

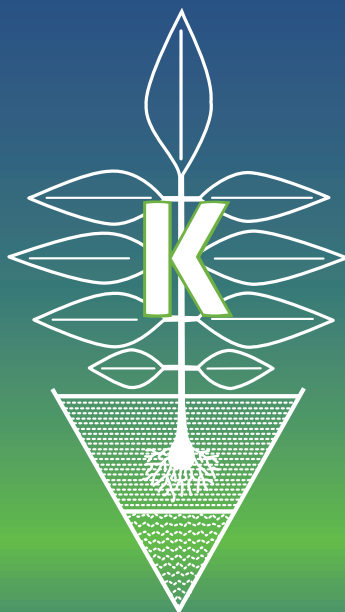


INTERNATIONAL
POTASH INSTITUTE



RUDOLF KASTORI
ŽARKO ILIN
IVANA MAKSIMOVIĆ
MARINA PUTNIK-DELIĆ

KALIJUM U ISHRANI BILJAKA -KALIJUM I POVRĆE-



Rudolf Kastori
Žarko Ilin
Ivana Maksimović
Marina Putnik-Delić

KALIJUM U ISHRANI BILJAKA
- KALIJUM I POVRĆE -

POTASSIUM IN PLANT NUTRITION
- POTASSIUM AND VEGETABLES -



NOVI SAD 2013

Rudolf Kastori
Žarko Ilin
Ivana Maksimović
Marina Putnik-Delić

Poljoprivredni fakultet Novi Sad

KALIJUM U ISHRANI BILJAKA

- KALIJUM I POVRĆE -

Izdavač
Poljoprivredni fakultet Novi Sad
Univerzitet u Novom Sadu

Lektor i korektor
Nataša Belić

Prevod
Tanja Vunjak-Kvaić

Prelom i štampa
TampoGraf, Novi Sad

Tiraž
300

P r e d g o v o r

Prosperitet čovečanstva u velikoj meri zavisi od biljnog sveta. Biljke obezbeđuju čoveku hranu, sirovine, energiju, humanu sredinu i uopšte uslove za život. Povećanje svetske populacije nameće potrebu za stalnim povećanjem proizvodnje hrane. Predviđa se da će broj stanovnika na Zemlji do 2025. godine dostići osam milijardi i zbog toga je potrebno proizvodnju hrane povećati za oko 50%, u cilju zadovoljavanja povećanih potreba za hranom. Povećanje proizvodnje hrane je imperativ za opstanak i razvoj ljudske populacije. Optimalna mineralna ishrana je od izuzetnog značaja za rast i razviće biljaka i za njihovu organsku produkciju. Zahvaljujući tome, poznavanje osnovnih principa, zakonitosti i prakse mineralne ishrane biljaka, pored naučnog, ima i izuzetan praktični značaj. Intenziviranje biljne proizvodnje, gajenje novih biljnih vrsta i genotipova, uvođenje novih sistema i tehnologija gajenja biljaka, širenje poljoprivrednih površina na zemljišta i u klimatske uslove koji nisu najpovoljniji za biljnu proizvodnju, čuvanje životne sredine od zagađenja, novi zahtevi za kvalitetom proizvoda i drugo, nameću stalno nove, i sve složenije probleme u vezi sa ishranom biljaka. Za njihovo rešavanje, pored ostalog, neophodno je solidno poznavanje osnovnih principa, ali i novih naučnih i praktičnih saznanja u oblasti mineralne ishrane biljaka, a u okviru toga sagledavanje uloge pojedinih elemenata u životnim procesima biljaka. Od optimalne mineralne ishrane biljaka ne očekuje se samo postizanje maksimalnih, ekonomski isplativih prinosa, već istovremeno i proizvodnja biološki i tehnološki punovredne hrane, odnosno proizvoda, na principima očuvanja životne sredine i održivog razvoja.

Mineralna ishrana biljaka zavisi od prisustva i odnosa za njih neophodnih 17 elemenata. Među njima izuzetno važno mesto zauzima kalijum, koji je neophodan makroelement za sve žive organizme. Od svih katjona, biljke u najvećoj količini usvajaju kalijum. Kalijum ne ulazi u sastav organskih jedinjenja biljaka, ali i pored toga, neposredno ili posredno utiče na brojne životne procese biljaka i time na njihovu organsku produkciju. Stoga je optimalna obezbeđenost biljaka kalijumom od velikog značaja za postizanje visokih i stabilnih prinosa dobrog kvaliteta. Cilj autora je bio da obuhvate celokupnu problematiku ishrane biljaka kalijumom. Razmatrani su problemi sadržaja i dinamika kalijuma u zemljištu, njegova fiziološka i biohemijska uloga, uticaj na rast i razviće, kalijumova đubriva i utvrđivanje potrebe za đubrenjem kalijumom. Na osnovu brojnih saznanja pogrešno je značaj ishrane kalijumom svesti samo na njegov uticaj na prinos biljaka. Optimalna ishrana biljaka kalijumom znači znatno više. Stoga je u knjizi detaljno ukazano i na značaj optimalne obezbeđenosti biljaka kalijumom, na njihovu tolerantnost prema bolestima i štetočinama, nepovoljnim

ekološkim uslovima, biološku i tehnološku vrednost proizvoda, skladištenje, kao i na značaj sadržaja kalijuma u biljkama sa stanovišta zdrave ishrane ljudi.

Potrebe pojedinih biljnih vrsta i genotipova za kalijumom su različite. Povrtarske vrste većinom se ubrajaju u kalifilne biljke. Stoga je njihovo optimalno obezbeđenje kalijumom od posebnog značaja. Specifičnost povrtarstva čini veliki broj vrsta sa posebnim zahtevima u mineralnoj ishrani i različiti sistemi proizvodnje povrća. Pored navedenog, povrtarstvo predstavlja jednu od najintenzivnijih grana biljne proizvodnje. Povrće je sirovina za različite oblike prerade, odlikuje se velikim sadržajem hranljivih i zaštitnih materija značajnih u ishrani ljudi. Zahvaljujući navedenim odlikama povrće zauzima važno mesto u ukupnoj proizvodnji hrane, a i ima veliku ekonomsku važnost. Pomenute specifičnosti povrća, odnosno povrtarstva, bile su osnovni razlozi zbog kojih smo se odlučili da detaljnije razmatramo ishranu povrća kalijumom.

Naučne postavke u knjizi temelje se na saznanjima do kojih su autori došli korišćenjem literatruere, ali i na rezultatima sopstvenih ispitivanja i istraživanja pojedinih problema. Citirana literatura, posebno novija, omogućava čitaocu da sagleda pojedine probleme i stekne uvid u pravce istraživanja u oblasti ishrane biljaka kalijumom, s posebnim osvrtom na povrće. Autori se nadaju da će knjiga biti korisna svim čitaocima koji žele da prošire svoje znanje iz ove oblasti.

Smatramo svojom dužnošću da se zahvalimo recenzentima rukopisa prof. dr Borivoju Krstiću, prof. dr Darinki Bogdanović i prof. dr Vladanu Markoviću na korisnim predlozima za poboljšanje teksta. Posebno se zahvaljujemo International Potash Institute - IPI (Horgen, Švajcarska) i Yara International ASA (Norveška) na velikodušnoj finansijskoj podršci. Zahvaljujemo se, takođe, Poljoprivrednoj stručnoj službi „Sombor” d.o.o. Sombor na finansijskoj pomoći za objavljivanje ovog dela.

Autori

P r e f a c e

Prosperity of humankind largely depends on the flora. Plants provide humans with food, raw materials, energy, humane environment and general conditions for life. Increase of the world population imposes the need for constant increase of food production. It is estimated that Earth's population will have reached eight billion by the year 2025 which will cause the increase of food production by circa 50% so as to fulfil the heightened food demands. Increase in food production is the imperative for the survival and development of human population. Optimal mineral nutrition is of utmost importance for the growth and development of plants and their organic production. Owing to this, knowledge on basic principles, rules and best practices regarding mineral plant nutrition has an outstanding scientific and practical significance. Intensified plant production, growing new plant species and genotypes, introduction of new systems and technologies of plant growing, expansion of agricultural areas onto soils and climatic conditions that are less than favourable for plant production, keeping environment unpolluted, new demands for product quality, etc. keep imposing new and more complex issues on plant nutrition. In order to tackle these, a solid knowledge of basic principles is required, besides other things, as well as new scientific and practical achievements in the field of mineral plant nutrition, within which overview of individual elements' roles in plant life processes becomes important. Optimal plant mineral nutrition is not expected to bring only maximum, cost-effective yields but to simultaneously provide the production of biologically and technologically valuable food or foodstuffs based on the principles of environmental protection and sustainable development.

Mineral plant nutrition depends on the presence and ratios of 17 necessary elements. Among them potassium is very important, being the necessary macro element for all living organisms. Out of all cations, plants uptake potassium in the largest quantities. Potassium does not enter the composition of organic compounds in plants; nonetheless it affects many plant life processes, directly or indirectly, as well as their organic production. Thus optimal supply of plants with potassium is very important for attaining high and stable yields of good quality. Authors' aim was to encompass plant nutrition with potassium in its entirety. Issues on content and dynamics of potassium in the soil are discussed, its physiological and biochemical role, effect on plant growth and development, potassium fertilizers and determining the need for them. According to research data it is wrong to downsize the importance of potassium nutrition only based on its affect on plant yield. Optimal plant nutrition with potassium is much more than that. This is why the book before you gives details on the importance of

optimal plant supply with potassium, plant tolerance to diseases and pests, adverse environmental conditions, biological and technological value of the products, storage, and importance of potassium in plants from the standpoint of human food safety.

Potassium demands of individual plant species and genotypes are different. Vegetables are mostly regarded as potassium-loving plant species, which is why their optimal supply is very important. A large number of species with specific demands for mineral nutrition is what makes vegetable gardening so specific, as well as different production systems. Additionally, vegetable production is one of the most intensive branches of plant production. Vegetables are used for different processed products, and with high contents of nutrients and protective agents it is very important for human nutrition. Owing to all these features, vegetables are very important in the total food production, plus it is of great economic value. The mentioned specificities of vegetables and vegetable growing have been the underlying cause of our decision to look into vegetable nutrition with potassium in details.

Scientific presumptions given in this book have been based on various references as well as our own research on individual issues. The cited references, especially those of recent date, allow the reader to understand specific issues and gain insight into research on plant nutrition with potassium, with a special focus on the vegetables. Authors hope that this book will be useful to all readers who seek more information on this topic.

It is our duty to acknowledge the manuscript reviewers Professor Borivoje Krstić, Professor Darinka Bogdanović and Professor Vladan Marković for their useful suggestions on manuscript improvements. We express our deepest gratitude to the International Potash Institute - IPI (Horgen, Switzerland) and Yara International ASA (Norway) for their generous financial support. We are also thankful to Extension Service „Sombor” d.o.o. Sombor for financially supporting this book.

Authors

SADRŽAJ

Predgovor	III
Preface	V
Sadržaj	VII
Contents	XI

AGRONOMSKI, NUTRITIVNI I EKONOMSKI ZNAČAJ PROIZVODNJE I POTROŠNJE POVRĆA	1
SPECIFIČNOST PROIZVODNJE POVRĆA	1
Mesto i način proizvodnje povrća	2
Sistemi proizvodnje povrća	8
EKONOMSKI ZNAČAJ PROIZVODNJE POVRĆA U SRBIJI	17
NUTRITIVNI ZNAČAJ I KVALITET POVRĆA	25
Osnovne hranljive materije	27
Biološki vredne materije	31
Dijetetički delujuće materije	35
Organoleptički izgled	36
KALIJUM U ZEMLJIŠTU	39
KALIJUM U MINERALIMA I NJEGOVA MOBILIZACIJA	39
OBLICI KALIJUMA U ZEMLJIŠTU	43
Fiksirani kalijum	44
Izmenljivi kalijum	47
Kalijum u zemljišnom rastvoru	49
STANJE I DINAMIKA KALIJUMA U ZEMLJIŠTIMA SRBIJE	51
Gubici kalijuma u zemljištu	55
Utvrđivanje obezbeđenosti zemljišta hranivima	57
Utvrđivanje obezbeđenosti zemljišta kalijumom	60
Činioci pristupačnosti kalijuma za biljke	63
ZNAČAJ KALIJUMA U ŽIVOTNIM PROCESIMA BILJAKA	67
USVAJANJE KALIJUMA	67
Usvajanje korenom	67
Činioci usvajanja	70
Spoljašnji činioci	70
Unutrašnji činioci	78

Usvajanje nadzemnim organima	81
<i>Činioci usvajanja</i>	83
Spoljašnji činioci	83
Unutrašnji činioci	84
Odavanje kalijuma	84
Transport kalijuma provodnim sudovima	85
<i>Transport ksilemom</i>	85
<i>Transport floemom</i>	87
<i>Transport između ksilema i floema</i>	88
Retranslokacija i remobilizacija	88
Kompartimentacija i koncentracija	89
Fiziološka uloga	91
<i>Aktivacija enzima</i>	91
<i>Sinteza nukleinskih kiselina i proteina</i>	93
<i>Osmoregulacija i vodni režim</i>	95
<i>Fotosinteza i disanje</i>	96
<i>Ostale fiziološke funkcije</i>	97
UTVRĐIVANJE OBEZBEĐENOSTI POVRĆA KALIJUMOM	99
ODNOS SADRŽAJA KALIJUMA U BILJKAMA I PRINOSA	101
ČINIOCI KOJE TREBA IMATI U VIDU PRI UTVRĐIVANJU	
OBEZBEĐENOSTI BILJAKA KALIJUMOM	104
LISNA ANALIZA POVRĆA	110
JEDINSTVENI SISTEM DIJAGNOZE I PREPORUKE (DRIS)	116
ANATOMSKE I BIOHEMIJSKE METODE	116
VIZUELNA DIJAGNOZA	118
SPECIFIČNI SIMPTOMI NEDOSTATKA	
I SUVIŠKA KALIJUMA KOD POVRTARSKIH VRSTA	119
Nedostatak kalijuma	119
Suvišak kalijuma	123
KALIJUM U ĐUBRIVIMA	125
PRIRODNE KALIJUMOVE SOLI	126
KONCENTROVANE KALIJUMOVE SOLI	127
KALIJUM U SLOŽENIM ĐUBRIVIMA	129
OSTALI NEORGANSKI IZVORI KALIJUMA	132

MOGUĆE PRATEĆE DEJSTVO ĐUBRENJA KALIJUMOM	134
Uticao na pH zemljišta	135
Značaj pratećih elemenata	136
Uticao na biogenost zemljišta	143
Zaslanjivanje zemljišta	146
ORGANSKA ĐUBRIVA KAO IZVOR KALIJUMA	147
Stajska đubriva	148
Ostala organska đubriva	150
POTROŠNJA KALIJUMOVIH ĐUBRIVA	153
EKOLOŠKI ASPEKTI PRIMENE KALIJUMOVIH ĐUBRIVA	157
ĐUBRENJE POVRĆA KALIJUMOM	161
IZBOR I PLODNOST ZEMLJIŠTA ZA PROIZVODNJU POVRĆA	161
ODREĐIVANJE POTREBE U HRANIVIMA	167
OBEZBEĐENOST ZEMLJIŠTA KALIJUMOM	174
KVALITET VODE ZA NAVODNJAVANJE I FERTIGACIJU	178
ISHRANA POJEDINIH POVRTARSKIH VRSTA KALIJUMOM	184
Ishrana korenastog, krtolastog i lukovičastog povrća	189
Ishrana plodovitog povrća	200
Ishrana kupusnjača	204
Ishrana graška i boranije	206
KALIJUM I KVALITET POVRĆA	209
KVALITET PROIZVODA U FUNKCIJI MINERALNE ISHRANE	210
UTICAJ KALIJUMA NA KVALITET PROIZVODA	212
Sadržaj ugljenih hidrata	212
Sadržaj azotnih materija	217
Sadržaj lipida	219
Sadržaj vitamina	219
Sadržaj kiselina	221
Sadržaj mineralnih materija	222
Sadržaj bojenih materija	224
UTICAJ KALIJUMA NA SKLADIŠTENJA POVRĆA	224

UTICAJ KALIJUMA NA TOLERANTNOST BILJAKA PREMA BIOTIČKIM I ABIOTIČKIM ČINIOCIMA STRESA	227
ULOGA KALIJUMA U TOLERANTNOSTI BILJAKA PREMA ABIOTIČKIM ČINIOCIMA STRESA	228
Značaj kalijuma u tolerantnosti biljaka prema suši	228
Kalijumom indukovana tolerantnost biljaka prema niskim temperaturama	230
Uloga kalijuma u povećanju otpornosti prema poleganju useva	232
Uloga kalijuma u ublažavanju efekta sonog stresa	234
Zaštitno dejstvo kalijuma od fotodestruktivnog delovanja sunčeve radijacije	235
ULOGA KALIJUMA U TOLERANSTNOSTI BILJAKA PREMA BIOTIČKIM ČINIOCIMA STRESA	236
Kalijum i bolesti povrća	238
Kalijum i štetočine povrća	245
ZNAČAJ KALIJUMA U ISHRANI LJUDI	249
SADRŽAJ I RASPODELA KALIJUMA U ORGANIZMU ČOVEKA	249
UNOS I IZLUČIVANJE KALIJUMA	250
FIZIOLOŠKA ULOGA KALIJUMA	251
Nedostatak kalijuma	251
Suvišak kalijuma	254
IZVORI KALIJUMA	254
SIMPTOMI NEDOSTATKA KALIJUMA KOD POVRĆA	259
LITERATURA	273
SPONZORI	309

CONTENTS

Preface (in Serbian)	III
Preface (in English)	V
Contents (in Serbian)	VII
Contents (in English)	XI

AGRONOMIC, NUTRITIVE AND ECONOMIC IMPORTANCE OF VEGETABLE PRODUCTION AND CONSUMPTION	1
SPECIFICITIES OF VEGETABLE PRODUCTION	1
Place and Mode of Vegetable Production	2
Vegetable Production Systems	8
ECONOMIC IMPORTANCE OF VEGETABLE PRODUCTION IN SERBIA	17
NUTRITIVE IMPORTANCE AND QUALITY OF VEGETABLES	25
Basic Nutritional Substances	27
Biologically Valuable Substances	31
Dietetic Substances	35
Organoleptic Properties	36
POTASSIUM IN SOIL	39
POTASSIUM IN MINERALS AND ITS MOBILITY	39
FORMS OF POTASSIUM IN SOIL	43
Fixed Potassium	44
Exchangeable Potassium	47
Soluble Potassium	49
STATUS AND DYNAMICS OF POTASSIUM IN SOILS OF SERBIA	51
Potassium Losses in Soil	55
Determining Supply of Nutrients in Soil	57
Determining Supply of Potassium in Soil	60
Factors of Potassium Availability to Plants	63
IMPORTANCE OF POTASSIUM IN PLANT LIFE PROCESSES	67
POTASSIUM UPTAKE	67
Uptake by Roots	67

<i>Uptake Factors</i>	70
External Factors	70
Internal Factors	78
Uptake by Shoots	81
<i>Uptake Factors</i>	83
External Factors	83
Internal Factors	84
Potassium Efflux	84
Transport of Potassium via Conducting Vessels	85
<i>Xylem Transport</i>	85
<i>Phloem Transport</i>	87
<i>Transport Between Xylem and Phloem</i>	88
Retranslocation and Remobilization	88
Compartmentation and Concentration	89
Physiological Role	91
<i>Enzyme Activation</i>	91
<i>Nucleic Acid and Protein Synthesis</i>	93
<i>Osmotic Regulation and Water Regime</i>	95
<i>Photosynthesis and Respiration</i>	96
<i>Other Physiological Functions</i>	97
DETERMINING SUPPLY OF VEGETABLES WITH POTASSIUM	99
RATIO OF POTASSIUM CONTENT IN PLANTS AND YIELD	101
FACTORS AFFECTING DETERMINATION OF PLANT	
SUPPLY WITH POTASSIUM	104
LEAF ANALYSIS OF VEGETABLES	110
DIAGNOSIS AND RECOMMENDATION	
INTEGRATED SYSTEM (DRIS)	116
ANATOMIC AND BIOCHEMICAL METHODS	116
VISUAL DIAGNOSTICS	118
SPECIFIC SYMPTOMS OF POTASSIUM DEFICIENCY AND	
EXCESS IN VEGETABLE SPECIES	119
Potassium Deficiency	119
Potassium Excess	123
POTASSIUM IN FERTILIZERS	125

NATURAL POTASSIUM SALTS	126
CONCENTRATED POTASSIUM SALTS	127
POTASSIUM IN COMPLEX FERTILIZERS	129
OTHER INORGANIC SOURCES OF POTASSIUM	132
POSSIBLE CONSEQUENCES OF FERTILIZING WITH POTASSIUM	134
Effect on Soil pH	135
Importance of Accompanying Elements	136
Effect on Soil Biogenity	143
Soil Salinization	146
ORGANIC FERTILIZERS AS A SOURCE OF POTASSIUM	147
Manure	148
Other Organic Fertilizers	150
POTASSIUM FERTILIZERS UTILIZATION	153
ECOLOGICAL ASPECTS OF APPLYING POTASSIUM FERTILIZERS	157
VEGETABLE FERTILIZATION WITH POTASSIUM	161
CHOICE AND FERTILITY OF SOIL INTENDED FOR VEGETABLE PRODUCTION	161
DETERMINING THE NEED FOR NUTRIENTS	167
SOIL SUPPLY WITH POTASSIUM	174
IRRIGATION AND FERTIGATION WATER QUALITY	178
NUTRITION OF CERTAIN VEGETABLES WITH POTASSIUM	184
Nutrition of Root, Tuber and Bulb Vegetables	189
Nutrition of Fruit-Bearing Vegetables	200
Nutrition of Brassicas	204
Nutrition of Peas and Green Beans	206
POTASSIUM AND VEGETABLE QUALITY	209
PRODUCT QUALITY REGARDING MINERAL NUTRITION	210
POTASSIUM EFFECT ON PRODUCT QUALITY	212
Carbo-Hydrate Content	212
Nitrogen Matter Content	217
Lipid Content	219
Vitamin Content	219
Acid Content	221
Mineral Matters Content	222
Colour Substances Content	224

POTASSIUM EFFECT ON VEGETABLE STORAGE	224
POTASSIUM EFFECT ON PLANT TOLERANCE TO BIOTIC AND ABIOTIC STRESS FACTORS	227
POTASSIUM ROLE IN PLANT TOLERANCE TO ABIOTIC STRESS FACTORS	228
Potassium Importance in Plant Tolerance to Drought	228
Potassium Induced Plant Tolerance to Low Temperatures	230
Potassium Role in Increasing Resistance to Lodging	232
Potassium Role in Reduction of Salinity Stress Effect	234
Potassium as Protection from Photodestructive Solar Radiation	235
POTASSIUM ROLE IN PLANT TOLERANCE TO BIOTIC STRESS FACTORS	236
Potassium and Vegetable Diseases	238
Potassium and Vegetable Pests	245
POTASSIUM IMPORTANCE IN HUMAN NUTRITION	249
POTASSIUM CONTENT AND DISTRIBUTION IN HUMAN ORGANISM	249
POTASSIUM INTAKE AND OUTPUT	250
PHYSIOLOGICAL ROLE OF POTASSIUM	251
Potassium Deficiency	251
Potassium Excess	254
POTASSIUM SOURCES	254
POTASSIUM-DEFICIENCY SYMPTOMS IN VEGETABLES	259
REFERENCES	273
SPONSORS	309

AGRONOMSKI, NUTRITIVNI I EKONOMSKI ZNAČAJ PROIZVODNJE I POTROŠNJE POVRĆA

SPECIFIČNOST PROIZVODNJE POVRĆA

Povrtarstvo je grana biljne proizvodnje koja proučava gajenje posebne grupe biljaka nazvane povrće. Uža naučna oblast povrtarstvo se kod nas proučava u okviru naučne oblasti biotehnologija. U svetu se povrtarstvo proučava u okviru šire naučne discipline i/ili oblasti hortikultura (hortus – bašta i/ili vrt).

Prema Radiću (1878) komad zemlje na kojem se povrće proizvodi i gaji zove se povrtnjak, vrt ili bašta. Povrtnjak može biti malen ukraj kuće, za proizvodnju povrća samo za domaću upotrebu, a može biti i veći u polju za proizvodnju povrća za trgovinu. Povrtarstvo je najsavršenija grana poljoprivrednog rada, a razvilo se od obične zemljoradnje. Isti autor navodi da je „povrće” svako ono bilje koje mi u našem povrtnjaku gajimo i od njega za ishranu upotrebljavamo ma koji njegov deo. Nekolicina toga povrća služi imućnim ljudima kao poslastica, ali većina služi kao neophodno nužna hrana, imućnome i siromašnome podjednako. „U to vreme”, tvrdi Radić, „proizvodnja povrća je korisnija od proizvođenja (proizvodnje) običnih poljskih (ratarskih) usjeva (useva). Posebno je to slučaj kada se na jednoj bašti povrtarstvo sa voćarstvom zajedno rabota (proizvodi), sad bilo to samo za svoju potrebu, svoj ćef, ili za trgovinu – onda će gospodar (vlasnik) te bašte imati u svako godišnje doba za svoju sovru (za svoj sto) sveže i dobro povrće, koje bi se inače iz okoline nabaviti moralo. Isto je tako i s voćem; pa i voćarstvo doprinosi vlasniku mnoge koristi i prijatnosti. Jer to niko neće, a i ne može reći, da skorašnje – friško povrće i voće nije samo prijatnije i ukusnije, nego je za čoveka zdravije i bolje”.

U bašti se gaje jednogodišnje, dvogodišnje i višegodišnje zeljaste biljke, koje se ubiraju u fazi optimalne tehnološke zrelosti (grašak, boranija, kukuruz šećerac, paprika, plavi patlidžan, krastavac salatar i kornišon, tikvica, kupus, kelj, karfiol, brokola, keleraba, kelj pupčar, kineski i pekinški kupus, rukola, salata, spanać, lisnati peršun, lisnati celer i celer rebraš, blitva, mrkva, korenasti peršun, pašrnak, korenasti celer, cvekla, rotkva, rotkvica, đumbir, crni i beli luk, praziluk, vlašac, mladi krompir, artičoka, bamija, špargla, ren i rabarbara) i pune ili fiziološke zrelosti (paprika, začinska paprika, paradajz, krompir, lubenica, dinja, bela bundeva i tikva šećerka).

Teško je povući jasnu granicu između povrtarstva, ratarstva i hortikulture. Tako, na primer, kukuruz šećerac, lubenica, dinja, mladi grašak, boranija i mladi krompir pripadaju povrtarstvu. Prema nekim autorima, lubenica i dinja pripadaju voću (hortikulturi), a jagoda povrću (Radić, 1878), što kod nas nije slučaj. Povrće se najčešće ubira u fazi tehnološke zrelosti i gaji se na manjim površinama u odnosu na ratarske useve koji se ubiraju u fazi pune ili fiziološke zrelosti (pasulj i kukuruz), a hortikulturne biljke (voće i vinova loza) su višegodišnje drvenaste biljke. Izuzetak je jagoda kod koje su vegetativni organi zeljasti (kao kod povrća), a ubira se u fazi pune ili fiziološke zrelosti kao lubenica i dinja.

Proizvodnja i potrošnja kvalitetnog povrća tokom čitave godine nose jednu specifičnost koja se ogleda u gajenju velikog broja povrtarskih vrsta, različite dužine vegetacije u različitim sistemima proizvodnje kao glavnog useva, naknadnog, prethodnog ili međuuseva. Karakteristično je bogatstvo najrazličitijih vegetativnih i generativnih organa koji se koriste u ishrani u različitoj fazi zrelosti i na najrazličitije načine. Povrće u ishrani se koristi u svežem i prerađenom stanju. Koristi se kao salata, varivo, grilovano, prženo, pečeno, punjeno, pohovano, pravi se slatko i desert od povrća, zatim se koristi kao dodatak supama, čorbama, raznim pitama, polugotovim i gotovim jelima. Povrće se koristi za spravljanje sokova i dečje hrane, polugotovih i gotovih jela.

U svetu je na bazi povrća izgrađena moćna prerađivačka industrija. Povrće se prerađuje i na tržište plasira kao duboko zamrznuto (hladnom preradom) povrće (grašak, boranija, kukuruz šećerac, paprika u kockicama, pomfrit, brokola, karfiol), toplom preradom ili pasterizacijom (grašak, boranija), kiseljenjem (paprika, krastavac kornišon, kiseli kupus, karfiol, brokola, mrkva, cvekla), dehidracijom ili sušenjem (začinska paprika, mrkva, peršun, pastrnak, celer, crni i beli luk, paradajz, brokola, keleraba, list kupusa, spanać, špargla), mariniranjem (ren ili hren, cvekla, crni luk), pravljenjem pirea od krompira i paradajza, kečapa od paradajza, čips i snek proizvodi od krompira.

Mesto i način proizvodnje povrća

Istorijski posmatrano, na razvoj povrtarstva u Srbiji značajan uticaj imala je blizina Bliskog istoka i Mediterana. Iskustva u proizvodnji povrća u zemljama srednje Evrope su, takođe, bila veoma značajna (Ilin, 2010). U poslednja dva veka, kao što je to slučaj i danas, pored već pomenutih, evidentan je snažan uticaj iz zapadne Evrope (Radić, 1878). Na osnovu toga može se reći da proizvodnja povrća u Srbiji ima sva obeležja proizvodnje povrća u regionu, Evropi i svetu (Ilin et al., 1999; Ilin, 2010, Ilin et al., 2013).

Proizvodnja povrća, bez obzira na način i mesto proizvodnje, ima agronomski, biološki, ekološki i ekonomski značaj.

Proizvodnja povrća u Srbiji odvija se na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru (Tab. 1). Na otvorenom polju proizvodnja povrća odvija se u bašti (na okućnici, vikendici) i na njivi. Njivska proizvodnja povrća uslovno može da se подели na kombinovanu proizvodnju povrća (u ratarsko/povrtarskom plodoredu i/ili zajedno sa voćarsko-vinogradarskim i hortikulturnim biljkama) i intenzivnu proizvodnju povrća u specijalizovanim porodičnim komercijalnim gazdinstvima (Ilin, 2003, Ilin et al., 2013).

U zaštićenom prostoru proizvodi se kvalitetan rasad (Marković et al., 1999, Ilin i Mišković, 2007) i konzumno povrće (Ilin et al., 2006, 2009). Proizvodnja se odvija u niskim, poluvisokim i visokim plastičnim tunelima, plastenicima i staklenicima (Ilin i Mišković, 2008), ali i na nastiranom (malčovanom) zemljištu sa neposrednim pokrivanjem biljaka (bez noseće konstrukcije) agrotekstilom.

Tab. 1. Mesto i način proizvodnje povrća (Ilin, 2003)

PROIZVODNJA POVRĆA		
PROIZVODNJA POVRĆA NA OTVORENOM POLJU		PROIZVODNJA POVRĆA U ZAŠTIĆENOM PROSTORU
BAŠTENSKA PROIZVODNJA POVRĆA	NJIVSKA PROIZVODNJA POVRĆA	
	KOMBINOVANA RATARSKO- POVRTARSKA PROIZVODNJA	INTENZIVNA PROIZVODNJA POVRĆA U SPECIJALIZOVANIM PORODIČNIM KOMERCIJALNIM GAZDINSTVIMA
		- MALČOVANJE I NEPOSREDNO POKRIVANJE BILJAKA AGROTEKSTILOM
		- PROTIVGRADNE MREŽE I MREŽE ZA SENČENJE
		- NISKI TUNELI
		- POLUVISOKI TUNELI
		- VISOKI TUNELI
		- PLASTENICI
		- STAKLENICI

S agronomskog stanovišta, ali i sa stanovišta zadovoljenja domaćih potreba u povrću čitave godine, najveći značaj ima njivska proizvodnja povrća. Zatim, proizvodnja povrća iz zaštićenog prostora, proizvodnja povrća u bašti i na kraju proizvodnja semena i sadnog materijala. Njivska proizvodnja povrća i proizvodnja iz zaštićenog prostora namenjena je domaćem tržištu i za izvoz, dok je proizvodnja u bašti prevashodno namenjena za sopstvenu potrošnju u domaćinstvu, a viškovi se iznose na zelenu pijacu (Ilin et al., 2013).

Njivska proizvodnja povrća

Najveći broj proizvođača povrća na otvorenom polju organizuje proizvodnju povrća u kombinovanom ratarsko-povrtarskom plodoredu na površini od svega 0,5-1 ha. Usitnjenost površina, odsustvo specijalizacije u proizvodnji, nizak nivo tehnologije razlozi su niskih prinosa, što potvrđuju statistički podaci (Stat. god. 2010).

Kombinovana ratarsko-povrtarska proizvodnja odvija se na površini od 1 do 5 ha pod povrćem u ratarsko-povrtarskom plodoredu. Za ovaj tip proizvodnje karakteristično je odsustvo specijalizacije u proizvodnji, niži nivo mehanizovanosti tehnološkog procesa proizvodnje i veliki broj radnika po jedinici površine.

Značajan deo proizvodnje razvija se na porodičnim komercijalnim gazdinstvima kod robnih proizvođača. Ovaj tip proizvodnje povrća kod nas se organizuje na površini od oko 10 do 30 ha.

U poslednje dve decenije izdvojila se jedna manja grupa proizvođača povrća s optimalnom veličinom imanja na nivou od 50 do 80, maksimalno 100 ha, pod povrćem i krompirom. Primetan je visok stepen specijalizacije u proizvodnji. Gaji se 3-5 glavnih vrsta i veći broj naknadnih i postranih vrsta. To omogućava potpun kontinuitet u proizvodnji i isporuci svežeg povrća po standardima Komisije Evropske unije i intenzivno korišćenje zemljišta u uslovima navodnjavanja.

Industrijska proizvodnja povrća, namenjena industrijskoj preradi, menja strukturu setve, odnosno sadnje i uslovljena je kapacitetom kombajna za berbu graška, boranije i kukuruza šećerca. Optimalna površina je 500-600 ha. Ovaj tip proizvodnje karakterističan je za privatizovana, nekadašnja društvena preduzeća. Osim navedenih kultura, za industrijsku preradu gaje se krastavac kornišon, kupus za kiseljenje, paprika (babura, turšijara ili roga, paradajz paprika), karfiol, brokola, cvekla, paradajz, mrkva, pastrnak, peršun, celer, crni luk i začinska paprika.

Proizvodnja povrća u zaštićenom prostoru

Proizvodnja povrća u zaštićenom prostoru svrstava se među najintenzivnije u biljnoj proizvodnji. Zaštićeni prostor obezbeđuje smanjenje rizika od uticaja nepovoljnih klimatskih uslova tokom jesenjeg, zimskog i prolećnog perioda, ali i vrlo uspešnu zaštitu od visokih temperatura u letnjim mesecima. Rezultat upravljanja mikroklimatskim uslovima tokom čitave godine, shodno biološkim zahtevima gajene biljke, jeste značajno povećanje prinosa po biljci, samim tim i po jedinici površine (Ilin et al., 2006).

Preciznih podataka o površinama pod plastenicima tunelskog tipa kod nas praktično nema. Procena je da se u plastenicima povrće gaji na površini od 3.000 do 5.000 ha. U poslednjih deset godina podignuto je još oko 2.000 do 3.000 ha. To znači da se kod nas povrće u plastičnim tunelima gaji na površini od 5.000 do 6.000 ha, sa stalnom tendencijom rasta (Ilin, 2003, Ilin et al., 2009).

U našim uslovima, preovlađuju objekti tunelskog tipa (visine 1,8-2,5 i širine 4-5,5 m i/ili 2,6-3,6 visine i 7-8 m širine) i još uvek se gotovo u celosti povrće proizvodi na zemljištu na kojem je podignut zaštićeni prostor. Praktično iskustvo nedvosmisleno pokazuje da visokospecijalizovano gajenje salate, paradajza, paprike i krastavca, uz neophodan nivo prinosa, nije trajno moguće u varijanti gajenja na zemljištu. Problemi u vezi s opadanjem plodnosti (zaslanjenost, sabijanje i zabarenost) zemljišta i/ili bolesti korenovog sistema, prisustvo nematoda i progresivno opadanje prinosa i kvaliteta povrća, vrlo brzo će naterati proizvođače da pređu na neki od sistema proizvodnje „bez zemljišta“. Osim ove mogućnosti proizvođačima na raspolaganju ostaje mogućnost premeštanja objekata na drugu lokaciju ili iznošenje i zamena oraničnog sloja zemljišta. Naravno, to su skupe metode da bi se pravilno i dugoročno rešili objektivni problemi na koje se već sada nailazi (Ilin et al., 2009).

Kod nas se u različitim tipovima zaštićenog prostora povrće proizvodi na:

- prirodnom zemljištu;
- na smešama čiste baštenske zemlje, zgorelog stajnjaka, komposta i/ili treseta;
- na industrijski način pripremljenim supstratima organskog porekla (kokosova vlakna ili na smešama od crnog i belog treseta);
- u sistemu „bez zemljišta“ (supstrati neorganskog porekla i kamena vuna);
- tehnika tankog hranljivog filma (NFT), plavljenjem (Ebb&Flow), kapanjem.

Dominantan način proizvodnje u Srbiji je na prirodnom zemljištu, kao što je to u ostalom slučaju u celom regionu, ali i na Mediteranu. Preostali načini proizvodnje kod nas su zastupljeni na manje od 1% od ukupnih površina pod zaštićenim prostorom.

U razvijenom svetu dominira proizvodnja na neorganskim supstratima (na kamenoj vuni u Holandiji je preko 95% površina), zatim, organizovana je proizvodnja na organskim supstratima (oko 2-5% od ukupnih površina u Holandiji), a proizvodnja na prirodnom zemljištu je praktično zanemarljiva.

Tehnika tankog hranljivog filma (NFT), plavljenjem na betonskoj podlozi ili pokretnim stolovima (Ebb&Flow) kod nas i u svetu zauzima relativno male površine, sa tendencijom porasta (Ilin et al., 2013).

Proizvodnja povrća u bašti

Značajna količina povrća proizvede se u bašti, na okućnici, vikendicama ili u vikend-naseljima. Ova proizvodnja je gotovo isključivo namenjena potrošnji u domaćinstvu i za plasman preko zelenih pijaca. Reč je o setvi i/ili sadnji velikog broja vrsta čitave godine. Površina od 300-400 m² pod povrćem apsolutno može da zadovolji potrebe četvoročlane porodice. Veličina bašte je obično od 500 do 2.000 m², što je mnogo više od potreba četvoročlane porodice. Viškovi završavaju na zelenim pijacama (Ilin, 2010). U našim uslovima ova proizvodnja obično ima obeležja proizvodnje povrća po organskim principima. Po popisu poljoprivrede iz 2012. godine registrovano je 628.555 porodičnih gazdinstava. Svako od gazdinstava raspolaže u proseku sa oko 800 m² bašte (Ilin et al., 2013).

U bašti se proizvodi povrće cele godine kao prethodni usev, glavni usev, međuusev i naknadni (drugi i/ili treći) usev. U ovoj proizvodnji se ne primenjuje teška mehanizacija, nema gaženja, sabijanja i narušavanja strukturnih agregata zemljišta. U bašti se povrće gaji u tro i/ili četvoropoljnom plodoredu, gde značajno mesto ima baštenski grašak, boranija, pasulj i povrtarski bob. Primenuju se uglavnom organska đubriva, kao što je kompost, poluzgoreli i zgoreli stajnjak, glistenjak i zelenišno đubrivo. Obično se u bašti povrće gaji bez ili uz minimalnu upotrebu mineralnih đubriva. Obrada zemljišta u bašti je sa minimalnim prevrtanjem oraničnog sloja zemljišta (plitka obrada zemljišta ašovom, vilama ili frezom). Fina predsetvena priprema zemljišta je na ravnoj površini ili gredici frezom ili grabljicama. Posle nicanja, češće posle sadnje rasada, zemljište se prekriva organskim malčom, od fine pokošene i prosušene trave ili pšenične slame. Ponekad se povrće u bašti proizvodi zajedno sa lekovitim i začinskim biljkama, cvećem, voćem i vinovom lozom. Vrlo često se na delu bašte (ponekad i polovina veće bašte od 2.000 m²) zasniva i eksploatiše kao kvalitetna stočna hrana lucerka (sveže pokošena u ishrani svinja ili seno u ishrani goveda i ovaca).

Gajenje povrtarskog graška, boranije, pasulja, povrtarskog boba i krmnih leguminoza (krmnog graška, grahorice, detelinsko-travnih smeša i lucerke) u većim baštama od izuzetnog je agronomskog značaja. Preporuka za gajenje leguminoza u bašti u skladu je sa preporukama agronomske struke i nauke da se elementarni azot iz vazduha fiksira kvržičnim bakterijama koje se nalaze u kvržicama na korenovom sistemu leguminoza i da se na taj način gajeni, ali i naredni povrtarski usev, obezbedi dovoljnom količinom ovog makroelementa neophodnog za rast i razviće povrća kao nosioca prinosa.

Proizvodnja semena i sadnog materijala povrća

O značaju proizvodnje kvalitetnog semena povrća pisao je Radić, davne 1878. godine, u poglavlju pod nazivom *O izvodu sjemena u opšte* (str. 85-92) u udžbeniku *Povrtarstvo za školu i narod*. U istom delu, u drugom delu udžbenika, u poglavlju *Posebno gajenje raznoga povrća*, Radić je detaljno opisao 352 sorte povrća toga vremena kod 58 povrtarskih vrsta koje preporučuje za gajenje na ovim prostorima.

Semenu je oduvek pridavan veliki značaj. Organizovano semenarstvo u svetu ima dugu tradiciju. Semenom se prenosi život s generacije na generaciju, odnosno ono je prenosilac osobina roditelja na potomstvo. Koristilo se samo seme od najboljih i najproduktivnijih biljaka sa najkrupnijim plodovima i drugim pozitivnim osobinama. Zato je seme u dalekoj prošlosti bilo, danas je i biće predmet globalne trgovine u budućnosti.

Proizvodnja semena i sadnog materijala povrća sa agromonskog stanovišta, i u prošlosti, ali i u današnje vreme, predstavlja značajnu privrednu aktivnost u našoj zemlji. Kod nas se proizvodnja semena obavlja preko organizovanog semenarstva. Nažalost, značajan deo proizvodnje povrća je preko sopstvenog semena i sadnog materijala povrća (Ilin et al., 2013).

Organizovano semenarstvo podrazumeva kontinuiranu proizvodnju svih kategorija semena i sadnog materijala. Važno je korišćenje deklarisanog semena u što većem procentu, kao i sorti sa visokim genetskim potencijalom rodnosti (Milošević et al., 2004). Semenarstvo povrća u najširem smislu reči obuhvata proizvodnju, doradu i promet semena (Gvozdenović et al., 1996) i sadnog materijala povrća. Osnovni cilj jeste, da se obezbedi dovoljna količina kvalitetnog semena i sadnog materijala svih sorti i hibrida za potrebe povrtarske proizvodnje u našoj zemlji i za izvoz.

Sa agronomskog stanovišta, Srbija ima izuzetno pogodne klimatske i edafske uslove za proizvodnju semena i sadnog materijala. Oko 90 % semenske proizvodnje nalazi se u Vojvodini, izuzimajući krompir (Gvozdenović et al., 1996). Potrebne količine semena povrća utvrđuju se

na bazi statističkih podataka o zasejanim površinama i setvenom normom po jedinici površine, za određenu biljnu vrstu, a za one čiju proizvodnju statistika ne beleži, potrebne količine semena se određuju procenom (Gvozdrenović 2010; Gvozdrenović et al., 2011).

Do sredine osamdesetih godina prošlog veka seme povrća u Srbiji se gajilo na površini od oko 4.500 ha. Tokom devedesetih godina prošlog veka i u prvoj deceniji XXI veka, površine pod semenom povrća su se postepeno smanjivale. Prema podacima Uprave za zaštitu bilja pri Ministarstvu poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva Vlade Republike Srbije u proseku u poslednjih pet godina (2008-2012) seme povrća se gaji na 1087 ha. Organizovano, i pod kontrolom nadležnih državnih organa, a u skladu sa Zakonom o semenu i sadnom materijalu proizvodi se trideset vrsta povrća za domaće potrebe i za izvoz (Ilin et al., 2013).

Sistemi proizvodnje povrća

Prinos i kvalitet povrća zavisi od ekoloških uslova (klimatskih i edafskih), produktivnosti biljne vrste, odnosno njenog genetskog potencijala, morfološkog izgleda, fizioloških osobina gajene biljne vrste, odnosno sorte i/ili hibrida i primenjene agrotehnike. Da bi pomenuti uslovi i genetski potencijal gajene biljke došli do izražaja istorijski su se razvijali različiti sistemi (agrotehničke mere) u biljnoj proizvodnji, pa i proizvodnji povrća, a radi obezbeđenja dovoljnih količina hrane.

Danas se, s agronomskog stanovišta, razlikuju dva osnovna načina ili sistema proizvodnje hrane i to:

- konvencionalna i/ili uobičajena proizvodnja hrane (povrća) i
- alternativni sistemi proizvodnje hrane (povrća).

Konvencionalni sistem proizvodnje hrane, pa i povrća, je dominantan sistem gajenja u svetu. Ima dugu tradiciju, i praktično kao takav se razvijao od „postanja sveta“ do danas. To je jedan vrlo dinamičan sistem proizvodnje gde se stalno uvode novi savremeniji tehničko-tehnološki procesi u cilju intenziviranja proizvodnje i ostvarenja što većeg profita, uvažavajući temeljne principe proizvodnje zdravstveno bezbedne hrane, pa i povrća. Intenziviranje konvencionalne proizvodnje je počelo prvom zelenom revolucijom polovinom XIX veka. Šezdesetih godina prošlog veka, sa drugom zelenom revolucijom, ovaj sistem proizvodnje dobija na zamahu. U novije vreme, za ovaj sistem je karakteristična stalna kontrola tehnološkog procesa proizvodnje, pa se ovaj sistem često naziva „kontrolisana konvencionalna“ proizvodnja hrane (povrća).

Početak prošlog veka u svetu se javljaju alternativni sistemi proizvodnje hrane, pa i povrća. Smatra se da je biodinamička proizvodnja kao

alternativni sistem konvencionalnoj proizvodnji počela da se razvija dvadesetih godina prošlog veka.

Brži razvoj alternativnih sistema proizvodnje počinje sedamdesetih godina prošlog veka kao odgovor na masovnu i nekontrolisanu upotrebu mineralnih đubriva, teške mehanizacije i posebno pesticida kao potencijalnih zagađivača životne sredine. Devedesetih godina prošlog veka ovi alternativni sistemi proizvodnje hrane, pa i povrća, definišu se kao „održivi sistemi proizvodnje“ i u različitim državama dobijaju razne nazive. Navešćemo neke od njih:

- biodinamička proizvodnja, kao najstariji alternativni sistem proizvodnje;
- integralna proizvodnja;
- organska proizvodnja;
- biološka proizvodnja;
- ekološka proizvodnja;
- poljoprivreda niskih ulaganja;
- regenerativna proizvodnja;
- holistička proizvodnja;
- biointenzivna proizvodnja;
- alternativna proizvodnja.

Od pomenutih alternativnih sistema proizvodnje najjasnija razlika je između integralne i preostalih devet sistema proizvodnje hrane (i povrća). Dok između pomenutih devet sistema praktično nema razlike ili bolje rečeno u pitanju su nijanse u tehnološkom procesu proizvodnje, kontrole i/ili sertifikacije. Zbog toga je moguće proizvodnju hrane (i povrća) u svetu uslovno podeliti na tri osnovna sistema i to:

- proizvodnja kontrolisana konvencionalna,
- integralna i
- održiva proizvodnja hrane (i povrća).

U Srbiji tokom prve decenije XXI veka, pored kontrolisane konvencionalne proizvodnje, nadležno Ministarstvo poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva prepoznaje, podstiče i subvencioniše organsku proizvodnju hrane (i povrća) (Zakon o organskoj proizvodnji „Službeni glasnik“, br. 30/10 od 7. 5. 2010), dok integralni sistem proizvodnje, kao veoma razvijen sistem proizvodnje (gotovo na nivou kontrolisane konvencionalne proizvodnje) u razvijenom svetu, kod nas još uvek nije dobio svoje mesto. Sistem integralne proizvodnje hrane je vrlo sličan kontrolisanom konvencionalnom sistemu, uz integraciju nekih od mera koje su razvijene ili se razvijaju u alternativnim sistemima proizvodnje.

Konvencionalna proizvodnja povrća

Konvencionalna (uobičajena) proizvodnja jeste opšteprihvaćen sistem proizvodnje povrća u svetu, pa i u Srbiji. Dugo vremena će još biti dominantan način i/ili sistem proizvodnje. Reč je o intenzivnoj proizvodnji na otvorenom polju (bašti i na njivi) i u najrazličitijim oblicima i tipovima zaštićenog prostora. Intenzitet konvencionalne proizvodnje ogleda se u primeni i u ulaganju sredstava u repromaterijal, kao što je mineralno đubrivo, zaštitna sredstva najnovije generacije, seme i sadni materijal, agrotekstil, protivgradne mreže i mreže za senčenje, malč folije i veoma skupe enerģente (dizel, benzin, gas, električna energija). Zatim, primena i ulaganje u sisteme obrade zemljišta, setvu i/ili sadnju u sistemu na zemljištu ili u sistemu „bez zemljišta“ (hidroponi), tešku mehanizaciju i sisteme za navodnjavanje, ali i fertigaciju (navodnjavanje i hranjenje biljaka vodotopivim đubrivima najnovije generacije).

Veliki profesionalni proizvođači na porodičnim komercijalnim gazdinstvima su proizvodnju povrća na otvorenom polju u celosti restrukturirali i maksimalno intenzivirali, uvažavajući biološke zahteve gajenih biljaka. Organizovali su celogodišnju proizvodnju kvalitetnog svežeg povrća po količini i asortimanu, poštujući principe smene useva u vremenu i prostoru, uz održavanje plodnosti zemljišta, uvođenje novih tehnologija gajenja (Ilin et al., 1999) i informacione osnove za upravljanje proizvodnjom zdravstveno bezbednog povrća (Novković et al., 2011a).

Intenzivna proizvodnja povrća u specijalizovanim porodičnim komercijalnim gazdinstvima podrazumeva proizvodnju povrća (Ilin, 2010) kao:

- glavnog useva i to paprike babure, turšijare ili roge, paradajz paprike, začinske paprike, crnog i belog luka, praziluka, paradajza za svežu potrošnju i preradu u sok, plavog patlidžana, krompira, mrkve, peršuna, paštrnaka i celera, krastavca kornišona za preradu, graška, boranije, kukuruza šećerca;
- naknadnog useva, kelj pupčar, kupus, krastavac kornišon, praziluk;
- u postrnoj setvi, odnosno sadnji, krastavac kornišon za tržište, karfiol, brokola, kelj, keleraba, kineski i pekinški kupus, cvekla za preradu, kupus za preradu i svežu potrošnju tokom zime i ranog proleća, boranije, kukuruza šećerca, mrkve itd.
- u predzimskoj proizvodnji seju se direktnom setvom semena na stalno mesto zimski lukovi i spanać, odnosno u jesen se sadi crni luk iz arpadžika i jesenji beli luk koji se proizvodi iz čenova ili češnjeva, uz uvođenje mehanizacije i navodnjavanja kao obavezne agrotehničke mere.

Intenzivna proizvodnja povrća na otvorenom polju zahteva dobru organizaciju, koncentraciju i specijalizaciju proizvodnje. Koncentracijom

proizvodnje osigurava se ekonomičnost korišćenja mehanizacije, sistema za navodnjavanje i radne snage. Specijalizacijom proizvodnje povrća podiže se nivo proizvodnje pojedinih vrsta povrća, kvalitet i ekonomičnost proizvodnje (Novković et al., 2011b).

U intenzivnoj proizvodnji značajno mesto imaju mere za održavanje i povećanje plodnosti zemljišta. U tom smislu pažnja je usmerena na kvalitetnu i pravovremenu obradu zemljišta. Obavezno je uvođenje povrtarskog plodoreda, a đubrenju se pristupa isključivo na bazi kontrole plodnosti, planiranog prinosa i iznošenja hraniva jedinicom prinosa. Đubri se organskim (stajnjakom) i mineralnim đubrivima (Ilin et al., 2000a). Zato postoji neraskidiva veza između stočarstva i povrtarstva.

Navodnjavanje je agrotehnička mera bez koje se ne može zamisliti intenzivna proizvodnja povrća. Oko 150-160 hiljada hektara pod povrćem se navodnjava iz bunara, sekundarne kanalske mreže, vodotokova i uređenih sistema. Istovremeno, važno je ovom poslu pristupiti stručno, sa znanjem, u protivnom efekti navodnjavanja mogu biti veoma mali (ili čak mogu da izostanu), uz vrlo visoke troškove. Ova mera može u vrlo kratkom vremenu da dovede do narušavanja strukture i plodnosti zemljišta (Ilin et al., 2000a).

U intenzivnoj, kontrolisanoj konvencionalnoj i integralnoj proizvodnji povrća važno je strogo poštovanje rokova setve, odnosno sadnje i pravovremeno sprovođenje redovnih mera nege, zaštite od korova, bolesti i štetočina.

S agronomskog stanovišta, reč je o vrlo intenzivnoj proizvodnji povrća. Primenjuju se opšte agrotehničke mere zajedničke za celu biljnu proizvodnju sa nekim specifičnostima u odnosu na sadnju rasada (kod 50-70% od ukupnog broja gajenih povrtarskih vrsta), reznica (kod rena i špargle), podzemnih rizoma (kod špargle i rabarbare), krtola (kod krompira, slatkog krompira, čičoke), čenova ili češnjeva (kod belog luka) i arpadžika (kod crnog luka i luka srebrnjaka). Specijalne agrotehničke mere karakteristične za proizvodnju povrća (i samo nekih hortikulturnih biljaka) i specifične agrotehničke mere koje su karakteristične za pojedine povrtarske vrste (celer, špargla, radič, karfiol, kelj pupčar) i/ili za pojedine sorte, odnosno hibride i tehnologije proizvodnje kod poludeterminantnih i indeterminatnih hibrida paradajza (zakidanje zaperaka, vođenje biljaka u „V“ uzgoju, skidanje listova, orezivanje cvasti, vršikanje, kolčenje i gajenje u špaliru), paprike (rezidba, vođenje biljaka na 1 ili 2 stabla u „V“ uzgoju) i krastavca salatara i kornišona (pinciranje, vođenje biljaka na 1 stablo, 2 stabla u „V“ ili u kišobran sistemu gajenja i gajenje u špaliru).

U kontrolisanoj konvencionalnoj proizvodnji povrća vodi se precizna i detaljna evidencija o svim primenjenim agrotehničkim merama u knjizi istorije polja ili u novije vreme elektronski. Temelj ovog, kao uostalom i svih do sada poznatih sistema proizvodnje, je plodored, poljosmena i

plodosmena. Plodored po definiciji predstavlja smenu useva u vremenu i prostoru, te kao specifičan, stari dobro poznat sistem proizvodnje održava i popravlja plodnost zemljišta.

Agrotehničke mere u konvencionalnoj proizvodnji povrća

1. Opšte agrotehničke mere

Ljuštenje:
- tanjiranje
- plitko oranje

Osnovna obrada:
- plugovima ravnjacima
- plugovima obrtačima
- nošenim i/ili vučenim
podrivačima/razrivačima

Đubrenje:
- organskim đubrivima
- mineralnim đubrivima
- zelenišnim đubrivima

Predsetvena priprema:
- tanjiranje
- setvospremanje

Setva i/ili sadnja

Mere nege:
- popunjavanje praznih mesta
- proređivanje
- međuredna kultivacija
- okopavanje
- ogrtanje
- navodnjavanje
- zaštita - od korova
- bolesti i
- štetočina

2. Specijalne agrotehničke mere

U proizvodnji rasada:
- pikiranje
- kalemljenje
- kaljenje
- dodatno osvetljavanje

Gredice – različite širine
i visine

Fertigacija

Zaštita od mraza

Malčovanje

Neposredno pokrivanje
biljaka agrotekstilom

Senčenje

Hidroponi:
- kap po kap na
neorganskim i
organskim supstratima
- tehnika tankog
hranljivog filma (NFT)
- plavljenje i potapanje
biljaka u hranjivi
rastvor (Ebb&Flow)

Aerosoli

3. Specifične agrotehničke mere

Kod paradajza:
- zakidanje zaperaka
- vođenje biljaka u "V"
- skidanje listova
- vršikanje
- kolčenje
- orezivanje cvasti
- gajenje u špaliru

Kod krastavca:
- pinciranje
- gajenje u špaliru

Kod paprike:
- rezidba
- vođenje
biljaka na 1 ili 2 stabla u
„V”

Blanširanje:
- celera
- špangle
- radiča

Dorastanje:
- karfiola
- kelja pupčara
- radiča

Integralna proizvodnja povrća

Integralna proizvodnja je jedan od brojnih alternativnih sistema kontrolisanom konvencionalnom ili uobičajenom sistemu intenzivne proizvodnje povrća. Naime, u kontrolisani konvencionalni sistem proizvodnje povrća (kao najintenzivniji način) integrisane su brojne mere iz dosada poznatih alternativnih sistema gajenja, a u cilju zaštite životne sredine i proizvodnje zdravstveno bezbednog povrća. Ovaj sistem se u razvijenom svetu počeo razvijati sedamdesetih godina prošlog veka kao jedan od ekološki prihvatljivih sistema proizvodnje povrća za svežu potrošnju ili najrazličitije oblike i tipove prerade.

Integralna proizvodnja povrća definiše se kao ekonomična proizvodnja visokokvalitetnih i zdravstveno-bezbednih povrtarskih proizvoda. Prioritet se stavlja na ekološki bezbednije metode i tehnologije gajenja kako bi se smanjili neželjeni efekti primene organskih i mineralnih đubriva i pesticida, a sve radi povećanja sigurnosti po zdravlje čoveka, životinja i životnu sredinu, smanjenjem zagađenja vode, vazduha i zemljišta.

U zemljama sa razvijenom integralnom proizvodnjom postoji centralna agencija za integralnu proizvodnju i regionalne jedinice. Farmeri se registruju u agenciji i samim tim činom prihvataju sve propisane principe proizvodnje, kontrole i sertifikacije sopstvene proizvodnje.

Da bi se proizvodnja povrća registrovala kao integralna dva osnovna uslova moraju biti ispunjena:

- potencijalni proizvođač u sistemu integralne proizvodnje povrća treba da bude posvećen ovom sistemu proizvodnje, da ispuni određene zahteve koji moraju biti u celosti primenjeni na gazdinstvu i/ili farmi i
- uslovi koji moraju da se ispune u tehnološkom procesu proizvodnje povrća ispunjavaju se po principu i zahtevima Internacionalnog udruženja za integralnu proizvodnju (IOBC, 2005), po principima dobre poljoprivredne prakse (GAP) i pozitivnim zakonskim propisima državnih organa i agencije za integralnu proizvodnju.

U tehnološkom procesu proizvodnje propisane su mere koje treba preduzeti u proizvodnji zdravstveno bezbednog povrća i zaštite životne sredine i to:

- zaštita biodiverziteta u najširem smislu i obezbeđenje neophodne infrastrukture;
- izbor parcele;
- plodored;
- izbor sorte ili hibrida i odnos prema gajenju GMO;
- obrada zemljišta;
- navodnjavanje;

- đubrenje organskim i mineralnim đubrivima;
- integralna zaštita od štetnih insekata, bolesti, korova i njihova primena u praksi;
- sigurno i kvalitetno čuvanje i postupanje sa preparatima za zaštitu bilja;
- berba, skladištenje i rukovanje gotovim proizvodima;
- zdravlje radnika i očuvanje životne sredine.

U sistemu integralne proizvodnje povrća posebna pažnja se posvećuje đubrenju organskim i mineralnim đubrivima i korišćenju pokrovnih useva, zatim preventivnim biološkim i agrotehničkim merama u suzbijanju bolesti, štetočina i korova, izboru tolerantnih sorti i hibrida. Obavezna je primena cvetnih margina oko parcele. Cvetne vrste luče atraktanate, te mirisom i bojom privlače štetne, ali i korisne insekte. Podstiče se nastanjivanje i umnožavanje predatorskih vrsta. Uklanjanju se biljke hraniteljke za pojedine štetne insekte ili obolele biljke. Tek kada se iscrpe mogućnosti koje pružaju preventivne (indirektne) biološke i agrotehničke mere, uz stalni i stručni monitoring, pristupa se zaštiti od bolesti štetočina i korova preparatima sa „zelene liste“, a uz posebnu dozvolu samo u izuzetnim prilikama mogu da se koriste preporučeni preparati sa „žute liste“. To su preparati koji imaju dozvolu Agencije za integralnu proizvodnju povrća. Koriste se preparati kratke karence u tačno preporučenim (insekticidi i fungicidi) ili malo nižim od propisanih doza (posebno kod herbicida). Herbicidi se vrlo često koriste u split aplikaciji na osnovu prethodno utvrđenih korovskih vrsta, brojnosti i faze u kojoj se korovske vrste nalaze. Sve to radi zaštite agroekosistema i proizvodnje zdravstveno-bezbednog povrća.

Održiva proizvodnja povrća

Održiva poljoprivreda je sistem koji uključuje tehnologije i metode proizvodnje koji imaju za cilj proizvodnju zdravstveno-bezbedne hrane, očuvanje prirodnih resursa i adekvatan odnos prema životinjama u okviru stočarske proizvodnje.

Održiva poljoprivreda pridržava se principa da je neophodno vratiti sve što je uzeto iz prirode. Na taj način čuvaju se prirodni resursi, kao što su: zemljište, voda, vazduh, i omogućava njihovo korišćenje u budućnosti za generacije koje dolaze.

Održiva poljoprivreda je važan element sveukupnog napora da se celokupna ljudska delatnost učini kompatibilnom sa zahtevima ekosistema u kojem ljudski rod živi i funkcioniše. Stoga je proučavanje i razumevanje različitih sistema poljoprivredne proizvodnje, koji vode ka ekološkoj poljoprivredi, neophodno kako bi se prirodni resursi racionalno koristili.

Postoji veliki broj definicija održive poljoprivrede. Dve opšte-prihvaćene definicije ovako glase: „Održiva poljoprivreda je takav razvoj poljoprivredne proizvodnje koji će zadovoljiti rastuće potrebe ljudi za hranom, pri čemu neće ugroziti mogućnost budućih generacija da zadovolje svoje sopstvene potrebe“ i „Održiva poljoprivreda poboljšava sveukupan kvalitet života, sada i u budućnosti, pri čemu se održavaju ekološki procesi na kojima se život zasniva“.

Agroekološki pristup poljoprivrednoj proizvodnji promoviše zatvoreni ciklus biljnih hraniva na gazdinstvu (farmi), očuvanje vodnih resursa, korišćenje redukovanih sistema obrade zemljišta, zaštitu od erozije, očuvanje i unapređenje biodiverziteta i integraciju biljne i stočarske proizvodnje na gazdinstvu (farmi). Bez obzira na to koliko proizvođač (farmer) uspeva da proizvodi i živi u skladu s ovim principima, nijedan sistem nije održiv, ukoliko nije profitabilan. Stoga, održiva poljoprivreda poseban naglasak stavlja na socio-ekonomski aspekt poljoprivredne proizvodnje. Ovaj sistem mora da obezbedi dobit proizvođaču (farmeru), kao i njegovu konkurentnost na tržištu.

Kao što smo već istakli razvijaju se brojni alternativni i održivi sistemi poljoprivredne proizvodnje, pa i proizvodnje povrća.

Proizvodnja povrća po organskim principima

Proizvodnja povrća po organskim principima (organska proizvodnja povrća) jedan je od tradicionalnih održivih sistema gajenja povrća. Ovakav način proizvodnje povrća se počeo razvijati dvadesetih godina prošlog veka pod nazivom biodinamička proizvodnja povrća u Nemačkoj. Tri velika pokreta koja se smatraju začecima moderne organske proizvodnje, kao alternativnog metoda gajenja, su biodinamička (u Nemačkoj), organska (u Engleskoj) i biološka poljoprivreda (u Nemačkoj). Pojavili su se u približno isto vreme na samom početku (biodinamička) i u prvoj polovini XX veka i to najpre u Nemačkoj (dvadesetih godina prošlog veka), Engleskoj (krajem tridesetih i početkom četrdesetih godina prošlog veka) i Sjedinjenim Američkim Državama (sredinom četrdesetih godina prošlog veka).

Sedamdesetih godina prošlog veka nastao je „Master gardner“ program (1972. godine pokrenut je pilot-projekat), pod okriljem državnih fakulteta u Sjedinjenim Američkim Državama, odnosno njihovih stručnih službi. Započeo je promociju organske proizvodnje 1973. godine u državi Vašington da bi se odatle program proširio i na druge države Sjedinjenih Američkih Država i Kanade (Vico, 2012a).

Proizvodnja po organskim principima spada u alternativni sistem kontrolisanom konvencionalnom sistemu i samo je jedan od tri ravnopravna sistema ove za nas značajne grane biljne proizvodnje.

Postoji veliki broj definicija organske proizvodnje, koje su često veoma slične definicijama održive poljoprivrede. Najčešće korišćene i opšteprihvaćene definicije organske poljoprivrede su definicije IFOAM-a, Američkog ministarstva poljoprivrede i Codex Alimentariususa.

IFOAM (International Federation for Organic Movements) je privatna, neprofitna organizacija nastala sedamdesetih godina prošlog veka. IFOAM-ovi osnovni standardi za organsku proizvodnju, preradu i distribuciju su u širokoj upotrebi od osnivanja i korišćeni su za razvoj sertifikacionih programa od Evropske unije, FAO i različitih nacionalnih organizacija. Definicija organske poljoprivrede (pa i organske proizvodnje povrća) po IFOAM-u (1996, 2008, 2012) glasi: „Organska poljoprivreda je sistem poljoprivredne proizvodnje koji održava zdravstveno stanje zemljišta, ekosistema i ljudi. Oslanja se na ekološke procese, biodiverzitet i cikluse prilagođene lokalnim uslovima, dok je upotreba inputa koji potiču izvan gazdinstva (farme) ograničena. Organska poljoprivreda kombinuje tradiciju, inovaciju i nauku kako bi se unapredila životna sredina, razvili pravični odnosi i omogućio dobar kvalitet života“. Samo godinu dana kasnije (1997) Američko ministarstvo poljoprivrede i njegovo savetodavno telo Odbor za nacionalne organske standarde (NOSB, 1995) definiše organsku poljoprivredu kao „ekološki sistem poljoprivredne proizvodnje koji naglašava i podstiče biodiverzitet, biološke cikluse, kao i biološku aktivnost zemljišta. Zasnovana je na minimalnom korišćenju inputa koji potiču izvan gazdinstva (farme) i na praksi koja obnavlja, održava ili poboljšava ekološku harmoniju. Primarni cilj organske poljoprivrede jeste optimiziranje zdravlja i produktivnosti međusobno zavisnih zajednica zemljišnih organizama, biljaka, životinja i ljudi“.

Tri, odnosno dve godine kasnije (1999) Codex Alimentarius, kao deo Svetske organizacije za proizvodnju hrane (FAO) i Svetske trgovinske organizacije (WHO), predlaže sledeću definiciju organske poljoprivrede: „Organska poljoprivreda je holistički pristup poljoprivrednoj proizvodnji čiji je cilj unapređenje zdravstvenog stanja agro-ekosistema, uključujući biodiverzitet, biološke cikluse i biološku aktivnost zemljišta. Ona naglašava značaj organizacije i agrotehničkih mera, kojima daje prednost u odnosu na inpute koji potiču izvan gazdinstva (farme), imajući u vidu da lokalni uslovi zahtevaju sistem koji je prilagođen tim uslovima. To se postiže korišćenjem, kad god je to moguće, agronomskih, bioloških i mehaničkih metoda, a izbegava se korišćenje sintetičkih materijala, radi obezbeđivanja normalnog odvijanja bilo koje specifične funkcije sistema“.

Na osnovu napred iznetih definicija proizvodnja povrća po organskim principima može da se definiše kao sistem proizvodnje koji ima za cilj stvaranje sveobuhvatnog (holističkog), humanog, ekonomski i ekološki prihvatljivog i održivog sistema gajenja povrća u bašti, na njivi

i u različitim oblicima i tipovima zaštićenog prostora. Oslanja se na korišćenje lokalnih, obnovljivih resursa na gazdinstvu (farmi), primenu plodoređa, zelenišnog đubriva, komposta, glistenjaka, biološku kontrolu bolesti i štetočina, međurednu obradu ili kultivaciju i okopavanje kao mere u suzbijanju korova i pokorice, kao i minimalnu osnovnu obradu i predsetvenu pripremu zemljišta bez značajnijeg okretanja plastice, gaženja i sabijanja zemljišta. Upotreba sintetičkih đubriva, pesticida, regulatora rasta, antibiotika, hormona, veštačkih aditiva, jonizujućeg zračenja i genetski modifikovanih organizama, strogo je ograničena ili zabranjena (Zakon o organskoj proizvodnji „Sl. glasnik“, br. 30/10 od 7. 5. 2010).

U Srbiji je, tokom 2012. godine, u organskoj proizvodnji povrća registrovano ukupno 529,5 ha (Vlahović et al., 2013), što čini 0,18% od prosečnih površina pod povrćem u poslednjih 40 godina (297.231 ha) ili 0,016% od ukupnih obradivih površina u Srbiji.

Prema istom autoru od pomenutih površina pod povrćem koje se gaji po organskim principima (529,5 ha) u procesu konverzije je 233 ha ili 0,078% od prosečnih površina pod povrćem u poslednjih 40 godina ili 0,007% od ukupno obradivih površina (3.294.000 ha), a preostalih 296,5 ha je u organskoj proizvodnji što čini 0,1% od prosečnih površina pod povrćem ili 0,009% od ukupno obradivih površina u Srbiji.

EKONOMSKI ZNAČAJ PROIZVODNJE POVRĆA U SRBIJI

U Srbiji, s ekonomskog stanovišta, najveći značaj ima proizvodnja povrća u zaštićenom prostoru, njivska proizvodnja povrća, proizvodnja u bašti i na kraju proizvodnja semena i sadnog materijala povrća i krompira (Ilin et al., 2013).

U udžbeniku *Povrtarstvo za školu i narod* iz davne 1878. godine, Radić je istakao ekonomski značaj povrća na sledeći način: „Korist, koju povrtarstvo čovjeku materijalno doprinosi, tako je već opštepoznata, da je ovde malo zбора o tome nužno, jer je povrtarstvo danas u svima krajevima postalo pravi izvor teciva, naročito po selima blizu većijeh gradova“.

Povrtarstvo kao jedna od najintenzivnijih grana biljne proizvodnje ima, u poslednjih četrdeset godina, značajan uticaj na razvoj sela u Srbiji. Sa relativno malih površina proizvede se u proseku blizu 2,5 miliona tona povrća i 852 hiljade tona krompira. Prosečna godišnja vrednost proizvodnje povrća, krompira, semena i sadnog materijala je na nivou od oko milijardu i 188 miliona evra. Godišnje na selu ostaje čist prihod na nivou od oko 330 miliona evra (Ilin et al., 2013).

Ekonomski značaj proizvodnje povrća na njivi i u bašti

Prosečne površine pod povrćem u poslednjih četrdeset godina u Srbiji bile su 297.231 ha, što čini oko 9% od ukupno obradivih površina. Minimalna površina pod povrćem, od 260.000 ha, zabeležena je 1970, a maksimalna (341.000 ha) 1996. godine. Na pomenutim površinama do 2010. godine gajilo se 68 povrtarskih vrsta svrstanih u 2 klase i 11 familija. Od 2010. godine u Registru poljoprivrednog bilja ostala je 41 povrtarska vrsta sa 111 domaćih i odomaćenih sorti povrća (Ilin et al., 2010).

Od ukupnog broja gajenih vrsta zvanična statistika beleži površine (Tab. 2), prinose i ukupnu proizvodnju (Tab. 3) kod dvanaest povrtarskih vrsta.

Tab. 2. Prosečne površine pod povrćem i krompirom (ha) u Republici Srbiji

Vrsta povrća	Prosek perioda				
	1970-1979.	1980-1989.	1990-1999.	2000-2009.	1970-2009.
Krompir	96.889	86.887	92.829	86.602	90.802
Pasulj	18.359	24.003	24.569	23.517	22.612
Grašak	9.041	11.428	11.496	13.184	11.287
Crni luk	20.048	22.682	21.412	19.888	21.008
Kupus i kelj	17.183	19.048	20.721	21.629	19.645
Paprika	16.989	17.568	18.275	19.375	18.052
Paradajz	18.017	19.265	19.745	20.725	19.438
Bostan	22.578	19.723	17.241	16.969	19.128
Mrkva	3.837	6.128	8.042	7.659	6.417
Krastavac	5.770	7.379	8.042	8.748	7.485
Začinska paprika	3.863	3.082	3.231	4.057	3.558
Beli luk	/	/	/	9.000	9.000
Ukupno	232.574	237.193	245.603	251.353	248.432

U periodu od 1970. do 2009. godine krompir se gajio na površini od 90.802 ha. U prvoj deceniji XXI veka prosečna površina pod krompirom je na nivou od 86.602 ha (Tab. 1). Poslednjih deset godina zabeležen je pad površina pod krompirom po stopi od -2,1% godišnje i rast prinosa po godišnjoj stopi od +3,3%.

Preostalih 11 povrtarskih vrsta (Tab. 2) su se, za poslednjih 40 godina, u proseku gajile na površini od 157.630 ha. U periodu od 2000. do 2009. godine utvrđen je pad površina pod povrćem, kod paradajza po godišnjoj stopi od -0,5%, a kod graška -7,3%. U istom periodu zabeležen je rast prinosa kod svih povrtarskih vrsta, kod kupusa i kelja po godišnjoj stopi od +0,2%,

a kod graška +5,6%. Stabilan rast površina i prinosa utvrđen je kod začinske paprike (površine rastu po stopi od +3,6%, a prinos po stopi od +3,3%) i krastavca (površine rastu po stopi od +0,3%, a prinosi po stopi od 1,8%).

Prosečna proizvodnja (Tab. 3) beleži rast po godišnjoj stopi od +0,3% kod paradajza, kupusa i kelja pa do +10,9% kod pasulja. Pad proizvodnje utvrđen je kod bostana po godišnjoj stopi od -0,7% i kod belog luka gde je utvrđen pad proizvodnje po godišnjoj stopi od -0,9%. Prikazani rezultati se slažu s rezultatima istraživanja drugih autora (Novković et al., 2011, b; Puškarić, 2012).

Na preostalih 48.799 ha gajilo se povrće u baštama, na okućnici, vikenticama i na manjim površinama na otvorenom polju, koje zvanična statistika ne registruje. Na ovim površinama gaji se dvadesetak vrsta povrća kao što su: kukuruz šećerac, boranija, salata, spanać, peršun, pastrnak, celer, plavi patlidžan, praziluk, tikvice, karfiol, brokola, keleraba, kelj pupčar, rotkvica, rotkva, kineski kupus, šampinjoni, bukovača (Ilin, 2003, Ilin et al., 2013).

Tab. 3. Prosečna proizvodnja povrća (t) u Republici Srbiji i vrednost proizvodnje (u 000 evra)

Vrsta povrća	Prosek perioda				Vrednost proizvodnje	
	1970-1979.	1980-1989.	1990-1999.	2000-2009.	1970-2009.	1970-2009.
Krompir	973.226	823.761	753.300	859.289	852.394	153.431
Pasulj	74.935	59.009	46.056	32.099	53.025	63.630
Grašak	10.630	12.509	21.043	33.232	19.354	16.451
Crni luk	154.007	182.719	126.512	126.273	147.378	29.476
Kupus i kelj	319.833	252.674	273.619	304.054	287.545	28.754
Paprika	141.734	136.625	116.661	150.190	136.303	27.261
Paradajz	189.603	206.826	169.482	175.887	185.450	18.545
Bostan	309.676	278.787	219.991	251.735	265.047	26.505
Mrkva	44.969	70.824	51.997	60.366	57.039	17.112
Krastavac	54.779	35.178	51.997	54.726	49.170	14.751
Začinska paprika	5.402	4.131	4.932	8.751	5.804	1.741
Beli luk	/	/	/	24.900	24.900	37.350
Ukupno	2.278.794	2.063.043	1.835.590	2.081.502	2.083.409	435.006

U Srbiji se u proseku za poslednjih 40 godina proizvodilo oko 2,1 miliona tona povrća i krompira u vrednosti od oko 435 miliona evra (Tab. 3), na površini od oko 248 hiljada hektara (Tab. 1). Od toga sveže povrće je oko 1,23 miliona tona (pasulj, grašak, crni luk, kupus i kelj, paprika, paradajz, bostan, mrkva, krastavac, začinska paprika i beli luk) sa površine od 157.630 ha i 852.394 tona krompira sa površine od 90.802 ha.

Procena je da se u baštama sa površine od 48.799 ha proizvede oko 409.240 tona povrća ukupne vrednosti od oko 85,5 miliona evra.

U proseku za 40 godina povrće i krompir se u Srbiji gaji (u bašti i na njivi) na površini od 297.231 ha, što čini 9% od ukupno obradivih površina. Sa ove površine proizvede se u proseku 1,64 miliona tona povrća i 852 hiljade tona krompira u vrednosti od oko 521 milion evra (Ilin et al., 2013).

Ekonomski značaj proizvodnje povrća u zaštićenom prostoru

Proizvodnja povrća u zaštićenom prostoru svrstava se među naj-intenzivnije u biljnoj proizvodnji (Tab. 4). Zaštićeni prostor obezbeđuje smanjenje rizika usled uticaja nepovoljnih klimatskih uslova tokom jesenjeg, zimskog i prolećnog perioda, ali i vrlo uspešnu zaštitu od visokih temperatura u letnjim mesecima. Rezultat upravljanja mikroklimatskim uslovima tokom čitave godine, shodno biološkim zahtevima gajene biljke, jeste značajno povećanje prinosa po biljci, samim tim i po jedinici površine (Ilin et al., 2006).

Zvanična statistika vodi evidenciju o 64 ha pod staklenicima i 8 ha plastenika podignutih sedamdesetih i osamdesetih godina prošlog veka. Od ovih površina je 70% van upotrebe, a na 8,0% površina urađena je revitalizacija grejanja i tehnologije proizvodnje (Ilin, 2003). U poslednjih 15 godina podignuto je oko 40 ha pod visokim zaštićenim prostorom (Ilin et al., 2006, 2009). Dominira proizvodnja povrća u plastenicima tunelskog tipa bez dodatnog zagrevanja i sa smenom najmanje dve, češće tri vrste u toku godine. Obično se u predzimskom i zimskom periodu (od oktobra do početka marta) gaji salata, spanać, blitva, rotkvica, crni luk iz glavičuraka i arpadžika (Tab. 4). Proizvede se oko 150 hiljada tona salate i oko 30 hiljada tona ostalog povrća malih bioloških zahteva za uslovima uspevanja. U kasnu jesen i zimu proizvede se salata i ostalo povrće u vrednosti od oko 177 miliona evra.

Toploljubive povrtarske vrste (paradajz, paprika, krastavac, Tab. 4) proizvode se od polovine marta, češće prve dekade aprila, u objektima bez dodatnog zagrevanja. U plastenicima tunelskog tipa dominantan je paradajz sa oko 360 hiljada tona i vrednošću proizvodnje od oko 252 miliona evra. Sledi paprika sa oko 200 hiljada tona i sa oko 166 miliona evra. Sa oko 1.000 ha pod krastavcima proizvede se u proseku oko 100 hiljada tona godišnje u vrednosti od oko 60 miliona evra (Ilin et al., 2013).

Sa pomenutih 6.000 ha, uz smenu minimum dve, češće tri vrste u toku godine, proizvede se minimum 840 hiljada tona svežeg povrća u vrednosti od oko 655 miliona evra (Tab. 4).

Tab. 4. Površine pod povrćem u zaštićenom prostoru i vrednost proizvodnje u Srbiji

Biljna vrsta	Površina u ha	Prinos		Vrednost proizvodnje (000 evra)
		kg/m ² /komada/ m ²	tona (000)	
Salata	5.000	12 kom	150	132.000
Paradajz	3.000	12	360	252.000
Paprika	2.000	10	200	166.000
Krastavac	1.000	10	100	60.000
Ostalo povrće	1.000	3	30	45.000
Ukupno	/	/	840	655.000

Više od dva veka javlja se deficit ranog i srednjeranog povrća. Ovaj deficit je moguće prevazići povećanjem proizvodnje povrća u zaštićenom prostoru i podizanjem adekvatnog skladišnog prostora za kratkoročno i dugoročno čuvanje svežeg povrća. Na ovaj način bi se gubici sveli na razumnu meru, a vreme čuvanja produžilo do pristizanja ranog povrća iz zaštićenog prostora i ranog i srednjeranog povrća sa otvorenog polja naredne godine.

Srbija izveze povrća i krompira godišnje u vrednosti od svega 96,3 miliona dolara. Vrednost izvoza ima tendenciju rasta po stopi od 14,28% (Puškarić, 2012). Isti autor ističe da u strukturi izvoza 25,8% (24,8 miliona \$) čini konzervisano povrće, 25,4% (24,4 miliona \$) hladno prerađeno povrće (smrznuto), 22,5% (21,7 miliona \$) sveže povrće, 20,9% (20,1 miliona \$) dehidrirano (sušeno) povrće i 5,5% (5,3 miliona \$) ostalo povrće. Već pri ovom nivou ukupne proizvodnje neophodno je povećati izvoz jer se javljaju značajni tržišni viškovi srednjekasnog i kasnog povrća.

Ekonomski značaj proizvodnje semena i sadnog materijala povrća

Mogućnosti za proizvodnju semena povrća u Srbiji daleko su veće od sadašnjih, ali je veoma važna bolja organizacija proizvodnje, gde je potrebno organizovati sve učesnike u proizvodnji semena povrća i na taj način obezbediti visoke prinose i bolji kvalitet semena. Da bi to ostvarili potrebno je intenzivirati rad na oplemenjivanju povrtarskih kultura u cilju stvaranja novih visokorodnih sorti i hibrida povrća. Treba intenzivirati agrotehnička istraživanja u semenarstvu povrća kako bi se povećali prinosi i kvalitet semena.

Tab. 5. Prosečan bilans ostvarene proizvodnje i vrednosti semena povrća i krtola krompira u Republici Srbiji za period 2008-2012. godine

Vrsta povrća	Požnjevena površina ha	Procena doradenog semena kg	Veleprodajna cena (evra/kg)	Ukupno evra
Crni luk	74	572.485	1,5	858.727,50
Pasulj	35	44.972	4,5	202.374,00
Grašak	198	317.713	1,3	413.026,90
Beli luk	1,0	3.872	4,2	16.262,40
Krastavac	20	4.312	42	181.104,00
Boranjija	57	64.213	5	321.065,00
Cvekla	5	4.086	20	81.720,00
Dinja	6	1.413	42	59.346,00
Lubenica	11	666	42	27.972,00
Paštrnak	2	1.488	18	26.784,00
Celer	1	348	80	27.840,00
Salata	8	4.624	14	64.736,00
Mrkva	11	11.116	17	188.972,00
Peršun	15	17.588	17	298.996,00
Mirođija	0,07	76	15	1.140,00
Blitva	2,8	5.031	10	50.310,00
Kupus	5	3.851	30	115.530,00
Spanać	12	14.807	2,5	37.017,50
Rotkvica	5	2.959	12	35.508,00
Tikvica	5	1.943	14	27.202,00
Paprika	199	31.462	100	3.146.200,00
Paradajz	27	2.769	70	193.830,00
Keleraba	1,4	1.200	30	36.000,00
Karfiol	0,2	7,8	50	390,00
Rotkva	2	2.306	12	27.672,00
Patlidžan	1	282	100	28.200,00
Uljana tikva golica	6,8	2.829	16	56.576,00
Bundeva	1	159	16	2.544,00
Krompir	375	7.704.863	0,80	6.163.890,40
U K U P N O	1.087	8.823.441	/	12.690.935,00

Izvor: Uprava za zaštitu bilja pri Ministarstvu poljoprivrede, vodoprivrede i šumarstva Vlade Republike Srbije (osnovno i seme C₁ kategorije, bez predosnovnog, C₂ i proizvodnog semena)

U Srbiji se proizvodi seme oko 30 povrtarskih vrsta (Tab. 5), što uključuje preko 100 sorti i hibrida. Pored proizvodnje visokih kategorija semena (predosnovnog i osnovnog), proizvodi se i sertifikovano seme prve generacije (kategorije C₁) za potrebe domaćeg prometa i izvoza. U poslednjih pet godina u proseku se godišnje proizvodilo oko 1.119 tona

semena povrća (oko 6,1% od potreba) i oko 7.705 tona (10,3% od potreba) sadnog materijala krompira. Seme povrća i krompira, prema podacima Uprave za zaštitu bilja, proizvodi se u periodu od 2008. do 2012. godine na površini od 1.087 ha (osnovno seme i seme kategorije C₁). U proseku se proizvede 8.823 tone semena povrća i sadnog materijala krompira u vrednosti od oko 12,7 miliona evra. Procena je da se još u proseku godišnje proizvede oko 15-30% predosnovnog semena, semena kategorije C₂ i proizvodnog semena povrća (Ilin et al., 2013).

Prema istom izvoru i u istom periodu uveze se godišnje u proseku 1.750 tona semena povrća (9,5% od potreba) i oko 5.046 tona sadnog materijala krompira (6,7% od potreba).

Domaće i uvozno seme povrća čini svega oko 15,7% od potreba, a sadni materijal krompira oko 17% od potreba (Ilin et al., 2013).

U povrtarstvu kvalitet semena i sadnog materijala ima poseban značaj jer se ove biljke direktno koriste za ljudsku ishranu, bilo u svežem bilo u prerađenom stanju. S obzirom na izraženu nestašicu hrane u svetu, a s druge strane i na sve razvijeniju industriju za preradu povrća, gajenje povrća postaje sve unosnije i značajnije, a time i proizvodnja kvalitetnog semena i sadnog materijala. Proizvodnja semena i sadnog materijala povrća je, međutim, veoma specifična i propraćena raznim teškoćama pa je zbog toga slabije razvijena u odnosu na proizvodnju glavnih ratarskih kultura. Kao specifičnosti možemo spomenuti sledeće:

- veliki broj povrtarskih kultura se gaji na relativno malim površinama;
- mnoge povrtarske vrste su višegodišnje biljke, zatim jedne se razmnožavaju vegetativno, druge generativno, dok neke na oba načina;
- u proizvodnji semena većem delu povrća neophodne su velike prostorne izolacije, sem toga, većina iziskuje navodnjavanje. Zatim, ove biljke su veoma osetljive na bolesti i štetočine;
- neke povrtarske kulture imaju veoma sitno seme, što predstavlja problem pri ubiranju i doradi, a vrlo često su potrebe za takvim semenom po jedinici površine relativno male.

Ekonomski značaj proizvodnje povrća i mere koje bi trebalo preduzeti u cilju unapređenja ove proizvodnje u Srbiji

Karakteristično je da u proizvodnji, distribuciji i potrošnji povrća u zemljama EU, ali i u regionu, nastaju značajne promene pod stalnim pritiskom udruženja potrošača i naročito medija. Insistira se na proizvodnji povrća po principima dobre poljoprivredne prakse (GAP), uz preciznu evidenciju o sprovedenim redovnim merama nege, zaštite od bolesti,

štetočina i korova, uz obavezan sertifikat o zdravstvenoj bezbednosti proizvedenog proizvoda u konvencionalnoj, integralnoj ili organskoj proizvodnji (Ilin et al., 2013).

U zemljama EU proizvede se oko 55 miliona tona povrća za oko 450 miliona ljudi. Najveća proizvodnja povrća je u centralnoj i južnoj Italiji, Španiji, Francuskoj, Holandiji, a od novoprimljenih članica EU značajan proizvođač povrća je Poljska. Zanimljivo je da sa oko 4% od ukupnih obradivih površina povrće učestvuje sa oko 15% u ukupnoj vrednosti proizvodnje hrane u zemljama EU (Ilin, 2010).

U našem širem okruženju, bez bivših jugoslovenskih republika, značajni proizvođači povrća uopšte, a posebno ranog povrća, su Turska, Grčka i u nekoliko poslednjih godina Albanija, a na severu Mađarska, posebno u proizvodnji povrća u zaštićenom prostoru tunelskog tipa bez i sa dodatnim zagrevanjem, posebno geotermalnim vodama.

Od bivših jugoslovenskih republika najznačajniji proizvođač ranog povrća u regionu je Republika Makedonija, zatim južna i istočna Hrvatska, Semberija u Republici Srpskoj, Zetsko-bjelopavlička ravnica i primorski deo Crne Gore.

Posmatrajući stanje u proizvodnji povrća u zemljama u okruženju i u EU, očigledno je da je Srbija značajan proizvođač povrća za sopstvene potrebe i za izvoz. S obzirom na izuzetno povoljne uslove za proizvodnju povrća na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru, kao i brojne komparativne prednosti, kod nas postoji mogućnost celogodišnje proizvodnje i plasmana svežeg i prerađenog povrća, posebno u zemlje iznad 45° SGŠ.

Na osnovu prethodnih rezultata i utvrđene prosečne godišnje stope po kojoj opadaju površine pod povrćem i krompirom, možemo očekivati da će u periodu do 2037. godine doći do značajnog smanjenja površina pod povrćem i krompirom u Republici Srbiji. Blagi rast površina pod povrćem moguć je kod proizvodnje krastavca i začinske paprike.

U istom periodu, na osnovu godišnje stope rasta, možemo očekivati značajno povećanje prinosa po jedinici površine u narednih 25 godina, a sa tim i ukupne proizvodnje za potrebe sveže potrošnje i prerade.

Veliki profesionalni proizvođači ovladali su kontrolisanom konvencionalnom proizvodnjom i vrlo uspešno prelaze na integralnu proizvodnju povrća na otvorenom polju, ali i u zaštićenom prostoru. U integralnoj proizvodnji naglasak je na optimizaciji i međusobnoj usklađenosti svih agrotehničkih mera (plodored, obrada, đubrenje, navodnjavanje, zaštita od bolesti štetočina i korova) koje u konačnom rezultiraju visokom, stabilnom i kvalitetnom proizvodnjom zdravstveno bezbednog povrća (Novković et al., 2011, b; Ilin et al., 2013).

Kontrolisana konvencionalna, pogotovo razvijena integralna proizvodnja povrća u Srbiji, kao što je to slučaj u razvijenom svetu, nikako nije

i ne može biti prepreka za smeliji i organizovaniji pristup razvoju organske proizvodnje povrća. Proizvodnja povrća po organskim principima ima perspektivu na tržištu Srbije i razvijene Evrope. Sertifikovana organska proizvodnja povrća može zauzeti značajno mesto u ukupnoj proizvodnji i plasmanu samo u slučaju snažne podrške državnih institucija, zainteresovanih firmi, trgovačkih lanaca i megamarketa potencijalnim proizvođačima povrća po organskim principima.

Proizvodnja i plasman povrća u Srbiji deli sudbinu ukupnog stanja u biljnoj i stočarskoj proizvodnji. Razvoj biljne (ratarske i voćarsko-vinogradarske proizvodnje) i stočarske proizvodnje po sistemu spojenih sudova utiče na stanje i razvoj proizvodnje i plasman povrća. U dužem vremenskom periodu povrtarstvo je bilo lokomotiva razvoja biljne proizvodnje. Da li će to i ostati zavisi od strategije razvoja poljoprivrede u celini i mera agrarne politike. Zato, koncept održive proizvodnje povrća nema alternativu. Održiva proizvodnja podrazumeva racionalno korišćenje prirodnih resursa, uz uvažavanje bioloških zahteva gajenih biljaka u cilju racionalne i kontrolisane potrošnje energije i zaštite životne sredine.

Proizvodnja povrća u zaštićenom prostoru ima sva obeležja ove proizvodnje u regionu, ali i šire na Mediteranu. Karakteristično za ovu proizvodnju kod nas je da se odvija na zemljištu i ima izuzetan agrotehnički, biološki, ekološki i ekonomski značaj. S obzirom na ukupni značaj proizvodnje povrća u zaštićenom prostoru poželjno je povećanje površina pod plastenicima tunelskog tipa sa sadašnjih 6 hiljada na 10 hiljada ha. Blok tip visokih plastenika sa duplom folijom bi trebalo za 25 godina da dostignu površinu od oko 125 ha, a najmoderniji staklenici bi trebalo da zauzmu površinu od 50 ha u narednih četvrt veka (Ilin et al., 2013).

NUTRITIVNI ZNAČAJ I KVALITET POVRĆA

Povrtarska proizvodnja u Srbiji odvija se u bitno izmenjenim agroekološkim, ali i ekonomskim uslovima. Činjenica je da je proizvodnja hrane u celini, pa i povrća kod nas, u nepovoljnom položaju. No, uprkos tome beležimo stalni rast potrošnje povrća po glavi stanovnika. Po potrošnji povrća po glavi stanovnika smo na nivou razvijene Evrope. To je posebno važno s obzirom da se u poslednje vreme u svetu kvalitet ishrane ceni na bazi potrošnje povrća, posebno svežeg (Ilin et al., 1999).

Pravilna ishrana zahteva stalno unošenje vitamina, mineralnih i zaštitnih materija (Vučetić et al., 1998). Najsigurniji izvor navedenih biološki vrednih materija jeste povrće. To otvara nove dimenzije u shvatanju kvaliteta povrća, gde pored poznate konstitutivne, energetske i metaboličke funkcije, povrće ima i lekovita svojstva (Ilin et al., 1999).

Biološki vredne materije nalaze se u jestivom delu, ali i u žetvenim ostacima. Jestivi deo kod najrazličitijih povrtarskih vrsta može biti vegetativni i generativni organ. Vegetativni organi koji se koriste u ishrani su podzemni i nadzemni, a generativni organi koji se koriste u ishrani u povrtarstvu su isključivo nadzemni. Preko 50% biološkog prinosa, zavisno od biljne vrste, odnosno sorte i/ili hibrida nije jestivi deo (žetveni ostaci). Na prvi pogled za nas (proizvođače i potrošače) značajan je jestivi deo. Nažalost, često se zanemaruje značaj žetvenih ostataka koji se koriste kao kvalitetna stočna hrana (sveža i/ili silirana) i kao zelenišno đubrivo (Ilin, 2010).

Od ukupnog broja gajenih povrtarskih vrsta na našim geografskim širinama kod polovine se u ishrani koriste vegetativni organi. Od nadzemnih vegetativnih organa u ishrani se koriste listovi (kod kupusa, kelja, kelja pupčara, kineskog i pekinškog kupusa, salate, spanaća, novozelandskog spanaća, lisnatog peršuna, lisnatog celera, blitve, listovi cvekle, rukole, endivije i cikoriije), zadebljalo stablo (koristi se kod kelerabe), zadebljale lisne drške (kod celera rebraša i rabarbare) i nadzemno stablo (kod zelene špargle). Od podzemnih vegetativnih organa u ishrani se koristi zadebljali koren (kod mrkve, korenastog peršuna, pastrnaka, korenastog celera, cvekle, rotkve, rotkvice, repe ugarnjače), krtole (kod krompira, slatkog krompira i čičoke), lukovice (kod crnog luka, jesenjeg i prolećnog belog luka, praziluka) i podzemno stablo (kod hrena i blanširane špargle, crnog i belog korena i cikoriije).

JESTIVI DEO

VEGETATIVNI ORGAN		GENERATIVNI ORGAN
NADZEMNI	PODZEMNI	NADZEMNI
listovi	koren	plod
zadebljalo stablo	krtole	zrno
zadebljale lisne drške	lukovice	cvast
stablo	stablo	cvet

Od generativnih organa u ishrani se koristi plod i zrno u različitoj fazi zrelosti, zatim, cvast i cvet. Generativni organi koji se koriste u ishrani u povrtarstvu su nadzemni (kikiriki obrazuje podzemne generativne organe). Plod od nadzemnih generativnih organa u ishrani se koristi kod paprike, paradajza, plavog patlidžana, fitalisa, krastavca, dinja, lubenica, tikava, boranije, graška, vigne, bamije, boba, čajota. Zrno u ishrani koristi se kod graška i kukuruza šećerca u tehnološkoj zrelosti i pasulja u punoj ili fiziološkoj zrelosti. Cvast ili ruža sastavljena od mnogobrojnih razraslih mesnatih cvetnih drški u ishrani se koristi kod karfiola, brokole i artičoke, a cvet u ishrani se koristi kod tikava.

Sočne, hrskave i nežne, izbeljene ili blanširane klice (bez razvijenih listova) koriste se kao kvalitetna salata ili kao dodatak različitim jelima. Klice nastaju naklijavanjem semena u vodi ili uslovima visoke vlage u kontejnerima ili se seme naklijava u platnenim kesama koje se potapaju u vodu. Klice se proizvode u mraku ili uslovima slabog osvetljenja. Konzumiraju se kao zamršena masa korena, subkotedonog kolenca (stabljike) i razvijenih kotiledonih listića u fazi nerazvijenih lisnih pupoljaka. Visoke su hranljive i biološke vrednosti (Vico, 2012b).

U poslednjih četvrt veka, osim standardnih vegetativnih (podzemnih ili nadzemnih) i generativnih organa tipičnih za sortu i/ili hibrid po svojoj krupnoći, obliku i boji u ishrani se u značajnim količinama koristi „mini povrće” svih gajenih povrtarskih vrsta. Ovaj tip proizvoda razvijan je na zahtev prerađivačke industrije kako bi se izbeglo seckanje i priprema povrća pre upotrebe u najelitnijim restoranima, hotelima, ali i u domaćinstvu.

Relativno nov proizvod u SAD (od sredine 90-tih) i Evropi (od 2002. godine) je mlado lisnato povrće (microgreens), sastoji se od sočnog i nežnog subkotedonog kolenca (stabljike) na kojem su potpuno razvijena dva kotiledona listića, i najčešće jedan par pravih listova (retko 3-4 para pravih listova) starosti 14-28 dana i visine 2,5-8,0 cm. U ovom trenutku mlado lisnato povrće je najveći gurmanski hit među dodacima i ukrasima jela. Kuvare privlači zbog različitosti i obilja ukusa, lepote i raznolikosti boja i hrskave teksture. Mlado lisnato povrće je, 2009. godine, svrstano među pet najpoželjnijih i najtraženijih proizvoda u kategoriji hrane i pića od strane 1.600 šefova kuhinja iz najeskluzivnijih restorana i hotela u SAD (Vico, 2012b). U Food quality lab, u Beltsvilu, Merilend (SAD) pod rukovodstvom dr Lestera pokrenuta su ispitivanja hranljive vrednosti ove nove vrste hrane. Rezultatima je utvrđeno da je hranljiva vrednost mladog lisnatog povrća vrlo visoka. Sadržaj vitamina (C, β-karotena, lutein+zeaksantin, violaksantin, filoholin-vitamin K, α-tokoferol-vitamin E i γ-tokoferol-vitamin E) je viši nego u klicama ili odraslom povrću (Vico, 2012b).

Osnovne hranjive materije

Povrće se u ishrani koristi u svežem stanju kao najrazličitije salate. Zatim, kao prilog glavnom jelu u vidu variva, grilovano, prženo, pečeno, pohovano i bareno. Osim za svežu potrošnju u domaćinstvu povrće čini osnov prerađivačke industrije. Prerađuje se sterilizacijom, zamrzavanjem, dehidracijom, kiseljenjem, za spravljanje (ceđenje) sokova, dečje hrane i za spravljanje polugotovih i gotovih jela.

Bogatstvo hranljivih, posebno zaštitnih materija čini povrće značajnim u ishrani ljudi. Prema preporukama Svetske zdravstvene organizacije povrće se dnevno u ishrani konzumira u 4-5 obroka i u količini od 350-450

g. Povrće je male energetske vrednosti zbog visokog sadržaja vode i niskog sadržaja suve materije, odnosno masti, proteina i ugljenih hidrata (Tab. 6).

Ugljeni hidrati

Od ugljenih hidrata u suvoj materiji povrća nalaze se monosaharidi (prosti šećeri). Prosti šećeri (najčešće pentoze) javljaju se u povrću kao sastojak nukleinskih kiselina, nukleotida i nekih enzima. Jedan od najzastupljenijih monosaharida u povrću jeste glukoza, nešto manje je fruktoze i galaktoze (iz grupe heksoza) i visoke su energetske vrednosti. Prosti šećeri nalaze se u povrću i u vidu derivata monosaharida kao što su organske kiseline, amino-šećeri, estri monosaharida sa fosfornom kiselinom i u vidu glukozida.

Oligosaharidi su složena jedinjenja, sastavljeni od dva ili više monosaharida (prosta šećera) koja se nalaze u povrću. Oligosaharidi se dele prema broju monosaharida u njihovom molekulu na: disaharide, trisaharide, tetrasaharide itd. U povrću su iz grupe oligosaharida najzastupljeniji disaharidi: saharoze, maltoze i celobioze. Saharoza je sastavljena od glukoze i fruktoze. Maltoza je disaharid, sastavljen od dva molekula glukoze, a nastaje kao proizvod razlaganja skroba. Saharoza i maltoza su visoke hranljive i energetske vrednosti za ljudski organizam. Celobioza je disaharid, sastavljen je od dva molekula glukoze. Nastaje hidrolizom polisaharida celuloze.

Polisaharidi su ugljeni hidrati čiji se molekul sastoji od mnogo molekula monosaharida ili disaharida (skrob, celuloza, hemiceluloza, pektin i inulin). Mogu biti sastavljeni od jedne vrste monosaharida ili od dva ili više različitih monosaharida. Jedan od najznačajnijih polisaharida u povrću je skrob. Nalazi se u vidu rezervne hranljive materije (suvoj materiji) krtolastog povrća, u zadebljalom korenu, podzemnom i nadzemnom stablu i drugim vegetativnim i generativnim organima vodećih povrtarskih vrsta. Skrob se sastoji od dva polisaharida (amiloze i amilopektina) koje enzimi hidrolizuju do maltoze (disaharid) i većeg broja molekula glukoze (monosaharid). Skrob je visoke hranljive i energetske vrednosti. Povrće sadrži značajne količine celuloze i hemiceluloze. Ovi polisaharidi nisu svarljivi, ali su od izuzetnog značaja za promet materija u organizmu, odaju utisak sitosti i bitno doprinose čišćenju crevnog trakta. Inulin kao rezervna hranljiva materija (polisaharid) nalazi se u nekim krtolastim povrtarskim vrstama (čičoka). Inulin kao i celuloza nije svarljiv (razgradljiv) u ljudskom organizmu. Izlučuje se iz organizma u mokraću nepromenjen. Pektini su biljni proizvodi slični polisaharidima.

Masti

Povrće sadrži veoma malo masti u vidu zasićenih i nezasićenih masnih kiselina. Najmanji sadržaj masti, 0,1 g na 100 g sveže materije, utvrđen je u cvekli, kupusnjačama, celeru rebrašu, krastavacu, plavom patlidžanu, lubenici, gljivama, bamiji, slatkim lukovima, krompiru, radiču, tikvici i paradajzu. Nešto veći sadržaj masti (0,5-0,7 g na 100 g sveže materije, Tab. 6) utvrđen je kod: belog luka, fízalisa, slatkog krompira, boba, crnog luka, crvene paprike babure, đumbira, kelja i kiseljaka. Najveći sadržaj masti utvrđen je u renu ili hrenu i to do 1, 7 g masti na 100 g sveže materije.

Proteini

Povrće sadrži relativno malo proteina. Kod većine povrtarskih vrsta sadržaj proteina je do 2 g na 100 g sveže materije (Tab. 6). Manji broj povrtarskih vrsta ima od 2 do 4 g proteina na 100 g sveže materije i to: artičoka, zelena špargla, vigna, brokola, kelj pupčar, karfiol, kelj, hren, gljive, bamija, listovi mladog luka, peršun, mahuna kod graška, krompir, crni koren, kiseljak, spanać i slatki krompir. Četiri do 6,4 g proteina na 100 g sveže materije imaju sledeće povrtarske vrste: kukuruz šećerac, bob, zrno kod graška i beli luk. Proteini u povrću sadrže esencijalne amino-kiseline, te dobrim odabirom povrtarskih vrsta u dnevnom obroku moguće je uspešno zameniti proteine životinjskog porekla.

Tab. 6. Kvalitet povrća (Howard et al., 1962; Maynard i Hochmuth, 2007)

Biljna vrsta	Prosek u g na 100 g sveže materije											
	Voda		Suva materija		Proteini		Masti		Šećer		Kalorija	
	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.
Artičoka	83	85	17	15	2,7	3,3	0,2	0,2	1,8	10,5	20	47
Špargla zelena	92	93	8	7	2,8	2,2	0,2	0,1	1,9	3,9	27	20
Špargla bela	93	93	7	7	1,9	2,2	0,2	0,1	2,3	3,9	25	20
Vigna	85	/	15	/	3,3	/	0,3	/	3,0	/	40	/
Bob	81	/	19	/	5,6	/	0,6	/	2,8	/	53	/
Cvekla	89	88	11	12	1,9	1,6	0,1	0,2	5,9	9,6	34	43
Brokola	90	89	10	11	3,6	2,8	0,3	0,4	1,6	6,6	23	34
Kelj pupčar	88	86	12	14	3,5	3,4	0,2	0,3	2,2	9,0	26	43
Beli glavičasti kupus	90-92	92	8-10	8	1,2	1,4	0,1	0,1	3,8	5,6	21	24
Crveni glavičasti kupus	92	90	8	10	1,4	1,4	0,1	0,6	3,3	7,4	19	31
Savoy	91	91	9	9	2,0	2,0	0,1	0,1	2,9	6,1	20	27
Mrkva	88	88	12	12	0,8	0,9	0,2	0,2	6,2	9,6	31	41
Karfiol	90-91	92	9-10	8	2,2	2,0	0,1	0,1	2,3	5,3	22	25
Celer korenasti	88	89	12	11	1,5	1,5	0,3	0,3	2,0	9,2	20	42
Celer rebraš blanširan	96	95	4	5	0,7	0,7	0,1	0,2	1,0	3,0	7	14
Celer rebraš zeleni	95	/	5	/	0,9	/	0,1	/	1,0	/	8	/

Salata-listovi	94	94	6	6	1,1	1,3	0,4	0,3	1,2	3,5	12	18
Salata-lisne drške	95	/	5	/	0,6	/	0,2	/	2,2	/	12	/
Čajot	93	95	7	5	0,9	0,8	0,3	0,1	4,0	3,9	26	17
Cikorija-listovi	92	95	8	5	1,7	0,9	0,3	0,1	0,9	4,0	13	17
Cikorija-koren	80	/	10	/	1,4	/	0,2	/	2,4	/	23	/
Kukuruz šećerac	68	76	32	24	4,0	3,2	1,3	1,2	3,3	19,0	116	86
Krastavac svež	96	95	4	5	0,6	0,7	0,1	0,1	2,5	3,6	12	15
Krastavac kiseli	96	/	4	/	0,7	/	0,1	/	2,0	/	12	/
Plavi patlidžan	93	92	7	8	1,1	1,0	0,1	0,2	3,3	5,7	20	24
Endivija	95	94	5	6	1,3	1,3	0,2	0,2	1,1	3,4	11	17
Beli luk	61	59	39	41	6,4	6,4	0,5	0,5	1,0	33,1	39	149
Đumbir	90	/	10	/	1,5	/	0,7	/	2,8	/	28	/
Hren	77	/	23	/	3,1	/	1,7	/	1,8	/	55	/
Fizalis	91	/	9	/	1,4	/	0,5	/	3,9	/	25	/
Kelj	85	84	15	16	3,3	3,3	0,7	0,7	2,0	10,0	27	50
Keleraba	91	91	9	9	1,7	1,7	0,1	0,1	4,5	6,2	23	27
Praziluk	83	83	17	17	1,5	1,5	0,3	0,3	4,5	14,1	35	61
Lubenica	90	92	10	8	0,6	0,6	0,1	0,2	9,0	7,6	36	30
Gljive	92	92	8	8	2,9	3,1	0,1	0,3	0,1	3,2	13	22
Bamija	88	90	12	10	2,0	2,0	0,1	0,1	2,5	7,0	25	31
Lufa	93	/	7	/	1,2	/	0,2	/	3,2	/	20	/
Crni luk	86	89	14	11	1,5	0,9	0,6	0,1	8,1	10,1	37	42
Slatki lukovi	90	/	10	/	0,5	/	0,1	/	6,3	/	26	/
Mladi luk glavice	90	/	10	/	1,3	/	0,2	/	3,5	/	21	/
Mladi luk listovi	92	90	8	10	2,0	1,8	0,2	0,2	3,0	7,3	19	32
Peršun	90	88	10	12	2,2	3,0	0,3	0,8	1,1	6,3	16	36
Paštrnak	81	80	19	20	1,2	1,2	0,3	0,3	4,8	18,0	53	75
Grašak mahuna	88	89	12	11	2,8	2,8	0,2	0,2	4,0	7,6	35	42
Grašak zrno	79	79	21	21	5,9	5,4	0,3	0,4	5,6	14,5	68	81
Paprika babura zelena	93	94	7	6	0,9	0,9	0,3	0,2	4,0	4,6	22	20
Paprika babura crvena	91	94	9	6	0,8	0,9	0,6	0,2	5,0	4,6	29	20
Krompir	78	79	22	21	2,3	2,0	0,1	0,1	0,7	17,5	75	77
Radić	94	93	6	7	0,6	1,4	0,1	0,3	2,5	4,5	13	23
Rabarbara	92	94	8	6	0,7	0,9	0,2	0,2	2,0	4,5	12	21
Broskva	90	90	10	10	1,2	1,2	0,2	0,2	5,0	8,1	25	36
Crni koren	77	/	23	/	3,3	/	0,2	/	2,9	/	34	/
Kiseljk	93	/	7	/	2,0	/	0,7	/	0,3	/	15	/
Spanać	90	91	10	9	3,6	2,9	0,4	0,4	0,6	3,6	20	23
Novozelandski spanać	94	/	6	/	1,5	/	0,2	/	0,4	/	10	/
Tikvice	95	88	5	12	1,2	0,8	0,1	0,1	1,8	10	13	40
Slatki krompir („jersey“)	67	/	33	/	2,0	/	0,2	/	6,0	/	116	/
Paradajz	94	95	6	5	0,9	0,9	0,1	0,2	3,0	3,9	15	18
Repa ugarinjača	91	/	9	/	1,5	/	0,3	/	1,3	/	14	/
Slatki krompir	74	77	26	23	1,8	1,6	0,5	0,1	0,5	20,1	88	86

Biološki vredne materije

U biološki vredne materije u povrću spadaju materije koje nemaju energetska vrednost ili gradivnu ulogu u organizmu čoveka, ali bitno utiču na fiziološko biohemijske procese, promet energije i materija u organizmu. Mnoge od ovih materija deluju stimulatивно na organe za varenje, zbog čega značajno doprinose boljem i potpunijem iskorišćavanju (varenju) hrane.

U grupu biološki vrednih materija spadaju vitamini, mineralne materije, specifična eterična ulja, organske kiseline (dijetetički delujuće materije), celuloza, hemiceluloza, hormoni, enzimi i fitoncidi. Nesumljivo da je reč o izuzetno korisnim materijama bez kojih ljudski organizam ne bi mogao normalno da funkcioniše.

Vitamini

Vitamini se u životnim namirnicama nalaze u vrlo malim količinama. Nedostatak vitamina dovodi do poremećaja u ljudskom organizmu. Takvi poremećaji nazivaju se avitaminozama. Povrće je osim voća osnovni izvor vitamina za ljudski organizam. Hemijski su labilne supstance zato je povrće u ishrani najbolje koristiti u svežem stanju (salate). Prilikom pripreme povrća kao priloga glavnom jelu poželjan je minimalan temperaturni tretman (tek malo ga probariti, grilovati, pohovati). Vitamini u ljudskom organizmu imaju važnu fiziološku ulogu. Neophodni su u procesu rasta i razvika (pre svega, dece različitog uzrasta), za pravilan razvoj i strukturu epiderma i epitela (spadaju u materije mladosti). Mnogi od vitamina ulaze u sastav koenzima mnogih enzima neophodnih za promet materija u organizmu i za varenje hrane. Vitamini su neophodni za plodnost, razvoj embriona i fetusa kod trudnica i dr.

Tab. 7. Prosečne dnevne potrebe čoveka za nekim vitaminima (preuzeto od Nikolić, 1980)

Životno doba osobe	V i t a m i n (mg)					
	A	D	B ₁	B ₂	PP	C
Dete ispod 1 godine	0,5	25-50	0,6	0,6	4	30
Dete 7 godina	1,2	25-50	1,0	1,5	10	60
Dete 10-12 godina	1,4	25-50	1,2	1,8	12	75
Omladina 16-20 godina	1,5	*	1,9	2,4	16	90
Odrasla osoba; rad srednje težine	1,5	*	1,8	2,7	18	75

Dnevna potreba čoveka u vitaminu C iznosi od 30 do 75 mg (90 mg kod omladine 16-20 godina, Nikolić, 1980), što znači da se dnevne potrebe organizma za ovim vitaminom lako mogu zadovoljiti svakodnevnim

korišćenjem svežeg povrća u ishrani. Vitamin C (L-askorbinska kiselina) je snažnog antioksidantnog i antibakterijskog dejstva, utiče na rad imunološkog sistema i pojačava otpornost prema zaraznim bolestima. Deluje na stres i ima antikancerogenu ulogu u organizmu (Ilin et. al., 1999).

Tab. 8. Sadržaj vitamina (Howard et al., 1962; Maynard i Hochmuth, 2007)

Biljna vrsta	Vitamin A		mg/100 g sveže materije								Vitamin B ₆ 2007.
	I.J.		Tiamin B ₁		Riboflavin B ₂		Niacin		Vitamin C		
	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.	
Artičoka	160	0	0,08	0,07	0,06	0,07	0,8	1,05	11	11,7	0,12
Špargla zelena	980	756	0,23	0,14	0,15	0,14	2,2	0,98	48	5,6	0,09
Špargla bela	50	756	0,11	0,14	0,08	0,14	1,1	0,98	28	5,6	0,09
Vigna	634	/	0,37	/	0,06	/	1,3	/	38	/	/
Bob	350	/	0,17	/	0,11	/	1,5	/	33	/	/
Cvekla	trag	33	0,05	0,03	0,02	0,04	0,4	0,33	11	4,9	0,07
Brokola	3.800	660	0,11	0,07	0,10	0,12	0,6	0,64	110	89,2	0,18
Kelj pupčar	950	754	0,13	0,14	0,04	0,09	0,6	0,75	85	85,0	0,22
Beli glavičasti kupus	200	171	0,05	0,05	0,03	0,04	0,3	0,30	60	32,2	0,10
Crveni glavičasti kupus	40	1,116	0,05	0,06	0,03	0,07	0,3	0,42	57	57,0	0,21
Savoy	1.000	1,000	0,07	0,07	0,03	0,03	0,3	0,30	31	31,0	0,19
Mrkva	10.000	12,036	0,05	0,07	0,03	0,06	0,4	1,0	5	5,9	0,14
Karfiol	40	13	0,09	0,06	0,02	0,06	0,6	0,53	71	46,4	0,22
Celer korenasti	0	29	0,05	0,6	0,06	0,03	0,7	0,16	8	2,8	0,04
Celer rebraš blanširan	90	4,468	0,03	0,04	0,02	0,07	0,3	0,50	7	45,0	0,19
Celer rebraš zeleni	120	/	0,03	/	0,04	/	0,3	/	10	/	/
Salata-listovi	3.500	7,405	0,09	0,07	0,12	0,08	0,5	0,38	33	18,0	0,09
Salata-lisne drške	70	/	0,02	/	0,02	/	0,6	/	6	/	/
Čajot	50	0	0,03	0,03	0,04	0,03	0,5	0,47	11	7,7	0,08
Cikorija-listovi	4.000	29	0,06	0,6	0,10	0,03	0,5	0,16	24	2,8	0,04
Cikorija-koren	0	/	0,04	/	0,03	/	0,4	/	5	/	/
Kukuruz šećerac	650	280	0,20	0,2	0,06	0,06	1,7	1,70	9	6,8	0,06
Krastavac svež	45	105	0,03	0,03	0,02	0,04	0,3	0,65	12	2,2	0,08
Krastavac kiseli	270	/	0,04	/	0,02	/	0,4	/	19	/	/
Plavi patlidžan	70	27	0,09	0,04	0,02	0,04	0,6	0,65	7	2,2	0,08
Endivija	2.500	2,167	0,07	0,08	0,08	0,08	0,4	0,40	8	6,5	0,02
Beli luk	0	0	0,20	0,2	0,11	0,11	0,7	0,70	15	31,2	1,2
Đumbir	0	/	0,02	/	0,02	/	0,6	/	5	/	/
Hren	0	/	0,06	/	0,03	/	0,5	/	95	/	/
Fizalis	380	/	0,15	/	0,03	/	3,5	/	4	/	/
Kelj	5.800	15,376	0,11	0,11	0,13	0,13	1,0	1,0	120	120	0,27
Keleraba	30	36	0,05	0,05	0,02	0,02	0,4	0,4	62	62,0	0,15
Praziluk	95	1,667	0,06	0,06	0,03	0,03	0,4	0,4	12	12,0	0,23
Lubenica	300	569	0,08	0,03	0,02	0,02	0,2	0,18	6	8,1	0,05
Gljive	0	0	0,08	0,09	0,30	0,42	4,6	3,85	8	2,4	0,12
Bamija	660	375	0,20	0,20	0,06	0,06	1,0	1,0	44	21,1	0,22

KALIJUM U ISHRANI BILJAKA - KALIJUM I POVRĆE -

Lufa	410	/	0,05	/	0,06	/	0,4	/	12	/	/
Crni luk	0	2	0,06	0,05	0,01	0,03	0,1	0,08	9	6,4	0,15
Slatki lukovi	0	/	0,02	/	0,02	/	0,1	/	6	/	/
Mladi luk glavice	330	/	0,06	/	0,05	/	0,3	/	32	/	/
Mladi luk listovi	5.000	997	0,07	0,06	0,14	0,08	0,27	0,53	45	18,8	0,06
Peršun	5.200	8,424	0,08	0,09	0,11	0,1	0,7	1,31	90	133,0	0,09
Paštrnak	0	0	0,09	0,09	0,05	0,05	0,7	0,7	17	17,0	0,09
Grašak mahuna	580	1,087	0,15	0,15	0,08	0,08	0,6	0,60	60	60,0	0,16
Grašak zrno	1.000	640	0,30	0,14	0,08	0,13	1,5	2,09	40	40,0	0,17
Paprika babura zelena	530	370	0,06	0,06	0,02	0,03	0,4	0,48	160	80,4	0,22
Paprika babura crvena	5.700	370	0,11	0,06	0,08	0,03	0,7	0,48	220	80,4	0,22
Krompir	0	2	0,13	0,08	0,02	0,03	0,3	1,05	10	19,7	0,30
Radič	0	27	0,02	0,02	0,02	0,03	0,2	0,26	22	8,0	0,06
Rabarbara	100	102	0,02	0,02	0,03	0,03	0,3	0,3	8	8,0	0,02
Broskva	trag	2	0,09	0,09	0,04	0,04	0,7	0,70	33	25,0	0,10
Crni koren	0	/	0,08	/	0,22	/	0,5	/	8	/	/
Kiseljk	4.000	/	0,04	/	0,10	/	0,5	/	48	/	/
Spanać	5.800	9,377	0,12	0,08	0,16	0,19	0,8	0,72	52	28,1	0,20
Novozelandski spanać	4.400	/	0,04	/	0,13	/	0,5	/	30	/	/
Tikvice	340	367	0,07	0,14	0,03	0,01	0,4	0,70	9	11,0	0,15
Slatki krompir „jersey“	1.500	/	0,10	/	0,02	/	0,8	/	32	/	/
Paradajz	1.700	833	0,10	0,04	0,02	0,02	0,6	0,60	21	12,7	0,08
Repa ugarnjača	3.400	/	0,07	/	0,10	/	0,6	/	60	/	/
Slatki kromir	0	14,187	0,08	0,08	0,01	0,06	0,4	0,56	6	2,4	0,80

Mineralne materije

Sadržaj mineralnih materija varira u zavisnosti od vrste i sorte. Da bi zadovoljili potrebe u mineralnim materijama, iste se moraju unositi hranom, a najsigurniji izvor je povrće. Unošenjem dovoljnih količina mineralnih materija u organizam poboljšava se fiziološka uloga vitamina i doprinosi boljem prometu materija. Ljudskom organizmu su neophodni makroelementi, mikroelementi i elementi u tragovima (ultramikroelementi). U ljudskom organizmu i hrani se nalaze svi do sada poznati elementi periodnog sistema i bez njih čovek ne bi mogao da funkcioniše.

Kalijum zajedno sa natrijumom reguliše promet vode u organizmu te na taj način utiče na odstranjivanje štetnih produkata metabolizma iz organizma. Kalijum utiče i na ritam i funkciju srčanog mišića. Od unošenja kalcijuma i prisustva fosfora zavisi zdravstveno stanje zuba i kostiju. Kalcijum zajedno sa magnezijumom utiče na nesmetan rad srčanog mišića i krvotoka. Kalcijum utiče u procesu apsorpcije gvožđa i doprinosi dobrom funkcionisanju nervnog sistema (kao elektrolit odgovoran je za prenošenje nadražaja). Uloga magnezijuma u organizmu je u funkcionisanju nervnog

sistema i mišića, što se objašnjava njegovom ulogom u brzom prevođenju šećera u energiju u mišićima. Gvožđe je neophodno za sintezu hemoglobina, a od njega zavisi prenošenje kiseonika do vitalnih organa, te tako utiče na prestanak zamora, kao i otpornost prema bolestima i na porast dece. Zbog male iskorišćenosti unesenog gvožđa u organizam važno je unošenje dovoljnih količina vitamina C, E i flavonoida, jer utiču na apsorpciju gvožđa i iskorišćenost istog (Ilin et al., 1999).

Tab. 9. Sadržaj mineralnih materija (Howard et al., 1962; Maynard i Hochmuth, 2007)

Biljna vrsta	mg/100 g sveže materije											
	Ca		Fe		Mg		P		K		Na	
	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.	1962.	2007.
Artičoka	53	44	1,5	1,3	48	/	78	90	340	370	110	94
Špargla zelena	24	24	1,5	2,1	/	/	52	52	/	202	/	2
Špargla bela	16	24	1,1	2,1	/	/	52	52	/	202	/	2
Vigna	32	/	1,7	/	54	/	78	/	220	/	5	/
Bob	22	/	1,9	/	38	/	95	/	250	/	50	/
Cvekla	13	16	0,5	0,8	19	/	55	40	290	325	130	78
Brokola	78	47	1,0	0,7	39	/	74	66	360	316	40	33
Kelj pupčar	39	42	0,9	1,4	23	/	69	69	390	389	30	25
Beli glavičasti kupus	38	47	0,4	0,6	22	/	34	23	220	246	20	18
Crveni glavičasti kupus	51	45	0,7	0,8	17	/	42	30	190	243	17	27
Savoy	35	35	0,4	0,4	28	/	42	42	230	230	28	28
Mrkva	31	33	0,9	0,3	/	/	32	35	/	320	/	69
Karfiol	30	22	0,5	0,4	12	/	45	44	230	303	20	30
Celer korenasti	43	43	0,7	0,7	20	/	115	115	300	300	100	100
Celer rebraš blanširan	25	40	0,3	0,2	10	/	27	24	160	260	200	80
Celer rebraš zeleni	70	/	0,5	/	14	/	34	/	240	/	130	/
Salata-listovi	59	68	0,8	1,4	38	/	34	25	330	264	9	9
Salata-lisne drške	18	/	0,3	/	17	/	43	/	330	/	12	/
Čajot	19	17	0,4	0,3	14	/	20	18	150	125	4	2
Cikorija-listovi	100	28	0,9	0,2	30	/	47	26	420	211	45	2
Cikorija-koren	41	/	0,8	/	22	/	61	/	290	/	50	/
Kukuruz šećerac	11	2	1,4	0,5	45	/	125	89	260	270	10	15
Krastavac svež	12	145	0,3	0,2	15	/	24	10	150	169	6	20
Krastavac kiseli	13	/	0,4	/	14	/	24	/	190	/	6	/
Plavi patlidžan	7	9	0,4	0,2	16	/	25	25	210	230	5	2
Endivija	42	52	2,0	0,8	20	/	30	28	280	314	60	22
Beli luk	24	181	1,7	1,7	32	/	195	153	540	401	10	17
Đumbir	22	/	0,3	/	/	/	13	/	/	/	/	/
Hren	150	/	2,4	/	81	/	41	/	420	/	16	/
Fizalis	8	/	0,3	/	/	/	34	/	/	/	/	/
Kelj	135	135	1,7	1,7	34	/	56	56	400	447	40	43
Keleraba	24	24	0,4	0,4	19	/	46	46	350	350	20	20
Praziluk	59	59	2,1	2,1	28	/	35	35	180	180	20	20
Lubenica	5	7	0,2	0,2	11	/	9	10	130	112	5	1
Gljive	5	6	0,5	0,2	12	/	90	11	320	228	9	18

KALIJUM U ISHRANI BILJAKA - KALIJUM I POVRĆE -

Bamija	81	81	0,8	0,8	59	/	63	63	280	303	10	8
Lufa	20	/	0,4	/	/	/	32	/	/	/	/	/
Crni luk	33	22	0,4	0,2	17	/	43	27	180	144	8	3
Slatki lukovi	27	/	0,6	/	16	/	27	/	120	/	6	/
Mladi luk glavice	62	/	0,5	/	25	/	43	/	120	/	70	/
Mladi luk listovi	80	72	1,0	1,5	24	/	30	37	220	276	10	16
Peršun	125	138	2,0	6,2	79	/	40	58	270	554	140	56
Paštrnak	40	36	0,7	0,6	29	/	69	71	330	375	10	10
Grašak mahuna	43	43	0,9	2,1	22	/	53	53	170	200	6	4
Grašak zrno	35	25	1,6	1,5	31	/	110	108	260	244	10	5
Paprika babura zelena	7	10	0,4	0,3	13	/	22	20	150	175	2	3
Paprika babura crvena	4	10	0,3	0,3	13	/	28	20	200	175	2	3
Krompir	9	12	0,7	0,8	30	/	65	57	390	421	6	6
Radič	27	19	0,4	0,6	22	/	24	40	190	302	30	22
Rabarbara	130	86	0,7	0,2	28	/	20	14	360	288	10	4
Broskva	31	47	0,4	0,5	19	/	41	58	220	337	20	20
Crni koren	60	/	0,7	/	23	/	75	/	380	/	20	/
Kiseljk	44	/	2,4	/	103	/	63	/	390	/	4	/
Spanać	107	99	2,1	2,7	103	/	66	49	710	558	110	79
Novozelandski spanać	58	/	0,8	/	39	/	28	/	130	/	130	/
Tikvice	15	33	0,5	0,7	21	/	32	36	220	347	3	3
Slatki krompir „jersey“	60	/	0,9	/	34	/	57	/	390	/	140	/
Paradajz	6	10	0,3	0,3	10	/	16	24	220	237	5	5
Repa ugarnjača	190	/	1,1	/	31	/	42	/	250	/	40	/
Slatki krompir	23	30	0,6	0,6	29	/	65	47	600	337	14	55

Dijetetički delujuće materije

U digestivnom traktu (organima za varenje) hrana u toku procesa varenja dobija pogodan fizičko-hemijski oblik za resorpciju (apsorpciju) u krv i limfu. Varenje hrane, bez značajnije resorpcije, započinje lučenjem žlezda u usnoj duplji, jednjaku i želucu. Značajan proces resorpcije započinje u tankom i debelom crevu. Dijetetički delujuće materije, specifična eterična ulja i organske kiseline, izazivaju lučenje žlezda u usnoj duplji i digestivnom traktu čime započinje varenje i bolje iskorišćavanje hrane u ljudskom organizmu.

Eterična ulja iz povrća su specifičnog i prijatnog mirisa, arome i ukusa. Specifična eterična ulja su sa i bez sumpora. Eterična ulja bez sumpora su karakteristična za mrkvu, peršun, paštrnak, celer i mirođiju. Eterična ulja sa sumporom nalaze se u praziluku, špargli i luku vlašcu. Poseban miris i ukus ima povrće kod kojeg eterično ulje, pored sumpora, sadrži i azot (beli i crni luk, hren, rotkva, kupus i cvekla).

Organske kiseline iz povrća deluju osvežavajuće i zajedno sa šećerima daju prijatan ukus, što stimulatивно deluje na lučenje probavnih sokova. Od organskih kiselina u povrću su najviše zastupljene: oksalna (spanać, rabarbara, paradajz, boranija), jabučna (paradajz, salata, spanać, karfiol),

limunska (salata), mlečna (kiseli kupus, paprika) i vinska kiselina (cvekla). Bez obzira na sadržaj organskih kiselina povrće je bazne reakcije. Zbog te svoje osobine, povrće uspešno neutrališe višak kiselina, koje nastaju u procesu metabolizma.

Organske kiseline imaju baktericidno dejstvo, a eterična ulja fitoncicidno svojstvo (beli i crni luk).

U dijetetički delujuće materije iz povrća spada celuloza i voda. Povrće, zahvaljujući ovim materijama, ima veliku zapreminu te doprinosi osećaju sitosti i potpomaže peristaltiku crevnog trakta. Voda se u organizam unosi i na drugi način, zato je važno u pravilnoj ishrani uneti celulozna vlakna iz povrća. Celulozna vlakna značajno doprinose izbacivanju štetnih materija iz organizma.

Fitoncidi

Imaju baktericidno i fungicidno svojstvo. Značajni su u ishrani cele godine, a posebno u sezoni gripa. Zato raznovrsna ishrana povrćem cele godine ima preventivnu ulogu u organizmu čoveka. Osim preventivne uloge, brojni autori, ističu i lekovita svojstva povrća. Fitoncidi imaju zaštitnu ulogu i nalaze se u belom i crnom luku, kupusnjačama, hrenu, rotkvi, rotkvici, mrkvi, celeru i peršunu.

Bioaktivne materije

Povrće u manjoj ili većoj meri, od bioaktivnih materija, sadrži: karotenoide, flavonoide, glukozinolate, polifenole, sulfide, fitosterine, terpene, fitoestrogene i balasne materije. Bioaktivne materije u organizmu imaju značajan uticaj na fiziološke procese i smanjuju rizik od malignih oboljenja, oboljenja krvnih sudova i srca.

Organoleptički izgled

Nesumnjivo da je povrće izuzetne nutritivne vrednosti što je potvrđeno brojnim rezultatima istraživanja. Da bi nutritivni značaj povrća došao do izražaja u ishrani stanovništva na našim prostorima moraju se menjati navike proizvođača, ali i potrošača. Proizvođači povrća mogu bitno da doprinesu kvalitetnoj ishrani, ali i promenama u navikama potrošača, većom ponudom povrća izvan glavne sezone (čitave godine). Zatim, uvođenjem u proizvodnju novih vrsta povrća na otvorenom polju (na njivi i u bašti) i u zaštićenom prostoru. Trenutno se u proizvodnji kod nas nalazi 20-25 vrsta povrća (na velikim površinama ne više od 10 do 15 vrsta). Vrlo uspešno na našim prostorima može da se gaji od 50 do 70 najrazličitijih

vrsta povrća. Trenutno, u Registru poljoprivrednog bilja, Uprave za zaštitu bilja pri Ministarstvu poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, registrovano je bilo do 2010. godine 68 povrtarskih vrsta (www.minpolj.gov.rs). Nažalost, mnoge se uprkos visokoj nutritivnoj i biološkoj vrednosti gaje na zanemarljivo malim površinama (na okućnici, u bašti ili vikendici) i pored značajne ekonomske dobiti koja može da se ostvari po jedinici površine.

Stalna edukacija potrošača o značaju korišćenja raznovrsnog povrća u ishrani ljudi cele godine (stanovništva najrazličitije starosne dobi) kratkoročno može bitno da doprinese povećanoj potražnji za retkim i/ili malo gajenim vrstama povrća kod nas. Dugoročno, veća potrošnja i kvalitetna ishrana može da se podstakne podizanjem svesti o značaju kvaliteta ishrane povrćem kod dece predškolskog i školskog uzrasta, studenata i sportista.

Nesumnjivo, najveći uticaj na potrošnju povrća, pored već iznetih činjenica, ima organoleptički izgled povrća u fazi tehnološke ili pune, odnosno fiziološke zrelosti, pakovanje i marketing.

Od organoleptičkih parametara za privlačan izgled i uspešan plasman povrća značajni su: boja, ukus, aroma, tekstura, oblik i masa povrća. Na osnovu organoleptičkog izgleda povrće se deli na ekstra I, I i II klasu (najčešće na I i II klasu, zavisno od povrtarske vrste).

Povrće je najrazličitijih boja zavisno od povrtarske vrste, sorte (hibrida) i faze zrelosti vegetativnog ili generativnog organa, koji se koristi u ishrani. Vegetativni organi u ishrani se koriste u tehnološkoj zrelosti, kada su kod većine povrtarskih vrsta svetlo do tamnozeleno boje, ponekad bele boje (poput sveća kod špargle, blanširanog celera rebraša i radiča) sa manje ili više antoncijanove pigmentacije, zavisno od vrste i agroekoloških uslova. Generativni organi u tehnološkoj zrelosti mogu biti od snežnobeke (kod karfiola), svetlozelene do tamnozeleno boje. U punoj ili fiziološkoj zrelosti generativni organi koji se koriste u ishrani mogu biti od bele boje (kod plavog patlidžana), bleožute, žute, različitih nijansi crvene do ljubičaste boje.

Povrće je bez obzira na fazu zrelosti vrlo prijatnog ukusa i arome, fine teksture, sočno i jedro, najrazličitijih oblika od pljosnatog, pljosnato okruglog, okruglog, okruglo izduženog do izduženog, vretenastog, konusnog, prizmatičnog do četvrtastog oblika.

KALIJUM U ZEMLJIŠTU

Kalijum se ubraja u alkalne metale, u IA grupu periodnog sistema. Za pomenute metale je karakteristična jako izražena alkalnost. Alkalni metali, među njima i kalijum, u svim svojim jedinjenjima imaju isključivo stepen oksidacije +1. Zbog lakoće kojom alkalni metali otpuštaju elektrone prilikom hemijskih reakcija, u svojim jedinjenjima oni se nalaze u obliku jona s jednim pozitivnim nabojem, tj. njihova jedinjenja imaju gotovo isključivo jonski karakter. U periodnom sistemu elemenata redni broj kalijuma je 19, a atomska masa 39. Hemijski je veoma reaktivan zbog čega se u prirodi ne nalazi u elementarnom obliku. Specifična masa mu je 0,865, tačka topljenja 62,5 °C, a tačka ključanja 760 °C. Pomenute fizičko-hemijske osobine određuju mesto i ulogu kalijuma u mrtvoj i živoj prirodi.

KALIJUM U MINERALIMA I NJEGOVA MOBILIZACIJA

Litosfera sadrži 2,59% ili 25,9 kg/t kalijuma i po tim parametrima kalijum je po zastupljenosti sedamnaesti element. Kalijum nije ravnomerno raspoređen u zemljinoj kori. U najvećoj meri se nakuplja na mestima gde prevladavaju feldspati i liskuni. U do sada poznatim nalazištima kalijuma nalazi se samo milioniti deo od ukupne količine ovog elementa koja se nalazi u zemljinoj kori. Rezerve kalijuma u svim nalazištima sveta procenjuju se na oko 100 milijardi tona, a polovina procenjenih rezervi se može eksploatirati.

Najveći deo kalijuma vezan je u primarnim i sekundarnim mineralima gline. Najznačajniji minerali koji sadrže kalijum su feldspati (16% K) i oni čine najveću rezervu kalijuma. Feldspati su zastupljeni u svim stenama: magmatskim, metamorfnim i sedimentnim. U građi litosfere učestvuju sa oko 60% (Kukin et al., 2007). Veoma značajni izvor kalijuma su i liskuni: muskovit – kalijumov liskun (9,8% K) i biotit – magnezijumov liskun (8,7% K), zatim ilit (32 do 56 g K/kg), a sreću se i piroksini i amfiboli. Od glinenih minerala većim sadržajem kalijuma odlikuju se ilit i vermikulit. Ukoliko neko devičansko zemljište sadrži neuobičajeno mnogo kalijuma, velika je verovatnoća da se u frakciji gline tog zemljišta nalazi ilit. Što je veći sadržaj feldspata i liskuna utoliko će biti veći prirodni sadržaj kalijuma u zemljištu. Zemljišta koja su nastala od stena sa većim sadržajem kalijuma

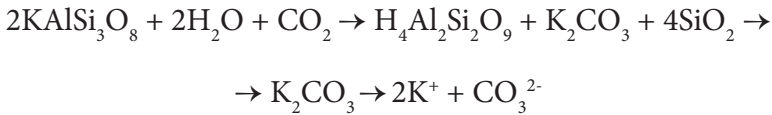
mogu da se odlikuju manjim sadržajem kalijuma ako se u toku njihovog raspadanja u procesu pedogeneze ne oslobađa dovoljna količina kalijuma.

Sadržaj kalijuma u zemljištu zavisi od geološke podloge, matičnog supstrata čijim razlaganjem zemljište nastaje, kao i od pedogenetskih procesa. Na primer, granit i gnajs sadrže od 4 do 6% kalijuma, vulkanska lava od 3 do 6%, dolomit oko 3%, a krečnjaci svega od 0,01 do 0,05%. Zato su zemljišta nastala na krečnjacima siromašna kalijumom, a ona nastala na granitima bogata istim elementom. Sadržaj gline u zemljištu je u neposrednoj pozitivnoj korelaciji sa sadržajem kalijuma u njemu (Sparks i Huang, 1985). Zemljišta sa većim sadržajem gline odlikuju se većom količinom kalijuma, pošto sadržaj kalijuma u glinama najčešće predstavlja oko 4% od ukupne količine kalijuma.

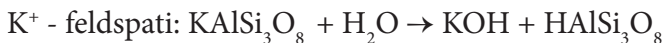
Sadržaj kalijuma u zemljištu zavisi i od klimatskih uslova, u humidnim predelima je manji usled ispiranja kalijuma u odnosu na aridna područja, što se odražava i na njegovu raspodelu u profilu zemljišta. Količina ukupnog kalijuma u humidnim predelima veća je u B horizontu, a u aridnim i semiaridnim u A horizontu. Mlađa zemljišta imaju veću količinu kalijuma od starijih koja se duže koriste za poljoprivrednu proizvodnju (Portela, 1993). Razlog tome je intenzivnije raspadanje minerala usled obrade zemljišta i iznošenje kalijuma prinosima iz zemljišta (Ubavić i Bogdanović, 1995). Sadržaj kalijuma u organskim zemljištima je često nizak i u proseku iznosi 0,3 g/kg.

Sadržaj ukupnog kalijuma u zemljištu kreće se od 0,2 do 3%. U oraničnom sloju od 30 cm nalazi se od 9.000 do 140.000 kg/ha kalijuma (Schilling, 2000). Ova količina predstavlja rezervu neorganskog kalijuma u zemljištu. Pored toga, u zemljištu se nalazi od 25 do 50 kg/ha kalijuma vezanog u masi od oko 3.000 kg/ha mikroorganizama (Scheffer i Schachtschabel, 1989). Humus sadrži < 0,1% kalijuma i nema veći značaj u obezbeđenju biljaka ovim elementom.

Najznačajniji potencijalni izvor kalijuma za biljke u prirodnim uslovima su minerali koji sadrže kalijum koji se tokom njihovog razlaganja oslobađa. Prema mišljenju Scheffera i Schachtschabela (1989) koncentracija kalijuma u nekim primarnim i sekundarnim mineralima gline je sledeća: alkalni feldspati 32-120, Ca-Na feldspati 0-24, muskovit 60-90, biotit 36-80, ilit 32-56, vermikulit 0-16, hloriti 0-8 i montmorilonit 0-4 g/kg. Kalijum iz primarnih i sekundarnih minerala nije pristupačan biljkama. Tek nakon njihovog razlaganja pod uticajem vlage, slabih kiselina, temperature ili silikatnih bakterija oslobađa se jon kalijuma, koji ulazi u zemljišni rastvor, time postaje pristupačan za biljke ili se adsorbuje na zemljišne koloidne. Oslobađanje kalijuma iz ortoklasa u prisustvu vode i ugljen-dioksida odvija se na sledeći način:



Feldspati su prisutni u skoro svim zemljištima. Feldspati su po hemijskom sastavu alumosilikati K, Na i Ca. Pojedini minerali iz grupe feldspata imaju veoma slične fizičke, hemijske i kristalografske osobine, usled čega često grade izomorfne smeše. Od feldspata najznačajniji je ortoklas (9-15% K₂O), a zatim albit, plagioklas i dr. Osnovnu strukturu feldspata karakteriše tetraedarna trodimenzionalna građa. Jon kalijuma se nalazi u međuprotoru Si-Al-O kristalnih rešetki, čvrsto vezan kovalentnim vezama (Sparks, 1987). Rastojanje između lamela je oko 1,0 nm. Kalijum svojim pozitivnim naelektrisanjem privlači susedne lamele. Feldspati se u zemljištu nalaze u vidu krupnijih čestica, čestica peska ili krupnijeg praha. Usled veće krupnoće čestice feldspata imaju relativno manju kontaktnu površinu u odnosu na čestice muskovita i biotita i time manju rastvorljivost. Razlaganje feldspata počinje na površini čestica. Kalijum se oslobađa pod uticajem dipola vode i slabih kiselina i to mnogo brže od drugih sastojaka čestica feldspata. Pri raspadanju feldspata i drugih primarnih minerala nastaju sekundarni minerali gline, po hemijskom sastavu sekundarni hidratizirani alumosilikati, najčešće iz grupe illita, kaolinita i montmorilonita. Vlada uverenje da u kiselim zemljištima prevladavaju minerali grupe kaolinita, a u neutralnim, slabo alkalnim zemljištima tipa černozema, prevladavaju minerali grupe montmorilonita. Ako razgradnja feldspata protiče direktno, bez nastajanja sekundarnih minerala, onda prvo nastaju amorfni hidroksidi i neke nove kristalne strukture minerala.



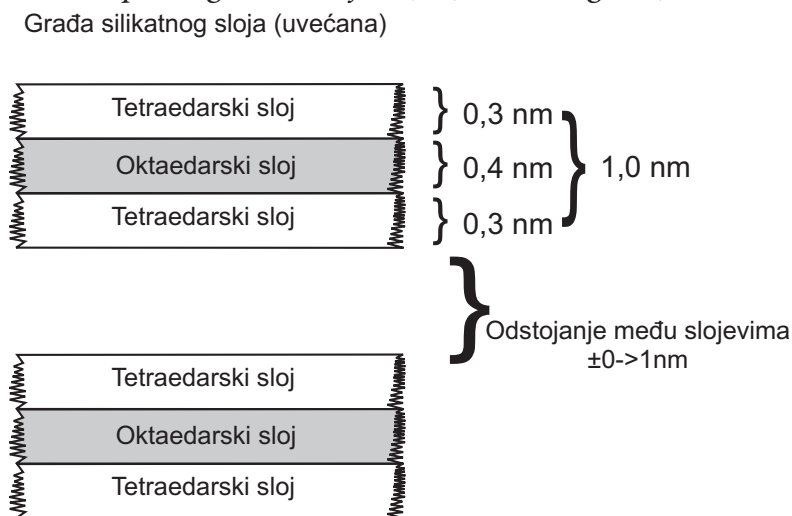
Minerali tipa liskuna i sekundarni minerali sa građom rešetke 2:1 (troslojni) se po svojoj strukturi značajno razlikuju od feldspata. Na osnovu toga oni se razlikuju i po oslobađanju i vezivanju kalijuma. Liskuni se sastoje od elementarnih slojeva, od kojih se svaki sastoji iz dva Si-Al-O tetraedarska sloja, među kojima je smešten M-O, OH oktaedarski sloj. M je obično Al³⁺, Fe²⁺, Fe³⁺ ili Mg²⁺ (Fanning et al., 1989). Minerali grupe illita i montmorilonita imaju kristalnu rešetku od tri sloja, dva tetraedarska i jedan oktaedarski, a minerali kaulinitske grupe imaju po jedan tetraedarski i oktaedarski sloj. Minerali građe rešetke 2:1 imaju veću sposobnost adsorpcije kalijuma od minerala sa građom rešetke 1:1. Fiksirani kalijumovi joni nalaze se u heksagonalnim otvorima između kristalnih slojeva.

Za dinamiku kalijuma u zemljištu odlučujući značaj imaju 2:1 slojni minerali gline. Oni se odlikuju posebnom sposobnošću da adsorbuju i

desorbuju kalijum, tj. sposobni su da vrše razmenu katjona. U troslojnim (2:1) mineralima gline debljina tetraedernog sloja iznosi 0,3 nm, a oktaedarskog 0,4 nm. Između dva tetraedarska sloja nalazi se oktaedarski sloj. Oni čine elementarni (lamelarni) sloj čija debljina iznosi 10 nm. Razmak između elementarnih slojeva kreće se od 0 do 1 nm (Sl.1). Veći broj slojeva, po pravilu od 10 do 50 elementarnih slojeva, čine mineral gline (< 2 μ m). Ukupna površina minerala gline, kada se saberu površine prostora između elementarnih slojeva i spoljne površine, iznosi od 50 do 800 m²/g. Zahvaljujući velikoj površini, minerali gline imaju veliku reakcionu sposobnost. Pored velike površine i kapaciteta za razmenu katjona značajna je i činjenica da 2:1 slojni minerali gline imaju negativan naboj koji u osnovi ima kristalografsku građu tetraedarskog i oktaedarskog sloja. Kapacitet razmene katjona kod ilita iznosi od 20 do 50, vermikulita od 150 do 200, smektita od 70 do 130, a kod organske materije od 180 do 300 meq H⁺/100 g zemljišta) (Blum, 1983).

Primarni minerali imaju veći sadržaj kalijuma od sekundarnih koji od njih nastaju. Prema Farmer i Wilson (1970) pri razlaganju liskuna (od ilita do vermikulita) nastaju sekundarni glineni minerali 2:1, po sledećem redosledu: liskun (oko 10% K) → hidratizani liskun (6 - 8% K) → ilit (4-6% K) → prelazni minerali (3% K) → vermikulit i montmorilonit (<2% K). Do osiromašenja sekundarnih minerala kalijumom dolazi usled zamene kalijuma H⁺-jonima. Kao posledica toga rešetke minerala postaju rastresitije, što olakšava dalju zamenu katjona. Visoka koncentracija H⁺ (pH 3), pored toga što podstiče odavanje kalijuma, narušava i građu minerala.

Sl. 1. Shematski prikaz građe troslojnih (2:1) minerala gline (Blum, 1983)



Usvajanjem kalijuma biljke smanjuju njegovu koncentraciju u neposrednoj okolini korena što može da indukuje odavanje jona kalijuma iz minerala. Izlaskom kalijuma oslobađaju se mesta adsorpcije koja zauzima-ju drugi katjoni Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} u hidratisanom obliku i izazivaju bubrenje međusloja.

Kalijum iz primarnih i sekundarnih minerala nije neposredno pristupačan biljkama. Pored toga, primarni minerali predstavljaju značajnu potencijalnu zalihu kalijuma pošto se u nekim zemljištima od ukupnog kalijuma od 60 do 75% nalazi u obliku feldspata i liskuna, a preostali deo u izmenljivom obliku u sekundarnim mineralima.

OBLICI KALIJUMA U ZEMLJIŠTU

Sa stanovišta optimalne ishrane biljaka kalijumom i s tim u vezi racionalne primene kalijumovih đubriva od značaja je poznavanje dinamike kalijuma u zemljištu. Dinamiku kalijuma u zemljištu, pre svega, određuju njegova fiksacija, adsorpcija i desorpcija. Pomenuti procesi su usko povezani sa rastvorljivošću i pristupačnošću kalijuma za biljke. Na osnovu navedenog, postoji veliki broj podela oblika kalijuma u zemljištu. Prema autorima Mengel i Kirkby (2001) kalijum u zemljištu se može podeliti u tri frakcije:

- K^{+} kao strukturalni element minerala zemljišta, uključujući i K^{+} koji se nalazi u međuslojnom prostoru minerala gline;
- K^{+} adsorbovan u razmenljivom obliku za koloide zemljišta, minerale gline i organske materije i
- K^{+} prisutan u zemljišnom rastvoru.

Rajković (1965) navodi brojne podele frakcija kalijuma u zemljištu, među kojima i podelu koju su predložili Scheffer i Welte, a koja daje detaljniju podelu oblika kalijuma u zemljištu:

- kalijum u zemljišnom rastvoru,
- kalijum adsorbovan na organskim koloidima,
- kalijum adsorbovan na glinenim koloidima,
- kalijum fiksiran u međuslojnim razmacima glinenih minerala,
- kalijum rešetke sekundarnih minerala,
- kalijum rešetke primarnih minerala i
- biološki fiksirani kalijum u mikroorganizmima i zemljišnoj fauni.

Ako se kvantifikuju pojedine frakcije kalijuma u zemljištu dobijaju se sledeće vrednosti:

- 90 - 98% ugrađeno u kristalnu mrežu primarnih minerala,

- 1 - 10% prisutno u neposredno neizmenljivom, fiksiranom obliku,
- 1 - 2 % prisutno u izmenljivom, adsorbovanom obliku i
- 6 - 20 mg/kg u zemljišnom rastvoru.

Iz navedenog proističe da se najveći deo ukupnog kalijuma, posebno u većini mineralnih zemljišta, nalazi u kristalnoj mreži primarnih kalijumovih minerala (kalijumovi feldspati i liskuni). Stoga kalijum iz primarnih minerala predstavlja glavnu zalihu i istovremeno potencijalnu rezervu ovog elementa u pedosferi. Kalijum iz primarnih i sekundarnih minerala postaje pristupačan za biljke tek nakon razlaganja. Izlaskom iz primarnih minerala kalijum definitivno napušta kristalnu mrežu, za razliku od glinenih minerala tipa 2:1, gde kalijum nakon napuštanja međuslojnog prostora ponovo može biti vezan. Razlaganju primarnih i sekundarnih minerala doprinose brojni činioci: temperatura, vlaga, silikatne bakterije i dr.

Pored toga što je kalijum čvrsto vezan u mineralnim rešetkama glinenih minerala on, zavisno od tipa minerala, postepeno prelazi u zemljišni rastvor odakle ga biljke mogu usvajati. Smatra se da se u toku raspadanja minerala godišnje oslobađa oko 40 kg/ha kalijuma.

Fiksirani kalijum

Pod fiksacijom kalijuma podrazumeva se proces u kom, u zemljištima koja sadrže glinu, veći deo unetog kalijuma ulazi i biva vezan u kalijumu osiromašenim i usled toga razmaknutim međuslojnim prostorima minerala gline. Kada joni kalijuma ulaze u međuslojni razmak glinenih minerala, koji se odlikuje negativnim nabojem, dolazi do sužavanja međuprostora (skupljanja) između slojeva tih minerala i time joni kalijuma bivaju zatvoreni, fiksirani. Usled kontrakcije razmak između slojeva smanjuje se na 1 nm.

U zemljištima u kojima se nalaze minerali gline ilit, vermikulit ili montmorilonit, u kojima može da dođe do proširenja međuslojnog prostora u toku dugoročnog oduzimanja kalijuma, dolazi do odavanja kalijuma vezanog na spoljašnjem zidu minerala gline u zemljišni rastvor, a kasnije i kalijuma koji je zatvoren u međuslojnom prostoru minerala. Posledica toga je ulaženje jona NH_4^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} i H^+ u međuslojni prostor minerala gline i praktično supstitucija jona kalijuma ovim jonima. Smatra se da joni NH_4^+ i H^+ mogu da konkurišu jonima kalijuma za mesta vezivanja kalijuma. Minerali gline sa proširenjem međuslojnog prostora gube kalijum, ali ne i specifičnu sposobnost za vezivanje kalijuma. U slučaju osiromašenja međusloja kalijumom kod ilita dolazi do povećanja razmaka između međusloja na krajevima minerala i dolazi do ulaženja drugih katjona – kalcijuma, magnezijuma i dr. U slučaju đubrenja dovoljno velikom količinom

kalijuma, kalijum ulazi u međusloj i biva fiksiran. Tek kada je međuslojni razmak zasićen kalijumom, preostali kalijum postaje pristupačan biljkama. U vlažnom stanju kod montmorilonita dolazi do bubrenja međuslojnog prostora i svi katjoni koji se tu nalaze pristupačni su biljkama. U toku isušivanja dolazi do skupljanja slojeva i do fiksacije svih katjona koji se nalaze u međusloju.

Razlikuje se suva i vlažna fiksacija kalijuma. U slučaju suve fiksacije, u toku sušenja minerala gline, kalijum koji se nalazi u međusloju biva jako zatvoren i kao takav nije pristupačan biljkama. U toku ponovnog kvašenja dolazi do povećanja međuslojnog razmaka i do odavanja jona kalijuma. Ovo se odnosi na zemljišta koja sadrže glineni mineral montmorilonit. Vlažna fiksacija se, pre svega, dešava u zemljištima gde preovladavaju ilit i vermikuliti. Ovi minerali u stanju povećanog međuslojnog razmaka teže da kalijum, koji je unet u zemljište u vidu đubriva, vežu za kalijum specifična mesta vezivanja sve dotle dok se ta mesta potpuno ne zasite. Pri utvrđivanju potrebne doze kalijumovog đubriva koristi se podatak u vezi sa vlažnom fiksacijom, pošto se jaka suva fiksacija kakva se utvrđuje u laboratorijskim uslovima u prirodi retko dešava (Rodewyk, 1979). Neki minerali, kao što su liskun, ilit i vermikulit fiksiraju kalijum u vlažnom i suvom stanju, dok smektiti (filosilikati: montmorilonit, hektorit, ferosaponit, saponit i nontronit) fiksiraju kalijum samo u suvom stanju (Odon, 1984). Iz pomenutog razloga fiksacija kalijuma je češća u suvim nego u vlažnim uslovima u zemljištu.

Sposobnost fiksacije minerala gline 2:1 ima sledeći redosled: vermikulit > ilit > smektiti. Sposobnost fiksacije kalijuma nemaju kaoliniti, glimeri i kloriti. Jaku sposobnost fiksacije kalijuma imaju vermikuliti, a malu fiksaciju ispoljava montmorilonit, dok ilit ispoljava promenljivu sposobnost fiksacije kalijuma, u zavisnosti od stepena raspadnutosti. Sharply (1990) je ispitivao rastvorljivost, sposobnost fiksacije i izmenljivosti kalijuma u zavisnosti od sadržaja gline i tipova minerala gline u velikom broju uzoraka zemljišta. On je utvrdio da zemljišta sa smektitom kao mineralom gline imaju najmanju rastvorljivost kalijuma koja se linearno smanjuje sa povećanjem koncentracije gline u zemljištu. Najveća rastvorljivost kalijuma utvrđena je u zemljištima sa glinom pretežno u vidu kaolinita, a zemljišta sa smešom gline (kaolinit + smektit) su se prema rastvorljivosti kalijuma nalazila između pomenuta dva zemljišta.

Intenzitet fiksacije kalijuma zavisi od brojnih fizičkih i hemijskih osobina zemljišta, kao i od nivoa primenjenih doza kalijumovih đubriva. Do fiksacije kalijuma dolazi kako na kiselim tako i na neutralnim i alkalnim zemljištima. Značaj fiksacija kalijuma sa stanovišta smanjenja pristupačnosti kalijuma u zemljištu za biljke u kiselim zemljištima ($\text{pH} < 4,5$) je manji nego u krečnim (Mengel i Kirkby, 2001). Ubavić i Bogdanović (1995)

navode i sledeće činioce od kojih zavisi fiksacija kalijuma: mineraloški sastav zemljišta, količina i sastav gline, tekstura zemljišta, prirodni sadržaj kalijuma u zemljištu (pri većem sadržaju manja je fiksacija), udeo fiksiranog kalijuma do određene granice zavisi i od primenjene količine (upotreba veće doze u odnosu na primenjenu dozu relativno povećava fiksaciju).

Joni kalijuma koji su fiksirani, čvrsto vezani između lamela glinenih minerala tipa 2:1 teško su izmenljivi. Fiksirani kalijum se samo postepeno oslobađa i prelazi u izmenljiv, za biljke pristupačan oblik. Koliki će deo fiksiranog kalijuma i za koje vreme biti iskorišćen od strane biljaka zavisi od brojnih činilaca, pre svega od: mineraloškog sastava, pH vrednosti, vlažnosti, sadržaja drugih katjona i kiseonika u zemljištu, osobina biljaka i dr. Vlažnost zemljišta je naročito značajna u oslobađanju specifično vezanih katjona. Visok sadržaj vode posredno i neposredno podstiče mobilizaciju katjona vezanih u međuslojevima minerala gline. Pod uticajem vlage dolazi do širenja minerala gline i hidratacije jona. Usled smanjenja koncentracije jona u zemljišnom rastvoru povećava se pad koncentracionog gradijenta, što podstiče oslobađanje katjona (Vollmar i Scherer, 1980). Oslobađanje katjona je utoliko sporije ukoliko su oni dalje od periferije minerala gline, pošto se put difuzije produžava. Zbog toga veći minerali gline sporije oslobađaju katjone od manjih. Veoma je značajna i pH vrednost zemljišta. Pri visokoj koncentraciji vodonikovih jona (pH 3 do 3,5) oslobađanje jona kalijuma je dva puta veće nego pri reakciji zemljišta od 4,5 do 9,0. Prema Némethy i Grimme (1972) pri nižim vrednostima pH dolazi do obrazovanja Al-hidroksida koji blokiraju selektivna mesta vezivanja katjona. Oksidacija Fe^{2+} u Fe^{3+} u oktaedrima minerala gline povećava oslobađanje katjona (Farmer i Wilson, 1970), ali do sada nije pouzdano utvrđeno na koji način.

Fiksirani kalijum ne treba smatrati u potpunosti izgubljenim, zato što on može da postane pristupačan posle izvesnog vremena, kada se nivo zamenljivog kalijuma u zemljištu smanji. Pored toga, fiksacijom se privremeno zadržava kalijum unet u zemljište u nerastvorljivom obliku i time sprečava njegovo ispiranje. Ispiranje kalijuma iz zemljišta je izuzetno nisko, izuzev na ekstremno peskovitim zemljištima, čemu doprinosi i njegovo vezivanje za adsorptivni kompleks zemljišta. Istovremeno, fiksacija kalijuma može znatno da snižava efikasnost primene kalijumovih đubriva usled čega je ova pojava nepoželjna sa stanovišta ishrane biljaka. Od primenjene količine kalijuma u površinskom sloju se fiksira najviše od 20 do 30%, a u dubljim slojevima u znatno većoj meri od 50 do 80% (Nielsen, 1972). Razlog veće fiksacije u dubljim slojevima zemljišta može da bude veći sadržaj gline. U zemljištima u kojima preovladavaju minerali gline sa velikom sposobnošću fiksacije kalijuma, kao što su vermikuliti, fiksacija može da bude znatno veća od pomenute vrednosti. Fiksacija može da bude

razlog slabom efektu primene, naročito manjih, doza kalijuma na prinos, posebno na tipovima zemljišta koji se odlikuju većom sposobnošću fiksacije kalijuma. Na zemljištima koje se odlikuju malim sadržajem izmenljivog kalijuma, visokim nivoom izmenljivog kalcijuma i magnezijuma i jakom fiksacijom kalijuma biljke veoma pozitivno reaguju na primenu većih doza kalijumovih đubriva (Kovačević i Vukadinović, 1992, Kristek et al., 1996).

Na osnovu rezultata brojnih ispitivanja može se zaključiti da fiksirani kalijum nije za sva vremena izgubljen za biljke. U uslovima koji omogućavaju njegovu pristupačnost biljke mogu u malim količinama koristiti i fiksirani kalijum.

Izmenljivi kalijum

Izmenljivi kalijum predstavlja samo oko 5% ukupnog sadržaja kalijuma u zemljištu i definiše se kao izmenljivi kalijum određen sa $1000 \text{ mol/m}^3 \text{ NH}_4\text{Cl}$ ili $1000 \text{ mol/m}^3 \text{ NH}_4$ acetatom. On obuhvata sav kalijum adsorbovan fizičko-hemijskim silama na površini koloidnih čestica, kalijum koji se nalazi u zemljišnom rastvoru i, zavisno od prisutnih minerala gline, mali udeo međuslojnog kalijuma. Biljke su u stanju da usvajaju ne samo izmenljivi kalijum već i frakciju kalijuma koji nije izmenljiv sa $1000 \text{ mol/m}^3 \text{ NH}_4^+$, tzv. neizmenljivi kalijum, odat pod uticajem biljaka, većinom međuslojni kalijum, koji se određuje ekstrakcijom sa $1000 \text{ mol/m}^3 \text{ HNO}_3$ (Mengel i Kirkby, 2001). Kalijum oslobođen iz minerala u zemljišni rastvor biljke mogu neposredno da usvajaju ili se on adsorptivno vezuje za zemljišne koloide. Brzina adsorpcije zavisi od sadržaja gline i organske materije. Ukoliko je njihov sadržaj veći utoliko će adsorpcija biti veća i brža. Adsorpcija uvek teče u ekvivalentnim odnosima između adsorbovanih katjona na adsorptivnom kompleksu i katjona u zemljišnom rastvoru.

Minerali gline 2:1, zahvaljujući svojoj površini i negativnom električnom naboju, sposobni su da vezuju, sorbiraju katjone. Sorpcija katjona, većinom kalcijuma, magnezijuma i natrijuma, nije naročito jaka, tako da se oni supstituišu drugim katjonima, kao npr. H^+ (H_3O^+), lako desorbuju i prelaze u zemljišni rastvor. Proces sorpcije i desorpcije, vezivanja i odavanja katjona predstavlja izmenu katjona. Izmena katjona kao značajna osnova ishrane biljaka može se opisati kao proces u kom korenov sistem biljaka putem disanja i drugih fizioloških procesa odaje H_3O^+ jone usled čega dolazi do desorpcije kalcijuma, magnezijuma i dr. katjona sa površine minerala gline. Oni dospevaju u zemljišni rastvor i time postaju pristupačni za biljke.

Sorpcionim (adsorptivnim) kompleksom označava se deo zemljišta koje je u stanju da vezuje jone u izmenljivom obliku. Sorpcioni kompleks se sastoji od neorganske gline i organske komponente humusa. On se označava kao glina-humus kompleks. Sa povećanjem sorpcionog kompleksa

raste sposobnost zemljišta za vezivanjem hranljivih materija. Zahvaljujući tome teža, humusom bogata, zemljišta lakše je obogatiti hranljivim materijama od organskom materijom siromašnih peskovitih zemljišta.

Pod izmenom katjona podrazumeva se proces u kom katjon slabo vezan za sorpcioni kompleks prelazi u zemljišni rastvor i istovremeno jedan drugi katjon iz zemljišnog rastvora zauzima njegovo mesto i vezuje se na sorpcionom kompleksu u izmenljivom obliku. Količina vezanih katjona na sorpcionom kompleksu uvek je u dinamičnoj ravnoteži sa njihovim udelom u zemljišnom rastvoru.

Pod kapacitetom izmene podrazumeva se ukupna količina katjona koje neko zemljište može da veže, adsorbuje na površini minerala gline i humusa. Procesom izmene katjona oni mogu da dospevaju u zemljišni rastvor i time postaju pristupačni za biljke. Kapacitet izmene katjona zavisi od tipa zemljišta, a može značajno da se razlikuje i u zemljišnom profilu. Učešće pojedinih katjona u kapacitetu izmene može da bude veoma različito.

Za razliku od kalcijuma i magnezijuma, pri izmeni kalijuma i amonijačnog jona pojavljuju se specifični uslovi, koji tako jednostavnu izmenu otežavaju. Specifični uslovi pri izmeni kalijuma proističu iz prostornih uslova u unutrašnjoj površini 2:1 minerala gline. Joni kalijuma nalaze se u heksagonalnim otvorima između kristalnih lamela glinenih minerala 2:1, zbog čega se izmena kalijuma modifikuje i smatra "specifičnom izmenom" (Blum, 1983). Međuslojevi kristalnih lamela označavaju se i kao selektivna mesta vezivanja kalijuma, pošto ulaganje kalijuma ima prednosti u odnosu na druge katjone (Mg, Ca, H, NH₄). Prema Steffens i Mengel (1979) trave se odlikuju posebnom sposobnošću da koriste međuslojni kalijum.

Pod stepenom zasićenosti izmenljivog kapaciteta zemljišta kalijumom podrazumeva se udeo kalijuma u ukupnom kapacitetu izmene. On se prikazuje u procentima od ukupnog kapaciteta izmene ili u mg K/g gline. Smatra se da je za dobru obezbeđenost biljaka kalijumom potrebno da zasićenost neorganskog kapaciteta izmene bude zasićen kalijumom 3%. Teža zemljišta se odlikuju većom adsorpcijom i time i većim kapacitetom izmene. Stoga je na težim zemljištima potrebno primeniti veću dozu kalijuma da bi se postigao isti stepen zasićenosti kalijumom nego na lakšim. Što je kapacitet izmene jednog zemljišta niži, potrebno je da stepen njegove zasićenosti kalijumom bude veći. Na taj način se obezbeđuje dovoljan dovod kalijuma u zemljišni rastvor i time zadovoljavaju potrebe biljaka za kalijumom.

Od ukupne količine katjona vezanih na adsorptivnom kompleksu na kalijum dolazi od 4 do 5%. Izmenljiva količina kalijuma u zemljištu u proseku se kreće od 40 do 400 ppm, što je oko 2% prosečnog kapaciteta adsorpcije. Između pojedinih frakcija kalijuma u zemljištu postoji dinamička ravnoteža koja se menja kada se promeni količina jednog od oblika kalijuma:

K^+ u zemljišnom rastvoru \rightleftharpoons izmenljivi K^+ \rightleftharpoons neizmenljivi, odnosno teško izmenljivi, fiksirani K^+

Kalijum koji se nalazi u zemljišnom rastvoru, za biljke pristupačan kalijum nalazi se u ravnoteži sa izmenljivim, a izmenljivi sa neizmenljivim. Značajnu ulogu pri tome ima koeficijent difuzije. Koeficijent difuzije (cm^2/sec) neizmenljivog kalijuma kreće se od 10^{-23} do 10^{-15} , pri odavanju izmenljivog kalijuma u zemljišni rastvor 10^{-7} , a iz zemljišnog rastvora na površinu korena praktično se dešava istom brzinom od 10^{-5} do 10^{-8} . Zahvaljujući tome pri hemijskom ispitivanju zemljišta moguće je na osnovu ekstrahovane količine kalijuma laktatnim rastvorom utvrditi biljkama pristupačne količine kalijuma u zemljištu (Beringer, 1983). Difuzija ima najveći značaj u dovodjenju jona kalijuma na površinu korena (Renger et al., 1981). Usled intenzivnog usvajanja kalijuma od strane biljaka u blizini korenovog sistema dolazi do smanjenja njegove koncentracije što podstiče njegovo difuzno kretanje ka površini korena. Intercepcijom na površinu korena dospe 7%, protokom mase 30%, a difuzijom 63% K_2O . Za difuziju kalijuma odlučujuće je veliko smanjenje njegove koncentracije na udaljenosti od 0,5 mm od površine korena, tj. u domenu korenskih dlačica. Koncentracija kalijuma u tom delu rizosfere iznosi svega oko 2 - 3 μM , a na udaljenosti od 3 mm je znatno veća 75 μM . Na osnovu navedenog, opravdano je pretpostaviti da, pri intenzivnom usvajanju kalijuma od strane biljaka iz neposredne okoline rizosfere, i deo neizmenljivog kalijuma iz međuslojeva minerala gline postaje pristupačan za biljke. U peskovitom zemljištu koncentracija kalijuma do površine korena se jako smanjuje, dok u ilovastom zemljištu na odstojanju > 2 mm praktično ostaje konstantna zahvaljujući većem sadržaju gline i time dobroj pufernosti (Jungk et al., 1982).

Izmenljivi, adsorbovani kalijum ima značajnu ulogu u obezbeđenju biljaka kalijumom, pošto jonskom izmenom lako i brzo prelazi sa adsorptivnog kompleksa u zemljišni rastvor i postaje pristupačan biljkama. Smatra se da u obezbeđenju biljaka kalijumom izmenljivi kalijum učestvuje sa 20 do 76%. Stoga je opravdano smatrati da izmenljivi kalijum karakteriše obezbeđenost zemljišta kalijumom.

Kalijum u zemljišnom rastvoru

Kalijum se u zemljišnom rastvoru nalazi u malim količinama i neposredno je pristupačan biljkama. Sadržaj kalijuma u zemljišnom rastvoru je nizak i kreće se u širokim granicama od 1 do 10 mg/kg. Od ukupno izmenljivog kalijuma udeo kalijuma u vodenoj fazi zemljišta čini svega oko 1%. Stoga količina kalijuma u zemljišnom rastvoru ne zadovoljava potrebe biljaka, ali on se stalno obnavlja na račun izmenljivog i neizmenljivog kalijuma.

Kalijum zemljišnog rastvora obezbeđuje svega 5% ukupne potrebe biljaka u kalijumu (McLean i Watson, 1985) i predstavlja 0,1 do 0,2% od ukupno trenutno pristupačnog kalijuma koji se nadopunjuje izmenljivim kalijumom (lako, brzo pristupačan i sporo pristupačan) ili nezamenljivim kalijumom, sporo pristupačni kalijum. Izmenljivi kalijum čini od 1 do 2%, a sporo izmenljivi kalijum od 1 do 10% ukupnog kalijuma i predstavlja glavni izvor kalijuma za biljke (Römheld i Kirkby, 2010). Zahvaljujući tome biljke su u manjoj ili većoj meri obezbeđene u toku cele vegetacije potrebnom količinom kalijuma. Ukoliko su specifična mesta vezivanja za kalijum na adsorptivnom kompleksu veća utoliko će sadržaj kalijuma u zemljišnom rastvoru biti manji i obrnuto. Ukoliko nedostaju međuslojna mesta vezivanja za kalijum, kao što je to slučaj u peskovitim i organskim zemljištima, siromašnim u glini, koncentracija kalijuma u zemljišnom rastvoru se brzo menja pod uticajem primene kalijumovih đubriva, ispiranja i usvajanja kalijuma od strane biljaka (Wulff et al., 1998).

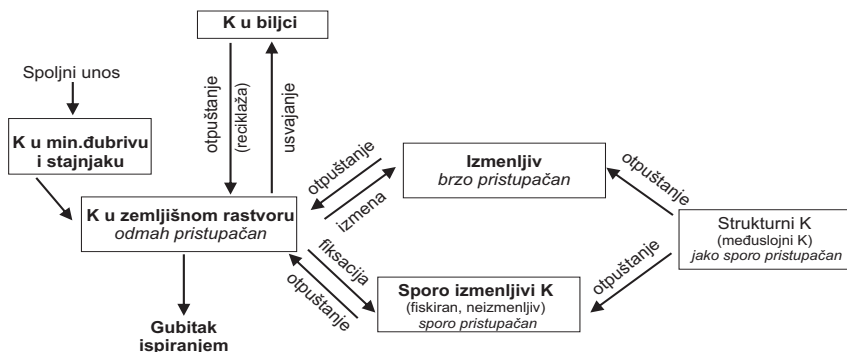
Kalijum se u zemljišnom rastvoru nalazi u vidu rastvorljivih soli. Kalijum u zemljišni rastvor dospeva: raspadanjem minerala, jonskom izmenom vezanog kalijuma na adsorptivnom kompleksu, primenom mineralnih đubriva, iz organske materije i padavinama (Sl. 2).

Količina pristupačnog kalijuma za biljke zavisi od ukupne količine kalijuma u zemljištu i od činilaca koji utiču na uspostavljanje ravnoteže između nepristupačnih i pristupačnih oblika kalijuma. Ravnoteža između pristupačnih i nepristupačnih oblika kalijuma se menja kada se promeni količina jednog od oblika kalijuma.

Na pristupačnost i ravnotežu pojedinih oblika kalijuma utiču brojni činioci, pre svega sastav zemljišta, ekološki činioci i primena kalijumovih đubriva. Od sadržaja gline i sastava glinenih minerala u velikoj meri zavisi fiksacija kalijuma. Ukoliko se zemljište odlikuje većim sadržajem gline tipa ilita i montmorilonita, usled intenzivne fiksacije, ravnoteža se pomera u pravcu stvaranja nepristupačnih oblika kalijuma. Primena kalijumovih đubriva povećava pristupačne oblike kalijuma, a kalcifikacija, usled antagonizma sa kalijumom, može da smanji obezbeđenost biljaka kalijumom. Đubrenje kalijumovim đubrivima, zavisno od primenjene doze i osobine zemljišta može da poveća njegovu početnu koncentraciju u zemljišnom rastvoru i za nekoliko stotina puta. Sa povećanjem temperature raste sadržaj izmenljivog kalijuma na račun fiksiranog. Zavisno od vrste glinenih minerala naizmenično sušenje i vlaženje pogoduje fiksaciji kalijuma. Kalijum mogu da mobiliziraju mikroorganizmi zemljišta. Prema Mehta (2012) mikroorganizmi mogu da mobiliziraju i do 20% vezanog kalijuma u zemljištu. Sadržaj vode u zemljištu u značajnoj meri utiče na rast korenovog sistema i time na usvajanje kalijuma iz različitih dubina zemljišta. Pri sadržaju vlage u oraničnom sloju od 27% jara pšenica je u fazi vlatanja iz sloja od 0 do 30 cm

usvajala 5 kg kalijuma/ha/dan, odnosno 72% od ukupno usvojene količine. U uslovima nedovoljne vlažnosti oraničnog sloja biljke su, zahvaljujući dubljem prodiranju korenovog sistema, 50% dnevne potrebe u kalijumu usvajale iz podoraničnog sloja zemljišta (Grimme et al., 1981). Ovi rezultati ukazuju da je, u aridnim uslovima i pri gajenju biljnih vrsta koje se odlikuju korenom koji prodire u dublje slojeve zemljišta, potrebno voditi računa i o sadržaju kalijuma u podoraničnom sloju.

Sl. 2. Dinamika kalijuma u sistemu zemljište – biljka (Syers, 2003)



STANJE I DINAMIKA KALIJUMA U ZEMLJIŠTIMA SRBIJE

Stanje i dinamiku kalijuma u glavnim tipovima zemljišta Srbije među prvima proučavali su Pantović (1962), Rajković (1965, 1967), Živković et al. (1972) i Janković (1976).

Najznačajniji tipovi zemljišta Srbije razlikuju se međusobno po sadržaju baza u adsorptivnom kompleksu i učešću kalijuma u njemu, kao i po ukupnom sadržaju kalijuma i zastupljenosti njegovih različitih oblika. Ispitivanja Pantovića (1962) su pokazala da kod černoze, smonice, gajnjače i pseudogleja ne postoji visoka korelacija između fiksacije kalijuma i sadržaja frakcije manje od 2 μ . Istovremeno, utvrđena je vrlo visoka korelacija između stepena oslobađanja nezamenljivog kalijuma i frakcije manje od 2 μ . Pomenuti tipovi zemljišta pokazuju visoku sposobnost za mobilizaciju prirodnih nezamenljivih rezervi kalijuma. Iz rezultata navedenih u Tab.10 vidi se da je najveća mobilizacija prirodnog nezamenljivog kalijuma kod smonice, posle dolazi gajnjača, a zatim černoze i pseudoglej. To znači da će se snabdevanje biljaka kalijumom koji je fiksiran iz unetih kalijumovih đubriva ići istim redosledom. Prema pomenutom autoru najveća je fiksacija kalijuma u ritskoj crnici i smonici, nešto manja u gajnjači, a najmanja u pseudogleju. Fiksacija kalijuma u različitim tipovima zemljišta Jugoslavije prikazana je u radu Richter et al. (1990).

Tab. 10. Mobilizacija nezamenljivog kalijuma (Pantović, 1962)

Tip zemljišta	Mobilizacija		Razlika tretirano- netretirano	Oslobodeno fiksirane količine (%)
	Tretirano sa KCl mg K ₂ O/100 g zemljišta	Netretirano sa KCl		
Černozem	324,3	207,1	117,2	36,20
Gajnjača	482,0	314,5	167,5	37,80
Smonica	785,0	478,0	306,9	58,41
Pseudoglej	353,1	242,3	110,8	26,53

Prema ispitivanjima Rajkovića (1965) u smonici, karbonatnom černozemu, gajnjači i pseudogleju najveći deo sadržanog kalijuma u zemljištu (70-90%) nalazi se u rešetkama primarnih kalijumovih minerala i glinenih minerala. Na drugom mestu dolazi kalijum fiksiran u međuslojnim razmacima glinernih minerala, prvenstveno ilita. Mobilne rezerve kalijuma, tj. dela nezamenljivog kalijuma (izdvajan ključalom n HNO₃), koji može biti pristupačan biljkama, nalaze se u znatnim i u relativno izjednačenim količinama u karbonatnom černozemu, smonici i gajnjači, a u pseudogleju su znatno niže. Zamenljivi kalijum nalazi se u najvećoj količini u smonici, pa zatim u karbonatnom černozemu i gajnjači, dok ga pseudoglej ima znatno manje. Relativna fiksaciona sposobnost ispitivanih zemljišta znatno varira između pojedinih tipova, ali takođe i u istom tipu iz raznih lokaliteta. Pomenutu fikscionu sposobnost u najvećoj meri ima smonica, zatim karbonatni černozem i gajnjača, dok pseudoglej ima znatno manju sposobnost.

Rajković (1967) navodi da smonica, karbonatni černozem, gajnjača i pseudoglej sadrže veoma malo vodorastvorljivog kalijuma (0,33-2,29 mg K₂O/100 g). Po pravilu ga ima više u površinskom slojevima, ali ga zemljišta zahvaćena procesom destrukcije i ispiranja gline (pseudoglej) sadrže više u Bg horizontu. Utvrđeno je da postoji korelacija između vodorastvorljivog kalijuma i veličine adsorpcije katjona i sadržaja zamenljivog kalijuma u zemljištu. Zemljišta sa visokim sadržajem zamenljivog kalijuma i naročito visokog kapaciteta adsorpcije katjona imaju manji procenat vodorastvorljivog kalijuma. Znatna uticaj na povećanje količine vodorastvorljivog kalijuma ima upotreba kalijumovih đubriva. Na osnovu ispitivanja dinamike kalijuma pomenuti autor zaključuje da su, prema uobičajenim graničnim vrednostima, ispitivane smonice, karbonatni černozem i gajnjače u proseku dobro obezbeđene kalijumom, dok je pseudoglej nedovoljno obezbeđen.

Živković et al. (1972) u monografiji *Zemljišta Vojvodine*, pored ostalog, navodi i sadržaj pristupačnog kalijuma u pojedinim tipovima zemljišta Vojvodine. Prema rezultatima ispitivanja pomenutih autora većina tipova zemljišta Vojvodine je dobro obezbeđena ovim elementom.

Janković (1976) je u svom radu, pored ostalog, ispitivao sadržaj pojedinih oblika kalijuma u različitim tipovima zemljišta Jugoslavije (Tab.11). Na osnovu navedenih rezultata može se zaključiti da se ispitivani tipovi zemljišta razlikuju ne toliko po ukupnom sadržaju kalijuma, koliko po pojedinim njegovim oblicima. Izuzetak čini pseudoglej koji se odlikuje manjim sadržajem ukupnog i pojedinih oblika kalijuma od drugih ispitivanih tipova zemljišta. Bogatstvo zemljišta kalijumom u Jugoslaviji prikazano je i u radu Kastori (2000).

Tab. 11. Sadržaj pojedinih oblika kalijuma u nekim tipovima zemljišta Jugoslavije (Janković, 1976)

Dubina (cm)	Ukupni (%)	mg K ₂ O / 100 g zemljišta			
		Vodorastvorljivi	Zamenljivi	Mobilni	Vlažna fiksacija
Černozem					
0-20	1,42	1,56	17,55	292,48	21,73
20-40	1,29	0,82	12,42	233,95	28,61
Ritska crnica					
0-20	1,52	1,11	23,39	394,50	52,51
20-40	1,54	0,76	20,32	356,25	65,25
Gajnjača					
0-20	1,58	1,09	13,01	317,66	30,33
20-40	1,48	0,80	12,57	317,67	33,31
Smonica					
0-20	1,39	0,75	18,43	436,17	35,52
20-40	1,37	0,70	16,18	446,13	42,00
Pseudoglej					
0-20	1,11	0,91	9,71	244,12	12,54
20-40	1,10	0,65	9,33	234,07	16,60

Bogdanović et al. (1993) ispitivali su hemijska svojstva zemljišta Vojvodine u okviru čega i sadržaj pristupačnog kalijuma. Na osnovu navedenih rezultata u Tab.12 može se zaključiti da je došlo do povećanja sadržaja pristupačnog kalijuma u većini najzastupljenijih tipova zemljišta Vojvodine, što autori objašnjavaju povećanom upotrebom mineralnih đubriva počev od ranijih šezdesetih godina prošlog veka i naglašenim prisustvom kalijuma u primenjenim kompleksnim mineralnim đubrivima.

Na osnovu rezultata prikazanih u Tab.12 i 13 može se zaključiti da su najzastupljeniji tipovi zemljišta Vojvodine dobro obezbeđeni lakopristupačnim kalijumom, što ukazuje da su obrazovana na matičnom supstratu bogatom kalijumom. Prema podacima Hadžić et al. (1993) černozem je u Vojvodini zastupljen sa 42,17%, livadska crnica sa 16,38%, a ritska crnica sa 15,37%.

Tab. 12. Sadržaj lakopristupačnog kalijuma u najzastupljenijim tipovima

Tip zemljišta	mg K ₂ O/ 100 g zemljišta	
	A	B
Černozem, karbonatni na lesnom platou	18,10	24,19
Černozem, karbonatni na lesnoj terasi	22,58	30,96
Černozem beskarbonatni	39,47	36,86
Livadska crnica, karbonatna, na lesnom platou	16,01	24,57
Livadska crnica, karbonatna, na lesnoj terasi	23,19	31,85
Livadska crnica, beskarbonatna	29,30	32,25
Ritska crnica, karbonatna	31,58	33,52
Ritska crnica, beskarbonatna	37,92	31,11

A - Prosečna vrednosti koje su bile osnova izradu pedološke karte Vojvodine 1972. godine; B - Prosečne vrednosti izvedene iz analize 1600 uzoraka u Vojvodini 1991. godine.

Tab. 13. Procentualna zastupljenost uzoraka po klasi obezbeđenosti u lako pristupačnom kalijumu u najzastupljenijim tipovima zemljišta u Vojvodini (Bogdanović et al., 1993, Ubavić i Bogdanović, 1995)

Tipovi zemljišta	mg K ₂ O/100 g zemljišta		
	5 - 15	15 - 50	> 50
Černozem, na lesnoj terasi, lesnom platou i beskarbonatni	7,4	80,8	5,7
Livadska crnica, na lesnoj terasi, lesnom platou i beskarbonatna	6,7	90,5	2,8
Ritska crnica, karbonatna i beskarbonatna	9,8	83,2	5,0
n > 80% zemljišta Vojvodine	9,8	83,2	5,0

Rezultati prikazani u Tab.14 ukazuju, takođe, na optimalnu i visoku obezbeđenost zemljišta lakopristupačnim kalijumom pri svim načinima njegovog korišćenja u Vojvodini. Posebno se ističe veliko učešće ispitivanih uzoraka sa veoma visokim sadržajem lakopristupačnog kalijuma u

zemljištu u zaštićenom prostoru, što je razumljivo ako se ima u vidu intenzivan karakter proizvodnje u tim uslovima. Pri tome potrebno je imati u vidu da se u zaštićenom prostoru prevashodno gaji povrće koje se odlikuje povećanim potrebama za ovim elementom.

Tab. 14. Procentualno učešće broja ispitivanih uzoraka u klasama zemljišta prema sadržaju lakopristupačnog kalijuma pri njegovom različitom načinu korišćenja (Vasin, 2008)

Klasa zemljišta	K ₂ O mg/100 g	Način korišćenja			
		Oranice	Voćnjaci	Vinogradi	Zaštićen prostor
Vrlo nizak sadržaj	0 - 5	0,09	1,03	1,03	0,00
Nizak sadržaj	5-10	1,58	12,94	6,03	1,20
Srednji sadržaj	10 - 15	7,58	14,51	7,93	3,49
Optimalan sadržaj	15-25	42,33	26,50	26,21	9,88
Visok sadržaj	25-50	41,86	26,33	31,72	38,19
Štetan sadržaj	50-100	6,10	15,78	22,59	31,81
Toksičan sadržaj	>100	0,47	2,90	4,48	15,42
Toksičan sadržaj	>200	0,09	1,03	1,03	0,00

Gubici kalijuma u zemljištu

Kalijum, kao i ostali hranljivi elementi, gubi se iz zemljišta, iz rizosfere iznošenjem prinosima, ispiranjem i erozijom. Sa stanovišta obezbeđenja biljaka kalijumom i fiksacija kalijuma se može smatrati gubitkom, pošto se smanjuje za biljke pristupačna frakcija kalijuma. Pri tome, međutim, ne dolazi do smanjenja njegove ukupne količine u zemljištu.

Na obradivim zemljištima u umerenim klimatskim uslovima iznošenje kalijuma prinosima predstavlja najveći deo gubitka. Iznošenje kalijuma prinosima zavisi od vrste i genotipa, visine prinosa, plodnosti zemljišta, posebno obezbeđenosti zemljišta pristupačnim oblicima kalijuma, klimatskih uslova i brojnih drugih činilaca i kreće se u većini slučajeva od 30 do 200 kg/ha. Sa stanovišta bilansa kalijuma u zemljištu od značaja je da li se sa parcele odnosi celokupan biološki prinos ili samo poljoprivredni. Naime, kalijum se u znatno većoj meri nagomilava u vegetativnim organima biljaka (stabljci i listovima) čijim se zaoravanjem nakon žetve značajan deo iznetog kalijuma vraća u zemljište.

Ispiranje hraniva iz oraničnog sloja, pored toga što nepovoljno utiče na ishranu biljaka, predstavlja i ekonomski gubitak i ekološki problem. Za razliku od azota (ispiranje nitratnog jona) koji se u određenim agroekološkim uslovima intenzivno ispira i predstavlja značajan ekološki problem (eutrofikacija i dr.), ispiranje kalijuma je drugačije. Zahvaljujući

njegovom vezivanju za adsorptivni kompleks zemljišta kalijum se u manjoj meri gubi i time predstavlja znatno manji fitotehnički i ekološki problem. Smatra se da je ispiranje kalijuma posledica peptizacije zemljišnih koloida, koji dispergovani lako prolaze kroz zemljišta i ispiraju se u dublje slojeve zemljišta i u podzemne vode. Na zemljištima koja sadrže više kalcijuma ispiranje kalijuma je manje pošto kalcijum utiče na taloženje koloida i sprečava njihovu disperziju, a time i ispiranje kalijuma. Pokretljivost kalijuma i njegovo ispiranje je naročito veliko na lakim peskovitim zemljištima koja se odlikuju malim sadržajem gline i kapacitetom izmene katjona i na kiselim zemljištima u humidnim uslovima. Prema Wulff et al. (1998) intenzitet ispiranja kalijuma na peskovitom zemljištu, na osnovu višegodišnjeg merenja, pri dozi đubrenja od 180 kg K/ha, iznosilo je godišnje 133 kg K/ha. Sadržaj vlage u zemljištu u velikoj meri utiče na pokretljivost kalijuma. U tropskim uslovima, sa velikom količinom padavina, na organogenim i razloženim zemljištima ispiranje kalijuma može da bude značajno. U humidnim uslovima u geološko vreme veći deo primarnih minerala gline prelazi u sekundarne usled ispiranja jona kalijuma. Ovaj proces je naročito prisutan kod malih minerala usled njihove velike specifične površine. U humidnim uslovima dolazi do zakiseljavanja zemljišta. Samo u uslovima visoke koncentracije vodonikovih jona ($\text{pH} < 3$) dolazi do značajnijeg oduvanja jona kalijuma i s tim u vezi dekompozicije minerala (Feigenbaum et al., 1981). Organska materija zemljišta nema specifična mesta za vezivanje kalijuma zbog čega je on sklon ispiranju. Godišnji gubici kalijuma zavise od edafskih, klimatskih i agrotehničkih uslova, kreću se u proseku od nekoliko do desetine kilograma po hektaru godišnje. Gajenjem useva, poboljšanjem strukture zemljišta i kalcifikacijom kiselih zemljišta može se sprečiti veći gubitak kalijuma iz zemljišta. U kiseloj sredini dolazi do razdvajanja lamela kod minerala gline (2:1), što je praćeno izlaženjem jona kalijuma koji se zatim ispira sa koloidima iz oraničnog sloja. Pošto ispiranje kalijuma u značajnoj meri zavisi od edafskih i klimatskih uslova pri utvrđivanju vremena primene kalijumovih đubriva neophodno je voditi računa o pomenutim činiocima. U uslovima u kojima postoje uslovi za intenzivnije ispiranje kalijuma preporučuje se njegova primena u manjim dozama u više navrata.

Gubici kalijuma vodenom erozijom na nagnutim terenima mogu da budu znatno veći nego ispiranjem. Vodena erozija zemljišta se javlja usled disperzione akcije i transportne snage vode, oticanja vode po nagibu. Količina i brzina oticanja zavisi od: padavina i njihovih karakteristika, pada površine terena i sposobnosti zemljišta da upije i provodi vodu kroz vertikalni presek. Vegetacijski pokrivač, kao što je gust sklop ledine ili šume, modifikuju, ublažavaju dejstvo klime, topografije i svojstva zemljišta na eroziju i time gubitak kalijuma. U vetrovitim, ravničarskim oblastima eol-

ska erozija može da prouzrokuje, takođe, veće gubitke kalijuma. Odnosenje površinskog sloja zemljišta erozijom osiromašuje zemljište u hranljivim elementima, tako i u kalijumu, što se nepovoljno odražava na njenu plodnost.

Utvrđivanje obezbeđenosti zemljišta hranivima

Utvrđivanje obezbeđenosti zemljišta neophodnim elementima ima izvanrednu važnost u intenzivnoj biljnoj proizvodnji, pošto čini ekonomsku, biološku i ekološku osnovu za primenu đubriva i time omogućava optimalnu ishranu biljaka, postizanje visokih prinosa i proizvodnju zdravstveno bezbedne, biološki i tehnološki punovredne hrane. Imajući u vidu da genetski potencijal rodnosti vrste, genotipova mogu da dođu do punog izražaja samo u optimalnim uslovima ishrane, početkom XIX veka su već učinjeni prvi naporu u pravcu iznalaženja objektivnih metoda za utvrđivanje stepena obezbeđenosti zemljišta i biljaka neophodnim elementima. Za to su korišćene različite metode kao što su hemijska analiza zemljišta i biljaka, poljski i vegetacioni ogledi i dr. U svetlu današnjih saznanja iz oblasti hemije zemljišta i ishrane biljaka nepravilno je dati prednost nekoj od pomenutih metoda, pošto svaka od njih ima prednosti i nedostatke. U zavisnosti od stepena razvijenosti nauke i tehnologije uopšte, a posebno tradicije, pomenute metode su u prošlosti našle manju ili veću primenu u pojedinim zemljama i kod pojedinih biljnih vrsta.

Kontrola obezbeđenosti zemljišta i biljaka neophodnim elementima u našoj zemlji nema dužu tradiciju (Manojlović, 1988). U proteklom periodu ona se svela uglavnom na hemijske analize zemljišta, izvođenje poljskih ogleda i, ređe, vegetacionih ogleda u sudovima i analizi biljaka. Pomenute metode se razlikuju po: ceni i trajanju izvođenja, potrebnoj opremi, obučenosti kadrova, tačnosti, primenljivosti rezultata u praksi i dr. Metode za utvrđivanje obezbeđenosti zemljišta kalijumom i drugim hranljivim elementima i, s tim u vezi, potrebe za đubrenjem mogu se deliti na hemijske, biološke i mikrobiološke.

Hemijskim ekstraktivnim postupcima se utvrđuje koncentracija i ukupna količina hranljivih elemenata i njihove pojedine frakcije u zemljištu, pa se na osnovu dobijenih rezultata određuje potreba za đubrenjem. Ovi postupci se zasnivaju na prevođenju hranljivih elemenata zemljišta pomoću različitih hemijskih sredstava u rastvor iz kojeg se pogodnim analičkim metodama određuje njihova koncentracija.

Rezultati hemijske analize zemljišta ukazuju na stanje asimilativa u zemljištu u vreme uzimanja uzoraka za analizu. Ovi rezultati mogu da posluže kao dobro polazište pri određivanju potrebe za đubrenjem pod uslovom da se vodi računa o specifičnostima potrebe različitih vrsta i geno-

tipova u hranljivim elementima, planiranom prinosu, antagonizmu jona pri njihovom usvajanju, kao i o različitim potrebama biljaka u toku rasta i razvića za pojedinim biogenim elementima.

Hemijska analiza zemljišta je najzastupljeniji pristup pri određivanju obezbeđenosti zemljišta neophodnim asimilatima, tako i kalijumom. Za to postoji više razloga. Hemijske metode omogućavaju brzo utvrđivanje, ne zahtevaju značajnija ulaganja, omogućavaju ispitivanje u velikim serijama, zavisno od postojeće opreme i primenjene metode, moguća je automatizacija postupka i ukoliko je kalibracija metode dobro urađena dobijeni rezultati su pouzdani.

Veliki broj različitih metoda određivanja obezbeđenosti zemljišta neophodnim elementima i potrebe za đubrenjem čine biološki postupci u čijem središtu se nalazi biljka. Ovim postupcima se posredno određuje nivo neophodnih asimilativa u zemljištu. U ove metode ubrajaju se: vegetacioni ogledi u polju i sudovima, Neubauerova metoda, folijarna i vizuelna dijagnoza, biofizičke, biohemijske i mikroskopske metode i metode biljaka indikatora.

U poljskim vegetacionim ogledima obezbeđenost zemljišta neophodnim elementima utvđuje se na osnovu razlike u prinosu između neđubrenih i đubrenih parcela. Isti je princip i u slučaju vegetacionih ogleda u sudovima. Prednost poljskih ogleda je u tome što se efekat đubrenja na prinos i time nivo asimilata u zemljištu utvđuje u realnim uslovima, pri čemu dolaze do izražaja i druge osobine zemljišta, klime i specifični zahtevi biljke. Posebno su značajni kalibracioni vegetacioni poljski ogledi pomoću kojih se utvđuju kategorije obezbeđenosti zemljišta asimilativima na osnovu rezultata hemijske analize zemljišta. Pored niza prednosti, pre svega poljskih vegetacionih ogleda, potrebno je istaći da su skupi i dugotrajni. Naime, smatra se da poljske ogleda pri ispitivanju dejstva đubrenja na prinos biljaka treba izvoditi najmanje tri godine da bi dobijeni rezultati bili pouzdani. Sa stanovišta ispitivanja dejstva dugotrajne primene đubriva i pri đubrenju na rezervu na prinos i hemijske, fizičke i mikrobiološke osobine zemljišta, od posebnog značaja su dugotrajni stacionirani poljski ogledi.

Neubauerovom laboratorijskom metodom utvđuje se prirodni potencijal ukupnog sadržaja za biljke lakopristupačnog fosfora i kalijuma u zemljištu. Na osnovu nakupljanja pomenutih elemenata u biljkama dobijeni rezultati mogu da posluže kao osnova za utvrđivanje potreba za đubrenjem.

Metod folijarne analize ili dijagnoze našao je širu primenu, pre svega, kod višegodišnjih biljaka. Ovaj postupak se zasniva na saznanju da između sadržaja asimilativa u pojedinim biljnim organima, pre svega u listovima i sadržaja njihovih pristupačnih oblika u hranljivom supstratu, zemljištu postoji pozitivna korelacija. Ova metoda se pre svega koristi u cilju korekcije ishrane, primene đubriva u toku vegetacije. Folijarna analiza, slično

hemijskoj analizi zemljišta, daje pouzdane rezultate, ne iziskuje veća materijalna ulaganja, podesna je za serijsku analizu, omogućava brzo dobivanje rezultata i ne iziskuje skupu opremu. Rezultati folijarne analize mogu da posluže kao korisna dopuna rezultatima hemijskih ispitivanja zemljišta i time pri utvrđivanju potrebe za đubrenjem.

Folijarna dijagnoza može da posluži kao prva informacija o stanju obezbeđenosti biljaka neophodnim elementima. Ona, međutim, nije dovoljno pouzdana pošto brojni drugi činioci, ekološki (suša, ekstremne temperature i dr.), biološki (bolesti) i agrotehnički (pesticidi) mogu da prouzrokuju slične simptome koji se javljaju pri nedostatku ili suvišku neophodnih elemenata.

Biofizičke metode su novijeg datuma i zasnivaju se na promenama koje nastaju u biofizičkim procesima (hlorofil fluorescencija) biljaka pod uticajem ekoloških činilaca (stresa), tako i u slučaju nedostatka nekog hranljivog elementa.

Biohemijske metode zasnivaju se na specifičnim promenama aktivnosti pojedinih enzima ili sadržaju nekih organskih jedinjenja pod uticajem nedostatka nekog hranljivog elementa.

Nedostatak biogenih elemenata izaziva specifične promene ne samo u morfološkoj, već i u anatomskoj građi biljaka. Zahvaljujući tome ispitivanjem anatomske građe određenih tkiva i organa biljaka moguće je utvrditi nedostatak nekog elementa.

Potrebe biljnih vrsta za pojedinim hranljivim elementima su različite i zahvaljujući tome one nejednako reaguju na njihov nedostatak. Biljke koje ispoljavaju veću osetljivost na nedostatak nekog hranljivog elementa mogu da posluže kao indikator. Biljke indikatori mogu da ukažu ne samo na nedostatak već i na prisustvo veće koncentracije nekog elementa u zemljištu (Ni – serpentinska flora). Biljke indikatori u ocenjivanju prisustva hranljivih i drugih elemenata u zemljištu imaju veći značaj samo u prirodnoj vegetaciji.

Ne samo više biljke već i mikrororganizmi reaguju na prisustvo biljnih asimilativa u zemljištu. Na osnovu njihovog kvalitativnog i kvantitativnog prisustva u zemljištu moguće je dobiti opšti uvid u plodnost zemljišta, kao i o zastupljenosti pojedinih hranljivih elemenata.

Od svih navedenih metoda pri utvrđivanju obezbeđenosti zemljišta kalijumom i s tim u vezi potrebe za đubrenjem, najveću primenu u praksi imaju hemijske ekstraktivne metode zbog čega će se samo one detaljnije prikazati.

Utvrđivanje obezbeđenosti zemljišta kalijumom

Ispitivanju hemijskih osobina zemljišta i u okviru toga ispitivanje obezbeđenosti kalijumom prethodi uzimanje uzoraka. Pravilno uzimanje uzoraka zemljišta je preduslov za dobijanje tačnih, pouzdanih rezultata. Stoga je jedan od najvažnijih i najodgovornijih poslova u ispitivanju zemljišta uzimanje uzoraka. Metodologija uzimanja uzoraka zavisi od brojnih činilaca: svrhe, biljne vrste, veličine parcele, zagađenosti zemljišta i dr. Jedan prosečan uzorak se uzima sa površine od 1 do 2 ha. Jedan prosečan uzorak čini od 20 do 25 pojedinačnih uzoraka. Dubina uzimanja uzoraka, pre svega, zavisi od biljne vrste. Za ratarske i povrtarske vrste uzorci se uzimaju sa dubine od 0 do 20 cm i od 20 do 40 cm. Dubina uzimanja uzoraka je značajna i zbog raspodele za biljke pristupačnog kalijuma po horizontima zemljišta. Prema Nešić et al. (2008) sadržaj pristupačnog kalijuma (AL) za biljke po horizontima karbonatnog černozema na lesu i lesolikim sedimentima na lokalitetu Rimski Šančevi (južna Bačka) bio je sledeći: Ap od 0 do 40 cm 21,4, Amo od 40 do 65 cm 12,7, ACca 65 – 110 cm 9,5 i Cca 110 – 135 cm 5,0 mg K₂O/100 g zemljišta. Značajno je poznavanje sadržaja pristupačnog kalijuma po horizontima zemljišnog profila, pošto su biljke sposobne da ga usvajaju i iz dubljih slojeva. Tako, na primer, prema Kuhlmann i Barraclough (1987) ozima pšenica može 50% svojih potreba u kalijumu da zadovoljava iz podoraničnog sloja. Metodologija za uzimanje uzoraka zemljišta za analizu detaljno je prikazana od strane Manojlović (1969), Ubavić i Bogdanović (2006) i Kastori et al. (2006).

Obezbeđenost zemljišta kalijumom sa stanovišta potrebe biljaka utvrđuje se na osnovu sadržaja lakopristupačnog kalijuma. Za određivanje kalijuma u zemljištu i njegovih oblika, kao i lakopristupačnog kalijuma, postoji velik broj metoda. Oni se međusobno razlikuju u ekstrakcionom sredstvu i trajanju ekstrakcije. Za biljke je lakopristupačni kalijum u zemljištu onaj kalijum koji se nalazi u zemljišnom rastvoru i veći deo izmenljivog kalijuma u adsorptivnom kompleksu. Pri tretiranju zemljišta rastvorom neutralnih soli oni prelaze u rastvor. U rastvoru se zatim određuje njihova koncentracija.

Postupci koji se koriste za utvrđivanje potrebe za đubrenjem kalijumom širom sveta najčešće se zasnivaju na utvrđivanju izmenljivog kalijuma u oraničnom sloju ekstrakcijom pomoću rastvora različitih soli. Prema Blum (1983) u Evropi se kao najrasprostranjenije metode određivanja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu ističu sledeće metode:

K(AL) – amonijum-laktat metoda prema Egner Riehm (0,1 M NH₄-laktat, 0,4 M sirćetna kiselina, pH 3,75, 1:20, 2 h);

K(DL) – dupli laktat metoda prema Egner Riehmu (0,02 M Ca-laktat, 0,02 M, pH 3,7, 1: 50, 2 h);

K(NH₄) – amonijum-acetat metoda (1 M , pH 7, 1:20, 1 h);

K(CaL) – kalcijum-acetat-laktat metoda prema Schülleru (0,05 M Ca-laktat, 0,05 M Ca-acetat, 3 M sirćetna kiselina, pH 4,1, 1:20, 2h);

K(HCl) – metoda sa sonom kiselinom (0,1 M sona kiselina, 0,2 M oksalna kiselina, 1:10, 1h);

K(CaCl₂) – kalcijum-hlorid postupak prema Schachtschabelu (0,0125 M kalcijum-hlorid, 1 :10, 1 h).

Pored navedenih postupaka, u upotrebi su i brojne druge metode za određivanje pristupačnog kalijuma u zemljištu kao, na primer, ekstrakcija sa acetnooksalatnim rastvorom po Schachtschabelu (0,8 M amonijum-acetat, 0,2 M amonijum-oksalat, 1:2,5, 1 h), ekstrakcija sa amonijum-acetatom prema Attoe i Troug (2 M amonijum-acetat, pH 7), ekstrakcija sa mešavinom 0,25 mM kalcijum-laktata i sone kiseline pH 3,6, zatim ekstrakcija sa 1 mM sonom kiselinom.

Izmenljivi kalijum koji je potencijalno pristupačan biljkama prema Fincku određuje se ekstrakcijom sa amonijum-acetatom (1 N amonijum-acetat, 1:10, 30 min.). Pri određivanju neizmenljivog kalijuma, međuslojnog i strukturnog kalijum feldspata koriste se razblažene kiseline 10 mM sona kiselina ili 10 mM azotna kiselina.

Elektroultrafiltraciona (EUF) metoda (Németh, 1976) se zasniva na ekstrakciji hraniva, među kojima i kalijuma, pomoću električnog jednosmernog napona. Pomoću ovog postupka moguće je utvrditi efektivnu, neposredno pristupačnu i potencijalno pristupačnu, mobilnu rezervu hraniva u zemljištu. Ovaj postupak je našao široku primenu pri đubrenju njivskih biljaka, posebno šećerne repe kalijumom u Nemačkoj i Austriji. Pomoću ovog postupka moguće je utvrditi i pristupačnost drugih hraniva u zemljištu za biljke: neorganski i organski azot, fosfor, magnezijum, kalcijum i mikroelementi.

Stanje kalijuma u zemljištu proučava se i pomoću brojnih drugih specifičnih metoda kao što su: vlažna i suva fiksacija, teškorastvorljivi kalijum (kalijumove rezerve), ukupan sadržaj kalijuma, mobilna kalijumova rezerva, vodorastvorljivi kalijum i dr.

Postoje i brze metode za utvrđivanje obezbeđenosti zemljišta hranljivim elementima, tako i kalijumom. Ove metode nisu dovoljno pouzdane,

pa je stoga njihova primena opravdana samo u slučaju ako se na terenu želi dobiti brz uvid u obezbeđenosti zemljišta hranljivim materijama.

U Srbiji se za određivanje lakopristupačnog kalijuma u zemljištu najčešće koristi amonijum-laktatna metoda. Na osnovu rezultata dobijenih pomoću navedenog postupka, zemljišta su svrstana u tri klase obezbeđenosti kalijumom (mg $K_2O/100$ g zemljišta): siromašna < 10, srednje obezbeđena od 10 do 20 i dobro obezbeđena >20. Obezbeđenost zemljišta lakopristupačnim kalijumom u značajnoj meri zavisi od mehaničkog sastava, sadržaja gline i zastupljenosti pojedinih minerala gline. U literaturi se navode donekle različite vrednosti sadržaja kalijuma za određene nivoe obezbeđenosti zemljišta kalijumom (Tab.15 i 16)

Tab. 15. Klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja lakopristupačnog kalijuma u zavisnosti od njegovog mehaničkog sastava

Klasa obezbeđenosti	mg $K_2O/100$ g vazd. suv. zem.		
	Glinovito	Ilovasto	Peskovito
Nizak	< 15	< 12	< 8
Srednje	15 - 24	12 - 20	8- 12
Visok	> 24	> 20	>12

Tab. 16. Granične vrednosti sadržaja pristupačnog kalijuma u zemljištu za pojedine nivoe obezbeđenosti kalijumom (Kádár, 2012)

Tip zemljišta	Granične vrednosti (AL K_2O mg/kg)			
	Srednje	Zadovoljavajuće	Visok	Štetan
Peskovito	< 50	51-100	100-150	151-200 >201
Ilovasto	< 100	101-150	151-200	201-250 >251
Glinovito	< 150	151-200	201-250	251-300 >301

Detaljna ispitivanja lakopristupačnog kalijuma u zemljištu i rezultati primene kalijumovih đubriva omogućili su da se obezbeđenost zemljišta kalijumom i potreba za njegovim povraćajem u zemljište definiše u pet nivoa (Tab.17).

Tab. 17. Nivoi kalijuma u zemljištu (AL-metoda) i potreba za đubrenjem njihovskih vrsta kalijumom (Manojlović, 1986)*

Ocena nivoa	Sadržaj u zemljištu mg K ₂ O/100 g	Procenat vraćanja K ₂ O od iznete količine prinomom
Vrlo nizak (meliorativni)	< 5	100
Nizak (siromašno)	5 - 10	80 - 90
Srednji (Srednje siromašno)	10 - 15	60 - 70
Optimalan (dobro obezbeđeno)	15 - 25	50 - 60
Visok (preterano obezbeđen)	25 - 40	30 - 40
Vrlo visok (ekstremno obezbeđen)	40 - 50	izostaviti primenu 1 - 3 god.
Štetan	> 50	izostaviti primenu duži period

* privremeni normativi

Kompjuterska adaptacija i nadogradnja AL-metode za utvrđivanje potrebe u đubrenju ratarskih useva prikazana je od strane Vukadinović i Vukadinović (2011).

Činioci pristupačnosti kalijuma za biljke

Izmenljivi kalijum i kalijum u zemljišnom rastvoru, rastvorljiv u vodi predstavljaju lakoprstupačni oblik kalijuma za biljke. Međutim, samo 1 do 4% od ukupnog sadržaja kalijuma u zemljištu je prisutno u izmenljivom obliku i samo relativno mala količina kalijuma se nalazi u zemljišnom rastvoru u odnosu na izmenljivu frakciju. Zemljišni rastvor je sredina iz koje biljke putem korenovog sistema usvajaju kalijum, stoga njegova koncentracija u zemljišnom rastvoru ima presudni značaj u obezbeđenju biljaka kalijumom. Fiksirani ili neizmenljivi kalijum je sastavni deo rezerve kalijuma koja može da učestvuje u obezbeđenju biljaka kalijumom kada se količina izmenljive frakcije smanji na minimum. Kalijum koji se nalazi u mineralima zemljišta postaje pristupačan za biljke tek nakon njihovog razlaganja, što je obično veoma spor proces.

Za organsku produkciju neophodno je da su biljke u toku cele vegetacije obezbeđene neophodnom količinom biogenih elemenata, među kojima i kalijumom. Pristupačna količina kalijuma u zemljištu zavisi od brojnih činilaca: klime, tipa i teksture zemljišta, sastava minerala gline, fiksacija kalijuma, vlažnosti zemljišta, đubrenja kalijumom i dr.

U tropima su zemljišta češće nedovoljno obezbeđena kalijumom nego u umerenom klimatu. Osnovni razlog je njegovo intenzivnije ispiranje. Smatra se da je u tropskim regionima Južne Amerike oko 53% zemljišta nedovoljno obezbeđeno kalijumom. Ista se pojava uočava u humidnim predelima drugih kontinenata (Kemmler, 1980).

Između koncentracije kalijuma u zemljišnom rastvoru i prinosa utvrđena je pozitivna korelacija, pošto pri većoj koncentraciji kalijuma u zemljišnom rastvoru u jedinici vremena dospeva više kalijuma na površinu korena. Koncentracija kalijuma u zemljišnom rastvoru nije obična funkcija izmenljivog kalijuma. Obično pri istom nivou izmenljivog kalijuma, glinovita zemljišta se odlikuju malom koncentracijom kalijuma u zemljišnom rastvoru, a peskovita zemljišta visokom. Pri istom sadržaju gline koncentracija kalijuma u zemljišnom rastvoru zavisice od tipa gline. Minerali gline, ilit, a naročito vermikulit, adsorbuju kalijum selektivno usled čega je njegova koncentracija u zemljišnom rastvoru niža. Minerali gline kaolinita i organska materija zemljišta nemaju specifična mesta vezivanja za kalijum. U zemljištima gde su oni dominantni koncentracija kalijuma u zemljišnom rastvoru biće veća, ali ne tako visoka kao u peskovitom zemljištu usled njihovog većeg kapaciteta za vezivanje vode (Kemmler i Hobt, 1985).

Puferni kapacitet kalijuma zemljišta je od velikog značaja za održavanje nivoa pristupačnog kalijuma u zemljišnom rastvoru. Peskovita i organska zemljišta i zemljišta u kojima od minerala gline preovladava kaolin odlikuju se slabim pufernim kapacitetom kalijuma. Da bi se na takvom zemljištu biljke obezbedile dovoljnom količinom kalijuma u toku cele vegetacije potrebno je biljke prihraniti ili đubriti sa povećanom količinom kalijuma. Glinena zemljišta koja sadrže ilit, vermikulit ili smektit odlikuju se velikim kalijum pufernim kapacitetom. Takva zemljišta mogu u dužem vremenskom periodu da održavaju nivo kalijuma u zemljišnom rastvoru, zahvaljujući prilivu kalijuma iz izmenljivih i neizmenljivih izvora. Smatra se da u slučaju da transport kalijuma na površinu korena ne obezbeđuje povećane potrebe biljaka u fazi intenzivnog porasta, neizmenljiv kalijum iz neposredne okoline korena može da posluži kao izvor kalijuma.

Vlažnost zemljišta posredno ima značajnu ulogu u obezbeđenju biljaka kalijumom, pošto se procesi koji omogućavaju njegovo dovođenje na površinu korena, protok mase i difuzija odigravaju u zemljišnom rastvoru. Protokom mase se voda i joni kalijuma koji se u njoj nalaze kreću u pravcu korena, a difuzija se zasniva na koncentracionom gradijentu koji se stvara

usvajanjem jona kalijuma od strane korena. U vlažnom zemljištu intenzitet difuzije kalijuma je veći nego u suvljem zemljištu (Grimme, 1971). Nepovoljno dejstvo zemljišne suše na obezbeđenost biljaka kalijumom delimično se može kompenzovati primenom kalijumovih đubriva (Mengel i Braunschweig, 1971). U humidnim uslovima dolazi do zakiseljavanja zemljišta. Samo u uslovima visoke koncentracije vodonikovih jona ($\text{pH} < 3$) dolazi do značajnijeg odavanja jona kalijuma i s tim u vezi dekompozicije minerala.

ZNAČAJ KALIJUMA U ŽIVOTNIM PROCESIMA BILJAKA

Hemijski element kalijum otkrio je Humphry Davy (1778-1827) i, ubrzo nakon njegovog otkrića, utvrđeno je i njegovo prisustvo u biljkama i stimulatивно dejstvo na njihov rast. Kalijum je jednovalentni katjon i ubraja se u grupu alkalnih metala. Za razliku od neophodnih elemenata koji po pravilu učestvuju u izgradnji organske materije biljka, alkalni metali se prvenstveno mogu smatrati "funkcionalnim elementima". Kalijum se u biljnoj ćeliji pretežno nalazi u jonskom obliku u ćelijskom soku ili je labilno vezan za organsku materiju, npr. za proteine. Kalijum je najzastupljeniji katjon u protoplazmi biljaka i sa pratećim anjonima daje velik doprinos osmotskom potencijalu ćelija i tkiva glikofitnih biljnih vrsta. On utiče na hidrataciju koloida protoplazme i promet vode, a preko toga na sve ostale životne procese koji zavise od njih. Alkalni metali, posebno kalijum, u prometu materija biljaka često imaju i ulogu manje-više specifičnog aktivatora, odnosno kofaktora brojnih enzima. Zahvaljujući tome kalijum posredno ili neposredno utiče na brojne fiziološko-biohemijske procese, zbog čega ima izvanredan značaj u životu biljaka (Oljača et al. 2006, Krstić et al. 2011). Na osnovu njegove zastupljenosti u biljkama i značaja u životnim procesima kalijum se ubraja u neophodne, biogene elemente za biljke. Bez kalijuma biljke nisu u stanju da završe svoj životni ciklus.

USVAJANJA KALIJUMA

Usvajanje korenom

Biljke kalijum usvajaju preko korena iz zemljišnog rastvora. Od svih katjona, u najvećoj količini usvajaju kalijum. Biljke usvajaju kalijum veoma intenzivno. Smatra se da jedino azot brže usvajaju od kalijuma, i da je redosled brzine usvajanja jona nekih elemenata sledeći: N> K> P> Ca> S> Mg. Da bi moglo doći do usvajanja potrebno je da joni kalijuma dospeju na površinu korena. Najveći značaj u tome imaju difuzija i protok mase. Prema ispitivanjima Becker i Meurer (1986) zavisno od koncentracije izmenljivog kalijuma u zemljištu od ukupno usvojene količine kalijuma od strane kukuruza putem difuzije na površinu korena dospe od 75 do

80,9% kalijuma, a protokom mase u slučaju da je zemljišni rastvor dobro obezbeđen kalijumom 30,9%. Izvesnu ulogu pri usvajanju kalijuma ima i kontaktna izmena između površine korena i minerala gline, pri čemu dolazi do izmene vodonikovog jona sa površine korena i jona kalijuma minerala gline. Smatra se da na ovaj način svega oko 6% kalijuma dospe na površinu korena.

Joni iz spoljašnje sredine, zemljišnog rastvora ulaze u slobodan prostor korena koji obuhvata ćelijski zid i međućelijske prostore u kori korena sve do endodermisa. U ćelijskom zidu postoje pore veličine do 5,0 nm (Carpita et al., 1979). One su dovoljno velike da hidratirani jon kalijuma, čiji prečnik iznosi 0,66 nm može pasivno, nemetabolički, putem difuzije ili protokom mase, da prolazi, ulazeći u apoplast. Smatra se da je jon usvojen tek ako preko plazmaleme dospe u unutrašnjost ćelije, tj. u citoplazmu. Na osnovu navedenog, pojam "usvajanje" obuhvata pasivno ulaženje jona u slobodan prostor korena i aktivan transport jona kroz plazmalemu. Uprkos izvesne selektivnosti u pogledu vezivanja katjona u ćelijskom zidu, selektivnost pri usvajanju obezbeđuje plazmalema.

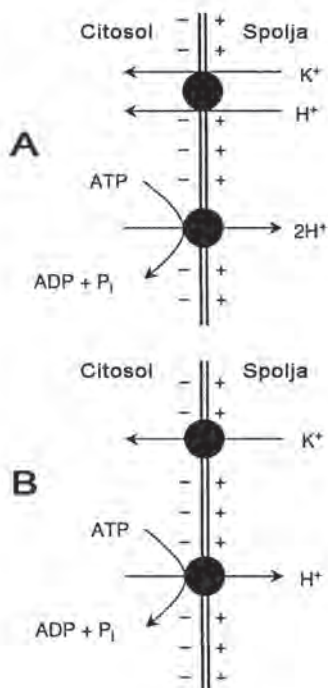
Uočeno je da usvajanje kalijuma iz rastvora različitih koncentracija ima dvofaznu kinetiku u čemu učestvuju različiti sistemi. Pri niskim koncentracijama usvajanje je na početku intenzivno, da bi se pri nešto višim koncentracijama usporilo i došlo do zasićenja. Dalje povećanje koncentracije kalijuma u spoljašnjoj sredini ima za posledicu ponovno intenziviranje usvajanja, pri čemu takođe dolazi do zasićenja, ili je ono linerano u odnosu na njegovu koncentraciju. Epstein (1976) je pomenute transportne sisteme nazvao mehanizam I i mehanizam II. Oni su u proteklo vreme intenzivno proučavani, pri čemu je posebna pažnja posvećena kalijumu zahvaljujući njegovoj bliskosti sa rubidijumom (^{86}Rb) čija je primena u značajnoj meri olakšala proučavanje kinetike usvajanja kalijuma. Utvrđeno je da sistem I u velikoj meri zavisi od procesa u kojem se obezbeđuje energija i da je veoma osetljiv na razne inhibitore transporta elektrona i transfera energije i na anaerobne uslove, dok je sistem II mnogo manje osetljiv. Pored toga, oni se razlikuju i u pogledu selektivnosti, kinetici i afinitetu prema kalijumu u spoljašnjoj sredini (Maathuis i Sanders, 1996). Pomenuta dva sistema ne deluju paralelno, već se sistem II nadovezuje na sistem I. Postoji, međutim, i mišljenje da deluju paralelno. Smatra se da ne postoji razlika u funkcionisanju pomenuta dva transportna sistema u ćelijama korena i lista. Saznanja stečena u poslednje dve decenije u vezi sa fiziološkim i molekularnim osnovama transportnog mehanizma kalijuma u biljkama detaljno su prikazali Szezerba et al. (2009).

Pomenuta dva membranska transportna sistema kalijuma opisuju se kao sistem visokog (mehanizam I) i sistem niskog (mehanizam II) afiniteta (Maathuis i Sanders, 1997, Maathuis, 2007). Pri niskoj koncentraciji

kalijuma u spoljašnjoj sredini (< 1 mM) dominantan je transportni sistem visokog afiniteta (HATS), a pri visokoj (>1 mM) transportni sistem niskog afiniteta (LATS). Transportni sistem jona kalijuma visokog afiniteta predstavlja transport putem prenosioca tipa kotransportera pri čemu se putem simporta K^+ i H^+ joni zajedno prenose kroz plazmalemu u citosol (Sl.3). Prema Schachtman i Schroeder (1994) sintezu transportnog sistema visokog afiniteta indukuje niska koncentracija kalijuma i predstavlja prilagodavanje nedovoljnoj pristupačnosti kalijuma. Transportni sistem visokog afiniteta ima značajnu ulogu u mobilizaciji međulamelarnog kalijuma minerala gline. Smatra se da transportni sistem visokog afiniteta na većini zemljišta ima odlučujuću ulogu u neto usvajanju kalijuma (Maathuis i Sanders, 1996). Transportni sistem visokog afiniteta odvija se nasuprot razlici u elektrohemijском potencijalu ($10 \mu\text{M } K^+$ spoljašnjoj sredini: oko $80 \mu\text{M}$ u citoplazmi). Oba transportna sistema su povezana sa aktivnošću H^+ jonske pumpe plazmaleme koja stvara elektrohemijски gradijent neophodan za transport kroz membranu, a u slučaju transportnog sistema visokog afiniteta i neophodnog H^+ za kotransport. Transport kalijuma niskog afiniteta je olakšana difuzija kroz selektivne jonske kanale u citosol putem difuzije duž elektrohemijskog gradijenta (Fox i Guerinot, 1998). U uslovima visoke spoljne koncentracije kalijuma u njegovom usvajanju značajna uloga pripada transportnom sistemu niskog afiniteta. Na osnovu postojećih eksperimentalnih podataka može se zaključiti da se kalijum usvaja aktivno, sekundarnim aktivnim transportom, zahvaljujući funkciji protonске pumpe, pokretačke motorne sile koju ostvaruje P-ATPaza, pri čemu učestvuju i sekundarni transportni mehanizmi. Intenzivno usvajanje kalijuma u širokom opsegu njegove koncentracije u spoljašnjoj sredini obezbeđuju transportni sistemi plazmaleme, većinom specifični jonski kanali plazmaleme i tonoplasta. U jonskim kanalima u kojima se joni kalijuma prenose prema unutrašnjosti ili izvan sledi gradijent elektrohemijskog potencijala. Britto i Kronzucker (2008) su u svom preglednom radu dali detaljan opis najnovijih saznanja o mehanizmima transporta kalijuma u biljkama, osvrćući se i na molekularne osnove.

Azot čini izuzetak među hranljivim elementima pošto biljke azot usvajaju u vidu katjona (NH_4^+), anjona (NO_3^-) i u organskom obliku. Ova osobina azota značajno utiče na mineralnu ishranu biljaka, a tako i na usvajanje kalijuma koji se usvaja samo u vidu katjona. Katjon NH_4^+ smanjuje usvajanje katjona, a nitratni anjon NO_3^- anjona. NH_4^+ jon inhibira transportni sistem visokog afiniteta koji je dominantan pri niskoj spoljašnjoj koncentraciji kalijuma, dok je na transportni sistem niskog afiniteta (koji je dominantan pri visokoj koncentraciji kalijuma u spoljašnjoj sredini) njegov uticaj relativno mali (Nieves-Cordonos et al., 2007).

Sl. 3. Transport K^+ u ćeliju biljke putem transportnog mehanizma visokog (A) i niskog (B) afiniteta (Britto i Kronzucker, 2008)



Biljke gajene u prisustvu nitratnog azota bolje regulišu koncentraciju kalijuma u citosolu pri visokoj spoljašnjoj koncentraciji kalijuma nego biljke gajene u prisustvu amonijačnog jona, putem odavanja kalijuma transportnim sistemom niskog afiniteta (Szezerba et al., 2009). Detaljan prikaz o uticaju oblika azota na interakciju sa kalijumom dat je u radu Bar-Tal (2011).

Činioci usvajanja

Na intenzitet usvajanja jona korenom utiču brojni spoljašnji (koncentracija jona u spoljašnjoj sredini, selektivnost, temperatura, vrednost pH sredine i dr.) i unutrašnji činioci (vrsta, genotip, zdravstveno stanje, onotgenetsko razviće i dr.).

Spoljašnji činioci

Koncentracija kalijuma. Od svih ekoloških činilaca, na usvajanje jona najveći uticaj ima njegova koncentracija u spoljašnjoj sredini. Sa povećanjem koncentracije jona u spoljašnjoj sredini do određene granice povećava se njihovo usvajanje. Povećanje nije linearno već se na početku usvajanje značajnije povećava, a zatim je sve manje. Na to ukazuje i

koeficijent akumulacije jona. On predstavlja odnos između koncentracije nekog elementa u biljkama i koncentracije u spoljašnjoj sredini. Povećanjem koncentracije jona u spoljašnjoj sredini koeficijent akumulacije se obično smanjuje. Povećanje intenziteta usvajanja povećanjem koncentracije jona u spoljašnjoj sredini ukazuje da usvajanje ne odražava uvek stvarnu potrebu biljke za nekim elementom, pošto biljke u određenim uslovima mogu da usvajaju znatno veću količinu nekog jona nego što im je zaista potrebno za optimalno odvijanje životnih procesa (luksuzna ishrana).

Pri niskim koncentracijama kalijuma ($<0,2$ mM) transport obavlja mehanizam visokog afiniteta, koji pokazuje kinetiku zasićenja. Pri višim koncentracijama (>1 mM) uključuje se transportni sistem niskog afiniteta prema kalijumu (Epstein, 1972).

Selektivnost pri usvajanju. Usvajanje kalijuma je većim delom selektivno. Ipak, prisustvo nekih katjona može da utiče na njegovo nakupljanje u biljkama. Usled mogućeg antagonizma (kompeticije između katjona kalijuma i drugih katjona), sa stanovišta ishrane biljaka od posebnog je značaja antagonizam između jona amonijuma, kalcijuma, magnezijuma i natrijuma. Pored toga, uočen je i antagonizam između kalijuma i nekih mikroelemenata: litijuma, bora, rubidijuma i cezijuma. U slučaju antagonizma pri usvajanju jona dolazi do konkurencije za mesto vezivanja na prenosiocu ili do stvaranja za biljke nepristupačnih jedinjenja u spoljašnjoj sredini, na površini korena ili u samoj biljci. Na taj način pri antagonizmu može doći do pojave nedostatka nekog elementa i do promene odnosa sadržaja pojedinih elemenata u biljkama, što se negativno odražava na prinos i kvalitet proizvoda, a može da izazove i fiziološka oboljenja. Između pojedinih jona pri njihovom usvajanju i učestvovanju u prometu materija biljaka može da postoji i sinergizam. Tako, na primer, anjoni često stimulišu usvajanje katjona, a katjoni anjona.

Azot je među neophodnim elementima jedini kojeg biljke usvajaju u obliku katjona, anjona i molekula. Ova osobina azota omogućava njegov uticaj na usvajanje drugih jona i time mineralnu ishranu biljaka. Uticaj azota na usvajanje kalijuma zavisi od njegovog oblika. U prisustvu amonijačnog jona, pri istoj vrednosti pH, biljke usvajaju manje kalijuma nego pri ishrani nitratom. Amonijačni jon inhibira transportni sistem kalijuma visokog afiniteta, koji je aktivan pri niskoj koncentraciji kalijuma u spoljašnjoj sredini, dok na aktivnost transportnog sistema niskog afiniteta, koji je dominantan pri visokoj koncentraciji kalijuma, prisustvo amonijačnog jona relativno malo utiče (Nieves-Cordones et al., 2007). Jednovalentni nitrati anjon može da služi kao protivteža jednovalentnom katjonu kalijuma (Lu et al., 2005). Uočeno je da ponici tretirani visokom koncentracijom nitrata intenzivnije usvajaju i translociraju kalijum (Zsoldos et al., 1990).

Visoke koncentracije kalijuma smanjuju usvajanje kalcijuma, magnezijuma i natrijuma što može nepovoljno da se odrazi na prinos i kvalitet proizvoda (Girmme et al., 1975). Prema Havlin et al. (1999) na jako krečnim zemljištima i u uslovima njegove dobre obezbeđenosti kalijumom može doći do simptoma nedostatka kalijuma usled konkurencije između kalijuma i kalcijuma za mesta vezivanja na površini korena. Istovremeno, nedovoljna obezbeđenost kalijumom podstiče usvajanje pomenutih katjona. Usled toga, suma katjona u biljkama i u pojedinim tkivima se samo neznatno menja u slučaju promene nivoa obezbeđenosti biljaka jednim katjonom. An antagonizam između pojedinih katjona može da izazove fiziološka oboljenja. Sve dok je koncentracija kalijuma u neposrednoj blizini korena visoka koren, pre svega, usvaja kalijum i tek kada se koncentracija kalijuma smanji počinje intenzivnije usvajanje drugih katjona. Posledica toga je da u uslovima velike obezbeđenosti zemljišta kalijumom može doći do pojave nedostatka magnezijuma ili kalcijuma. U određenim uslovima pri usvajanju pojedinih katjona postoji sinergizam. Tako, u kiseloj sredini kalcijum može da podstiče usvajanje kalijuma smanjujući negativno dejstvo visoke koncentracije vodonikovih jona na integritet plazma membrane i funkcije protonske pumpe.

Zahvaljujući veoma efikasnom sistemu usvajanja, kalijum vidno utiče na primanje drugih katjona. Kalijum dovodi do delimične depolarizacije plazmaleme (citosol postaje manje negativan usled usvajanja katjona kalijuma). Depolarizacija smanjuje pokretačku snagu usvajanja drugih katjona (Mengel, 2006). Prema Kádár et al. (2012a) sa povećanjem primenjene doze kalijumovog đubriva u mrkvi povećao se sadržaj kalijuma sa 0,78% na 1,45% u suvoj materiji, a odnos K/Ca sa 0,20 na 0,55, K/Mg sa 1,8 na 4,7. Prema istom autoru (Kádár, 2012b) visoke koncentracije selena značajno su smanjile sadržaj kalijuma u listovima, stablu i mahuni graška. U izdanku pšenice utvrđeno je i značajno povećanje odnosa K/Sr pri povećanju sadržaja kalijuma, što očitó ukazuje na postojanje antagonizma između pomenuta dva elementa. Utvrđen je i antagonizam pri usvajanju između kalijuma i rubidijuma. Antagonizam pri usvajanju između K^+ i Rb^+ i anjona SO_4^{2-} i SeO_4^{2-} ukazuje da selektivnost mesta vezivanja na plazma membrani ne odražava ulogu datog elementa u metabolizmu, već jedino fizičko-hemijsku sličnost jona (Marschner, 1995).

Postoji antagonizam i između kalijuma i bora. Primena visokih doza kalijuma može da ima za posledicu pojavu nedostatka bora kod biljaka, a može delimično i da smanji toksično dejstvo visokih koncentracija bora (Kádár, 2011a, b, Kádár i Csathó, 2012).

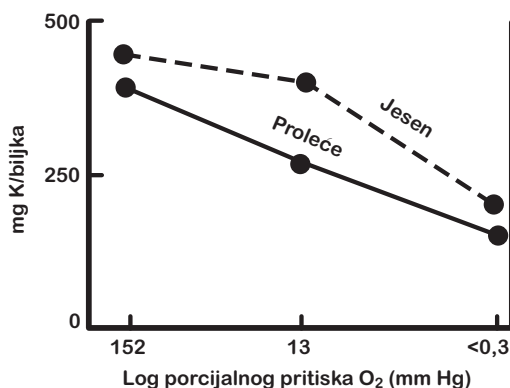
Visoka koncentracija kalijuma naročito smanjuje usvajanje natrijuma. Transport natrijuma kroz plazmalemu se većim delom ostvaruje olakšanom difuzijom kroz membranski kanal niskog afiniteta koji omo-

gućava prolaz i drugim katjonima (Fox i Guerinot, 1998). Utvrđena je neto razmena između jona kalijuma i natrijuma preko plazmaleme (Jeschke, 1979). Postoje brojni podaci koji ukazuju i na mogućnost delimične zamenne kalijuma natrijumom. Ona zavisi od biljne vrste, genotipa i fiziološkog procesa (Mengel, 2006).

Utvrđeno je i negativno selektivno dejstvo jona Cs^+ i Al^{3+} na usvajanje kalijuma (Erdei i Trivedi, 1991). Smatra se da aluminijum inhibira aktivnost transportnih kanala.

Parcijalni pritisak kiseonika. Intenzitet usvajanja jona zavisi i od parcijalnog pritiska kiseonika u zoni korena (Sl. 4) Smanjenjem parcijalnog pritiska sa 21 na 10% kiseonik ne utiče značajnije na usvajanje jona. Tek kada je parcijalni pritisak kiseonika manji od 10 ili 5% usvajanje jona se značajno smanjuje. Smanjenje parcijalnog pritiska kiseonika ne utiče podjednako na usvajanje pojedinih jona, posebno pri njihovoj različitoj koncentraciji u hranljivoj sredini, zbog čega se menja ne samo njihovo ukupno usvajanje, već i njihov odnos u biljkama. U prirodnim uslovima do nedostatka kiseonika obično dolazi u zbijenim ili vodom zasićenim zemljištima, pošto je difuzija O_2 u gasnoj fazi 10^4 puta brža nego u vodenoj fazi. Pri gajenju biljaka u vodenim kulturama posebno je značajno voditi računa o aeraciji rastvora. Prema ispitivanjima Atwell i Steer (1990) usvajanje kalijuma pri njegovoj visokoj koncentraciji u hranljivom rastvoru u aeriranoj sredini bilo je 18,1, a u neaeriranoj sredini 10,2, a u slučaju niske koncentracije 11,4, odnosno 5,2 mg kalijuma/g korena/dan. Uticaj parcijalnog pritiska kiseonika i time disanja na usvajanje jona ukazuje na zavisnost ovog procesa od prometa energije.

Sl. 4. Uticaj parcijalnog pritiska kiseonika na usvajanje kalijuma kod citrusa (Nelson, 1982)



Reakcija sredine. Pristupačnost kalijuma u zemljištu za biljke u velikoj meri zavisi od adsorpcione i fiksacione moći zemljišta. Sa povećanjem pH vrednosti povećava se fiksacija kalijuma u zemljištu i smanjuje njegova pristupačnost za biljke (Drobner i Tyler, 1998). Dejstvo reakcije spoljašnjeg rastvora na usvajanje i time sadržaj kalijuma u biljkama potvrđuju i ogledi izvedeni sa pasuljem. Utvrđeno je da smanjenje pH vrednosti sa 8,5 na 5,5 povećava sadržaj kalijuma u nadzemnom delu biljaka, a dalje smanjenje na pH 4 i 3 dovodi do naglog smanjenja njegovog sadržaja (Islam et al., 1980). Tyler i Olsson (2001), takođe, ističu da povećanje pH vrednosti sa 5 na 8 smanjuje koncentraciju kalijuma u zemljišnom rastvoru.

Uopšte se može reći da je usvajanje anjona intenzivnije u slabo kiseloj sredini, a katjona obično u neutralnoj. Pri ekstremno niskoj vrednosti pH (<3) dolazi do oštećenja ćelijskih membrana, usled čega se povećava njihova permeabilnost, a time i odavanje jona u spoljašnju sredinu.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da pH vrednost sredine utiče i neposredno i posredno na usvajanje mineralnih materija, pošto istovremeno u značajnoj meri određuje njihovu pristupačnost u zemljištu za biljke.

Osmotski poptencijal rastvora. Intenzitet usvajanja jona zavisi i od osmotskog potencijala zemljišnog, odnosno hranljivog rastvora. Ovaj činilac je posebno značajan u slučaju lokalne primene većih doza lakorastvorljivih mineralnih đubriva, visoke koncentracije rastvora pri gajenju biljaka u vodenim i peščanim kulturama, hidroponima, na zaslanjenim zemljištima i dr.

Biljke poseduju određenu sposobnost prilagođavanja osmotskom potencijalu spoljašnjeg rastvora (Linser i Herwig, 1963). U tom pogledu naročito se ističu halofite i kserofite. Pojedini genotipovi u okviru jedne vrste mogu se značajno razlikovati u pogledu tolerantnosti prema većim vrednostima osmotskog potencijala spoljašnjeg rastvora (Kastori, 1969). Međutim, i pored toga, ponekad i male promene u osmotskom potencijalu spoljašnjeg rastvora mogu značajno da utiču na usvajanje jona, čak i onda ako je spoljašnji rastvor hipotoničan u odnosu na ćelije korena. Povećanje osmotskog potencijala spoljašnjeg rastvora smanjuje usvajanje vode i transpiraciju. Posledice toga su sporije dovođenje jona na površinu korena i transport jona iz korena u nadzemne organe i time njihovo manje usvajanje. Prema ispitivanjima Kastori (1969) usvajanje kalcijuma i intenzitet transpiracije naglo se smanjio s povećanjem osmotskog potencijala rastvora, pri čemu je promena osmotskog potencijala rastvora više smanjila transport kalcijuma u nadzemne delove nego njegovo nakupljanje u korenu. Istovremeno došlo je i do promene odnosa između ukupnog sadržaja kalcijuma i nezamenljive frakcije.

Temperatura. Temperatura posredno ili neposredno utiče na sve životne procese biljaka. Uticaj temperature na usvajanje kalijuma utvrđen je već davno (Zsoldos et al., 1968, Gromiko, 1968). Temperatura utiče na usvajanje jona na više načina. Pri višoj temperaturi brža je sinteza jedinjenja u čiji sastav ulaze konstitucioni elementi, čime se podstiče njihovo usvajanje. Povećanjem temperature povećava se intenzitet fotosinteze i disanja u kojima se obrazuju jedinjenja bogata energijom, što se, takođe, posredno odražava na brzinu usvajanja jona. Pored toga, pri povećanju temperature povećava se permeabilnost protoplazme i brzina difuzije jona u zemljišnom ili hranljivom rastvoru prema površini korena, što, takođe, doprinosi bržem usvajanju jona. Temperatura utiče na mobilizaciju mineralnih materija i na mikrobiološku aktivnost zemljišta što se povoljno odražava na usvajanje jona. Smatra se da se sa povećanjem temperature intenzivira i transport kalijuma u ksilem. Prema ispitivanjima Ching i Barber (1979), zahvaljujući bržem dovođenju kalijuma na površinu korena i intenziviranjem rasta korena sa povećanjem temperature sa 15 °C na 29 °C, sadržaj kalijuma u izdanku kukuruza se povećao sa 3,7 na 8,1%. Nelson (1982) navodi rezultate prema kojima je sadržaj kalijuma u paradajzu zavisio od temperature. U opsegu temperatura od 12 do 28 °C sadržaj kalijuma se povećavao (na 12 °C je iznosio 4,15%, na 20 °C 4,89%, a na 28 °C 5,79%), dok je sa daljim povećanjem temperature opao (na 32 °C iznosio je 4,5%).

Temperatura utiče i na osobine biomembrana. Molekularne transformacije lipida biomembrana u temperaturnom intervalu od -20 do + 50 °C, značajnog za žive sisteme, su pre pravilo nego izuzetak. U većini slučajeva dolazi do transformacije lipida iz fluidnog u kristalno stanje. Ovaj prelaz izaziva velike promene u membrani i time i u transportu jona kroz nju.

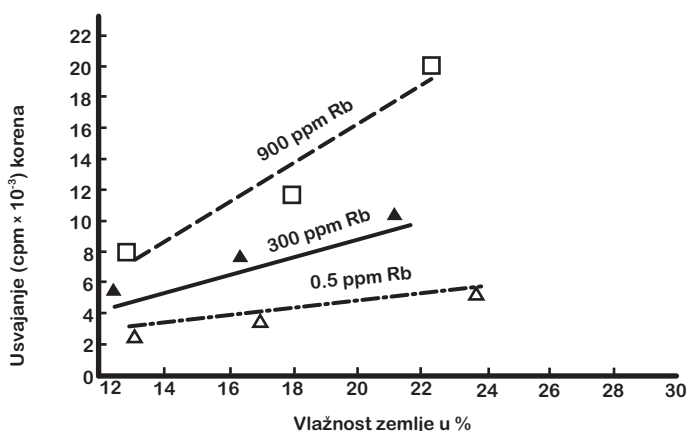
Temperaturni koeficijent usvajanja jona (Q_{10}) zavisi od temperaturnog intervala, koncentracije i vrste jona i dr. Vrednost temperaturnog koeficijenta u fiziološkom opsegu temperature za kalijum je najčešće >2 . Zavisno od biljne vrste i drugih ekoloških činilaca usvajanje jona se povećava sa povećanjem temperature do oko 35 °C. Veoma je značajna temperatura u zoni korena. Vrste osetljive na niske temperature u zoni korena (12 °C) smanjuju rast izdanka i korena, kao i usvajanje kalijuma. Temperatura zone korena u većoj meri utiče na usvajanje kalijuma nego kalcijuma i magnezijuma.

Vlažnost. Vlažnost zemljišta u značajnoj meri utiče na usvajanje mineralnih materija (Sl. 5). U optimalno vlažnom zemljištu koren prodire u dublje slojeve i obrazuje veći broj korenskih dlačica što povećava njegovu apsorpcionu površinu i omogućava iskorišćavanje vode i mineralnih materija i iz dubljih slojeva zemljišta. Joni kalijuma najvećim delom na površinu korena dospevaju difuzijom. U slučaju nedovoljne vlažnosti zemljišta difuzija jona se smanjuje, usled čega u dovoljno vlažnom zemljištu koren bilja-

ka može da koristi kalijum i sa veće udaljenosti, a u suvom samo iz neposredne okoline. Postoji i mišljenje da smanjenje neto usvajanja kalijuma u uslovima zemljišne suše nije posledica smanjenja intenziteta usvajanja, već povećanog odavanja kalijuma u spoljašnju sredinu putem korena. Nizak vodni potencijal zemljišta deluje i neposredno na usvajanje jona, pošto utiče na permeabilnost ćelijskih membrana, usporava razvoj i aktivnost mitohondrija, procese fosforilacije što se sve skupa nepovoljno odražava na usvajanje kalijuma (Nelson, 1982). Vlažnost zemljišta je veoma značajna i sa stanovišta njegove mikrobiološke aktivnosti i time mineralizacije organske materije, procesa veoma značajnog za obezbeđenje biljaka mineralnim materijama. Mineralna đubriva se mogu efikasno rastvarati samo u vlažnom zemljištu, što je preduslov za njihovo iskorišćavanje od strane biljaka. Na usvajanje kalijuma utiče kako nedovoljna tako i preterana vlažnost zemljišta. U zemljištu zasićenom vodom, zemljišne pore su ispunjene vodom, što dovodi do nedostatka kiseonika, neophodnog za normalno odvijanje životnih procesa korena.

Svetlost. Odavno je utvrđeno da svetlost utiče na usvajanje jona svojim intenzitetom, spektralnim sastavom i trajanjem (Linsler i Farrhi-Aschtiani, 1965). Dejstvo osvetljenosti biljaka na usvajanje jona je posredno. Osvetljenost utiče na brojne fiziološke procese, fotosintezu, transpiraciju, rast i razviće i dr., od kojih posredno ili neposredno, zavisi intenzitet usvajanja jona. Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da postoji optimum intenziteta osvetljenosti za usvajanje jona. Ona je različita za pojedine biljne vrste i jone.

Sl. 5. Uticaj vlažnosti zemljišta na usvajanje kalijuma (rubidijum (Rb) ima slične osobine) pri njegovoj različitoj koncentraciji (Nelson, 1982)



Spektralni sastav svetlosti, takođe, utiče na usvajanje jona pošto su i promet materija i energije u značajnoj meri zavisni od kvaliteta svetlosti (Sarić et al., 1976). Svetlost utiče ne samo na usvajanje jona već i na njihov metabolizam (Kastori, 1969), kao i na uključivanje u promet materija biljaka (redukcija nitrata). I sa stanovišta usvajanja jona najznačajniji je vidljivi deo spektra, fotosintetički aktivna radijacija.

Zemljišna mikroflora. U okolini korenovog sistema, u rizosferi, uvek se nalaze mikroorganizmi koji mogu posredno i neposredno da utiču na mineralnu ishranu biljaka. Pod rizosferom se podrazumeva zona zemljišta koja je pod uticajem životne aktivnosti korenovog sistema. Veličina i sastav rizosfere mogu da budu veoma različiti. Sastav i brojnost mikroorganizama koji se nalaze u korenu, na njegovoj površini ili oko njega zavisi od brojnih činilaca (fizičke i hemijske osobine zemljišta i dr.), a u najvećoj meri od sastava i količine jedinjenja koja iz korena dospevaju u zemljište. U zemljištu živi veoma velik broj vrsta bakterija (30.000), gljiva (1.500.000), algi (60.000) i oko 100.000 vrsta protozoa (Lee, 1994). Bakterije i gljive sa svojim enzimima imaju centralnu ulogu u metaboličkoj aktivnosti zemljišta, s obzirom da u njoj učestvuju sa 60 do 90%.

Rizosferna mikroflora svojom životnom aktivnošću utiče na mineralnu ishranu biljaka na više načina. Preko mineralizacije organske materije, prevođenjem mineralnih materija zemljišta u pristupačne oblike za biljke, utiču na rast i morfološku građu korena i uopšte na rast i razviće biljaka. Istovremeno mineralna ishrana utiče na mikrobnu populaciju zemljišta. U slučaju obilne ishrane azotom korenov sistem biljaka izlučuje niskomolekularna azotna jedinjenja u zemljište. Bakterije koriste izlučena azotna jedinjenja kao supstrat i zahvaljujući tome intenzivno se razmnožavaju. Biljke obilno obezbeđene kalijumom lakorastvorljiva organska jedinjenja pretvaraju u složena, u proteine i ugljene hidrate, usled čega manje preostaje mikroorganizmima. Posledica toga je smanjenje broja mikroorganizama. Korenov sistem biljaka i aerobni mikroorganizmi upućeni su na kiseonik. Obilnija primena kalijumovih đubriva sprečava prekomerno razmnožavanje aerobnih mikroorganizama usled čega se povećava oksidaciona snaga korena. Ova pojava je značajna u slučaju suviška gvožđa. Oksidacijom gvožđa na površini korena sprečava se njegov ulazak u koren i time njegovo toksično delovanje.

Ostali ekološki činioci. Na usvajanje jona utiču i brojni drugi ekološki činioci kao što su: relativna vlažnost vazduha, zbijenost i sadržaj organske materije zemljišta, prisustvo veće koncentracije nekih teških metala, mehanički sastav zemljišta, zagađenost vazduha gasovima, pesticidi i dr. Njihovo dejstvo je indirektno, ali u određenim uslovima može da bude veoma

značajno. Na primer, visoka relativna vlažnost vazduha preko smanjenja transpiracije može u toj meri da smanji usvajanje, a naročito uzlazni transport jona nekih elemenata (Ca, B), da se na biljkama mogu uočiti akutni znaci njihovog nedostatka. Do prekomernog sadržaja vlage u vazduhu može doći pre svega pri gajenju biljaka u zatvorenom prostoru u slučaju da provetravanje i vlažnost vazduha nisu dobro regulisani.

Iz napred iznetog proizilazi da za optimalnu mineralnu ishranu nije dovoljno da supstrat bude dobro obezbeđen neophodnim elementima za biljke. Isto toliko je važno da postoje ili da se obezbede povoljni ekološki uslovi (obradom, navodnjavanjem, odvodnjavanjem, melioracijama, dopunskim zagrevanjem ili osvetljavanjem i dr.) koji će omogućiti iskorišćavanje hraniva iz supstrata.

Unutrašnji činioci

Osobine korenovog sistema. Jedna od osnovnih uloga korena je usvajanje mineralnih materija. Stoga su njegova fiziološka aktivnost i razvijenost od velikog značaja za obezbeđenje biljaka mineralnim materijama (Adepetu i Akapa, 1977). Životna aktivnost, građa, moćnost korenovog sistema zavisi od osobina biljaka i niza ekoloških činilaca. Apsorpcionu sposobnost korena u velikoj meri povećavaju korenske dlačice. One mogu površinu korena da povećaju čak i za deset puta. Ona je različita kod pojedinih biljnih vrsta, kod nekih biljaka 70% ukupne površine korena čine korenske dlačice. Tako, na primer, ukupna dužina korena kod ozime pšenice je oko 6 puta veća nego kod paradajza čiji je koren relativno siromašan u korenskim dlačicama. Mengel i Steffens (1985) utvrdili su pozitivnu korelaciju između mase korena, gustine korena, kapaciteta zamene katjona, površine i dužine korena i ukupno usvojene količine kalijuma. Na značaj gustine korena (površina korena po jedinici zapremine zemljišta) u usvajanju jona ukazuju i Newman et al. (1973). Između ukupne površine korena i intenziteta usvajanja jona nije u svim slučajevima utvrđena pozitivna korelacija, što je i razumljivo ako se ima u vidu složenost procesa usvajanja jona koji zavisi od niza drugih osobina korena. Na to ukazuju i rezultati ispitivanja Tišma i Kastori (1985), koji su na osnovu rezultata ispitivanja sa tri sorte graška, utvrdili da sorte u pojedinim periodima rasta i razvića, u cilju zadovoljavanja svojih potreba u kalijumu i drugim mineralnim materijama, manju dužinu korena nadoknađuju većim intenzitetom usvajanja po jedinici dužine korena. Smatra se da je za usvajanje jona mnogo značajnije da koren intenzivno raste, pošto na taj način brže dolazi u dodir sa novim, mineralnim materijama bogatijim delovima zemljišta. Kuhlmann i Barraclough (1987) navode da ozima pšenica može da usvaja 50% kalijuma iz podoraničnog sloja. Povrtarske vrste, posebno one sa kraćom vegetaci-

jom, odlikuju se kraćim korenovim sistemom, stoga su pretežno upućene na kalijum koji se nalazi u površinskom sloju zemljišta. Utvrđeno je da seminalni, lateralni i nodalni korenovi, kao i pojedine zone korena različitim intenzitetom usvajaju kalijum i premeštaju u izdanak (Russell i Clarkson, 1971, Marschner i Richter, 1973). Kalijum utiče ne samo na razvijenost korenovog sistema već i na njegovu anatomsku građu (Hecht-Buchholz i Marschner, 1970).

Sa stanovišta mineralne ishrane biljaka od velikog je značaja i životna aktivnost korenovog sistema. Korenov sistem u značajnoj meri može da izmeni hemijske (pH vrednost i dr.), biološke (brojnost i sastav mikroflora), pa čak i fizičke osobine rizosfere, značajne sa stanovišta usvajanja mineralnih materija. Glass et al. (1981) je sa saradnicima utvrdio usku korelaciju između odavanja vodonika od strane korena u spoljašnju sredinu i usvajanje kalijuma kod 24 sorti ječma. Na osnovu navedenog, pomenuti autori smatraju da se sposobnost za usvajanje kalijuma može utvrditi na osnovu intenziteta odavanja vodonika.

Ontogenetsko razviće biljaka. Intenzitet usvajanja jona nije isti u toku života biljaka. U većini slučajeva biljke u početku svog rasta i razvića veoma intenzivno usvajaju mineralne materije. U to vreme je količina usvojenih mineralnih materija po jedinici biljne mase obično najveća. To znači da se tada mineralne materije intenzivnije nakupljaju od organske materije. U toku rasta i razvića biljaka sinteza organske materije se brže povećava nego usvajanje mineralnih materija, a kao rezultat toga dolazi do "razblaženja", tj. smanjenja njihove koncentracije u biljkama. To, međutim, ne znači da se vremenom smanjuje intenzitet nakupljanja mineralnih materija po biljci ($\text{mg} \cdot \text{biljka}^{-1} \cdot \text{dan}^{-1}$). Nasuprot, ono se povećava i obično dostiže svoj maksimum u momentu kada je i nakupljanje organske materije najveće. To je i razumljivo, jer ukoliko biljka više stvara organske materije utoliko su i njene potrebe za mineralnim materijama veće. Pri kraju vegetacije usvajanje jona se smanjuje i u fazi fiziološke zrelosti potpuno prestaje.

Usvajanje i s tim u vezi nakupljanje pojedinih elemenata u toku rasta i razvića biljaka nije isto. Ono zavisi od fiziološke uloge pojedinih elemenata, dinamike sinteze organskih materija u čiji sastav ulaze i dr. Kao primer može se navesti dinamika nakupljanja pojedinih elemenata u toku vegetacije kod kukuruza. Na početku vegetacije juna meseca od ukupno akumulirane količine na kraju vegetacije (100%) nalazilo se 25% azota, fosfora 22%, kalijuma 37%, kalcijuma 15%, sumpora 19% i natrijuma 17% (Kastori, 1964).

Poznavanje dinamike usvajanja pojedinih elemenata u toku vegetacije veoma je značajno sa stanovišta optimalne ishrane biljaka pojedinim elementima i s tim u vezi primene đubriva.

Koncentracija hraniva u biljci. Intenzitet usvajanja mineralnih materija treba da obezbedi nesmetani rast biljke. Nivo obezbeđenosti biljaka mineralnim materijama odražava se na intenzitet njihovog usvajanja. Pri visokom nivou obezbeđenosti biljaka mineralnim materijama intenzitet usvajanja se smanjuje i obrnuto. Ova povratna regulacija usvajanja dobro je uočljiva u slučaju intenziteta usvajanja kalijuma pri različitom nivou obezbeđenosti korena kalijumom (Tab.18).

Tab. 18. Odnos između sadržaja i usvajanja kalijuma u korenu ječma (Glass i Dunlop, 1979)

Sadržaj K ($\mu\text{mol g}^{-1}$ sveža mat.)	Usvajanje K^+ ($\mu\text{mol g}^{-1}$ sveža mat. h^{-1})
20,9	3,05
32,1	2,72
47,9	2,16
57,8	1,61

Zdravstveno stanje. Biljne bolesti i štetočine mogu u značajnoj meri da smanje usvajanje jona. Pojava bolesti i štetočina na korenovom sistemu naročito nepovoljno utiču na usvajanje jona. Fiziološka oboljenja, kao što su nedostatak ili suvišak nekog jona, stresovi izazvani ekstremnim ekološkim uslovima, mehanička oštećenja korena, na primer pri nezi useva i dr., takođe, utiču na obezbeđenje biljaka mineralnim materijama. U nekim slučajevima kod obolelih biljaka koncentracija mineralnih materija može da se povećava i pored smanjenja intenziteta usvajanja jona. Razlog tome je smanjenje intenziteta sinteze organske materije. Kod obolelih biljaka često dolazi i do poremećaja u metabolizmu elemenata.

Genetska specifičnost. Pojedine biljne vrste i genotipovi značajno se razlikuju u mineralnoj ishrani. Oni se razlikuju u pogledu sposobnosti usvajanja i nakupljanja pojedinih elemenata, efikasnosti korišćenja, njihovoj raspodeli u biljci i osetljivosti na nedostatak ili suvišak pojedinih elemenata. Poznavanje genetske specifičnosti mineralne ishrane biljaka, pored naučnog, ima i izvanredan ekonomski i ekološki značaj. U okviru težnje za održivim razvojem čine se naporu u pravcu iznalaženja genotipova gajenih vrsta koji se odlikuju boljom sposobnošću iskorišćavanja hraniva iz zemljišnih rezervi, koji po jedinici mase stvorene organske materije troše manje mineralne materije, poseduju veću tolerantnost prema nedostatku ili suvišku nekog elementa, ili su zahvaljujući velikoj moći akumulacije, nekih toksičnih elemenata podesni za fitoremedijaciju zagađenih staništa.

Prema Gerloff (1976) efikasnost iskorišćavanja kalijuma predstavlja količina proizvedene suve materije po jedinici utrošenog kalijuma. S tim u vezi Mengel (1989) navodi da pomenuta definicija ima svoju slabost, pošto će efikasnost korišćenja biti veća kod biljaka nedovoljno obezbeđenim kalijumom i obrnuto. Pomenuti autor smatra da kod gajenih poljoprivrednih vrsta nije od primarnog značaja ukupno proizvedena masa suve materije, biološki prinos, već proizvedena količina poljoprivrednog prinosa po jedinici utrošenog kalijuma. Utvrđena je razlika u efikasnosti korišćenja kalijuma između i C-3 i C-4 biljaka. C-4 biljke efikasnije koriste sunčevu energiju u obrazovanju biomase od C-3 biljaka, što se prenosi i na potrošnju kalijuma. C-4 krmne biljke pri potrošnji kg kalijuma u proseku stvaraju 68,5 kg suve mase, dok C-3 biljke svega 41,7 kg. Utvrđena je i visoka pozitivna korelacija između sadržaja kalijuma i proteina u zrnu pasulja, graška, sočiva, soje i dr. (0,92) i nakupljanja kalijuma i sinteze proteina kod krmnih biljaka (0,94) (Blevins, 1984). Genetsku specifičnost, sposobnost usvajanja i iskorišćavanja kalijuma razmatrali su u svom radu (Rengel et al., 2008). U kalifilne biljke koje se odlikuju većom potrebom i većim nakupljanjem kalijuma spadaju: krompir, padadajz, paprika, cvekla, šećerna i stočna repa, vinova loza i dr.

Specifičnost genotipova u mineralnoj ishrani ponekad je veća nego između vrsta. Genetska specifičnost genotipova u odnosu na ishranu sa kalijumom utvrđena je kod brojnih gajenih vrsta: šećerne repe (Kastori et al., 1979), krompira (Trehan i Sharma, 2002), soje (Kovačević et al., 2011), pšenice (Kostadinova i Panayotova, 2012), čičoke (Terzić et al., 2011; Terzić et al., 2012) i drugih.

Usvajanje nadzemnim organima

U procesu evolucije ispoljili su se određeni principi među kojima i princip podela fizioloških funkcija među organima, tkivima, ćelijama, organelama i kompartmentima. Ova podela, međutim, nije isključiva. List i drugi organi mogu da obavljaju i neke funkcije korena. Oni mogu da usvajaju i odaju vodu, mineralne i organske materije.

Biljke mogu veoma intenzivno da usvajaju kalijum i preko nadzemnih organa. Zahvaljujući tome, folijarna prihrana biljaka razblaženim rastvorom soli kalijuma može da bude veoma uspešna prihrana, utoliko pre što je pokretljivost kalijuma u biljkama veoma dobra, kako u akro- tako i u bazipetalnom pravcu. Kalijum usvojen preko lista veoma brzo se premešta u druge organe biljke i uključuje u životne procese. Iskorišćavanje hraniva nanetih na površinu lista je mnogo efikasnije nego pri njihovom unošenju u zemljište. Zavisno od unutrašnjih i ekoloških činilaca pri folijarnoj ishrani iskorišćavanje hraniva kreće se oko 80%.

Rezultati dosadašnjih istraživanja ukazuju da ne postoje principijelne razlike u mehanizmu i ekologiji usvajanja jona preko lista i korena, tj. njegovog transporta preko plazmaleme ćelija lista. Selektivnost pri usvajanju pojedinih jona u listu i korenu je, takođe, slična. To je i očekivano jer su ćelije korena i lista istog porekla i slične po građi. Razlike u mehanizmu usvajanja jona preko korena i lista proističu iz njihove nejednake građe. Površina lista je prekrivena kutikulom, na njegovoj površini nalaze se stome, a sunderasto i palisadno tkivo i ćelije zatvaračica stoma sadrže hloroplaste. Propustljivost kutikule određuje njena struktura i hemijski sastav. Usled postojanja izvesnog razmaka između lanaca hidrosimasnih kiselina u kutikuli nastaju međumolekularni prostori, koji su dovoljno veliki za prolaznja jona i manjih molekula. Joni i molekuli mogu da prolaze kroz kutikulu ako postoji koncentracioni gradijent između spoljašnje i unutrašnje stane kutikule, pri čemu se kretanje čestica zasniva na difuziji. Sledeća prepreka je ćelijski zid. Prolaznja rastvorljivih materija preko ćelijskog zida epidermalnih ćelija i njihov transport do plazmaleme dovođa se u vezu sa hidrofilnim mikrokanalima, ektodezmima (Franke, 1975). Intenzitet transporta kalijuma preko kutikule zavisi, pored ostalog, od vlažnosti, pratećeg anjona i temperature (Schönherr i Luber, 2001).

Odavno je utvrđeno da je usvajanje kalijuma preko lista aktivan proces, zavisao od prometa energije u ćeliji, kao i njegovo primanje preko korena (Rains, 1969). U plazmalemi ćelije lista ima oko 200 K^+ -kanala po ćeliji. Transport jona kroz jonske kanale je veoma brz, od 10^6 do 10^8 jona po sekundi. Pri proučavanju brzine usvajanja jona kalijuma, rubidijuma i fosfatanog jona od strane lista, zavisno od koncentracije jona u spoljašnjoj sredini, uočena su dva kinetička sistema slična kao i u ćelijama korena. Prvi funkcioniše na nižim koncentracijama, a drugi na višim.

Zahvaljujući činjenici da su biljke sposobne da mineralne materije usvajaju i preko nadzemnih organa, u biljnoj proizvodnji primenjuje se prihrana biljaka mineralnim materijama preko listova (folijarna prihrana) sa razblaženim rastvorima soli, pored ostalog i kalijuma (kalijum-nitrat, sulfat, hlorid, tiosulfat, fosfat i kompleks kalijuma sa glicinom) (Weir et al., 2001, Lester et al., 2011). Folijarna ishrana sa kalijumom pored toga što utiče povoljno na prinose, može da poboljša i kvalitet proizvoda (Ben Mimoun et al., 2009). Efikasnost folijarne primene kalijuma zavisi od oblika kalijumovog jedinjenja, vremena i učestalosti tretmana u toku vegetacije, obezbeđenosti hranljivog supstrata kalijumom i dr. Usvajanje soli kalijuma zavisi i od pratećeg anjona. Prema Schönherr i Luber (2001) za K_2CO_3 iznosi 44%; KCl 86%; KNO_3 95% i KH_2PO_4 97%.

Činioci usvajanja preko nadzemnih organa

Intenzitet usvajanja jona preko nadzemnih organa zavisi od brojnih ekoloških i unutrašnjih činilaca (Kastori, 1984, 2011).

Spoljašnji činioci

Od ekoloških činilaca veoma je značajna osobina primenjenog rastvora. Iz rastvora veće koncentracije usvajanje je intenzivnije, ali samo dok je on hipotoničan u odnosu na osmotski potencijal ćelija lista. Primena hipertoničnog rastvora izaziva plazmolizu ćelije lista, stvaranje ožegotina. Kalijum-sulfat se koristi u koncentraciji do 1%. Povrtnarske i hortikulture vrste su obično osetljivije na veću koncentraciju rastvora od strnih žita. Veoma je značajna i rastvorljivost đubriva u vodi. Kalijumova mineralna đubriva, kalijum-nitrat, hlorid i sulfat, kao i kristalna đubriva koja sadrže kalijum, su u vodi dobro rastvorljiva. Na usvajanje jona preko lista utiče i jonski sastav rastvora, kao i fiziološke i hemijske osobine pratećih anjona i katjona.

Pored koncentracije veoma je značajna i pH vrednost rastvora. Listovi biljaka bolje podnose kisele nego alkalne rastvore. Smatra se da rastvor oko pH 3 ne oštećuje listove, dok vrednost oko pH 8 može da izazove ožegotine. Dikotiledone biljke su u proseku osetljivije na previsoke ili niske vrednosti pH od monokotiledona. Od povrtnarskih vrsta na ekstremne vrednosti pH naročito su osetljivi listovi paradajza i krastavca.

Sa stanovišta iskorišćavanja hraniva nanetih na površinu lista veoma je značajno da rastvor dospe na celu lisnu površinu. Tehnički to je moguće postići tako što se rastvor na nadzemne organe nanosi u vidu sitnih kapljica – aerosola (prečnik kapljica od 0,1 do 0,2 mm). Veoma je značajno, takođe, da se rastvor nanet na list zadrži što duže. Zato se preporučuje da se folijarna prihrana obavi u ranim jutarnjim ili još bolje u kasnijim popodnevним časovima, kada je relativna vlažnost vazduha veća. Suv vazduh i visoka temperatura dovode do rekristalizacije soli u nanetom rastvoru, što onemogućava i/ili smanjuje usvajanje primenjenog hraniva, a može da izazove i ožegotine (Schönherr, i Luber, 2001).

Povećanjem temperature do određene granice povećava se primanje jona preko lista (Kastori, 1976). Temperaturni koeficijent (Q_{10}) za usvajanje pojedinih jona je različit i zavisi od niza činilaca.

Odavno je uočeno da svetlost utiče na usvajanje mineralnih materija preko lista tako i kalijuma (Nobel, 1969). Svetlost svojim intenzitetom i kvalitetom utiče na usvajanje jona preko nadzemnih organa. Povećanjem intenziteta svetlosti do određene granice povećava se primanje jona. Smatra se da svetlost utiče na usvajanje jona svojim direktnim delovanjem na permeabilnost plazmaleme, i preko svetle i tamne faze fotosinteze.

Unutrašnji činioci

Različite biljne vrste, pa čak i genotipovi, imaju nejednaku sposobnost usvajanja pojedinih jona preko lista (Kastori i Báлинд, 1977). Površina i građa lista, njegov položaj na biljci, razvijenost kutikule, a posebno životna aktivnost imaju značajnu ulogu pri folijarnom usvajanju jona (Kastori, 1984).

Ispitivanja koja su izvedena sa listovima različite starosti pokazala su da mineralne materije najintenzivnije usvajaju najmlađi listovi i da postoji visok stepen pozitivne korelacije između intenziteta disanja i fotosinteze i usvajanja jona. Uopšteno se može reći da mlađi, metabolitički aktivni listovi, usvajaju mineralne materije intenzivnije od manje aktivnih starijih listova.

Stepen obezbeđenosti biljaka mineralnim materijama, takođe, utiče na intenzitet usvajanja. Biljke nedovoljno obezbeđene nekim elementom će usvajati taj element mnogo intenzivnije nego ako su njime dobro obezbeđene.

Primenom radioaktivnih izotopa neki autori su utvrdili da između usvajanja mineralnih materija preko lista i broja stoma po jedinici površine lista postoji pozitivna korelacija (ali ne i sa veličinom njihovog otvora).

Usvajanje jona preko lista zavisi i od debljine, strukture i sastava kutikule. Pomenuta svojstva su različita kod pojedinih biljnih vrsta, na licu i naličju lista, kao i u pojedinim delovima liske. Propustljivost kutikule se smanjuje sa starošću lista i na naličju lista je obično veća nego na licu.

Drake koje se nalaze na površini lista utiču na usvajanje jona kako neposredno tako i posredno. One utiču na kvašenje površine lista i vezivanje materija, pored toga učestvuju i neposredno u usvajanju jona. Ako se nalaze iznad provodnih sudova tada apsorbovani joni veoma brzo dospevaju u transportni sistem lista.

Usvojena količina mineralnih materija zavisi i od veličine lisne površine. Neophodni preduslov uspešne folijarne ishrane je dovoljno velika lisna površina. Položaj listova je, takođe, značajan, pošto se na listovima sa manje-više vertikalnim položajem samo mala količina nanetog rastvora zadržava.

Odavanje kalijuma

Biljke mogu preko korena i nadzemnih organa, prvenstveno listova, da odaju mineralne i organske materije u spoljašnju sredinu. Intenzitet odavanja materija preko korena i nadzemnih organa zavisi od brojnih unutrašnjih i spoljašnjih činilaca. Usvajanje i odavanje mineralnih materija preko korena teče istovremeno. Razlika između usvojene i odate količine mineralnih materija predstavlja neto usvajanje. Odavanje mineralnih ma-

terija preko korena, tako i kalijuma, zavisi od brojnih ekoloških činilaca (temperature, koncentracije jona u spoljašnjoj sredini, aeriranosti sredine i dr.) i unutrašnjih činilaca (integriteta plazmaleme, transmembralnog elektrohemijuskog potencijala, obezbeđenosti biljaka mineralnim materijama i dr.). Postoji mišljenje da je odavanje kalijuma preko korena u spoljašnju sredinu difuzni proces, nezavisan od metabolizma. Nasuprot tome, neki autori navode da je aktivan proces zasnovan na razlici u elektrohemijuskom potencijalu. Prema Mengel i Pflüger (1972) odavanje kalijuma i natrijuma preko korena kukuruza je difuzni proces. Bouteau et al. (1996) ističu postojanje membranskog kanala orijentisanog prema spolja, što omogućava odavanje jona kalijuma. Pri niskoj vrednosti pH i smanjenja vodnog potencijala sredine korena odavanje kalijuma preko korena se povećava, pri tome se određena uloga pripisuje i ABA (Erlandsson, 1979). Niska temperatura i mrak, takođe, povećavaju odavanje kalijuma u spoljašnju sredinu.

Listovi mogu da odaju mineralne materije preko hidatoda i pomoću sonih žlezda. Padavine, posebno kisele kiše, mogu da ispiraju značajnu količinu mineralnih materija, posebno kalijuma, iz listova. Ispiranje mineralnih materija iz listova je intenzivnije iz starijih listova. Utvrđeno je da se mineralne materije usvojene preko lista mogu odati u spoljašnju sredinu i preko korena.

Transport kalijuma provodnim sudovima

Transport vode, mineralnih i organskih materija u biljkama na veće rastojanje odvija se u provodnim sudovima u ksilemu i floemu.

Transport ksilemom

Uzlazni (ascendentni, akropetalni) transport vode, neorganskih jona i organskih molekula (amino-kiselina, amida, fitohormona, alkaloida i dr.) iz korena u nadzemne organe odvija se u provodnim sudovima ksilema. U višim biljkama od izuzetnog je značaja transport mineralnih materija iz korena u nadzemne organe, mesta njihovog uključivanja u metabolitičke procese i ugradnju u organska jedinjenja.

U korenu postoje dva međusobno odvojena puta transporta jona do ksilema. Jedan je u prividno slobodnom prostoru u apoplastu kroz koji se joni pasivno kreću, a drugi je kroz simplast u koji joni ulaze iz prividno slobodnog prostora i aktivnim transportom dospevaju do provodnog suda. Organske materije dospevaju u ksilem preko živih ćelija endoderma koje ih aktivno izlučuju. Kretanje organskih molekula u ksilemu je pasivno. One su nošene naviše zajedno sa strujom vode koju izaziva transpiracija.

U prividno slobodnom prostoru, tj. apoplastu joni se kreću pod uticajem transpiracije i difuzijom. Pri transportu kroz apoplast joni mogu dospeti do endodermisa korena, gde im Casparyjev pojas zatvara dalji put ka provodnim sudovima. Endodermis u korenu je mesto gde pasivno transportovani joni iz prividno slobodnog prostora ulaze u citoplazmu i dalje se transportuju aktivno po simplastu korena.

Ako joni aktivnim transportom ulaze u citoplazmu ćelije epidermisa korena iz spoljašnjeg rastvora, ili iz prividno slobodnog prostora ćelije kore, tada je moguće da putem plazmodezmi dospevaju do provodnih sudova. Protoplazma svih ćelija, prema tome i korena, međusobno je povezana plazmodezmima, tako da ceo koren u stvari predstavlja međusobno povezani sistem koji se naziva simplast. Simplast bi predstavljao put aktivno usvojenih jona do provodnih sudova. U toku transporta jona iz simplasta korena u ksilem joni mogih elemenata se uključuju u metabolizam korena. Ključnu ulogu u ulaženju kalijuma u provodni sud ksilema imaju ćelije parenhima ksilema (De Boer, 1999).

U ksilemu se mineralne materije transportuju samo uzlazno, dok se u floemu prenose u oba pravca, uzlazno i silazno (descendentno, bazipetalno). Pokretačka snaga transporta u ksilemu je gradijent hidrostatičkog pritiska (korenov pritisak) i gradijent vodnog potencijala, odnosno transpiracija. Ulaženje kalijuma u sok ksilema smanjuje vodni potencijal, što podstiče usvajanje vode (Baker i Weatherley, 1969). Intenzivno usvajanje vode nije obavezno povezano sa intenzivnim usvajanje mineralnih materija, pošto su to dva odvojena procesa. Uopšteno je prihvaćeno da je transpiracija glavna pokretačka snaga ne samo za transport vode, nego i za translokaciju mineralnih materija u ksilem (Smith, 1991). Usvajanje kalijuma je manje-više nezavisno od transpiracije. U mladim biljkama, poncima, koji se odlikuju malom lisnom površinom, glavna pokretačka snaga transporta vode i mineralnih materija u ksilem je korenov pritisak. U toku dana, pri svetlosti, uticaj transpiracije na usvajanje i translokaciju mineralnih materija je veći nego u toku noći. Transpiracija utiče i na distribuciju nekih elemenata u izdanku (mangan, bor, kalcijum). Najveći deo usvojenog kalijuma prenosi se ksilemom u izdanak, ali postoji i intenzivan lateralni transport kalijuma iz ksilema u floem, čime je omogućeno snabdevanje sitastih cevi i tkiva kore kalijumom.

U toku vegetativnog rasta najveći primalac kalijuma je primarni meristem. Značaj kalijuma u primarnom meristemu ogleda se u stimulaciji ATP_{ase} plazmaleme koja obezbeđuje potrebne uslove za usvajanje metabolita, kao što su šećeri i amino-kiseline. U toku generativne ili reproduktivne faze povećan je transport kalijuma u plodove sa većim sadržajem vode. U njima kalijum obezbeđuje osmotski balans. Reproductivni organi koji se odlikuju manjim sadržajem vode nemaju veći zahtev za kalijumom. Tako,

na primer, kod žita dobro obezbeđenih kalijumom u toku vegetativne faze, obezbeđenje kalijumom u generativnoj fazi nema većeg značaja u formiranju zrna (Mengel i Forster, 1968). Visoka koncentracija kalijuma u listovima u toku nalivanja zrna veoma je značajna za translokaciju asimilata u zrnu i za biosintezu proteina u zrnu.

Transport floemom

Pri premeštanju mineralnih materija iz listova ili nekog drugog organa u niže delove biljke oni se transportuju u floemu. Transport organskih molekula iz fotosintetički aktivnih delova biljke do vrha biljke ili do korena obavlja se isključivo kroz floem. Floem se razlikuje od ksilema ne samo po građi već i po funkciji. Ksilem je izgrađen od mrtvih ćelija, a floem se sastoji od živih elemenata, među kojima su, sa gledišta transporta, najznačajniji sitasti elementi i ćelije pratilice. Kao što je već istaknuto, transport u ksilemu se odvija samo u jednom pravcu, uzlazno, a u floemu dvosmerno, uzlazno i silazno. Mehanizam transporta u floemu prema hipotezi Münicha zasnovan je na radu osmometra. Prema pomenutoj hipotezi nakupljanje šećera u floemu lista dovodi do povećanja koncentracije soka floema, što ima za posledicu ulaženje vode u floem i stvaranje pozitivnog unutrašnjeg pritiska. Ovaj pritisak izaziva protok mase u floemu i kretanje soka floema ka mestu sa manjim pozitivnim pritiskom izazavan izlaskom rastvora iz floema. Na ovaj način se obezbeđuje transport organskih materija iz mesta njihovog stvaranja ka mestu potrošnje. Glavni pravac transporta mineralnih materija u floemu kreće se sa mesta izvora (listovi, stablo) prema mestima intenzivnog rasta, tj. potrošnje mineralnih materija (vršni delovi izdanka, plodovi i dr.).

Sok floema im visoku pH vrednost (od 7,5 do 8,5) i visoku koncentraciju rastvorljivih organskih i mineralnih materija. Koncentracija suve materije u soku floema u proseku se kreće od 15 do 25% i znatno je veća od koncentracije soka ksilema. Od mineralnih materija u soku floema najveća je koncentracija kalijuma, zatim fosfora, magnezijuma i sumpora. Koncentracija natrijuma i hlora, zavisno od nivoa obezbeđenosti biljaka ovim elementima, može da bude takođe značajna. Koncentracija kalcijuma u soku ksilema je veoma niska, dok su bor, molibden i nitratni jon prisutni samo u tragovima. Izuzev kalcijuma koncentracija ostalih elemenata i organskih materija je u floemu značajno veća nego u ksilemu. Koncentracija kalijuma u soku floema sivozelenog duvana (*Nicotiana glauca*) iznosio je 10.808, a u soku ksilema svega 283 $\mu\text{g ml}^{-1}$ (Hocking, 1980).

Kalijum se u floemu transportuje u vidu jona. Visoka koncentracija kalijuma u soku floema ukazuje na mogućnost brzog transporta ovog elementa u sve delove biljke. Intenzitet transporta kroz floem u značajnoj

meri zavisi od brzine ulaženja jona u sitaste cevi. Brzina transporta u floemu u proseku se kreće od 10 do 100 cm h⁻¹, a u ekstremnim slučajevima i od 3 do 30 m h⁻¹. Brzina transporta pojedinih jona je različita. U floemu se veoma brzo provode, imaju veoma dobru pokretljivost kalijum, azot, fosfor, hlor i dr.

Transport između ksilema i floema

Za razliku od životinja koje imaju zatvoren sistem cirkulacije materija, najznačajniji putevi transporta u viših biljaka na veće rastojanje putem floema i ksilema nisu neposredno povezani jedni sa drugim. Razmena rastvora između floema i ksilema je veoma značajna. Vezu između njih omogućava lateralni transport. Pošto je koncentracija soka floema veća nego u ksilemu, transport iz floema u ksilem predstavlja "nizbrdni" proces preko plazmaleme ćelija sitastih cevi, ukoliko postoji odgovarajući koncentracioni gradijent. Nasuprot tome, transport iz ksilema u floem je "uzbrdni", aktivni proces pošto se odvija nasuprot gradijentu koncentracije između apoplazme (ksilem) i simplazme ćelija parenhima koje okružuju ksilem i ćelija floema. Transport iz ksilema u floem je veoma značajan sa stanovišta mineralne ishrane biljaka, pošto se mineralne materije putem ksilema prenose prevashodno u organe, delove biljke u kojima je odavanje vode intenzivno, što se često ne podudara sa zahtevom za mineralnim materijama. Transport između ksilema i floema odvija se tokom prenosa organskih i mineralnih materija iz korena u izdanak, pri čemu stablo ima izuzetan značaj. U prenosu materija iz ksilema u floem značajna uloga pripada transfer ćelijama (Kuo et al., 1980). U stablu žita prenos iz ksilema u floem veoma je intenzivan u nodusu (čvoru), što je značajno sa stanovišta njihove ishrane kalijumom (Haeder i Beringer, 1984).

Sa stanovišta ishrane biljaka veoma je značajan i transport iz floema u ksilem (Jeschke et al., 1987). U pšenici je, posle cvetanja, retranslokacija iz floema lista zastavičara u stablo kroz ksilem utvrđena kod fosfora, magnezijuma i azota. Pomenuti elementi su kasnije putem ksilema transportovani u klas (Martin, 1982).

Retranslokacija i remobilizacija

Retranslokacija ima važnu ulogu u kruženju elemenata u biljkama. Ulaženje mineralnih materija u ksilem i njihov prelaz (retranslokacija) u floem (osim kalcijuma i verovatno mangana) je normalna pojava u životu listova. Retranslokacija mineralnih materija iz ksilema u floem odvija se brzo, ali je u to uključen samo manji deo mineralnih materija liske.

Značajan deo mineralnih materija retranslociran u floem transportuje se u koren. Iz korena putem ksilema veći deo, naročito kalijuma i magnezijuma, vraća se u izdanak (Jeschke i Pate, 1991). Prema Cooper i Clarkson (1989) u pšenici i raži 30% kalijuma kruži između izdanka i korena. Retranslokacija mineralnih materija iz listova u koren može da ima različitu ulogu. Ona može da spreči preterano nakupljanje nekog elementa u listovima ili predstavlja signal korenu o stepenu obezbeđenosti nadzemnih organa mineralnim materijama i da na taj način utiče na njihovo dalje usvajanje preko korena (White, 1997).

Remobilizacija elemenata ima važnu ulogu u životu biljaka. Remobilizacijom elemenata omogućava se pokretanje, oslobađanje elemenata iz jednog kompartimenta ili organele, npr. kalijuma, magnezijuma, amino-N i dr., iz vakuole ili jedinjenja i time njihovo ponovno uključivanje na drugom mestu u životne procese. Remobilizacija mineralnih materija ima naročito važnu ulogu u toku klijanja semena, u vegetativnoj fazi života biljaka kada je obezbeđenost korenovog sistema mineralnim materijama nedovoljna, u reproduktivnoj fazi pri formiranju plodova i u višegodišnjih biljaka pre opadanja listova. Remobilizacija mineralnih materija se odvija u nekoliko stepena i obuhvata: mobilizaciju u ćeliji lista; transport na malo rastojanje u simplastu do floema; ulaženje u floem i transport floemom. Naročito je značajna remobilizacija mineralnih materija u reproduktivnoj fazi razvoja biljaka, pri obrazovanju organa za skladištenje rezervnih materija, semena, plodova. U toj fazi intenzitet usvajanja mineralnih materija od strane korena se smanjuje, većinom kao posledica nedovoljne obezbeđenosti korena ugljenim hidratima. Potrebe reproduktivnih organa u mineralnim materijama većim delom se obezbeđuju njihovom remobilizacijom iz vegetativnih organa. U toj fazi dovođenje mineralnih materija u listove je manje nego njihovo odvođenje retranslokacijom, usled čega se sadržaj mineralnih materija u njima smanjuje.

Kalijum ima dobru pokretljivost u ksilemu i floemu i zahvaljujući tome podleže retranslokaciji i remobilizaciji. Time se može objasniti činjenica da se prvi znaci neodstatka kalijuma redovno javljaju na najstarijim listovima.

Kompartimentacija i koncentracija

Od svih katjona, biljke u najvećoj količini usvajaju kalijum. Sadržaj kalijuma u suvoj materiji biljaka može da dostigne 4 do 5%, pa i više. Neke biljke sadrže više ovog sastojka od ostalih i ubrajaju se u grupu kalijumovih (kalifilnih) biljaka. U ovu grupu spadaju: spanać, cvekla, krompir, paprika, lucerka, duvan, suncokret, heljda i dr., kao i neke višegodišnje drvenaste biljke – američki orah, bukva i dr. Udeo kalijuma u pepelu ovih biljaka

veoma je velik. Tako, na primer, u pepelu heljde i suncokreta sadržaj K_2O iznosi oko 40, odnosno 35%.

Kalijum se u biljnim tkivima najvećim delom nalazi u jonskom obliku. Samo veoma mali udeo od ukupne količine kalijuma je vezan za organske ligande.

Ako se analizira distribucija kalijuma u biljci po organima, može se utvrditi da je najviše kalijuma u listu, stablu, korenu, a zatim u reproduktivnim organima. Njegova raspodela čak ni na nivou jednog organa nije ravnomerna. Kalijum se u najvećoj meri nakuplja u najmlađim organima, odnosno delovima, tkivima biljaka, gde je intenzivna deoba ćelija, u vegetacionoj kupi korena, stabla, u sočnim plodovima ili pak u organima u kojima je promet materija intenzivan u listovima – zbog čega se kalijum s pravom može nazvati elementom mladosti.

Posmatrajući lokalizaciju kalijuma na nivou pojedinih tkiva može se uočiti da se kalijum u stablu u najvećim količinama nalazi u kambijumu, parenhimu kore i u sitastim cevima. U listu ga najviše ima u palisadnom parenhimu.

Raspodela kalijuma unutar ćelije je, takođe, nejednaka. Joni kalijuma nalaze se u tečnosti ćelijskog zida, citoplazmi i ćelijskim organelama (hloroplastima, mitohondrijama, jedru, vakuoli i dr.). Naročito je visok sadržaj kalijuma u citoplazmi. Sadržaj kalijuma u citoplazmi određuje transport kalijuma iz zemljišnog rastvora u citoplazmu i njegovo odavanje iz citoplazme i transport u vakuolu i njegovo odavanje iz vakuole u citoplazmu. Transportne procese kataliziraju transporteri koji se nalaze u plazmalemi i tonoplastu. Koncentracija kalijuma u citoplazmi kreće se od 80 do 200 mM. Do smanjenja njegove koncentracije u citoplazmi dolazi u uslovima nedostatka kalijuma, toksičnosti aluminijuma i amonijuma, kao i pri somnom stresu (Britto i Kronzucker, 2008). Visoka koncentracija kalijuma u citoplazmi svojstvena je za sve eukariotske ćelije. Koncentracija kalijuma u vakuoli kreće se od 20 do 100 mM i ona odražava nivo obezbeđenosti kalijumom (Fernando et al., 1992). U vakuoli ćelijama stoma njegova koncentracija može da dostigne 500 mM.

Usavršavanje metoda izolacije ćelijskih organela omogućilo je ispitivanje sadržaja pojedinih elemenata u organelama ćelija. Prvi rezultati o sadržaju kalijuma u hloroplastima, mitohondrijama i jedru objavljeni su još sredinom prošlog veka (Kastori, 1983). Larkum (1968) navodi da hloroplasti repe sadrže oko 300 mM kalijuma, dok prema ispitivanjima Nobela (1969) u hloroplastima graška kalijuma ima manje, svega 100 mM. Na visok sadržaj kalijuma u jedru ukazuju rezultati ispitivanja Sieberta (1970). Kalijum se u hloroplastima, mitohondrijama i jedru nalazi u veoma labilno vezanom obliku. Na osnovu postojećih rezultata ispitivanja može se zaključiti da je kalijum neophodan za normalnu funkciju ćelijskih organela.

Na osnovu podataka iz literature o lokalizaciji kalijuma u biljci, odnosno u pojedinim organima, tkivima i organelama, proizlazi da svuda gde se odigravaju procesi značajni za život biljaka, kao što su sinteza energijom bogatih organskih fosfornih jedinjenja, nukleinskih kiselina, gde je uopšte enzimaska aktivnost velika, dolazi do akumulacije kalijuma. To sigurno nije slučajno, već ukazuje na značajnu ulogu i neophodnost kalijuma za odvijanje svih životnih procesa biljaka.

Fiziološka uloga

Aktivacija enzima

Utvrđeno je da relativno velik broj enzimatskih reakcija za optimalnu aktivnost zahteva prisustvo kalijumovih jona. Kalijum je kofaktor za velik broj enzima koji učestvuju u brojnim značajnim metaboličkim procesima. U enzimima aktiviranim metalnim jonima joni metala su slabo vezani za protein, pored toga imaju značajnu ulogu u ukupnoj aktivnosti enzima. Kod takvih enzima postoji ravnoteža između jona metala (M), enzima (E) i metalom aktiviranog enzima (ME).



Kod ove grupe enzima jednostavnim hemijskim postupkom moguće je odvojiti metal od proteina, pri čemu se aktivnost proteina oslobođenog od metala ne gubi u potpunosti. Kod ovih enzima specifičnost prema metalu nije jako izražena, dok je specifičnost proteina značajna. U jone elemenata koje obrazuju aktivirane enzime ubrajaju se: kalijum, natrijum, magnezijum, kalcijum, cink i mangan. Stvaranjem kompleksa između metalnog jona i proteina mogu se stabilizirati neke konformacije proteina i na taj način uticati na fizičke i biološke osobine proteina. Joni metala utiču i na strukturu i funkciju nukleotida i nukleinskih kiselina, pre svega preko stabilizacije strukture.

Utvrđeno je da preko šezdeset različitih enzima aktivira jednovaleantne katjone i to u najvećem broju jon kalijuma (Evans i Wildes, 1971). Jon kalijuma se vezuje za enzim, menja njegovu konformaciju, što dovodi do aktivacije enzima. Pri stvaranju kompleksa kalijuma sa organskim molekulom atomi kiseonika su orijentisani prema pozitivnom naboju jona kalijuma (Mengel, 2006). Joni kalijuma aktiviraju: ligaze (sintetaze) koje katalizuju povezivanje dva molekula uz učešće ATP; oksidoreduktaze koje katalizuju prenošenje elektrona sa jednog molekula na drugi; transferaze enzime koje prenose funkcionalne grupe, odstranjuju grupe sa jednog

molekula i vezuju ih za drugi molekul (Tab.19). Pored navedenog, kalijum aktivira i brojne druge enzime i zahvaljujući tome on je neophodan za sintetske procese i brojne reakcije metabolizma energije.

Tab.19. Neki enzimi koje aktivira K^+

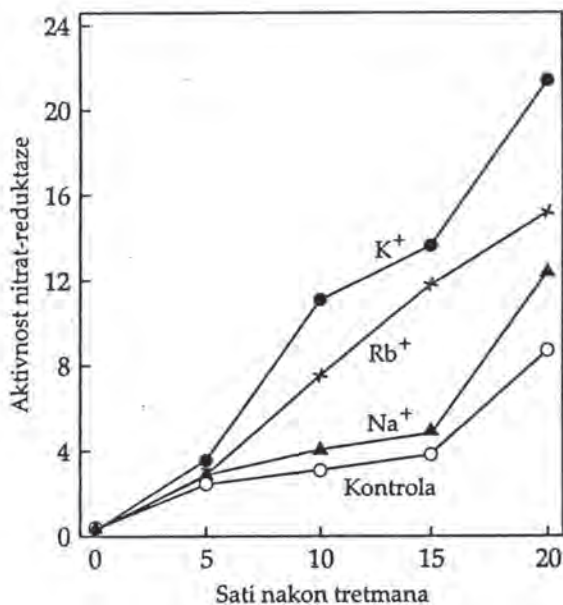
Ligaze	Oksidoreduktaze	Transferaze
acetil-CoA sintetaza	glicerol dehidrogenaza	fruktokinaza
NAD sintetaza	malat dehidrogenaza	adenil kinaza
glutation sintetaza	nitrat-reduktaza	piruvat kinaza
malat ezim	sukcinat dehidrogenaza	fosfoheksokinaza
sintetaza skorba	izocitrat dehidrogenaza	peptidiltransferaza
saharoza fosfat sintetaza		heksokinaza

Brojne enzimske reakcije koje aktivira kalijum su specifične i njegovu ulogu ne mogu ili samo delimično mogu da preuzimaju drugi jednovalentni katjoni. Oji i Izawa (1969) proučavali su uticaj jednovalentnih katjona na aktivnost nitrat-reduktaze i nitrit-reduktaze i utvrdili su stimulatívno dejstvo posebno kalijuma na njihovu aktivnost (Sl.6). U poređenju sa drugim jednovalentnim katjonima aktivnost sintetaze skroba je, takođe, u najvećoj meri povećao kalijum (Mengel, 1976).

Kalijum učestvuje kao kofaktor u nizu procesa pri kojima se stvaraju prekursori makroenergetskih jedinjenja (npr. u procesima glikolize, pentozofosfatnom ciklusu, respiratornom lancu, fotosintezi), kao i pri transformaciji nekih metabolita iz Krebsovog ciklusa. Kod biljaka gajenih u odsustvu kalijuma dolazi do snažne inhibicije metabolizma usvojenog mineralnog fosfora, tako da se on akumulira u neorganskom obliku, dok je ugrađivanje u organskim jedinjenjima znatno smanjeno.

Koncentracija kalijuma potrebna za aktivaciju enzima je prilično visoka, oko 50 mM. Ovo ukazuje da se mehanizam aktivacije jona kalijuma razlikuje od dvovalentnih katjona i teških metala. Zavisnost aktivacije enzima od koncentracije kalijuma kod nitrat-reduktaze utvrđena je kod šećerne repe (Petrović et al., 1991). Sa povećanjem koncentracije kalijuma sa 1,0 do 15,0 mM značajno se povećala aktivnost nitrat-reduktaze kako u listu tako i u korenu šećerne repe.

Sl. 6. Dejstvo jednovalentnih katjona na aktivnost nitrata-reduktaze ($\mu\text{M NO}_2/\text{mg proteina/ minut}$) kod mladih biljaka pirinča (Oji i Izawa, 1969)



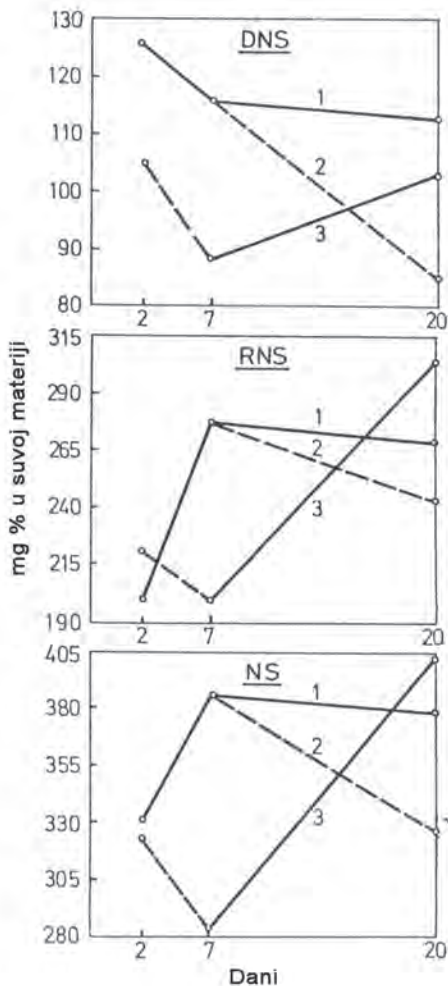
Sinteza nukleinskih kiselina i proteina

Uloga kalijuma kao kofaktora u biosintezi nukleinskih kiselina i proteina intenzivno se proučava od druge polovine prošlog veka. Detaljan pregled rezultata pomenutih istraživanja dat je u radu Grujić i Kastori (1973). Ova ispitivanja su uglavnom vršena na mikroorganizmima, a znatno manje na tkivima životinja i viših biljaka.

Kalijum je neophodan za niz reakcija u kojima se vrši biosinteza purinskih nukleotida, kao i u reakcijama za povišenje stepena fosforilacije adenzinfosfata. Ova činjenica jasno ukazuje na razlog što biljke gajene u odsustvu kalijumovih jona imaju smanjenu biosintezu ne samo nukleotida i makroenergetskih jedinjenja već i nukleinskih kiselina (Sl.7). Prisustvo kalijuma je neophodno i za pojedine etape biosinteze nukleinskih kiselina i specifičnih proteina (stvaranje ribozoma, aminoacil-tRNK, proces vezivanja aminoacil-tRNK). Ispitivanja uticaja kalijuma na ugrađivanja ^{32}P u pojedine grupe nukleinskih kiselina (tRNK, rRNK, TB-RNK i DNK) su pokazala da se u slučaju nedostatka kalijuma u značajnoj meri smanjilo njegovo ugrađivanje u tRNK (Kastori et al., 1978). Cocucci et al. (1988) su utvrdili stimulatívno dejstvo 1mM kalijuma na sintezu RNK i proteina u semenu *Phacelia tanacetifolia*.

Kalijum u značajnoj meri utiče na metabolizam azota u biljkama. U slučaju njegovog nedostatka dolazi do nakupljanja rastvorljivih azotnih jedinjenja (amida, amino-kiselina i nitrata) i toksičnih amina putrescina i agmatina, što ukazuje na njegovu ulogu u primarnoj asimilaciji nitrata i biosintezi proteina. Kao primer mogu se navesti rezultati ispitivanja Koch i Mengel (1974) koji su utvrdili da je u toku pet sati u biljkama duvana u prisustvu kalijuma ugrađivanje ^{15}N u proteine bilo 32%, a u odsustvu kalijuma svega 11%.

Imajući u vidu da kalijum utiče na veliki broj važnih enzimatskih reakcija, na fizičko-hemijske osobine koloida protoplazme, metabolizam nukleinskih kiselina i proteina, moguće je objasniti njegovu neophodnost za normalno odvijanje životnih procesa u biljkama, pa i šire u svim živim organizama.



Sl. 7. Koncentracija nukleinskih kiselina u izdanku mladih biljaka kukuruza pri različitoj ishrani kalijumom (Kastori et al., 1976). Sa K; Bez K---; 1. biljke gajene od 0 do 20 dana na potpunom hranljivom rastvoru ; 2. biljke od 0 do 7 dana gajene na potpunom hranljivom rastvoru, a od 7 do 20 dana pri nedostatku kalijuma ; 3. biljke od 0 do 7 dana gajene pri nedostatku kalijuma, a od 7 do 20 dana na potpunom hranljivom rastvoru.

Osmoregulacija i vodni režim

U osmoregulaciji učestvuju rastvorljive neorganske i organske materije. Kalijum ima značajnu ulogu u osmoregulaciji. Većina razvijenih ćelija odlikuje se velikom vakuolom. Kalijum u vakuolarnom soku ne predstavlja samo zalihu kalijuma, već i istovremeno i neophodnog osmotikuma. Njegova uloga kao osmotikuma je naročito značajna u tkivima koja intenzivno rastu. turgorov pritisak ima važnu ulogu u rasteњу ćelija. Utvrđeno je da kalijum povećava turgorov pritisak i podstiče rast kabijuma (Wind et al., 2004) (Tab.20).

Tab. 20. Uticaj ishrane kalijumom na turgorov pritisak i veličinu ćelija epidermisa mladih biljaka pasulja (Arneke, 1980)

Starost listova (dani)	Turgor listova (bar)		Veličina ćelija (mm ²)	
	K _{0,1}	K _{4,0}	K _{0,1}	K _{4,0}
18	4,2	6,5	0,99	1,38
24	4,3	6,6	0,91	2,05
30	5,6	8,7	0,79	1,37

Nakupljanje kalijuma u ćeliji dovodi do povećanja osmotskog pritiska i time ulaska vode u ćeliju i povećanja turgorovog pritiska, što je od velikog značaja za vodni režim biljaka. Visok osmotski potencijal u korenu je preduslov za transport vode u ksilem podstaknut turgorovim pritiskom. Pokretačka snaga transporta u ksilemu je gradijent hidrostatičnog pritiska (korenov pritisak) i gradijent vodnog potencijala.

Kalijum posredno i neposredno utiče na vodni režim biljaka. Njegovo dejstvo se ne ograničava samo na osmoregulaciju i time usvajanje i odavanje vode, već i na vododržuću sposobnost tkiva. Kalijum povećava vododržuću sposobnost biljaka (Scherer et al., 1982), što je veoma značajno u uslovima nedovoljne obezbeđenosti biljaka vodom, pošto se time omogućava efikasnost fotosinteza i veći prinos. Pored toga, u uslovima dobre obezbeđenosti biljaka kalijumom povećava se efikasnost iskorišćavanja vode (proizvedena jedinica suve materije po jedinici transpirirane vode) (Jensen i Tophoj, 1985).

Kalijum ima veoma važnu ulogu i u regulaciji stomatodne transpiracije biljaka, pošto učestvuje u mehanizmu pokreta ćelija zatvaračica stoma. Kalijum je najznačajniji osmotikum u ćelijama zatvaračicama stoma (Talbot i Zeiger, 1996). Povećanje koncentracije kalijuma u ćelijama zatvaračica ima za posledicu povećanje osmotskog potencijala i time usva-

janje vode od strane ćelija zatvaračica stoma. Shodno tome, povećava se i turgorov pritisak u ćelijama zatvaračica što dovodi do otvaranja stoma. Stomin otvor se zatvara u mraku ili pod uticajem ABA, pri čemu dolazi do odavanja kalijuma i pratećih anjona od strane ćelija zatvaračica, smanjenja osmotskog potencijala i turgorovog pritiska. Istovremeno dolazi do povećanja koncentracije kalijuma i pratećih anjona u apoplastu ćelija zatvaračica.

Pošto kalijum utiče i na usvajanje i na odavanje vode, brojni autori su utvrdili njegovo povoljno dejstvo na otpornost biljaka prema nedostatku vode. Ova činjenica je veoma značajna, pošto u mnogim regionima nedostatak vode ograničava visinu prinosa gajenih vrsta.

Fotosinteza i disanje

Brojni autori su u prošlosti utvrdili povoljno dejstvo kalijuma na fotosintezu. Uticaj kalijuma na fotosintezu može biti neposredan i posredan. Kalijum povećava intenzitet asimilacije ugljen-dioksida, utiče na transformaciju svetlosne energije u hemijsku i smanjuje difuzni otpor stoma za ugljen-dioksid (Tab.21). Smatra se da kalijum povoljno utiče i na transport elektrona u fotosintetičkom elektrontransportnom lancu i na taj način na stvaranje redukcionih ekvivalenata – NDPH i fosforilaciju – sintezu ATP, neophodnih činilaca za različite sintetske procesa, tako i asimilaciju ugljen-dioksida. Povećane koncentracije kalijuma povoljno utiču i na aktivnost RuBP- karboksilaze, ključnog enzima u asimilaciji ugljen-dioksida. Kalijum utiče na fotosintezu i posredno putem njegovog povoljnog dejstva na vodni režim, naročito u uslovima vodnog deficita. Behboudian i Anderson (1990) navode da je opadanje intenziteta fotosinteze u uslovima nedostatka kalijuma rezultat smanjenja fotosintetičkog kapaciteta, a ne zatvaranja stoma. Hloroplasti se odlikuju visokim sadržajem kalijuma. On je neohodan za strukturnu funkcionalnost hloroplasta. U uslovima nedostatka kalijuma dolazi do narušavanja strukture hloroplasta, a takođe i mitohondrija.

Tab. 21. Uticaj K^+ na asimilaciju CO_2 , fotorespiraciju i tamno disanje (Peoples i Koch, 1979)

K^+ u listu mg K/g SM	Asimilacija CO_2 mg/dm ² /h	Fotorespiracija dpm/dm ² /h	Tamno disanje mg/dm ² /h
12,8	11,9	4,00	7,56
19,8	21,7	5,87	3,34
38,4	34,0	8,96	3,06

Povećanje intenziteta fotosinteze u uslovima dobre obezbeđenosti kalijumom paralelno prati smanjenje mitohondrijalnog, tamnog disanja. U listovima sa viskom koncentracijom kalijuma ATP stvoren u fotosintezi nadomesti smanjenu sintezu ATP-a mitohondrijama.

Kalijum utiče i na translokaciju fotosintata. Kalijum podstiče ulaženje i transport šećera u sitaste cevi floema (Mengel i Haeder, 1977). Uticaj kalijuma se ne ograničava samo na translokaciju novo sintetizovane fotosintate, već podstiče i mobilizaciju rezervnih supstrata. Kalijum povećava mobilizaciju proteina iz listova i stabla i translokaciju amino-kiselina u zrno, kao i vezanog azota u kvržicama leguminoza.

Ostale fiziološke funkcije

Kalijum učestvuje i u mehanizmu pokreta viših biljaka. Uloga kalijuma u pokretu ćelija zatvaračica stominog aparata navedena je pri razmatranju njegove uloge u vodnom režimu biljaka. Kalijum učestvuje i u pokretima indukovane spoljašnjom draži – nastije koje pokazuju opšte odlike svih senzorskih mehanizama. Kada je nastija varijacione prirode kao što su fotonastije i seizmonastije, delovi organa menjaju položaj u prostoru na osnovu reverzibilne promene turgora u posebno adaptiranim ćelijama. Promena turgora izaziva smanjenje, skupljanje ili bubrenje ćelija u suprotnoj regiji od delovanja spoljašnje draži (savijanje i ispravljanje) u pokretačkom delu, pri čemu su K^+ , Cl^- i $malat^{2-}$ najznačajniji joni uključeni u osmoregulaciji, promeni turgora, zapremine ćelije i time pokreta lista i lisne drške (Satter et al., 1988). Fotonastije ili fotoniktinastije listova nekih biljaka su varijacioni pokreti, koje omogućava promena turgora u pulvinusu koji se nalazi u osnovi lisne drške. Slični mehanizmi su odgovorni i za seizmonastije, pokrete listova i drugih delova biljaka. Pokret se obavlja na osnovu promene turgora u pulvinusu. Ne isključuje se i uloga hormona.

Veoma je značajna uloga kalijuma u uspostavljanju ravnoteže anjona i katjona pojedinim i kompartmentima ćelije. Jon kalijuma je najznačajniji katjon u uspostavljanju ravnoteže sa mobilnim anjonima u ksilemu, folemu i vakuoli i imobilnim anjonima u citoplazmi i hloroplastima. Uloga kalijuma u uspostavljanju ravnoteže anjona i katjona ogleda se i u činjenici da je jon kalijuma prateći katjon pri transportu nitratnog jona na veće rastojanja u ksilemu, kao i pri njihovom skladištenju u vakuoli. Nakupljanje organskih kiselina, anjona u biljnim tkivima često je posledica transporta katjona kalijuma bez pratećeg anjona u citoplazmi.

Kalijumu se pripisuje i važna uloga u rastu ćelija. U rastu, izduživanju ćelija, pored povećanja sposobnosti istezanja ćelijskog zida, važnu ulogu ima nakupljanje osmotskih aktivnih materija i time povećanje osmotskog potencijala i turgora vakuole. Brojni literaturni navodi ukazuju da jon kali-

juma sa drugim, pre svega, neorganskim anjonima ili anjonima organskih kiselina, predstavlja najznačajni sastojak u vakuoli sa stanovišta povećanja turgorovog pritiska i izduživanja ćelija. Pored nakupljanja anjona i katjona u vakuoli kod nekih biljnih vrsta značajnu ulogu u stvaranju osmotskog potencijala može da ima nakupljanje šećera u vakuoli. Utvrđeno je i sinergističko dejstvo giberelinske kiseline i jona kalijuma u izduživanju izdanka (Guardia i Benlloch, 1980).

Kalijum utiče neposredno i posredno na brojne druge procese koje određuju hemijske, fizičke, organoleptičke i optičke osobine biljnih proizvoda i time njihovu hranidbenu i upotrebnu vrednost. Utiče, takođe, i na otpornost, toleranost biljaka prema stresnim uslovima biološke i ekološke prirode.

UTVRĐIVANJE OBEZBEĐENOSTI POVRĆA KALIJUMOM

Utvrđivanje obezbeđenosti povrća kalijumom ima izvanrednu važnost, posebno u intenzivnoj povrtarskoj proizvodnji, pošto čini ekonomsku, biološku i ekološku osnovu za primenu kalijumovih đubriva i time omogućava optimalnu ishranu biljaka, postizanje visokih i stabilnih prinosa i proizvodnju zdravstveno bezbedne, biološki punovredne hrane. Imajući u vidu da genetski potencijal rodnosti vrste, genotipa može da dođe do punog izražaja samo u optimalnim uslovima ishrane, već su početkom XIX veka (Soussure, 1804) učinjeni prvi naponi u pravcu iznalaženja objektivnih postupaka za utvrđivanje obezbeđenosti biljaka neophodnim elementima. Zato su korišćene različite objektivne metode kao što su: hemijska analiza zemljišta i biljaka, histohemijske, biohemijske i brze test metode, poljski i vegetacioni ogledi i dr. i subjektivna vizuelna dijagnostika. U svetlu savremenih saznanja iz oblasti hemije zemljišta i ishrane biljaka nepravilno je dati prednost nekoj od pomenutih metoda, pošto svaka od njih ima određene prednosti i nedostatke i po pravilu se međusobno dopunjuju. Najveću primenu u utvrđivanju obezbeđenosti biljaka mineralnim materijama i time potrebe za đubrenjem ima hemijska analiza zemljišta i biljaka. Hemijske analize zemljišta i biljaka smatraju se objektivnim metodama pošto se zasnivaju na konkretnim rezultatima analize.

Hemijska analiza zemljišta omogućava da se dobije opšta slika o plodnosti zemljišta i u okviru toga o ukupnom sadržaju i količini za biljke pristupačnih biogenih elemenata u zemljištu. Na osnovu graničnih vrednosti sadržaja pristupačnih oblika asimilata u zemljištu za biljke utvrđuje se njena obezbeđenost biogenim elementima i potreba za đubrenjem (Kastori, 1988). Pri tome se često ne vodi računa o specifičnim potrebama biljne vrste i genotipa u hranivima, i o mogućem antagonizmu i sinergizmu jona pri usvajanju. Pored toga, zemljišni ekstrakt u kojem se određuje sadržaj elemenata pri hemijskoj analizi zemljišta nije isto što i zemljišni rastvor odakle biljke u prirodi usvajaju hraniva. Ekstrakciono sredstvo samo delimično odlikava procese koji se odigravaju u rizosferi (Schilling et al., 1998). Stoga je veoma važno utvrditi šta za biljku znači utvrđen sadržaj pristupačnog oblika nekog hraniva u zemljištu, određen hemijskom ekstraktivnom metodom. S tim u vezi veoma je važna kalibracija metode, utvrđivanje graničnih koncentracija, nivoa obezbeđenosti zemljišta

hranivima. One mogu da posluže kao osnova za utvrđivanje potrebe za primenom i delovanjem đubrenja. Pored toga, potrebno je imati u vidu da se, pri hemijskoj analizi zemljišta pri utvrđivanju obezbeđenosti hranivima kod jednogodišnjih useva, uzorci uzimaju sa površinskog sloja zemljišta, a biljke deo hraniva uzimaju i iz veće dubine. Rezultati hemijske analize zemljišta odražavaju trenutno stanje, koje se pod uticajem spoljašnje sredine (temperature, padavina i dr.) vremenom menja. Svaka metoda, tako i analiza zemljišta, ima svoje dobre i loše osobine. Neosporno je, međutim, da rezultati hemijske analize zemljišta predstavljaju važnu osnovu pri razradi sistema đubrenja, posebno osnovnog, predsetvenog.

Između koncentracije pojedinog elementa u biljkama i njegove pristupačnosti za biljke u zemljištu postoji pozitivna korelacija. Zahvaljujući tome, hemijska analiza biljaka, pored toga što neposredno ukazuje na obezbeđenost biljaka hranljivim elementima (što nije moguće na osnovu rezultata hemijske analize zemljišta) ukazuje i na nivo pristupačnih oblika hraniva u zemljištu. Hemijska analiza biljaka ukazuje na prethodno stanje raspoloživosti hraniva u zemljištu (do analize biljaka), koja ne mora biti dovoljna u narednom periodu, što svakako predstavlja manjkavost ove metode i ukazuje na potrebu da se analiza biljaka u toku vegetacije ponavlja. Hemijska analiza biljaka se uspešno može koristiti posebno pri utvrđivanju potrebe za prihranjivanjem useva, korekciji u ishrani u toku vegetacije. Pomoću hemijske analize biljaka moguće je:

- posredno utvrditi obezbeđenost zemljišta ili supstrata za biljke pristupačnim oblicima hraniva;
- utvrditi neposrednu obezbeđenost biljaka neophodnim elementima u toku cele vegetacije;
- uz istovremenu hemijsku analizu zemljišta otkriti antagonizam jona pri usvajanju hraniva;
- proveriti efekat primene mineralnih i drugih đubriva;
- otkriti poremećaje u ishrani biljaka pre nego što se vizuelno manifestuju i
- razgraničiti simptome nedostatka nekog biogenog elementa od sličnih simptoma izazvanih drugim ekološkim činiocima ili bolestima.

Zahvaljujući brojnim prednostima koje ima hemijska analiza biljaka ona je našla široku primenu, posebno pri gajenju intenzivnih kultura kao što su povrtarske vrste. Tome je svakako, pored ostalog, doprinelo i usavršavanje analitičkih postupaka. Uvođenjem savremenih metoda pri analizi biljnog materijala i primene računara u cilju numeričke obrade i vrednovanja podataka, omogućena je velika efikasnost u radu. Zahvaljujući ovim inovacijama, analize se mogu uraditi za kratko vreme u velikom broju i sa relativno malim ulaganjima, što omogućava da se na osnovu dobijenih rezultata brzo preduzimaju odgovarajuće korekcije u ishrani biljaka.

Već sredinom XIX veka došlo se do saznanja da nedovoljna obezbeđenost biljaka neophodnim elementima dovodi do smanjenja organske produkcije biljaka. Tako je Liebig (1842) uočio zakonomernost po kojoj visinu prinosa uvek određuje onaj elemenat (kasnije je prošireno i na druge ekološke činioce) kojeg je, u odnosu na druge, najmanje. Ova zavisnost nazvana je zakonom o minimumu. Povećanjem sadržaja elementa koji se u biljci nalazi u minimumu prinos se srazmerno povećava sve dotle dok neki drugi elemenat ne dospe u minimum u odnosu na ostale neophodne elemente, tj. ne postane ograničavajući činilac visine prinosa. Kasnije su brojni istraživači proučavali značaj i drugih ekoloških činilaca u obrazovanju prinosa i uopšte zavisnost i zakonomernost između organske produkcije biljaka i pojedinih ekoloških činilaca.

Pri utvrđivanju obezbeđenosti biljaka kalijumom na osnovu hemijske analize biljaka značajno je poznavanje odnosa između sadržaja kalijuma u biljkama i prinosa i s tim u vezi i uticaja pojedinih biotičkih i abiotičkih činilaca na nakupljanje kalijuma u biljkama.

ODNOS SADRŽAJA KALIJUMA U BILJKAMA I PRINOSA

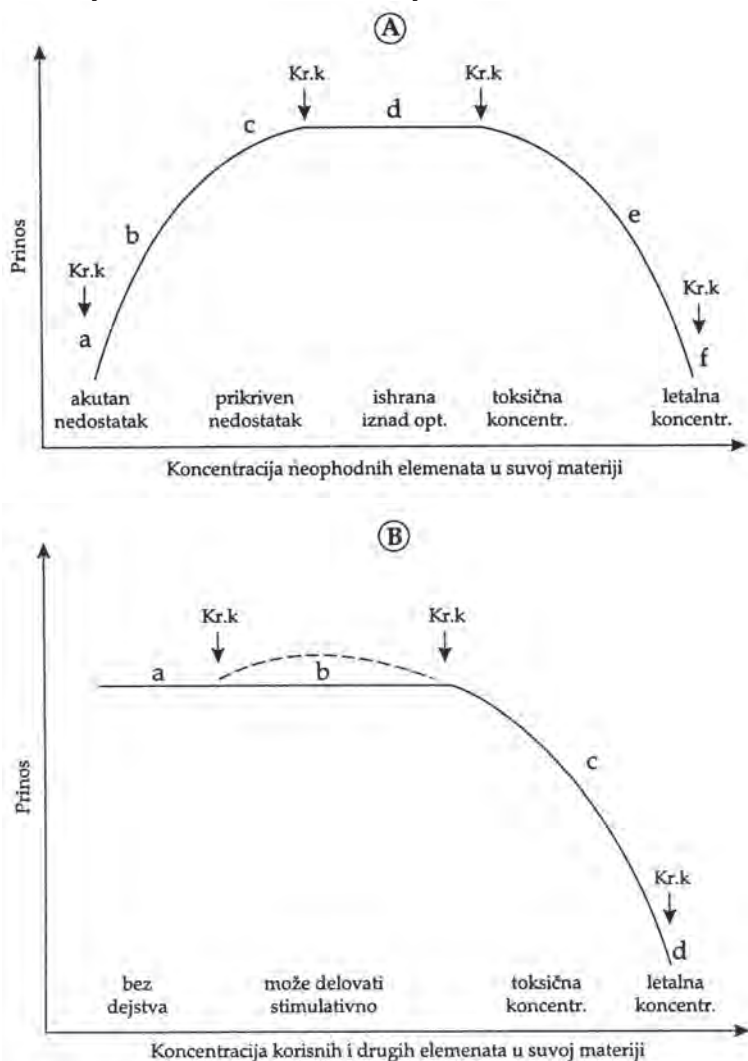
Sa stanovišta porasta i prinosa biljaka i kvaliteta proizvoda možemo razlikovati šest nivoa obezbeđenosti biljaka kalijumom i drugim biogenim elementima: akutni i prikriveni nedostatak, optimalni, luksuzni, toksični i letalni nivo obezbeđenosti. Oni se međusobno razlikuju određenim anatomskim, morfološkim, fiziološkim i produkcionim osobenostima biljaka (Tab.22).

Tab. 22. Nivoi obezbeđenosti biljaka kalijumom i morfološka i produkciona svojstva biljaka

Nivoi obezbeđenosti kalijumom	Znaci nedostatka ili suviška kalijuma	Porast biljaka	Uticaj primene kalijuma na prinos	Uticaj primene kalijuma na kvalitet proizvoda
Akutni nedostatak	Jasno uočljivi	Veoma slab	Izuzetno povoljan	Veoma povoljan
Prikriveni nedostatak	Nisu uočljivi	Relativno dobar	Povoljan	Povoljan
Optimalna obezbeđenost	Nema	Maksimalan	Nema	Obično nema
Luksuzna obezbeđenost	Nema	Maksimalan	Nema	Obično povoljan
Toksični nivo	Jasno uočljivi	Veoma slab	Nepovoljan	Veoma nepovoljan
Letalni	Uginuće	-	-	-

Na osnovu rezultata velikog broja oglada došlo se do saznanja prema kojem se odnos između sadržaja nekog biogenog elementa u biljkama i prinosa najbolje može prikazati pomoću jedne krive koja ima oblik slova C (prema Prevot i Ollagnier, Kastori, 1977). Analizirajući pomenutu krivu može se uočiti, sa stanovišta ishrane biljaka i produkcije organske materije, šest značajnih segmenata i četiri kritične tačke (Sl. 8).

Sl. 8. Odnos između koncentracije neophodnih (A), korisnih i drugih (B) elemenata i prinosa pri različitim nivoima obezbeđenosti biljaka pomenutim elementima i njihove kritične koncentracije (Kastori, 1988)



Deo krive koja je obeležena slovom **a** je karakterističan za slučajevne kada se, usled nedovoljne koncentracije kalijuma u hranljivoj sredini, u biljkama drastično smanjuje sinteza organske materije i time prinos i rast biljaka. Ovaj segment se karakteriše akutnim znacima nedostatka kalijuma i predstavlja kritičnu tačku za opstanak biljke. Sadržaj ostalih elemenata, može da bude, usled smanjene sinteze organske materije, veoma povećan.

Segment krive koja je obeležena slovom **b** karakteriše se naglim povećanjem produkcije organske materije već pri neznatnom povećanju sadržaja kalijuma u hranljivom supstratu, odnosno u biljkama. U ovom segmentu krive postoji neposredna zavisnost između sadržaja kalijuma u biljkama i prinosa.

Dalje povećanje koncentracije kalijuma, deo krive **c** povećava sintezu organske materije, odnosno prinos, ali ne u tako velikoj meri kao pri nižim koncentracijama. Pri određenoj koncentraciji u tom delu krive postiže se najveći mogući prinos. Sadržaj kalijuma pri kojem sa dobija najveći prinos ili porast, naziva se kritičnom, graničnom ili optimalnom koncentracijom. U ovom delu krive može da se desi da povećanje sadržaja kalijuma u biljkama nije uvek praćeno odgovarajućim povećanjem prinosa. Iz navedenog razloga neki autori predlažu da se za graničnu koncentraciju uzima vrednost koja je od 5 do 10% niža od one pri kojoj se postiže najveći prinos. Ovo je posebno značajno sa stanovišta racionalne, ekonomski opravdane primene đubriva.

Dalje povećanje koncentracije kalijuma u zemljištu ili veštačkom hranljivom supstratu dovodi do povećanja sadržaja kalijuma u biljkama, tj. do njegove akumulacije, luksuzne ishrane, odsečak **d**, pri čemu se, međutim, prinos više ne povećava. Ova pojava je štetna i predstavlja kritičan segment, tačku u ishrani sa ekonomskog stanovišta, pošto se pri tim koncentracijama ne postiže odgovarajuće povećanje prinosa, odnosno novčani efekat.

U slučaju da se obezbeđenje biljaka kalijumom dalje povećava dolazi do smanjenja prinosa, segment **e**. U takvim uslovima veoma često dolazi i do antagonizma pri usvajanju između jona K^+ i Ca^{2+} , Mg^{2+} i NH_4^+ što može nepovoljno da se odrazi i na kvalitet proizvoda, kao i na tolerantnost biljaka prema nepovoljnim biotičkim i abiotičkim činiocima. Pri ovom nivou obezbeđenosti biljaka kalijumom pojavljuju se simptomi izazvani prekomernom koncentracijom kalijuma.

Segment **f** i **s** tim u vezi kritična tačka predstavljaju letalnu koncentraciju kalijuma u hranljivom supstratu, odnosno biljkama, koja dovodi do uginuća biljaka. U prirodi nije poznat slučaj da je došlo do uginuća biljaka usled visoke koncentracije kalijuma u zemljištu.

Da bi se na osnovu hemijske analize biljaka došlo do pouzdanih rezultata u vezi sa obezbeđenošću biljaka kalijumom neophodno je strogo voditi računa o uticaju pojedinih činilaca koji utiču na njegovu koncentraciju.

ČINIOCI KOJE TREBA IMATI U VIDU PRI UTVRĐIVANJU OBEZBEĐENOSTI BILJAKA KALIJUMOM

Pri utvrđivanju i tumačenju nivoa obezbeđenosti biljaka kalijumom na osnovu rezultata hemijske analize biljaka, potrebno je imati u vidu uticaj pojedinih biotičkih i abiotičkih činilaca na usvajanje, raspodelu i nakupljanje kalijuma u biljkama, pošto oni utiču posredno na njegov sadržaj u biljkama. Od biotičkih činilaca najznačajniji su: biljna vrsta, genotip, vrsta organa, zdravstveno stanje i starost biljaka. Od abiotičkih činilaca posebnu važnost imaju: obezbeđenost zemljišta, odnosno hranljivog supstrata kalijumom, visina temperature, intenzitet, spektralni sastav i trajanje osvetljenosti, obezbeđenost biljaka vodom i dr. Uticaj pojedinih abiotičkih činilaca na usvajanje i koncentraciju kalijuma u biljkama detaljno je razmatran u poglavlju u kojem se razmatra fiziološka uloga kalijuma.

Biljna vrsta. Biljne vrste se međusobno značajno razlikuju prema sadržaju, sposobnosti nakupljanja, raspodeli na nivou organa, tkiva i ćelijskih organela i osetljivosti prema nedostatku i suvišku kalijuma. Specifičnost vrste u odnosu na mineralnu ishranu proističe iz njihove prilagođenosti određenim ekološkim uslovima u kojima su nastale, specifičnosti metabolizma, morfološke i anatomske građe. Ukupna potreba jedne biljne vrste za kalijumom zavisi od njegovog sadržaja u biljci i produkcije organske materije. Velika produkcija organske materije i visok sadržaj kalijuma ukazuje na povećanu potrebu te vrste za ovim elementom. Sa agronomskog stanovišta, potreba jedne biljne vrste za kalijumom izražava se u masi kalijuma potrebnog za stvaranje npr. 100 kg biološkog ili poljoprivrednog prinosa. Većina povrtarskih vrsta se odlikuje povećanom potrebom za kalijumom, stoga se ubrajaju u kalifilne biljke (krompir, paradajz, spanać, blitva, paprika i dr.). Postoje biljne vrste koje se odlikuju povećanom potrebom za dva i više elemenata. Na primer, kupusnjače intenzivno nakupljaju kalijum i sumpor.

Biljne vrste se odlikuju i prema osetljivosti na nedostatak i suvišak nekog elementa, one mogu da posluže kao indikator sadržaja elemenata u supstratu. Tako, na primer, za kalijum indikator biljke su krompir i kupusnjače. U slučaju njegovog nedostatka u zemljištu indikator biljke u većoj meri smanjuju rast i organsku produkciju, nego druge biljne vrste koje imaju manje potrebe za kalijumom.

Genotip. Odavno je utvrđeno da se linije, sorte, hibridi, ekotipovi iste vrste međusobno ponekad u većoj meri razlikuju po sadržaju, odnosno osetljivosti na nedostatak i suvišak mineralnih materija nego pojedine vrste (Epstein i Jefferies, 1964). Granične koncentracije kalijuma za poje-

dine nivoe obezbeđenosti biljaka najčešće su date za vrste i mnogo ređe za genotipove iste vrste. Za to ima više razloga. Osnovni problem u određivanju granične koncentracije za pojedine nivoe obezbeđenosti kalijumom i uopšte biogenim elementima za genotipove je, posebno kod jednogodišnjih biljaka u koje spada velik broj povrtarskih vrsta, da su relativno kratko vreme, često samo nekoliko godina u proizvodnji. Istovremeno, određivanje graničnih vrednosti zahteva dosta vremena i finansijskih sredstava. No i pored toga, u novije vreme, intenziviranjem povrtarske proizvodnje čine sa napori da se granične vrednosti za pojedine nivoe obezbeđenosti genotipova pojedinih povrtarskih vrsta utvrde.

Poznavanje mineralne ishrane jednog genotipa veoma je značajno sa agronomskog, ekonomskog i ekološkog stanovišta. U novije vreme iz ekonomskih, a pre svega iz ekoloških razloga, čine se napori u iznalaženju i stvaranju genotipova koji imaju manju potrebu za mineralnim materijama, genotipova malih ulaganja (low input variety). Istraživanja se rade u pravcu iznalaženja i stvaranja genotipova sa većom sposobnošću za iskorišćavanje hraniva iz teže pristupačnih oblika za biljke, genotipova koji sa istom ili manjom koncentracijom nekog elementa mogu da stvaraju veću masu organske materije ili ispoljavaju veću tolerantnost prema nedostatku ili suvišku nekog elementa. S tim u vezi u novije vreme intenzivno se istražuju genetske osnove mineralne ishrane biljaka, način nasleđivanja sadržaja, kao i tolerantnost prema nedostatku i suvišku pojedinih elemenata.

I pored toga, pri hemijskoj analizi biljaka, folijarnoj dijagnozi najčešće se primenjuju granične vrednosti koje se odnose na vrstu. Pošto se u okviru vrste nalazi veliki broj genotipova, koji se odlikuju svojim specifičnim zahtevom prema kalijumu i njegovom sadržaju, granične vrednosti često obuhvataju relativno veliki raspon vrednosti, što može da oteža njihovu primenu. Otuda granične vrednosti optimalne obezbeđenosti biljaka kalijumom treba koristiti kao okvirne. Slične zamerke mogu se uputiti i na primenu rezultata analize zemljišta. Naime, granične vrednosti koje se navode za pojedine nivoe obezbeđenosti zemljišta asimilatima često se ne odnose ni na tip zemljišta ni na parcelu koja se odlikuje svojim hemijskim, fizičkim i biogenim osobinama. U obzir se ne uzimaju ni potrebe za mineralnim materijama ni genotipova, ni biljnih vrsta koje će se gajiti na tom zemljištu.

Organi i tkiva. Sadržaj elemenata u pojedinim organanima, tkivima i ćelijskim kompartmentima zavisi od njihove funkcije i strukture, tj. sposobnosti za nakupljanje i uključivanje usvojenih jona u metabolizam. U većini slučajeva najveći je sadržaj mineralnih materija u listovima, a često znatno manji u ostalim organima. U toku vegetacije, usled translokacije elemenata iz starijih u metabolitički aktivnije mlađe ili generativne organe za nakupljanje rezervnih materija, menja se raspodela elemenata u biljci. U generativnim

organima se, pre svega, nakupljaju konstitucionni elementi koji ulaze u sastav rezervnih organskih jedinjenja reproduktivnih organa. Pošto kalijum ne ulazi u sastav organskih jedinjenja njegov udeo u generativnim organima je obično mali. U slučaju nedostatka nekog biogenog elementa koji se odlikuje dobrom pokretljivošću u biljkama, kao što je, na primer, kalijum dolazi do njegovog premeštanja iz starijih u mlađe listove i organe.

Kalijum se nakuplja uvek u najmlađim organima, odnosno delovima biljaka gde je intenzivna deoba ćelija, u vegetativnoj kupi korena i stabla ili, pak, u organima u kojima je promet materija intenzivan u listovima. U slučaju obilne ishrane kalijumom, stariji organi izuzetno mogu da sadrže više kalijuma od mladih.

Raspodela mineralnih materija, čak ni na nivou jednog organa, nije ravnomerna. Sadržaj kalijuma u listu se smanjuje od najmlađeg ka starijem delu.

Sadržaj kalijuma u listu zavisi i od njegovog položaja na biljci. Tako, na primer, kod kupusa je sadržaj kalijuma bio veći u starijim listovima nego u mlađim i bio je veći u glavnom lisnom nervu nego u listu (Tab. 23).

Tab. 23. Sadržaj kalijuma u listovima kupusa različite starosti (mg/100g suve materije) (Sarich et al., 1990)

Br.	List	Lisni nerv	Br.	List	Lisni nerv	Br.	List	Lisni nerv	Br.	List	Lisni nerv
1.	882	1898	9	915	1415	17	1266	2181	25	1832	2197
2.	800	1895	10	949	1596	18	1132	1762	26	1983	2260
3.	699	1766	11	1076	1883	19	1132	1715	27	2182	2247
4.	683	1846	12	999	1863	20	1315	1813	28	2130	2316
5.	698	1799	13	1013	1814	21	1299	2579	29	2399	2430
6.	858	1748	14	1181	1980	22	1331	2426	30	2614	2432
7.	799	1413	15	1082	1981	23	1431	2496	31	2628	2598
8.	799	1656	16	1150	2114	24	1665	2514	32	2614	2598

1 – najmlađi list; 32 – najstariji list

Pojedina tkiva se, takođe, razlikuju po sadržaju mineralnih materija. U provodnim tkivima, ksilemu stabla, lisne drške i liske je naročito visok sadržaj kalijuma. Posmatrajući lokalizaciju kalijuma na nivou pojedinih tkiva može se uočiti da kalijuma u stablu najviše ima u kambijumu, parenhimu kore i u sitastim cevima, a u listu u palisadnom parenhimu.

Navedeni su samo neki primeri koji ukazuju na različitu i specifičnu raspodelu sadržaja kalijuma u biljkama. Pri uzimanju uzoraka za hemijsku analizu veoma je važno da se ta specifičnost ima na umu. Za hemijsku analizu lista važno je uzimati list koji najvernije odražava ukupno stanje ishrane cele biljke kalijumom u datoj fazi rasta i razvića (Tab. 24).

Tab. 24. Granične vrednosti sadržaja kalijuma u povrtarskim biljkama pri njihovoj optimalnoj obezbeđenosti kalijumom (Granične vrednosti su na osnovu literaturnih podataka sastavili Bergmann i Neubert, 1976, Bergmann, 1983)

Biljna vrsta	Faza rasta	Biljni organ	% K u suvoj materiji
Paprika		Gornji list	2,4 - 3,4
Paradajz	65 dana stara biljka	Gornji list	1,4 - 2,4
	Cvetanje	4-5. list od vrha	2,9 - 3,4
	Početak berbe	List iznad 1. grozda	2,5 - 4,9
	Obrazovanje plodova do zrenja	5. list od vrha	2,2 - 2,6
Crni luk	Prečnik lukovice 2 cm	List	2,5 - 2,7
Lubenica	Sredinom vegetacije	Potpuno razvijeni list	0,2 - 0,3
Spanać	Starost 30-50 dana	Potpuno razvijeni list	3,8 - 5,3
	Sredina vegetacije	Lisna drška potpuno razvijenog lista	3,0
Repa ugarinjača	Pre proređivanja	Potpuno razvijeni list	4,1 - 5,8
	Sklapanje redova	Potpuno razvijeni list	2,1 - 3,5
Špargla	Stablo potpuno razvijeno	Deo stabla 45-90 cm	1,5 - 2,4
Celer	Sredina vegetacije	Potpuno razvijeni list	5,0
	Neposredno pre ubiranja	Lisna drška potpuno razvijenog lista	4,0
Cvekla	Sredinom avgusta	Liska srednjeg lista	1,0 - 6,0
Mrkva	Pre proređivanja	Ceo nadzemni deo	3,5 - 3,7
	Septembar	Ceo nadzemni deo	2,2 - 3,3
Salata	Starost 30 dana	List	4,8 - 6,6
	Pre ubiranja	Ceo nadzemni deo	4,2 - 9,9
Keleraba	Ubiranje	Potpuno razvijeni list	3,0 - 4,0
Krastavac	Faza 4 lista	Ceo nadzemni deo	3,1 - 3,3
	Obrazovanje cvetova	Ceo nadzemni deo	2,4 - 2,7
	Početak obrazovanja plodova	Lisna drška 6. lista od vrha vreže	4,0
	Prva berba	Plod sa sredine vreže	4,6 - 7,5
Krompir	Početak cvetanja	Potpuno razvijeni list	5,0 - 6,6
Pasulj	Početak cvetanja	Potpuno razvijeni list	2,0 - 3,0
Grašak	Početak cvetanja	Potpuno razvijeni list	2,2 - 3,5
Bob	Početak cvetanja	Potpuno razvijeni list	2,1 - 2,8
Karfiol	Obrazovanje cvasti	Srednji list	3,0 - 4,2
Kelj pupčar	Početak obrazovanja pupova (glavice)	Potpuno razvijeni list	2,4 - 3,4
Glavičasti kupus	Faza obrazovanja glavice	Potpuno razvijeni list	3,0 - 4,0
Hren	Sredina vegetacije	Potpuno razvijeni mladi list	2,4 - 3,8

Ontogenetsko razviće biljaka. Osim obezbeđenosti mineralnim materijama, faza rasta i razvića biljaka najviše utiče na sadržaj elemenata u biljkama. Razlog tome je što relativni sadržaj elemenata u biljkama zavisi, pre svega, od intenziteta njihovog usvajanja i dinamike sinteze organske materije, a u manjoj meri i od njihovog odavanja putem korena i ispiranja padavinama.

Biljke u toku života ne usvajaju jone istim intenzitetom. U većini slučajeva biljke u početku rasta i razvića intenzivno usvajaju mineralne materije, izuzev u toku klijanja kada korenov sistem još nije dovoljno razvijen. U to vreme je količina usvojenih elemenata po jedinici suve biljne mase obično najveća. To znači da se tada mineralne materije nakupljaju intenzivnije od organske materije, zbog čega je sadržaj mineralnih materija u mladim biljkama obično veći nego u starijim. U toku rasta i razvića biljaka sinteza organske materije se povećava brže od usvajanja mineralnih materija. Rezultat je razblaženje, tj. smanjenje njihove koncentracije u biljkama. To, međutim, ne znači da se vremenom smanjuje intenzitet nakupljanja mineralnih materija po biljci (mg/biljka/dan). Naprotiv, povećava se i maksimum dostiže obično u momentu kada je nakupljanje organske materije najveće. To je i razumljivo, jer ukoliko biljka više stvara organske materije utoliko su i njene potrebe za mineralnim materijama veće. Pri kraju vegetacije usvajanje jona se smanjuje i u fazi fiziološke zrelosti potpuno prestaje. U to vreme se ukupno akumulirana količina mineralnih materija u nadzemnim organima, usled odavanja u spoljašnju sredinu putem korena i ispiranja padavinama, često smanjuje. Pošto se kalijum u biljkama pretežno nalazi adsorptivno vezan, u vidu soli i u jonskom obliku, njegovo ispiranje padavinama može da bude značajno.

Usvajanje i nakupljanje pojedinih elemenata u toku ontogenetskog razvića biljaka nije isto. Ono zavisi od fiziološke uloge pojedinih elemenata, dinamike sinteze organske materije u čiji sastav ulaze, pojave pojedinih organa i dr. Na primer, obično na početku rasta i razvića, biljke intenzivnije usvajaju kalijum od natrijuma, kalcijuma i magnezijuma itd. Otuda se kalijum često naziva elementom mladosti, a kalcijum starosti. Nakupljanje kalcijuma u skeletu se i kod čoveka intenzivira sa starošću, zahvaljujući tome starost skeleta se relativno tačno može utvrditi na osnovu prisustva kalcijuma.

Poznavanje dinamike usvajanja pojedinih jona u toku vegetacije veoma je značajno za optimalnu ishranu biljaka i primenu đubriva, kao i uzorkovanje biljaka za hemijsku analizu. Granične vrednosti sadržaja elemenata za pojedine nivoe obezbeđenosti biljaka kalijumom odnose se na određenu fazu rasta i razvića biljaka i organa (Tab.24), o čemu pri folijarnoj dijagnozi strogo treba voditi računa.

Pošto su granične vrednosti za različite nivoe obezbeđenosti biljaka kalijumom date za određenu fazu rasta i razvića veoma je važno da se navodi tačan opis i da ih dobro poznaje osoba koja uzorkuje.

Faza rasta i razvića biljaka može da se karakteriše pomoću različitih morfoloških parametara i fizioloških faza razvića. Za utvrđivanje faze generativnog porasta koristi se starost biljaka (broj dana od setve, nicanja i dr.), visina, broj listova, broj lisnih parova, visina vršnog lista na izdanku i dr. Važno je i navođenje datuma uzimanja uzoraka i starost biljaka, pošto zavisno od mesta vremenskih prilika, vrste, genotipa i drugih činilaca biljke mogu da budu u različitim fazama rasta i razvića pri istoj starosti i datumu uzorkovanja.

Morfofiziološki postupak zasniva se na etapama organogeneze generativnih organa biljaka u pojedinim momentima njihovog razvića. Ustanovljeno je da u životu biljaka postoje karakteristični momenti kada se u biljkama dešavaju određeni fiziološki procesi, koji se opet kao specifični manifestuju na morfologiju. Oni su nazvani etapama organogeneze generativnih organa ili plodnosnih organa. Nedostatak ovog postupka – teško je primenljiv na terenu i u praksi pošto zahteva određenu obučenosť i priručni pribor.

Faza rasta i razvića može da se karakteriše i na osnovu mase suve materije biljaka. U tom slučaju i granične vrednosti za određivanje nivoa obezbeđenosti biljaka kalijumom treba da su prikazane za određenu masu suve materije.

Zdravstveno stanje. Samo zdrave, neoštećene biljke mogu da daju realnu sliku o nivou obezbeđenosti hranljivog supstrata i mineralnim materijama. Biljne bolesti i štetočine mogu značajno da smanje usvajanje jona i da utiču na njihov sadržaj u biljkama. Naročito nepovoljno utiče pojava bolesti i štetočina na korenovom sistemu. Fiziološka oboljenja kao što su nedostatak ili suvišak nekog jona, stresovi izazvani ekstremnim ekološkim uslovima, mehanička oštećenja korena (npr. pri nezi useva), takođe, utiču na obezbeđenje biljaka mineralnim materijama. U nekim slučajevima kod obolelih biljaka koncentracija kalijuma može da se poveća uprkos smanjenju njegovog usvajanja. Razlog tome je smanjenje intenziteta sinteze organske materije i shodno tome manje razblaživanje usvojenih mineralnih materija. Kod obolelih biljaka čest je i poremećaj u metabolizmu elemenata. Imajući u vidu sve navedeno, pri utvrđivanju nivoa obezbeđenosti biljaka kalijumom, pa i drugim biogenim elementima, za hemijsku analizu potrebno je uzimati samo potpuno zdrave biljke.

Uzorke za analizu radi utvrđivanja nivoa obezbeđenosti biljaka kalijumom ne treba uzimati posle dugotrajnih kiša, suše, mraza, kao ni sa površina na kojima se na biljkama uočavaju netipične morfološke ili druge promene, niti iz rubnih delova useva. Za uzorak ne treba uzimati odumrle delove, odnosno previše mlade ili stare biljke.

LISNA ANALIZA POVRĆA

Davno je uočeno da se na osnovu rezultata hemijske analize biljaka može utvrditi obezbeđenost biljaka neophodnim elementima i s tim u vezi potreba za đubrenjem (Lundegardh, 1945, Chapman, 1966, Cerling, 1971, 1990, Walsh i Beaton, 1973, Bergmann i Neubert, 1976, Kastori et al., 2006). Lundegardh (1945) je na osnovu velikog broja ispitivanja (600-700) zaključio da između sadržaja kalijuma, azota, fosfora i kalcijuma u biljkama i zemljištu postoji linearna zavisnost. Upoređujući tačnost prognoze o sadržaju mineralnih materija u zemljištu i potrebe za đubrenjem kod žita, na osnovu njihovog sadržaja u listu i rezultata hemijske analize zemljišta, ustanovio je da je analiza lista u 104 slučajeva dala tačnu, u 59 slučajeva nesigurnu, a u 9 slučajeva pogrešnu prognozu. Analiza zemljišta u istim ogleđima dala je 44 tačna, 40 nesigurnih i 26 pogrešnih prognoza. Anketa koju je isti autor vršio među farmerima pokazala je da je od 644 anketiranih, njih 467 ocenilo prognozu (pomoću lisne analize) kao dobru, 68 kao osrednju, a jedan kao lošu. Imajući u vidu veliki napredak koji je učinjen na polju iznalazanja novih i usavršavanja postojećih metoda hemijske analize zemljišta i biljaka Lundegarhova ispitivanja, koja se mogu smatrati pionirskim na polju primene lisne analize, imaju danas još samo ograničenu, istorijsku vrednost.

Da bi se pouzdano mogao utvrditi nivo obezbeđenosti biljaka kalijumom i drugim biogenim elementima hemijskom analizom biljaka, lisnom analizom (folijarnom dijagnozom) i potreba za njegovom primenom, dva činioca su posebno značajna – deo biljke koji se uzima za ispitivanje i termin kada se u toku vegetacije uzima uzorak. Naime, nisu svi delovi, organi biljaka i faze rasta i razvića podjednako podesni za karakterizaciju obezbeđenosti biljaka mineralnim materijama, tj. kalijumom. Značajna je i veličina prosečnog uzroka, mreža uzimanja uzoraka i površina sa koje se uzorci uzimaju. Ove probleme je veoma detaljno razmatrao i opisao Bergmann (1976), čiji se nalazi u tekstu navode.

Radi utvrđivanja obezbeđenosti biljaka neophodnim mineralnim materijama na osnovu njihovog sadržaja u biljkama najčešće se obavlja hemijska analiza listova, lisne drške ili celih mladih biljaka, te se otuda ovaj postupak naziva lisna analiza ili folijarna dijagnoza. U poređenju sa drugim postupcima koji se zasnivaju na hemijskoj analizi biljaka najširu primenu ima lisna analiza.

Postoje opšti principi, ali ne i konkretna opštevažeća pravila za uzimanje uzoraka za hemijsku analizu biljaka. Kao primer može se navesti uzimanje uzoraka za analizu kod različitih vrsta povrća. Ono je specifično za svaku vrstu, zavisno od njihove morfološke građe, dužine vegetacije, dinamike usvajanja hraniva i dr. Uzimanje uzoraka zavisi i od svrhe i metode

analize biljaka. Postoje, međutim, neka opšta pravila koja važe neovisno od biljne vrste i cilja ispitivanja, na koja će se u daljem tekstu ukazati.

Izbor organa. Pri izboru organa za analizu najznačajniji kriterijum je odnos između sadržaja elemenata u organu i visine i/ili kvaliteta prinosa, uz strogo vođenje računa o fazi rasta i razvića. Većina autora koji se bave folijarnom dijagnozom saglasni su da su najpodesnija tkiva i organi koji su fiziološki, metabolički aktivni i sa intenzivnim prometom i transportom mineralnih materija. To se, pre svega, odnosi na potpuno razvijene, ali još ne ostarele listove i zelene delove biljke (npr. lisnu dršku). Za hemijsku analizu nisu podesni delovi i organi biljaka u kojima se sadržaj elemenata brzo menja. U potpuno ili skoro potpuno razvijenim listovima sadržaj elemenata se izvesno vreme u toku vegetacije značajnije ne menja, što nije slučaj sa mladim listovima koji intenzivno rastu ili sa starijim listovima iz kojih se neki elementi ubrzo premeštaju u mlađe organe ili u organe za nakupljanje rezervnih materija. Istovremeno, deo biljke koji se preporučuje za uzorkovanje mora da bude dobro definisan i da se lako uzima za uzorak.

Za ispitivanje obezbeđenosti kalijumom povrtarskih vrsta preporučuje se analiza celog lista (liska sa lisnom drškom), samo liska ili lisna drška potpuno razvijenih listova (Tab.25). Prema Sharma i Sud (2001) kod krompira postoji dobra korelacija između sadržaja kalijuma u lisnoj dršci i liski i visine prinosa krtola. Prema pomenutim autorima kritična koncentracija kalijuma, zavisno od sorte i ekoloških uslova, kod krompira u fazi obrazovanja stolona u liski se kreće od oko 3,6%, u lisnoj dršci od 6,8 do 11,9%, u fazi inicijacije krtola u lisci od 2,6 do 3,1, u lisnoj dršci od 5,4 do 10,7%, a u toku obrazovanja krtola u lisci od 2,0 do 2,8%, a u lisnoj dršci od 4,1 do 8,3%. Lisna drška se analizira kada se želi utvrditi obezbeđenost biljaka elementima koji se u većoj meri nakupljaju u provodnim sudovima, ksilemu kao što su kalcijum i hlor ili frakcije nekih elemenata $\text{NO}_3\text{-N}$ i $\text{PO}_4\text{-P}$. Kod korenasnih biljaka za ocenu nivoa obezbeđenosti azotom i kalijumom pouzdaniji pokazatelj je njihov udeo u liski, a fosfora u lisnoj dršci (Kastori et al., 1982). Kod mladih biljaka za analizu se uzima ceo nadzemni deo.

Cela biljka se uzima za analizu i ako se želi izbeći uticaj translokacije elemenata na njihov sadržaj u pojedinim organima biljaka. Uzorci se uzimaju po određenoj shemi, slučajnim izborom biljaka. Uzorci se stavljaju u čiste papirne ili platnene kesice i skupljaju po mogućstvu u ručnom frižideru. Neposredno nakon uzorkovanja ili najkasnije posle 24 sata, suše u sušnici na temperaturi od 105 °C u toku 30 minuta, u cilju zaustavljanja životnih procesa i dalje na 70 °C do konstantne mase. U slučaju da se u uzorcima istovremeno određuju i neka organska lakorazgradiva ili isparljiva jedinjenja preporučuje se sušenje uzoraka u vakuum sušnici.

Tab. 25. Uzimanje uzoraka za hemijsku analizu kod pojedinih povrtarskih vrsta (Na osnovu literaturnih podataka sastavili Bergmann i Neubert, 1976)

Biljna vrsta	Vreme uzimanja uzoraka	Deo biljke	Veličina uzorka
Krompir	Početak obrazovanja krtola Početak cvetanja Kraj cvetanja	Gornji potpuno razvijeni list sa lisnom drškom	50 listova
Lisnato povrće (spanać, salata)	Sredinom vegetacije	Potpuno razvijeni list	30-55 biljaka
Kupus	Stadijum rozete	Srednji listovi rozete	10-20 biljaka
Krastavci i dinja	Pre obrazovanja plodova	Listovi blizu osnove glavne vreže	20-30 biljaka
Celer	Visina biljaka 30-40 cm	Lisna drška potpuno razvijениh listova	15-30 biljaka
Paradajz (na polju)	Pre ili u toku cvetanja	Treći ili četvrti list odozgo	20-25 biljaka
Paradajz (u stakleniku)	Pre ili u toku obrazovanja plodova	Listovi sa II ili III, odnosno IV ili VI etaže	20-25 biljaka
Korenasto povrće (mrkva, cvekla, luk)	Pre obrazovanja lukovice, zadebljanja korena	Srednji list lisne rozete	20-30 biljaka

Termin uzimanja uzoraka. Potreba biljaka za kalijumom u toku vegetacije je različita. Stoga jednim uzorkovanjem nije moguće utvrditi obezbeđenost biljaka kalijumom za ceo vegetacioni period. Problematično je i ako se na osnovu jedne analize u ranoj fazi porasta želi predvideti snabdevenost biljaka kalijumom za sve vreme vegetacije, pošto se u toku vegetacije, delovanjem spoljašnjih činilaca, značajno mogu izmeniti uslovi ishrane

biljaka. Stoga je preporučljivo nivo obezbeđenosti biljaka kalijumom i drugim elementima po mogućstvu više puta ispitati u toku vegetacije. U tom slučaju moguće je, ukoliko se ukaže potreba u toku vegetacije, preduzeti odgovarajuće mere (npr. prihranjivanje radi otklanjanja nedostataka u ishrani). Ukoliko se planira samo jedno uzorkovanje u toku vegetacije preporučuje se da se to učini u momentu kada su potrebe biljaka za kalijumom najveće. To se najčešće poklapa sa krajem intenzivnog rasta vegetativnih i početkom obrazovanja generativnih organa. Potrebno je imati na umu da se prihrana biljaka u toj fazi porasta obično ne odražava značajnije na prinos, ali može da poboljša kvalitet proizvoda. Otuda je potrebno obezbediti optimalnu obezbeđenost biljaka kalijumom već u ranijoj fazi porasta da bi se obrazovala potrebna vegetativna masa koja može da obezbedi stvaranje visokog prinosa. Analiza biljaka u kasnijim fazama rasta i razvika može da pruža korisne informacije u vezi sa planiranjem đubrenja narednog useva. Ukoliko se jave znaci nedostatka kalijuma, treba odmah uzorkovati i analizirati biljke, bez obzira na plan uzorkovanja. Uzorke treba uzimati odmah čim se primete prvi znaci nedostatka, pošto kasnije nastaju sekundarne promene koje mogu da otežaju pravilnu ocenu rezultata ispitivanja. Radi lakše i sigurnije ocene pojave nedostatka, preporučljivo je sa istog mesta istovremeno uzeti uzorke zdravih i biljaka sa znacima nedostataka. Biljke na kojima se uočavaju znaci nedostatka kalijuma obično zaostaju u porastu za zdravim biljkama, što treba uzeti u obzir prilikom vrednovanja rezultata ispitivanja.

Veličina uzorka. Veličina uzorka zavisi od brojnih činilaca, pre svega, od heterogenosti biljaka. Prihvaćeno je mišljenje da čak i u ujednačenom i zdravom usevu postoji individualna heterogenost hemijskog sastava i drugih osobina biljaka. Da bi uzorak bio dovoljno reprezentativan, prosečan uzorak treba da obuhvata što veći broj biljaka, tj. dovoljan broj da verno reprezentuje celinu. Heterogenost biljaka u jednom usevu biće veća ako je zemljište po hemijskim, fizičkim i drugim osobinama neujednačeno. Intenzivno đubrenje i njegovo neravnomerno rasturanje, nedovoljna sortna čistoća, takođe, doprinose većoj varijabilnosti hemijskog sastava pojedinačnih biljaka. Varijabilnost je veća i u usevu koji su oštetile štetočine, led, mraz ili patogeni.

Veličina uzorka zavisi i od genetske ujednačenosti useva. Ona se odražava u ujednačenosti morfoloških (habitusa, veličini, boji, obliku organa i dr.) i hemijskih osobina. Kod samooplodnih biljaka i onih koji se vegetativno razmnožavaju, mnogo je veća verovatnoća da je usev genetski ujednačen nego kod stranooplodnih. Prema tome, genetski neujednačen materijal zahteva uzimanje većeg uzorka da bi se dobio pravi prosek, u slučaju male neujednačenosti, dovoljan je manji uzorak.

Pri neujednačenoj zrelosti, potrebno je da uzorak bude veći da bi se dobio dobar prosek, jer je hemijski sastav zrelih i nezrelih delova biljaka različit.

Manje osetljive analitičke metode zahtevaju rad sa većom masom uzorka od osetljivijih, tačnijih, te uzorak treba da bude veći. Sadržaj kalijuma u biljnom materijalu obično je dovoljno velik, stoga njegovo određivanje ne predstavlja veći problem. Sadržaj kalijuma u biljnom materijalu može se odrediti pomoću emisione spektrometrije, tj. plamenfotometrije (Arsenijević-Maksimović i Pajević, 2002), atomskom apsorpcionom spektrofotometrijom (AAS), indukovanom kuplovanom plazmom (ICP), neutronskom aktivacionom metodom i dr.

Ako je udeo materije koji treba ispitati mali, treba uzimati veći uzorak i obrnuto, jer se proporcionalno uvećava uzorak za analizu.

Supstanca koja se određuje obično se nalazi u suvoj materiji i zbog toga od materijala sa većim sadržajem vode treba uzimati veći prosečani uzorak, jer se u tom odnosu smanjuje suva materija i sadržaj njenih sastavnih delova, prema tome i kalijuma.

Da bi se prosečnim uzorkom obuhvatio potreban broj jedinki, treba po masi uzimati toliko veći uzorak koliko su biljke ili njihovi organi koje treba ispitati veći, odnosno imaju veću masu i obrnuto.

U slučaju da se analiziraju listovi preporučuje se da uzorak čini od 20 do 50 listova, a ako su listovi manji taj broj može da bude veći. Smatra se da sa jedne biljke kod jednogodišnjih biljaka ne bi trebalo uzeti više od dva lista. Ukoliko se uzorak uzima u ranijim fazama porasta, tj. ceo nadzemni deo, veličina uzorka se većinom ne utvrđuje u broju biljaka, već u masi uzorka. Ukoliko se za analizu uzima lisna drška (npr. kod cvekke) preporučuje se da uzorak čini 400 lisnih drški uzetih po određenoj shemi sa oko 0,6 ha površine, da bi pri verovatnoći od 5% greška bila manja od 10%.

Mreža uzorkovanja. Prosečan uzorak treba da je reprezentativan za površinu i usev sa koje se uzima uzorak. Ako uzorak nije reprezentativan onda su svi dalji naponi uzaludni, pošto neće prikazati realno stanje ispitivanog parametra. Na parceli sa koje se uzima prosečan uzorak treba da se primenjuju iste agrtotehničke mere na celoj površini, da je bio isti predusev, da je primenjena ista količina pojedinih đubriva u istom odnosu i vremenu i na isti način itd. Nije utvrđena jedinstvena najmanja ili najveća površina sa koje se uzima uzorak, pošto to zavisi od brojnih činilaca: biljne vrste, ujednačenosti useva i zemljišta i dr. Sa jedinice površine uzorkovanja uzorci se uzimaju po dužini jedne ili dve dijagonale ili u cik-cak pravcu. U svakom slučaju mrežu uzorkovanja treba prilagoditi uslovima i vrsti useva. Zavisno od vrste useva i drugih činilaca preporučuje se da se jedan prosečan uzorak uzima sa površine od 0,1 do 0,5 ha.

Uzorci se uzimaju i u cilju utvrđivanja kvaliteta proizvoda povrtarskih vrsta. Krtole krompira se uzimaju sa više mesta iz različitih dubina gomila ili trapa, bez biranja i sjedinjuju se u jedan uzorak. Pri uzimanju prosečnog uzorka korenastih biljaka cvekla, mrkve, paštrnaka i dr. odabiraju se veći, srednji i sitniji primerci, proporcionalno njihovom odnosu u ukupnoj masi.

Pri uzimanju prosečnog uzorka plodova paradajza, paprike i dr. treba obratiti pažnju na to da se plodovi uzimaju iz svih delova biljke, gornjih i donjih delova, sa spoljašnje i sa unutrašnje strane i sa sve četiri strane sveta. Na taj način se izbegava greška koja može nastati usled delovanja različitih mikroekoloških činilaca. Pored toga, treba imati u vidu da plodovi na jednoj biljci ne nastaju istovremeno, najčešće postepeno, što znači u nejednakim uslovima.

Obrada uzorka. Uzorke treba što pre posle uzimanja preneti u laboratoriju radi obrade. Da bi se uticaj životnih procesa (disanja, odavanje vode i dr.) u uzorcima na rezultate ispitivanja sveo na najmanju meru, potrebno je iste što pre prekinuti ili usporiti. Stoga se preporučuje da se uzorci transportuju u ručnom frižideru na oko 0 °C. U cilju zaustavljanja enzimatskih reakcija uzorci se mogu termički obraditi sušenjem 30 minuta na 105 °C i dalje do konstantne mase na 60 - 80 °C. Ukoliko se želi odrediti koncentracija nekog lakoisparljivog jedinjenja procedura treba da je drugačija. Najpodesnije je uzorke sušiti u vakuum sušnici.

Ukoliko su uzorci zagađeni zemljištem, prašinom, ostacima pesticida ili mineralnih đubriva i sl. potrebno je uzorke najpre oprati. Radi odstranjivanja ostatka metala predlaže se potapanje uzoraka u rastvor EDTA, a preporučuje se i pranje rastvorom deterdženta, zatim spiranje uzoraka dejonizovanom vodom. Uzorke treba obazrivo prati i to samo ako je neophodno. Preterano i neadekvatno pranje može za posledicu imati gubitak kako mineralnih materija (npr. kalijuma, natrijuma i dr.) tako i organskih materija. Samo se svež biljni materijal sme prati.

Ukoliko je uzorak veći od količine potrebne za analizu, treba ga raširiti u tankom sloju iste debljine u vidu kvadrata, podeliti dijagonalno na četiri trougla. Dva suprotna se odbacuju, a ostala dva se pomešaju. Ova radnja se ponavlja sve dotle dok se ne dobije količina potrebna za analizu i zalihu (ukoliko bi bilo potrebno analizu ponoviti). Kod korenastog povrća, krtola, glavice kupusa i sl., prosečan uzorak se smanjuje tako što se koren, krtola, glavica po vertikalnoj osi na polovine ili četvrtine seče i jedna polovina ili četvrtina zadržava za analizu, a ostalo se odbacuje.

Uzorci se ne smeju držati duže ili čuvati u laboratoriji gde se čuvaju hemikalije ili neke lakoisparljive materije.

JEDINSTVENI SISTEM DIJAGNOZE I PREPORUKE (DRIS)

Za razliku od lisne analize, koja se pri utvrđivanju obezbeđenosti biljaka mineralnim materijama zasniva na sadržaju pojedinih elemenata, jedinstveni sistem dijagnoze i preporuka (DRIS – Diagnosis and Recommendation Integrated System), koju je razradio Beauflis (1973), koristi se odnosom sadržaja elemenata. U slučaju utvrđivanja obezbeđenosti biljaka kalijumom koriste se odnosi: N/K, K/Ca, K/Mg, K/Na, K/P. Prednost ove metode prema autoru postupka i sledbenicima je u tome da se jednom utvrđene vrednosti odnosa ispitivanih elemenata za pojedine nivoe obezbeđenosti jedne vrste ili genotipa mineralnim materijama mogu koristiti u svim agroekološkim uslovima, kod svih genotipova iste vrste i u bilo kojoj fazi rasta i razvića. Naime, došlo se do zaključka da se relativni sadržaj elemenata u toku vegetacije u različitim agroekološkim uslovima i kod različitih genotipova mnogo više menja od njihovog odnosa. Kasnija ispitivanja nekih autora su, međutim, pokazala da se DRIS metodom utvrđene granične vrednosti ne mogu uspešno koristiti u toku cele vegetacije, već samo u određenom kraćem vremenu. Smatra se da ovaj postupak daje pouzdanije rezultate kod mlađih biljaka.

U cilju poboljšanja DRIS postupka, sadržaj elemenata se ne vezuje za određenu fazu rasta i razvića biljaka, već za stvorenu masu suve materije. Koncentracija pojedinih elemenata stavljena je u funkciju prosečne mase suve materije biljaka. Na taj način su dobijene krive pomoću kojih je moguće očitati optimalnu koncentraciju nekog elementa u odgovarajućoj masi suve materije. Ovaj postupak je nazvan korekcionim modelom. Za razliku od drugih postupaka, pomoću njega je moguće odrediti i potrebnu dozu đubriva.

ANATOMSKE I BIOHEMIJSKE METODE

Poremećaj u mineralnoj ishrani često izaziva i karakteristične promene u građi tkiva, ćelija i njenih organela. Na osnovu specifičnih promena koje izaziva nedovoljna obezbeđenost biogenim elementima u građi pojedinih organa biljaka listova, stabla i dr., pomoću svetlosnog mikroskopa, moguće je utvrditi nedostatak pojedinih neophodnih elemenata. Mikroskopske preparate treba raditi na organima na kojima nedostatak ili suvišak nekog elementa u najvećoj meri utiču na građu tkiva i ćelija. Radi poređenja preporučljivo je istovremeno ista ispitivanja vršiti na kontrolnim biljkama (iste vrste, genotipa, starosti, isti organ i dr.) na kojima se ne uočavaju nikakve morfološke promene. Da bi ispitivanja bila pouzdana potrebna su merenja na preparatima (samo posmatranje preparata nije dovoljno). Broj preparata i merenja treba da je dovoljno velik da bi rezultati bili pouzdani.

Nedostatak kalijuma smanjuje obrazovanje kutikule, mehaničkog tkiva, lignifikaciju provodnih sudova i obrazovanje ksilema i floema. Prema Pissarek i Finck (1972) smanjenje veličine provodnih sudova u uslovima nedostatka kalijuma, moglo bi da posluži za rano otkrivanje nedostatka ovog elementa. Anatomske, mikroskopske metode nisu našle širu primenu, pošto zahtevaju posebnu opremu, dobru obučenost izvođača i dugotrajne su.

Postoje i histohemijske, brze test metode koje se zasnivaju na karakterističnim bojenim reakcijama pojedinih jona sa odgovarajućim reagensima. Pri tome se obično boji svež presek na nekom organu (lisnoj dršci i dr.). U primeni brzih test metoda polazi se od pretpostavke da, ukoliko je sadržaj nekog jona u ćelijskom soku ili na preseku veći, da su biljke tim elementom bolje obezbeđene. Ovo je, međutim, samo delimično tačno pošto se joni nekog elementa mogu nakupljati i usled poremećenog metabolizma ili nepovoljnih uslova za ugrađivanje jona u organska jedinjenja biljaka. Da bi rezultati ispitivanja bili pouzdani potrebno je histohemijski test uraditi na najmanje 20-30 biljaka, uzetih po šemi koja se preporučuje prilikom lisne analize.

Postoje i biohemijske metode pomoću kojih je moguće utvrditi nivo obezbeđenosti biljaka pojedinim neophodnim elementima, kao i kalijumom. Kriterijum može da bude promena aktivnosti nekog enzima ili koncentracija nekog rastvorljivog, niže molekularnog organskog jedinjenja. Smatra se da smanjenje aktivnosti piruvatkinaze može da posluži kao pokazatelj nedovoljne obezbeđenosti biljaka kalijumom. Nedostatak kalijuma dovodi do povećanja aktivnosti tirozinaze kod krompira, paradajza i pasulja usled čega su nekrotirane površine izrazito tamne boje.

Nedostatak ili suvišak nekog elementa može da poveća ili da smanji aktivnost nekih enzima, usled čega dolazi do nakupljanja određenih metabolita. Nedostatak kalijuma dovodi do dehidratacije. Posledica toga je, pored ostalog, nakupljanje putrescina (inicirani putrescin), peroksida i prolina (stres prolina).

U novije vreme čine se napori u pravcu iznalaženja jednostavnih i brzih postupaka za određivanje nedostatka pojedinih elemenata i stresnog stanja biljaka izazvanih raznim ekološkim činiocima.

Hlorofilmetar se koristi za utvrđivanje nivoa obezbeđenosti biljaka azotom na osnovu sadržaja hlorofila u listovima (Kastori et al., 1997a).

Pomoću specijalnih štapića ili trake koje navlažene iscedenim sokom lista ili lisne drške pokazuju određenu boju koja se upoređuje sa standardom i tako polukvantitativno utvrđuje koncentracija nekog hraniva. Ove metode su podesne za rad na terenu, brze su i jeftine, najčešće se koriste za utvrđivanje potrebe za prihranjivanjem, pre svega, azotom. Stresno stanje kod biljaka uopšte i nedostatak ili suvišak biogenih i drugih elemenata moguće je utvrditi pre nego što se uoče njihovi vidljivi znaci pomoću ne-

destruktivne metode, merenjem parametara fluorescencije hlorofila listova biljaka (Plesničar et al., 1994).

Pomoću simulatora korena biljaka (Plant root simulator - PRS - Nutrient Forcaster) moguće je utvrditi obezbeđenost biljaka jonima biogenih elemenata, među njima i kalijumom i na osnovu dobijenih rezultata utvrditi potrebu za đubrenjem.

Na osnovu sadržaja mineralnih materija u soku ksilema moguće je, takođe, utvrditi nivo pristupačnosti mineralnih materija u zemljištu za biljke (Noguchi et al., 2001).

VIZUELNA DIJAGNOZA

Vizuelna dijagnoza zasniva se na specifičnim morfološkim promenama koje izaziva nedostatak ili suvišak nekog elementa na biljkama. Manji poremećaji u ishrani (latentni nedostatak ili suvišak) neznatno smanjuje prinos i ne izaziva specifične, slobodnim okom vidljive promene na biljkama. Jasno vidljive simptome i značajnije smanjenje prinosa izaziva samo akutni nedostatak, suvišak ili dishramonija u ishrani. Latentni poremećaj u ishrani nije moguće pouzdano utvrditi samo posmatranjem biljaka, već jedino hemijskom analizom biljaka ili pomoću neke druge objektivne metode.

Pri vizuelnoj dijagnozi veoma je značajno voditi računa na kojim listovima se javljaju simptomi, na mladim ili na starijim, na kojim delovima liske na rubnom ili interkostalnom, zatim da li se javlja hloroza ili nekroza, boja hlorotičnih pega, da li je došlo do promene oblika ili veličine ili do savijanja rubnog dela liske i dr. Kod elemenata čija je pokretljivost u floemu ograničena, prvi znaci nedostatka javljaju se na mladim listovima i na apikalnom meristemu (kalcijum, bor, gvožđe), a nedostatak elemenata koji se dobro kreću uzlazno i silazno, tj. u ksilemu i floemu i zahvaljujući tome dobro premeštaju iz starijih u mlađe organe (azot, fosfor, kalijum) na najstarijim listovima. U slučaju da je translokacija elemenata u uslovima intenzivnog rasta iz starijih listova nedovoljna znaci nedostatka i kod elemenata koji se odlikuju dobrom pokretljivošću u biljkama mogu se javiti istovremeno i na mlađim organima.

Simptomi nedostatka pojedinih elemenata su manje-više specifični, dok toksične koncentracije elemenata najčešće izazivaju manje specifične promene.

Nedostatak istog biogenog elementa može da izaziva donekle drugačije morfološke promene kod različitih biljnih vrsta što se zasniva na njihovoj nejednakoj osetljivosti prema nedostatku pojedinih elemenata. Ponekad se razlike u reakciji na nedostatak nekog biogenog elementa mogu uočiti i između različitih genotipova iste vrste.

Brojni činioci mogu da otežavaju i čine nesigurnim vizuelnu dijagnozu kao što su: suša, niske temperature, ekstremna pH vrednost zemljišta, odnosno supstrata, zagađenost vazduha štetnim gasovima, anaerobni uslovi, istovremeni nedostatak ili suvišak više neophodnih elemenata, parazitska oboljenja, nestručna primena pesticida, posebno herbicida i dr. Zato vizuelnu dijagnozu treba da prati hemijska analiza biljaka, i po mogućstvu i analiza zemljišta. Kao primer može se navesti simptom nedostatka kalijuma na plodu paradajza, koji se manifestuje u vidu mrke do crne pege sa donje strane ploda. Isti simptom može da bude izazvan i patogenom. Niska temperatura u proleće može da izaziva pojavu antocijana kao rezultat poremećenog metabolizma šećera pre svega na donjem delu izdanka. Razlog pojave može da bude i nedostatak kalijuma, fosfora, pa i azota. Nedostatak kalijuma kod vinove loze sorte burgunder izaziva pojavu antocijana lju-bičasto-mrke boje.

Kod nekih biljnih vrsta nizak ili previše visok sadržaj pojedinih elemenata u zemljištu ne izaziva vidljive morfološke promene niti utiče značajnije na produkciju organske materije, osim u ekstremnim uslovima. Takve biljne vrste ispoljavaju veću tolerantnost prema nedostatku ili suvišku nekih elemenata. To se, pre svega, odnosi na neke članove prirodne vegetacije, adaptirane na staništa sa niskim sadržajem nekog neophodnog elementa ili na uslove visokog sadržaja često toksičnih elemenata (biljke indikatori, akumulatori, metalofite) (Kastori et al., 1997). Kod takvih biljaka nije moguće na osnovu vizuelnog posmatranja pouzdano utvrditi obezbeđenost biljaka i zemljišta biogenim elementima ili suvišak nekih elemenata. Donošenje pravilne dijagnoze na osnovu vidljivih, morfoloških simptoma naročito je otežano kada istovremeno deluje veći broj nepovoljnih činilaca. Na primer, na plavnim kiselim zemljištima istovremeno mogu da se jave simptomi suviška mangana, nedostatak magnezijuma i kiseonika i niske pH vrednosti.

SPECIFIČNI ZNACI NEDOSTATKA I SUVIŠKA KALIJUMA KOD POVRTARSKIH VRSTA

Nedostatak kalijuma

Vizuelna dijagnoza nedostatka ili suviška kalijuma i drugih biogenih elemenata zbog svoje složenosti zahteva solidno poznavanje vidljivih morfoloških promena koje izazivaju pojedini biotički i abiotički činioci. Naime, simptomi slični nedostatku kalijuma na biljkama mogu se pojaviti i u slučaju kada je zemljište ili hranljivi supstrat osrednje ili dobro obezbeđen ovim elementom, a izazvani su drugim činiocima: oštećenjem korena, napadom

nematoda, gljiva, bakterija, virusa, pojavom niske temperature. Pomenuti činioci mogu da smanje usvajanje i translokaciju kalijuma u nadzemne organe biljaka i time da izazovu pojavu njegovog nedostatka. Uočeno je da se u sušnoj godini sa relativno niskom vlažnošću vazduha sadržaj kalijuma u listovima smanjuje i pored dobre obezbeđenosti zemljišta vodom. Primena većih doza azota pospešuje ovu pojavu. Pošto se kalijum u biljkama ne nalazi vezan u organskim jedinjenjima on se iz nadzemnih organa lako ispirira. Intenzivno navodnjavanje veštačkom kišom može za kraći period da izazove nedostatak kalijuma i u uslovima dobre obezbeđenosti zemljišta ovim elementom. Uočeno je da je potreba biljaka za kalijumom pri nižem intenzitetu osvetljenosti veća. Fitopatogeni mogu da izazivaju venjenje kod biljaka kao što se može uočiti i u uslovima nedostatka kalijuma.

Kalijum ima višestruku i specifičnu ulogu u životnim procesima biljaka stoga se njegov nedostatak relativno brzo manifestuje na rast, a kasnije i na morfološki izgled i građu biljaka (Sl. 20-46). U uslovima nedostatka kalijuma, pre nego što se uoče morfološke promene, dolazi i do pojave gubitka turgora, venjenja. Do ove pojave dolazi usled značajne uloge kalijuma u hidrataciji koloida protoplazme i mehanizmu pokreta ćelija zatvaračica stominog aparata i time u vodnom režimu biljaka. Veoma su detaljno opisani simptomi nedostatka i suviška pojedinih biogenih elemenata, tako i kalijuma u knjigama Bergmann i Neubert (1976), Kastori (1983), Bergmann (1988 i 1992).

U prepoznatljive znake nedostatka kalijuma spadaju usporen rast i njegov prestanak. U uslovima nedovoljne obezbeđenosti biljaka kalijumom mobilizacija kalijuma iz starijih organa u mlađe može samo kratko vreme i u ograničenoj meri da zadovolji potrebe mladih organa, pre svega listova, u kalijumu, zbog čega njihov rast prestaje. U uslovima nedostatka kalijuma listovi imaju uobičajenu zelenu boju, često tamnozelenu, pošto je biosinteza organske supstance u većoj meri inhibirana od stvaranja hlorofila. Slična se pojava uočava i u slučaju nedostatka fosfora, što može ponekad da oteža razgraničenje nedostatka pomenuta dva elementa. U odmakloj fazi nedostatka ponekad je teško razgraničiti nedostatak kalijuma od nedostatka magnezijuma. Kao pomoć može da posluži činjenica da je pri nedostatku kalijuma liska, usled ranijeg prestanka rasta, manja nego u slučaju nedostatka magnezijuma. Usled usporenog rasta u uslovima nedostatka kalijuma vršni listovi su manji. Rubni deo lista je savijen na dole, pošto prestanak rasta lista počinje na ivici liske. Interkostalni deo liske je talasast, kao posledica propadanja ćelija palisadnog parenhima i epidermisa. Na liski se javljaju male nekrotične i hlorotične tačke koje se vremenom spajaju stvarajući pege koje se šire u interkostalnom delu sa ivice prema sredini liske. Usled visoke aktivnosti tirozinaze nekrotične pege kod pasulja, paradajza i krompira su izrazito tamne boje. Kod monokotiledonih biljaka pojava nedostatka kalijuma prvo

se uočava na vrhu lista i širi se po ivici liske. U odmakloj fazi nedostatka dolazi do odumiranja najstarijih listova.

Gubljenje turgora je jedan od prvih znakova nedostatka kalijuma, posebno u uslovima visokih temperatura i nedostatka vlage. Kod biljaka nedovoljno obezbeđenih kalijumom u uslovima visokih temperatura i nedostatka vlage ranije dolazi do pojave gubitka turgora nego kod biljaka dobro obezbeđenim ovim elementom. Do pojave venjenja u uslovima nedostatka kalijuma dolazi pre pojave vidljivih morfoloških znakova njegovog nedostatka.

Kalijum utiče i na obrazovanje mehaničkog tkiva. Prečnik stabla je u uslovima nedostatka kalijuma manji. Zbog toga često u slučaju velikog nedostatka kalijuma lako dolazi do lomljenja stabla i lisne drške. Nivo obezbeđenosti kalijumom odražava se i na razvijenost provodnih tkiva, prečnika traheja i moćnost sklerenhimskog prstena.

Nedostatak kalijuma odražava se i na rast i izgled korena. Koren ostaje kratak, slabo se grana, smanjuje se broj i veličina korenskih dlačica, gubi belu boju i lako podleže napadu parazita.

Nedostatak kalijuma se nepovoljno odražava i na građu organela ćelija. Kod hloroplasta se smanjuje broj tilakoida i dolazi do njihovog kolapsa, a kod mitohondrija se uočavaju određene morfološke i strukturne promene koje su praćene smanjenjem P/O kvocijenta.

Simptomi nedostatka kalijuma kod pojedinih povrtarskih vrsta na osnovu njihove morfološke i anatomske građe i stepena osetljivosti prema njegovom nedostatku su manje-više specifični.

U uslovima nedovoljne obezbeđenosti kalijumom plodonošenje paprike je slabo, plodovi su sitni i često deformisani. Preobilno đubrenje azotom i kalijumom ograničava usvajanje kalcijuma što može da ima posledicu pojave truleži na vrhu plodova.

Kod graška listovi su manji i tamnozeleni boje. Na obodu starijih listova dolazi do pojave nekroze. Biljke zaostaju u rastu i imaju kraće internodije. Mahune su slabo razvijene sa malim brojem nedovoljno razvijenih semenki.

Liska kod krastavca oko nerva ima plavo-zelenu, bronzanu boju. Površina mladih listova je talasasta. Odumiranje listova počinje sa ruba lista uz pojavu žutomrke do mrke boje. Plodovi su meki i smežurani.

Stariji listovi luka su tamnozeleni boje sa tamnozelenim pegama. Na vrhu starijih listova javljaju se hlorotične pege, koje se vremenom spajaju i nekrotiraju. Kod sorti koje se odlikuju većim sadržajem antocijana vrh i rub lista su purpurno-mrko obojeni.

Kod cvekle površina listova je talasasta. Oko lisnih nerava liska je plavo-zelena obojena. Rubni deo lista je uvijen prema dole. Stariji listovi vremenom promene boju i rubni i interkostalni deo postaje žućkasto do crveno-mrke boje, uvenu i odumiru.

Paradajz je izrazito kalifilna biljka, stoga nedostatak ovog elementa kod ove biljne vrste izaziva veoma jasno vidljive simptome nedostatka na svim delovima biljke. Listovi su tamnozeleni boje, kod starijih listova više mrko-zelene. Na najstarijim listovima nastaju belo-žute tačkaste nekroze duž rubnog dela lista i u interkostalnim površinama koje se vremenom spajaju, stvarajući nekrotične pege. Stablo je tanje i na njemu se uočavaju nekrotične pege. Plodovi neujednačeno sazrevaju i imaju zelene i žute pege, kod još nezrelih plodova zelene pege. Plodovi imaju meku konzistenciju.

Listovi karfiola su talasasti, plavičasto-tamnozeleno obojeni i savijeni na dole. Na rubnom delu lista i u interkostalnom delu nastaju žućkaste-belo-mrke pege sa tamnim obodom, koje se kasnije spajaju. Rubni deo lista je nekrotiran i savijen nagore.

Krompir ima žbunast, zbijen izgled sa kratkim internodijama i tankim stablom. Na početku su listovi tamnozeleno do plavo-zelene boje, manji i savijeni na dole, sa blago talasastom površinom. Na starijim listovima na vrhu i rubnom delu liske javljaju se sitne svetle tačke koje se brzo povećavaju i postaju mrke, ljubičasto-mrke i/ili tamnomrke boje, spajaju se i šire u interkostalni deo liske, na kraju usev je bronzano obojen. Nadzemni deo vene i odumire. Korenov sistem je slabo razvijen, broj i veličina krtole su smanjeni.

Kod korenastog povrća u uslovima nedostatka kalijuma smanjuje se rast, izduživanje internodija, usled čega se kod biljaka javlja rozetast, žbunast rast, kao npr. kod mrkve, celera i cvekle. Kod mrkve listovi su savijeni na dole, na rubnom delu i na vrhu lista javljaju se hlortične pege koje vremenom prelaze u rubnu nekrozu. Stariji listovi odumiru.

Kod pasulja usled skraćivanja internodija biljke imaju žbunast izgled. Listovi su plavičaste do tamnozeleni boje, vrh listova je mrko, tamnomrko, crno-mrko obojen. Položaj listova je promenjen, ugao između lista i stabla je smanjen.

Kod boranije listovi se uvijaju, na rubnom i interkostalnom delu lista dolazi do hloroze koja brzo prelazi u nekrozu mrke boje.

Biljke iz porodice kupusnjača imaju slične simptome. Glavice su male, meke, "naduvane". Nekrotične površine kod belog glavičastog kupusa su belo-ljubičasto obojene, a kod crvenog kupusa listovi su svetlocrveni sa plavičastom nijansom, rubni deo je mrke boje i uveo. Kod karfiola pege na listovima su belo-mrko obojene, obrazovanje cvasti "ruže" je smanjeno.

Na osnovu gore navedenog može se zaključiti da su morfološki simptomi nedostatka kalijuma kod pojedinih povrtarskih vrsta specifični ali da se istovremeno mogu uočiti brojni zajednički znaci. Sumirajući oni bi bili sledeći:

- u uslovima nedostatka kalijuma biljke na početku samo zaostaju u porastu, hloroza i nekroza i drugi vidovi simptoma nedostatka javljaju se tek kasnije;
- prvi znaci nedostatka javljaju se na najstarijim listovima, list (ili rubni deo lista) se savija pretežno na dole, površina lista ima talasast izgled, mladi listovi su manji;
- na rubnom delu i/ili i na vrhu lista obrazuju se tačkaste pege, lezije svetle do tamne boje koje se vremenom spajaju, šire u interkostalni deo liske obrazujući nekrotične pege;
- listovi i plodovi ispoljavaju znake venjenja;
- u odmakloj fazi deficijencije dolazi do odumiranja najstarijih listova, a na kraju cele biljke;
- stablo je tanje, često sa kraćim internodijama i na njemu se javljaju nekrotične pege;
- mehanička tkiva i provodni sudovi su slabije razvijeni;
- koren ostaje kratak, slabo se grana, smanjuje se broj i veličina korenskih dlačica i menja boju.

Suvišak kalijuma

Znaci suviška kalijuma na biljkama u poljoprivrednoj praksi i u prirodi uopšte se veoma retko javljaju. Za to ima više razloga. Biljke mogu da nakupljaju značajne količine kalijuma, posebno kalifilne biljke bez štetnih posledica. Nadalje, većina zemljišta poseduje dobru fiksacionu sposobnost za kalijum, posebno glinovita, zbog čega u zemljištu samo izuzetno retko dolazi do povećanja koncentracije njegovog pristupačnog oblika za biljke u toj meri da može da deluje štetno. Veća je verovatnoća da do pojave suviška kalijuma dolazi pri gajenju povrća na veštačkom supstratu u slučaju njegove prekomerne, nestručne primene.

Na zemljištima i veštačkom supstratu sa slabom sorpcionom sposobnošću primena visokih doza kalijuma može da izazove štetne posledice usled povećanja koncentracije soli u zemljišnom rastvoru. Uočeno je da kod mladih, presađenih biljaka paprike unošenje većih doza kalijumovih đubriva, usled povećanja koncentracije soli u zemljištu, deluje nepovoljno.

U slučaju upotrebe kalijum-hlorida veća koncentracija pratećeg anjona hlora može nepovoljno da utiče na biljke.

Visoke doze kalijuma mogu i posredno da ispolje nepovoljno dejstvo preko antagonizma jona pri usvajanju, izazivajući tako nedostatak nekih biogenih elemenata kod biljaka, pre svega kalcijuma, magnezijuma, ali i bora, cinka i mangana. Prema nekim autorima postoji i antagonizam pri usvajanju i između kalijuma i gvožđa.

Najčešće primenjivana kalijumova đubriva su fiziološki kisela đubriva, njihovom primenom smanjuje se pH vrednost sredine što može da utiče na usvajanje jona elemenata čija pristupačnost u zemljištu za biljke u većoj meri zavisi od hemijske reakcije sredine.

Na osnovu malobrojnih opažanja na različitim biljnim vrstama suvišak kalijuma smanjuje rast, dovodi do uvijanja, savijanja i opadanja listova i odlaganja sazrevanja plodova.

KALIJUM U ĐUBRIVIMA

Justus von Liebig je 1840. godine objavio teoriju o mineralnim materijama u kojoj je ukazao na značaj pojedinih elemenata, pored ostalog, i kalijuma u ishrani biljaka. U to vreme, međutim, nije bilo moguće obezbediti potrebnu količinu kalijuma za đubrenje. Za potrebu industrije kalijum (K_2CO_3) je dobijen iz pepela biljaka, pre svega drveća. Pomoću ovog postupka jedva je pokrivena potreba za proizvodnju sapuna, stakla i dr. Uparivanje lužine u kalijum-karbonat obavljano je u velikim metalnim loncima. Otuda naziv na engleskom potassium, potash (pot – lonac, ash – pepeo), na nemačkom Pottasche (Asche – pepeo), na francuskom potasse, na sprskom potaša. Latinska reč kalium potiče iz arapskog jezika el-kali. Proizvodnja kalijumovih đubriva nije bila moguća sve dok pri traganju za kamenom soli nije otkirvena so gorkog ukusa, nepodesna za ljudsku ishranu, koja je sadržala kalijum. To se desilo 1856. godine u Strassfurtu blizu Magdeburga u Nemačkoj. Prvo kalijumovo đubrivo sa visokim sadržajem kalijuma proizvedeno je 1861. godine u Nemačkoj, da bi 1920. godine proizvodnja pomenutog đubriva otpočela i u drugim zemljama.

Ležišta kalijumovih minerala najčešće se nalaze na mestima gde su ranije bila mora i okeani. Njihovim isušivanjem nastala su ležišta kalijumovih soli, koja su prekrivena raznim drugim materijama. Broj kalijumovih minerala je velik i oni se razlikuju po rastvorljivosti. Najrasprostranjenije sirove soli kalijuma su: silvin (KCl) 63% K_2O , kainit ($KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$) 12-15% K_2O , karnalit ($KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$) 17% K_2O , silvinit ($KCl \cdot NaCl$) 12-15% K_2O , polihalit ($K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$) 15% K_2O , langbenit ($K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$) 23% K_2O . Značajna nalazišta sirovih kalijumovih soli nalaze se u Evropi u Nemačkoj, Španiji, Poljskoj, Francuskoj, Rusiji i Italiji. U oblasti Urala nalazi se 85% svetskih rezervi sirovih kalijumovih soli. Značajna nalazišta nalaze se i u Kanadi, Sjedinjenim Američkim Državama, Peru i Izraelu.

Proizvodnja kalijumovih đubriva iz sirovih kalijumovih soli koje su po pravilu siromašne kalijumom (sadrže oko 10 do 13% K_2O) zasniva se na odstranjivanju balastnih materija. U tu svrhu koriste se različiti tehnološki postupci: termičko rastvaranje, flotacija i ESTA-postupak.

Termičko rastvaranje zasniva se na nejednakoj rastvorljivosti pojedinih soli koje se nalaze u sirovim kalijumovim mineralima pri različitoj

temperaturi. Kalijum-hlorid se na višim temperaturama znatno bolje rastvara od natrijum-hlorida, a hlađenje smanjuje. Isitnjena sirova so se rastvara na 110 °C, dok se ne dobije zasićeni rastvor. Zatim se rastvor hladi pri čemu se KCl taloži, a NaCl ostaje u rastvoru. Rastvor NaCl se odvaja od taloga u kome preostaje KCl. Ovaj postupak se koristi pri preradi silvinita i karnilita.

Flotacioni postupak se koristi kada u sirovoj kalijumovoj soli kristali KCl nisu previše čvrsto vezani za ostale kristale soli. Postupak se zasniva na obogaćivanju pomoću flotacionog agensa (amini), koji obrazuje film u vidu pene oko soli kalijuma i separiše ga na površini smeše. Ovaj postupak je primenljiv pri preradi sirove kalijumove soli bogate u silvinu.

U ESTA-postupku dolazi do razdvajanja fino samlevenih čestica soli u električnom polju od 120.000 volti, suvim putem.

Za dobijanje kalijumovih đubriva mogu se koristiti i prirodne vode bogate solima. U plitkim bazenima uparava se voda pomoću sunčevih zraka pri čemu nastaje koncentrovani rastvor soli iz kojeg se zatim izdvajaju pojedine soli. Ovaj postupak se koristi u Izraelu i Jordanu na Mrtvom moru.

Kalijumova đubriva koja se dobijaju iz sirovih kalijumovih soli sadrže kalijum u pristupačnom obliku za biljke. Ova đubriva su u vodi dobro rastvorljiva i pored kalijuma često sadrže i druge biogene elemente, pre svega magnezijum.

U svetu postoji veliki broj proizvođača kalijumovih đubriva koji koriste različite sirove kalijumove soli i različite tehnologije proizvodnje čime se može objasniti da se ponekad za isto đubrivo navode nešto drugačije vrednosti za sadržaj pojedinih hranljivih elemenata.

Pri pisanju ovog poglavlja prevashodno su korišćena dela autora: Finck (1982), Ubavić i Bogdanović (1995), Džamić i Stevanović (2000), Schilling (2000) i Vukadinović i Vukadinović (2011). Navedena su samo najrasprostranjenija i kod nas upotrebljena kalijumova đubriva.

Kalijumova đubriva se na osnovu fizičko-hemijskih osobina mogu deliti na: sirove (prirodne) i koncentrovane kalijumove soli.

PRIRODNE KALIJUMOVE SOLI

Prirodne kalijumove soli se, usled niskog sadržaja kalijuma i time povećanih troškova transporta, kao đubrivo koriste samo u reonima nalazišta i pored toga što se kalijum u njima nalazi u pristupačnom obliku za biljke. Postoje i brojni drugi razlozi zbog kojih prirodne sirove kalijumove soli nisu pogodne za neposredno đubrenje. One mogu da sadrže kao balastnu materiju Cl, NaCl, perhlorat (KClO₄), kao i veću koncentraciju

SO_4^{2-} jona. Prisustvo veće koncentracije hlora i sulfatnog jona može nepovoljno da utiče na prinos i kvalitet nekih biljnih vrsta, a natrijum koji deluje peptizirajuće na koloide zemljišta narušava strukturu zemljišta. Pored toga, sirove kalijumove soli su vrlo higroskopne materije što otežava njihovu primenu.

Od sirovih kalijumovih soli u ograničenoj meri u prometu se nalaze: kainit, karnalit i silvinit.

Kainit (magnezijum-kainit) koji se nalazi na tržištu predstavlja mešavinu KCl , NaCl i MgSO_4 . Sadrži 11% K_2O , 5% MgO , 20% Na i 4% S (9,1 K , 3% Mg , 20% Na i 4% S). Ređe se sreće čist kainit ($\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Na tržištu se nalazi sa veličinom granula $< 3\text{mm}$ i $> 0,5\text{mm}$. Preporučuje se za đubrenje pašnjaka i livada, posebno zbog sadržaja Mg i Na koji povoljno utiču na ukus vegetacije i zdravlje životinja.

Karnalit je mešavina kalijum- i magnezijum-hlorida ($\text{KCl} \cdot \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) i primesa magnezijum-sulfata. Prosečno sadrži od 9 do 12% K_2O . Njegovu primenu otežava njegova velika higroskopnost.

Silvinit sadrži od 15 do 20% K_2O . Od primesa najčešće sadrži NaCl .

Sirove kalijumove soli mogu da se koriste za đubrenje gajenih vrsta koje nisu osetljive na prisustvo veće koncentracije hlora i na zemljištima koje nisu teškog mehaničkog sastava. One se, pre svega, koriste za proizvodnju koncentrovanih kalijumovih soli.

KONCENTROVANE KALIJUMOVE SOLI

Koncentrovana kalijumova đubriva odlikuju se većim sadržajem kalijuma, manjim prisustvom balastnih materija i dobrom rastvorljivošću u vodi. Zahvaljujući tome deluju brzo. Kalijum se u kalijumovim đubrivima nalazi u pristupačnom obliku za biljke. Smatra se da se u godini primene kalijum iz kalijumovih đubriva iskorišćava od strane biljaka od 50 do 60%, a produženo dejstvo u narednoj godini iznosi oko jednu desetinu od iskorišćavanja u godini primene (Finck, 1982). Iskorišćavanje kalijuma iz kalijumovih đubriva zavisi od obezbeđenosti zemljišta ovim elementom, primenjene doze đubriva, biljne vrste, kao i od brojnih ekoloških činilaca, vlažnosti, aeracije, temperature zemljišta i dr. U slučaju da se kalijum primenjuje u vidu fertigacije iskorišćavanje kalijuma je znatno veće i do 70%. Koncentrovana kalijumova đubriva mogu se koristiti i u cilju korekcije ishrane sa kalijumom u toku vegetacije, tj. folijarno, pri čemu je potrebno voditi računa o pH vrednosti primenjenog rastvora.

Više od 90% kalijumovih đubriva dobija se oplemenjivanjem sirovih kalijumovih soli. Zavisno od korišćene sirovine u primenjenom postupku

proizvodnje, na osnovu pratećeg anjona, razlikuju se đubriva u kojima se kalijum nalazi u obliku kalijum-hlorida i kalijum-sulfata.

Kalijum-hlorid - KCl. Kalijum-hlorid 40% sadrži 40% K_2O (33% K), 63% (KCl) i kao primesu od 20 do 30% NaCl. Đubrivo je dosta higroskopno. Kalijum-hlorid 50% sadrži 50% K_2O , (42% K), 80% (KCl) i kao primesu od 10 do 15 % NaCl. Kalijum-hlorid 60% sadrži 60% K_2O (50% K), 96% KCl i od 1 do 3% NaCl. Pomenuta đubriva su standardna kalijumova đubriva, bele do slabo obojene boje. Nalaze se u obliku sitnih kristala ili u obliku granula. Koriste se kao pojedinačna đubriva ili kao komponenta mešanih đubriva. Kalijum-hlorid 60%-ni koristi se u proizvodnji kompleksnih NPK đubriva. Ova đubriva su hemijski neutralna, a fiziološki kisela. Visok sadržaj najtrijuma čini ovo đubrivo posebno podesnim za ishranu vrsta koje se odlikuju većom potrebom za ovim elementom. Kalijum-hlorid koji se nalazi na našem tržištu sadrži od 58 do 62% K_2O .

Kalijum-hlorid sa magnezijumom. Sadrži 42% u vodi rastvorljivog K_2O , 6% u vodi rastvorljivog MgO, pored toga u njemu se nalazi i od 5 do 7% Na_2O i oko 5% sumpora. Ovo đubrivo se odlikuje veoma dobrim odnosom kalijuma i magnezijuma i primenjuje se u uslovima kada je biljka potrebno istovremeno obezbediti oba elementa. Pojava nedostatka magnezijuma se u poslednje vreme sve češće javlja pošto NPK mineralna đubriva koja se pretežno primenjuju ne sadrže magnezijum, a istovremeno povećanjem prinosa podstiče se njegovo iznošenje iz zemljišta. Nedostatak magnezijuma se javlja na kiselim i alkalnim zemljištima.

Kalijum-sulfat - K_2SO_4 . Kalijum-sulfat sadrži 50% K_2O (42% K), 93% K_2SO_4 , 18% S, 0,6% Mg i manje od 2,5% Cl. Ovo đubrivo ima brojne pozitivne osobine, sadrži dva neophodna elementa za biljke kalijum i sumpor, odlikuje se malim sonim indeksom, ima dobre fizičke osobine, a sadržaj hlora je veoma nizak. U nekim zemljama se proizvodi tretiranjem kalijum-hlorida sa sumpornom kiselinom ili preradom kainita, kome se dodaje koncentrovani rastvor kalijum-hlorida ili iz kizerita pri čemu se kalijum-hlorid u dva stupnja prevodi u kalijum-sulfat. Za proizvodnju ovog đubriva koriste se i sirove kalijumove soli šenit i langbenit. Ovo đubrivo se prevashodno primenjuje pri gajenju biljaka osetljivih na prisustvo hlora. Kalijum-sulfat nije higroskopno đubrivo, može se skladištiti i u vlažnim uslovima, može se ugraditi u druga đubriva, u vodi je dobro rastvorljivo (preko 110 g/L), podesno je za mehanizovano rasturanje, javlja se u obliku kristala bele boje i fiziološki je kiselo đubrivo. Proizvodi se u obliku granula (veličina čestica 0,8 do 3,6 mm) i kristalnog praška (veličina čestica od 0,01 do 0,5 mm). Skuplje je od kalijum-hlorida, zbog čega se koristi pri đubrenju

intenzivnih biljnih vrsta. Koncentracija hlora u ovom đubrivu ne sme da bude veća od 2,5, odnosno 3%. Proizvodi se i sa 52% K_2O (43,2% K). Ovo đubravo se koristi pri fertigaciji. Po potrebi kalijum-sulfat se proizvodi i sa veoma niskim sadržajem hlora 1% ili svega sa 0,5%.

Kalijum-sulfat ima prednosti u odnosu na kalijum-hlorid ne samo pri đubrenju biljaka osetljivih na prisustvo veće koncentracije hlora, već i u slučaju kada postoji opasnost od zaslanjivanja zemljišta, odnosno hranljivog supstrata, pošto se odlikuje nižim sonim indeksom od kalijum-hlorida. Kalijum-sulfat koji se nalazi na našem tržištu sadrži od 48 do 52% K_2O .

Kalijum-magnezijum-sulfat (Patent-kalijum) je dvojno đubravo $K_2SO_4 \cdot MgSO_4$, sadrži 30% K_2O (24,9% K), 10% MgO (6% Mg) i 17% S u obliku sulfata. Sadržaj hlora ne sme da bude veći od 2,5, odnosno 3%. Fiziološki je kiselo đubravo, sivo-bele boje i nije higroskopno. Preporučuje se primena kod biljnih vrsta osetljivih na prisustvo hlora i vrsta sa većim zahtevom za magnezijumom.

Magnezijum-kainit sadrži 11% K_2O , 5% MgO, 20% Na i 4% S (9,1% K, 3% Mg, 20% Na i 4% S). Naziv kainit dolazi od dvostruke soli KCl . $MgSO_4 \cdot 3H_2O$, koja je u početnim fazama eksploatacije kalijuma korišćena u poljoprivredi. Ovo đubravo se posebno preporučuje za đubrenje livada i pašnjaka zbog visokog sadržaja natrijuma i prisustva magnezijuma. Smatra se da ovo đubravo povoljno utiče na ukus hrane i time podstiče njihovu potrošnju, kao i na zdravstveno stanje životinja.

Postoje i sporodelujuća kalijumova đubriva, međutim, njihova primena ima ograničeni značaj.

KALIJUM U SLOŽENIM ĐUBRIVIMA

Kalijum se u ishrani biljaka u većini slučajeva koristi u obliku složenih mineralnih đubriva. Za razliku od pojedinačnih đubriva koja sadrže jedan hranljivi element, složena đubriva u svom sastavu imaju dva i više hranljivih elemenata. U ovu grupu ubrajaju se i pojedinačna đubriva čiji anjoni i kationi učestvuju u ishrani biljaka, npr. kalijum-nitrat. Složena đubriva, pored osnovnih hranljivih elemenata azota, fosfora i kalijuma mogu da sadrže i druge biogene elemente. U savremenoj agrotehnici prevladava primena složenih, kompleksnih đubriva. Upotreba složenih, posebno kompleksnih đubriva ima niz prednosti u odnosu na upotrebu pojedinačnih đubriva. Ona se najčešće odlikuju visokim ukupnim sadržajem aktivne materije (koncentracija mineralnog đubriva), usled čega se smanjuju troškovi trans-

porta i skladištenja, pojednostavljuje se đubrenje usled jednovremene primene više hraniva, smanjuje se utrošak energije i radne snage. Smatra se da se u novije vreme osnovni hranljivi elementi oko 50 do 70% primenjuju u vidu kompleksnih đubriva. Omer sadržaja pojedinih elemenata, njihov maseni odnos ($N : P_2O_5 : K_2O$) označava se kao formulacija đubriva.

Potrebno je istaći da i primena pojedinačnih mineralnih đubriva u određenim agroekološkim uslovima ima svoje opravdanje, na primer, ako u zemljištu koncentracija samo jednog elementa ograničava visinu prinosa ili ako ne postoji složeno đubrivo čija formulacija obezbeđuje optimalnu obezbeđenost biljaka hranivima. Pored toga, potrebno je istaći da je cena aktivne materije u pojedinačnim đubrivima obično nešto niža.

Na osnovu tehnologije proizvodnje složena đubriva se dele na: mešana složena đubriva, polukompleksna složena đubriva i na kompleksna složena đubriva.

Mešana složena đubriva proizvode se mehaničkim mešanjem dva ili više čvrstih pojedinačnih đubriva u praškastom ili granulisanom obliku, pri čemu ne dolazi do hemijskih reakcija između pojedinačnih đubriva u najvećem delu proizvoda. Prednost primene složenih mešanih mineralnih đubriva je u mogućnosti da se formulacija smeše prilagodi obezbeđenosti zemljišta i potrebama biljaka za pojedinim hranivima. Pri nestručnom mešanju pojedinih đubriva može doći do nepoželjnih fizičko-hemijskih promena u smeši (antagonizam đubriva), zbog čega je potrebno poznavanje mogućnosti njihovog mešanja. Mešana složena đubriva mogu da budu dvojna i trojna formulacija (NP, NK, PK, NPK). Dvojna formulacija može da bude : 0:14:12, 0:14:21, trojna: 8:8:8 , 4:18:12, 4:11:9 itd.

Polukompleksna ili kompleksno-mešana đubriva najčešće nastaju mešanjem amonijum-nitrata, superfosfata, amonijaka, kalijum-hlorida, sumprone i fosforne kiseline. U toku mešanja dolazi do hemijskih reakcija, koje omogućavaju dobijanje čvršćih i homogenijih granula. Formulacija takvih đubriva može da bude 14:14:14.

Kompleksna složena đubriva našla su široku primenu u našoj agromskoj praksi. U toku proizvodnje kompleksnih složenih mineralnih đubriva u reaktorima dolazi do složenih hemijskih reakcija između komponenti koje se kompleksuju. Pri tome nastaju potpuno nova kompleksna jedinjenja, homogen proizvod, ujednačenog sastava. Formulacija kompleksnih đubriva može da bude dvojna (NP, NK, PK) i trojna (NPK). Kompleksna đubriva odlikuju se visokim sadržajem aktivne materije, najčešće između 40 i 60%.

Od dvojnih kompleksnih mineralnih đubriva koja sadrže kalijum potrebno je navesti kalijum-nitrat i dvojna fosforno-kalijumova đubriva.

Kalijum-nitrata u prirodi ima malo, stoga se uglavnom proizvodi industrijski. To je dvojno kompleksno đubrivo, bele do sivkaste ili žućkaste boje, dobro rastvorljivo u vodi, manje je higroskopno u odnosu na druga nitrata đubriva i fiziološki je neutralne do slabo alkalne reakcije. Sadrži oko 46,5% K_2O i od 12 do 14% N u proseku 13% N i 38,2% K. Zahvaljujući visokom sadržaju kalijuma veoma je pogodno đubrivo za kalifilne biljke. Pošto se dobro rastvara u vodi uspešno se može koristiti za fertigaciju u povrtarskoj proizvodnji, kao i za prihranjivanje biljaka osetljivih na prisusutvo hlorida. Prisustvo balastnih materija je veoma malo. U najveće proizvođače ovog đubriva ubrajaju se Izrael, Čile i Sjedinjene Američke Države.

Dvojna fosforno-kalijumova đubriva koriste se za osnovno đubrenje pri zasnivanju lucerišta, detelišta, vinograda i voćnjaka, nadalje pri đubrenju na rezervu, kao i u cilju meliorativnog đubrenja, povećanja sadržaja lakopristupačnog fosfora i kalijuma u zemljištima koja su siromašna u pomenutim elementima. Ova đubriva se proizvode u različitim PK formulacijama, kao npr. 0:30:18, 0:20:30 itd. Dvojna kombinacija može da bude i kalijum sa magnezijumom.

Trojna kompleksna mineralna đubriva proizvode se u velikom broju formulacija u zavisnosti u namene. Za osnovno i melioracijsko đubrenje koriste se formulacije NPK đubriva u kojima je povećan udeo fosfora i kalijuma (4:18:39, 6:18:35, 10:18:27), za predsetveno i startno đubrenje koriste se đubriva sa manje-više uravnoteženim odnosom NPK (15:15:15, 13:10:12) zavisno od zemljišnih uslova i biljne vrste.

Kompleksno složeno đubrivo sa četiri elementa je npr. NPK+Mg. Kompleksno složeno đubrivo može da sadrži i šest elemenata (N, P, K, Ca, Mg, S) ako se azotno-magnezijumovo đubrivo kombinuje sa PK đubrivom.

Kristalna đubriva. Kristalna đubriva (kristaloni) u celini i hranljivi elementi koje sadrži su potpuno rastvorljivi u vodi i ne sadrže balastne materije. Zahvaljujući njihovoj dobroj rastvorljivosti u vodi ova đubriva su pogodna za fertigaciju i za folijarnu prihranu biljaka. Kristalna đubriva se ubrajaju u brzo delujuća đubriva. Ona se mogu koristiti i zajedno sa zaštitnim sredstvima. Kristalna đubriva su našla širu primenu u intenzivnoj proizvodnji, visoko profitabilnih vrsta, pre svega u hortikulturi. Postoje različite formulacije kristalnih đubriva: 12:12:36, formulacija namenjena za kalifilne biljke, zatim 15:5:30 i dr.

OSTALI NEORGANSKI IZVORI KALIJUMA

Kalijum silikati. Silikati kalijuma, nakon hemijske dorade i sitnjenja, mogu da se koriste kao kalijumovo đubrivo. Zbog niskog sadržaja kalijuma od 8 do 21% K_2O i s tim u vezi visokih transportnih troškova primenjuju se, pre svega, u okolini nalazišta i u zemljama koja ne raspolažu naslagama sirovih kalijumovih soli. Raznim hemijskim tretmanom uz upotrebu kiselina moguće je od kalijum silikata proizvesti kalijumova đubriva. U zavisnosti sa kojom kiselinom se tretiraju silikati kalijuma moguće je proizvesti različite soli kalijuma (KNO_3 , KCl i dr.). Najznačajniji kalijumovi silikati su: leucit – $KAl(SiO_3)_2$, 21% K_2O , 55% SiO_2 ; muskovit – $H_2KAl_3Si_3O_{12}$, 12% K_2O ; nefelin – $K_2Na_6Al_8Si_9O_{34}$, 7% K_2O ; galukonit – $KFeSi_2O_6 \cdot nH_2O$, 7% K_2O ; ortoklas – $KAlSi_3O_8$. Pristupačnost kalijuma iz kalijum silikata u značajnoj meri zavisi i od finoće njihovog mlevenja. Postoje podaci koji ukazuju da uz primenu iste količine kalijuma može da ispolji slično dejstvo kao i 40%-na kalijumova so. Pored slabe rastvorljivosti kalijum silikati mogu sa uspehom da se koriste u uslovima plavljenja zemljišta kada im je rastvorljivost dovoljna za obezbeđenje npr. pirinča kalijumom (Tokunaga, 1991).

Pepeo. Pepeo koji nastaje posle sagorevanja biljnih ostataka, usled visokog sadržaja kalijuma smatra se kalijumovim đubrivom, iako pored kalijuma sadrži i druge biogene elemente. Upotreba pepela kao đubriva ima lokalni značaj. Pepeo se koristio u seoskim gazdinstvima u doba kada su se kao gorivo koristili žetveni ostaci, slama žitarica, stabljike suncokreta, kukuruzovina i dr. U novije vreme proizvodnjom energije, tzv. "zelene energije", sagorevanjem žetvenih ostataka pepeo postaje ponovo aktuelno đubrivo (Ilić et al., 2004, Martinov et al., 2005).

Sastav i nutritivna vrednost pepela koji nastaje kao produkt sagorevanja biomase razmatrali su Loo i Koppejan (2002). Pri sagorevanju biomase gubi se celokupna količina azota. Najveći deo fosfora zaostaje u pepelu i dolazi do emisije jednog dela kalijuma, hlora, sumpora i natrijuma kao sastojka letećeg pepela ili soli (KCl , $NaCl$, K_2SO_4). Soli nastaju u reakciji kalijuma ili natrijuma sa hlorom ili sumporom. Sa ekološkog stanovišta naročito je značajna sudbina nekih teških metala: Cd , Hg , Cu , Pb . Oni ostaju u pepelu ili isparavaju.

Sveža biljna masa sadrži u proseku oko 80% vode i oko 20% suve materije. Suva materija biljaka sadrži u proseku 6% mineralnih materija, pepela. Elementarni sastav pepela u proseku je sledeći (%): K 42, O 24, Cl 7, Si 7, P 5, Ca 5, Mg 4, S 4, Na 1 i mikroelemenata 1. Iz navedenog se može zaključiti da je pepeo biljaka izuzetno bogat kalijumom. Sastav i rastvorljivost pojedinih elemenata u pepelu iz biomase su različiti i zavise od

većeg broja činilaca, posebno od njegovog porekla, odnosno biljne vrste i zemljišnih uslova (Tab. 26). Pepeo nusproizvoda strnih žita odlikuje se većim sadržajem oksida kalijuma, kalcijuma, magnezijuma i fosfora. Pored toga, fosfor se nalazi u obliku $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, a kalcijum u vidu CaCO_3 . U pepelu slame žita oko 30% kalijuma je u vodi rastvorljivo, što znači da je za biljke pristupačan. U pepelu se kalijum nalazi i u slabo rastvorljivom obliku u vidu kalijum silikata. Samo deo fosfora je rastvorljiv, dok su hlor i sumpor rastvorljivi u vodi.

Pepeo nezagađene biomase može da se koristi kao đubrivo. U Austriji se upotreba pepela kore drveta i piljevine kao đubrivo na poljoprivrednim površinama preporučuje do 1.000 kg/ha, na zelenim površinama, pašnjacima i livadama do 700 kg/ha, a u šumama do 3.000 kg/ha jednom u 50 godina. Pepeo drveta sadrži od 3 do 7% K_2O . Pošto u toku sagorevanja organske materije u pepelu dolazi do povećanja koncentracije prisutnih mineralnih materija među kojima i teških metala, preporučljivo je pre đubrenja pepelom ispitati njegov hemijski sastav i tek nakon toga utvrditi njegovu količinu za đubrenje. Pepeo suncokretove stabljike predstavlja izrazito kalijumovo đubrivo pošto sadrži 36% K_2O , 2,5% P_2O_5 i 18,5% CaO , pepeo stabljike kukuruza se, takođe, odlikuje visokim sadržajem kalijuma 27% K_2O , 9% P_2O_5 i 8% CaO , pepeo pšenične slame ima 14% K_2O , 7% P_2O_5 i 6% CaO . Zbog visokog sadržaja katjona pepeo ima alkalnu reakciju, zbog čega se preporučuje njegova primena na kiselim zemljištima u cilju popravke pH vrednosti Sander i Andren (1997).

Tab. 26. Sadržaj kalijuma u pepelu nekih biljaka (Popović, 1989)

Biljna vrsta	K_2O % u SM	Biljna vrsta	K_2O % u SM
Četinari	6-6,9	Pšenica (slama)	9,4-17,0
Hrast	8,5	Krompir (stabljika)	21,7
Topola	12,5	Kukuruz (stabljika)	27,2
Brest	22,0	Duvan (stabljika)	23,0
Raž (slama)	9,7-22,0	Suncokret (stabljika)	36,0

Cementna prašina. Prašina koja nastaje u toku proizvodnje cementa može da posluži kao kalijumovo đubrivo. Fabrike cementa prerađuju feldspate i druge minerale koje sadrže kalijum. Prašina, fini prah koji nastaje u toku proizvodnje sadrži od 12 do 45% K_2O u obliku K_2CO_3 i K_2SO_4 . Značajno je da prašina ne sadrži primese sa štetnim dejstvom.

Ukoliko prašina koja nastaje u cementarama dospe u atmosferu može da izazove niz nepoželjnih fizioloških i anatomskih promena na biljkama. Utvrđeno je da prašina smanjuje sadržaj hlorofila, šećera i skroba u listovima i intenzitet fotosinteze i povećava debljinu epidermisa i međučelijske prostore, što se sve skupa nepovoljno odražava na prinos biljaka. Prašina cementara deluje na nadzemne organe biljaka svojim hemijskim sastavom i alkalnom reakcijom.

Padavine. Industrijalizacija, urbanizacija, razvoj saobraćaja i neodgovarajuće rukovanje otpadnim materijama doveli su do porasta raznih organskih i neorganskih jedinjenja u vazduhu. Pored ovih antropogenih činilaca, postoje i prirodne pojave koje mogu da zagađuju vazduh kao što su: šumski požari, erupcije vulkana, oluje, zemljotresi i dr.

Iz vazduha putem atmosferskog taloga na površinu Zemlje, pored ostalog, dospe i kalijum. Koncentracija kalijuma u atmosferskim padavinama je niska i različita je u pojedinim regionima, u proseku se kreće od 0,1 do 4 mg K/L (Nativ, 1992). Prema navodima Kádár et al. (2012) u oblasti između Dunava i Tise (Örbottyán) 2006. godine je iz atmosfere dospelo 16,5, a 2007. godine 6,3 kg/ha kalijuma, a u Mezőföldu 14,0, odnosno 13,2 kg/ha. Suma godišnjih padavina u oba lokaliteta bila je približno ista – od 450 do 550 mm.

Količina kalijuma koja dospe iz atmosfere na površinu Zemlje u značajnoj meri zavisi od lokalnih uslova, zagađenja vazduha i vegetacije. Utvrđeno je da postoji interakcija između koncentracije kalijuma u padavinama i površine pokrivene vegetacijom. Biljni pokrivač deluje kao primalac za azot i izvor za kalijum (Puckett, 1987). Količina kalijuma koja dospe na površinu Zemlje nema veći značaj u kruženju ovog elementa u prirodi, niti u obezbeđenju biljaka kalijumom.

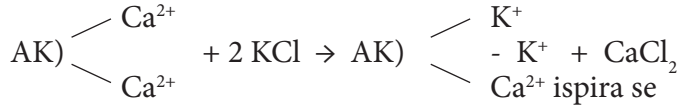
MOGUĆE PRATEĆE DEJTSVO ĐUBRENJA KALIJUMOM

Cilj primene kalijumovih đubriva je optimalno obezbeđenje biljaka ovim elementom u uslovima gde je njegova koncentracija u hranljivom substratu nedovoljna. Na taj način treba obezbediti da se genetski potencijal genotipa za prinos i kvalitet proizvoda u potpunosti realizuje. Kalijumova đubriva, kao u ostalom i primena drugih hemijskih sredstava u biljnoj proizvodnji, imaju i prateće efekte koji zavise od njihovog hemijskog sastava i drugih fizičko-hemijskih osobina i od njihove interakcije sa elementima spoljašnje sredine.

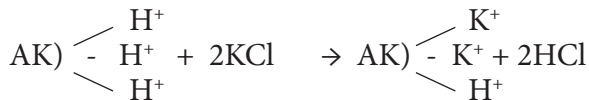
Uticaj na pH zemljišta

Kalijumova mineralna đubriva su soli kalijuma sa mineralnim kiselinama. Ona po pravilu ne sadrže štetne materije. U okviru njihovog sporednog dejstva najveća pažnja se posvećuje njihovom uticaju na pH zemljišta, odnosno hranljivog supstrata. Kalijumova đubriva (KCl i K_2SO_4) su fiziološki kisela đubriva, jer biljke intenzivnije usvajaju kalijum od pratećeg anjona koji sa vodonikovim jonom stvara kiselinu usled čega se povećava aktivna kiselost zemljišta.

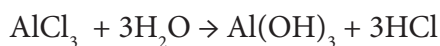
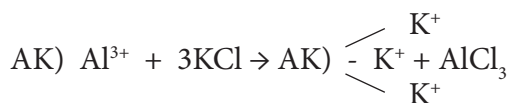
Kalijum-hlorid je u Srbiji iz ekonomskih razloga najčešće korišćeno mineralno kalijumovo đubrivo. Kalijumova đubriva su lako rastvorljiva u vodi. U zemljišnom rastvoru disosuju, deo kalijuma veže se za adsorptivni kompleks zemljišta, a deo ostaje u zemljišnom rastvoru. Na neutralnim i alkalnim zemljištima deo kalijuma iz kalijumovog đubriva zamenjuje kalcijum adsorbovan u adsorptivnom kompleksu zemljišta (AK). Oslobođeni jon kalcijuma u zemljišnom rastvoru stvara sa hlorom $CaCl_2$ koji je vrlo pokretan i stoga se, naročito u humidnim predelima, na lakim peskovitim zemljištima i pri navodnjavanju sa većim zalivnim normama, lako ispira u dublje slojeve zemljišta:



Kalijum jon može da istiskuje iz adsorptivnog kompleksa zemljišta i vodonikove jone koji sa hlorom u zemljišnom rastvoru stvaraju hlorovodoničnu kiselinu, usled čega se pH zemljišta može lokalno smanjiti i ispod 4:

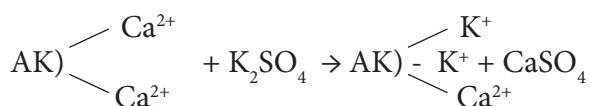


Pri dužoj upotrebi posebno većih doza kalijum-hlorida na kiselim zemljištima može doći do zamene aluminijuma u adsorptivnom kompleksu zemljišta sa kalijumom i time povećanja koncentracije aluminijuma u zemljišnom rastvoru što se nepovoljno odražava na biljni svet.



Navedene reakcije ukazuju da đubrenje sa većim dozama kalijum-hlorida, koje je đubrivo fiziološki kisele reakcije, na kiselim zemljištima rezultira povećanjem kiselosti zemljišnog rastvora. Zato se u slučaju upotrebe kalijum-hlorida na kiselim zemljištima preporučuje povremena primena kreča ili fiziološki alkalnih mineralnih đubriva.

Kalijum-sulfat je, takođe, fiziološki kisele đubrivo. Na neutralnim i alkalnim zemljištima kalijum istiskuje kalcijum iz adsorptivnog kompleksa. Istisnuti kalcijum jon u zemljišnom rastvoru stvara sa sulfatnim jonom teškorastvorljivu so kalcijum-sulfat:



Smatra se da je fiziološka kiselost kalijum-sulfata veća od kalijum-hlorida. Razlog je veća mobilnost jona hlora u zemljištu i njegovo veće ispiranje. Finck (1982) navodi da je uticaj primene kalijumovih đubriva na reakciju zemljišta od malog značaja, kao i da obično nije uočeno smanjenje pH vrednosti zemljišta nakon primene ovih đubriva, osim neznatno povećanje gubitka kalcijuma.

Uopšteno se može reći da u zemljištima gde je adsorptivni kompleks zasićen jonima kalcijuma, komponente kalijumovih đubriva kalijum, natrijum i magnezijum zamenjuju jone kalcijuma u adsorptivnom kompleksu, koji zatim u zemljišnom rastvoru stvaraju so sa sulfatima i hloridnim jonima. U kiselim, vodonikovim jonima zasićenim zemljištima najpre dolazi do zamene kalcijuma i magnezijuma na adsorptivnom kompleksu, a zatim vodonikovih jona koji stvaraju hlorovodoničnu i sumpornu kiselinu.

Značaj pratećih elemenata

Koncentrovana kalijumova đubriva kao prateće elemente sadrže, pored ostalog, hlor, sumpor, natrijum, magnezijum i dr. Nepovoljno dejstvo može se očekivati samo od prisustva hlora, dok magnezijum, sumpor i natrijum deluju pozitivno na prinos i kvalitet proizvoda.

Hlor. Kalijum-hlorid sadrži značajnu količinu hlora što je potrebno pri njegovoj primeni imati u vidu. Od halogenih elemenata u pedosferi u najvećim količinama je zastupljen hlor. Koncentracija hlora u zemljištu je veoma promenljiva, od 0 do 1%. Hlor je, prema mišljenju nekih autora, neophodan element za biljke, dok ga drugi ubrajaju u korisne elemente (Marschner, 1995). Znaci nedostatka hlora u prirodi nisu uočeni. Hlor se u zemljištu nalazi u jonskom obliku, u vidu soli i vezan za organsku materiju. Značajna količina hlora se u zemljištu nalazi u vidu slobodnog Cl^- jona u kom obliku ga biljka usvaja. Hlor je veoma mobilan u zemljištu i odlikuje se velikim koeficijentom difuzije u zemljišnom rastvoru i zemljištu. Hloridi zemljišta su lakorastvorljivi i u zemljišnom rastvoru su veoma pokretljivi, u kiselom opsegu su slabo adsorbovani, stoga se u humidnim uslovima hlor intenzivno ispira. Kisela sredina pogoduje usvajanju hlora kod biljaka (Gerson i Poole, 1972).

Hlor može da deluje veoma toksično na biljke. Biljke hlor intenzivno usvajaju i translociraju u nadzemne organe, gde njegova koncentracija može značajno da premašuje potrebe biljaka. Stoga je njegova koncentracija u biljkama ponekad veoma visoka, može u suvoj materiji dostići i 10%. Granica tolerantnosti kod biljnih vrsta koje su osetljive na prisustvo veće koncentracije hlora kreće se od 0,5 do 2% hlora u suvoj materiji, a kod tolerantnih 4%. Visoka koncentracija hlora povećava turgorov pritisak u ćelijama lista, usled čega se smanjuje transpiracija. Suvišak hlora istovremeno smanjuje usvajanje ostalih anjona: nitrata, fosfata, sulfata i dr., sprečava deobu ćelija, narušava bilans anjona i katjona i često izaziva hlorozu. Vrh korenskih dlačica postaje mrk, pre vremena kreće vegetacija, a listovi se obično ne razvijaju potpuno, ostaju sitni i deformišu se. Simptomi suviška hlora javljaju se prvo na vrhovima i rubu listova, slično kao i suvišak drugih elemenata (Kastori, 2006). U slučaju suviška hlora rubovi listova se često uvijaju i nastale promene su slične simptomima koje izaziva nedostatak kalijuma ili suvišak nitrata. Na prisustvo veće koncentracije hlora naročito su osetljivi mladi ponici. Prisustvo NH_4^+ jona povećava toksičnost suviška hlora. Potrebno je, međutim, istaći da vidljivi znaci suviška hlora kod biljaka, ni kod osetljivih vrsta na prisustvo veće koncentracije hlora pri uobičajenoj primeni kalijum-hlorida nisu uočeni. Fotosintetička aktivnost i potrošnja vode mogu da posluže kao fiziološki parametri za utvrđivanje osetljivosti slatke paprike na hlor (Slezák et al., 2011).

Tolerantnost pojedinih biljnih vrsta prema suvišku hlora je različita i genetski je kodirana. Šećerna i stočna repa, ječam, kukuruz, spanać, celer i kupus ubrajaju se u biljke koje imaju jače izraženu tolerantnost prema većim koncentracijama hlora. Veću tolerantnost prema hloru ispoljavaju većinom biljne vrste koje podnose veću koncentraciju soli – halofiti. Nasuprot njima: leguminoze, vinova loza, duvan, trešnja, crvena ribizla,

malina, hmelj i većina ukrasnih biljaka, gerbera, hrizantema, četinari i dr. važe za jako osjetljive biljke na suvišak hlora. Većina povrtarskih biljaka je osjetljiva na veće koncentracije hlora (Tab. 27).

Tab. 27. Osetljivost nekih povrtarskih biljaka na prisustvo hlora (preuzeto iz Terbe, 2012)

Jako osjetljive	Malo osjetljive	Podnose prisustvo	Vole prisustvo
paprika, krastavac pasulj, dinja, luk	spanać, krompir paradajz, glavičasta salata, kupusnjače	rotkva, zeleni luk paštrnak, cvekla, mrkva	celer, špargla

Biljne vrste koje su osjetljive na prisustvo veće koncentracije hlora treba đubriti kalijum-sulfatom, posebno u aridnim predelima. Da bi se ublažilo nepovoljno dejstvo veće koncentracije hlora, potrebno je unositi kalijum-hlorid u zemljište u jesen, kako bi se hlor ispirao u dublje slojeve zemljišta i otišao van domašaja korenovog sistema. Istovremeno se joni kalijuma vežu u površinskom sloju zemljišta, u zoni domašaja korenovog sistema. Kalijum-hlorida, posebno veće doze kod vrste koja je osjetljiva na prisustvo hlora, nije preporučljivo uneti u zemljište neposredno pre setve ili celokupnu predviđenu dozu odjednom.

Suvišak hlora se odražava na kvalitet proizvoda gajenih vrsta. Suvišak hlora kod krompira smanjuje translokaciju asimilata iz listova u krtole, pospešuje pojavu virusnih oboljenja, smanjuje sadržaj skroba i veličinu skrobnih zrna u krtolama (Kastori, 1983). Hlor nepovoljno utiče na kvalitet duvana. Zato se pri đubrenju duvana preporučuje upotreba kalijum-sulfata. Veći sadržaj hlora nepovoljno utiče na kvalitet i preradu šećerne repe. U prisustvu veće količine hlora smanjuje se iskorišćavanje šećera pri preradi korena pošto se povećava količina saharoze koja odlazi u melasu.

U većem broju oglada do sada je utvrđeno da niže koncentracije hlora mogu povoljno da utiču na prinos nekih gajenih biljaka: paradajza, stočnice i šećerne repe, spanaća i dr. Halofite, među gajenim vrstama šećerna i stočna repa, imaju naglašenu potrebu za hlorom. Specifičnu potrebu za hlorom imaju i uljana palma i kokos, a od povrtarskih vrsta celer i špargla. Kod ovih biljnih vrsta prednost treba dati upotrebi kalijum-hlorida (Trebe i Csató, 2004). Smatra se da se značaj hlora oglada u njegovoj ulozi u stvaranju osmotskog pritiska.

Hlor u zemljište dospeva i primenom organskih đubriva u toku navodnjavanja i u manjoj količini padavinama iz atmosfere, posebno u priobalnim oblastima. Tako, na primer, upotrebom 30 m³ tečnog stajnjaka u zemljište se unosi i do 90 kg hlora. Zaoravanjem žetvenih ostataka u zemljište se unosi, takođe, određena količina hlora. Cima krompira sadrži

od 0,80 do 3,0%, list repe od 1,40 do 2,26%, slama žitarica od 0,10 do 0,69% hlora (Matzel, 1983).

Natrijum. Kalijum-hlorid, pored hlora, sadrži značajnu količinu natrijuma. Kalijum-hlorid 40%-ni i 50%-ni sadrži od 5 do 15% Na_2O . Natrijum se ubraja u korisne elemente, pošto može da utiče povoljno na neke fiziološke procese biljaka, i time na njihov rast i razviće. Kalijum i natrijum su antagonisti pri usvajanju, istovremeno natrijum može da zameni neke nespecifične uloge kalijuma u fiziološkim procesima biljaka. Postoji i mišljenje da delimična zamena kalijuma natrijumom doprinosi boljem iskorišćavanju kalijuma. Biljke se prema reakciji na prisustvo natrijuma mogu podeliti u četiri grupe:

- Biljke koje u slučaju nedovoljne ishrane kalijumom slabo reaguju na natrijum (luk, pasulj, kukuruz, soja, raž i dr.).
- Biljke koje pri nedostatku kalijuma pozitivno reaguju na natrijum (paradajz, ječam, crvena detelina, lucerka i dr.).
- Biljke kod kojih pri optimalnoj ishrani kalijumom, natrijum osrednje stimuliše rast (grašak, pšenica, ovas, lupina i dr.).
- Biljke kod kojih natrijum pri optimalnoj ishrani kalijumom značajno stimuliše rast (cvekla, spanać, stočna i šećerna repa i dr.).

Natrijum ima veoma značajnu ulogu u organizmu ljudi i životinja. Najznačajnija mu je uloga u održavanju osmotskog pritiska ekstracelularne tečnosti. Pored toga, natrijum aktivira neke enzime i sa kalijumom i magnezijumom učestvuje u prenošenju nadražaja u mišiće i u ćelije mozga. U normalnim uslovima ishrane kod ljudi se nedostatak natrijuma retko javlja. Veoma je značajan sadržaj natrijuma u stočnoj hrani, posebno preživača. Krava dnevno preko mleka izlučuje od 25 do 35 g natrijuma. Natrijum povećava mlečnost i plodnost kod krava, stoga je važno da hrana sadrži dovoljnu količinu natrijuma. Sadržaj natrijuma u biljkama zavisi od njegovog prisustva u zemljištu, kao i od sposobnosti pojedinih biljnih vrsta da ga nakupljaju. U cilju povećanja koncentracije natrijuma u biljkama livada i pašnjaka na zemljištima koja ne sadrže dovoljno natrijuma ili je zemljište osrednje obezbeđeno ovim elementom (od 7 do 12 mg Na/100g zemljišta) preporučuje se upotreba 10 dt/ha đubriva magnezijum-kainita koji, pored 12% K_2O i 6% MgO , sadrži 24% Na_2O . U uslovima kada zemljište sadrži dovoljnu količinu natrijuma upotreba posebno većih doza kalijumovog đubriva značajno je smanjila sadržaj natrijuma u grašku, kao rezultat antagonizma između pomenuta dva elementa (Kádár, 1992).

Halomorfna zemljišta odlikuju se povećanim sadržajem natrijuma. Povrtarske vrste prema tolerantnosti na soli, na osnovu sadržaja natrijuma, mogu se svrstati u četiri grupe: na tolerantne, neosetljive, srednje osetljive

i osetljive. U tolerantne se ubrajaju: paradajz, spanać, luk, praziluk, karfiol, celer, crveni i glavičasti kupus. Srednje osetljivi su: grašak, krompir, mrkva, rotkva i muskatna tikva, a osetljivi: pasulj, krastavac i glavičasta salata.

Magnezijum. Koncentrovana kalijumova đubriva i sirove kalijumove soli sadrže i magnezijum. Magnezijum se ubraja u neophodne makroelemente za sve žive organizme. Sadržaj magnezijuma u kalijum-sulfatu je 0,6%, kalijum-magnezijum-sulfatu 6%, magnezijum-kainitu 3%, kiserit sadrži 27% MgO (81% $MgSO_4$), pored toga i druge sirove kalijumove soli sadrže magnezijum: biotit, karnalit, šenit i palihalit. Magnezijum ima veoma značajnu ulogu u fiziološko-biohemijskim procesima živih organizama, stoga njegov sadržaj u biljkama ima veliku važnost, pošto su za ljude i životinje glavni izvor magnezijuma biljke. Razlozi nedovoljne obezbeđenosti biljaka magnezijumom mogu da budu: njegov nedovoljan sadržaj u zemljištu, usled povećanja prosečnih prinosa povećano iznošenje iz zemljišta, primena visokih doza koncentrovanih đubriva koja kao primesu ne sadrže magnezijum, nedovoljan povraćaj magnezijuma u zemljište mineralnim đubrivima i stajnjakom, posebno u regionima sa nedovoljno razvijenim stočarstvom. U takvim uslovima upotreba kalijumovih đubriva koja kao primesu sadrže magnezijum od velike je važnosti. Za meliorativno đubrenje zemljišta siromašna magnezijumom preporučuje se upotreba 10 dt/ha kiserita u jesen ili 5 dt/ha u jesen i 5 dt/ha u proleće. Da bi se sadržaj magnezijuma u oraničnom sloju povećao za 1 mg potrebno je primeniti od 60 do 80 kg MgO/ha (Rodewyk, 1979). Potrebno je, međutim, imati u vidu da između kalijuma i magnezijuma postoji antagonizam pri usvajanju, usled čega obilna ishrana kalijumom dovodi do smanjenja sadržaja magnezijuma u biljkama.

Nedovoljna obezbeđenost biljaka magnezijumom uz preobilne ishrane kalijumom može kod životinja da izaziva hipomagneziju, pašnu tetaniju. Ova pojava je već davno uočena. Voisin (1963) navodi da intenzivno đubrenje kalijumovim đubrivima livada i pašnjaka može kod životinja koja se drže na ispašama da izaziva pašnu tetaniju, kontrakciju mišića. Do ove pojave može da dođe ako životinje pasu bujnu, brzo rastuću travu koja sadrži puno sirovih proteina i nebelančevinastog azota i kalijuma i malo svarljive energije. U takvim uslovima u krvi goveda nizak je nivo magnezijuma, a često i kalcijuma. Uzorok može da bude, pored preterane primene kalijumovih đubriva, i prirodno nizak sadržaj magnezijuma u zemljištu. Smatra se da ako je odnos sadržaja $K/(Mg+Ca)$ u travi ispod 1,8 tetanija se retko javlja; pri odnosu od 2,2 do 2,6 u 5% slučajeva; pri velikoj prevagi kalijuma, odnosno odnosa od 2,6 do 3,0 u 7%, a ako je odnos preko 3,0 u 17% slučajeva javlja se pašna tetanija koja može da izaziva i uginuće (Seekles, 1960). Postoje i mišljenja da pojava pašne tetanije nije strogo posledica prekomerne primene kalijumovih đubriva, već da nastaje kao zajedničko dejst-

vo većeg broja nepovoljnih činilaca. Pretpostavlja se da je uzrok poremećeni metabolizam azota, naglo povećanje amonijaka u buragu životinje.

Značajan izvor magnezijuma su i organska đubriva. Stajnjak sadrži od 0,03 do 0,18%, a tečni stajnjak sa 10% suve materije od 0,05 do 0,08% magnezijuma.

Sumpor. Sumpor je značajan prateći elemenat kalijum-sulfata. Kalijum-sulfat sadrži 18% sumpora, kalijum-magnezijum-sulfat (Patetkali) od 16 do 12%, a kiserit 22%. Sumpor se ubraja u grupu neophodnih konstitucionih elemenata. Uloga sumpora u metabolizmu biljaka je mnogostruka: strukturalna, katalitička, povezan je s lancem prenosa elektrona, učestvuje u održavanju ravnoteže oksido-redukcionih procesa u sintezi proteina i dr. Posebno treba istaći njegovu interakciju sa azotom. Među gajenim vrstama najveću potrebu za sumporom imaju biljke iz familije *Cruciferae*, a znatno manje biljke iz familije *Gramineae*.

U proteklo vreme malo je pažnje posvećeno prisustvu sumpora u kalijumovom đubrivu. Za to postoji više razloga. Upotrebom superfosfata koji sadrži od 12 do 16% sumpora i amonijum-sulfata čiji sadržaj sumpora iznosi 24% u zemljište je uneta određena količina sumpora. Primena ovih pojedinačnih đubriva i upotreba koncentrovanijih đubriva (koncentrovani superfosfat sadrži svega 3% sumpora) značajno je smanjila unošenje sumpora u zemljište, pored toga smanjila se i emisija SO_2 u atmosferu. Sredinom prošlog veka na površinu Zemlje iz atmosfere je u nekim regionima dospelo i do 80 kg S/ha godišnje, da bi se osamdesetih godina prošlog veka, usled strožih ekoloških propisa, ta količina smanjila na 20 kg S/ha godišnje (Schnug, 1991). Emisija SO_2 koja nastaje pri sagorevanju čvrstih goriva i dalje se smanjuje, što je u nekim regionima dovelo do negativnog bilansa sumpora u zemljištu, a kod biljaka koje se odlikuju većom potrebom za sumporom (uljana repica) do pojave njegovog nedostatka. Kostić et al. (1995) su ispitivali sadržaj sumpora u zemljištu u najznačajnijim poljoprivrednim regionima Srbije u Vojvodini, Šumadiji i u severnom Pomoravlju i utvrdili su da se 57% ispitivanih zemljišta odlikuje niskim sadržajem sumpora, 10% zemljišta beleži nedostatak sumpora, a svega 3% je dobro obezbeđeno ovim elementom. Pomenuti podaci ukazuju da bi ubuduće veću pažnju trebalo posvetiti sumporu kao neophodnom elementu, kao i njegovom značajnom prisustvu u kalijumovim đubrivima. Nedostatak sumpora se najčešće javlja na peskovitim, u organskoj materiji siromašnim i ispiranju podležnim zemljištima. Nedostatak sumpora u zemljištu povećava se širom sveta (Ceccotti, 1996), a za to ima više razloga. Smanjena je upotreba superfosfata koji sadrži gips ($CaSO_4$), povećanjem prinosa gajenih vrsta povećalo se iznošenje sumpora iz zemljišta i usled erozije i ispiranja smanjuje se njegova zalih u zemljištu.

Zemljište je najznačajniji izvor sumpora za biljke. Mineralizacijom organske materije zemljišta godišnje se oslobađa od 5 do 32 kg/ha. Pored toga, biljke su sposobne da usvajaju u manjim količinama sumpor i iz atmosfere. Sumpor se u zemljište unosi i primenom organskih đubriva. Stajnjak u proseku sadrži oko 0,2%, a osoka 0,05% sumpora.

Mikroelementi. Koncentrovana kalijumova đubriva kao prateće elemente, pored makroelemenata u tragovima, sadrže i mikroelemente: neophodne za biljke, čija uloga u životnim procesima biljaka nije utvrđena i elemente sa pretežno toksičnim dejstvom. Prema Nagy et al. (1990) kalijum-hlorid korišćen u Mađarskoj sadržao je (mg/kg) : 7,2 B, 0,24 Cd, 0,30 Co, 2,8 Cr, 8,6 Cu, 0,89 Ni, 2,3 Pb, 4,7 V i 42,6 Zn. Vrednosti navedene u Tab. 28 takođe, potiču iz Mađarske i kod nekih elemenata uočava se značajna razlika od prethodno navedenih koncentracija. Razlog tome može da bude da je analizirano đubrivo različitih proizvođača. Mikroelementi u kalijumovim đubrivima verovatno najvećim delom potiču iz sirovina. Njihova koncentracija u kalijumovim đubrivima je veoma mala, stoga se može smatrati da kalijumova đubriva ne zagađuju zemljište, a time ni biljke, elementima sa pretežno toksičnim dejstvom. Primena posebno većih doza kalijuma smanjuje nakupljanje nekih mikroelemenata u biljkama: bora, mangana, a naročito stroncijuma (Kádár, 1992, Kádár, 2011). Interakcija kalijuma sa azotom utvrđena je od strane većeg broja autora (Anjana i Iqbal, 2009), kao kalijuma, magnezijuma i kalcijuma (Csathó et al., 2000).

Tab. 28. Sadržaj mikroelemenata u kalijum-hloridu (Kádár, 2000)*

Element	mg/kg	Element	mg/kg	Element	mg/kg
Rb	19,360	Zr	0,285	Ge	0,856
Bi	0,217	Ni	0,321	Mn	13,100
Cu	5,800	Al	114,000	Sr	42,100
Ba	2,27	B	1,520	Zn	0,820
Pb	0,90	Co	0,080	Cd	0,000
V	1,16	Ti	8,900	Y	0,299
Li	2,080	Cr	0,278		

*Prosek za pet godina

Kalijum u vodama. Primena kalijumovih đubriva neznatno utiče na kvalitet pijaće vode, pošto se u zemljištu brzo veže. Do ispiranja, maksimalno nekoliko kg/ha godišnje, dolazi na peskovitim, šljunkovitim, u glini, siromašnim zemljištima, što se ne može smatrati ekološki nepovoljnim,

pošto doprinosi boljem snabdevanju čoveka ovim elementom. U drenažnim vodama kod većine normalnih poljoprivrednih zemljišta u Engleskoj, utvrđeno je da se samo oko 2 kg/ha kalijuma godišnje ispira sa parcela koja su đubrena kalijumom. Smatra se da se u Severnoj Americi godišnje ispira od 10 do 15 kg/ha kalijuma, a u tropskim zemljištima koja se odlikuju slabom fiksacijom kalijuma gubitak ispiranjem dostiže od 50 do 200 kg/ha godišnje (Cooke, 1984).

Primenom kalijum-hlorida dolazi do ispiranja hlora, natrijuma i kalcijuma. Ispiranje hlora može da doprinese boljoj obezbeđenosti čoveka hlorom, koji inače unosi u organizam upotrebom kuhinjske soli. Ispiranje kalcijuma i hlora povećava sadržaj soli i tvrdoću vode. Kalijumova đubriva neznatno zakiseljavaju zemljište, čime se povećava rastvorljivost gvožđa i mangana i nekih drugih teških metala u zemljištu što može da dovede do pogoršanja parametara kvaliteta vode. Ova pojava može da podstiče pogoršanje kvaliteta vode na kiselim zemljištima na kojima se i ne preporučuje redovna primena većih doza fiziološki kiselih đubriva bez kalcifikacije.

U zemljište se unosi znatno veća količina hlora navodnjavanjem. Ako se za navodnjavanje koristi pijaća voda, što iz ekoloških i ekonomskih razloga nije preporučljivo koja sadrži od 0,2 do 0,35 g/L hlora pri navodnjavanju sa 60 mm u zemljište se unosi od 120 do 210 kg/ha hlora. Pri upotrebi vode za navodnjavanje koja obično sadrži od 0,3 do 1 g/L hlora obogaćuje se zemljište sa 180 do 600 kg/ha (Matzel, 1983).

Na osnovu navedenog može se zaključiti da primena kalijumovih đubriva ne utiče na kvalitet pijaće vode. Pored toga, potrebno je istaći da, za razliku od azotnih i fosfornih đubriva, ne doprinose eutrofikaciji stajaćih i tekućih površinskih voda.

Uticaj na biogenost zemljišta

Biogenost je izuzetno značajno svojstvo zemljišta pošto u velikoj meri određuje njenu plodnost. Mikroorganizmi koji žive u zoni korenovog sistema utiču na dinamiku hraniva u zemljištu i na obezbeđenost biljaka mineralnim materijama. Primena mineralnih đubriva može da dovede do promena u biogenosti, kao i do zastupljenosti pojedinih grupa mikroorganizama. Uticaj mineralnih đubriva na mikrofloru zemljišta zavisi, kako od vrste, doze i kombinacije mineralnih đubriva, tako i od same kulture koja se gaji. Pored toga, mineralna đubriva utiču i na dinamiku pojedinih fizioloških grupa mikroorganizama u toku vegetacije.

Kalijum je neophodan elemenat za sve žive organizme tako i za bakterije, gljive i alge. On može neposredno i posredno da utiče na biogenost zemljišta. Posredno kao neophodan elemenat, a neposredno preko utica-

ja na životne procese biljaka i spoljašnju sredinu. Na brojnost mikroorganizama u zemljištu utiču i biljke preko korenskih izlučevina (Beniziri et al., 2007). Intenzitet i sastav izlučene materije preko korena u značajnoj meri zavisi i od nivoa obezbeđenosti biljaka kalijumom. Mikroorganizmi u zemljištu su veoma raznovrsni i razlikuju se prema zahtevima za ekološkim uslovima. Stoga primena mineralnih đubriva koja utiču na pH vrednost zemljišta (fiziološki kisela ili alkalna) može da utiče na brojnost i sastav zemljišne mikroflore (Kastori i Milošević, 2011).

Uočeno je da se u uslovima povećane obezbeđenosti biljaka azotom u hranljivoj sredini korena povećao broj bakterija, dok je povećana obezbeđenost kalijumom dovela do smanjenja njihovog broja. Smatra se da korenov sistem u uslovima povećane obezbeđenosti azotom i nedovoljnog prisustva kalijuma odaje jedinjenja u spoljašnju sredinu koje bakterije lako iskorišćavaju, i zahvaljujući tome, njihovo prisustvo se povećava. U uslovima dobre obezbeđenosti kalijumom lakorastvorljiva jedinjenja prelaze u složene ugljene hidrate i proteine usled čega se smanjuje prisustvo za mikroorganizme lako pristupačnih jedinjenja i time broj bakterija. Utvrđeno je, takođe, i smanjenje denitrifikacije (Trolldenier, 1971).

Mikroorganizmi zemljišta su konkurenti korenovom sistemu biljaka za kiseonik. U zbijenim zemljištima prisustvo kiseonika brzo se smanjuje sa povećanjem broja bakterija u rizosferi biljaka obilno obezbeđenih azotom i nedovoljno kalijumom. Zahvaljujući uticaju kalijuma na broj bakterija i time aerobne procese u rizosferi utvrđeno je da primena ovih đubriva smanjuje usvajanje gvožđa, koje oksiduje i taloži i time njegovu toksičnost u reduktivnim uslovima na pirinčanim poljima (Tanaka i Tadano, 1982). U uslovima nedostatka kalijuma izostaje taloženje gvožđa usled potrošnje kiseonika od strane povećanog broja mikroorganizama. Utvrđeno je da primena kalijumovih đubriva sprečava prekomerno razmnožavanje mikroorganizama koji troše kiseonik, usled čega oksidaciona sposobnost korena biva očuvana. Utvrđeno je da u određenim uslovima primena kalijuma smanjuje i denitrifikaciju.

Mengel et al. (1974) na osnovu rezultata ogleđa izvedenog sa bobom navode da kalijum posredno učestvuje u regulaciji simbiotske fiksacije atmosferskog azota kod leguminoza. Pretpostavlja se da kalijum povećava promet ugljenih hidrata u kvržicama i time doprinosi obezbeđenju ATP i elektrona potrebnih nitrogenazi za redukciju molekularnog azota. U uslovima nedovoljne ishrane kalijumom pretežno se stvaraju niža molekularna jedinjenja koja se odaju preko korena u spoljašnju sredinu, usled čega se smanjuje fiksacija azota i povećava mikrobiološka aktivnost rizosfere. Chalamet et al. (1987), pri povećanju koncentracije kalijuma u hranljivom rastvoru kod crvene deteline, nisu utvrdili signifikantno povećanje simbiotske fiksacije atmosferskog azota.

Dehidrogenaza je oksidoredukциони enzim, koji ima važnu ulogu u procesima zemljišta i kao takav se može koristiti kao pokazatelj biogenosti zemljišta. Utvrđeno je da su pojedinačna mineralna đubriva, kao i manje doze NPK, stimulisala mikrofloru i dehidrogenaznu aktivnost. Posebno se ističe povoljno dejstvo kalijuma i azota u rizosferi šećerne repe na kraju vegetacije (Tab. 29).

Jedna od najznačajnijih fizioloških grupa mikroorganizama u zemljištu su amonifikatori. Uticaj mineralnih đubriva na promene u zastupljenosti pojedinih vrsta asporogenih i sporogenih amonifikacionih bakterija zavisi od vrste mineralnih đubriva, njene doze i kombinacije, kao i od vrste gajene biljke. Najveća raznovrsnost asporogenih bakterija iz grupe amonifikatora dobijena je sa trokomponentnim đubrivima, dok je sa pojedinačnim đubrivima dobijena manja raznovrsnost i zatupljenost (Sarić et al., 1987). Na kraju vegetacije na svim varijantama sa mineralnim đubrivima utvrđen je veći broj asporogenih bakterija nego na kontrolnoj varijanti (Tab.30).

Tab. 29. Zastupljenost ukupnog broja mikroorganizama ($10^6/g$ zem.) i dehidrogenazna aktivnost (μg TPF/10g zem.) u rizosferi šećerne repe u toku vegetacije na černozeru u zavisnosti od primene N, P i K đubriva (Milošević et al., 1989)

Doze đubriva 100 kg/ha	Početak vegetacije	Faza intenzivnog porasta	Kraj vegetacije
<u>Broj mikroorganizama</u>			
Kontrola 0	432,94	403,67	213,14
N	674,49	405,21	655,23
P ₂ O ₅	568,48	455,11	488,72
K ₂ O	611,74	421,54	670,06
<u>Dehidrogenazna aktivnost</u>			
Kontrola 0	410	390	382
N	570	412	460
P ₂ O ₅	425	365	438
K ₂ O	492	400	506

Tab. 30. Dominantne vrste asporogenih bakterija u rizosferi šećerne repe, suncokreta i kukuruza u toku vegetacije na černozeu pri primeni N, P i K đubriva (Sarić et al., 1987)

Kontrola 0	100 kg N/ha	100 kg P ₂ O ₅ /ha	100 kg K ₂ O /ha
<u>Početak vegetacije</u>			
<i>P. radiobacter</i>	<i>P. radiobacter</i>	<i>P. radiobacter</i>	<i>P. radiobacter</i>
<i>P. denitrificans</i>	<i>P. liquenciens</i>	<i>P. denitrificans</i>	<i>P. denitrificans</i>
<i>P. fragi</i>	<i>A. fluorescens</i>	<i>P. fragi</i>	<i>P. fluorescens</i>
<i>A. fluorescens</i>	<i>A. oxydans</i>	<i>A. fluorescens</i>	<i>A. globiformis</i>
<i>A. oxydans</i>	<i>A. pascens</i>	<i>A. globiformis</i>	<i>A. fluorescens</i>
<i>A. globiformis</i>	<i>M. phley</i>	<i>A. pascens</i>	<i>M. phley</i>
<u>Kraj vegetacije</u>			
<i>P. radiobacter</i>	<i>P. radiobacter</i>	<i>P. radiobacter</i>	<i>P. radiobacter</i>
<i>P. denitrificans</i>	<i>P. denitrificans</i>	<i>P. denitrificans</i>	<i>P. denitrificans</i>
<i>P. liquefaciens</i>	<i>P. liquefaciens</i>	<i>P. liquefaciens</i>	<i>P. fluorescens</i>
<i>A. globiformis</i>	<i>P. puntida</i>	<i>P. acidovorans</i>	<i>P. fluorescent</i>
	<i>P. aeruginosa</i>	<i>A. fluorescens</i>	<i>A. pascens</i>
	<i>Pseudomonas sp.</i>	<i>A. symplex</i>	<i>A. oxydans</i>
	<i>A. globiformis</i>	<i>M. phley</i>	
	<i>M. phley</i>		
	<i>A. fluorescens</i>		

Zaslanjivanje zemljišta

U praksi se pod osetljivošću na so podrazumeva nastajanje ekonomske štete kada njegova koncentracija prelazi određenu granicu. Biljke osetljive na so mogu se sa sigurnošću gajiti pri njegovoj maksimalnoj koncentraciji od 0,05%. Manje osetljive biljke mogu se gajiti ako je ukupan sadržaj soli ispod 0,2%. U slučaju da je ukupna koncentracija soli iznad 0,3% u hranljivoj podlozi, ona nije podesna za povrtarsku proizvodnju. Povrtarske vrste se prema osetljivosti na ukupan sadržaj soli mogu svrstati u dve grupe: manje osetljive na soli i osetljive. U grupu manje osetljivih ubrajaju se: paradajz, lubenica, kupusnjače, bundeve, roge – dugačka paprika i patlidžan. U grupu osetljivih se ubrajaju: rasad, rotkvica, glavičasta salata, dinja, krastavac, lisnato povrće i bela konzumna paprika. Zahvaljujući intenzivnom ispiranju hlora u dublje slojeve zemljišta u krajevima sa dovoljnom količinom padavina i pri redov-

noj upotrebi kalijum-hlorida ne dolazi do nakupljanja hlora u površinskim slojevima zemljišta, usled čega ne dolazi ni do zaslanjivanja zemljišta. Ova opasnost postoji u aridnim i semiaridnim oblastima gde je prisutna tendencija nakupljanja soli u površinskom sloju zemljišta pri upotrebi u natrijumu bogatih i kalijumu siromašnih đubriva. U takvim uslovima preporučuje se upotreba soli kalijuma sa nižim sonim indeksom, tj. niskim osmotskim efektom kao što je kalijum-sulfat. U staklenicima se obično gaje intenzivne biljne vrste koje su istovremeno često i osetljive na veće koncentracije soli i hlora, stoga se preporučuje upotreba kalijum-sulfata čiji je soni indeks više od polovine niži nego kod kalijum-hlorida. Soni indeks NaNO_3 je 100, KCl 116,3, KNO_3 73,6 a K_2SO_4 46,1. Pored toga, treba imati u vidu da je u staklenicima, pri gajenju biljaka na veštačkom supstratu, ispiranje soli minimalno, a istovremeno se koriste visoke doze đubriva i često zaliva, što u slučaju korišćenja nedovoljno kvalitetne vode dodatno doprinosi nakupljanju soli u supstratu. Prema Vasin (2009) u Vojvodini u zaštićenom prostoru u 38,2% slučajeva sadržaj kalijuma bio je visok, 31,8% štetan, a u 15,4% ispitivanih uzoraka toksičan. Uočeno je da se soni stres izazvan natrijum-hloridom kod ječma može ublažiti povećanom primenom kalijuma (Helal i Mengel, 1979). Uticaj ukupnog sadržaja soli na biljke zavisi i od sastava supstrata od tipa zemljišta i sadržaja organske materije i dr. (Tab. 31).

Tab. 31. Osetljivost povrća na prisustvo soli na različitom supstratu KCl g/l supstrat (preuzeto iz Terbe, 2012)

Supstrat	Rasad	Rotkva	Glavičasta salata	Krastavac	Paradajz	Karfiol
Baštensko zem.	4	5	5,2	7,5	8,2	9
Treset	7	11	11,5	14	15	16,6

ORGANSKA ĐUBRIVA KAO IZVOR KALIJUMA

Organska đubriva u povrtarskoj proizvodnji imaju poseban značaj. Organska đubriva sadrže sve neophodne makro i mikro i druge elemente, tako i kalijum. Koncentracija kalijuma i drugih neophodnih elemenata u organskim đubrivima je niža nego u mineralnim đubrivima. Njihovo dejstvo je sporije, ali traje duže. Organska đubriva, pored toga što obezbeđuju biljke mineralnim materijama, povoljno utiču na strukturu i biogenost zemljišta i time i posredno na mineralnu ishranu biljaka. U zavisnosti od porekla, organska đubriva mogu se deliti na: đubriva proizvedena na gazdinstvu, industrijska, komunalna i dr. Sa stanovišta biljne proizvodnje

posebnu važnost imaju đubriva proizvedena na gazdinstvu: stajska đubriva, komposti, osoka, zelenišna đubriva i žetveni ostaci.

Potreba pojedinih vrsta povrća za primenom organskih đubriva je različita. Vrste sa dužom vegetacijom, sa razvijenim sočnim vegetativnim i generativnim organima: kupus, kelj, karfiol, paradajz, paprika, krompir, dinja, lubenica i dr. imaju povećane zahteve za đubrenjem organskim đubrivima. U povrće koje ne podnosi neposredno đubrenje organskim đubrivima (zbog toga što ono doprinosi obrazovanju vodnjikavih organa, nepodesnih za duže čuvanje) ubrajaju se: crni i beli luk, mrkva, peršun, paštrnak, rotkva i dr. Zbog sporijeg dejstva, upotreba organskih đubriva se ne preporučuje ni za povrće sa kratkom vegetacijom, npr. za salatu i spanać. Ne preporučuje se đubrenje organskim đubrivima ni legumoniza (bob, grašak, boranija). Ove vrste povrća imaju sposobnost da vezuju atmosferski azot i na taj način većim delom sami obezbede potrebnu količinu azota i da istovremeno obogaćuju zemljište ovim elementom

Stajska đubriva

Stajska đubriva nastaju na gazdinstvu pri štalskom sistemu gajenja domaćih životinja. Na osnovu sastava i po načinu dobijanja (režimu držanja životinja) mogu se svrstati u tri grupe: stajnjak (čvrst stajnjak), osoka i tečni stajnjak.

Stajnjak je od izuzetnog značaja, posebno u njivskoj proizvodnji povrća. Stajnjak je višefazni prirodni proizvod složenog hemijskog sastava. Stajnjak se sastoji od čvrstih i tečnih izlučevina (ekskremenata) domaćih životinja i prostirke. Stajnjak sadrži za biljke sve neophodne elemente. Hemijski sastav i sadržaj biogenih elemenata u stajnjaku kreće se u širokim granicama zavisno od brojnih činilaca: vrste, starosti i ishrane životinja, negovanja i zgoreslosti stajnjaka, vrste prostirke itd. (Tab. 32).

Sadržaj azota u stajnjaku kreće se od 0,2 do 0,6% (0 0,5%), fosfora od 0,04 do 0,3% (0 0,1%), kalijuma od 0,1 do 0,8% (0 0,5%), kalcijuma od 0,07 do 1,0%, magnezijuma od 0,06 do 0,3%, mangana od 30 do 50 ppm, cinka od 10 do 20 ppm, bora od 3 do 5 ppm, bakra od 1 do 3 ppm, molibdena od 0,1 do 0,2 ppm (Finck, 1982). Čvrst izmet živine je naročito bogat kalijumom. Sadržaj kalijum-oksida u čvrstom izmetu kokoši kreće se od 0,8 do 2,3, goluba od 0,7 do 2,6, guske 1,0 i patke 0,8. Čvrst izmet odlikuje se većim sadržajem suve materije, fosfora i sumpora, dok je mokraća bogatija azotom, a posebno kalijumom (Tab 33.). Prostirka koja se koristi u cilju upijanja tečnih izlučevina, takođe, utiče na sadržaj pojedinih elemenata u stajnjaku, tako i kalijuma. Prostirka se, zavisno od vrste, odlikuje različitim sadržajem kalijuma. Slama pšenice sadrži oko 0,90, ovsa 0,97, ječma 0,45, treset nizijski 0,15, piljevina 0,17, kora drveta 0,74 % K₂O.

Tab. 32. Prosečan sadržaj kalijuma u svežem stajnjaku različitih domaćih životinja (Aigner, 1978)

Stajnjak	% K	Stajnjak	% K
Konjski	0,40	Ovčiji	0,56
Goveđi	0,42	Svinjski	0,42
Živinski	0,75	Patke/guske	0,66
Mešani	0,50		

Tab. 33. Sadržaj kalijuma (%) u izmetu i mokraći različitih domaćih životinja (Rauhe, preuzeto iz Schilling, 2000)

Vrsta životinje	Izmet	Mokraća
Goveče	0,17	1,20
Svinja	0,29	0,83
Ovca	0,25	1,49

U toku čuvanja “sagorevanja – zgorevanja” stajnjaka dolazi do procentualnog povećanja sadržaja pojedinih elemenata u stajnjaku, tako i kalijuma kao rezultat smanjenja udela drugih sastojaka. Smatra se da biljke kalijum iz stajnjaka manje-više podjednako iskorišćavaju kao iz mineralnih đubriva. Kalijum se u stajnjaku nalazi adsorbovan ili u vidu soli (K_2CO_3), tj. u lakopristupačnom obliku za biljke. Iskorišćavanje kalijuma iz stajnjaka u godini primene se procenjuje na 79 do 85%.

Osoka najvećim delom predstavlja tečne izlučevine domaćih životinja koju prostirka nije upila. Pored toga u osoci se u manjim količinama nalazi čvrsti izmet, prostirka, kao i voda koja se utroši za pranje staje. Sadržaj vode u osoki je preko 90%. Usled mešanja sa vodom i gubitaka u azotu sadržaj hranljivih elemenata u osoki je niži u odnosu na mokraću. Pri 2% suve materije sadržaj pojedinih elemenata u osoki je sledeći: azota od 0,15 do 0,25%, fosfora od 0,01 do 0,05%, kalijuma do 0,6% i magnezijuma od 0,08 do 0,1%. Sadržaj elemenata u osoki u velikoj meri zavisi od upotrebene količine vode pri pranju staje. Hranljive materije su u rastvorljivom pristupačnom obliku za biljke. Osoka je, pre svega, kalijumovo đubrivo. Kalijum se u osoki pretežno nalazi u obliku K_2CO_3 . S obzirom na neprijatan miris, prisustvo različitih hemijskih supstanci i mikroorganizama, osoka se u povrtarstvu koristi kao osnovno ili startno đubrivo, a nikako za prihranjivanje. Osoka se može koristiti i za zalivanje komposta.

Tečni stajnjak nastaje pri držanju i uzgoju pre svega goveda, svinja i živine, bez prostirke na rešetkastim podovima. Tečni stajnjak predstavlja smešu tečnog i čvrstog izmeta, razblaženu vodom. Hemijski sastav tečnog stajnjaka zavisi od brojnih činilaca. U proseku svinjski tečni stajnjak se odlikuje manjim sadržajem suve, organske i mineralne materije i azota od govedeg, a posebno od živinskog stajnjaka. Hranljive materije u tečnom stajnjaku nalaze se pretežno u rastvorljivom obliku, pa tako i kalijum (Tab.34). Sadržaj kalijuma u tečnoj i čvrstoj komponenti tečnog stajnjaka je približno jednak (Tab.35).

Tab. 34. Sadržaj kalijuma u tečnom stajnjaku (Džamić i Stevanović, 2000)

Sadržaj K ₂ O (u %)	Svinjski	Goveđi	Živinski
Ukupni	0,10-0,20	0,15-0,30	0,10-0,20
Rastvorljivi	0,09-0,17	0,11-0,25	0,09-0,15

Tab. 35. Sadržaj kalijuma u tečnoj u čvrstoj komponenti tečnog stajnjaka (Koriath et al.,1975)

Tečni stajnjak	% K	Tečni stajnjak	% K
Goveđi (polazni)	0,25	Svinjski (polazni)	0,30
Tečna komponenta	0,27	Tečna komponenta	0,32
Čvrsta komponenta	0,23	Čvrsta komponenta	0,28

Ostala organska đubriva

Kompost je prirodno čvrsto, organsko đubrivo dobijeno fermentacijom različitih otpadaka domaćinstva, industrije, iz biljne proizvodnje, iz komunalnog otpada i dr. S obzirom da se za njegovu proizvodnju koriste različiti materijali kompost ima različit sadržaj kalijuma i drugih biogenih elemenata (Tab.36). Prema Finck (1982) kompost u proseku sadrži od 30 do 50% suve materije, od 10 do 15% organske materije, 0,3% azota, 0,1% fosfora i 0,3% kalijuma. Slične vrednosti navode Ubavić et al. (2002) za azot od 0,2 do 0,5, fosfor od 0,1 do 0,2, kalijum od 0,2 do 0,4 i kalcijum od 0,5 do 3,0%. Prema ispitivanjima Kádár et al. (2012) zreo kompost od otpadaka klanične idustrije sadrži 2,04% azota, 2,22% fosfora, 0,76 % kalijuma i 9,32% kacijuma, a brašno od kosti i mesa 6,41% azota, 4,06% fosfora,

0,41% kalijuma i 7,02% kalcijuma. Kompost se u povrtarstvu najčešće koristi u rasadničarskoj proizvodnji.

Tab. 36. Sadržaj kalijuma u kompostu od različitog materijala (Džamić i Stevanović, 2000)

Vrsta komposta	% K ₂ O	Vrsta komposta	%K ₂ O
Kompost – biljni	0,40 - 0,80	Kompost – komina	1,5 - 2,5
Kompost – kožne industrije	1,5 - 2	Kompost – drvene industrije	0,4 - 0,7
Kompost – lignitni mulj	0,2 - 0,3	Kompost – komunalni mulj prosušen	0,3 - 0,5

Glistenjak (glistnjak) se odlikuje visokim sadržajem humusa (i do 25%) zbog čega se u intenzivnoj biljnoj proizvodnji često koristi kao organsko đubrivo, posebno u povrtarstvu za uzgoj rasada i povrća u proizvodnji u zaštićenom prostoru. Glistenjak se odlikuje i visokim sadržajem P₂O₅ do 2.400 i K₂O do 1.400 mg/kg. Sadržaj mineralnog azota kreće se od 1 do 1,5%, a ukupnog azota oko 2%.

Suplementi organskim đubrivima koriste se u intenzivnoj organskoj proizvodnji u zaštićenom prostoru za korekciju potrebnih količina hraniva primenjenih u vidu stajnjaka ili komposta kao osnovno đubrenje. Oni se odlikuju većim sadržajem azota, a nešto manjim sadržajem fosfora i kalijuma. Sadržaj kalijuma (%) u: ribljem brašnu 0,5, brašnu od perja 0,2, suvoj surutki 0,9, brašnu školjki i rakova 0,5, brašnu životinjskog porekla 0,7, brašnu od riblje krljušti 0,1, brašnu pamukovog semena 1,6, sojinom brašnu 2,4, pšeničnoj mekinji 1,3, brašnu kanole 1,3 i lucerkinom brašnu 1,9 (Greer i Driver, 2000).

Treset je prirodni, organski proizvod koji nastaje delimičnom ili potpunom humifikacijom hidrofilnih biljaka koje nastanjuju vlažna, močvarna staništa. Ovaj prirodni proizvod odlikuje se velikim sadržajem organske materije u proseku oko 60%, istovremeno je siromašno u mineralnim materijama. Zavisno od njegovog porekla sadrži svega od 1 do 2% pepela. Sadržaj azota u tresetu se prosečno kreće od 1,5 do 2,5%, P₂O₅ od 0,1 do 0,3%, a K₂O od 0,2 do 0,4%. Treset se u povrtarskoj proizvodnji najčešće koristi kao sastavni deo zemljišnih smeša u zaštićenom prostoru ili pri proizvodnji rasada.

Zelenišno đubrivo predstavlja svežu biljnu masu. Zaoravanjem sveže biljne mase u zemljište se, pored organske, unosi i mineralna materija. Za zelenišno đubrenje najčešće se koriste leguminoze koje vezuju atmosferski azot i na taj način dodatno obogaćuju zemljište ovim elementom. Zaoravanjem 22 t/ha smeše graška i grahorice u zemljište se unosi 78 kg, a pri zaoravanju 24 t/ha crvene deteline 120 kg K_2O . Kao zelenišno đubrivo u povrtarstvu se koriste žetveni ostaci povrtarskih biljaka graška, boranije, paprike, kupusnjače i dr. Zelenišno đubrivo u intenzivnoj provrtarskoj proizvodnji se ređe koristi zbog smene povrća u toku godine.

Žetveni ostaci. Žetveni ostaci imaju značajnu ulogu u kruženju materija agroekosistema. Zaoravanjem žetvenih ostataka u zemljište se unosi značajna količina organske i mineralne materije. Zahvaljujući tome, zaoravanje žetvenih ostataka doprinosi očuvanju organske materije zemljišta i njene biogenosti, smanjuje se ispiranje nitrata u dublje horizonte zemljišta i sprečava erozija, na kiselim zemljištima poboljšava se iskorišćavanje fosfora i molibdena, smanjuje potrebna doza đubriva i u krajnjem efektu povećava prinos biljaka (Latković et al., 2009). Zaoravanje žetvenih ostataka ima naročito veliki značaj u regionima sa slabo razvijenim stočarstvom gde je đubrenje organskim đubrivima neredovno.

Primenom kalijumovih đubriva povećava se prinos biomase i sadržaj kalijuma u žetvenim ostacima. Zahvaljujući tome, zaoravanje žetvenih ostataka biljaka đubrenih kalijumom može istovremeno da doprinosi očuvanju organske materije zemljišta i njegovom obogaćivanju kalijumom. Žetveni ostaci njivskih biljaka odlikuju se velikim sadržajem kalijuma pošto se kalijum u većoj meri nakuplja u vegetativnim organima nego u generativnim. Zaoravanjem žetvenih ostataka vraća se u zemljište značajan deo kalijuma usvojenog od strane biljaka (Tab.37).

Tab. 37. Količina hraniva u žetvenim ostacima nekih njivskih biljaka (preuzeto iz Bogdanović i Ubavić, 2008)

Biljna vrsta	kg/t vegetativne mase		
	N	P_2O_5	K_2O
Pšenica	4,0	1,9	12,0
Ječam	4,4	2,3	15,3
Kukuruz	6,0	3,4	22,8
Suncokret	11,3	12,7	52,8
Uljana repica	6,0	3,2	33,0
Šećerna repa	3,2	0,6	4,4
Krompir	1,5	0,4	1,2

Ostatak posle fermentacije u bio-gas postrojenju. Sve veća potreba za energijom i cena energenata, kao i narasla ekološka svest, podsticali su istraživanja u pravcu iznalaženja alternativnih, obnovljivih i ekološki prihvatljivih izvora energije. Među obnovljivim izvorima energije biomasa zauzima veoma značajno mesto. Ona može da se koristi posredno ili neposredno pomoću različitih tehnoloških postupaka za dobijanje energije, pored ostalog i proizvodnjom bio-gasa. Ostatak posle fermentacije odlikuje se visokim sadržajem neophodnih makro- i mikroelemenata. Prema ispitivanjima Tešić i sar. (2012) sadržaj suve materije u tečnom ostatku posle fermentacije kretao se u zavisnosti od korišćenog polaznog materijala od 4,82 do 6,82%, pH od 7,80 do 8,20, sadržaj organske materije u suvoj materiji tečnog ostataka od 72,33 do 80,30%, mineralne materije od 19,70 do 27,60%, azot od 2,84 do 3,92%, fosfor od 0,51 do 0,62%, kalijum od 5,07 do 6,86%, kalcijum od 1,77 do 2,35% i magnezijum od 0,26 do 0,30%. Sadržaj neophodnih mikroelemenata kretao se u granicama koje se navode za suhu materiju stajnjaka.

Na osnovu navedenog može se zaključiti da se ostatak posle fermentacije u bio-gas postrojenju odlikuje hemijskim osobinama koje ga čine podesnim organskim đubrivom ne samo u uobičajenoj nego i u organskoj proizvodnji povrća. Posebno se ističe visok sadržaj kalijuma u ostatku posle fermentacije koji je znatno veći nego u stajnjaku.

Biomasa mikroorganizama. Zemljišni mikrororganizmi, zavisno od njihove mase, sadrže od 2,1 do 25,4 $\mu\text{g K/g}$ zemljišta ili oko 0,1% kalijuma koji se ekstrahuje iz zemljišta sa amonijum-nitratom (Khan et al., 2009). Kalijum koji se nalazi u mikroorganizmima nema veći značaj u ciklusu kalijuma. On se u mikroorganizmima nalazi pretežno u jonskom obliku i zahvaljujući tome lako prelazi u zemljišni rastvor.

POTROŠNJA KALIJUMOVIH ĐUBRIVA

Đubrenje se ubraja u najznačajnije agrotehničke mere. Utiče na visinu, stabilnost i kvalitet prinosa i time na ekonomičnost proizvodnje. Prosečni prinosi gajenih biljaka po jedinici površine su se proteklih decenija u svetu značajno povećali. Smatra se da se prinosi gajenih vrsta u proseku godišnje povećaju za 5 do 6%. Ako se analiziraju činioци koji su doprineli tako naglom razvoju biljne proizvodnje poslednjih decenija, dolazi se do zaključka da najveća zasluga pripada oplemenjivanju biljaka, stvaranju novih visokorodnih genotipova i primeni raznih hemikalija: mineralnih đubriva, pesticida, regulatora rasta i dr. Kao primer navešćemo kretanje prosečnih prinosa u funkciji potrošnje mineralnih đubriva u Nemačkoj od

druge polovine XIX do druge polovine XX veka. Godine 1800. u Nemačkoj je proizvedeno po ha prosečno 7,4 t žitnih jedinica, 1875. 12,0, 1900. 18,4, 1925. 22,8. 1950. 29,8, 1975. 44,4, a 1982/83. godine 54,7 t/ha. U isto vreme potrošnja mineralnih đubriva, izraženo u aktivnoj materiji ($N+P_2O_5+K_2O$), rasla je sledećim intenzitetom: 1800. godine nisu upotrebljavanja mineralna đubriva, 1875. potrošnja iznosi 3,1, 1900. 15,6, 1925. 43,9, 1950 101,9, 1975. 233,5, a 1982/83. godine 267,5 kg/ha (Kastori, 1995).

Da bi se dobio kompleksan uvid u potrošnju kalijumovih đubriva kod nas i u svetu potrebno je njegovu primenu analizirati u sklopu upotrebe azotnih i fosfornih đubriva. Primena mineralnih đubriva u Jugoslaviji započeta je kasnije u odnosu na ekonomski razvijene zemlje i po količini znatno je zaostajala. Značajnija upotreba mineralnih đubriva u Saveznoj Federativnoj Republici Jugoslaviji počela je 60-tih godina prošlog veka kada je primenjivano oko 150 kg/ha đubriva ili oko 34 kg /ha aktivne NPK materije. U periodu najintenzivnije primene mineralnih đubriva potrošnja je bila 375 kg/ha đubriva, odnosno 148 kg/ha hraniva (1986. godine), što je najveća zabeležena potrošnja (Bogdanović, 2010). Raspadom prvobitne Jugoslavije i pogoršanjem ekonomske situacije, upotreba mineralnih đubriva se znatno smanjila, da bi devedesetih godina dostigla simbolične količine. Tako je 1985. godine primena (kg/ha) N bila 57,28, P_2O_5 30,28, a K_2O 26,19, a 1998. godine N 18,40, P_2O_5 3,80, a K_2O 4,30 (Kastori, 2000). Prema Čuvadrić et al. (1999) usled minimalne primene mineralnih i organskih đubriva bilans hraniva u obradivim zemljištima u to vreme bio je negativan. Iznošenje hraniva prinosima biljaka u odnosu na njihov unos u zemljištu u Jugoslaviji 1997. godine bio je kod N za 23,4, P_2O_5 17,7 i K_2O 16,0 kg/ha veće. Ovako negativan bilnas hraniva odrazio se na visinu prinosa gajenih vrsta (Bogdanović, 2010). Potrošnja mineralnih đubriva se kod nas poslednjih godina povećala, ali još uvek značajno zaostaje iza njihove primene u ekonomski razvijenim zemljama (Tab.38). Često se đubri samo N-đubrivima. Od gajenih biljaka najvećim količinama đubre se povrtarske vrste, a od njivskih biljaka šećerna repa, a najmanje soja i suncokret, dok se strna žita ne retko samo prihranjuju N-đubrivima. Mineralna đubriva se u većoj količini koriste u Vojvodini, više nego u drugim delovima Srbije. Ranije su državna (društvena) gazdinstva koristila veće doze đubriva od privatnih proizvođača.

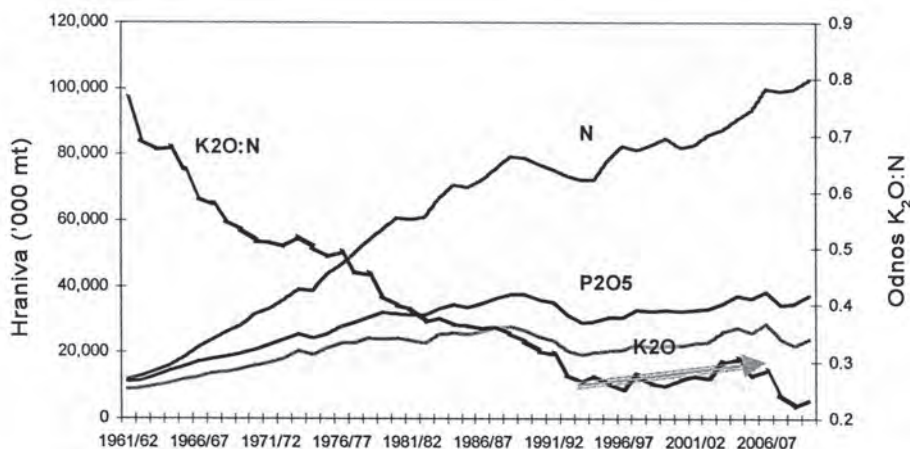
Značajan rast primene mineralnih đubriva počinje polovinom prošlog veka. Godine 1969. potrošnja NPK hraniva u svetu iznosila je 30 miliona tona, a 1998/99. godine 138,3 miliona tona sa blagom tendencijom daljeg povećanja, naročito azotnih đubriva. Posebno je bio intenzivan rast potrošnje mineralnih đubriva između 80-tih i 90-tih godina prošlog veka, da bi pri kraju veka potrošnja stagnirala, pa i smanjivala se u razvijenim zemljama, a povećala u zemljama u razvoju.

Tab. 38. Potrošnja đubriva u Srbiji u periodu (2007/2009) (Bogdanović, 2010)

Godina	NPK- đubriva (t)	N-đubriva (t)	Ukupna potrošnja đubriva (t)	Obradiva površina kg/ha đubriva	Oranice i bašte kg/ha đubriva
2007.	496.497	482.530	979.027	232.0	296.8
2008.	286.003	355.464	641.467	152.0	194.4
2009.	334.561	611.890	946.451	224.3	286.9

Potrošnja N, P i K đubriva rasla je različitim intenzitetom što je dovelo do promene odnosa hraniva u korist azota. U drugoj polovini prošlog veka odnos primenjenih hraniva N: P₂O₅ : K₂O bio je oko 1:0,6-0,5: 0,5-0,4, da bi na kraju bio oko 1:0,42: 0,24 sa tendencijom daljeg pada učešća kalijuma. Do slične promene odnosa primenjenih hraniva došlo je i kod nas. U Jugoslaviji je odnos NPK hraniva 1985. godine bio 1: 0,53: 0,46, a 1998. godine 1: 0,21: 0,23 (Statistički godišnjak Jugoslavije, 1999). Naročito je upadljivo smanjenje odnosa primenjenih doza azota i kalijuma u svetu (Sl. 9). Smatra se da za to postoji više razloga. Jedan od razloga je povećanje proizvodnje žita koja se đubre obično manjom dozom kalijuma i manja upotreba kalijumovih đubriva u centralnoj Evropi i Sovjetskom Savezu. Smatra se da će promena u setvenoj strukturi gajenjem kultura se većim zahtevom za kalijumom, povrća, voća, uljanih biljaka (uljana palma, soja) u svetu dovesti do povećane potrošnje kalijumovih đubriva i time do promene odnosa potrošnje kalijuma i azota (Tab. 39).

Sl. 9. Potrošnja N, P, K i odnos K:N za period 1960-2010. godine (Mangen, 2010, izvor FAO i OFA)



Tab. 39. Relativna potrošnja kalijuma pri gajenju pojedinih biljnih vrsta 2007. godine i predviđenja za 2050. godinu (Mangen, 2010)*

Biljna vrsta	Primena K u 2007.	Primena K u 2005.
	<u>% od ukupne potrošnje K</u>	
Žitarice	37	31
Voće i povrće	22	27
Uljane kulture	16	22
Šećerne kulture	9	9
Druge kulture	16	11

*IFA, 2009. i FAO, 2006.

O potrošnji kalijumovih đubriva kod nas se u novije vreme ne vodi posebna evidencija. Kod žitarica koje zauzimaju daleko najveći deo obradive površine, zavisno od kulture, planiranog prinosa, obezbeđenosti zemljišta pristupačnim kalijumom i finansijskom sposobnošću gazdinstva koristi se od 0 do 80 kg/ha K_2O .

Pojedine zemlje u svetu raspolažu značajnom rezervom kalijuma, pre svega, Kanada i Rusija (Tab. 40). Ako bi se potrošnja kalijuma ubuduće kretala na nivou iz 2011. godine rezerve kalijuma bile bi dovoljne za narednih 256 godina.

Tab. 40. Proizvodnja i rezerve kalijuma (K_2O kt) u zemljama proizvođača (IPI 2012)*

Država	Proizvodnja 2011.	Rezerve	Država	Proizvodnja 2011.	Rezerve
Kanada	11.200	4.400.000	Čile	800	130.000
Rusija	7.400	3.300.000	Izrael	2.000	40.000
Belorusija	5.500	750.000	Jordan	1.400	40.000
Brazil	400	300.000	Engleska	430	22.000
Kina	3.200	210.000	Španija	420	20.000
Nemačka	3.300	150.000	Ostale zemlje	-	50.000
SAD	1.100	130.000	Ukupno (svet)	37.000	9.500.000

*USGS 2012: <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/potash/mcs-2001-potas.pdf>.

EKOLOŠKI ASPEKTI PRIMENE KALIJUMOVIH ĐUBRIVA

Hemizacija biljne proizvodnje je u značajnoj meri doprinela povećanju prinosa gajenih vrsta. Istovremeno povećala se opasnost od zagađivanja agroekosistema i šire životne sredine hemijskim sredstvima štetnih za žive organizme. Uticaj pojedinih agrohemijskih sredstava na životnu sredinu zavisi od njihovog hemijskog sastava, fizičkih osobina, doze i učestalosti primena, brzine razgrađivanja i dr.

Mineralna đubriva imaju veoma širok spektar delovanja na životnu sredinu. Mogu da utiču i pozitivno i negativno na osobine zemljišta, vazduha i voda (Sekulić, 1998, Sekulić et al., 2003). Ona mogu da utiču na reakciju, strukturu i biogenost zemljišta i da doprinose nakupljanju štetnih materija u zemljištu i biljkama, mogu da podstiču eutrofikaciju površinskih voda i da zagađuju podzemne vode. Mineralna đubriva mogu da utiču i na sastav vazduha i fitocenoze, da doprinose povećanju sadržaja štetnih materija u vazduhu i oštećuju ozonski sloj atmosfere, da utiču na pH vrednost zemljišta i dr. (Kastori, 1995, Thyll, 1996). Balastne materije koje se nalaze u mineralnim đubrivima mogu, takođe, da opterećuju zemljišta. Od mineralnih đubriva, sa stanovišta zagađivanja agroekosistema i šire životne sredine, najopasnija su azotna đubriva (Marschner i Römheld, 1992).

Od kalijumovih đubriva kod nas se najčešće koriste kalijum-hlorid, a ređe kalijum-sulfat. Ova đubriva ne sadrže primese u većim količinama, koje bi mogle da zagađuju sredinu. Zahvaljujući tome, čak i pri upotrebi većih doza kalijumovih đubriva, ne dolazi do opterećenja lanca ishrane nepoželjnim materijama. U kalijumovim đubrivima se kao primesa nalaze elementi sa pretežno toksičnim dejstvom (Cd, Pb, As, Cr i dr.) u veoma maloj koncentraciji, u tragovima zbog čega ne predstavljaju nikakvu opasnost po životnu sredinu.

Kalijum-hlorid i kalijum-sulfat su hemijski neutralna, a fiziološki kiselja đubriva. U slučaju đubrenja uobičajenim dozama kalijumovih đubriva, nema značajnije promene pH vrednosti zemljišta. Pri upotrebi kalijum-hlorida, hlor jon koji je u zemljištu mobilan ispira se u dublje slojeve, a kalijum se adsorbira. Kao posledica toga gube se ekvivalentne količine kalcijuma iz zemljišta. Prilikom upotrebe većih doza kalijumovih đubriva, posebno na kiselim zemljištima preporučuje se primena KHCO_3 . Smanjenje vrednosti pH na alkalnim zemljištima može da ima povoljno dejstvo, pošto se povećava pristupačnost nekih elemenata u zemljištu za biljke, dok na kiselim zemljištima podstiče usvajanje nekih teških metala koji deluju nepovoljno na biljke. Pri dugotrajnoj upotrebi većih doza kalijumovih đubriva u zemljištu se povećava sadržaj lakopristupačnog kalijuma i natrijuma.

Pri intenzivnom đubrenju kalijumom nije preporučljivo koristiti đubrivo sa niskim sadržajem kalijuma, zbog velike količine balastnih ma-

terija, posebno ne na zemljištima sa većim udelom soli i u aridnim predelima. U takvim uslovima prednost treba dati kalijum-sulfatu u odnosu na kalijum-hlorid, a najbolje je koristiti kalijum-nitrat koji ne sadrži balastne materije.

Povećanje sadržaja kalijuma u biljkama, kao posledica primene kalijumovih đubriva, ne deluje štetno na biljke niti može da prouzrokuje suvišak kalijuma u ljudskom ili životinjskom organizmu, pošto se suvišak kalijuma iz organizma brzo izlučuje mokraćom. U mnogim zemljama uočava se nedostatak kalijuma u ishrani.

Dugotrajna primena visokih doza kalijumovih đubriva usled antagonizma kalijuma i drugih katjona pri usvajanju, smanjuje nakupljanje magnezijuma, kalcijuma, natrijuma i stroncijuma u biljkama. Istovremeno povećava se sadržaj kalijuma u biljkama. Dugotrajna upotreba većih doza kalijuma, usled antagonizma pri usvajanju između kalijuma i magnezijuma, može da izazove, posebno u višegodišnjim zasadima, ponekad i pojavu akutnog nedostatka magnezijuma. Antagonizam između kalijuma i drugih katjona može da ima i nepoželjnih posledica po obezbeđenje životinja potrebnom količinom magnezijuma i natrijuma. Pored navedenog, dobra obezbeđenost biljaka kalijumom povećava iskorišćavanje azota iz zemljišta i time smanjuje ispiranje NO_3^- u dublje slojeve zemljišta, zagađenje podzemnih, tekućih i stajaćih voda.

U uslovima dobre obezbeđenosti biljaka kalijumom smanjuje se akumulacija nepoželjnih materija u biljkama, čije nakupljanje može da podstiče upotreba većih doza azotnih (NO_3^-) i fosfornih đubriva (Sr), kao i toksično dejstvo suviška bora. U uslovima zagađenosti zemljišta radioaktivnim cezijumom kalijum smanjuje njegovo nakupljanje u biljkama.

Od kalijumovih đubriva najčešće se koristi 40%-tni kalijum-hlorid. Ovo đubrivo sadrži 63% kalijum-hlorida i od 20 do 30% natrijum-hlorida. Kod nas je u upotrebi 58 do 62%-tni kalijum-hlorid. Zahvaljujući visokom sadržaju korisnog elementa natrijuma, ovo đubrivo, ako se koristi u uobičajenim dozama, povoljno utiče na rast i razviće posebno halofita. Osim toga, povećava udeo natrijuma u biljkama, što je veoma značajno za neke životinje, biljojede, koje imaju veću potrebu za tim elementom. Natrijum pri većim dozama može nepovoljno da utiče na strukturu zemljišta, a povećane doze hlora na kvalitet proizvoda nekih gajenih vrsta.

Ljudi su izloženi zračenju iz različitih izvora. Spoljašnji izvori su kosmičko zračenje, zračenje radioaktivnih elemenata zemljišta, zgrada, (radon) itd. Oni čine oko 90% ukupnog izvora, a preostalih 10% potiče iz unutrašnjeg izvora, tj. radioaktivnih elemenata koji se nalaze u organizmu. Sadržaj ^{40}K u organizmu odraslog čoveka ekvivalentan je aktivnosti od 60 Bq kg^{-1} ili 3000-4000 Bq po osobi. U proseku, od ukupne izloženosti čoveka radijaciji oko 20% potiče iz spoljnjih izvora od ^{40}K . Prirodna radioak-

tivnost zemljišta na koju je živi svet prilagođen najvećim delom pripisuje se izotopu ^{40}K . Oko 50 do 1000 Bq kg^{-1} zemljišta potiče od pomenutog izotopa. Od tri izotopa kalijuma radioaktivan je samo ^{40}K , koji u smesi sa ostalim izotopima čini tek 0,0119% (119 ppm) elementarnog kalijuma. ^{40}K je beta i gama emiter sa poluvremenom raspada $1,8 \times 10^9$ godina. Kalijum pokazuje slabu beta radioaktivnost, približno hiljadu puta manju od urana. Od mineralnih đubriva radioaktivne elemente sadrže fosforna i kalijumova đubriva. U forfornim đubrivima nalaze se uran, torijum radijum, u kalijumovim ^{40}K . Svi minerali kalijuma, uključujući i kalijum-hlorid, sadrže istu proporciju ^{40}K . Kalijum-hlorid se odlikuje sa oko 15.800 Bq kg^{-1} , što se smatra neškodljivim (Laegreid et al., 1999). Iz navedenog proističe da se upotrebom kalijumovih đubriva zanemarljivo povećava prirodna radioaktivnost sredine.

Kalijumovo đubrivo povoljno utiče i na tolerantnost biljaka prema biljnim bolestima i štetočinama što omogućava manju upotrebu sredstava za zaštitu bilja i time manju zagađenost sredine ovim sredstvima.

Primena kalijumovih đubriva, osim što povoljno utiče na prinos biljaka, može da poboljša kvalitet proizvoda i time doprinese zdravlju ljudi i životinja.

Kalijumova đubriva ne zagađuju podzemne vode pošto se kalijum jon praktično ne ispira u dublje slojeve zemljišta, niti podstiču eutrofikaciju površinskih voda pošto kalijum, za razliku od fosfora i azota, u većini slučajeva ne ograničava rast i razmnožavanje vodenih organizama.

Đubrenje kalijumom preko fotosinteze utiče i globalno na životnu sredinu, na sastav atmosfere. Osim prinosa, đubrenjem se povećava oslobađanje O_2 i vezivanje CO_2 u procesu fotosinteze. Količina oslobođenog O_2 u direktnoj je zavisnosti sa visinom biološkog prinosa. U toku vegetacije u procesu fotosinteze se prosečno po hektaru godišnje oslobađa oko 60 dt O_2 . Svako povećanje prinosa postignuto primenom đubriva povećava količinu oslobođenog O_2 . Smatra se da gajene biljke po jedinici površine oslobađaju više kiseonika od šumske ili pustinjske vegetacije. Jednoj osobi je dnevno potrebno oko 1,3 kg O_2 , odnosno godišnje oko 4,7 dt O_2 . Iz navedenog sledi da jedan hektar useva može da obezbedi godišnju potrebu za kiseonikom za više od deset osoba. Ako se polazi od pretpostavke da se prinos pri upotrebi đubriva u proseku povećava samo za deset procenata, onda se, zahvaljujući đubrenju, dodatno po hektaru obezbedi potrebna količina kiseonika za jednu do dve osobe godišnje (Fick, 1982).

Dobra obezbeđenost kalijumom povećava intenzitet fotosinteze i time prinos suve materije svih biljnih organa, uključujući i korena. Kalijum podstiče transport ugljenih hidrata iz nadzemnih organa u koren (Čakmak, 1994), usled čega se povećava ne samo odnos mase korena prema nadzemnom delu, već i masa korena i time premeštanje fotosintezom vezanog CO_2

u zemljište. Prema Asher i Bar-Yosef (2009) pri primeni 0, 100, 200 kg K/ha masa korena kukuruza bila je (t/ha) 1,87, 2,85 i 3,16, a količina ugljenika u pomenutoj masi korena (t C/ha) 0,86, 1,31, odnosno 1,45. Kalijum podstiče premeštanje ugljen-dioksida, značajnog zagađivača atmosfere u zemljište. Pri razlaganju korena u zemljištu najveći deo ugljenika ostaje na mestu razlaganja.

Kao zaključak ističemo da naučno zasnovana primena kalijumovih đubriva nema ekološki nepovoljno dejstvo na agroekosistem i šire na životnu sredinu.

ĐUBRENJE POVRĆA KALIJUMOM

IZBOR ZEMLJIŠTA ZA PROIZVODNJU POVRĆA

Zemljište je osnovni i jedan od najvažnijih prirodnih resursa za uspešnu biljnu proizvodnju, pa i za proizvodnju povrća. Povrće ima povećane zahteve kada je zemljište u pitanju. Razlog je slabo razvijen korenov sistem kod većine povrtarskih vrsta. Koren se uglavnom nalazi u plitkom oraničnom sloju zemljišta i slabe je moći usvajanja. Pored toga, većina povrtarskih vrsta odlikuje se kratkom vegetacijom, što nameće potrebu za intenzivnim usvajanjem mineralnih materija u relativno kratkom vremenskom periodu. Neke od povrtarskih vrsta obrazuju zadebljali koren (mrkva, korenasti peršun, paštrnak, korenasti celer, cvekla, rotkva, rotkvica, repa ugarnjača, broskva itd.), lukovice (crni i beli luk, praziluk, luk vlašac) ili krtole (krompir, slatki krompir, čičoka, đumbir i druge) u oraničnom sloju zemljišta. Da bi se vegetativni organi povrća, koji se koriste u ishrani, pravilno formirali i da bi bili tipični za sortu i/ili hibrid važno je poznavanje mehaničkog sastava zemljišta, njegovih hemijskih, bioloških, vodno-vazdušnih i toplotnih osobina, a u okviru toga posebno treba voditi računa o obezbeđenosti (za biljke) pristupačnim oblicima hraniva.

Zemljište u prirodi nastaje kao proizvod pedogenetskih faktora (klime, matičnog supstrata, organskog sveta, reljefa i starosti terena). Pedogenetski faktori određuju pravac i intenzitet procesa koji se odvijaju u zemljištu, a kao rezultat njihovog delovanja obrazuju se zemljišta različite plodnosti. Zemljište kao površinski deo litosfere, pod uticajem biosfere, hidrosfere i atmosfere, stiče kvalitativno svojstvo pod nazivom plodnost.

Kao što je naglašeno, specifičnost u razvijenosti korenovog sistema, njegova sposobnost usvajanja mineralnih materija, razvijenost u odnosu na nadzemnu vegetativnu masu, visok ekonomski i ukupan biološki prinos, različiti načini setve, odnosno, sadnje razlozi su zbog čega povrće ima povećane zahteve kada je zemljište u pitanju.

Prilikom izbora zemljišta za gajenje povrća neophodno je, pored plodnosti, obratiti pažnju na sledeće osobine zemljišta: nagib (inklinacija) terena, nivo podzemnih voda, zakorovljenost zemljišta, ekspozicija terena, tip i njegove mehaničke, hemijske i biološke osobine. Sve to je od značaja za pravilno i pravovremeno đubrenje povrća, pa i ishranu kalijumovim đubrivima.

Nagib terena. Za proizvodnju povrća treba birati, kad god je to moguće, idealno ravne terene bez mikrodepresija ili brežuljaka. Intenzivna proizvodnja povrća uspešno se odvija i na zemljištima sa blagim nagibom, ne većim od 0,25-0,30% ($i = \Delta h / l \cdot 100$; i – nagib terena u %, Δh – visinska razlika u m, l – dužina parcele u m), što odgovara prvoj klasi zemljišta sa nagibom od približno $0,15^\circ$ ($\alpha = \arctg \Delta h / l$; α – ugao u $^\circ$, Δh – visinska razlika u m, l – dužina parcele u m). U tom slučaju visinska razlika od početka do kraja parcele, na duž od 400 m (duž može da iznosi 200-800 m), iznosi 1,0-1,2 m u idealnim uslovima, što je retko u širokoj proizvodnoj praksi.

Na parcelama sa gravitacionim odvođenjem suvišnih voda od padavina i/ili navodnjavanja poželjni su tereni sa nagibom, ne većim od 0,5% (eventualno 0,6%), što odgovara približno nagibu do $0,3^\circ$ (odnosno $0,28-0,34^\circ$) ili visinskoj razlici od 2,0-2,4 m na duž od 400 m. Ovakav nagib omogućava normalno oticanje suvišne vode od obilnih padavina u godinama sa visokim nivoima podzemnih voda. Ovakve parcele pripadaju prvoj klasi (I klasa je sa nagibom od 0 do 3°) prema stepenu nagiba terena.

Ravnanje zemljišta je obavezna agrotehnička mera u povrtarstvu. Ravnanjem se postiže i pruža mogućnost obezbeđenja blagih padova u bilo kojem pravcu. Blagi padovi omogućavaju odvođenje suvišnih voda (u kanale za odvodnjavanje) bez erozije.

Cilj ravnjanja je najčešće dobijanje idealno ravne površine. Na ravnim površinama se postiže precizna setva i/ili sadnja na zadatu i idealnu dubinu, što je posebno važno kod sitnosemenih povrtarskih vrsta. Osim toga, na idealno ravnom zemljištu smanjuju se gubici u berbi na hederu prilikom kombajniranja graška, boranije i pasulja.

Za ravnanje zemljišta koriste se laserski vođene mašine, kao što su skreper sa dozerom i greder ili ravnjač. Na terenima s izraženim mikrodepresijama i brežuljcima zemljište je neujednačene plodnosti. U depresijama se zadržava voda od padavina, navodnjavanja i/ili podzemne vode što remeti vodno-vazdušni režim, zaustavlja rast i razvike povrća i ima značajan uticaj na prinos po jedinici površine. Osim toga, česta pojava jesu erozije ili spiranja oraničnog sloja sa brežuljaka u mikrodepresije. Brežuljci ostaju s oraničnim slojem zemljišta manje plodnosti bilo zbog erozije vodom ili eolske erozije na terenima sa jakim i čestim vetrovima. Zato su na terenima s manjim i/ili velikim nagibom neophodna dodatna ulaganja za ravnanje zemljišta, nivelaciju terena, ali i zaštitu od erozije. Na terenima sa izuzetno velikim nagibom neophodna je obrada i proizvodnja po izohipsama ili izgradnja položenih terasa. U tom slučaju koriste se, pored prethodno navedenih mašina, bageri čiji su radni organi kašika sa nožem. Poljozaštitni pojas je, između ostalog, pouzdano rešenje za eolsku eroziju.

Brojni su razlozi zbog čega za proizvodnju povrća treba birati ravne terene ili eventualno parcele sa blagim nagibom. Jedan od razloga su i

značajni gubici u kalijumu koji mogu nastati na terenima sa manje ili više izraženim nagibom.

Kalijum koji se mobilise iz zemljišnih rezervi, kao i kalijum iz đubriva, vezuje se u zemljištu za adsorptivni kompleks, ali to ne znači da nema opasnosti od gubitaka kalijuma iz zemljišta. Ova problematika je detaljno obrađena u poglavlju *Kalijum u zemljištu* i podpoglavlju *Gubici kalijuma u zemljištu*.

Utvrđeno je da najveći gubici kalijuma nastaju erozijom i ove količine mogu da budu 3 do 10 puta veće od gubitaka koji nastaju ispiranjem kalijuma podzemnim vodama (Džamić i Stevanović, 2000).

Nivo podzemnih voda. Nivo podzemnih voda je u tesnoj korelaciji sa blizinom vodotokova, razvijenošću primarne, sekundarne i tercijalne kanalske mreže, teksturom i tipom zemljišta. Nivo podzemnih voda zavisi od odnosa makro i mikropora. Voda se iz dubljih slojeva zemljišta u zonu korenovog sistema podiže mikroporama. Kapilarnim putem voda se podiže u površinski sloj zemljišta u zonu korenovog sistema, pošto se u makroporama nalazi vazduh. Posle obilnih kiša i/ili navodnjavanja voda se u dublje slojeve proceduje preko mikro i makropora u kojima se nalazi vazduh.

Na lakim, peskovitim zemljištima veće je učešće makropora, a zbog slabijeg kapilarnog penjanja nivo podzemne vode može biti viši i obrnuto. Na težim, glinovitim zemljištima, zbog jačeg kapilarnog penjanja vode iz dubljih slojeva njen nivo može i treba da bude znatno niži.

Povrće je osetljivo na visok nivo podzemnih voda, iako je korenov sistem kod većine povrtarskih vrsta plitko raspoređen u oraničnom sloju zemljišta. Većina povrtarskih vrsta ima slabo razvijen korenov sistem, koji je uglavnom rasprostranjen plitko u oraničnom sloju zemljišta na dubini ne većoj od 15-25 cm. Kod malog broja povrtarskih vrsta aktivna rizosfera je na dubini od 30-40, maksimum do 60 cm. Izuzetak je korenov sistem cvekle, lubenice i višegodišnjeg povrća. Korenov sistem kod ovih povrtarskih vrsta dobro je razvijen u odnosu na nadzemnu vegetativnu masu, prodire u dubinu i preko 3 m. Korenasto-krtolaste i lukovičaste vrste povrća obrazuju jestivi deo (zadebljali koren, krtole i lukovicu) ispod površine zemlje. Ovu činjenicu treba imati u vidu prilikom izbora parcele u proizvodnji povrća na otvorenom polju, posebno pri proizvodnji na zemljišnom supstratu u zaštićenom prostoru. Na otvorenom polju poželjno je da nivo podzemnih voda bude na dubini do nivoa od 70 do 120 cm, pa i dublje. U različitim tipovima zaštićenog prostora nivo podzemne vode mora biti dublje i to na nivou od minimum 150 cm, ako je proizvodnja na zemljišnom supstratu.

Štete od podzemnih voda mogu biti direktne i indirektne. Direktne štete mogu biti sledeće: značajni gubici kalijuma iz zemljišnog rastvora, gušenje korenovog sistema, zaustavljanje useva u porastu, žuta boja biljaka, pa, čak, i

uginuće. Indirektne štete i gubitak kalijuma nastaju tako što, usled visokog nivoa podzemnih voda, dolazi do peptizacije zemljišnih koloida koji se dispergovani vrlo lako ispiraju podzemnim vodama. Visok nivo podzemnih voda indirektno doprinosi zabarivanju i zaslanjivanju oraničnog sloja zemljišta. To je česta pojava u zaštićenom prostoru, zbog neadekvatnog i nestručnog upravljanja navodnjavanjem vodom lošeg kvaliteta i fertigacijom.

Regulacija nivoa podzemnih voda u nekom regionu je moguća hidrotehničkim melioracijama, uređenjem i održavanjem otvorene kanalske mreže. Kanalska mreža je prevashodno namenjena odvođenju suvišnih podzemnih voda i za odvodnjavanje. Stalnim održavanjem nivoa vode u kanalskoj mreži po sistemu spojenih sudova održava se i nivo podzemnih voda u zemljištu na idealnoj dubini. Osim toga, u sušnim uslovima ova voda, iz kanalske mreže, se koristi za navodnjavanje. Hidrotehničke melioracije su, po pravilu, veoma skupi zahvati. Zato se ovi radovi finansiraju iz nacionalnih budžeta ili su države davale i danas daju koncesije.

Proizvodna svojstva zemljišta i vodni režim na mikroplanu reguliše se agrotehničkim melioracionim radovima na svakoj pojedinačnoj parceli. Visok nivo podzemnih voda, ali i uklanjanje voda poreklom od padavina i/ili navodnjavanja je moguće regulisati postavljanjem drenaže bilo da je reč o proizvodnji na otvorenom polju (u bašti ili na njivi) ili u zaštićenom prostoru što je češći slučaj. Suvišne vode se plastičnim perforiranim cevima Ø 100-110 mm (40-300 mm) odvede do uređene kanalske mreže za odvodnjavanje. Drenažne cevi na lakim peskovitim zemljištima postavljaju se na dubinu od 80-120, a na teškim, glinovitim zemljištima na 80-100 cm. Cevi se postavljaju, na lakim peskovitim zemljištima, na rastojanje od 3-4 m, a na teškim, glinovitim zemljištima na 1,5-2 m. Drenaža se postavlja van domašaja radnih organa mehanizacije neophodne za obradu zemljišta.

Na terenima sa visokim nivoima podzemnih voda, osim odvodnjavanja, predlaže se gajenje na uzdignutim lejama, gredicama ili bankovima. Uzdignute gredice se brže prosuše. Bolje se i brže zemljište zagreva, pa je moguća rana setva ili sadnja.

Vodni režim je u direktnoj korelaciji sa tipom i produktivnošću zemljišta, ali i sa vremenom i načinom đubrenja. Prema načinu vlaženja i sposobnosti držanja vlage, zemljišta mogu da se podele na: automorfna, hidromorfna, halomorfna i subakvalna (subhidrična) zemljišta (Nešić, 2011).

Uspešna i kvalitetna proizvodnja povrća može da se organizuje na automorfnim zemljištima (klase I i klase II prema pogodnosti zemljišta za navodnjavanje), uz obavezno navodnjavanje kvalitetnom vodom klase I.

Na hidromorfnim zemljištima (klase III, IIIa i IIIb) problem za uspešnu proizvodnju povrća može da predstavlja prevlašivanje, usled zadržavanja vode od padavina ili navodnjavanja iznad nepropustljivog sloja. Ova pojava je karakteristična za pseudoglejna zemljišta.

Red halomorfnih (solonjec, solončak i solod, klasa IIIc prema pogodnosti zemljišta za navodnjavanje) zemljišta nije pogodan za organizovanje proizvodnje povrća zbog vlaženja podzemnim slanim i alkalizovanim vodama. Red subakvalnih zemljišta podrazumeva zemljišta na dnu bara, močvara i jezera i ova zemljišta imaju najmanju produktivnost i nemoguća je proizvodnja uopšte, pa ni proizvodnja povrća (Nešić, 2011).

Zakorovljenost zemljišta. Povrće se proizvodi na zemljištu bez masovnog prisustva jednogodišnjih travnih i širokolisnih korova. Posebno je važno da na parcelama sa povrćem nema višegodišnjih rizomskih korova. Korovi imaju brz početni tempo rasta, mnogo brži od većine povrtarskih vrsta, koje se proizvode direktnom setvom semena na stalno mesto. Korovi mogu da predstavljaju problem i u proizvodnji povrća preko rasada golih žila. U fazi ukorenjavanja mlade biljke zaostaju u porastu, a korovi imaju intenzivan početni rast. Rešenje je mehaničko suzbijanje korova međurednim kultivatorima kako bi se smanjila potrošnja skupih herbicida, ali i đubriva (azotna i fosforna), koja zagađuju životnu sredinu. Korovi predstavljaju problem u toku vegetacije, jer troše vodu i hranu, a pre svega kalijum iz zemljišta. Većina korovskih biljaka su biljke hraniteljke za štetne insekte, izvor su pojave i vrlo brzog prenošenja bolesti. Razvijenošću korenovog sistema i bujnom nadzemnom masom značajno otežavaju berbu, ručnu ili mašinsku. Suzbijanje korova se vrši agrotehničkim merama, a herbicidi se primenjuju samo kada baš mora i to preko zemljišta ili u početnoj fazi rasta i razvika folijarno. Sa porastom korova smanjuje se efikasnost primenjenih preparata u kontrolisanoj konvencionalnoj i integralnoj proizvodnji povrća. U organskoj proizvodnji povrća suzbijanje korova se vrši mehaničkim putem, obradom u toku vegetacije ili nastiranjem zemljišta organskim malčom.

Ekspozicija terena. Ako je to moguće, u proizvodnji povrća uvek treba birati južne prisojne terene. Na ovakvim zemljištima moguća je znatno ranija predsetvena priprema zemljišta, setva ili sadnja, jer se zemljište brže prosuši i brže se zagreva setveni sloj zemljišta. Dobri rezultati se postižu i na jugoistočnim ili jugozapadnim ekspozicijama terena. Najlošiji efekti se postižu na severnim ekspozicijama terena jer je zemljište hladno, sporo se suši, nemoguće je predsetveno đubrenje i pravovremena predsetvena priprema, a samim tim setva ili sadnja.

Tip zemljišta. Povrće se u svetu proizvodi na najrazličitijim tipovima zemljišta, a u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju moguća je proizvodnja povrća bez zemljišta (hidroponi sistem gajenja povrća).

Zemljište kao uslovno obnovljivi prirodni resurs nije homogeno, nego je porozni i propusni sistem koji se sastoji iz čvrste (mineralne, organske i čestica organomineralnog porekla), tečne i gasovite faze. U zemljištu se nalaze živi organizmi.

Kod izbora tipa zemljišta za uspešno gajenje povrća značajna je njegova plodnost, mehanički sastav, fizičke, hemijske (pH), biološke osobine, vodno-vazdušni i toplotni režim, struktura i tekstura zemljišta.

Po mehaničkom sastavu povrće zahteva laka aluvijalna, srednje laka do srednje teška zemljišta (černozem i livadska crnica). Mehanički sastav utiče na vodni i vazdušni režim, na fizička i hemijska svojstva zemljišta. Od mehaničkog sastava zavisi rast i oblik korenovog sistema (mrkve, peršuna, paštrnaka, korenastog celera, cvekla, rotkve i rotkvice), sadržaj vlage, makro i mikroelemenata. Povrće se gaji i na lakim peskovitim zemljištima, ali i na teškim, glinovitim zemljištima kao što je ritska crnica. Na ovim tipovima zemljišta (minutno zemljište – izrazito teško i glinovito) se primenjuje specifičan sistem obrade i đubrenja makro i mikroelementima, posebno se vodi računa o đubrenju kalijumovim đubrivima.

Plodnost zemljišta. Plodnost zemljišta je njegova sposobnost da istovremeno obezbeđuje biljke vodom, hranljivim materijama i kiseonikom, uz odgovarajuću toplotu u toku čitavog vegetacionog perioda. Osim toga, ono treba da bude rastresito, kako bi se obezbedio normalan razvoj korenovog sistema, mikrobiološka aktivnost, kao i da u njemu nema štetnih materija. Plodnost je kompleksno svojstvo zemljišta i uslovljava ga veliki broj činilaca.

Istovremeno, treba istaći da je plodnost zemljišta relativan pojam. Jedno isto zemljište može da predstavlja zemljište visoke plodnosti za razvoj nekih biljnih vrsta, a istovremeno zemljište niske plodnosti za neke druge biljne vrste. Pri proceni plodnosti nekog zemljišta za gajenje određene povrtarske vrste neophodno je poznavati sa jedne strane zahteve te biljne vrste u odnosu na zemljište i, sa druge strane, osobine toga zemljišta. Pošto su svi činiooci plodnosti od istog značaja, s obzirom na to da nedostatak jednog činiooca ne može biti zamenjen drugim, to znači da, na primer, nedostatak hrane, vode ili kiseonika ne može biti kompenzovan nekim drugim svojstvima zemljišta. Iz toga proizilazi da u toku čitavog vegetacionog perioda zemljište treba da poseduje visok stepen plodnosti, jer se samo u tom slučaju mogu postizati visoki i stabilni prinosi odgovarajućeg kvaliteta.

Zemljište obezbeđuje, pre svega, uspešno ukorenjivanje i oslonac za biljku. Zatim, vodu, neophodne makro i mikroelemente i vazduh (kiseonik), bez kojih je nemoguć razvoj i životna aktivnost korenovog sistema. To je posebno važno imati na umu zbog slabo razvijenog korenovog sistema kod većine povrtarskih vrsta.

Zemljište različitog mehaničkog sastava sadrži četiri osnovne komponente: minerale, organsku materiju, vodu i vazduh. Idealno zemljište, koje pruža optimalne uslove za rast korenovog sistema, trebalo bi da sadrži zapreminski sledeće elemente u sledećim odnosima: 25% vode, 25% vazduha, 45% mineralnih materija i 5% organskih materija (Howard, 2004). Ni najbolja zemljišta obrazovana pod prirodnim uslovima, koja se karakterišu izuzetno povoljnim vodno-fizičkim i hemijskim svojstvima, kao što su karbonatni černozem i njegovi varijeteti (livadska crnica), ne ispunjavaju u potpunosti ove uslove (Ilin et al., 2005; Ilin et al., 2009).

Povrće zahteva plodna zemljišta, dobrih fizičkih, hemijskih i bioloških svojstava, zbog intenzivnog rasta (vegetativnih organa) i razvica (generativnih organa), odnosno, zbog visokih prinosa koji se postižu u uslovima intenzivne agrotehnike. Dobra vodna, vazдушna i fizička svojstva zemljišta omogućuju uspešnu proizvodnju povrća u dužem vremenskom periodu, uz intenzivno navodnjavanje i đubrenje i smenu dve do tri vrste u toku jedne godine (Ilin et al., 2009). Povrće zahteva srednje laka do srednje teška duboka i plodna zemljišta.

ODREĐIVANJE POTREBA U HRANIVIMA

Ishrana povrća, pored navodnjavanja, setve semena i/ili sadnje kvalitetnog rasada, deklarisanog sadnog materijala kod krompira, crnog i belog luka, sprovođenja redovnih mera nege, zaštite od bolesti, štetočina i korova jedan je od najznačajnijih faktora visoke i stabilne proizvodnje kvalitetnog povrća u svim do sada poznatim sistemima gajenja.

Rezultati istraživanja mnogih autora upućuju na kompleks parametara koji se moraju imati u vidu pri pravljenju bilansa hraniva u ishrani povrća. Naime, potrebe u hranivima utvrđuju se na više načina:

- prema vizuelnom izgledu biljaka;
- na osnovu hemijske analize biljaka;
- pomoću mreže poljskih ogleđa sa đubrenjem na različitim tipovima zemljišta u različitim agroekološkim uslovima;
- na osnovu agrohemijskih analiza zemljišta.

Izgled biljke kod povrća, boja nadzemnog vegetativnog dela, pojave nekroza, razne morfološke deformacije vegetativnih organa, najočigledniji su dokazi nedostatka neophodnih hranljivih materija u zemljištu. Na osnovu vizuelnog izgleda biljke pravilnu dijagnozu nedostatka ili suviška nekog hranljivog elementa moguće je utvrditi ako se pridržavamo jasno propisanih procedura. U suštini radi se o sistemu eliminacija. Naime, prema Howardu (2004), prvo je neophodno utvrditi na kojoj biljnoj vrsti ili organu se pojavljuje simptom. Da li je na donjem starijem ili gornjem

mlađem lišću? Da li su simptomi na stablu, plodu, cvetu i/ili u tačkama porasta biljke? Kako izgleda cela biljka? Da li je patuljastog porasta, deformisana ili preterano razgranata? Da li je tkivo hlorotično (žuto), nekrotično (mrko) ili deformisano? Zatim, važno je detaljno opisati izgled pega ili deformacija koristeći opšteprihvaćenu terminologiju u takvim slučajevima. Pošto su simptomi pažljivo proučeni i opisani, treba utvrditi da li je poremećaj mogao da izazove neki drugi biotički ili abiotički faktor. Pri tome uzimaju se u obzir oštećenja koja mogu nastati od visoke ili niske temperature, svetlosti, poremećaji koji mogu biti izazvani usled vodnog stresa, oštećenja koja mogu nastati od pesticida ili folijarne ishrane visokim koncentracijama hraniva (soli), štete od parazitskih oboljenja (patogena ili saprofita), insekata, oštećenja od zagađenja. Oštećenja od pesticida i folijarne ishrane pri visokim temperaturama i maloj vlažnosti vazduha mogu izazvati ožegotine na biljci, odnosno listovima i to ukoliko se koriste veće koncentracije, odnosno doze, od propisanih. Vrlo često u širokoj proizvodnoj praksi se sreće herbicidni efekat usled zanošenja rastvora vetrom.

Kada se provere i eliminišu svi navedeni faktori, može se pretpostaviti da je u pitanju poremećaj u ishrani. U suštini, poremećaji u ishrani će biti primetni u celom usevu, simptomi će biti uočljivi na svim biljkama u isto vreme, dok će se poremećaji izazvani drugim faktorima prvo primetiti na pojedinačnim biljkama, a tek zatim će se širiti ka susednim biljkama.

Simptomi nedostatka kalijuma su vidljivi na starijim listovima. Kod dikotila (većina povrtarskih vrsta), ovi listovi su prvo hlorotični. Hloroza kreće od ruba lista, ubrzo listovi dobijaju tamne nekrotične pege. Kod monokotila (crnog, belog luka, praziluka i kukuruza šećerca), vrhovi i obod lista prvo odumiru. Kod kukuruza šećerca se, u slučaju nedostatka kalijuma, razvijaju slabo razvijene stabljike koje lako poležu.

Povrtarske biljke kalijum obično ne usvaja u suvišku tako da nema jasnih simptoma. Kod dinje i paradajza se razvijaju čvrsti plodovi sa visokim nivoom kalijuma (Lester et al., 2005), a krtole kod krompira su čvrste, otporne na oštećenja od udara prilikom vađenja i pritiska prilikom transporta u rinfuzi i čuvanja u skladištu u gomilama visine preko 4 m. Suvišak kalijuma može dovesti do nedostatka magnezijuma, mangana, cinka ili gvožđa (Howard, 2004).

Osim vizuelne dijagnostike, hemijskom analizom biljnog materijala sa sigurnošću se može utvrditi obezbeđenost useva neophodnim elementima. Ponekad simptomi nedostatka hraniva mogu da dovedu u zabludu i najiskusnije stručnjake, zbog toga je potrebno uzeti uzorke i utvrditi sadržaj hraniva u biljkama. Utvrđivnje obezbeđenosti povrća kalijumom na osnovu hemijske analize biljaka, kao i simptomi nedostatka kalijuma kod pojedinih povrtarskih vrsta, detaljno su prikazani u poglavlju *Utvrđivanje obezbeđenosti povrća kalijumom*.

Postavljanje mreže poljskih oglada s ishranom povrća najpouzdaniji je metod za određivanje potreba povrća u hranivima. Ovaj način služi kao standardna metoda za sve druge do danas poznate metode određivanja potreba u hranivima. Kao i druge, i ova metoda ima svojih nedostataka. Naime, da bi se došlo do pouzdanih podataka neophodno je da se poljski ogladi postavljaju duži niz godina (minimum tri godine, a poželjno je više godina). Potreban je, takođe, veliki broj najrazličitijih varijanti ispitivanja na različitim tipovima zemljišta i u različitim agroekološkim uslovima. Kao poseban nedostatak izdvajamo visoku cenu izvođenja takvih oglada.

Možemo zaključiti da je u širokoj proizvodnoj praksi opšteprihvaćeno da se određivanje potrebne količine hraniva vrši na bazi agrohemijskih analiza zemljišta. Ispitivanje zemljišta, sa svim svojim prednostima i nedostacima, je osnova pravilne i racionalne primene organskih i mineralnih đubriva u svim do sada poznatim sistemima gajenja povrća. Potrebe u hranivima određuju se na osnovu kontrole plodnosti zemljišta, iznošenja hraniva jedinicom prinosa i na osnovu planiranog prinosa. Razlikuje se hidroponski sistem gajenja povrća u takozvanom sistemu "bez zemljišta", gde je za određivanje potrebne količine hraniva neophodno laboratorijski analizirati hemijski sastav (kvalitet) vode za fertigaciju.

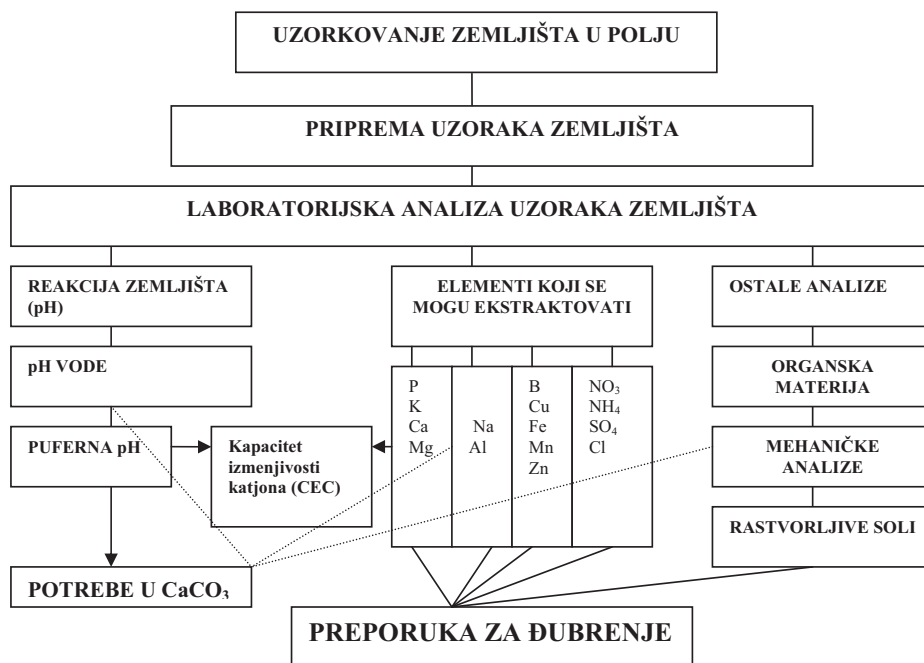
Analiza zemljišta. Analiza zemljišta jedan je od načina za utvrđivanje potreba u hranivima (đubrivima) i kalcifikaciji, kao i neophodna metoda za tačno utvrđivanje plodnosti zemljišta (Benton, 2001, Vukadinović i Vukadinović, 2011).

Bez rezultata analize zemljišta i/ili preporuke koja prati ovu analizu, upotreba kalcijum-karbonata i đubriva može biti štetna za ostvarivanje visokog prinosa narednog useva. Nažalost, ovo se često dešava u praksi. Na svetskom nivou, blizu jedne četvrtine obradivih površina je pod uticajem neke vrste stresa u pogledu ishrane (Benton, 2001). Intenzivnom proizvodnjom, čak i na najplodnijim zemljištima, dolazi do određene vrste degradacije, stresa ukoliko se ne poštuju pravila:

- da se đubrenjem nadoknađuje količina hraniva izneta prethodnim usevom;
- da se đubrenjem spreči eventualna acidifikacija zemljišta i
- da se očuva odgovarajući balans hraniva u zemljištu za optimalan porast biljaka.

Pri utvrđivanju doze đubriva potrebno je imati u vidu i činjenicu da li se istovremeno želi povećati plodnost zemljišta, što podrazumeva upotrebu većih doza đubriva, ekonomske efekte kao i uticaj đubrenja na kvalitet i tolerantnost biljaka prema bolestima, štetočinama i abiotičkim stresnim uslovima.

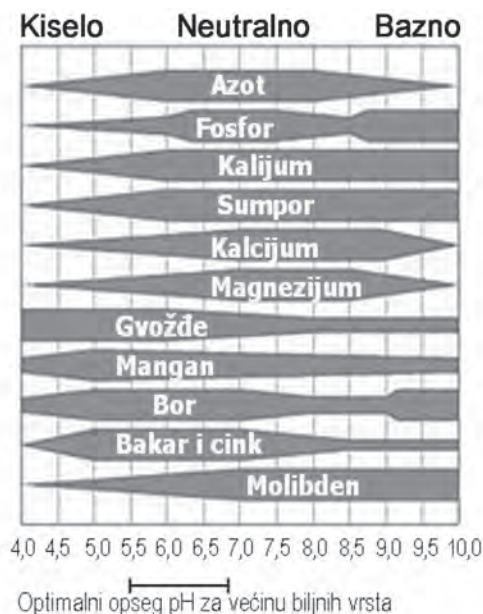
Sl. 10. Postupak analize zemljišta (Benton, 2001)



Reakcija zemljišta. Povrće ima izražene zahteve prema pH zemljišta i vode za navodnjavanje i/ili fertigaciju. Od reakcije zemljišta (pH vrednosti) zavisi sposobnost korenovog sistema da usvoji mikro i makroelemente, što je usko povezano sa prinosom biljaka (Sl. 11). Promena pH vrednosti dovodi do promene koncentracije H⁺ jona, što ima veliki uticaj na pristupačnost jona za biljke. Većina povrtarskih vrsta bolje uspeva pri pH vrednosti zemljišta od 6,0 do 7,0 (blago kisela do neutralna sredina). Pri ovim vrednostima povrće korenovim sistemom usvaja hranljive materije (Sl. 12). Gvožđe, magnezijum, cink, bakar i drugi elementi postaju manje dostupni kada se pH zemljišta poveća na 6,5; 7,5 ili 8,0. Molibden je, sa druge strane, dostupniji biljci na većim vrednostima pH. Na veoma visokim vrednostima pH bikarbonatni jon (HCO₃⁻) može biti prisutan u suficitu što će poremetiti usvajanje drugih jona i time onemogućiti optimalan rast i razviće povrća.

Neorganske soli u zemljišnom rastvoru disociraju na katjone (pozitivni joni ⁺) i anjone (negativni joni ⁻) i kao takvi se nalaze u zemljišnom rastvoru. Joni se u zemljišni rastvor oslobađaju i iz zemljišnih koloida. Korenov sistem preko korenskih dlačica uspostavlja kontakt sa zemljištem i iz zemljišnog rastvora i sa površine zemljišnih koloida usvaja jone. Zemljišni rastvor je najvažniji izvor hraniva za biljku. Ukoliko je zemljišni rastvor jako razređen

Sl. 12. Pristupačnost hraniva za biljke u zavisnosti od pH vrednosti supstrata (prilagođen sa veb-sajta Svetske organizacije za hranu i poljoprivredu, FAO)



Paradajz i paprika najbolje uspeavaju pri pH 5,5-6,8 (minimum je 5,0 a maksimum 7,0), a krastavac i salata na pH 6,0-7,0 (minimum je 5,5 a maksimum 7,5). Krompir zahteva blago kiselu reakciju zemljišnog rastvora (pH 6-6,5) pošto na neutralnim (6,51-7,2) i alkalnim zemljištima (pH >7,2) postoji opasnost od napada prouzrokovala obične krastavosti. Sadržaj CaCO_3 treba da je ispod 10 %.

Tab. 41. Klasifikacija zemljišta u odnosu na pH (Ubavić et al., 2002)

pH (1M KCl)	Klasa zemljišta
< 4,5	Jako kisela zemljišta
4,51-5,50	Kisela zemljišta
5,51-6,50	Slabo kisela zemljišta
6,51-7,20	Neutralna zemljišta
> 7,20	Alkalna zemljišta

Pristupačnost makro i mikroelemenata je uslovljena pH vrednostima zemljišta. Na alkalnim zemljištima u ishrani treba koristiti kisela mineralna đubriva i obrnuto na slabo kiselim zemljištima za dovođenje pH vrednosti na optimum treba koristiti, na primer, krečni amonijum-nitrat, a na jako kiselim i kiselim zemljištima je neophodno obaviti kalcifikaciju.

Od sadržaja kalcijum-karbonata zavisi pH, ali i brojne hemijske i biološke osobine. Otuda zemljište može da bude beskarbonatno do jako karbonatno sa sadržajem CaCO_3 preko 10%.

Tab. 42. Klasa zemljišta u odnosu na sadržaj CaCO_3 (Ubavić et al., 2002)

Sadržaj CaCO_3 (%)	Klasa zemljišta
0	Beskarbonatno zemljište
0-5	Slabo karbonatno zemljište
5-10	Srednje karbonatno
> 10	Jako karbonatno

U alkalnim zemljištima sa visokim sadržajem kalcijum-karbonata, Ca^{2+} joni se nalaze u visokoj koncentraciji i mogu da ograniče usvajanje K^+ . Visoke koncentracije katjona, naročito Ca^{2+} i Mg^{2+} , često onemogućavaju usvajanje K^+ preko korena. Povrtarski usevi gajeni na zemljištima sa visokom koncentracijom kalcijum-karbonata mogu da pokazuju simptome nedostatka K iako se u zemljištu analizom utvrdilo da ga ima u dovoljnoj količini (Havlin et al., 1999, citat Lester et al., 2010).

Iz prethodno navedenog sledi tabela na osnovu koje je moguće za svaku pojedinačnu parcelu pod usevom povrća dati okvirnu preporuku za đubrenje kalijumom (Tab. 43). U ovom slučaju se u obzir uzima reakcija zemljišta (pH) na dva nivoa i tri nivoa obezbeđenosti zemljišta humusom.

Tab. 43. Količine kalijuma koje treba vratiti od iznetih količina prinomom u zavisnosti od pH i sadržaja humusa u zemljištu (sastavljeno na osnovu većeg broja autora)

pH u KCl	Humus u %	Kalijum	
		mg $\text{K}_2\text{O}/100\text{g}$ zemljišta	Vratiti u % od iznetog prinomom
4,0-5,5	< 2	0-5	150
5,6-8,0	< 2	5-10	125
4,0-5,5	2-4	10-15	100
5,6-8,0	2-4	15-20	60-80
4,0-5,5	> 4	20-30	50-70
5,6-8,0	> 4	> 30	50

Povrće zahteva duboka plodna zemljišta sa visokim sadržajem organske materije. Povrće treba gajiti na zemljištima sa 2,0-4,0 % humusa i na zemljištima srednje do dobro obezbeđenim u ukupnom azotu, fosforu i kalijumu.

OBEZBEĐENOST ZEMLJIŠTA KALIJUMOM

U većini zemljišta kalijuma ima u dovoljnoj količini, najveći deo kalijuma nije dostupan za biljke jer se nalazi u obliku koji biljka ne može da usvoji (Lester et al., 2006, 2010).

Kalijum se u zemljištu nalazi u mineralima i to čak 90 do 98% od ukupnog kalijuma u zemljištu (Tisdale et al., 1985, citat Lester et al., 2010). Zatim, u obliku neizmenjivog kalijuma, fiksiranog u sekundarnim alumosilikatima gline u količini od 1 do 10%. Izmenjivi kalijum u adsorptivnom kompleksu (supstitucionni i izmenjivi kalijum) čini 1-2% i kalijum u zemljišnom rastvoru sa 6-20 mg K_2O/kg zemljišta koji je lako pristupačan biljkama (videti detaljan opis izvora kalijuma u poglavlju *Kalijum u zemljištu*). Prelazak jednog oblika kalijuma u drugi je dinamičan proces. Biljke usvajaju lakoprstupačan kalijum iz zemljišnog rastvora. Za to vreme kalijum iz adsorptivnog kompleksa prelazi u zemljišni rastvor popunjavajući iznete ili usvojene količine, a fiksirani kalijum (iz sekundarnih alumosilikata gline) ulazi u adsorptivni kompleks i uspostavlja se dinamička ravnoteža, međutim brzina prelaženja jednog oblika kalijuma u drugi nije ista (Džamić i Stevanović, 2000). Joni K^+ su pristupačni biljkama sa površine zemljišnih koloida (koloida gline) i iz soli koje se nalaze u zemljišnom rastvoru. Pozitivno naelektrisani joni (katjoni) kao što su kalijum (K^+) i kalcijum (Ca^{++}) joni su katjoni koji su u najvećoj meri adsorbovani na površini koloida (gline) zemljišta (Howard, 2004). Na raspoloživost kalijuma u zemljišnom rastvoru najveći uticaj ima količina i vrsta gline i fiksacijska moć zemljišta (koloida gline) prema kalijumu (Vukadinović i Vukadinović, 2011).

Tab. 44. Klase obezbeđenosti zemljišta kalijumom i potrebe za đubrenjem (AL-metod Egner i Riehm 1958, iz Ubavić et al., 2002, Vukadinović i Vukadinović, 2011)

Klase obezbeđenosti zemljišta kalijumom	Sadržaj kalijuma mg/100g zemljišta	Vratiti K_2O od iznetog prinosa u % (iz Ubavić et al., 2002)	Vratiti K_2O od iznetog prinosa u % (Vukadinović et al., 2011)
Siromašno	<10	80-100	125-150
Srednje obezbeđeno	10-20	60-80	100-125
Dobro obezbeđeno	>20	50-60	100

Grupisanje zemljišta na osnovu sadržaja biljkama pristupačnog kalijuma je od izuzetnog agronomskog, biološkog, ekološkog, ali i od velikog ekonomskog značaja. Prema Ubaviću (1996) i Ubavić et al. (2002) u dosadašnjoj praksi za podelu zemljišta u klase obezbeđenosti prema ovom hranljivom elementu, koriste se granične vrednosti po AL-metodi, ukoliko je gajenje povrća na otvorenom prostoru. Zemljišta po ovoj metodi grupisana su u tri klase po obezbeđenosti kalijumom (Tab. 44).

Sličnu klasifikaciju za đubrenje kalijumom predlaže Međunarodna asocijacija industrije đubriva (IFA-International Fertilizers Industry Association, 1992) (Tab. 45).

Tab. 45. Klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja kalijuma i đubrenje kalijumom (IFA, 1992)

Klase obezbeđenosti zemljišta kalijumom	Sadržaj kalijuma mg/100g zemljišta	Preporuka za đubrenje u kg K ₂ O/ha
Veoma siromašno zemljište	<10	190-250
Siromašno zemljište	10-15	140-200
Srednje obezbeđeno zemljište	15-20	120-140
Visok sadržaj	>20	80-100

Ukoliko se pri klasifikaciji uzme u obzir i mehanički sastav zemljišta onda se prema Džamić i Stevanović (2000) sreće sledeća klasifikacija prema obezbeđenosti zemljišta kalijumom (Tab. 46).

Tab. 46. Klase obezbeđenosti zemljišta kalijumom u zavisnosti od mehaničkog sastava (AL metod Egner i Riehma, 1958, iz Džamić i Stevanović, 2000)

Obezbeđenost zemljišta	mg K ₂ O/100g vazdušno-suvog zemljišta		
	Peskovita zemljišta	Ilovasta zemljišta	Glinovita zemljišta
Nizak sadržaj	8	12	15
Srednji sadržaj	8-12	12-20	15-24
Visoki sadržaj	12	20	24

Prema istim autorima, u klasifikaciju obezbeđenosti zemljišta kalijumom potrebno je uključiti, pored mehaničkog sastava, i sadržaj humusa, jer između ovih parametara postoji izražena zavisnost vezana za pristupačnost kalijuma za biljke (Tab. 47).

Tab. 47. Klase obezbeđenosti zemljišta kalijumom u zavisnosti od mehaničkog sastava i sadržaja humusa na nivou do 5% (iz Džamić i Stevanović, 2000)

Obezbeđenost zemljišta	mg K ₂ O/100g vazdušno-suvog zemljišta		
	Peskovita zemljišta	Ilovasta zemljišta	Glinovita zemljišta
Vrlo niska	<5	<8	<10
Niska	5-8	8-12	10-15
Srednja	8-12	12-20	15-24
Visoka	12-20	20-35	24-40
Vrlo visoka	>20	>35	>40

Zemljište, odnosno supstrat, obezbeđuje, pre svega, uspešno ukorenjavanje i oslonac za biljku. Zatim, vodu, makro i mikroelemente i vazduh (kiseonik) bez kojih je nemoguć razvoj i aktivnost korenovog sistema za nekoliko puta veće prinose povrća u odnosu na proizvodnju na otvorenom polju. Bez obzira na to što su plastenici uglavnom podignuti na plodnim ili potencijalno plodnim zemljištima, može se konstatovati da se zemljišta u svetu, pa i kod nas, u plastenicima veoma razlikuju po svojim hemijskim svojstvima (Ilin et al., 2009).

Da bi se korigovala svojstva zemljišta za potrebe plasteničke i stakleničke proizvodnje, najčešće se prirodnom zemljištu dodaju različite komponente organskog i neorganskog porekla, kao što su treset, stajnjak, pesak, perlit i dr. Ove komponente dodaju se u određenim razmerama i mešaju sa površinskim slojem zemljišta. Na taj način, bitno se menjaju osnovna svojstva prirodnog zemljišta, te mnogi autori, ovu novu antropogenizovanu sredinu, nazivaju supstratom.

Tab. 48. Obezbeđenost zemljišta kalijumom u proizvodnji povrća u zaštićenom prostoru (Pavlek, 1975, citat Ubavić et al., 2002)

Nivo snabdevenosti zemljišta	Lakša zemljišta mg K ₂ O/100g	Teža zemljišta mg K ₂ O/100g
Nizak	40	<50
Srednji	40-60	50-70
Visok	60-100	70-120
Vrlo visok	>100	>120

U uslovima specifične proizvodnje u zaštićenom prostoru, zemljište je u većoj meri podložno dinamičnim promenama. Usled primene velikih količina organskih i mineralnih đubriva, vode za navodnjavanje, sredstava za zaštitu bilja, u supstratima često dolazi do veoma štetnih procesa, kao što su zaslanjivanje i/ili alkalizacija, oglejavanje (zabarivanje), akumulacija rezidualnih ostataka zaštitinih sredstava i dr. Usled visokih temperatura i

optimalne vlažnosti, ubrzani hemijski procesi i veća biološka aktivnost u zemljištu, imaju za posledicu intenzivnu mineralizaciju organske materije, koja se nepovoljno odražava na fizička svojstva zemljišta, a samim tim i na smanjenje prinosa. Proizvodna svojstva zemljišta u zaštićenom prostoru brzo se menjaju i potrebno ih je veoma često obnavljati.

Pri rastu i razviću povrća u proizvodnji u zaštićenom prostoru utvrđuje se sadržaj kalijuma u zemljištu i često se uzima u obzir u vodi rastvoreni i lakopristupačan kalijum (Tab. 49).

Tab. 49. Ocenjivanje zemljišta zaštićenog prostora na sadržaj kalijuma na osnovu vodenog ekstrakta 1:5 (ppm) (Terbe et al., 2005)

Opis	Rangiranje zemljišta prema sadržaju kalijuma					
	Nizak	Srednje nizak	Srednji	Srednje visok	Visok	
Lako peskovito zemljište						
Kalijum (K ₂ O)	≤ 5 % humusa	≤ 50	51 – 100	101 – 150	151 – 200	≥ 201
	5 – 7 % humusa	≤ 60	61 – 120	121 – 180	181 – 250	≥ 251
	≥ 7 % humusa	≤ 70	71 – 140	141 – 220	221 – 300	≥ 301
Srednje teško zemljište						
Kalijum (K ₂ O)	≤ 5 % humusa	≤ 70	71 – 130	131 – 180	181 – 230	≥ 231
	5 – 7 % humusa	≤ 80	81 – 150	151 – 210	211 – 280	≥ 281
	≥ 7 % humusa	≤ 90	91 – 160	161 – 240	241 – 320	≥ 321

Proizvodnja povrća na supstratima, bez obzira na poreklo, smanjuje zavisnost proizvodnje svežeg povrća od zemljišnih činilaca, čineći proizvodnju povrća mogućom i tamo gde na zemljištu kao prirodnom supstratu to nije bilo moguće iz bilo kog razloga (Göhler i Molitor, 2002).

Vrste đubriva na tržištu Republike Srbije. Uprava za zaštitu bilja pri Ministarstvu poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Vlade Republike Srbije vodi preciznu evidenciju registrovanih đubriva na tržištu Republike Srbije. Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede sprovodi inspekcijski nadzor nad kvalitetom đubriva iz domaćih fabrika, ali i legalno uvezenih registrovanih đubriva iz celog sveta. Pošto je reč o velikom broju proizvođača đubriva, zastupnika i distributera na našem tržištu biće navedene samo grupe proizvoda, a više informacija o njihovim formulacijama i trgovačkim nazivima mogu se naći na sajtu Ministarstva: www.minpolj.gov.rs.

Na tržištu Srbije nalaze se đubriva iz sledećih grupa: neorganska: pojedinačna azotna đubriva, pojedinačna fosforna đubriva, pojedinačna kalijumova đubriva. Složena mešana NPK đubriva, složena kompaktna NPK đubriva, složena kompleksna NPK đubriva, đubriva na bazi mikroelemenata, đubriva na bazi sekundarnih elemenata, neorganski oplemenjivač zemljišta, organska đubriva i organski oplemenjivači zemljišta, đubriva i oplemenjivači zemljišta mešanog (organskog-neorganskog) porekla, mikrobiološka đubriva i ostala đubriva.

KVALITET VODE ZA NAVODNJAVANJE I FERTIGACIJU

Obezbeđenost biljaka hranivima uslovljena je kvalitetom vode za navodnjavanje. Sve vode koje se koriste u navodnjavanju sadrže manje ili više rastvorenih soli i suspendovane materije, pa su osnovni kriterijumi za ocenu kvaliteta vode za navodnjavanje analize hemijskih i fizičkih svojstava. Za ocenu kvaliteta vode najčešće se koriste sledeći parametri: pH vrednost, elektroprovodljivost, suvi ostatak, jonski bilans i SAR vrednost (Sodium Adsorcio Ratio) kao pokazatelj relativne aktivnosti vodorastvornog Na u adsorpcionim reakcijama sa zemljištem. Posebno se analiziraju mikroelementi, čije je prisustvo u malim količinama neophodno, a u većim štetno, pa i toksično. U poslednje vreme se posebno analiziraju takozvani elementi u tragovima, teški metali koji su poreklom iz otpadnih voda čije je i malo prisustvo u vodi za navodnjavanje štetno za zemljište i biljke, a mogu biti veoma opasni i za ljude i za životinje (Nešić et al., 2003; Nešić 2004).

Sve soli uzrokuju zaslanjivanje zemljišta, čak i male koncentracije u vodi za navodnjavanje mogu uzrokovati zaslanjivanje višegodišnjim navodnjavanjem što se naročito ispoljava u aridnim klimatskim uslovima, a kod nas to je slučaj u zaštićenom prostoru. Naime u zaštićenom prostoru posle utrošene vode od strane biljaka u zemljištu ostaje izvesna količina soli i nakon nekoliko godina dolazi do zaslanjivanja zemljišta, kada je potrebno izvršiti ispiranje soli ili zameniti zemljište. Ako u vodi za navodnjavanje preovlađuju soli natrijuma onda se odvija proces alkalizacije, zemljištu se ozbiljno pogoršavaju vodno-fizička svojstva, koja kasnije nije ni jednostavno ni jeftino popraviti.

Nakupljanje vodorastvorljivih soli u sloju aktivne rizosfere zemljišta koja se navodnjavaju, može da bude izraženo do tog stepena da prouzrokuje ozbiljne probleme u gajenju povrća. U Vojvodini postoje i zemljišni i klimatski uslovi koji mogu prouzrokovati zaslanjivanje zemljišta u sistemima za navodnjavanje, naročito kada je voda za navodnjavanje mineralizovana iznad dozvoljenog stepena. Podzemne vode prve izdani u Vojvodini su u manjoj ili većoj meri mineralizovane, što je u tesnoj vezi sa hidrologijom, geologijom i geomorfologijom Panonske nizije.

Problem zaslanjivanja zemljišta u sistemima za navodnjavanje u Vojvodini uočen je u ranijim ispitivanjima Nejgebauera (1949), Miljkovića (1988), Hadžića et al. (1989) i Dragovića et al. (1994).

Tab. 50. Kvalitet vode za navodnjavanje (Terbe et al., 2005)

Parametar	Granična vrednost	Nivo
pH	< 6,5	Nizak
	6,5 – 7,2	Srednji
	> 7,2	Visok
Sveukupna količina rastvorene soli	< 520 mg/l	Nizak
	520 – 2000 mg/l	Srednji
	> 2000 mg/l	Visok
EC vrednost	< 0,5 mS/cm	Idealno
	0,5 – 1,5 mS/cm	Zadovoljavajuće
	1,5 – 2,0 mS/cm	Još uvek zadovoljavajuće
	> 2,0 mS/cm	Visok
Sadržaj mangana (Mn ⁺⁺)	< 0,1 mg/l	Optimalan
	0,1 – 1,0 mg/l	Zadovoljavajući
	> 1,0 mg/l	Visok
Sadržaj gvožđa (Fe ⁺⁺)	< 0,1 mg/l	Nizak
	0,5 – 2,0 mg/l	Srednji
	> 2,0 mg/l	Visok
Sadržaj natrijuma (Na ⁺)	< 1,5 mg/l	Idealan
	1,5 – 3,0 mg/l	Srednji
	> 3,0 mg/l	Visok
Sadržaj hidrogen sulfida (SH ⁻)	< 0,5 mg/l	Nizak
	0,5 – 2,0 mg/l	Srednji
	> 2,0 mg/l	Visok
Sadržaj hlora (Cl ⁻)	< 1,5 mg/l	Idealan
	1,5 – 3,0 mg/l	Srednji
	> 3,0 mg/l	Visok
Sadržaj hidro karbonata (HCO ₃ ⁻)	< 5,0 mg/l	Idealan
	5,0 – 6,0 mg/l	Srednji
	> 6,0 mg/l	Visok

Unošenje hranljivih elemenata u zemljište sa vodom za navodnjavanje prilikom zalivanja predstavlja agrotehničku operaciju, koja se definiše fertigacijom. Hranljivi elementi mogu biti rastvoreni ili suspendovani u vodi za navodnjavanje. Za fertigaciju se koriste organska i mineralna đubriva.

Od organskih đubriva koristi se osoka, tečni stajnjak sa svinjogojskih farmi ili druga organska đubriva u prikladno pripremljenim mešavinama sa vodom. Od mineralnih đubriva za fertigaciju koriste se kompletni hranljivi rastvori koji čine hranljivi elementi poreklom iz mineralnih soli. Mogu se, takođe, primenjivati pojedinačni makro ili mikroelementi ili nekoliko njih zajedno iz tečnih kristalnih ili granuliranih mineralnih đubriva ili soli.

Tab. 51. Kvalitet vode za navodnjavanje pre i nakon dodavanja mineralnih đubriva u cilju fertigacije (Ilin et al., 2009)

Pokazatelji	Uobičajeni nivoi u vodi za navodnjavanje (Ayers i Westcot, 1985).	Uzorak 1, Voda iz bunara	Uzorak 2, Voda za papriku (fertigacija)	Uzorak 3, Voda za paradajz (fertigacija)	Uzorak 4, Voda za krastavac (fertigacija)
pH vrednost	6,0 - 8,5	6,58	6,10	6,16	6,84
Elektroprovodljivost dS/m EC _w	0 - 3	0,65	2,86	4,07	4,83
Suvi ostatak mg/l	0 - 2000	342	2709	3997	5275
Ca meq/l	0 - 20 meq/l	4,11	10,60	17,82	17,63
Mg meq/l	0 - 5 meq/l	3,20	6,73	10,02	10,68
K meq/l		0,08	4,23	6,95	39,97
K mg/l	0-2 mg/l	3,201	165,53	271,55	1562,95
Na meq/l	0 - 40 meq/l	3,06	6,78	5,77	8,37
SAR	0 - 15	1,60	2,3	1,55	2,23
CO ₃ meq/l	0 - 0,1 meq/l	0	0	0	0
HCO ₃ meq/l	0 - 10 meq/l	12,88	1,01	0,69	2,89
SO ₄ meq/l		0,45	10,50	6,96	7,81
Cl meq/l	0 - 30 meq/l	0,76	2,02	3,02	12,97
Mo mg/l		0,008	0,078	0,074	0,099
P mg/l	0-2 mg/l	0,111	13,230	82,458	62,971
Si mg/l		7,807	15,553	17,699	5,839
Cu mg/l	MDK ¹ 0,1	0,006	0,098	0,249	0,337
Mn mg/l	MDK ² 0.20	0,119	0,072	0,135	0,459
B mg/l	MDK ² 2,0	0,057	0,45	0,65	0,68
Fe mg/l	MDK ² 5.0	0,077	1,55	2,30	2,19
Klasa vode (prema USSalinity Lab.)		C2S1	C4S2	C4S2	C4S2

U kojoj meri se menjaju hemijske osobine vode za navodnjavanje kada se putem nje vrši i unošenje hranljivih elemenata, najbolje ilustruju rezultati prikazani u Tabeli 51. Voda iz bunara (koja je relativno dobrog kvaliteta i spada u klasu srednje mineralizovanih sa malim sadržajem na-

trijuma) je, nakon unošenja mineralnih đubriva neophodnih za fertigaciju paprike paradajza i krastavca, značajno promenila svoje osobine. Promene su uočljive u koncentraciji soli i jonskom bilansu tako da je voda postala vrlo mineralizovana sa srednjim sadržajem natrijuma. Da bi se ovakva voda mogla primenjivati neophodno je da zemljište ili supstrati budu vrlo propustljivi i dobro drenirani.

Tab. 52. Kvalitet vode za fertigaciju (Terbe et al., 2005)

Klasa	Elektroprovodljivost	Jedinica mere	Mogućnost upotrebe vode za navodnjavanje
I	EC	<0,5 mS/cm	Visok kvalitet vode za fertigaciju na zemljišnom supstratu i na otvorenom polju. U hidroponskom sistemu gajenja na neorganskim supstratima HCO ₃ ⁻ neutrališe se azotom i/ili fosforom kiselinom.
	Na ⁺	<1,5 mg/l	
	Cl ⁻	<1,5 mg/l	
	HCO ₃ ⁻	<5,0 mg/l	
II	EC	0,5-1,5 mS/cm	Može da se koristi za proizvodnju na zemljišnom supstratu u zaštićenom prostoru i na otvorenom polju. U hidroponskom gajenju povrća HCO ₃ ⁻ mora se neutralisati azotom i/ili fosforom kiselinom.
	Na ⁺	1,5-3,0 mg/l	
	Cl ⁻	1,5-3,0 mg/l	
	HCO ₃ ⁻	5,0-6,0 mg/l	
III	EC	>1,5 mS/cm	Može da se koristiti samo na zemljišnom supstratu, uz povećani rizik od zaslanjivanja. Bikarbonatni jon se neutrališe kalcijum nitratom ili kiselinom.
	Na ⁺	>3,0 mg/l	
	Cl ⁻	>3,0 mg/l	
	HCO ₃ ⁻	>6,0 mg/l	

Nepovoljan kvalitet vode za navodnjavanje može se poboljšati dodavanjem izvesnih sastojaka ili se, čak, mogu odstranjivati određeni štetni sastojci. Odstranjivanje pojedinih elemenata, kao što su mikroelementi u većoj koncentraciji, teški i toksični metali je moguće, ali je proces složen i vrlo skup, tako da se u većini slučajeva ne sprovodi, izuzev u retkim slučajevima kod visoko akumulativnih kultura na manjim površinama.

Najčešće su u pitanju alkalne vode sa visokom pH vrednošću i relativno visokim sadržajem Na i HCO₃ i manjim sadržajem Ca i Mg. Ukoliko se navodnjavaju karbonatna zemljišta, ove vode se popravljaju dodavanjem kiselina, najčešće sumporne i ugljene, a može i ugljen-dioksid, pri čemu im se smanjuje pH vrednost. Istovremeno na karbonatnim zemljištima se povećava rastvorljivost karbonata Ca i Mg što popravljaja SAR vrednost zemljišnog rasvora. U svim slučajevima najbolje je dodavati gips, pri čemu

Ca popravlja SAR vrednost i smanjuje sadržaj HCO_3 taloženjem CaCO_3 . Najefikasnije je sva sredstva dodavati zemljištu, kada je u pitanju alkalna reakcija, jer ukoliko se dodaju vodi, one imaju agresivno dejstvo na razlaganje betona i koroziju metala opreme za navodnjavanje, jer su vode sa većim sadržajem slobodnih kiselina "korodirajuće". Osim toga, neka od kalijumovih đubriva koja se koriste za fertigaciju mogu korodirajuće delovati na beton, meki čelik, čelik, mesing i metal uopšte (Tab. 53)

Tab. 53. Rastvorljivost, pH vrednost i druge karakteristike kalijumovih đubriva (Kafkafi i Tarchitzky, 2011)

Vrste kalijumovih đubriva	Maksimalna količina (u kg) rastvorena u 100 litara na 20°C	Vreme potrebno za rastvaranje	pH rastvora	Nerastvorljivost (%)	Komentar
Kalijum hlorid KCl	34	5	7,0-9,0	0,5	Korozivno za mesing i čelik
Kalijum sulfat K_2SO_4	11	5	8,5-9,5	0,4-4	Korozivno za meki čelik i beton
Mono-kalijum fosfat MKP	213	-	5,5±0,5	<0,1	Ne korodira
Kalijum nitrat KNO_3	31	3	10,8	0,1	Rastvor se hladi kao produkt rastvaranja, korodira metal

Obavezno se uzima u obzir stepen kiselosti rastvora đubriva uopšte, pa i kalijumovih đubriva, u odnosu na njegov uticaj na koroziju pojedinih komponenti sistema za navodnjavanje i/ili fertigaciju (Tab. 53).

Fertigacija. Inkorporacija đubriva u sistem za navodnjavanje, mešanje sa vodom u određenom odnosu i snabdevanje biljaka đubrivom i vodom zove se fertigacija. Na ovaj način se kroz sistem za navodnjavanje dodaje hrana i voda u zonu aktivne rizosfere. Prednost je u tome što proizvođač ima mogućnost kontrole nad ishranom povrća i kontrolu nad potrošnjom vode za fertigaciju. Distribucija đubriva je precizna, pa biljke mogu da rastu uniformno. Količina hraniva koja se povrću dodaje fertigacijom

zavisi od vrste useva, faze rasta i razvića, kvaliteta vode za fertigaciju, edafskih (ako je proizvodnja povrća na zemljištu) i klimatskih uslova. U zaštićenom prostoru količina hraniva i potrebna količina vode zavise od mikroklimatskih uslova i sume radijacije u J/cm^2 . Postoje određene metode aplikacije koje se često spominju kao univerzalne. Neki hranljivi elementi, ukoliko se nalaze u istoj koncentraciji, mogu međusobno reagovati i stvarati druga jedinjenja. U mnogim slučajevima jedinjenja koja se stvore mogu začepiti filtere i kapaljke. Na primer đubriva koja sadrže visok nivo Ca ili Mg ne bi se smela mešati sa đubrivima koja sadrže P i S. To je zato što fosfati reaguju sa Fe, Ca i Mg i stvaraju nerastvorljiva jedinjenja. Polifosfati, čak mogu sa Ca i Mg stvarati gel.

Sulfati u đubrivima reaguju sa Ca i formiraju gips. Rastvorljivost đubriva zavisi od elementa koji ima najslabiju rastvorljivost od svih prisutnih u rastvoru. Za proveru rastvorljivosti, preporučuje se provera u posudi sa vodom.

Izbor opreme, ali i načina aplikacije đubriva zavisi, pre svega, od oblika đubriva koje će se koristiti (čvrsto ili tečno), od pristupačnog izvora energije, potreba za pokretljivošću sistema i zahteva za protokom rastvora. Đubriva koja nisu kisele prirode unose se pre filtera, da ga ne bi oštetile. U bilo kom slučaju, mora se obezbediti ispiranje čistom vodom, kako bi se ostaci đubriva ispirali. Preporučljivo je rastvor sa đubrivom profiltrirati pre upotrebe. Đubriva su različite rastvorljivosti u vodi. Približna rastvorljivost (grama đubriva na 100g vode) pri različitim temperaturama vode prikazana je u (Tab. 54).

Tab. 54. Uticaj temperature na rastvorljivost đubriva u g na 100g vode (Kafkafi i Tarchitzky, 2011)

Temperatura (°C)	KNO ₃	KCl	K ₂ SO ₄	NH ₄ NO ₃	Urea
10	21	31	9	158	84
20	31	34	11	195	105
40	46	37	13	242	133

Na sistem za navodnjavanje bi trebalo da se montira vakuum pumpa koja sprečava neželjeno zapušavanje kapaljki. Unošenje đubriva u sistem za navodnjavanje može biti na različite načine, a pre svega potrebno je proveriti da li je sistem za navodnjavanje kompatibilan sa đubrivima koja se žele primeniti.

Najjednostavniji način doziranja vode i hraniva je preko venturi injektora. Na ovaj način rastvorena hraniva se usisavaju u vodu sa kojom se navodnjava. Da bi injektor dobro funkcionisao neophodno je obezbedi stabilan i ujednačen pritisak preko pumpe.

Češće se koriste, jer su pouzdanije, pumpe za unošenje rastvorenih hraniva u sistem za navodnjavanje, tako što se rastvor usisava iz otvore-

nog rezervoara (ili rezervoara pod pritiskom), ubacujući hraniva sa nešto povišenim pritiskom. Pumpe su prilagođene automatskoj i ručnoj kontroli i sposobne su za korišćenje različitih pogonskih goriva. Obično se kao pogon koristi energija nekog motora na tečno gorivo ili pogon dobijaju od motora traktora. Kao pogon se može upotrebiti i električna energija. Obavezno se zahteva ujednačen režim rada. Korišćenje mernih instrumenata omogućava tačno doziranje potrebne količine hraniva.

Fertigacija je praktično nemoguća bez postavljanja filtera. Filteri su dizajnirani da spreče začepljenje sistema za fertigaciju. Sistem za filtraciju se bira i podešava u skladu sa karakteristikama vode za navodnjavanje, tipa sistema za navodnjavanje i mogućnosti pojave čvrstih čestica u sistemu za navodnjavanje. Obično se ugrađuju diskosni, filteri u obliku tankog filma i međufilteri (filteri unutar sistema).

ISHRANA POJEDINIH POVRTARSKIH VRSTA KALIJUMOM

Brojni rezultati istraživanja izneti u prethodnim poglavljima, upoznavanje sa analitičkim metodama za određivanje kalijuma u zemljištu i biljnom materijalu, pravilno tumačenje i mogućnost primene prikazanih rezultata analize zemljišta i biljnog materijala, rezultati poljskih oglada, poznavanje vrlo dinamičkih procesa koji se odigravaju u zemljištu, upoznavanje sa značajem kalijuma u životnim procesima biljaka i potrebe biljaka za ovim elementom, kao i poznavanje količina ovog hranljivog elementa u organskim i mineralnim đubrivima poslužiće za preporuke u ishrani kalijumom kod ekonomski najznačajnijih povrtarskih vrsta.

Povrće ima povećane zahteve za kalijumom u svim fazama rasta i razvika i u svim do sada poznatim sistemima gajenja povrća (konvencionalnom, integralnom, po organskim principima u održivoj proizvodnji povrća) na otvorenom polju (u bašti ili na njivi) i u zaštićenom prostoru.

Đubrenje ima zadatak da obezbedi kontinuitet i stabilnost koncentracije za biljke pristupačnog kalijuma u zemljištu u cilju postizanja visokih i stabilnih prinosa dobrog kvaliteta. U ovu svrhu koriste se organska i mineralna đubriva u skladu sa zahtevima povrća. Izvor kalijuma u zemljištu za biljke detaljno je obrađen u poglavlju *Kalijum u đubrivima*.

Količine kalijuma za ishranu povrća iz organskih đubriva indirektno su ograničene koncentracijom nitrata u organskim đubrivima (nitratom direktivom-Council Directive 91/676/EEC iz 1991. godine (Tab. 55). Naime, u cilju zaštite životne sredine i voda od zagađenja nitratima pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi o korišćenju organskih đubriva propisuje najveće količine azota iz organskih đubriva kojom se godišnje može đubriti površina pod povrćem ali i drugim poljoprivrednim usevima (Tab. 55).

Tab. 55. Sadržaj N, P, K u organskim đubrivima i najveća dozvoljena količina koja se može primenuti po jedinici površine (t/ha organske materije i/ili kg/ha hraniva)

Vrsta organskih đubriva	N %	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %	Granična vrednost primene N kg/ha	Najveća količina stajskog đubriva prema graničnim vrednostima t/ha	Količina hraniva kg/ha		
						N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Goveđi	0,5	0,3	0,5	210	42	210	126	210
				170	34	170	102	170
Konjski	0,6	0,3	0,6	210	35	210	105	210
				170	28	170	85	170
Ovčiji	0,8	0,5	0,8	210	26	210	130	210
				170	21	170	106	170
Svinjski	0,6	0,5	0,4	210	35	210	175	140
				170	28	170	142	113
Kokošiji	1,5	1,3	0,5	210	14	210	182	70
				170	11	170	147	57
Brojlerski	3,0	3,0	2,0	210	7	210	210	140
				170	5,5	170	170	110
Kompost goveđi	2,1	2,2	0,8	210	10	210	220	80
				170	8	170	180	65
Zgoreli goveđi stajnjak	1,25	1,50	0,8	210	16,8	210	252	135
				170	13,6	170	204	109
Kompost svinjski	1,6	2,9	1,1	210	13,13	210	381	144
				170	10,63	170	308	117
Glistenjak	1,2	1,6	1,1	210	17,5	210	280	193
				170	14,17	170	227	156
Mešani stajnjak	0,4	0,2	0,6	210	52,5	210	105	315
				170	42,5	170	85	255
Mešani zgoreli stajnjak	0,5	0,25	0,65	210	42	210	105	273
				170	34	170	85	221
Kompost	0,4	0,3	0,2	210	52,5	210	158	105
				170	42,5	170	128	85
Osoka goveđa	0,4	0,2	0,5	210	52,5 m ³ /ha	210	105	263
				170	42 m ³ /ha	170	85	210
Osoka svinjska	0,5	0,4	0,3	210	42 m ³ /ha	210	168	126
				170	34 m ³ /ha	170	136	102
Fertor	4,5	2,7	2,3	210	4,7	210	127	108
				170	3,8	170	103	87
Siforga	5,0	3,0	8,0	210	4,2	210	126	336
				170	3,4	170	102	272

*Council Directive (91/676/EEC) of 12 December 1991, Article 5, 4.

U početnom četvorogodišnjem periodu đubrenja najveća dozvoljena primenjena količina azota iz organskih đubriva iznosi 210 kg N/ha godišnje. Posle isteka početnog četvorogodišnjeg perioda uvodi se trajno ograničenje najveće dozvoljene količine N koji se unosi iz organskih đubriva i ova količina je ograničena na 170 kg N/ha godišnje (Tab. 55).

Ovo ograničenje indirektno ima uticaj i na količinu kalijuma koji se može u zemljište uneti iz organskih đubriva u konvencionalnoj, integralnoj i u proizvodnji povrća po organskim principima. Pomenuta količina azota (i odgovarajuća količina K, P, Ca, Mg i mikroelemenata) iz organskih đubriva približno odgovara količini stajnjaka proizvedenom od 2 uslovna grla po ha (uslovno grlo je 500 kg).

Organska đubriva imaju izuzetan značaj i ulogu u održavanju i popravljanju plodnosti zemljišta. Brojni autori ističu neprocenjivu ulogu i značaj organskih đubriva u poboljšanju fizičkih, bioloških, hemijskih i mikrobioloških osobina zemljišta. Imaju značajan uticaj na vodno-vazdušne osobine zemljišta. Naime, značajno povećavaju kapacitet za vodu (3-5 puta) i vazduh u zemljištu, a time utiču i na toplotne osobine zemljišta. Zahvaljujući razgradnji organske materije u zemljištu oslobađa se ugljen-dioksid koji sa vodom stvara ugljenu kiselinu (H_2CO_3) koja polako rastvara neorganska teže rastvorljiva jedinjenja i minerale bogate kalijumom.

Organska đubriva su sporodelujuća u godini primene, ali imaju produženo dejstvo na 3 i/ili 4 godine (Tab. 56), i spadaju u kategoriju kompletnih (potpunih) đubriva, jer sadrže sve neophodne makro i mikroelemente. Organska đubriva povećavaju adsorptivna svojstva zemljišta, usporavaju vezivanje kalijuma za adsorptivni kompleks zemljišta što bitno doprinosi boljem korišćenju ovog hraniva od strane biljaka u svim do sada poznatim sistemima gajenja povrća.

Stajnjak u poređenju sa mineralnim đubrivima ima mali sadržaj hranljivih elemenata. Najmanje je kalijuma, 0,4% kod svinskog stajnjaka do 0,8% kod kompostiranog ili zgorelog goveđeg i ovčijeg stajnjaka. Brojlerski stajnjak sadrži 2% kalijuma. Na industrijski način proizvedena peletirana organska đubriva, trgovačkog naziva Fertor sadrže 2,3% kalijuma, a Siforga čak 8% kalijuma.

Kalijum iz organskih đubriva se koristi kao i kod mineralnih đubriva na nivou od minimum 50-60%, a po mnogim autorima i do 80% od dela koji će se iskoristiti u svakoj od godina zavisno od mehaničkog sastava, teksture i tipa zemljišta (Tab. 56).

Tab. 56. Dinamika iskorišćavanja kalijuma po godinama iz organskih đubriva (na bazi podataka iz Tab. 55)

Zemljišta	Godine							
	Prve godine		Druge godine		Treće godine		Četvrte godine	
	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha
Laka peskovita zemljišta	60	81,6	30	40,8	10	13,6	/	/
Srednje teška zemljišta	50	68	35	40,8	10	13,6	5	6,8
Teška zemljišta	40	54,4	30	40,8	20	27,2	10	13,6

*34 t/ha; % pristupačnosti kalijuma povrću za svaku godinu ponaosob; 0,5% kalijuma u organskom đubrivu; iskorišćenost kalijuma 80%.

Za fertigaciju na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru, masovnu upotrebu u širokoj proizvodnoj praksi imaju četiri kalijumova đubriva i to: kalijum-hlorid (KCl, 95% čistoće) kao najjeftinije i najčešće korišćeno đubrivo u biljnoj i povrtarskoj proizvodnji. Kalijum-sulfat (K_2SO_4 , 90% čistoće) kao najčešće preporučivano i korišćeno đubrivo u povrtarstvu. Kalijum-nitrat (KNO_3 , je 95% čistoće) đubrivo koje je najbolje koristiti tokom vegetativnog rasta, jer kasnija primena u fazi sazrevanja plodova ne daje značajnije efekte na poboljšanje kvaliteta povrća i kalijum-fosfat (KH_2PO_4) koji je dobro rastvorljiv, bez primesa, ali je veoma skup.

Kalijumova đubriva se primenjuju pod osnovnu obradu, zaoravanjem plugovima ravnjačima, obrtačima ili unošenjem razrivačima. Važno je kalijumovo đubrivo rasporediti kvalitetnom i pravovremenom osnovnom obradom ravnomerno po celoj dubini profila u oraničnom sloju zemljišta. U godini primene kalijum iz mineralnih đubriva se primenom preko zemljišta iskorišćava sa 50-60% od primenjenih količina. Produženo dejstvo u narednoj godini iznosi oko 10% od iskorišćavanja u godini primene.

Predsetveno kalijumova đubriva se unose plitko u oraničnom sloju zemljišta po celoj površini ili zajedno sa setvom i/ili sadnjom u redove. Ova agrotehnička mera se može i izostaviti u slučaju da će prihrana u toku cele vegetacije biti fertigacijom.

Zatim, u prihrani tokom vegetacije, dok biljke ne sklope redove, unošenjem između redova pre navodnjavanja i kultivacije ili okopavanja. Mnogo efikasniji način doziranja kalijuma iz vodotopivih đubriva u prihrani je fertigacijom u zonu aktivne rizosfere sistemima kap po kap. Na

ovaj način iskorišćavanje kalijuma je za 10-20% veće u odnosu na klasično đubrenje i iznosi 70%.

Pored vremena upotrebe kalijuma, značajan je i broj primena kalijuma u toku vegetacije. Naime, utvrđeno je da 1/3 do 1/2 od ukupne količine hraniva podeljena u veći broj obroka po fazama rasta i razvića daje najbolje efekte kako na teškim glinovitim tako i na lakim peskovitim zemljištima. Specifični izvori kalijumovih đubriva u kombinaciji sa specifičnim režimom primene značajno utiču na proizvodnju povrća sa poboljšanim kvalitetom. Visok sadržaj kalijuma u usevima povrća u toku jeseni i zime značajno će uticati na kvalitet povrća i tolerantnost na niske temperature. Zimi treba udvostručiti odnos K/N u korist K pri proizvodnji na otvorenom polju zimskih lukova iz direktne setve semena, crnog luka iz arpadžika, jesenjih belih lukova i spanaća. U zaštićenom prostoru zimski recepti za hranjenje povrća su, između ostalog, sa naglaskom na kalijum u proizvodnji na zemljištu i organskim supstratima, posebno u hidroponskom gajenju povrća.

Tab. 57. Karakteristike kalijumovih đubriva za fertigaciju (Howard, 2004)

Kalijumova đubriva	Molarna masa	Obezbeđuje elemente, jone	Rastvorljivost–odnos rastvorenih supstanci i vode	Cena	Napomene
KNO_3	100,1	K^+, NO_3^-	1:4	niska	Dobro rastvorljivo, velika čistoća
KH_2PO_4	136,1	$K^+, H_2PO_4^-$	1:3	veoma skupo	Dobro rastvorljiva i čista so
KCl	74,55	K^+, Cl^-	1:3	niska	U hidroponima se koristiti (samo u slučaju nedostatka kalijuma) i kada nije prisutan NaCl
K_2SO_4	174,3	$2K^+, SO_4^{2-}$	1:15	umereno skupo do skupo	Slaba rastvorljivost, mora se rastvarati u toploj vodi

Izuzetni efekti i značajno povećanje kvaliteta povrća postiže se primenom kalijuma u folijarnoj prihrani. Ovaj način se koristi u cilju korekcije ishrane kalijumom i u slučajevima kada đubrenje preko zemljišta ne daje željene efekte zbog visokog sadržaja kalcijum-karbonata u zemljištu (Jifon i Lester, 2011). Tom prilikom treba voditi računa o pH vrednosti primenjenog rastvora da ne bi došlo do ožegotina. Folijarna prihrana se primenjuje

u ranim jutarnjim ili kasnim popodnevnim i večernjim časovima u vreme visoke relativne vlažnosti vazduha i u vreme bez vetra. Koriste se fini raspršivači kako bi kapljice bile krupnoće 0,1-0,2mm.

Ishrana korenastog, krolastog i lukovičastog povrća

Ekonomski značajne vrste, u uslovima umerene klime, iz grupe korenastog povrća su: mrkva (*Daucus carota*, L.), peršun (*Petroselinum hortense*, L.), paštrnak (*Pastinaca sativa*, L.), celer (*Apium graveolens*, L. var. *rapaceum*) iz familije *Apiaceae* (štitonoša). Iz familije *Chenopodiaceae* (pepeljuga) ekonomski značajna je cvekla (*Beta vulgaris*, L. ssp. *esculenta*), a iz familije *Brassicaceae* (krstašica) roda *raphanus* značajna je rotkvica (*Raphanus sativus*, L. var. *radicula*).

Iz grupe krtolastih najveći značaj ima krompir (*Solanum tuberosum*) iz familije *Solanaceae* ili pomoćnica.

U grupi lukovičastih povrtarskih vrsta široko rasprostranjeni su crni luk (*Allium cepa*, L.), beli luk (*Allium sativum*, L.) i prazilik (*Allium ampeloprasum* L. var. *porum*).

U svetu se biljke iz ovih grupa gaje na svim tipovima zemljišta. Zahtevaju laka, srednje laka do srednje teška zemljišta sa 2,0-4,0%, odnosno 2,5-3,0% humusa. U proizvodnji po organskim principima poželjno je da se povrtarske vrste iz ove grupe gaje na zemljištima sa više od 3% humusa.

Većina povrtarskih vrsta iz ove grupe zahteva neutralnu do blago alkalnu reakciju, izuzetak je rotkvica (pH 5,5-6,8) i krompir koji podnosi pH 5,5 i više. Rotkvica i krompir zahtevaju blago kiselu do neutralnu reakciju zemljišnog rastvora. Krompir najbolje uspeva pri pH 6-6,5, pošto na neutralnim (6,51-7,2) i alkalnim zemljištima (pH >7,20) postoji opasnost od napada prouzrokovala obične krastavosti, a pri izraženoj alkalnosti javlja se i nedostatak mikroelemenata.

U plodoredu celer, krompir i praziluk dolaze na prvo mesto, jer dobro reaguju na đubrenje organskim đubrivima. Beli luk u najnovijim tehnologijama zahteva đubrenje organskim đubrivima. Ostale korenaste i lukovičaste vrste dolaze na drugo mesto u plodoredu, jer dobro reaguju na produženo dejstvo organske materije unete pod prethodni usev. Zato u organskoj proizvodnji kod ovih povrtarskih vrsta treba koristiti organska đubriva sa minimalnim sadržajem azota, a naglasak se stavlja na ishranu kalijumom iz organskih đubriva. Na isto se mesto ne vraćaju za minimum 3-4, a krompir 4 do 5 godina. Dobri predusevi celeru su paradajz, paprika i kupusnjače, a praziluku rano lisnato povrće, leguminoze i strnine. Krompiru su dobri predusevi leguminoze (pasulj, grašak, boranija), korenasto, lukovičasto i lisnato povrće. U ratarsko-povrtarskom plodoredu dobri predusevi su soja, grahorica i strnine. Rani krompir je dobar predusev za kupusnjače, letnju

setvu mrkve, cveklu, krastavc kornišon i praziluk. Fiziološki zreli krompir je dobar predusev za povrtarske vrste koje dolaze na drugo mesto u plodoredu kao što je korenasto, lukovičasto i lisnato povrće, nikako ne za povrtarske vrste iz iste familije.

Pre đubrenja, uzimaju se uzorci zemljišta u sloju 0-30 cm za ispitivanje njegove plodnosti. Tom prilikom uzima se prosečan uzorak organskog đubriva (stajnjaka različite zrelosti, komposta i glistenjaka) sa gazdinstva kako bi se utvrdio sadržaj hraniva, pa i sadržaj kalijuma (Tab. 55). U slučaju da je bilo zaoravanja žetvenih ostataka treba uzeti u obzir kalijum koji se u tom slučaju unosi u zemljište. Žetvenim ostacima u zemljište se unosi od 10 do 80 kg K_2O /ha. U slučaju da se zaorava zelenišno đubrivo treba u obračunu potrebne količine kalijuma imati u vidu da se na ovaj način u zemljište unosi od 70 do 120 kg K_2O /ha. Na osnovu ova četiri važna parametra, zatim na osnovu iznošenja kalijuma jedinicom prinosa i planiranog prinosa pravi se bilans kalijuma neophodnog za ishranu u različitim sistemima proizvodnje povrća, pa i korenastih, krtolastih i lukovičastih vrsta povrća.

Prilikom sastavljanja bilansa hraniva treba imati na umu dužinu vegetacije, broj biljaka i količine kalijuma koje se ispiraju. Broj biljaka i dužina vegetacije ima presudan značaj u ishrani povrća fertigacijom preko sistema kap po kap. Pored svih svojih prednosti, nedostatak fertigacije jeste što u periodu kada ima dovoljno prirodnih padavina, ovaj vid prihranjivanja kalijumom može da dovede do prevlaživanja zemljišta, a ako se prihranjivanje izostavi, biljke ostaju uskraćene za potrebne količine kalijuma i drugih hranljivih elemenata koje su bile predviđene da se dodaju putem fertigacije u proizvodnji na otvorenom polju.

Gubici koji nastaju ispiranjem mogu biti na nivou od 68 kg K_2O /ha na ugaru (Džamić i Stevanović, 2000). U povrtarstvu su to najčešće količine koje se ispiraju na nivou od oko minimum 70 kg K_2O /ha (IFA) pa čak do 133 kg K_2O /ha na lakom peskovitom zemljištu (Wulff et al., 1998). Gubici nastaju u uslovima obilnih padavina, na zemljištima sa visokim nivoima podzemnih voda, navodnjavanjem ili se trajno značajne količine kalijuma gube erozijom (gubici su detaljno obrađeni u podpoglavlju *Gubici kalijuma u zemljištu*).

U proizvodnji korenasto-krtolastih i lukovičastih povrtarskih vrsta po organskim principima (u skladu sa nitratnom direktivom) izvor kalijuma mogu biti organska, zelenišna i mikrobiološka đubriva.

U konvencionalnoj i integralnoj proizvodnji izvor kalijuma za ishranu korenastih vrsta i crnog luka su mineralna đubriva (sa naglaskom na kalijumu iz kompleksnih đubriva ili iz pojedinačnih kalijumovih đubriva), a u proizvodnji krompira, celera, praziluka i belog luka izvor kalijuma su organska i mineralna đubriva. Pravilnim izborom dobro odnegovanih organskih đubriva moguće je više nego prepoloviti potrebe za kalijumom iz kompleksnih i pojedinačnih kalijumovih đubriva.

Korenasto povrće ima povećane zahteve za kalijumom (Tab. 58). Gaji se na dubokim plodnim zemljištima dobro obezbeđenim kalijumom, pogodnog mehaničkog sastava s obzirom da se zadebljali koren obrazuje u zemljištu.

Tab. 58. Iznošenje kalijuma sa 1 t zadebljalog korena, planirani prinos korenastog povrća i potrebna količina kalijuma na zemljištima različite obezbeđenosti ovim hranivom (sastavljeno na osnovu rezultata više autora)

Biljna vrsta	Iznošenje K ₂ O kg/t zadebljalog korena	Planirani prinos t/ha	Potrebna količina K ₂ O kg/ha u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta u mg K ₂ O/100 g zemljišta			
			Visoko obezbeđeno sa >20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Srednje obezbeđeno sa 15-20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Siromašno sa 10-15 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Veoma siromašno sa <10 mg K ₂ O/100 g zemljišta
Mrkva	5,00	30	90	120	150	190
		40	120	160	200	250
		50	150	200	250	300
Peršun	4,00	20	80	100	120	160
		25	100	125	150	175
		30	120	150	180	210
Paštrnak	6,00	30	108	144	180	225
		40	144	192	240	300
		50	180	240	300	375
Celer	6,00	25	90	120	150	190
		30	108	144	180	225
		40	144	192	240	300
Cvekla	5,0	20	60	80	100	125
		25	75	100	156	220
		30	90	120	190	260
Rotkvica	4,0	10	60	70	80	90
		15	90	105	120	135
		25	125	150	175	225

Na osnovu podataka iz Tab.58 moguće je precizno odrediti potrebne količine kalijuma iz organskih i mineralnih đubriva za bilo koji do sada poznat sistem gajenja korenastog povrća. Osim toga, važno je u knjizi istorije polja voditi preciznu evidenciju o mestu neke od korenastih vrsta u plodoredu i đubrenju, posebno organskim đubrivima pod prethodnu kulturu. To je važno imati na umu u proizvodnji korenastog povrća po organskim principima kako bi na najbolji mogući način izbalansirali količine kalijuma iz različitih organskih đubriva unetih pod prethodni usev i kalijuma koji je neophodno uneti pod neku od korenastih vrsta iz prikazane tabele (Tab. 58). Povrtarske vrste različito reaguju na pojedina

organska đubriva na različitim tipovima zemljišta, različitog mehaničkog sastava. Tako se na lakim peskovitim zemljištima u proizvodnji mrkve po organskim principima, mogu preporučiti sledeća organska đubriva: svinjski stajnjak u količini do 28 t/ha što će usevu mrkve obezbediti 113 kg K_2O /ha, kompostirani svinjski stajnjak u količini do 10,63 t/ha što će obezbediti usevu mrkve 117 kg K_2O /ha, koziji i ovčiji stajnjak u količini do 21 t/ha sa 170 kg K_2O kg/ha. Na glinovitim zemljištima mrkva se đubri sa kompostom u količini do 42,5 t/ha ili sa 85 kg K_2O /ha i konjskim stajnjakom u količini do 28 t/ha ili sa 170 kg K_2O kg/ha. Mrkva se za prinos do 30 t/ha u proizvodnji po organskim principima đubri i organskim đubrivima proizvedenim na industrijski način, trgovačkog naziva Fertor ili Siforga. Iz organskih đubriva i zelenišnog đubriva na veoma siromašnim zemljištima kalijumom mrkvi treba obezbediti 190 kg K_2O /ha, a na siromašnom zemljištu za 40 kg K_2O /ha manje. Na srednje do visoko obezbeđenim zemljištima kalijumom treba mrkvi obezbediti 90-120 kg K_2O /ha (Tab. 58). Pomenuta organska đubriva se unose u jesen pod osnovnu obradu zemljišta. Siforga i Fertor se unose u zemljište predsetveno.

U proseku peršun ima nešto manje zahteve (za 10-30 kg K_2O /ha) za kalijumom (za planirani prinos od oko 20 t/ha) od mrkve u proizvodnji po organskim principiima (Tab. 58). Za đubrenje peršuna preporučuje se na lakim peskovitim zemljištima svinjski stajnjak u količini do 28 t/ha što će usevu peršuna obezbediti 113 kg K_2O /ha. U nedostatku prethodnog može se preporučiti i svinjski kompostirani stajnjak u količini do 10,63 t/ha. Svinjski kompostirani stajnjak će usev peršuna obezbediti sa 117 kg K_2O /ha. Na glinovitim zemljištima peršun se đubri kompostom u količini do 42,5 t/ha ili sa 170 kg K_2O kg/ha, a na zemljištima sa visokim sadržajem kalcijum-karbonata peršun se đubri svinjskim stajnjakom i svinjskim kompostiranim stajnjakom. Organska đubriva se unose u jesen zajedno sa osnovnom obradom zemljišta.

Najveće zahteve za kalijumom ima pastrnak (Tab. 58), na lakim peskovitim zemljištima u organskoj proizvodnji đubri se svinjskim stajnjakom zaoravanjem pod osnovnu obradu i kompostiranim svinjskim stajnjakom unošenjem pred setvu zajedno sa predsetvenom pripremom zemljišta.

Celer je prema zahtevima za kalijumom na nivou mrkve. Na lakim peskovitim zemljištima đubri se pod osnovnu obradu goveđim stajnjakom u količini do 34 t/ha što će usevu celera obezbediti oko 170 kg K_2O /ha. Može se predsetveno đubriti zgorelim goveđim stajnjakom u količini od 13,6 t/ha što će usevu celera obezbediti 109 kg K_2O /ha ili konjskim stajnjakom u količini do 28 t/ha ili sa 170 kg K_2O /ha. Na glinovitim zemljištima celer se đubri goveđim stajnjakom pod osnovnu obradu, zgorelim goveđim stajnjakom predsetveno i svinjskim stajnjakom pod osnovnu obradu zemljišta, a na zemljištima sa visokim sadržajem kalcijum-karbonata celer se đubri konjskim stajnjakom pod osnovnu obradu zemljišta.

Najmanje zahteve prema kalijumu iz organskih đubriva u organskoj održivoj proizvodnji imaju cvekla i rotkvica (Tab. 58). Cvekla se na lakim peskovitim zemljištima đubri mešanim stajnjakom unošenjem pod osnovnu obradu zemljišta u količini do 42,5 t/ha (255 kg K_2O /ha) ili mešanim zgorelim stajnjakom koji se unosi pred setvu u količini do 34 t/ha (221 kg K_2O /ha). Cvekla i rotkvica se mogu đubriti i konjskim stajnjakom zaoravanjem pod osnovnu obradu zemljišta. Na glinovitim zemljištima cvekla se pod osnovnu obradu đubri goveđim, konjskim, i svinjskim stajnjakom. Kompostirani svinjski stajnjak se unosi predsetveno, a na zemljištima sa visokim sadržajem kalcijum-karbonata cvekla se pod osnovnu obradu đubri goveđim, zgorelim goveđim (predsetveno) ili konjskim stajnjakom, pod osnovnu obradu zemljišta. Rotkvica se na lakom peskovitom zemljištu pod osnovnu obradu đubri svinjskim i predsetveno svinjskim kompostiranim stajnjakom. Na glinovitim zemljištima rotkvica se đubri kompostom, unošenjem u zemljište predsetveno.

U kontrolisanoj konvencionalnoj i integralnoj proizvodnji korenasto povrće se đubri kalijumom iz kompleksnih i pojedinačnih kalijumovih đubriva. U usevu mrkve za prinos od 40-50 t/ha neophodno je uneti, u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta kalijumom, od 120-300 kg K_2O /ha (Tab. 58). Na srednje do dobro obezbeđenim zemljištima mrkva se đubri sa 120-160, maksimum 200 kg K_2O /ha (Tab. 58).

U usevu peršuna za prinos od 25-30 t/ha neophodno je uneti, u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta kalijumom, od 100-210 kg K_2O /ha (Tab. 58). Na srednje do dobro obezbeđenim zemljištima peršun se đubri sa 100-125, maksimum 150 kg K_2O /ha.

Paštrnak za prinos od 40-50 t/ha zahteva, u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta kalijumom, da se u zemljište unese od 144-375 kg K_2O /ha (Tab. 58). Na srednje do dobro obezbeđenim zemljištima paštrnak se đubri sa 140-190, maksimum 240 kg K_2O /ha.

Za prinos od 30-40 t·ha⁻¹ celer zahteva 110-300 kg K_2O /ha. Celer za razliku od većine povrtarskih vrsta zahteva kalijum u obliku kalijum hlorida (KCl). Na srednje do dobro obezbeđenim zemljištima celer se đubri sa 110-140, maksimum 190 kg K_2O /ha iz mineralnih đubriva. Ove količine će se značajno umanjiti unošenjem organskih đubriva pod osnovnu obradu (Tab. 58; Tab. 55; Tab. 56).

U usevu cvekla za prinos od 25-30 t/ha neophodno je uneti, u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta kalijumom, od 75-260 kg K_2O /ha, a u usevu rotkvice za planirani prinos od 15-25 t/ha neophodno je uneti 90-225 kg K_2O /ha, za svega 22 do 30 dana vegetacije i 522.000 do 1.250.000 biljaka po ha. Na srednje do dobro obezbeđenim zemljištima rotkvica se đubri sa 90-105, maksimum 125-150 kg K_2O /ha.

Od krtolastih povrtarskih vrsta u uslovima umerene klime najveći privredni značaj ima krompir. Krompir je kalijumofilna biljka i ima povećane zahteve za ovim hranljivim elementom u svim fazama rasta (Tab. 59; 60).

Tab. 59. Iznošenje kalijuma sa 1 t prinosa krtola krompira na zemljištu visoko obezbeđenom kalijumom, tipa karbonatni černo zem u uslovima sa i bez navodnjavanja, planirani prinosi i potrebna količina K_2O kg/ha (Ilin, 1993)

Faza zrelosti	Navodnjavanje	Iznošenje K_2O kg/t krtola krompira	Planirani prinosi krompira t/ha	Potrebna količina K_2O kg/ha
Mladi krompir	Bez	3,14	8	25,12
			12	37,68
			16	50,24
	Sa		16	48,00
			18	54,00
Zreli krompir	Bez	3,05	20	60,00
			18	65,03
			20	72,26
	Sa		25	90,33
			25	76,18
			30	91,41
			40	121,88
50	152,35			

Kalijum iz mineralnih đubriva ili kombinacije organskih i mineralnih đubriva unosi se u zemljište pod osnovnu obradu, pred sadnju i u prihrani u različitim odnosima. Naime, celokupna količina organskih đubriva i 2/3 kalijuma iz mineralnih đubriva se zaorava pod osnovnu obradu u jesen. Preostala 1/3 od ukupne količine neophodnog kalijuma unosi se u celosti pred sadnju krompira po celoj površini ili u redove zajedno sa sadnjom krompira. Često se 1/2 ove količine unosi pred sadnju, a preostala 1/2 u prihrani (prilikom ogrtanja krompira i/ili folijarno).

U kontrolisanoj konvencionalnoj, integralnoj i u proizvodnji krompira po organskim principima pod osnovnu obradu u jesen zaorava se poluzgoreli stajnjak (goveđi, mešani, konjski, ovčiji, kokošiji, brojlerski ili svinjski) u skladu sa nitratnom direktivom (Tab. 55).

Tab. 60. Preporuka za đubrenje kalijumom na zemljištima različito obezbeđenim kalijumom u uslovima sa i bez navodnjavanja (sastavljeno na osnovu sopstvenih i literaturnih podataka)

Faza zrelosti	Navodnjavanje	Planirani prinos krompira t/ha	Potrebna količina K ₂ O kg/ha u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta u mg K ₂ O/100 g zemljišta			
			Visoko obezbeđeno sa >20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Srednje obezbeđeno sa 15-20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Siromašno sa 10-15 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Veoma siromašno sa <10 mg K ₂ O/100 g zemljišta
Mladi krompir	Bez	8	25	35-38	44-50	60-63
		12	38	53-57	66-75	90-94
		16	50	70-75	88-101	120-125
	Sa	16	48	67-72	84-96	115-120
		18	54	76-81	95-108	130-135
		20	60	84-90	105-120	144-150
Zreli krompir	Bez	18	65	91-98	114-130	156-163
		20	72	101-108	126-144	173-180
		25	90	126-135	158-180	216-225
	Sa	25	76	106-114	133-152	182-190
		30	91	127-137	159-182	218-228
		40	122	171-183	214-244	293-305
		50	152	213-228	266-304	365-380

U nedostatku poluzgorelog stajnjaka pred sadnju krompira unosi se zgoreli goveđi ili konjski, živinski, kompostirani svinjski stajnjak ili mešani stajnjak (Tab. 55).

U nedostatku prethodna dva izvora kalijuma (iz poluzgorelog ili zgorelog stajnjaka) može se koristiti na industrijski način proizvedeno peletirano organsko đubrivo trgovačkog naziva Fertor u količini od 1-2,5 t/ha (maksimum 3,8 t/ha) i/ili Siforga u količini od 1-2 t/ha (maksimum 3,4 t/ha, Tab. 55). Preporučene količine su u skladu sa odredbama nitratne direktive bez obzira na odabrani sistem proizvodnje.

Unošenjem 34 t stajnjaka po ha unosi se oko 170 kg K₂O. U zavisnosti od tipa zemljišta krompiru je prve godine iz stajnjaka dostupno na lakom peskovitom zemljištu u proseku oko 60% (102 kg K₂O/ha). Krompir je u stanju da od pomenutih količina usvoji 81,6 kg K₂O/ha.

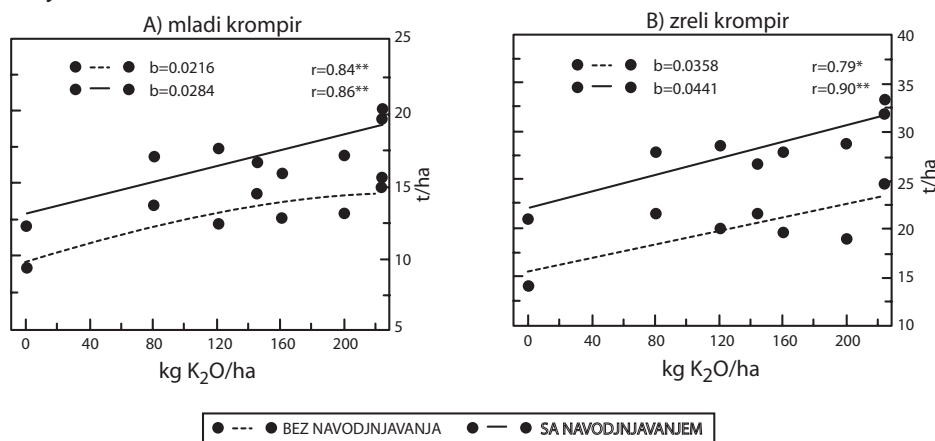
Na srednje teškim zemljištima u proseku iz stajnjaka (34 t/ha) krompiru je na raspolaganju oko 85 kg K₂O/ha (oko 50%). Od pomenute količine na srednje teškim zemljištima krompir je u stanju da usvoji oko 80% ili 68 kg K₂O/ha.

Na teškim zemljištima u proseku iz stajnjaka krompiru je na raspolaganju oko 68 kg K_2O /ha (ili 40%). Krompir je u stanju da usvoji oko 80% ili 54,4 kg K_2O /ha.

Pomenute količine kalijuma iz organskih đubriva uzimaju se u obračun prilikom sastavljanja bilansa kalijuma za ishranu krompira. Naime, količine koje je neophodno uneti za ostvarenje planiranog prinosa iz kompleksnih ili pojedinačnih kalijumovih đubriva umanjuju se za pomenute količine u uslovima sa i bez navodnjavanja.

U našim prethodnim rezultatima (Ilin 1993, Ilin et al., 1994) utvrđeno je da kalijumova đubriva povećavaju prinos mladog krompira linearno ($Y=a+bx$, Sl. 13A). Na kontroli bez navodnjavanja izračunato b iznosi 0,0216 (to znači da sa svakih 100 kg K_2O /ha prinos mladog krompira se povećava za 2,16 t/ha) uz vrlo visok koeficijent korelacije $r=0,84^{**}$. Zalivanjem se održava optimalna vlažnost zemljišta, pa i količine lakopristupačnog kalijuma u zemljišnom rastvoru, te se u takvim uslovima znatno bolje koriste kalijumova đubriva ($b=0,0284$, $r=0,86^{**}$, Sl. 13A). Kalijum, za razliku od azota, povećava prinos mladog krompira posredno (nije nosilac prinosa), povećavajući iskorišćavanje azota iz organskih i mineralnih đubriva posebno u uslovima navodnjavanja.

Sl. 13. Zavisnost prinosa mladog (a) i fiziološki zrelog krompira (b) od đubrenja kalijumom



Đubrenje rastućim količinama kalijuma, kao i navodnjavanje, značajno povećava prinos zrelih krtola krompira po jedinici površine. Utvrđena je visoka pozitivna korelacija između prinosa fiziološki zrelih krtola i navodnjavanja sa jedne strane, odnosno prinosa zrelih krtola i đubrenja rastućim količinama kalijuma sa druge strane (Sl. 13B). Kalijumova đubriva linearno povećavaju prinos fiziološki zrelog krompira. Bolji efekti

se postižu primenom rastućih količina kalijuma u uslovima navodnjavanja ($b=0,0441$) u odnosu na kontrolu bez navodnjavanja ($b=0,0358$). Utvrđeni su vrlo visoki koeficijenti korelacije u oba slučaja (bez navodnjavanja $r=0,79^*$, a u uslovima navodnjavanja $r=0,90^{**}$), kao i visoki koeficijenti determinacije (Sl. 13B., Ilin, 1993).

Isti princip važi i prilikom ishrane krompira fertigacijom preko sistema kap po kap (Tab. 61). U uslovima umereno kontinentalne klime suša nije redovna pojava. U deset godina, 2-3 godine su sa velikim količinama padavina i sa neravnomernim rasporedom. Zato je zbog sigurnosti pod osnovnu obradu potrebno uneti 50-60% kalijuma iz organskih i mineralnih đubriva ili samo mineralnih đubriva, a preostala količina se dodaje fertigacijom po principu i na način prikazanom u Tabeli 61.

Od organskih đubriva, u nedostatku stajnjaka ili bilo kojeg drugog organskog đubriva na porodičnom komercijalnom gazdinstvu, može se preporučiti peletirano organsko đubrivo Fertor u količini od 1,0-2,5 t/ha (maksimum 3,8 t/ha) sa 2,3% K_2O ili granulirano (sa 1-2mm ili 2-5mm prečnika granule) organsko đubrivo trgovačkog naziva Siforga u količini od 1,0-2,0 t/ha (maksimum 3,4 t/ha) sa 8% K_2O .

Prilikom đubrenja sa 2,5 t/ha Fertora prve godine na srednje teškom zemljištu krompir će usvojiti 23,0 kg K_2O /ha ili prilikom đubrenja sa 2,0 t/ha Siforge na istom zemljištu krompir će usvojiti 64 kg K_2O /ha. Preostala količina do polovine potrebne količine (141 kg K_2O /ha, iz Tab. 61) dodaje se zaoravanjem pod osnovnu obradu kompleksnih mineralnih đubriva (sa 20-30% K_2O) u količini od 77,0-118,0 kg K_2O /ha. Preostala količina kalijuma za planirani prinos od 50 t/ha dodaje se fertigacijom.

U slučajevima kada se ne primenjuju organska ili zelenišna đubriva, kalijum se unosi preko sistema kap po kap. Potrebna količina kalijuma se podeli u pet obroka i primenjuje se od sadnje do vađenja krompira u približno istim intervalima, ali u različitim količinama (Tab. 61).

Tab. 61. Potrebe krompira u kalijumu pri proizvodnji u sistemu kap po kap (Kafkafi i Tarchitzky, 2011)

Vreme rasta izraženo u %					Ukupno usvajanje g/biljka	Broj biljaka po ha	Usvajanje kg K_2O /ha	Očeki- vani prinos t/ha
0-20	20-40	40-60	60-80	80-100				
Usvajanje* (g/biljka)								
0,20 (10)	0,80 (40)	1,80 (90)	1,50 (75)	0,40 (20)	4,70 (47)	60.000	282	50

*Brojevi u zagradama su dnevne količine K (mg K_2O po biljci dnevno) koje treba da se dodaju fertigacijom preko sistema kap po kap u toku očekivanog vremena porasta (od sadnje do vađenja krtola krompira). U ove količine je uključeno 10% više kalijuma neophodnog za usvajanje i potrošnju od strane korena kod krompira.

Utvrđen je značajan uticaj kalijuma na kvalitet mladog i fiziološki zrelih krtola krompira u uslovima sa i bez navodnjavanja. Naime, prema Ilin et al. (2000b) rastuće količine kalijuma (K_0 - K_{200}) imaju značajan uticaj na sadržaj i nakupljanje mineralnih materija (K, Ca, Mg i P). Đubrenje sa K_{200} , značajno utiče na biosintezu, nakupljanje i prinos skroba (Ilin, 1994, 1996), uz značajne efekte na smanjenje sadržaja invertnih i redukujućih šećera (Ilin et al., 1997).

Utvrđena je pozitivna korelacija između broja biljaka po jedinici površine i potreba u kalijumu iz mineralnih đubriva, organskih i mineralnih đubriva, organskih i kalijumovih đubriva u folijarnoj prihrani.

U standardnoj tehnologiji krompir se sadi na 70 x 25-40 cm. Novije tehnologije podrazumevaju sadnju krtola krompira u prethodno pripremljene bankove visine 30-33 cm na razmak između reda od 80 cm, a u redu krtole se sade na razmak od 28-38 cm (33cm).

Krompir se sadi sa 30.000-60.000 krtola (biljaka) po ha. Sadnja je na međuredno rastojanje 60-90 cm, a razmak u redu zavisi od ranostasnosti sorte, krupnoće sadnog materijala i namene proizvodnje.

Lukovičasto povrće ima velike zahteve za kalijumom (Tab. 62) iz mineralnih i organskih đubriva (praziluk i beli luk). Lukovi se proizvode na svim tipovima zemljišta i u svim do sada poznatim sistemima gajenja. Crni luk se proizvodi direktnom setvom semena (rano u proleće i kasno leto – zimski lukovi) iz arpadžika i iz rasada (slatki ili kaba lukovi). Beli luk se proizvodi u rano proleće i u jesen isključivo sadnjom čenova ili češnjeva, a praziluk se proizvodi iz rasada i direktnom setvom semena (rano u proleće, leto i jesen).

U proizvodnji lukova po organskim principima mali je izbor organskih đubriva pogodnih za ovaj sistem proizvodnje. Na lakim peskovitim zemljištima preporučuje se (u skladu sa direktivom EU) svinjski stajnjak u količini do 28 t/ha (113 kg K_2O /ha), svinjski kompostirani stajnjak u količini do 10,63 t/ha (117 kg K_2O /ha), kompost u količini od 42,5 t/ha (85 kg K_2O /ha) i pepeo u količini od 1,6-5,0 t/ha (ima 6% kalijuma i povećava pH zemljišta) i na taj način se može uneti od 96-300 kg K_2O /ha. Prilikom korišćenja pepela neophodno je uraditi hemijsku analizu u cilju utvrđivanja eventualnog prisustva teških metala.

Na glinovitim zemljištima preporučuje se svinjski stajnjak, svinjski kompostirani stajnjak, mešani stajnjak u količini od 42,5 t/ha (255 kg K_2O /ha), mešani zgoreli stajnjak u količini od 34 t/ha (221 kg K_2O /ha) i pepeo.

Na zemljištima sa visokim sadržajem kalcijum-karbonata u proizvodnji po organskim principima preporučuje se svinjski stajnjak.

Dobrom kombinacijom preporučenih organskih đubriva i zaoravanjem zelenišnih đubriva moguće je lukovičasto povrće obezbediti dovoljnim količinama kalijuma u organskoj održivoj proizvodnji, a u skladu sa potrebama prikazanim u Tabeli 62.

Lukovičasto povrće zahteva srednje do dobro obezbeđena zemljišta lakopristupačnim kalijumom. U kontrolisanoj konvencionalnoj i integralnoj proizvodnji lukovičastog povrća na različitim tipovima zemljištima, različitog mehaničkog sastava i različite obezbeđenosti zemljišta lakopristupačnim kalijumom đubri se kalijumom iz kompleksnih mineralnih (sa 20-30% K₂O) i pojedinačnih granuliranih kalijumovih đubriva (videti podpoglavlje *Kalijum u đubrivima* i *Vrste đubriva na tržištu Republike Srbije*) u količinama prikazanim u Tabeli 62.

Tab. 62. Iznošenje kalijuma sa 1 t prinosa, planirani prinos lukovičastog povrća i potrebna količina kalijuma za ishranu na zemljištima različite obezbeđenosti ovim hranivom (sastavljeno na osnovu rezultata više autora)

Biljna vrsta	Iznošenje K ₂ O kg/t	Planirani prinos t/ha	Potrebna količina K ₂ O kg/ha u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta u mg K ₂ O/100 g zemljišta			
			Visoko obezbeđeno sa >20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Srednje obezbeđeno sa 15-20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Siromašno sa 10-15 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Veoma siromašno sa <10 mg K ₂ O/100 g zemljišta
Crni luk iz semena	4,0	40	96	128	160	200
		50	120	160	200	250
		60	144	192	240	300
Crni luk iz arpadžika	3,5	20	70	88	123	140
		25	90	110	130	150
		30	105	130	160	210
Arpadžik	4,0	12	60	72	84	96
		15	75	90	105	120
		18	90	110	126	144
Beli luk jari	4,0	7	42	50	56	80
		8	48	56	64	80
		9	54	63	72	90
Beli luk ozimi	4,0	10	60	70	80	100
		12	72	84	96	120
		14	84	98	112	140
Praziluk	4,0	30	72	96	120	150
		40	96	128	160	200
		50	120	160	200	250

Marković et al. (1994) ističu da se đubrenjem povećava prinos lukovica, a da se zadovoljavajući prinos, posebno kvalitet luka iz direktne setve i iz arpadžika, postiže već pri đubrenju sa 80 kg K_2O /ha. Isti autor navodi da se lukovicama najviše iznosi kalijum. Sa 10 t lukovica proizvedenih iz arpadžika iznosi se 40-80 kg K_2O /ha, a direktno iz semena iznosi se 10-20 kg K_2O /ha.

Specifičnost praziluka i belog luka je u zahtevu za kombinovanom primenom organskih i mineralnih đubriva. Pomenute biljne vrste se odlikuju značajnim potrebama za đubrenjem organskim đubrivima. Za visok i stabilan prinos praziluka i belog luka, u zavisnosti od plodnosti zemljišta, u jesen pod osnovnu obradu zaorava se 34 t/ha poluzgorelog stajnjaka. Ako se praziluk proizvodi kao drugi usev tokom leta ili jeseni pod osnovnu obradu (u kasno proleće po skidanju prethodne kulture) zaorava se 20 t/ha zgorelog stajnjaka (govedeg ili svinjskog kompostiranog stajnjaka). Trend u razvijenom svetu, a u prvoj deceniji ovog veka i kod nas sve češća praksa, je zaoravanje 10 t/ha peletiranih ili granuliranih na industrijski način proizvedenih organskih đubriva.

Mineralna đubriva, u proizvodnji praziluka i belog luka, se unose zaoravanjem pod osnovnu obradu, predsetveno i u prihrani zajedno sa međurednom obradom (kultivacijom) ili sa navodnjavanjem (fertigacija). Polovina od ukupnih količina kalijumovih đubriva se unosi zaoravanjem pod osnovnu obradu. Preostala količina kalijuma unosi se u zemljište predsetveno.

U zavisnosti od tipa zemljišta, plodnosti i količine zaorane organske materije, praziluk se u našim uslovima đubri sa 96-250 kg K_2O /ha, odnosno 120-160 kg K_2O /ha (Tab. 62). Brewster, (2008) predlaže da se praziluk đubri sa 160 kg K_2O /ha. Prolećni beli luk se đubri sa 50-90 kg K_2O /ha, a jesenji beli luk zbog duže vegetacije i većih prinosa po jedinici površine đubri se sa 80 kg K_2O /ha na dobro obezbeđenim zemljištima do 140 kg K_2O /ha na veoma siromašnim zemljištima kalijumom (Tab. 62).

Ishrana plodovitog povrća

U grupu plodovitog povrća spadaju vrste iz familije *Solanaceae* i familije *Cucurbitaceae*. Ekonomski najznačajnije vrste iz familije *Solanaceae* su paradajz (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) i paprika (*Capsicum annuum*, L.). Iz familije *Cucurbitaceae* u grupu plodovitog povrća ubraja se vrežasto povrće i to krastavac (*Cucumis sativus*, L.) i bostan, odnosno, lubenica (*Citrulus vulgaris*, L.) i dinja (*Cucumis melo*, L.).

Jednogodišnje su zeljaste toploljubive povrtarske vrste koje se gaje direktnom setvom semena i iz rasada na otvorenom polju i u zaštićenom prostoru.

Karakteristično za ovu grupu biljaka je da se u toku tehnološkog procesa proizvodnje primenjuju brojne specifične i specijalne agrotehničke mere koje se razvijaju i primenjuju u cilju ostvarenja visokih i stabilnih prinosa dobrog kvaliteta.

U sklopu brojnih mera je i racionalna ekonomski opravdana, na potrebama biljaka zasnovana ishrana kalijumom iz organskih i mineralnih đubriva unošenjem kalijuma u zemljište (Marković et al., 1994) u različitim sistemima proizvodnje, zatim, sistemom kap po kap i folijarno sa 3 do 5 tretiranja (Tab. 63).

Tab. 63. Iznošenje kalijuma sa 1 t prinosa, planirani prinos plodovitog povrća i potrebna količina kalijuma za ishranu na zemljištima različite obezbeđenosti ovim hranivom (sastavljeno na osnovu rezultata više autora)

Biljna vrsta	Iznošenje K ₂ O kg/t ploda	Planirani prinos t/ha	Potrebna količina K ₂ O kg/ha u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta u mg K ₂ O/100 g zemljišta			
			Visoko obezbeđeno sa >20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Srednje obezbeđeno sa 15-20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Siromašno sa 10-15 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Veoma siromašno sa <10 mg K ₂ O/100 g zemljišta
Paradajz iz rasada	4,00	30	70	100	110	120
		60	140	190	220	240
		90	216	290	320	360
Paradajz iz semena	2,00	60	72	100	120	150
		80	128	160	200	240
		100	200	250	300	350
Paprika	7,52	20	90	120	135	150
		30	135	180	200	225
		50	225	300	340	375
Začinska paprika	4,33	10	65	90	110	130
		15	115	140	170	200
		20	170	190	225	260
Lubenica	5,60	30	100	130	150	170
		50	168	220	250	280
		80	270	360	400	440
Dinja	4,30	20	86	105	130	150
		30	129	160	190	225
		40	172	215	260	300
Krastavac	3,00	15	45	60	70	80
		30	90	110	135	160
		60	180	225	270	315

Plodovito povrće zahteva neutralnu reakciju zemljišta. U plodoredu dolazi na prvo mesto i na isto se ne vraća minimum 4-5 godina. Dobri predusevi su leguminoze (grašak, boranija, bob, pasulj), lukovičasto, korenasto povrće i kupusnjače. Povrtarske vrste iz grupe plodovitog povrća dobri su predusevi za korenasto, lukovičasto i lisnato povrće.

Plodovito povrće zahteva đubrenje organskim đubrivima u skladu i na nivou prikazanom u Tab. 63, koja je proistekla iz preporuka komisije EU (nitratna direktiva). Ove preporuke se odnose na proizvodnju plodovitog povrća po organskim principima, ali i za konvencionalnu i integralnu proizvodnju plodovitog povrća.

Najbolji efekti u proizvodnji plodovitog povrća postižu se kombinovanim unošenjem organskih i mineralnih đubriva (Marković, 1984, Marković et al., 1994, Marković, 2001) u konvencionalnoj i integralnoj proizvodnji plodovitog povrća. Organska đubriva se zaoravaju u jesen, izuzetak je postrna proizvodnja krastavca kornišona za industrijsku preradu i preradu u domaćinstvu, kada se organska đubriva zaoravaju po ubiranju prethodnog useva, odnosno, posle vađenja zimskih lukova, berbe lisnatog povrća (salate i spanaća), vađenja ranog krompira ili u ratarsko-povrarskom plodoredu posle ubiranja ječma i pšenice.

Marković et. al. (1994) u svojim rezultatima ističu da 20-30 t stajnjaka po ha kod paradajza povećava prinos sa 42,8 t/ha na 47,7 t/ha, a pri količini od 40-80 t/ha stajnjaka prinos paradajza se povećava za 7,6 t/ha. U prikazanim rezultatima prinos industrijskog paradajza je bio na vrlo visokom nivou i kretao se od 69,3-117,6 t/ha.

Na osnovu podataka iz Tabele 63, na srednje do dobro obezbeđenim zemljištima kalijumom paradajz se đubri sa 70-290 kg K_2O /ha, zavisno od načina proizvodnje (iz rasada ili iz semena) i planiranog prinosa. Na siromašnim do veoma siromašnim zemljištima potrebne količine kalijuma su na nivou od 110-360 kg K_2O /ha iz organskih i mineralnih đubriva.

Potrebne količine kalijuma paradajzu se dodaju preko sistema kap po kap. Preko sistema kap po kap kalijumova đubriva se dodaju u vidu kalijum-nitrata (do početka plodonošenja) i kalijum-sulfata u fazi plodonošenja i sazrevanja plodova kao što je to prikazano u Tabeli 64.

Prema Markoviću (1981, 1984) začinska paprika sa 10 t prinosa u proseku iznosi 43,3 kg K_2O , a paprike tipa babure u proseku iznosi 75,2 kg K_2O sa 10 t prinosa na zemljištu tipa černozem, visoko obezbeđenom lakopristupačnim kalijumom. Najbolji efekat na kvalitet začinske paprike (sadržaj suve materije, bojene materije, sirovi pepeo, etarski ekstrakt celog ploda i perikarapa) i prinos utvrđen je pri đubrenju sa 160 kg K_2O /ha. Utvrđeno je da sa 40 t ploda po ha je paprika tipa babure u proseku iznela 301 kg K_2O (Marković et al., 1994).

Na osnovu planiranog prinosa, iznošenja K_2O jedinicom prinosa i obezbeđenosti zemljištima kalijumom paprika tipa babure se đubri sa 90-300 kg K_2O /ha na zemljištima sa srednjom do visokom obezbeđenošću ovim hranljivim elementom. Na siromašnim do veoma siromašnim zemljištima lakopristupačnim kalijumom za vrhunske prinose visokog kvaliteta značajno se povećava količina kalijuma iz organskih i mineralnih đubriva (Tab. 63).

Utvrđeno je da prinos i kvalitet začinske paprike, sem đubrenja, zavisi i od načina proizvodnje (direktna setva semena i iz rasada). Bolji efekti se postižu direktnom setvom semena na stalno mesto (Marković et al., 2005), zbog većeg broja biljaka po jedinici površine. To zahteva veće količine kalijuma u cilju ostvarenja visokog prinosa vrhunskog kvaliteta ploda.

Paprika se proizvodi i u sistemu kap po kap. Ukupne količine kalijuma se dele u pet obroka i preko sistema se kalijum dodaje paprici u skladu sa fazama rasta i razvića. Raspored aplikacije je prikazan u Tab. 64.

Na visoko obezbeđenim zemljištima lakopristupačnim kalijumom začinska paprika se đubri sa 65-170 kg K₂O/ha. Na srednje obezbeđenim zemljištima lakopristupačnim kalijumom se ove količine kreću na nivou od 90-190 kg K₂O/ha, a na siromašnim i veoma siromašnim zemljištima začinska paprika se đubri sa 110-260 kg K₂O/ha.

Lubenica, dinja i krastavac su vrežaste povrtarske vrste sa velikim zahtevima za kalijumom (Lester et. al., 2010) iz organskih i mineralnih đubriva. Prema istom autoru, kalijum značajno povećava prinos, tržišnu vrednost i senzorska svojstva lubenice, dinje i plodova krastavca. Đubri se kompleksnim mineralnim đubrivima sa naglaskom na kalijumu (20-30% K₂O) i pojedinačnih granulisanim kalijum-sulfatom (50% K₂O).

Dinja jako dobro reaguje na folijarnu prihranu sa K₂O u količini od 3,6-4,0 kg/ha, jednom nedeljno od faze početka formiranja plodova do berbe. Utvrđeno je značajno povećanje prinosa i kvaliteta plodova (Lester et al., 2005, 2006). Isti autor ističe da plodovi znatno ranije sazrevaju. Kalijum povećava čvrstinu plodova što utiče na transportabilnost i dužinu čuvanja, kao što je to slučaj kod paradajza i krompira.

Najbolji efekti u ishrani kalijumovim đubrivima se postižu fertigacijom kao što je to prikazano u Tab. 64.

Tab. 64. Potrebe plodovitog povrća u kalijumu pri proizvodnji u sistemu kap po kap (Kafkafi i Tarchitzky, 2011)

Usev	Vreme rasta izraženo u %					Ukupno usvajanje g biljka ⁻¹	Broj biljaka po ha	Usvajanje kg K ₂ O ha ⁻¹	Očeki- vani prinos t ha ⁻¹
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100				
	Usvajanje* (g biljka ⁻¹)								
Paradajz	0,70 (25)	0,80 (30)	3,50 (128)	7,00 (256)	4,50 (165)	16,50 (121)	20.000	330	100
Paprika	0,50 (25)	2,00 (100)	1,40 (70)	1,40 (70)	0,40 (20)	5,70 (77)	50.000	285	55
Dinja	0,40 (20)	1,20 (60)	4,00 (190)	4,40 (220)	2,00 (100)	12,00 (120)	25.000	300	50

*Brojevi u zagradama su dnevne količine K (mg K₂O po biljci dnevno) koje treba da se dodaju fertigacijom preko sistema kap po kap u toku očekivanog vremena porasta (od sadnje do berbe plodova). U ove količine uključeno je 10% više kalijuma neophodnog za usvajanje i potrošnju od strane korena kod plodovitog povrća.

Za prinos od 100 t paradajza fertigacijom je neophodno primeniti 330 kg K_2O /ha, a za prinos od 55 t paprike upotrebljava se 285 kg K_2O /ha. Prinos dinje, pri gotovo istom nivou đubrenja kalijumom, je moguće značajno povećati u sistemu kap po kap u odnosu na standardne tehnologije (Tab. 64) proizvodnje.

Ishrana kupusnjača

U uslovima umerene klime u ovu grupu spada veliki broj povrtarskih vrsta (Dixon, 2007). Veći privredni značaj imaju vrste iz familije *Brassicaceae*, roda *Brassica* i to: *Brassica oleracea* var. *capitata* sa dve forme. Forma *alba* ili beli glavičasti kupus i forma *rubra* ili crveni glavičasti kupus. U ovu grupu, pored kupusa, spada i karfiol, *Brassica oleracea* var. *botritis*.

Marković et al. (1994) ističu da kupus spada u red povrtarskih kultura koje zahtevaju intenzivno đubrenje kako organskim tako i mineralnim đubrivima. Kupus ima visoke zahteve prema kalijumu. U proseku sa 10 t kupus iznosi iz zemljišta 46,5 kg K_2O , a karfiol iznosi 70 K_2O (Tab. 65).

Tab. 65. Iznošenje kalijuma sa 1 t prinosa, planirani prinos kupusnjača i potrebna količina kalijuma za ishranu na zemljištima različite obezbeđenosti ovim hranivom (sastavljeno na osnovu IFA, 1992 i Marković et al., 1994)

Biljna Vrsta	Iznošenje K_2O kg/t	Planirani prinos t/ha	Potrebna količina K_2O kg/ha u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta u mg K_2O /100 g zemljišta			
			Visoko obezbeđeno sa >20 mg K_2O /100 g zemljišta	Srednje obezbeđeno sa 15-20 mg K_2O /100 g zemljišta	Siromašno sa 10-15 mg K_2O /100 g zemljišta	Veoma siromašno sa <10 mg K_2O /100 g zemljišta
Kupus	4,65	50	140	160	180	210
		60	170	195	220	250
		70	195	230	260	290
Karfiol	7,00	20	85	110	140	175
		25	105	140	175	220
		30	126	170	210	260

Kupus i karfiol se proizvode iz rasada. Sadnja je od druge dekade marta do polovine jula meseca. Proizvode se kao rani, srednje rani i kasni postrni usevi, za svežu potrošnju u domaćinstvu i za preradu kiseljenjem, dehidracijom i zamrzavanjem.

Kupus ne podnosi kisela zemljišta, za razliku od karfiola koji uspeva na pH 5,5-7,5 i vrlo je tolerantan na zemljišta sa većim sadržajem soli.

Kupus na lakim peskovitim zemljištima zahteva đubrenje goveđim stajnjakom u količini do 34 t/ha, svinjskim do 28 t/ha i mešanim stajnjakom do 42,5 t/ha. Na glinovitim zemljištima, kao i na zemljištima sa visokom koncentracijom kalcijum-karbonata, kupus se đubri goveđim i mešanim stajnjakom.

Karfiol dobro reaguje na lakim peskovitim zemljištima na goveđi, konjski (u količini do 28 t/ha), svinjski i mešani stajnjak. Na glinovitim zemljištima karfiol dobro reaguje na konjski, svinjski, ovčiji (21 t/ha) i mešani stajnjak. Na zemljištima sa povišenom koncentracijom kalcijum-karbonata karfiol dobro reaguje na đubrenje svinjskim stajnjakom. Količina lakopristupačnog kalijuma iz organskih đubriva u prvoj godini zavisi od tipa zemljišta (Tab. 56). U prvoj godini iz organskih đubriva od ukupne količine lako pristupačnog kalijuma iskoristi se do 80%, kao i iz mineralnih đubriva (Tab. 56).

Količine kalijuma iz primenjenih organskih đubriva (Tab. 55) uzimaju se u obzir prilikom sastavljanja bilansa hraniva u različitim sistemima proizvodnje (konvencionalna, integralna i organska održiva) na zemljištima različite obezbeđenosti lakopristupačnim kalijumom, a na osnovu iznošenja i planiranog prinosa kupusa i kafiola. Preporuke su prikazane u Tabeli 65, s tim da treba uzeti u obzir dužinu vegetacije i broj biljaka po jedinici površine kod kupusa i karfiola.

Nedostatak kalijuma kod kupusa se manifestuje pojavom nekroze i smanjenim kvalitetom glavice, a višak kalijuma može dovesti do toga da glavica ostane otvorena. Kod karfiola se u nedostaku kalijuma javlja rubna nekroza na listovima lisne rozete.

Najbolji efekti u proizvodnji kupusa i karfiola postižu se doziranjem kalijumovih vodotopivih đubriva preko sistema kap po kap. Fertigacijom se dodaje polovina od ukupno planirane količine aktivne materije iz Tabele 65, a druga polovina se primenjuje pod osnovnu obradu iz organskih i mineralnih đubriva (najčešće iz kompleksnih đubriva sa naglaskom na kalijumu i granulisanom kalijum-sulfatu). Predviđena količina vodotopivih đubriva za fertigaciju sa naglaskom na kalijumu iz vodotopivih kompleksnih đubriva sa 20-30% K_2O , kalijum-nitrata i kalijum-sulfata se deli u minimum pet (kod ranih), osam (kod srednje ranih sorti) do 10 prihrana (kod kasnih hibrida), s tim da se kalijum-nitrat primenjuje u fazi ukorenjavanja do početka zavijanja glavice, a kalijum-sulfat se primenjuje u drugom delu vegetacije.

Ishrana graška i boranije

Grašak (*Pisum sativum L.*) i boranija (*Phaseolus vulgaris L.*) su kulture kratke vegetacije iz familije *Fabaceae*. Proizvode se zbog zrna kod graška, odnosno mahune kod boranije. Zrno i mahuna se koriste u svežem stanju u domaćinstvu. Veliki privredni, ali i ekonomski značaj, imaju u proizvodnji za potrebe prerađivačke industrije. Prerađuju se toplom i hladnom preradom (zamrzavanjem).

Usev graška zahteva zemljište sa dobrom drenažom koja omogućava dobru simbiotsku aktivnost kvržičnih bakterija na korenu. Poželjna su zemljišta pH reakcije 6,0-7,5. Zemljišta sa visokom koncentracijom kalcijuma mogu da izazovu pojavu hloroze kod graška.

Boranija se gaji na svim tipovima zemljišta. Jako reaguje i osetljiva je na visoku koncentraciju soli u vodi i zemljištu. Soli u koncentraciji preko 1,5 g/l vode smanjuju prinos mahuna kod boranije za 50%. Joni hlora u koncentraciji od 0,25 g/l vode smanjuju prinos mahuna za 25%. Boranija ne podnosi pH zemljišnog rastvora ispod 6. Na kiselim zemljištima se često javlja nedostatak Mg i Mn.

Grašak i boranija se proizvode direktnom setvom semena. Setva graška je rano u proleće, čim to temperatura i vlažnost zemljišta dozvole. Žetva počinje u trećoj dekadi maja meseca za potrošnju u domaćinstvu, a u prvoj polovini prve dekade juna u proizvodnji za industrijsku preradu. Setva je gusta sa 100-120 biljaka po m².

Boranija se proizvodi u dva roka, prolećna setva počinje u trećoj dekadi aprila meseca i traje do kraja maja meseca. Boranija se vrlo uspešno proizvodi kao drugi usev, postrno. Sa setvom se započinje polovinom juna meseca, a završava do polovine jula meseca. Setva je širokoreda sa 40-50 biljaka po m².

Prema rezultatima Marković et al. (1994) sa jednom tonom prinosa zrna grašak iznosi 5,1 kg, a boranija 6,0 K₂O za jednu tonu mahuna (Tab. 66). Na osnovu poljskih ogleada sa graškom (đubreno je sa 124-166 kg K₂O/ha) i iznošenja kalijuma prinosom, isti autor preporučuje da se na dobro obezbeđenim zemljištima kalijumom grašak đubri sa 90-120 kg K₂O/ha, a boranija sa 80 kg K₂O/ha za prinos od 13,38 t/ha, što u celosti odgovara preporukama za ishranu useva boranije prikazanim u Tab. 66. U ishrani boranije važan je K/N odnos i on treba da iznosi 3 na prema 1.

Tab. 66. Iznošenje kalijuma sa 1 t prinosa, planirani prinos leguminoza i potrebna količina kalijuma za ishranu na zemljištima različite obezbeđenosti ovim hranivom (sastavljeno na osnovu IFA, 1992 i Marković et al., 1994)

Biljna Vrsta	Iznošenje K ₂ O kg/t	Planirani prinos t/ha	Potrebna količina K ₂ O kg/ha u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta u mg K ₂ O/100 g zemljišta			
			Visoko obezbeđeno sa >20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Srednje obezbeđeno sa 15-20 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Siromašno sa 10-15 mg K ₂ O/100 g zemljišta	Veoma siromašno sa <10 mg K ₂ O/100 g zemljišta
Grašak	5,10	6	30	40	46	54
		8	40	50	60	70
		10	51	64	75	90
Boranija	6,00	10	60	75	90	105
		14	84	105	126	150
		16	96	120	144	170

Na osnovu prethodnih istraživanja, zatim, na osnovu iznošenja kalijuma jedinicom prinosa i na osnovu obezbeđenosti zemljišta lakopristupačnim kalijumom (Tab. 66) u zemljišnom rastvoru, može se u intenzivnoj proizvodnji graška preporučiti sledeće:

- Na dobro obezbeđenim zemljištima lakopristupačnim kalijumom za planirani prinos zrna od 6-10 t/ha se đubri sa 2/3 od 30-50 kg K₂O/ha pod osnovnu obradu, a preostala količina se unosi predsetveno (Tab. 66).
- Na srednje obezbeđenim zemljištima usevu graška je neophodno obezbediti 40-64 kg K₂O/ha. Od ukupne količine (Tab. 66) dve trećine se unosi pod osnovnu obradu, a preostala količina predsetveno.
- Na siromašnim zemljištima kalijumom, grašak se đubri sa 46-75 kg K₂O/ha, a na veoma siromašnom zemljištu grašku je neophodno obezbediti 54-90 kg K₂O/ha. Od ukupne količine 2/3 se unose pod osnovnu obradu, a 1/3 predsetveno.
- Na dobro obezbeđenim zemljištima boranija za planirani prinos od 10-16 t/ha se đubri sa 2/3 od 60-96 kg K₂O/ha pod osnovnu obradu, a 1/3 se unosi predsetveno (Tab. 66).
- Na srednje obezbeđenim zemljištima lakopristupačnim kalijumom boranija se đubri sa 75-120 kg K₂O/ha. Dve trećine se unose pod osnovnu obradu, a jedna trećina kalijumovih đubriva se unosi predsetveno.

- Na siromašnim zemljištima boraniji je neophodno obezbediti za planirani prinos $2/3$ od 90-144 kg K_2O /ha pod osnovnu obradu, a $1/3$ se unosi pred setvu boranije.
- Na veoma siromašnim zemljištima, potrebno je boraniji pod osnovnu obradu i predsetvenu pripremu u zemljište uneti 105-170 kg K_2O /ha (Tab. 66).

KALIJUM I KVALITET POVRĆA

Kvalitetu poljoprivrednih proizvoda, posebno hrane, se u novije vreme pridaje se sve veći značaj. To je naročito prisutno u ekonomski razvijenim zemljama, a povećana briga za kvalitet hrane direktna je posledica podignute svesti o značaju zdravstveno bezbedne i biološki punovredne ishrane u očuvanju zdravlja i kvaliteta življenja. Tome je doprinelo i povećanje životnog standarda, sve veće zagađenje životne sredine i hrane po zdravlje štetnim materijama, kao i prelazak sa konvencionalne proizvodnje hrane na intenzivnu, koja podrazumeva upotrebu različitih hemijskih sredstava i dr. Pojam "kvalitet" obuhvata najrazličitije osobine poljoprivrednih proizvoda. Kvalitet je mera za upotrebljivost nekog proizvoda. Odrediti kvalitet nekog proizvoda znatno je teže nego izmeriti, na primer, prinos, pošto je kvalitet uslovljen nizom osobina koje se mogu utvrditi često samo složenim hemijskim i/ili fizičkim postupcima, a zavisi i od namene proizvoda.

Kod poljoprivrednih proizvoda u osnovi se mogu razlikovati hranidbeni i tržišni kvalitet (Schilling, 2000).

Hranidbenu vrednost nekog proizvoda određuju sadržaj i sastav hranljivih supstanci i njihova biološka vrednost. Čoveku su potrebne supstance koje obezbeđuju potrebnu energiju i građivni materijal (ugljeni hidrati, masti i proteini), neophodne amino i masne kiseline, vitamini i mineralne materije. Da bi proizvod biljaka sadržao sve pomenute materije u optimalnoj količini i odnosu neophodno je da se biljkama obezbede optimalni uslovi rasta i razvića tokom cele vegetacije, pri čemu se podrazumeva i harmonična mineralna ishrana. Nedostatak ili suvišak nekog biogenog elementa dovodi do narušavanja hemijskih, fizičkih i organoleptičkih osobina proizvoda i time do pogoršanja njegovog kvaliteta, hranidbene i biološke vrednosti. Kao primer može se navesti nakupljanje nitrata u lisnatom povrću pri preobilnoj ishrani azotom.

Tržišna, komercijalna vrednost proizvoda obuhvata hranidbenu, tehnološku i prerađivačku vrednost. Mineralnom ishranom moguće je uticati i na tržišnu vrednost proizvoda, što je sa stanovišta ekonomičnosti proizvodnje od velikog značaja. Vizuelne karakteristike nekog proizvoda, mogu u značajnoj meri da utiču na tržišnu vrednost kao što su krupnoća, oblik, boja i dr. Ove osobine su, pre svega, nasledna svojstva, karakteristična za genotip, međutim, mineralnom ishranom moguće je u većoj ili manjoj meri uticati na pomenuta svojstva. Organoleptička svojstva, kao što su

miris i uskus, takođe su veoma značajna. Kao primer može se navesti da prekomerna ishrana azotom u krtolama krompira dovodi do nakupljanja amida, glutamina i asparagina koji su po ukusu neutralni, ali pri kuvanju amini oslobađaju neprijatan miris. Pošto se poljoprivredni proizvodi, posebno povrće i voće, često transportuju na velika rastojanja i u skladišta, značajno je da pri tome ne trpe veće promene u konzistenciji, boji, sastavu i dr. Mineralnom ishranom moguće je uticati na mogućnost skladištenja i na tehnološku vrednost proizvoda: sadržaj šećera u povrću, pekarske kvalitete brašna, sadržaja skroba u pivskom ječmu i krtolama krompira, sadržaja šećera i štetnog azota u korenu šećerne repe, kvaliteta vlakna kod kudelje, sadržaja sirove masti u uljanoj repici i dr. Mineralna ishrana može neposredno i posredno da utiče i na zdravstveno stanje proizvoda, što takođe utiče na njihovu tržišnu vrednost.

Potrebno je istaći da osobine proizvoda koje određuju njihovu tržišnu vrednost nisu za sva vremena data, pošto se navike u ishrani vremenom menjaju i tehnološki procesi prerade usavršavaju, prilagođavaju potrebama potrošača, tržišta. Pojam kvaliteta za isti poljoprivredni proizvod nije potpuno isti ni u prostoru, u pojedinim delovima sveta, ni za pojedine namene.

KVALITET PROIZVODA U FUNKCIJI MINERALNE ISHRANE

Odavno je uvreženo mišljenje da posebno povrće sadrži brojne neorganske i organske supstance značajne za zdravlje ljudi. Otuda nije iznenađujuće da se već početkom prošlog veka, kada su već postojale preciznije analitičke metode, počeo intenzivno istraživati uticaj pojedinih biotičkih i abiotičkih činilaca, među kojima i đubrenja, npr. na sadržaj pojedinih vitamina i mineralnih materija, a u novije vreme poseban naglasak se stavlja na ispitivanja sadržaja antioksidantnih supstanci. Težnja biljaka da održe svoj hemijski sastav naziva se homeostaza. Sastav organske i mineralne materije biljaka je nasledno svojstvo, uslovljeno genetskim činiocima na koje mogu u manjoj ili većoj meri da utiču ekološki činioci.

Đubrenjem se može povećati ne samo prinose gajenih vrsta po jedinici površine, već i poboljšati kvalitet i biološka vrednost proizvoda u slučaju njegovog neodgovarajućeg kvaliteta, izazvanog nedovoljnom obezbeđenošću biljaka mineralnim materijama ili podržavanjem visokog kvaliteta pri povećanju prinosa. Naime, veoma često između visine prinosa i kvaliteta proizvoda postoji negativna korelacija.

Primenom biogenih elemenata, đubrenjem može se neposredno i posredno uticati na kvalitet proizvoda. Biogeni elementi utiču i/ili učestvuju u izgradnji organskih materija i time neposredno utiču na kvalitet proizvoda. Pored toga, oni učestvuju u prometu energije i osnovnih fizioloških

i biohemijskih procesa i time u celokupnom metabolizmu biljaka, čime mogu neposredno da utiču, npr. na tolerantnost biljaka prema nepovoljnim abiotičkim (suša, ekstremne temperature, nakupljanje štetnih materija i dr.) i biotičkim činiocima (bolesti i štetočine) koji mogu negativno da utiču na kvalitet proizvoda.

Uticaj đubrenja na kvalitet proizvoda zavisi od nivoa obezbeđenosti biljaka neophodnim mineralnim materijama. Povećanje obezbeđenosti biljaka hranivima, u domenu od njihovog nedostatka do optimalne obezbeđenosti, dovodi po pravilu do povećanja prinosa i poboljšanja kvaliteta. Povećanje obezbeđenosti preko optimalne granice obično ne dovodi do značajnijeg poboljšanja kvaliteta. Obezbeđenost preko optimalne vrednosti, u domenu luksuzne ishrane, može, ali i ne mora, da smanji kvalitet. Prekomerna obezbeđenost, u domenu toksične koncentracije, redovno smanjuje kvalitet proizvoda. Potrebno je istaći da se optimalna obezbeđenost biljaka nekim hranljivim elementom za prinos često ne poklapa sa optimalnom vrednošću za kvalitet. Veoma često do poboljšanja kvaliteta dolazi samo pri upotrebi doza đubriva koja su veća od potrebne doze za postizanje maksimalnog prinosa.

Veoma često između visine prinosa i kvaliteta proizvoda postoji negativna korelacija. Tako, na primer, veću masu korena šećerne repe prati niži sadržaj šećera ili kod žitarica u većini slučajeva postoji negativna korelacija između visine prinosa zrna i sadržaja proteina u zrnu (Feil, 1998). Glavne rezervne materije u zrnu žitarica su ugljeni hidrati, skrob i proteini. Energija koja se oslobađa oksidacijom 1 g glukoze dovoljna je za sintezu 0,83 g skroba ili 0,40 g proteina ili 0,33 g masti. Iz navedenog proističe da je za sintezu proteina potrebna dvostruko veća količina energije nego za stvaranje iste količine ugljenih hidrata. Kompeticija za energijom za sintezu ugljenih hidrata i proteina može da bude ograničavajući činilac za sintezu proteina i za negativnu korelaciju između prinosa i sadržaja proteina (Bhatia i Rabson, 1976). Postoje i brojna mišljenja da je razlog smanjenja sadržaja proteina pri povećanju prinosa rezultat razblažavanja supstanci (Kastori i Petrović, 2004).

U cilju obezbeđenja harmonične mineralne ishrane useva u poljoprivrednoj praksi najčešće se koriste tri elementa: azot, fosfor i kalijum, i to u različitim količinama i odnosu. Uopšteno se može reći da dobra obezbeđenost fosforom, kalijumom i magnezijumom podstiče sintezu visoko polimernih jedinjenja. U slučaju da je pri tome obezbeđenost biljaka azotom nedovoljna nastaju, pre svega, polisaharidi, a kod biljaka koje se odlikuju većim nakupljanjem lipida dolazi do nakupljanja masti. U slučaju da su biljke obilno obezbeđene azotom dolazi do povećanja sadržaja proteina na račun ugljenih hidrata i masti, dok se sadržaj celuloze i lignina u većini slučajeva značajnije ne menja. Na osnovu pomenutog saznanja, npr. kod

pivskog ječma, kod koga se zahteva manji sadržaj proteina i veći sadržaj skroba i kod šećerne repe manji udeo štetnog azota i veći sadržaj šećera ograničava se primena azota. Imajući u vidu da pojedini elementi usmeravaju primarne produkte fotosinteze u pravcu sinteze različitih organskih jedinjenja, uravnotežena mineralna ishrana je veoma značajna za obezbeđenje ravnomerne sinteze pojedinih organskih supstanci.

Iz ekoloških razloga, a i zbog kvaliteta proizvoda, primena mineralnih azotnih đubriva u organskoj proizvodnji je isključena, a za upotrebu kalijumovih i fosfornih đubriva postoje različiti pristupi u pojedinim zemljama. Sa ekološkog stanovišta ne postoji nijedan racionalan razlog za isključenje kalijuma u organskoj proizvodnji, pošto on ne opterećuje životnu sredinu štetnim materijama, a pri tome povoljno utiče ne samo na prinos već i na kvalitet poljoprivrednih proizvoda, povećava tolerantnost biljaka prema nepovoljnim biotičkim i abiotičkim činiocima. Lester i dr. (2006) u svom radu zaključuju da voće i povrće proizvedeno organskom i konvencionalnom tehnologijom podjednako sadrže supstance značajne za zdravlje čoveka i navodi brojne autore koji ističu da između dve pomenute tehnologije proizvodnje ne postoji značajna razlika u visini prinosa i kvalitetu proizvoda. Sa ekološkog stanovišta upotreba kalijumovih đubriva ne predstavlja nikakvu opasnost, a istovremeno može povoljno da utiče na hranidbenu i biološku vrednost hrane (Kastori, 2009).

UTICAJ KALIJUMA NA KVALITET PROIZVODA

U najznačajnija jedinjenja biljaka ubrajaju se: ugljeni hidrati, proteini i lipidi. Za ovo ima puno opravdanja pošto su ova jedinjenja najznačajniji sastojci kako po količini (procentualnom učešću) tako i po svom značaju za strukturu i funkciju organizama. Ova jedinjenja su od izuzetnog značaja i u ishrani ljudi, ali ne samo u obezbeđivanju potrebne energije i gradivnih elemenata. Pored njih, posebnu važnost imaju mineralne materije, vitamini, organoleptička i vizuelna svojstva proizvoda.

Sadržaj ugljenih hidrata

Ugljeni hidrati su široko rasprostranjeni u biljnom svetu i predstavljaju značajnu rezervnu materiju kod brojnih gajenih vrsta. Oni su važan izvor energije u ishrani ljudi i životnja i sirovina za brojnu prerađivačku industriju. Stoga je razumljivo da je uticaj pojedinih ekoloških činilaca i agrotehničkih mera, posebno đubrenja, na njihov sadržaj bio predmet brojnih istraživanja već polovinom prošlog veka, pa i ranije (Kastori, 1967).

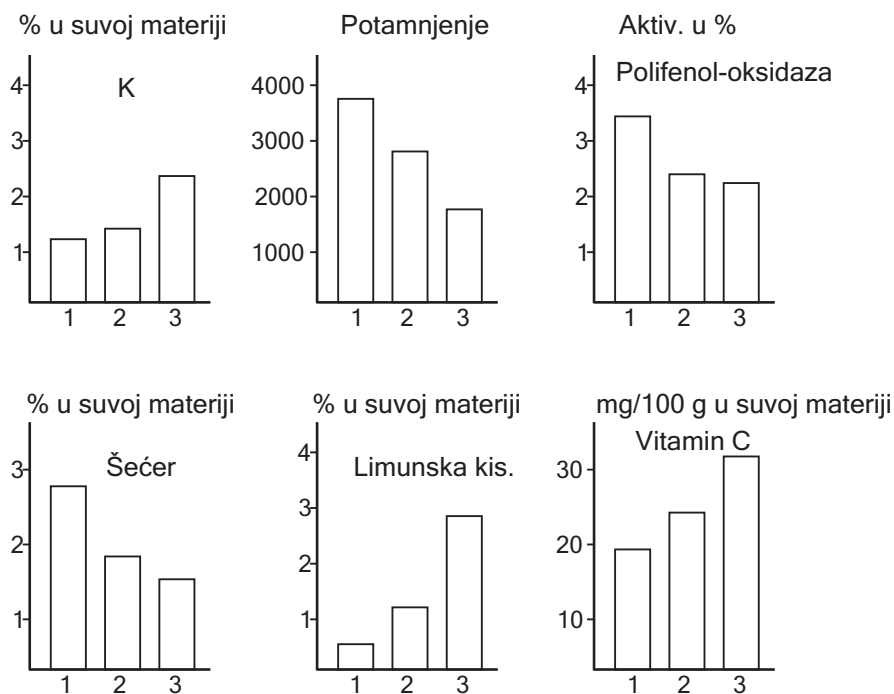
U biljkama se ugljeni hidrati nalaze u vidu mono-, di- i polisaharidi. Monosaharidi i disaharidi se nalaze u zelenim i drugim tkivima biljaka, a kao rezervna materija u većoj količini se nakupljaju u zadebljalom delu korena šećerne repe, bobicama vinove loze, u stablu šećerne trske i dr. Oni imaju raznovrsnu ulogu u životnim procesima biljaka. Neophodni su za normalan tok metabolizma, pre svega, kao supstrat u procesima u kojima se njihovom razgradnjom oslobađa energija i kao strukturni elementi ćelijske membrane. Od povrtarskih vrsta većim sadržajem mono- i disaharida odlikuju se paradajz, dinja, lubenica, grašak i dr. Polisaharid (homopolisaharid), skrob javlja se kao rezervna materija u krtolama krompira, mrkvi, grašku, paštrnaku i dr.

Kalijum posredno i/ili neposredno utiče na brojne procese metabolizma i nakupljanja ugljenih hidrata. Kalijum povoljno utiče na fotosintezu, na procese u kojima se stvaraju ugljeni hidrati, na njihov transport u biljkama, kao i na aktivnost mnogih enzima koji učestvuju u njihovom metabolizmu. U literaturi postoje brojni podaci koji potvrđuju povoljno dejstvo kalijuma na sadržaj ugljenih hidrata u povrću. Lester et al. (2010) su utvrdili povećanje sadržaja saharoze, glukoze i fruktoze u plodu dinje pri primeni kalijuma. Prema Lin et al. (2004) kod iste biljne vrste primena kalijuma povećala je samo sadržaj saharoze, dok na sadržaj glukoze i fruktoze nije uticala. Sa stanovišta potrošača veoma je značajan odnos sadržaja saharoze i fruktoze, pošto je fruktoza za 80% slađa od saharoze. Kalijum ima značajnu ulogu i u sintezi saharoze iz glukoze i fruktoze, pošto kao kofaktor podstiče aktivnost enzima saharoza fosfat sintetazu. Prema Nagy i Pankotai (1986) na zemljištu dobro obezbeđenom kalijumom ukupan sadržaj šećera u lubenici kretao se od 8 do 9%, a sadržaj redukujućih šećera koji značajno utiču na sladak ukus ploda od 6 do 7%. Na zemljištu nedovoljno obezbeđenom kalijumom sadržaj ukupnog šećera bio je oko 6%, a redukujućih od 4 do 5%. Povoljno dejstvo primene kalijuma na povećanje sadržaja šećera u paradajzu utvrdili su Chapagain i Wiesmann (2004). Kalijum povećava i sadržaj šećera u kupusu, što se povoljno odražava na njegovo kiseljenje. U brojnim ogledima je do sada utvrđeno i povoljno dejstvo primene kalijuma na sadržaj šećera u šećernoj repi (Orlovius, 1993).

Većina biljaka koje kao rezervnu materiju nakupljaju ugljene hidrate su kalifilne. Za kalijum je svojstveno da podstiče i obrazovanje visoko polimernih jedinjenja, polisaharida, homopolisaharida skroba i celuloze. Skrob je najvažniji biljni polisaharid, on se u nekim biljkama nagomilava kao rezervna materija u značajnoj količini: u krtolama krompira, u semenu žita i leguminoza i dr. Povoljno dejstvo kalijuma na obrazovanje skroba može se objasniti njegovim dejstvom preko fotosinteze na sintezu prekursora glukoze i na aktivaciji enzima skrob sintetaze.

Od povrtnarskih vrsta skrob se u najvećoj meri nakuplja u krtolama krompira. Imajući u vidu značaj krompira u ishrani ljudi i njegovu raznovrsnu primenu u prerađivačkoj industriji razumljivo je da su uticaj đubrenja, a u okviru toga dejstvo kalijuma, predstavljali predmet brojnih istraživanja. Utvrđeno je da povoljna ishrana sa kalijumom povećava sadržaj kalijuma, skroba, limunske kiseline i vitamina C, a smanjuje tamnjenje krtola, aktivnost polifenoloksidaze i sadržaj prostih šećera (Kastori, 2008) (Sl. 14). Povećanje sadržaja skroba pri upotrebi kalijumovih đubriva u krtolama krompira utvrdili su i Kádár et al. (2000). U cilju postizanja povoljnog kvaliteta, sadržaj kalijuma u suvoj materiji krtola treba da bude preko 2%, a odnos sadržaja N:K 1:1,6. Kalijum, vitamin C, proteini i dr. supstance značajne u ishrani ljudi nalaze se u većoj količini ispod ljuske krtole. Krtole sa niskim sadržajem skroba imaju "sapunasti" karakter, a krtole sa previsokim sadržajem su "brašnaste" i pri kuvanju se raspadaju. Krtole sa nižim sadržajem prostih šećera (glukoze, fruktoze) bolje se skladište i podesnije su za industrijsku preradu, npr. za proizvodnju čipsa i pomfrita i druge pržene proizvode.

Sl. 14. Uticaj kalijuma na kvalitet krtola krompira (Müller, 1988)



1 - 1,5; 2 - 3,0; 3 - 4,5 g K₂O/sud

Kvalitet krtola zavisi i od boje na preseku krtole. Pri ljuštenju i sečenju krtola vremenom dolazi do promene boje. Smatra se da je to posledica fizioloških poremećaja na koje mogu da utiču abiotički činioci. Prema Vertregt (1968) do promene boje na preseku krtole dolazi ako je sadržaj kalijuma ispod 2,5% u suvoj materiji. Prema istom autoru kod krtola u kojima je sadržaj kalijuma u suvoj materiji bio 2,9% nije došlo do promene boje preseka ni posle dva dana, dok je kod krtola čiji je sadržaj kalijuma bio od 1,75 do 1,90% već posle jednog sata došlo do pojave mrke boje, a posle 20 sati rubni deo preseka krtole bio je tamnomrko do crno obojen.

U osnovi razlikuju se dva procesa koji prouzrokuju promenu boje. Enzimatska promena boje se javlja na sirovim krtolama, neenzimatska promena dovodi do promena boje u toku kuvanja i prženja. Mehaničke ozlede, sečenje, trljanje, pritiskanje svežih krtola dovodi do oštećenja ćelija. One su usled toga izložene većem dovodu kiseonika što prouzrokuje pojave mrke boje na mesnatom delu krtole. Pojava plavih pega je, takođe, posledica mehaničke ozlede, pritiska, gnječenja u toku ubiranja, transporta i skladištenja krtola. Prema Prummel (1981) ako je sadržaj kalijuma u cimi tokom jula meseca oko 6,5%, a u krtolama oko 2,2% mala je verovatnoća da će doći do pojave plavih pega na krtolama. Promena boje svežeg mesnatog dela krtola izazvana mehaničkim ozledama zasniva se na oksidativnom preobražaju povećane količine tirozina u melanin crno-plave boje. Tirozin u krtolama zaostaje nakon njihovog naknadnog dozrevanja. Krompir gajen u uslovima nedovoljne obezbeđenosti kalijumom odlikuje se većim sadržajem rastvorljivog neproteinskog azota i tirozina (Usherwood, 1985). Na osnovu rezultata brojnih ispitivanja smatra se da je pojava crne boje na mesnatom delu krtole u toku kuvanja posledica oksidacije dvovalentnog u trovalentno gvožđe i kompleksiranje gvožđa sa hlorogenom kiselinom. Limunska kiselina remeti stvaranje pomenutog kompleksa i nalazi se u pozitivnoj korelaciji sa sadržajem kalijuma u krtoli.

Do neenzimske promene boje dolazi na temperaturama iznad 80 stepeni kada više ne može da dolazi do promena izazvanih enzimima. Pri đubrenju, previsoke doze azota, uz nedovoljnu ishranu kalijumom i fosforom, imaju za posledicu povećanje sadržaja redukujućih šećera i amino-kiselina u krtolama. Na višim temperaturama karamelizacija redukujućih šećera i prisustvo reakciono sposobnih amino-kiselina dovode do stvaranja boje. Enzimatsko obojenje, potamnjenje, nastaje i enzimatskom oksidacijom fenolnih jedinjenja. Smatra se da kalijum posredno utiče zaštitno od potamnjenja krtola preko povećanja sadržaja vitamina C i limunske kiseline i time smanjenje pH vrednosti ćelijskog soka. Posledica toga je smanjenje aktivnosti enzima polifenoloksidaze, uzročnika promene boje mesnatog dela krtole. Utvrđeno je da primena kalijumovih đubriva smanjuje koncentraciju fenola u krtolama krompira, pri čemu je efekat kalijum-hlorida bio veći od kalijum-sulfata (Sharma i Sud, 2001).

Zavisno od namene krompira zahtevi za sastav krtola su različiti. U slučaju da se krompir koristi za pomfrit sadržaj suve materije (%) treba da bude od 22 do 24, a za suve proizvode i čips 22 do 26. Sadržaj redukujućih šećera u svežoj masi (mg/100g) za pomfrit i suve proizvode treba da je <250, a za čips <150. Koncentracija redukujućih šećera u značajnoj meri određuje stepen tamnjenja pri prženju. Redukujući šećeri reaguju sa amino-kiselinama što može da dovede i do povećanog stvaranja akrilamida. Za ovo jedinjenje se pretpostavlja da ima kancerogeno dejstvo. Smanjenjem temperature pri prženju i dobrom obezbeđenosti krompira kalijumom moguće je smanjiti nastajanje akrilamida. U ogledu u kojem su primenjene doze azota smanjene (g N/sud) 2,4, 1,6 i 0,8, a istovremeno povećana doza kalijuma (g K/sud) 1, 3 i 5 koncentracija akrilamida (μ g/kg suve materije) u krtolama krompira smanjila se sa 853 na 350 i 270.

Nastajanje šupljine u krtoli (hollow heart, Hohlherzigkeit) može se preduhitriti ili u značajnoj meri smanjiti dobrom obezbeđenosti biljaka kalijumom. Šupljinu okružuje tamno nekrotirano tkivo. Primena kalijum-hlorida bila je efikasnija od upotrebe kalijum-sulfata u suzbijanju pomenu-te pojave (Jackson i McBride, 1986).

Primena previsokih doza kalijuma može da dovede do smanjenja sadržaja skroba u krtolama krompira (Müller, 1988), naročito ako su biljke istovremeno dobro obezbeđene azotom. U takvim uslovima nadzemni organi se i u drugoj polovini vegetacije, posle cvetanja, još intenzivno razvijaju. Prinos krtola i skroba po hektaru se povećava, ali se udeo skroba u krtolama smanjuje. Razlog tome je nedovoljan dovod produkata fotosinteze (šećera) u krtole, kao i razblaženje skroba usled povećanog prinosa krtola. Uzrok ove pojave nije još u potpunosti objašnjen. Naime, nije poznato koji su razlozi u promeni mehanizma usmeravanja produkata fotosinteze u uslovima preobilne ishrane biljaka kalijumom. Utvrđeno je da se u uslovima nedostatka kalijuma premeštanje ugljenih hidrata iz izdanka u koren kod pasulja značajno smanjilo (Cakmak, 1994).

Pošto se krompir zbog cena skoro isključivo đubri KCl-om, u zemljište se pri upotrebi ove soli unosi i značajna količina hlora. Hlor utiče na premeštanje produkata fotosinteze, ugljenih hidrata iz listova u organe za nakupljanje rezervnih materija. Pretpostavlja se da hlor u listovima podstiče obrazovanje „nerastvorljivog skroba“ i na taj način smanjuje translokaciju šećera iz listova u krtole. Nakupljanje produkata fotosinteze u nadzemnim organima podstiče njihov rast na račun krtola, što ima za posledicu sužavanje odnosa mase krtola i cime. Hlor, pored toga što smanjuje prinos krtola, nepovoljno utiče na sadržaj skroba, organskih kiselina i suve materije krtola. Pošto je jon hlora u zemljištu vrlo pokretljiv, lako se ispira, preporučuje se da se đubrenje KCl-om obavi u jesen, čime se izbegava moguće nepovoljno dejstvo veće koncentracije hlora u toku vegetacije. Ukoliko se iz bilo kojeg

razloga nameće potreba za primenom kalijuma u proleće, pre sadnje se preporučuje upotreba kalijum-sulfata. Ovo utoliko pre što se krompir ubraja u biljne vrste koje povoljno reaguju na ishranu sumporom.

Pored toga što kalijum povoljno utiče na kvalitet krtola, povećava i njihov prinos, sposobnost za čuvanje, kao i krupnoću krtola (Kádár et al., 2000). Krupnoća krtola je veoma značajna zato što su gubici prilikom njihovog ljuštenja manji.

Kalijum povoljno utiče i na obrazovanje drugog homopolisaharida celuloze, čiju osnovu gradivnu jedinicu čini, takođe, glukoza. S tim u vezi utvrđeno je da kalijum povoljno utiče na kvalitet vlakna konoplje.

Sadržaj azotnih materija

Za većinu povrtarskih vrsta nije svojstveno nakupljanje veće količine proteina, što međutim, ne umanjuje njihov značaj u obezbeđivanju ljudi proteinima. Većim sadržajem proteina od povrtarskih biljaka odlikuju se biljke iz porodice *Fabaceae*: grašak, boranija, bob, vigna i dr.

Uopšteno se može reći da kalijum podstiče sintetske procese, stvaranje visokomolekularnih organskih jedinjenja, tako i proteina. Stoga je sadržaj slobodnih amino-kiselina i amida u biljkama dobro obezbeđenih kalijumom manji, pošto pri povoljnom odnosu N:K brzo prelaze u visokomolekularna jedinjenja. Visoke doze azota i nedovoljna obezbeđenost kalijumom dovode do povećanja neproteinskog azota na račun proteinskog. Kao primer može se navesti povoljno dejstvo kalijuma na smanjenje sadržaja alfa-amino azota u korenu šećerne repe (Orlovius, 1993). U uslovima nedostatka kalijuma dolazi do nakupljanja putrescina produkta razlaganja arginina, što može da posluži i kao indikator nedostatka kalijuma.

Blevins (1984) je utvrdio visoko signifikantnu korelaciju između nakupljanja kalijuma po jedinici površine useva krmnih biljaka i stvorene količine proteina ($r=0,94$), kao i između sadržaja kalijuma i proteina u zrnu zrnastih biljaka (graška, pasulja, sočiva) ($r=0,92$). Povoljno dejstvo kalijuma na sadržaj proteina utvrđeno je kod brojnih gajenih vrsta, npr. u golubijem grašku (*Cajanus cajan*) i slačici (Tiwari et al., 2012), grahorici (Mona et al., 2011).

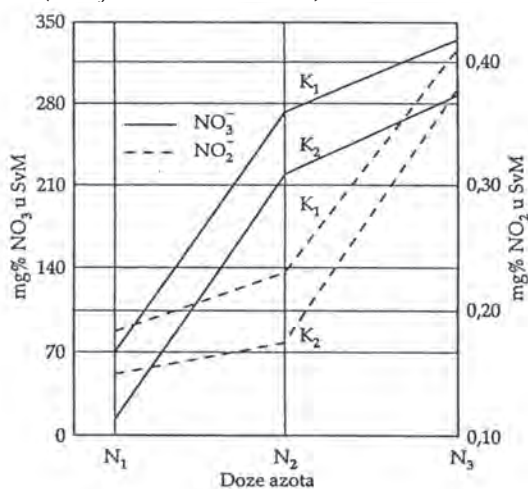
Dobra obezbeđenost biljaka kalijumom, fosforom i magnezijumom u uslovima nedovoljne obezbeđenosti azotom podstiče sintezu polisaharida i u prisustvu dovoljne količine mangana kod biljaka koje nagomilavaju masti i nakupljanje neutralnih masti (Shilling, 2000). U prisustvu veće koncentracije azota doći će do sinteze proteina na račun masti i polisaharida, pri čemu se ponekad uočava smanjenje prinosa kod genotipova koji se odlikuju većim nakupljanjem proteina. Ova pojava može da ima energetske razloge. Jedan gram glukoze obezbeđuje potrebnu energiju za sintezu 0,83 g složenih ugljenih hidrata, za 0,40 g proteina ili 0,33 g masti. Do smanjenja prinosa

dolazi samo ako veće primenjene doze azota nisu povećale intenzitet fotosinteze i asimilacionu površinu i produžile period naliivanja zrna i time kompenzirali veću potrebu u energiji za sintezu proteina. Između sadržaja proteina i visine prinosa genotipova koji se odlikuju većim sadržajem proteina često postoji negativna korelacija, što takođe nema bioenergetsku osnovu, već je rezultat efekta razblaženja (Kastori i Petrović, 2004).

Činjenica da kalijum podstiče biosintezu visokomolekularnih azotnih jedinjenja je značajna ne samo sa polazišta kvaliteta proizvoda nego i tolerantnosti povrća prema patogenima, gljivama i bakterijama. Niskomolekularna organska jedinjenja predstavljaju značajan supstratni izvor azota za patogene. Uočeno je, na primer, da dobro obezbeđene biljke kalijumom, osetljive na botritis i plamenjaču (kupus, krastavac, salata) ispoljavaju veću tolerantnost prema pomenutim bolestima.

U povrću je veoma značajan i sadržaj nitrata. Veća koncentracija nitrata u povrću i uopšte u hrani nije poželjna, pošto njegovom redukcijom nastaje nitrit koji je veoma toksičan za čoveka i životinje i izaziva metemoglobinemiju. Od ukupnih količina nitrata koje dospevaju u organizmu čoveka putem hrane, u većini slučajeva više od 80% potiče iz povrća. Posebno lisnato povrće (spanać, blitva, salata i dr.) se odlikuju velikom akumulacijom nitrata u uslovima obilne ishrane azotom. Iako kalijum ne ulazi u sastav enzima on povećava aktivnost enzima koji učestvuju u metabolizmu azota (NR, NiR, GS, GOGAT) i time asimilaciju nitrata, čime se smanjuje njegovo nakupljanje u biljkama (Umar i Iqbal, 2009). Pri tome, treba istaći da kalijum istovremeno podstiče usvajanje nitratnog jona, pošto je nitratni anjon pratilac katjona kalijuma pri njegovom ascendentnom transportu kroz ksilem.

Sl. 15. Uticaj kalijuma na koncentraciju nitrata i nitrita u spanaću različito obezbeđenog azotom (Grujić i Kastori, 1974)



Neosporno je da kalijum, osim sadržaja nitrata, posredno smanjuje i udeo nitrita u biljkama. Zbog toga ishrani povrća kalijumom (posebno pri upotrebi većih doza azota), treba posvetiti veću pažnju, pošto se time povećava njena biološka vrednost i zdravstvena bezbednost (Sl. 15.). Povoljno dejstvo kalijuma na asimilaciju nitrata kod spanaća utvrdili su i Xianyong i Yongsong (2005). Utvrđeno je da kod spanaća, rotkve i krompira i magnezijum smanjuje udeo nitrata.

Sadržaj lipida

Za povrtarske vrste nije svojstveno nakupljanje veće količine lipida. U svežem lisnatom povrću ima oko 0,3, korenastom povrću 0,2, a u plodovitom 0,4 g/100 g. U povrtarskim vrstama lipidi se nakupljaju u semenu (lubenici, tikve). Prema ulozi u biljnom svetu lipidi (ulja i masti) se mogu podeliti na membranske i rezervne. Rezervni lipidi su skladišteni u različitim organima biljaka i najviše ih ima u semenu uljanih biljaka: suncokretu, uljanoj repici, ricinusu i dr., a od povrtarskih vrsta u semenu paprike, lubenice i tikve. Đubrenje većim dozama azota smanjuje sadržaj rezervnih lipida u biljkama. Istovremena upotreba većih doza kalijuma ublažava efekat preobilne ishrane azotom. Uopšteno se može reći da kalijum povećava sadržaj lipida u biljkama, ali samo neznatno utiče na njihov sastav. Hemijski sastav lipida u biljkama je obeležje genotipa na šta ekološki činioci mogu samo u maloj meri da utiču. Utvrđeno je da obilna ishrana azotom povećava sadržaj glukozinolata u semenu uljanje repice, nepoželjnog u ishrani životinja. Visoke doze kalijuma smanjuju sadržaj pomenutog jedinjenja i povećavaju prinos ulja (Forster, 1977). Povoljno dejstvo kalijuma na sadržaj ulja kod soje utvrdili su Sale i Campbell (1986), a kod kikirikija Umar et al. (1992).

Sadržaj vitamina

Vitamini su neophodni za normalan život kako heterotrofnih tako i autotrofnih organizama. Oni imaju katalitičku i regulatornu ulogu u metabolizmu. Njihov nedostatak izaziva poremećaje u metabolizmu koji se ispoljavaju specifičnim fiziološkim znacima. Otuda se u ishrani ljudi i životinja posebna pažnja posvećuje njihovom sadržaju u hrani.

Vitamine najviše sintetizuju biljke i mikroorganizmi. Njihov sadržaj je različit u pojedinim biljnim vrstama i njihovim organima. Među povrćem najveći sadržaj vitamina C ima paprika i list peršuna. C vitaminom su bogati i salata, kupus i mladi luk. Provitamin A najviše je zastupljen u mrkvi, začinskoj paprici, spanaću, celeru, zatim u tikvi, posebno u muskatnoj. U povrću od vitamina grupe B najviše je zastupljen vitamin B₁, posebno u ku-

pusnjačama. Vitaminom B₂ bogati su špargla i spanać. Drugi vitamini (B₃, B₆, D, E, K i folna kiselina) zastupljeni su u povrću manjim količinama.

Ekološki činioci mogu da utiču na sadržaj vitamina u povrću. Još u prošlom veku više autora je uočilo da se i mineralnom ishranom može uticati na njihov sadržaj. Utvrđeno je da se primenom kalijuma može povećati sadržaj vitamina C, B₁, E, beta-karotena (provitamina A). Povoljno dejstvo kalijuma na sadržaj vitamina C u kupusu, blitvi i karfiolu utvrdili su Scharrer i Werner (1957), u krtolama krompira Müller (1988), Perrenoud (1993), u spanaću Xianyong i Yongsong (2005), askorbinske kiseline i beta-karotena u dinji (Lester et al. (2006).

Povrće i voće je naročito bogato vitaminom C, dok ga seme žitarica ne sadrži. Povećanje sadržaja vitamina C (askorbinske kiseline) je od posebnog značaja ako se ima u vidu njegovo antioksidantno dejstvo. Askorbinska kiselina može enzimatski i neenzimatski da razlaže vodonik peroksid. Antioksidantno dejstvo askorbinske kiseline zasniva se na otpuštanju elektrona i vodonikovih jona koji redukuju reaktivne vrste kiseonika ili slobodnih radikala. Povećanje nivoa antioksidantnih supstanci, pored toga što u velikoj meri određuje biološku vrednost hrane, veoma je značajno i za biljke pošto povećava njihovu tolerantnost prema nepovoljnim ekološkim činiocima (Čakmak, 2005). Vitamin C može da poveća i rast biljaka. On se sintetizuje u biljnim ćelijama iz ugljenih hidrata. U uslovima obilne ishrane azotom dolazi do smanjenja sadržaja vitamina C što se objašnjava povećanom potrošnjom produkata fotosinteze u sintezi azotnih jedinjenja (Tab. 67).

Tab. 67. Uticaj različitih doza azota i kalijuma na sadržaj vitamina C u kupusu, blitvi i karfiolu (Scharrer i Wrener, 1957)

Dubrenje	mg vitamina C u 100 g sveže materije		
	Kupus	Blitva	Karfiol
N ₁ PK	113	68	112
N ₂ PK	112	56	101
N ₃ PK	99	48	93
NPK ₁	98	50	88
NPK ₂	112	56	101
NPK ₃	118	59	100

Sadržaj vitamina C u povrću se, zavisno od brojnih činilaca, kreće se širokim granicama. Tako npr. u plodu paradajza se kreće od 25 do 50 mg/100g. U toku sazrevanja bobica sadržaj vitamina C se postepeno povećava i u potpuno zrelih plodovima dostiže najveću vrednost. Zapaženo je da se

plodovi koji su proizvedeni na polju odlikuju većim sadržajem vitamina C od plodova poreklom iz zaštićenog prostora. Sadržaj vitamina C najčešće je veći u plodovima sorata koje se odlikuju bobicama manjih dimenzija. U slučaju nepovoljnog skladištenja sadržaj vitamina C može da se smanji na polovinu od prvobitne vrednosti. U slučaju kada se plodovi transportuju na veća rastojanja često se beru u poluzrelom stanju, zatim se pre prodaje veštački izaziva sazrevanje pomoću gasa etilena tokom 1 do 2 dana. U takvim plodovima vitamin C se nalazi još samo u tragovima. Značajno je znati i da je vitamin C termolabilna supstanca i da se na temperaturi iznad 60°C razgrađuje, gubi biološku vrednost.

Beta-karoten predstavlja provitamin A. Od jednog molekula beta-karotena nastaju dva molekula vitamina A. Ovaj proces se odigrava samo u organizmu ljudi i životinja. On ima višestruku ulogu u živom svetu. Pored toga što predstavlja provitamin A, u zelenim tkivima sa drugim karotenoidima ima ulogu pomoćnog pigmenta. Uključen je u usvajanje i transport fotona i zaštiti molekula hlorofila od štetnog dejstva jakog intenziteta svetlosti, koja izaziva fotooksidaciju, odnosno fotodestrukciju hlorofila. To se dešava kada je količina apsorbovane svetlosne energije veća od one koja se može iskoristiti u fotosintezi. Zaštitna uloga karotenoida objašnjava se njihovom mogućnošću brze transformacije jednih u druge (ksantofili), pri čemu se vezuje reaktivni kiseonik i onemogućava oštećenje molekula hlorofila. Karotenoidi imaju primarnu fotoprotektivnu ulogu u hloroplastu. Beta-karoten ispoljava dobra antioksidantna svojstva u uslovima niske koncentracije kiseonika (2%) u plodovima i tkivima korena i krtola (Gross, 1991). Karotenoidi imaju i neke druge regulatorne uloge u životnim procesima biljaka. Pored toga, svojim bojama doprinose tržišnoj vrednosti plodova i ukrasnog bilja.

Sadržaj kiselina

Sadržaj kiselina je značajan sa stanovišta kvaliteta proizvoda, pošto zajedno sa šećerima daju prijatan ukus povrću i voću. Zastupljenost pojedinih organskih kiselina u povrću je različita. Oksalna kiselina je zastupljena u većoj količini u spanaću, rabarbari boraniji i paradajzu, jabučna u salati, paradajzu i karfiolu, limunska u salati, vinska u cvekli i mlečna u kiselom kupusu i paprici.

Bhargava i Singh (1989) navode da u literaturi ne postoje konzistentni rezultati o uticaju kalijuma na sadržaj kiselina u tropskom i subtropskom voću. Imas i Bansal (2013) u svom preglednom radu navode da primena većih doza kalijuma obično dovodi do povećanja sadržaja organskih kiselina i da istovremeno imaju povoljno dejstvo na nivo askorbinske kiseline. Lester et al. (2006) su utvrdili povećanje sadržaja slobodne askorbinske

kiseline, dehidroaskorbinske kiseline i ukupne askorbinske kiseline u dinji pri folijarnoj prihrani kalijumom. Bajaj (1989) navodi povoljno dejstvo kalijuma na sadržaj kiselina u plodu paradajza i na njegov miris. Veoma je značajan sadržaj oksalne kiseline pošto u većim koncentracijama deluje štetno na zdravlje ljudi. Prema rezultatima ispitivanja Xianyoung i Yongsong (2005) optimalnom ishranom azotom i kalijumom može se pozitivno uticati na sadržaj oksalne kiseline i vitamina C u spanaću, pri čemu je smanjenje prisustva oksalne kiseline povezano sa povećanjem koncentracije vitamina C. Od povrtarskih vrsta većim sadržajem oksalne kiseline odlikuje se i kiseljak. Postoji mišljenje da kalijum učestvuje u neutralizaciji kiselina u biljkama.

Sadržaj mineralnih materija

Mineralne materije imaju izuzetno veliki značaj u životnim procesima živih organizama. Pošto je znatan deo namirnica i životinjske hrane biljnog porekla, od sadržaja i sastava mineralnih materija u osetnoj meri zavisi mineralna ishrana, a time i zdravstveno stanje čoveka i životinja. Stoga je opravdano reći da je sadržaj biogenih elemenata važan pokazatelj biološke vrednosti hrane. Sadržaj mineralnih materija u biljkama je vrlo promenljiv i zavisi od vrste, genotipa, starosti, klimatskih i edafskih uslova, agrotehnike i u najvećoj meri od sadržaja lakopristupačnih oblika biljnih asimilativa u zemljištu i od đubrenja.

Primena kalijuma može neposredno i posredno da utiče na nakupljanje pojedinih elemenata u biljkama. Neposredno dejstvo se zasniva na antagonizmu pri usvajanju između jona kalijuma i jona nekih drugih elemenata npr. Mg^{2+} , Ca^{2+} , Na^+ , NH_4^+ , a posredno preko njegovog uticaja na fiziološke procese i rast, na primer, korenovog sistema.

Pošto kalijum ima značajnu ulogu u životnim procesima čoveka i životinja njegov sadržaj u biljnoj hrani je veoma važan. Sadržaj kalijuma se, pre svega, primenom kalijumovih đubriva, posebno na zemljištima nedovoljno obezbeđenih za biljke pristupačnim kalijumom može u značajnoj meri povećati. Prateća pojava toga je promena, povećanje odnosa sadržaja K/Ca i K/Mg (Tab. 68).

Visok sadržaj kalijuma u zemljištu ili upotreba preterano visoke doze kalijumovih đubriva može da izazove nepovoljne efekte. Tako, na primer, visoke doze kalijuma u proizvodnji paprike u zaštićenom prostoru dovode do povećanja broja plodova po biljci i mase pojedinačnih plodova, ali i do povećanja BER-a i smanjenja koncentracije Ca u plodovima i listovima, što je dovelo do smanjenja tržišne vrednosti ovih plodova (Parađiković et al., 2008). Suvišak kalijuma može da dovede do smanjenja sadržaja nekih, u ishrani čoveka i životinja, značajnih biogenih elemenata, npr. magnezijuma

i kalcijuma i da podstiče nedostatak cinka i mangana. Primena većih doza kalijumovih đubriva, npr. na pašnjacima i livadama, na lakim peskovitim zemljištima, koja su obično siromašna magnezijumom, može da izaziva nedostatak magnezijuma kod životinja i do pada njihove proizvodnosti.

Tab. 68. Uticaj kalijuma na mineralni sastav korena mrkve (Kádár et al., 2012)

NPK kg/ha	Ca	K	Mg	K/Ca	K/Mg
% u suvoj materiji					
NP	0,42	0,94	0,26	2,2	3,6
NPK ₁₀₀	0,62	1,56	0,32	2,5	4,9
NPK ₂₀₀	0,51	1,82	0,25	3,6	7,3
NPK ₃₀₀	0,49	1,91	0,28	3,9	6,8
NPK ₄₀₀	0,51	1,90	0,23	3,7	8,3

N - 160; P₂O₅ - 120 kg/ha

Kalijum može da ima i značajnu zaštitnu ulogu. U vlažnim predelima toksičnost gvožđa je rasprostranjena pojava, posebno kod pirinča i izaziva značajno smanjenje prinosa. Toksično dejstvo gvožđa se obično javlja na zemljištima nedovoljno obezbeđenim kalijumom, cinkom i fosforom. U uslovima nedostatka kalijuma simptomi toksičnosti gvožđa su jače izraženi. Kod pirinča je povećanje obezbeđenosti kalijumom smanjilo koncentraciju gvožđa u listovima za dva puta i poboljšalo rast biljaka (Li et al., 2001). Smatra se da je dobra ishrana biljaka kalijumom na zemljištima sa povećanim sadržajem rastvorljivog gvožđa značajna u cilju otklanjanja toksičnog delovanja gvožđa. Na koji način kalijum ublažava nepovoljno dejstvo suviška gvožđa nije poznato, osim što smanjuje njegovo nakupljanje u biljkama.

Zaštitna uloga kalijuma ogleda se i pri usvajanju ¹³⁷Cs. Pri nuklearnim probama i katastrofi nuklearnih postrojenja oslobađa se značajna količina radioaktivnih čestica među kojima i ¹³⁷Cs, koji usled dugog vremena poluraspada (30 godina) predstavlja veliku opasnost za živi svet. Utvrđeno je da kalijum smanjuje nakupljanje ¹³⁷Cs u biljkama, dok ga primena azota povećava. Efekat je zavisio i od oblika kalijuma. Kalijum-sulfat i kalijum-magnezijum-sulfat su se pokazali efikasnijim u smanjenju nakupljanja pomenutog izotopa od kalijum-hlorida. (Tulin et al., 1995).

Sadržaj bojениh materija

Tržišnu vrednost povrća, između ostalog, određuje i njihova boja. U tom pogledu naročito se ističe industrijska začinska paprika. Bojene materije koje se nalaze u paprici po hemijskom sastavu pripadaju karotenoidima, u vodi nerastvorljivim plastidnim pigmentima. U boji ploda paprike učestvuje veći broj karotenoida. Najznačajniji su karoteni crvene boje kapsantin i kapsorubin, preostali su pretežno žute boje i nemaju veću ulogu u stvaranju boje ploda. Sinteza karotenoida je naročito intenzivna u toku sazrevanja i naknadnog dozrevanja ploda. U to vreme se postepeno povećava njihov sadržaj, dok se udeo hlorofila smanjuje. U plodu paprike nalaze se i rastvorljivi pigmenti, koji se nalaze u ćelijskom soku, flavoni, antocijani, flavanoli i dr.

Kalijum povoljno utiče na sintezu bojениh materija ne samo kod začinske paprike, nego i kod paradajza, cvekle, mrkve, crvenog kupusa, rotkve i drugog povrća. Kalijum utiče na sadržaj karotenoida, a na koji način – to još nije potpuno razjašnjeno. Kod paradajza pojavu zelene boje oko osnove ploda (zelena kragna) ili zelenih pega (što u značajnoj meri smanjuje njegovu tržišnu vrednost) podstiče nedostatak kalijuma. Do ove pojave dolazi kada je sadržaj za biljke pristupačnog kalijuma u zemljištu, odnosno hranljivom supstratu, manji od 200 ppm. Prema Hartz et al. (2005) fertigacija kalijumom smanjila je pojavu žute boje oko osnove ploda i pojavu belog tkiva u plodu paradajza, ali nije uticala na sadržaj suve materije i boju soka. Najznačajnija bojena materija ploda paradajza je likopen. Li et al. (2006) su utvrdili povoljno dejstvo povećanja obezbeđenosti biljaka kalijumom na koncentraciju likopena u plodu paradajza. Bajaj (1989) u svom preglednom radu navodi povoljno dejstvo kalijuma na boju paradajza i mrkve, a Terbe et al. (2002) povoljno dejstvo kod crvenog kupusa.

UTICAJ KALIJUMA NA SKLADIŠTENJE POVRĆA

Kalijum povoljno utiče i na skladištenje povrća. On povećava sadržaj suve materije u proizvodu i smanjuje odavanje vode u toku skladištenja, povećavajući osmotski pritisak ćelija, čime se smanjuje gubitak u masi i čuva svežina proizvoda. Kalijum podstiče sintezu celuloze i hemiceluloze i time obrazovanje ćelijskog zida. Povećava debljinu ćelijskog zida epidermalnih ćelija čime doprinosi većoj čvrstoći proizvoda i otpornosti prema mehaničkom delovanju i nekim patogenima.

Krtole krompira dobro obezbeđenih kalijumom su čvršće što je veoma značajno za njihovo skladištenje, pretovar i transport. U mesnatom delu krtola biljke krompira dobro obezbeđene kalijumom ne dolazi do promene boje u toku skladištenja ili ako ipak dođe, tada je to u manjoj meri. Osim

toga, kalijum smanjuje intenzitet disanja i time potrošnju, pre svega prostih šećera u toku skladištenja krtola. Prema Perrenoud (1993) pri đubrenju sa 100 kg K_2O /ha gubitak pri skladištenju krtola krompira iznosio je 5,6%, a kod kontrole 20,3%. Prema pomenutom autoru kalijum smanjuje gubitke u toku skladištenja smanjenjem aktivnosti enzima katalaze i peroksidaze. Sharma i Sud (2001) navode da je pri upotrebi 150 kg K_2O /ha smanjeno klijanje krtola, a gubitak u masi iznosio je 9% u odnosu na kontrolu gde je bio znatno veći 22%.

Sa stanovišta transporta i skladištenja značajna je i čvrstoća proizvoda. Utvrđeno je da primena kalijuma povećava čvrstoću ploda kod dinje (Lester et al., 2006) i kod paradajza (Chapagain i Wiesman, 2004), povećanjem turgora tkiva. Utvrđena je pozitivna korelacija između koncentracije soka tkiva, turgora i čvrstoće i kod krtola krompira (Berlinger et al., 1983). U uslovima nedovoljne obezbeđenosti kalijumom dolazi do pucanja pokožice ploda paradajza, što umanjuje mogućnost njegovog čuvanja.

Kod krastavca se, nakon konzerviranja, često primećuje gubljenje čvrstoće. To može da ima više razloga: genotip, nepovoljno čuvanje i nepažljiva manipulacija između berbe i prerade, jednostrano đubrenje visokim dozama azota, nedovoljna obezbeđenost fosforom i kalijumom, a pre svega nepovoljan odnos N:K pri đubrenju.

Plodovi paprike biljaka preobilno jednostrano đubrenih kalijumom nakon berbe brzo gube svežinu čime se smanjuje njihova skladišna sposobnost čuvanja (Gvozdenović, 2010). U uslovima nedostatka kalijuma plodovi paprike ostaju sitni i često su deformisani. Preobilnim đubrenjem kalijumom ograničava se usvajanje kalcijuma što za posledicu može imati pojavu vršne truleži na plodovima (Matotan, 2002).

Utvrđeno je da kalijum povoljno utiče i na dozrevanje crnog luka, pri čemu nije utvrđena razlika između delovanja kalijum-hlorida i kalijum-sulfata. Kalijum povoljno utiče i na čvrstoću glavica kupusa, poboljšava skladišnu sposobnost kelja, kelerabe i kupusa. U uslovima nedostatka kalijuma kod kelja pupčara glavičurci su sitniji, imaju gorak ukus i lošije osobine pri kuvanju (Terbe et al., 2002).

UTICAJ KALIJUMA NA TOLERANTNOST BILJAKA PREMA ABIOTIČKIM I BIOTIČKIM ČINIOCIMA STRESA

Biljke u toku rasta i razvića mogu da budu izložene brojnim ekstremnim činiocima koji izazivaju stresno stanje, koje kod biljaka izaziva promene koje odstupaju od normalnog stanja (Krstić et al. 2008, Stikić i Jovanović, 2012). Stresno stanje kod biljaka mogu da izazivaju antropogeni činioci (zagađenja i dr.) i prirodni, ekološki činioci. Od prirodnih činilaca kod gajenih biljaka stresno stanje najčešće izazivaju nedostatak vode i ekstremne temperature. Čovek je u stanju da donekle ublaži štetno, nepoželjno stanje (stres) izazvan ekološkim činiocima povećanjem prirodne, nasleđene tolerantnosti biljaka. Jedna od mogućnosti jeste obezbeđivanje optimalnih uslova za rast i razviće, npr. odgovarajućim agrotehničkim merama ili obezbeđivanjem optimalnih ekoloških uslova. Biljke gajene u optimalnim uslovima ispoljavaju veću tolerantnost prema činiocima stresa. U brojnim istraživanjima je utvrđeno da optimalna mineralna ishrana biljaka, naravno i ishrana kalijumom, može da ublaži nepovoljno dejstvo nekih ekoloških i antropogenih činilaca na rast i razviće biljaka.

Čakmak (2005) navodi da biljke koje su izložene uticaju suše, niskih ili visokih temperatura, visokom intenzitetu svetlosti ili nedostatku neophodnih elemenata trpe oksidativna oštećenja od reaktivnih vrsta kiseonika kao što su hidroksil radikal ($\text{OH}\cdot$), vodonikperoksid (H_2O_2), superoksid radikal ($\text{O}_2^{\cdot-}$). U uslovima stresa životnu aktivnost biljaka ograničavaju reaktivne vrste kiseonika, koje pretežno nastaju u toku fotosintetičkog transporta elektrona i pri aktivaciji za membranu vezane NAD(P)H-oksidadaze. Prema pomenutom autoru, postoje činjenice koje ukazuju da dobra obezbeđenost biljaka kalijumom smanjuje nastajanje reaktivnih vrsta kiseonika. Nedostatak kalijuma značajno smanjuje fotosintetičku fiksaciju ugljen-dioksida, što ima za posledicu nastajanje viška elektrona u procesu fotosinteze usled čega se povećava obrazovanje reaktivnih vrsta kiseonika, a kao rezultat povećanog prenosa elektrona na O_2 . Utvrđeno je da u uslovima nedostatka kalijuma, u ćelijama korena pasulja, dolazi do višestrukog povećanja kapaciteta za oksidaciju NAD(P)H i nastajanje od NADPH zavisnog $\text{O}_2^{\cdot-}$.

ULOGA KALIJUMA U TOLERANTNOSTI BILJAKA PREMA ABIOTIČKIM ČINIČIMA STRESA

Značaj kalijuma u tolerantnosti biljaka prema suši

Do nedostatka vode u biljkama dolazi ako je njeno usvajanje manje od odavanja. Razlog ograničenog usvajanja vode može da bude nedovoljna količina za biljke pristupačne vode u zemljištu, mraz, visoka koncentracija soli u zemljištu, nedovoljno razvijen korenov sistem i dr. Za stresno stanje izazvano nedostatkom vode je svojstveno da nastaje postepeno, i da se simptomi, zavisno od dužine trajanja, postepeno pojačavaju.

Smanjenje vodnog potencijala različito se odražava na pojedine životne procese biljaka. Prvi znak je opadanje turgora i time smanjenje rasta izduživanjem. Rast izduživanjem je ograničen već pri smanjenju vodnog potencijala za 0,1 MPa, a fotosinteza, disanje, nakupljanje šećera pri smanjenju vodnog potencijala za oko 2 MPa (Láng et al., 1998). Dejstvo smanjenja turgora se različito odražava na rast pojedinih organa biljaka zavisno od faze rasta u kojoj se javlja. Smanjenje turgora u ranijim fazama rasta smanjuje lisnu površinu, što se nepovoljno odražava na produktivnost fotosinteze. U kasnijim fazama smanjuje se broj cvetova, obazovanje i nalivanje semena i ubrzava sazrevanje plodova, što se negativno odražava na visinu prinosa. Soli kalijuma su veoma važni osmotici u ćelijama listova kod većine glikofita, što ukazuje na njihovu značajnu ulogu u obrazovanju i održavanju turgorovog pritiska. Značaj dobre obezbeđenosti biljaka kalijumom u uslovima suše ogleda se i u činjenici da je difuzija kalijuma u nedovoljno vlažnom zemljištu do površine korena sporija, a istovremeno se smanjuje izduživanje korena, što u celini u velikoj meri ograničava usvajanje kalijuma.

Nedostatak vode odražava se na i strukturu i funkciju ćelijskih membrana, a time i na ultrastrukturu ćelije. Blagi nedostatak vode narušava strukturu mikrotela usled čega u citoplazmu dospevaju hidrolitički enzimi (lipaze i proteaze) koji narušavaju integritet membrana drugih ćelijskih organela. Do oštećenja mitohondrija i hloroplasta dolazi tek pri većem vodnom deficitu. Kalijum ima značajnu ulogu u održavanju integriteta ćelijskih organela. Na to ukazuje, pored ostalog, i visok sadržaj kalijuma u hloroplastima, koji se kreće od 100 do 300 mM. Kod spanaća se više od polovine kalijuma u listu nalazi u hloroplastima (Schröppel-Meier i Kaiser, 1988).

Nedostatak vode ima za posledicu zatvaranje stominih otvora, što dovodi do smanjenja koncentracije ugljen-dioksida u međućelijskim prostorima i time do pada intenziteta fotosinteze i povećanja fotooksidacije. Smanjenje turgora dovodi do promene permeabilnosti spoljašnje mem-

brane hloroplasta, usled čega se menja pH vrednost hloroplasta i koncentracija jona, a to se posredno odražava na aktivnost Rubisca. Stres izazvan sušom dovodi i do degradacije hlorofila, smanjenja količine proteinkompleksa koji vezuju hlorofil i time se remeti apsorpcija svetlosti i transport elektrona kroz PSII. Kalijum ima značajnu ulogu u mehanizmu otvaranja i zatvaranje stominih otvora i time utiče na ukupnu stomatenu transpiraciju. Na to, pored ostalog, ukazuje visok sadržaj kalijuma u stomama, koji se kreće oko 500 mM. Otvaranje stoma omogućava nakupljanje kalijuma u ćelijama zatvaračicama, a njegovo izlaženje iz njih dovodi do zatvaranja otvora. Kalijum utiče i na kutikularnu transpiraciju. On pozitivno utiče na obrazovanje kutikule i time na smanjenje odavanja vode preko kutikule. Kalijum svojim uticajem na pokrete ćelija zatvaračica stoma utiče značajno na odavanje vode i obrazovanja osmotskog potencijala ćelija (Talboltt i Zeiger, 1996). Zbog toga kalijum ima značajnu ulogu u vodnom režimu biljaka, posebno u uslovima vodnog stresa.

Nedostatak vode utiče i na metabolizam azota. U uslovima vodnog stresa sporiji je transport azota iz korena u listove, a u korenu dolazi do nakupljanja nitrata i amonijuma. Nedostatak vode intenzivira hidrolizu proteina i smanjuje njihovu sintezu, usled čega dolazi do povećanja sadržaja slobodnih amino-kiselina. Sinteza nekih amino-kiselina se povećava, kao na primer prolina i betaina. Kalijum ima značajnu ulogu pri usvajanju, ascendentnom transportu i redukciji nitratnog jona (Förster i Jeschke, 1993), a utiče i na biosintezu proteina (Koch i Mengel, 1974) čime može da ublaži nepovoljno dejstvo nedostatka vode na usvajanje i metabolizam azota.

U uslovima nedostatka vode sadržaj prostih šećera se u nekim tkivima biljaka povećava, pošto se skrob u hloroplastima razgrađuje. Razgradnja skroba je karakterističan znak nedostatka vode. Istovremeno dolazi i do smanjene translokacije ugljenih hidrata, kao rezultat promene odnosa centara stvaranja i potrošnje asimilata. Kalijum podstiče aktivnost sintetaze skroba i transport asimilata u floemu iz centara stvaranja u centre potrošnje, na osnovu čega može da se pretpostavi da kalijum može da ublaži nepovoljno dejstvo vodnog stresa na promet ugljenih hidrata.

Smatra se da biljke izložene stresu izazvanom ekološkim činiocima imaju veću potrebu za kalijumom. Na to ukazuje činjenica da se kod biljaka nedovoljno obezbeđenih kalijumom u uslovima suše dodatno povećava nastajanje reaktivnih vrsta kiseonika, a istovremeno dolazi do poremećaja u procesima u kojima kalijum ima značajnu ulogu u otvaranju stoma, vodnom režimu i fotosintezi. U uslovima suše dolazi do intenzivnog izlaženja kalijuma iz hloroplasta što dodatno smanjuje fotosintezu (Sen Gupta i Berkowitz (1987).

Kalijum preko svoje višestruke uloge u životnim procesima biljaka, a pre svega putem njegovog uticaja na fotosintezu, može da ublaži nepovolj-

no dejstvo suše. U prirodi nedostatak vode često prati i nepovoljno dejstvo visokih temperatura zbog čega je ponekad teško razgraničiti njihovo pojedinačno delovanje.

Kalijumom indukovana tolerantnost biljaka prema niskim temperaturama

Da bi biljke mogle da podnesu nepovoljno dejstvo niskih temperatura i mraza neophodno je da prođu period kaljenja. U toku kaljenja u ćelijama se odigravaju složene fiziološko-biohemijske promene koje obezbeđuju zaštitu ćelija od smrzavanja. U prvoj fazi kaljenja skrob se hidrolitički razlaže do šećera, čija je osnovna funkcija zaštita protoplazme od koagulacije na negativnim temperaturama. Istovremeno, proteini prelaze u prostije strukturne oblike, u kojima su otporniji prema denaturaciji. Uopšteno se može reći da u prvoj fazi kaljenja, usled aktivacije hidrolitičkih enzima, dolazi do nakupljanja niskomolekularnih, osmotski aktivnih organskih materija. U prvoj fazi kaljenja sadržaj šećera u biljkama, obračunat na suhu materiju, može da dostigne 25 do 30%. Povećanje koncentracije osmotski aktivnih materija u ćelijama snižava tačku smrzavanja citoplazme. Prema tome, jedan od značajnih preduslova za uspešno proticanje kaljenja je nakupljanje dovoljnih količina produkata fotosinteze, u čemu kalijum može da ima značajnu ulogu.

U toku kaljenja dolazi i do promene u metabolizmu nukleinskih kiselina. Uočeno je da se u toku kaljenja značajno povećava sadržaj rastvorljivih proteina, kao i da dolazi do promena u sadržaju RNK, rRNK, populaciji mRNK i veličini polizoma.

Enzimski sistem biljaka je osetljiviji na dejstvo visokih nego niskih temperatura. Postoje izuzeci, kao npr. K^+ -ATP^{aza}, čija smanjena aktivnost u uslovima niskih temperatura ima za posledicu odavanje (izlučivanje) kalijuma iz biljaka.

U uslovima niskih temperatura dolazi i do smanjenja sadržaja slobodne, a povećanja sadržaja vezane vode. Dehidracija protoplazme u uslovima niskih temperatura deluje na sličan način kao suša.

Imajući u vidu da kalijum povoljno utiče na fotosintezu i transport asimilata (Peoples i Koch, 1979), na metabolizam nukleinskih kiselina (Cocucci et al., 1988) i na sposobnost tkiva biljaka da zadržavaju vodu (Scherer et al., 1982), opravdano je smatrati da dobra obezbeđenost kalijumom doprinosi uspešnom kaljenju biljaka.

Nepovoljno dejstvo negativnih niskih temperatura na biljke može da se svede na dve osnovne pojave: obrazovanje leda u ćelijama i promena fizičko-hemijskih osobina ćelijskih membrana. Pod uticajem negativnih temperatura membrane gube selektivnu permeabilnost i sposobnost za

aktivan transport jona, dolazi do degradacije fosfolipida i do bočnog pomeranja proteina u membranama, usled čega se menja njihov raspored u membranama. U toku kaljenja dolazi i do povećanja udela masnih kiselina sa 1-3 nezasićene veze u ćelijskim membranama, zbog čega one prelaze u semikristalno stanje na nižoj temperaturi. Povećanje udela nezasićenih masnih kiselina u membranama, kao što je linolenska (18:3), u odnosu na linolnu (18:2), doprinosi većoj stabilnosti membrana i time većoj otpornosti prema niskim temperaturama i mrazu. Uloga kalijuma u promeni odnosa nezasićenih i zasićenih masnih kiselina nije poznata.

Postoji mišljenje da u uslovima stresa, izazvanog niskom temperaturom, apsorbovana svetlosna energija prevazilazi kapacitet hloroplasta za fiksaciju ugljen-dioksida. Preostala energija se koristi za aktivaciju O₂ u reaktivne kiseonične vrste, koje oštećuju ćelije u uslovima niskih temperatura (Lee i Lee, 2000).

Brojni autori su do sada utvrdili povoljno dejstvo kalijuma na otpornost biljaka prema niskim temperaturama i mrazu kod vinove loze (Eifert i Eifert, 1976), zelene duglazije (daglasova jela) (Larsen, 1976), krompira (Grewald i Singh, 1980) (Tab. 69), paradajza, paprike i patlidžana (Hakerlerler et al., 1997). Pored toga, kalijum može da ublaži nepovoljno dejstvo većih doza azota na otpornost biljaka prema mrazu (Tab. 70). Naime, u slučaju obilne ishrane azotom, veći deo fotosintata koristi se za sintezu azotnih jedinjenja, usled čega se smanjuje sadržaj šećera u ćelijama i time njihova otpornost prema mrazu.

Na osnovu do sada stečenih saznanja o otpornosti biljaka prema niskim temperaturama i mrazu, smatra se da se neposredno i posredno dejstvo kalijuma na tolerantnost biljaka prema pomenutom činiocu zasniva na: 1) povoljnom uticaju na turgor ćelija, 2) regulaciji osmotskog pritiska, 3) povećanju otpornosti prema dehidrataciji, 4) fotosintezi, 5) povećanju sadržaja šećera, lipida i katjona. Pored navedenog, smatra se da dobra obezbeđenost kalijumom smanjuje oksidativna oštećenja izazvana niskim temperaturama.

Tab. 69. Uticaj kalijuma na tolerantnost krompira prema mrazu (Grewald i Singh, 1980)

Doze K (kg/ha)	Sadržaj K u listovima mg/g suve m.	Oštećeni listovi od mraza (%)
0	24,4	30
42	27,6	16
84	30,0	7

Tab. 70. Uticaj različitih koncentracija i odnosa N, P i K na tolerantnost ozime pšenice prema niskim temperaturama (Sarić i Kastori, 1965)

Koncentracija i odnos N, P i K u hranljivom rastvoru	Sadržaj redukujućih šećera	Sadržaj sirovih proteina	Preživele biljke (%)
	u % u suvoj materiji		
$N_{0,25} P_{0,25} K_{0,25}$	5,24	17,80	90,29
$N_1 P_1 K_1$	4,22	23,01	84,32
$N_{1,75} P_{1,75} K_{1,75}$	2,43	25,07	59,10
$N_{0,25} P_1 K_1$	4,99	17,05	93,71
$N_{1,75} P_1 K_1$	2,17	24,21	10,33

Uloga kalijuma u povećanju otpornosti prema poleganju useva

Poleganje useva može u značajnoj meri da smanji i oteža ubiranje prinosa i da pogorša njegov kvalitet. U ekološkim uslovima Srbije do poleganja najčešće dolazi kod strnih žita i kukuruza. Brojni ekološki činioci mogu da prouzrokuju poleganje useva: jaki vetrovi, preterana vlažnost, nedovoljna osvetljenost i dr. Pored toga, i neki patogeni mogu da doprinose poleganju useva. Pojedini genotipovi ispoljavaju različitu predispoziciju prema poleganju zavisno od visine i građe i razvijenosti mehaničkih tkiva stabla. Preterana i neizbalansirana primena azotnih đubriva, zajedno sa kalijumovim i fosfornim đubrivima, kao i visoke doze tečnog ili čvrstog stajnjaka bogatog azotom, mogu takođe da izazovu poleganje useva. Preobilna ishrana azotom smanjuje stvaranje potpornih, skeletnih supstanci, mehaničkog tkiva.

Brojni autori su u prošlosti utvrdili povoljno dejstvo kalijuma na otpornost biljaka prema poleganju lana (Košeleva, 1965) i kukuruza (Fisher i Smith, 1960, Arnold et al., 1974). Čvrstoća stabla žitarica, kukuruza i dr. u značajnoj meri zavisi od ugrađivanja potpornih supstanci lignina i celuloze u mehanička tkiva stabla. U uslovima nedostatka kalijuma smanjuje se poprečni presek stabla, a pri jakom nedostatku lome se i lisne drške. Prema Pissarek i Finck (1972), u uslovima nedostatka kalijuma kod kukuruza smanjuje se veličina snopa provodnih sudova, poprečni presek traheja i debljina spoljašnjeg sklerenhimskog prstena. Smatra se da pomenute promene u anatomskoj građi mogu da posluže za identifikaciju latentnog nedostatka kalijuma. Udeo lignina u ćelijaskom zidu može da iznosi i do 25%, a u ćelijama koje učestvuju u izgradnji drvenastog dela i znatno više

(od 50 do 80%). Ugradnja lignina u interfibrilarne pukotine sekundarnog ćelijskog zida doprinosi čvrstoći i otpornosti ćelija prema pritisku i savijanju. Kalijum povoljno utiče na stvaranje ugljenih hidrata, uključujući celulozu i lignin. Na to ukazuju i rezultati istraživanja Kostić (1975) koji je utvrdio povećanje sadržaja celuloze u stablu pšenice sa povećanjem doza i udela kalijuma prilikom đubrenja pšenice. Istovremeno se povećala i otpornost pšenice prema poleganju (Tab. 71).

Tab. 71. Poleganje pšenice u periodu od početka klasanja do početka voštanog zrenja (%) pri primeni različitih doza i odnosa mineralnih đubriva (Kostić, 1975)

Varijante *kg/ha	14. maj	24. maj	5. juni	20. juni
0	-	-	-	-
N ₅₀ P ₄₀	-	-	10	20
N ₅₀ K ₁₀₀	-	-	-	-
P ₄₀ K ₁₀₀	-	-	-	-
N ₁₀₀ P ₈₀	-	20	40	50
N ₁₀₀ K ₂₀₀	-	-	10	15
N ₂₀₀ P ₁₆₀	30	50	80	100
N ₂₀₀ K ₄₀₀	-	-	20	35
N ₃₀₀ P ₂₄₀	85	100	100	100
N ₃₀₀ K ₆₀₀	-	15	30	65

*N, P₂O₅, K₂O

Visoka obezbeđenost kalijumom smanjila je prelamanje stabla kod belog karanfila (Yermiyahu i Kafkafi, 2009). Utvrđeno je da primena CCC u cilju smanjenja visine stabla, a time i poleganja, ne može da zameni uticaj kalijuma na obrazovanje potpornih supstanci, mehaničkog tkiva i time na ukupnu čvrstoću stabla. Kalijum može i posredno da utiče na čvrstoću stabla time što smanjuje pojavu bolesti stabla kao što je trulež stabla kukuruza.

S obzirom na čvrstoću stabla, mogu se razlikovati dve grupe biljaka: drvenaste i zeljaste. Drvenaste biljke imaju čvrsto stablo, sa mnogo mehaničkog tkiva. Njivske biljke spadaju u zeljaste biljke, koje se, takođe, odlikuju prisusutvom mehaničkog tkiva. Kod njivskih biljaka čvrstoći stabla i drugih organa doprinosi i turgorov pritisak u čijem obrazovanju značajnu ulogu ima i kalijum.

Uloga kalijuma u ublažavanju efekata sonog stresa

Visoka koncentracija soli u zemljištu ograničava biljnu proizvodnju u mnogim regionima sveta zato što ograničava porast gajenih biljaka (Romero-Aranda et al., 2001; Ghoulam et al., 2002). Vegetacija se skraćuje, remeti vodni režim biljaka i usvajanje i distribucija neophodnih elemenata i u poljskim i u polukontrolisanim uslovima (Maksimović et al., 2008; Maksimović et al., 2010). Tipični predstavnici halomorfniha zemljišta (halos – so) se kod nas nalaze na oko 148.000 ha, a sem izrazitih slatina, na našim prostorima su zastupljena i slatinasta zemljišta na oko 86.000 ha. Pored visoke koncentracije soli, ova zemljišta se odlikuju i visokom pH vrednošću. Hloridni i sulfatni solončaci imaju pH vrednost do 8,7 odnosno 9, dok sodni solončaci imaju vrlo izrazitu alkalnu reakciju, i do 10,3 pH (Miljković, 1996). Ova zemljišta nastanjuju ili se na njima mogu gajiti samo biljne vrste i/ili genotipovi koji se odlikuju većom otpornošću prema visokim koncentracijama soli i visokoj pH vrednosti.

Zaslanjena zemljišta često sadrže srednje do visoke količine pristupačnog kalijuma (Sharma et al., 1968), ali prilikom popravke zemljišta putem ispiranja može da dođe do gubitka K, što smanjuje količinu kalijuma dostupnog biljkama (Torres i Bingham, 1973). Kalijum i natrijum imaju slične fizičke i hemijske osobine. Ponašaju se kao antagonisti pri usvajanju, a natrijum može da zameni kalijum u nekim, pre svega nespecifičnim, fiziološkim funkcijama i to kod natrofilnih biljaka. U principu, biljke u uslovima velike zaslanjenosti pokazuju znake nedostatka K usled antagonističkog delovanja Na^+ i Ca^{2+} na apsorpciju K^+ i/ili na poremećen Na^+/K^+ ili $\text{Ca}^{2+}/\text{K}^+$ odnos (slika iz rada Maksimović et al., 2010 CEJB). U ogleđima sa ječmom utvrđeno je da se soni stres izazvan natrijum-hloridom može ublažiti povećanom primenom kalijuma. Primena kalijuma povećala je svežu masu biljaka, usvajanje azota i ugrađivanje ^{15}N u proteine (Helal i Mengel, 1979). Chow et al. (1990) su u svojim ispitivanjima, takođe, utvrdili povoljno dejstvo kalijuma na tolerantnost prema sonom stresu. Na osnovu do sada stečenog znanja smatra se da se primenom kalijumovih đubriva može povećati tolerantnost biljaka prema sonom stresu, pri čemu se prednost daje upotrebi đubriva kod kojih je aktivna materija kalijum-sulfat. Ipak, suvišak natrijuma može da prouzrokuje smanjenje koncentracije kalijuma u biljkama. Dokazano je da povećane koncentracije Na^+ blokiraju AKT1 (kanal koji služi za usvajanje K^+) i tako smanjuju usvajanje K^+ . Inhibitorski efekat Na^+ na transport K^+ kroz kanale u membranama je verovatno značajniji u fazi usvajanja iz zemljišnog rastvora nego u fazi transporta K^+ u ksilem (Qi i Spadling, 2004). Stepem tolerantnosti biljaka prema zaslanjenosti je veći ako one poseduju efikasniji sistem za selektivno usvajanje K^+ umesto Na^+ (Ashraf, 2004). Tako, na primer, ječam tolerant-

niji prema solima održava koncentraciju Na^+ u citosolu 10 puta nižom od osetljivijeg genotipa (Carden et al., 2003). Mera u kojoj kalijum može da bude zamenjen natrijumom u jestivim delovima gajenih biljaka se kreće između 1% u pšenici (*Triticum aestivum* L.) do 90% u cvekli (*Beta vulgaris* L.) (Subbarao et al., 2000). Uočeno je da tolerantnost genotipova pšenice prema prisustvu različitih koncentracija izmenljivog natrijuma u zemljištu zavisi od sposobnosti nakupljanja kalijuma. Naime, kod genotipa koji se odlikovao većom tolerantnošću, odnos koncentracije Na/K u stablu u fazi vlatanja je bio manji nego kod osetljivog genotipa (Joshi, 1980). Uočeno je da se biljke osetljive na soni stres odlikuju malim kapacitetom za usvajanje kalijuma (Borsani et al., 2001). Soni stres menja odavanje kalijuma preko ćelija korena. Čelije tolerantnih genotipova sposobne su da održe internu koncentraciju kalijuma uprkos visokoj eksternoj koncentraciji soli. Pored toga, uočeno je da je u uslovima visoke koncentracije soli transport kalijuma u nadzemni deo biljke smanjen (Maksimović et al., 2010).

U novije vreme zastupa se mišljenje da genotipovi tolerantni na prisustvo veće koncentracije soli reaguju aktiviranjem antioksidantnog zaštitnog sistema za detoksifikaciju reaktivnih kiseoničnih vrsta (Hernandez et al., 2000). Stoga se smatra da optimalna ishrana biljaka kalijumom u uslovima sonog stresa može da bude značajna za smanjenje oksidativnog oštećenja ćelija usled smanjenja obrazovanja reaktivnih kiseoničnih vrsta tokom fotosinteze i inhibicije aktivacije O_2^- -generatora (NADPH oksidaze).

Zaštitno dejstvo kalijuma od fotodestruktivnog delovanja sunčeve radijacije

U letnjim danima jačina svetlosti dostiže vrlo visoku vrednost, i preko 100.000 luksa. U toku vegetacije, prosečna količina svetlosti iznosi oko 35.000 luksa. Pri vedrom sunčanom danu udeo direktnog zračenja iznosi od 70 do 90%, a difuznog od 10 do 30%. Pojedine gajene vrste zahtevaju različit intenzitet osvetljenja, a u pogledu iskorišćavanja svetlosti one se takođe nejednako ponašaju. Tako se navodi da su za pojedine biljne vrste potrebni sledeći nivoi osvetljenosti pri kojima se biljka normalno razvija (izraženo u luksima, lx): grašak 3.000, pasulj 7.000, rotkva 10.000, duvan 8.000, kukuruz 25.000. Iz navedenih podataka se vidi da jačina svetlosti u letnjim danima premašuje optimalne vrednosti, koje biljke nisu u stanju da iskoriste. Višak apsorbirane svetlosne energije može da prouzrokuje niz štetnih posledica: povredu membranskih sistema u ćeliji, pre svega tilakoida, razaranje hlorofila, inaktivaciju enzima i dr.

U normalnim prilikama preko 20% od ukupnog fotosintetičkog protoka elektrona prenosi se na O_2 , čijom nepotpunom redukcijom nastaju toksični oblici kiseonika: superoksid (O_2^-), vodonik peroksid (H_2O_2) i hi-

droksil radikal ($\text{OH}\cdot$). Ovi štetni radikali nastaju prenosom elektrona sa ferredoksina (Fd) na O_2 ili neposrednom interakcijom O_2 sa pobuđenim molekulom hlorofila. U biljkama postoje različiti zaštitni mehanizmi od negativnog dejstva jake insolacije, koji pre svega štite hlorofil od degradacije, i to su: toplotno izračivanje, luminiscencija, aktivacija reverzibilnog ciklusa ksantofila (violaksantin \leftrightarrow zeaksantin), aktivacija antioksidantnih enzima (katalaza, peroksidaza, superoksid-dismutaza) (Stanković et al., 2006).

Biljke nedovoljno obezbeđene kalijumom veoma su osetljive na povećanje intenziteta svetlosti. Postoje brojni podaci koji ukazuju da visok intenzitet svetlosti u uslovima stresa izazvanim nekim drugim činiocem veoma brzo izaziva hlorozu i nekrozu. Uočeno je da u uslovima nedovoljne obezbeđenosti kalijumom visok intenzitet svetlosti izaziva nekrozu, dok se pri niskom intenzitetu svetlosti nekroza ne uočava (Marschner i Cakmak, 1989). Povećanje intenziteta hloroze na listovima pri nedostatku kalijuma praćeno je povećanjem aktivnosti enzima uključenih u detoksifikaciju vodonik peroksida (askorbat peroksidaza) i korišćenjem vodonik peroksida u oksidativnim procesima (gvajakol peroksidaza) (Cakmak, 1994). Povećana obezbeđenost biljaka kalijumom u uslovima visokog intenziteta svetlosti potrebna je za bolje iskorišćavanje apsorbovane svetlosne energije u procesu asimilacije ugljen-dioksida i transporta fotosintata na mesta njihove potrošnje (Cakmak, 2005).

ULOGA KALIJUMA U TOLERANTNOSTI BILJAKA PREMA BIOTIČKIM ČINIOCIMA STRESA

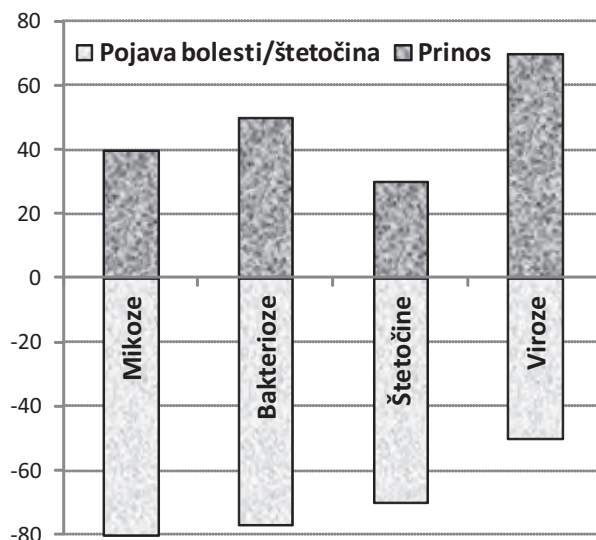
Da bi produktivnost povrtarskih kultura bila što veća, neophodno je istovremeno proučavati ishranu biljaka, otpornost prema bolestima, plodosmenu, kontrolu korova i insekata. Mnoge metode za kontrolu pojave i širenja bolesti, kao što su plodosmena, đubrenje organskim đubrivima i zaoravanje žetvenih ostataka, podešavanje pH vrednosti zemljišta, oranje i navodnjavanje deluju na pojavu bolesti time što utiču na interakcije između hraniva u zemljištu. Ove agrotehničke mere direktno povećavaju pristupačnost hraniva za biljke ili ih indirektno čine pristupačnijim za biljke preko svog uticaja na ukupnu biološku aktivnost zemljišta. Sa promenama u agrotehnici, npr. načinu obrade zemljišta, ili primenom samo jedne vrste herbicida, dolazi i do promena u ishrani biljaka i istovremeno do povećanja obolevanja od uobičajenih bolesti, ali i do pojave novih. Veća dostupnost i primena mineralnih đubriva je omogućila iskorenjivanje mnogih bolesti kroz povećanu otpornost biljaka, izbegavanje zaraze ili promene patogenosti izazivača bolesti (Čamprag, 2002).

Po pravilu, uticaj mineralne ishrane na otpornost biljaka je relativno mali kod veoma otpornih i veoma osetljivih sorti (genotipova), ali je ve-

ma velik kod umereno osetljivih ili delimično otpornih genotipova povrća. Ipak, korelacija između obezbeđenosti biljaka hranivima, pa i kalijumom, i podložnosti biljaka napadu štetočina i infekcijama ne može da se uopšti. Obično, tzv. „izbalansirana” mineralna ishrana, koja obezbeđuje harmoničan rast i razviće biljaka, smatra se optimalnom i za otpornost (Marschner, 1995). Takva idealna situacija nije uvek pravilo, i u nekim slučajevima postoji obrnuta korelacija, tj. pojava da hranljivi element smanjuje otpornost biljaka prema štetočinama i prouzrokovateljima infekcije, kao što može da se vidi u Tabelama 72, 73 i 74. U takvim slučajevima se ispoljava inverzan odnos između obezbeđenosti hranivima sa jedne, i pojave bolesti ili oštećenja od strane štetočina sa druge strane. Iz ovoga bi se moglo zaključiti da biljke koje su optimalno snabdevene hranljivim elementima imaju najveću otpornost prema bolestima, a da otpornost opada sa promenom nivoa obezbeđenosti u odnosu na optimalnu. Kada se radi o tolerantnosti, vlada pravilo da kod biljaka koje pate od nedostatka nekih elemenata tolerantnost prema štetočinama i parazitima opada, a dodavanjem elementa koji je u nedostatku tolerantnost može da se poveća. Ovakav odnos se zasniva na činjenici da biljke koje rastu brzo (koje imaju veliki vigor) obično imaju veći kapacitet za prevazilaženje, npr. gubitaka produkata fotosinteze ili površine listova i korena usled infekcije ili napada štetočina.

Na osnovu analize 2450 literaturnih navoda, Perrenoud (1990) navodi da je korišćenje K smanjilo pojavu gljivičnih bolesti biljaka u 70%, bakterijskih 69%, insekata i moljaca 63% i virusa u 41% slučajeva (Sl. 16).

Sl. 16. Uticaj kalijuma na povećanje prinosa i pojavu bolesti i štetočina na biljkama (u procentima, Perrenoud, 1990).



Kalijum i bolesti povrća

Bolesti povrća mogu značajno da ograniče postizanje visokih prinosa dobrog kvaliteta. Genetski izvori otpornosti biljaka prema bolestima su omogućili stvaranje genotipova koji mogu da se gaje i na mestima gde bi zbog raširenosti izvora zaraza proizvodnja bila neprofitna. Ipak, dobra obezbeđenost hranljivim elementima je neophodna kako bi genetička otpornost koju biljke poseduju mogla da se ispolji. To je značajan način za kontrolu mnogih uobičajenih bolesti za koje genetska otpornost ne postoji. Simptomi bolesti često zapravo odražavaju promene u koncentraciji hraniva u biljci i zato je veoma često teško jasno razlikovati stvarni doprinos uticaja biotičkih i abiotičkih činilaca na razvoj i težinu bolesti. Hraniva koja se nakupljaju oko mesta infekcije, kao i elementi koji se nakupljaju u hiperplazijama koje prouzrokuju neke bakterije, gljive i nematode, biljke ne mogu da koriste u svom metabolizmu. Patogeni mikroorganizmi u osnovi smanjuju pristupačnost neophodnih elemenata za biljke, ometaju njihovo usvajanje, transport i uključivanje u metaboličke procese. Smanjen rast korena, usled pojave nekroza, može direktno da ugrozi usvajanje hranljivih elemenata, može da učini biljke osetljivijim na razvoj većih infekcija ili na napade drugih patogena. Poremećaji u funkcionisanju provodnog tkiva ili promene u propustljivosti membrana mogu da izazovu sistemski ili lokalni nedostatak hraniva. Povećana propustljivost ćelijskih membrana može da prouzrokuje gubitak hraniva izlučivanjem iz korenovog sistema. Izlučivanje elemenata preko listova može i da privuče patogene ili da poveća infekciju.

Ishrana biljaka utiče na sve činioce koji utiču na intenzitet oboljevanja biljaka (Sl. 17). Kao deo „životne sredine“, hraniva utiču na biljku, patogene, njihov rast i razmnožavanje i zato su veoma važna za kontrolu bolesti. Interakcije ovih činilaca sa ishranom su veoma dinamične. Neophodni elementi utiču na pojavu i intenzitet razvoja bolesti, pa tako neki element može da smanji intenzitet jednih bolesti, ali poveća intenzitet drugih, dok neka hraniva imaju suprotne efekte u zavisnosti od ostalih agroekoloških činilaca.

Biološka kontrola bolesti se često realizuje kroz uticaj na mikrobiološku aktivnost zemljišta, koja opet utiče na pristupačnost hraniva za biljke. U celini, najveća dobrobit za biljke se ostvaruje u uslovima dobre snabdevenosti svim neophodnim elementima. Međutim, odgovor biljke na pojedinačan element može da se menja kada se njegova koncentracija menja od nedostatka do optimalne obezbeđenosti i od optimalne ka luksuznoj obezbeđenosti i suvišku. Efekat svakog pojedinačnog elementa zavisi od fino izbalansiranog odnosa između potreba konkretnog genotipa povrća za hranivima i uslova spoljašnje sredine, i zato je obezbeđenje takvog balansa neophodno za optimalni rezultat proizvodnje. Kroz razumevanje interakcija između bolesti i kalijuma, kao i svakog drugog pojedinačnog hraniva, konačni efekti kalijuma na biljku,

patogen i sredinu mogu da budu efikasno modifikovani kako bi se unapredila kontrola bolesti i povećala efikasnost proizvodnje i kvalitet proizvoda.

Povezanost između mineralne ishrane i bolesti povrća se zasniva na: 1) uočenom efektu đubrenja na pojavu infekcije i težinu bolesti, 2) poređenju između koncentracije mineralnih elemenata u zdravim (ili otpornim) tkivima sa koncentracijama u tkivima obolelih (ili osetljivih) biljaka ili 3) uslovima koji utiču na pristupačnost, npr. kalijuma, u prisustvu bolesti (Huber i Haneklaus, 2007). Sva ova opažanja su važna da bi se ustanovila i razumela korelacija između nekog elementa i bolesti, i ako faza rasta biljke, agroekološki uslovi, i biološka aktivnost mogu značajno da utiču na konačan ishod. Efekat mnogih hraniva na pojavu i tok bolesti je primećen slučajno, kao posledica đubrenja. Zatim su ova opažanja testirana brojnim eksperimentima u kontrolisanim i/ili u poljskim uslovima.

Korelacije između koncentracije kalijuma u tkivima zdravih i obolelih biljaka, ili između osetljivih i otpornih biljaka, ukazuju, takođe, na to da postoji interakcija između hraniva i pojave i razvoja bolesti. Proučavanje uslova koji utiču na pristupačnost kalijuma i povezivanje sa pojavom i razvojem infekcije dovelo je do grupisanja bolesti u odnosu na to da li se javljaju pri višoj ili nižoj pH vrednosti zemljišnog rastvora, većoj ili manjoj vlažnosti zemljišta, ili se radi o neparazitskim bolestima, prouzrokovanim abiotičkim činiocima, i posebno neuravnoteženom ishranom.

Ishrana biljaka utiče na interakcije između biljke, patogena i životne sredine i zbog toga se pravilnom upotrebom đubriva može smanjiti pojava mnogih bolesti. Ovde se pre svega misli na 1) nivo genetske otpornosti biljaka (veoma osetljive, tolerantne, otporne, imune) i pristupačnost hraniva u odnosu na potrebe biljaka (nedostatak, dovoljna ili prekomerna obezbeđenost), 2) oblik u kom se hranivo pretežno nalazi i biološku stabilnost hraniva koje je primenjeno ili se već nalazi u zemljištu (u oksidovanom ili redukovanom obliku), 3) dozu, vreme i način primene hraniva, 4) uravnoteženost hraniva i pratećih jona, i 5) povezanost đubrenja sa ostalim agrotehničkim merama (Huber i Haneklaus, 2007).

Sva đubriva, pa i kalijumova, primenjuju se tako da ispune potencijalne zahteve useva koji treba da daju visoke prinose uz racionalna ulaganja i očuvanje životne sredine. Najveći uticaj kalijuma na pojavu i razvoj bolesti povrća je zapažen u situaciji kada se obezbeđenost povrtarskih kultura kalijumom kreće od nedostatka do optimuma. Međutim, potrebe za kalijumom i njegovo usvajanje zavise od stadijuma razvika biljke, pristupačnosti kalijuma u zemljištu, vremena primene đubriva, mikrobiološke aktivnosti zemljišta i opšteg zdravstvenog stanja biljaka. Veoma je važno pravovremeno primeniti đubriva kako bi se skratili periodi tokom kojih su biljke nedovoljno obezbeđene kalijumom i kako bi se produžili periodi tokom kojih sastav zemljišnog rastvora deluje nepovoljno na razvike patogena.

Neuravnotežena ishrana, poput nedostatka kalijuma, može da bude pogubna po rast biljaka i otpornost prema patogenu. Fuzariozno uvenuće paradajza, plamenjača kupusa i pepelnica duvana se povećavaju pod uticajem kalijuma ukoliko postoji neravnoteža drugih neophodnih elemenata. Obična krastavost krompira, kila kupusnjača i kasna plamenjača krompira su u većoj korelaciji sa odnosima kalijuma i magnezijuma, kao i kalcijuma i azota, nego sa koncentracijama svakog od ovih elemenata pojedinačno (Huber i Arny, 1985). Prateći jon, koji se unosi zajedno sa organskim ili mineralnim đubrivom, može da utiče na tok bolesti nezavisno od primarnog jona zbog kog se đubrivo zapravo primenjuje. Rizosferne bakterije koje pospešuju rast biljaka („Plant growth promoting rhizosphere bacteria“, PPRB), nanete na seme ili rasad, mogu da smanje pojavu i razvoj bolesti tako što menjaju sredinu u kojoj se nalaze mikroorganizmi i povećavaju pristupačnost pojedinih mikroelemenata kao što su gvožđe i mangan. Silicijum, u kombinaciji sa drugim elementima, ojačava ćelijske zidove i pravi veću fizičku barijeru za prodor, na primer prouzrokovaca pepelnice *Erysiphe* spp., i uključen je u fiziološki odgovor na infekciju tako što povećava pristupačnost kalijuma i pokretljivost mangana.

Dobra obezbeđenost kalijumom i drugim mineralnim elementima omogućava sintezu i održavanje dovoljno visoke koncentracije jedinjenja koja inhibitorno deluju na razviće patogena, i/ili omogućava brzu sintezu takvih supstanci kao odgovor na infekciju. Brzo izolovanje inficiranog mesta, čime se ograničava širenje patogena, zavisi takođe od obezbeđenosti biljaka neophodnim kalijumom.

Sl. 17. Činioci koji utiču na pojavu biljnih bolesti i njihove interakcije (Huber i Haneklaus, 2007)



Kalijum smanjuje koncentracije glutamina i glutaminske kiseline u biljkama osetljivim prema gljivama rodova *Alternaria*, *Cercospora*, i *Sclerotinia*, što čini biljke manje osetljivim na ove patogene. Dovoljna obezbeđenost hranivima može da skрати razvojne faze tokom kojih su biljke osetljive prema patogenu i da time smanji oboljevanje od pojedinih bolesti. Intenzivniji rast povrća usled đubrenja može se smatrati jednim od načina za izbegavanje pojave bolesti.

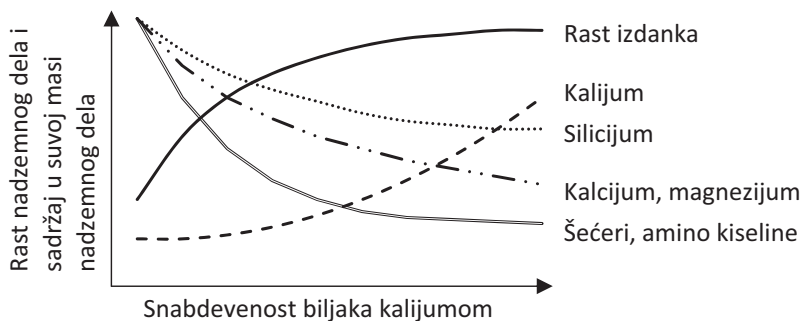
Paraziti koji napadaju biljke mogu da se podele na obligatne i fakultativne. Obligatni paraziti žive na asimilatima koje obezbeđuje živa ćelija domaćina, a fakultativni su semisaprofiti koji se radije hrane tkivima u fazi starenja ili koji luče toksine kojima oštećuju ili izazivaju uginuće ćelija biljke domaćina. Po pravilu, svi činioci koji stimulatивно utiču na metabolizam ćelija biljke domaćina i koji odlažu njihovo starenje, takođe, povećavaju otpornost ili tolerantnost prema fakultativnim parazitima. Kalijum smanjuje osetljivost biljke domaćina i prema obligatnim i prema fakultativnim parazitima. Uticaj kalijuma je u nekim slučajevima veoma velik, i najviše se ispoljava kada su biljke nedovoljno snabdevene ovim elementom (Marschner, 1995). Povrtarske vrste kojima nedostaje kalijum su mnogo podložnije infekcijama obe grupe parazita od biljaka dobro obezbeđenih kalijumom. Po pravilu, osetljivost prema bolestima se smanjuje (odnosno, otpornost ili tolerantnost se povećavaju) pod uticajem kalijuma na isti način kao što se i rast biljaka povećava sa poboljšanjem obezbeđenosti kalijumom. Kada obezbeđenost kalijumom postane veća od optimalne, dalje povećanje otpornosti prema bolestima nije moguće postići njegovim davanjem i povećavanjem njegove koncentracije u tkivima biljaka.

Velika osetljivost biljaka kojima nedostaje kalijum prema parazitskim bolestima je povezana sa metaboličkom ulogom kalijuma. Kod povrtarskih kultura kojima nedostaje kalijum sinteza visokomolekularnih jedinjenja (proteina, skroba i celuloze) je poremećena i u ćelijama se nakupljaju niskomolekularna organska jedinjenja. Ćelije listova kojima nedostaje kalijum nakupljaju značajne količine niskomolekularnih organskih jedinjenja zato što ova jedinjenja preuzimaju ulogu osmotikuma u uslovima nedostatka kalijuma, ali predstavljaju i supstrat za mikroorganizme. Zbog toga dodavanje kalijuma biljkama koje su njime nedovoljno obezbeđene vodi povećanju rasta i smanjenju koncentracije niskomolekularnih jedinjenja, sve dok se ne dostigne maksimalan intenzitet rasta. Dalje povećanje obezbeđenosti kalijumom i povećanje njegove koncentracije u tkivima nema bitan uticaj na organska jedinjenja u biljkama, pa ni na njihovu otpornost ili tolerantnost prema bolestima. Karakterističan obrazac ovih promena može da se vidi na Sl. 18.

Kada biljkama nedostaje kalijum, povećanje porasta koje izaziva davanje kalijuma biljkama prouzrokuje nespecifično smanjenje koncentra-

cije drugih mineralnih elemenata (razređenje usled rasta). Odnosi između kalijuma i otpornosti prema različitim bolestima su znatno kompleksniji u semenima i plodovima koji se kalijumom snabdeavaju prvenstveno retranslokacijom iz vegetativnih organa.

Sl. 18. Shema mogućeg uticaja povećanja obezbeđenosti biljaka kalijumom na rast i koncentraciju nekih elemenata i jedinjenja u suvoj masi nadzemnog dela (Marschner, 1995)



Kalijum utiče na intenzitet razvoja bolesti koje na povrću prouzrokuju patogeni mikroorganizmi. U principu, kalijum smanjuje intenzitet mnogih oboljenja. Razvoj bolesti zavisi i od toga u kojoj meri su biljke već bile obezbeđene kalijumom. Ako biljka ne sadrži dovoljno kalijuma onda ovog elementa nema dovoljno ni za patogen, pa se on onda sporije razvija. Takve biljke su, međutim, često i manje otporne, pa intenzitet oboljevanja može da bude i veći. U tom slučaju često kalijum ima veći uticaj na otpornost biljaka nego na razvoj patogena. Nedostatak kalijuma dovodi do poremećaja u iskorišćavanju fosfora u biljkama i može da dovede do njegovog nakupljanja. Visoke doze kalijuma mogu i da smanje i da povećaju intenzitet oboljevanja biljaka u zavisnosti od vrste povrća, konkretne bolesti i ostalih agroekoloških činilaca. Uticaj kalijuma na razvoj pojedinih bolesti povrtarskih kultura koje prouzrokuju glive, bakterije i virusi može da se vidi u tabelama 72, 73 i 74.

Pojava infekcije i razvoj bolesti povrća u velikoj meri zavisi od odnosa koncentracija azota i kalijuma, ali i drugih neophodnih elemenata biljnim tkivima. Razvoj bolesti povrća pospešuje povećanje koncentracije azota u tkivima biljaka pošto podstiče nakupljanje niskomolekularnih azotnih jedinjenja. Efekat dodavanja kalijuma je tada u direktnoj vezi sa koncentracijom azota. Kod krompira optimalno obezbeđenog azotom i fosforom (ali sa nedostatkom kalijuma) efekat odnosa koncentracija azota i kalijuma na ukupan, proteinski, neproteinski i amino azot (u neproteinskoj frakciji) određuje osetljivost krtola krompira prema plamenjači koju prouzrokuje *Phytophthora infestans*. Kalijum utiče i na biološku fiksaciju azota.

Tab. 72. Uticaj kalijuma na razvoj nekih gljivičnih bolesti povrća*

Vrsta povrća	Bolest	Prouzrokovač (gljiva)	Uticaj kalijuma na pojavu bolesti
Bundeва	Trulež stabla	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	Smanjuje
Celer	Uvenuće	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>apii</i>	Smanjuje
Crni luk	Purpurna pegavost luka	<i>Alternaria porri</i>	Povećava
Dinja	Uvenuće	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>melonis</i>	Smanjuje
Grašak	Trulež korena	<i>Aphanomyces euteiches</i>	Smanjuje
	Uvenuće	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>pisi</i>	Smanjuje
Krompir	Bela noga	<i>Rhizoctonia solani</i>	Povećava i smanjuje
	Plamenjača krompira	<i>Phytophthora infestans</i>	Smanjuje ili ne utiče
	Trulež vrha stabla	<i>Fusarium</i> spp.	Smanjuje
Kupus	Fuzariozna trulež	<i>Fusarium oxysporum</i>	Smanjuje
	Plamenjača kupusa	<i>Peronospora parasitica</i>	Povećava
	Siva plesan	<i>Botrytis cinerea</i>	Smanjuje
Lubenica	Uvenuće	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>niveum</i>	Povećava
Paradajz	Crna pegavost paradajza	<i>Alternaria solani</i>	Smanjuje
	Fuzariozno uvenuće	<i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>lycopersici</i>	Povećava i smanjuje
Pasulj	Trulež korena	<i>Rhizoctonia solani</i>	Povećava

*Sastavljeno na osnovu različitih literaturnih izvora

Kalijumova đubriva, koja su najčešće u obliku različitih soli kalijuma, mogu da sadrže anjone koji, takođe, mogu da utiču na pojavu i razvoj bolesti povrća, u kombinaciji sa jonom kalijuma ili nezavisno od njega. Tu se obično nalaze hloridi, sulfati, nitrati, fosfati, silikati, ali i različite organske soli. Često nije jednostavno razgraničiti koliki je efekat kalijuma, a koliki pratećih anjona na pojavu i razvoj bolesti. Poznato je da jon hlora može da utiče na pojavu bolesti nezavisno od kalijuma, ali i da kalijum utiče na usvajanje nitrata, kalcijuma, gvožđa i drugih mineralnih elemenata i time, opet, na pojavu i razvoj infekcije.

Koncentracija kalijuma u biljkama zavisi od pristupačnosti magnezijuma i kalcijuma u podlozi. Promena odnosa kalcijuma i kalijuma utiče i na metabolizam drugih elemenata u biljkama. Kalcijum povećava pristupačnost kalijuma na neutralnim, ali ne i na kiselim zemljištima. Kalijum i magnezijum mogu da smanje koncentraciju kalcijuma i povećaju infekciju gljivama rodova *Rhizoctonia* i *Pythium*. Promene ravnoteže između kalijuma i kalcijuma mogu da promene osetljivost krompira prema pojavi krastavosti krtola koju prouzrokuje *Streptomyces scabies*.

Tab. 73. Uticaj kalijuma na razvoj nekih bakterioza povrća*

Vrsta povrća	Bolest	Prouzrokovач (bakterija)	Uticaj kalijuma na pojavu bolesti
Krastavac	Uglasta pegavost lista	<i>Pseudomonas lachrymans</i>	Smanjuje
	Uvenuće bakterijskog porekla	<i>Erwinia tracheiphila</i>	Povećava
Krompir	Krastavost krtola	<i>Streptomyces scabies</i>	Povećava
	Meka trulež	<i>Erwinia carotovora</i>	Smanjuje
Kupus	Meka trulež	<i>Erwinia carotovora</i>	Smanjuje
Paradajz	Bakteriozni rak i uvenuće	<i>Corinebacterium michiganense</i>	Povećava
	Vlažna trulež	<i>Erwinia carotovora</i>	Smanjuje
	Uvenuće	<i>Pseudomonas solanacearum</i>	Smanjuje
Pasulj	Plamenjača bakterijskog porekla	<i>Pseudomonas syringae</i>	Smanjuje

*Sastavljeno na osnovu različitih literaturnih izvora

Obično je odgovor biljaka na dodavanje kalijuma izrazitiji kod biljaka koje su rasle u prisustvu nedovoljne količine kalijuma u odnosu na biljke koje su njime bile dovoljno ili čak luksuzno obezbeđene. Ustanovljeno je da je pojava meke truleži krompira, koju prouzrokuje *Erwinia carotovora*, bila najmanja kada su primenjivane uobičajene doze kalijuma i fosfora, ali bez dodavanja azota. Udvostručavanje količine kalijuma i fosfora, uz primenu uobičajene doze azota, povećalo je nakupljanje nepoželjnih ortohidroksi fenola u krtolama krompira u odnosu na situaciju kada su primenjene uobičajene doze sva tri elementa. Mehanizam delovanja kalijuma na otpornost povrća prema bolestima nije dovoljno jasan. Poznato je, međutim, da kalijum utiče na propustljivost ćelijskih membrana, kao i na proteinski i aminokiselinski sastav ćelija. Kod krompira, sa povećanjem koncentracije kalijuma raste i koncentracija amino-kiseline arginina. U takvim uslovima povećava se otpornost biljaka prema plamenjači koju prouzrokuje *Phytophthora infestans*. To se može objasniti time što arginin u listovima zaustavlja klijanje spora ove gljive. Ako u biljkama nema dovoljno kalijuma, a istovremeno ima mnogo azota i fosfora, arginina ima najmanje. Različite soli kalijuma, kao što su K_2HPO_4 , KH_2PO_4 i KNO_3 , stimulišu sticanje sistemične otpornosti krastavca prema pepelnici koju izaziva *Podosphaera xantii* i antraknozi koju izaziva *Colletotrichum lagenarium*. Ishrana kalijumom utiče i na anatomske osobine biljaka. Kalijum, zajedno sa fosforom, utiče na stvaranje deblje kutikule i ćelijskog zida koji predstavljaju mehaničku barijeru za prodiranje parazita i infekciju.

Tab. 74. Uticaj kalijuma na razvoj nekih viroza povrća*

Vrsta povrća	Bolest	Prouzrokovatelj (virus)	Uticaj kalijuma na pojavu bolesti
Krompir	Mozaična pegavost krompira	Virus mozaika krompira	Smanjuje
Paradajz	Virus mozaika duvana na paradajzu	<i>Tobacco mosaic virus</i>	Povećava
Pasulj	Virus mozaika duvana	<i>Tobacco mosaic virus</i>	Smanjuje
Spanać	Virusno oboljenje	Virus krastavca	Povećava

*Sastavljeno na osnovu različitih literaturnih izvora

Iako način na koji kalijum povećava otpornost biljaka nije sasvim jasan, izvesno je da je odgovarajuća ishrana kalijumom veoma važna za kontrolu bolesti povrća. Moguće je da je, bar delimično, važan uticaj kalijuma na razvoj debljih ćelijskih zidova i epidermalnih ćelija što otežava otpočinjanje i razvoj infekcije. Kalijum treba da bude prisutan u odgovarajućoj količini, u odgovarajuće vreme i u obliku koji je pristupačan biljkama. Zaoravanje žetvenih ostataka veoma dobro utiče na bilans organske materije u zemljištu i ishranu biljaka kalijumom. Primena kalijuma na zemljištima na kojima ga nema dovoljno može da poveća otpornost biljaka prema bolestima. Potrebno je više istraživanja kako bi se tačno odredile potrebe povrtarskih kultura za kalijumom u različitim fazama rasta i razvića biljaka. Potrebno je, takođe, prikupiti i analizirati više podataka o uticaju odnosa između kalijuma i drugih hranljivih elemenata na razvoj bolesti povrća u različitim agroekološkim uslovima pošto je dobro uravnotežena ishrana veoma važan činilac otpornosti povrtarskih kultura prema bolestima.

Kalijum i štetočine povrća

Insekti aktivno biraju biljke kojima se hrane prema, u velikoj meri, izgledu biljaka, stadijumu razvića i hemijskom sastavu. Preduslov za uspešan napad jeste koincidencija izvesnih razvojnih stepena domaćina i štetočine. Korišćenje đubriva može da utiče na ovu koincidenciju ubrzavanjem ili usporavanjem razvića biljke domaćina u odnosu na štetočinu.

Nedovoljna količina kalijuma u tkivima dovodi do bledila listova što je posebno privlačno za vaši, koje, osim što konkurišu ćelijama biljaka koje napadaju za hraniva, često prenose i viruse. Uvenuće, često prisutno u uslovima nedostatka kalijuma, takođe, privlači insekte (Kraus, 2001).

Boja listova je veoma važan činilac koji utiče na osetljivost biljaka prema štetočinama. Nedostatak hranljivih materija, uključujući kalijum, dovo-

di do obezbojavanja listova što povećava podložnost biljaka napadu herbivornih insekata (Spann i Schumann, 2010). Tri najvažnija načina putem kojih se biljke brane od napada štetočina su: 1. fizičke osobine površine biljnih tkiva: boja, prisustvo dlačica, glatkoća i sl., 2. mehaničke prepreke: gruba vlakna, kristali silicijuma, odrvenjavanje, 3. hemijska/biohemijska kontrola: koncentracija atraktanata, toksina, repelenata. Mineralna ishrana utiče na sva ova tri načina kojima se biljke brane od napada štetočina. Verovatnije je da će mlade biljke, koje brzo rastu, biti napadnute nego u većoj meri nego starije, koje rastu sporo. Zbog toga obično i može da se uoči korelacija između primene azota i napada štetočina.

Mineralna ishrana izaziva specifične odgovore u biljkama koji imaju ulogu u optimalizaciji usvajanja hraniva i reprogramiranju metabolizma u slučaju napada štetočina. Biljke kojima nedostaje kalijum usvajaju ga tako što koriste mehanizme visokog afiniteta i prilagođavaju svoj primarni metabolizam količini raspoloživog kalijuma. Da li i kako biljke koje pate od nedostatka kalijuma menjaju svoj sekundarni metabolizam kako bi bolje iskorišćavale pristupačna hraniva i aktivirale odbrambene reakcije, za sada nije poznato.

Armengaud et al. (2004) su pokazali da biljke kojima nedostaje K sadrže više jasmonske kiseline (JA), hidroksi-12-oktadekanoiniske kiseline (HODs) i 12-okso-fitodienoiniske kiseline (OPDA) nego biljke dobro obezbeđene kalijumom. Ekspresioni profil i glukozinolatni profil biljaka kojima nedostaje kalijum je ličio na profil biljaka koje su napali herbivorni insekti. Troufflard et al. (2010) su ustanovili da biljke kojima nedostaje kalijum sintetišu oksilipine i glukozinolate koji povećavaju njihovu sposobnost da se odupru napadu herbivornih insekata i da istovremeno time stvaraju privremene rezerve trenutno suvišnog S i N. Oksilipini su 18 C ciklopen-til polinezasićene masne kiseline koje potiču od alfa-linolenske kiseline. Biosintezu inhibiraju salicilati, a ključni član kod biljaka je jasmonska kiselina.

Postoje i preparati na bazi kalijumovih soli masnih kiselina, npr. Des-X Insecticidal Soap®, koji ima osobine kontaktnog brzodelujućeg insekticida širokog spektra koji uništava vaši, moljce, bele mušice i druge vrste riličara (Highland, 2010). Kalijumove soli masnih kiselina deluju kontakt- no na membrane i ćelije štetočina u svim stadijumima razvića. Efekat ovog insekticida na voštanu kutikulu insekata može da poveća efikasnost drugih insekticida. Bezbedne su za korisne insekte, a verovatnoća da bi insekti mogli da steknu otpornost prema ovim preparatima je minimalna. Obično se primenjuju u vidu 1% rastvora (vol/vol).

Uticaj kalijuma na intenzitet napada biljaka domaćina, metabolizam i razmnožavanje herbivornih insekata je mnogo istraživano, u različitim agroekološkim uslovima i na raznim biljnim vrstama. Veliki broj ovih

istraživanja sproveden je u prvoj polovini prošlog veka. Prema Perrenoud (1990), 89% šteta biljkama nanose biljne vaši, leptiri, grinje, biljni skakavci, štitaste vaši, tvrdokrilci (Tab. 75).

Tab. 75. Uticaj kalijuma na herbivorne insekte i grinje (Perrenoud, 1990 izmenjeno)

Fitofagi	Broj slučajeva (u zagradi je % od ukupnog broja)			
	Total	+	0	-
<i>Thysanoptera</i>	8	5	1	2
<i>Heteroptera</i>	6	5		1
<i>Homoptera</i>	245	173	24	48
<i>Lepidoptera</i>	83	41	5	37
<i>Coleoptera</i>	34	23	1	10
<i>Hymenoptera</i>	5	3	1	1
<i>Diptera</i>	14	9	1	4
<i>Acarine</i>	64	31	6	27
Ukupno	459	290 (63)	39 (9)	130 (28)

Od 175 proučavanih slučajeva uticaja kalijuma na biljne vaši ustanovljeno je da je u 115 slučajeva kalijum stimulisao, u 41 slučaju destimulisao razvoj vaši, dok u 19 slučajeva nije ustanovljena povezanost između kalijuma i uticaja vaši na biljke (Perrenoud, 1990). Od vaši koje napadaju povrće, najviše literaturnih podataka ima o uticaju kalijuma na *Myzus persicae*, poljske stenice koje nanose štete vrežastim kulturama. Kalijum je sedam puta češće uticao na smanjenje nego na povećanje njihovog broja. *Aphis fabae*, crna repina vaš koja napada uglavnom korenasto povrće i mahunarke, u dva slučaja je bila stimulisana i u dva destimulisana primenom kalijuma. Na *Brevicoryne brassicae*, kupusnu lisnu vaš, kalijum je imao stimulativan uticaj u pet slučajeva. *Acyrtosiphon pisum*, zelena graškova vaš, u devet slučajeva je bila stimulisana, a u četiri destimulisana kalijumom. Baker i Tauber (1951) su ustanovili da je uticaj kalijuma na plodnost ženki zelene graškove vaši i period od zaražavanja do uginuća biljaka usled prisustva vaši zavisio od starosti biljaka u vreme infekcije. Kod tri nedelje starih biljaka kalijum je malo smanjio plodnost ženki, ali je znatno (za 30%) produžio život biljaka, dok je kod biljaka starosti četiri nedelje u momentu infekcije kalijum povećao plodnost vaši, ali i skoro udvostručio život biljaka nakon infekcije.

Fritsche (1961) je ustanovio da je brzina razmnožavanja paučinara (*Tetranychis urticae*) bila značajno veća kod biljaka kojima nedostaje kalijum. Na korenove nematode, koje nanose štete povrću (posebno u zaštićenom prostoru, a ređe na otvorenom) kalijum često deluje stimulatивно. Ovo se posebno odnosi na *Heterodera schachtii*, koja napada lis-

nato povrće. Slični podaci su dobijeni i za *Meloidogyne hapla* na krastavcu, *Meloidogyne incognita* na pasulju, paradajzu i kupusnjačama (Perrenoud, 1990; Ismail, 1980; Mountain, 1965; Rodriguez-Fuentes i Perdomo, 1981, Ismail i Saxena, 1979).

Važno je istaći da, i pored stimulativnog dejstva kalijuma na nematode ali i druge štetočine, ovaj element deluje veoma povoljno na povećanje tolerantnosti biljaka prema štetočinama, kao i na brzinu njihovog oporavka nakon napada, što je veoma značajno (Spiegel et al., 1982; Perrenoud, 1990). U mnogo slučajeva je dokazan pozitivan uticaj složenih mineralnih đubriva (NPK) na aktiviranje kompenzacionog svojstva biljaka prema napadu štetnih organizama (N) i uvećanje fiziološke otpornosti biljaka na napad štetnih organizama (P i K). Primenom izbalansiranih količina neophodnih makro- i mikrohraniva po pravilu se normalizuje fitosanitarna situacija, posebno kada su u pitanju štetni organizmi u zemljištu (Čamprag, 2002).

Nedovoljna obezbeđenost kalijumom stimuliše nakupljanje niskomolekularnih jedinjenja, prvenstveno neproteinskih azotnih jedinjenja i rastvorljivih ugljenih hidrata (redukujućih šećera). Nakupljanje ovih jedinjenja je posledica povećane aktivnosti hidrolitičkih enzima kao što su amilaze, saharaze, glukozidaze i proteaze i smanjenja intenziteta fosforilacija (Trolldenier i Zehler, 1976). Nakupljanje navedenih jedinjenja usled nedostatka kalijuma je često praćeno intenzivnijim razvojem štetočina. Prema Perrenoud (1990) hipoteza o uticaju kalijuma na odnos domaćina i štetočina se više zasniva na pretpostavkama nego na konkretnim činjenicama. Fenoli, takođe, mogu da budu korisni za odbrambene reakcije biljaka i, osim nekoliko izuzetaka, odgovarajuća ishrana kalijumom povećava koncentraciju fenola u biljkama. Prema Chaboussou (1972) biljka će biti napadnuta u meri u kojoj njen biohemijski status odgovara zahtevima za hranom konkretnog parazita ili štetočine.

ZNAČAJ KALIJUMA U ISHRANI LJUDI

SADRŽAJ I RASPODELA KALIJUMA U ORGANIZMU ČOVEKA

Kalijum je neophodan elemenat za sve žive organizme. Kalijum se ubraja u grupu alkalnih metala. Za razliku od nemetala koji, po pravilu, učestvuju u izgradnji organske materije, alkalni metali se prvenstveno mogu smatrati funkcionalnim elementima. Oni se u ćeliji nalaze pretežno u jonskom obliku u ćelijskom soku ili su labilno vezani za organsku materiju. Kalijum učestvuje i utiče na brojne biohemijske i fiziološke procese, stoga njegov nedostatak i suvišak izaziva metaboličke i funkcionalne poremećaje u organizmu živih bića.

Ćelijska membrana selektivno propušta jone metala što je u uskoj vezi sa biološkom funkcijom jona alkalnih- i zemnoalkalnih metala (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}). To se odražava i na njihovu raspodelu unutar i izvan ćelije. Kao posledica selektivnosti ćelijske membrane pri transportu jona, joni kalijuma i magnezijuma nakupljaju se unutar ćelije, a joni natrijuma i kalcijuma izvan ćelije. Gradijent jona je značajan za regulaciju biohemijskih reakcija. Raspodela pojedinih jona unutar i izvan ćelije je značajna za aktivnost selektivno razmeštenih enzima u ćeliji. Promenom koncentracije jona menja se aktivnost enzima. Kao primer može se navesti raspodela kalijuma i natrijuma. U crvenim krvnim zrnima (eritrocitima) odnos $K^+ : Na^+$ je 105 : 10, a u krvnoj plazmi 5 : 143. Natrijum obično prati jon hlora, a kalijum fosfatni jon (Kőrös, 1980).

Sadržaj kalijuma u kg telesne mase čoveka kreće se od 2 do 3 g odnosno od 0,2 do 0,3%. Odrasli čovek sa telesnom masom od 70 kg sadrži oko 140 do 210 g kalijuma. Od ukupne količine kalijuma od 90 do 98% nalazi se u ćeliji (intracelularno), a od 2 do 10% u vanćelijskom prostoru (ekstracelularno). Najveći deo intracelularnog kalijuma nalazi se u mišićima, a preostali deo u ostalim organima i eritrocitima (Tannen, 1990). Koncentracija kalijuma u serumu je u skladu sa njegovom koncentracijom u ekstracelularnoj tečnosti. Normalna koncentracija kalijuma u serumu kreće se od 3,5 do 5,0 meq/L. Smatra se da unos 1 g kalijuma u toku dana obezbeđuje potreban nivo kalijuma u serumu. Intracelularna koncentracija kalijuma je 20 do 30 puta veća nego ekstracelularne. Kalijum je prema tome veoma značajan intracelularni elemenat u organizmu čoveka. Sadržaj kalijuma u tkivima pojedinih organa čoveka je, takođe, različit. Sveža masa

1 kg obezmašćenog tkiva čoveka sadrži: krv 4,4, glatki mišići 3,6, jetra 3,0, mišići srca 2,6, koža 0,8 g kalijuma. Sadržaj kalijuma u telu čoveka je 2 g K kg^{-1} telesne mase.

Žive ćelije su sposobne da selektivno usvajaju čak i po hemijskim i fizičkim osobinama slične jone. Kao primer može se navesti sadržaj i distribucija kalijuma i natrijuma u ćelijama. Intracelularna koncentracija kalijuma kod čoveka, životinja i morskih biljaka je višestruko veća nego u spoljašnjoj sredini, a obrnuto je u slučaju natrijuma. Natrijum ima manji jonski radijus i time veći hidracioni omotač od kalijuma. Usled toga natrijum ostaje u ekstracelularnom prostoru, a kalijum ulazi u unutrašnjost ćelije.

Asimetričnu raspodelu K/Na obezbeđuje jonska pumpa. Jonsku Na-K pumpu katalizira Na-K-ATP_{aza}. Ona omogućava transport jona kalijuma u ćeliju pri čemu zamenjuje natrijum koji izlazi u ekstracelularni prostor. Aktivan transport jona kroz membranu nasuprot gradijentu potencijalne energije, koncentracionom gradijentu ("uzbrdni") može da se ostvari samo ako je on posredno ili neposredno povezan sa mehanizmom koji za to obezbeđuje potrebnu energiju. Energiju za rad jonske pumpe obezbeđuje ATP. Izlazak jona kalijuma u ekstracelularni prostor odvija se nasuprot elektrohemijском gradijentu, a podstiče ga hemijski gradijent. Ovaj proces se zasniva na permeabilnosti membrane. Permeabilnost membrane za jon kalijuma primarno određuju selektivni K^+ jonski kanali. Različiti tipovi K^+ kanali postoje u pojedinim tkivima. Na aktivnost K^+ kanala utiču medijatori i hormoni, a mogu modifikovati različiti signalni mehanizmi, uključujući kalcijum, magnezijum, ATP, ciklični AMP i dr. (Kecskeméti, 1991).

UNOS I IZLUČIVANJE KALIJUMA

Pri normlanoj ishrani čovek dnevno unosi u organizam oko 3 do 4 g kalijuma i približno istu količinu izlučuje. Nova preporučena doza dnevnog unosa kalijuma iznosi 4,7 g, što je skoro duplo od količine koju većina odraslih ljudi unosi u organizam. Svega oko 2 do 3% od unete količine zadržava, što odgovara biološkom poluvremenu od 50 do 60 dana. Kalijum se usvaja najvećim delom preko tankog creva, a izlučuje preko bubrega. Oko 90% kalijuma se izlučuje preko mokraće, a ostatak preko čvrstog izmeta i znoja. U slučaju dugotrajnog opterećenja ili u uslovima visokih temperatura izlučivanje kalijuma preko znoja može da dostiže 30% od ukupno odate količine.

Zdrava odrasla osoba u toku dana izlučuje oko 3 do 4 g kalijuma. Da bi se održala fiziološka ravnoteža dnevni unos kalijuma treba da je iznad ili na istom nivou i da bude u ravnoteži sa njegovim izlučivanjem (Serfass i Manatt, 1985). Povećano izlučivanje kalijuma uočeno je u stresnom stanju, u toku

mršavljenja i dugotrajnom prolivu i povraćanju. Pored toga, brojni lekovi mogu da podstiču izlučivanje kalijuma preko mokraće kao što su diuretici, purgativna sredstva i kortikoidi. Do nedostatka kalijuma češće dolazi kod starijih osoba koje učestalije koriste purgativna sredstva i diuretike. Sporedni efekat korišćenja diuretika može da bude nedostatak kalijuma. Povećani gubitak kalijuma korišćenjem pomenutih lekova može se kompenzovati dodatnim unosom kalijuma, tj. ublažiti ishranom hranom bogatom kalijumom. Naglo unošenje veće količine kalijuma (prekomerno doziranje leka), može da deluje otrovno, da zaustavi rad srca, izazivajući smrt.

Značajna pažnja se posvećuje i uticaju lekova (diuretika, antibiotika, hormona, laksativa, kardiovaskularnih lekova i dr.) na fiziološku regulaciju hipo- i hiperkalemiju, kao i interakciju lekova (Tannen, 1990, Kecskeméti, 1992). Sporedno dejstvo brojnih lekova ogleda se u podsticaju odavanja kalijuma (Hazard et al., 1971). Odnos između kalijum homeostaze i dejstva lekova je značajna, pošto lekovi mogu da izazivaju poremećaje u elektrolitima (Rado, 1987). Hipokalemija može da menja efekat primenjenog leka, što može da se odrazi na uspešnost lečenja. Visoke doze antibiotika penicilina ili njihovi derivati (ampicillin, nafcillin, ticarcillin i dr.) podstiču u bugregu odavanje kalijuma. Hormoni i medijatori menjaju redistribuciju kalijuma. Insulin, catacholamini i u manjoj meri aldosteron povećavaju ulazak kalijuma u ćeliju i mogu da izazovu hipokalemiju.

FIZIOLOŠKA ULOGA KALIJUMA

Nedostatak kalijuma

Poremećaj izazvan neadekvatnim unosom kalijuma češće se pojavljuje kod čoveka nego kod biljojeda. Homeostaza kalijuma je regulisana unosom kalijuma u organizam i njegovim odavanjem ("spoljašnji balans") i činiocima koji osiguravaju nejednaku distribuciju jona kalijuma između intracelularnog i ekstracelularnog prostora ("unutrašnji balans"). Njegov nedostatak u ishrani je učestaliji od njegovog suviška. Nedostatak kalijuma (hipokalemija) se definiše kao stanje kada je njegova koncentracija u organizmu ispod normalne vrednosti, a suvišak (hiperkalemija) kada je iznad te vrednosti. Hipokalemija ima brojne negativne posledice. Uzrok hipokalemije može da bude nedovoljan unos i usvajanje kalijuma, a najčešće poremećena funkcija i hronično obolenje bubrega, želuca i crevnog trakta i s tim u vezi povećano izlučivanje kalijuma (Sl. 19). Unos kalijuma je nedovoljan naročito u ruralnim oblastima i u zemljama u razvoju gde najveći deo hrane čine proizvodi od žitarica koje se odlikuju niskim sadržajem kalijuma. U novije vreme prevladava ishrana sa prerađevinama na račun

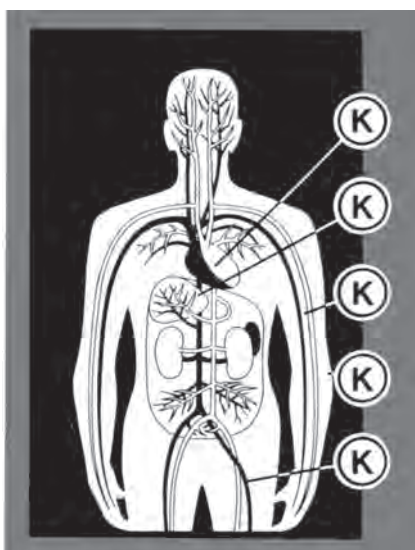
svežeg povrća i voća, što dodatno pogoršava obezbeđenost organizma kalijumom. Ova pojava je često povezana sa povećanim unosom natrijuma, najvećim delom u obliku natrijum-hlorida što ima za posledicu povećanje krvnog pritiska, kardiovaskularnih i bubrežnih oboljenja i osteoporoze (He i MacGregor, 2008).

Kalijum je prisutan u svim ćelijama organizma i ima veoma značajnu ulogu u vitalnim funkcijama čoveka (Tab.76). On je neophodan u metabolizmu i izgradnji proteina, ugljenih hidrata i u energiji bogatih fosforinih jedinjenja, aktivira enzime, važan je za funkciju mišića, u procesima nadražaja, uspostavljanju ravnoteže kiselina i baza i regulaciji osmotskog pritiska, za funkciju nadbubrežne žlezde, otkucaja srca i za jačanje mišića srca, smanjuje krvni pritisak, a njegov nedostatak usporava rast kod dece i dr. Kalijum kao kofaktor većeg broja enzima ima značajnu ulogu u procesima metabolizma glukoze, a neophodan je i za sintezu glikogena u jetri i mišićima. U membranama u kojima se nalazi natrijumova pumpa nalazi se enzim koji razgrđuje ATP, ATP_{aza} . Ovaj enzim aktiviraju joni natrijuma i kalijuma, zbog čega se naziva Na^+/K^+ aktivirana ATP_{aza} . Aktivnost natrijumove membranske pumpe jednim delom omogućava ovaj enzim. U in vivo ogledima utvrđeno je da kalijum i magnezijum stabiliziraju RNK i mehanizma sinteze proteina RNK i DNK.

Kalijum je jedan od kreatora električnog potencijala membrane ćelija koji je, pored drugih elektrolita, od vitalnog značaja za prenošenje nadražaja i tonusa mišića. Oba poremećaja u koncentraciji kalijuma (hipo i hiper) mogu dovesti do promene u nervno-mišićnoj razdražljivosti, što kao posledicu može izazvati paralizu glatkih i poprečno-prugastih mišića. To se potom manifestuje slabljenjem refleksa (poremećaj želudačne sekrecije i motiliteta creva), degenerativnih promena na miokardu (prvenstveno zbog oštećenja Purkinijevih ćelija), što izaziva poremećaj ritma srčanih kontrakcija u smislu bradikardije (smanjenog broja kontrakcije), sve do potpunog prestanka rada srca.

U teškim slučajevima nedostatak kalijuma može da izazove srčani infarkt i da izazove smrt. Simptomi nedostatka kalijuma su: malaksalost, umor, slabost mišića, zatvor. U težim slučajevima dolazi do gubitka svesti i poremećaja u srčanom ritmu. Najznačajnija klinička manifestacija hipokalemije je njen uticaj na mišiće srca, skeletne i glatke mišiće. Kod učesnika 15 Apollo misije na Mesec utvrđena je neregularnost u srčanom ritmu izazvanom smanjenjem nivoa kalijuma u organizmu. U cilju prevencije pomenute pojave lekari NASA su posadi 16 Apollo misiji na Mesec prepisali kalijumom obogaćenu hranu. Nedostatak kalijuma dovodi i do poremećaja tolerancije prema ugljenim hidratima, što je naročito značajno kod obolelih od dijabetisa.

Sl. 19. Kalijum je neophodan za funkciju brojnih organa (Rodewyk, 1979)



Tab. 76. Raspodela najznačajnijih katjona u organizmu čoveka i njihova uloga (Biró i Lindnern, 1988)

Element	Raspodela u organizmu %	Uloga elementa u životnim procesima organizma
K	90 Intracelularno 10 Ekstracelularno	Sa Na zajedno u procesima nadražaja, funkcionisanje mišića i nervi, ravnoteža kiselina i baza, osmotski pritisak
Ca	99 Kosti, zubi 1 Ekstracelularno meka tkiva	Konstitucioni element: skelet, zubi (Ca-fosfat), regulacija nadražaja, zgrušavanje krvi, pokreti mišića, funkcionisanje enzima i membrana
Mg	50 Kosti 50 Intracelularno	Funkcionisanje mišića i nervi, regulacije a enzima, metabolizam proteina, ugljenih hidrata i masti
Na	65 Ekstracelularno 35 U kostima i u mekim tkivima	Zajedno sa K u procesima nadražaja, funkcionisanje mišića i nervi, ravnoteža kiselina i baza, osmotski pritisak

Problem nedostatka kalijuma može se prevazići ishranom u kalijumu bogatim proizvodima (voćni sokovi, povrće), što ponekad nije dovoljno pouzdano. Iskustva ukazuju da se u tom slučaju dnevnim unosom od 1 g kalijuma može zadovoljiti potreba organizma u kalijumu i da pri tome ne postoji opasnost od predoziranja. U cilju brzog otklanjanja nedostatka kalijuma koristi se kalijum-glukanat ili kalijum-hlorid. U slučaju da se kalijum primenjuje u vidu kalijum-hlorida zadovoljava se i potreba organizma u hloru čiji nedostatak ne retko prati hipokalemiju. Prema Serfass i Manatt (1985) i zemljište može da bude izvor kalijuma. Konzumiranje zemljišta (geophagia) rasprostranjena je po celom svetu, pre svega u tropima i u južnim delovima Sjedinjenih Američkih Država. Smatra se da kod bubrežnih bolesnika ova praksa može da izazove hiperkalemiju sa tragičnim posledicama.

Suvišak kalijuma

Do prekomernog nakupljanja kalijuma u zdravom organizmu i pri uravnoteženoj ishrani ne dolazi. U literaturi nije poznat slučaj da je do hiperkalemije došlo kod zdrave osobe usled potrošnje hrane sa većim sadržajem kalijuma. Do hiperkalemije dolazi ako se u organizam dnevno redovno unosi od 18 do 20 g kalijuma i to pre svega kod bubrežnih bolesnika. Hiperkalemija može da nastaje u uslovima zadržavanja kalijuma i kao rezultat različitih endogenih i egzogenih činilaca koji modifikuju redistribuciju kalijuma preko ćelijske membrane. Do prekomernog nakupljanja kalijuma može doći njegovim unosom u organizam ili smanjenjem odavanja preko bubrega. Ovo zadnje je najčešći slučaj. Hiperkalemija se najčešće javlja kod bubrežnih bolesnika. Stoga se kod bubrežnih bolesnika, kalijum može unositi samo u ograničenim količinama. Za dijabetičare sa oštećenom bubrežnom funkcijom važe ista ograničenja (Pantelinac, 2012). Bubrežni bubreg poseduje sposobnost da prekomernu količinu kalijuma iz krvi brzo prevodi u mokraću. Time se jednim delom objašnjava nagla promena kalijuma u mokraći. Oboleli bubreg nije u stanju da u potpunosti obavlja svoju funkciju usled čega dolazi do nakupljanja različitih materija u krvi, pored ostalih i kalijuma koji može da deluje toksično. Blagi nedostatak ili suvišak kalijuma organizam je u stanju da izjednačava (nakuplja i putem bubrega izdvaja).

IZVORI KALIJUMA

Sa stanovišta unosa dovoljne količine mineralnih materija značajna je raznovrsna ishrana i korišćenje biljnih proizvoda koji se odlikuju većim sadržajem mineralnih materija (Welch, 2001). Ljudi svoje potrebe u kaliju-

mu najvećim delom podmiruju čvrstom hranom, a manjim delom vodom. Sadržaj kalijuma u hrani zavisi od brojnih činilaca, npr. primene kalijumovih đubriva, sastava hrane, njene pripreme i dr. Veći sadržajem kalijuma ima povrće i voće (Tab. 77). Od povrtarskih biljaka većim sadržajem kalijuma odlikuju se tikva, keleraba, salata, kupus, karfiol, paradajz, spanać (Anke et al., 1992). Visok je sadržaj kalijuma i u soji, maku, orahu, lešniku, mleku i citrusima. Niskim sadržajem kalijuma (< 100 mg K/100g) odlikuju se proizvodi od žitarica, brašno, beo hleb, keks, zatim šećer, med, ulje, sirevi i mesnati proizvodi, vino, pivo i džem. Veoma bogato kalijumom (>700 mg K/100 g) je sušeno voće smokva, kajsija, šljiva, grožđe.

Tab. 77. Sadržaj kalijuma u povrću (Anke, 1992)

Vrsta povrća	Suva materija	mg/100 g sveže materije	mg/kg suve materije	s
	%	x	x	
Gljive mešano	6,0	8	1,3	0,5
Grašak zelen	21,8	248	11,4	2,6
Šampinjon	5,2	101	19,4	5,3
Luk vlašac	10,6	275	26,0	10,9
Beo kupus	9,8	262	26,7	5,1
Kiseo kupus	7,8	225	28,9	8,5
Crveni kupus	9,2	273	29,8	12,3
Paradajz	18,3	552	30,2	4,5
Salata	6,0	192	32,0	5,2
Mrkva, sveža	7,0	266	37,7	12,3
Špargla	4,6	197	42,9	11,8
Mirođija	10,0	483	48,3	12,8
Peršun	17,8	933	52,6	15,2
Paradajz	5,8	319	54,9	13,3
Keleraba	11,4	650	57,0	16,4
Beo kupus	8,0	528	66,1	25,3
Tikva	5,2	372	71,5	9,6
Karfiol	8,0	603	75,4	15,0
Salata	7,3	930	127,4	21,2
Tikva	5,2	678	130,4	13,7

Upotrebom kalijumovih đubriva moguće je značajno povećati koncentraciju kalijuma u gajenim vrstama. Kalijum se najvećim delom nakuplja u vegetativnim organima, stoga se njegov sadržaj, npr. u zrnju pšenice, kukuruza, pirinča i dr., neće značajnije povećati ni pri obilnoj ishrani kali-

jumom. Plodovi biljaka koji se odlikuju većim sadržajem vode u uslovima dobre obezbeđenosti kalijumom mogu značajno da povećaju udeo kalijuma. Sadržaj kalijuma u spanaću dobro obezbeđenog kalijumom može da dostiže 6, kod mrkve 4, paradajza 3,5, a kod korompira 2%. Kod istih biljnih vrsta pri nedovoljnoj obezbeđenosti kalijumom njegov sadržaj je znatno niži, kod spanaća, mrkve i krompira je 1, a kod paradajza 1,5%. Pored obezbeđenosti biljaka kalijumom na njegovu koncentraciju utiču i brojni unutrašnji (genotip, starost, vrsta organa, zdravstveno stanje i dr.) i spoljašnji činioci (obezbeđenost vodom, temperatura, osvetljenost i dr.). Stoga kod iste vrste i genotipa sadržaj kalijuma u pojedinim godinama može da bude različit.

Sveža hrana ima veći sadržaj kalijuma od prerađene, kuvane. U toku kuvanja i prerade gubi se značajna količina kalijuma, stoga potrošnja kuvane hrane ima za posledicu manji unos kalijuma u organizam. Pošto se kalijum u biljnom tkivu ne nalazi vezan u organskim jedinjenjima on se lako ispira i kuvanjem gubi. Sadržaj kalijuma u kuvanom krompiru iznosi 400, u čipsu od krompira 1350, pasulju 1310, svežem šampinjону 418, kuvanom spanaću 324, sirovoj rotkvi 242 mg/kg. Sadržaj kalijuma u hrani, ukoliko se ukaže potreba može se smanjiti putem njenog "dijaliziranja".

Pijaćom vodom u poređenju sa čvrstom hranom unosi se u organizam relativno mala količina kalijuma. Prema Grossklausu (1992) u Nemačkoj na pijaću vodu otpada svega oko 1%, a na ostala pića, računajući i pijaću vodu, 13,5% od ukupnog unosa u toku jednog dana. U EU se smatra poželjnim da je koncentracija kalijuma u pijaćoj vodi niža od 10 mg/L i da ne prelazi 12 mg/L. U nekim mineralnim vodama, a posebno u voćnim sokovima koncentracija kalijuma može da bude i znatno veća. Sadržaj kalijuma u žestokim pićima je relativno nizak. U belom i crnom vinu, pivu, vermutu je visok sadržaj kalijuma. Na primer, pri potrošnji dve litre piva u organizam se unosi 1 g kalijuma. Kalijum se teže oslobađa iz silikatnih minerala od natrijuma i ispoljava veću tendenciju za ponovno ugrađivanje u čvrste produkte razlaganja, naročito u minerale gline. Stoga je u većini prirodnih voda koncentracija natrijuma veća od kalijuma (Hem, 1985).

Značajan izvor kalijuma je kuhinjska so. Sadržaj kalijuma u suvoj materiji kuhinjske soli je relativno visok oko 68 g/kg. Stoga unos kalijuma u značajnoj meri zavisi i od potrošnje hrane koja se soli. Postoji razlika u unosu kalijuma između polova, što se objašnjava korišćenjem soljene hrane. U Nemačkoj dnevni unos kalijuma kod odrasle ženske osobe iznosio je 2,6 g, a kod muške 3,3 g. Postoje i značajne razlike u unosu soli između pojedinih zemalja u Finskoj iznosilo je 4,5, Holandiji 4,4, Švajcarskoj 2,8, a u Velikoj Britaniji 2,8 g/dan (Anke 1992). Unos preterane količine natrijuma i istovremeno nedovoljne količine kalijuma ugrožava zdravlje. Unos veće količine natrijuma podstiče pojavu hipertenzije, istina ne kod svih osoba.

Uočeno je da populacije koje uzimaju manje od 4,5 g soli dnevno imaju niži krvni pritisak od populacije koja unosi više od 5,8 g soli. Kalijum je odgovoran za izbacivanje natrijuma iz organizma preko urina. Stoga je postala potreba da se u promet stavi kuhinjska so sa povećanim sadržajem kalijuma. U prometu se nalazi so koja sadrži 40% kalijuma, ona se prodaje samo u apotekama na osnovu preporuke lekara. Pored toga postoji i so koja predstavlja mešavinu natrijum- i kalijum-hlorida. Sadržaj kalijuma u toj soli iznosi 25%. Osobama koje boluju od hipertenzije preporučuje se adekvatan unos kalijuma, magnezijuma i kalcijuma.

U ishrani ljudi četiri katjona K^+ , Na^+ , Ca^{2+} i Mg^{2+} imaju posebnu važnost. Značajan je i odnos pomenutih katjona u ishrani. Prema Biró i Lindern (1988) poželjno je da odnos unete količine Na/K bude oko 1, $(Ca+Mg)/K=0,55$, a $(Na+Ca+Mg)/K=1,55$. U zemljama gde stanovništvo troši veću količinu kuhinjske soli (uostalom i u Srbiji) odnos unete količine Na/K može da bude znatno veći. Sadržaj pomenutih katjona u biljnoj hrani je različit i pri njihovom usvajanju od strane biljaka postoji antagonizam. Đubrenje sa većim dozama kalijumovih đubriva može da ima za posledicu smanjenje sadržaja drugih katjona. Za čoveka su najznačajniji neophodni katjoni: Ca , Mg , K i Na imaju veoma važnu ulogu u životnim procesima (Tab. 78). Stoga je njihov sadržaj u hrani veoma važan. Zbir resorbovanih katjona sa pozitivnim nabojem (K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+}) treba da je jednak sumi anjona sa negativnim nabojem (npr. Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , PO_3^{3-}). Na primer, da bi se to postiglo ako nema dovoljno magnezijuma u hrani usvajace se većim intenzitetom neki drugi katjon. Tako ako nedostaje magnezijuma može doći do povećanog usvajanja, npr. kalijuma. U slučaju da se oba katjona magnezijum i kalijum nalaze u dovoljnoj količini u hrani njihovo usvajanje biće različito, ali se to neće negativno odraziti na balans anjona i katjona. Povećani unos kalijuma može da dovede do smanjenja usvajanja magnezijuma od strane probavnog trakta, što se nepovoljno odražava na njegovu funkciju u metabolizmu ćelije. Smatra se da prehrambena industrija i proizvođači hrane treba da obezbede veći i izbalansirani unos kalijuma i magnezijuma i istovremeno manji unos natrijuma (Domingé et al., 2004). Sa povećanjem upotrebe kalijumovih đubriva došlo je do smanjenja sadržaja magnezijuma u poljoprivrednim proizvodima (Römheld i Kirkby, 2010). Pri upotrebi većih doza kalijumovih đubriva, posebno na zemljištima nedovoljno obezbeđenih magnezijumom, primenjuje se i magnezijum. Koloidna hemijska uloga kalijuma je veoma važna za životne procese, ona je suprotna kalcijumu i značajna je za rad srca. Velika prevlast kalijuma nad kalcijumom zaustavlja rad izolovanog srca, dok ga kalcijum pokreće.

Tab. 78. Sadržaj, Ca, Mg, K i Na u organizmu odraslog čoveka i potreba za ovim elementima (Biró i Lindnern, 1988)

Element	Prosečna koncentracija g/kg	Ukupan sadržaj g	Dnevna potreba g
Ca	13-16	800-1100	0,8
Mg	0,3-0,4	20-28	0,3
K	2	150	2
Na	1,2-1,4	85-95	2

Suvišak kalijuma utiče i na sadržaj natrijuma i vodni režim, izaziva povećano odavanje kalijuma, natrijuma i vode. Intenzivnije izlučivanje vode dovodi do odavanja soli iz tkiva. Primena kalijumovih đubriva neznatno utiče na sadržaj kalijuma u podzemnim vodama, potencijalnim izvorima pijaće vode, pošto njegovo ispiranje u dublje slojeve zemljišta iznosi svega nekoliko kg po hektaru u toku jedne godine. Prema Johnston i Goulding (1992) u prosečnim uslovima sa 100 mm padavina ispira se oko 1 kg kalijuma po hektaru. Do većeg ispiranja kalijuma može doći na peskovitim u glini siromašnim zemljištima. Redovna upotreba većih doza kalijumovih đubriva može da izazove privremeno zasićenje adsorptivnog kompleksa zemljišta kalijumom i time njegovo lakše ispiranje. Mala je verovatnoća da će do ove pojave u poljoprivrednoj praksi doći, izuzev na zemljištima koja se odlikuju malim udelom glinene frakcije i u humidnim uslovima u kišovitim godinama.

Sadržaj kalijuma u stajaćim i tekućim vodama retko premašuje 10 mg/L. U tekućim vodama se sadržaj kalijuma kreće od 1 do 13 mg/L, u proseku 3,39 mg/L. Sadržaj kalijuma u podzemnim vodama je nizak, jednim delom zbog visoke stabilnosti alumosilikata koje sadrže kalijum. U razblaženim prirodnim podzemnim vodama u kojima je suma natrijuma i kalijuma <10 mg/L nije neobično da je koncentracija kalijuma jednaka ili nadmašuje koncentraciju natrijuma (Nativ, 1992).

Do povećanja sadržaja kalijuma u pijaćoj vodi može doći usled njenog zagađenja. Smatra se da ni u uslovima intenzivnog korišćenja zemljišta koncentracija kalijuma u pijaćoj i podzemnoj vodi ne prelazi 12 mg/L.

Na osnovu postojećih literaturnih podataka može se zaključiti da primena kalijumovih đubriva povoljno utiče na njegov sadržaj u biljkama i time na obezbeđenje čoveka ovim elementom. Većina povrtarskih vrsta odlikuje se većim sadržajem kalijuma, stoga njihovo korišćenje u ishrani, posebno u svežem stanju, predstavlja važan izvor kalijuma za čoveka.

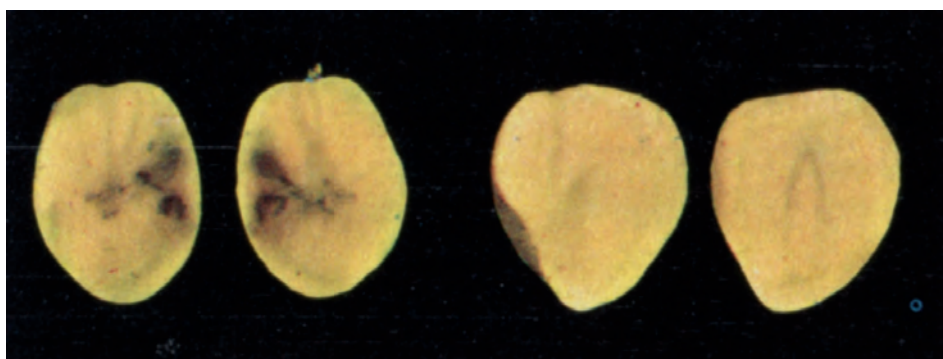
**SIMPTOMI NEDOSTATKA KALIJUMA
KOD POVRĆA**



Sl. 20. Krompir je veoma osetljiv prema nedostatku kalijuma
(Izvor: Pepen – Kali und Salz AG)



Sl. 21. Hloroza i nekroza izazvana nedostatkom kalijuma na listovima
krompira (Izvor: Burkersroda - Kali und Salz AG)



Sl. 22. U uslovima nedostatka kalijuma na preseku krtola krompira
javljaju se plave pege, levo nedostatak kalijuma, desno kontrola (Izvor: Kali und Salz AG)



Sl. 23. Pomfrit i čips treba da budu zlatnožute boje. Nedostatak kalijuma prouzrokuje braon boju, znak smanjenog kvaliteta (Izvor: Durban - Potash SA)



Sl. 24. Uticaj kalijuma na početni porast cvekle, desno nedostatak kalijuma, levo kontrola (Maksimović, I.)



Sl. 25. Simptomi nedostatka kalijuma na vrhovima mladih listova crnog luka (Ilin, Ž.)



Sl. 26. Simptomi nedostatka kalijuma na arpadžiku u početnim fazama rasteња (Ilin, Ž.)



Sl. 27. U uslovima nedostatka kalijuma crni luk ostaje duguljast i vrhovi listova se suše. Levo nedostatak kalijuma, desno kontrola.
(Izvor: Kali und Salz AG)



Sl. 28. Usev belog luka u uslovima nedovoljne obezbeđenosti kalijumom
(Ilin, Ž.)



*Sl. 29. Hloroza lista paradajza u uslovima nedostatka kalijuma
(Izvor: Yara International)*



Sl. 30. Znaci nedostatka kalijuma na listovima paradajza (Ilin, Ž.)



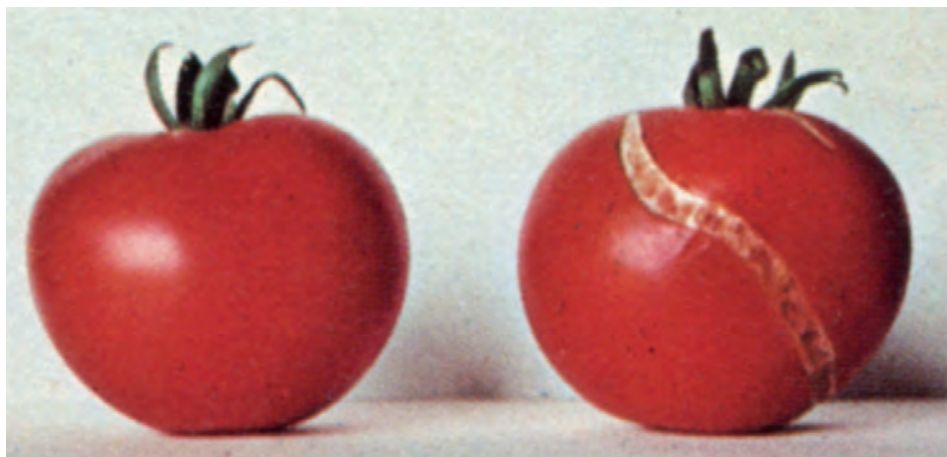
*Sl. 31. Rubni deo lista paradajza je suv i savijen na gore u odmakloj fazi nedostatka kalijuma
(Izvor: Kali und Salz AG)*



*Sl. 32. Nedostatak kalijuma podstiče pojavu "zelene kragne" na plodu paradajza u uslovima intenzivnog osunčavanja
(Izvor: Kali und Salz AG)*



Sl. 33. Pojava "zelene kragne" na plodu paradajza u uslovima nedovoljne ishrane kalijumom (Izvor: Yara International)



Sl. 34. Pucanje pokožice ploda paradajza usled nedostatka kalijuma, desno nedostatak kalijuma, levo kontrola. (Izvor: Huschka - Kali und Salz AG)



Sl. 35. Uticaj kalijuma na početni porast krastavca, levo bez kalijuma, desno kontrola (Maksimović, I.)



Sl. 36. Rubna nekroza na razvijenom listu krastavca u uslovima nedovoljne ishrane kalijumom (Izvor: Yara International)



Sl. 37. Rubna nekroza na listovima rasada krastavca usled nedostatka kalijuma (Izvor: Yara International)



Sl. 38. Početni simptomi nedostatka kalijuma na listu paprike (Izvor: Yara International)



Sl. 39. Simptomi nedostatka kalijuma u odmakloj fazi na listu paprike (Izvor: Yara International)



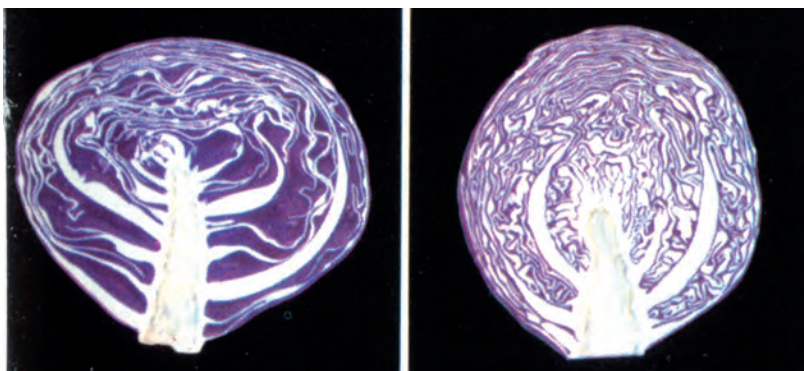
Sl. 40. Rubna nekroza na listu salate u uslovima nedostatka kalijuma (Ilin, Ž.)



Sl. 41. Simptomi nedostatka kalijuma na listovima karfiola (Izvor: Yara International)



Sl. 42. Simptomi nedostatka kalijuma na kupusu (Izvor: Kali und Salz AG)



Sl. 43. Uticaj kalijuma na čvrstoću glavice crvenog kupusa, levo nedostatak kalijuma, desno kontrola (Izvor: Papan - Kali und Salz AG)



Sl. 44. Simptomi nedostatka kalijuma na listovima pasulja u sredini i desno, levo kontrola (Putnik-Delić, M.)



Sl. 45. Simptomi nedostatka kalijuma na listovima pasulja (Izvor: Kali und Salz AG)



Sl. 46. Simptomi nedostatka kalijuma na mladim biljkama graška, levo kontrola, desno nedostatak kalijuma (Krstić, B.)

LITERATURA

- Adepetu, J.A., Akapa, I.K. (1977): Root growth and nutrient uptake characteristics of some cowpea varieties. *Agron. J.* 69: 940-943.
- Agricultural Lime Association (ALA), www.aglime.org.uk
- Aigner, H. (1978): Mittlerer Nährstoffgehalt von Frischmist. In: Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau. Landwirtschaftsverlag GmbH, Münster-Hiltrup.
- Amtmann, A., Troufflard, S., Armengaud, P. (2008): The effect of potassium nutrition on pest and disease resistance in plants. *Physiol. Plant.* 133: 682–691.
- Anjana, S.U., Iqbal, M. (2009): II Effect of Applied Potassium in Increasing the Potential for Nitrogen Assimilation in Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *IPI Optimizing Crop Nutrition* 20: 9-10.
- Anke, M., Lösch, E., Müller, M., Kramer, K., Glei, M., Bugdol, K. (1992): Potassium in Human Nutrition. In: Potassium in Ecosystems, IPI 23rd Colloquium, Prague, 187-204.
- Argo, W.R. (1998): Root Medium Chemical Properties. *Hort Technol.* 8: 486-494.
- Armengaud, P., Breitling, R., Amtmann, A. (2004): The potassium dependent transcriptome of Arabidopsis reveals a prominent role of jasmonic acid in nutrient signaling. *Plant Physiol.* 136: 2556-2576.
- Arneke, W.W. (1980): Der Einfluss des Kaliums auf die Komponenten des Wasserpotentials und auf die Wachstumsrate von *Phaseolus vulgaris* L. Diss, Giessen.
- Arnold, J., Josephson, L.M., Parks, L.M., Kincer, H.C. (1974): Influence of nitrogen, phosphorus and potassium applications on stalk quality characteristics and yield of corn. *Agr. J.* 66: 605-608.
- Arsenijević- Maksimović, I., Pajević, S. (2002): Praktikum iz fiziologije biljaka. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet u Novom Sadu, Novi Sad.

- Asher, B.J., Bar-Yosef, B. (2009): Potassium and CO₂ Sequestration. <http://www.ipipotash.org/udocs/>, e-ific 20: 14-16.
- Ashraf, M. (2004): Some important physiological criteria for salt tolerance in plants. *Flora* 199: 361–376.
- Atwell, B.J., Steer, B.T. (1900): The effect of oxygen deficiency on uptake and distribution of nutrients in maize plants. *Plant Soil* 122: 1-8.
- Ayers, R.S, Westcot, D.W. (1985): *Water Quality for Agriculture*, FAO Irrigation and drainage paper 29, 1, Rome.
- Bajaj, K.L. (1989): Effect of potassium on the biochemical characteristics of vegetable crops. *Proc. Group Discussion at IARC - Potassium and its influence on quality of fruit and vegetable crops*, New Delhi, 44-49.
- Baker, D.A., Weatherley, P.E. (1969): Water and solute transport by exuding root systems of *Ricinus communis*. *J. Exp. Bot.* 20: 485-496.
- Barker, J.S., Tauber, O.E. (1951a): Development of green peach aphid as affected by nutrient deficiencies in a host, *Nasturtium*. *J. Econ. Entomol.* 44: 125.
- Barker, J.S., Tauber, O.E. (1951b): Fecundity of and plant injury by the pea aphid as influenced by nutritional changes in the garden pea. *J. Econ. Entomol.* 44: 1010-1012.
- Bar-Tal, A. (2011): The Effect of Nitrogen Form on Interactions with Potassium. e-ific No 29, International Potash Institute, 3-11.
- Beauflis, E.R. (1973): *Diagnosis and Recommendation Integrated System (DRIS)*. A general scheme for experimentation and calibration based on principles developed from research in plant nutrition. *Soil Sci. Bull. Univ. Natal.* 1: 1-132.
- Becker, M., Meurer, E.J. (1986): Morfologia de raízes, suprimento e influxo de potássio em plantas de milho. *Revista Brasileira de Química do Solo*, 10: 259-263. *Soil Fertilizers* 51, 9, ref. 9344, 1988.
- Behboudian, M.H., Anderson, D.R. (1990): Effect of potassium deficiency on water relations and photosynthesis of the tomato plants. *Plant Soil* 127: 137-139.
- Ben Mimoun, M., Ghrab, M., Ghanem, M., Elloumi, O. (2009): Effect of Potassium Foliar Spray on Olive, Peach, Plum. Part 2: Peach and Plum Experiments. *Optimizing Crop Nutrition*, International Potash Institute 19: 14-17.

- Benizri, E., Nguyen, Ch., Piutti, S., Slezack-Deschaumes, S., Philippot, L. (2007): Additions of maize root mucilage to soil changed the structure of the bacterial community. *Soil Biol. Biochem.* 39: 1230-1233.
- Benton, J.J. (2001): *Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis.* CRC Press Boca Raton London New York Washington. D.C.
- Bergman, W. (1992): *Nutritional Disorder of Plants - Development Visual and Analytical Diagnosis.* Fischer Verlag, Jena.
- Bergmann, W. (1976): *Farbatlas Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen.* VEB Fischer Verlag, Jena.
- Bergmann, W. (1983): *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen - Entstehung und Diagnose,* VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Bergmann, W. (1988): *Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entschtehung, visuelle und analytische Diagnose.* Gustav Fischer, Jena.
- Bergmann, W., Neubert, P. (1976): *Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse.* VEB Gutav Fischer Verlag, Jena.
- Beringer, H. (1983): Kaliumaufnahme in Wechselbeziehung von Planze und Boden. Dynamik und Verfügbarkeit des Kalis im Boden. *Fachinformation der Österreichischen Düngerberatungsstelle*, 4: 1-19.
- Beringer, H., Haeder, H. E., Lindhauer, M. (1983): Water relationship and incorporation of ^{14}C assimilates in tubers of potato plants differing in potassium nutrition. *Plant Physiol.* 73: 956-966.
- Bhargava, B.S., Singh, H.P. (1989): Potassium and the quality of tropical and subtropical fruit crops. *Proc. of Group Discussion - Potassium and its influence on quality of fruit and vegetable crops.* New Delhi, 22-30.
- Bhatia, C.R., Rabson, R. (1976): Bioenergetic consideration on cereal breeding for protein improvement, *Science* 194: 1418-1421.
- Biró, Gy., Lindnern, K. (1988): *Tápanyagtáblázat.* Medecína Kiadó, Budapest.
- Blevins, D.G. (1984): The potassium-protein link: Why some crops need more K than others. *Crop Soils Magazine* 36: 42-47.

- Blum, W.E.H. (1983): Kalium-Dynamik im Boden. Dynamik und Verfügbarkeit des Kalis im Boden. Fachinformation der Österreichisches Düngerberatungsstelle. 4: 1-20.
- Bogdanović, D. (2010): Hemizacija- potrošnja mineralnih đubriva u proizvodnji hrane. Letopis naučnih radova, Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad 34: 32-45.
- Bogdanović, D., Ubavić, M. (2008): Đubrenju u plodoredu. U: Manojlović, M. (ured.) Đubrenju u održivoj poljoprivredi. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad 78-97.
- Bogdanović, D., Ubavić, M., Dozet, D. (1993): Hemijska svojstva i obezbeđenost zemljišta Vojvodine neophodnim makroelementima. U: Kastori, R. (ured.) Teški metali i pesticidi u zemljištu - Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 197-215.
- Bouteau, F., Bousquest, U., Pennarum, M., Convert, M., Dellis, O., Cornel, D., Rona, J. P. (1996): Time dependent K^+ currents through plasmalemma of lacifer protoplasts from *Hevea brasiliensis*. *Physiol. Plant.* 98: 97-104.
- Brewster, L.J. (2008): Onions and other vegetable Alliums. CAB International. London, UK: 1-456.
- Britto, D.T., Kronzucker, H.J. (2008): Cellular mechanisms of potassium transport in plants. *Physiol. Plant.* 133: 637-650.
- Cakmak, I. (1994): Activity of ascorbat-dependent H_2O_2 -scavenging enzymes and leaf chlorosis are enhanced in magnesium and potassium deficient leaves, but not in phosphorus deficient leaves. *J. Exp. Bot.* 45: 1259-1266.
- Cakmak, I. (2005): The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 168: 521-530.
- Čamprag, D. (2002): Agrotehnikom protiv štetočina ratarskih kultura sa osvrtom na integralnu zaštitu bilja. SANU, Ogranak u Novom Sadu, p. 399.
- Carden, D.E., Walker, D.J., Flowers, T.J., Miller, A.J. (2003): Single-cell measurements of the contributions of cytosolic Na^+ and K^+ to salt tolerance. *Plant Physiol.* 131: 676-683.
- Carpita, N., Sabularse, D., Montezinos, D., Delmer, D.P. (1979): Determination of the pore size of cell walls of living plant cells. *Science* 205: 1144-1147.

- Ceccotti, S.P. (1996): Plant nutrient sulphur - a review of nutrient balance, environmental impact and fertilizers. *Fert. Res.* 43: 117-125.
- Cerling, V.V. (1971): The diagnostics of plant nutrition. *Proc. Internat. Sympos. Soil. Fertility Evaluat*, New Delhi, 1: 211- 217.
- Cerling, V.V. (1990): Diagnostika pitanija selkohozjaistvennih kultur. *Agropromizdat*, Moskva.
- Chaboussou, F. (1972): The role of potassium and of cation equilibrium in the resistance of plants towards diseases. *Potash Review*, Subject 23, 39th suite.
- Chalamet, A., Audergon, J.M., Maitre, J.P., Domenach, A.M. (1987): Study of influence of potassium on the *Trifolium pratense* fixation by $\delta^{15}\text{N}$ method. *Plant Soil* 98: 347-352.
- Chapagain, B.P., Wiesman, Z. (2004): Effect of Nutri-Vant-PeaK foliar spray on plant development, and fruit quality in greenhouse tomatoes. *Sci. Hort.* 102: 177-188.
- Chapman, H.D. (1966): Diagnostic criteria for plants and soils. Univ. California, Div. Agric. Sci. Riverside.
- Ching, P.C., Barber, S.A. (1979): Evaluation of temperature effects on K uptake by corn. *Agron. J.* 6: 1040-1044.
- Chow, W.S., Ball, M.C., Naderson, J.M. (1990): Growth and photosynthetic response of spinach to salinity: implications of K^+ nutrition for salt tolerance. *Aust. J. Plant Physiol.* 17: 563-578.
- Cocucci, S.M., Ranieri, A., Zocchi, G. (1988): Potassium-dependent increase in RNA and protein synthesis in the early phase of incubation of the thermodormant *Phacelia tanacetifolia* seeds. *Plant Physiol.* 80: 891-894.
- Cooke, G.W. (1984): Problemi fosfora i kalijuma u biljnoj proizvodnji i kako ih treba rešiti. *Bilten za kontrolu plodnosti zemljišta i upotrebu đubriva.* 3-4: 50-71.
- Cooper, H.D., Clarkson, D.T. (1989): Cycling of amino-nitrogen and other nutrients between shoots and roots in cereals- a possible mechanism integrating shoot and root in the regulation of nutrient uptake. *J. Exp. Bot.* 40: 753-762.
- Council directive (1991): Concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources (91/676/EEC). *Official Journal*

of the European Communities. No L 375/1-No L 375/8. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:1991:375:0001:0008:EN:PDF>

- Csathó, P., Debreczeni, J., Sárdi, K. (2000): K-Ca-Mg Interactions in Winter Wheat in Network of Hungarian Long-term Field Trials. *Commun. Soil Sci. Pant Anal.* 31: 2065-2079.
- Čuvardić, M., Bogdanović, D., Ubavić, M. (1999): Uloga đubrenja u održivoj poljoprivredi. *Zbornik radova Naučnog instituta za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, 32: 271-284.
- De Boer, A.H. (1999): Potassium translocation in to the root xylem. *Plant Biol.* 1: 36-45.
- Dixon, R.G. (2007): *Vegetable brassicas and related crucifers.* CAB International. London, UK: 1-339.
- Domingé, C., Sabboh H., Révész, C., Meneton, P. (2004): Protective effects of high dietary potassium: nutritional and metabolic aspects. *J. Nutr.* 134: 2903-2906.
- Dragović, S., Hadžić, V., Maksimović, L., Nešić, Lj., Belić, M. (1994): Uticaj kvaliteta vode za navodnjavanje zemljišta u sistemima za navodnjavanje u Vojvodini. *Savremena poljoprivreda*, 6: 132-135.
- Drobner, U., Tyler, G. (1998): Conditions controlling relative uptake of potassium and rubidium by plants from soils. *Plant Soil* 201: 285-293.
- Džamić, R., Stevanović D. (2000): *Agrohemija.* Partenon, Beograd.
- Eifert, A., Eifert, J.(1976): Zusammenhaenge zwischen der Kaliumversorgung, der Ertragshöhe und der Forsthaerte von Rebenstaenden. *Kali-Briefe*, 10: 1-5.
- Epstein, E. (1972): *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives.* John Wiley and Sons, New York.
- Epstein, E. (1976): Kinetics of Ion Transport and the Carrier Concept. In: Lüttge, U. Pitman, M. G. (eds.) *Transport in Plants II.* Springer-Verlag, Berlin. Heidelberg. New York, 70-94.
- Epstein, E., Jefferies, R.L. (1964): The genetic basis of selective ion transport in plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 15: 169-184.
- Erdei, L., Trivedi, S. (1991): Cesium/potassium selectivity in wheat and lettuce of different K⁺ status. *J. Plant Physiol.* 138: 696-699.

- Erlandsson, G. (1979): Efflux of potassium from roots induced by changes in the water potential of the root medium. *Physiol. Plant.* 47: 1-6.
- Evans, H.J., Wildes, R.A. (1971): Potassium and its Role in Enzyme Activation. Potassium in Biochemistry and Physiology. International Potash Institute, Berne, 13-39.
- Fanning, D.D., Keramidis, V.Z., El-Desoky, M.A. (1989): Micas. In: Dixon, J. B., Weed, S. B. (eds.) Minerals in Soil Environments. Madison, USA, Soil Sci. Soc. Am. 551-634.
- Farmer, V.C., Wilson, M.J. (1970): Experimental conversion of biotite to hydrobiotite. *Nature* 226: 841-842.
- Feigenbaum, S., Edelstein, R.E., Shainberg, J. (1981): Release rate of potassium and structural cations from micas to ion exchangers in dilute solutions. *Soil Sci. Soc. A. J.* 45: 501 -506.
- Feil, B. (1998): Physiologische und pflanzenbauliche Aspekte der inversen Beziehung zwischen Ertrag und Proteinkonzentration bei Getreidesorten. Ein Übersicht, *Pflanzenbauwissenschaften*, 2: 37-46.
- Fernando, M., Mehroke, J., Glass, A.D.M.(1992): *De novo* synthesis of plazma membrane and tonplast polypeptides of barley roots during short-time K deprivation. In search of the high-affinity K transport syste. *Plant Physiol.* 100: 1269-1276.
- Finck, A. (1982): Fertilizers and Fertilization - Intorduction and Practical Guide to Crop Fertilization. Verlag Chemie, Weinheim.
- Fisher, F.L., Smith, E.O. (1960): The influence of nutrient balance on yield and lodging of texas hybrid corn. *Agron. J.* 52: 201-204.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (1999): What is organic agriculture? FAO/WHO Codex Alimentarius Commission. <http://www.fao.org/organicag/oa-faq/oa-faq1/en/>
- Foreman, J., Demidchik, V., Bothwell, J.H., Mylona, P., Miedema, H.H., Torres, M.A., Linstead, P., Costa, S., Brownlee, C., Jones, J.D., Davies, J.M., Dolan, L. (2003): Reactive oxygen species produced by NADPH oxidase regulate plant cell growth. *Nature* 422: 442-446.

- Forster, H. (1977): Influence of N and K fertilizers on the quality and yield of oil form old and new varieties of rape seed (*Brassica napus*, ssp. *oleifera*). Proceedings 13th Colloq. Int. Potash Inst., York.
- Förster, J.C., Jeschke, W.D. (1993): Effect of potassium withdrawal on nitrate transport and on the contribution of the root to nitrate reduction in the whole plant. *Plant Physiol.* 141: 322-328.
- Fox, T.C., Guerinot, M.L. (1998): Molecular biology of cation transport in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 49: 669-696.
- Franke, W. (1975): Stoffaufnahme durch das Blatt unter besonderer Berücksichtigung der Ektodesmen. *Bodenk.* 26: 331-341.
- Fritsche, R. (1961): Einfluss der Kulturmassnahmen auf die Entwicklung von Spinnmilbengradationen. *Med. Land. Gent.*, 1088-1097.
- Gerloff, G.C. (1976): Plant efficiencies in the use of nitrogen, phosphorus, and potassium. In: Wright, M.L., Ferrari, S.A. (eds.) *Plant Adaption to Mineral Stress in Problem Soils*, Beltsville Maryland, 161-173.
- Gerson, D.F., Poole, R.J. (1972): Chloride accumulation by mung bean root tips. A low affinity active transport system at the plasmalemma. *Plant Physiol.* 50: 603-607.
- Ghoulam, C., Foursy, A., Fares, K. (2002): Effect of salt stress on growth, inorganic ions and proline accumulation in relation of osmotic adjustment in five sugar beet cultivarts. *Environ. Exp. Bot.* 47: 39-50.
- Glass, A.D.M., Dunlop, J. (1979): The regulation of K^+ influx in excised barley roots. Relationship between K^+ influx and electrochemical potential differences. *Planta* 145: 395-397.
- Glass, A.D.M., Siddigi, M.Y., Gilesi, K.I. (1981): Corelation between potassium uptake and hydrogen efflux in barley varieties. A potential screening method for the isolation of nutrient efficient lines. *Plant Physiol.* 68: 457-459.
- Göhler, F., Molitor, H. D. (2002): *Erdelose kulturverfahren im gartenbau*. Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart (Hohenheim), 1-267. www.ulmer.de

- Greer, L., Driver, S. (2000): Organic Greenhouse Vegetable Production, Attra.
- Grewal, J.S., Singh, S.N. (1980): Effect of potassium nutrition on frost damage and yield of potato plants on alluvial soils of the Punjab. *Plant Soil* 57: 105-110.
- Grimme, H., Strebel, O., Renger, M., Fleige, H. (1981): Die potentielle K-Anlieferung an die Pflanzenzwurzeln durch Diffusion. *Mitt. Dtsch. Bodenkund. Ges.* 31: 57-66.
- Grimme, H., von Braunschweig, L.C., Nemeth, K. (1975): K, Mg, and Ca interaction as related to cation uptake and yield. *Büntehof Abs.* 4: 7-8.
- Grimme, H. (1971): Some factors controlling potassium availability in soil. *Proc. Int. Samp. Soil Fert. Eval.* 1: 33-34.
- Gromiko, O.I. (1968): Vlijanie temperaturi na pogloščenie kalija, kalcija i magnija podsolnečnikom i tomatomi. *Dokl. Mosk. Akad. im. Timirjazeva* 23: 47-53.
- Gross, J. (1991): Carotenoids. In: Gross, J. (ed.) *Pigments in vegetables: Chlorophylls and carotenoids*. Van Nostrand Reinhold, N.Y., 75-278.
- Grossklaus, R. (1992): K concentrations in beverages as a guidance for K threshold levels in drinking water. In: *Potassium in Ecosystems*. IPI 23rd Colloquium, Prague, 251-262.
- Grujić, S., Kastori, R. (1973): Potassium in metabolic processes in plants. *Zbornik Matice srpske za prirodne nauke* 45: 107-118.
- Grujić, S., Kastori, R. (1974): Einfluss der verschiedener Mineralstoffernährung auf den Nitrat-und Nitritgehalt im Spinat. *IV. Int. Congress Food and Technol.* 3: 272-277.
- Guardia, M.D., Benlloch, M. (1980): Effects of potassium and gibberellic acid on stem growth of whole sunflower plants. *Physiol. Plant.* 49: 443-448.
- Gvozdrenović Đ. (2010): *Paprika, monografija*, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, ISBN 978-86-80417-27-1, 1-286.
- Gvozdrenović, Đ., Červenski, J., Gvozdrenović-Varga, J., Vasić, M., Jovićević, D., Bugarski, D., Takač, A. (2011): *SEMENARSTVO - vol. III* ISBN 978-86-80417-34-9, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, monografija, 1-802.

- Gvozdrenović, Đ., Vasić, M., Bugarski, D., Gvozdrenović Varga, J., Takač, A., Červenski, J. (1996): Semenarstvo i plasman semena povrća. Zbornik radova Instituta za Ratarstvo i povrtarstvo, seminar agronoma, 481-487.
- Hadžić, V., Dragović, S., Nešić, Lj., Belić, M. (1989): Soni režim u nekim hidromorfnim zemljištima u uslovima navodnjavanja. Jugoslovenski simpozijum "Navodnjavanje kao činilac proizvodnje hrane", Subotica, 1989, Vodoprivreda, Godina XXI, 119-120 i 313-319.
- Hadžić, V., Nešić, Lj., Belić, M., Milojković, N. (1993): Zemljište kao prirodni resurs u proizvodnji hrane. U. Kastori, R. (ed.) Teški metali i pesticidi u zemljištu - Teški metali i pesticidi u zemljištima Vojvodine. Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 9-15.
- Haeder, H.E., Beringer, H. (1984): Long distance transport of potassium in cereals during grain filling in intact plants. *Physiol. Plant.* 62: 439-444.
- Hakerlerler, H., Oklay, M., Eryüce, N., Yagmur, B. (1997): Effect of potassium on the chilling tolerance of some vegetable seedlings grown in hotbeds, in Johnston, A.E. (ed.): Food Security in the WANA Region, the Essential Need for Balanced Fertilization. International Potash Institute, Basel, 317-327.
- Hartz, T.K., Johnstone, P.R., Francis, D.M., Miyao, E.M. (2005): Processing tomato yield and fruit quality improved with potassium fertirigation. *Hort Sci.* 40: 1862-1867.
- Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., Nelson, V.L. (1999): Soil fertility and fertilizers. 6th edn. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA, 499.
- Hazard, J., Renou, Ph., Perlemuter, L. (1971): The Therapeutic Use of Potassium Salts. Potassium in Biochemistry and Physiology. International Potash Institute, Berne, 181-194.
- He, F.J., MacGregor, G.A. (2008): Beneficial effects of potassium on human health. *Physiol. Plant.* 133: 725-735.
- Hecht-Buchholz, Ch., Marschner, H. (1970): Veränderungen der Feinstruktur von Zellen der Maiswurzelspitze bei Entzug von Kalium. *Z. Pflanzenphysiol.* 63: 416-427.
- Helal, H.M., Mengel, K. (1979): Nitrogen metabolism of young barley plants as affected by NaCl-salinity and potassium. *Plant Soil* 51: 457-462.

- Hem, J.D. (1985): Study and interpretation of the chemical characteristics of natural water, U.S. Geological Survey Water Supp. Pap. 2254: 104-105.
- Hernandez, J.A., Jimenez, A., Mullineaux, E., Sevilla, E. (2000): Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long-term salt stress is associated with induction of antioxidant defenses. *Plant Cell Environ.* 23: 853-862.
- Highland, H.B. (2010): Organically approved and reduced risk pest control options for fruiting vegetable production. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 123: 151-155.
- Hocking, P.J. (1980): The composition of phloem exudate and xylem sap from tree tobacco (*Nicotiana glauca* Groh.), *Ann. Bot.* 45: 633-643.
- Howard, F.D., MacGillivray, J.H., Yamaguchi, M. (1962): Nutrient composition of fresh California grown vegetables. *Bull Nr 788, Calif Agric Expt Stn, University of California, Berkeley.*
- Howard, M.R. (2004): Hydroponic food production. Newconcept Pres, Inc., Mahwah, New Jersey, USA.
- Huber, D.M., Arny, D.C. (1985): Interactions of potassium with plant disease. In: Munson, R. D. (ed.) *Potassium in agriculture.* Amer Soc Agron., Madison USA, 467-488.
- Huber, D.M., Haneklaus, S. (2007): Managing nutrition to control plant disease. *Landbauforschung Volkenrode* 57: 313-322.
- IFA. (1992): World fertilizer use manual. Wichmann W. (ed.) Paris: International Fertilizers Industry Association. <http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/LIBRARY/Our-selection2/World-Fertilizer-Use-Manual/by-taxonomic-names>
- IFOAM (1996): IFOAM Standards, Tholey-Theley
- IFOAM (2008): Definition of Organic Agriculture. <http://infohub.ifoam.org/en/what-organic/definition-organic-agriculture>
- IFOAM (2012): The IFOAM norms for organic production and processing. http://www.ifoam.org/sites/default/files/page/files/ifoam_norms_version_august_2012_with_cover_0.pdf
- Ilić, M., Grubor, B., Tešić, M. (2004): The state of biomass energy in Serbia. *Thermal Science* 8: 5-19.

- Ilin Ž., Nešić Lj., Mišković A. (2005): Zemljište u zaštićenom prostoru, Plodnost i degradacija zemljišta, *Ekonomika poljoprivrede* 4: 503-514.
- Ilin, Ž. (1993): Uticaj đubrenja i navodnjavanja na prinose i kvalitet krompira. Doktorska disertacija.
- Ilin, Ž. (1994): Content and yield of starch as depending on fertilization and irrigation. *Contemporary Agriculture* 42: 431-435.
- Ilin, Ž. (1996): Starch content in potato tubers as depending on irrigation and fertilization. The Bok abstracts, International Symposium "Drought and Plant production", Lepenski Vir, 214.
- Ilin, Ž. (2003): Povrtarstvo (<http://polj.uns.ac.rs/predmeti/povrtarstvo/index.html>).
- Ilin, Ž. (2010): Stanje u proizvodnji povrća u Srbiji na kraju prve decenije XXI veka. Zbornik radova, XI Savetovanja „Savremena proizvodnja povrća“, Poljoprivredni fakultet Novi Sad, 11. decembar 2010, 4-6.
- Ilin, Ž., Đurovka, M., Marković, V. (1997): Effect of fertility and irrigation on sugar content in potato tubers. *Acta Hort.* 462: 303-310.
- Ilin, Ž., Đurovka, M., Marković, V. (2000a): Effect of irrigation and mineral nutrition on the quality of potato. *Acta Hort.* 579: 625-629.
- Ilin, Ž., Đurovka, M., Marković, V., Lazić, B. (1994): Yield of new potato of the variety desiree as depending on fertilization and irrigation. *Contemporary Agriculture*, XLII: 499-506.
- Ilin, Ž., Đurovka, M., Marković, V., Sabadoš, V. (2000b): Agrobiološke osnove za uspešnu proizvodnju krompira. *Arhiv za poljoprivredne nauke* 61: 101-114.
- Ilin, Ž., Gvozdrenović, Đ., Boćanski, J., Novković, N., Adamović, B. (2013): Role of vegetable production in the development of rural regions in Serbia. *Srpska akademija nauka i umetnosti. Naučni skup, Perspektive razvoja sela*, 17-18. april, Beograd.
- Ilin, Ž., Lazić, B., Marković, V., Đurovka, M. (1999): Quality production of vegetables at the crossroads of the two centuries. *Proceeding of 2nd International Scientific Conference. Production of Field Crops at the threshold of 21st century.* University of Novi Sad, Faculty of Agriculture, Yugoslavia, 101-111.

- Ilin, Ž., Marković, V., Mišković, A. (2006): Revitalizacija staklene bašte i tehnologije proizvodnje u AD „Doline“ iz Gložan. Tehničko i razvojno rešenje registrovano u MNO Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja.
- Ilin, Ž., Mišković, A. (2007): Pilot glasshouse production of high quality vegetable seedlings. Tehničko i razvojno rešenje registrovano u MNO Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Vlade Republike Srbije.
- Ilin, Ž., Mišković, A. (2008): Staklenik za proizvodnju povrća, cveća i ukrasnog bilja. Tehničko i razvojno rešenje registrovano u MNO Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Vlade Republike Srbije i Sekretarijatu za nauku i tehnološki razvoj Vlade AP Vojvodine.
- Ilin, Ž., Nešić, Lj., Maksimović, I., Mišković, A. (2009): Importance of fertility and quality of soil substrates for greenhouse vegetable production. Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad. 46: 135-148.
- Ilin, Ž., Sabadoš, V., Marković, V., Gvozdrenović, Đ., Bjelić, V., Zdravković, M., Mišković, A., Marinković, D., Boca, Z., Sekulić, O., Ivan, J., Kukić, B. (2010): Određivanje održavaoca za odomaćene sorte iz registra poljoprivrednog bilja. Tehničko i razvojno rešenje registrovano u Ministarstvu poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Vlade Republike Srbije.
- Imas, P., Bansal, S.K. (2013): Potassium and Integrated Nutrient Managment in Potato. <http://www.ipipotash.org/presentn/kinmp.html>, 1-14.
- IOBC (2005): Guidelines for integrated production of field grown vegetables, Malavolta C, Boller E. F., Wijnands F.G. (ed.) 28: 1-26. http://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/IOBC_Guideline_Field_Vegetables_2004_ENGLISH.pdf
- IPI International Potash Institute (2012): Potassium a Nutrient Essential for Life. <http://www.ipipotash.org/udocs> 1-18.
- Islam, A.K., Edwards, D.G., Asher, C.J. (1980): pH optimum for crop growth. Results of a solution culture experiment with six species. *Plant Soil* 54: 338-357.
- Ismail, W. (1980): The influence of potassium on the relationship between *Meloidogyne incognita* and *cucurbitas*. *Indian J. Bot.* 3: 24-30.
- Ismail, W., Saxena, S.K. (1979): Effect of different levels of potassium on the growth of root-knot nematode *Meloydogine incognita* on tomato *Lycopersicon lycopersicum* and *Lycopersicon peruvianum* and development of root-knot. *Indian J. Nematol.* 6: 23-31.

- Jackson, T.L., McBride, R.E. (1986): Yield and quality of potassium improved with potassium and chloride fertilization. In: Jackson, T. L. (ed.) Special Bulletin on Chloride and Crop Production. Potash & Phosphate Institute Atlanta, Georgia, 2: 73-83.
- Janković, M. (1976): Uzajamni odnos između zasićenosti zemljišta bazama, sadržaja kalijuma u adsorptivnom kompleksu i ishrani biljaka kalijumom. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd-Zemun.
- Jensen, C.R., Tophoj, H. (1985): Potassium induced improvement of yield response in barley exposed to soil water stress. *Irrig. Sci.* 6: 117-129.
- Jeschke, W.D. (1979): Nettoaustausch von K^+ - Na^+ durch das Plasmalemma von meristematischen Wurzelgeweben. *Z. Pflanzenphysiol.* 94: 325-330.
- Jeschke, W.D., Atkins, C.A., Pate, J.S. (1987): Partitioning of K^+ , Na^+ , Mg^{2+} and Ca^{2+} through xylem and phloem to component organs of nodulated white lupin under mild salinity. *J. Plant Physiol.* 128: 77-93.
- Jeschke, W.D., Pate, J.S. (1991): Cation and chlorid partitioning through xylem and phloem within the whole plant of *Ricinus communis* L. under condition of salt stress *J. Exp. Bot.* 42: 1105-1116.
- Jifon, L.J., Lester E.G (2011): Effect of foliar potassium fertilization and source on cantaloupe yield and quality. *Better Crops* 95: 13-15.
- Johnston, A.E., Goulding, K.W.T. (1992): K concentrations in surface and groundwater and the loss of K in relation to land use. In: Potassium in Ecosystems. IPI 23rd Coloquium, Prague, 135-158.
- Joshi, Y.C. (1980): Sodium/Potassium, index of wheat seedlings in relation to sodacity tolerance. Proc. Intern. Symp. Salt-Affected Soils. Centr. Soil Salinity Res. Inst. Karnal (India), 457-460.
- Jungk, A., Claassen, N., Kuchenbuch, R. (1982): Potassium depletion of the soil-root interface in relation to soil parameters and root properties. Proc. 9th Int. Plant Nutr. Colloq., Commonwealth Agric. Bureau, 250-255.
- Kádár I., Márton, L., Láng I. (2012): Az őrbottyányi 50 éves örök rozs és egyéb műtrágyázási tartamkísérletek tanulságai. Magyar Tudományos Akadémia ATK Talajtani és Agrokémiai Intézete, Budapest.

- Kádár, I. (1992): A növénytáplálás alapelvei és módszerei. Akaprint, Budapest.
- Kádár, I. (2000): Neobjavljeni rezultati.
- Kádár, I. (2011a): A kálium és a bór elemek közötti kölcsönhatások vizsgálata tartamkísérletben. *Agrokémia és Talajtan*, 60: 161-178.
- Kádár, I. (2011b): Analysis of interactions between potassium, boron and strontium in alfalfa. *Agrokémia és Talajtan*, 61: 133-150. H.
- Kádár, I. (2012a): A főbb szennyező mikroelemek környezeti hatása. Magyar Tudományos Akadémia, ATK Talajtani és Agrokémiai Intézet, Budapest.
- Kádár, I. (2012b): Növénytáplálás, trágyázás, elemforgalom. *Agrokémia és Talajtan*, 61: 147-162.
- Kádár, I., Csathó, P. (2012): A kálium és bór közötti kölcsönhatások vizsgálata kukoricában. *Növénytermelés*, 61: 37-57.
- Kádár, I., Márton, L., Horváth, S. (2000): Mineral fertilization of potato (*Solanum tuberosum* L.) on calcareous chernozem soil. *Növénytermelés* 49: 291-306. H.
- Kádár, I., Márton, L., Láng, I. (2012): Az Örbottyáni 50 Éves Örök Rozs és Egyéb Műtrágyázási Tartamkísérletek Tanulságai. Magyar Tudományos Akadémia ATK Talajtani és Agrokémiai Intézete, Budapest.
- Kádár, I., Ragályi, P. (2012): Effect of slaughterhouse wastes on the contents of plants on calcareous sandy soil. *Agrokémia és Talajtan* 61: 181-192. H.
- Kafkafi, U., Tarchitzky, J. (2011): Fertigation: A tool for efficient fertilizer and water management. International fertilizer industry association (IFA), Paris, France, International potash institute (IPI), Horgen, Switzerland, Paris, France 14-138.
- Kastori, R. (1964): Der Gehalt einiger Nährstoffe im Laufe der Vegetation beim Mais. *Ve Congres Mondial des Fertilisants*, Zurich 1-6.
- Kastori, R. (1967): The influence of mineral fertilizer on certain properties of agricultural products. *Agrohémija* 7/8: 295-309.
- Kastori, R. (1969): Dependence of Calcium Uptake and Transpiration on the Osmotic Pressure of Extrnal Solution in Different Wheat Varieties. *Contemporary Agriculture* 17: 277-284.

- Kastori, R. (1976): The Effect of Some Ecological Factors on ^{32}P Uptake by Leaf Tissue. VIII International Fertilizer Congress, Moscow, Papers of foreign participants. 3: 444-452.
- Kastori, R. (1977): Lisna analiza i kontrola plodnosti zemljišta. Bilten za kontrolu plodnosti zemljišta i upotrebu đubriva 1: 49-52.
- Kastori, R. (1983): Uloga elemenata u ishrani biljaka. Matica srpska, Novi Sad.
- Kastori, R. (1984): Mehanizam i ekologija usvajanja jona preko lista. U: Fiziološki aspekti mineralne ishrane biljaka. Jugoslovensko društvo za fiziologiju biljaka. Beograd, 37-54.
- Kastori, R. (1988): Uloga i mesto analize biljaka u sistemu kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva. Jugoslovenski naučni simpozijum. Sistem kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva u funkciji optimalnih prinosa danas i sutra, Novi Sad, Zbornik radova, 177-198.
- Kastori, R. (1995): Zaštita agroekosistema. Feljton, Novi Sad.
- Kastori, R. (2000): The Soil Potassium Resources and the Efficiency of Potassium Fertilizers in Yugoslavia. Country Report 14, International Potash Institute, Basel, 1-26.
- Kastori, R. (2006): Fiziologija biljaka. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Kastori, R. (2008): Uloga kalijuma u ishrani krompira. Savremeni povrtar 31: 12-13.
- Kastori, R. (2009): Kalijum- neophodan element za dobar kvalitet povrća. Savremeni povrtar 31: 12-14.
- Kastori, R. (2011): Činioci koji utiču na efikasnost folijarne ishrane povrća mineralnim materijama. Savremeni povrtar 38: 10-13.
- Kastori, R. Bogdanović, D. Kádár, I., Milošević, N., Sekulić, P., Pucarević, M. (2006): Uzorkovanje zemljišta i biljaka - nezagađenih i zagađenih staništa. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Kastori, R. Grujić, S., Kandrač, J., Adamov, I. (1978): Einfluss der unterschiedlichen K-Ernährung auf den ^{32}P -einbau in einzelnen Nukleinsäuregruppen bei jungen Maispflanzen. Acta Bot. Croat. 37: 61-66.

- Kastori, R., Arsenijević-Maksimović, I., Petrović, N. (1997a): Sadržaj hlorofila kao pokazatelja obezbeđenosti šećerne repe azotom. Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad 29: 27-34.
- Kastori, R., Báland, A. (1977): Phosphorus uptake by different age maize leaves and their physiological activity. *Savremena poljoprivreda* 5/6: 23-32. S
- Kastori, R., Grujić, S. (1975): Einfluss der verschiedenen K- Ernährung auf die Dynamik von RNS- und DNS- Gehalt in jungen Maispflanzen. *Biochem. Physiol. Pflanzen (BPP)* 167: 13-16.
- Kastori, R., Milošević, N. (2011): Ekološki i fiziološki aspekti kisele sredine- zemljište, biljke i mikroorganizmi. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Kastori, R., Petrović, M., Arsenijević-Maksimović, I. (1997b): Teški metali i biljke. U: Kastori, R. (Ured.) *Teški metali u životnoj sredini*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad, 197-257.
- Kastori, R., Petrović, M., Jocić, B., Verešbaranji, I. (1982): Odnos između udela azota, fosfora i kalijuma u liski i lisnoj dršci i prinosa i kvaliteta šećernme repe. *Arhiv za poljoprivredne nauke* 43: 421-432.
- Kastori, R., Petrović, N. (2004). Bioenergetic aspects of composition between nitrogen metabolism and carbohydrate synthesis in small gains. *Matica Srpska Proceedings for Natural Sciences* 106: 21-27.
- Kastori, R., Sarić, M., Petrović, M., Krstić, B. (1979): The specific characteristics of different sugar beet varieties related to potassium in nutrition. *Agrohemija* 3/4: 97-107. S
- Kasztori, R. (1969): Effect of Light on Calcium Uptake and Metabolism. *Agrochemistry and Soil Science* 18: 321-326.
- Katan, J. (2009): Mineral nutrient management and plant disease. *Research Findings: e-ifc* No. 21: 6-8.
- Kecskeméti, V.(1992): Therapeutic Implications of Alterations in Endogenous Potassium Concentrations for Organ Functions. IPI: Potassium in Ecosystems. IPI 23rd Colloquium, Prague, 235-250.
- Kemmler, G. (1980): Potassium deficiency as a yield -limiting factor in the tropics. *Potash. Rev. (IPI)*, Subj. 16, 84th suit.

- Kemmler, G., Hobt, H. (1985): Potash a product of nature, K+S booklet, German Potash for World Agriculture.
- Khan, K.S., Heinze, S., Joergensen, R.G. (2009): Simultaneous Measurements of S, Macronutrients, and Heavy Metals in the Soil Microbial Biomass with CHCl_3 Fumigation and $\text{NH}_4^+\text{NO}_3^-$ Extraction. *Soil Biol. Biochem.* 41: 309-314.
- Kiraly, Z. (1976): Plant disease resistance as influenced by biochemical effects of nutrients in fertilizers. Proc. 12th Collq International Potash Institute, Bern, 33-46.
- Koch, K., Mengel, K. (1974): The influence of the level of potassium supply to young tobacco plants (*Nicotiana tabacum* L.) on short term uptake and utilisation of nitrate nitrogen (^{15}N). *J. Sci. Food Agric.* 25: 465-471.
- Koriath, H. et al. (1975): Güllewirtschaft - Gölledüngung. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Körös, E. (1980): Bioszervetlen kémia. Godolat, Budapest.
- Košeleva, L. L. (1965): Vlijanje osnovnih elementov mineralnovo pitaniya na formirovanie svojstv ustojčivosti k poleganiju rastenij ljna. Ustojčivost rast. protiv poley. Izd. AN BSSR, Inst. eksper. bot. i mikrobiol. Minsk, 118-122.
- Kostadinova, S., Panayotova, G. (2012): Effect of potassium deficiency on the potassium utilization efficiency in wheat genotypes. In: Kastori R. (eds.) Proceedings XVI International ECO-conference - Safe Food, Ecological Movement of Novi Sad, Novi Sad, Serbia, 175-181.
- Kostić, M. (1975): The influence of the potassium nutrition on the content of cellulose and some morphological characteristics of wheat stalk as factors of resistance to lodging. Zbornik radova, Zavod za strna žita, Kragujevac 5: 73-80.
- Kostić, N., Hadžić, V., Protić, N., Stevanović, D., Jakovljević, M. (1995): Sulfur geochemistry of some soils of Vojvodina, Šumadija, and northern Pomoravlje. *Zemljište i biljka* 44: 181-190.
- Kovačević, V., Sudarić, A., Antunović, M. (2011): Mineral Nutrition, In: Hany A. El. Shemy (ed.) Soybean Physiology and Biochemistry, Intech Publisher, 389- 426.
- Kovačević, V., Vukadinović, V. (1992): The potassium requirements of maize and soyabean on high K-fixing soil. *S. Afr. Tydskr. Plant Grond*, 9: 10-13.

- Krauss, A. (2001): Potassium and biotic stress. 1st FAUBA-FERTILIZAR-IPI Workshop on Potassium in Argentina's Agricultural Systems. 20-21 November 2001, Buenos Aires, Argentina.
- Kristek, A., Rastija, M., Kovačević, V., Liović, I. (1996): Response of sugar beet to potassium fertilization on a high K-fixing soil. *Roslinná Výroba*, 42: 523-528.
- Kuhlmann, H., Barraclough, P.B. (1987): Comparison between the seminal and nodal root systems of winter wheat in their activity for N and K uptake. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 150: 24-30.
- Kukin, A., Hadžić, V., Nešić, Lj., Belić, M. (2007): *Agrogeologija*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Departman za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Kuo, J., Pate, J.S., Rainbird, R.M., Atkins, C. A. (1980): Internodes of grain legumes - New location of xylem parenchyma transfer cells. *Protoplasma* 104: 181-185.
- Laegreid, M., Bockman, O.C., Kaarstad, O. (1999): *Agriculture, Fertilizers and Environment*. CABI Publishing, Wallingford.
- Láng, F. (ed.) (1998): *Növényélettan - A növényi anyagcsere*, ELTE Eötvös Kiadó, Budapest.
- Larkum, A.W.D. (1968). Ionic relations of chloroplasts *in vivo*. *Nature* 218: 447-449.
- Larsen, J.B. (1976): Untersuchungen über die Forstempfindlichkeit von Douglasienherkünften und über Einfluss der Naerstoffversorgung auf die Forstresistenz der Douglasie. *Forst- und Holzwir.* 15: 299-302.
- Latković, D., Marinković, B., Malešević, M., Jaćimović, G., Jug, D. (2009): Effect of different levels of nitrogen from plowed under harvest residues on grain yield of corn. *Contemporary Agriculture* 58: 16-22.
- Lee, D.H., Lee, C.B. (2000): Chilling stress-induced changes of antioxidant enzymes in the leaves of cucumber: in gel enzyme activity assays. *Plant Sci.* 159: 75-85.
- Lee, K.E. (1994): The functional significance of biodiversity in soils. 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico, 4a: 168-182.
- Lester, G.E. (2006): Organic versus conventionally grown produce: quality differences, and guidelines for comparison studies. *Hort. Sci.* 41: 296-300.

- Lester, G.E., Jifon J. L., Makus D.J. (2010): Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. *Plant Soil* 335: 117-131.
- Lester, G.E., Jifon, J.L., Makus, D.J. (2006): Supplemental foliar potassium applications with or without a surfactant can enhance netted muskmelon quality. *Hort. Sci.* 41: 741-744.
- Lester, G.E., Jifon, J.L., Makus, D.J. (2011): Impact of potassium nutrition on postharvest fruit quality: Melon (*Cucumis melo* L.) case study. *Plant Soil* 335: 117-131.
- Lester, G.E., Jifon, J.L., Rogers, G. (2005): Supplemental foliar applications during muskmelon fruit development can improve fruit quality, ascorbic acid and beta-carotene contents. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130: 649-653.
- Li, H., Yang, X., Luo, A.C. (2001): Ameliorating effect of potassium on iron toxicity in hybrid rice. *J. Plant Nutr.* 24: 1849-1860.
- Li, S., Xu, Y., White, W.S., Rodermeil, S., Taber, H. (2006): Lycopene concentration in tomato is increased by enhanced potassium nutrition. *FASEB J.* 20: 1059.
- Liebig, J. von (1842): *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie.* 4 Auflage, Vieweg, Braunschweig.
- Lin, D., Huang, D., Wang, S. (2004): Effect of potassium levels on fruit quality of muskatmelon in soilless medium culture. *Sci. Hort.* 102: 53-60.
- Linsler, H., Farrahi-Ashtiani, S. (1965): Einfluss von Licht und Dunkelheit auf die Nährstoffaufnahme etiolierter and grüner Pflanzen. *Z. Pflanzenernähr. Düng.* 110: 26-35.
- Linsler, H., Herwig, K. (1963): Untersuchungen zu Abhängigkeit der Nährstoffaufnahme vom osmotischen Druck der Aussenlösung. *Protoplasma* 22:1-4.
- Loo, S., Koppejan, J. (2002): *Handbook of Biomass Combustion and Co-Firing.* Twente University Press, Enschede.
- Lorenzo, O., Piqueras, R., Sanchez-Serrano, J.J., Solano, R. (2003): Ethylene response factor 1 integrates signals from ethylene and jasmonate pathways in plant defence. *Plant Cell* 15: 165-178.
- Lu, Y.X., Li, C.J., Zhang, F.S. (2005): Transpiration, Potassium Uptake and Flow in Tobacco as Affected by Nitrogen Forms and Nutrient Levels. *Ann. Bot.* 95: 992-998.

- Lundegardh, H. (1945): Die Blattanalyse. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Maathius, F.J.M., Sanders, D. (1997): Regulation of K⁺ Absorption in Plant Root Cells by External K⁺: Interplay of Different Plasma Membrane K⁺ Transporters. *J. Exp. Bot.* 48: 451-458.
- Maathuis, F.J.M. (2007): Monovalent Cation Transporters: Establishing a link between bioinformatics and physiology. *Plant Soil* 301: 1-15.
- Maathuis, F.J.M., Sanders, D. (1996): Mechanisms of potassium absorption by higher plant roots. *Physiol. Plant.* 96: 158-168.
- Magen, H. (2010): Current World Potash Situation & Future Outlook. <http://www.ipipotash.org/udocs/1-9>.
- Maksimović, I. (2006): Uticaj pH vrednosti supstrata na pristupačnost hraniva. *Savremeni povrtar, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad* 17: 6-7.
- Maksimović, I., Belić, S., Putnik-Delić, M., Gani, I. (2008). The effect of sodium concentration in the irrigation water on pea yield and composition. *ECO Conference 2008, Novi Sad*, 231-235.
- Maksimović, I., Putnik-Delić, M., Gani, I., Marić, J., Ilin, Ž. (2010): Growth, ion composition, and stomatal conductance of peas exposed to salinity. *Cent. Eur. J. Biol.* 5: 682-691.
- Manojlović, S. (1969): Uzimanje uzoraka zemljišta. Priručnik za sistematsku kontrolu plodnosti zemljišta i upotrebu đubriva. Centar za unapređenje poljoprivredne proizvodnje SR Srbije, Beograd, Poslovno udruženje proizvođača veštačkih đubriva "Agrohemija" Beograd, 9-18.
- Manojlović, S. (1986): Teorijske osnove jedinstvenog sistema kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva u Jugoslaviji. *Agrohemija* 1: 1-36.
- Manojlović, S. (1988): Aktuelni problemi upotrebe đubriva sa posebnim osvrtom na mogućnost zagađivanja zemljišta i predlozi za njihovo rešavanje, kroz uvođenje i funkcionisanje sistema kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva. *Agrohemija* 5/6: 393-434.
- Marković, V. (1981): Effect of mineral nutrition on quality of industrial peppers. *Matica srpska*, 401-411.

- Marković, V. (1984): Effect of fertilization on yield and quality of red spice pepper. *Savremena poljoprivreda*. 32: 37-45.
- Marković, V. (2001): Contemporary agricultural practices for sweet pepper production. *Zbornik radova, a periodical of scientific research on field and vegetable crops* 35: 341-348.
- Marković, V., Đurovka, M., Ilin, Ž., Mišković, A. (2005): Influence of production methods on the yield and quality of red spice pepper, *Contemporary Agriculture* 54: 84-87.
- Marković, V., Lazić, B., Đurovka, M. (1994): Economical application of fertilizers in vegetable crops production. *Zbornik radova, A periodical of scientific research on field and vegetable crops*. 22: 659-669.
- Marković, V., Takač A., Ilin Ž. (1999): Uticaj različitih supstrata i načina proizvodnje na kvalitet rasada paradajza. *Savremena poljoprivreda* 41: 178-185.
- Marschner, H. (1995): Mineral plant nutrition of higher plants, 2nd edn. Academic press, Harcourt Brace & Company, Publishers, p 889.
- Marschner, H., Cakmak, I. (1989): High light intensity enhances chlorosis and necrosis in leaves of zinc-, potassium- and magnesium-deficient bean (*Phaseolus vulgaris*) plants. *J. Plant Physiol.* 134: 308-315.
- Marschner, H., Richter, C. (1973): Akkumulation and Translokation von K^+ , Na^+ und Ca^{2+} bei Angebot zu einzelnen Wurzelzonen von Maiskeimpflanzen. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 134: 1-15.
- Marschner, H., Römheld, V. (1992): Optimierung der Stickstoffdüngung bei gleichzeitiger Verringerung der Umweltbelastung. *Inter. Tagung. Optimierung der Stickstoffdüngung, Hohenheim*, 187-192.
- Martin, P. (1982): Stem xylem as a possible pathway for mineral retranslocation from senescing leaves to the ear in wheat. *Aust. J. Plant Physiol.* 9: 107-207.
- Martinov, M., Tešić, M., Konstantinović, M., Stepanov, B. (2005): Perspektive u korišćenju biomase za grejanje domaćinstava u seoskim područjima. *Savremena poljoprivredna tehnika* 31: 211-220.
- Matotan, Z. (2002): Proizvodnja paprike. *Hrvatski zadružni savez. Zagreb*.

- Matzel, W. (1983): Die Bedeutung de Kalidüngungsorten für die Nährstoffversorgung der Pflanze. Dynamik und Verfügbarkeit des Kalis im Boden. Fachsymposium, 1982, Fachinformation der Österreichischen Düngungberatunsstelle. Wien 4: 1-25.
- Maynard, N.D., Hochmuth, J.G. (2007): Knott`s handbook for vegetable grovers. Published by Johan Wiley&Sons, New Jersey, 642.
- Mazoyer, M., Roudart, L. (2006): A history of world agriculturw from the neolithic age to the current crisis. Earthscan. London, UK.
- McLean, E.O., Watson, M.E. (1985): Soil Measurements of plant available potassium. In: Munson, R.D. (ed.) Potassium in Agriculture. CSSA SSSA, Madison, 277-308.
- Mehta, K. (2012): Biological nutrient enhancers: A success story in South Asia? New AG International, June/July, 54.
- Mengel K, Haghparast M, Koch K (1974): The effect of potassium on the fixation of molecular nitrogen by root nodules of *Vicia faba*. Plant Physiol. 54: 535-538.
- Mengel, K. (1976): Potassium in Plant Physiology and Yield Formation. Ind. Soc. Soil Sci. Bull. 10. Reprinted by International Potash Institute, Berne, Switzerland, 23-40.
- Mengel, K. (1989): Experimental Approaches on K⁺ Efficinecy in Different Crop Species. 21st Colloquium of the International Potash Institute, Louvain-la Neuve, Belgium. International Potash Institute, Worblaufen-Bern, 47-56.
- Mengel, K. (2006): Potassium. In: Barker, A. V., Pilbeam, D. J. (eds.) Handbook of Plant Nutrition. Taylor & Francis. Boca Raton London New York, 91-120.
- Mengel, K., Braunschweig, L.C. (1971): The effect of soil moisture upon the availability of potassium and its influence on the growth of young maize plants. Soil Sci. 114: 142-148.
- Mengel, K., Forster, H. (1969): The effect of seasonal variation and intermittent potassium nutrition on crop and visual quality of barley. Z. Acker- Pflanzenbau, 127: 317-326.
- Mengel, K., Haeder, H.E. (1977): Effect of potassium supply on the rate of phloem sap exudation and the composition of phloem sap of *Riciunus communis*. Plant Physiol. 59: 282-284.

- Mengel, K., Haghparast, M., Koch, K. (1974): The effect of potassium on the fixation of molecular nitrogen by root nodules of *Vicia faba*. *Plant Physiol.* 54: 535-538.
- Mengel, K., Kirkby E.A. (2001): *Principles of Plant Nutrition*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London.
- Mengel, K., Pflüger, R. (1972): The release of potassium and sodium from young excised roots of *Zea mays* under various efflux conditions. *Plant Physiol.* 49: 16-19.
- Mengel, K., Steffens, D. (1985): Potassium uptake of rye-grass (*Lolium perenne*) and red clover (*Trifolium pratense*) as related to root parameters. *Biol. Fert. Soils* 1: 53-58.
- Miljković, N. (1988): Appearance of the secondary salinization of soils in Yugoslavia, *Proceedings of the International Symposium on Solonetz Soils*, Osijek, 339-346.
- Miljković, N. (1996): *Osnovi pedologije*. Univerzitet u Novom Sadu, Prirodno-matematički fakultet, Institut za geografiju, Novi Sad.
- Milošević, M., Malešević, M. (2004): *Semenarstvo 1*, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Milošević, N., Jarak, M., Govedarica, M. (1989): Dinamika ukupnog broja mikroorganizama i dehidrogenazna aktivnost u rizosferi šećerne repe u zavisnosti od NPK đubriva. *Agronomski glasnik* 4-5: 3-11.
- Mona, A.M., Sabah, M.A. Rehab, A.M. (2011): Influence of potassium sulfate on faba bean yield and quality. *Aust. J. Basic Appl. Sci.* 5: 87-95.
- Mountain, W.B. (1965): Pathogenesis by soil nematodes. In: *Ecology of Soil-Borne Plant Pathogens: Prelude to Biological Control*. KF Baker and WC Snyder, eds. University of California Press, Berkley, 285-301.
- Müller, K. (1988): Zur Frage der Kalidüngung zu Kartoffel. *Der Kartoffelbau* 3: 1-3.
- Nagy, J., Pankotai, M. (1986): A dinnye kémiai összetétele. *Kert. Egy. Közleményei*. 18: 10-14.
- Nagy, Zs., László, A., Dallos, F., Fodor, P. (1990): Különböző talajtípusok határértékekre épülő, fogadóképes kapacitásának értékelése, kommunális és kőolajipari hulladék-iszapok környezetkímélő programozott elhelyezéséhez. In: Blaske, Z. (red.) *Hungagrochem'90*, Keszthely, Hungary, 91-97.

- National Organic Standards Board (NOSB) (1995): What is organic production? <http://www.nal.usda.gov/afsic/pubs/ofp/ofp.shtml>
- Nativ, R. (1992): Potassium in Natural Groundwater Systems. In: Potassium in Ecosystems. IPI 23rd Colloquium, Prague, 117-134.
- Nejgebauer, V. (1949): Upotrebljivost površinskih i podzemnih voda za navodnjavanje i njihova klasifikacija u prirodnim prilikama Vojvodine. Radovi poljoprivrednih naučno-istraživačkih ustanova.
- Nelson, W.L. (1982): Interactions of potassium with moisture and temperature. Potassium for Agriculture - a situation analysis, 109-119.
- Németh, K. (1976): Die effektive und potentielle Nährstoffverfügbarkeit im Boden und ihre Bestimmung mit Elektro-Ultrafiltration (EUF). Habilitationsschrift, Universität, Gissen.
- Németh, K., Grimme, H. (1972): Effect of soil pH on the relationship between K concentration in the saturation extract and K saturation of soils. Soil Sci. 114: 349-354.
- Nešić, Lj. (2004): Uticaj zaslanjenosti zemljišta i vode na proizvodnju povrća u zaštićenom prostoru. Savremeni povrtar, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 9: 7-8.
- Nešić, Lj. (2011): Soil irrigability in Vojvodina. Ed. Sima Belić., Irrigation water quality, University of Novi Sad, Faculty of Agriculture: 3-27.
- Nešić, Lj., Belić, M., Manojlović, M., Vasin, J. (2008): Zemljište - osnova održive poljoprivrede. U: Manojlović, M. (ured.) Đubrenje u održivoj poljoprivredi. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 35-44.
- Nešić, Lj., Hadžić, V., Sekulić, P., Belić, M. (2003): Kvalitet vode za navodnjavanje i salinitet zemljišta u intenzivnoj povrtarskoj proizvodnji. Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, 27: 5-10.
- Newman, E.I., Rosalie, E., Andrews, I. (1973): Uptake of phosphorus and potassium in relation to root growth and density. Plant Soil 38: 49-69.
- Nielsen, J.D. (1972): Fixation and release of potassium and ammonium ions in Danish soils. Plant Soil 36: 71-88.
- Nieves-Cordones, M., Martinez-Cordero, M.A., Martinez, V., Rubio, F. (2007): An NH_4^+ -sensitive component dominates high-affinity K^+ uptake in tomato plants, Plant Sci. 172: 273-280.

- Nikolić, B. (1980): Biohemija. Naučna knjiga. Beograd.
- Nobel, P.S. (1969): Light-dependent Potassium Uptake by *Pisum sativum* Leaves. *Plant Cell Physiol.* 10: 597-605.
- Nobel, P.S. (1969): Light-induced changes in the ionic content of chloroplasts in *Pisum sativum*. *Biochem. Biophys. Acta* 172: 134-143.
- Noguchi, A., Hasegawa, I., Yataki, J. (2001): Use of xylem sap to determine differences in the availability of mineral elements in soils. In: Horst, J. (eds.) *Plant nutrition - Food security and sustainability of agro-ecosystems*. Kulwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, 734-735.
- Novković, N., Ilin, Ž., Ivanišević, D. (2011b): Model za optimiranje proizvodnje povrća. Zbornik radova međunarodnog naučnog simpozijuma agronoma, AGROSYM 2011, Poljoprivredni fakultet Istočno Sarajevo i Zemun, Jahorina, 555-559.
- Novković, N., Ilin, Ž., Matković, M., Milović, B. (2011a): Informacione osnove za upravljanje proizvodnjom zdravstveno bezbednog povrća, Tematski zbornik VI Međunarodnog naučnog skupa: Turizam i ruralni razvoj, Sajamski grada Trebinje, IEP, Trebinje, 374-379.
- Odon, I. E. (1984): Smectite clay minerals: properties and uses. *Phil. Tans. R. Soc. Lond.* 311: 391-409.
- Oji, Y., Izawa, G. (1969): Effect of univalent cations on the formation of nitrate reductase and nitrite reductase in rice seedling. *Plant Cell Physiol.* 10: 665-674.
- Orlovius, K. (1993): Sugar beet quality - the importance of potassium. *Potash Rev.* 2: 1-5.
- Pantelinac, P. (2012): Ishrana osoba sa dijabetesom na hemodijalizi. *Eliksir* 2: 54-57.
- Pantović, M. (1962): Fiksaciona sposobnost za kalijum glavnih tipova zemljišta Srbije. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Beograd - Zemun.
- Parađiković, N., Teklić, T., Vinković, T., Baličević, R., Lepeduš, H. (2008): Influence of K excessive soil and plant supply on Ca deficiency in pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). *Cereal Res. Comm.* 36: 1563-1566.
- Pavlek, P. (1975): Opće povrtarstvo. Sveučilište u Zagrebu, Poljoprivredni fakultet, Zagreb.
- Peoples, T.R., Koch, D.W. (1979): Role of potassium in carbon dioxide assimilation in *Medicago sativa* L. *Plant Physiol.* 63: 878-881.

- Perrenoud, S. (1990): Potassium and plant health. IPI Research Topics No. 3, 2nd edn. Basel/Switzerland, p 365.
- Perrenoud, S. (1993): Fertilizing for High Yield Potato. IPI Bulletin 8. 2nd Edition, International Potash Institute, Basel.
- Petrović, N., Kastori, R., Rajčan, I. (1991): Effect of cadmium on nitrate reductase activity in young sugar beet (*Beta vulgaris*) plants differently supplied with potassium. Zemljište i biljka 40: 29-36.
- Pissarek, H.P., Finck, A. (1972): Untersuchungen zur anatomisch-mikroskopischen Diagnose des latenten Kaliummangels. Landw. Forsch. Sonderh. 241-248.
- Plesničar, M., Kastori, R., Petrović, N., Panković, D. (1994): Photosynthesis and chlorophyll fluorescence in sunflower (*Helianthus annuus* L.) leaves as affected by phosphorus nutrition. J. Exp. Bot. 45: 919-924.
- Popović, Ž. (1989): Agrohemija, Naučna knjiga, Beograd.
- Portela, E.A. (1993): Potassium supplying capacity of northeastern Portugues soils. Plant Soil 154: 13-20.
- Prabhu, A.S., Fageria, N.K., Huber, D.M., Rodrigues, F.A. (2007): Potassium and plant disease. In: Datnoff LE, Elmer WH, Huber DM (eds) Mineral nutrition and plant disease. The American Phytopathological Soc Press, Saint Paul, 57-78.
- Prummel, J. (1981): Kalidüngung und Kartoffelqualität. Der Kartoffelbau 32: 73-76.
- Puckett, L.J. (1987): The influence of forest canopies on the chemical quality of water and the hydrological cycle. In: Averett, R.C., McKnight, D.M. (eds.) Chemical Quality of Water and the Hydrologic Cycle. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 4-22.
- Puškarić, A. (2012): Izvoz povrća u funkciji razvoja povrtarske proizvodnje u Republici Srbiji. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Novi Sad.
- Qi, Z., Spalding, E.P. (2004): Protection of plasma membrane K⁺ transport by the salt overly sensitive Na⁺-H⁺ antiporter during salinity stress. Plant Physiol. 136: 2548-2555.
- Radić, Đ. (1878): Povrtarstvo za školu i narod, str. 1-393. Poljoprivredni spisi, štamparija braće Jovanović, Pančevo.

- Rado, J.P. (1987): Drug-induced electrolytes disturbances. *Giorn. It. Chim. Clin.* 12: 173-190.
- Rains, D.W. (1969): Kinetics and energetics of light-enhanced potassium absorption by corn leaf tissue. *Plant Physiol.* 43: 394-400.
- Rajković, Ž. (1965): Stanje i dinamika kalijuma u glavnim tipovioma zemljišta Srbije. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet, Novi Sad.
- Rajković, Ž. (1967): Lakopristupačni oblici kalijuma u zemljištima Srbije. *Letopis naučnih radova, Poljoprivrednog fakulteta, Novi Sad*, 11: 49-71.
- Rengel, Z., Damon, P. Cakmak, I. (2008): Crops and genotypes differ in efficiency of potassium uptake and use. *Physiol. Plant.* 133: 624-636.
- Renger, M., Strebel, O., Grimme, H., Fleige, H. (1981): Nährstofflieferung an die Pflanzenwurzel durch Massenfluss. *Mitt. Dtsch. Bodenkundl. Ges.* 30: 63-70.
- Richter, D., Kovačević, V., Flossmann, R. (1990): Ergebnisse und Untersuchung von K-fixierenden Boden in Jugoslaviens. Richtig düngen-mehr ernten. *Kalibergbau Handelsgesellsch. Berlin*, 14: 1-6.
- Rodewyk, A. (1979): Information über Kali. *Ratgeber für die Landwirtschaft, Kassel*, 4: 1-163.
- Rodriguez-Fuentes, M.E., Perdomo, L.L. (1981): Influence of the mineral nutrition upon the populational changes of *Rothylechulus reniformis* in 3 crops. *Cent. Agric.* 8: 69-76.
- Romero-Aranda, R., Soria, T., Cuartero, J. (2001): Tomato plant water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Sci.* 160: 265-72.
- Römheld, V., Kirkby, E. (2010): Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant Soil* 335: 155-180.
- Russell, R.S., Clarkson, D.T. (1971): The Uptake and Distribution of Potassium in Crop Plants. Potassium in Biochemistry and Physiology. International Potash Institute, Berne, 79-92.
- Sale, P.W.G., Campbell, J.C. (1986): Yield and composition of soybean seed as a function of potassium supply. *Plant Soil* 96: 317-325.

- Sander, M., Andren, O. (1997): Ash from cereal and rape straw used for heat production: liming effect and contents of plant nutrients heavy metals. *Water Air Soil Pollut.* 93: 93-108.
- Sarić, M., Kastori, R. (1965): Effect of different concentration and proportion of nitrogen, phosphorus and potassium on the resistance of wheat to low temperatures. *Zemljište i biljka*14: 51-62.
- Sarić, M., Kastori, R., Petrović, M. (1976): Effect of light quality on absorption of ³²P and ⁴⁵Ca by maize young plants. *Fiziologija i biohemija kulturnih rastenij* 8: 411-414.
- Sarić, Z., Jarak, M., Govedarica, M. (1987): Uticaj mineralnih đubriva i biljne vrste na populaciju asporogenis bakterija u černozeu. *Mikrobiologija* 24: 107-115.
- Sarich, M., Zatezalo, S., Krstich, B. (1990): The amount of pigments and basic mineral elements in leaf blade of cabbage of different age. *Fiziologija i biohimija kultj. rastenij* 22: 32-37.
- Satter, R., Morse, M.J., Lee, Y., Crain, R.C., Cote, G.G., Moran, N. (1988): Light and clock-controlled leaflet movements in *Samanea saman*: a physiological, biophysical and biochemical analysis. *Bot. Acta* 101: 205-213.
- Schachtman, D.P., Schroeder, J.I. (1994): Structure and transport mechanism of a high-affinity potassium uptake transport from higher plant. *Nature* 370: 655-658.
- Schachtman, D.P., Shin, R. (2006): Nutrient sensing and signaling: NPCKS. *Annu. Rev. Plant Biol.* 58: 47-69.
- Scharrer, K., Werner, W. (1957): Über die Abhängigkeit des Ascorbinsäuregehaltes der Pflanze von ihre Ernährung. *Z. Pflanzenernähr. Düng. Bodenkunde.* 77.
- Scheel, D. (1998): Resistance response physiology and signal transduction. *Curr. Opin Plant Biol.* 1: 305-310
- Scheffer, F., Schachtschabel, P. (1989): *Lehrbuch der Bodenkunde.* 12. Auflage. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.
- Scherer, H.W., Schubert, S., Mengel, K. (1982): The effect of potassium on growth rate, carbohydrate content, and water retention in young wheat plants. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 145: 237-245.

- Schilling, G., Gransee, A., Deubel, A., Lazovic, G., Ruppel, S. (1998): Phosphorus availability, root exudates, and microbial activity in the rhizosphere. *Z. Pflanzenernährh.Bodenk.* 161: 465-478.
- Schilling, G. (2000): *Pflanzenernährung und Düngung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Schnug, E. (1991): Sulphur Nutritional Status of European Crops and Consequences for Agriculture. *Sulphur in Agriculture* 15: 7-12.
- Schönherr, J., Luber, M. (2001): Cuticular penetration of potassium salts: effects of humidity, anions and temperature. *Plant Soil* 236: 117-122.
- Schöppel-Meier, G., Kaiser, W. M. (1988): Ion homeostasis in chloroplasts under salinity and mineral deficiency. I. Solute concentrations in leaves and chloroplasts from spinach plants under NaCl or NaNO₃ salinity. *Plant Physiol.* 87: 822-827.
- Seekles, L. (1960): Pathology of potassium in animals. In: *Potassium in the Animal Organisms*. IPI Congress, Berne, Switzerland, 349-379.
- Sekulić, P., Kastori, R., Hadžić, V. (2003): *Zaštita zemljišta od degradacije*. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Sekulić, P., Ubavić, M., Dozet, D. (1998): Effect of fertilizer application on chemical soil properties. *Proceedings of 2nd Balkan Symposium on Field Crops, Section 3*, 303-309.
- Sen Gupta, A., Berkowitz, G.A. (1987): Osmotic adjustment of symplast volume, and non-stomatally mediated water stress inhibition of photosynthesis in wheat. *Plant Physiol.* 85: 1040-1047.
- Serfars, R.E., Manatt, M.W. (1985): K in human nutrition. In: Munson, R.D. (ed.) *Potassium in Agriculture*. ASA, CSSA, SSSA Publ. Madison, Wisconsin, USA.
- Sharma, D.L., V.B. Moghe, Mathur, C.M. (1968): Salinity and alkalinity problems and fertility status of soil of Pali district (Rajasthan). *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 16: 263-269.
- Sharma, R.C., Sud, K.C. (2001): Potassium management for yield and quality of potato. In: Pasricha, N. S., Bansal, S. K. (eds.) *Proceedings of an International Symposium on the role of potassium in nutrient management for sustainable crop production in India*. International Potash Institute, Basel, 363-381.

- Sharma, S.K. (1980): Effect of different rates and methods of nitrogen application on yield of eggplant under saline conditions of Yemen Arab Republic. *Indian J. Agron.* 25: 557-558.
- Sharply, A.N. (1900): Relation of fertilizer potassium in soils defferent mineralogy. *Soil Sci.* 149: 44-51.
- Shilling, G. (2000): *Pflanzenernährung und Düngung*. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Shin, R., Schachtman, D.P. (2004): Hydrogen peroxide mediates plant root cell response to nutrient deprivation. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 101: 8827-8832.
- Siebert, B. (1970): Ionhaushalt im Zellkern. *Die Naturwissenschaften* 3: 119-124.
- Slezák, K., Kis, K., Terbe, I. (2011): Effect of different potassium forms on sweet peppers leaves on photosynthetic activity and water consumption. The 17th Symposium on Analitical and Environmental Problems, SZAB, Szeged, Hungary.
- Smith, J.A.C. (1991): Ion transport and the transpiration stream. *Bot. Acta* 104: 416-421.
- Spann, T.M., Schumann, A.W. (2010): Mineral nutrition contributes to plant disease and pest resistance. HS1181, Horticultural Sciences Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, <http://edis.ifas.ufl.edu>.
- Sparks, D.L. (1987): Potassium dynamics in soils. *Adv. Soil Sci.* 6: 1-63.
- Sparks, D.L., Huang, P.M. (1985): Physical chemistry of soil potassium. In: Munson, R. D. (ed.) *Potassium in Agriculture*. Madison Wisconsin USA. *Soil Sci. Soc. Am.* 201-276.
- Spiegel, Y., Cohn, E., Kalkafi, U., Sulami, M. (1982): Influence of potassium and nitrogen fertilization on parasitism by the root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. *J. Nematol.* 14: 530-535.
- Stanković, Ž., Krstić, B., Petrović, M., Erić, Ž. (2006): Fiziologija biljaka, Univerzitet u Novom Sadu, Univerzitet u Banjaluci, Novi Sad.
- Steffens, D., Mengel, K (1979): The uptake potential of *Lolium perenne* and *Trifolium pratense* for interlayer K⁺ of clay minerals. *Landw. Forsch. Sonderh.* 36: 120-127.

- Suelter, C.H. (1985): Role of potassium in enzyme catalysts. In: Munson, R. D. (ed.) Potassium in Agriculture. American Society for Agronomy, Crop Science Society of America, Madison, Wisc. 337-349.
- Syers, J.K. (2003): Potassium in soils: Current concepts. In: Johnston, A. E. (ed.) Proceedings of the IPI Golden Jubilee Congress 1952-2002, Basel 2002. The role of potash in sustainable agriculture. International Potash Institute, Basel, 301-310.
- Szezerba, M.W., Britto, D.T., Kronzucker H. (2009): K⁺ Transport in Plants: Physiology and Molecular Biology. J. Plant Physiol. 166: 447-466.
- Talboltt, L.D., Zeiger, E. (1996): General role of potassium and sucrose in guard-cell osmoregulation. Plant Physiol. 111: 1051-1057.
- Tanaka, A., Tadano, T. (1982): Potassium in relation to iron toxicity of the rice plant. Potash Rev. (IPI) Subj. 27, 108th suite.
- Tannen, R.L. (1990): Potassium disorders. In: Kokko, J. P., Tannen, R. L. (eds.) Fluids and electrolytes. Saunders, Philadelphia, 195-300.
- Terbe, I., Hodossi, S., Kovács, A. (2005): Zöldségtermesztés termesztőberendezés ekben. Mező gazda, 15-272, Budapest, Hu.
- Terbe, I., Kuroli, G., Németh, L., Reisinger, P., Csathó, P., Árendás, T., Németh, T., Fodor, N. (2012): Zöldségfélék. In: Radics, J. (ed.) Fenntartható szemléletű szántóföldi növénytermesztés 3. Agroinform Kiadó, Budapest, 247-318.
- Terbe, I., Slezák, K., Noémi, K., Tóth, K. (2002): The effect of potassium fertilization on the yield and the quality of vegetable crops. In: Buzás, I., Kirkby, E. A. (eds.) Balanced Plant Nutrition un Horticultura for High Yield and Quality. Budapest, 29-37.
- Terzić, S., Atlagić, J., Maksimović, I., Zeremski, T., Zorić, M., Miklič, V., Balalić, I. (2012): Genetic variability for concentrations of essential elements in tubers and leaves of Jerusalem artichoke (*Helianthus tuberosus* L.). Sci. Hort. 136: 135-144.
- Terzić, S., Zorić, M., Atlagić, J., Maksimović, I., Zeremski, T., Dedić, B. (2011): Classification of Jerusalem artichoke accessions by discriminant analysis of mineral concentration in tubers and leaves. Helia 34: 83-90.
- Tešić, M., Kastori, R., Maksimović, I., Effenberg, M., Đatkov, Đ., Putnik Delić, M. (2012): Content of the Essential and Other Elements in Residues Left Over After Fermentation in a Biogas Plant. Ratar. Povrt. 49: 37-312. S

- Thyll, Sz., ed. (1996): Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D. (1985): Soil and fertilizer potassium. Ch. 7 in Tisdale S. L., Nelson W. L., Beaton J. D. (eds) Soil fertility and fertilizers 4ed. Macmillan, New York, 249-291.
- Tišma, A. Kastori, R. (1985): Relationship between root length and nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, and magnesium uptake in young pea plants (*Pisum sativum*). Zbornik Matice srpske za prirodne nauke 68: 47-58.
- Tiwari, D.D., Pandey, S.B., Dubey, M.K. (2012): Effect of Potassium Application on Yield and Quality Characteristics of Pigeon Pea (*Cajanus cajan*) and Mustard (*Brassica juncea* L. Czern) Crops in Central Plain Zone of Uttar Pradesh, International Potash Institute, e-ijf, 31: 16-20.
- Tokunaga, Y. (1991): Potassium silicate-a slow-release fertilizer. Fert. Res. 30: 55-59.
- Torres, B.C., Bingham, F.T. (1973): Salt tolerance of Mexican wheat. I. Effect of NO₃ and NaCl on mineral nutrition, growth, and grain production of four wheats. Soil Sci. Soc. Am. J. 37: 711-715.
- Trebe, I., Csathó, P. ed. (2004): Környezetkímélő tápanyag-gazdálkodás a szabadföldi zöldségtermesztésben. A szabadföldi zöldségnövények új, környezetkímélő tápanyaggazdálkodási szaktanácsadási rendszere. Budapest Corvinus Egyetem KTK-MTA, TAKI, Budapest.
- Trehan, S., Sharma, R. (2002): Potassium uptake efficiency of young plants of three potato cultivars as related to root and shoot parameters. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33: 1813-1823.
- Trolldenier, G. (1971): Einfluss des Stickstoff- u Kaliumernahrung von Weizen sowie der Sauerstoffversorgung der Wurzel auf Bakterienzahl, Wurzelatmung und Denitrifikation in der Rhizosphäre. Zentr. bl. Bakteriöl. Parasitenk., Infekt. krankh., Hygiene 126: 130-141.
- Trolldenier, G., Zehler, E. (1976): Relationships between plant nutrition and rice diseases. Fertilizer use and plant health. Proc. 12th Coll. Internat. Potash Inst., Bern, 85-93.
- Troufflard, S., Mullen, W., Larson, T.R., Graham, I.A., Crozier, A., Amtmann, A., Armengaud, P. (2010): Potassium deficiency induces the biosynthesis of oxylipins and glucosinolates in *Arabidopsis thaliana*. BMC Plant Biol. 10: 172.

- Tulin, S.A., Stavrova, N.G., Koroviakovskaya, S.O., Tulin A.S. (1995): The Effect of Potassium Fertilizers on ¹³⁷Cs Uptake and Yield of Crops on Bryansk Soddy Podzolic Sandy Soils Contaminated by the Chernobyl Disaster. *Potash Rev.* 2: 1-5.
- Tyler, G., Olsson, T. (2001): Concentrations of 60 elements in the soil solution as related to the soil acidity. *Eur. J. Soil Sci.* 52: 151-165.
- Ubavić, M. (1996): *Đubriva i đubrenje*. Feljton, Novi Sad, 7-151.
- Ubavić, M., Bogdanović, D. (1995): *Agrohemija*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Ubavić, M., Bogdanović, D. (2006): *Praktikum iz agrohemije*. Poljoprivredni fakultet, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Ubavić, M., Kastori, R., Marković, M., Oljača, R. (2002): *Ishrana povrća*. Naučno voćarsko društvo Republike Srpske, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Banjaluci, 9-180.
- Umar, A, S., Iqbal, M. (2009): II Effect of Applied Potassium in Increasing the Potential for Nitrogen Assimilation in Spinach (*Spinacia oleracea* L.) International Potash Institute, e-ipc, 20: 8-10.
- Umar, S., Afridi, M.M.R.K., Dwivedi, R.S. (1992): Influence of added potassium on the drought resistance of groundnut. *J. Potassium Res.* 7: 53-61.
- Usherwood, N.R. (1985): The role of potassium in crop quality. In: Munson R. S. (ed.) *Potassium in Agriculture*. ASA-CSSA-SSSA, Madison, 489-513.
- Vasin, J. (2008): Stanje plodnosti zemljišta Vojvodine. U: Manojlović, M. (ured.) *Đubrenje u održivoj poljoprivredi*. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 45-53.
- Vertregt, N. (1968): Relation between black spot and composition of the potato tuber. *Eur. Potato J.* 11: 34-44.
- Vico, I. (2012a): *Microgreens-mlado lisnato povrće-kulinarsi hit velike hranjive vrednosti*. *Savremeni povrtar*, Poljoprivredni fakultet Novi Sad 41: 4-9.
- Vico, I. (2012b): *Fitopatologija u službi okućnica i bašti – „Master Gardner“ program u SAD-u*. *Savremeni povrtar*, Poljoprivredni fakultet Novi Sad 42: 52-55.
- Vlahović, B., Puškarić, A. (2013): *Organska poljoprivreda-šansa za agrobiznis-Grad Novi Sad, Gradska uprava za privredu*: 1-164.

- Voisin, A. (1963): Weidetetanie. Bayerische Landw. Verlag, München.
- Volker, V., Kirkby, E.A. (2010): Research on potassium in agriculture: needs and prospects. *Plant Soil* 335: 155-180.
- Vollmar, N., Scherer, W. (1980): Der Mechanismus der spezifischen Bindung und der Freisetzung von NH_4^+ - und K^+ -Ionen. *Kali-Briefe (Büntehof)* 15: 339-343.
- Vučetić, J., Vujin S., Izrael A. (1998): Mineralne supstance voća i povrća i njihov značaj u ishrani. *Hemijski Pregled*, 39: 89-96.
- Vukadinović, V. Vukadinović, V. (2001). *Ishrana bilja*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
- Walsh, L., Beaton, J.D. (1973): *Soil Testing and Palant Analysis*. Revised Edition. Soil Soc. Amer. Madison, Wiss.
- Weir, B.L., Roberts, B.A., Stoddard, S. (2001): Effect of foliar applied K on California cotton. In: Horst, W.J. (eds.) *Plant-nutrition - Food security and sustainability of agro-ecosystems*. Kluwer Academic Publishers in the Netherlands, 792-794.
- Welch, R.M. (2001): Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a worldwide scale. In: Horst, et al. (eds.) *Plant nutrition - Food security and sustainability of agro-ecosystems*. Kulwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands, 284-285.
- White, P.J. (1997): The regulation of K^+ influx into roots of rye (*Secale cereale* L.) seedlings by negative feedback via the K^+ flux from shoot to root in the phloem. *J. Exp. Bot.* 48: 2063-2073.
- Wind, W., Arend, M., Fromm, J. (2004): Potassium-dependent cambial growth in poplar. *Plant Biol.* 6: 30-37.
- Wulff, F., Schulz, V., Jungk, A., Claassen, N. (1998): Potassium fertilization on sandy soils in relation to soli test, crop yield and K-leaching. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk.* 161: 591-599.
- www.minpolj.gov.rs. Vrste đubriva na tržištu Republike Srbije.
- Xianyong, L., Yongsong, Z. (2005): Optimizing the Nitrogen/Potassium Balance for High Quality Spinach. *Better Crops* 89: 22-24.

- Yang, Y., Shah, J., Klessig, D.F. (1997): Signal perception and transduction in plant defence responses. *Genes Dev.* 11: 1621-1639.
- Yermiyahu, U., Kafkafi, U. (2009): Higher yields and reduction of incidence of stem brittle in white carnation by increasing potassium concentration and NO_3^- : NH_4^+ ration in fertigation medium. *Optimizing Crop Nutrition*, International Potash Institut 20: 2-7.
- Živković, B., Nejgebauer, V., Tanasijević, D., Miljković, N., Stojković, L., Drezgić, P. (1972): *Zemljište Vojvodine*. Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad.
- Zsoldos, F., Cseh, E., Böszörményi, Z. (1968): Potassium and bromide uptake by excised roots at different temperatures. *Z. für Pflanzenphysiologie* 60: 37-43.
- Zsoldos, F., Haunold, E., Herger, P., Vasfagyai, P. (1990): Effects of sulfate and nitrate; K^+ uptake and growth of wheat and cucumber. *Physiol. Plant.* 80: 425-430.

SPONZORI

International Potash Institute (IPI) je nevladina i neprofitna organizacija sa sedištem u mestu Horgen, Švajcarska. Osnovana je 1952. i aktivna je u 53 zemlje. Misija IPI je razvoj i unapređenje optimalne primene đubriva u cilju povećanja prinosa i kvaliteta proizvoda, uz uvažavanje principa održivog razvoja i očuvanje plodnosti zemljišta za buduće generacije. Širom sveta IPI svake godine izvodi poljske i demonstracione oglede, organizuje brojne seminare, kurseve i dane polja. Međunarodni simpozijumi se održavaju redovno, u različitim zemljama u kojima je IPI aktivan, sa ciljem da se ukaže na poseban značaj efekta i uloge kalijuma u optimalnoj ishrani biljaka.

Yara International ASA iz Norveške je vodeća svetska hemijska kompanija koja pretvara energiju, prirodne minerale i azot iz vazduha u hemijske proizvode za poljoprivredu i industriju. Portfelj čine azotna đubriva YaraBela, YaraMila NPK granulirana đubriva sa kalijumom na sulfatnoj ili hlornoj osnovi. Vodotopiva đubriva Fercicare i Kristalon. YaraLiva proizvodi na osnovi kalcijum-nitrata i proizvodi sa visokim sadržajem kalijuma, kalijum-nitrat Krista K Plus i kalijum-sulfat Krista SOP. Distribucija Yara proizvoda na teritoriji Srbije se vrši kroz prodajnu mrežu Agrimatco Group Dikom iz Novog Sada (www.agrimatco.rs) i AgrofertiCrop Subotica (www.agro-ferticrop.rs).

Poljoprivredna stručna služba "Sombor" radi već duži niz godina na teritoriji opština Sombor, Apatin i Odžaci sa ciljem unapređenja poljoprivredne proizvodnje na imanjima poljoprivrednih proizvođača i preduzeća, u oblasti biljne i stočarske proizvodnje. PSS „Sombor“ obavlja poslove savetodavne službe u oblasti biljne i stočarske proizvodnje, poslove Prognozno-izveštajne službe u oblasti zaštite bilja, sprovođenje selekcijskih mera u oblasti stočarstva, sertifikaciju semena na nacionalnom nivou, kontrolu semenske proizvodnje, izvodi oglede iz oblasti ispitivanja sorti i hibrida, đubriva, pesticida, biostimulatora i drugo i prezentacije rezultata i dr.

CIP – Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад
635.1/.8:631.83

KALIJUM u ishrani biljaka: kalijum i povrće = Potassium in plant nutrition:
potassium and vegetables / Rudolf Kastori... [et al.] .- Novi Sad : Poljoprivredni fakultet,
2013 (Novi Sad : Tampograf). - 309 str. ; 25 cm

Tiraž 300.-Bibliografija

ISBN 978-86-7520-281-3

1. Кастори, Рудолф

а) Поврће - Исхрана калијумом

COBISS.SR-ID 280993031