales 117
- Productivité des sols cultivés 46
- Profondeur, fumure en -, 186
- des oliviers 542
- Protéines, influence du K sur la teneur en - des pommes de terre 315
- Qualité des agrumes, K et -, 335
- engrais et -, 429
- et irrigation 278
- des pommes de terre, influence du sulfate de K sur la -, 312
- des récoltes et fumure 86
- Racines, développement des - et épuisement de l'eau du sol 200
- et K 464
- profondeur des - de la vigne 421
- régénération des - après sectionnement 424
- taille des - par semoir en profondeur 549
- Radiation solaire 95, 99, 158
- Rapport d'absorption du sodium 265
- Rayons X, diffraction de l'argile aux - 68
- Récolte, accroissement de la -, 78
- courbes de - constantes 276
- et approvisionnement en eau 201
- Recommandations de fumure pour l'olivier
- Réduction N-nitrique 300
- Régosols 52
- Rendement agricole en Grèce 32
- de la fumure 76
- non proportionel, loi du -, 79
- Rendzines 51, 180
- brunes 177
- humides 180
- sèches 181
- Rentabilité, calcul de la - de la fumure 82
- de la fumure sur oliviers 566
- de la vigne 427
- Répartition du K des engrais dans le sol 247
- Revenu agricole en Grèce 31, 39
- Riz, absorption d'éléments minéraux par -, 475
- fumure du -, 471
- dans les pays méditerranéens 479
- importance de la production du -, 472
- répartition de la culture du -, 471
- Roche mère 168
- silicatée, pédogénèse sur -, 170
- Roumanie, engrais potassique en -, 387
- Salinité des sols et fumure sous irrigation 286
- test pour la - des sols 260
- Sels, élimination de - de sols salins 262
- teneur en sel des sols 63
- Semi podzol 174
- Sclerotium rolfsii* et engrais N 280
- Smonitza 402
- Sodium, élimination du - des sols sodiques 262
- Sols alluviaux 52
- en Grèce 63
- bruns lessivés 52
- calcaires 175, 181
- coupes microscopiques de -, 230
- méditerranéens 52
- désertiques 172
- fertilité des -, 281
- fossiles 169
- grecs 51
- jeunes 172, 181
- méditerranéens 167
- de montagne 172
- organiques 53
- podzoliques 406
- radicelles, morphologie de l'association -, 230
- reliques 169
- rouges méditerranéens 51
- salins et alcalins 53
- amélioration des -, 259
- analyse chimique des -, 66
- définition des -, 259
- secs 182
- silicatés jeunes 172
- sodiques 259, 261
- types de - en Yougoslavie 402
- Solonchak 177
- Solonetz 177
- Solution du sol 237
- Structure du sol 206
- et engrais 285
- Sous-solage et culture de l'olivier 535
- Sulfate de potasse, réaction des pommes de terre au -, 309
- Symptômes de carence K sur oliviers 399
- visibles en K chez la pomme de terre 308
- Synergisme Mo-K des végétaux 369
- Synonymologie en pédologie 229
- Syrie, culture du riz en -, 490

- Taille, bois éliminé lors de
 la - de l'olivier 529
 - de l'olivier 534
 Température 104
 - en janvier 100
 - en juillet 100
 - influence de la - sur la
 végétation 98
 Teneur en calcium des sols
 grecs 55
 - en potassium total des argi-
 les 70
 Terra fusca 175, 180
 - rossa 175, 180
 Terre brune humide 172, 176
 - sèche méridionale 170, 176
 - transformation en -, 179
 - rouge méditerranéenne 407
 Texture du sol 196
 - et accessibilité du K 223
 Tiges de la pomme de terre,
 teneur en K des -, 320
 Toxicité de la salinité 260
 - spécifique des ions 261
 Transpiration de la plante et
 K 277
 Tubercules, teneur en K des
 - de pommes de terre 321
 Tunisie, culture du riz en -,
 481, 490
 Utilisation d'engrais, opti-
 mum économique de l'-, 76
 Variété, influence de la - sur
 la réaction à la fumure 301
 Végétaux, besoins des -, en
 K 345
 Vergers, fumure des -, 415
 Vermiculite 67
 Verse du maïs et K 280
Vicia sativa 376
 Vigne, application des engrais
 à la -, 420
 - besoins en éléments nutri-
 tifs de la -, 416
 - formule de fumure pour la
 -, 419
 - fumure de la -, 415, 591
 - fumure par aspersion de la
 - en Roumanie 391
 Viticulture, engrais verts en -,
 591
 - en Grèce 35
 Vulgarisation agricole en
 Grèce 36
 Xeroranker 174
 Xerorendzines 182
 Yougoslavie, culture du riz en
 -, 486
 - K dans les sols de -, 401
 Zone aride, engrais verts en -,
 559
 - fumure de l'olivier en -,
 573
 Zone désertique 94

Subject Index

- Agricultural Bank of Greece 37, 38
 Al and K-fixation 243
 - in the soil 326
 Albania, Rice culture in -, 486
 Alfalfa-culture in Greece 33
 - K-content of -, 346
 - Residual effect of P on -, 344
 Algeria, Rice culture in -, 481
 Alluvial soils 52
 - of Greece 63
 Alternation of production of the olive tree 568
 Altitude and pedogenesis 169
 Ammonium and K in the soil 325
 Animal husbandry in Greece 35
 Animals, K-requirements of -, 345
 Apple tree, Exportations of nutrients by -, 417
 Application of fertilizers to olive trees 574
 Arid areas, Olive tree manuring in -, 573
 - Green manure in -, 559
 Available K in soils 219

 Biotite 67
 Bondorff, Law of -, 81
 Brown earth, Humid -, 176
 - Leached -, 52
 - Mediterranean -, 52
 - Transformation in -, 179
 Brown loam 173
 Bulgaria, Rice culture in -, 489

 Calcareous rock, Pedogenesis in -, 180
 - young earth 175, 181
 Calcium content of different parts of the olive tree 521
 - of the olive tree 517
 Calcium content of greek soils 55
 - leaching in soil 541
 - metabolism in the olive tree 511
 - requirement of citrus 335
 Carbon absorption by rice roots 474
 Carnation, Manuring of -, 300
 Cations concentrations 235
 - diffusion 235
 - exchange 235
 - capacity of clays 70
 Cereal crops in Greece 34
 Chernozem 402
Chloris gayana 375
 Chlorosis, Control of -, 592
 Citrus-culture in Spain 332
 - K requirements of -, 357
 - manuring 330
 - in Spain 333
 - production in Spain 331
 Clay, K-fixation trough -, 241
 - minerals in Greece 63
 - Identification of the -, 64
 - X-Ray diffraction of -, 69
 Climate and vegetation 96
 - of the Mediterranean 93
 - Prehistorical - and pedogenesis 169
 - in Yugoslavia 402
 Cloudiness 152
 Cold resistance and K-manuring 347
 Compound liquid fertilizers 423
 Continous extraction 219
 Co-operations Agricultural - in Greece 36
 Corn manuring 464
 Costs of the manuring of the olive tree 571
 Cotton Culture of - in Greece 33
 - Effects of K on -, 448
 - of N on -, 441
 - of NPK fertilizers on -, 445
 - fertilization, Practical recommendations for -, 450
 - Fertilizers for -, 437
 - Irrigation of -, 210
 - Phosphatic fertilizers to -, 444
 - plants, Chemical constituents of -, 437
 - Rate and time of N-fertilizations to - 443
 - yield Effect of K on -, 449
 Crop rotation and rice culture in Italy 478
 - succession in irrigated regions 272
 Crops K-requirements of -, 345
 Cryptogams, High humidity and -, 97
Cynodon dactylon 377

 Δ -F values in the soil 364
 Decompositions of minerals 231
 Deficiencies in cotton 439
 Deficiency Diagnostic of - of plants 453
 Demography Agricultural -, 29
 Demolon formula 82
 Desert soils Fertility of -, 281
 Desertic soils 172
 - zone 94
 Desiccation and K-fixation 243
 Differential thermal analysis of clay 71
 Distribution of fertilizer in the soil 247
 Drainage Need for - in the improvement of saline soils 263
 Dry soils 182
 Dynamics of the olive tree 505

 Economical optimum of fertilizers use 76
 Egypt, Rice culture in -, 480
 Energies of replacement 221
 Exchangable K and Δ F values 379
 - K in soils, Fluctuations of - 317

- K fertilization and -, 363
- Extraction of K from soil 221
- European Economic Community 41
- Evaluation of available K in soils 219
- Evapo-transpiration 103 137, 201, 202
- Farm management in Greece 31
- Farms in Greece 30
- Farmyard manure for olive trees 562
- manuring, Cost of - in Tunisia 563
- Fertilizer application and irrigation 206
 - methods to citrus trees 411
 - Techniques of - under irrigation 284
- consumption in Greece 47
- Deep placement of - for olive trees 544
- dose, The most economical -, 79
- Economical utilisation of -, 75
- economy in Greece 45
- in saline soils 266
- in sodic soils 266
- in irrigation water 284
- Need for - after reclamation of saline soils 263
- needs and irrigations 211
- placement 541
- Plant disease and -, 280
- practice under irrigation 281
- prices in Greece 49
- Root development and -, 279
- trials in Greece 56
- use, Net income from -, 78
- under irrigation 271
- Water - crop relations 204
- Fertility, Use of high - by crops 282
- Fertilization, Influence of - on the fluctuation of K in soil 318
- Foliage, Destruction of the - of olive trees 560
- Foliar analysis of olive tree 397, 502, 543
- diagnosis and NPK correlations 525
 - of the grape vine 416
 - of the olive tree 567
- K-manuring of olive tree 400
- manuring of grape vine and fruit trees 423
- Forage crops, Manuring of the -, 343
- Fossil soils 169
- France, Rice culture in -, 485
- Free energy, Change of - in Ca/K exchange 361
- of exchange 219
- of K by Ca 328
- Frost 98
- days 113
- Fruit conservation and K-fertilizer 429
- growing, Green manure in -, 591
 - Manuring in - in Rumania 392
- trees, Depth of the roots of the -, 421
 - in Greece 34
 - Manuring of -, 415
 - Manuring formula for -, 419
 - Nutrients exportations by -, 417
- yield, Effect of the manuring on -, 428
- Gainjatcha 403
- Germination, Salinity hazard during -, 265
- Grape vine, Manuring formula for -, 419
- Greece, Agriculture in -, 29
 - Areas of K-deficiency of olive trees in -, 397
 - Fertilizer consumption in -, 48
 - N-fertilizer to cotton in -, 442
 - Rice culture in -, 488
- Green manure, Costs for the - to olive trees 557
 - for olive trees 552, 555
 - in fruit growing 591
- manuring in semi-arid areas 558
- Groundnut, Residual effect of P on -, 329
- Growth control of olive tree by photography 569
- rhythm of the olive tree 512, 515
- Hoarhound grove 171
- Humid brown earth 172
- Humidity, Excess of -, 97
- Humus content of greek soils 54
 - keeping under mediterranean conditions 535
 - Olive tree cultivation and -, 535
- Hungary, Rice culture in -, 487
- Hydraulic conductivity 197
- Income, Agricultural - in Greece 39, 31, 32
 - from the olive tree manuring 566
 - from the vineyard manuring 427
- Intensification of the agriculture in Greece 32
- Interfoliar K 233, 237
- Irrigated pastures, N and K fertilization in -, 375
- Irrigation 193
 - Crop responses to -, 203
 - efficiency 206
 - Factors influencing crop responses to -, 196
 - fertilizer interactions in cotton 452
 - Frequency of -, 204
 - in Greece 32
 - and green manure for olive trees 554
 - in the mediterranean region 272
 - and olive tree manuring 572
 - and P content of plants 279
 - and other production factors 273
- Isotopical exchange, Kinetic of the -, 236
- Isoyield curves 276
- K-availability according to soil depth 383
- K/Ca exchange 238

- K content fluctuations in
orange leaves 365
- content of the foliage of
potatoes 308
- deficiency symptoms in
olive tree 399
- fixation, Influence of
plants on -, 245
- Free energy of exchange
of -, 225
- intake and N-nutrition
278
- nutrition and oil content
of peanuts 279
- requirements, Determi-
nation of - by foliage
analysis 305
- status of greek soils 46
- sulphate, Response of
potatoes to -, 309
- uptake by plants and ΔF
values 382
- Latitude and pedogenesis 168
Leaching of K 247
- requirements 265
- of nutrients due to irri-
gation 284
Leaf-analysis of citrus trees
357
- K content of orange leaves
358
- K values, Fluctuations
in -, 364
- size, Influence of - on K
content of orange leaves
360
- Orange - for foliar
analysis 365
Leaves, Variations of the nu-
trients content of the - of
olive tree 507
Leguminous crops, K-
manuring of -, 349
- in the mediterranean area
343
Lemon tree, Manuring of
the -, 339
Lixivation, K-losses
through -, 348
Lodging of maize and K 280
Longevity of alfalfa crops 347
Long terms effects of ferti-
lizers 285
Lucerne, K needed by - in
England 412
- Magnesium content of dif-
ferent parts of the olive tree
522
- evolution in the olive
tree 520
- metabolism in the olive tree
511
- migration in the soil 541
Maize hybrids, K-deficiencies
on -, 466
- manuring, Recommen-
dations for -, 465
- under mediterranean
conditions 464
- for silage, Manuring of -
in Rumania 390
- yields as a function of ΔF
values 379
Manuring of citrus trees, Re-
commendations for the -,
334
- date, K-in the mediterrane-
an area 349
- during the formation of the
citrus trees 338
- Effects of - in Greece 58
- Harmonious proportions
in -, 388
- methods for citrus in Spain
336
- for the rice culture 479
- of olive tree 500
- Costs of the -, 556, 565
- Recommendations for
the -, 570
- of rice in Italy 473
- of vineyard 591
- time of vineyard and fruit
orchards 425
Mechanization of farms in
Greece 37
Methods of fertilizer appli-
cation to cotton 451
Microclimate of the olive tree
558
Midribs, K-content of - of
orange leaves 359
Migration of fertilizers in
olive tree plantages 538
- of fertilizer substances in
the olive tree culture 536
- of P in the soil 538
Mineral fertilizers, Utilization
of - in Greece 37
Mineralogical composition of
soil clay 70
- Minerals, K-release through -
decomposition 232
Meridional dry brown earth
170, 176
Mitscherlich formula 77
Mo-K interaction in alfalfa
370
- synergism in leguminous
crops 369
Morocco, Citrus manuring
in -, 412
- Rice culture in -, 482
Morphology of Greece 45
Mountain soils 172
- Na Cl brought by sea-atmo-
sphere 560
Nebulosity 99
- in January 101
- in July 101
Nitrogen content of the olive
tree 516
- evolution in the olive tree
508
- in the mediterranean
soils 536
- fertilization and irrigation
282
- fertilizers to cotton 440
- Form of - in the soil 89
- manuring of leguminous
crops 344
- by spray to citrus 411
- through green manure
for olive trees 554
- metabolism in the olive tree
514
- uptake by rice 477
N-K interactions 299
- relations in the olive tree
514
Non-exchangable K in soils,
K-fertilization and -, 362
Non-proportional yield, Law
of the -, 79
N-P relations in the olive
tree 513
Nutrient consumption of
citrus 333
- content of greek soils 54
- needed by cotton 437
- requirements of citrus 333
- Olives, Production of - and
mineral elements content
528

- Oliveoil, Commercial value of -, 564
 - Synthesis of the -, 504
 - World production of the -, 497
 Olive tree, Average production of -, 510
 - culture in Greece 34
 - Determination of the fertilizer requirements of -, 503
 - Dimension of the blades of - suffering from K-deficiency 396
 - Fertilizer trials with -, 503
 - Foliar diagnostic of the -, 567
 - Green manure for -, 553
 - K-deficiency in -, 396
 - manuring 497
 - NPK Ca Mg content of the -, 527
 - Number of - by country 498
 - P-K fertilizers for young -, 552
 - Reaction of the - to irrigation 542
 - Soils analysis of - plantages 537
 Orange, Minerals content of -, 358
 - leaves, K-content of -, 358
 Organic compounds of K in the soil 325
 - manure and rice culture 478
 - materials brought by olive tree 561
 - soils 53
 Osmotic effect of salinity 260
 Output of fertilizer use 76
 - Determination of the -, 82
 Paddy, Chemical composition of -, 474
 Parapodsol 406
 Parent rock 168
Paspalum dilatatum 376
 Pastures, Evaluation of K needs of -, 412
 - Irrigated - and K-fertilizer 283
 - K-deficiency in - and N-fertilization 375
 Peach tree, Exportations of nutrients by -, 418
 Pedogenesis 167
 Pedogenesis and altitude 178
 Peel thickness, Effect of K-sulphate on - of potatoes 313
 Penetration of K in soils 319
 Permanent wilting percentage 192
 Petioles, K-content of the - of the orange leaves 359
 Phosphate manuring of forage crops 343
 Phosphatic fertilizers to cotton 444
 - and irrigation 283
 Phosphorus content of different parts of the olive tree 518
 - metabolism of the olive tree 514, 508
 - migration in the soil 538
 Pig pasture 171
 P-K antagonism in soil 502
 - in the olive tree 532, 526
 Plant growth and soil water 194
 - water deficits 195
 Plants, Influence of - on K-fixation 245
 Ploughing in of fertilizers 422
 Plurifactorial analysis 83
 P₂O₅ fertilizers, Application of - to cotton 445
 Podzol 172
 - with ferruginous humus 174
 Podzolic soil 406
 Portugal, Rice culture in -, 484
 Potassium balance 233
 - content of the olive tree 517, 519
 - deficiency in cotton 448
 - of the olive tree 396
 - Diffusible - 326
 - dynamic in soils 231
 - Exchangeable -, 234
 - exchange 234
 - Quantitative laws of the -, 238
 - fertilizers and irrigation 283
 - Effect of - in course of time 249
 - Output of -, 248
 - to cotton 447
 - filtration 246
 - fixation 239
 - in Yugoslavia soils 408
 - Mechanism of the -, 242
 - Reversibility of the -, 240
 - in greek soils 55
 - linking, Intensity of the -, 327
 - manuring of forage crops 347
 Potassium manuring and fruit quality 428
 - of leguminous crops 345
 - metabolism of the olive tree 509
 - migration in the soil 541
 - needs of maize 464
 - nutrition of plants, Mo-K synergism and -, 369
 - release 231, 239
 - Mechanism of the -, 242
 Potatoes, K-experiment on -, 305
 - Manuring of - in Rumania 391
 - Nitric-N in - leaf stalk 301
 Precipitations 95, 103
 - Olive tree manuring in areas of low -, 572
 Production capacity of olive trees 499
 Productivity level of cultivated soils 46
 Protein content of potatoes, Effect of K on -, 315
 Pruning of the olive tree 534
 - Through - eliminated parts of the olive tree 529
 Quality and irrigation 278
 - Effect of K-sulphate on the - of potatoes 312
 - of citrus and K 335
 - of yield and manuring 86, 429
 Rain days 126
 Recommendations for the manuring of olive trees 570
 Red loams 173, 176, 179
 - Mediterranean - earth 407
 - soils 51
 Reduction of nitric N 300
 Regosol 52
 Relative humidity 132
 Relictic soils 169

- Rendzina, Brown -, 177
 - Dry -, 181
 - Humid -, 180
 Rendzinas 51, 180
 Residual effect of fertilizers
 90
 - of KCl on oil palm 329
 Reversible fixation of K 325
 Rice culture, Repartition of
 the -, 471
 - manuring in the Mediter-
 ranean countries 479
 - Manuring of -, 471
 - Nutrients absorption by -,
 475
 - production, Importance of
 the -, 472
 Root, Cutting of - by drilling
 machine 549
 - Depth of the - of the grape
 vine 421
 - development and soil water
 depletion 200
 - of maize and K 464
 - Regeneration of - after
 cutting 424
 Rumania, K-fertilizer in -,
 387
 Rural extension in Greece 36
- Saline and alkali soils 53
 - soils, Chemical analysis
 of 66
 - Definition of the 259
 - Improvement of -, 259
 Salinity of soils and fertiliza-
 tion under irrigation 286
 - Test for - of soils 260
 Salt content of soils 63
 Salts, Removal of - from
 saline soils 262
 Sampling date of orange
 leaves 360
 Scarcity of precipitation 96
Sclerotium rolfsii and N-fertili-
 zers 280
 Semi podzol 174
 Silicate rock, Pedogenesis
 on -, 170
 Smontitza 402
 Sodic soils 261
 - Improvement of -, 259
 Sodium absorption ratio
 (SAR) 265
 - Removal of exchangeable -
 from sodic soils 262
- Soil aeration and K-absorp-
 tion by maize 464
 - development, Influencies
 on -, 184
 - fertility, Effects of - on
 crops responses to irri-
 gation 205
 - Management and - crop
 relations 211
 - formations, Nomenclature
 of -, 229
 - injector, Fruit tree
 manuring by -, 421
 - K-availability, Determi-
 nation of -, 375
 - Evaluation of the -, 378
 - Microscopic sections of -,
 230
 - minerals, Contraction of -,
 328
 - moisture fertility relations
 and plant composition 278
 - relationships 274, 277
 - and K-uptake 278
 - rootlet association,
 Morphology of the -, 230
 - science in Rumania 387
 - in Yugoslavia 401
 - solution 237
 - structure 206
 - and fertilizers 285
 - texture 196
 - types of Greece 51
 - of the mediterranean
 zone 167
 - in Yugoslavia 402
 - water, Composition of
 the -, 65
 Solar radiation 95, 99
 Solonetz 177
 Solontchak 177
 Spain, Maize manuring trials
 in -, 466
 - Rice culture in -, 483
 Starch, Effect of K on the -
 content of potatoes 314
 Stems of potatoes, K-content
 of the 320
 Stock, Importance of - for
 the nutrition of trees 419
 Sub-soil fertilization 286
 Sub-soiling and cultivation of
 olive trees 535
 Sugar beet, K-manuring of -,
 in Rumania 389
 Sun-radiation 158
- Sunshine 161
 Synergism, Mo-K - in plants
 369
 Synonymy in soil science 229
 Syria, Rice culture in -, 490
- Temperate climate 94
 Temperature 104
 - Influence of the - on the
 vegetation 98
 - in January 100
 - in July 100
 Terra fusca 175, 180
 - rossa 175, 180
 Texture, Soil - and K avail-
 ability 223
 Thermodynamical stirring of
 cations 234
 Thermic stirring of K ions
 236
 Thunderstorms in Summer
 102
 - in winter 102
 Total potassium content of
 clay 70
 - precipitations 117
 Toxicity of salinity 260
 - Specific - of ions 261
 Trace elements brought to
 olive trees by farmyard
 manure 547
 - in the olive tree 533
 Transpirations of plants
 and K 277
 Tubers, K-content of
 potatoes -, 321
 Tunisia, Rice culture in -, 481
 Turkey, Rice culture in -, 490
- Underground manuring of
 olive trees 542
 Uptake of K by potatoes at
 time of harvest 319
- Variety, Effect of - on the
 reaction to manuring 301
 Vegetable culture in Greece
 33
 Vermiculite 67
 Vertical distribution of avail-
 able soil K 383
Vicia sativa 376
 Vine, Foliar manuring of - in
 Rumania 391

- Vineyard manuring 415, 591
 - methods 420
 - Results from -, 426
 - Nutrients requirements of -, 416
 Visual symptoms of K deficiency of potatoes 308
 Viticulture, Green manure in -, 591
 - in Greece 35
 Water economy of maize and K 464
 - fertilizer-crop relations 204
 - relationships of the plant 277
 - requirements of crops 275
 - or rice 476
 - retention in soils 197
 - soil-crop relations 192, 195
 - Factors affecting -, 198
 - supplies, Influence of - on plant growth 191
 - use and fertilization 276
 - use, Efficiency of -, 273
 Weathering of minerals 219
 Wheat, Mo-K interaction in - 371
 Wilt diseases and fertilization 281
 Wood, Composition of - of the olive tree 530
 Woody diagnostic of the grape vine 417
 X-Ray diffraction of clay 68
 Xeroranker 174
 Xerorendsinas 182
 Yield and water supply 201
 - increase 78
 Young earth 181
 Young soils 172
 - silicated soil 172
 Yugoslavia, K in the soils of - 401
 - Rice culture in -, 486

Sachregister

- Abwechslung in der Produktion der Olivenbäume 568
 Ägypten, Reisanbau in -, 480
 Al und K-Fixierung 243
 - im Boden 326
 Albanien, Reisanbau in -, 486
 Algerien, Reisanbau in -, 481
 Aluvialböden 52
 - in Griechenland 63
 Ammonium und K im Boden 325
 Apfelbaum, Nährstoffausfuhr durch -, 417
 Aride Gebiete, Gründung in -, 559
 - Olivenbaumdüngung in -, 573
 Aufnehmbares Kalium, Ermittlung des - in den Böden 219
 Ausgangsgestein 168
 Austauschbares K und ΔF -Werte 379
 - im Boden und K-Düngung 363
 - Veränderungen in Gehalt an - der Böden 317
 Austauschenergie, freie 32, 221
 - von K durch Ca 328
 Austrocknung und K-Fixierung 243
 Auswaschung von K 247
 - K-Verluste durch -, 348
 - von Nährstoffen durch Bewässerung 284
 Auswaschungsbedürfnis 265

 Ballotahaine 171
 Baumschnitt, durch - des Olivenbaumes entfernte Holzteile 529
 Baumwollanbau in Griechenland 33
 Baumwolle, Bewässerung von -, 210
 - Düngung der -, 437
 - praktische Düngungsempfehlungen für die -, 450
 - Einfluß des K auf die -, 448
 - NPK Wirkungen auf -, 445
 - P-Düngung der -, 444
 - Umfang und Zeit der N-Düngung zur -, 443
 - Wirkung des N auf die -, 441
 Baumwollertrag, Einfluß des K auf den -, 449
 Baumwollpflanze, Zusammensetzung der 437
 Beeinflussung der Bodenentwicklung 184
 Betriebsberatung, landwirtschaftliche - in Griechenland 36
 Betriebswirtschaft in Griechenland 31
 Bewässerte Weiden und N-K Düngung 375
 Bewässerung 193
 - Düngung, Interaktionen zwischen - bei der Baumwolle 452
 - Faktoren, welche die Reaktion der Pflanzen gegenüber der - beeinflussen 196
 - in Griechenland 32
 - und Gründünger für Olivenbäume 554
 - im Mittelmeergebiet 272
 - und andere Produktionsfaktoren 273
 - und Olivenbaumdüngung 572
 - Reaktion der Kulturen gegenüber der -, 203
 Bewässerung, Wirksamkeit der -, 206
 Bewässerungshäufigkeit 204
 Bewölkung 99, 152
 - im Januar 101
 - Juli 101
 Biotit 67
 Blattanalyse beim Olivenbaum, 397, 502, 543
 - der Zitrusbäume 357
 Blattdiagnose und NPK-Korrelationen 525
 - beim Olivenbaum 567
 - der Weinrebe 476
 Blattdüngung mit K beim Olivenbaum 400
 - bei Weinrebe und Obstbäumen 423
 Blattgröße, Einfluß der - auf den K-Gehalt 360
 - bei Orangenbäumen für die Blattanalyse 365
 Blattnerven, K-Gehalt der - der Orangenblätter 359
 Blattstiel, K-Gehalt der - der Orangenblätter 359
 Blätter, Veränderungen des K-Gehaltes der -, 364
 - Veränderungen im Nährstoffgehalt der - des Olivenbaumes 507
 Bodenbelüftung und K-Aufnahme durch Mais 414
 Bodenbildung 167
 - nach Höhenstufen 178
 - und vorzeitliche Klimate 169
 Bodendünnschliffe 230
 Bodenfeuchtigkeit und K-Aufnahme 278
 - Beziehung und Fruchtbarkeit 274
 Bodenfruchtbarkeit - Anbaumaßnahmen - Kulturen, Beziehungen zwischen -, 211
 - Einfluß der - auf die Reaktion der Pflanzen an die Bewässerung 205
 Bodenkalkium, Bestimmung der Aufnehmbarkeit des -, 375, 378
 - senkrechte Verteilung des -, 383
 Bodenkunde in Jugoslawien 401
 - Rumänien 387
 Bodenlösung 237
 Bodenmineralien, Kontraktion von -, 328
 Bodenstruktur 206
 - und Dünger 285
 Bodentextur 196
 - und K-Verfügbarkeit 223

- Bodentypen in Jugoslawien 402
- Bodenwasser, Zusammensetzung des -, 65
- Bodenwürzelchen-Verband, Morphologie des -, 230
- Böden, griechische -, 51
- des mediterranen Raumes 167
- Bondorff-Gesetz 81
- Braunerde, ausgewaschene 52
- Braunerde, mediterrane 52
- Braunlehme 173
- Braune Rendina 177
- Braune Vererdung 179
- Bulgarien, Reisanbau in -, 489
- Chloris gayana* 375
- Chlorosebekämpfung 592
- Cynodon dactylon* 377
- ΔF Wert, K-Aufnahme durch Pflanzen und -, 382
- im Boden 364
- Demolons-Formel 82
- Demographie, landwirtschaftliche 29
- Diagnose der Mangelkrankheiten der Pflanzen 453
- Düngemittel, wirtschaftliche Anwendung von -, 75
- Düngemittelpreise in Griechenland 49
- Düngemittelverbrauch Griechenlands 47
- Dünger, Bewässerung und Bedürfnisse an -, 211
- Wasser-Kultur, Beziehungen zwischen 204
- Wirkung der - in den Salzböden 266
- in den Soda-Böden 266
- im Bewässerungswasser 284
- und Pflanzenkrankheiten 280
- Düngeranwendung unter Bewässerung 271
- Düngereinspritzer, Obstbaudüngung mit -, 421
- Düngermenge, wirtschaftlichste -, 79
- Düngerplatzierung 541
- Düngerwirtschaft in Griechenland 45
- Düngung, Anwendungsmethoden bei Bewässerung 284
- und Bewässerung 206
- des Olivenbaumes 500
- des Olivenbaumes, Kosten der -, 556, 565
- Rebberge, Ergebnisse der -, 426
- Reinertrag aus der -, 78
- der Reisfelder in Italien 473
- des Unterbodens der Olivenpflanzungen 544
- während des Wachstums der Zitrusbäume 338
- der Weinrebe 591
- Düngung, Einfluß der - auf die Veränderungen des K-Gehaltes der Böden 318
- harmonische Proportionen in den -, 388
- Düngungsanwendung zu Zitrusbäumen 411
- Düngungsbedürfnis nach der Verbesserung von Salzböden 262
- Düngungsempfehlungen für Zitrusbäume 334
- Düngungsergebnisse in Griechenland 58
- Düngungsertrag, Berechnung des -, 82
- Düngungsformeln für Zitrusbäume in Spanien 356
- Düngungsmaßnahmen und Bewässerung 281
- Düngungsmethoden zur Baumwolle 431
- auf Olivenbäume 574
- für Reisanbau 479
- Düngungsversuche in Griechenland 56
- Düngungszeitpunkt, K - in Mittelmeergebieten 349
- für Weinberg und Obstgarten 425
- Eindringen des K in den Böden 319
- Einkommen, landwirtschaftliches - in Griechenland 31, 39
- Eisenhumuspodsol 174
- Eiweißgehalt, Einfluß des K auf den - der Kartoffel 315
- Empfehlungen für die Düngung der Olivenbäume 570
- Entwässerungsbedürfnisse zur Verbesserung der Salzböden 263
- Erdenuß, Nachwirkungen von P auf -, 329
- Erntequalität und Düngung 86
- Ertrag aus der Olivenbaumdüngung 566
- aus der Düngeranwendung 76
- Kurven gleichen -, 276
- landwirtschaftlicher - in Griechenland 32
- Ertragsniveau der angebauten Böden 46
- Ertragszunahme 78
- Erträge und Wasserversorgung 201
- Europäische Wirtschaftsgemeinschaft 41
- Evapo-Transpiration 103, 137, 201, 202
- Extraktion, ständige -, 219
- Feuchtigkeitsüberschuß 97
- Fossilböden 169
- Fraktionierte Düngung und Bewässerung 286
- Frankreich, Reisanbau in -, 485
- Freie Austauschenergie beim Ca/K-Austausch 361
- Frost 98
- Frost-Tage 119
- Fruchtbarkeit, Ausnützung der - durch die Pflanzen 282
- Fruchtfolge in bewässerten Gebieten 272
- und Reisanbau in Italien 478
- Früchte, Einfluß der Düngung auf den Ertrag an -, 428
- Futterpflanze, Düngung der -, 343
- Gainjatscha 403
- Gebirgsböden 172
- Gemäßigtes Klima 94
- Gemüsebau in Griechenland 33

- Genossenschaften, landwirtschaftliche - in Griechenland 36
- Geographische Breite und Bodenbildung 168
- Gesamtgehalt an Kalium der Tone 70
- Gesamtniederschläge 117
- Gesteinsverwitterung 231
- K-Befreiung durch -, 232
- Getreidebau in Griechenland 34
- Gewitter im Sommer 102
- im Winter 102
- Griechenland, Düngemittelverbrauch in -, 48
- Gebiete von K-Mangel auf Olivenbäumen in -, 397
- Landwirtschaft in -, 29
- N-Düngung der Baumwolle in -, 442
- Reisanbau in -, 488
- Gründünger in semiariden Gebieten 558
- im Obstbau 591
- und Olivenbäume 552, 555
- Gründüngung, Kosten der -, zu Olivenbäumen 557
- Holz, Zusammensetzung des - der Olivenbäume 530
- Holzdiagnose der Weinrebe 417
- Humide Braunerde 172, 176
- Humide Rendsinen 180
- Humus, Erhaltung von - unter mediterranen Bedingungen 535
- und Ölbaumanbau 535
- Humus-Gehalt griechischer Böden 54
- Hybridenmais, K-Mangelerscheinungen beim -, 466
- Hydraulische Leitfähigkeit 197
- Januar-Temperatur 100
- Intensifizierung der Landwirtschaft in Griechenland 32
- Isotopischer Austausch, Kinetik des -, 236
- Jugoslawien, K in den Böden von -, 401
- Reisanbau in -, 486
- Juli Temperatur 100
- Kalium, austauschbares -, 234
- diffusionsfähiges -, 326
- Extraktion aus dem Boden 221
- freie Austauschenergie des -, 225
- in den griechischen Böden 55
- nicht austauschbares - im Boden und K-Düngung 362
- verfügbares - im Boden 219
- Kaliumaufnahme und N-Ernährung 278
- durch die Kartoffeln bei der Ernte 319
- Kaliumaustausch 234
- quantitative Gesetze des 238
- Kaliumbedürfnisse, Ermittlung der - durch Blattanalyse 305
- des Mais 464
- Kaliumbefreiung 231, 239
- Mechanismus der -, 242
- Kaliumbilanz 233
- Kaliumdünger, Ertrag aus -, 248
- Kaliumdüngung der Leguminosen 345
- Wirkung der - zeitlich betrachtet 249
- und Qualität der Früchte 428
- von Futterpflanzen 347
- Kaliumdüngungen zu Baumwolle 447
- Kaliumdynamik im Boden 231
- Kaliumernährung und Ölgehalt der Erdnuß 279
- der Pflanzen, Mo-K Synergismus und -, 369
- Kaliumfixierung 239
- Einfluß der Pflanzen auf die -, 245
- in jugoslawischen Böden 408
- Mechanismus der -, 242
- umkehrbare -, 240, 325
- Kaliumgehalt der Blätter der Zitrusbäume 358
- des Olivenbaumes 517
- Veränderungen im - der Orangenblätter 365
- Kaliumgehalte verschiedener Organe des Olivenbaumes 519
- Kaliumhaushalt des Olivenbaumes 509
- Kaliumfiltration 246
- Kaliummangel bei der Baumwolle 448
- beim Olivenbaum 396
- Kaliummangelerscheinungen im Olivenbaum 399
- Kaliumsulfat, Reaktion der Kartoffeln gegenüber dem -, 309
- Kaliumverfügbarkeit je nach Bodentiefe 383
- Kaliumwanderung im Boden 541
- Kalkgestein, Bodenbildung auf -, 180
- Kalkrohboden 175, 181
- Kälteresistenz und K-Düngung 347
- Kalziumauswaschung im Boden 541
- Kalziumbedürfnis der Zitrusfrüchte 339
- Kalziumgehalt griechischer Böden 55
- des Olivenbaumes 517
- verschiedener Organe des Olivenbaumes 521
- Kalziumhaushalt beim Olivenbaum 511
- Kartoffeldüngung in Rumänien 391
- Kartoffeln, K-Düngungsversuche mit -, 305
- Gehalt der Blätter von 308
- Salpetersaures N in Kartoffelstengeln 301
- Kartoffelknollen, K-Gehalt der -, 321
- Kartoffelschale, Einfluß des K-Sulfates auf die Dicke der -, 313
- Kartoffelstengel, K-Gehalt der -, 320
- Kationenaustausch 235
- Kationenaustauschkapazität der Tonminerale 70
- Kationendiffusion 235
- Kationenkonzentration 235
- K-Bindung, Intensität der -, 327

- K/Ca Austausch 238
 Keimung, Gefährdung der –
 in Salzböden 265
 Klima von Jugoslawien 402
 – und Vegetation 96
 K₂O-Gehalt der griechischen
 Böden 46
 Kohlenstoffaufnahme durch
 Reiswurzeln 474
 Kosten der Olivenbaumdüngung 571
- Lagerfähigkeit der Früchte
 und K-Düngung 429
 Landwirtschaftliche Bank
 Griechenland 37, 38
 – Betriebe in Griechenland
 30
 Laubwerk der Olivenbäume,
 Zerstörung des –, 560
 Lebensdauer der Luzerne-
 pflanzungen 347
 Leguminosen, K-Düngung
 der –, 349
 – im Mittelmeergebiet 343
 Liegen des Mais und K 280
 Luzerneanbau in Griechen-
 land 33
 Luzerne, K-Bedürfnisse der –,
 in England 412
 – Gehalt der –, 346
 – P-Nachwirkung auf –, 344
- Magnesiumgehalt verschiede-
 ner Teile des Olivenbaumes
 522
 Magnesiumgehalte, Verände-
 rungen der – des Oliven-
 baumes 520
 Magnesiumhaushalt des Oli-
 venbaumes 517
 Magnesiumwanderung im
 Boden 541
 Mais, Düngungsempfehlun-
 gen zum –, 465
 Maisdüngung 464
 Maisertrag je nach ΔF Werte
 379
 Mangelanzeichen, sichtbare
 K – bei der Kartoffel 308
 Marokko, Reisanbau in –, 482
 – Zitrusdüngung in –, 412
 Mechanisierung der Land-
 wirtschaft in Griechenland 37
 Meridionale Trockenbraun-
 erde 170, 176
- Mikroklima des Oliven-
 baumes 558
 Mineraldünger, Anwendung
 von – in Griechenland 37
 Mineralogische Zusammen-
 setzung der Tone 70
 Mittelmeerbedingungen, die
 Maisdüngung unter –, 464
 Mittelmeer-Klima 93
 Mitscherlich-Formel 77
 Mo-Ca Synergismus in Legu-
 minosen 369
 Mo-K Wechselwirkungen bei
 der Luzerne 370
 Morphologie Griechenlands
 45
 Musterentnahme, Zeit der –
 der Orangenblätter 360
- Nachwirkung der Düngung
 90, 285
 – von KCl auf Ölpalmen 329
 NaCl-Zufuhr durch Seeluft
 560
 Nährstoffausfuhr durch Zi-
 trus 333
 Nährstoffbedürfnisse der
 Baumwolle 437
 – der Zitrusbäume 333
 Nährstoffgehalt griechischer
 Böden 54
 Nährstoffmangel bei der
 Baumwolle 439
 Natrium, Entfernung von
 austauschbarem – aus So-
 daböden 262
 Natriumaufnahmeverhältnis
 265
 Nelken, Düngung der –, 300
 Niederschläge 95, 103
 – Olivenbaumdüngung bei
 geringen –, 572
 Niederschlagsarmut 96
 Nicht proportionaler Ertrag,
 Gesetz von –, 79
 N-K-Beziehungen im Oliven-
 baum 531
 N-K-Wechselwirkungen 299
 N-P-Beziehungen im Oliven-
 baum 513
 Nomenklatur der Bodenbil-
 dung 229
- Obstbau, Düngung im – in
 Rumänien 392
 – Gründünger im –, 591
- Obstbäume, Düngung der
 415
 – Düngungsformel für –, 419
 – in Griechenland 34
 – Nährstoffentzüge der –,
 417
 – Tiefe der Wurzeln der –,
 421
 Ölbaum, Bodenuntersuchun-
 gen in – Pflanzungen 537
 Ölbaumanbau in Griechen-
 land 34
 Olivenbaum, Blattdiagnose
 beim –, 567
 – Düngung des –, 497
 – Düngungsversuche mit –,
 503
 – Ermittlung der Düngungs-
 bedürfnisse des –, 503
 – durchschnittlicher Ertrag
 des –, 510
 – Gesamtgehalt an NPK Ca
 Mg des –, 527
 – Gründünger für –, 553
 – K-Mangel beim –, 396
 – P-K-Düngungen an jun-
 gem –, 552
 – Reaktion der – an die Be-
 wässerung 542
 Olivenbaumdüngung, Emp-
 fehlungen für –, 570
 Olivenbäume, Anzahl – je
 Land 498
 Olivenblätter, Größe der an
 K-Mangel leidenden –, 396
 Olivenöl, Handelswert von –,
 564
 – Synthese des –, 504
 – Weltproduktion von –, 497
 Olivenproduktion und Mine-
 ralstoffgehalte 528
 Orangen, Mineralstoffgehalte
 der 334
 Orangenbäume, K-Gehalt der
 Blätter der –, 358
 Organische Böden 53
 – K-Verbindungen im Boden
 325
 – Substanz, Zufuhr von –
 durch Olivenbäume 561
 Organischer Dünger und
 Reisanbau 478
 Osmosewirkung der Salinität
 260
 Paddyreis, chemische Zusam-
 mensetzung des –, 474

- Parapodsol 406
Paspalum dilatatum 376
 Pfirsichbaum, Nährstoffentzüge durch -, 418
 Pflanzen, K-Bedürfnisse der -, 345
 - Einfluß der - auf die K-Fixierung 245
 Pflanzenwachstum und Bodenwasser 194
 Pflanzenwasser, Mangel an -, 195
 Phosphatdüngung der Baumwolle 444
 - der Futterpflanzen 343
 Phosphordüngung zu Baumwolle 445
 Phosphorgehalt der Pflanzen und Bewässerung 279
 Phosphorhaushalt des Olivenbaumes 508, 514
 Phosphorsäuredüngungen und Bewässerung 183
 Phosphorsäuregehalt verschiedener Organe des Olivenbaumes 518
 Phosphorwanderung im Boden 538
 Pilze, hohe Feuchtigkeit und -, 97
 P-K-Antagonismus im Boden 542
 - im Olivenbaum, 526 532
 Podsole 172
 Podsolischer Boden 406
 Polyfaktorische Untersuchung 83
 Portugal, Reisanbau in -, 484
 Produktionsvermögen der Olivenbäume 499
- Qualität und Bewässerung 278
 - Düngemittel und -, 429
 - Einfluß des K-Sulfates auf die - der Kartoffeln 312
 - der Zitrusfrüchte und K 335
 Reduktion von salpetersaurem N 300
 Regentage 126
 Regosol 52
 Reis, Nährstoffaufnahme durch -, 475
 Reisdüngung 471
 - in den Mittelmeerländern 479
- Reiskultur, Verteilung der -, 471
 Reisproduktion, Umfang der -, 472
 Relative Feuchtigkeit 132
 Reliktböden 169
 Rendzinen 51, 180
 Rentabilität der Weinbergdüngung 427
 Rohböden 172, 181
 Röntgenstrahlenbeugung der Tonminerale 68
 Rote mediterrane Böden 51, 407
 Rotlehme 173, 176, 179
 Rumänien, K-Dünger in -, 387
- Salinität und Düngung unter Bewässerung 286
 - Test zur Bestimmung der - der Böden 260
 Salz und Alkaliböden 53
 Salze, Entfernung von - aus Salzböden 262
 Salzböden, chemische Untersuchung der -, 66
 - Verbesserung der -, 259
 - Definition der -, 259
 Salzgehalt der Böden 63
Sclerotium rolfsii und N-Dünger 280
 Seehöhe und Bodenbildung 169
 Semipodsol 174
 Schnitt des Olivenbaumes 534
 Schweineweiden 171
 Silikatgesteine, Bodenbildung auf -, 170
 Silikatrohböden 172
 Silomais, Düngung des - in Rumänien 390
 Smonitza 402
 Soda-Böden 261
 - Verbesserung der -, 259
 Sonnenstrahlung 95, 99, 158
 Sonnenschein, Dauer des -, 161
 Spanien, Maisdüngungsversuche in -, 468
 - Reisanbau in -, 483
 Spurenelemente im Olivenbaum 533
 Spurenelementezufuhr an Olivenbäumen durch Stallmist 547
- Ssolonetz 177
 Ssolontschak 177
 Stallmistdüngung, Kosten der - in Tunesien 563
 - für Olivenbäume 562
 Ständiger Welkepunkt 192
 Stärkegehalt, Einfluß des K auf den - der Kartoffel 314
 Stickstoff, Veränderungen des - in den mediterranen Böden 536
 Stickstoffaufnahme durch Reis 477
 Stickstoffdüngung und Bewässerung 282
 - der Baumwolle 440
 - Leguminosen 344
 - Zitrusbäume durch Beregnung 411
 Stickstoff-Formen im Boden 89
 Stickstoffgehalt des Olivenbaumes 516
 Stickstoff-Stoffwechsel des Olivenbaumes 508, 514
 Stickstoffzufuhr an Olivenbäumen durch den Gründünger 554
 Synonymologie in der Bodenkunde 229
 Synergismus Mo-K bei den Pflanzen 369
 Syrien, Reisanbau in -, 496
- Temperatur 104
 - Einfluß der - auf das Pflanzenwachstum 98
 Thermische Bewegungen der K-Ionen 236
 Thermodifferentiale Untersuchungen der Tone 71
 Thermodynamische Bewegungen der Kationen 234
 Terra fusca 175, 180
 Terra rossa 175, 180
 Tiefdüngung der Olivenbäume 542
 Tiere, K-Bedürfnisse der -, 345
 Tone, Kaliumfixierung durch -, 241
 Tonminerale, Aufnahme der Röntgenstrahlenbeugung der -, 69

- Bestimmung der -, 64
- in Griechenland 63
- Toxizität, spezifische - der Ionen 261
- der Salinität 260
- Transpiration der Pflanzen 277
- Trockenböden 182
- Trockenrenzinen 181
- Tschernosem 402
- Tunesien, Reisanbau in -, 481
- Türkei, Reisanbau in der -, 490

- Ungarn, Reisanbau in -, 487
- Untergrund, Düngung des -, 286
- Untergrundlockerung und Olivenbaumanbau 535
- Unterlage, Einfluß der - auf die Ernährung der Bäume 419
- Unterpflügen der Dünger 422

- Varietät, Einfluß der - auf die Reaktion gegenüber der Düngung 301
- Vermikulit 67
- Verwitterung der Mineralien 219
- Verteilung des Düngers K im Boden 247
- Vicia sativa* 376
- Viehzucht in Griechenland 35
- Volldünger, flüssige -, 423
- Wachstumskontrolle durch Photographie 569
- Wachstumsrhythmus des Olivenbaumes 512, 515

- Wachstumsvorgänge beim Olivenbaum 505
- Wanderung von Düngestoffen in den Böden von Ölbaumpflanzungen 538
- der Nährstoffe in der Ölbaumkultur 536
- von P im Boden 538
- Wasser-Dünger-Kultur, Beziehungen zwischen -, 204
- Wasseranwendung, Wirksamkeit der -, 273
- und Düngung 276
- Wasserbedürfnisse der Kulturen 275
- des Reises 476
- Wasserbeziehungen in der Pflanze 277
- Wasserhaushalt des Mais und K 464
- Wasserretension in Böden 197
- Wasserversorgung, Einfluß der - auf Pflanzenwachstum 191
- Weide, bewässerte - und K-Düngung 283
- K-Bedürfnisse der -, 412
- Weiden, K-Mangel in den - und N-Düngung 375
- Weinbau, die Düngung im -, 591
- Weinbau in Griechenland 35
- Gründünger im -, 591
- Weinberg, Anwendungsmethode der Dünger im -, 420
- Weinrebe, Düngung der -, 415
- Düngungsformeln für die -, 419

- Nährstoffbedürfnisse der -, 416
- Blattdüngung der - in Rumänien 391
- Weizen, Mo-K-Wechselwirkungen beim -, 371
- Welkekrankheiten und Düngung 281
- Wirtschaftliches Optimum der Düngieranwendung 76
- Wurzel, Tiefe der - der Weinrebe 421
- Wurzelerneuerung nach Wurzelschnitt 424
- Wurzelentwicklung und Düngemittel 279
- und Erschöpfung des Bodenwassers 200
- des Mais und K 464
- Wurzelschnitt durch Düngerdreilmaschine 549
- Wüstenböden 172
- Fruchtbarkeit der -, 281
- Wüstengebiete 94

- Xeroranker 174
- Xerorensinen 182

- Zitrusbäume, Düngung der -, 330, 339
- Zitrusdüngung in Spanien 333
- Zitrusfrüchte, K-Bedürfnisse der -, 357
- Produktion von -, 331
- Zitruskultur in Spanien 332
- Zuckerrüben, K-Düngungen der - in Rumänien 389
- Zwischenschichten Kali 233, 237

Índice alfabético

- Abonado de formación de los naranjos 338
 - del arroz en Italia 473
 - de la viña 591
 - Resultados del -, 426
 - del maíz en las condiciones mediterráneas 464
 - del olivo 500
 - Precio del -, 556, 565
 - Recomendaciones para -, 570
 - de los agríos en España 333
 - Dosis la mas aprovechada del -, 79
 - en profundidad de los olivos 544
 - Influencia del - sobre las variaciones del tenor en K del suelo 318
 - Irrigación y -, 206
 - K, Acción del - en el tiempo 249
 - K cualidad de los frutos 428
 - Proporciones armoniosas en los -, 388
 - Provecho neto debido al -, 78
 - Recomendaciones por el - de los agríos 334
 - Resultados del - en Grecia 58
 - foliar de las viñas y arboles frutales 423
 - Técnica del - del arroz 479
 - Técnicas de la aplicación de los - con irrigación 284
 - Uso de los - en cultivos irrigados 281
 Abonos - agua - cultivos, Relaciones entre -, 204
 - Comercio de los - en Grecia 45
 - completos líquidos 423
 - Consumo de los - en Grecia 47
 - desenvolvimiento de las raíces 279
 - Efectos de los - en los suelos salinos 266
 - sodicos 266
 - en el agua de riego 284
 - Fitopatología y -, 280
 Abonos K, Rendimiento de los -, 248
 - minerales, Uso de los - en Grecia 37
 - Necesidades en - despues del mejoramiento de los suelos salinos 263
 - en - y irrigación 211
 - organicos y cultivo del arroz 478
 - Precio de los - en Grecia 49
 - Uso de los - y irrigación 271
 - económico de los -, 75
 - verdes, Abonado con - en el olivo 555
 - en arboricultura frutal 591
 - en zonas semi-aridas 558
 - Olivos y -, 552
 - Precio de los - en el olivo 557
 Aceít de oliva, Síntesis del -, 504
 - Valor comercial neto del -, 564
 Aeración del suelo y absorción de K por el maíz 464
 Agitación termica de los iones K 236
 - termodinamica de los cationes 234
 Agríos, Abonado de los -, 330
 - Cultivo de los - en España 332
 - Necesidades en K de los -, 357
 - Producción de los -, 331
 Agua - Abonos - Cultivos, Relaciones -, 204
 - Deficit en el tenor en - de las plantas 195
 - del suelo, Composición del -, 65
 - y crecimiento de las plantas 194
 - Económica en - del maíz y K 464
 - Eficacia del uso del -, 273
 - en los vegetales 277
 - Influencia del abastecimiento en - sobre el crecimiento de las plantas 191
 - Necesidades en - del arroz 476
 - en - de los cultivos 275
 - Retención en - de los suelos 197
 Agua - suelo - cultivos, Factores influyendo las relaciones -, 198
 - Relaciones -, 192
 - plantas, Relaciones 195
 - Uso del - y abonado 276
 Al y fijación del K en el suelo - 243, 326
 Albania, Cultivo del arroz en -, 486
 Alfalfa, Cultivo de la - en Grecia 33
 - Efecto residual del P sobre -, 344
 - Necesidades en K de la - en Inglaterra 412
 - Tenor en K de la -, 346
 Algodón, Abonado del -, 437
 - Abonos P sobre -, 444
 - Cultivo del - en Grecia 33
 - Importancia y epoca de la aplicación del abonado N sobre -, 443
 - Influencia del K sobre el -, 448
 - del K sobre la producción del -, 449
 - de los abonos NPK sobre el -, 445
 - del nitrógeno sobre el -, 441
 - Irrigación del -, 210
 - Recomendaciones practicas para el abonado del -, 450
 Algodonero, Composición química del -, 437
 Almidón, Influencia de K so-

- bre el tenor en - de la patata 314
- Alteración de los minerales 219
- de la producción del olivo 568
- Altitud y pedogenésis 169
- Amonio y K en el suelo 325
- Análisis diferencial de las arcillas 71
- foliar de los agrios 357
- del olivo 397, 502, 543
- de la viña 416
- polifactoriel 83
- Animales, Necesidades de los -, en K 345
- Antagonismo P-K en el olivo 532
- en el suelo 592
- Aplicación de los abonos en los olivos 574
- Modo de - de los abonos a los agrios 411
- Arboles frutales en Grecia 34
- Exportación de las materias minerales por los -, 417
- Formulas de abonado para -, 419
- Profundidad de las raíces de los -, 421
- Arboricultura, Abonado en - en Rumania 392
- frutal, Abonos verdes en la -, 591
- Arcillas fijación de K por las -, 241
- residuos de la difracción a los rayos X de las -, 69
- Argelia, Cultivo del arroz en -, 481
- Arroz, Abonado del -, 471
- del - en los países mediterráneos 479
- Absorción de los elementos minerales por el -, 475
- Importancia de la producción del -, 472
- Repartición del cultivo del -, 471
- Asperción, Abonado K por - de los olivos 400
- Balance del potasio 233
- Banco agrícola de Grecia 38
- Biotita 67
- Bondorff, Formula de -, 81
- Bulgaria, Cultivo del arroz en -, 489
- Cacahuets, Efecto residual de P sobre -, 329
- Calcario, Formación del suelo sobre roca -, 180
- Calcio, Evolución del - en el olivo 511
- Lixiviación del - en el suelo 541
- Necesidad en - de los agrios 335
- Tenor en - del olivo 517
- de los diferentes organos del olivo 521
- Capacidad cambial de los cationes de las arcillas 70
- de producción de los olivos 499
- Carbono, Absorción del - por las raíces del arroz 474
- Carencias nutritivas del algodonero 439
- Cereales cultivo de los - in Grecia 34
- Claveles, Fertilización de los -, 300
- Chernozem 402
- Chloris gayana* 375
- Clima de Yugoslavia 402
- mediterráneo 93
- prehistórico y pedogenésis 169
- templado 94
- y vegetación 96
- Clorosis, Lucha contra la -, 592
- Composición mineralógica de las arcillas 70
- Comprobaciones del crecimiento del olivo con fotografías 569
- Compuestos orgánicos de K en el suelo 325
- Comunidad Económica Europea 41
- Concentración de cationes 235
- Conductividad hidrológica 197
- Conservación de los frutos y abonado K -, 429
- Cooperativas agrícolas en Grecia 36
- Cosecha, Aumento de la -, 98
- Curvos de - constanté 271
- y abastecimiento en agua 201
- Crecimiento, Ritmo del - del olivo 512, 515
- Criptogamo, Humedad grande y -, 97
- Cualidad, Abonos y -, 429
- de las cosechas y abonado 86
- de las patatas, Influencia del sulfato de K sobre la -, 312
- de los agrios, K y -, 335
- y irrigación 278
- Cultivo de hortalizas en Grecia 33
- Cultivos, Rotación de los - en zona riegada 272
- Cynodon dactylon* 377
- ΔF, Absorción de K por las plantas y valores -, 382
- valores en el suelo 364
- Decomposición de los minerales 231
- Demografía agrícola 29
- Demolon, Formula de -, 82
- Desarrollo del suelo, Influencias sobre el -, 184
- Desecación y fijación del K 243
- Diagnóstico foliar del olivo 567
- y correlación NPK 525
- deficiencias de los vegetales 453
- leñoso de la viña 417
- Días de helada 113
- de lluvias 126
- Difusión de los cationes 235
- Dinámica del olivo 505
- Dosis del abonado K para los cultivos forrajeros 347
- Drenaje, Necesidades en - por el mejoramiento de los suelos salinos 263
- Economía de la explotación agrícola en Grecia 31
- Efecto residual de los abonos 90
- del KCl sobre *Elaeis* 329
- Egipto, Cultivo del arroz en -, 480

- Elementos nutritivos, Exportación - por los agrios 333
 - necesarios al algodón 437
 - Tenor de los suelos griegos en -, 54
- Empresas agrícolas en Grecia 30
- Encamado del maíz y K 280
- Energías de sustitución 221
 - libres cambiables 219
 - intercambiables Ca/K 361
- Ensayos de abonado en Grecia 56
- Epoca de abonado K en zona mediterránea 349
 - la aplicación de los abonos sobre la viña y los árboles frutales 425
- Escasez de las precipitaciones 96
- España, Cultivo del arroz en -, 483
 - Ensayos de abonado del maíz en -, 466
- Estierciol, Aplicación de - a los olivos 562
 - Precio de la aplicación del - en Tunisia 563
- Evapo-transpiración 103, 137, 201, 202
- Extracción continua 219
 - del K del suelo 221
- Fertilidad del suelo - explotaciones - cultivos, Relaciones entre -, 211
 - Influencias de la - sobre la reacción de las plantas al riego 205
- Fertilidades, Uso de las - elevadas por los cultivos 282
- Fijación del K en los suelos Yugoslavos 408
 - Mecanismo de la -, 242
 - Reversibilidad de la -, 240
 - reversible del K 325
- Follaje del olivo, Destrucción del -, 560
- Fomento agrícola en Grecia 36
- Formaciones de los suelos, Nomenclatura de las -, 229
- Formula de Mitcherlich 77
- Formulas de abonado para los agrios en España 336
- Fosfatos, Abonado del algodón 444
 - de las plantas forrajeras 343
- Fósforo, Abonado - y irrigación 283
 - sobre el algodón 445
 - Evolución del - en el olivo 508, 514
 - Irrigación y tenor en - de las plantas 279
 - Migración del - en el suelo 538
 - Tenor en - de diferentes órganos del olivo 518
- Francia, Cultivo del arroz en -, 485
- Frio, Resistencia al - y abonado K 347
- Frutos, Influencia de los abonados sobre el rendimiento en -, 428
- Gainjatcha 403
- Ganadería en Grecia 35
- Germinación, Peligros debidos a la salinidad durante la -, 265
- Grecia, Agricultura en -, 29
 - Abonado N del algodón en -, 442
 - Consumo de los abonos en -, 48
 - Cultivo del arroz en -, 488
 - Zonas de carencia en K sobre olivos en -, 397
- Helada 98
- Hojas, Influencia del tamaño de las - de naranjo sobre el tenor en K 360
 - Tamaño de las - de naranjo por análisis foliar 365
 - Variación del tenor en K de las -, 364
 - Variaciones de los tenores en elementos nutritivos de las - del olivo 507
- Humedad, Exceso de -, 97
 - del suelo, Absorción de K y -, 278
 - Razón - fertilidad 274
 - Razones entre la - fertilidad y la composición de las plantas 278
 - Razones entre la - y la fertilidad 277
 - relativa 132
- Humus, Contenido en - de los suelos en Grecia 54
 y cultivo del olivo 535
 - Mantenimiento del - en las condiciones mediterráneas 535
- Hungria, Cultivo del arroz en -, 487
- Infiltración del K 246
- Insolación, Demora de la -, 161
- Intensificación de la agricultura en Grecia 32
- Intercambio de cationes 235
 - del K 234
 - Leyes cuantitativas del -, 238
 - isotopico, Cinética del -, 236
- Irrigación 193
 - Abonado interacciones con el algodón y -, 452
 - del olivo y -, 572
 - Abonos verdes para los olivos y -, 554
 - Eficacia del -, 206
 - en Grecia 32
 - en las regiones mediterráneas 272
 - Factores influyendo la reacción de las plantas al -, 196
 - Frecuencia de las -, 204
 - Reacción de los cultivos a las -, 203
 - Uso fraccionado de los abonos con -, 286
 - y otros factores de producción 273
- K/Ca intercambio 238
- K₂O, Tenores en - de los suelos griegos 46
- Latitud y pedogenésis 168
- Leguminosas, Abonado K de las -, 349
 - en zona mediterránea 343
- Liberación del K, Mecanismo de la -, 242

- Ligazón K, Intensidad de la -, 327
- Limo parduzco 173
- rojo 173, 176, 179
- Limonero, Abonado del -, 339
- Lixiviación de elementos
- nutritivos por el riego 284
- del K 247
- Necesidades en -, 265
- Perdas de K por -, 348
- Lluisidad, Abonado del olivo en zona a baja -, 572
- Localización de los abonados 541
- Longevidad del alfalfa 347
- Madera, Composición de la - del olivo 530
- Magnesio, Evolución del - en el olivo 511, 520
- Migración del - en el suelo 541
- Tenor en - de los diferentes organos del olivo 522
- Maiz, Abonado del -, 464
- híbrido, Carencias en K en el -, 466
- para ensilaje, Abonado del - en Rumania 390
- Producción del - en relación de los valores ΔF 379
- Recomendaciones del abonado para el -, 465
- Manzanos, Exportaciones de materias minerales por -, 417
- Marchitez, Enfermedad de -, y abonado 281
- Marrubio, Bosquecillos a -, 171
- Marruecos, Abonado de los cítricos en el -, 412
- Cultivo del arroz en -, 482
- Materia orgánica, Aportación de la - por olivo 561
- Mecanización de la agricultura en Grecia 37
- Melocotoneros, Exportaciones de materias minerales por -, 418
- Metodo de aplicación del abonado del algodón 451
- Microclimas del olivo 558
- Migración de los abonos en el cultivo del olivo 536
- en los suelos de olivos 538
- Migración de K en el suelo 541
- de P en el suelo 538
- Minerales arcillosos en Grecia 63
- Identificación de los -, 64
- del suelo, Contracción de los -, 64
- Liberación del K por descomposición de -, 232
- Mo-Ca sinergia en las leguminosas 369
- Mo-K interacción en la alfalfa 370
- Morfología de la Grecia 45
- Muestración, Epoca de la -, de las hojas de naranjo 360
- Na Cl, Aportaciones de - por el aire marítimo 560
- Naranjas, Tenor en elementos nutritivos de las -, 334
- en K de las hojas de los -, 358
- Nebulosidad 99, 152
- en Enero 101
- en Julio 101
- Necesidades nutritivas de los agrios 333
- Nervaduras centrales, Tenor en K de las - de las hojas de naranjos 359
- Nitrógeno, Abonado - del algodón 440
- de las leguminosas 344
- por asperción en los cítricos 411
- y irrigación 282
- Absorción del - por el arroz 477
- Aportación de - con abonos verdes en el olivo 554
- Evolución del - en el olivo 508, 514
- en los suelos mediterráneos 536
- Forma del - en los suelos 89
- Tenor en - del olivo 516
- N:K correlación en el olivo 531
- N:K interacciones 299
- N:P correlaciones en los olivos 513
- Nutrición K y tenor en aceite de los cacahuetes 279
- K de las plantas, sinergia Mo-K y -, 369
- Oligoelementos, Aportación de - por abonado a los olivos 547
- en el olivo 533
- Olivas, Producción y tenores en elementos minerales 528
- Olivo, Abonado del -, 497
- P-K a los juvenes -, 552
- Abonos verdes para -, 553
- Análisis del suelo de las plantaciones de -, 537
- Carencia K del -, 396
- Cultivo del - en Grecia 34
- Diagnósticos foliares del -, 567
- Ensayos de abonado con -, 503
- Evaluación de las necesidades en abonos de los -, 503
- Numero de - por país 498
- Producción media de los -, 510
- mundial de aceite de -, 497
- Reacción de los - con el irrigación 542
- Tamaños de las hojas carenciadas en K 396
- Tenores globales en NPK Ca Mg del -, 527
- Optimum economico del uso de los abonos 76
- Osmosis, Efecto del - de la salinidad 260
- Paddy, Composición química del -, 474
- Palo inyector, Abonado de los arboles frutales con -, 421
- Parapodzol 406
- Paspalum dilatatum* 376
- Pastizales irrigados y abonado K 283
- Pastos, Deficiencia en K en los - y abonado N 375
- irrigados, Abonados N y K sobre los -, 375

- necesidades en K de los -, 412
- Pasturajes de cerdos 171
- Patatas, Abonado de las - en Rumania 391
- Ensayos de abonado K sobre las -, 305
- N-nitríco en los peciolos de las -, 301
- Tenor en K de las hojas de -, 308
- Peciolos, Tenor en K de los - de las hojas de naranjo 359
- Pedología de la Rumania 387
- de la Yugoslavia 401
- Pedogenésis 167
- segun el altitudo 178
- Peladura, Influencia del sulfato de K sobre el espesor de la - de la patata 313
- Penetración del K en los suelos 319
- Permuto de K por Ca energía libre del -, 328
- P-K antagonismo en el olivo 526
- Plantas, Acción de las - sobre la fijación del K 245
- forrajeras, Abonado de las -, 343
- Poda, Madera eliminada durante la - del olivo 529
- del olivo 534
- Podsole 172
- con humus ferruginoso 174
- Portainjerto, Importancia del - para la nutrición de los arboles 419
- Portugal, Cultivo del arroz en -, 484
- Potasio, Abonado - en las leguminosas 345
- sobre el algodón 447
- y irrigación 283
- Absorción del - por las patatas al tiempo de la cosecha 319
- y nutrición nitrogenada 278
- accesible en el suelo 219
- cambiante del suelo, Variación del tenor en -, 317
- Carencia en - del olivo 396
- Deficiencia en - sobre el algodón 448
- del suelo, Determinación de la asimilación del -, 375
- Estimación de la asimilabilidad 378
- Repartición vertical del -, 383
- Determinación de las necesidades en - por análisis foliar 305
- difusible 326
- Dinámica del - en el suelo 231
- Disponibilidad del - segun la profundidad del suelo 383
- Energía libre de cambio del -, 225
- en las hojas de los naranjos 358
- en los suelos de Grecia 55
- Evaluación del - asimilable en los suelos 219
- Potasio, Fijación del -, 239
- Influencia de las plantas sobre la fijación del -, 245
- intercambiable 234
- en los suelos y abonado K 363
- y valores ΔF 379
- interlamina 233, 237
- Liberación del -, 231, 239
- Necesidades en - del maiz 464
- no intercambiable en el suelo, Abonado K y -, 362
- Tenor en - del olivo 517
- Tenores en - de los diferentes organos del olivo 519
- Variaciones del tenor en - en las hojas de naranjo 365
- Precio del abonado del olivo 571
- Precipitaciones 95, 103
- totales 117
- Productividad de los suelos cultivados 46
- Profundidad, Abonado en - de los olivos 542
- Abonamiento en -, 286
- Proteínas, Influencia del K sobre el tenor en - de las patatas 315
- Punto de debilidad permanente 192
- Radiación solar 95, 99, 158
- Raíces, Desarrollo de las - y agatamiento del agua del suelo 200
- y K 464
- Poda de las - por sembraderas en profundidad 549
- Profundidad de las - de la viña 421
- Regeneración de las - despues de la corta 424
- Rayos X, Difracción a los - de la arcilla 68
- Razón del absorción del sodio 265
- Recomendaciones de abonados para el olivo 570
- Reducción N-nitríco 300
- Regosol 52
- Remolachas azucareras, Abonado K de las - en Rumania 389
- Rendimiento agrícola en Grecia 32
- del abonado 76
- Rendimiento no proporcional, Ley del -, 79
- Rendzinas 51, 180
- húmidas 180
- parduzcas 177
- secas 181
- Renta agrícola en Grecia 31, 39
- Rentabilidad del abonado de los olivos 566
- de la viña 427
- Calculo de la - del abonado 82
- Repartición del K de los abonados en el suelo 247
- Roca madre 168
- Rocas silicatadas, Pedogenésis sobre - 170
- Rotación y cultivo del arroz en Italia 478
- Rumania, Abonos potásicos en -, 387
- Sal, Eliminación de la - de los suelos salinos 262
- Sales, Tenor en - de los suelos 63
- Salinidad de los suelos y abonado con irrigación 286
- Testamentos para los suelos 260

- Sclerotium rolfsii* y abonos N 280
- Segundos efectos de los abonos 285
- Semipodsol 174
- Sinergia Mo-K de los vegetales 369
- Sinonimia en pedología 229
- Síntomas de carencia K sobre olivos 399
- de deficiencia visibles en K en la patata 308
- Siría, Cultivo del arroz en -, 490
- Smonitza 402
- Sodio, Eliminación del - intercambiable de los suelos sodicos 262
- Solonchak 177
- Solonetz 177
- Solución del suelo 237
- Soterramiento de los abonos 422
- Structura del suelo 206
- y los abonos 285
- Suelo, Cortas microscópicas del -, 230
- Suelos aluviales 52
- en Grecia 63
- de montaña 172
- desérticos 172
- Fertilidad de los -, 281
- fósiles 169
- griegos 51
- joven calcáreo 175
- mediterráneos 167
- nuevos 172, 181
- calcarios 181
- orgánicos 53
- podzolicos 406
- raíces pequeñas, Morfología del asociación - 230
- reliquios 169
- rojos mediterráneos 51
- salinos, Amelioración de los -, 259
- Análisis química de los -, 66
- Definición de los -, 259
- y alcalinos 53
- secos 182
- sodicos 261
- Amelioración de los -, 259
- solicitado joven 172
- Tipos de - en Yugoslavia 402
- Sulfato de potasio, Reacción de las patatas al -, 309
- Tallos de patatas, Tenor en K de los -, 320
- Temperatura 104
- en Enero 100
- en Julio 100
- Influencia de la - sobre la vegetación 98
- Tempestades en el invierno 102
- en el verano 102
- Tenor en calcio de los suelos de Grecia 55
- en potasio total de las arcillas 70
- Terra fusca 175, 180
- rossa 175, 180
- Textura del suelo 196
- y accesibilidad del K 223
- Tierra parda lixiviada 52
- mediterránea 52
- parduzca 179
- humeda 172, 176
- seca meridionale 170, 176
- roja mediterránea 407
- Toxicidad de la salinidad 260
- específica de los iones 261
- Transpiración de la planta y K 277
- Trigo, Interacción Mo-K sobre -, 371
- Tuberculos, Tenor en K de los - de las patatas 321
- Túnez, Cultivo del arroz en -, 481
- Turquía, Cultivo del arroz en -, 490
- Variiedad, Influencia de la - sobre la reacción al abonado 301
- Vegetales, Necesidades de los -, en K 345
- Vergeles, Abonado de los -, 415
- Vermiculita 67
- Vicia sativa* 376
- Viña, Abonado de la -, 415, 591
- por asperción de la - en Rumania 391
- Formula de abonado para la -, 419
- Modo de aplicación de los abonos 420
- Necesidades en elementos nutritivos de la -, 416
- Viticultura, Abonos verdes en -, 591
- en Grecia 35
- Vuelta del subsuelo y cultivo del olivo 535
- Xeroranker 174
- Xerorendzinas 182
- Yugoslavia, Cultivo del arroz en -, 486
- K en los suelos de -, 401
- Zona arida, Abonado del oliva en -, 573
- Abonos verdes en -, 559
- desértica 94

