afa
الإتحاد العربى للأسمدة

IPI

التسميد بالري

إضافة السماد من خلال الري

معهد البوتاس الدولى

International Potash Institute (IPI)
Baumgartlistrasse 17
P.O.Box 569 - CH - 8810 Horgen - Switzerland
Tel.: +41 43 810 4922 Fax: +41 43 810 4925
ipi@ipipotash.org www.ipipotash.org

الإتحاد العربى للأسمدة

Arab Fertilizer Association (AFA)
P.O. Box: 8109 Nasr City (11371)
9 Ramo Building Omar Ibn Khattab St., Cairo - Egypt
Tel.: +20 2 4172347
Fax: +20 2 4173721 - 4172350
E-mail: info@afa.com.eg
www.afa.com.eg

ترجمـة

الأستاذ الدكتور منير الروسان

منسق معهد البوتاس في منطقة
غرب آسيا و شمال أفريقيا

الدكتور نبيل الطيف

جامعة العلوم و التكنولوجيا الأردنية
اربد – الأردن

المحتويات

الفصول	الصفحة
الفصل الأول: المقدمة	٥
الفصل الثاني: تاريخ التسميد بالري	٨
الفصل الثالث: التسميد بالري، مراجعة المصادر	١١
٣-١ الخضار ومحاصيل الفاكهة الصغيرة	
٣-٢ المحاصيل الحقلية	
٣-٣ الفواكه	
الفصل الرابع: الأسمدة	١٥
٤-١ مركبات الأسمدة الملائمة للتسميد بالري	
٤-٢ تفاعلات المركبات السمادية في مياه الري	
٤-٣ تفاعلات العناصر الغذائية المضافة خلال التسميد بالري في الترب وأوساط النمو	
٤-٤ توزيع العنصر الغذائي المضاف بالتسميد بالري في الترب وأوساط النمو	
الفصل الخامس: التقنية	٢٧
٥-١ تقنية الإرواء	
٥-١-١ الري السطحي	
٥-١-٢ الري المضغوط	
٥-٢ تقنية حقن السماد	
٥-٢-١ التسميد بالري في الري السطحي	
٥-٢-٢ تقنية الري بالتسميد في الري المضغوط	
الفصل السادس: متطلبات العنصر الغذائي والدفعة السمادية والتوقيت	٤١
٦-١ البندورة	
٦-٢ الفلفل الجرسي	
٦-٣ الموز	
٦-٤ الذرة الصفراء والذرة الحلوة	
٦-٥ الحمضيات	
الفصل السابع : الرصد والتحكم	٤٩
٧-١ رصد متطلبات المياه	
٧-٢ رصد متطلبات العنصر الغذائي بواسطة فحص النبات	
٧-٣ فحص التربة	
٧-٤ رصد نوعية المياه	
×× **المراجع :**	٥٥
×× **الملاحق:**	٦٢
ملحق رقم (١): حساب متطلبات الماء والعنصر الغذائي و أمثلة	
ملحق رقم (٢): لوحات ملونة	

الفصل الأول 1

المقدمـــة

تسعى النظم الزراعية للوصول بغلة ونوعية المحصول لأعلى مستوى وفي نفس الوقت تقليل التكلفة الإنتاجية لأدنى مستوى مع الحفاظ على الإستدامة. ومن شروط التوصل إلى الأهداف الآنفة الذكر هو توفير الماء والعناصر الغذائية (المغذيات) بالكميات المثالية والموزونة. إن العامل الحاسم الآخر هو حماية الموارد البيئية والمائية والأرض مما يتطلب توفير قدر كافي من العناصر الغذائية وضمان امتصاصها بواسطة النباتات (Hagin and Lowengart, 1996).

يعتبر التسميد بالري تقنية زراعية حديثة حيث يتم جمع إضافة الماء والسماد معاً من خلال عملية الري مما يوفر فرصة ممتازة لمضاعفة الغلة وتقليل التلوث البيئي (Magen,1995 -Shani et al,1988 - Sneh,1987).

في ظروف المناخات الجافة وشبه الجافة وأحياناً حتى الرطبة يعتمد توفير المياه بالكميات المطلوبة على عملية الري وعلى الأغلب يتم توفير هذه المياه في الري السطحي بواسطة قنوات الري المفتوحة إما بالغمر أو بالأثلام ولكن بكفاءة استعمال منخفضة إلى حدّ ما للمياه، حيث أن ثلث إلى نصف المياه المضافة والمحملة بكميات لا بأس بها من العناصر الغذائية لا تستخدم من قبل المحصول. وفي أنظمة الري المضغوط تكون كفاءة استعمال الماء أعلى بكثير مما هي في الري السطحي حيث تتراوح من ٧٠٪ إلى ٩٥٪ حيث تسمح هذه الأنظمة بسيطرة أفضل على توفير المياه والعناصر الغذائية بفاقد أقل مقارنة بالري السطحي. من جهة أخرى فإن العقبات التي تواجه إستخدام الري المضغوط هو الإستثمار العالي لرأس المال في البداية والكلف المترتبة على الصيانة وتوفير الخبراء المتمرسون في تشغيل النظام. ويمثل الري بالتنقيط الطريقة المثلى والأكثر فعالية في إضافة الماء حيث يقنن هذا النظام تجهيز المياه مما يترتب على ذلك تكوين نظام جذري محدود والذي يتطلب الإمداد المستمر للعناصر الغذائية وعليه فإن إضافة هذه المغذيات مع مياه الري يفي بهذا المتطلب.

يوضح جدول (١-١) (Hagin and Lowengart, 1996) مثالاً لإضافة عناصر غذائية متوازنة وامتصاصها من خلال عملية التسميد بالري حيث يشير الجدول إلى أن امتصاص العناصر الغذائية بواسطة نباتات البندورة عند ذروة مرحلة النمو وفي وسط بدون لأتربة كما ذكر في المراجع جاء متوافقاً مع استخدام معدلات الأسمدة الموصى بها.

جدول (١-١):
امتصاص العناصر الغذائية بواسطة نباتات البندورة والمعدلات الموصى بها لإضافة السماد

العنصر الغذائي	نيتروجين N	فسفور P	بوتاسيوم K	كالسيوم Ca	مغنيسيوم Mg
الإمتصاص، كغم/هك	٨٥	١٩	١٩٠	٤٣	١١
الموصى بها، كغم/هك	٨٧	٣٥	١٢٢	٦١	١٤

تشير البيانات في جدول (١-١) إلى أن إضافة السماد بموجب التوصيات المعتمدة يكون ذو فائدة للبيئة حيث يتبين أن إضافة النيتروجين (N) قد توافق مع إمتصاصه ولم تترك أي كمية ذات قيمة من السماد لكي تغسل بواسطة المياه المتسربة للأعماق. وعلى الرغم من أن كمية الفسفور (P) المضافة هي ضعف الكمية الممتصة إلا أن هذا لا يسبب أي خطورة لغسلها بسبب امدصاص مركبات الفسفور في تربة المنطقة الجذرية.

إن الإتجاه في التحول من أنظمة الري السيحي (انتقال الماء عن طريق الجاذبية) إلى أنظمة الري المضغوط والري الموضعي قد تم في عدة مناطق في العالم. فعلى سبيل المثال أشار تقرير حول الزراعة في كاليفورنيا أنه خلال الأعوام من ١٩٨٦ إلى ١٩٩٦ انخفضت أنظمة الري المعتمدة على الجاذبية بحدود ١١٪ بينما ازدادت أنظمة الري الموضعي بحوالي ١٢٪ والتي تستخدم فيها تقنية الري الموضعي بائقات ذات فتحات صغيرة جداً بحيث يتم من خلالها توزيع المياه بمعدلات تدفق قليلة. علاوة على ذلك فإن الحقول الزارعية التي غيّرت أنظمتها الإروائية قد طبقت إدارة جديدة لإضافة العناصر الغذائية مثل استخدام التسميد بالري (Dillon et al.,1999).

وعلى ضوء التحول إلى أنظمة الري الموضعي فإن تطوير العملية الزراعية بإدخال واستخدام التسميد بالري سوف يؤدي بالتأكيد إلى أرباح وفيرة للمزارع. على سبيل المثال فإن انتاج الخضراوات في وادي (Jiftlik) في الضفة الغربية لنهر الأردن قد تضاعف لأكثر من عشر مرّات وبنفس الوقت ازداد دخل المزارع حتى أكثر من المتوقع بسبب التحسن الذي طرأ على نوعية الإنتاج. إن السرّ في نجاح المشروع هو انتقال تقنية الري بالتنقيط والتسميد بالري إلى المزارعين في المنطقة مباشرة ودون المرور بمفهوم الخطوةلأ بخطوة حيث أن توفير هذه التقنيات بسرعة للمزارع بإنشاءاتها برهن على أنه خيار حيوي حتى وإن لم تكن هنالك أي بنية تحتية سابقة. وعلى ضوء ما سبق ذكره فإن مفهوم انتقال التقنية السريع والمباشر للمزارع يقدم أسلوب اقتصادي واجتماعي مقبول في الدول النامية وبهدف تطوير الزراعة بمحاصيل متنوعة وذات قيمة عالية (Raymon and Or, 1990).

يمكن في نظام التسميد بالري السيطرة على وقت إضافة العناصر الغذائية وكميتها وعلى تركيز ونسب العناصر المضافة بسهولة وبسبب هذه السيطرة فإن غلة الحاصل تكون عموماً أعلى من تلك التي تنتج بإستخدام طريقة إضافة سماد بسيطة ونظام ري بسيط. وينبغي أن لا تعزى مثل هذه الزيادة فقط إلى التسميد بالري لإن التغيّرات في التقنية الزراعية المستخدمة يقترن عادة مع التحسينات الأخرى في إدارة المحصول.

إن التسميد بالري يمكن أن يمارس تحت أي نظام ري إلا أن الأسمدة المضافة من خلال الري السيحي يمكن أن يعطي توزيعاً غير متجانس للعناصر الغذائية في الحقل، فلقد بيّن (Playan and Faci, 1997) أن التوزيع العنصر الغذائي وتجانسه تراوح من ٣ إلى ٥٢٪ في حين أن توزيع وتجانس المياه تراوح من ٦٣ إلى ٩٧٪ في الري السيحي وذلك في النصف الأسفل من الحقل.

أما في حالة أنظمة الري المضغوط فإن التسميد بالري يعتبر جزءً مكملاً لإدارة العنصر الغذائي للنبات وخاصة في حالة الري الموضعي. وبسبب كون مثل هذه الأنظمة تولد نظاماً جذرياً محدوداً ومركزاً في حجم التربة المبتلة فالتسميد بالري يعتبر ضرورياً لضمان تغذية مثالية للنبات.

توضح اللوحة ١-١ (انظر الملحق) تأثير الري المضغوط عند التسميد بالري على المنطقة الجذرية المحدودة للأفاكودو والقريبة من المنقط حيث تعتمد حركة وجاهزية العنصر الغذائي للنبات ضمن المنطقة الرطبة على حركة الماء. ويشير اقتراب الجذور من المنقط ونحو التربة المبتلة إلى أن العناصر الغذائية في تلك المنطقة الرطبة والمحدودة هي الأكثر جاهزية والقدرة على توفير إمتصاص العنصر الغذائي مما يؤكد أهمية وفائدة التسميد بالري فالتفاعلات الكيميائية والتي يتم الإستدلال عنها بواسطة الراسب الأبيض قد تحدث عند النقطة التي يطلق فيها الماء إلى التربة.

إن توليفة إضافة العناصر الغذائية النباتية والمياه معاً بواسطة التسميد بالري يجنب غسل العناصر الغذائية المفرط من حجم التربة الذي يكون فيه إمتصاص الجذور للعناصر فعالاً مما يؤدي إلى التقليل من تلوث المياه الجوفية (Hagin and Lowengart, 1996 ; Alva and Mozaffar,1995) . علاوة على ذلك فبتطبيق التسميد بالري يمكن للمحاصيل أن تنمو إلى قدرتها القصوى في الترب غير الخصبة والضحلة وفي الأوساط الخاملة (غير النشطة) (Imas et al.,1998 ; Bar-Yosef and Imas, 1995 ; Bar-Yosef, 1988; Sonne veld, 1995 ; Kafkaf and Bar-Yosef, 1980).

من جهة أخرى فإن هنالك فوائد أخرى عند ممارسة التسميد نظام الري بالتنقيط تحت السطحي ومن هذه الفوائد تقليل الماء المتبخر واتساع حجم التربة المبتلة وتكوين نمط جذري عميق (Phene and Lamm, 1999) كما أن التسميد بالري ومن خلال الري بالتنقيط تحت السطحي يقلل من التلوث الزراعي ذو المصدر اللاموقعي (non-point) بالنترات.

لقد أشار نموذج معتمد (Harrison,1999) في الولايات المتحدة الأمريكية لإدارة إضافة النيتروجين والماء طويل الأمدى لأشجار الحمضيات إلى مستويات التلوث التي يمكن حصولها في طرق مختلفة لإضافة النيتروجين وفي معدلات مختلفة من الإضافة. لقد قدّم النموذج محاكاة لتراكيز النترات في الماء الجوفي أسفل بساتين حمضيات ناضجة، حيث أوصت النتائج أنه للمحافظة على معدل تركيز للنترات في الماء الجوفي دون الحدّ الأقصى المعتمد لدى وكالة حماية البيئة (١٠ ملغم/ل) فإن معدلات إضافة النيتروجين ينبغي أن لا يتجاوز:

- ١٧٢ كغم/هك/سنة في ٣ إضافات منفصلة لسماد جاف ذائب
- ٢٠٨ كغم/هك/سنة في ٣ إضافات منفصلة لسماد بطيء الذوبان
- ٢٣١ كغم/هك/سنة في ١٨ إضافة منفصلة بواسطة التسميد بالري

كما تجدر الإشارة إلى أنه حتى في المناطق الرطبة ومثال على ذلك هولندا، ازدادت فيها برامج استخدام التسميد بالري حيث ارتفع عدد وحجم مزارع أشجار الفاكهة والتي تمتلك أجهزة وأنظمة الري الثابتة في ممارسة التسميد بالري بإضطراد (Koeman,1998).

أما في جنوب الصين فيطبق التسميد بالري لفترات قصيرة وخاصة عند مرحلة الإزهار لنبات (Lichi) لضمان توفير المياه والعناصر الغذائية بكميات كافية في هذه المرحلة الحرجة مما يؤمن حاصلاً أكثر استقراراً على مدى السنين (محادثة شخصية).

تمارس تقنية التسميد بالري على نطاق واسع وغالباً يطبق التسميد بالري على أشجار الفاكهة والأزهار ونباتات البيوت الزجاجية بينما يطبق على الخضراوات والمحاصيل الحقلية إما نظام كامل للتسميد بالري أو جزء منه اعتماداً على خصوبة التربة الأولية والتسميد الأساسي

(Aamer et al.,1997 ; Bravdo et al.,1988 ; Bravdo et al.,1992 ; Heffner et al., et al., ; 1997 ;et al.,1995; et Shemesh ; Lowengart and Manor, 1998 ; Lahav and Kalmar, 1995 ; Lahav Zaidan, and Avidan,).

2 الفصل الثاني

تاريخ التسميد بالري

يعتبر التسميد بالري المفتاح في الزراعة المروية الكثيفة والحديثة ويعود ذلك أصلاً إلى ظهور ما يطلق عليه غالباً الزراعة المائية أي الوسط بدون لأتربة. ومن الجدير بالذكر بأن هذه التقنية قديمة حيث استخدمت في الجنائن المعلقة المشهورة ببابل والحدائق الأزتيكية في أمريكا الوسطى وبالحقيقة فقد كانت الجنائن المعلقة ببابل نظام زراعة مائية معقد ومتقن استخدم فيها ماء عذب غني بالأكسجين والعناصر الغذائية. أما الأزتيك فقد زرعوا الخضراوات والأزهار وحتى الأشجار على ألواح خشبية عائمة والتي من خلالها تتغلغل الجذور وتنمو في الماء وأيضاً فإن الصينيين القدماء استخدموا الزراعة المائية لزراعة الرز. يشاهد في (لوحة ٢-١) مثال لجنائن معلقة حديثة وهي الحدائق البهائية.

في نهاية القرن الثامن عشر قام (جون وود ورد) في انجلترا بتنمية نباتات في محلول مستخلص من تربة وهو أول محلول غذائي للزراعة المائية من صنع الإنسان. وفي منتصف القرن التاسع عشر تم تشخيص تسعة عناصر ضرورية للنمو من قبل (جين ببتايز بوسينجولت) والذي استخدم وسط خامل للنمو وجهّز محاليل مائية بعناصر غذائية نباتية ذات توليفات معروفة من مركبات كيميائية حيث أمكنه تحديد ذلك من خلال تشخيص العناصر المعدنية للنمو المثالي وأيضاً النسب المطلوبة لمثل هذا النمو. بعد ذلك قام (فون ساش) بتطوير أول تركيبة قياسية لمحلول غذائي والذي يمكن للنباتات أن تنمو فيه بنجاح. وحتى عام ١٩٢٥ اقتصر استخدام المحاليل الغذائية على أبحاث تغذية النبات حيث تم فيما بعد تطوير تركيبات أخرى (Robbins ,1946 ; Arnon, 1938 ; Hoagland,1919).

أما في عام ١٩٢٥ فقد جلب تصنيع البيوت الزجاجية اهتماماً في استخدام الزراعة المائية ولتحل محل طرق زراعة التربة التقليدية حيث اقتصر في البداية مصطلح "الزراعة المائية" بالدرجة الأساسية على الزراعة في الماء فقط دون أن يشمل ذلك أوساط نمو الجذور الأخرى. ولكن بعد ذلك عرّفت الزراعة المائية على أنها علم تنمية النباتات بدون بإستخدام تربة حيث تم استخدام أوساط خاملة مثل الحصو والرمل والخث (Peat) والفيرميكيولايت ونشارة الخشب والمحاليل الغذائية الحاوية على العناصر الضرورية اللازمة لنمو النبات. إن هذه الطرق التي تستخدم أوساط لنمو الجذور يطلق عليها حالياً الزراعة بدون تربة بينما الزراعة في الماء لوحده يطلق عليها الزراعة المائية.

لقد عززت الحرب العالمية الثانية التوسع بالزراعة المائية حيث استخدمها الجيش الأمريكي لإنتاج الخضراوات الطازجة وأنشئت أول مزرعة مائية واسعة في جزيرة (Ascension) الجرداء في جنوب الأطلنطي ونفس التقنيات التي استخدمت في هذه الجزيرة اعيد استخدامها فيما بعد في جزر المحيط الهادي مثل واجيما واكينوا حيث استعملت الصخور البركانية المفتتة (المسحوقة) كوسط لنمو النباتات. بعد انتهاء الحرب العالمية الثانية أنشأ الجيش الأمريكي وحدة خاصة للزراعة المائية حيث تم إنشاء (٢٢) مزرعة مائية في جونو-اليابان.

وامتدّ الإستخدام التجاري للزراعة المائية في الخمسينات إلى كل من هولندا وايطاليا واسبانيا وفرنسا وانجلترا والمانيا والسويد والجمهوريات الروسية وبعد ذلك انتشرت في الشرق الأوسط وفي صحاري شبه الجزيرة العربية والكويت والصحراء الكبرى إضافة إلى وسط وجنوب امريكا والمكسيك والساحل الفنزويلي في منطقة أروبا وكوراكو. أما في الولايات المتحدة الأمريكية فقد أنشئت مزارع مائية تجارية خصوصاً في ولايات الينوي واوهايو وكاليفورنيا واريزونا وانديانا وميسوري وفلوريدا حيث أن هنالك أكثر من ١،٠٠٠،٠٠٠ مزرعة عائلية تستخدم أوساط بدون تربة في الولايات المتحدة الأمريكية لوحدها ومثل هذه المزارع العائلية موجودة أيضاً في روسيا وفرنسا وكندا وجنوب افريقيا وهولندا واليابان واستراليا والمانيا.

وتجدر الإشارة هنا إلى أن تطوير المواد البلاستيكية المستخدمة في صناعة الحاويات والأنابيب وأيضاً توفر المحاليل ذات التوازن الغذائي قد أدّى إلى انتشار مفهوم الزراعة بدون‌لأتربة بسبب انخفاض الكلفة وسهولة إدارة النظام.

في أواسط الخمسينات وعلى نطاق محدود استخدمت تقنية خلط الأسمدة مع مياه الري في أنظمة الري السطحي والغمر والأثلام في الولايات المتحدة الأمريكية ومن الأسمدة المستخدمة هي الأمونيا الغازية والأمونيا السائلة ونترات الأمونيوم حيث كانت كفاءة استعمال النيتروجين منخفضة بسبب الكفاءة المتدنية لإضافة المياه بطرق الري السيحي. ولكن بعد انتشار الري الموجي والذي من خلاله يتم إضافة المياه بدقة أعلى من طرق الري السيحي الأخرى إضافة إلى ادخال تقنية حقن السماد من خلال صمامات خاصة بالري الموجي فقد أدّى ذلك إلى زيادة كفاءة إضافة السماد بدرجة كبيرة في الري السيحي. وفي هولندا ومنذ الخمسينات كانت هنالك زيادة مضطردة في عدد البيوت البلاستيكية والأسمدة المضافة مع مياه الري حيث أمكن تطوير المضخات الكهربائية وخزانات خلط الأسمدة لضمان إضافة العناصر الغذائية للنبات بدقة أكبر.

وقد طوّرت تقنية التسميد بالري بالتوازي مع تطوير وادخال الري الموضعي وذلك في بداية الستينات إذ بسبب صغر حجم التربة المبتلة في الري بالتنقيط وحتى يمكن توفير العناصر الغذائية للنظام الجذري بكميات كافية فقد تطلّب ذلك التفكير في تزامن تجهيز الماء والعناصر الغذائية في آن واحد. وفي ضوء ذلك فقد استخدمت تقنية التسميد بالري في طرق الري الموضعي الأخرى مثل أنظمة الرذاذات والمرشّات‌لأالدقيقة لكي تستفيد المحاصيل من تلك التقنية، وبعد أن تم التحول من أنظمة الري بالرش المتحركة إلى الثابتة تم ادخال تقنية التسميد بالري في أنظمة الري بالرش أيضاً ومنذ أوائل الثمانينات أدخلت أيضاً في أنظمة الري المسيّرة ميكانيكياً. أما في هذه الأيام فإن أكثر من ٧٥٪ من المساحة المروية (بإستثناء الري التكميلي) وكانت هذه التقنية في البداية تعاني من مشكلة توزيع العناصر الغذائية غير المتساوي نسبياً بسبب استخدام خزانات خلط السماد ولكن تلى ذلك الوصول إلى تجانس أفضل لخلط السماد بإستخدام مضخات ذات السحب نوع فينتوري وحاقنات ذات الدفع بضغط الماء كما أجريت تحسينات أخرى بإدخال تنظيم جديد بالحاسوب لوحدات التسميد بالري.

لقد ولدت فكرة الري بالتنقيط في بداية الثلاثينات حينما دعي شخص أسمه (سمها بلاس) لحضور حفلة شاي بمزرعة صغيرة على الشريط الساحلي وفيها العديد من أشجار الجريب فروت حيث لاحظ الشخص هذا أن احدى هذه الأشجار كانت أكبر من الأشجار الأخرى بصورة ملحوظة مع أن هذه الشجرة لم تكن مروية ظاهرياً، وأظهرت متابعته الدقيقة لهذه الشجرة وجود ثقب أو فتحة في أحد الأنابيب الحديدية لتوصيل ماء الشرب وبقطر صغير حيث كان قطر المساحة المبتلة للتربة ٢٥سم فقط بينما كان قطر ظلة الشجرة ١٠ أمتار. لقد كان المظهر الخارجي لهذه الشجرة الضخمة من بين الأشجار الأخرى والتي تستخلص الماء من هذا الحجم الرطب الصغير للتربة هو الذي أوحى للسيد (بلاس) فكرة الري بالتنقيط ولكن بعد مرور ١٧ سنة أي في عام ١٩٥٩ وبتوفر الأنابيب البلاستيكية قد جعل تطبيق تلك الفكرة أمراً ميسوراً وبعد ثلاث سنوات من التجربة والخطأ أصبحت الفكرة ناجحة وفي ضوء ذلك ازداد حاصل البندورة إلى الضعف والخيار إلى ثلاث مرات مقارنة بالري بالرش والري بالأثلام.

إن إحدى المشاكل الصعبة والتي واجهت تقنية الري الحديثة هذه كانت في تجهيز العناصر الغذائية إذ إن حجم التربة الرطب بهذه التقنية خاصة في التربة الرملية لا يمثل إلا جزءً قليلاً من طبقة التربة المزروعة وإن نثر السماد على سطح التربة هي ممارسة غير صحيحة لأن الجزء الأكبر من السماد سيبقى على السطح وعليه فإن العناصر الغذائية لن تكون في متناول النباتات. وفي البداية استخدمت طريقتان لإضافة العناصر الغذائية من خلال مياه الري حيث في احداها يتم حقن السماد في شبكة الري بواسطة مضخات رذاذية وفي الأخرى يتم امرار الماء في خزّان يحوي على الماء والسماد الصلب ومن ثم ارجاعه إلى شبكة الري ومع كون أن الطرق المذكورة هذه تعتبر بسيطة وغير دقيقة تماماً إلا أنها أدت إلى زيادة ملحوظة في الغلة عام ١٩٦٣. يتضح مما سبق فوائد التسميد بالري وبالمقارنة فإن بساتين أشجار الفاكهة والتي قد نثر فيها السماد شتاءً ورويت بالتنقيط لم يكن ذلك السماد فعالاً خصوصاً في

التربة الخشنة النسجة، كذلك فإن أشجار الحمضيات المزروعة على الشريط الساحلي في تربة رملية والمروية بالتنقيط فإن تلك الأشجار أعطت انتاجاً أقل مقارنة بتلك المروية بالرش إضافة إلى ظهور بعض أعراض النقص للعناصر الغذائية على الأشجار المروية بالتنقيط.

وفي نهاية الستينات اتسعت مساحات البيوت الزجاجية وبدرجة أساسية لغرض تصدير الزهور (لوحة ٢-٢) ويبدو أن اقتران الري بالتنقيط مع التسميد بالري قد أدى إلى فوائد كبيرة لتلك الأنظمة الزراعية ذات الكثافة الزراعية والتكلفة العالية. وأيضاً فإن مزارعي الخضراوات والمحاصيل الحقلية قد استخدموا تقنيات التسميد بالري.

من الجدير بالذكر أنه في منتصف الستينات وبعد اتساع نطاق استخدام الري بالتنقيط تم استعمال خزان السماد كطريقة رئيسية لإضافة العناصر الغذائية أما في العديد من البيوت الزجاجية فقد تم استخدام المضخات الرذاذية ثنائية -الغرض في حماية النبات بواسطة الرش أولاً وهي عملية التسميد بالري ثانياً. أما لأشجار الفاكهة فقد استخدمت الرذاذات المتنقلة في حقن المحلول السمادي في نظام الري مباشرة وقد أتاح توفر الأسمدة السائلة في بداية السبعينات استخدام مضخات الدفع المائي الحديثة. إن النموذج الأول لهذه المضخات اعتمد على دايفرم (غشاء رقيق) يشغّل بضغط الماء وبالتالي يتم سحب المحلول السمادي من خزان مفتوح قبل أن يتم حقنه في نظام الري. أما النموذج الثاني من مضخات الدفع لألمائي فيتم سحب وحقن السماد معاً بواسطة مكبس حيث أتاح استخدام هذا النموذج تنظيم وتزامن أفضل لإضافة السماد وتجهيز الماء. وفي بداية السبعينات أيضاً تم ادخال أجهزة فينتوري ذات التصاريف المنخفضة لكي تستخدم بالدرجة الرئيسية في المشاتل والنباتات المزروعة بالأصص في البيت الزجاجي وبإستخدام هذا النوع من المضخات تم تجاوز أحد المساوئ الرئيسية للمضخات من الأنواع الأخرى من حيث دقتها عندما تكون معدلات التدفق واطئة. أما المضخات الكهربائية والتي تعمل بالكهرباء فهي عادة تستخدم أينما يتوفر التيار الكهربائي وخاصة في البيوت الزجاجية والغرض من استخدامها هو إضافة المحاليل السمادية بدقة. ومن الجدير بالذكر أنه في بداية التسعينات أمكن تطوير أنواع جديدة من مضخات الدفع المائي بحيث يمكن إضافة المحاليل السمادية بمعدلات منخفضة ومتوسطة وبدقة عالية.

لا بدّ من الإشارة هنا إلى أنه في شبكات تجهيز المياه ثنائية-الغرض لكل من مياه الشرب ومياه الري فإن الشرط الرئيسي لتطبيق تقنية التسميد بالري هو منع الجريان العكسي للمحلول السمادي إلى نظام تجهيز الماء ولأجل ذلك فقد استخدمت صمامات السحب وصمامات الفحص والفصل الهوائي.

وأخيراً فإن السيطرة على كمية السماد المضافة قد تحسنت مع مرور الزمن حيث أن السيطرة تطلبت مبدئياً تنظيم يدوي للصمام الخانق بحيث يتم ضبط التدفق من وإلى الخزان ولكن فيما بعد تم تطوير أجهزة ميكانيكية بحيث يتم الحصول على تزامن اتوماتيكي لتجهيز الماء والسماد وأيضاً أمكن التوصل إلى سيطرة أكثر تعقيداً من خلال إستخدام أجهزة الحاسوب والمرتبطة بمجسات تحسس لحموضة التربة (pH) وملوحة التربة (EC) متصلة بخزانات خلط السماد وأجهزة التحكم بالري.

التسميد بالري، مراجعة المصادر

يتضح من مراجعة المصادر أن استخدام التسميد بالري يؤدي في معظم الأحوال إلى زيادة في غلة المحصول وتحسّن في استعمال السماد والماء من قبل النباتات إضافة إلى تقليل الفاقد من العناصر الغذائية وكما هو موضح في الأمثلة التالية:

تعتبر البندورة من المحاصيل المهمة والتي يتم زراعتها وتسميدها بالري في الحقول الزراعية المفتوحة والمحمية إذ أن البندورة المسمّدة بمياه الري غالباً ما تتميز بإنتاج عالي ومادة جافة أعلى مقارنة بالبندورة المروية والمسمّدة تقليدياً إضافة لذلك فإنها تمتلك معايير متميزة في النوعية مثل الحجم والصلابة والسكريات المذابة (AlCantar et al.,1999). وفي دراسة مقارنة أخرى بين استخدام ري بالتنقيط في الحقل والتسميد تقليدياً مع إجراء عملية التسميد بالري بالتنقيط فإن البندورة المسمّدة بالري بالتنقيط أنتجت محصولاً ذا ثمرة حمراء ومقداره (٧٢ طن/هك)، بينما أنتجت البندورة المروية بالتنقيط ولكن مسمدّة تقليدياً (٤٤ طن/هك) فقط، ويبدو أن التسميد بالري قد ضاعف عدد الثمار وأن التسميد بالري يحسّن من جاهزية العناصر الغذائية للنبات وقد يكون أحد أهم العوامل المسببة لزيادة الغلة (Pan et al.,1999). وفي تجربة أخرى تمت مقارنة البندورة المسمّدة تقليدياً والمروية بالري بالرش مع تلك المسمدة بالري بالرش واتضح أن غلة البندورة ازدادت من ٣٩ إلى ٥٠ طن/هك في المسمدة بالري بالرش مع ملاحظة تحسّن واضح في نوعية الثمار (Siviero and Sandei , 1999).

وفي دراسة أخرى فقد أنتجت ست سلالات من البندورة والمزروعة بإستخدام تسميد بالري بالتنقيط تحت السطحي غلة تسويقية تراوحت من ٨٠ إلى ٩٨ طن/هك ومحتوى مادة صلبة أعلى من ٩.٤٪. لقد تبين أن أكثر من ٩٠٪ من النظام الجذري تركز في ٢٥سم العليا من التربة وترافقت الغلة الكبيرة مع الصفة الجيدة للسلالة مع ظهور أمراض بعض الأمراض البسيطة وتعفن القليل من الثمار (Silva et al.,1999). ينبغي الإشارة إلى أن هنالك أكثر من دليل على أن التسميد بالري إضافة إلى إعطائه الغلة العالية فإن له فوائد أخرى فالبندورة النامية بوسط بدون-تربة في البيت الزجاجي ومسمدة بالري بصورة جيدة كانت أقل عرضة للإصابة بالأمراض النباتية وحافظت على غلة عالية ولمدى طويل (Reist et al.,1999). لقد نشرت نتائج مشابهة لما ذكر سابقاً ولكن لمحاصيل أخرى ففي تجربة حقلية حول محصول الخيار المزروع في تربة مزيجة غرينية في منطقة بافاريا السفلى بألمانيا كانت أقصى غلة أمكن الحصول عليها هي ٧٤ طن/هك عند التسميد بالري بالتنقيط بإستخدام (NPK) بينما كانت أقل غلة هي ٦٥ طن/هك عند ري المحصول بالرش واستخدام اليوريا في التسميد الورقي (Mosler,1998). في دراسة أخرى تمت مقارنة إضافة أعتيادية لكبريتات الأمونيوم بإضافة نترات البوتاسيوم بواسطة التسميد بالري وعند ثلاثة مستويات للنيتروجين إلى محصول الخيار المزروع في تربة رسوبية (pH = 7.9) حيث أظهرت النتائج أن التسميد بالري وعند أعلى مستوى من النيتروجين قد أعطى أعلى غلة وأن فاقد النترات بواسطة الغسل كان الأقل عند التسميد بالري لأن كفاءة استعمال N عند التسميد بالري هي الأعلى (٧٥-٩٧٪) بينما كانت كفاءة استعمال ه من كبريتات الأمونيوم هي (١٠٪) (Brito et al.,1999).

في دراسة في المناطق الجليدية أشار (Rincon et al.,1998) إلى أن التسميد بالري لمحصول الخس قد أعطى غلة عالية حيث وصل إلى ٣٣ طن/هك عند إضافة النيتروجين بمعدل ١٠٠ كغم/هك. وفي تجارب حقلية أخرى على محصول الخس فإن إضافة (٤٠ كغم/هك) نيتروجين من خلال التسميد بالري بالتنقيط أعطت كفاءة استعمال للنيتروجين أعلى بـ٢٥٪ من إضافة نفس المعدل من النيتروجين بتسميد تقليدي والري بالرش. لقد عزيت

هذه الزيادة في كفاءة استعمال N إلى أن التسميد بالري قد يؤدي إلى تواجد تركيز عالي للنترات في التربة وموقع أفضل للنيتروجين بالنسبة للنبات وأيضاً إلى زيادة تركيز النيتروجين بشكل نترات بالنسبة للنيتروجين بشكل أمونيوم وبالتالي انخفاض تركيز النيتروجين بشكل أمونيوم تحت المستوى الذي يسبب السمية وعليه فإن كل العوامل السابقة قد ساهمت في تقليل غسل النترات (Malik and Kumar,1996).

من ناحية أخرى تمت دراسة تأثير الري السطحي والأسمدة الصلبة على غلة الحمص ومقارنة ذلك بالتسميد بالري بالتنقيط حيث أعطى المعدل الموصى به من السماد الصلب (NPK) في الري السطحي غلة حبوب بمقدار ٩.١ طن/هك، في حين أن ٧٥-١٥٠٪ من المعدل الموصى به من (NPK) عند إضافتها مع مياه الري قد أنتجت غلة مقدارها ٢.٢-٣.٢ طن/هك. لقد قلل استخدام الري بالتنقيط المتطلبات المائية للمحصول بحوالي ٦٠٪ مقارنة بإستخدام الري السطحي وبيّن آخرون أن استخدام الري بالتنقيط بإضافة ٧٥٪ من قيمة اناء التبخر وإضافة ٢٥ كغم/هك من النيتروجين مع مياه الري هي التوليفة المثالية لإنتاج محصول البزاليا (Pisum sativum) ولكفاءة مثالية في استعمال الماء في تربة مزيجة رملية (Malik and Kumar,1996).

أشارت دراسات أخرى إلى أن البروكلي المزروع في الترب المزيجة الطينية والطينية والمسمد بـ٤٠٠ كغم/هك من NPK قد أنتج الغلة الأعلى عند التسميد بالري بالتنقيط (٥.٢٤ طن/هك) مقارنة بإضافة السماد نثراً (Castellanos et al.,1999)، أيضاً فإن غلة محصول الفراوله قد ازدادت بحوالي ٢٥٪ عند إضافة سماد NPK مع مياه الري مقارنة بإضافتها بشكل حبيبات (Bernardoni et al.,1990). وفي تجربة حول ثمار العنيبية (corymbosum Vaccinium) لمقارنة إضافة النيتروجين مع مياه الري وإضافته كسماد صلب حيث أضيف في السنتين الأوليتين بمعدل ٦٥ كغم/هك وفي السنة الثالثة بمعدل ٧٧ كغم/هك فقد أشارت النتائج بعد ثلاث سنوات أن غلة المحصول بالتسميد بالري كانت أعلى مما هي بالتسميد الحبيبي. إن الأداء الجيد للتسميد بالري يرجع إلى أن النيتروجين يكون أكثر جاهزية وتيسراً عند إضافته مع ماء الري بسبب موقعه الفعال في المنطقة الجذور للمحصول (Finn et al.,1997).

أشارت التجارب التي أجريت على محصول القمح إلى أنه من الممكن الإقتصاد في كميات سماد الفسفور المضافة وذلك عند التحول للتسميد بالري حيث أن محصول القمح المزروع في تربة مزيجة رملية كلسية وبإضافة ٥٠٪ فقط من كمية سماد P الموصى به بشكل فوسافات الأمونيوم الثنائية مع مياه الري قد أنتج غلة حبوب تعادل تلك المستحصلة من إضافة كامل الكمية من السماد نثراً من سماد السوبر الفوسفات مع المحافظة على نفس كمية الإمتصاص للفسفور (Alam et al.,1999). وفي تجارب أخرى على القصب السكري تم استنباط استنتاجات مماثلة فقد أدى استخدام التسميد بالري بالتنقيط إلى تناقص في معدلات سماد ه المضافة بحوالي ٣٠٪ وأن الغلة الناتجة من إضافة ٨٠ كغم N/هك/سنة مع مياه الري لم يكن أقل من تلك الغلة الناتجة من إضافة ١٢٠كغم N/هك/سنة على طول خط زراعة القصب السكري (Kwong et al.,1999). وفي تجارب حقلية على الذرة الصفراء كانت الغلة الحبوبية وانتقال النيتروجين للحبوب عند التسميد بالري أعلى مما هي عند إضافة السماد نثراً
(Bassio and Richardt ,1995).

وفي حالات معينة لوحظ أن هنالك زيادة في غلة محصول القطن وفي امتصاص العناصر الغذائية عند التسميد بالري بإستخدام الري بالتنقيط تحت السطحي وخاصة عند إضافة الفسفور مع مياه الري (Eizenkot et al.,1998). لقد كانت غلة محصول القطن المزروع في تربة طينية (فيرتيسولز) بإضافة ٧٥ كغم N/هك تحت نظام التسميد بالري مساوية للغلة الناتجة من إضافة ١٠٠ كغم N/هك بشكل سماد صلب مباشرة للتربة. إضافة لذلك فإن إضافة ه بواسطة التسميد بالري قد أدى إلى تحسين في نوعية نسالة القطن وزيادة كفاءات الماء واستعمال ه وأيضاً زيادة في امتصاص العناصر الغذائية الأخرى (Bharambe et al.,1997).

أوضحت تجارب على محصول الموز ولفترة طويلة في منطقة الجليل الغربي تحسّن في كفاءة استعمال السماد عند إجراء التسميد بالري وعلى مدى سنوات. وخلال الستينات كان الموز يروى بالرش وينثر السماد الصلب ٣-٤ مرات خلال الموسم الزراعي، أما في التسعينات فقد استخدم التسميد بالري بالتنقيط خلال موسم نمو المحصول مما أتاح ذلك مضاعفة معدل إضافة النيتروجين من ٢٥٠ كغم N/هك/سنة إلى ٥٠٠ كغم N/هك/سنة وترافق ذلك مع زيادة معدل ارتفاع النبات من ١٥٠سم إلى ٢٧٠سم ومعدل وزن العنق من ١٨ إلى ٢٨ كغم وعدد العذوق لكل هكتار من ١٧٠٠ إلى ٢١٠٠ ومعدل الغلة من ٣٠ إلى ٦٠ طن/هك. وعند مقارنة تراكيز النيتروجين والفسفور والبوتاسيوم في المادة الجافة للسويقة السابعة اتضح أن النيتروجين ازداد من ٠,٦٪ في عام ١٩٧٢ إلى ١,١٪ في عام ١٩٩٥ والفسفور من ٠,٠٨٪ إلى ٠,١٢٪ والبوتاسيوم من ٣,٧٪ إلى ٦,٥٪ ضمن نفس الفترة. ويبدو أن تعزيز امتصاص العناصر الغذائية والزيادة في الغلة جاءت نتيجة لإدخال تقنية التسميد بالري في زراعة الموز والذي أدى إلى زيادة معدلات إضافة السماد وإلى توزيع أفضل للعنصر الغذائي النباتي في المكان المناسب والوقت المناسب (Lahav and Lowengart, 1998).

وفي تجربة أخرى على أشجار البيكان (الجوز الأمريكي) فإن التسميد بالري بالتنقيط وبمعدل إضافة للنيتروجين ٥٦ كغم N/هك قد أعطى غلة ونوعية جيدة من الجوز وبنفس جودة الجوز عند إضافة ١١٢ كغم/هك نثراً أو نصف الكمية نثراً والنصف الآخر بالتسميد بالري. لقد أشارت النتائج إلى أن كل المعاملات للنيتروجين المضاف مع مياه الري قد أدّت إلى انخفاض بسيط في فك التربة وفاقد أقل في K وCa وMg من التربة في المنطقة غير المرطبة أسفل ظلة الشجرة مقارنة بمعاملات نثر السماد وكان الإنخفاض في كل من فك التربة والبوتاسيوم والمغنيسيوم طفيفاً في طبقة التربة من ١٥ إلى ٣٠سم عندما أضيف كل النيتروجين مع مياه الري. أما تراكيز Ca وMg في الورقة فقد كانت الأعلى في معاملات النيتروجين المضاف مع مياه الري مقارنة بالمعاملات الأخرى (Worley and Mullinix, 1996).

لقد كان التسميد بالري لأشجار التفاح كفوءً وخاصة عندما أجريت تغييرات في تقنيات الزراعة إذ عندما تم احلال زراعة كثيفة لأشجار التفاح (٨٠٠-١٤٠٠ شجرة/هك) بدلاً من كثافة منخفضة في منطقة كولومبيا البريطانية في كندا ساهم التسميد بالري في تحسين إدارة العناصر الغذائية المضافة خصوصاً في الترب الخشنة النسجة (Neilsen and Roberts, 1996). لقد أشار آخرون إلى أن الري اليومي المتكرر لأشجار فاكهة بكثافة عالية كأشجار التفاح (ذو أصول قزمية) ومزروعة في ترب خشنة النسجة أدى إلى تكوين منطقة جذرية ضحلة حيث أن الجذور قد امتدت أفقياً بإستخدام الري بالتنقيط مقارنة بري النفاثات الدقيقة (Neilsen et al., 2000). وفي دراسة أخرى على أشجار التفاح تمت مقارنة التسميد بالري بالتنقيط مع معاملة التسميد نثراً والري بالتنقيط حيث تم التوصل إلى أفضل توازن بين كل من نمو الأغصان وانتاج البراعم الثمرية وتكوين الثمار والغلة الإجمالية في أشجار التفاح عند التسميد بالري وبمعدل إضافة سمادية ٢٦ كغم N/هك. تشير هذه النتائج إلى أن النمو والغلة الجيدة لمحصول التفاح والمحافظة على إضافة سمادية قليلة يجعل من التسميد بالري عامل مفيد ومهم في انتاج الفاكهة على نطاق واسع والذي فيه تكون إضافة المواد الكيميائية الزراعية على أدناها (Hipps,1992).

ومن الجدير بالذكر الإشارة هنا إلى أن التسميد بالري لم يكن مفيداً في بعض التجارب التي أجريت على أشجار التفاح والأجاص، فبالرغم من أن غلة محصول التفاح وعبر أربع سنوات كانت هي الأعلى في التسميد بالري من بين كل المعاملات الأخرى (تلقيم السماد عند السطح سماد بذوبانية بطيئة، رش بشكل رذاذ سائل) إلا أن الكلفة العالية للتسميد بالري قد تعادل قيمة الزيادة الحاصلة في الغلة وبالتالي لم يعد التسميد بالري مربحاً من الناحية الإقتصادية (Paoli,1997).

وفي دراسات أخرى على صنفين من التفاح اتضح أن التسميد بالري وعبر ست سنوات لم يعط أي فوائد تذكر مقارنة بإضافة السماد تقليدياً برشه أو نثره (Krebs and Widmer, 1999) حيث أشار al et Dolega. (١٩٩٨) أيضاً إلى عدم وجود فروق في الصلابة والحموضة أو محتوى السكر بين المسمّدة بالري وغير المسمّدة بالري من أشجار التفاح وأن التسميد بالري لم يحسّن محتوى الثمرة من المعادن أو قابلية خزنها للمواد كما أن التسميد بالري لم يظهر تأثيراً ايجابياً على التزهير أو الإنتاجية حيث أعطى الري بالتنقيط مع إضافة السماد نثراً أفضل غلة لمحصول التفاح.

وفي تجارب من نوع آخر تم اختبار إضافة النيتروجين والفسفور عن طريق التسميد بالري إلى أشجار الأجاص المزروعة بكثافة عالية (٦٠٦ شجرة/هكتار) حيث لم تلاحظ أي فائدة ملموسة على الغلة بحيث تبرر الكلفة لهذ المضافة مقارنة بإضافة السماد على شكل حزم خطية (Layne et al.,1996). ومن الجدير بالذكر فإن الملاحظات المسجلة على أشجار الأجاص في إسرائيل أشارت إلى أن التسميد بالري قد أعطى نضوجاً مبكراً في الثمار كما أن الأشجار قد حملت الثمار قبل سنة ونصف من الأشجار التي سمّدت تقليدياً. يبدو مما سبق أن التسميد بالري لم يظهر تأثيراً ايجابياً على أشجار التفاح والأجاص وأن بعض التأثيرات الإيجابية المضللة للتسميد بالري على أشجار التفاح والأجاص يرجع إلى حقيقة أن تلك التجارب قد أجريت بالأساس في مناطق ذات مناخات رطبة وفي مثل ظروف كهذه فإن أحد العناصر الأساسية للتسميد بالري وهو التحكم برطوبة التربة لم يتم التعامل معها.

لقد بينت تجارب التسميد بالري على أشجار البرتقال بأن التسميد بالري عن طريق المنقطات أعطى حجماً صغيراً من الترطيب للتربة مما أدى إلى تركيز عالي للعناصر الغذائية النباتية وبما يعادل نصف قوة محلول هوجلاند وعليه فقد أعطى أعلى غلة للمحصول. إن هذه المعاملة قد أنتجت نظام جذري محدود وكثيف وبأعداد كبيرة من الجذور المتناهية الصغر (Barvdo et al.,1992). من ناحية أخرى فإن التسميد بالري لأشجار البرتقال تزيد عند إضافة السماد نثراً بمقدار ٣ إلى ٨ طن/هك. وبينت قياسات أخرى أن التسميد بالري وفي ١٨ إضافة سمادية خلال السنة قد قلل من حمل النترات إلى الماء الجوفي مقارنة بإضافة السماد نثراً وفي ٣ إضافات سمادية وبنفس الكمية للنيتروجين ولكن بشكل سماد حبيبي (Alva et al.,1998) وتجدر الإشارة هنا إلى أن تأثير التسميد بالري على تقليل تلوث الماء الجوفي بالنترات قد تم ذكره من قبل (1995) Alva and Mozaffari.

تشير تجارب الجريب فروت أن عائد الأرباح من برامج التسميد بالري يمكن أن يساوي أو يزيد عن ذلك العائد من الإضافة التقليدية للسماد عن طريق النثر (Boman,1995). وفي دراسة مقارنة بين تأثير التسميد التقليدي بنثر المادة السمادية بشكل حبيبي في مناطق زراعة الجريب فروت مع برنامج مشترك من نثر جزء من السماد والجزء الآخر إضافته من خلال التسميد بالري. وتضمّن التسميد التقليدي نثر السماد ثلاث مرات خلال السنة بينما تضمّن البرنامج المشترك إضافة ٣٣٪ من الكمية السنوية من النيتروجين والبوتاسيوم في الربيع اما بقية الكمية فقد أضيفت من خلال التسميد بالري وعند فترة كل أسبوعين. لقد أكدت النتائج على أن البرنامج المشترك لإضافة السماد (نثر/تسميد بالري) قد زاد الغلة بحوالي ٨ إلى ٩٪ وحسّن أيضاً من كفاءة استعمال السماد (Boman,1996).

4 الفصل الرابع

الأسمـــدة

يتوفر في الأسواق عدد كبير ومدى واسع من الأسمدة الكيميائية الصلبة والسائلة وتعتمد ملائمة السماد للتسميد بالري على خواصه ومنها درجة ذوبانيته بالماء حيث أن الأسمدة الصلبة والذائبة كلياً بالماء في درجة الحرارة الإعتيادية والأسمدة السائلة تشكل محاليل ملائمة لإستخدامها في التسميد بالري. ومن مواصفات الأسمدة المستخدمة في التسميد بالري أن تكون متوافقة عند خلطها مع بعضها البعض وأن لا تترك رواسب بعد اذابتها بالماء وأن لا تتغير ذوبانيتها عند خلطها مع بعضها البعض. فعلى سبيل المثال عند خلط كبريتات الأمونيوم مع كلوريد البوتاسيوم فإن ما يتحكم في الذوبانية في هذه الحالة هو كبريتات البوتاسيوم والذي له أقل قابلية للذوبان في الخليط. من جهة أخرى فإن قابلية المحلول على إحداث التآكل ذو أهمية كبيرة حيث يمكن حدوث بعض التفاعلات الكيميائية بين المحاليل السمادية والمكونات المعدنية التي تشكل نظام الري فالأسمدة الحاوية على حوامض و/أو كلوريدات تكون أكثر قدرة على إحداث التآكل من غيرها. أيضاً ينبغي أن لا يتم خلط الأسمدة الخام والمحتوية على العناصر الغذائية النادرة المخلبية مع محاليل الأسمدة الأخرى فمثلاً ينبغي تحضير محاليل منفصلة من المخلبية ومن الحامضية لأن المحاليل المخلبية تؤدي إلى تكسير المحاليل الحامضية.

يجب الإشارة هنا إلى أهمية توافق الأسمدة مع مياه الري فقد تحوي بعض مياه الري على تراكيز عالية نسبياً من الأيونات الموجبة الثنائية (الكتأيونات) مثل الكالسيوم (Ca) والمغنيسيوم (Mg) حيث أن بعض المركبات الفوسفاتية قد تترسب بسهولة في مثل هذه المياه بينما البعض الآخر مثل الفوسفات المتعددة قد تحتفظ بذوبانيتها. إن ذوبانية الأسمدة بالماء تتغير بتغير درجة الحرارة كما مبين في جدول (٤-١) حيث أن هذه البيانات مأخوذة من دليل الكيمياء والفيزياء وبعضها مأخوذ من (Avidan et al., 1996) والبعض الآخر من (Wolf et al.,1985).

وعند تحضير المحاليل السمادية يجب الأخذ بعين الإعتبار اختلاف ذوبانية هذه المحاليل مع درجة الحرارة (جدول ٤-١) فالسماد قد يذوب كلياً في درجة حرارة الصيف لكنه قد يترسب عن المحلول في الشتاء (Salting out).

جدول (٤-١): ذوبانية المركبات السمادية (غم/ل) عند بعض درجات الحـــرارة

المركب	الرمز الكيميائي	٠°م	١٠°م	٢٠°م	٣٠°م
اليوريا	$CO(NH_2)_2$	٦٨٠	٨٥٠	١٠٦٠	١٣٣٠
نترات الأمونيوم	NH_4NO_3	١١٨٣	١٥٨٠	١٩٥٠	٢٤٢٠
كبريتات الأمونيوم	$(NH_4)_2SO_4$	٧٠٦	٧٣٠	٧٥٠	٧٨٠
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2$	١٠٢٠	١٢٤٠	١٢٩٤	١٦٢٠
نترات البوتاسيوم	KNO_3	١٣٠	٢١٠	٣٢٠	٤٦٠
كبريتات البوتاسيوم	K_2SO_4	٧٠	٩٠	١١٠	١٣٠
كلوريد البوتاسيوم	KCl	٢٨٠	٣١٠	٣٤٠	٣٧٠
فوسفات البوتاسيوم الثنائية	K_2HPO_4	١٣٢٨	١٤٨٨	١٦٠٠	١٧٩٠

فوسفات البوتاسيوم الأحادية	KH_2PO_4	١٤٢	١٧٨	٢٢٥	٢٧٤
فوسفات الأمونيوم الثنائية	$(NH_4)_2HPO_4$	٤٢٩	٦٢٨	٦٩٢	٧٤٨
فوسفات الأمونيوم الأحادية	$NH_4H_2PO_4$	٢٢٧	٢٩٥	٣٧٤	٤٦٤
كلوريد المغنيسيوم	$MgCl_2$	٥٢٨	٥٤٠	٥٤٦	٥٦٨
كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4$	٢٦٠	٣٠٨	٣٥٦	٤٠٥

إن المياه المستخدمة في الري تمتلك في تكوينها كمية من الأملاح حيث تكتسب هذه المياه بذلك ضغطاً تنافذياً (أسموزياً) أولياً والذي يمكن أن يزداد مع إضافة الأسمدة حيث تمثل أملاحاً إضافية في المحلول السمادي. وتواجد ضغط تنافذي عالي نسبياً في منطقة الجذور يكون حائلاً في الوصول إلى غلة عالية فعند الضغط التنافذي العالي تصرف النباتات طاقة أكبر لكي تمتص الماء والعناصر الغذائية وهذه الطاقة الإضافية تسبب زيادة في كلفة الإنتاج وعليه ينبغي أن لا تؤدي الأسمدة المستخدمة في تحضير محاليل التسميد بالري إلى زيادة كبيرة نسبياً في الضغط التنافذي وتعطي أقل زيادة ممكنة وعموماً لم يتم ذكر أو قياس الضغوط التنافذية سواء للمحاليل السمادية أو لمحاليل التسميد بالري وبدلاً من ذلك تم قياس التوصيل الكهربائي للمحاليل ومن ثم مقارنة الضغوط التنافذية لمحاليل الأسمدة المختلفة تبعاً لتوصيلها الكهربائي. إن العلاقة التي تربط بين التوصيل الكهربائي (EC) والضغط الأسموزي (OP) يمكن حسابها من المعادلة التالية:

$$OP=0.036\ EC \quad \text{(Richards,1954)}$$

وتشير درجة الحموضة لمحاليل التسميد بالري والمعبر عنها بشكل pH إلى ضرر التآكل إن كانت حامضية بينما قد تشير إلى خطورة تكوّن الرواسب إن كانت قلوية فعلى سبيل المثال قد يتكوّن راسب فوسفات الكالسيوم في المياه ذات القلوية الضعيفة.

ويمكن حساب التوصيل الكهربائي بوحدات (EC) دسي سيمنز/م ودرجة الحموضة (pH) للمحاليل السمادية من بيانات القوة الأيونية (IS) للمحلول والعلاقة بين EC و IS للمحلول هي:

$$IS = 0.013 \times EC \text{ (Griffin and Jurinakhards, 1973)}$$

أما حساب العلاقة بين IS و pH فمن خلال برنامج Geochem (Mattigod and Sposito, 1980). وحتى يمكن مقارنة خواص محاليل اليوريا مع المحاليل الأخرى فينبغي إجراء حسابات أخرى. إن اليوريا في المحلول لا تولد ملوحة (EC) لكنها تولد ضغطاً تنافذياً (وحدات ضغط جوي) لذا يمكن حساب OP من المعادلة التالية:

$$OP \times V = N \times R \times T$$

حيث أن N = عدد المولات المذابة في حجم V وقيمة R = ٠,٠٨٢ و T = درجة الحرارة المطلقة. وبعد إيجاد قيمة OP لمحلول اليوريا يمكن ايجاد قيمة ضغط المكافئة بإستخدام المعادلة المعطاة مسبقاً للعلاقة بين OP و EC.

والبيانات في جدول (٤-٢) محسوبة على أساس محلول (١٠ ملي مول/لتر) لبعض الأسمدة وتم تضمين تركيز العناصر الغذائية (Conc.) المحسوبة أيضاً بوحدات (ملجم/لتر).

جدول (٤-٢): التوصيل الكهربائي (EC) والحموضة (pH) وتركيز المغـذي (.Conc) في (١٠ ملي مول/لتر) لمحاليل الأسمدة

المركب	الرمز الكيميائي	المغذي	التركيز (ملجم/لتر)	الملوحة (EC) دسي سيمنز/م	درجة الحموضة (pH)
حامض النتريك	HNO_3	N	١٤٠	٠,٧	٢,٠
نترات الأمونيوم	NH_4NO_3	N	٢٨٠	٠,٧	٥,٥
نترات الكالسيوم	$Ca(NO_3)_2$	N	٢٨٠	٢,٠	٦,٩
الأمونيا السائلة	NH_4OH	N	١٤٠	٠,٧	٥,٥
كبريتات الأمونيوم	$(NH_4)_2SO_4$	N	٢٨٠	١,٤	٤,٥
اليوريا	$CO(NH_2)_2$	N	٢٨٠	٢,٧	٧,٠
فوسفات الأمونيوم الأحادية	$NH_4H_2PO_4$	N	١٤٠	٠,٤	٤,٧
		P	٣١٠	--	--
فوسفات الأمونيوم الثنائية	$(NH_4)_2HPO_4$	N	٢٨٠	٠,٦	٧,٨
		P	٣١٠	--	--
حامض الفسفوريك	H_3PO_4	P	٣١٠	٠,٤	٢,٣
فوسفات البوتاسيوم الثنائية	K_2HPO_4	P	٣١٠	١,٩	٩,٢
		K	٧٨٠	--	--
فوسفات البوتاسيوم الأحادية	KH_2PO_4	P	٣١٠	٠,٧	٤,٦
		K	٣٩٠	--	--
كلوريد البوتاسيوم	KCl	K	٣٩٠	٠,٧	٧,٠
نترات البوتاسيوم	KNO_3	N	١٤٠	٠,٧	٧,٠
		K	٣٩٠	--	--
كبريتات البوتاسيوم	K_2SO_4	K	٧٨٠	٠,٢	٧,٠
كلوريد المغنيسيوم	$MgCl_2$	Mg	٢٤٠	٢,٠	٦,٨
كبريتات المغنيسيوم	$MgSO_4$	Mg	٢٤٠	٢,٢	٦,٩

تشير البيانات في جدول (٤-٢) إلى ما يلي: (١) نترات الكالسيوم تولد ضغطاً تنافذياً في المحلول أعلى من نترات البوتاسيوم نسبة إلى كمية العنصر الغذائي المضاف (٢) إن فوسفات البوتاسيوم الثنائية تولد حموضة أعلى (pH) من فوسفات البوتاسيوم الأحادية (٣) إن حامض الفسفوريك يقلل من pH المحلول حتى في التراكيز المنخفضة نسبياً منه.

لقد إستخدمت كل من اليوريا وحامض الفسفوريك وكلوريد البوتاسيوم كمحاليل سمادية بدرجة حرارة ابتدائية للماء ١٠ م في تحضير أسمدة نقية من NP و PK و NPK بنسب من N و P_2O_5 و K_2O على الأقل ٩-١٠٪ وبأدنى عملية خلط للمادة السمادية مع الماء. لقد تبين بأنه لا يمكن الحصول على التراكيز العالية من العناصر الغذائية عند خلط كبريتات الأمونيوم وكلوريد البوتاسيوم بسبب تكوّن كبريتات البوتاسيوم وإذا كان لا بدّ من استخدام حامض الفسفوريك في هذه الخلطة فيجب أن يضاف أولاً حتى يمكن إستثمار الحرارة الموجبة للمحلول. إن محاليل N وP_2O_5 و K_2O النقية التي تتكون من صفر- صفر- ٨ و٩, ٤- صفر-٩, ٤ و١, ٣- صفر- ٣, ٦ والتي تم تحضيرها من خلط اليوريا وكلوريد البوتاسيوم وبأدنى عملية خلط كانت درجة الحموضة لها (pH) بعد عملية التخفيف تتراوح من ٥ إلى ٧. أما المحاليل النقية هذه والتي تم تحضيرها من حامض الفسفوريك الأبيض وكلوريد البوتاسيوم وبأدنى عملية خلط والتي تتكون من صفر-٣, ٦-٣, ٦ وصفر-٧, ٣-٧, ٤ وصفر-٢, ٣-٦, ٩ وصفر-٤, ٧-٧, ٣ و٦, ٣-٦, ٣ و٧, ٢-٧, ٢-١, ٨ و٧, ٤-٥, ٤-٧, ٢ و٥, ٢-١, ٥-١, ١٠ و٤, ٧-٥, ٢-٥, ٢ و١, ٥-٧, ١-١, ٥ فكانت درجة الحموضة لها بعد التخفيف تتراوح من ٣ إلى ٤. لا بدّ من الإشارة إلى أن الماء المستعمل في تحضير المحاليل السابقة له تأثير طفيف على قيمة pH النهائية (Lupin et al.,1996).

ويمكن تحضير محاليل الأسمدة في الحقل لغرض إستخدامها في التسميد بالري كمحاليل خام من عدد كبير من الأسمدة حيث يتم حقن هذه الأسمدة في مياه الري بكميات ونسب حسب متطلبات المحصول، وهذه الطريقة لتحضير محاليل التسميد بالري يمكن أن تكون لها فوائد فيما يتعلق بتقليل الكلفة ولكن أيضاً تحتاج إلى مهارة ومعرفة في تحضير المحلول إذ ينبغي أن تكون فيه العناصر الغذائية للنبات بكميات مناسبة وبدون أن تؤدي إلى تكوين رواسب وتكون درجة حموضتها (pH) والتوصيل الكهربائي (EC) ملائمة. إن جداول (٤-١ و ٤-٢) قد تساعد في تحضير محاليل التسميد بالري.

ومن الجدير بالذكر أن مصانع الأسمدة طرحت عدد كبير ومنوّع من الأسمدة السائلة والمصنّعة لإستخدامها مع التسميد بالري حيث تتوفر هذه الأسمدة السائلة بحيث تحوي مديات من مكونات الغذاء النباتي وقيم لحموضة التربة (pH) وقيم للملوحة (EC) لكي تلائم متطلبات معظم المحاصيل وأوساط النمو ويعطي جدول (٤-٣) قائمة بخواص بعض الأسمدة السائلة التجارية والتي تحتوي على كل من العناصر الغذائية الرئيسية والثانوية. إن البيانات هذه مستقاة من كتالوجات لشركات الأسمدة الإسرائيلية ومنها الأسمدة والكيمائيات المحدودة وكيمائيات حيفا المحدودة ودوشن جات المحدودة مع العلم أن هنالك صناعات سمادية عالمية تصنّع وتقدّم نتاجات مشابهة لما ذكر في الجدول أو مختلفة عنه. يتبين من جدول (٤-٣) أنه بالإمكان إجراء تغييرات في مكونات ونسب المركبات المستخدمة في المحاليل بحيث يتم تحضير خلطات منوعة من الأسمدة. ومن أجل تصحيح النقص في بعض العناصر مثل Mg و Ca فإن هنالك محاليل مثل HNO_3 و $Ca(NO_3)_2$ و $Mg(NO_3)_2$ متوفرة في الأسواق وتحتوي على ٥ جم N/لتر و٣ جم Ca/لتر و١جم Mg/لتر بالإضافة إلى توفر محاليل حاوية على ٧ جم بورون (B) لكل لتر.

جدول (٤-٣): خواص بعض الأسمدة السائلة التجارية الحاوية على كل من المغذيات الرئيسية والثانوية

المركبات	K-P-N	EC النسبية	pH	درجة الحموضة	وزن
اليوريا، NH_4NO_3, H_3PO_4	٨-١٦-صفر	١,١	٠,٤	١١	١,٢٣
اليوريا، NH_4NO_3, H_3PO_4, KCl	٨-٨-٨	١,٠	٠,٦	١٤	١,٢٥
اليوريا، NH_4NO_3, KCl	١٥-صفر-٥	٠,٧	٧,٥	٦	١,٢٠
اليوريا، NH_4NO_3, H_3PO_4, KCl	٦-٦-١٢	١,٠	١,٠	١١	١,٢٤
NH_4NO_3, H_3PO_4	١٤-١٤-صفر	١,٧	٠,١	٢	١,٣٤
NH_4NO_3, H_3PO_4, KCl	٨-٤-٨	١,١	٠,٤	١٥	١,٢٣
$(NH_4)_2SO_4, NH_4NO_3, H_3PO_4, KCl$	٤-٢-٨	١,٠	١,٨	صفر	١,٢٢
$NH_4NO_3, H_3PO_4, KNO_3, KH_2PO_4$	٦-٦-٨	٠,٩	٠,٧	٩	١,٢٧
$NH_4NO_3, H_3PO_4, KNO_3, KH_2PO_4$	٦-٣-٦	٠,٦	٠,٧	٦	١,١٩

محاليل عناصر غذائية- صغرى اختيارية إضافيـــة

العنصر الغذائي الثانوي	جم/لتر	جم/لتر	جم/لتر
Fe-EDTA مخلبي	١٢,٢	٥,٥٠	٤٠,٥
Mn-EDTA مخلبي	٥,٢	٢,٧٠	٢٠,٢
Zn-EDTA مخلبي	١,٧٥	١,٣٥	١٠,١
Cu-EDTA مخلبي	٠,٥٤	٠,٢٠	١,٥
Mo	٠,٢٤	٠,١٥	١,١
B	٢,٠	--	--
PH	٩,٢	٨,٥	٧,٥
درجة حرارة	--	٢	٢
وزن	١,١	١,١	١,٣٥

تفاعلات المركبات السمادية في مياه الري

تتباين مياه الري في محتواها وتركيزها من الأملاح الذائبة وفي قيم pH و EC لذا يجب عند اختيارنا للأسمدة لإستخدامها في التسميد بالري أن نأخذ بالإعتبار نوعية مياه الري.

فالأمونيا السائلة ($H_2O.NH_3$) هي احدى محاليل N الشائعة والتي تستخدم في التسميد بالري وحقن محلول NH_3 في نظام الري قد تسبب انسداداً في النظام نتيجة لإرتفاع قيمة pH الماء وفي مياه غنية بالأيونات الموجبة الشائية Ca و Mg وبأيون البايكربونات السالب (HCO_3) فإن ارتفاع قيمة فك فيها يمكن أن يؤدي إلى انسداد منقطات المياه وأيضاً المرشحات. إن كمية الراسب الذي يتكون تعتمد على كل من تركيز NH_3 المحقون وتركيز ومحتوى الأملاح في الماء إذ يمكن للمياه التي يكون فيها الـ EC = ٠,٢ دسي سيمنز/م وتحوي من Mg+Ca على ١٠ ملجم/لتر أن تستخدم بدون ظهور راسب حتى عندما يصل تركيزNH_3 في هذه المياه إلى ٣٠ ملجم/لتر. أما المياه ذات التراكيز الملحية الأعلى والتي يكون فيها الـ EC = ٠,٨ دسي سيمنز/م وتحوي من Ca و Mg على ٣٠ ملجم/لتر استخدامها دون ظهور راسب بتراكيز من NH_3 في هذه المياه تكون أقل من ١جم/لتر فقط.

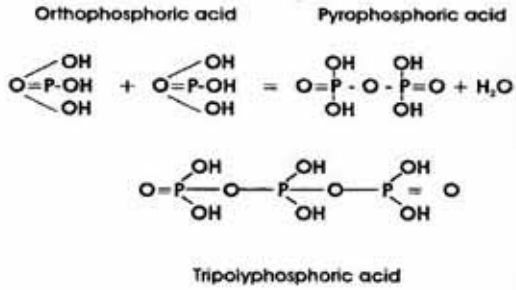
وعلى ضوء ما تقدم يمكن استخدام بيانات مثل هذه في اعطاء توصيات حول التسميد بالري ومثال على ذلك امكانية منع تكون الرواسب في نوعية المياه المتوفرة في المناطق الجافة ولنفترض أن المياه ذات ضغط= ٢,٥ دسي سيمنز/م وتركيز Mg+Ca فيها = ٢٠٠ ملجم/لتر فالتوصية هي أن يتجاوز تركيز NH_3 المحقون في مياه الري عن ٠,٢٥ جم/لتر (Whiting, 1975).

إن التراكيز العالية من كبريتات الأمونيوم ($(NH_4)_2SO_4$) قد يجعل من الماء ذات حموضة خفيفة. وعند التراكيز العالية جداً فإن ايون الكبريتات السالب (SO_4-2) قد يرتبط مع (Ca^{+2}) في الماء، وبذلك تترسب كبريتات الكالسيوم ($CaSO_4$). أما المصادر الأخرى من N مثل اليوريا ونترات الأمونيوم (NH_4NO_3) فهي لا تميل للتفاعل مع الأملاح المذابة في مياه الري وإضافتها لا يفرض أي خطورة.

إن الأسمدة الحاوية على الفوسفات والمستخدمة في التسميد بالري قد تتفاعل بطرق مختلفة مع الأملاح المذابة في مياه الري. فأحد المصادر الشائعة للفوسفات هو حامض الفوسفوريك أو بكلمة أدق حامض الأورثوفوسفوريك (H_3PO_4) وهذا نسبياً حامض قوي ويخفض من قيمة فك لمياه الري، وبذلك سوف يسبب تحلل بعض الأملاح

المترسبة وبالتالي سيعمل كمادة منظفة أو مانعة للإنسداد في النظام واستخدمت أيضاً فوسفات الأمونيوم الأحادية ($NH_4H_2PO_4$) وهو ملح لحامض الأورثوفوسفوريك في عدة خلطات في التسميد بالري. وفوق تركيز معين من كل من الأيون السالب للفوسفات والأيونات الموجبة الثنائية مثل Ca^{+2} سوف تتكون رواسب مثل فوسفات الكالسيوم- الثنائية ($CaHPO_4$) أو فوسفات الكالسيوم-الثلاثية . $[Ca(PO_4)_2]$ من المحلول وتسبب انسداداً حيث من الصعوبة التنبؤ بالتركيز الحرج للفوسفات المضافة إلى مياه الري لأنها تعتمد بالإضافة إلى تركيز Ca و Mg على تواجد وتركيز الأيونات الأخرى و فك المحلول. على سبيل المثال ينتج راسب في ماء الري الحاوي على ٢٠٠ ملجم Ca/لتر عند إضافة فوسفات الأمونيوم للحصول على تركيز لـ P أعلى من ٠,٥ ٧٪ (Duis and Burman, 1969).

وتستخدم البولي فوسفات (الفوسفات المتعددة) في بعض الخلطات كمصدر لـ P خصوصاً إذا كان هنالك خطر تكوّن لرواسب عند استخدام الأورثوفوسفات وحوامض البولي فوسفات هي بوليمرات من حامض الأورثوفوسفوريك وتركيب هذه الحوامض والتمثيل التخطيطي للبلمرة معطاة في شكل (٤-١) فجزئية حامض البايروفوسفوريك تشكلت من جزئيتين لحامض الأورثوفوسفوريك بإستبعاد جزئية ماء واحدة وبعملية مماثلة فإن إضافة جزئية أورثوفوسفوريك أخرى إلى جزئية حامض البايروفوسفوريك يتشكل حامض البوليفوسفوريك الثلاثي وقد تتبلمر سلسلة طويلة وعليه فإن أسمدة البولي فوسفات تحوي غالباً خليط من مركبات ذات سلاسل مختلفة الطول.



شكل (٤-١) تركيب بعض الأحماض الفوسفورية

إن تفاعلات هذه الحوامض مع الأيونات الموجبة قد يشكل أملاحاً مثل بولي فوسفات الأمونيوم المستخدمة في خلطات الأسمدة. إن الخاصية الملائمة للبولي فوسفات هي قابليتها على حجز الأيونات الموجبة. فإضافة ما يكفي من البولي فوسفات إلى مياه ذات وفرة من Ca ينتج فوسفات كالسيوم ذائبة- بالماء مما يمنع تكوين أي رواسب وحقن كميات قليلة من محلول البولي فوسفات في ماء غني بالكالسيوم Ca قد يرسب فوسفات الكالسيوم ذات الذوبانية الواطئة بالماء ولكن بزيادة كمية البولي فوسفات سوف يذيب الراسب ويمنع تكوين رواسب جديدة. أخذت أمثلة كميّة لأسمدة بتركيبات (١١-٣٧-صفر) من (Duis and Burman, 1969 ; Noy and Yoles 1979) وكما يلي:

- لن يتشكل أي راسب بحقن أي كمية من بولي فوسفات الأمونيوم في مياه ري حاوية على ١٠٠ ملجم Ca/لتر
- في مياه حاوية على ٢٠٠ ملجم Ca/لتر إذا حقن محلول بولي فوسفات بتخفيف ١:٣٠٠ سوف يتكوّن راسب لكن الأمر ليس كذلك إذا كانت النسبة ١:٢٠٠
- في مياه تحوي ٥٠٠ ملجم Ca/لتر فإن تخفيف ١:١٠٠ يكوّن رواسب ولكن تخفيف ١:٥٠ لا يكوّن رواسب

إن النتائج المنشورة والتي تحدد التركيز الأدنى المطلوب لمنع الترسيب ذات فروق بسيطة عن هذه ومن المحتمل أن تكون الفروقات مرتبطة بالنسب المختلفة لطول سلسلة البولي فوسفات في السماد المستخدم وعملياً ينبغي اختبار كمية البولي فوسفات المستخدمة في كل دفعة لإستنباط النسبة الحرجة.

إن ذوبانية أملاح البوتاسيوم (K) بالماء عند درجات حرارة الهواء العادية هي التي تحدد في معظم الحالات امكانية حقن التراكيز العالية لهذه الأملاح بماء الري حيث تبين البيانات في جدول (٤-١) أنه عند ق٢٠ م يعطي KCl ذوبانية تصل إلى ٣٤٪ وKNO_3 تصل إلى ٣٢٪ وفوسفات البوتاسيوم-الأحادية(KH_2PO_4) تصل إلى ٣٠٪ وفوسفات البوتاسيوم-الثنائية (K_2HPO_4) بذوبانية أعلى من ذلك ومن ناحية أخرى فإن K_2SO_4 لها ذوبانية أقل بالماء وتصل إلى ١١٪ فقط عند ق٢٠ م. إضافة لذلك في مياه غنية بالأيونات الموجبة الثنائية خصوصاً Ca فإن $CaCO_3$ ذات الذوبانية الواطئة نسبياً بالماء يمكن أن تترسب.

اختبر Elam et al (1995) كل من KNO_3 ، K_2SO_4 ، KCl لإستخدامها في التسميد بالري والذي يشترط فيها الذوبان السريع والتركيز العالي ولقد تبين أن KCl هو الأكثر ذوبانية ولحدّ ٢٥ ° م وكان تركيز K في المحلول أعلى مما هو في درجات الحرارة الواطئة وإن ذوبانية KNO_3 قد زادت بإضطراد مع درجة الحرارة بينما K_2SO_4 هو الأقل ذوبانية. أما بالنسبة للمحاصيل غير الحساسة للكلوريد أو تحت ظروف الغسل فقد كان KCl هو السماد الأكثر ملائمة للتسميد بالري بسبب كون تحلله هو الأسرع ومحتواه من K هو الأعلى وحساسيته لتغيّر درجة الحرارة الأقل، وكان الأرخص ثمناً من بين الأسمدة الثلاثية المختبرة.

إن العناصر الغذائية-الصغرى والتي غالباً ما تستخدم بشكل مخلبي قد تحقن في مياه الري مع العناصر الغذائية الكبرى (جدول ٤-٣) إذ أن معظم العناصر الغذائية-الصغرى بصورتها المخلبية لا تكوّن رواسب.

إن العناصر الغذائية النباتية المضافة بأشكال مذابة من خلال عملية التسميد بالري يمكن أن تنتقل وتتفاعل في التربة وفي أوساط النمو الأخرى.

واليوريا (NH_2CONH_2) هي جزئية عضوية بسيطة وليست ملحاً وهي تتواجد في عدد من الخلطات السمادية (جدول ٤-٣). يجب الإنتباه للتأكد من أن اليوريا لا تحوي أكثر من ٠,٢٥٪ بيوريت ($NH_2\ CO\ NH\ CO\ NH_2$) لأنه يعتبر سام للنباتات.

تتميز اليوريا بذوبانية عالية تصل إلى ١ كجم/لتر من الماء تحت الظروف الطبيعية وللأغراض العملية فليس هنالك حدود لتركيز اليوريا في مياه الري وهي تنتقل مع الماء خلال التربة أو الوسط الغذائي حتى تتحلل مائياً بالأنزيم المتواجد (يوريز) لتكوين كاربونات الأمونيوم:

$$CO(NH_2)_2 + H_2O = (NO_4)CO_3$$

$$(NH_4)_2CO_3 = 2NH_3 + CO_2 + H2O$$

إن الأمونيا (NH_3) قد تمدص على أسطح التربة والوسط الغذائي أو تذوب بالماء كأيون أمونيوم موجب ($+NH_4^+$) والذي يمدص على مواقع التبادل الكتأيوني للتربة (CE) وفي الظروف القلوية فإن بعضاً من NH_3 قد يفقد بواسطة التطاير.

يستغرق الوقت اللازم لعملية التحلل المائي لنصف كمية اليوريا المضافة من عدة ساعات إلى عدة أيام (Balwinder-Singhet al.,1996) حيث تؤثر درجة الحرارة و pH الوسط على معدل تحلل اليوريا ومن درجة حرارة ٥ إلى ٤٥ °م يتضاعف المعدل كل ١٠ °م زيادة في درجة الحرارة (Moyo et al.,1989) وكان أعلى ما يمكن عند pH = ٦.٥ تقريباً (Cabreraet al.,1991). ويميل معدل التحلل المائي إلى الإنخفاض بزيادة المحتوى من كاربونات الكالسيوم والملوحة والقلوية بينما يميل إلى الإرتفاع بزيادة الطين ومحتوى المادة العضوية في وسط النمو.

الأشكال الأخرى للأسمدة النايتروجينية المستخدمة في التسميد بالري هي أملاح الأمونيوم (NH_4) والنترات (NO_3) فأملاح الأمونيوم سوف تبقى في المحلول في أوساط النمو والترب خشنة النسجة أما في الترب الحاوية على الطين فسوف يمدص جزء من NH_4 على مواقع التبادل الكتأيوني وبعضها قد يثبت ضمن الصفائح البلورية للطين حيث أن الأمونيوم في كل من المحلول والممدص يكون ميسراً للنبات والأحياء الدقيقة. وتحت الظروف البيئية الطبيعية فإن NH_4 يتأكسد إلى NO_3 بواسطة الأحياء الدقيقة وإن معدل النترجة هذا يعتمد على الظروف البيئية وقد يستغرق من عدة أيام إلى عدة أسابيع لنصف كمية NH_4 الأولي لكي تتم عملية النترجة. إن البكتيريا ذات التغذية الذاتية (الأوتوتروفية) بتكوينها النتريت (NO_2) أولاً وبعد ذلك NO_3 تكتمل عملية النترجة وتنتج هذه العملية تحرير طاقة والتفاعلات التي تحدث يمكن وصفها بالمعادلات التالية:

$$2NH_4^+ + 3O_2 = 4H^+ + 2H_2O + 2NO_2^-$$
$$2NO_2^- + O_2 = 2NO_3^-$$

يتضح من المعادلات أعلاه أن الأكسجين ضروري للتفاعل وأن أيونات H+ المتحررة من التفاعل تجعل المنطقة حامضية حول موقع عملية النترجة وإلى ذلك فإن إضافة أملاح الأمونيوم أو اليوريا قد يكون لها تأثيراً حامضياً في وسط النمو وإن وجود كاربونات الكالسيوم ($CaCO_3$) في التربة أو الوسط سيعادل الحموضة بيسر وسهولة.

وتؤثر نسجة التربة على معدل النترجة بسبب كونها تحدد درجة التهوية والسعة الدارئة (Buffer capacity) ففي تجربة على أشجار التفاح المزروعة في تربة مزيجة رملية حصوية ومسمّدة بالري بأسمدة أمونيوم بدأ تحميض التربة خلال سنة واحدة وفي منطقة تمتد ٦٠سم عمودياً وأفقياً من مصدر المنقط والحموضة كانت أكثر شدة عند ٢٠-٣٠سم مباشرة أسفل المنقط والتي انخفض فيها pH التربة من ٥.٨ إلى ٤.٥ بعد سنة واحدة وإلى ٣.٧ بعد ثلاث سنوات للتسميد بالري وأيضاً لوحظت ازاحة سريعة لـ K (Parchomchuk et al .,1993).

إن الإختلاف في معدل النترجة بين الترب الخشنة والناعمة (الطينية) النسجة مرتبطة أيضاً بالمحتوى المائي للتربة أو وسط النمو وإذا مثلت الرطوبة بالشدّ فإن الرطوبة والتهوية المثلى يكونان عند مدى ٠.١ إلى ١.٠ بار وعند شدّ ٠.٠١ بار تقريباً فإن الوسط يكون مشبعاً بالماء وبدون وجود هواء تتوقف عملية النترجة لأن البكتيريا تحتاج إلى الأكسجين وفي نفس السياق فالنترجة ستتوقف عند شدّ فوق ١٥ بار بسبب نقص الماء للأحياء الدقيقة.

تم نشر بعض المؤشرات الكمية لتأثير فك على معدل نترجة NH_4 من قبل (Kuldip-Singh (1996 وفي تجربة تحضين في تربة يمتلئ الحيز المسامي لها وبمحتوى رطوبي ٦٠٪ كان أعلى معدل للنترجة عند pH = ٧.٤ (٧ ملجم N/كجم تربة باليوم) وكان متوسطاً (٣ ملجم/كجم) عند pH = ٩.٤ والأدنى (١ ملجم N/كجم) عند pH = ٤.٨ وعموماً فالمدى المثالي للنشاط النترجي يكون بين pH = ٦.٨ إلى pH = ٨.٤. وفي pH أقل من ٤.٠ وفوق ٩.٥ تتوقف عملية النترجة.

إن مصدر NH_4 والناتج من إضافة السماد له تأثير على pH وفي دراسة حول عملية النترجة فقد أضيف الأمونيوم بشكل كبريتات الأمونيوم وفوسفات الأمونيوم-الثنائية واليوريا إلى تربة متوسطة الحموضة وضعيفة في سعتها الدارئة لـ فك. لقد وجد بأن النترجة تتغير مع قلوية المصدر النيتروجيني وكان أعلى معدل للنترجة تم الحصول عليه مع اليوريا وأقل قليلاً مع فوسفات الأمونيوم-الثنائية والأدنى مع كبريتات الأمونيوم (McInnes & Fillery,1989).

وفي تجربة حقلية درست حركة وانتقال كبريتات الأمونيوم والأمونيا ونترات الكالسيوم في حجم مبتل من التربة أسفل فوهة منقط (Haynes 1990) وتم التحرّي أيضاً عن التأثيرات التي قد تحدث على pH التربة. لقد تبين بعد دورة تسميد بالري (معدل المنقط ٢ل/ساعة) بأن الأمونيوم المضاف كان متركزاً في ١٠سم للتربة أسفل المنقط مباشرة مع حدوث حركة جانبية طفيفة. وبخلاف ذلك وبسبب حركتها السريعة في التربة فإن اليوريا والنترات المسمدتان مع مياه الري كانتا أكثر تجانساً بالتوزيع أسفل مقد التربة تحت المنقط وتحركتا أفقياً في المقد (قطاع التربة) ولحدّ نصف قطر ١٥سم من المنقط. إن تحويل N-المضاف إلى نترات كان أسرع في اليوريا منه في كبريتات الأمونيوم، مما يشير إلى أن تراكم كميات كبيرة من الأمونيوم أسفل المنقط في معاملة كبريتات الأمونيوم قد أعاقت عملية النترجة. إن نترجة NH_4 في كل من كبريتات الأمونيوم واليوريا اكسبت حجم التربة المبتل حموضة حيث كانت الحموضة محصورة عند عمق ٢٠سم من السطح في كبريتات الأمونيوم ولكن في اليوريا كانت إلى عمق ٤٠سم.

تعتبر النترات هي صيغة N- السائدة في أوساط النمو بغض النظر فيما إذا كان السماد المستخدم هو اليوريا أو ملح أمونيوم أو ملح نترات حيث تنتقل النترات مع مياه الري خلال التربة أو وسط النمو لأنها لا تتفاعل مع مكونات التربة. في نظام التسميد بالري يمكن السيطرة على حركة الماء و بالتالي NO_3 بصورة جيدة وعليه يمكن تقليل الغسل أسفل المنطقة التي تكون فيها الجذور فعالة. وفي ضوء ذلك فإن الغسل وبالتالي فقد NO_3 أسفل عمق الجذور يكون حتمياً (لا يمكن تجنبه) بسبب ضرورة إضافة مياه أكثر من المطلوب لتأمين سعة قصوى لمسك الماء بالوسط. ومن الجدير بالذكر أن الماء الإضافي يكون مطلوباً لإزالة الأملاح الزائدة والتي يمكن أن تتراكم في الوسط وبالمقارنة مع طرق الري والتسميد الأخرى فإن التسميد بالري يقلل من حركة NO_3 أسفل عمق الجذور وبذلك سوف يقلل تلوث المياه بدرجة كبيرة.

إن فاقد NO_3 من وسط النمو قد يكون مسبباً بواسطة عملية عكس النترجة وهي العملية المايكروبية التي يختزل فيها NO_3 إلى أوكسيد النتروز (N_2O) وانتهاءً بغاز النيتروجين (N_2). وأما الظروف الضرورية لحصول عملية عكس النترجة فهي نقص الأوكسجين الحرّ وتوفر المادة العضوية كمصدر طاقة للأحياء المجهرية المسؤولة عن عملية عكس النترجة وفي مثل هذه الظروف تستمدّ أصناف من الأحياء المجهرية طاقتها من استخدام الأوكسجين في NO_3 لأكسدة الجزيئات العضوية. إن عملية عكس النترجة تمرّ بعدد من المراحل وإن التفاعل الكامل وبإستخدام الجلوكوز كمصدر طاقة عضوي وانتهاءً بالنيترويجن الغازي يمكن كتابته كما يلي:

$$5C_6PH_{12}O_6 + 24NO_3^- = 6CO_2 + 24HCO_3^- + 18H_2O + 12N_2$$

إن معدل عملية عكس النترجة قد يكون سريعاً نسبياً وفي ظروف مثالية قد تكتمل تلك العملية في خلال ١-٤ أيام وكما هو في أي عملية مايكروبية تعتمد عكس النترجة على درجة الحرارة فهي لا تحدث في درجات الحرارة المتطرفة مثل صفر °م و ٧٠ °م ولكن ضمن مدى درجات حرارة التربة الإعتيادية فإن المعدل يتضاعف لكل ١٠ °م زيادة في درجة الحرارة.

ينبغي أن تكون الأسمدة الفوسفاتية المستخدمة في التسميد بالري مركبات ذائبة تماماً بالماء والأسمدة الفوسفاتية التقليدية مثل السوبرفوسفات والتي هي بالضرورة فوسفات الكالسيوم-الأحادية .$[Ca(H_2PO_4)_2{*}H_2O]$ مع أنها ذائبة بالماء، إلا أنها غير ملائمة للتسميد بالري بسبب تحللها غير المرغوب فيه وهذا يعني أنه بعملية التحلل تتكوّن مركبات جديدة مثل فوسفات الكالسيوم-الثنائية ($CaHPO_4$) والتي لها ذوبانية واطئة بالماء ومسببة في انسداد المنقطات. وقد يمكن وصف التحلل غير المرغوب فيه كما يلي:

$$Ca(H_2PO_4)_2 * H_2O = CaHPO_4 + H_3PO_4 + H_2O$$

وفي الظروف البيئية الإعتيادية تكون فوسفات الأمونيوم والبوتاسيوم وحامض الفسفوريك (انظر جدول ١) ذائبة كلياً بالماء، وهي مصادر جيدة لكل من N و K إضافة إلى P بالرغم من أنه في حالات معينة قد تتفاعل هذه الأملاح مع الكتأيونات الثنائية والثلاثية الشحنة لتكوّن مركبات ذات ذوبانية أقل. إن فوسفات الأمونيوم والبوتاسيوم تمتلك فك أعلى من حامض الفسفوريك في المحلول مما يؤدي إلى جعل تفاعلها مع التربة أقل وهذا يؤدي إلى زيادة في حجم التربة الغنية بالفوسفات.

بينت التجارب على الخيار والشمام عند زراعتها في حاويات وفي وسط بدون تربة أن فوسفات البوتاسيوم الأحادية (MKP) كانت فعالة جداً كمصدر لكل من P و K (Nerson et al 1997) وكانت كفاءة (MKP) مساوية لتلك في توليفة من حامض الفسفوريك (H_3PO_4) و KCl وعليه فقد استنتج الباحثون بأن استخدام (MKP) هو الأفضل لأنه أكثر أماناً في الإستخدام من H_3PO_4.

إن أسمدة البولي فوسفات بعد أن تلامس التربة أو أوساط النمو فإنها تتحلل مائياً بتفاعل أنزيمي والتفاعل معقد بعض الشيء لأن محلول بولي فوسفات الأمونيوم يحتوي أصناف عديدة من الأورثوفوسفات والبايروفوسفات والبولي فوسفات الثلاثية وبوليمرات أعلى. إن الناتج النهائي لتحلل البولي فوسفات هو الأورثوفوسفات وكمثال تخطيطي يكون تحلل حامض البولي فوسفات الثلاثية كما يلي:

$$H_5P_3O_{10} + 2H_2O = 3H_3PO_4$$

إن درجة حرارة وسط النمو والرطوبة و pH وعوامل أخرى تؤثر في معدل التحلل وهو سريع نسبياً ويكتمل خلال عدة ساعات إلى عدة أيام.

تختلف تفاعلات البوتاسيوم في أوساط النمو والترب خشنة النسجة عن تلك في الترب الحاوية على الطين فالأسمدة البوتاسية المستخدمة في التسميد بالري تكون ذائبة بسهولة ويبقى لـ كأيون بشحنة موجبة في أوساط النمو غير الفعالة والترب الرملية ولكن عند احتواء التربة على الطين فإن معظم البوتاسيوم المضاف كسماد ذائب تحتفظ به الترب بشكل K متبادل وغير متبادل ومثبت وعادة يكون K المتبادل متيسراً للنباتات. إن كل من K المتبادل والثابت تحتفظ بهما التربة بشكل أيون ذو شحنة موجبة وممسوك بواسطة شحنات سالبة على أسطح أو في داخل صفائح الطين. بالتعريف فإن K المتبادل هو ذلك الجزء من K الذي يتبادل مع الأيونات الموجبة الأخرى عند استخدام مثل هذه الأيونات الموجبة بكميات إضافية لغسل التربة وبإمتصاص جذور النباتات لـ لـ من محلول التربة فإنها تعوّض أولاً بواسطة K المتبادل، وهذا بالتالي يمكن أن يعوّض بواسطة K المثبت.

وغالباً ما يتواجد الكالسيوم بشكل Ca^{+2} بكميات كافية وفي بعض الأحيان بكميات كبيرة في مياه الري والترب وخاصة في المناطق التي تستخدم أنظمة التسميد بالري وعليه في بعض الحالات لا تكن هنالك حاجة لإضافة Ca.

إن أيون المغنيسيوم الثنائي الشحنة (Mg^{+2}) لا يتواجد غالباً في مياه الري والتربة كما هو Ca^{+2} وفي التربة يوجد Mg الجاهز للنبات في محلول التربة وبشكل كتأيون متبادل. لذلك قد يحدث نقص المغنيسيوم في الترب الرملية وأوساط النمو بسبب انخفاض ضظضه لها فالزراعة الكثيفة في مثل هذه الظروف قد يؤدي إلى استنزاف Mg الجاهز للنبات خلال فترة قصيرة وفي الترب الطينية فإن عدم التوازن بين Mg و Ca و K الجاهزة للنبات قد يسبب نقصاً في Mg فعلى سبيل المثال إضافة معدل عالي جداً من لـ قد يسبب نقص Mg إذا توفرت كمية قليلة فقط من Mg المتبادل وفي حالة وجود النقص قد تضاف أملاح Mg في التسميد بالري (جدول ٤-١ و ٤-٢).

يمكن إضافة الكبريت (S) كسماد لوحده في التسميد بالري عندما يكون مطلوباً كعنصر غذائي للنبات ففي بعض الخلطات يكون S مشتركاً كأيون مرافق مثل كبريتات المغنيسيوم وكبريتات الأمونيوم. فإذا كان هنالك احتمال وجود نقص في S بسبب طبيعة أوساط النمو مثل الترب الرملية فقد تضاف الأسمدة الحاوية كبريتات في محلول التسميد بالري ومن الجدير بالذكر أنه في معظم الترب الجافة وشبه الجافة يكون نقص S متوقعاً. إن أيون الكبريتات (SO_4^{2-}) هو الصيغة الجاهزة للنبات وبعضاً من S يتحرر إلى صيغة جاهزة للنبات بعملية معدنة المادة العضوية. من جانب آخر فإن الكبريتات التي لا تمدص بواسطة جذور النباتات ولا تغسل ربما تدمج في أشكال عضوية بواسطة الأحياء الدقيقة.

إن العناصر الغذائية الصغرى الكتأيونية مثل الحديد (Fe) والزنك (Zn) والنحاس (Cu) والمنغنيز (Mn) غالباً ما تضاف بالصيغة المخلبية في التسميد بالري والمواد المخلبية هي مركبات عضوية مصنعة والتي تحوي على الكتأيون بصيغة معقدة تحميه من التفاعل مع مكونات موجودة في الماء والتربة. ويمكن لجذور النباتات أن تمتص المواد المخلبية الذائبة وبذلك فإن أي تفاعل غير مرغوب فيه يمكن استبعاده. وقد يضاف البورون (B) والمولبدونم (Mo) في حالة نقصهما كأملاح ذائبة وبكميات قليلة جداً حتى تبقى جاهزة للنباتات.

توزيع العنصر الغذائي المضاف في التسميد بالري في الترب وأوساط النمو

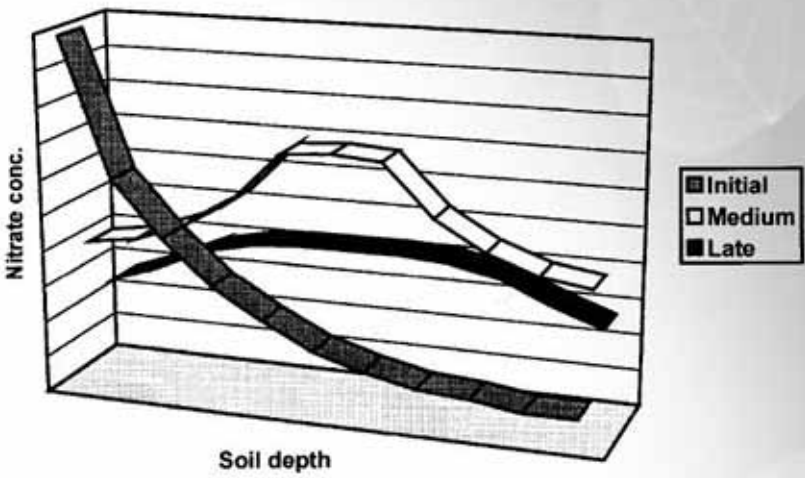
يكون توزيع العنصر الغذائي في ترب وأوساط نمو مسمّدة بالري عموماً بدلالة حركة الماء المضاف وخواص التربة أو أوساط النمو. إن أملاح العناصر الغذائية الذائبة تتحرك مع الماء المضاف إلا في حالة حصول تفاعلات مع مكونات التربة أو وسط النمو فعلى سبيل المثال قد تترسب الفوسفات بوجود Ca و Fe أو Al في محلول التربة، بينما قد تحتجز أيونات K و Mg و NH4 على مواقع التبادل الكتأيوني CE في التربة. وعليه قد تمنع هذه التفاعلات حركة العناصر الغذائية بالماء في الترب ومن جانب آخر فليس هنالك تفاعلات أو امدصاص في النترات أو في بعض أصناف الفوسفات مثل البولي فوسفات يمكن توقعها.

إن حركة الماء بما يحتويه من NO_3 وبعض الأملاح الذائبة الأخرى تختلف في الترب ناعمة النسجة بالمقارنة مع الترب خشنة النسجة وأوساط النمو الخامدة والتي تعتمد فيها الحركة على خواص وسط النمو ففي وسط نمو ذو دقائق خشنة بحجم متجانس ومتراصفة أو في تربة رملية خشنة حيث المسامات التي يتحرك الماء من خلالها وفيه NO_3 كبيرة ومتجانسة ومستمرّة يكون جريان الماء والعناصر الغذائية المذابة معه متساوي وبدون وجود إعاقة وهذا يطلق عليه الجريان المكبسي حيث يوصف تدفق NO_3 بمعادلة بسيطة.

$$q_N = q_w \cdot C_N$$

حيث أن تدفق (q_N) NO_3 يكون بدلالة تدفق الماء (q_w) وتركيز NO_3 في ذلك الماء (C_N).

وفي تربة ناعمة النسجة ذو بناء جيد وتحوي على حجوم مختلفة من دقائق الرمل والغرين والطين فإن تدفق NO_3 يكون مختلفاً بسبب طبيعة طول وعرض المسام واستمراريتها إذ أن الماء سوف يتحرك أسرع من خلال المسامات الكبيرة مقارنة بحركته من خلال المسامات الصغيرة والتي قد تغلق وتصبح غير مستمرّة لذلك فإن بعض NO_3 في المحلول سيزاح إلى الأمام والبعض سوف يتخلف بسبب ما يسمى بالتشتيت الهايدروديناميكي للتربة ونتيجة لذلك يتشكل ما يشبه الموجة من تركيز NO_3 والذي تظهر فيه تغييرات في التركيز مع مرور الوقت وتدريجياً أكثر استواءً وامتداداً (شكل ٤-٢).



شكل (٤-٢) توزيع النترات متغيراً مع الوقت

إن أبسط معادلة تصف تدفق النترات بواسطة التشتت الهايدروديناميكي هي:

$$q_N = q_w \cdot C_N - D \cdot (dC_N/dx)$$

حيث أن تدفق NO_3 (q_N) يتناسب مع تدفق الماء (q_w) وتركيز (C_N) NO_3 وهذا سيقل باستمرار نسبة إلى العامل D والتغيّر في عمق التربة (X) حيث يعتمد العامل ط على خواص التربة مثل النسجة والبناء والتي تحدد حجم المسام وتوزيعه.

في تقنيات التسميد بالري فإن إضافة الماء في أنظمة الري بالأثلام أو بالغمر وإضافة الأسمدة من خلال خزانات قد يؤدي إلى نتوقع توزيع أفقي غير متساوي للماء والعناصر الغذائية. من جانب آخر فإن تجهيز الماء المضغوط بالري بالتنقيط يتصل بحاقن سماد يمكن التحكم به، وهذا قد يضمن توزيع مكاني وزماني متساوي وبدرجة أعلى للسماد حيث يتغير حجم تربة الحقل الرطبة المسمّدة بالري بالتنقيط والغنية بالعناصر الغذائية تبعاً لكميات المياه المضافة وسعة مسك التربة للماء. وعلى سبيل المثال وجد في أشجار التفاح أن توزيع الماء والعنصر الغذائي كان ضمن نصف قطر ٤٠ سم من المنقط (Komosa et al 1999a and 1999b).

5

الفصل الخامس

التقنيـــة

٥-١ تقنية الري

بالإمكان استخدام التسميد بالري في أي تقنية معتمدة للري ولكن قد يختلف التجانس وكفاءة إضافة العنصر الغذائي بإختلاف طرق الري وهي السطحي والريلأغير المضغوط والري المضغوط.

٥-١-١ الري السطحي

الري السطحي هو تقنية الري الأكثر انتشاراً بحيث يغطي أكثر من ٩٠٪ من مساحة ٢٥٠ ميكاهكتار من الأراضي المرويّة في العالم وعلى العموم فهذه التقنية تعطي فاقد عالي من المياه حيث أن ٣٠-٧٠٪ من الماء الكلي المضاف فقط هو الذي يبقى في منطقة الجذور الفعالة وتبين اللوحة (٥-١) حقل مروي بالغمر في الصين. إن كفاءة استخدام الماء في تقنيات متقدمة من الري السطحي مثل الإنحدار الصفري والري الموجي تكون عادة أعلى حيث تصل إلى ٩٠٪.

ويعتمد اختيار طريقة الري السطحي على عوامل متعددة مثل المناخ ونوع التربة والطوبغرافية والتقنية الزراعية وجاهزية ونوعية المياه وسهولة التوزيع والمهارة الإدارية للمزارع والتقاليد. إن صفات التربة المؤثرة في اختيار الطريقة هي البناء والنسجة والتصلب السطحي والنفاذية وكمية الماء الجاهز (من السعة الحقلية إلى نقطة الذبول) ووجود طبقات التربة المنضغطة والتهوية أما عوامل المناخ ذات العلاقة فهي المطر ومعدل التبخر خلال فصل النمو. وبأخذ كل هذه العوامل بنظر الإعتبار وبتطبيق أفضل مماسارت إدارة، فإن كفاءة استخدام الماء سوف تكون فوق المعدل لأنظمة هذا النوع من الري، ويمكن الوصول إلى غلة ونوعية جيدة من المحصول.

الري بالغمـر

(١) الغمر بالأشرطة (الألواح)

إن منسوب سطح الشريط (سطح عريض) يشابه إلى حدّ ما قناة عريضة ضحلة ذات ٤ إلى ١٨م عرضاً ومحددة بأكتاف وبإنحدار صفر بإمتداد عرض الشريط وانحدار طولي ليس أكثر من ١٪ وعند فتح بوابة الري في بداية الشريط أو بإستخدام طريقة السيفون فإن السطح يمتلئ بالماء من القناة المجهزة وتتطلب هذه الطريقة إجراء بعض التسوية لسطح التربة وجريان عالي للمياه. إن ترطيب السطح لفترة زمنية قصيرة قد يمنع فقد الماء أسفل العمق الجذري ويتم رصد اداء هذا النظام بقياس مياه التقدم والإنحسار بدلالة الزمن. يروى بهذه الطريقة الرز والموز والقطن والبرسيم وبعض المحاصيل الحقلية الأخرى.

(٢) الحواجز المتدرجة

يصمم هذا النظام عندما لا تكون الأرض مستوية تماماً وبالحواجز المتدرجة يتم الإحتفاظ بفرق ارتفاع داخل السطح المحدد بالأكتاف بالحدّ الأدنى، بحيث يضمن تجانس كبير لتوزيع الماء.

(٣) الأسطح المستوية بين خطوط الكفاف (الكنتورية)

إن هذه الطريقة تشابه طريقة الغمر للشرائح المحجوزة المتدرجة ما عدا أن الخطوط الكفافية تكون هي الحواجز وهذا التصميم هو الوحيد ذو جدوى عندما لا تكون الطوبغرافية مستوية.

(٤) تصميم المستوى الميت

إن تصميم الإنحدار الصفري هذا يمكن استخدامه من خلال إجراء تسوية أرض فائقة الدقة وبإستعمال أجهزة تحسس ليزرية. إن كفاءة الري بهذا التصميم يمكن أن تكون أعلى بكثير من الطرق الثلاثة السابقة ويكون عرض الأرض بين الأكتاف بحدود ١٠٠-١٥٠م.

الأثـلام

يتوزع الماء في الحقل عن طريق قنوات ضيقة وكل واحدة من تلك القنوات توفر الماء لخط أو خطين من النباتات. للوصول إلى كفاءة استعمال مثلى للماء فإن ذلك يتطلب إضافة الماء بمرحلتين ففي الأولى يطلق جريان عالي لترطيب سريع لسطح التربة على طول الثلم وبعد ذلك يعطي الجريان الثاني بحجم قليل نسبياً وخلال فترة زمنية أطول لترطيب التربة للعمق المطلوب.

الري الموجـي

يحسن الري الموجي والتسوية ذات الإنحدار الصفري من كفاءة الري السطحي وقد يصل في كفاءته إلى كفاءة الري المضغوط. إن الري الموجي يمكن إجراؤه في أنظمة تستخدم كل من الري بالغمر والأثلام فالأساس للري الموجي هو تقسيم إضافة الماء إلى عدة دفعات حيث تشمل الدفعة الأولى إضافة حجم كبير من الماء مرطباً سطح التربة بسرعة وقدر الإمكان كل طول سطح جريانه مع ضمان عدم حدوث تعرية. إن هذا الجريان الإبتدائي يؤدي إلى انسداد جزئي لطبقة التربة العليا مما يجعل الدفعات الأخرى بحجوم أقل وبفترات زمنية أطول وبالتالي سوف يتخلل الماء وداخل التربة عميقاً وعلى طول سطح الجريان. إن تصاميم الري الموجي الحديث يستخدم صمامات تحكم أوتوماتيكية موجية والتي توفر الماء بدفعات متبادلة إلى قطاعات مختلفة من الحقل وتبعاً لجدول زمني معدّ سلفاً.

٥-١-٢ الري المضغـوط

الري بالـرّش

يتلائم الري بالرّش (لوحة ٥-٢) مع ظروف مختلفة للطوبغرافية مثل الأرض غير المستوية والإنحدارات الشديدة والتي لا يمكن اروائها بالري السطحي حيث تسهل الأنواع المتباينة من الباثقات والفتحات الصغيرة (النوزيل) ضبط معدل إضافة الماء بواسطتها لتتوافق مع معدل غيض (تسرّب) الماء داخل التربة.

إن التوزيع المتجانس للماء في الحقل والقياسات الدقيقة للماء المضاف وملحقات السيطرة ذات النوعيات عالية الجودة يسهل لكفاءة استخدام مياه عالية. ويكون الري بالرّش حساس للرياح فهي تقلل من انتظام توزيع الماء على سطح التربة وتخفض من كفاءة استخدام الماء. إن الري بالرّش الرأسي قد يشجع إصابة الأوراق والثمار اللازهرية بالأمراض النباتية وفي حالة المياه الحاوية على تركيز أملاح عالي قد يسبب ذلك حرق- الأوراق للنباتات.

ويقلل استخدام أنظمة الأجهزة الثابتة والمسيرة-ذاتياً للري بالرّش من متطلبات العمالة فعندما يكون رأس المال المستثمر قليلاً والعمالة رخيصة فإن الأنظمة المسيّرة - يدوياً يؤدي إلى ري مساحات شاسعة وبإستثمارات مالية ابتدائية بسيطة نسبياً حيث أن روتين التشغيل في هذه الحالة يكون بسيطاً ويمكن الوثوق به والعاملين على النظام يلزمهم فترة تدريب قصيرة فقط.

ويمكن تكييف كل أنواع أنظمة الري بالرّش مع التسميد بالري ولكن ينبغي أن تتخذ الإجراءات الضرورية لتجنب تآكل المكونات المعدنية للنظام بسبب التلامس مع الأسمدة المسببة للتآكل والتلف لظلة النبات بواسطة الأسمدة الكاوية عند استخدام الري بالرّش الرأسي.

ومن الجدير بالذكر أن المرشات تصنّع من المواد المعدنية والبلاستيكية حيث أن الأجزاء المتحركة البلاستيكية المدعّمة والنوزيل (الفتحات الصغيرة) تستهلك بدرجة أقل من المعدنية. تثبّت المرشات عادة على روافع وبإرتفاعات مختلفة تبعاً للتقنية المستخدمة وصفات النبات.

في الزراعات الكثيفة مثل المحاصيل الحقلية والخضراوات يكون من المناسب توزيع الماء على كل المساحة السطحية وهذا يمكن التوصل إليه بوضع فواصل مناسبة بين الأنابيب الفرعية وبين المرشات على طول الأنابيب الفرعية لضمان تداخل كافي للماء. من جانب آخر فإن أن تغطية سطح التربة بالماء لا يمكن حصوله بتواجد أشجار الفاكهة بسبب تداخل ظلل الأشجار لذلك تستخدم المرشات تحت ظلة - الأشجار دون الحاجة لتداخل الماء وفي هذه الحالة ينبغي أن تحصل كل شجرة على نفس كمية المياه وينبغي لتوزيع الماء في التربة أن يرتبط مع مكان توزيع النظام الجذري.

إن الشرط الأولي لتشغيل المرشة هو وجود ضغط كافي يتراوح من ١ إلى ١٠ بار عند مدخل المرشة حيث تشغّل المرشات بواسطة ضغط الماء ولكل نوع من المرشات مدى محدد من الضغط المسموح به لتشغيلها إذ أن التيار المائي من الفتحة يشغّل الأجزاء المتحركة للمرشة. وتبين اللوحة (٥-٣) أنواع متعددة.

(١) المرشات الضاربة (Impact Sprinklers)

إن تيار الماء المنبعث من الفتحة يضرب ذراع المطرقة محركاً إياها بعكس اتجاه عقاربالأساعة إلى أن يقوم الزنبرك بإرجاع الذراع حيث تسبب الضربة على جسم المرشة دوران الجسم بإتجاه معاكس وتتلائم المرشة الضاربة مع وجود فتحة واحدة واثنين أو ثلاثة فتحات. إن المرشات الضاربة تأتي بأشكال مختلفة ففي الري الرأسي للمحاصيل الحقلية وللأشجار تكون زاوية قذف تيار الماء ق١٥-ق٣ والري تحتلأظلة الأشجار يوصى بزاوية تيار ق٤-ق٧. إن المرشات الضاربة موثوقة جداً ولكنها تتطلب صيانة روتينية لضمان تشغيلها لفترات طويلة.

(٢) المرشات ذات المطرقة - التوربينية

إن التيار المائي في هذا النوع من المرشات يحرك دولاباً مسنناً والذي بدوره يضرب المطرقة التي تقوم بتدوير المرشة وتصنّع المرشة ذات المطرقة التوربينية من مواد بلاستيكية وتستخدم في ري أشجار الفاكهة الخضراوات والحدائق وبمعدلات تصاريف منخفضة.

(٣) المرشات العملاقة (المسدس)

هذه مرشات بمطرقة ذات حجملأكبير مصنوعة من النحاس الأصفر بفتحتين أو ثلاث فتحات. يكون ضغط التشغيل من ٤ إلى ٨ بار والتصريف من ٦ إلى ٦٠م٣/ساعة. واستخدمت المرشات العملاقة لري المحاصيل العلفية والمحاصيل الحقلية في إنشاءات الأجهزة الثابتة أو في وحدات منفردة مثل المسدس السيّار. إن معظم أنواع المرشات المطرقية تغطي أجزاء من دوائر حيث يمكنها ري أجزاء من دائرة الترطيب.

(٤) المرشات المخبأة (Pop-up)

تستخدم المرشات المخبأة عادة لري المروج الخضراء والحشائش المستخدمة في مناطق التسلية والإستجمام إذ تقفز المرشة إلى الأعلى عند بداية فترة الري وتهبط نزولاً إلى مكانها تحت سطح الأرض بعد إيقاف عملية الري حيث أن مكان تواجدها عادة يكون مغطى. هنالك أنواع عديدة من المرشات المخبأة ومن ضمنها مرشات تروي دوائرلأجزئية، بالإضافة إلى البارزة إلى أعلى وبإرتفاعات مختلفة.

(٥) المرشات الثابتة

هذه تكون مصنوعة من النحاس أو مواد بلاستيكية ثابتة بدون أجزاء متحركة وتستخدم هذه المرشات بدرجة أساسية في الحدائق، حيث تروي جزء من دائرة أو دائرة كاملة إذ يكون مدى الترطيب أقل من ذلك في المرشات الدوّارة.

تقنيات الري بالـرَّش

(١) المتحرك-يدوياً

تكون أنابيب الرش الفرعية عادة بقطر ٥٠ إلى ٧٥ملم وبمقاطع طولية من ٦ إلى ١٢م تتحرك من مكان لآخر حيث يتم نقل كل أنبوب فرعي إلى أماكن متعددة خلال دورة الري وفي بداية دورة الري التالية يتم تحريك الأنابيب الفرعية إلى أمام على طول خط التوزيع، حيث يتم وضع الأنبوب الفرعي الأخير (الطرفي) في بداية الحقل وهذه الطريقة يطلق عليها "طريقة الساعة" وتستخدم على نطاق واسع. تطبق طريقة التحريك - يدوياً على مساحات صغيرة للمحاصيل الحقلية والخضراوات واشجار الفاكهة، وأيضاً في الحقول التي لا تتلائم فيها استخدام طريقة سحب الخطوط بالإضافة إلى أن الطريقة تتطلب استخدام عمالة مكثفة وجهد جسماني.

(٢) سحب الخطوط

تسحب الأنابيب الفرعية بواسطة الجرار من مكان معين إلى المكان التالي حيث يكون عدد السحوبات ضعف عدد خطوط التوزيع واعتيادياً يتم سحب الأنابيب الفرعية بين ستة أماكن ولكن هنالك أيضاً حقول ذات أربعة وثمانية أماكن أو حتى أكثر من ذلك.

(٣) المتحرك يدوياً لأشجار الفاكهة

تسحب أنابيب فرعية من البولي اثيلين الطري (درجة ٦) بقطر ١٦ و٢٠ أو ٢٥ملم وبطول يصل إلى ٥٠م وبمرش أو مرشين عند نهاية الأنبوب الفرعي على طول خطوط الأشجار. ففي بداية دورة الري يمد الأنبوب الفرعي كله وعند نهاية النقلة الأولى يتم سحب الأنبوب الفرعي إلى مكانه التالي وهكذا حتى تكتمل دورة الري حيث يعاد الجهاز إلى مكانه في البداية بواسطة "نقلة كبيرة" بإنتظار بداية دورة ري أخرى.

(٤) الأجهزة الثابتة لأشجار الفاكهة

- **الري تحت - الظلة**

توضع أنابيب البولي اثيلين اللينة (درجة ٤) بأقطار ١٦ و٢٠ أو ٢٥ملم على طول خط الأشجار وبجانب جذوع الأشجار. تثبت أو تربط مرشات ذات سعةلأمنخفضة ومرشاتلأصغرى أو قاذفاتلأصغرى (تصل إلى ٢٥٠ ل/ساعة) بواسطة أنابيب بلاستيكية ذات أقطار صغيرة وبمعدل إضافة منخفض للمرشات إذ يتراوح من ٣ إلى ٥ ملم/ساعة. تكون المسافة بين الباثقات على طول الأنبوب الفرعي مرتبطاً بالفواصل بين الأشجار حيث توضع قاذفة واحدة لكل شجرة أو شجرتين.

غالباً ما يتم تصنيع الأنابيب المساعدة (شبه الرئيسية) من درجة ٤ أو ٦ بار ومن بولي اثيلين صلب ويردم تحت الأرض عبر خطوط الأشجار وبالرغم من أن الكلفة الإبتدائية لهذه الطريقة عالية إلا أنه يمكن الإستعاضة بنظام الأجهزة -الثابتة عن الري المتحركلأيدوياً في أشجار الفاكهة. إن الباثقات السائدة والمستخدمة في أشجار الفاكهة هي المرشاتلأالصغيرة والمرشاتلأالصغرى والقاذفاتلأالصغرى والرذاذات بالإضافة إلى المنقطات.

ومن محاسن أنظمة الأجهزة - الثابتة تقليل العمالة ويمكن تشغيلها بسهولة وتلائم كل أنواع أنظمة التحكم الأتوماتيكية وإن زاوية القذف القليلة تمنع ابتلال الظلة مقللة بذلك أمراض - الأوراق وغسل المبيدات من على الأوراق وتكاد تأثيرات الرياح على انتظام توزيع الماء معدومة ويمكن استخدام النظام لتقليل الضرر خلال فترات الصقيع أو الحرارة

المفرطة. يكون التسميد بالري شائعاً في أنظمة الأجهزة - الثابتة لأشجار الفاكهة حيث أن دورة الري القصيرة والسيطرة المحكمة على عمق الترطيب يزيد من كفاءة إضافة واستخدام العنصر الغذائي.

● الري الرأسي (فوق الظلة)

تمدّ أنابيب صلدة من البولي اثيلين بقطر ٤٠-٧٥ ملم ودرجة ٤ على طول الخطوط بجانب الأشجار إذ تثبت المرشات على روافع عالية فوق قمم الأشجار وبفواصل ١٠-١٥م على طول الأنابيب الفرعية وحسب فواصل الأشجار وأبعاد الشجرة. إن الإنشاء والتشغيل للري الرأسي بسيط والإستخدام للعمالة يتم بأدنى ما يمكن والتوصل إلى تغطية كاملة لإرواء كل الحقل ممكن إذا كانت مواقع المرشات وضغط التشغيل ملائمين. هنالك العديد من المساوئ لهذا النظام إذ أن الضغط العالي للتشغيل والمحتوى الملحي المنخفض في مياه الري ضروريان لإستخدام هذا النظام، والإرواء يمكن إجراؤه فقط في الليل وقد يفقد الماء عند تخوم أشجار الفاكهة خصوصاً في أشجار الفاكهة الصغيرة. إن ابتلال الأجزاء الخضرية يزيد من أمراض الأوراق والثمار.

في السنوات الأخيرة حلت تقنية النظام ـ الثابت تحت الظلة محل أنظمة فوق الظلة في ري أشجار الفاكهة ما عدا الأماكن التي يكون فيها ري أشجار الفاكهة أكثر كفاءة في تخفيض ضرر الصقيع.

الأنظمة الثابتة ذات سعة-واطئة للخضراوات والمحاصيل الحقلية

في العقد الماضي كان هنالك توسّع كبير في استخدام المرشات لأالصغيرة ذات السعة المنخفضة لأنظمة الري الثابتة في الخضراوات والمحاصيل الحقلية المزروع في الحقول. إن الباثقات هي تحوير للمرشات لأالصغيرة لأشجار الفاكهة تحت لأالظلة وبقطر ترطيب أكبر والذي يسهّل وجود فواصل ٨٨ و ١٠١٠م. إن الإستثمار الإبتدائي في هذا النوع يكون أقل مقارنة بالنظام الثابت والذي يستخدم التنقيط أو الأنابيب الفرعية والتي يستخدم فيها المرشات الإعتيادية حيث يكون ضغط التشغيل نسبياً أقل واقتصاديات النظام مقبولة. تكون الأنابيب الفرعية بقطر ٤٠-٥٠ملم ويتم ربط المرشات - نالصغيرة بها بواسطة أنابيب مرنة بقطر صغير ومسندة بقضبان معدنية بطول ١٠٠-١٥٠سم مغروسة داخل التربة. إن تصريف المرشات هو ٤٠٠-٦٠٠ ل/ساعة ومعدل الإضافة ٤-٦ ملم/ساعة ومن مزايا هذه التقنية هو تقليل تقشّر سطح التربة ومنع السيح بسبب انخفاض معدل الإرواء وإن المحدودية الأساسية لهذه التقنية هي حساسيتها للرياح.

الري الموضعي Micro-irrigation

يعزى مصطلح الري الموضعي إلى تقنيات الري التي تستخدم باثقات الماء ذات الفتحات الصغيرة جداً والتي توزع المياه بمعدلات واطئة أقل من ٢٠٠ ل/ساعة وإن الإستخدام الأساسي لتقنية الري - الموضعي غير المنقط هو في أشجار الفاكهة (لوحة ٥-٤). في العقد الأخير امتد استخدام المرشات - الصغرى لري الخضراوات والمحاصيل الحقلية وفي أنظمة الري بالرش المحورية والأنابيب الفرعية ذات الحركة - الخطية.

إن الباثقات - الصغرى غالباً ما تصنّع من مواد بلاستيكية صلبة وهي أصغر وأرخص كثيراً من المرشات التقليدية فالحرافات الثابتة (Deflectors) من نوع (Spoke) تطلق عدد من تيارات الماء بشكل رذاذ من الباثقة وهذه الحرافات تكون أقل حساسية للظروف الريحية والباثقة من هذا النوع تكون موثوقة لعدم وجود أجزاء متحركة بها. في نوع الحرافات الإهتزازية يقذف الماء من فتحة دائرية حيث تضرب الحرافة التي بدورها تنثر الماء حولها ويكون هذا النوع من الباثقات بسيطاً وموثوقاً به.

يتم في ما يسمى بالرذاذت وهي حرافات من نوع لأسديمي والتي تكوّن رذاذ ناعم توفير تغطية اروائية في الترب الرملية وهي مفيدة للحماية من الصقيع وعلى أية حال تكون هذه التقنية معرّضة لحدوث فواقد في المياه بواسطة الرياح والتبخر. يكون للحرافات هذه أشكال متعددة والتي تسمح بتغطية من ٤٥° - ٣٦٠°.

تصنع الدوارات بأشكال عديدة وإن خصوصيتها تتمثل في دوران الحراف حول عمود مركزي وهذا يسمح لها في ارواء مساحة أكبر من البائقات نوع ـ الأورفس. وفي الغزّالات (Spinners) يدور الهيكل مع الفتحة وإن تضمين أجزاء متحركة فيها يزيد من حساسيتها للظروف الخارجية إضافة إلى تعرّضها للكسر والتآكل.

إن معظم أنواع المرشات ـ الصغرى تكون قابلة لعكس اتجاهها ومرنة حيث يمكن استبدال مكوناتها وهذا يسهل من إجراء التحويرات بكلف منخفضة لمعدل التدفق والمدى ونمط توزيع الماء وحجم القطرة تبعاً لمتطلبات معينة. تكون المرشاتالصغرى عادة أقل تعرضاً للإنسداد من المنقطات وعند حدوث انسداد يمكن ملاحظته وتصحيحه بسهولة حيث تجهّز بعض البائقات بصمام صغير ليسمح بغلق الماء للتنظيف. لقد استخدمت المرشات ـ الصغرى ذات الضغط التعويضي والجريان المنتظم لري الأراضي شديدة الإنحدار حيث تسمح حجرات نبضية في النظام بإستخدام كميات أقل من المياه.

يتم اتصال المرشات ـ الصغرى عادة بالأنابيب الفرعية بواسطة أنبوب بلاستيكي ومن المألوف أن تثبت المرشات بعمود رابط للتأكد من أنها في موضع عمودي. وفي بعض الحالات تثبت المرشات ـ الصغرى بخيوط على رافع متين ١٢ إلى ١٨ملم أو مباشرة على الأنبوب الفرعي. في البيوت البلاستيكية قد تثبت المرشات ـ الصغرى بإتجاه عكسي لكي يتم الإرواء من الأعلى بإتجاه الأسفل.

لقد استخدم الري الموضعي المكون للضباب على الأغلب في البيوت البلاستيكية لزيادة الرطوبة النسبية وتقليل درجة حرارة الهواء المحيط وهو يشتغل بصورة متقطعة وبشكل نبضي بواسطة تحكم اتوماتيكي. وتوفر المرشاتالصغرى نوع الجسر Bridge مسند إضافي للغزالات الدوّارة ولكن الجزء العمودي للجسر يؤدي إلى تكوين منطقة جافة خلف المسند العمودي.

الري بالتنقيط

استعمل الري بالتنقيط لإضافة كميات قليلة من المياه ذات العلاقة بمتطلبات المحصول وأيضاً بهدف تطوير النظام الجذري إذ يستخدم الري بالتنقيط ضغط أقل من الري بالرش ويمكن ربطه ليتلائم مع مستويات مختلفة من التحكم الأتوماتيكي لذلك فهو ملائم بدرجة جيدة جداً للتسميد بالري. إن الري بالتنقيط يكون مستقلاً عن تأثير الرياح ويمكن تطبيقه في أي وقت من الأوقات ويكون ظهور الأدغال (الأعشاب الضارة) محدوداً لأن ترطيب سطح التربة يكون جزئياً وإن تجنب ابتلال أوراق النبات يقلل من الإصابة وانتشار الأمراض وتكسير الأوراق. إن نمط ابتلال التربة في الري بالتنقيط موضح في (لوحة ٥-٥).

أنواع المنقطات

إن معدل تدفق الماء البطيء هو أساس لعمل المنقط ويتطلب معدل التدفق هذا (من خلال فتحة اعتيادية) أن تكون الفتحات صغيرة جداً مما يزيد من خطورة الإنسداد ويمكن تقليل هذا الخطر بإستخدام منافذ أوسع للماء وتشتيت ضغط الماء بالإحتكاك داخل جدران المنقط بواسطة اعتماد منقط ذو مسار لولبي طويل للماء أو مسار متشعب أو عن طريق الدوامة. وهنالك أنواع عديدة من المنقطات مبينة في (لوحة ٥-٦).

ويعتمد معدل تدفق الماء من المنقطات على الضغط إذ يمكن التعبير عنه بواسطة المعادلة التالية:

$$q = KP^e$$

حيث أن:

- q = معدل تدفق المنقط ل/ساعة
- K = ثابت المنقط، ويعزى إلى وحدات التدفق والضغط
- P = عمود الضغط عند مدخل المنقط
- e = أس يعتمد على نظام التدفق في المنقط

في المنقطات ذات التدفق غيرلأالمنتظم يكون مدى ز بين ٠,٤-٠,١. أما في تدفق انسيابي في أنابيب صغيرة جداً فتكون قيمة e مساوية إلى ٠,١ وفي المنقطات بمسار لولبي طويل تكون ٠,٧ وفي المنقطات الدوامية تكون ٠,٥. ويقل اعتماد معدل التدفق على مقدار الضغط كلما تقل قيمة e لذلك من الممكن حصول فرق قليل في معدل تدفق المنقطات بين النهاية القريبة والبعيدة لمنقطات الأنبوب الفرعي.

تاريخياً فإن أولى المنقطات المستخدمة هي ذات المسار الطويل وفيما بعد تم تطوير أنواع من المنقطات المتشعبة والدوامية مما أدى إلى انتاج منقطات أصغر وأرخص. إن جريان الماء الإضطرابي في هذين النوعين يشتت ضغط الماء برغم المسار القصير نسبياً إذ ينشأ فقدان الضغط في النوع المتشعب بتغيير اتجاه وقطر مسار الجريان على طول امتداده لتوليد جريان اضطرابي وفي المنقطات الدوامية يدخل الماء إلى المنقط في اتجاه مماسي مسبباً اضطراباً وفقداً كبيراً في الضغط. يتراوح ضغط التشغيل للمنقطات بين ٠,٥ و٤ بار ومعدل التدفق بين ٠,١ و ٨,٠ ل/ساعة وفي بعض الأنواع من الأنابيب الفرعية ذات المنقطات الشريطية فإن حصول معدلات تدفق قليلة والتي تتراوح من ٠,١ إلى ٠,٥ ل/ساعة من منفذ كل باثقة للماء يكون مقبولاً.

إن معدل التدفق المنخفض من الباثقات في الري بالتنقيط يقتضي فواصل متقاربة للمنقطات على الأنبوب الفرعي إذ تتراوح تلك الفواصل بين ٠,٢ إلى ٢,٠م وتعتمد المسافة بين الأنابيب الفرعية على الفواصل بين خطوط الزراعة ففي أشجار الفاكهة يكون وجود أنبوب فرعي واحد أو اثنان لكل خط من الأشجار مألوفاً وفي النباتات الحولية المزروعة بكثافة عالية مثل القطن والبندورة فيكون هنالك أنبوب فرعي واحد يروي خطاً أو خطين للمحصول. وفي الأشرطة ذات الجدران لأالرقيقة فإن منافذ المياه يمكن تثبيتها عند ٠,١م على طول الأنبوب الفرعي وبدون تكلفة إضافية.

إن معظم المناطق المروية- بالتنقيط يكون فيها النظام سطحياً ولكن في العقدين الأخيرين انتشر استخدام الري بالتنقيط تحتلأالسطحي. إن خطورة الإنسداد المسبب بواسطة الجذور يمكن منعه عن طريق حقن للكيماويات التي تعقم التربة في المنطقة القريبة من المنقط إذ يؤدي ذلك إلى إيقاف ولوج الجذور أما انسداد المنقطات بواسطة حبيبات التربة بسبب سحب أو شفط الماء بعد أن يتم غلق-الماء يمكن منعه بنصب صمامات مانعة للشفط والتي تسهل جريان الهواء إلى داخل النظام بعد الغلق مباشرة.

إن سماكة جدار الأنابيب الفرعية للمنقطات المصنوعة من البولي اثيلين اللين والـ (بي. في. سي) يعتمد على ضغط التشغيل حيث تعرّف الدرجة بموجب ضغط التشغيل والذي يكون عادة بمدى ٠,٥-٤,٠ بار (٥-٤٠م) وبسبب ضغط التشغيل المنخفض نسبياً، فإن أنظمة التنقيط تتطلب استخدام منظمات ضغط للسيطرة على الضغط.

الري الممكنن Mechanized irrigation

إن نقص المهارة البشرية والتحول المتسارع من الري السطحي إلى الري المضغوط والحاجة لإرواء مساحات شاسعة عجّل من تطور الري الممكنن. وكانت أولى التقنيات هي السحب بالجرار كبديل للمتحرك - يدوياً والمسيّرلأجانبياً الممكنن والذي هو تحوير للمسيّر- جانبياً اليدوي. بعد ذلك تم تطوير أنظمة أكثر تقدماً مثل أنظمة المسدس السيّار والحركة الخطية والرش المحوري حيث يلائم الري الممكنن الأراضي الشاسعة والألواح المستطيلة بمساحة أكبر من ١٠-٢٠ هكتار وفي الأرض المستوية أو الإنحدار المتوسط، بينما في الأرض ذات الأشكال غير المنتظمة فتكون كفاءة الري منخفضة. يقلل الري الممكنن من استخدام القوة البشرية ولكنه يتطلب مشغّلين مهرة وذوي كفاءة عالية ويأخذ الري الممكنن أشكال مختلفة.

(١) السحب بالجرار

يتضمن السحب بالجرار أنابيب المنيوم عادية بطول ٦-١٢م حيث ترتبط الأنابيب بوصلات تقوية لتقليل خطورة انفصالها أثناء عملية السحب وتسند الأنابيب هذه عجلات بفواصل ٦-١٢م. في الأنابيب الأكبر طولاً يثبت الرافع (القصبة) في وسط الأنبوب لإستقرار أفضل أثناء السحب وتنجز عملية السحب على امتداد السطور (الخطوط).

(٢) المسير - جانبياً

يتكون المسيرلأجانبياً من أنبوب المنيوم أو فولاذ مغلون بأقطار ٧٥ إلى ١٥٠ملم حيث يشكل الأنبوب محوراً لعجلات معدنية بنصف قطر ٠.٥ إلى ١م وإن أقصى طول للأنابيب الفرعية هو ٣٠٠-٤٠٠م. تثبت المرشات على امتداد الأنبوب الفرعي على توصيلات حلقية مجهزة بمثقّل لضمان بقاء الرافع بصورة عمودية. ويتراوح عرض المساحة المروية في كل مكان بين ٢٠ إلى ٣٠م حيث تسيّر (تدفع) العجلات بواسطة محرك مثبت على النظام من مكان لآخر بعد أن يتم إضافة كمية محددة مسبقاً من المياه ويستغرق عادة ٣-١٢ ساعة وعلى العامل أن يشغل المحرك ويقوم بتقديم النظام للمكان التالي ولمسافة ١٢-٢٤م للأمام. يلائم نظام المسير- جانبياً انحدارات تصل إلى ٥٪ والمحاصيل ذات الظلة ـ القليلة.

(٣) المسدس - السيّار

يتطلب المسدسلأالسيار ضغط تشغيل عالي من ٦ إلى ٨ بار وقد يصل التصريف لمسدس واحد إلى ٦٠ م٣/ساعة ونصف قطر الترطيب إلى ٥٠م حيث يتم تجهيز الماء بواسطة أنبوب (بربيش) مرن واسع القطر ملفوف على بكرة ومثبتة على المقطورة. ويمكن سحب المسدس بإتجاه ضغط الماء بلف البربيش على البكرة أو يسحب للأمام بماكنة أو بواسطة ضغط الماء وفي ترتيبات مختلفة يثبت المسدس على عربة ذات عجلات ويسحب إلى نهاية الحقل بواسطة سلك معدني.

(٤) الحركة - الخطية

يصنّع الأنبوب الفرعي للحركة الخطية من أنبوب المنيوم بقطر من ١٠٠-٢٠٠ملم وطول ٢٠٠-٤٠٠م ويثبت على أبراج متحركة ومجهزة بعجلات (لوحة ٥-٧). إن بائقات المياه والمثبتة على امتداد الأنبوب الفرعي يمكن أن تكون مرشات ورذاذات ثابتة أو متحركة ودوارات أو دوارات مغزلية ويسيّر النظام بمحرك ديزل أو كهربائي حيث يقع مدخل المياه في نهاية الأنبوب أو في الوسط إذ يتم تجهيز الماء من حنفية (صنبور) في الحقل أو بضخ الماء مباشرة من قناة على امتداد حدود الحقل بواسطة بربيش مرن وبقطر واسع. تعتمد سرعة التقدم على كمية المياه المضافة ومعدل تخلل الماء وتصريف البائقات وقد يكون طول مسافة التقدم ١٠٠٠-٢٠٠٠م وعند الوصول إلى نهاية الحقل يمكن تدوير الأنبوب الفرعي ١٨٠ ° وارجاعه من على امتداد الحقل المجاور.

(٥) الرش المحوري

يدور الأنبوب الفرعي على شكل دائرة حول نقطة ثابتة (المحور) مثل الساعة اليدوية حيث يربط منفذ تجهيز الماء بنهاية الأنبوب الفرعي وبسبب الحركة الدورانية وحتى يتم الحفاظ على ارواء منتظم على امتداد الأنبوب الفرعي فإن كل بائقة يكون لها تصريف كمية مختلفة من المياه، وتكون أقل عند المركز وأعلى عند الأطراف. في حقل بشكل مربع يرطب فقط ٨٠٪ من المساحة ولغرض ترطيب جميع المربع يتم استخدام ملحقات عند الزوايا حيث أن هذه الأجهزة الملحقة تضيف ٢٥٪ تقريباً إلى تكلفة النظام. ويمكن للرش المحوري بطول ٤٠٠م ارواء دائرة مساحتها ٥٠ هكتار ومربع ذو مساحة ٦٠ هكتار عند توفير الملحقات عند الزوايا مع العلم أن تكلفة البنية الأساسية الضرورية مثل شبكة تجهيز المياه، الحنفيات (الصنابير) والإنشاءات الأتوماتيكية والكهربائية عندما تكون ضرورية قد تشكل ٢٥-٥٠٪ من التكلفة الإجمالية للنظام.

باثقات الميـاه

لقد كانت الأنظمة الممكننة الأولية مجهزة بمرشات عادية بضغط - عالي وغالباً لم يكن التجانس في توزيع الماء مقبولاً بسبب تأثير الرياح والمسافات المتباعدة بين الباثقات وسيح الماء الناشئ بسبب معدلات الإضافة العالية للمياه وزخم قطرات الماء على سطح التربة. من العوائق الأخرى لهذه المرشات هو استهلاكها للطاقة.

في أنظمة الري بالرش المسيّرة فبالإضافة إلى عامل معدل الإضافة فإن معامل "التصريف الطولي النوعي" (SLD) أي التصريف بالساعات في وحدة الطول وعلى امتداد الأنبوب الفرعي السيّار ذو أهمية كبيرة جداً وهذا العامل يمثل التصريف بالساعات مقسوم على طول الأنبوب الفرعي.

على سبيل المثال: تصريف النظام- ٦٠٠ م٣/ساعة ، طول الأنبوب الفرعي- ٤٠٠م

SLD = ٦٠٠/٤٠٠ = ١,٥ م٣/ م /ساعة

بزيادة SLD فإن النظام يمكنه ارواء مساحة أكبر ولوقت محدد بإفتراض عدم حصول سيح سطحي. وتتراوح قيمة SLD من ٠,٥-٢ م٣/ م /ساعة وسرعة التقدم المألوفة للنظام تكون ٥٠-١٠٠ م/ساعة.

في العقد الأخير كان التوجه هو استخدام الباثقات المثبتة وذات التصريف المنخفض على نطاق واسع ولكن تم تطوير الرذاذات المتحركة والثابتة والدوارات العادية والدوارات المغزلية وهي الآن توضع على امتداد الأنبوب الفرعي وبمسافات ٢-٤م بعضها عن البعض الآخر والتصريف المألوف للباثقة هو ١-٢ م٣/ساعة.

أما الوحدات الممكننة الحديثة فتكون مجهزة بأجهزة تحكم معقدة والتي تمكّن من السيطرة التامة على سرعة الحركة ومعدل التصريف وفتح وغلق نظام تجهيز الماء. وتكون بعض الوحدات مجهزة بمرشحات مدمجة اتوماتيكياً خصوصاً في تلك التي يضخ إليها الماء مباشرة من القناة الحقلية.

٢-٥ تقنية حقن الأسمدة

١-٢-٥ التسميد بالري في الري السطحي

إن التسميد بالري ليست ممارسة مألوفة في الري السطحي وعند إجراء التسميد بالري يمكن صبّ السماد الصلب أو المحلول السمادي مباشرة في القناة المائية وبكمية محددة مسبقاً. ويتم اختيار الأدوات المستخدمة من مدى واسع من المعدات ابتداءً من خزان بفتحة تنظيمية في القعر للأسمدة الصلبة أو صمام تنظيم يدوي للمحاليل السمادية، وانتهاءً بجهاز حقن الأسمدة الأكثر تعقيداً حيث تكون مدمجة مع صمامات اتوماتيكية في الري الموجي. وتحقن الأمونيا اللامائية في نظام الري بواسطة ضغطها الذاتي.

قد تؤدي إضافة الأسمدة في الري السطحي إلى فواقد في السماد المضاف وقد تفقد كمية كبيرة من السماد خاصة N في نهايات الحقل ومن خلال التسرب العميق وبغض النظر عن ذلك فإن بعض المزارعين الذين يضيفوا الأسمدة في الري السطحي يؤكدون بأن الغلة العالية للمحصول والنوعية الأفضل كفيلان بتعويض التكلفة المادية من ضياع السماد. يستخدم التسميد بالري في الري السطحي على الأغلب في انحدارات صفر وفي الري الموجي أيضاً حيث في هذه الحالات تتأكد كفاءة التسميد مع الري السطحي.

٢-٢-٥ تقنية الري بالتسميد في الري المضغوط

يعني الري المضغوط أن هنالك ضغط داخل شبكة الري وبذلك فإن حقن المحلول السمادي في النظام يقتضي توليد فرق بالضغط للتغلب على الضغط الداخلي.

(١) خزان السماد (لوحة ٥-٨)

في هذه الحالة يتم توليد فرق بالضغط بواسطة تقليل جريان الماء في مقدمة جهاز السيطرة وتحويل جزء من الماء الجاري إلى خزان يحتوي على المحلول السمادي حيث يتطلب تحويل كمية كافية من الماء أن يكون فرق الضغط ٠,١-٠,٢ بار بواسطة أنبوب (بربيش) بقطر ٩-١٢ملم. إن الخزان المصنوع من الحديد المقاوم للتآكل والمطلي بالمينا أو بحديد مسبوك مغلون وفولاذ غير قابل للصدأ أو زجاج صوفي يجب أن يقاوم ضغط التشغيل للشبكة. تخلط أسمدة صلبة تذوب بالتدريج في الخزان أو أسمدة سائلة مع الماء الجاري حيث يكون تركيز العنصر الغذائي ثابتاً تقريباً طالما أن هنالك بعض الأسمدة الصلبة في الخزان وفي مرحلة تالية وحالما تختفي المادة الصلبة يقل التركيز بسبب التخفيف المستمر للمحلول السمادي. إن النظام بسيط نسبياً ورخيص حيث ليس هنالك حاجة لمصدر طاقة خارجي. ويمكن التوصل إلى نسب التخفيف الكبيرة وعلى أية حال هنالك بعض العوائق فمعدل حقن السماد وتركيز العنصر الغذائي في مياه الري لا يمكن تنظيمها بدقة، وقبل كل إضافة ينبغي إعادة ملء الخزان بالسماد وقد ينتج عن اختناق الصمام فواقد في الضغط والنظام بحيث لا يتوافق مع التحكم الأتوماتيكي.

(٢) فينتوري (Venturi) (لوحة ٥-٩)

في هذه الحالة يتم التوصل إلى السحب بواسطة جهاز فينتوري من مرور الماء خلال مقطع ضيق وهذا سوف يزيد من سرعة جريان الماء ومولداً ضغطاً سالباً والذي بدوره يشفط المحلول السمادي من خزان سماد مفتوح عن طريق أنبوب مثبت في المقطع الضيق.

تصنّع أجهزة فينتوري من مواد مقاومة للتآكل مثل النحاس والبلاستيك والفولاذ غير القابل للصدأ ويعتمد معدل الحقن لجهاز فينتوري على ضائعات الضغط التي تتراوح من ١٠-٧٥٪ من الضغط الإبتدائي بالإعتماد على نوع الحاقن وظروف التشغيل إذ يتطلب تشغيل أجهزة فينتوري ضغطاً إضافياً للسماح لضائعات الضغط الضرورية. إن الضغط الثابت عند مدخل الحاقن هو الذي يضمن تجانس تركيز المغذي مع الوقت. ويشار إلى ضائعات الضغط كنسبة مئوية نسبة إلى الضغط عند المدخل ويبدأ عادة السحب عندما تكون ضائعات الضغط أكثر من ٣٣٪ من ضغط المدخل ولكن الأجهزة ذات المراحل المزدوجة تعمل بضائعات ضغط ١٠٪ فقط. يعتمد معدل السحب على ضغط المدخل وضائعات الضغط وقطر أنبوب الماء الذي ربما يتم تنظيمه بواسطة صمامات ومنظمات وقد يتراوح معدل السحب من ١٠٠ مل/ساعة -٢٠٠ مل/ساعة. وتثبت حاقنات فينتوري في الخط أو على جانب الخط أما في البيوت البلاستيكية يتم زيادة جريان الماء بمضخة مائية مساعدة توضع على جانب الخط.

من مزايا نظام فينتوري: ليس هنالك حاجة لوجود مصدر طاقة خارجي والسحب يكون بتكلفة واطئة من الخزان المفتوح ومعدلات السحب تكون ضمن مدى واسع، تشغيل بسيط ومعدل اندثار واطئ وسهولة النصب والنقل الملائم ويتوافق مع التحكم الأتوماتيكي وتجانس في تركيز العنصر الغذائي ومقاومة للتآكل.

أما محدوديات النظام فهي: فواقد ضغط عالية وتأثر معدل الحقن بتذبذب الضغط.

(٣) مضخات الحقن

يمكن لمضخات الأسمدة أن تعمل بالكهرباء أو محرك احتراق داخلي أو تراكتور PTO أو هايدروليكياً بواسطة ضغط الماء (لنظام الري). والمضخات الهايدروليكية متعددة الإستخدامات تكون عادة موثوقة وذات تكلفة تشغيل وصيانة بسيطة (لوحات ٥-١٠، ٥-١١، ٥-١٢) فبعض أنواع المضخات الهايدروليكية ذات الداي فرام (الغشاء الرقيق) والمكبسية التي تعمل بضغط نظام الري تطرح جزء من الماء المدوّر بعد أن تنشتت طاقته. تستخدم المضخات الإنتباذية عندما تكون هنالك حاجة إلى ضخ كميات كبيرة من المحلول السمادي أو يكون محلول السماد عكراً بينما تستخدم المضخات الدوّارة عندما يتطلب الحقن دقة عالية وضخ كميات قليلة من المحلول السمادي. إن أكثر أنواع المضخات السائدة هي المضخات التي تعمل بالماء ذات الداي فرام والمكبسية والتي تجمع الدقة والثقة وتكاليف الصيانة المنخفضة.

إن المضخات المستخدمة في التسميد بالري غالباً ما يتم السيطرة عليها بالتحكم الأتوماتيكي حيث يثبت جهاز ارسال بنابض على المضخة إذ يقوم بتحويل حركة المكبس أو الداي فرام إلى إشارات كهربائية لرصد التصريف حيث ترسل هذه المعلومات إلى جهاز التحكم والذي يحدد كمية محلول السماد المحقون والمثبت بموجب برنامج معدّ سلفاً. إن كمية المحلول السمادي الذي يعطى يمكن تنظيمه على أساس التناسب أو الكمية ففي النمط التناسبي يضاف السماد كنسبة ثابتة بالنسبة لمياه الري خلال فترة الري أما في نظام الكمية فتحقن كمية معروفة مسبقاً من المحلول السمادي بشكل دفعات وبفترات قصيرة خلال عملية الري.

أما في البيوت الزجاجية فتكون الإضافة للمحلول السمادي بعناصره الغذائية المتعددة من الممارسات الروتينية. وعندما لا يمكن خلط الأسمدة بعضها مع البعض بشكل محلول مركز لخطورة حدوث تكسر أو ترسيب، يتم نصب اثنتان أو ثلاث حاقنات في - الخط وفي بداية جهاز السيطرة. إن نسب الإضافة لحاقنات مختلفة يتم تنظيمها ورصدها من خلال جهاز التحكم لعملية الري.

إن العديد من المضخات تم استخدامها في عملية التسميد بالري ومنها:

• المضخة الهايدروليكية

وهي مضخات ذات قدرة هايدروليكية تعمل بجريان الماء من خلال توربين أو بواسطة تدوير الداي فرام أو المكبس. إن معدل حقن السماد يتناسب عادة مع مياه الري ويعتمد معدل التصريف على ضغط الماء وبمجرد غلق الماء يتوقف حقن السماد.

• مضخة الداي فرام (لوحة ٥-١٠)

تتكون المضخة من تركيبتين من الداي فرام، العلوي والسفلي مرتبطة بقضيب عمودي مركزي. إن الداي فرام الواحد يتركب من حجرة محلول العنصر الغذائي وحجرة أخرى لماء التشغيل حيث يدخل ماء الري الحجرة التحتية في كلا الداي فرام في وقت واحد مولداً حركة إلى الأعلى وفي نهاية هذه الحركة يغلق صمام التوزيع مدخل سحب السماد ويفتح منفذ حقنه. إن الماء في كلا الحجرتين التحتيتين لأسفل الداي فرامين يتم طرحه خارجاً وفي نهاية الحركة إلى أسفل يغلق صمام التوزيع منفذ صرف الماء ويفتح مدخل ماء التشغيل وبذلك يجدد الحركة للأعلى. وعند نزول الداي فرام العلوي يحصل سحب محلول السماد بينما عند الحركة إلى أعلى يحقن المحلول السمادي إلى داخل نظام الري. إن مضخات الداي فرام ذات تكلفة أعلى من مضخات الحقن المكبسية، لكن أجزاءها المتحركة تكون أقل ومكوناتها التي هي في تماس مع المحلول السمادي والذي يسبب التآكل تكون أقل. تتراوح سعة مضخات الداي فرام بين ٣-١٢٠٠ ل/ساعة وضغط التشغيل بين ٤ . ١-٨ بار وإن النسبة بين كمية المحلول المحقون وماء الصرف هي ٢:١ . يمكن إجراء تنظيم لمضخات الداي فرام بواسطة صمام ميكانيكي والذي يمكنه السيطرة عن طريق صمام قياس ومحول بنابض على عدد الضربات في نسبة معدّة سلفاً لمعدل جريان ماء الري ويجرى التسميد بالري التناسبي بواسطة مقياس دفعات اتوماتيكي حيث تتم السيطرة الأتوماتيكية بواسطة قاطع الكتروني صغير جداً ملحق بالمضخة، والذي يحول النبضات إلى معلومات ترسل إلى جهاز التحكم بالري.

• المضخات الهايدروليكية المكبسية (لوحة ٥-١١)

في المضخات المكبسية يتم استخدام ماء الري المضغوط لتحريك المكبس حيث تكون كمية المياه المطروحة ثلاث مرات كمية المحلول السمادي المحقون. إن المحرك أي سي (c.a) داخل الغلاف الأسطواني يتكون من مكبس ثنائي وصمام تحكم رئيسي يشغل المضخة إذ تقوم المضخة بسحب المحلول السمادي من الخزان وتحقنه في نظام الري والصمام يحرر الهواء من النظام خلال سحب المضخة وأيضاً يستخدم كحماية تجاه عملية السيفون للمحلول السمادي في الخط الرئيسي إذا حصلت مشكلة في تجهيز الماء. تتراوح سعة المضخات المكبسية بين ١ و ٢٥٠ ل/ساعة وضغط التشغيل يكون ٥ . ١-٨ بار (١٥-٨٠م) ويمكن استخدام منظمات الجريان لتنظيم معدل التصريف للمضخة أو صمام قياس يغرز في أنبوب توزيع الماء المدوّر للمضخة. إن جهاز الإرسال النبضي المربوط بالحاقن يمكنه

تحويل النبضات إلى إشارات كهربائية لإعلام جهاز التحكم بكمية المحلول المحقون وتبعاً لذلك يقوم جهاز التحكم بتعديل النسبة بين ماء الري والمحلول المحقون.

• المضخات الهايدروليكية من دون مياه صرف

يحوي المحرك الهايدروليكي على مكبس وصمام لتغيير إتجاه توليد الضغط الهايدروليكي. إن نسبة المحلول المحقون إلى مياه الري يتم تعديله يدوياً بواسطة مقياس مدرّج خارجي أو ينظم بواسطة جهاز تحكم ويحقن المحلول تناسبياً في الماء الجاري خلال المضخة والذي قد يمكن تنظيمه ولن يكون هنالك ماء مطروح لأن كل جريان المياه يكون خلال المضخة. إن الإستمرارية في حقن السماد التناسبي يتم بواسطة حجرة خلط والتي يمزج فيها السماد وماء الري حيث يتم نصب المضخات في الخط أو على جانب الخط وتتراوح السعة من ٢-٢٥٠ ل/ساعة وضغط التشغيل ١.٥-٨ بار.

• المضخات الكهربائية (لوحة ٥-١٢)

تكون المضخات الكهربائية رخيصة الثمن وموثوقة وتكلفة التشغيل منخفضة ويمكن ربطها بنظام تحكم اتوماتيكي بسهولة. ويتوفر مدى واسع من النماذج (الموديلات) اعتماداً على نوع الداي فرام من مضخات داي فرام صغيرة بسعة واطئة إلى مضخات ضخمة بسعة عالية وبعض المضخات تكون بداي فرام ذو إزاحة تبادلية. وهنالك أيضاً أنواع أخرى تستخدم وحدة الإزاحةلأالموجبة بمحرك أي سي أحاديلأالطور (single - phase) بتوفير مصدر طاقة رئيسي حيث يكون ضغط التشغيل ١-١٠ بار. يكون لمضخات الداي فرام القياسية حجرة فاصلة والتي في حالة تهشم الداي فرام بسبب الإندثار تمنع المحلول من غمر المضخة نفسها أو المكونات الأخرى للنظام.

تشتغل المضخات المكبسية الكهربائية بنفس طريقة الهايدروليكية فهي ذات دقة عالية جداً وأقل اعتماداً على الضغط من مضخات الداي فرام، وبذلك فهي ملائمة لخلط الكميات المضبوطة المضافة وفيها يجب استخدام نسب ثابتة للمحاليل المختلفة. وتسمح المحركات ذات السرع العديدة بإمكانية إضافة كميات من المياه بمديات كبيرة وتكون السعة ٠.٥ إلى ٣٠٠ ل/ساعة وضغط التشغيل ٢-١٠ بار.

إدارة التسميد بالري

في نظام التسميد بالري يجب تكييف وقت إضافة السماد مع جدولة الري بعد أن يتم تحديد كميات السماد المضافة تبعاً إلى نتائج التجارب والتحاليل. إن تركيز أي عنصر غذائي في مياه الري يجب أن يؤخذ بالحسبان.

موقع حقن السماد

يمكن حقن المحلول السمادي في نظام الري عند بداية جهاز التحكم الحقلي وتتطلب مثل هذه العملية جهاز للحقن في كل حقل وربما تكون التكلفة الإجمالية عالية من وجود موقع مركزي واحد لحقن السماد. إن الإختيار الآخر لحقن السماد يكون عند بداية خطوط الري المساعدة وهذه ممارسة مألوفة في المحاصيل الحقلية وفي العديد من الحالات يكون من المناسب حقن السماد من موقع مركزي إذ يمثل البديل الأرخص ومثل هذا التصميم يقتصد في الأيدي العاملة ويتوافق مع التحكم الأتوماتيكي (لوحة ٥-١٣).

السيطرة والتحكم الأتوماتيكي

يمكن أن تكون دفعة السماد في نظام الري إما كمية أو تناسبية وفي الدفعة الكمية تحقن كمية مقاسة من السماد في نظام الري بواسطة الحاقن او مضخة السماد أو خزان السماد عند كل دورة ارواء حيث أن الحقن قد يشرع فيه ويتم التحكم فيه إما اتوماتيكياً أو يدوياً. أما الجرعة التناسبية فهي مبنيّة على أساس نسبة محددة مسبقاً بين مياه الري والمحلول السمادي إذ إن الجرعة التناسبية مألوفة في وجود وسط بدونلأتربة وتتم إضافتها أساساً بواسطة

حاقنة تشتغل بنمط نبضي وتنظم النبضات بواسطة تنسيق الإشارات المرسلة عن طريق محول النبضات ومن صمام القياس. إن مقياس الدفعة يتكون من حجرة قياس وقاطع التجاذب المغناطيسي والتسميد التناسبي يكون ضرورياً في الترب الرملية وفي الوسط بدون - تربة.

وقت الحقن

قد يستخدم التسميد بالري كجزء من دورة الري وفي هذه الحالة يتم التغاضي عن إضافة السماد في بداية ونهاية دورة الري وبهذه الطريقة يتم ضمان تكوين ضغط مناسب مع تقدم عملية الإرواء وغسل العناصر الغذائية من نظام الري حتى انتهاء دورة الري. ويمكن أن يتم حقن السماد في حالة من هذا النوع كمياً وتناسبياً.

التحكم الأتوماتيكي

يسهل التحكم الأتوماتيكي تطبيق أنظمة متنوعة للتسميد بالري متنوعة في نفس النظام دون تدخل يدوي. إن المكونات الأساسية لأجهزة التحكم الأتوماتيكي الصلبة هي:

(١) الملف اللولبي

وهو صمام أوامر ثلاثي - الطور والذي يحول النبضات الكهربائية المرسلة من جهاز التحكم بالري أو وحدة الحقل إلى حركة ميكانيكية إذ إن الحركة الميكانيكية تقوم بتنشيط العمليات الهايدروليكية أو ترسل نبضات هايدروليكية أخرى.

(٢) جهاز التحكم

إن وحدة جهاز التحكم تنسق وتتحكم بعملية التسميد بالري ففي أنظمة التناسب يقسّم محلول السماد المحقون إلى أجزاء صغيرة والتي تحقن بنسب محددة مسبقاً حسب النبضات المرسلة من مقياس الماء. يمكن تشغيل أجهزة التحكم كوحدات قائمة بذاتها أو تربط بحاسوب مركزي.

(٣) الصمام الهايدروليكي المغلق اعتيادياً

وهو صمام مقاوم للتآكل والذي يتحكم بتدفق محلول السماد إلى نظام الري ويجب أن يكون الصمام من نوع المغلق لكي يقطع فوراً تدفق محلول السماد إذا حصل لأنبوبة التحكم بالمياه أي ضرر. إن معظم المحاليل السمادية تسبب التآكل وقد تؤدي إلى تلف المكونات المعدنية بدرجة خطيرة لذا ينبغي أن تصنّع الأجهزة الملحقة والتي تتعرّض لمحاليل الحقن من مواد مقاومةلأللتآكل وإضافة لذلك ينبغي أن يغسل جهاز الحقن ونظام الري بصورة جيدة بعد كل حقن للأسمدة.

منع الجريان-المرتد

عندما يتم ربط شبكة تجهيز مياه المدينة بشبكة تجهيز مياه الري يجب أن تعتمد احتياطات صارمة لتجنيب ارتدادلأالجريان لمياه الري الحاوي على الأسمدة إلى داخل شبكة تجهيز مياه المدينة، ويحدث الجريانلأالمرتد عند فشل تجهيز الماء. هنالك طريقتان رئيسيتان لمنع الجريان-المرتد: (السيفون - المرتد) و(الضغط - المرتد).

يحدث السيفون - المرتد عند نشوء ضغط منخفض في خط التجهيز بسبب الإنحدار الهايدروليكي المفرط في الأنابيب ذات الأقطار الأقل من العادية في خط التجهيز أو بواسطة تكلس في خط التجهيز أو فشل في المضخة أو في الطاقة الكهربائية.

يحدث الضغط - المرتد عندما يكون الضغط في نظام الري أعلى من ذلك في نظام تجهيز المياه للمدينة ويحدث هذا عند استخدام مضخات بقدرة عالية في الري أو عندما تكون المنطقة المروية أعلى من خزان تجهيز المياه للمدينة طوبغرافياً.

إن الفصل الطبيعي لنظام تجهيز الماء الصالح للشرب عن محلول التسميد بالري يمكنه منع الجريانلاالمرتد وقد تحمي بعض موانع الجريانلاالمرتد من السيفونلاالمرتد فقط أما الأنواع الأخرى فهي تحمي من كل من السيفون ـ المرتد والضغطلاالمرتد. ولأجل حماية الناس فإن تركيب صمام تحكم مزدوج يكون مطلوباً في حالات كثيرة وفي حالات أخرى فإن صمام تحكم للجريانلاالمرتد بضغط منخفض يكون كافياً.

أما قاطع التفريغ الهوائي الذي يركّب خلف الصمام السابق فهو يسمح للهواء بالدخول بإتجاه أسفل التيار عندما يقل الضغط ويكون لقاطع تفريغ الضغط صماماً بفتحة هوائية والتي تكون محمولة بالداخل بواسطة زنبراك. إن هذا الصمام يكون غير مناسب لأنظمة تسميد بالري تعمل بطاقة خارجية حيث تكون قواطع التفريغ فعالة لمنع السيفون ـ المرتد ولا يمكن استخدامها لمنع الضغط ـ الراجع.

يمتلك صمام التحكم المزدوج صمامين مترادفين للتحكم محشوين عن طريق زنبرك أو ثقل ومثبتين كوحدة واحدة بين صمامين محكمي الغلق ويكون الجهاز فعالاً لمنع الجريان ـ المرتد المسبب بالضغط ـ المرتد أو السيفون ـ المرتد حيث يثبت في مقدمة نظام الحقن.

إن مانع الجريان ـ المرتد ذو الضغط المنخفض يتكون من صمامين للتحكم منفصلين ومحشوين من الداخل ومعزولان عن طريق منطقة الضغط المنخفض حيث في منطقة المنخفض يكون الضغط أقل من ذلك الضغط عند المدخل وأعلى من الضغط عند المنفذ الخارجي وعند وصول الضغط عند المنفذ بقدر مستوى الضغط عند المدخل يغلق كلا الصمامين ويمنع الجريان ـ المرتد.

6

الفصل السادس

متطلبات العنصر الغذائي والدفعة السمادية والتوقيت

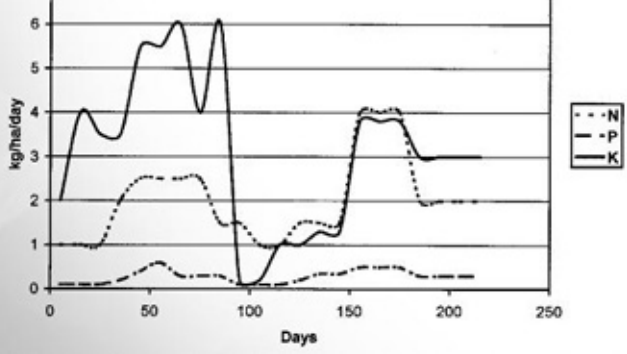
توفر تقنية التسميد بالري إمكانية تنظيم إضافة العنصر الغذائي مع تغيّر حاجة النبات وهذا يتطلب معرفة كمية ومعدل امتصاص العنصر الغذائي بواسطة المحصول في مراحل النمو حيث يعتمد امتصاص العنصر الغذائي في أي وقت على صفات النبات والغلة النهائية المتوقعة ومحتوى العنصر الغذائي في النبات وفي المادة المتبقية والظروف البيئية مثل درجة الحرارة والرطوبة والضوء. إن توفر العناصر الغذائية الموجودة أساساً في المحاصيل المزروعة في تربة يجب أن تؤخذ بالإعتبار في حساب كمية العنصر الغذائي المضاف والتوصيات السمادية يجب أن تعتمد على قياس امتصاص العنصر الغذائي والتي تجرى تحت ظروف قريبة قدر الإمكان من تلك التي سوف يزرع فيها النبات.

في ضوء ما ذكر أعلاه تتضح إمكانية اعطاء توصيات سمادية عامة فقط لإمتصاص العنصر الغذائي بواسطة محصول معين وبالطريقة المتبعة في زراعته وعلى أية حال فإن التسميد بالري هي تقنية زراعية عملية وعلى المزارع أن يستخدم الكمية المثلى من السماد بالإعتماد على المعرفة المتوفرة لإمتصاص العنصر الغذائي واتمام ذلك بتحليل الورقة وماء الري والصرف واختبار التربة.

وفيما يلي أمثلة عديدة تم الحصول عليها من بيانات حول امتصاص العنصر الغذائي ومستوى العنصر الغذائي في الأوراق وتوصيات سمادية منشورة في مراجع مختلفة.

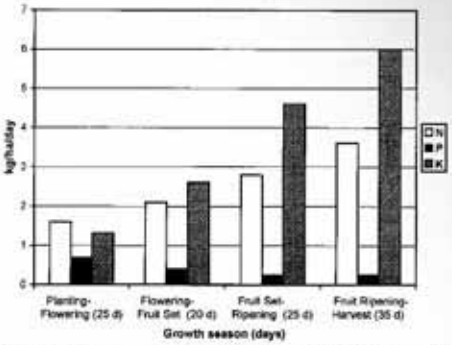
٦-١ البندوره

أعطى Bar Yosef (1995) بيانات عن امتصاص العنصر الغذائي بواسطة بندورة البيوت البلاستيكية المزروعة بتربة رملية وأنتجت ١٩٥ طن/هك ثمار وكانت الكمية الإجمالية الممتصة لكل عنصر غذائي:
N، ٤٥٠؛ P، ٦٥؛ K، ٧١٠ كجم/هك. ويبدو من (شكل ٦-١) بأن امتصاص العنصر الغذائي يتغير مع الزمن حيث يبدأ بالتزايد منذ اليوم الأول للزراعة إلى وصوله الذروة أولاً عند ٤٠-٨٠ يوم بعد الزراعة وبعد ذلك بين ١٥٠-١٨٠ يوم.



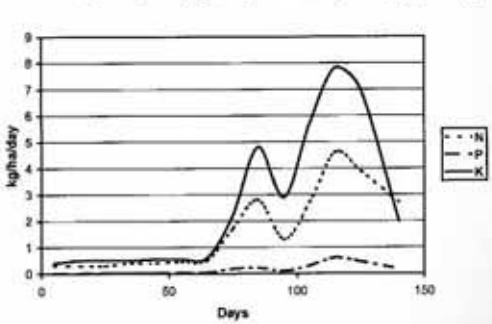
شكل (٦-١) معدل امتصاص العناصر الغذائية بواسطة بندورة البيوت البلاستيكية

وتوصي وزارة الزراعة الإسرائيلية-الخدمات الإرشادية بأن تكون إضافة العناصر الغذائية وبوحدات كجم/هك لغلة بندورة متوقعة بحدود ١٠٠طن/هك المزروعة بتربة مزيجة رملية كما يلي: N، ٢٨٠؛ P، ٤٠؛ K، ٤١٥ كجم/هك وتتضمن التوصية أيضاً كيفية تجزئة هذه الإضافات خلال مراحل نمو المحصول (شكل ٦-٢). تستخدم هذه الإضافات كدليل وينبغي أن تعدل متى كان ذلك ضرورياً.



شكل (٦-٢) معدلات اضافة العناصر الغذائية الموصى بها للبندورة تبعا لفصول النمو

إن استهلاك العنصر الغذائي دالة لظروف النمو إضافة لعوامل أخرى ولتوضيح ذلك فإن بيانات لإمتصاص العنصر الغذائي بواسطة البندورة المزروعة في الحقل وفي تربة رملية وتنتج ١٢٧ طن/هك كانت: N، ٢٥٠؛ P، ٢٤؛ K، ٣٧٠ كجم/هك (Bar Yosef,1995) ويبين شكل (٦-٣) الإمتصاص اليومي لـ N, P, K وهذا يختلف كلياً عن الإمتصاص بواسطة البندورة المزروعة في البيت الزجاجي (شكل ٦-١).



شكل (٦-٣) معدلات الإمتصاص للعناصر الغذائية بواسطة البندورة النامية في الحقل

في ظروف زراعية مختلفة أشار Wolf et al (1985) إلى أن ٦٧ طن/هك من محصول البندورة يمتص N، ٢٠١؛ P، ٢٣.٥؛ K، ٣١٢؛ Mg، ٣١؛ S، ٤٦ كجم/هك في حين اعتبر خAchile أن ٩٠ كجم/هك من محصول البندورة يمتص N، ٣٥٠؛ P، ٣٥؛ K، ٤١٥؛ Ca، ١٠٠؛ Mg، ١٨ كجم/هك واعتماداً على امتصاص العنصر الغذائي لكل طن ثمار فإن الإختلاف بين المجموعتين من النباتات ليست جوهرية جداً عدا Mg.

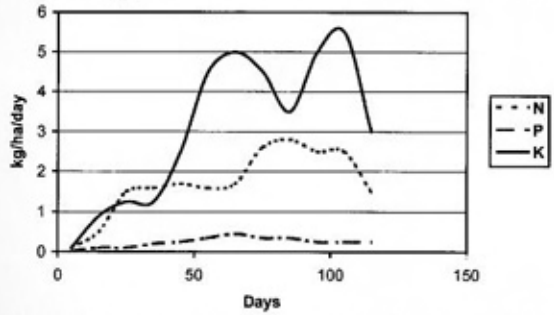
وتجدر الإشارة إلى أن تحليل الأوراق قد استخدم كمؤشر جيد لتقدير المستوى المثالي لإضافة العنصر الغذائي. في هذه الحالة يجب تحديد المستويات العادية للعناصر الغذائية والمرتبطة بغلة المحصول تجريبياً فعلى سبيل المثال أعطى Westerman (1990) محتويات أوراق البندورة من العناصر الغذائية (جدول ٦-١) وتشير التراكيز الأقل من العادية على أن النبات يعاني نقصاً بذلك العنصر وينبغي زيادة معدل السماد بينما القيم العالية تشير إلى أن هنالك زيادة وبالتالي فالتوصية تكون بتقليل تجهيز العنصر الغذائي.

جدول (٦-١): التراكيز الإعتيادية في البندورة (أول ثمرة ناضجة) وأوراق كاملة النضج وغضة

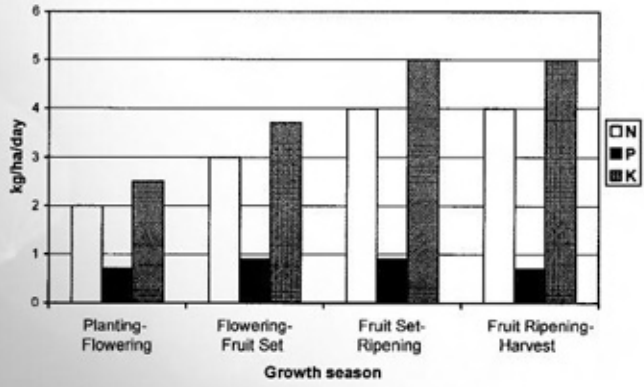
N	P	% بالمادة الجافة		Mg	--
		K	Ca		
٤,٠-٢,٥	٠,٦-٠,٣	٤,٠-٣,٠	٢,٠-٠,٥	١,٠-٠,٦	--
Cu	Zn	جزء بالمليون بالمادة الجافة		B	Mo
		Mn	Fe		
١٠-٥	٤٠-٣٠	١٠٠-٥٠	٣٠٠-١٠٠	١٠٠-٣٠	٠,٤

٦-٢ الفلفل الجرسي

إن المثال الآخر لمحصول خضري مسمّد بالري هو الفلفل الجرسي والذي فيه الإمتصاص الكلي للعناصر الغذائية بواسطة ٧٥ طن/هك من محصول مزروع في تربة رملية كان N، ٢٠٥؛ P، ٣١٥؛ K، ٣٧٠ كجم/هك (BarYosef,1995) ويبدو من (شكل ٦-٤) بأن نمط الإمتصاص يتغير مع الزمن ويصل الذروة بين ٧٠-١١٠ يوم بعد البذار. إن معدلات العناصر الغذائية الموصى بها للإضافة مبينة في (شكل ٦-٥) وتورد شركة حيفا للكيماويات المحدودة من مصادر عديدة متطلبات العناصر الغذائية الإجمالية بواسطة ٥٠-٧٠ طن/هك لناتج الفلفل المزروع في تربة رملية متوسطة: N، ٣٠٠-٤٠٠؛ P، ٨٧-١١٤؛ K، ٢٩٠-٤١٥ كجم/هك.



شكل (٦-٤) معدلات امتصاص العناصر الغذائية بواسطة الفلفل الجرسي



شكل (٦-٥) معدلات اضافة العنصر الغذائي الموصى بها للفلفل تبعاً لمراحل النمو

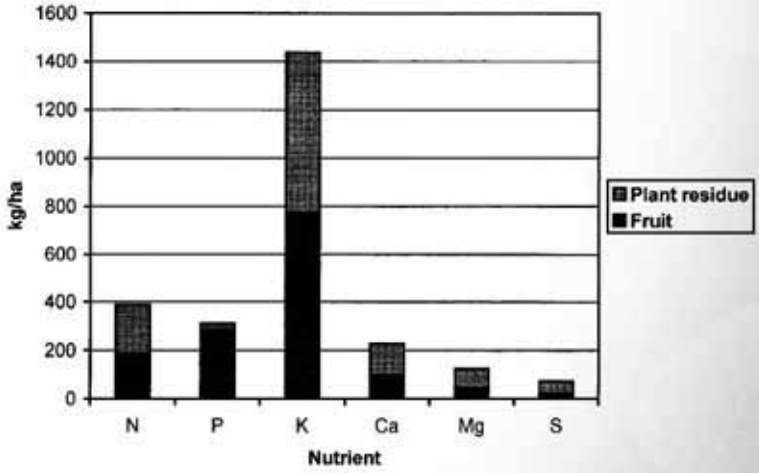
إن تراكيز العناصر الغذائية العادية في أوراق الفلفل الجرسي (Westerman,1990) معطاة في (جدول ٦-٢).

جدول (٦-٢): تراكيز العناصر الغذائية العادية في الفلفل الجرسي (وسط مرحلة النمو)، أوراق كاملة النضج وغضة

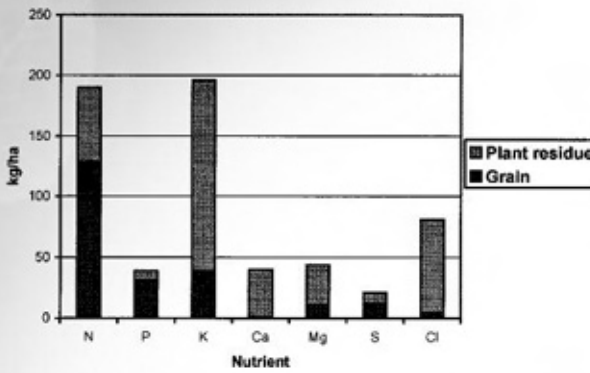
N	P	% بالمادة الجافة		Mg	--
		K	Ca		
٤,٥-٣,٠	٠,٧-٠,٣	٥,٤-٤,٠	٠,٦-٠,٤	١,٧-١,٠	--
Cu	Zn	جزء بالمليون بالمادة الجافة		B	Mo
		Mn	Fe		
٢٠-١٠	٥٠-٤٠	١٢٠-٨٠	٣٠٠-٢٠٠	١٠٠-٤٠	٠,٤

٦-٣ الموز

حسب (Lahav and Turner,1989) كل عنصر غذائي أزيل من قبل محصول الموز بغلة ٥٠ طن/هك ثمار طازجة إضافة إلى كمية العنصر الغذائي في بقايا النبات (شكلي ٦-٦ و٦-٧).



شكل (٦-٦) العناصر الغذائية المزالة من قبل محصول الموز بغلة ٥٠ طن/هك ثمار طازجة



شكل (٦-٧) العناصر الغذائية الصغرى المزالة من قبل محصول الموز بغلة ٥٠ طن/هك ثمار طازجة

إن معدلات السماد السنوية الموصى بها للموز المزروع في تربة مزيجة رملية بغلة ثمار متوقعة ٤٠-٥٠ طن/هك معطاة في جدول (٦-٣).

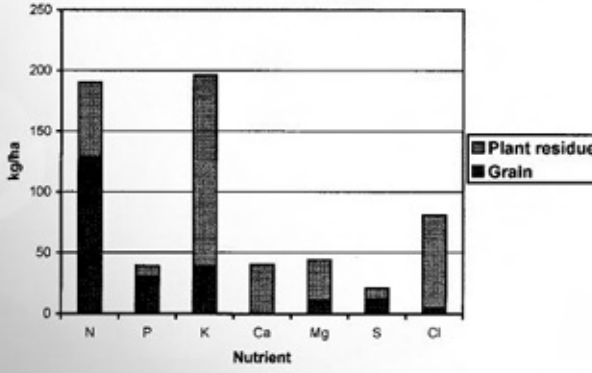
جدول (٦-٣): معدلات السماد الموصى بها للموز (كجم/هك)

N	P	K	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu	B
٤٠٠-٢٤٠	٤٥-٣٠	٨٣٠-٦٦٠	٧٢-٤٨	٤-٢	٧-٤	٠,٦-٠,٣	٠,٢-٠,١	٠,٩-٠,٣

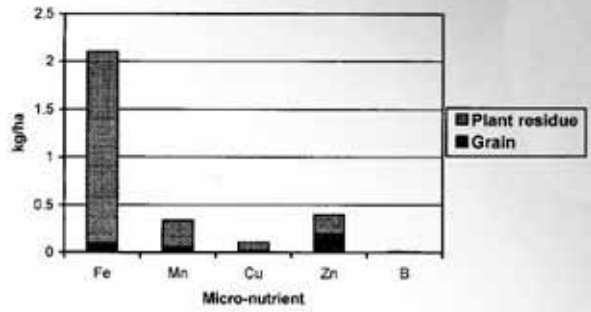
هذه المعدلات الموصى بها تتوافق مع بيانات الإمتصاص للعناصر الغذائية. إن المدى المعطى هو بسبب الإختلافات في الغلة المتوقعة وإلى قدرة توفير العناصر الغذائية الجاهزة من التربة أو إلى تثبيت العنصر الغذائي في التربة.

٦-٤ الذرة الصفراء والذرة الحلوة

إن معدل محتوى العناصر الغذائية لمحصول الذرة الصفراء فوق سطح الأرض بغلة ٩,١ طن/هك حبوب المعطاة من قبل (Corrazina et al.,1991) مبينة في الأشكال (٦-٨ و٦-٩).



شكل (٦-٨) معدل محتوى العناصر الغذائية لذرة صفراء بغلة ١.٩ طن/هك حبوب



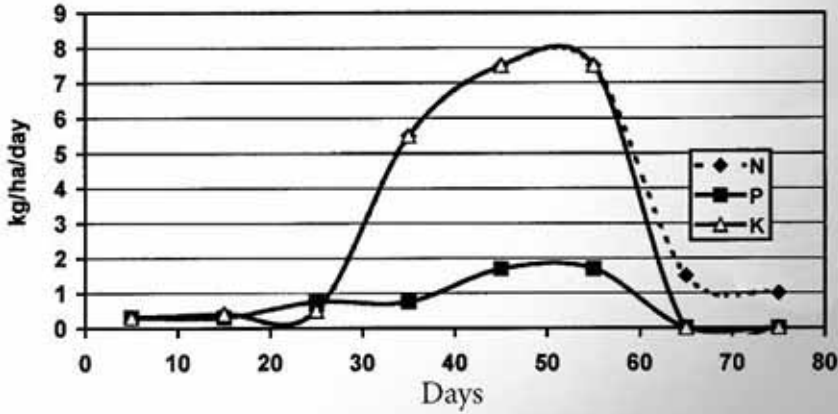
شكل (٦-٩) معدل محتوى العناصر الغذائية الصغرى للذرة الصفراء بغلة ٩,١ طن/هك حبوب

إن مستويات العناصر الغذائية العادية في الذرة الحلوة (Westerman,1990) مبينة في جدول (٦-٤).

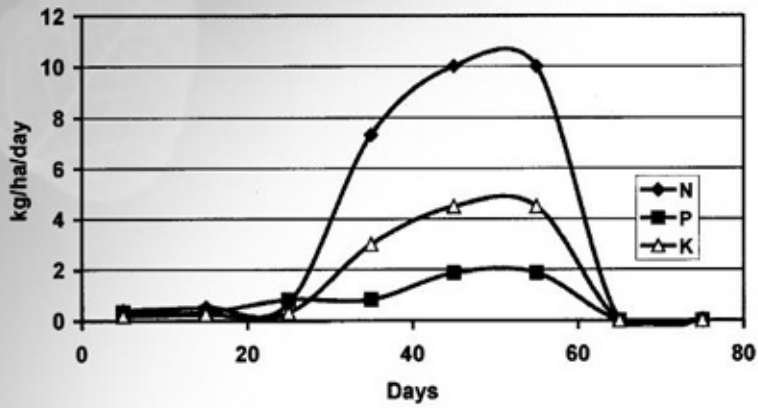
جدول (٦-٤): تراكيز العناصر الغذائية العادية في الذرة الحلوة (بعد تكوين الشعيرات)، الورقة الأذنية

N	P	% بالمادة الجافة		Mg	--
		K	Ca		
٣,٥-٢,٨	٠,٣٠-٠,١٨	٢,٨-١,٨	٢,٥-١,٦	٠,٨-٠,٤	—
Cu	Zn	جزء بالمليون بالمادة الجافة		B	Mo
		Mn	Fe		
١٢-٨	٤٠-٢٠	١٤٠-١٠٠	١٦٠-٦٠	٧٠-٤٠	٠,٢

إن معدل امتصاص العناصر الغذائية من ١٠,١ طن/هك غلة ذرة حلوة المنشور من قبل Wolf et al(1985). كان: N, 157; P, 23; K, 126; Mg, ١٣ كجم/هك. ولقد نشر Yosef Bar (١٩٩٥) كميات امتصاص أعلى لغلة ٢٨ طن/هك من ذرة حلوة في تربة مزيجة: N, 240; P, 40; K, ٣٢٠ كجم/هك حيث يبين (شكل ٦-١٠) امتصاص العناصر الغذائية مع الزمن و(شكل ٦-١١) معدلات العناصر الغذائية الموصى بها لإضافتها.



شكل (٦-١٠) امتصاص العناصر الغذائية اليومي بواسطة الذرة الحلوة، كجم/هك/اليوم



شكل (٦-١١) الإضافات اليومية للعناصر الغذائية الموصى بها في الذرة الحلوة

٦-٥ الحمضيات

تكون معظم العناصر الغذائية المزالة من أشجار الحمضيات متركزة في الثمار وهذا هو الأساس في حساب متطلبات السماد للحمضيات آخذين بالإعتبار محتوى العناصر الغذائية المتوفرة في التربة وتفاعلات العناصر الغذائية المضافة إلى التربة. إن مدى إزالة العناصر الغذائية من محصول حمضيات مثمر لـ ٥٠ طن/هك قد حسب من بيانات (Erner et al ,1995) ولـ ٦٠ طن/هك برتقال من بيانات أعطيت من قبل (1985) Wolf et al (جدول ٦-٥).

جدول (٦-٥): إزالة العناصر الغذائية بواسطة ثمار الحمضيات والبرتقال (كجم/هك)

العنصر الغذائي	حمضيات ٥٠ طن/هك	برتقال ٦٠ طن/هك
N	٥٩-٩٥	٣٠٠
P	٩-١٤	٢٧
K	٧٤-١٣٠	٣٠٧
Ca	١٧-٥٢	٨٥
Mg	٨-١٠	٤٣
S	--	٣١

يبدو أن مدى القيم واسع جداً ولذا فإن هنالك حاجة للحصول على قيم أكثر دقة. لقد قامت شركة حيفا للكيماويات المحدودة بجمع البيانات حول معدلات إزالة العناصر الغذائية بواسطة ثمار طازجة لأصناف مختلفة من الحمضيات (جدول ٦-٦). وبرغم من أن البيانات في (جدول ٦-٦) تبين أن المؤشر العام متوفر ولكن وجود بعض الإختلافات تدعو إلى أنه من الأفضل الحصول على قيم أكثر دقة لترب وظروف مناخية مختلفة.

جدول (٦-٦): العناصر الغذائية المزالة بواسطة ٥٠ طن/هك لثمار طازجة ولأصناف مختلفة للحمضيات كجم/هك

الصنف	N	P	K	Ca	Mg
برتقال	٨٩	١١	١٣٢	٣٦	١١
ليمون	٨٢	٨	٨٦	٢٤	٦
جريب فروت	٥٢	٦	١٠٠	٢٠	٥

إن مستويات العناصر الغذائية العادية في أوراق حمضيات (بعمر ٤-٧ أشهر، أوراق عروق ربيعية من نهايات غيرلأمثمرة) استنبطت من بيانات (Erner et al,1999) (جدول ٦-٧). إن قيمة كل عنصر غذائي في الأوراق والتي تكون أقل من أدنى قيمة معطاة في جدول (٦-٧) تدل على أن النبات يعاني نقص في ذلك العنصر الغذائي وينبغي زيادة معدلات الإضافات السمادية بينما القيمة العالية تدل على زيادة مما يقتضي تقليل تجهيز ذلك العنصر الغذائي.

جدول (٦-٧): تراكيز العناصر الغذائية العادية في أوراق الحمضيات

--	Mg	% بالمادة الجافة		P	N
		Ca	K		
--	٠,٨-٠,٢	٧,٠-١,٥	٢,٤-٠,٧	٠,٣-٠,١	٣,٠-٢,٢
Mo	B	جزء بالمليون بالمادة الجافة		Zn	Cu
		Fe	Mn		
٥٠-٠,٠٥	٢٦٠-٢٠	٢٠٠-٣٥	١٠٠٠-١٨	٢٠٠-١٨	٢٠-٤

إن المؤشرات العامة لمعدلات التسميد بالري لمحاصيل مختلفة أخرى قد يمكن ايجادها في المنشورات مثل كيماويات حيفا المحدودة ومعهد البوتاس العالمي، باسيل.

7

الفصل السادبع

الرصد والتحكم

يمكن القول بأن التسميد بالري هو احدى التقنيات الزراعية الدقيقة ولغرض استغلال قدرة هذه التقنية في توفير المياه والعناصر الغذائية بالكميات المطلوبة وبأقل فواقد للبيئة فإن الحاجة تتضمن معرفة متطلبات النبات والرصد المستمر للمياه والعناصر الغذائية.

٧-١ رصد متطلبات المياه

في نظم السيطرة الجيدة مثل التسميد بالري ينبغي أن يوفر الري للنباتات كميات كافية من المياه لمنع الشدّ الذي قد يشكل سبباً في انخفاض الغلة وفي نفس الوقت ينبغي عدم إضافة كميات مياه تزيد عن الكميات اللازمة لغسل الأملاح الزائدة خارج المنطقة الجذرية. إن البيانات الأساسية لمتطلبات المحصول من المياه يمكن الحصول عليها بإجراء القياسات العادية للبيانات المناخية ولجهد الماء في التربة أو وسط النمو. وينبغي لهذه القياسات أن تجرى تحت ظروف نباتية وبيئية قريبة قدر المستطاع من المواقع الحقيقية. والطريقة الأسهل (وبنفس الوقت غير الكفوءة) لتحديد الحاجة للري هي بواسطة مراقبة التغيرات في مظهر النبات مثل اللون وفقدان الإنكماش. من المتوقع عند ملاحظة مثل هذه المؤشرات على النبات أن يكون الوقت قد فات لمنع الشدّ الذي يحصل للنبات.

تتوفر طرق عديدة لتقدير متطلبات المحصول للماء والتي تمثل كمية الماء المضافة خلال فترة الري والطريقة المستخدمة على نطاق واسع تعتمد على تقديرات وقياسات التبخر- نتح (ET) والذي يمثل الفقد المشترك للماء بواسطة التبخر من سطح الماء أو التربة وبواسطة النتح من النبات (Burman et al,1980). إن التبخر- النتح الكامن (ET_p) لأي فترة معينة غالباً ما يتم تقديرها من خلال قياس النقص في كمية الماء في حوض مفتوح، وقد يعبر عن تلك الكمية بوحدات ملم/يوم والحوض الإعتيادي الذي يستخدم على نطاق واسع هو حوض صنف (أ) الأمريكي بقطر ١٢١سم وعمق ٢٥.٥سم (لوحة ٧-١). يشمل معدل التبخر من الحوض الظروف المناخية المحيطة مثل درجة حرارة الهواء والرطوبة النسبية والإشعاع وسرعة الرياح وفي أي فترة من فترات النمو قد يختلف ET الحقيقي عن ET_p بسبب التغيرات في النسبة المئوية لسطح التربة المغطى بالنبات وكثافة النبات وصفات الأوراق النباتية. إضافة لذلك فإن طريقة الري تؤثر في التبخر - نتح ففي الري بالتنقيط يكون جزءً فقط من التربة أو سطح وسط النمو رطباً بينما في الري بالرش يكون جميع السطح رطباً لذلك فإن طبيعة توزيع الماء قد تؤثر في معدل التبخر وعليه ينبغي تحديد ET مسبقاً بالتجربة وبقياسات فقد الماء لكل صنف من النباتات ولكل فترة نمو للنبات ولكل التقنيات الزراعية المعتمدة في الزراعة.

وتعرّف النسبة بين ET لمحصول معين عند فترة نمو معينة إلى ET_p على أنها معامل المحصول (K_c) وتبعاً لذلك فإن ($ET_p/ET = K_c$) وكمثال فإن معاملات محصول البندورة النامية في حقل زراعي وموصى بها من قبل الخدمات الإرشادية الزراعية (Reshef,2000) هي كما يلي:
عند بداية فترة النمو K_c = ٠.٤ وهذه تزداد مع تطور النبات وخلال فترة النمو الخضري وحتى بداية تكوين الثمار، تكون قيمة K_c = ٠.٥-٠.٦. ومن بداية تكوين الثمار حتى تغير اللون لأول ثمرة تكون قيمة K_c = ٠.٧-٠.٨ وفي نهاية الموسم وعند وقت الحصاد تصل قيمة K_c إلى ٠.٩. إن كمية الماء التي يجب إضافتها في فترة الإرواء تحسب من حاصل ضرب ET_p المقاسة و K_c.

وقد تقدّر متطلبات المحصول من المياه أيضاً بقياسات مباشرة لرطوبة التربة (Camphell and Mulla 1990) والطريقة الوزنية بسيطة ومباشرة ولكنها تستغرق وقتاً وعمالة. وتتضمن الطريقة أخذ عينات التربة بالمثقاب من منطقة الجذور الفعالة وتوزن ثم تجفف عند ق١٠٥م وتوزن مرة ثانية. الفرق بالوزن يمثل رطوبة التربة حيث يمكن

التعبير عنها كنسبة مئوية على أساس الكتلة الجافة (وزن/وزن) أو إذا كانت العينة غير مثارة ومأخوذة على أساس حجم معين فيعبر عنها على أساس الحجم (حجم الماء/حجم التربة). إن كمية مياه الري اللازمة تحسب من الفرق بمحتوى الماء الحالي في التربة والسابق والذي يتم بعد فترة قصيرة من آخر ريّة. أما الطريقة الأفضل للحصول على المتطلبات المائية هي بتحديد "السعة الحقلية" وحساب الفرق بين قيمة "السعة الحقلية" والقيمة المقاسة للرطوبة في الحقل والسعة الحقلية هي معامل تربة مقاس وزنياً ويعرّف على أنه كمية الماء الممسوكة في التربة بعد صرف الماء الزائد عنها إلى أسفل عمق منطقة الجذور.

تتوفر طرق أكثر تعقيداً لتحديد حالة الرطوبة للتربة.

(١) مقياس الشدّ (التنشيومتر)

استخدمت التنشيومترات التي تقيس شد رطوبة التربة على نطاق واسع (لوحة ٧-٢) وقبل استخدام التنشيومترات في تحديد المتطلبات المائية يجب ايجاد علاقة بين شد رطوبة التربة وكمية الماء الموجودة في التربة وهذه العلاقة تستحصل عادة بواسطة قياس الرطوبة في التربة المتبقية بعد تعريض عينات التربة لضغوط مختلفة في صفائح ضغط مسامية سيراميكية مغلقة.

والتنشيومتر هو أنبوبة مغلقة بحيث تكون مملوءة بالماء ويرتبط بها كأس (فنجان) سيراميكي من أحد النهايتين التي تغرس في التربة وفي النهاية الأخرى يوجد مقياس للضغط ويتحرك الماء عن طريق سحبه من خلال الكأس المسامي بإتجاه التربة حتى يتم الوصول إلى حالة التوازن بين شد ماء التربة والضغط في التنشيومتر وتعطي القراءة على مقياس الضغط قيمة شد ماء التربة والتي تحول إلى كميات مياه ومتطلبات للري. إن التنشيومتر يكون مفيداً ضمن حدود معينة لشد ماء التربة إذ عند شد حوالي ٠,٨ بار قد يتغلغل الهواء في الكأس المسامي مما يؤدي إلى اضطراب في قياس الضغط والتنشيومترات تقدّر رطوبة التربة في المحيط الموجودة فيها وعليه من الضروري إجراء قياسات عديدة وفي عدة أعماق لتمثيل كل المساحة المروية.

(٢) المحبس النيوتروني

إحدى الطرق النووية والتي تعتمد على الإستطارة النيوترونية في داخل التربة من مصدر نيوتروني. إن ارتطام النيوترونات بذرات الهيدروجين يقلل من طاقتها الحركية وعدد هذه النيوترونات البطيئة يتم عن طريق كاشف. وبما أن معظم ذرات الهيدروجين في التربة مرتبطة بجزيئات الماء فعليه بالإمكان تعيير عدد النيوترونات إلى رطوبة التربة ولكون حجم التربة الذي تتشتت فيه النيوترونات يتناسب مع كمية الماء الموجودة لذلك يجب أن يؤخذ هذا الحجم بالإعتبار والتشتت في التربة الجافة يكون أكبر نسبياً من التربة الرطبة. يتراوح قطر الشكل الكروي الذي يشمله القياس في التربة من بضع سنتيمترات إلى بضع عشرات من السنتيمترات.

(٣) مقياس انعكاس المجال-الزمني (TDR)

في العقد الأخير برز جهاز (TDR) في قياسات رطوبة التربة حيث تعتمد الطريقة على الخواص الكهربائية لجزيئات الماء. إن جزيئات الماء بطبيعتها موصلة وقطبية وذات استجابة لعزل عالي نسبياً والذي يمثل قياس لقدرة امتصاص الطاقة الكهرومغناطيسية. يتكون الجهاز من قضيبين معدنيين متوازيين بطول عدة عشرات من السنتيمترات حيث يغرسان داخل التربة ويوصل بالقضيبين مولد نبضات طاقة بموجات قصيرة حيث تسجل الفولتية وزمن انتقال الطاقة بين القضيبين عند الأعماق المختلفة للتربة ويتم تعيير بيانات استجابة العزل الكهربائي إلى محتوى حجمي لماء التربة.

قد تقدّر رطوبة التربة بطريقة غير مباشرة وببساطة بمؤشرات نباتية مثل قياس توسع وانكماش الساق والثمار.

٢-٧ رصد متطلبات العناصر الغذائية بواسطة فحص النبات

تحدد المتطلبات الغذائية للنبات تجريبياً من كميات ومعدلات امتصاص العناصر الغذائية بواسطة صنف نبات معين مزروع تحت ظروف مشابهة وقريبة قدر الإمكان من حالة الحقل الحقيقية. هذه البيانات قد تكون كافية لتحديد كميات العناصر الغذائية لإضافتها تحت ظروف مثالية وعندما لا يكون هنالك تفاعلات للعناصر الغذائية مع أو حجز للماء بواسطة وسط النمو المستعمل فالنبات في ضوء ذلك يمدص كل الكمية المضافة. في الواقع فإن الإحتفاظ بالماء في وسط النمو يكون بواسطة جهد الهيكل ويزداد هذا بالضغط الأسموزي المتولد بواسطة وجود الأسمدة في الماء المضاف. إن النبات يمتص الماء والعناصر الغذائية عبر غشاء الخلية الجذرية بواسطة تكوين انحدار اسموزي. ومن المعلوم أن تركيز العناصر الغذائية في الماء وفي التربة أو وسط النمو قد يتغير بسبب تفاعلات الترسيب أو الإمدصاص والإستخلاص أو بسبب حركة العناصر الغذائية إلى محلول التربة.

وبالرغم من أن متطلبات العناصر الغذائية ومعدل امتصاص العناصر الغذائية بواسطة النبات عامل مهم في تحديد استراتيجية التجهيز فإن البيانات الإضافية تكون ضرورية لإتخاذ القرارات حول الكمية المثالية لإضافة العنصر الغذائي حيث تستخدم عدة طرق لإجراء ذلك.

وتستخدم عادة أعراض نقص العنصر الغذائي المرئية في النباتات كوسيلة تشخيصية وبالرغم من أن نقص عنصر غذائي ينتج عنه تغييرات في لون الورقة عن الإعتيادي وحرق الأوراق (اسمرارها) وتشويه للأجزاء النباتية فإن أعراض مشابهة قد تتسبب بواسطة عوامل أخرى ولذلك فإن الشرط الأساس لتشخيص صحيح يتطلب خبيراً على مستوى عالي. إن الصعوبة في استخدام التشخيص المرئي هو أن الأعراض غالباً لا تظهر حتى يصبح النقص خطيراً، ويكون قد فات الآوان للتصحيح والحصول على غلة بالحد الأقصى.

يعتبر تركيز العنصر الغذائي في النسيج النباتي مؤشراً جيداً لجاهزيته للنبات وفيما يخص بعض العناصر الغذائية والمحاصيل فإن مستويات العناصر الغذائية في الأوراق والمشخصة على أنها كافية أو غير كافية قد أعطيت في الفصل السابق. وعلى أية حال فإن الإستدلال على التوصيات السمادية من بيانات تحليل الأوراق لا يكون دائماً كافياً حيث أن تراكيز العناصر الغذائية النباتية في الأنسجة يتغير مع العمر الفيزيولوجي للنسيج وتؤثر الرطوبة النسبية للهواء ودرجة الحرارة ورطوبة التربة في تراكيز العناصر الغذائية بواسطة التأثير في النتح وانتقال المحلول الغذائي في النبات بالإضافة إلى معدل نمو النبات، وعليه يعتبر إجراء قياسات دقيقة لعينة نسيج النبات ضرورياً. وعلى العموم ينبغي أن يتم أخذ العينة من نباتات فعالة وذات نمو متماسك ولا تظهر أي علامة من علامات اجهاد الجفاف عليه. على سبيل المثال توصي الخدمات الإرشادية بأن تكون عينات أوراق أشجار الحمضيات الناضجة من آخر نباتات مزروعة وفي منطقة تواجد الثمار وعند ارتفاع ٥ ، ١م من سطح التربة وفي الجانب الشمالي للشجرة. أما بالنسبة لأشجار الموز فتؤخذ عينات منفصلة لنصل الورقة والسويقة حيث يؤخذ للتحليل جزء من نصل الورقة للورقة الثالثة وجزء من السويقة للورقة السابعة محسوبة من الأعلى.

غالباً ما يستخدم مفهوم تركيز العنصر الغذائي الحرج في النسيج النباتي وعندما يكون تركيز العنصر الغذائي أقل من المستوى الحرج فإن غلة المحصول سوف تتأثر سلبياً. وعلى أية حال فإن المستوى الحرج لأي من العناصر الغذائية يتأثر بتركيز العناصر الغذائية الأخرى وفي الحالات التي يكون فيها نقص أكثر من عنصر غذائي فإن رفع مستوى واحد من العناصر الغذائية يغير في التركيز الحرج للعناصر الغذائية الأخرى. في ضوء هذه المشاكل فإن طريقة DRIS (النظام الموحد للتشخيص والتوصيات) والمطورة من قبل Sumner (١٩٧٩) تعتمد في التوصيات السمادية للعناصر الغذائية الرئيسية (N, P, K) على مؤشرات محسوبة ومشتقة من سلسلة من القياسات والحسابات التي تعبر عن درجة كفاية العنصر الغذائي. على سبيل المثال يقاس تركيز العنصر الغذائي في النسيج النباتي وتحسب نسبته وبعد ذلك تقارن هذه النسب مع نفس العناصر الغذائية المستنبطة من نباتات ذات غلة عالية ولنفس الصنف مزروعة في ظروف مشابهة ويتم حساب مؤشرات الكفاية وهذه الطريقة هي أفضل وسيلة تشخيص

السمادية من تلك التي تستخدم القيمة الحرجة لعنصر غذائي واحد بالرغم من وجود بعض المحدوديات. إن القياسات تجرى عادة على نباتات مزروعة وبذلك تكون الطريقة صحيحة في تصحيح نقص العناصر الغذائية وأيضاً الحيلولة دون حدوث نقص في المحصول التالي فقط. أيضاً فإن حساب المؤشرات يتطلب بيانات حول نسب العنصر الغذائي في نبات ذات غلة عالية وهذه لا تتوفر دائماً.

٣-٧ فحص (اختبار) التربة

إن تقدير متطلبات العنصر الغذائي للنباتات المزروعة في وسط بدون-تربة لا يعتمد عادة على اعتبار حالة العنصر الغذائي في وسط النمو لأنه عادة لا يحرر أو يمتص العناصر الغذائية إذ أن العناصر الغذائية تمتص بواسطة النباتات بوجود الماء في وسط النمو. وبإستخدام وسط النمو لفترة طويلة فإن الجراثيم المرضية قد تتضاعف بأعداد كبيرة نسبة إلى عدد الجراثيم المفيدة ففي مثل هذه الحالات ينصح بإختبارات مايكروبية والتعقيم لمنع انتشار الأمراض النباتية.

في النباتات المزروعة في تربة يكون فحص التربة وسيلة ضرورية لتحديد المتطلبات السمادية وينبغي للفحص أن يشير إلى درجة النقص أو الكفاية للعنصر الغذائي في التربة بالنسبة للنبات الذي ستتم زراعته. تتواجد العناصر الغذائية في التربة أما طبيعياً أو كبقايا من الأسمدة السابقة وإضافات الأسمدة الحيوانية. وعلى اية حال فإن جزءً فقط من العنصر الغذائي الموجود في التربة يكون جاهزاً للنبات المزروع إذ أن معظم النيتروجين يكون مرتبطاً بمركبات عضوية ويكون فقط الجزء المتحرر بشكل NH_4 و NO_3 بالتحلل المايكروبي للمادة العضوية هو المتوفر للنباتات. وقد يكون فقط جزءً صغيراً من P التربة متوفر آنياً في محلول التربة، لكن تحرر P من احتياطي التربة هو الذي يؤدي إلى ثبات تركيزه في محلول التربة. ويكون فقط ذلك الجزء من K التربة الذي هو متبادل أو في محلول التربة متوفراً للنباتات ولكن تحرر K المثبت إلى محلول التربة بإستهلاك K من قبل النباتات يمكن أن يشكل تجهيزاً إضافياً من K. إن قياس كمية العناصر الغذائية الإجمالية الموجودة في التربة لا يوفر معلومات ضرورية عن جاهزيتها للنبات، فالطرق التي تستخلص ذلك الجزء من العنصر الغذائي الذي يكون أكثر جاهزية للإمتصاص من قبل النبات قد طورت واستخدمت على نطاق واسع في مختبرات فحص التربة لتوفير تقديرات موثوق بها لجاهزية النبات.

إن طرق الإستخلاص قد تكون خاصة للعنصر الغذائي أو للتربة حيث تعتمد بعض الطرق على مستخلصات حامضية خفيفة أو قاعدية، ويستخدم البعض الآخر أصماغ التبادل_الأيوني لمحاكاة امتصاص العنصر الغذائي بواسطة الجذر. وتقاس جاهزية الأيونات الموجبة مثل K على الأغلب بإستخلاص الجزء المتبادل حيث ينبغي أن تكون البيانات المحللة معيّرة بدقة مع نتائج التجارب الحقلية فيما يخص استجابة المحصول للعنصر الغذائي قبل أن يتم تطبيقها كوسلة للتشخيص.

وعند تحديد المتطلبات السمادية للنبات يجب طرح العناصر الغذائية المتوفرة في التربة من الكمية الإجمالية للعنصر الغذائي اللازمة للنبات. من جانب آخر فإن العناصر الغذائية المذابة بالماء في التسميد بالري خصوصاً الفوسفات قد تتفاعل في التربة وتصبح أقل جاهزية وهذا ينبغي أن يؤخذ بالحسبان في التوصيات السمادية للنباتات المزروعة في تربة والتي يكون فيها غالباً (على سبيل المثال) كمية P المضافة أعلى من المطلوبة فقط لكي تتوافق مع الإمتصاص الكلي.

إن فحص التربة ووسط النمو ينبغي أن يتضمن عاملين إضافيين هما التوصيل الكهربائي (EC) للمستخلص_المائي للتربة أو وسط النمو والذي يكون مؤشراً لتركيز الأملاح المذابة في التربة أو الوسط. فقد يتراكم الملح كبقايا من مياه الري أو من مركبات الأسمدة المضافة وغير المستعملة من قبل النبات ولم يتم غسلها. ومن الجدير بالذكر بأن الأملاح الزائدة ترفع من الضغط الأسموزي للمحيط الجذري وتقلل من امتصاص الماء والعنصر الغذائي وتداعيات ذلك انخفاض هو الغلة. وقد يكون لبعض الأيونات الموجودة بكميات عالية تأثيرات سمية على النبات وتأثيرات بناء سلبية على التربة.

إن العامل الآخر هو فك مستخلص التربة أو وسط النمو والذي يشير إلى حموضيتها أو قلويتها. تنمو معظم النباتات أفضل ما يمكن عندما يكون فك قرب التعادل وإضافة بعض الأسمدة قد يكون له تأثيراً حامضياً. فعلى سبيل المثال إضافة مركبات الأمونيوم يولد الحموضة بواسطة أكسدتها إلى NO_3 وتكوين الحموضة يكون أكثر بروزاً في وسط ذات سعة دارئة ضعيفة مثل التربة الرملية ذات النسجة الخشنة مقارنة بالتربة ذات النسجة الناعمة وأيضاً قد تصبح قلوية عندما يحوي ماء الري على Na بكميات عالية.

لقد أصدرت الخدمات الإرشادية الإسرائيلية توجيهات لتقييس منهج أخذ العينة.

تؤخذ عينة الترب بواسطة المثقاب وعموماً تؤخذ عينات ممثلة من طبقتين للتربة: صفر-٢٠ و ٢٠-٤٠سم من السطح أما النباتات ذات الجذور العميقة فينبغي أن يكون أخذ العينة من طبقات صفر-٣٠ و ٣٠-٦٠سم أما الترب المتأثرة بالملوحة فيوصى بأخذ عينات تحت ٦٠سم. وينبغي فحص الحقل لمعرفة مدى تجانسه فالتغييرات في لون تربة السطح والإنحدار وتاريخ الإستزراع هي مؤشرات لتقسيم الحقل إلى حقول ثانوية لغرض أخذ العينات حيث تؤخذ حوالي ٣٠-٤٠ عينة من حقل (أو حقل ثانوي) متجانس واحد ومن طبقة تربة. تخلط هذه العينات جيداً ويكون وزن العينة الثانوية حوالي ١ كجم من التربة والتي ترسل إلى المختبر لأجل اجراء التحاليل. إن أخذ العينات خلال فترة النمو تجرى قبل عملية الري حيث تزال ٥سم العلوية للتربة وتؤخذ العينات إلى عمق ١٥-٢٠سم وبعكس ذلك يتبع المنهج الموصوف أعلاه.

٤-٧ رصد نوعية الميـاه

إن القياسات الأولية لكيمياء المياه ضرورية لتحديد مدى ملاءمتها للإستخدام في التسميد بالري حيث ينبغي أن يكون فك المياه قريباً من التعادل ويكون ضبط ضمن الحدود المقبولة وهذه القيمة بحدود ١ دسي سيمنز/م. إن إضافة الأسمدة للماء ترفع من ملوحته وتغيّر من حموضته والهدف عادة في محاليل التسميد بالري هو الحصول على محلول التسميد بالري لكي يكون حامضياً بعض الشيء وبـ ضبط منخفضة وهذه العوامل حاسمة لإختيار توليفة السماد التي تتوافق مع نوعية المياه. إن الماء الذي تكون ملوحته عالية نسبياً تكون نسبة الأيونات الموجبة ($Mg^{++}Ca/Ca$) مهمة لمنع القدرة في تكوين القلوية في التربة. أما مستوى البايكربونات فهو مهم في اختيار سماد آ فالماء بمستوى بايكربونات عالي نسبياً والذي يقترن غالباً مع Ca فإن تكوّن راسب من مركبات الأورثوفوسفات محتمل جداً وفي هذه الحالات يفضل استخدام أسمدة البولي فوسفات.

إن رصد نوعية مياه التسميد بالري هي الوسيلة الرئيسية للسيطرة على تغذية النبات في وسط بدونلأتربة ولقد أصدرت الخدمات الإرشادية الإسرائيلية توصيات مفصلة فيما يخص رصد كمية ونوعية مياه الري والصرف. إن عدد دورات الري في اليوم تتباين حسب النبات والموسم وينبغي تنظيم فترات الري بحيث أن ٢٠-٣٠٪ من الماء المضاف يصرف من الحقل.

أما حموضة محلول التسميد بالري من المنقط والمحلول الذي يتم جمعه في الصرف فينبغي رصده مراراً وتكراراً حيث أن pH المثالي لمحلول التسميد بالري هو ٥,٥-٦,٠ ويدل pH أقل من ٥.٥ على الحاجة لمراجعة مكونات محلول التسميد بالري.

وتحسب قيمة ضبط المتوقعة لمحلول التسميد بالري من خلال قياس الـ EC لمياه الري قبل إضافة المحلول السمادي مضافاً لها ضبط المقاسة للمحلول السمادي. إن EC المقاسة لمحلول التسميد بالري الذي يتم جمعه من المنقط ينبغي أن يكون اختلاف قيمته بحدود ١٠٪ من القيمة المحسوبة وإن أي انحراف أكبر من هذا يقتضي فحص أجهزة حقن السماد وعملية تخفيف السماد أو مكونات المحلول السمادي. تشير مقارنة EC في محلول التسميد بالري

مع ذلك في ماء الصرف إلى خطورة امكانية التملح لوسط النمو فعند وجود نفس قيمة EC في كلا المحلولين فإن ذلك يكون طبيعياً أما إذا كان EC في محلول الصرف أكبر ٢٠٪ من ذلك في محلول التسميد بالري فإن هنالك خطورة في حصول التملح. تشير زيادة الكلوريدات في ماء الصرف إلى أن EC العالية هي بسبب ملوحة مياه الري وفي هذه الحالة يجب زيادة كمية الماء المضاف لتشجيع غسل الملح من وسط النمو.

وتشير مقارنة تراكيز العناصر الغذائية في محلول التسميد بالري وماء الصرف إلى قدرة الوسط لإمتصاص العنصر الغذائي حيث تشير زيادة كميات العنصر الغذائي في ماء الصرف إلى أن معدل إضافة العنصر الغذائي ينبغي تقليله. وتشير قيمة EC في ماء الصرف التي تكون أقل من تلك في محلول التسميد بالري إلى امتصاص عالي للعناصر الغذائية وعليه يجب زيادة معدل إضافة العنصر الغذائي.

إن قياس تركيز النيتريت في مياه الصرف هو رصد لمستوى التهوية في وسط النمو فوجود النيتريت يشير إلى ظروف لاهوائية وفي وسط بتهوية جيدة تتأكسد مركبات N تماماً إلى NO_3 ويختفي النيتريت. إن زيادة الفترات بين الريات يخفف من الظروف اللاهوائية في معظم الحالات.

لذلك فالسيطرة على نظام التسميد بالري تتطلب تحليل مستمر لكل من محلول التسميد بالري ومياه الصرف ولكل من pH وEC والنترات والكلورايد والكالسيوم والمغنسيوم والفوسفات والبوتاسيوم والصوديوم والبايكربونات والعناصر الغذائية الصغرى.

References

المراجع

Aamer, K., Lowengart, A. and Omar, S. (1997): Response of seedless water melon to different nitrogen application through fertigation. A summary of 1996/7 seasons in vegetables. The Extension Service and the Agricultural Research Organization, Ministry of Agriculture.pp.

Achilea, O.: Multi-K for fertigation in field-grown crops, top yield in vegetables and row crops. Ltd, p. 24.

A;am, S.M., Zafar-Iqbal and Latif, A. (1999): Fertigation technology for improved phosphorus use efficiency in wheat. Pakistan J. Sci. Indust. Res. 42:380-383.

Alcantar, G.G., Villarreal, R.M., Aguilar, S.A. and Papadopoulos, A.P. (1999): Tomato growth (Lycopersicon esculentum Mill), and nutrient utilization in response to varying fertigation programs. Intern. Symp. On growing media and hydroponics, Windsor, Ontario, Canada. Vol. 1 Acta Horticulturea No. 481: 385-391.

Alva, A.K. and Mozaffari, M. (1995): Nitrate leaching in a deep sandy soil as influenced by dry broadcast or fertigation of nitrogen for citrus production. Dahlia Greidinger Internatl. Symp. On Fertigation. Proc. pp. 67-78.

Alva, A.K., Paramasivam, S. and Graham, W.D. (1998): Impact of nitrogen management practices on nutritional status and yield of Valencia orange trees and groundwater nitrate. J. Environ. Qual. 27: 904-910.

Avidan, A., Yoles, D. and Sneh, M. (1996): Fertilizer characteristics.
Department, p.107.

Balwinder-Singh, Lakhwinder-Singh-B and Singh-L (1996): Studies on urea hydrolysis in Typic Ustochrepts of Punjab. J. Indian Soc. Soil Sci. 44: 638-643.

Bar-Yosef, B. (1988): Control of tomato fruit yield and quality through fertigation. Optimal Yield Management (Ed. D. Rymon). Avebury. pp. 175-184.

Bar-Yosef, B. and Imas, P. (Eds. P. Adams, A.P. Hidding, J.A. Kipp, C. Sonneveld and C. Kreij) (1995): Phosphorus fertigation and growth substrate effects on dry matter production and nutrient content in greenhouse tomatoes. Internatl. Symp. On growing media and plant nutrition in horticulture, Naaldwijk, Netherlands. Acta-Horticulturae No. 401. pp. 337-346.

Bar-Yosef, B. (1995): Fertigated vegetables in arid and semi-arid zones. In: Scaife, A. and Bar-Yosef, B.: Nutrient and fertilizer management in field grown vegetables. IPI-Bull. No. 13, pp. 54-104.

Bassoi, L.H. and Reichardt, K. (1995): Dry matter and nitrogen accumulation in maize grown during winter given nitrogen fertilizer by soil application and fertigation. Pesquisa Agropecuaria Brasileria 30: 1361-1373.

Bernardoni, C., Cerioni, G., Fabbri, A. and Paoletti, M. (1990): Fertigation experiments in horticulture. Colture-Protette. 19: 109-112.

Bharambe, P.R., Narwade, S.K., Oza, S.R., Vaishnava, V.G., Shelke, D.K. and Jadhav, G.S. (1997): Nitrogen management in cotton through drip irrigation. J. Indian Soc. Soil Sci. 45: 705-709.

Boman, B.J. (1995): Effects of fertigation and potash source on grapefruit size and yield. Dahlia Greidinger Internl. Symp. On Fertigation, Technion.

Boman, B.J. (1996): Fertigation versus conventional fertilization of Flatwoods grapefruit. Fert. Res. 44: 123-128.

Bravdo, B., Heffiner, Y., Naor, A., Cohen, S. and Zur, D. (1988): The influence of NPK fertigation in drip irrigated vineyard on yield and quality of ìSauvignon Blancî wine grapes. Annual Reports for 1987.Agriculture, pp. 19-33 (Herbrew).

Bravdo, B., Salomon, E., Erner, Y., Saada, D., Shufman, E. and Oren, Y. (1992): Effect of drip and microsprinkler fertigation on citrus yield and quality. Pro. Intern. Soc. Citriculture, Vol. 2:646-650.

Brito, J.M.C., Ferreira, D., Guerrero, C.A.C., Machado, A.V., Beltrao, J., Anac, D. (ed) and Martin Prevel, P. (1999): Soil poluution by nitrates using sewage sludge and mineral fertilizers. In: Improved crop quality by nutrient management. Kulwer Acad. Publ., Dordrecht, Netherlands, pp. 223-227.

Burman, R.D., Nixon, P.R., Wright, J.L. and Pruitt, W.O. (1980): Water requirements. In: Design and operation of farm irrigation systems. ASAE Monograph 3 (Ed. M.E. Jensen), pp. 189-232.

Cabrera, M.L., Kissel, D.E. and Bock, B.R. (1991): Urea hydrolysis in soil: effects of urea concentration and soil pH. Soil Biol. Biochem. 23:1121-1124.

Campbell, G.S. and Mulla, D.J. (1990): Measurement of soil water content and potential. In: Irrigation of agricultural crops. ASA publ. 30 (Eds. B.A. Stewart and D.R. Nielsen), pp. 127-142.

Castellanos, J.Z., Lazcano, I., Spsa-Baldibia, A., Badillo, V. and Villalobos, S. (1999): Nitrogen fertilization and plant nutrient status monitoring- the basis for high yield and quality of broccoli in potassium-rich Vertisols of central Mexico. Better Crops Intern. 13: 25-27.

Cavazza, D. (1988): Irrigazione a Goccia. Edagricole, Bologna, 150 p.

Champion, D. and Bartholomay, R. (1992): Fertigation through surge valves. Coop Ext. U.S. Dept. of Agr. Colorado State University. Online.

Corrazina, E., Gething, P.A. and Mazzali, E. (19991): Fertilizing for high yield Maize. IPI Bull. No. 5, 87p.

Deolankar, K.P. and Pandit, P.S. (1998): Use of drip and fertigation of liquid fertilizers in chickpea. J. Maharashtra Agric. Univ. 23: 307-308.

Deutschmann, G.V. (1998): History of Hydroponics. Online.

Dillon, J., Edinger-Marshall, S. and Letey, J. (1999): Farmers adopt new irrigation and fertilizer techniques. California Agric. 53: 24-28.

Dolega, E.K., Link, H. and Blanke, M. (1998): Fruit quality in relation to fertigation of apple tress. Proc. 2nd Workshop pome fruit quality, Bonn0Rottgen, Germany, Acta Hortic. No. 466: 109-114.

Duis, J.H. and Burman, K.A. (1969): Polyphosphates in irrigation systems. Fert. Sol. 13 (2): 46-48.

Eizenkot, A., Steinberg, Y., Levy, U., Levy, D., Golan, T. and Yutal, Y. (1998). P. and K fertigation in subsurface drip irrigated cotton. Field experiments and research in cotton in 1998. Ministry of Agriculture-Extension Service, Cotton production and marketing board. pp. 120-.

Elam, M., Ben Ari, S. and Magen, H. (1995): The dissolution of different types of potassium fertilizers suitable for fertigation. Dahlia Greidinger Internl. Sym. On fertigation, Technion, Haifa, Israel, pp. 165-174.

Erner, Y., Cohen, A. anf Magen, H. (1999): Fertilizing for high yield Citrus. IPI-Bull. No. 4, 59 p.

Finn, C.E., Warmund, M.R., Yarborough, D.E. and Smagula, J.M. (1997): Fertigation vs. surface application of nitrogen during blueberry plant establishment. Proc 6th Intern. Sym. Vaccinium culture, Orono, Maine, USA, Acta-Hortic. 446: 397-401.

Gratten, S. (1999): The history & future of hydroponics. Irrig. Jour. July-Aug. Online.

Griffin, R.A. and Jurinak, J.J. (1973): Estimation of activity coefficients from the electrical conductivity of natural aquatic systems and soil extracts. Soil Sci. 116: 26-30.

Hagin, J. and Lowengart, A. (1996): Fertigation for minimizing environmental pollution by fertilizers. Fert. Res. 43: 5-7.

Hagin, J. and Tucker, B. (1982): Fertilization of dryland and irrigated soils. Springer Verlag, 188p.

Harrison, C.B., Graham, W.D., Lamb, S.T. and Alva, A.K. (1999): Impact of alternative citrus management practices on groundwater nitrate in the Central Florida ridge: II Numerical modeling. Transct ASAE. 42: 1669-1678.

Haynes, R.J. (1990): Movement and transformations of fertigated nitrogen below trickle emitters and their effects on pH in the wetted soil volume. Fert. Res. 23: 105-112.

Heffiner, Y., Bravdo, B., Louanja, S., Cohen, S. and Tabekman, H. (1982): NPK fertigation in vineyard. HASSADEH, Vol. 62: 828-831 (Herbrew).

Hipps, N.A. (1992): Fertigation of newly planted Queen Cox / M9 apple trees: establishment, early growth and precocity of cropping. J. Hortic. Soc. 67: 25-32.

Imas, P., Bar-Yosef, B. and Munuz-Carpena, R. (1998): Response of lettuce plants grown on different substrates to phosphorus fertigation. Acta Hortic. 1988, pp. 171-178.

Kafkafi, U. and Bar-Yosef, B. (1980): Trickle irrigation and fertilization of tomatoes in highly calcareous soils. Agron. J. 72: 893-897.

Koeman, R. (1998): Chiefly the large enterprises irrigate, fertigate and cool. Fruiteelt-Den Haag 88: 13, pp. 19-21.

Kuldip-Singh, Aulakh, M.S., Bijay-Singh, Doran, J.W., Singh-K and Singh-B (1996): Effect of soil pH on kinetics of nitrification in semi-arid subtropical soils under upland and flooded conditions. J. Indain Soc. Soil Sci. 44: 378-381.

Komosa, A., Pacholak, E., Stafecka, A. and Treder, W. (1999a): Changes in nutrient distribution in apple orchard soil as the effect of fertigation and irrigation. I. Ammonium and nitrates. J. Fruit and Ornamental Plant Res. 7: 27-40.

Komosa, A., Pacholak, E., Stafecka, A. and Treder, W. (1999b): Changes in nutrient distribution in apple orchard soil as the effect of fertigation and irrigation. II. Phosphorus, potassium amd magnesium. J. Fruit and Ornamental Plant Res. 7: 71-80.

Kwong, K.F.N.K., Paul, J.P. and Deville, J. (1999): Drip fertigation ñ a means for reducing fertilizer nitrogen to sugarcane. Exp. Agric. 35: 31-37.

Lahav, E., Lowengart, A. and Kalmar, D. (1995): Response of avocados to different nitrogen applications through fertigation. Western Galilee Res. And Develop ñ Annual Reports 1994-95. pp. 100-106 (Hebrew).

Lahav, E. and Kalmar, D. (1995): Fertigation and water regimes on a Banana plantation. Dahlia Greidinger Internl. Symp. On Fertigation, Technion.

Lahav, E. and Lowengart, A. (1998): Water and nutrient efficiency in growing bananas in subtropics. Acta Hort. 490: 117-125.

Lahav, E. and Turner, D.W. (1989): Fertilizing for high yield Banana. IPI Bull. No. 7, 62p.

Layne, R.E.C., Tan, C.S., Hunter, D.M. and Cline, R.A. (1996): Irrigation and fertilizer application methods affect performance of high-density peach orchards. Hort. Sci. 31: 370-375.

Lowengart, A. and Manor, H. (1998): Irrigation and fertigation recommendations for drip-irrigated processing tomatoes. The extension Service, Ministry of Agriculture and Rural Development

Lupin, M., Magen, H. and Gambash, Z. (1996): Preparation of solid fertilizer based solution fertilizers under grass roots field conditions. Fert. News 41: 69-72.

Magen, H. (1995): Fertigation: An overview of some practical aspects. Fert. News. The Fert. Assoc. of India, New Delhi, India.

Malik, R.S. and Kumar. (1996): Effect of drip irrigation levels on yield and water use efficiency of pea. J. Indian Soc. Soi Sci. 44: 508-509.

Marr, C. (1993): Fertigation of vegetable crops. Agr. Exp. St. & Coop. Ext. Kansas State University. Online.

McInnes, K.J. and Fertility, I.R.P. (1989): Modeling and field measurements of the effect of nitrogen source on nitrification. Soil Sci. Soc. Am. J. 53: 1264-1269.

McPharlin, I.R., Aylmore, P.M. and Jeffery, R.C. (1995): Nitrogen requirements under sprinkler irrigation and trickle fertigation on a Spearwood sand. J. Plant Nutr. 18: 219-241.

Microsoft Encarta Encyclopedia (1999): Online.

Mosler, C.T., Schnitzler, W.H. and Ben Yehoshua, S. (1998): Influence of drip laterals placement on root development of field cucumber plants. Inter. Cong. On Plastics in Agriculture, Tel Aviv, Israel, pp. 435-444.

Moyo, C.C., Kissel, D.E. and Cabrera, M.L. (1989): Temperature effects on soil urease activity. Soil Biol. Biochem. 21: 935-938.

Neilsen, D. and Roberts, T.L. (1996): Potassium fertigation of high density apple orchards. Better Crops with Plant Food 80: 12-13.

Neilesen, G.H., Parchomchuk, P., Neilsen, D. and Zebarth, B.J. (2000): Drip fertigation of apple trees affects root distribution and development of K deficiency. Can. J. Soil Sci. 80: 353-361.

Nerson, H., Edelstein, M., Berdugo, R. and Ankorion, Y. (1997): Monopotassium phosphate as a phosphorus and potassium source for greenhouse-winter-grown cucumber and muskmelon. J. Plant Nutr. 20: 335-344.

Noy, J. and Yoles, D. (1979): Precipitates formed by APP 11-37-0 in irrigation water. Hassadeh 59: 2129-2130 (Hebrew).

Pan, H.Y., Fisher, K.J. and Nicholas, M.A. (1999): Fruit yield and maturity characteristics of processing tomatoes in response to drip irrigation. J. Veget. Crop Prod. 5: 13-29.

Paoli, N. (1997): What does fertigation have to offer? Obstbau-Weinbau 34: 10-13.

Parchomchuk, P., Neilsen, G.H. and Hogue, E.J. (1993): Effects of drip fertigation of NH4-N and P on soil pH ND CATION LEACHING. Can. J. Soil Sci. 73: 157-164.

Phene, C.J. and Lamm, F.R. (1995): The Sustainability and potential of subsurface drip irrigation. Microirrigation for a chaning world: Microirrigation Cong., Orlando, Florida, pp. 359-367.

Playan, E. and Faci., J.M. (1997): Border fertigation: Field experiments and a simple model. Irrigation Sci. 17: 163-171.

Postel, S. (1999): Pillar of Sand. W.W. Norton & Company, New York. 313 p.

Raymon, D. and Or, U. (1990): Advanced technologies in traditional agriculture: A new approach. A case study: Drip fertigation in the Jiftlik Valley. ICID Bull. 39: 49-61.

Reist, A., Pivot, D. and Gillioz, J.M. (1999): Closed cultivation systems: Livig with pathogens, Rev. Suisse Viticul. Arboricul. Horticul. 31: 259-263.

Reshef, G. (2000): Fertilization and irrigation of soil grown vegetables in the coastal plains. Extension Service, Ministry ofAgriculture, Israel.

Richards, L.A. (ed) (1954): Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook 60, p. 13.

Rincon, L., Pellicer, C. and Saez, J. (1998): Effect of different nitrogen application rates on the yield and nitrates concentration of lettuces. Agrochimica 42: 304-312.

Shani, M., Sneh, M. and Sapir, E. (1988): Fertigation. 2nd . edit. Ministry of Agriculture, Extension Service, 32 p. (Hebrew).

Shemesh, D., Noy, Y., Gera, G., Lowengart, A. and Spencer, Y. (1995): NPK fertilization in cotton. Field Experiments and Research in cotton. pp. 141-146 (Hebrew).

Silva, W.L.C., Giordano, L. de B., Marouelli, W.A., Fontes, R.R., Gornat, B. and Biech, B.J. (1999): Response of six processing tomato cultivars to subsurface drip fertigation. Workshop on irrigation and fertigation of processing tomato, Pamplona, Spain. Acta Hortic. 487: 569-573.

Siviero, P. and Sandei, L. (1999): Fertigation of tomatoes with the mobile bench irrigation systems. Informatore Agrario 55: 79-82.

Sneh, M. (1987): Fertigation. Ministry of Agriculture, CINADCO, 53 p.

Sneh, M. (1995): The history of fertigation in Israel. Dahlia Greideinger Internl. Symp. On Fertigation, Technion, Israel, pp. 1-10.

Sonneveld, C. (1995): Fertigation in the greenhouse industry. Dahlia Greidinger Internl. Symp. On Fertigation, Technion, Israel, pp. 121-140.

Sposito, G. and Mattigod, S.V. (1980): Geochem: A comuter program for the calculation of chemical equilibria in soil solution and other natural water systems. Dept. Soil and Env. Sci. Univ. of California, Riverside, CA, USA.

Sumner, M.E. (1979): Interpretation of foliar analyses for diagnostic purposes. Agron. J. 71: 343-348.

Westerman, R.L. (ed) (199): soil testing and plant analysis. 3rd. ed. SSSA Book Series 3.

Whiting, R.E. (1975): Fertilizer and drip irrigation. 3rd Drip Irrig. Convent. Trade Show, Frenso, Calif., pp. 73-75.

Widmer, A. and Krebs, C. (1999): What does fertigation acieve compared with tree row fertilization? Obst und Weinbau 135: 518-522.

Wolf, B., Fleming, J. and Batchelor, J. (1985): Fluid Fertilizer Manual Vol. 1. National Fert. Sol. Assoc., Peoria, III.

Worley, R.E. and Mullinix, B.G. (1996): Fertigation and leaf analysis reduce nitrogen requirements of pecans. Hort. Techn. 6: 401-405.

Zaidan, O. and Avidan, A. (1997): Greenhouses tomatoes in soilless culture. Ministry of Agriculture, Extension Service, Vegetables and Field Service Depts (Hebrew).

شكر وتقدير

- شكر خاص للدكتور أي إي جونسون لتنقيحه الدقيق لهذا الكتيب وتحسينه.

- شكر للدكتورة باتريشيا إماس لجمعها البيانات حول امتصاص العناصر الغذائية للمحاصيل المسمّدة بالري.

- شكر للدكتور أوديد آشيلي للسماح للمؤلفين بإستخدام معلومات الإرشاد والبحث في كيماويات حيفا المحدودة من منشورات مطبوعة وسلايدات.

- شكر إلى روفائيل كريجر لمساهمته بالصور.

ملحق رقم (١)

حساب متطلبات الماء والعنصر الغذائي- أمثلـــة

التسميد بالري هي احدى الوسائل الدقيقة لإضافة الماء والعناصر الغذائية بكميات تفي بمتطلبات المحصول وتقلل الفواقد للبيئة والخطوات المطلوبة للوصول لذلك الهدف هي حساب كميات السماد المضافة. وهذه تكون مرتبطة بمتطلبات المحصول ومحتوى وسط النمو من العناصر الغذائية والمساحة المراد تسميدها بالري ومعدل الري. وفيما يلي أمثلة لحسابات اروائية غالبا ما تستخدم.

➢ **تحويل كمية العنصر الغذائي المضاف لكمية سماد تجاري**

- $(NH_4)_2SO_4$ ٥٠كجم نايتروجين (N_u) يراد إضافته
- كبريتات الأمونيوم يحوي على ٢١% نايتروجين

$$Q_c = ٥٠\text{كجم} / ٢١\% \times ١٠٠ / ٢١ = ٢٣٨,١ \text{ كجم } (NH_4)_2SO_4$$

➢ **تحويل وزن السماد السائل إلى حجـــم**

كميات القياس للأسمدة السائلة على أساس الحجم تكون أكثر ملاءمة من تلك على أساس الوزن.

V_c = حجم السماد التجاري السائل (لتر) المطلوب إضافته
Q_c = كمية السماد التجاري بوحدات وزن (كجم)
S_d = الكثافة النوعية للسماد السائل (كجم/لتر)

$$V_c = Q_c / S_d$$

مثال:

- وزن نترات الأمونيوم المطلوب إضافتها (Q_c) = ٢٥٠ كجم
- الكثافة النوعية لمحلول نترات الأمونيوم (S_d) = ١,٢٧ كجم/لتر

$$V_c = ٢٥٠ \text{ كجم} / ١,٢٧ = ١٩٦,٨ \text{ لتر } (NH_4NO_3)$$

➢ **توليفة من سمادين**

الإضافة الآنية لسمادين أو أكثر يتطلب مزج اثنان أو أكثر من الأسمدة التجارية.

Q_a = حجم السماد أ (كجم) الذي يجب إضافته
Q_b = كمية السماد ب (كجم) الذي يجب إضافته
N_{u1} = كمية العنصر الغذائي ١ (كجم) الذي يجب إضافته
N_{u2} = كمية العنصر الغذائي ٢ (كجم) الذي يجب إضافته
$N_{u1a}\%$ = تركيز العنصر الغذائي ١ في السماد أ (% على أساس الوزن)
$N_{u2a}\%$ = تركيز العنصر الغذائي ٢ في السماد ب (% على أساس الوزن)

$$Q_a = N_{u2} / N_{u2a}\%$$
$$Q_b = (N_{u1} - Q_a \times N_{u1a}\%) / N_{u1a}\%$$

مثال:

N_{u1} = ٥٠ كجم N

N_{u2} = ٥٠ كجم K_2O

السماد أ = KNO_3 (١٣-صفر-٤٦)

N_{u1a}% = ١٣ (N %١٣)

N_{u2a}% = ٤٦ (K_2O %٤٦)

$$Q_a = ٥٠ \text{ كجم} / \%٤٦ = 100\times\frac{50}{46} = ١٠٨,٧ \text{ كجم}$$

هذه الكمية من KNO_3 تحوي :

N_{u1a} (N) = ١٠٨,٧ كجم × ١٣% = ١٤,١ كجم N

N_{u2a} (N) = الذي يحتاج له في السماد المتمم = ٥٠ كجم- ١٤,١ كجم = ٣٥,٩ كجم

السماد ب = NH_4NO_3 (٢١-صفر-صفر)

$$Q_b = ٣٥,٩ \text{ كجم} / \%٢١ = 100\times\frac{35.9}{21} = ١٧٠,٨ \text{ كجم}$$

➢ كمية السماد لكل عملية ومساحة

Q_{fo} = كمية السماد لكل عملية (كجم)

Q_{fa} = كمية السماد لكل وحدات مساحة (كجم)

A_u = عدد وحدات المساحة المروية (هكتار)

$$Q_{fo} = A_u \times Q_{fa}$$

مثال:

Q_{fo} = ٢٠٠ كجم/هكتار

A_u = ١٥ هكتار

Q_{fo} = ١٥ هكتار × ٢٠٠ كجم/هكتار = ٣٠٠٠ كجم

➢ كمية السماد لكل عملية وكمية مياه الري

Q_{fo} = كمية السماد لكل عملية (كجم)

Q_{wa} = كمية مياه الري (م^3/هكتار)

F_{cw} = تركيز السماد في مياه الري (ملجم/لتر)

A_u = عدد وحدات المساحة المروية (هكتار)

$$Q_{fo} = A_u \times Q_{wa} \times F_{cw}$$

مثال:

Q_{wa} = ٣٠٠ م^3/هكتار

F_{cw} = ٢٠٠ ملجم/لتر = ٢٠٠ جم/م^3 = ٠,٢ كجم/م^3

A_u = ١٥ هكتار

Q_{fo} = ١٥ هكتار × ٣٠٠ م^3/هكتار × ٠,٢ كجم/م^3 = ٩٠٠ كجم

➢ حجم المحلول الغذائي

N_{sv} = حجم المحلول الغذائي (لتر)
$F_s\%$ = ذوبانية السماد عند درجة الحرارة المناسبة (% وزن/جم)
Q_f = كمية السماد المطلوب إضافته (كجم)
W_v = أدنى حجم من الماء مطلوب لتحلل كمية معينة من السماد (١)
W_w = وزن W_v (كجم)
S_d = الكثافة النوعية للمحلول (كجم/لتر)

$$N_{sv} = (Q_f / F_s\% + Q_f) / S_d$$

مثال:

Q_f = ٢٠٠ كجم $(NH_4)_2SO_4$
$F_s\%$ = $(NH_4)_2SO_4$ عند ٢٠°م = ٧٥٠ جم/لتر
W_v = ٢٠٠ كجم/٧٥% = ٢٠٠ × ٧٥/٢٠٠ = ٢٦٦,٧ لتر
W_w = ٢٦٦,٧ كجم

في عملية التحلل حجم المحلول سيكون أصغر من الحجم الكلي للسماد والماء. الحجم الحقيقي سيتحدد بقياس الكثافة النوعية للمحلول.

S_d = ١,٢ (يجب قياسها)
N_{sv} = ٢٦٦,٧ كجم + ٢٠٠ كجم/١,٢ = ١,٢/٤٦٦,٧ = ٣٨٨,٩ لتر

➢ تركيز العنصر الغذائي في المحلول على أساس الوزن

$N_{us}\%$ = تركيز العنصر الغذائي في المحلول العنصر الغذائي (%)
Q_f = كمية السماد (كجم)
$N_u\%$ = w/w النسبة المئوية للعنصر الغذائي في السماد (%)
N_{sv} = حجم المحلول الغذائي (لتر)
S_d = الكثافة النوعية للمحلول السمادي (كجم/لتر)

$$N_{us}\% = Q_f \times N_u\% \ (N_{sv} \times S_d)$$

مثال:

Q_f = ٢٠٠ كجم
$N_u\%$ = ٦١%
N_{sv} = ٥٠٠ لتر
S_d = ١,١٢ كجم/لتر

$N_{us}\%$ = ٢٠٠ كجم × ٦١% (١,١٢ × ٥٠٠) = $\frac{61}{100} \times 200$ / (1.2×500) = ٢١,٨%

➢ تركيز العنصر الغذائي في المحلول على أساس الحجم

$N_{us}\%$ = تركيز العنصر الغذائي في المحلول العنصر الغذائي (%)
Q_f = كمية السماد (كجم)
$N_u\%$ = w/w النسبة المئوية للعنصر الغذائي في السماد (%)
N_{sv} = حجم المحلول الغذائي (لتر)

$$N_{us}\% = Q_f \times N_u\% / N_{sv}$$

مثال:

Q_f = ٢٠٠ كجم
$N_u\%$ = ٦١%
N_{sv} = ٥٠٠ لتر
$N_{us}\%$ = ٢٠٠ كجم × ٦١% / ٥٠٠ = ٢٠٠ × ٦١/١٠٠ / ٥٠٠ = ٢٤,٤%

➢ نسبة التخفيف المطلوبة

نسبة التخفيف المطلوبة تحسب بضبط النسبة بين كمية ماء الري المضاف وكمية محلول السماد المحقون.

D_r = نسبة التخفيف
F_{nc} = تركيز العنصر الغذائي النهائي في ماء الري وزن/حجم (ملجم/لتر)
N_{uc} = تركيز العنصر الغذائي في محلول السماد الخام وزن/حجم (%)

$$D_r = F_{nc} / N_{uc}$$

مثال:

F_{nc} = ٥٠ ملجم/لتر N
N_{uc} = ٢٦,٧% N = ٢٦٧ جم/لتر = ٢٦٧,٠٠٠ ملجم/لتر
D_r = ٢٦٧,٠٠٠ / ٥٠ = ١: ٥٣٤٠ = ١٨٧ مل/م^3

➢ معدل- تدفق مضخة السماد

حساب معدل التدفق لمضخات السماد نحتاجها في اختيار المضخة المناسبة وفي ضبط معدل_التدفق في الحقل يدويا أو بواسطة جهاز التحكم بالري.

P_{fr} = معدل تدفق المضخة (لتر/ساعة)
F_{nc} = تركيز العنصر الغذائي النهائي في ماء الري وزن/حجم (ملجم/لتر)
N_{uc} = تركيز العنصر الغذائي في محلول السماد الخام وزن/حجم (%)
W_{fr} = معدل تدفق ماء الري (م^3/ساعة)

$$P_{fr} = W_{fr} \times F_{nc} / N_{uc}$$

مثال:

W_{fr} = ٨٠ م^3
F_{nc} = ٥٠ ملجم/لتر
N_{uc} = ٢٦,٧%
P_{fr} = ٨٠م^3/ساعة × ٥٠ ملجم/لتر/٢٦,٧% = ٨٠,٠٠٠ لتر/ساعة × ٥٠ ملجم/لتر/٢٦٧,٠٠٠ ملجم/لتر

= ١٤,٥١ لتر/ساعة

ملحق رقم (٢)

لوحات ملونة

(اللوحات مرقمة بموجب علاقتها برقم الفصل)

لوحة ١-١
لقطة مقرّبة للمنقط وحوله جذيرات الأفاكودو

لوحة ٢-١
الحدائق البهائية المعلقة في حيفا

لوحة ٥-٢
الري بالرش (نان)

لوحة ٥-٣
أنواع المرشات (نان)

لوحة ٢-٢

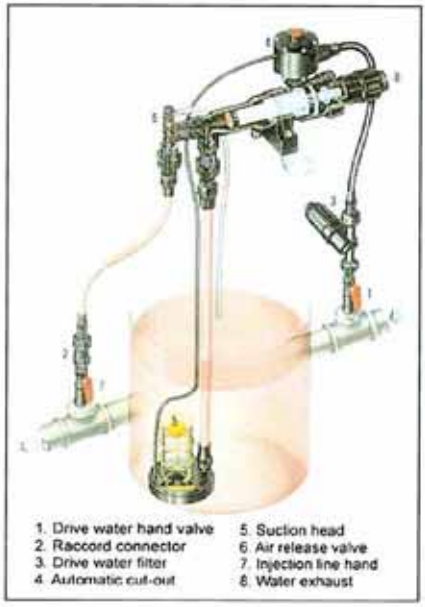
لوحة ٥-١
الري بالغمر في الصين

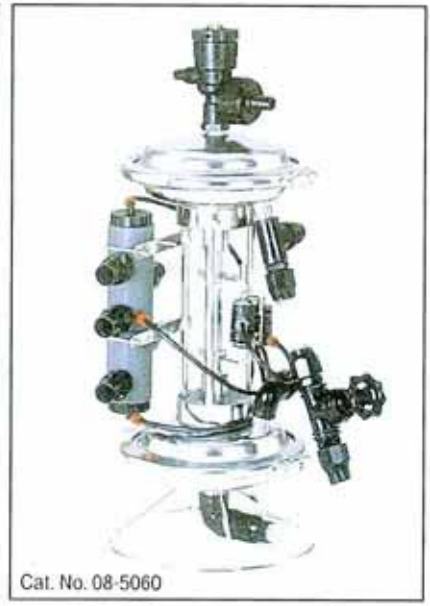
لوحة ٥-٦ أنواع المنقطات (نيتافيم، ميتزر، تي-تيب)

لوحة ٥-٧ الري بالحركة الخطية

لوحة ٥-٤
الري الموضعي في أشجار فاكهة (نان)

لوحة ٥-٥

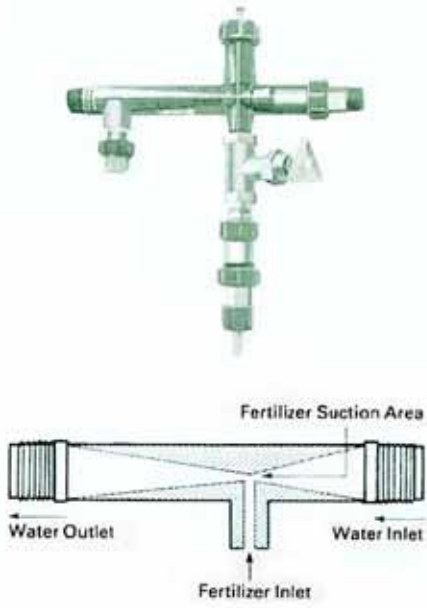




لوحة ٥-١٠ مضخات السماد (اميد و تي ام بي)

لوحة ٥- ١١ مضخة سماد دوساترون

لوحة ٥-٨ خزانات السماد



لوحة ٥-٩ أجهزة فينتوري والمقطع العرضي

لوحة ٧-١ حوض التبخر صنف

لوحة ٧- ٢ قياس الشدّ (تال ،أي ام آي)

لوحة ٥- ١٢ مضخة سماد كهربائية (بارزة)

لوحة ٥-١٣ خلاط سماد (روتيم

Fertilization through Irrigation

Prof. J. Hagin
Technion - Israel Institute of Technology, Haifa, Israel
The Stephen and Nancy Grand Water Research Institute

Mr. M. Sneh, Mrs. A. Lowengart - Aycicegi
Ministry of Agriculture - Extension Service, D.N. Oshart, Israel

Edited by: Dr. A.E. Johnston
Dept. of Soil Science, IACR Rothamsted,
Harpenden, Herts. AL5 2JQ, UK