



УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ

Проф. др Ранко Чабиловски
Проф. др Ксенија Мачкић



ПРИМЕНА ЂУБРИВА У ВИШЕГОДИШЊИМ ЗАСАДИМА

УЏБЕНИК





УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ НОВИ САД

проф. др Ранко Чабиловски
проф. др Ксенија Мачкић

ПРИМЕНА ЂУБРИВА У ВИШЕГОДИШЊИМ ЗАСАДИМА

Нови Сад, 2025.

ЕДИЦИЈА ОСНОВНИ УЏБЕНИК

Оснивач и издавач едиције:
Универзитет у Новом саду, Пољопривредни факултет
Трг Доситеја Обрадовића 8, 21000 Нови Сад

Година оснивања: 1954.

Главни и одговорни уредник едиције:
др Ненад Магазин, редовни професор, декан Пољопривредног факултета.

Чланови комисије за издавачку делатност:
др Марица Петровић, ванредни професор – председник
др Зорица Срђевић, редовни професор – члан
др Ивана Давидов, редовни професор – члан
др Ксенија Мачкић, ванредни професор – члан
др Дејан Беуковић, доцент – члан

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

631.862:634.1/.8(075.8)

ЧАБИЛОВСКИ, Ранко, 1981-

Примена ђубрива у вишегодишњим засадима
/ Ранко Чабиловски, Ксенија Мачкић. - Нови Сад
: Пољопривредни факултет, 2025. - 142 стр. :
илустр. ; 30 см. - (Едиција Основни уџбеник /
Пољопривредни факултет, Нови Сад)

Тираж 20. - Библиографија.

ISBN 978-86-7520-631-6

1. Мачкић, Ксенија, 1978-

а) Вишегодишњи засади - Ђубриво - Примена б)
Водени екосистеми

COBISS.SR-ID 171535369

Аутори

Др Ранко Чабиловски, *ванредни професор*
Др Ксенија Мачкић, *ванредни професор*

Главни и одговорни уредник

Др Ненад Магазин, *редовни професор*
Декан Пољопривредног факултета у Новом Саду

Уредник

Др Ђорђе Крстић, *редовни професор*
Директор Департмана за ратарство и повртарство

Технички уредник

Др Ранко Чабиловски, *ванредни професор*

Лектор

Бранислав Мијин, *професор књижевности и српског језика*

Рецензенти

Др Маја Манојловић, *редовни професор*
Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

Др Дејан Ђуровић, *редовни професор*
Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет

Издавач

Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад

Забрањено прештампавање и фотокопирање. Сва права задржава издавач.

Штампа:

Штампање одобрило: Наставно-научно веће Пољопривредног факултета (Број одлуке 1000/0102, 1053/2/8, на XII редовној седници одржаној 23.06.2025)

Тираж: 20 примерака

Место и година штампања: Нови Сад, 2025.

Предговор

Узгој вишегодишњих засада – воћњака и винограда – представља једну од најзахтевнијих, али и најперспективнијих грана пољопривредне производње. Да би се постигао висок и квалитетан принос, потребно је разумети сложеност односа између биљке, земљишта и примене агротехничких мера, међу којима ђубрење има кључну улогу. Исправна и правовремена исхрана биљака директно утиче не само на принос, већ и на дуговечност, здравље и економску исплативост засада.

Овај уџбеник је написан са циљем да студентима Пољопривредног факултета пружи систематизовано и практично применљиво знање о принципима исхране и ђубрења вишегодишњих засада. Садржај уџбеника обухвата основне аспекте контроле плодности земљишта, процену погодности локације за подизање засада, принципе примене минералних и органских ђубрива, као и савремене методе као што су фолијарна примена, фертигација и прецизна пољопривреда. Посебан акценат стављен је на значај појединачних хранљивих елемената, њихову улогу у биљци, као и препоруке за њихову рационалну примену.

Текст је конципиран тако да студентима понуди не само теоријску основу, већ и смернице за практичну примену стеченог знања у условима производње. Уз бројне примере, табеле, препоруке и анализе, уџбеник има за циљ да допринесе бољем разумевању важности балансиране исхране биљака и њеног утицаја на агроекономске резултате.

Уверени смо да ће овај уџбеник послужити као драгоцен извор знања не само студентима, већ и стручњацима, инжењерима пољопривреде и свим произвођачима који теже савременој, ефикасној и одрживој производњи у воћарству и виноградарству.

Аутори

САДРЖАЈ:

1. УВОД	3
2. СИСТЕМ КОНТРОЛЕ ПЛОДНОСТИ ЗЕМЉИШТА	4
3. ПРОЦЕНА ПОГОДНОСТИ ЗЕМЉИШТА	
ЗА ПОДИЗАЊЕ ВИШЕГОДИШЊИХ ЗАСАДА	7
4. ПРИНЦИПИ ПРИМЕНЕ ЂУБРИВА У ВИШЕГОДИШЊИМ ЗАСАДИМА	12
4.1. ЗНАЧАЈ ПОЈЕДИНИХ ЕЛЕМЕНАТА У ИСХРАНИ ВОЋЊАКА И ВИНОГРАДА	14
4.1.1. Азот (N)	14
4.1.2. Фосфор (P)	16
4.1.3. Калијум (K)	17
4.1.4. Калцијум (Ca)	18
4.1.5. Магнезијум (Mg)	19
4.1.6. Сумпор (S)	20
4.1.7. Гвожђе (Fe)	21
4.1.8. Цинк (Zn)	22
4.1.9. Бор (B)	22
4.1.10. Манган (Mn)	24
4.1.11. Бакар (Cu)	24
4.1.12. Молибден (Mo)	25
4.2. ПРИМЕНА ЂУБРИВА ПРЕ ПОДИЗАЊА ЗАСАДА -МЕЛИОРАТИВНО ЂУБРЕЊЕ	26
4.2.1. Калцификација	26
4.2.2. Примена органских ђубрива пре подизања засада	30
4.2.2.1. Значај примене органских ђубрива за плодност земљишта	30
4.2.2.2. Опште карактеристике органских ђубрива	30
4.2.2.3. Најзначајнија органска ђубрива и њихова примена	31
4.2.2.4. Време и начин примене органских ђубрива	36
4.2.3. Примена фосфорних и калијумових ђубрива пре подизања засада	38
4.3. РЕДОВНО ЂУБРЕЊЕ ЗАСАДА У РОДУ (ВРЕМЕ, НАЧИН И ДОЗЕ ПРИМЕНЕ ЂУБРИВА)	41
4.3.1. Редовно ђубрење макроелементима (N, P и K)	41
4.3.1.1. Ђубрење азотом	41
4.3.1.2. Ђубрење фосфором	50
4.3.1.3. Ђубрење калијумом	57
4.3.2. Ђубрење секундарним макроелементима (Ca, Mg и S)	63
4.3.2.1. Ђубрење калцијумом	63
4.3.2.2. Ђубрење магнезијумом	69
4.3.2.3. Ђубрење сумпором	73
4.3.3. Ђубрење микроелементима (Fe, Mn, Zn, B, Cu и Mo)	74
4.3.3.1. Микроелементи у земљишту	74
4.3.3.2. Фактори који доводе до недостатака микроелемената	76
4.3.3.3. Потребе вишегодишњих засада за микроелементима	77
4.3.3.4. Врсте и начин примене ђубрива са микроелементима	78
5. ФОЛИЈАРНА ПРИМЕНА ЂУБРИВА У ВИШЕГОДИШЊИМ ЗАСАДИМА	83
5.1. Механизам усвајања хранива преко листа	83
5.2. Фактори који утичу на ефикасност фолијарне примене ђубрива	84
5.3. Основне карактеристике ђубрива за фолијарну примену	86

5.4. Ђубрива са макроелементима и секундарним макроелементима намењена за фолијарну примену	88
5.5. Ђубрива са микроелементима намењена за фолијарну примену	95
5.6. Предности и недостаци фолијарне примене у односу на примену преко земљишта	100
6. ПРИМЕНА ЂУБРИВА ПУТЕМ ФЕРТИГАЦИЈЕ	102
6.1. Увод	102
6.2. Предности и недостаци	104
6.3. Систем за фертигацију – делови, уређаји	105
6.4. Квантитативна и пропорционална фертигација	112
6.5. Својства ђубрива за фертигацију	113
6.6. Квалитет воде за наводњавање у фертигацији	118
7. ЂУБРЕЊЕ ПО ПРИНЦИПИМА ПРЕЦИЗНЕ ПОЉОПРИВРЕДЕ	120
8. УТИЦАЈ ЂУБРЕЊА НА КВАЛИТЕТ ПЛОДА	123
9. ПРОЦЕНА ОБЕЗБЕЂЕНОСТИ БИЉАКА ХРАНИВИМА НА ОСНОВУ ФОЛИЈАРНЕ АНАЛИЗЕ И ВИЗУЕЛНЕ ДИЈАГНОСТИКЕ	127
9.1. Фолијарна анализа као метода процене обезбеђености биљака хранљивим елементима	127
9.1.1. Избор листова и мрежа узорковања у воћњацима и виноградима за фолијарну анализу	127
9.1.2. Припрема узорака за анализу	128
9.1.3. Тумачење резултата анализе	129
9.2. Визуелна дијагностика као метода процене обезбеђености биљака хранљивим елементима	132
10. МЕШАЊЕ ТЕЧНИХ ЂУБРИВА И ПЕСТИЦИДА-КОМПАТИБИЛНОСТ	135
11. ЛИТЕРАТУРА	137

1. УВОД

У савременом пољопривредном систему, примена ђубрива представља један од кључних аспеката за остваривање високих приноса и очување здравља земљишта. Правилна исхрана вишегодишњих засада је основа за оптималан раст биљака, а истовремено игра пресудну улогу у одржавању еколошке равнотеже и смањењу негативних утицаја на животну средину.

Историјски развој ђубрења сведочи о континуираном напретку – од примитивних метода до савремених, прецизних технологија које омогућавају индивидуализован приступ сваком пољопривредном систему. У данашње време, када је приступ ресурсима све ограниченији, а тржиште захтева решења која осигуравају висок квалитет и дугорочну одрживост, применом савремених научних метода и технолошких иновација постаје кључно обезбедити максималну ефикасност и економичност свих аспеката производње. Досадашња истраживања утврђују да адекватно дозирање и усклађен унос хранљивих материја значајно утиче на оптималан раст биљака, побољшање физиолошких функција и повећање отпорности на стресне услове попут суше, болести и штеточина. Један од основних научних принципа који подупиरे примену ђубрива у вишегодишњим засадама је концепт балансираног уноса хранљивих елемената. Неправилна или недовољна примена може довести до недостатка кључних елемената, што утиче на ефикасност фотосинтезе, синтезе хормона и општу биолошку активност, док прекомерна примена може имати негативан утицај на екосистем.

Научна пракса у пољопривреди данас се све више ослања на методе прецизног ђубрења, које укључују редовну анализу плодности земљишта и фолијарне анализе биљака. Ови приступи омогућавају тачно дозирање и примену ђубрива у складу са специфичним потребама појединих засада, што резултира оптималним коришћењем ресурса, смањењем губитака и смањеним ризиком од загађења. Такође, примена технологија као што су фертигација и мешање течних ђубрива са пестицидима доприноси интегрисаном управљању производним процесима.

У контексту вишегодишњих засада, где је биљка изложена дугорочним факторима који утичу на развој кореновог система и акумулацију хранљивих материја, научно утемељене стратегије ђубрења омогућавају одржавање стабилне плодности и квалитета плодова током година. Таква стратегија не само да побољшава економску одрживост, већ доприноси очувању природних ресурса и еколошке равнотеже, чиме се ствара услов за дугорочан успех у савременој пољопривреди.

2. СИСТЕМ КОНТРОЛЕ ПЛОДНОСТИ ЗЕМЉИШТА

Једна од најважнијих улога земљишта је да пружи неопходне услове за живот различитих организама, посебно биљака, без којих живот на Земљи не би био одржив. Земљиште представља природан, али ограничен ресурс који испуњава бројне еколошке, друштвене и економске функције. Његове улоге укључују производњу биомасе, филтрирање подземних вода, очување генетичке разноликости, подршку инфраструктури, снабдевање сировинама и очување културног наслеђа (Blum, 2005). Осим тога, земљиште има кључну улогу у природним циклусима угљеника и других хемијских елемената. Оно делује као природни филтер који прочишћава воду, уклањајући различите супстанце, укључујући органске материје које се разграђују приликом проласка кроз горње слојеве земљишта (Rajković et al., 2012). Процес формирања земљишта је изузетно спор, док деградација може наступити врло брзо. На пример, у умереним климатским условима потребно је 200 до 400 година за формирање само једног центиметра земљишта, док је за акумулацију хранљивих материја неопходних за плодност потребно неколико хиљада година (Tripathy & Raha, 2019).

Деградација земљишта може бити узрокована природним процесима као што су ерозија и поплаве, али и људским активностима попут крчења шума, прекомерне експлоатације минералних ресурса и загађења. Све ове појаве смањују потенцијал земљишта да подржи живот на планети.

Све већа потражња за храном, услед сталног раста популације, представља глобални изазов, нарочито ако се узме у обзир смањење површина погодних за обраду. Урбанизација и ширење инфраструктуре додатно угрожавају доступност плодног земљишта, што отежава одржавање стабилне производње хране. Због тога је неопходно применити савремене научне методе у управљању и планирању биљне производње. Један од кључних корака у том правцу је увођење система контроле плодности земљишта и оптимизација примене ђубрива, чиме се омогућава ефикасније коришћење ресурса и очување плодности земљишта.

Одржавање и унапређење плодности земљишта захтева систематски приступ који укључује редовну анализу, примену адекватних мера за побољшање физичко-хемијских својстава и исправно коришћење ђубрива у складу са потребама биљака.

Рационална употреба ђубрива је од суштинског значаја за очување плодности земљишта и одрживу производњу. Прекомерно ђубрење може довести до негативних последица, као што су загађење подземних вода, заслањивање земљишта и дисбаланс хранљивих елемената, док недовољна примена ђубрива може резултирати ниским приносима и исцрпљивањем земљишта. Планирање ђубрења мора бити засновано на стварним потребама биљака, што се постиже анализом земљишта и узимањем у обзир врсте културе, фазе развоја и климатских услова. Балансирано ђубрење, које комбинује органска и минерална ђубрива, доприноси бољој структури земљишта, повећању хумуса и задржавању влаге, што је посебно важно у условима климатских промена.

Одржива контрола плодности земљишта укључује и примену различитих агротехничких мера, као што су плодород, сидерација, употреба малча и минимална обрада земљишта. Ове методе омогућавају боље очување органске материје, смањење ерозије и побољшање микробиолошке активности. Савремене технологије, попут прецизне пољопривреде, сензора за анализу земљишта и географских информационих система, омогућавају боље праћење и управљање плодношћу земљишта, што резултира ефикаснијом производњом и мањим утицајем на животну средину.

Контрола плодности земљишта и рационална употреба ђубрива представљају темељне принципе у савременој пољопривреди. Одговоран приступ овим питањима омогућава дугорочно очување природних ресурса, смањење трошкова производње и обезбеђивање здраве и квалитетне хране за све већи број становника.

У нашој земљи *Систем контроле плодности земљишта и употребе ђубрива* (Манојловић, 1986), обухвата контролу (евиденцију и праћење) свих фактора који одређују плодност земљишта и дејство ђубрива, односно преко исхране утичу на раст, развиће и приносе биљака, као и мере којима се ови усмеравају у циљу остваривања високе и стабилне производње доброг квалитета, уз примену економичности и заштиту животне средине.

Целовит и јединствен систем контроле плодности земљишта и употребе ђубрива интегрише у себи:

1. Контролу фактора плодности, односно контролу фактора биљне производње на нивоу парцеле
2. Мрежу калибрационих огледа у различитим агроеколошким условима
3. Научно-истраживачки и развојни рад и стручне службе из ове области, усмерен на преношење научних достигнућа у пољопривредну производњу

У Србији, **Законом о пољопривредном земљишту** ("Сл. гласник РС", бр. 62/2006, 65/2008 - др. закон, 41/2009, 112/2015, 80/2017 и 95/2018 - др. закон) прописано је да власник, односно корисник обрадивог пољопривредног земљишта врши контролу плодности обрадивог пољопривредног земљишта и евиденцију количине унетог минералног ђубрива и пестицида. Контрола плодности обрадивог пољопривредног земљишта и количине унетог минералног ђубрива и пестицида врши се по потреби, а најмање сваке пете године.

Контрола плодности обрадивог пољопривредног земљишта представља стручне послове који обухватају: узорковање земљишта за одређивање основних параметара и допунских параметара плодности земљишта, лабораторијске анализе основних, односно допунских параметара плодности земљишта и давање препорука којима се утврђује плодност пољопривредног земљишта ради обезбеђења правилне и рационалне употребе средстава за исхрану биљака и оплемењивача земљишта. У Табели 1 приказани су основни и допунски параметри плодности земљишта.

Резултати анализе служе као основа за израду препорука за одговарајуће мере управљања земљиштем, што доприноси одрживој пољопривреди и повећању приноса. Пољопривредници су у обавези да се придржавају утврђених процедура, како би осигурали дугорочну продуктивност својих обрадивих површина.

На основу детаљне евиденције, сваке четврте године прави се биланс хранљивих материја и органске материје, посебно за сваку парцелу. Разматра се да ли је дошло до промена нивоа хранљивих метерија у земљишту и које су тенденције – обогаћивање или осиромашење земљишта. Након тога се израчунавају просечне дозе хранљивих елемената које треба применити на свакој појединачној парцели и утврђује се облик и однос хранљивих елемената у ђубривима. Такође, разматрају се и остале агротехничке мере које би могле допринети даљем повећању плодности земљишта и подизању биљне производње на виши ниво.

Табела 1. Основни и допунски параметри плодности земљишта.

Основни параметри плодности земљишта	Допунски параметри плодности земљишта		
	Водно физичке карактеристике	Хемијске карактеристике	Биолошке карактеристике
Реакција земљишта (активна и супституциона pH)	Механички састав земљишта	Хидролитичка киселост	Укупан број микроорганизама у земљишту
Садржај слободног калцијум карбоната	Специфична маса земљишта	Садржај минералног азота	Број гљива у земљишту
Садржај органске материје (садржај хумуса)	Запреминска маса земљишта	Сума адсорбованих базних катјона	Број азотобактера у земљишту
Садржај укупног азота (N)	Водопропустљивост земљишта	Садржај укупног и органског угљеника и др.	Број амонификатора у земљишту и др.
Садржај лакоприступачног фосфора у облику P_2O_5	Укупна порозност земљишта		
Садржај лакоприступачног калијума у облику K_2O	Стабилност макроагрегата и микроагрегата		
	Ретенције воде (–33 kPa, –625 kPa и –1500 kPa), и др.		

*Правилник о условима за обављање контроле плодности обрадивог пољопривредног земљишта."Службени гласник РС", број 115 од 11. септембра 2020.

Систем контроле плодности земљишта представља неопходан алат за модерну пољопривреду. Његова примена доприноси одрживом управљању земљишним ресурсима, ефикаснијој производњи хране и заштити животне средине.

3. ПРОЦЕНА ПОГОДНОСТИ ЗЕМЉИШТА ЗА ПОДИЗАЊЕ ВИШЕГОДИШЊИХ ЗАСАДА

Процена погодности земљишта за подизање вишегодишњих засада представља кључни корак у планирању и успешном развоју воћњака, винограда и других вишегодишњих култура. Земљиште је од посебног значаја за већу продуктивност и дуговечност воћака. За оптималан развој сваке воћне врсте и подлоге, неопходно је одређено земљиште, које треба да садржи најважније биогене елементе приступачне за оптималну исхрану воћака. Дуговечност воћака зависи од врсте подлоге, начина гајења и експлоатације. Уколико је земљиште погодно за оптималан развој одређене врсте подлоге, утолико ће се воћни засад дуже експлоатисати и остварити већи економски ефекат у току целог периода гајења.

Процена погодности земљишта за подизање засада укључује анализу физичких, хемијских и биолошких карактеристика земљишта, како би се утврдило да ли су услови адекватни за раст и развој биљака. Детаљна анализа и одговарајуће прилагођавање агротехничких мера кључни су за дугорочну економичност и ефикасност производње воћа и винове лозе.

Приликом избора земљишта за подизање засада неке воћне врсте, највише треба водити рачуна о карактеристикама земљишта које се касније не могу поправити или њихова поправка није економски оправдана. Кључне особине земљишта које се тешко поправљају и о којима треба водити рачуна приликом избора парцеле за подизање вишегодишњег засада су: дубина земљишта, текстура земљишта (механички састав), дренажа земљишта, pH вредност земљишта, присуство калцијум-карбоната (CaCO_3), ниво подземних вода, нагиб и експозиција земљишта.

Дубина земљишта – Дугом еволуцијом, коренов систем воћака се прилагодио на развој у земљишном супстрату, који је снабдевен хранљивим материјама. Коренов систем воћака развија се у дубину и ширину. Ширина распростирања корена је врло често у корелацији са пројекцијом круне, а код неких воћних врста и знатно већа. Захваљујући великом развоју кореновог система у вертикалном и хоризонталном правцу и обраслости фиброзним жилицама, коренов систем је у могућности да апсорбује велике количине воде и минералних материја. Недовољна дубина земљишта ограничава развој кореновог система и може трајно смањити продуктивност воћњака. Плића земљишта нису погодна за воћне врсте са дубоким кореном (орах, крушка, јабука, винова лоза), јер корен не може продрети у дубље слојеве у потрази за водом и хранливицама. Ове врсте имају дубок коренов систем и захтевају земљиште дубине 1,5 m или више. Плиће земљиште може ограничити њихов раст и смањити приносе. Трешња, вишња, кајсија, бресква и шљива развијају умерено дубок коренов систем и најбоље успевају на земљиштима дубине 1,0 - 1,5 m. Плића земљишта могу утицати на стабилност и отпорност стабала на сушу. Лешник и бобичасто воће (јагода, малина, купина, боровница) имају плићи коренов систем и могу успешно расти на земљиштима дубине 0,8 - 1,2 m, али је важно да имају добро обезбеђену влагу и хранљиве материје. Плића земљишта захтевају посебну агротехничку негу, укључујући чешће ђубрење мањим количинама како би се обезбедила стална доступност хранљивих материја и спречили губици испирањем, као и редовно и контролисано наводњавање како би се одржала оптимална влажност у зони корена. Недостатак простора за развој корена често подразумева и потребу за постављањем наслона и додатним мерама заштите како би се спречило оштећење биљака услед нестабилног укоренавања. У таквим условима, мулчирање и примена покровних

усева могу помоћи у очувању влаге и спречавању ерозије, што доприноси очувању структуре земљишта и побољшању услова за раст биљака.

Текстура земљишта (механички састав) – Текстура земљишта представља однос песка, иловаче и глине, директно утиче на физичко-хемијске особине земљишта као што су задржавање воде, аерација, дренажност и доступност хранљивих материја. Различите воћне врсте и винова лоза имају специфичне захтеве према текстури земљишта, што значи да је избор одговарајућег земљишта кључан за дугорочну продуктивност засада. У Табели 2 приказане су особине земљишта које зависе од механичког састава и имају утицај на раст и развој воћњака и винограда.

Табеле 2. Особине земљишта различитог механичког састава.

Тип земљишта	Вододржећа способност	Дренажа	Аерација	Садржај хранљивих материја
Лака (песковита) земљишта	Лоша	Одлична	Одлична	Низак, лако се испирају
Средње тешка (иловасто-песковита и иловаста) земљишта	Умерена	Оптимална	Добра	Умерен
Тешка (глиновита) земљишта	Висока	Слаба	Слаба	Висок

Средње тешка, иловаста земљишта представљају најбољи избор за већину воћних врста и винову лозу, јер омогућавају оптималан баланс влаге, ваздуха и хранљивих материја. Ако је земљиште превише песковито, тешко задржава влагу и хранљиве материје, док глиновита земљишта имају лошу дренажу и могу изазвати гушење корена. Корекције текстуре су скупе и дуготрајне, па је важно одабрати земљиште са оптималним механичким саставом за одређену воћну врсту.

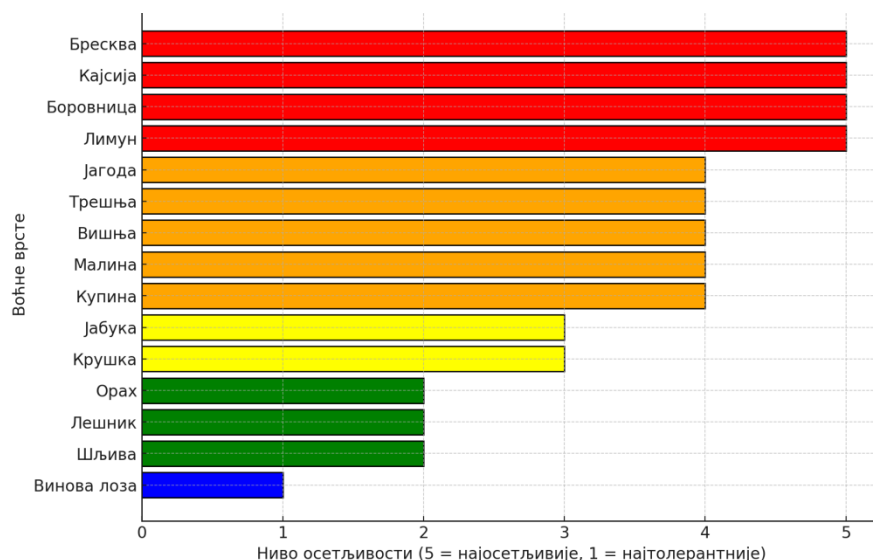
Дренажа земљишта – Дренажа земљишта је један од најважнијих фактора који утичу на избор локације за подизање засада воћа и винове лозе. Она одређује способност земљишта да одводи вишак воде, чиме директно утиче на развој кореновог система, исхрану биљака и отпорност на болести. Недостатак добре дренаже може довести до пропадања засада услед гушења корена и развоја патогена. Воћке и винова лоза захтевају земљиште са довољном количином ваздуха у кореновој зони, а лоша дренажа доводи до задржавања воде у земљишту, што узрокује недостатак кисеоника и слабу апсорпцију хранљивих материја. Лоша дренажа такође повећава ризик од гљивичних инфекција, као што су труљење корена и друге болести изазване прекомерном влагом. Вишак воде у земљишту може утицати и на спорије загревање земљишта у пролеће, што успорава вегетацију воћака и винове лозе. Земљишта се према дренажи могу поделити на добро дренирана, која су најпогоднија за све воћне врсте и винову лозу јер омогућавају правилан развој корена и стабилну доступност воде и хранљивих материја, умерено дренирана, која су погодна за већину воћних врста уз примену мелиоративних мера, и слабо дренирана, која нису погодна за подизање засада. Најзахтевније воћне врсте које захтевају добру дренажу су трешња, бресква, кајсија, бадем и винова лоза. Умерено дренирана земљишта могу бити погодна за јабуку, крушку, шљиву и лешник, док воћне врсте које толеришу нешто слабију дренажу укључују дуњу, дрен, оскорушу и неке сорте крушака. За побољшање дренаже земљишта користе се различите методе, као што су изградња дренажних канала за одводњавање вишка воде, подизање засада на повишеним банковима ради бољег отицања воде и спречавања гушења корена, додавање органске материје како би се побољшала структура земљишта и омогућио бољи однос воде и ваздуха, као и

мешање песка и шљунка у глиновита земљишта ради боље аерације и смањења задржавања воде. Међутим, побољшање дренаже може бити скупо и захтевно, па је боље изабрати природно добро дренирано земљиште.

pH вредност земљишта – Реакција земљишта има пресудан утицај на раст и развој воћака и винове лозе, јер одређује приступачност хранљивих материја, активност микроорганизама и опште здравље биљака. Већина воћних врста најбоље успева на благо киселим до неутралним земљиштима, са pH вредностима између 5,5 и 7,0, док неке врсте, попут боровнице, захтевају киселија земљишта са pH вредношћу испод 5,5. У алкалним земљиштима, где је pH већи од 7,0, често долази до везивања микроелемената, попут гвожђа, цинка и мангана, што доводи до хлорозе лишћа и слабог раста. Са друге стране, превише кисела земљишта могу проузроковати токсичност алуминијума и мангана, што негативно утиче на развој корена и смањује способност апсорпције хранљивих материја. За различите воћне врсте постоје специфични pH захтеви. Јабука, крушка, шљива и винова лоза најбоље расту у земљишту са pH вредношћу између 5,5 и 7,0, док трешња, вишња и бресква преферирају нешто неутралније услове у опсегу од 6,0 до 7,5. Боровница, као једна од ретких култура, захтева изразито кисела земљишта са pH између 4,5 и 5,5, док лешник и орах могу толерисати нешто алкалнија земљишта, али најбоље успевају у опсегу од 6,0 до 7,5. У случају када pH земљишта није у оптималном опсегу за изабрану културу, могу се применити мере корекције pH вредности. Корекција pH вредности земљишта у воћњацима и виноградима је неопходна за оптималну приступачност хранљивих материја. У случају киселих земљишта ($\text{pH} < 6.0$), најбоље мере су примена креча (калцијум-карбонат или доломит), органске материје (компост, стајњак) и фертиригација калцијум-нитратом. Ове методе повећавају pH и побољшавају структуру земљишта. За алкална земљишта ($\text{pH} > 7.5$), корекција се постиже додавањем елементарног сумпора или сумпорне киселине, амонијум-сулфата и других физиолошки киселих ђубрива и киселих компоста. Ово снижава pH и повећава доступност гвожђа, цинка и мангана. Уколико је апсорпција микроелемената отежана, фолијарна примена хелатних облика обезбеђује ефикасно снабдевање биљака. Редовна агрохемијска анализа је неопходна за правилну примену ових мера и одржавање оптималне pH вредности. Ове мере захтевају пажљиво планирање и постепено прилагођавање како би се избегли нагли поремећаји у равнотежи земљишта. Такође, треба имати у виду да корекција pH вредности земљишта није трајна, већ је то један континуирани процес који захтева редовно одржавање и контролу, јер различити фактори утичу на њену стабилност током времена.

Присуство калцијум-карбоната (CaCO_3) – Садржај калцијум-карбоната у земљишту има значајан утицај на избор локације за подизање засада воћа и винове лозе, јер директно утиче на pH вредност земљишта, структуру, доступност хранљивих материја и раст биљака. Земљишта са високим садржајем калцијум-карбоната су углавном алкална, са pH вредностима изнад 7,5, што може довести до смањене доступности микроелемената попут гвожђа, цинка и мангана, што резултира појавом хлорозе лишћа и slabим растом биљака. Воћне врсте и винова лоза имају различиту толеранцију на калцијум-карбонат у земљишту. Винова лоза се релативно добро прилагођава земљиштима са умереним садржајем CaCO_3 , али сорте осетљиве на хлорозу могу захтевати подлоге које толеришу алкалне услове. Воћке као што су јабука, крушка и шљива могу да толеришу умерену концентрацију калцијум-карбоната у земљишту, јер су у стању да ефикасно апсорбују хранљиве материје чак и при нешто вишем pH нивоу. Међутим, бресква, кајсија и боровница су знатно осетљивије на овај елемент и захтевају киселија земљишта за оптималан раст и развој.

Посебну пажњу треба обратити приликом избора подлоге за крушку, јер је дуња, која се често користи у ту сврху, изразито осетљива на присуство калцијум-карбоната. У условима алкалног земљишта, дуња показује слабији раст, хлорозу и смањену продуктивност, што директно утиче на принос крушке. Због тога је при заснивању воћњака од изузетног значаја правилан избор подлоге у складу са рН вредношћу и саставом земљишта, како би се обезбедили оптимални услови за раст и висок принос. (Графикон 1).



Графикон 1. Осетљивост различитих воћних врста на присуство калцијум-карбоната (CaCO_3) у земљишту.

Калцијум-карбонат утиче на физичке особине земљишта, побољшавајући његову структуру и смањујући компактност, што олакшава продирање корена и побољшава дренажу. Међутим, у земљиштима са високим садржајем CaCO_3 често је потребно применити мере за побољшање плодности, као што су додавање органске материје, употреба хелатних ђубрива за микроелементе или избор сорти и подлога које су прилагођене карбонатним земљиштима. Избор локације за подизање засада мора укључивати анализу садржаја калцијум-карбоната у земљишту, како би се избегли потенцијални проблеми у исхрани биљака. Уколико се воћњак или виноград подиже на карбонатним земљиштима, неопходно је применити одговарајуће агротехничке мере како би се минимизирали негативни ефекти високог садржаја CaCO_3 и обезбедили оптимални услови за раст и развој биљака.

Ниво подземних вода- Висина подземних вода представља један од важнијих фактора приликом избора локације за подизање засада воћа и винове лозе, јер директно утиче на развој кореновог система и опште здравље биљака. Висок ниво подземних вода може довести до гушења корена услед недостатка кисеоника, смањења способности усвајања хранљивих материја и повећане подложности биљака на болести. За различите воћне врсте, препоручени минимални ниво подземних вода варира. Јабука, крушка, орах и винова лоза захтевају да подземне воде буду на дубини већој од 1,5 m, док бресква, кајсија и шљива могу поднети ниво подземних вода од око 1,2 m. Воћне врсте попут малине, купине и јагоде, које имају плитак коренов систем, могу толерисати нешто више подземне воде, али им је потребна добра аерација земљишта. Трешња је изразито осетљива на висок ниво подземних вода, захтевајући добро дренирано земљиште са подземним водама на дубини од најмање

1,5 до 2 метра. Уколико су подземне воде плиће од овога, препоручује се подизање засада на насипима (банковима) или избор локација са природном дренажом. У условима слабе дренаже, корен трпи недостатак кисеоника, што доводи до гушења и појаве трулежи, значајно утичући на виталност и принос стабала. Поред утицаја на коренов систем, висок ниво подземних вода може довести до повећане салинизације земљишта, што додатно ограничава раст биљака. Уколико вода садржи високе концентрације натријума и других соли, може доћи до деградације структуре земљишта и смањења плодности. Због тога је при избору локације за подизање засада неопходно испитати не само дубину подземних вода, већ и њихов хемијски састав.

Нагиб, постојање микродепресија у засадима и експозиција земљишта - имају значајан утицај на избор локације за подизање засада воћа и винове лозе, јер одређују доступност сунчеве светлости, одводњавање, температуру земљишта и изложеност ветровима. Оптималан нагиб терена омогућава добру дренажу и спречава задржавање вишка воде, што је посебно важно за винову лозу и воћке које су осетљиве на стајаћу влагу. Благи до умерени нагиби (до 5%) генерално се сматрају најповољнијим, јер омогућавају добру аерацију кореновог система и смањују ризик од ерозије, док већи нагиби могу захтевати додатне мере против ерозије, попут терасирања или садње покровних биљака. Експозиција терена, односно оријентација земљишта у односу на сунце, такође игра кључну улогу у микроклиматским условима засада. Воћњаци и виногради на јужним падинама имају већи степен изложености сунчевој светлости током дана, што омогућава боље загревање земљишта и бржи развој биљака. Ова изложеност подстиче интензивнији фотосинтетички процес, бољу зрелост плодова и већи садржај шећера у грождју и воћу. Јужна експозиција је нарочито погодна за врсте које захтевају више топлоте, као што су бресква, кајсија и винова лоза. Међутим, недостаци укључују већи ризик од суше, посебно у сушним периодима, као и могућност оштећења од мраза у рано пролеће због бржег кретања вегетације, и ожеготине од сунца у топлим током летњих месеци. Северне падине примају мање директне сунчеве светлости, што резултира споријим загревањем земљишта и каснијим почетком вегетације. Ова карактеристика може бити предност у спречавању оштећења од касних пролећних мразева, као и у продужавању периода зрења, што је корисно за одређене сорте које захтевају спорије сазревање. Међутим, недостаци су слабија зрелост плодова, мањи садржај шећера и већа подложност појави гљивичних болести због повећане влажности. Ова експозиција је погоднија за врсте које боље подносе хладније услове, као што су јабука, крушка и шљива.

Избор експозиције зависи од врсте културе, климатских услова и жељеног квалитета плода. Приликом избора локације за воћњак или виноград, потребно је узети у обзир и заштиту од јаких ветрова који могу утицати на опрашивање, транспирацију и механичка оштећења биљака. Брдовити терени са добром сунчаном експозицијом и оптималним нагибом пружају најбоље услове за узгој већине воћних врста и винове лозе, уз услов да се предузму одговарајуће мере за заштиту од ерозије и побољшање структуре земљишта уколико је потребно. Исправна процена нагиба и експозиције омогућава бољу продуктивност, смањени ризик од климатских стресова и оптималан квалитет плодова.

Због свега наведеног, пре подизања вишегодишњих засада неопходно је спровести детаљну анализу земљишта како би се избегли каснији проблеми који су тешко решиви или неисправљиви без значајних трошкова.

4. ПРИНЦИПИ ПРИМЕНЕ ЂУБРИВА У ВИШЕГОДИШЊИМ ЗАСАДИМА

Ђубрење воћњака и винограда значајно се разликује од ђубрења једногодишњих биљака због специфичности њиховог раста, развоја и дугорочне експлоатације. Док једногодишње биљке завршавају свој животни циклус у једној сезони, након чега се земљиште припрема за нову сетву, вишегодишњи засади захтевају континуирано снабдевање хранљивим материјама током више година. Грешке начињене при ђубрењу воћњака и винограда тешко се исправљају и могу довести до значајног смањења приноса и/или квалитета рода.

Правилно ђубрење има кључну улогу у савременој воћарско-виноградарској производњи због неколико разлога:

- **Оптимизација приноса:** Правилно ђубрење осигурава да биљке добијају све потребне хранљиве материје у правим количинама и у правом тренутку, што доводи до већих и квалитетнијих приноса.
- **Здравље биљака:** Хранљиве материје су кључне за здравље биљака. Недостатак или вишак одређених елемената може довести до различитих болести и поремећаја у расту биљака. Правилно ђубрење помаже у одржавању оптималног здравственог стања биљака.
- **Квалитет плодова:** Хранљиве материје утичу на величину, облик, боју и укус плодова. Правилно ђубрење побољшава квалитет плодова, што је важно за тржишну вредност и задовољство потрошача.
- **Ефикасност употребе ресурса:** Правилно ђубрење омогућава ефикаснију употребу хранљивих материја, смањујући губитке због испирања или денитрификације. То доприноси смањењу трошкова производње и очувању животне средине.
- **Одржавање плодности земљишта:** Редовно и правилно ђубрење помаже у одржавању и побољшању плодности земљишта током времена, што је важно за дугорочно одрживу производњу.
- **Адаптација на климатске промене:** Правилно ђубрење може помоћи биљкама да се боље прилагоде на стресове изазване климатским променама, као што су суша или екстремне температуре.
- **Смањење утицаја на животну средину:** Прецизно и правилно ђубрење смањује ризик од загађења вода и деградације земљишта. Коришћење савремених техника и алата, попут анализе земљишта и листа, помаже у прецизном одређивању потреба биљака и смањењу непотребне употребе ђубрива.
- **Економичност:** Ефикасна употреба ђубрива смањује трошкове производње и повећава профитабилност. Правилно ђубрење смањује потребу за додатним интервенцијама и третманима, чиме се штеди време и новац.
- **Интегрисани приступ управљању производњом:** У савременој воћарско-виноградарској производњи правилно ђубрење је део интегрисаног приступа који укључује праћење земљишта, анализу биљака, употребу одговарајућих технологија и праксе које побољшавају целокупну ефикасност и одрживост производње.

Ћубрење воћака и винове лозе мора бити пажљиво планирано тако да обезбеди оптималну исхрану у различитим фазама развоја, укључујући периоде интензивног вегетативног раста, цветања, формирања и сазревања плодова, као и припреме за мировање у зимском периоду.

Просторна примена ђубрива у вишегодишњим засадима се разликује од примене код једногодишњих култура. Док се код житарица и повртарских култура ђубриво најчешће равномерно распоређује по површини парцеле, у воћњацима и виноградима примена је концентрисана у зони кореновог система, најчешће тракасто или у кругу око стабала. Овакав начин ђубрења омогућава ефикасније искоришћавање хранљивих материја и спречава њихов губитак. Динамика усвајања хранљивих материја такође је различита. Вишегодишње биљке захтевају постепену и континуирану исхрану током целе године, док једногодишње културе морају имати на располагању довољне количине хранива у кратком периоду, јер брзо пролазе кроз све фазе развоја. У воћњацима и виноградима је честа употреба фолијарне прихране и фертигације, посебно у интензивним засадима, док се код једногодишњих култура углавном ослања на класичну примену ђубрива у земљиште.

Воћке и винова лоза имају веће захтеве за калијумом, који утиче на квалитет плодова, њихову боју, укус и складишну способност, док се код једногодишњих биљака калијум углавном користи у завршним фазама развоја. Фосфор је од кључног значаја за развој кореновог система младих засада, док је код једногодишњих култура најважнији у раним фазама раста. Азот је неопходан у свим фазама, али се његова примена мора пажљиво доzirати код воћњака и винограда како би се избегло прекомерно вегетативно бујање на уштрб плодоношења.

Све ове разлике указују на то да је ђубрење вишегодишњих засада комплекснији процес који захтева дугорочно планирање и континуирано праћење стања биљака и земљишта, док се код једногодишњих биљака примена ђубрива прилагођава једносезонској производњи и брзом искоришћавању хранљивих материја.

4.1. ЗНАЧАЈ ПОЈЕДИНИХ ЕЛЕМЕНАТА У ИСХРАНИ ВОЋЊАКА И ВИНОГРАДА

Неопходни елементи за раст и развој биљака представљају хемијске елементе без којих биљке не могу да заврше свој животни циклус. Ови елементи се деле на макроелементе и микроелементе, у зависности од количине у којој су потребни биљци. Макроелементи су неопходни у већим количинама и укључују примарне макроелементе, као што су азот, фосфор и калијум, који су кључни за раст биљака, развој кореновог система, цветање и отпорност на сушу. Поред њих, у групу макроелемената спадају и секундарни елементи попут калцијума, магнезијума и сумпора. Калцијум је неопходан за изградњу ћелијских зидова и ензимске активности, магнезијум је централни атом у хлорофилу и учествује у фотосинтези, док је сумпор важан за синтезу протеина и аминокиселина. Са друге стране, микроелементи су потребни у мањим количинама, али су подједнако значајни за виталне функције биљака. У ову групу спадају гвожђе, цинк, манган, бор, бакар, и молибден.

4.1.1. Азот

Азот (N) је један од најважнијих макрохранљивих елемената у исхрани воћњака и винограда. Он игра кључну улогу у многим физиолошким и биохемијским процесима који су неопходни за раст, развој и продуктивност биљака. Азот је основни градивни елемент протеина, који су саставни део ензима и структуралних компоненти ћелија. Азот који биљке усвајају у првој половини вегетације (до августа) користи се за развој листова, плодова, летораста и ластара. Да би вишегодишњи засади имали успешну диференцијацију пупољака и формирање цветова за наредну вегетацију, неопходно је да буду добро снабдевени азотом током целог периода вегетације. Међутим, прекомерни ниво азота може изазвати превелику бујност која поред смањења родности, доводи до смањења садржаја суве материје у ткивима, чиме се смањује отпорност биљака на болести. Такође, претерани раст може довести до прекомерне густине крошње која смањује проветреност и повећава влажност, стварајући повољне услове за патогене. Азот је важан за усвајање и ефикасно коришћење других хранљивих материја као што су фосфор и калијум. Баланс између азота и других хранљивих материја је кључан за оптималан раст и развој биљака. Адекватан ниво азота доприноси бољој отпорности биљака на абиотичке стресове као што су суша, ниске температуре и салинитет.

Вишегодишње биљке усвајају азот из земљишта у два главна облика:

- **Амонијум јон (NH_4^+):** Овај облик азота је катјонски и може се директно апсорбовати преко кореновог система. Амонијум преовлађује и посебно је стабилан у киселим земљиштима, док у неутралним и алкалним земљиштима у процесу нитрификације прелази у нитратни облик.
- **Нитратни јон (NO_3^-):** Овај облик азота је анјонски и такође се апсорбује путем корена. Нитрати су лако мобилни у земљишту, што значи да се могу брзо испрати из површинских слојева земљишта, посебно у неутралним и алкалним условима. Ипак, они су веома приступачни биљкама и брзо се асимилирају у биљним ткивима.

Равнотежа између амонијума и нитрата, и њихов међусобни однос у земљишту зависи од рН вредности, текстуре земљишта, и врсте ђубрива која се користе. Због тога, воћне врсте које за свој раст и развој захтевају кисела земљишта, као што су бобичасто воће (пре свега боровница) преферирају управо онај облик азота који преовлађује у таквим

земљиштима, а то је амонијачни азот. Са друге стране, воћне врсте које успевају на земљиштима неутралне до благо алкалне реакције (трешње, брескве, кајсије, јабука, крушка, шљива и винова лоза), због различитих физиолошких и еколошких разлога имају тенденцију да у већој мери усвајају нитратни азот, који је доминантан облик азота у оваквим земљиштима.

У условима недостатка азота, ластари се слабије развијају, стабла постају мање бујна, а листови су мањи, испрва светложуте боје која касније прелази у жуту и превремено опадају. Симптоми недостатка азота прво се јављају на старијим доњим листовима. Ослабљено је образовање родних пупољака и заметање плодова, што негативно утиче на висину и квалитет приноса.

Акутни недостатак азота најчешће се јавља на песковитим, шљунковитим и скелетним земљиштима која су сиромашна хумусом.

И недостатак и сувишак азота могу имати непожељне последице. Превише азота узрокује релативни недостатак калијума, калцијума, фосфора, бора и цинка, доводећи до интензивног раста ластара и вегетативних органа на штрб приноса. Таква стабла касније почињу са плодоношењем, листови су им велики и тамнозелене боје, плодови су крупни али слабо обојени, са меким и растреситим ткивом, а њихово сазревање касни. Ниво обезбеђености биљака азотом може се проценити анализом садржаја азота у листовима и земљишту, као и визуелним прегледом изгледа воћке (Табела 3).

Табела 3. Визуелна оцена обезбеђености азотом (Саhoon, 1985).

Параметри процене	Слаба обезбеђеност	Нормална обезбеђеност	Прекомерна обезбеђеност
Вршни пораст: Млади засади Засади у пуном роду	< 25 < 10 cm	25-60 cm 10-48 cm	> 60 cm > 48 cm
Величина и боја листа	Лист је мали, светлозелене боје, танак	Нормалне величине, тамно зелене боје	Велики танак, често скупљен при врху
Опадање листа у јесен	Рано опадање у јесен, лисни нерви имају црвенкасту боју	Нормално време опадања, листови остају зелени пре него пожуте и отпаду	Касно у јесен, листови остају зелени до првих јесењих мразева
Заметање плодова	Слабо, појачано јунско опадање плодова	Нормално	Нема ефекта
Величина плода	Мања од просека за сорту	Нормална	Већа од просека за сорту
Обојеност плода	Плодови раније добијају покривну боју	Нормална обојеност	Слаба обојеност плода

4.1.2. Фосфор

Фосфор, директно или индиректно, утиче на многе животне процесе у биљкама, укључујући синтезу секундарних метаболита и енергетску размену. Учествоје у изградњи нуклеинских киселина, нуклеотида, коензима, липида и других важних молекула. Фосфор је кључни елемент у молекулу АТП-а (аденозин трифосфат), који је главни носилац енергије у ћелијама биљака. Фосфор је неопходан за здрав и снажан развој кореновог система. Дубок и добро развијен коренов систем омогућава биљкама да боље подносе стресне услове, попут суше и екстремних температура. Такође, биљке са довољно фосфора имају бољу отпорност на болести. Вишегодишње биљке најинтензивније усвајају фосфор од пролећа до почетка лета и у јесен. Стабла у пуном роду посебно интензивно апсорбују фосфор при крају вегетације, јер он игра кључну улогу у диференцијацији пупољака и формирању цветних пупољака. Недостатак фосфора се теже уочава него недостатак азота. Први симптоми се обично појављују средином лета, на доњим старијим листовима. Биљке које немају довољно фосфора имају мање листове, често тамнозелене, а на крају вегетације, због накупљања антоцијана, листови постају бронзани, а лисне дршке црвенкасте (Слика 1).



Слика 1. Симптом недостатак фосфора на листу брескве. (<https://ucanr.edu/>).

Недостатак фосфора смањује раст ластара, у пролеће пупољци касне, а многи бочни пупољци не крећу. Овај проблем се најчешће јавља на кречним, алкалним или екстремно киселим земљиштима ($\text{pH} > 6$).

Прекомерна количина фосфора ретко има директно негативне ефекте у природи, али његов вишак у земљишту може изазвати недостатак гвожђа, цинка, калцијума, бора и мангана.

4.1.3. Калијум

Калијум је један од кључних макроелемената неопходних за оптималан раст, развој и продуктивност биљака, укључујући воћке и винову лозу. Његова улога у исхрани воћњака и винограда је вишеструка, покривајући аспекте од побољшања фотосинтезе до повећања отпорности на болести и стресне услове. Калијум игра кључну улогу у процесу фотосинтезе, јер регулише отварање и затварање стома на листовима. Стоме су поре кроз које биљке размењују гасове са околином. Калијум омогућава оптималну контролу стома, што директно утиче на ефикасност фотосинтезе и транспирације, те на производњу енергије неопходне за раст и развој биљака. Такође, калијум је виталан за синтезу и транспорт шећера и скроба унутар биљке. Ово је посебно важно за воћке и винову лозу, јер утиче на квалитет плодова, укључујући укус, величину и садржај шећера. Адекватан ниво калијума омогућава боље формирање и сазревање плодова, што директно доприноси приносу и квалитету производа.

Потреба биљака за овим елементом највећа је током интензивног раста вегетативних и репродуктивних органа. Недостатак калијума обично се јавља на песковитим, кречним и глиновитим земљиштима. Овај недостатак додатно подстичу висок интензитет светлости и ниска влажност ваздуха и земљишта.

Први знаци недостатка калијума појављују се на доњим листовима једногодишњих ластара, најчешће у виду хлорозе. У случају озбиљнијег недостатка, долази до некрозе и савијања рубних делова листова према горе (Слика 2).

Прекомерна примена калијумових ђубрива може довести до његовог сувишка, што узрокује релативни недостатак калцијума и магнезијума. Код јабучастог воћа ово може изазвати или погоршати различита физиолошка обољења током складиштења плодова.



Слика 2. Симптоми недостатка калијума код садница јабукe (лево) и брескве (десно).

4.1.4. Калцијум

Калцијум има веома важну улогу у животним процесима биљака. Кључна је компонента пектинских материјала у ћелијским зидовима, што помаже у одржавању чврстоће и стабилности ћелијских структура. Калцијум повећава чврстоћу плодова, смањујући појаву физиолошких поремећаја као што су горке пеге код јабука. Помаже у побољшању квалитета и продужењу рока трајања плодова смањењем пропадања током складиштења. Поред тога калцијум је значајан за структуру и рН вредност земљишта.

У условима недостатка калцијума долази до инхибиције раста корена и младих изданака/листова, а касније и до некрозе рубног дела лиске, и то најпре код најмлађих вршних листова. Нови листови могу бити деформисани, увијени или искривљени, а ткиво на ивицама листова постаје смеђе или црно (Слика 3). Поред тога биљке заостају у порасту, а оплодна цветова је поремећена. Такође, у условима недостатка калцијума долази и до тзв. физиолошких обољења као што су горке пеге код јабуке, пуцање плодова код трешње или вршна трулеж плода код паприке и парадајза. Разлози за појаву недостатка калцијума у природи су готово увек физиолошке природе. Недостатак калцијума може настати због антагонизма јона, односно присуства већих количина калијума, магнезијума или амонијум јона у земљишту, што може значајно смањити усвајање калцијума. Агротехничке мере које подстичу бујан раст летораста, као и засењивање, смањују снабдевеност плодова калцијумом. Према томе, употреба већих доза азотних ђубрива, стајњака и интензивна резидба могу изазвати недостатак калцијума у плодовима, што неповољно утиче на квалитет, нарочито код јабука приликом складиштења. Недостатак калцијума у плодовима обично није резултат недовољних количина калцијума у земљишту или биљци, већ неповољне расподеле унутар биљке.



Слика 3. Симптом недостатка калцијума на плоду јабуке (лево) и листу јагоде (десно) (<https://hort.extension.wisc.edu>).

4.1.5. Магнезијум

Магнезијум је есенцијалан елемент у исхрани воћњака и винограда због своје кључне улоге у различитим физиолошким и биохемијским процесима биљака. Магнезијум је централни атом у молекулу хлорофила, што га чини критичним за фотосинтезу.

Недостатак магнезијума код биљака може се појавити чак и када земљиште садржи довољно овог елемента. Због антагонизма између јона магнезијума и калијума, недостатак магнезијума у воћњацима често се јавља при систематској употреби већих доза калијумових ђубрива. Усвајање магнезијума може бити антагонистички погођено и присуством других јона, као што су јони калцијума, натријума, мангана и амонијума. Антагонистичко деловање магнезијума и натријума најчешће се јавља код наводњавања засада водом која садржи већу количину натријума.

Први симптоми недостатка магнезијума обично се појављују у другој половини вегетације на доњим листовима ластара/летораста. Код недостатка магнезијума, листови добијају специфичну шару, с површинама између лисних нерава које су жуто-зелене до зелене боје, док лисни нерви остају зелени. На хлоротичним површинама, које могу бити и црвенкасто-пурпурне, развијају се смеђе, некротичне пеге (Слика 4). У екстремним случајевима, листови превремено опадају, па до краја августа већина крошње, осим врхова ластара, остаје без листова. Плодови на таквим стаблима су мали, слабог квалитета и често превремено опадају. Недостатак магнезијума може се очекивати пре свега на песковитим и јако карбонатним земљиштима. С друге стране, сувишак магнезијума код биљака је у природи изузетно ретка појава.



Слика 4. Симптоми недостатка магнезијума на листу јабуке (лево) и шљиве (десно) (Bergmann, 1992).

4.1.6. Сумпор

Сумпор спада у групу неопходних, макрохранљивих елемената, али за разлику од азота, фосфора и калијума, сумпор није дефицитарни елемент. Сумпор је важан за синтезу аминокиселина, које су градивни блокови протеина. Такође, улази у састав ензима који су кључни за фотосинтезу, процес кроз који биљке претварају сунчеву светлост у хемијску енергију. У воћњацима и виноградима, недостатак сумпора може довести до различитих проблема као што су успорен раст, смањење приноса, слабији квалитет плодова или повећана подложност биљака болестима. Ипак, интерес за овим биогеним елементом је мањи због тога што биљке усвајају значајан део својих потреба за сумпором из атмосфере (између 20 до 100 kg по хектару), као и путем минералних ђубрива која садрже сумпор као примесу, попут суперфосфата, калијум-сулфата, амонијум-сулфата и других. Такође, сумпор се може унети у биљке путем средстава за заштиту биљака која га садрже. Због тога, у већини случајева земљишта садрже довољно сумпора, што смањује потребу за додатним ђубрењем овим елементом.

4.1.7. Гвожђе

Значај и улога гвожђа у исхрани воћака и винове лозе су кључни због неколико виталних функција које обавља овај микроелемент. Гвожђе је есенцијално за синтезу хлорофила, пигмента који биљкама омогућава да апсорбују светлост и обављају фотосинтезу. Адекватан ниво гвожђа помаже биљкама да се боље носе са стресом изазваним биотским (попут болести и штеточина) и абиотичким факторима (попут недостатка воде или ниских температура). Недостатак гвожђа може довести до заостајања у расту, слабијег развоја цветова и смањеног приноса.

Појава недостатка гвожђа код вишегодишњих дрвенастих биљака веома је распрострањена у нашој земљи, посебно у северним деловима, где преовлађују земљишта са повећаним садржајем калцијум-карбоната и неутралном или благо алкалном реакцијом. Може се рећи да од свих неопходних микроелемената у воћарству и виноградарству, највећу важност у пракси има гвожђе.

Узроци недостатка гвожђа у воћњацима и виноградима могу укључивати: висок садржај калцијума или фосфора у земљишту, високу рН вредност и збијеност земљишта, висок ниво подземне воде, висок садржај бикарбоната и натријума у води за наводњавање, и друге факторе. Недостатак гвожђа због ниског садржаја овог елемента у земљишту је изузетно ретка појава.

Недостатак гвожђа (Fe) код воћака и винове лозе може имати озбиљне последице на њихову виталност и продуктивност. Недостатак гвожђа код биљака најчешће се испољава као интервенална хлороза, при чему ткиво између лисних жила жути, док саме жиле остају зелене (Слика 4). Ова појава је најизраженија на млађим листовима. Раст биљака се успорава, изданци су слабије развијени, а цела биљка делује мање витално. Формирање цветова и плодова је отежано, што се одражава на квалитет и величину плодова. У тежим случајевима долази до превременог опадања листова и повећане осетљивости на болести, јер је гвожђе кључно за нормално функционисање метаболичких процеса и отпорност на стрес. Знаци сувишка гвожђа на биљкама се у природи веома ретко јављају и не представљају проблем за воћарску производњу.



Слика 4. Симптоми недостатка гвожђа на вршним листовима младара јабуке (лево) и брескве (десно).

4.1.8. Цинк

Цинк је саставни део многих ензима који су укључени у синтезу протеина, раст ћелија и метаболизам угљених хидрата. Игра кључну улогу у синтези ауксина, једног од главних биљних хормона који регулише раст и развој биљака. Помаже биљкама да се носе са стресом изазваним биотским и абиотским факторима, укључујући сушу, високе температуре и нападе патогена. Побољшава отпорност биљака на болести и штеточине.

Симптоми недостатка цинка код воћака и винове лозе могу бити различити, али углавном се манифестују у облику проблема са растом и развојем биљака (Слика 5). Недостатак цинка код воћака и винове лозе најчешће се испољава кроз жућкасто лишће са очуваним зеленим жилама, углавном на млађим деловима биљке. Листови постају мањи и деформисани, а изданци скраћени, што доводи до успореног раста и карактеристичног нагомилавања лишћа на врховима. Плодови могу бити слабијег квалитета, мањи и неправилног облика, што утиче на укупан принос и тржишну вредност. Хроничан недостатак цинка значајно смањује виталност и продуктивност биљака.



Слика 5. Симптоми недостатка цинка код трешње (<https://treefruit.wsu.edu>).

Недостатак цинка најчешће се јавља у условима високе рН вредности земљишта, на алкалним земљиштима, песковитим, кречним у органској материји сиромашним и у фосфору прекомерно обезбеђеним земљиштима.

4.1.9. Бор

Бор је неопходан за раст вршних меристема (врхова раста) и развој нових изданака и листова. Бор је кључан за успешно опрашивање и формирање плодова. Побољшава клијање полена и раст поленових цевчица, што омогућава оплодњу и развој плодова. Укључен у метаболизам угљених хидрата, помажући у транспорту шећера кроз

биљку. Он помаже у формирању пектинских спојева у ћелијским зидовима, што утиче на чврстоћу и флексибилност биљних ткива.

На недостатак бора посебно су осетљиве следеће воћне врсте: јабука, крушка, дуња, шљива, кајсија и малина. Недостатак бора се обично јавља на алкалним земљиштима, као и на песковитим земљиштима сиромашним органском материјом.

Суша, висок интензитет светлости, висок садржај калцијума у земљишту и обимне падавине на песковитим земљиштима подстичу појаву недостатка бора.

Први знаци недостатка бора се јављају на најмлађим листовима и на вегетационим тачкама надземног дела и корена. Листови постају мањи и ужи, са хлоротичним пегамма (жућкасте или светлозелене мрље). Интернодије су краће, механичко ткиво се слабије развија, што може смањити отпорност биљке. Цветови се не развијају правилно и не долази до опрашивања, што резултира смањеним приносом. Код воћака, плодови могу бити деформисани, са унутрашњим смеђим мрљама и повећаном склоношћу ка пуцању. Код винове лозе може доћи до пуцања коре на стаблима и ластарима, као и до појаве рехуљавости грозда (када се после цветања и оплодње у грозду приметне и развије мали број нормалних бобица са семенкама). Код воћака, знаци недостатка бора најчешће се појављују на плодовима у облику плустих пегма (Слика 6). Ове пегме могу бити видљиве на површини или унутар меснатог дела плода. Пегме су мрке боје и често имају пукотине. Плодови захваћени недостатком бора су мањи и обично неправилног облика.



Слика 6. Симптоми недостатка бора код јабуке (<https://fruitscout.ca.uky.edu>).

Вишак бора може бити врло токсичан за биљке. Распон између оптималне и прекомерне количине бора у биљци је веома мали. Због тога, редовна употреба борних ђубрива или наводњавање водом са високим садржајем бора може брзо довести до његовог прекомерног накупљања, чак и код биљака са већим потребама за бором. У условима вишка бора, најпре долази до некрозе рубних делова листова, која се затим шири на цео лист.

4.1.10. Манган

Манган има важну улогу у оксидо-редукционим процесима биљака, укључен у фотолизу воде током фотосинтезе, што је кључно за производњу кисеоника и енергије. Манган постаје мање приступачан биљкама у алкалним условима, односно када је рН вредност земљишта изнад 6,5. У овим условима, манган прелази у облике који су тешко приступачни за апсорпцију кореном. Висок садржај органске материје (хумуса) у земљишту може везати манган и смањити његову доступност за биљке. Недостатак мангана може се очекивати и на песковитим земљиштима, као и на земљиштима са високим садржајем калцијум-карбоната. Суша, прекомерна калцификација, висок садржај гвожђа, бакра и цинка у земљишту, такође подстичу појаву недостатка мангана.

Симптоми недостатка мангана код воћака и винове лозе могу бити различити и најчешће се манифестују на листовима и општем здрављу биљке. Млади листови показују жућење између нерватуре (интервенална хлороза), док нерви остају зелени. Квалитет плодова може бити смањен, а плодови могу бити мањи или деформисани (Слика 7).



Слика 7. Градација симптома недостатка мангана (најблажи-лево, најизраженији десно) (<https://sites.udel.edu/>).

Вишак мангана се јавља на киселим, слабо аерисаним и влажним земљиштима. У оваквим условима, листови воћака постају хлоротични, а рубови листова се савијају и често попримају црвенкасту боју. Крајем лета, на кори двогодишњих, а понекад и једногодишњих грана, појављују се некротичне пеге смеђе боје које се временом шире. На вишак мангана посебно је осетљива сорта јабуке Црвени делишес.

4.1.11. Бакар

Бакар је кључан за многе ензиме који регулишу оксидо-редукционе процесе у биљкама и утиче на фотосинтезу и друге виталне функције. Недостатак бакра најчешће се јавља на земљиштима са високим садржајем органске материје, као и на песковитим и алкалним земљиштима. Високе дозе азотних и фосфорних ђубрива, као и прекомерна калцификација, могу подстаћи недостатак бакра.

Вишак бакра може се јавити у воћњацима где се дуже време користе фунгициди на бази бакра, при употреби стајњака животиња хранених храном обогаћеном бакром, или при ђубрењу индустријским и комуналним отпаcima контаминираним бакром.

Најспецифичнији знак вишка бакра код биљака је хлороза и смањен раст изданака и корена, док акутни вишак бакра често доводи до тамнозелене боје листова. Приступачност бакра за биљке, и негативни ефекти високе концентрације у земљишту, могу се смањити калцификацијом и употребом већих доза фосфорних ђубрива.

4.1.12. Молибден

Молибден се сврстава у ултрамикроеlemente, јер је присутан у биљкама у веома малим количинама. У просеку, воћне врсте из земљишта годишње апсорбују између 5 и 10 грама молибдена по хектару. Иако има значајну улогу у одређеним метаболичким процесима биљака, недостатак молибдена је ретка појава, углавном присутна код јужног воћа. Због тога нема потребе за његовом применом у нашим агроеколошким условима.

4.2. ПРИМЕНА ЂУБРИВА ПРЕ ПОДИЗАЊА ЗАСАДА-МЕЛИОРАТИВНО ЂУБРЕЊЕ

Мелиоративно ђубрење представља основну меру у припреми земљишта за подизање вишегодишњих засада и има за циљ дугорочно побољшање његове плодности и обезбеђивање оптималних услова за развој биљака. Ова врста ђубрења се изводи пре садње, како би се земљиште обогатило органским и минералним хранливима, побољшала његова структура и активирала микробиолошка активност.

Први корак у процесу мелиоративног ђубрења је анализа земљишта, која омогућава утврђивање садржаја органске материје, макро и микроелемената, рН вредности и механичког састава. На основу добијених резултата одређују се врста и количина ђубрива која ће се применити. У случају киселих земљишта врши се калцификација употребом кречњака или доломита, док се за алкална земљишта препоручује примена гипса или органских ђубрива која могу побољшати њихову реакцију.

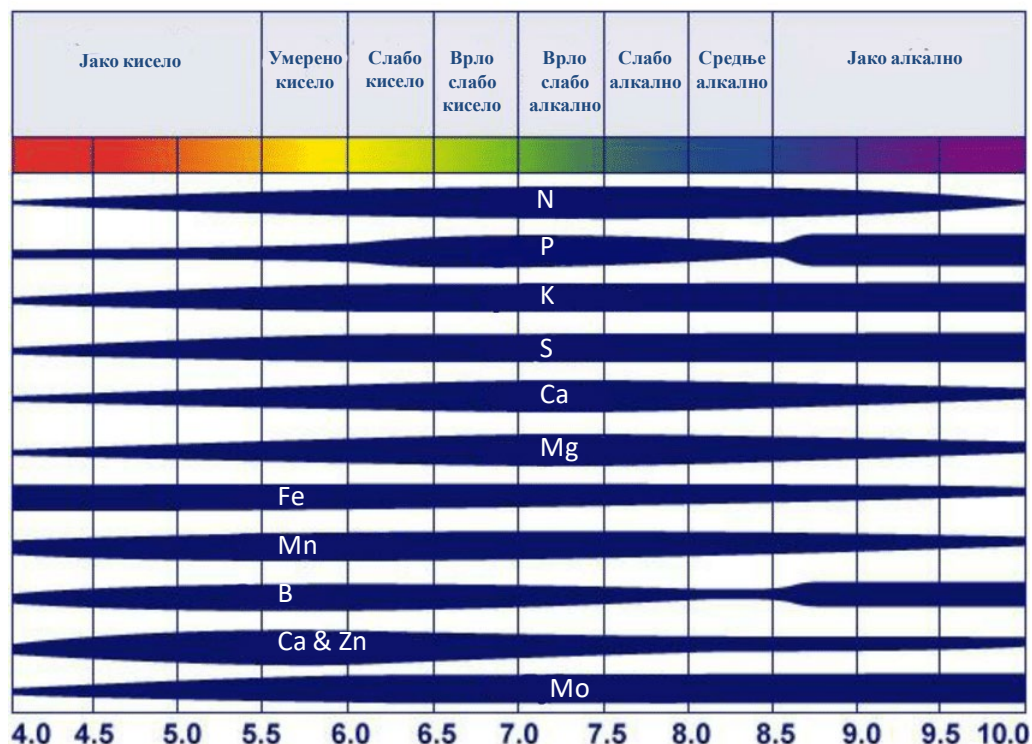
Органска ђубрива, попут стајњака, компоста и зеленишног ђубрења, имају кључну улогу у мелиоративном ђубрењу, јер побољшавају структуру земљишта, повећавају садржај хумуса и активирају корисну микробиолошку флору. Ова ђубрива се уносе у дубље слојеве земљишта обрадом пре подизања засада, чиме се омогућава њихова постепена минерализација и дуготрајно ослобађање хранљивих материја.

Азот се не користи у овом процесу због високе покретљивости нитратног јона у земљишном профилу, што може довести до његовог испирања у дубље слојеве земљишта, изван зоне кореновог система.

Правилно изведено мелиоративно ђубрење представља основу успешне производње у воћарству и виноградарству, јер доприноси здрављу биљака и унапређује квалитет и принос плодова у наредним годинама.

4.2.1. Калцификација

Калцификација земљишта је агротехничка мера која се примењује у циљу неутрализације киселости земљишта и побољшања његових физичко-хемијских особина. Кисела земљишта ограничавају раст и развој биљака, јер смањују доступност хранљивих елемената, посебно фосфора, калцијума и магнезијума, док истовремено повећавају концентрацију микроелемената и токсичних елемената, као што је алуминијум (Слика 8). Применом калцификације повећава се рН вредност земљишта, побољшава његова структура, активира микробиолошка активност и омогућава боља апсорпција хранљивих материја.



Слика 8. Утицај рН вредности земљишта на приступачност хранљивих елемената.

Већина корисних микроорганизама најбоље функционише у неутралним до благо киселим условима (рН 6-7). Екстремно кисела или алкална земљишта могу инхибирати њихову активност и негативно утицати на процесе разградње органске материје и минерализације. У киселим земљиштима (рН < 5,5), може доћи до токсичности алуминијума и мангана, док у алкалним земљиштима (рН > 7,5), може доћи до недостатка фосфора, гвожђа, цинка и других микроелемената.

Јабучасте, коштичаве, језграсте воћне врсте и виногради најбоље успевају на слабо киселим до неутралним земљиштима. Са друге стране, јагодастим воћним врстама (посебно боровници) највише одговарају слабо до умерено кисела земљишта.

рН вредност земљишта може се мерити лабораторијским анализама или помоћу преносивих рН метара и рН тест тракама. Редовна контрола рН вредности је важна за правилно управљање плодношћу земљишта и оптимизацију услова за раст биљака. У зависности од рН вредности, земљишта су подељена у пет класа (Табела 4).

Табела 4. Класификација земљишта према хемијској реакцији (по Thun-у) (Белић и сар., 2014).

Вредности рН у суспензији земљишта са KCl	Класа земљишта
<4,5	Јако кисело
4,51-5,50	Кисело
5,51-6,50	Слабо кисело
6,51-7,20	Неутрално
7,21-8,20	Слабо алкално
> 8,20	Алкално

Један од кључних корака приликом припреме земљишта за подизање воћњака или винограда је одређивање рН вредности. Уколико анализа земљишта покаже да је рН вредност испод оптималног нивоа за гајење одређене воћне врсте, неопходно је

извршити калцификацију. Калцификација подразумева додавање кречних материјала у земљиште, као што су кречњак, доломит или гашени креч, с циљем повећања рН вредности земљишта. Углавном се калцификација препоручује на земљиштима са рН вредношћу испод 5,5 (у H_2O). Количина кречних материјала која се додаје зависи од степена киселости, типа земљишта и захтева воћне врсте. Калцификација се обично изводи у јесен или рано пролеће, пре основне обраде земљишта. Ово омогућава довољно времена за реакцију кречних материјала са земљиштем пре почетка вегетације. У неким случајевима, може се примењивати и током вегетације, али са пажљивим дозирањем како би се избегло оштећење биљака. Калцификација је кључна агротехничка мера за одржавање плодности и продуктивности земљишта, посебно у регионима са киселим земљиштима. Редовна примена ове мере доприноси стабилним приносима и здрављу биљака.

За процену потребне количине креча за калцификацију киселих земљишта, користи се неколико метода које укључују пуферну способност земљишта, тип земљишта, текстуру земљишта, садржај органске материје, ативну, супстититуциону и хидролитичку киселост земљишта. Одређивање хидролитичке киселости спада међу најважније хемијске анализе бескарбонатних и киселих земљишта. Информације о величини хидролитичке киселости пружају увид у степен ацидификације адсорптивног комплекса земљишта. Овај податак се користи првенствено за прорачунавање капацитета адсорпције катјона (Т) и степена засићености земљишта адсорбованим базним катјонима (V%). На основу хидролитичке киселости, израчунава се потребна количина кречног средства за калцификацију земљишта. Укупна хидролитичка киселост (Н), изражава се еквивалентима милимола водоника (Н) у 100g земљишта (meq/100 g) и даје нам информације о потреби за применом калцификације према релацији:

- Н <4 meq/100 g земљишта, калцификација није потребна.
- Н од 4 до 8 meq/100 g земљишта, калцификација је факултативна
- Н >8 meq/100 g земљишта, калцификација је обавезна.

На основу вредности хидролитичке киселости, израчунава се потребна количина кречног средства за калцификацију земљишта. Сваком милиеквиваленту хидролитичке киселости по 100 g земљишта, одговара 50 mg калцијум-карбоната ($CaCO_3$), или 28 mg калцијум-оксида (CaO) или 37 mg калцијум-хидроксида ($Ca(OH)_2$).

Када се израчуна потребна количина неког кречног средства за неутрализацију киселости у 100 g земљишта, може се помоћу пропорције израчунати укупна количина одговарајућег средстава за 1 ha и слој земљишта одређене дубине (Белић и сар., 2014). За потребе калцификације најчешће се користе нека од кречних средстава наведених у Табели 5.

Табела 5. Неоргански оплемењивачи за подизање рН вредности земљишта.

Назив средства	Хемијски састав	Садржај СаО (%)	Карактеристике	Напомене
Кречњак (CaCO_3)	Калцијум-карбонат	50-56	Најчешће коришћено средство за подизање рН, споро се раствара и дугорочно делује.	Погодан за већину киселих земљишта; прецизна доза зависи од анализе земљишта.
Доломит ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$)	Калцијум-магнезијум-карбонат	30-35	Поред калцијума обезбеђује и магнезијум; побољшава структуру киселих земљишта.	Идеалан за земљишта са недостатком магнезијума.
Негашени креч (CaO)	Калцијум-оксид	90-95	Брзо делује и ефикасно подиже рН, али захтева пажљиво руковање.	Може изазвати иритацију; препоручује се за брзу корекцију киселости.
Хидратисани креч ($\text{Ca}(\text{OH})_2$)	Калцијум-хидроксид	65-75	Брзо доступан калцијум, ефикасан у подизању рН.	Користити с опрезом због могућег алкалног шока за биљке.
Сатурациони муљ	Калцијум-карбонат + органска материја	25-35	Нуспроизвод шећерана; побољшава рН и садржи органску материју.	Ефикасан за кисела земљишта; економичан у близини шећерана.

Кречна средства се углавном примењују у јесен, како би имали довољно времена да се креч раствори и делује пре наредне вегетације. Примењују се равномерним растурањем по површини, а затим уношењем у земљиште (орањем/тањирањем) на дубину од 20-30 см. У зависности од почетне рН вредности земљишта, типа земљишта и воћне врсте, оквирне дозе кречних средстава се крећу од 1 до 5 тона по хектару.

4.2.2. Примена органских ђубрива пре подизања засада

4.2.2.1. Значај примене органских ђубрива за плодност земљишта

Примена органских ђубрива има значајан утицај на повећање садржаја хумуса у земљишту. Органска ђубрива, као што су стајњак, компост и зеленишно ђубриво, обогаћују земљиште органском материјом која се разлаже и формира хумус. Овај процес доноси бројне предности за плодност и квалитет земљишта.

Органска материја у земљишту (хумус) сматра се показатељем плодности земљишта и кључним елементом одрживости и стабилности биосфере. Хумус је од суштинског значаја за плодност земљишта, јер утиче на његова хемијска, физичка и биолошка својства.

Редовна употреба органских ђубрива, заједно са одговарајућим агротехничким мерама, може дугорочно одржавати и повећавати садржај хумуса у земљишту, што је од кључног значаја за одрживу пољопривреду.

4.2.2.2. Опште карактеристике органских ђубрива

Органска ђубрива су разноврсна група материјала животињског и/или биљног порекла, који садрже хранљиве елементе у облику комплексних органских молекула. Ови елементи се током процеса минерализације претварају у неорганске облике доступне биљкама. Органска ђубрива имају знатно нижу концентрацију хранљивих елемената у поређењу са синтетичким минералним ђубривима. За разлику од минералних ђубрива, где су хранљиви елементи одмах доступни биљкама, код органских ђубрива је потребно више времена да елементи постану приступачни, јер минерализација зависи од активности земљишних микроорганизама и других фактора.

Заједничка карактеристика свих органских ђубрива је присуство угљеника у органском облику, што им даје посебну вредност у односу на минерална ђубрива. Коришћењем минералних ђубрива, концентрација хранљивих елемената у земљишту се повећава пропорционално примењеној количини, што олакшава исхрану биљака и повећава приносе. С друге стране, примена органских ђубрива уноси органски угљеник у земљиште, што позитивно утиче на физичка, хемијска и биолошка својства земљишта.

Органска ђубрива животињског порекла могу садржати штетне материје попут антибиотика, хормона, остатака пестицида, тешких метала и различитих патогених микроорганизама. Како би се избегла контаминација пољопривредних производа, у органској производњи постоје законски прописи који регулишу врсту и количину органских ђубрива, као и временски период између њихове примене и жетве или бербе (EC Regulation 1804/1999). Такође, због заштите животне средине, како би се избегло штетно испирање нитрата у подземне воде, прописане су максималне количине азота по хектару које се могу унети у облику различитих органских ђубрива, као и начин чувања одређених органских ђубрива (Council Directive 91/676/EEC, 1991).

4.2.2.3. Најзначајнија органска ђубрива и њихова примена

Стајњак

Стајњак представља једно од најзначајнијих органских ђубрива које се вековима користи у пољопривреди како би се побољшала плодност земљишта и обезбедила адекватна исхрана биљака. Он настаје као мешавина измета домаћих животиња, као што су говеда, коњи, овце, свиње и живина, са простирком која може бити од сламе, пиљевине или тресета. Процес његовог распадања, који укључује деловање микроорганизама, доводи до стварања хумусних једињења која су од кључне важности за одржавање структуре и плодности земљишта.

Основна предност стајњака огледа се у томе што он снабдева земљиште неопходним макроелементима попут азота, фосфора и калијума, као и микроелементима као што су гвожђе, цинк, бакар и манган. Поред тога, богат је органском материјом која доприноси стварању хумуса, што земљишту даје бољу структуру, већу способност задржавања влаге и повећава његову аерацију. Уношењем стајњака у земљиште стимулише се активност корисних микроорганизама који доприносе процесу минерализације органских материја, чиме се хранљиви елементи постепено ослобађају и постају доступни биљкама током целе вегетације.

Квалитет и састав стајњака зависе од врсте животиња од којих потиче, услова у којима је чуван и начина његове примене (Табела 6).

Табела 6. Просечан садржај макроелемената у различитим врстама стајњака.

Елемент*	Врста стајњака				
	Говеђи	Пилећи	Свињски	Коњски	Овчији
Вода (%)	75-85	60-80	80-90	70-80	65-75
Органска материја (%)	20-30	20-40	15-25	20-30	25-35
N (%)	0,50-1,5	1,5-3,5	0,3-0,5	0,50-1,50	2,0-4,0
P (%)	0,2-0,5	0,5-1,50	0,3-0,6	0,30-0,60	0,30-0,60
K (%)	0,5-1,0	0,5-1,0	0,4-0,6	0,40-0,70	0,40-1,0
Ca (%)	1,0-2,5	1,5-3,0	0,5-1,0	0,8-1,5	1,0-2,0
Mg (%)	0,2-0,5	0,3-0,5	0,1-0,2	0,3-0,6	0,2-0,4
S (%)	0,2-0,4	0,2-0,4	0,1-0,2	0,2-0,4	0,2-0,4
Fe (%)	0,1-0,2	0,1-0,2	0,05-0,1	0,1-0,2	0,1-0,2
Zn (mg kg ⁻¹)	50-200	100-300	50-150	100-200	50-150
Cu (mg kg ⁻¹)	10-30	30-60	20-50	20-40	10-30
Mn (mg kg ⁻¹)	100-200	200-400	100-200	100-200	100-200
B (mg kg ⁻¹)	10-20	20-40	10-20	10-20	10-20
pH	6,5-8,0	6,5-7,5	7,0-8,5	6,5-8,0	6,5-8,5

* Садржај хранљивих елемената изражен је у масеним процентима у односу на суву масу стајњака.

**Извор: Tognetti et al., 2007; Bernal et al., 2009; Epstein, 1997; Tchobanoglous et al., 1993.

За разлику од минералних ђубрива, у којима су хранљиве материје одмах након примене приступачне биљкама, и могу довести до испирања хранива у дубље слојеве земљишта, стајњак има дуготрајно дејство јер се хранљиви елементи из њега постепено ослобађају. Ово обезбеђује стабилније услове за раст и развој биљака, што је нарочито важно код воћака, винове лозе и других вишегодишњих култура.

У зависности од степена разлагања, стајњак се може користити као свеж, полужгорео или потпуно згорео (компостиран). Свеж стајњак има врло хетероген састав и може садржати различите патогене микроорганизме и паразите, као што су *Escherichia coli*, *Salmonella enterica* или *Salmonella typhimurium*, микотоксини и сл. Употреба свежег стајњака повећава ризик од контаминације плодова, посебно код култура где плодови долазе у контакт са земљом, као што су јагоде. Да би се смањио ризик од примене стајњака који садржи патогене микроорганизме, неопходно је да прође одређено време између примене стајњака и бербе.

Најбоље је користити згорео стајњак, јер је стабилнији, садржи мање непожељних супстанци и смањен је ризик од преноса семена корова и патогена. Најчешће се примењује у јесењој обради земљишта, када има довољно времена да се хранива разложе и постану доступна биљкама у наредној вегетационој сезони.

Стајњак као органско ђубриво има значајну улогу у одрживој пољопривреди, јер не само што доприноси бољој исхрани биљака, већ и побољшава биолошку активност земљишта и доприноси очувању животне средине. Његова правилна употреба може у великој мери смањити потребу за синтетичким минералним ђубривима, чиме се смањује ризик од загађења подземних вода и деградације земљишта.

Компост

Компост је висококвалитетно органско ђубриво које се добија контролисаним процесом распадања органске материје под дејством микроорганизама. У пољопривреди, а нарочито у вишегодишњим засадама као што су воћњаци и виногради, компост се све више користи због свог позитивног утицаја на плодност земљишта, побољшање структуре и одрживост производње.

Процес компостирања подразумева аеробно разлагање органске материје, при чему се биљни и животињски остаци, као што су биљни отпад, лишће, слама, стајњак, остаци хране и друге биоразградиве материје, претварају у стабилно хумусно ђубриво.

Једна од најзначајнијих предности компоста је његов позитиван утицај на хемијска и физичка својства земљишта. Он побољшава капацитет земљишта за задржавање влаге, што је од великог значаја за вишегодишње засаде, нарочито у сушним климатским условима. Компост такође повећава аерацију земљишта, чиме се олакшава развој кореновог система, што директно утиче на бољу апсорпцију хранљивих елемената.

Поред тога, компост је богат макро и микроелементима који су неопходни за раст и развој биљака. Азот, фосфор и калијум су присутни у органском облику, што значи да се постепено ослобађају и смањују ризик од испирања хранљивих материја у дубље слојеве земљишта. У зависности од порекла органског материјала, хемијски састав компоста се може значајно разликовати (Табела 7).

Табела 7. Хемијски састав различитих врста компоста.

Садржај*	Врста компоста					
	баштенски отпад	кухињски отпад	стајско ђубриво	канализациони муљ	комунални отпад	биогазно постројење
ОМ (%)	30-60	30-50	20-40	25-45	20-35	60-65
N (%)	0,5-1,5	1,5-2,5	1,0-3,0	1,5-3,5	0,5-1,5	1,6-2,0
P (%)	0,2-0,6	0,3-1,0	0,5-1,5	0,6-2,0	0,3-0,7	0,3-0,7
K (%)	0,5-1,5	0,5-1,0	0,5-2,5	0,5-1,5	0,5-1,5	0,5-1,2
Ca (%)	1,0-2,5	1,0-2,5	2,0-5,0	2,0-5,0	1,0-3,0	0,7-1,2
Mg (%)	0,3-0,6	0,2-0,5	0,3-1,0	0,3-1,0	0,2-0,5	0,4-0,8
S (%)	0,2-0,5	0,2-0,5	0,3-1,0	0,5-1,5	0,2-0,5	-
Fe (mg kg ⁻¹)	0.1-0.3	0,1-0,3	0,2-0,6	0,5-1,5	0,2-0,5	0,05-0,3
Zn (mg kg ⁻¹)	50-200	50-300	100-500	200-1000	100-500	120-500
Cu (mg kg ⁻¹)	10-50	10-100	20-100	100-400	20-100	20-100
Mn (mg kg ⁻¹)	100-400	100-400	200-800	300-1000	100-500	90-280
B (mg kg ⁻¹)	10-50	10-50	20-60	20-80	10-50	-
pH	6,5-8,0	5,5-7,5	6,5-8,0	6,0-8,0	7,0-8,5	8,50

* Садржај хранљивих елемената изражен је у масеним процентима у односу на суву масу ђубрива.

Извор: Tognetti et al., 2007; Bernal et al., 2009; Epstein, 1997; Tchobanoglous et al., 1993; Ковачевић, 2022; Манојловић и сар., 2022.

Примена компоста у вишегодишњим засадима има дугорочне ефекте на одрживост пољопривредне производње. Осим што смањује потребу за минералним ђубривима и тиме умањује трошкове производње, компост доприноси очувању животне средине смањујући емисију угљен-диоксида и других гасова стаклене баште. На тај начин, употреба компоста није само економски исплатива, већ и еколошки одржива пракса, која доприноси здравијем и плоднијем земљишту у дугом временском периоду. Услед значајног смањења сточног фонда и све мање стајњака, може се претпоставити да ће компост вероватно играти све важнију улогу у одржавању и повећању плодности земљишта у будућности.

Зеленишна ђубрива

Зеленишно ђубрење је агротехничка мера која укључује гајење специфичних биљака које се након одређеног периода заоравају у земљиште ради обогаћивања земљишта хранљивим материјама и побољшања његових физичких, хемијских и биолошких особина. Ове биљке се називају зеленишно ђубриво, а заоравају се у земљиште када достигну одређени степен развоја, обично пре фазе цветања.

Зеленишно ђубрење пре подизања воћњака је користан поступак који побољшава плодност земљишта и припрема га за садњу. Ово укључује коришћење одређених врста биљака које могу побољшати структуру земљишта, повећати садржај органских материја и обогатити земљиште неопходним хранљивим материјама.

Биљке коришћене за зеленишно ђубрење имају дубок коренов систем који помаже у растресању сабијеног земљишта, побољшавајући његову структуру и аерацију. На тај начин се побољшава капацитет задржавања воде у земљишту.

Многе биљке које се користе за зеленишно ђубрење, попут легуминоза, имају способност фиксирања атмосферског азота, чиме обогаћују земљиште овим важним

хранљивим елементом. Количина азота коју легуминозе фиксирају по хектару може значајно варирати у зависности од врсте биљке, услова гајења и агрономских пракси. Ипак, могу се дати приближне процене за неке од најчешћих легуминоза: луцерка (*Medicago sativa*) 150-200 kgN/ha; детелина (*Trifolium spp.*) 75-150 kgN/ha; грашак (*Pisum sativum*) 40-80 kgN/ha; сточни грашак (*Pisum sativum ssp. arvense* L) 60-70 kgN/ha; соја (*Glycine max*) 50-150 kgN/ha.

За потребе ђубрења земљишта пре подизања вишегодишњег засада могу се сејати озими или јари усеви. Озимо зеленишно ђубриво сеје се обично у јесен и заорава следећег пролећа. За јесењу сетву погодни су озима грахорица или грашак у смеши са овсем или ражи, као и озима уљана репица.

Јари усеви који се користе за зеленишно ђубриво заузимају земљиште током пролећа и лета. То су углавном легуминозе које се гаје ради повећања количине азота у земљишту и побољшања физичких, хемијских и микробиолошких особина земљишта. Могу се гајити током целе летње сезоне. Поред легуминоза, ово зеленишно ђубриво може укључивати и купусњаче и фацелију.

Зеленишно ђубриво се може користити у комбинацији са осталим органским или минералним ђубривима. Добра пракса је сетва легуминоза са циљем обогаћивања земљишта азотом, уз додатак другог органског материјала, као што је стајњак, или минералник РК ђубрива, као извор фосфора и калијума, који би се применили непосредно пре заоравања зеленишног ђубрива.

Пелетирана органска и органо-минерална ђубрива

Поред многобројних предности које органска ђубрива имају у односу на минерална, постоје и негативне стране примене органских ђубрива. Као што је већ речено, хранљиви елементи из органских ђубрива нису одмах приступачни гајеним биљкама, већ је њихова приступачност условљена пре свега процесом минерализације, као и бројним другим факторима. Такође, садржај хранљивих елемената у органским ђубривима може значајно варирати у зависности од услова чувања, временских услова којима су ђубрива изложена, врсте полазног материјала или врсте животиња од којих ђубрива настају, што може представљати проблем приликом одређивања дозе ђубрења. У односу на минерална, органска ђубрива имају значајно нижи садржај хранљивих елемената па самим тим и више трошкове транспорта по јединици активне материје. Нека органска ђубрива, као што су стајњак и компост, могу да садрже семе коровских биљака, што доводи до ширења корова по ђубреним парцелама.

Процесом пелетирања органских ђубрива, смањује се њихова запремина (и до 7 пута), смањује се садржај влаге (са 40-50% на 10%) чиме се повећава специфична маса и значајно смањују трошкови транспорта и складиштења ђубрива. Пелетирана органска ђубрива могу се паковати у вреће, складиштити и растурати по парцелама као и минерална NPK ђубрива. Процесом пелетирањем органских ђубрива значајно се елеминише највећи део негативних особина органских ђубрива (Табела 8).

Табела 8. Упоредни преглед основних карактеристика пелетираних и органских ђубрива у расутом стању.

Органска ђубрива у расутом стању	Пелетирана органска ђубрива
Ниска концентрација хранљивих елемената (N, P, K).	Процесом пелетирања значајно се повећава садржај хранљивих елемената по јединици запремине
Садржај хранљивих елемената може бити врло различит чак и унутар исте врсте ђубрива	Мешањем различитих сировина пре процеса пелетирања могуће је произвести органско ђубриво са уједначеним хемијских саставом.
У зависности од начина чувања могу садржати велику количину воде (до 70%) што значајно поскупљује трошкове транспорта.	Процесом пелетирања истовремено се врши и дехидратација, тако да пелетирана органска ђубрива садрже до 15 % влаге.
Високи трошкови транспорта по јединици активне материје због мале насипне густине, па је примена често ограничена на подручје њихове производње.	Процесом пелетирања врши се дехидратација и сабијање органског материјала, чиме се повећава насипна густина, тако да се значајно смањују трошкови транспорта.
Могу садржати штетне материје као што су различити патогени микроорганизми и семе коровских биљака, што доводи до ширења корова по ђубреним парцелама.	Процесом пелетирања, приликом дехидратације и сабијања, стајњак се излаже температурама изнад 100 степени чиме се уједно врши и пастеризација (стерилизација). Високе температуре такође неповољно утичу на клијавост семена коровских врста.

Пелетирана органска и органо-минерална ђубрива су модерна агротехничка решења која комбинују предности органских и минералних ђубрива, у облику који је лак за примену и складиштење. Састављена су од природних органских материјала као што су компост, стајњак, биљни остаци и други органски отпад, као и синтетичких/минералних NPK ђубрива. На тај начин обезбеђују брзо доступне минералне облике и споро ослобађајуће органске облике хранљивих елемената, чиме се обезбеђују краткорочне и дугорочне потребе биљака за хранљивим елементима. Комбинација органских и минералних компоненти обезбеђује балансирану исхрану и дугорочне предности за структуру и микробиолошку активност земљишта.

4.2.2.4. Време и начин примене органских ђубрива

Време и начин примене органских ђубрива могу значајно утицати на њихову ефикасност. У зависности од тога да ли се органска ђубрива примењују пре заснивања засада или током плодношења, разликује се време и начин примене ђубрива. Уколико се органска ђубрива примењују пре заснивања засада, онда је уобичајени начин примене да се непосредно пре припреме земљишта за садњу (орање, подривање, риголовање и др.) ђубриво равномерно распореди по парцели. Најчешће се за овај начин примене користе посебно конструисане приколице за разбацивање стајњака, али се могу користити и за примену других органских ђубрива (Слика 9).



Слика 9. Приколица за растурање стајњака по парцели (<https://artsway.com>).

Такође, уколико се не располаже довољном количином органских ђубрива, практикује се примена у траке ширине 2-3 m, које се пружају у правцу редова будућег засада. Код засада који се подижу на мањим површинама могућа је примена органских ђубрива у јаме приликом садње. Ово је ефикасан начин да се обезбеди добар почетак за ново засађене биљке, који осигурава да биљке добију потребне хранљиве материје у критичним фазама раста и развоја. За овај начин примене користи се искључиво добро разграђен/згорео компост, стајњак или друга врста органског ђубрива. Органско ђубриво се меша са земљом која је ископана из јаме. Препоручена пропорција је око 20-30% органског ђубрива и 70-80% земље. На овај начин обезбеђује се равномерна дистрибуција хранљивих материја и побољшава структуру земљишта.

Изношење и растурање органских ђубрива треба изводити по облачном и хладном времену, како би се избегли гасовити губици азота.

Количине органског ђубрива које треба применити пре подизања вишегодишњег засада могу варирати у зависности од плодности земљишта, воћне врсте која се сади и квалитета органског ђубрива. Основни параметри плодности који се узимају у обзир приликом одређивања дозе примене су садржај хумуса, лакоприступачног фосфора и калијума. Уобичајене дозе примене стајњака су 30-40 t/ha, дигестата 30-40 t/ha, компоста 20-30 t/ha и пелетираних ђубрива 1-2 t/ha. Наведене количине се могу

смањити или повећати, у зависности од тога како је земљиште обезбеђено хумусом, лакоприступачним фосфором и калијумом.

Уколико се органска ђубрива примењују у већ подигнутим засадима, уобичајено време примене је у јесен или рано у пролеће, приликом основне обраде земљишта којим се органска ђубрива уносе у зону кореновог система.

4.2.3. Примена фосфорних и калијумових ђубрива пре подизања засада

Примена фосфорних и калијумових ђубрива пре подизања нових засада је кључна за обезбеђивање плодности земљишта и како би се младим воћкама створили оптимални услови за развој. Ова ђубрива се примењују у основној обради земљишта, како би се осигурала њихова доступност кореновом систему младих биљака.

Азотна ђубрива се обично не примењују у припреми земљишта, због потенцијалних губитака азота и неефикасности у задовољавању потреба биљака. Најбоља пракса је применити азотна ђубрива у фазама које одговарају вегетационом циклусу биљака, обезбеђујући доступност азота када је најпотребнији и минимизирајући губитке. Са друге стране, фосфор и калијум имају неупоредиво мању мобилност (покретљивост) у земљишту, па их је приликом примене потребно унети на одговарајућу дубину у зону кореновог система.

Ђубрење фосфором и калијумом има за циљ да се земљишту поправи плодност, односно да се садржај лакоприступачног фосфора и калијума доведе до оптималног нивоа за исхрану воћки првих неколико година, док ће се касније са редовном прихраном засада надокнађивати потребне количине хранива.

Количине примене фосфора и калијума пре подизања засада одређују се на основу њиховог садржаја у земљишту. У Табели 9 приказане су оквирне дозе фосфора и калијума у зависности од њиховог садржаја у земљишту и механичког састава земљишта.

Табела 9. Оквирне дозе фосфора и калијума које треба применити пре подизања засада у зависности од њиховог садржаја у земљишту (Убавић и сар., 1990).

Ниво обезбеђеност и земљишта	Садржај приступачног фосфора (P_2O_5) и калијума (K_2O) у земљишту		Количина фосфора и калијума коју треба унети (kg/ha)			
			P_2O_5	K_2O		
	mg P_2O_5 /100g	mg K_2O /100g		лака земљишта	средње тешка земљишта	тешка земљишта
Низак	4-8	7-15	300-400	400-500	500-600	600-700
Средњи	8-12	15-20	150-200	200-250	250-350	350-500
Оптималан	12-16	20-30	-	-	-	-
Висок	16-20	30-35	-	-	-	-
Врло висок	20-30	35-45	-	-	-	-

Код земљишта која су оптимално обезбеђена фосфором и калијумом, или се одликују високим садржајем ова два елемента, није потребно изводити ђубрење како не би дошло до антагонизма са неким другим елементима (Ca, Mg, Zn и др.) и њиховог физиолошког недостатка.

За ђубрење фосфором и калијумом пре подизања засада најчешће се користе појединачна фосфорна и калијумова ђубрива приказана у Табели 10.

Табела 10. Фосфорна и калијумова ђубрива која се користе за ђубрење приликом подизања засада.

Ђубриво	Хемијска формула	Садржај N-P ₂ O ₅ -K ₂ O (%)	Физиолошка реакција (pH вредност)
Троструки суперфосфат	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ x H ₂ O	0-46-0	слабо кисела до неутрална
Моноамонијум-фосфат (МАП)	(NH ₄)H ₂ PO ₄	11-52-0	кисела
Диамонијум-фосфат (ДАП)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	18-46-0	алкална
Монокалијум-фосфат (МКП)	KH ₂ PO ₄	0-52-34	слабо кисела
Калијум-сулфат	K ₂ SO ₄	0-0-50	слабо кисело до неутрална
Калијум-нитрат	KNO ₃	13-0-46	слабо алкална
Калијум-хлорид	KCl	0-0-60	слабо кисело до неутрално

Поред појединачних фосфорних и калијумових ђубрива, пре подизања засада могу се користити и мешана и/или комплексна двојна РК и тројна NPK минерална ђубрива. Уколико се користе NPK, примењују се формулације које садрже већу количину фосфора и калијума, а малу азота, као што су формулације 8:16:24, 10:20:30, 7:20:28, 6:15:30, 15:30:15 и др.

Због мале покретљивости фосфора и калијума у земљишту, ђубрива не треба примењивати по површини. Треба их унети у зону кореновог система, што се постиже заоравањем на одговарајућу дубину, након равномерног растурања по парцели расипачем ђубрива (Слика 10).



Слика 10. Расипач минералног ђубрива (<https://agrostandard.plus>).

Уколико се из неког разлога не планира орање приликом припреме земљишта за садњу, фосфорна и калијумова ђубрива треба унети у земљиште депозиторима минералних ђубрива (Слика 11).



Слика 11. Депозитор (улагач) минералних ђубрива.

Примена минералних фосфорних и калијумових ђубрива углавном се комбинује са применом органских ђубрива и зеленишног ђубрива, односно заоравају се у земљиште истовремено.

Правилно ђубрење пре подизања засада може значајно допринети здрављу и продуктивности воћњака и винограда, осигуравајући оптималне услове за дуготрајан и стабилан принос.

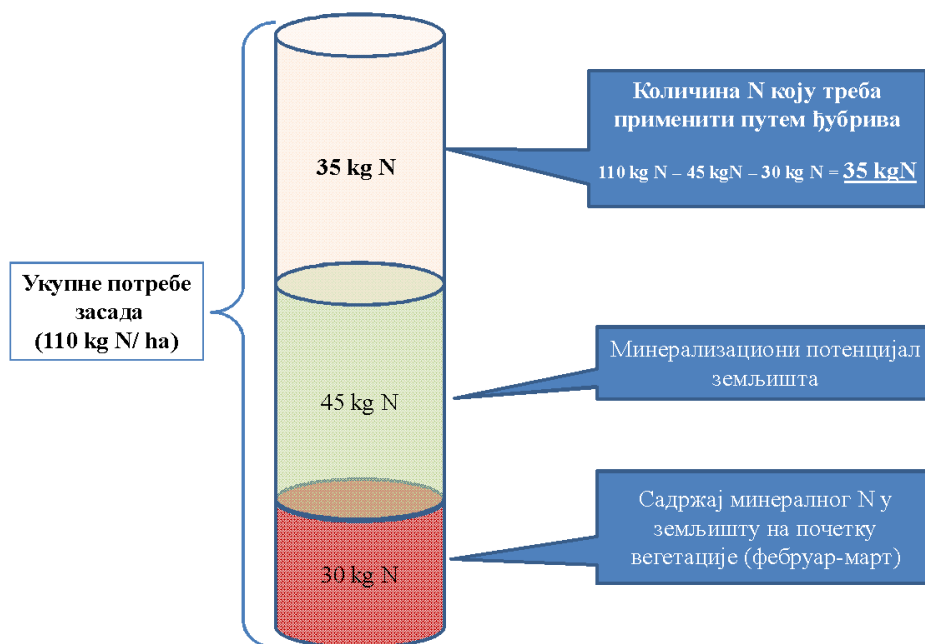
4.3 РЕДОВНО ЋУБРЕЊЕ ЗАСАДА У РОДУ (ВРЕМЕ, НАЧИН И ДОЗЕ ПРИМЕНЕ ЋУБРИВА)

4.3.1. Редовно ћубрење макроелементима (азот, фосфор и калијум)

4.3.1.1. Ћубрење азотом

Приликом одређивања програма за ћубрење азотом, потребно је узети у обзир однос између потражње и снабдевања биљака азотом. Постоје три извора снабдевања азотом код вишегодишњих биљака. Први извор је азот који долази из резерви у стаблу које су се акумулирале током претходне вегетационе сезоне. Овај азот је лако доступан, и биљке га користе за почетни раст стабла почетком пролећа. Други извор је азот који долази из земљишта природним процесом минерализације. Овај процес може обезбедити значајну количину азота за стабла која расту на земљиштима са високим садржајем органске материје. Трећи извор је азот из ћубрива, било да се примењује преко земљишта или фолијарно (преко листа).

Код вишегодишњих засада, највећа потражња за азотом је током раног периода вегетације када је раст младара и плодова интензиван и захтева велике количине азота. Током вегетације, снабдевање биљака азотом треба постепено смањивати како би се обезбедио висок квалитет плодова и сазревање летораста пре зиме. Прекомерне количине азота, нарочито у другом делу вегетације могу имати негативан утицај на квалитет плода и припрему биљака за период мировања. Управљање ћубрењем азотом у воћњацима и виноградима своди се на усклађивање снабдевања азотом са потребама биљака на начин који је еколошки прихватљив. Из тога произилази да се количина азота која ће се применити током вегетације у неком засаду одређује на основу укупних потреба биљака са једне стране, и различитих извора азота са друге стране (Слика 12).



Слика 12. Извори обезбеђивања потреба биљака у азоту (шематски пример).

Садржај минералног азота у земљишту на почетку вегетације зависи од више фактора, као што су ђубрење азотом претходне године, садржај органске материје земљишта, количина падавина и температуре током јесени и зиме, микробиолошке активности земљишта и др. У нашим агроеколошким условима садржај минералног азота може значајно варирати између година, и може се кретати у интервалу од 20 до 150 kg N/ha, у слоју земљишта 0-90 cm. колико ће минералног азота бити у земљишту на почетку вегетације у највећој мери зависи од количине и распореда падавина. У годинама са већом количином кише, нарочито у пролећним и јесењим месецима, долази до интензивног испирања нитрата (NO_3^-) у дубље слојеве земљишта, чиме се смањује њихова концентрација у зони корена. Насупрот томе, сушне године ограничавају овај процес, што резултира већом концентрацијом минералног азота у површинском слоју. Поред падавина, температура такође игра важну улогу. Топлије зиме и пролећа убрзавају минерализацију органске материје, повећавајући доступност амонијум-азота (NH_4^+) и нитратног облика азота у земљишту. Насупрот томе, хладније године успоравају овај процес и смањују расположиви азот за усеве. Агротехничке мере као што су ђубрење, обрада земљишта и примена покровних усева додатно утичу на расподелу и концентрацију минералног азота.

Постоји више метода којима се може измерити садржај минералног азота у земљишту. У нашој земљи се углавном користи N-мин метода, која подразумева узорковање земљишта из три слоја до дубине од 90 cm и одређивање амонијачног ($\text{NH}_4\text{-N}$) и нитратног азота ($\text{NO}_3\text{-N}$), рано у пролеће (фебруар-март).

Минерализациони потенцијал земљишта представља способност земљишта да трансформише органски азот (из органске материје земљишта-хумуса) у минералне облике азота, који су приступачни биљкама. Минерализацију органске материје земљишта врше земљишни микроорганизми, чија активност зависи од великог броја фактора као што су:

- Садржај органске материје
 - Виши садржај органске материје у земљишту обезбеђује већи извор азота за минерализацију. Квалитет органске материје (нпр. однос угљеника и азота, C/N однос) такође игра важну улогу, јер се органска материја са ужим C/N односом брже се минерализују.
- Климатски услови
 - Више температуре повећавају микробиолошку активност и убрзавају процес минерализације.
 - Оптимална влажност земљишта је неопходна за микробиолошку активност. Превише суво или превише влажно земљиште може смањити активност микроорганизама и тиме успорити минерализацију.
- pH земљишта
 - Оптимална pH земљишта за већину микроорганизама који учествују у минерализацији је између 6 и 7. Екстремно кисела или алкална земљишта могу инхибирати микробиолошку активност.
- Текстура и структура земљишта
 - Земљишта тежег механичког састава (глиновита земљишта) имају већу способност задржавања органске материје и влаге, а самим тим и већи минерализациони потенцијал у односу на лакша-песковита земљишта.
 - Добро структурирано земљиште омогућава добар водно-ваздушни режим, што погодује микробиолошкој активности.
- Пољопривредне праксе

- Обрада земљишта (међуредна и у реду) може повећати аерацију земљишта, што побољшава микробиолошку активност и минерализацију.
- Примена органских и минералних ђубрива може обезбедити додатне изворе азота за микроорганизме и подстаћи минерализацију.
- Гајење легуминоза и покровних усева у међуредном простору може обогатити земљиште органском материјом и повећати минерализациони потенцијал.
- Присуство инхибиторних супстанци
 - Пестициди и тешки метали: Присуство хемикалија које инхибирају микробиолошку активност може смањити минерализациони потенцијал земљишта.

Као што се може видети из наведеног, минерализациони потенцијал није лако проценити јер зависи од фактора који се не могу предвидети (температуре и падавине током вегетације). Ипак, постоје методе на основу којих се донекле може проценити колико минералног азота можемо очекивати услед минерализације органске материје земљишта. Један од начина за процену минерализационог потенцијала земљишта је да се пође од чињенице да се годишње минерализује 0,20% – 3% органске материје земљишта-хумуса (у зависности од услова), а да хумус садржи око 5% органског азота. Уколико би узели парцелу где је тип земљишта чернозем који садржи 3,20% хумуса, површине 1 ha и запреминске масе површинског слоја (0-30 cm³) од $\rho = 1,13 \text{ g cm}^{-3}$, минерализациони потенцијал би се израчунао на следећи начин:

- ✓ Израчунавање масе слоја земљишта (0-30 cm) и површине 1 ha:
 - $10\,000 \text{ m} \times 0,3 \text{ m} = 3\,000 \text{ m}^3 \times 1,13 \text{ g cm}^{-3} = 3\,390\,000 \text{ kg ha}^{-1}$
- ✓ Израчунавање масе хумуса у слоју земљишта (0-30 cm) и површине 1 ha:
 - $3\,390\,000 \text{ kg ha}^{-1} \times 3,20\% / 100\% = 108\,480 \text{ kg хумуса ha}^{-1}$
- ✓ Израчунавање масе хумуса који ће се минерализовати (1%):
 - $108\,480 \text{ kg хумуса ha}^{-1} \times 1/100 = 1\,084 \text{ kg ha}^{-1}$
- ✓ Израчунавање годишње минерализације азота (5%):
 - $1\,084 \text{ kg N ha}^{-1} \times 5,0/100 = \mathbf{54,24 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ годишње}}$

Укупна количина азота коју треба применити представља разлику између укупних потреба воћака са једне стране и садржаја минералног азота и минерализационог потенцијала земљишта са друге стране (Слика 12).

Укупне потребе за азотом код вишегодишњих засада значајно се разликују између младих засада и засада у периоду плодоношења. У табели 11 приказане су оријентационе количине азота које треба применити код младих засада у периоду пре почетка плодоношења.

Табела 11. Оријентационе количине азота које треба применити код младих засада у периоду пре пуног плодоношења (Убавић и сар., 1990).

Воћна врста	kg N ha ⁻¹ годишње
Јабучасто воће	30-50
Коштичаво воће	30-60
Јагодасто воће	20-40
Језграсто воће	30-60
Винова лоза	20-40

Уколико је приликом припреме земљишта пре подизања засада извршено ђубрење органским ђубривима, углавном није потребно примењивати ђубрива у првој години након садње.

Код засада у пуном плодоношењу, приликом одређивања доза примене азотних ђубрива полази се од потребе засада које се одређују на основу процењеног (очекиваног) приноса. У односу на ратарске културе, приносом вишегодишњих засада износе се релативно мале количине азота (Табела 12).

Табела 12. Изношење азота приносом различитих воћних врста и винове лозе.

Воћна врста	Висина приноса (kg)	Изнета количина азота (kg N/ha)	Извор
Јабука	10 000	3,5-7,0	Weinbaum et al., 1992; Gvozdenović, 1998
Крушка	10 000	5,5-8,5	Weinbaum et al., 1992; Pejkić, 1996
Шљива	10 000	14-18	Weinbaum et al., 1992
Кајсија	10 000	15-20	Weinbaum et al., 1992
Бресква	10 000	10-15	Weinbaum et al., 1992
Трешња	10 000	13,5-16,0	Weinbaum et al., 1992
Вишња	10 000	16	Weinbaum et al., 1992
Малина	1 000	1,70	Strik & Bryla, 2015
Купина	1 000	1,45	Strik & Bryla, 2015
Боровница	1 000	0,70-1,0	Strik & Bryla, 2015
Јагода	1 000	2,0-3,0	Hancock, 1999
Орах	1 000	12-18	Weinbaum et al., 1992; DeJong et al., 2015
Лешник	1 000	7,5-11	Roversi & Ughini, 2005
Винова лоза	1 000	1,90-2,10	Wermelinger & Koblet, 1990

Садржај азота који се налази у приносу свакако не представља укупно потребу засада за азотом. Највећи део од укупно усвојене количине азота у току године налази се у листовима (40-50%), док азот који се налази у плодовима представља свега 15-30 % од укупних потреба засада у азоту (Табела 13).

Табела 13. Расподела азота у различитим органима вишегодишњих засада (Tan et al., 2021; Bottoms et al., 2013; Weinbaum et al., 1994).

Орган вишегодишњих засада	Проценат од укупно количине азота у тренутку бербе (%)
Коренов систем	10-20
Стабло	5-10
Гране/ластари	10-15
Лишће	40-50
Плод	15-30

*Вредности у табели не односе се на јагоду. Код јагоде се 4-10% азота налази у корену, 5-10% у круни, 40-50% у листу и 40-60 % у плоду (Tagliavini et al., 2004).

Уколико се посматра биланс азота на парцели, онда само азот који се налази у плоду/приносу и евентуално азот који се налази у орезаним гранама (уколико се односе са парцеле) представљају трајни губитак азота. Азот који се налази у листу, и који представља највећи део усвојеног азота у току године, у јесен доспева у земљиште и остаје на працели. Међутим, врло је тешко проценити у којој мери ће азот из опалог лишћа бити приступачан биљкама у наредим годинама. Вишегодишњи засади користе азот који је складиштен у корену, деблу и гранама за почетни пораст листова и летораста у пролеће. То значи да уколико је засад био добро обезбеђен азотом претходне године, имаће мање потребе у азоту у текућој вегетацији. Из наведених разлога може се видети да није једноставно прецизно утврдити тачне потребе вишегодишњег засада у азоту. Изнете количине азота приносом представљају почетне податке на основу којих се могу направити оквирне процене у потреби појединих воћних врста за азотом у зависности од висине приноса, и узимајући у обзир да се приносом изнесе 15-30 % од укупно количине азота која се налази у свим органима воћке у тренутку бербе. У Табели 14 налазе се оквирне потребе различитих воћних врста за азотом које треба узети у обзир приликом одређивања дозе ђубрења.

Табела 14. Оквирне потребе засада различитих воћних врста у азоту у зависности од воћне врсте и висине очекиваног приноса.

Воћна врста	Висина приноса (t/ha)	Потреба у азоту (kg N/ha)	Извор:
Јабучасте воћне врсте			
Јабука	45-50	100-120	Neilsen & Neilsen, 2003
	40-50	40-60	Cheng & Raba, 2009
	40-50	70-110	Marschner, 2012
Крушка	30-40	60-90	Weinbaum et al., 1992
	30-40	55-85	Carranca et al., 2018
Дуња	20-30	45-65	Marschner, 2012
Коштитаче воћне врсте			
Шљива	20-25	50-75	Marschner, 2012
	15-20	45-70	Weinbaum et al., 1992
	10-15	55-75	Rutkowski et al., 2008.
	10-15	45-65	Marschner, 2012
Јагодасте воћне врсте			
Јагода	20-30	100-150	Tagliavini et al., 2005
	20-30	90-140	Hochmuth & Hartz, 1996
Малина	8-12	50-70	Strik & Bryla 2015
	10-15	65-85	Rempel & Strik, 2004
Купина	10-15	50-70	Strik, 2012
	8-12	45-65	Clark, 2005
Боровница	6-15	50-70	Bryla & Strik, 2015
	5-10	30-50	Pritts et al., 1992
Језграсте воћне врсте			
Орах	2-3	30-60	Weinbaum at al., 1991
Лешник	2-3	45-70	Roversi & Ughini, 2006
	1-2	30-50	Olsen, 2001
Винова лоза			
Винова лоза	10-15	80-130	Wermelinger & Koblet, 1990

Приликом одређивања дозе, поред укупних потреба засада и садржаја минералног азота у земљишту, треба узети у обзир бујност и оптерећеност засада родом. Такође, фолијарна анализа, односно анализа хранљивих материја присутних у листовима, је кључни алат за одређивање обезбеђености биљака хранљивим елементима и треба га користити за оптимизацију ђубрења азотом.

За ђубрење воћњака и винограда азотом користе се појединачна азотна ђубрива и/или комплексна NPK ђубрива у којима се азот налази у амонијачном, нитратном и амидном облику. Избор врсте азотног ђубрива за ђубрење воћњака зависи од неколико кључних фактора који укључују физичко-хемијска својства земљишта, специфичне потребе биљака, климатске услове, економске аспекте и начина примене ђубрива. На земљиштима киселе реакције, примена физиолошки киселих ђубрива може довести до дотатног закишељавања земљишта, што може имати негативне последице на усвајање осталих хранљивих елемената и пораст засада. Такође, на алкалним земљиштима, примена алкалних ђубрива може довести до повећања рН вредности и смањене приступачности неких хранљивих елемената. Већина вишегодишњих засада подједнако усваја оба облика азота (амонијачни и нитратни), али постоје и изузеци као што је боровница, која због специфичних услова гајења и грађе кореновог система преферира амонијачни азот у односу на нитратни. Нитратни облик азота је негативно

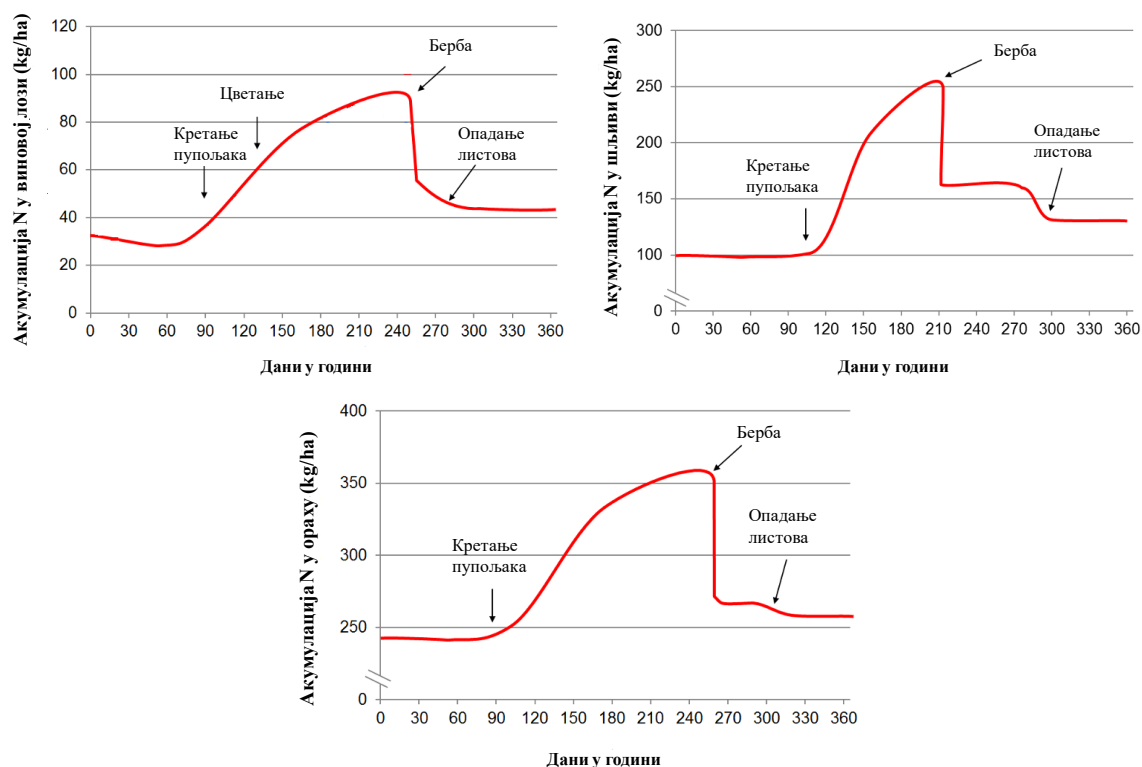
наелектрисан и не везује се за апсорпциони комплекс земљишта (глину и органску материју), па је самим тим далеко подложнији испирању у односу на амонијачни облик. Губици нитратног азота могу бити значајни посебно на лаким, песковитим земљиштима, као и у условима веће количине падавина или норме заливања. Иако су сва азотна ђубрива растворљива у води и могу се примењивати на различите начине (преко земљишта, фолијарно и фертигацијом), приликом избора врсте азотног ђубрива треба водити рачуна о рН вредности воденог раствора, компатибилности са другим ђубривима и пестицидима, степена растворљивости и др. У Табели 15 приказане су основне карактеристике азотних ђубрива која се могу користити за ђубрење вишегодишњих засада.

Табела 15. Основне карактеристике азотних ђубрива.

Ђубриво	Хемијска формула	% N	Растворљивост (g/100 ml)	Физиолошка реакција	рН 1% раствора
Амонијум-нитрат	NH_4NO_3	34	192	Кисела	5,5
Уреа	$\text{CO}(\text{NH}_2)_2$	46	108	Неутрална/ благо алкална	7,2
Амонијум-сулфат	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	21	70	Кисела	5,0
Калцијум-нитрат	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15,5	121	Слабо кисела	5,5 - 6,5
Натријум-нитрат	NaNO_3	16	88	Базна	6,0 - 8,0
Амонијум-фосфат	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$	11	43	Кисела	5,7
Уреа-амонијум-нитрат (УАН)	$\text{CH}_4\text{N}_2\text{O} + \text{NH}_4\text{NO}_3$	32	-	Слабо кисела	6,0-7,0
Калијум-нитрат	KNO_3	13	38	Неутрална	6,2 – 7,5
Калцијум-цијанамид	CaCN_2	20-22	0,02	Базна	11

Разлика између рН вредности раствора ђубрива и физиолошке реакције ђубрива односи се на два различита аспекта њиховог утицаја на животну средину и земљиште. рН вредност раствора ђубрива је мера киселости или базности самог раствора ђубрива у води. Када растворимо ђубриво у води (обично у концентрацији од 1%), рН вредност показује колико је раствор кисео или базан. Ова вредност зависи од хемијског састава ђубрива и може бити кисела, неутрална или базна. На пример, 1% раствор калијум-хлорида (KCl) има рН вредност између 6,5 и 7,5, што указује да је раствор неутралан или благо кисео. Физиолошка реакција ђубрива односи се на дугорочни ефекат који ђубриво има на рН вредност земљишта након примене. Ова реакција зависи од тога како ђубриво мења хемијске процесе у земљишту током времена. На пример, иако раствор калијум-хлорида може бити неутралан, његова примена у земљишту може довести до снижења рН вредности земљишта (киселе физиолошке реакције). То се дешава јер калијум-хлорид у земљишту ослобађа хлоридне јоне који могу изазвати повећање концентрације водоничних јона (H^+) у земљишту, чинећи га киселијим. Опште је правило да на киселим земљиштима предност треба давати ђубривима физиолошки неутралне или базне реакције, и обрнуто, на алкалним земљиштима треба примењивати ђубрива физиолошки киселе реакције.

Вишегодишњи засади имају потребе за азотом током целе вегетације, међутим количине азота које биљке усвајају током вегетације значајно се разликују на почетку, средини и крају вегетације. Из тог разлога, време примене азотних ђубрива треба ускладити са потребама засада током вегетације. У графикону 2 приказан је сезонски образац акумулације азота у биљкама винове лозе, шљиве и ораха.



Извор: Anderson et al., 2006; Weinbaum et al., 1994; Williams, 1991.

Графикон 2. Сезонски образац акумулације азота у биљкама винове лозе, шљиве и ораха током године.

Као што се може видети у графиконима, вишегодишњи засади најинтензивније усвајају азот на почетку вегетације, при чему се највећа акумулација азота достиже непосредно пред бербу.

У принципу, азотна ђубрива се могу примењивати у било које време када се током вегетације уоче симптоми недостатка, али најбољи резултати се постижу уколико се узима у обзир сезонски образац потребе стабла за азотом. Азот примењен почетком вегетације директно доприноси развоју листова на младарима и расту плодова у текућој сезони, док азот примењен у другом делу вегетације помаже у стварању залиха азота које се користе за развој листова, летораста, цветних пупољака и плодова наредне године. Међутим, у нашим агроеколошким условима примена азота у другом делу вегетације може изазвати продужени вегетативни раст, што може смањити отпорност биљака на мраз. Млади изданци који настану касно у сезони нису довољно сазрели и склонији су оштећењима од ниских температура.

Рана примена азота у периоду између кретања пупољака и прецветавања вероватно је најпрактичнији начин да се задовољи потреба засада за азотом. Ако се примењује више од 50 kg N/ha, препоручује се подељена примена, половина након кретања пупољака, а друга половина при опадању латица или убрзо након тога. Ако се азот обезбеђује путем фертиригације, примена треба да буде усмерена на период велике потражње, од цветања до краја интензивног пораста. Азотна ђубрива не треба примењивати током зимских месеци због велике покретљивости пре свега нитрата у профилу земљишта и могућег испирања изван зоне кореновог система, услед веће количине падавина.

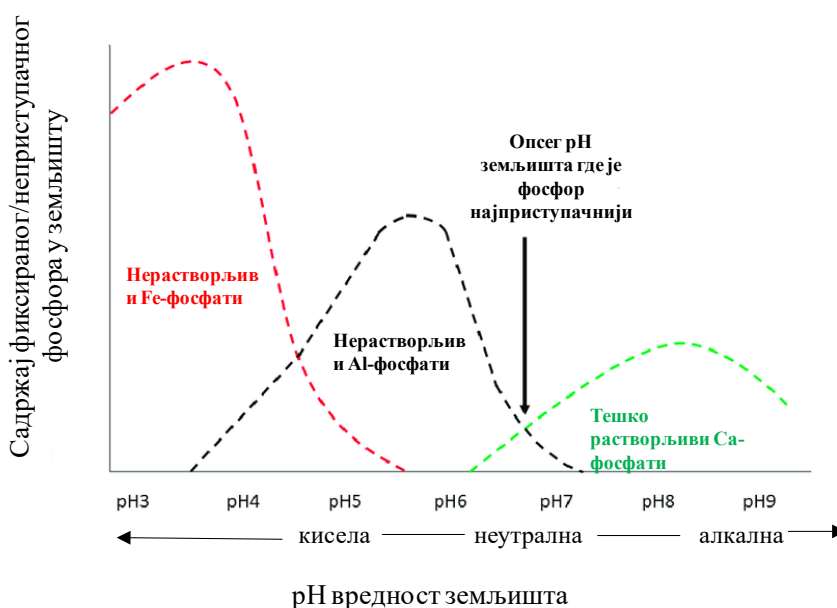
Готово сва азотна ђубрива су растворљива у води и могу се примењивати на различите начине. Најчешће се азотна ђубрива примењују равномерним растурањем по целој

површини парцеле (уколико се међуредни простор обрађује), примена у траке дуж реда засада, фертигацијом и фолијарном апликацијом.

Ако се посматра ефикасност апсорпције азота (однос између усвојеног азота од стране биљке и примењеног азота путем ђубрива), најефикаснији начин примене је путем фолијарне апликације. Међутим, количина азота коју листови могу апсорбовати путем фолијарне апликације је релативно мала у односу на укупне потребе биљака. Због тога би био потребан велики број третирања како би се задовољиле потребе биљака, што није економски оправдано. Са друге стране, фолијарна примена азотних ђубрива (пре свега урее) у другом делу вегетације може имати позитиван утицај на акумулацију азота у стаблима и корену, и често се практикује у савременим засадима. Ефикасност примене ђубрива путем фертиригације у односу на примену преко земљишта може варирати у зависности од различитих фактора као што су тип земљишта, врста биљака, климатски услови, и прецизност управљања системом фертиригације. Међутим, генерално се може рећи да је фертиригација ефикаснија за 20-50% у поређењу са традиционалним методама примене ђубрива преко земљишта (растурањем по целој површини земљишта или у траке).

4.3.1.2. Ђубрење фосфором

Дозе примене фосфорних ђубрива у вишегодишњим засадама одређују на основу садржаја приступачних облика фосфора у земљишту, са једне стране, и потреба засада са друге стране. То значи да је приликом одређивања дозе ђубрење, потребно узети у обзир све факторе од којих зависи садржај приступачних облика до фосфора у земљишту. Фосфор се у земљишту налази у органском и неорганском облику. Органски фосфор је део органске материје у земљишту и постаје приступачан биљкама кроз процес минерализације, током којег се органска материја разграђује. У неорганском облику присутан је у земљишном раствору (врло мале количине), адсорбован у адсорптивном комплексу земљишта, и у фосфорним једињењима различите растврљивости. Биљке усвајају фосфор у облику примарног и секундарног јона ортофосфорне киселине (H_2PO_4^- и HPO_4^{2-}). Концентрација приступачних облика фосфора зависи од неколико фактора. Један од најважнијих фактора је рН вредност земљишта. Оптимална рН за усвајање фосфора је између 6 и 7. У киселим земљиштима, са рН вредношћу испод 5,5, фосфор се везује за алуминијум и гвожђе, стварајући једињења која су тешко приступачна биљкама. У алкалним земљиштима, са рН вредношћу изнад 7,5, фосфор формира калцијум-фосфатна једињења која су такође тешко растврљива (Графикон 3).



Извор: Abou-Seeda et al., 2020.

Графикон 3. Приступачност фосфора у зависности од рН вредности земљишта.

Садржај органске материје у земљишту такође утиче на приступачност фосфора. Фосфор се може везивати за органску материју и ослобађати током процеса разградње, чиме се повећава његова приступачност биљкама. Земљишни микроорганизми такође играју значајну улогу у везивању фосфора. Они апсорбују фосфор и инкорпорирају га у своје тело, а након њихове смрти, фосфор постаје приступачан биљкама и другим микроорганизмима. Фосфор у земљишту брзо прелази из лако растврљивих у теже растврљиве облике, чиме постаје фиксиран и мање приступачан биљкама. Текстура земљишта је још један важан фактор. Тежа земљишта, попут глиновитих, имају већу способност везивања фосфора у

неприступачне облике, док лакша земљишта, попут песковитих, имају мањи капацитет за везивање фосфора, што може довести до његовог испирања.

Недостатак фосфора може се очекивати на киселим земљишта са ниским рН вредностима, где се фосфор везује за алуминијум и гвожђе, и алкална земљишта са високим рН вредностима, где се фосфор везује за калцијум. Песковита земљишта, са ниским капацитетом за задржавање хранљивих материја, могу такође имати недостатак фосфора због његовог испирања. Земљишта са ниским садржајем органске материје такође пате од недостатка фосфора, јер мање органске материје значи мање минерализације и ослобађања фосфора.

Приступачност фосфора за биљке може се повећати применом органских ђубрива која повећавају садржај органске материје, додавањем фосфорних ђубрива у облику који је приступачан биљкама и регулисањем рН вредности земљишта. Разумевање ових фактора може помоћи у оптимизацији приступачности фосфора и побољшању исхране биљака у различитим условима земљишта.

Покретљивост фосфора у земљишту је релативно ниска у поређењу са неким другим хранљивим елементима, попут азота. То значи да се фосфор не креће лако кроз земљиште и обично остаје близу места где је додат, било кроз природне процесе или путем ђубрива. Због слабе покретљивости фосфора, његова приступачност биљкама често зависи од тачне локације где је примењен. То је разлог зашто је локализована примена фосфатних ђубрива, као што је примена у траке или директно у зоне корена, често ефикаснија од широко распрострањеног расипања по површини земљишта.

Оптимална пракса исхране фосфором треба да укључује не само прецизно одређивање дозе примене фосфорних ђубрива, него и одржавање одговарајуће рН вредности земљишта (између 6 и 7) и примену органских ђубрива, у циљу побољшања структуре земљишта и микробиолошке активности. Ове праксе могу у великој мери повећати приступачност фосфора у земљишту, чиме се смањује потреба за применом фосфорних ђубрива и повећава њихова ефикасност.

Укупне потребе за фосфором код вишегодишњих засада значајно се разликују између младих засада и засада у периоду плодоношења. Уколико је извршено мелиоративно ђубрење органским и фосфорним ђубривима пре подизања засада, најчешће није потребно примењивати фосфорна ђубрива у првој години након садње. У табели 16 приказане су оријентационе количине фосфора које треба применити код младих засада у периоду пре почетка плодоношења, уколико није вршено мелиоративно ђубрење пре подизања засада.

Табела 16. Оријентационе количине фосфора које треба применити код младих засада у периоду пре пуног плодоношења (Убавић и сар., 1990).

Воћна врста	kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹ годишње
Јабучасто воће	15-30
Коштичаво воће	30-40
Јагодасто воће	35-45
Језграсто воће	30-40
Винова лоза	30-40

Фосфор игра важну улогу у енергетском метаболизму биљке (нпр. формирање АТП-а), али није потребан у великим количинама у ткивима плода. За разлику од азота, који је кључан за формирање протеина, аминокиселина и ензима, и калијума, који је неопходан за регулацију осмотског притиска и транспорта шећера, фосфор је више укључен у процесе раста кореновог система, цветања и развоја семена. Због тога се

приносом вишегодишњих засада износе релативно мале количине фосфора (Табела 17).

Табела 17. Изношење фосфора приносом различитих воћних врста и винове лозе.

Воћна врста	Висина приноса (kg)	Изнета кличина фосфора (kg P ₂ O ₅ /ha)	Извор
Јабука	10 000	2,0-3,0	Neilsen & Neilsen, 2003
Крушка	10 000	1,5-3,5	Saquet et al., 2019
Дуња	10 000	1,0-3,0	Hegedűs et al., 2013
Шљива	10 000	1,5-3,0	Scedei et al., 2024
Вишња	10 000	1,5-3,0	Paulo et al., 2017
Трешња	10 000	2,0-3,5	Sallato & Whiting, 2022.
Кајсија	10 000	1,5-3,0	Gergely et al., 2014
Бресква	10 000	1,5-3,0	Osman et al., 2014
Малина	1 000	0,20-0,40	Strik & Bryla, 2015
Купина	1 000	0,20-0,40	Strik & Bryla, 2015
Јагода	1 000	0,20-0,40	Čabilovski, 2015
Боровница	1 000	0,10-0,25	Souci et al., 2008
Орах	1 000	2,5-3,0	USDA, 2016
Лешник	1 000	2,5-3,5	USDA, 2016
Винова лоза	10 000	1,5-2,5	Piccin et al., 2017

Као што се може видети из Табеле 17, изношење фосфора приносом воћа и винове лозе је релативно мало, и значајно ниже у односу на изношење ратарским културама. Међутим, укупне потребе вишегодишњег засада представљају укупну количину фосфора који је усвојен у току једне године и акумулиран у свим органима. Према неким ауторима, од укупно усвојене количине фосфора у плоду/приносу се акумулира 20-25%, док се највећи део акумулира у листовима и корену (Tagliavini & Scandellari (2009); Neilsen & Neilsen (2002); Faust (1989)). На основу наведених вредности, могу се проценити укупне потребе засада фосфором (Табела 18). Укупне потребе засада у фосфору су само полазна основа приликом одређивања дозе примене фосфорних ђубрива. Доза примене фосфорних ђубрива се одређује на основу укупних потреба засада, садржаја лакоприступачних облика фосфора у земљишту и начина примене ђубрива.

Разврставање земљишта према садржају биљци доступног фосфора је од изузетне важности за правилну примену фосфорних ђубрива. Иако постоји више метода којима се може одредити садржај лакоприступачног фосфора у земљишту, у нашој земљи пракса у препорукама за ђубрење овим елементима ослања се на класификацију земљишта према тзв. *Al-методи* (Enger & Riehm, 1958). Оптимални нивои се не могу прецизно дефинисати једном бројком, јер зависе од многих фактора као што су механички састав земљишта, рН вредност, садржај СаСО₃, хумус, и друге хемијске и физичке особине земљишта, што се мора узети у обзир при тумачењу.

Циљ ђубрења фосфором балансном методом је постизање оптималне плодности земљишта, односно одржавање равнотеже између фосфора који се из земљишта износи приносом и фосфора који се у земљиште додаје кроз ђубриво. Балансни метод се заснива на идеји да биљка треба да добије онолико фосфора колико је потребно за њен раст и развој, али и да се спречи исцрпљивање резерви фосфора у земљишту. Балансним ђубрењем, овај изгубљени фосфор се надокнађује како би се одржао адекватан ниво у земљишту. Циљ је да се задржи оптималан ниво фосфора у земљишту, што омогућава стабилне приносе током дугог периода. Како би се достигао и одржао оптимални ниво лакоприступачног фосфора, земљишта код којих је садржај

испод оптималног нивоа ђубре се са већом количином фосфора од изнетих количина приносом, и обрнуто, земљишта у којима је садржај лакоприступачног фосфора изнад оптималног нивоа, ђубре се са мањом количином фосфора од изнете количине приносом.

Табела 18. Процењене вредности потребе засада различитих воћних врста и винове лозе у фосфору.

Воћна врста	Висина приноса (t/ha)	Потреба у фосфору (kg P ₂ O ₅ /ha)*
Јабучасте воћне врсте		
Јабука	40-50	40-60
Крушка	30-40	30-40
Дуња	20-30	20-30
Коштичаве воћне врсте		
Шљива	20-25	20-30
Кајсија	15-20	20-25
Вишња и трешња	10-15	15-20
Јагодасте воћне врсте		
Јагода	20-30	20-30
Малина	8-12	10-15
Купина	10-15	10-15
Боровница	6-15	8-10
Језграсте воћне врсте		
Орах	2-3	22-36
Лешник	2-3	25-40
Винова лоза		
Стоне сорте	10-15	20-30
Винске сорте	20-25	40-55

*Процењене вредности потребе у фосфору израчунате су на основу литературних вредности приказаних у Табели 17.

Имајући у виду све претходно наведено, потреба за ђубрењем фосфором у воћњацима и виноградима одређује се на основу података представљених у Табели 19.

Билансном методом ђубрења омогућава се прецизније одређивање потребне количине фосфорног ђубрива на основу анализа земљишта и очекиваног приноса, чиме се постиже већа ефикасност употребе ресурса и смањује се ризик од прекомерне употребе фосфорних ђубрива, што може довести до еколошких проблема.

Табела 19. Потреба за ђубрењем са фосфором у зависности од садржаја лакоприступачног фосфора у земљишту (Убавић и сар., 1990).

Оцена нивоа обезбеђености	Садржај лакоприступачног фосфора (mg P ₂ O ₅ /100g)	Потреба за ђубрењем земљишта фосфором	Коефицијенти којима треба помножити укупне потребе (УП) засада како би се добила доза примене (ДП) (kg P ₂ O ₅ /ha)
Врло низак	< 4	200 % од усвојене/изнете количине фосфора	УП x 2 = ДП
Низак	4-8	30-60% више од усвојене/изнете количине фосфора	УП x 1,30-1,60 = ДП
Средњи	8-12	10-30% више од усвојене изнете количине фосфора	УП x 1,10-1,30= ДП
Оптималан	12-16	Примењује се само изнета/усвојена количина фосфора	УП x 1,0= ДП
Висок	16-20	примењује се само 20-30% од изнете/усвојене количине	УП x 0,70-0,80= ДП
Врло висок	20-30	Изоставља се примена фосфорних ђубрива у периоду од 1-3 године	-

Приликом ђубрења фосфором треба водити рачуна о избору фосфорног ђубрива које ће се применити. Постоји више врста фосфорних ђубрива која се међусобно разликују по хемијском облику у садржају активне материје, растворљивошћу у води и физиолошкој реакцији ђубрива. У Табели 20 се налазе најзначајнија неорганска појединачна фосфорна ђубрива.

Табела 20. Неорганска фосфорна ђубрива.

Фосфорно ђубриво	Хемијска формула	Садржај активне материје (% P ₂ O ₅)	Растворљивост у води на 20° C	Физиолошка реакција
Обичан суперфосфат	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ ·H ₂ O	16-20	<200 g/l	неутрална до слабо кисела
Двоструки суперфосфат	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	35-42	<200 g/l	неутрална до слабо кисела
Троструки суперфосфат	Ca(H ₂ PO ₄) ₂	42-48	<200 g/l	неутрална
Моноамонијум фосфат (МАП)	NH ₄ H ₂ PO ₄	52	< 370 g/l	слабо кисела
Диамонијум фосфат (ДАП)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	48	<580 g/l	слабо алкална
Фосфоритно брашно	Ca ₃ (PO ₄) ₂	19-20	нерастворљиво	алкална
Фосфорна киселина (75%)	H ₃ PO ₄	54,3	потпуно раствољива	кисела
Термофосфат	Ca ₄ P ₂ O ₉	12-20	нерастворљиво	слабо алкална
Томасово брашно	Ca ₄ P ₂ O ₉	18	нерастворљиво	алкална
Монокалијум фосфат	KH ₂ PO ₄	52	230 g/l	неутрална

Поред појединачних фосфорних ђубрива, за ђубрење фосфором могу се користити и мешана и комплексна NP, PK и NPK ђубрива. Најчешћи облици фосфора у овим ђубривима су: монокалијум-фосфат (МКП) – KH₂PO₄; моноамонијум-фосфат (МАП) – NH₄H₂PO₄; диамонијум-фосфат (ДАП) - (NH₄)₂HPO₄ и суперфосфат (Ca(H₂PO₄)₂). Фосфор у овим облицима је растворљив у води, што омогућава његову брзу приступачност биљкама након примене ђубрива.

Вишегодишњи засади најинтензивније усвајају фосфор у одређеним фазама раста и у специфичним периодима вегетације. На почетку вегетације, око 60-70% фосфора потребног за почетне фазе раста може доћи из резерви у кореновом систему. Ове резерве су акумулиране током претходне вегетације и помажу у подршци иницијалног раста, пре него што биљка почне активно да усваја фосфор из земљишта. Како се температура земљишта повећава и корен почиње да активно усваја хранљиве материје, овај однос се може мењати, са све већим ослањањем на фосфор из земљишта. У овом периоду биљке интензивно усвајају фосфор који је потребан за формирање нових коренова, листова и младара. Током цветања, потребе за фосфором остају високе, јер је неопходан за развој цветних органа и процес оплодње. Фосфор је укључен у формирање семена и плодова, па је овај период критичан за усвајање. Током формирања плодова, фосфор се активно усмерава у плодове, где доприноси формирању семена и акумулацији хранљивих материја. У овој фази, фосфор је важан за унапређење квалитета плода, укључујући синтезу шећера и боје, али га засади требају у мањим количинама у односу на почетак вегетације. У касној вегетацији, непосредно пре опадања листова, фосфор се поново мобилише и складишти у корен, припремајући биљку за следећу сезону раста. Ово складиштење фосфора је важно за успешан почетак наредне вегетације. Генерално гледано, највеће потребе за фосфором у вишегодишњим засадама јављају се у раним фазама активног раста и током формирања плодова.. Одржавање адекватног нивоа фосфора у земљишту током ових кључних периода је од суштинске важности за оптималан раст и принос биљака. Из

наведеног произилази да највећи део фосфора треба применити касно у јесен или рано у пролеће, како би био на располагању биљкама на почетку вегетације.

Фосфор има веома ограничену мобилност у земљишту, обично у распону од 0,5 до 3 cm од места примене, у зависности од типа земљишта, pH, и других фактора. Због ове слабе мобилности, веома је важно применити фосфорна ђубрива што ближе кореновој зони биљака.

Најефикаснији начин примене фосфорних ђубрива је фертигацијом, која укључује примену водо-растворљивих фосфорних ђубрива кроз систем наводњавања. Овај метод омогућава да фосфор директно дође до кореновог система и да се равномерно распореди у зони корена. На основу доступних студија и литературе, примена фосфорних ђубрива путем фертигације може бити ефикаснија за 15-50% у поређењу са применом преко земљишта.

Уколико се засади не наводњавају, односно немају могућност фертигације, опције за примену фосфорних ђубрива су равномерно растурање по целој површини парцеле, или примене у траке дуж редова, непосредно пре обраде земљишта (орање, тањирање, култивирање), или примена депозиторима којима се ђубриво уноси у виду траке дуж реда на одређену дубину (Слика 10).

Најмање ефикасан начин примене фосфорних ђубрива у воћњацима је површинска примена без инкорпорације у земљиште. Како фосфор има врло ограничену мобилност у земљишту, ако се примени на површини, остаје ван домаћаја кореновог система, што значајно смањује његову приступачност биљкама.

Фолијарна примена фосфорних ђубрива у воћњацима и виноградима може бити врло корисна, нарочито у критичним фазама развоја као што су цветање и земање плодова. Обзиром да фосфор игра кључну улогу у фотосинтези, производњи енергије и синтези нуклеинских киселина, фолијарна примена може побољшати ове процесе, што чини биљке отпорнијим на стресне услове, као што су суша или екстремне температуре током летњих месеци. Фолијарна примена фосфорних ђубрива у воћњацима и виноградима је значајна и због своје способности да брзо исправи евентуалне недостатке фосфора у критичним фазама развоја. Ова метода је посебно корисна као допуна ђубрењу преко земљишта, јер може имати позитиван утицај на принос и квалитет плодова, као и побољшање отпорности биљака на стресне услове.

4.3.1.3. Ђубрење калијумом

Калијум је један од најважнијих хранљивих елемената у земљишту, неопходан за раст и развој биљака. У земљишту се калијум јавља у више различитих облика, а његова приступачност за биљке зависи од неколико фактора.

У земљишту се калијум налази у следећим облицима:

1. Калијум у примарним и секундарним минералима:

Овај облик калијума налази се унутар минералних структура земљишта, као што су фелдспати, лискуни (примарни минерали) и глинене минерали (каолинит, илит и монтморилонин). Калијум у овом облику је чврсто везан и практично недоступан за биљке. Разградња ових минерала је веома спор процес, који се одвија током дугог временског периода.

2. Фиксирани (интерламеларни) калијум:

Фиксирани калијум се налази у интерламеларним просторима глинене минерала. Овај облик калијума је делимично доступан биљкама, али се релативно споро ослобађа у земљишни раствор, чиме се његова приступачност временом повећава. Овај облик калијума стоји у извесној равнотежи са адсорбованим калијумом и под одређеним условима ови облици калијума прелазе један у други.

3. Адсорбовани (измењиви) калијум:

Овај облик калијума се налази на површини адсорптивног комплекса земљишта (глинене минерали и органска материја), где је везан физичко-хемијским силама на површини колоидних честица. Измењиви калијум је лако доступан биљкама, јер може бити брзо ослобођен у земљишни раствор и апсорбован кореновим системом. Може се рећи да овај облик калијума представља основни извор калијума за биљке. Из тог разлога, садржај овог облика калијума представља довољан критеријум за одређивање потребе ђубрења и доза примене калијумових ђубрива.

4. Калијум у земљишном раствору:

Овај облик калијума се налази у земљишном раствору и директно је доступан за усвајање од стране биљака. Међутим, концентрација калијума у раствору земљишта је обично веома ниска у поређењу са осталим облицима, што значи да биљке зависе од континуираног ослобађања калијума из измењивих и фиксних облика.

Слично као и у случају ђубрења фосфором, дозе примене калијумових ђубрива у вишегодишњим засадама одређују се на основу садржаја приступачних облика калијума у земљишту (адсорбовани калијум и калијум у земљишном раствору) са једне стране, и потреба засада са друге стране. Приликом одређивања дозе ђубрења потребно узети у обзир све факторе од којих зависи садржај приступачних облика калијума у земљишту. На првом месту, садржај приступачног калијума зависи од типа земљишта. Различити типови земљишта имају различит капацитет за задржавање и ослобађање калијума, што директно утиче на то колико ће овај елемент бити доступан биљкама у току вегетационог периода. Главни фактори који одређују утицај типа земљишта на приступачност калијума су минерални састав земљишта, садржај органске материје, текстура земљишта, и капацитет адсорпције (размене) катјона (СЕС, cation exchange capacity). Глиновита земљишта имају високу способност задржавања калијума у фиксираним и разменљивим облицима. Ова земљишта могу дугорочно обезбеђивати калијум биљкама, али је приступачност фиксног калијума релативно спора. Са друге стране, песковита земљишта, која су углавном састављена од кварца и других инертних минерала, имају ниску способност задржавања калијума.

Калијум у оваквим земљиштима је лако испирати због ниског капацитета адсорпције катјона, што значи да се брзо губи и постаје недоступан биљкама. Органска материја у земљишту доприноси повећању капацитета адсорпције катјона (СЕС), што побољшава способност земљишта да задржава и размењује калијум. Земљишта са високим садржајем органске материје имају већу приступачност калијума, јер органска материја има способност да привлачи и задржава јоне калијума на својој површини. Разградњом органске материје, калијум се ослобађа и постаје доступан биљкама. Текстура земљишта, односно однос песка, праха и глине, утиче на капацитет задржавања воде и хранљивих материја, укључујући калијум. Глиновита земљишта имају финију текстуру и већи капацитет задржавања калијума, док песковита земљишта са грубљом текстуром имају мању способност задржавања.

Разумевање фактора који утичу на садржај и приступачност калијума у земљишту омогућава прецизније планирање ђубрења и одржавање оптималне исхране биљака калијумом.

Први корак приликом одређивања дозе ђубрења калијумом је хемијска анализа земљишта и одређивање садржаја лакоприступачног калијума у земљишту. Као и у случају ђубрења фосфором, дозе калијумових ђубрива одређују се на основу укупно изнетих количина калијума са парцеле са једне стране, и садржај лакоприступачног калијума у земљишту одређеног AL методом, са друге стране (Табела 21)

Табела 21. Потреба за ђубрењем са калијумом у зависности од садржаја лакоприступачног калијума у земљишту (Убавић и сар., 1990).

Оцена нивоа обезбеђености	Садржај калијума (mg AL-K ₂ O/100g)	Потреба за ђубрењем земљишта калијумом	Коефицијенти којима треба помножити укупне потребе (УП) засада како би се добила доза примене (ДП) (kg K ₂ O/ha)
Врло низак	< 7	100 % од усвојене/изнете количине калијума	УП x (1) = ДП
Низак	7-15	70-90% од усвојене/изнете количине калијума	УП x (0,70-0,90) = ДП
Средњи	15-20	50-70% од усвојене/изнете количине калијума	УП x (0,50-0,70)= ДП
Оптималан	20-30	40-50% од изнета/усвојена количина калијума	УП x (0,40-0,50)= ДП
Висок	30-35	20-40% од изнете/усвојене количине	УП x (0,20-0,40)= ДП
Врло висок	35-45	Изоставља се примена калијумових ђубрива у периоду од 1-3 године	-

Као што се из Табеле 21 може видети, само у случају да је земљиште врло слабо обезбеђено калијумом, примењује се путем ђубрива целокупна количина која је изнета са парцеле приносом и другим органима воћа. При свим осталим нивоима обезбеђености земљишта калијумом, примењује се мање калијума путем ђубрива него што се односи калијума са парцеле. Разлог за то лежи у чињеници да у земљишту

постоји велика резерва калијума који се налази у кристалној решетки примарних и секундарних минерала. Иако калијум у овом облику није доступан биљкама, распадањем ових минерала током дужег временског периода ослобађа одређене количине калијума које прелазе у фиксирани, а затим и адсорбовани облик калијума. Због тога можемо рачунати да ће одређена количина калијума приступачног за биљке настати природним путем, односно распадањем минерала земљишта који садрже калијум, те није потребно ђубривима враћати целокупно изнету количину калијума. У периоду пре плодоношења, засади воћа и винове лозе пролазе кроз фазу интензивног вегетативног раста, током које формирају коренов систем, стабла, гране и листове. Иако су азот и фосфор често кључни за подстицање раста и развоја биљака у овој фази, калијум такође игра важну улогу у одржавању здравља биљака и припреми за будућу фазу плодоношења. Правилно управљање исхраном калијумом у овој фази омогућава биљкама да постигну оптималан раст и да буду добро припремљене за каснију производњу плодова. Уколико је извршено ђубрење пре подизања засада калијумовим ђубривима, обично у првој години након садње није потребно примењивати калијумова ђубрива. Убавић и сар. (1990) наводе да је у периоду пре плодоношења потребно применити 50-70 kg K₂O /ha код јабучастих воћних врста, 60-70 kg K₂O/ha код коштичавих, 60-80 kg K₂O/ha код јагодастих и 60-70 kg K₂O /ha код винове лозе.

Расподела калијума у различитим органима воћњака и винограда одражава улогу коју овај елемент има у различитим физиолошким процесима биљака. Плодови и листови обично садрже највећи део калијума, јер је овај елемент неопходан за процесе као што су фотосинтеза, регулација водног баланса и акумулација шећера, што директно утиче на принос и квалитет рода. Стабла, гране и коренови садрже мање калијума, али су и даље важни за складиштење и транспорт хранљивих материја у биљци. У односу на азот и фосфор, вишегодишњи засади приносима износе и до 10 пута више калијума (Табела 22).

Табела 22. Изношење калијума приносом различитих воћних врста и винове лозе.

Воћна врста	Висина приноса (kg)	Изнета количина калијума (kg K ₂ O/ha)	Извор
Јабука	10 000	18-24	Neilsen & Neilsen., 2003
Крушка	10 000	20-25	Marschner, 2012
Дуња	10 000	22-25	Hegedűs et al., 2013
Шљива	10 000	15-30	Milošević & Milošević, 2012
Вишња	10 000	22-25	Wills et al., 2007
Трешња	10 000	22-25	Wills et al., 2007
Кајсија	10 000	25-30	Ruiz & Egea, 2008
Бресква	10 000	19-20	Barreto et al., 2022
Малина	1 000	1,50-1,60	Adamczuk et al., 2023
Купина	1 000	1,70-1,80	Vulić, 2019
Јагода	1 000	1,10-1,60	Čabilovski, 2015
Боровница	1 000	0,70-0,90	Souci et al., 2008
Орах	1 000	4,10-4,70	USDA, 2016
Лешник	1 000	6,2-6,8	USDA, 2016
Винова лоза	10 000	18-21	Mpelasoka et al., 2003

Као што се може видети из Табеле 22, изношење калијума приносом воћа и винове лозе је значајно више у односу на изношење азота и фосфора. Укупне потребе вишегодишњег засада представљају укупну количину калијума који је усвојен у току

једне године и акумулиран у свим органима. Од укупно усвојене количине калијума у плоду/приносу се акумулира највећи део, око 50% (Scandellari at al. (2010); Strik & Bryla (2015)). На основу наведених вредности, могу се проценити укупне потребе засада за калијумом, при одређеној висини приноса (Табела 23).

Табела 23. Процењене вредности потребе засада различитих воћних врста и винове лозе у калијуму.

Воћна врста	Висина приноса (t/ha)	Потреба у калијуму (kg K ₂ O/ha)*
Јабучасте воћне врсте		
Јабука	40-50	160-210
Крушка	30-40	130-180
Дуња	20-30	90-140
Коштичаве воћне врсте		
Шљива	20-25	90-120
Кајсија	15-20	80-110
Вишња и трешња	10-15	50-70
Јагодасте воћне врсте		
Јагода	20-30	54-81
Малина	8-12	30-40
Купина	10-15	35-55
Боровница	6-15	10-25
Језграсте воћне врсте		
Орах	2-3	20- 30
Лешник	2-3	30-40
Винова лоза		
Стоне сорте	10-15	40-60
Винске сорте	20-25	80-100

*Процењене вредности потребе у калијуму израчунате су на основу литературних вредности приказаних у Табели 22.

Процењене вредности за укупне потребе калијума наведене у Табели 23 представљају само полазну основу приликом одређивања доза примене калијумових ђубрива. Поред укупних потреба засада и садржаја приступачних облика калијума у земљишту (Табела 21), приликом одређивања дозе калијума која ће се применити путем ђубрива, обавезно треба узети у обзир и начин и време примене калијумових ђубрива као и остала физичко –хемијска својства земљишта која могу утицати на усвајање калијума, као што су рН вредност и садржај калцијум-карбоната. У киселим земљиштима, због високе концентрације јона алуминијума (Al³⁺) и водоника (H⁺), може доћи до отежаног усвајања калијума, иако је садржај калијума на оптималном нивоу. У том случају, потребно је увећати дозе примене калијумових ђубрива (за 20-30%). Са друге стране, честа је ситуација да се појаве симптоми недостатка калијума у земљиштима код којих је садржај лакоприступачног калијума на оптималном или високом нивоу, али се земљиште истовремено одликује и врло високим садржај калцијум-карбоната (CaCO₃). Високе концентрације калцијума могу смањити апсорпцију калијума у кореновим ћелијама због антагонистичког ефекта. Калцијум може ометати транспорт калијума кроз мембране коренових ћелија, што доводи до смањеног уноса калијума у биљке. У земљиштима са ниским садржајем CaCO₃ (<5%), калијум је углавном приступачан и нема значајних ограничења у његовој мобилности. Ђубрење калијумом може се вршити на основу уобичајених препорука на бази садржаја у земљишту

(Табела 21) и потреба биљака (Табела 23), без потребе за значајним корекцијама у дозама.

Код средње карбонатних зељмишта (5-10% CaCO_3), висока концентрација калцијума може смањити апсорпцију калијума због антагонистичког ефекта. Калцијум може ометати транспорт калијума кроз мембране коренових ћелија, што доводи до смањеног уноса калијума у биљке. У овом случају, дозе калијумових ђубрива требало би повећати за 20-30% у односу на стандардне препоруке. У земљиштима са високим садржајем калцијум-карбоната (>10% CaCO_3), калцијум доминира у апсорпционом комплексу земљишта, што значајно смањује приступачност калијума. У оваквим условима, потребно је применити веће дозе калијумових ђубрива за 30-40% у односу на стандардне препоруке, и/или примењивати калијум путем фертигације и фолијарне апликације, јер су ова два начина примене доста ефикаснија у односу на класичну примену преко земљишта.

Постоји више врста калијумових ђубрива која се међусобно разликују по хемијском облику у садржају активне материје. Међутим, оно што је заједничко за калијумова ђубрива је да су сва растворљива у води и могу се примењивати на различите начине. У Табели 24 се налазе најзначајнија неорганска калијумова ђубрива.

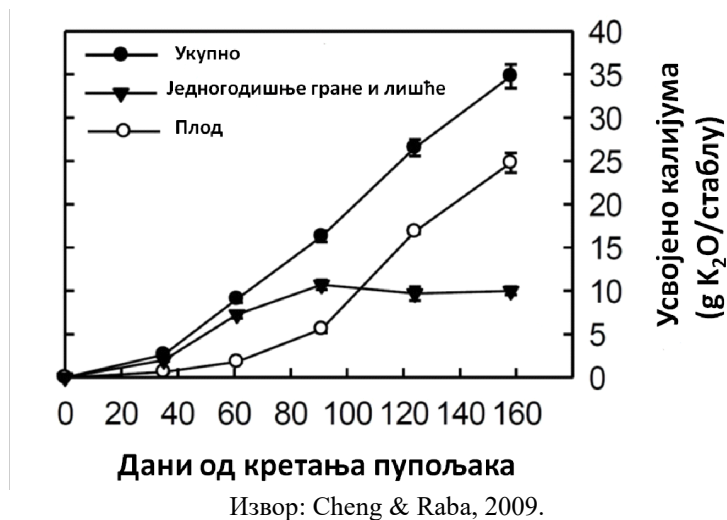
Табела 24. Основне карактеристике калијумових ђубрива.

Калијумово ђубриво	Хемисјка формула	Садржај активне материје (% K_2O)	Растворљивост у води на 20° C (g/l)	pH 1% раствора	Физиолошка реакција
Калијум хлорид	KCl	60-62	340	6,5-7,5	кисела
Калијум сулфат	K_2SO_4	50-52	110	4,0-5,5	неутрална/кисела
Калијум нитрат	KNO_3	44-46	316	5,5-7,5	неутрална
Калијум фосфат	KH_2PO_4	56-58	230	4,0-5,0	кисела
Калијум магнезијум сулфат	$\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot \text{MgSO}_4$	12-22	250	5,0-6,0	неутрална/кисела

Калијум-хлорид је најчешће коришћено калијумово ђубриво због своје високе концентрације калијума и релативно ниске цене. Примењује се обично као основно ђубриво у јесен или рано пролеће. Ово ђубриво садржи хлор, што може бити проблематично за биљке осетљиве на хлор (нпр. винова лоза, јабуке, брескве). У таквим случајевима, калијум-сулфат (K_2SO_4) или калијум-нитрат (KNO_3) би били бољи избори јер не садрже хлор. Поред појединачних калијумових ђубрива, за ђубрење калијумом могу се користити и мешана и комплексна NP, PK и NPK ђубрива у којима се калијум налази у истом хемијском облику као и код појединачних калијумових ђубрива.

Динамика усвајања калијума током вегетације у воћњацима и виноградима зависи од фазе развоја биљака, воћне врсте, и специфичних потреба биљака за калијумом. Калијум је кључан за многе физиолошке процесе, укључујући фотосинтезу, регулацију воде у ћелијама, синтезу протеина, и квалитет плодова. У раним фазама вегетације, калијум је потребан за развој пупољака и нових листова. Биљке тада почињу да усвајају калијум како би подржале раст нове вегетативне масе, међутим укупне потребе по јединици површине још увек су релативно ниске. Током цветања и

заметанја плодова, потреба за калијумом се повећава, јер биљке усмеравају ресурсе ка формирању плодова. Воћке тада интензивно усвајају калијум како би подржале раст заметнутих плодова. Најинтензивније усвајање калијума код воћњака и винограда обично се дешава током фазе интензивног раста плодова и сазревања. То је период који траје од касног пролећа до средине лета, када биљке имају највеће потребе за калијумом (Графикон 4).



Графикон 4. Акумулација калијума у засаду јабуке старости 6 година (сорта Гала, подлога M26) током вегетације.

Идеално време примене би било када би примена ђубрива пратила потребе засада током вегетације. Међутим, то је донекле могуће само код засада где постоји могућност примене ђубрива путем фертигације. Калијум се најбоље апсорбује када се примењује често у мањим дозама током целе вегетације, при чему дозе калијума током вегетације треба постепено повећавати, нарочито у периоду интензивног пораста плодова и зрења. Овакав приступ омогућава биљкама да континуирано усвајају потребне количине калијума, смањујући ризик од испирања и губитака. Уколико се калијум примењује преко земљишта, уобичајена пракса је да се примењује истовремено са фосфорним ђубривима (касно у јесен или рано у пролеће). Калијум је у земљишту доста мобилнији у односу на фосфор, и може се примењивати равномерним растурањем по целој површини земљишта. Међутим, уколико се међуредни простор не обрађује, на глиновитим земљиштима може доћи до његове адсорпције у површинским слојевима, ван домаћаја кореновг ситета, чиме се значајно смањује ефикасност примене ђубрива. Поред равномерног растурања по површини земљишта, калијумова ђубрива се могу примењивати у траке дуж редова, непосредно пре обраде земљишта (орање, тањирање, култивирање), или примена депозиторама којима се ђубриво уноси у виду траке дуж реда на одређену дубину. Фолијарна примена калијумових ђубрива у воћњацима и виноградима је корисна пракса за брзо обезбеђивање калијума биљкама, посебно у критичним фазама развоја када је потребно подржати формирање и квалитет плодова. Фолијарна примена калијумових ђубрива се препоручује уколико се на листовима примете знаци недостатка калијума (попут некроза на ивицама листова), као и стресним условима као што је суша или високе температуре, када је транспорт калијума у биљци отежан.

4.3.2. Ђубрење секундарним макроелементима (калцијум, магнезијум и сумпор)

4.3.2.1. Ђубрење калцијумом

Калцијум у земљишту

Калцијум је пети најзаступљенији елемент у Земљиној кори, после кисеоника (O), силицијума (Si), алуминијума (Al) и гвожђа (Fe), и чини око 3,64% Земљине коре. У земљишту се налази у облицима који су различите растворљивости и приступачности биљкама. Највећи део калцијума у земљишту налази се у облику минерала као што су калцит (CaCO_3), доломит ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$), гипс, апатит или фосфорит. Калцијум је такође саставни део силикатних минерала, попут анортита, аугита, хорнбленда и албита. Поред калцијума који се налази у облику нерастворљивих природних минерала, значајна количина калцијума је адсорбована за колоиде земљишта (глинене минерале и органску материју). Ови облици калцијума, заједно са калцијумом из земљишног раствора, представљају облике који су приступачни гајеним биљкама. Садржај калцијума у земљиштима зависи од матичног супстрата и педогенетских процеса формирања земљишта. Приступачност калцијума у земљишту за гајене биљке зависи од више фактора који утичу на концентрацију растворљивог калцијума (Ca^{2+}) у земљишном раствору. Ови фактори укључују својства земљишта, биолошке и хемијске процесе, као и пољопривредне праксе. Садржај приступачног калцијума у земљишту на првом месту зависи од матичног супстрата на коме је земљиште формирано, односно од типа минерала садржаја калцијума у тим минералима и степена распадања минерала под утицајем киселости и микробиолошке активности. Калцијум је најприступачнији у земљиштима са неутралном или благо алкалном реакцијом (pH 6,5–8,0). У киселим земљиштима (pH < 5,5), растворљивост калцијума је смањена због испирања и везивања у нерастворљиве форме. Повећање киселости може повећати ослобађање калцијумових јона из нерастворљивих минерала (калцит, доломит и др.), али истовремено доводи и до већег испирања калцијума у дубље слојеве. Земљишта са високим капацитетом размене катјона (СЕС), као што су глиновита или органском материјом богата земљишта, могу задржавати више калцијума у размењивом/приступачном облику у односу на песковита земљишта која имају низак СЕС и слабију способност задржавања калцијума, што доводи до већег испирања. Генерално се сматра да је за нормалну исхрану биљака калцијумом неопходно да се у земљишту налази минимум $1000 \text{ mg Ca}^{2+} \text{ kg}^{-1}$ адсорбованог калцијума (екстрахованог амонијум-ацетатом), односно да је 60-80% од адсорбованих базних катјона чине јони калцијума. Најчешће се ниске вредности приступачног калцијума могу очекивати на киселим земљиштима, безкарбонатним земљиштима, док се у неутралним и алкалним земљиштима врло ретко јављају симптоми недостатка калцијума у биљкама, услед ниске концентрације приступачних облика у земљишту.

Усвајање калцијума

Биљке усвајају калцијум (Ca^{2+} јон) из земљишног раствора који је у контакту са површином корена, а тај контакт одређују три механизма: пресретање хранљивих материја током раста корена, протоком масе воде (*mass flow*), и дифузија хранљивих материја ка површини корена. Од ова три процеса, пресретање има мањи утицај на усвајање калцијума у поређењу са протоком масе воде и дифузијом. Калцијум се углавном транспортује кроз земљиште ка корену путем масовног тока воде, што значи да је транспирација и усвајање воде од стране биљке кључно за усвајање калцијума.

Са површине корена, Ca^{2+} јон може прећи у ендодермалне ћелије корена кроз два главна пута:

Апопластични пут:

Калцијум се пасивно креће кроз ћелијске зидове и међупросторе уз водени потенцијал у кореновом кортикалном ткиву.

Симпластични пут:

Калцијум улази у епидермалне ћелије и креће се између ћелија кроз плазмодезме све до активног уношења у ксилемске судове корена.

С обзиром на то да је концентрација калцијума у цитосолу строго регулисана и одржавана на ниским нивоима (0,1–0,2 mM), сматра се да апопластични пут представља најважнији механизам за усвајање калцијума у корену. Након што је калцијум (Ca^{2+}) апопластично или симпластично унет у ксилемске судове у корену, транспортује се до изданака масовним током воде, као одговор на негативни водени потенцијал који се развија у листовима и плодовима, подстакнут транспирацијом и растом. Све живе ћелије одржавају веома ниске нивое слободног калцијума у цитосолу, како би се спречила токсичност и оштећење ћелија. Из тог разлога, концентрација Ca^{2+} у живим ћелијама флоема је изузетно мала, што онемогућава флоем да обезбеди довољне количине калцијума за развој листова и плодова.

Из наведених разлога, често се дешава да се симптоми недостатка калцијума на плодовима дешавају и на земљиштима са врло високим садржајем приступачног калцијума.

Фактори који доводе до недостатка калцијума код вишегодишњих засада

Недостатак калцијума код воћњака и винограда настаје услед комбинације фактора који утичу на његову приступачност у земљишту, усвајање кроз корен и транспорт до различитих делова биљке. Главни фактори који могу довести до недостатка калцијума и појаве физиолошких обољења плодова су следећи:

1. Ниска приступачност калцијума у земљишту

Недостатак приступачног калцијума може се очекивати у киселим земљиштима (pH испод 5,5), где је калцијум често испран и везан у нерастворљиве форме, као и на песковитим земљиштима са ниским капацитетом размене катјона (СЕС) и слабог задржавају калцијума, што доводи до његовог испирања у дубље слојеве.

2. Антагонизам са другим јонима

Јони као што су Mg^{2+} , K^+ , и Na^+ конкуришу калцијуму за везивање на негативно наелектрисане честице земљишта (нпр. глину и органску материју) и на кореновој површини. Такође, присуство токсичних јона као што су алуминијум (Al^{3+}) или манган (Mn^{2+}) у киселим земљиштима може додатно инхибирати усвајање калцијума.

3. Проблеми у транспорту калцијума у биљци

Калцијум се транспортује у биљци углавном путем ксилема, у току масовног тока воде који зависи од транспирације. У условима високе влажности ваздуха или суше (и ниске транспирације), транспорт калцијума је ограничен. Калцијум је слабо покретан флоемом, што значи да је његов транспорт из листова у плодове врло ограничен, па због тога плодови често пате од недостатка калцијума.

4. Неуравнотежена исхрана

Прекомерна употреба азотних ђубрива (посебно у облику амонијака) стимулише вегетативни раст, што може довести до "разређивања" калцијума у новоформираним ткивима. Неправилна примена органских или минералних калцијумових ђубрива може

довести до дисбаланса хранљивих материја у земљишту, и отежаног усвајања калцијума.

5. Недостатак бора

Недостатак бора смањује транспорт калцијума, посебно у плодовима и младим ткивима, где су потребе за калцијумом највеће. Бор учествује у формирању боро-калцијумских комплекса у ћелијским зидовима, који стабилизују полисахариде попут пектина. Ови комплекси повећавају структурну стабилност ћелијских зидова и омогућавају бољу интеграцију калцијума у ткива. Поред тога, бор има значајну улогу у процесу оплодње и формирања семена. Плодови са већим бројем семена показују бољу циркулацију воде и јона, укључујући калцијум, због активнијег транспорта кроз ксилем и бољег снабдевања хранљивим материјама. Бор помаже у регулацији кретања калцијума кроз апопласт и ксилем, што је од суштинског значаја за транспорт калцијума из корена у вегетативне и генеративне органе.

6. Лоша структура и аерација земљишта

Слаба дренажа земљишта, услед лоше структуре, доводи до задржавања вишка воде у земљишту, што за последицу има смањену аерацију земљишта и активност коренових ћелија, па самим тим и смањено усвајање калцијума. Такође, збијеност земљишта има негативан утицај на пенетрацију корена у земљишту, чиме се смањује приступ калцијуму из дубљих слојева.

7. Генетски фактори

Одређене воћне врсте или сорте су генетски склоне недостатку калцијума због мање ефикасног усвајања или транспорта у плодове.

8. Агроеколошки услови

Недовољна влага у земљишту (суша) смањује кретање калцијума кроз масовни ток воде, а самим тим и до смањеног усвајања калцијума. Високе температуре и низак релативни ваздушни притисак доводе до смањене транспирације и транспорта калцијума. Висока влажност ваздуха такође смањује транспирацију, што ограничава кретање калцијума ка листовима и плодовима. Ниске температуре ваздуха у раним фазама развоја плода могу значајно допринети недостатку калцијума јер успоравају транспирацију, успоравају деобу ћелија и раст плода, и успоравају метаболичке активности у корену.

Потребе вишегодишњих засада за калцијумом

Потребе за калцијумом код воћњака и винове лозе током вегетације варирају у зависности од фенолошке фазе биљке. Калцијум је кључан за раст и развој ћелијских зидова, чврстину ткива, квалитет плодова и отпорност на стрес, као и у очувању квалитета плодова током складиштења. Зато је неопходно осигурати адекватну количину овог елемента током целог вегетативног циклуса. У Табели 25 приказане су потребе вишегодишњих засада током вегетације.

Табела 25. Потребе вишегодишњих засада током вегетације.

Фаза развоја биљке	Потребе за калцијумом	Напомене
Почетак вегетације (пупољци и кретање лисне масе)	Ниске до умерене	Калцијум је потребан за раст младих листова и формирање ћелијских зидова. Већи унос подстиче правилан раст корена.
Формирање цветова и цветање	Умерене	Важан за развој поленових цевчица и оплодњу. Недостатак може довести до смањеног заметањаа плодова.
Развој плодова и вегетативни раст	Високе	Најкритичнија фаза за калцијум, посебно код биљака које производе плодове склоне физиолошким поремећајима (нпр. горке пеге код јабука, пуцање плодова код трешања).
Зрење плодова и завршни раст	Умерене	Одржавање квалитета плодова, чврстоће ткива и отпорности на транспорт и складиштење. Плодови с ниском транспирацијом (нпр. јабуке и грозђе) често показују дефицит.
Пост-харвест период (припрема за мировање)	Ниске	Калцијум је потребан за одржавање структуре дрвета и корена, што доприноси бољој отпорности биљке током зиме.

Потребе за калцијумом код воћака су релативно високе, јер се значајан део овог елемента таложи у ћелијским зидовима лишћа, дрвета и плодова. Укупне потребе за калцијумом код вишегодишњих засада се крећу између **50 и 130 kg Ca/ha годишње**, у зависности од врсте воћке, услова гајења и приноса. Највећи део од укупно усвојене количине калцијума акумулира се у листовима и гранама вишегодишњих засада, док само један мали део завши у плодовима (<5% од укупно усвојене количине). У Табели 26 приказана је процентуална расподела укупно усвојене количине калцијума у стаблу јабуке сорте Гала.

Табела 26. Расподела калцијума у стаблу јабуке сорте Гала (Scandellari et al., 2010).

Орган	% од укупно усвојене количине калцијума
Корен	11
Стабло и гране	25
Листови	60
Плодови	4

Из претходне табеле јасно је да се, чак и у оптималним условима, у плодовима депонује до 5% укупно усвојеног калцијума. Ово представља релативно малу количину, посебно ако се узме у обзир да се релативно високим приносом јабуке од 60 t/ha из земљишта изнесе 2,50-3,0 kg Ca/ha.

Врсте и начин примене калцијумових ђубрива

Примена калцијумових ђубрива у вишегодишњим засадама кључна је за обезбеђивање високог приноса и квалитета плодова. Редовна анализа земљишта и биљних ткива (листа и плода) омогућава правилно одређивање врсте, дозе и времена примене ђубрива. Комбинација примене преко земљишта, фолијарне примене и примене кроз системе „кап по кап“ даје најбоље резултате у одржавању продуктивности засада. Калцијумова ђубрива могу се примењивати преко земљишта, путем фертигације и фолијарно. Уколико се примњују преко земљишта, треба разликовати примену калцијумових ђубрива пре подизања засада, када се врши мелиоративно ђубрење (калцификација), и редовно ђубрење калцијумовом ђубривима у већ подигнутим засадама. Редовно ђубрење калцијумовим ђубривима спроводи се само у случајевима уколико је недостатак калцијума изазван ниским садржајем лакоприступачног калцијума, односно отежаним усвајањем калцијума од стране биљака, као што је приказано у Табели 27.

Табела 27. Потребa за применом калцијумових ђубрива у зависности од типа земљишта (Junior et al., 2020).

Тип земљишта	Карактеристике	Потреба за калцијумом
Кисела земљишта (pH < 6)	Садрже мало растворљивог калцијума због доминације водоникових (H^+) и алуминијумових (Al^{3+}) јона.	Висока потреба за калцијумом. Препоручује се примена калцијум-карбоната (кречњака) за подизање pH.
Песковита земљишта	Низак капацитет задржавања хранљивих материја и воде; калцијум се лако испира.	Умерена до висока потреба за калцијумом. Препоручује се редовна примена растворљивих калцијумових ђубрива.
Глиновита земљишта	Обично садрже довољно приступачног калцијума, али доступност зависи од pH и органске материје.	Потреба за калцијумом је мања, али се може јавити у случају ниског pH.
Алкална земљишта (pH > 7,2)	Често богата калцијумом у облику који је слабо растворљив (калцијум-карбонат).	Ниска потреба за калцијумом.
Органска земљишта (тресети и супстрати)	Низак садржај калцијума и слаба јонска размена.	Висока потреба за калцијумом. Калцијум-нитрат или калцијум-хлорид су погодни за брзо снабдевање калцијумом.
Заслањена земљишта	Висока концентрација натријума који замењује калцијум у разменљивим местима.	Висока потреба за калцијумом. Препоручује се примена гипса за побољшање структуре и смањење негативног утицаја натријума.

За редовно ђубрење калцијумовим ђубривима преко земљишта могу се користити неоргански оплемењивачи земљишта као што је калцијум-карбонат, доломит, калцијум-оксид, и друга средства која се користе приликом калцификације земљишта. Разлика је у томе што се, уколико се користе у већ подигнутим засадама, примењују у значајно нижим дозама. Поред неорганских оплемењивача земљишта, за исхрану воћњака и винограда калцијумом могу се користити и водотопива калцијумова ђубрива (Табела 28). Водотопива калцијумова ђубрива су извор брзо доступног калцијума и често се користе за решавање акутних недостатака овог елемента, као и

за побољшање квалитета плода. Погодна су за примену кроз системе наводњавања („кап по кап“) или за фолијарну примену.

Табела 28. Врсте водотопивих калцијумових ђубрива.

Назив ђубрива	Хемијски састав	Садржај калцијума (%)	Погодна примена
Калцијум-нитрат	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	15–19	Наводњавање и фолијарна примена.
Калцијум-хлорид	CaCl_2	20–27	Фолијарна примена.
Хелат калцијума	Ca-EDTA	10–12	Наводњавање и фолијарна примена.
Калцијум-формијат	$\text{Ca}(\text{HCOO})_2$	33,6	Наводњавање и фолијарна примена.

Примена калцијумових ђубрива током вегетације зависи од врсте ђубрива, фенолошке фазе биљака и специфичних потреба култура.

Калцијум је слабо покретљив у биљкама, па је неопходно континуирано снабдевање током критичних периода (у неким случајевима и током целе вегетације) како би се избегли физиолошки поремећаји и побољшао квалитет плода. Из тог разлога, фолијарна примена калцијума је често значајнија у односу на примену преко земљишта, због специфичних карактеристика калцијума и услова који утичу на његово усвајање и транспорт у биљци.

Фолијарна примена калцијума има значај чак и на земљиштима која су добро обезбеђена овим елементом (карбонатна земљишта), јер његово усвајање и расподела унутар биљке не зависе искључиво од садржаја приступачних облика у земљишту. Иако земљиште може бити добро снабдевано калцијумом, бројни фактори могу ограничити његово усвајање и транспорт до критичних делова биљке, као што су плодови. Фолијарна примена омогућава директно снабдевање калцијумом листова и плодова, чиме се избегавају ограничења повезана са земљиштем и спорим транспортом кроз биљку. Ово је нарочито важно током фаза интензивног раста плодова, када је потреба за калцијумом највећа. Недостатак калцијума у плодовима може довести до физиолошких поремећаја као што су горке пеге, пуцање плода или губитак чврстине. Чак и на земљиштима богатим калцијумом, фолијарна примена калцијума доприноси унапређењу квалитета плодова. Калцијум повећава стабилност ћелијских зидова, побољшава текстуру и чврстину плодова, продужава њихову способност складиштења и отпорност на пуцање, као и на нападе патогена. У условима интензивне производње воћа, где је комерцијални успех повезан са квалитетом плодова, редовни третмани током сезоне могу значајно побољшати принос, квалитет и тржишну вредност воћа.

4.3.2.2. Ђубрење магнезијумом

Магнезијум у земљишту

Магнезијум је један од есенцијалних макроелемената за раст и развој биљака. Он игра кључну улогу у процесу фотосинтезе као централни атом молекула хлорофила, чиме доприноси формирању енергије неопходне за метаболизам биљке. Поред тога, магнезијум је важан за активацију бројних ензима, синтезу протеина и пренос фосфата у биљним ћелијама.

Магнезијум је широко заступљен у земљишту и најчешће се налази у пратњи калцијума. По присуству у педосфери, налази се одмах иза калцијума међу земноалкалним елементима. Главни извори магнезијума у земљишту су примарни и секундарни минерали, чијим разлагањем се ослобађају јони магнезијума (Mg^{2+}). Ови јони могу бити адсорбовани на честице земљишта или остати растворени у земљишном раствору. Магнезијум у минералима чини велики део укупног магнезијума у земљишту, али је углавном недоступан биљкама. Минерали попут доломита ($CaMg(CO_3)_2$) и биотита садрже магнезијум, али се он ослобађа веома споро, током процеса распадања ових минерала. Одређена количина магнезијума је везана (адсорбована) за негативно наелектрисане колоидне честице земљишта (глина и хумус). Услед конкуренције за места адсорпције са јонима водоника (H^+) у киселим земљиштима, и јонима калцијума (Ca^{2+}) у алкалним земљиштима, магнезијум је заступљен од 2% до 20% у укупном капацитету адсорпције катјона у земљишту. Овај облик магнезијума је разменљив и може постати приступачан биљкама кроз процес размене катјона. Магнезијум у земљишном раствору је у јонском облику (Mg^{2+}) и представља директно приступачан облик за биљке. Концентрација овог облика зависи од рН вредности земљишта, типа земљишта и садржаја органске материје. Како на садржај приступачних облика магнезијума у земљишту велики утицај има механички састав земљишта (садржај глине), приликом одређивања садржаја приступачног магнезијума у земљишту мора се узимати у обзир и текстура земљишта (Табела 29).

Табела 29. Граничне вредности обезбеђености земљишта лакоприступачним магнезијумом и препоруке за ђубрење (Убавић и Богдановић, 2001).

Ниво обезбеђености земљишта магнезијумом	Садржај магнезијума у земљишту (mg Mg x 100g ⁻¹)			Препорука за ђубрење (kg MgO x ha ⁻¹)
	Песак	Иловача	Глина	
Низак	<6	<8	<10	>35
Средњи	8-10	8-15	10-18	<35
Висок	>10	>15	>18	-

*екстракција са $CaCl_2$

Усвајање магнезијума

Магнезијум се углавном усваја у облику јона Mg^{2+} из земљишног раствора. Процес усвајања укључује неколико међусобно повезаних корака, а на њега утичу карактеристике земљишта, физиологија биљака и услови животне средине. У оптималним условима, магнезијум је лако покретан у земљишту и транспортује се до кореновог система углавном путем масовног протока, односно кретањем воде која садржи растворене Mg^{2+} јоне. Поред тога, магнезијум може стизати до корена и процесом дифузије, када се креће из зона више ка зонама ниже концентрације, док се мањи део усваја кроз контактну размену између површине корена и земљишних честица.

Када Mg^{2+} јони стигну до коренових ћелија, они могу ући у биљку на два начина: пасивно, кроз простор између ћелија кореновог ткива (апопластични пут), или активним транспортом преко специјализованих Mg^{2+} транспортера у плазма мембрани ћелија (симпластични пут). Апопластичним путем магнезијум се креће све до ендодерма корена, где је пролаз ограничен Каспаријевим тракама, због чега даље усвајање мора да се настави кроз мембрану ћелија. Код активног транспорта, магнезијум се директно уноси у ћелије помоћу протеина који регулишу његову апсорпцију. Након што уђе у ћелије корена, магнезијум се транспортује кроз симпластични пут, односно прелази из ћелије у ћелију преко плазмодезми, све док не дође до ксилема. Из ксилема се даље транспортује до горњих делова биљке, укључујући лишће, младаре и плодове, где учествује у кључним метаболичким процесима попут фотосинтезе, синтезе протеина и регулације ензима.

Фактори који доводе до недостатка магнезијума код вишегодишњих засада

Недостатак магнезијума код вишегодишњих засада, као што су воћњаци и виногради, може бити узрокован различитим факторима који утичу на његову приступачност у земљишту и/или усвајање од стране биљака.

Недостатак магнезијума се може очекивати на земљиштима која су сиромашна у магнезијуму, као што су песковита земљишта или земљишта настала на кварцним стенама. Такође, у киселим земљиштима висока концентрација јона алуминијума (Al^{3+}) и водоника (H^{+}) који се одликују већом енергијом адсорпције, истискују јоне магнезијума (Mg^{2+}) из адсорпционог комплекса, па се Mg^{2+} врло лако испрати изван зоне кореновог система. Испирање (губитак) магнезијума изван зоне кореновог система је посебно изражено у подручјима са већом количином падавина и на земљиштима која се одликују малим капацитетом адсорпције катјона (земљишта са ниским садржајем органске материје и глине). Са друге стране, у карбонатним земљиштима, калцијум је присутан у великим количинама као део калцијум-карбоната ($CaCO_3$). Јони калцијума заузимају већину разменљивих места на земљишним колоидима, потискују магнезијум са тих места и смањују његову приступачност биљкама. Поред тога, јони калцијума и магнезијума усвајају се на истим мастима на корену, па је биљкама додатно отежано усвајање магнезијума због високе концентрације калцијума, односно због антагонизма између јона Ca^{2+} и Mg^{2+} . Управо због антагонизма јона и прекомерно ђубрење калијумовим ђубривима може довести до недостатка магнезијума.

У условима суше, недостатак воде у земљишту ограничава растворљивост магнезијума и кретање ка корену путем масовног тока воде. Поред тога, смањује се транспирација а тиме и транспорт магнезијума до надземних органа засада. Са друге стране, велика количина падавина може негативно утицати на усвајање магнезијума услед испирања изван зоне кореновог систем и/или смањења транспирације.

Потребе вишегодишњих засада за магнезијумом

Потребе за магнезијумом код вишегодишњих засада варирају током вегетационог периода у складу са фазама раста и развоја биљака. На почетку вегетације, магнезијум је потребан за формирање нових листова и синтезу хлорофила. Фотосинтеза је интензивна, а магнезијум игра кључну улогу у активирању ензима и преносу енергије. Недостатак магнезијума у овој фази може резултирати успореним растом младих изданака и неразвијеним листовима. Током периода цветања и оплодње, магнезијум је важан за производњу енергије (АТП) потребне за метаболичке процесе везане за цветање, формирање плодова и семена.

Потребе за магнезијумом су највеће током интензивног раста и развоја плодова, јер магнезијум учествује у преносу асимилата из листова у плодове. Најчешће се симптоми недостатка магнезијума појављују управо у овом периоду (од средине до краја вегетације). Магнезијум се мобилише из старијих листова у млађе органе и плодове, па се симптоми недостатка јављају у виду интервеналне хлорозе на старијим листовима и смањеног квалитета плодова, укључујући мањи садржај шећера код воћа и грозђа.

Од укупно усвојене количине током вегетације, највише се магнезијума акумулира у листовима, док се приносом изнесе релативно мала количина магнезијума. Садржај магнезијума у плоду воћака и винове лозе креће се од 50-250 mg Mg kg⁻¹, док се укупне потребе крећу од 20-60 kg MgO ha⁻¹.

Врсте и начин примене магнезијумових ђубрива

Ђубрење магнезијумом је неопходно у условима ниског садржаја магнезијума у земљишту, присуства неповољних фактора који ограничавају његову доступност, или када су визуелни симптоми недостатка изражени. Редовна анализа земљишта и лишћа, у комбинацији са уравнотеженом агротехником, осигурава оптималну исхрану магнезијумом и дугорочну продуктивност воћњака и винограда.

Различита растворљивост магнезијумових ђубрива диктира начин њихове примене у пољопривредној производњи (Табела 30).

Табела 30. Магнезијумова ђубрива.

Ђубрива	Састав	Растворљивост	Карактеристике	Начин примене
Магнезијум сулфат (MgSO ₄)	~16% Mg ~13% S	Висока растворљивост у води.	Брзо растворљиво, одмах доступно биљкама. Такође обезбеђује сумпор.	Фолијарно, преко земљишта, фертигацијом
Доломитно брашно (CaMg(CO ₃) ₂)	~12% Mg, ~20% Ca	Нерастворљиво у води, споро растворљиво у киселим земљиштима.	Споро деловање, поправља киселост земљишта, дугорочно обезбеђује магнезијум.	Преко земљишта, при основној обради или приликом калцификације.
Природни минерал Каинит (KMg(SO ₄)Cl·3H ₂ O)	~10% Mg, ~25% K ₂ O	Умерена растворљивост у води.	Комбиновано ђубриво, обезбеђује магнезијум и калијум.	Преко земљишта, при основној обради.
Магнезијум нитрат (Mg(NO ₃) ₂)	~11% N, ~15% MgO	Висока растворљивост у води.	Брзо растворљиво, обезбеђује магнезијум и азот.	Фолијарно, фертигација.
Патенткали	~10% MgO, ~30% K ₂ O, ~44% SO ₃	Умерена растворљивост у води.	Комбиновано ђубриво са магнезијумом, калијумом и сумпором.	Преко земљишта, при основној обради.

Високо растворљива ђубрива, попут магнезијум-сулфата и магнезијум-нитрата, брзо се растварају у води и идеална су за хитне интервенције. Она се могу примењивати фолијарно, путем фертигације или директно преко земљишта. Фолијарна примена је погодна за брзу корекцију недостатка, посебно у стресним условима, док фертигација

омогућава равномерно снабдевање магнезијумом преко система за наводњавање. Умерено растворљива ђубрива, као што су Патенткали и каинит, ослобађају магнезијум постепено и најчешће се примењују преко земљишта са основном обрадом или у међуредну зону код вишегодишњих засада. Слабо растворљива ђубрива, као што је доломитно брашно, практично су нерастворљива у води и ослобађају магнезијум у киселим условима. Примењују се током основне обраде земљишта и служе за дугорочну корекцију киселости, као и за обезбеђивање магнезијума у наредним сезонама. У зависности од тренутних потреба културе, стања земљишта и агротехничких услова, избор типа и начина примене ђубрива треба да буде пажљиво прилагођен. Високо растворљива ђубрива су идеална за брзо снабдевање магнезијумом, док умерено и слабо растворљива ђубрива пружају континуирано или дугорочно снабдевање.

4.3.2.3. Ђубрење сумпором

Сумпор игра значајну улогу у исхрани воћа и винове лозе, иако се често занемарује у поређењу са макроелементима попут азота, фосфора и калијума. Важан је за метаболизам биљака и за стварање есенцијалних компоненти које утичу на раст, развој и квалитет плодова. Биљке усвајају сумпор у облику сулфата (SO_4^{2-}) из земљишта путем кореновог система, а у мањој мери могу користити сумпор из атмосфере, у облику гасова као што је сумпор-диоксид (SO_2). Након усвајања, сулфати се транспортују, редукују и уграђују у важне органске молекуле, попут аминокиселина цистеина и метионина.

Сумпор се у воћњацима и виноградима може обезбедити кроз примену минералних ђубрива богатих сумпором као што су амонијум-сулфат, калијум-сулфат и магнезијум-сулфат. Такође, органска ђубрива, као што су компости и стајњаци, садрже значајне количине сумпора. Сумпор се уноси у земљиште и путем средстава за заштиту биљака, посебно када се елементарни сумпор користи као фунгицид. Ова примена има двоструки ефекат: обезбеђује заштиту биљака од болести и штеточина, док истовремено доприноси снабдевању биљака сумпором. У интензивној производњи грожђа, где је сумпор често неопходан за сузбијање пепелнице, годишње унети сумпор може бити значајан извор за исхрану биљака. Вода за наводњавање може бити значајан извор сумпора, нарочито ако садржи високе концентрације сулфата. У подручјима са водом богатом сулфатима, може се унети између 10–50 kg S ha⁻¹ годишње, што је довољно за задовољавање потреба биљака.

Потребе воћака и винове лозе за сумпором су релативно ниске у поређењу са осталим макроелементима. У зависности од врсте засада и висине приноса, потребе за сумпором се крећу од 10 kg S ha⁻¹ до 40 kg S ha⁻¹. Због различитих начина доспевања сумпора у земљиште, као и чињенице да биљке могу усвајати сумпор и из атмосфере, најчешће није потребно примењивати сумпор у циљу ђубрења, јер се симптоми недостатка у вишегодишњим засадима врло ретко јављају.

4.3.3. Ђубрење микроелементима (Fe, Mn, Zn, B, Cu и Mo)

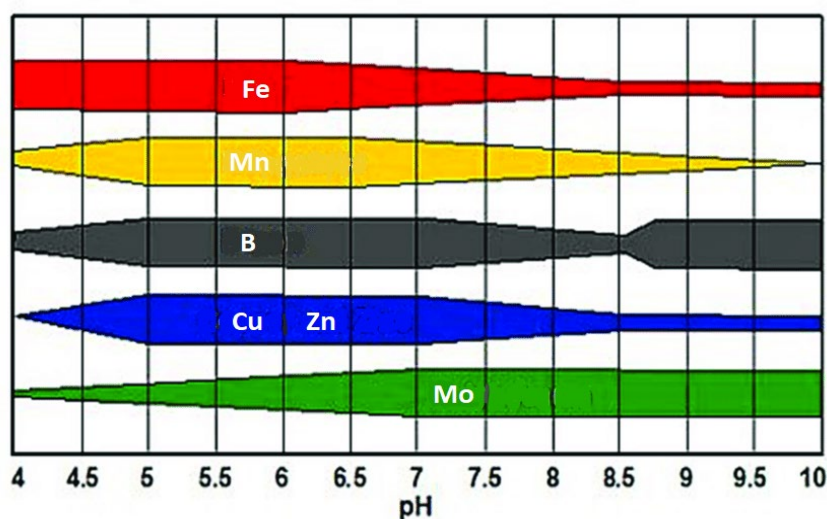
4.3.3.1. Микроелементи у земљишту

Микроелементи у земљишту имају различито порекло и појављују се у облицима који су различите приступачности гајеним биљкама. Главни извор микроелемената су матичне стене (супстрат) од којих настаје земљиште. Током процеса физичког и хемијског распадања стена, ослобађају се микроелементи попут гвожђа, мангана, цинка, бакра, бора и молибдена, који се даље трансформишу у облике приступачне биљкама. Ови микроелементи су првобитно присутни у тзв. примарним минералима, али њихова приступачност зависи од степена распадања и интеракције са другим компонентама земљишта.

Органска материја такође представља значајан извор микроелемената у земљишту. Током минерализације органске материје земљишта, микроелементи се ослобађају и прелазе у растворљиве облике који су биљкама приступачни. Ово је нарочито важно за елементе попут гвожђа и бакра, који се везују за хумусна једињења и постепено постају доступни биљкама. Бор и молибден се такође могу ослобађати из биљних остатака и органског материјала, али је њихова растворљивост у великој мери условљена рН вредношћу земљишта.

Поред природних извора, микроелементи у земљиште могу доспети и путем антропогених активности као што су примена минералних ђубрива, органских ђубрива и средстава за заштиту биљака. Примера ради, фунгициди на бази бакра могу значајно повећати концентрацију овог елемента у земљишту, која може достићи и токсични ниво. Вода за наводњавање, нарочито она богата сулфатима или хлоридима, може бити додатни извор микроелемената као што су бор и манган.

Приступачност микроелемената биљкама зависи од њиховог хемијског облика, рН вредности земљишта, садржаја органске материје и интеракције са другим елементима. Микроелементи су приступачнији у киселим условима, изузев молибдена, који је најприступачнији у неутралним до алкалним земљиштима (Графикон 5). Процеси као што су минерализација, испирање и хемијско везивање одређују њихову концентрацију у земљишном раствору, што је кључно за њихово усвајање и употребу у метаболизму биљака.



Извор: Thapa et. al., 2021.

Графикон 5. Релативна приступачност микроелемената у зависности од рН вредности земљишта.

Растворљиви облици микроелемената су директно приступачни биљкама и углавном се налазе у земљишном раствору као јони. Гвожђе се усваја као Fe^{2+} или Fe^{3+} , манган као Mn^{2+} , бакар као Cu^{2+} , а цинк као Zn^{2+} . Ови облици се лако усвајају у киселим условима, док у алкалним земљиштима долази до стварања нерастворљивих једињења и смањења њихове приступачности гајеним биљкама. Бор је биљкама доступан у облику борне киселине (H_3BO_3), а молибден у облику молибдата (MoO_4^{2-}). Поред микроелемената у земљишном раствору, у приступачне облике спадају и микроелементи адсорбовани на површини колоидних честица земљишта.

Анализа земљишта на садржај приступачних облика микроелемената је важан корак у процени приступачности микроелемената и потреби за применом ђубрива са микроелементима. Ове анализе омогућавају идентификацију могућих дефицита или токсичности микроелемената који су кључни за раст и развој биљака. У зависности од особина земљишта, а пре свега рН вредности, најчешће се користе методе анализе које се заснивају на екстракцији микроелемената са раствором ДТРА (Диетилен- триамин- пента сирћетна киселина) или раствором EDTA (Етилен-диамин-тетра сирћетна киселина). ДТРА раствор се препоручује за анализу микроелемената у земљиштима са неутралним до алкалним рН вредностима, док је EDTA раствор погоднији за земљишта са киселим до неутралним рН вредностима. Наведеним методама могуће је одредити садржај приступачних облика свих микроелемената, изузев бора. За одређивање приступачних облика бора, најчешће се као екстракционо средство користи топла вода или раствор калцијум-хлорида (CaCl_2). У Табели 31 налазе се граничне вредности садржаја приступачних облика микроелемената.

Табела 31. Граничне вредности концентрације приступачних облика микроелемената у земљишту (Lindsay & Norvell, 1978; Trierweiler & Lindsay, 1969; Jones, 2001).

Елемент	Екстракционо средство	Низак ниво (mg kg^{-1})	Средњи ниво (mg kg^{-1})	Висок ниво (mg kg^{-1})
Fe	ДТРА	<2,0	2,0-5,0	>5,0
	EDTA	-	-	-
Mn	ДТРА	<0,60	0,60-1,0	>1,0
	EDTA	<10	10-40	>40
Cu	ДТРА	<0,60	0,60-0,20	<0,20
	EDTA	<1,0	1,0-3,0	>3,0
Zn	ДТРА	<0,50	0,50-1,0	>1,0
	EDTA	<1,50	1,50-3,0	>3,0
B	Вода	<0,50	0,50-2,0	>2,0
	CaCl_2	<0,30	0,3-1,0	>1,0

Анализа земљишта је важан и поуздан почетни корак за процену потребе за применом ђубрива са микроелементима, али није увек довољна за доношење коначних одлука. Садржај приступачних облика неког микроелемента не мора увек бити у корелацији са садржајем у биљци. Такође, анализа земљишта не узима у обзир специфичности усвајања микроелемената код различитих биљних врста. Фактори као што су микробна активност, динамика хемијских реакција у ризосфери и временски услови, могу утицати на усвајање микроелемената током вегетације. Да би се добила потпуна слика о потребама засада за применом ђубрива са микроелементима, често је неопходно комбиновати анализу земљишта са другим врстама анализа, као што је анализа листа. Оваква интегрисана пракса осигурава прецизније препоруке и оптималну примену ђубрива са микроелементима.

4.3.3.2. Фактори који доводе до недостатака микроелемената

Недостатак микроелемената код вишегодишњих засада може бити узрокован различитим факторима који утичу на приступачност и усвајање ових елемената. Један од најважнијих фактора од којих зависи исхрана засада микроелементима су физичко-хемијска и биолошка својства земљишта на коме је подигнут засад.

Алкална земљишта ограничавају растворљивост микроелемената као што су гвожђе, манган, цинк и бакар, што често доводи до њиховог недостатка. Код оваквих земљишта уобичајени су симптоми попут хлорозе младих листова због недостатка гвожђа, жутило између жила листова услед недостатка мангана, или деформације и спор раст као последица недостатка цинка. С друге стране, песковита земљишта, због свог ниског капацитета за задржавање воде и хранљивих материја, подложна су испирању микроелемената као што су бор и цинк, што такође може довести до њиховог дефицита. Земљишта са ниским садржајем органске материје често немају довољно хумуса који би задржавао микроелементе у приступачним облицима, што може утицати на приступачност елемената као што су гвожђе, цинк и бакар. Иако земљишта богата органском материјом генерално имају више микроелемената, они могу бити везани у стабилне органометалне комплексе који су недоступни биљкама, што је посебно случај са гвожђем и манганом. Кисела земљишта могу имати смањену приступачност молибдена, док је растворљивост елемената, попут алуминијума и мангана повећана, што негативно утиче на апсорпцију других микроелемената. Компактна земљишта, нарочито глиновита са слабом дренажом, због недостатка кисеоника у ризосфери често онемогућавају хемијске реакције које ослобађају микроелементе (минерализацијом), доводећи до симптома попут хлорозе. Прекомерне количине макроелемената такође могу негативно утицати на усвајање микроелемената. На пример, висок садржај фосфора може ограничити апсорпцију цинка, док прекомерна концентрација калцијума утиче на приступачност гвожђа, мангана и бора. Пажљива анализа земљишта, уз разматрање његових карактеристика, кључна је за разумевање и решавање ових проблема исхране микроелементима.

Недостатак микроелемента може бити изазван и неким агротехничким мерама. Неуравнотежена примена ђубрива један је од најчешћих узрока дефицита микроелемената. Прекомерне количине фосфорних ђубрива, на пример, могу смањити доступност цинка у земљишту, док високи нивои азота могу стимулисати интензиван раст биљака, повећавајући њихове потребе за микроелементима, што често доводи до симптома недостатка. Недовољна употреба органских ђубрива, попут стајњака или компоста, такође може смањити садржај органске материје у земљишту, чиме се ограничава способност земљишта да задржи и обезбеди микроелементе у приступачним облицима. Прекомерно наводњавање може довести до испирања микроелемената, нарочито у песковитим земљиштима, чиме се значајно смањује њихова концентрација у зони корена. Насупрот томе, у условима недовољне влаге, транспорт микроелемената кроз земљиште до корена биљака може бити отежан, што додатно погоршава недостатак. Употреба воде са високим садржајем соли може додатно утицати на смањену приступачност микроелемената, нарочито бора, или узроковати њихову токсичност. Такође, у засадима који се дуго интензивно експлоатишу без адекватне агротехничке праксе, земљиште се постепено исцрпљује, што доводи до смањене приступачности микроелемената. Употреба хербицида и пестицида може пореметити микробну активност у земљишту, што директно утиче на биолошку трансформацију микроелемената у облике приступачне биљкама. Због тога

је неопходно да агротехничке мере буду пажљиво планиране и усклађене са специфичним захтевима биљака и карактеристикама земљишта, како би се избегли недостатци микроелемената.

4.3.3.3. Потребe вишегодишњих засада за микроелементима

Потребe за микроелементима зависе од воћне врсте, старости засада и услова земљишта. Вишегодишњи засади имају највеће потребe за микроелементима у фазама активног раста, цветања и формирања плодова. Усвајање микроелемената је најинтензивније када биљке захтевају подршку за фотосинтезу, репродукцију и акумулацију резерви, што чини ове фазе критичним за успешну производњу. Интензитет усвајања микроелемената није равномеран током целе вегетације. Одређене фазе раста захтевају повећано усвајање одређених микроелемената због специфичних физиолошких потреба биљака. У Табели 32 приказане су најважније функције микроелемената и фазе раста када је усвајање најинтензивније.

Табела 32. Најзначајније функције микроелемената и фазе раста када је усвајање најинтензивније.

Микроелемент	Функција у биљци	Најинтензивније усвајање
Гвожђе (Fe)	Формирање хлорофила, фотосинтеза, метаболизам енергије.	Интензиван вегетативни раст (формирање листова).
Манган (Mn)	Активација ензима, фотосинтеза, метаболизам азота.	Формирање листова и развој плодова.
Цинк (Zn)	Синтеза хормона раста (ауксина), ензимске активности.	Интензиван раст младих изданака и формирање цветних пупољака.
Бакар (Cu)	Синтеза лигнина, ензимске активности, отпорност на патогене.	Формирање плодова и сазревање дрвета.
Бор (B)	Опрашивање, заматање плодова, транспорт шећера.	Цветање и почетак формирања плодова.

Укупне потребe за микроелементима код вишегодишњих засада су знатно мање него за макроелементе, али њихов значај за правилан раст и развој биљака је несразмерно велики. Оквирне вредности укупних годишњих потреба (изношења) за микроелементима код вишегодишњих засада су следеће: **гвожђе 1,0-5,0 kg Fe/ha; манган 0,5-1,5 kg Mn/ha; цинк 0,2-1,0 kg Zn/ha; бакар 0,1-0,5 kg Cu/ha; бор 0,2-1,0 kg B/ha и молибден 10-50 g Mo/ha.** Микроелементи се налазе у различитим органима вишегодишњих засада, у концентрацијама које одражавају њихову функцију и значај у физиолошким процесима. Листови су обично главно складиште микроелемената као што су гвожђе, манган и цинк, јер су они кључни за фотосинтезу, активацију ензима и метаболизам азота. Плодови акумулирају значајан део бора и цинка, који су неопходни за формирање семена, развој плодова и транспорт шећера, док је њихов удео укупних микроелемената у плодовима варијабилан и често зависи од приноса. Гране и стабло представљају важан резервоар бакра и цинка, који учествују у синтези лигнина и одржавању механичке стабилности биљке, а уједно служе и као складиште за макроелементе потребне у будућим сезонама. Корен садржи значајан део гвожђа, мангана и цинка, што је важно за метаболизам у ризосфери и апсорпцију хранљивих

материја из земљишта. Кора, као спољашњи заштитни слој, може садржати резерве микроелемената попут гвожђа и бабра, који су неопходни за заштиту од патогена и механичке повреде. У Табели 33 приказане су укупне потребе микроелемената и њихова акумулација у различитим органима јабуке и брескве по јединици приноса.

Табела 33. Усвојена количина микроелемената са 1000 kg приноса (плода) и њихова расподела у различитим органима јабуке и брескве (Stassen et al., 2010).

Воћна врста	Орган	Fe (g)	Zn (g)	Mn (g)	Cu (g)	B (g)
Јабука	Плод	9,30	2,44	0,77	0,52	4,56
	Корен, стабло, гране	23,21	3,58	1,71	0,62	1,81
	Лист	5,0	2,47	5,36	0,30	1,28
	Укупно	37,5	8,49	7,84	1,44	7,65
Бресква	Плод	9,15	2,16	1,16	0,58	7,69
	Корен, стабло, гране	3,46	3,09	0,57	2,15	0,47
	Лист	24,80	8,71	6,70	0,52	2,27
	Укупно	37,44	13,96	8,43	3,25	10,43

Примена микроелемената треба бити пажљиво дозирана и базирана на анализама, како би се избегли и недостатак и токсичност.

4.3.3.4. Врсте и начин примене ђубрива са микроелементима

Постоји велики број различитих врста ђубрива са микроелементима, а њихов избор зависи од типа земљишта, потреба биљке и начина примене. Подела ђубрива са микроелементима заснована је на више критеријума као што је приказано у Табели 34.

Табела 34. Подела ђубрива са микроелементима.

Подела	Врста
Према хемијском саставу	Оксиди и соли неорганских киселина
	Хелати микроелемената
	Комплекси микроелемента
Према агрегатном стању	Чврста
	Течна
Према садржају микроелемената	Ђубрива са једним микроелементом
	Ђубрива са више микроелемента
	Ђубрива са макроелементима и микроелементима
Према начину примене	Фолијарна ђубрива
	Примена преко земљишта
	Примена путем фертигације
Према пореклу	Природна ђубрива
	Синтетичка ђубрива
Према брзини дејства (ослобађања)	Брзоделујућа ђубрива
	Спороделујућа ђубрива

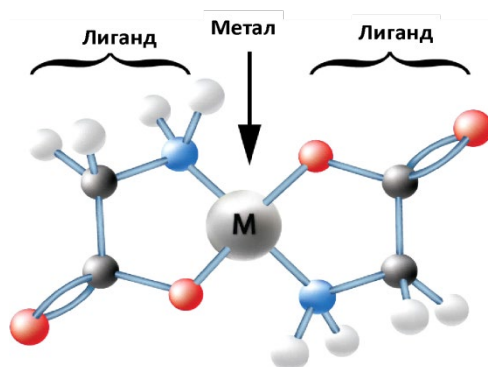
Начин примене, време примене и доза примене ђубрива са микроелементима у највећој мери зависе од хемијског састава ђубрива. Вубрива у којима се микроелемент налази у облику оксида (као што је цинк-оксид или бакар-оксид) углавном се одликују врло високом концентрацијом микроелемента и врло слабом растворљивошћу у води. Из тог разлога, оваква ђубрива се углавном примењују преко земљишта, где се

микроелементи постепено ослобађају током времена и прелазе у земљишни раствор. Због тога, ова врста ђубрива није погодна за брзо отклањање симптома недостатака. Вубрива у којима се микроелементи налазе у виду соли неорганских киселина као што у сумпорна, азотна, хлороводонична и др. (цинк- сулфат, бакар-сулфат и др.), углавном су водорастворљива, и микроелементи постају приступачни биљкама одмах након примене. Међутим, ова ђубрива имају одређене недостатке који могу ограничити њихову ефикасност у различитим условима. Један од главних проблема је ограничена приступачност микроелемената у алкалним земљиштима, где соли, попут гвожђа у облику гвожђе-сулфата (FeSO_4), могу прећи у нерастворљиве форме, попут хидроксида, чиме постају недоступне биљкама. Ова врста ђубрива мора се примењивати више пута у релативно кратким временским интервалима, јер микроелементи из њих брзо постају доступни, али исто тако брзо могу бити изгубљени из система земљиште-биљка или фиксирани у недоступним облицима. Са друге стране, уколико се користе у превеликим количинама, могу изазвати фитотоксичност, где високе концентрације, попут оних из бакар-сулфата (CuSO_4), могу оштетити биљке. Поред тога, неорганске соли микроелемената могу имати проблеме са стабилношћу када се мешају са другим ђубривима, што често доводи до таложења или смањене ефикасности.

Код фолијарне примене, постоји ризик од оштећења листова ако се соли користе у високим концентрацијама, што ограничава њихову примену у овом облику. Иако су соли економичније и често доступније, њихова употреба захтева више пажње како би се избегли губици и обезбедила оптимална ефикасност у исхрани вишегодишњих засада.

Ђубрива у облику хелата настала су као решење за специфичне проблеме у снабдевању биљака микроелементима, посебно у условима где традиционална ђубрива (соли неорганских киселина) нису могла да обезбеде довољну ефикасност. Њихов развој је мотивисан потребом за већом стабилношћу, доступношћу и ефикасношћу микроелемената у различитим типовима земљишта.

Хелати су координациони комплекси који настају када се метални јон (нпр. Fe^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+}) веже за органске молекуле зване хелатни агенси или лиганд (Слика 13). Лиганд има више донорних атома (обично кисеоник, азот или сумпор) који формирају координационе везе са металним јоном. Хелат обезбеђује стабилност и приступачност микроелемената у земљишту или у раствору, спречавајући њихово таложење или фиксацију.



Извор: <https://balchem.com/>

Слика 13. Шематски приказ хелата.

Агенси за хелатирање метала су хемијска једињења која се користе за везивање металних јона формирањем стабилних комплекса, што спречава или успорава

нежељене реакције метала. У Табели 35 наведена су органска једињења која се користе као агенси за хелатирање микроелемената.

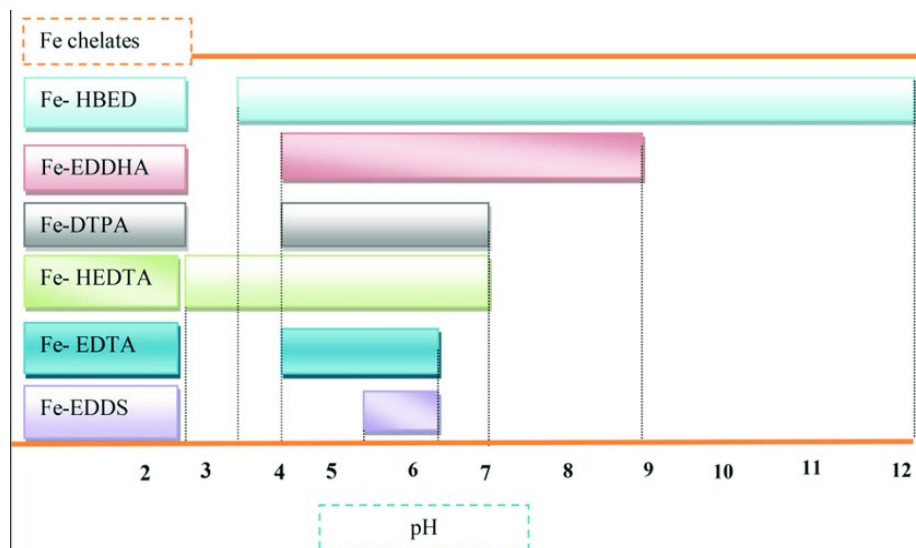
Табела 35. Органски агенаси за хелатирање микроелемената.

Хемијски назив	Алтернативна ознака
Етилендиаминотетрасирћетна киселина	EDTA
2-хидроксиетилетилендиаминтрисирћетна киселина	HEEDTA
Диетилентриаминпентасирћетна киселина	DTPA
Етилендиамин-ди (орто-хидроксифенилсирћетна) киселина	[o,o] EDDHA
Етилендиамин-N-[(орто-хидроксифенил)сирћетна киселина] -N'-[(пара-хидрокси)фенилсирћетна киселина]	[o,p]'EDDHA
Етилендиамин-N,N'-ди [(орто-хидрокси-метилфенил)сирћетна киселина]	[o,o] EDDHMA
Етилендиамин-N-[(орто-хидрокси-метилфенил)сирћетна киселина]-N'[(пара-хидрокси-метилфенил)сирћетна киселина]	[o,p] EDDHMA
Етилендиамин-N,N'-ди[(5-карбокси-2-хидроксифенил)сирћетна киселина]	EDDCHA
Етилендиамин-N,N'-ди[(2-хидрокси-5-сулфофенил)сирћетна киселина] и њени кондензациони производи	EDDHSA
Иминодисукцинска киселина	IDHA
N,N'-ди(2-хидроксибензил)етилендиамин-N,N'-дисирћетна киселина	HBED
[S,S]-етилендиаминдисукцинска киселина	[S,S]-EDDS

Извор: Правилник о условима за разврставање и утврђивање квалитета средстава за исхрану биља, одступањима садржаја хранљивих материја и минималним и максималним вредностима дозвољеног одступања садржаја хранљивих материја и о садржини декларације и начину обележавања средстава за исхрану биља. "Службени гласник РС", бр. 30 од 31. марта 2017, 31 од 27. априла 2018.

Стабилност хелатних агенаса у односу на рН земљишта је кључна за њихову ефикасност у различитим типовима земљишта и начинима примене. Хелатни агенси који се највише користе за хелатирање микроелемента су EDTA и DTPA. EDTA је најстабилнија у благо киселим условима, у опсегу рН од 4 до 6, али њена стабилност опада у алкалним земљиштима. DTPA показује бољу стабилност од EDTA у ширем опсегу рН, од 4.5 до 7.5, што је чини погоднијом за благо алкална земљишта. Поред ова два, постоје и ђубрива са микроелементима хелатираним са EDDHA и HBED који су врло стабилни на врло високим вредностима рН вредностима земљишта (Графикон 6).

Поред ђубрива која садрже микроелементе који су хелатирани са неким од хелатних агенаса, постоје и ђубрива у којима се микроелементи налазе у облику комплекса. Агенси за комплексирање микроелемената су хемијска једињења која могу да формирају стабилне комплексе са металним јонима, чиме побољшавају њихову растворљивост, стабилност и доступност у различитим срединама. Иако је комплексирање корисно за побољшање растворљивости и приступачности микроелемената, оно није толико стабилно као хелатирање, које представља специфичну врсту комплексирања са више тачака везивања и прстенастом структуром око метала. Комплексирање је основни механизам који омогућава да микроелементи остану активни и доступни у различитим окружењима. Најчешћи агенси за комплексирање микроелемената у ђубривима обично су органска једињења као што су лигносулфонска киселина, глуконска киселина, хуминске и фулво киселине и др.



Извор: Kasozi et al., 2019.

Графикон 6. Стабилност различитих хелата гвожђа у зависности од pH вредности земљишта.

Начин примене ђубрива са микроелементима може бити различит, у зависности од стања земљишта и биљака. Примена у земљиште је најчешћи начин за исправљање дуготрајног недостатка микроелемената. Вубрива се равномерно распоређују или се уносе у зону корена, где су микроелементи доступни биљкама током дужег периода. Фолијарна примена је ефикасан начин за брзу корекцију дефицита микроелемената, јер омогућава њихову директну апсорпцију кроз листове. Ова метода је посебно корисна у критичним фазама раста, као што су цветање и формирање плодова, или у условима када су земљишни услови неповољни за апсорпцију (нпр. високи pH). Наводњавање са фертигацијом је још један начин примене који омогућава равномерну расподелу ђубрива у зони корена и бољу ефикасност. Ефикасност ђубрења микроелементима зависи од правилне дијагнозе дефицита, која се постиже анализом земљишта и биљног материјала. У земљиштима са специфичним проблемима, као што су алкалност или песковита текстура, хелатна ђубрива и фолијарна прихрана често су најбоље решење. У случајевима превеликог дефицита, примена више метода (нпр. комбинација земљишног и фолијарног ђубрења) може бити неопходна. У Табели 36 налазе се најзначајнија ђубрива са микроелементима.

Табела 36. Ђубрива са микроелементима.

Елемент	Назив ђубрива	Садржај активне материје	Растворљивост	Препоручени начин примене		
				земљ.	ферт.	фол.
Цинк	Цинк-сулфат	>35%	висока	✓	✓	✓
	Цинк-оксид	70%	врло ниска	✓		
	Хелати цинка	<14%	висока	✓	✓	
	Цинк-нитрат	15%	висока	✓	✓	
	Цинк-хлорид	45%	висока	✓		✓
	Цинк-хумат	<12%	умерена	✓		✓
Гвожђе	Гвожђе-сулфат	20-30%	висока	✓		✓
	Гвожђе хелати	<15%	висока	✓	✓	✓
	Гвожђе-цитрат	10-12%	умерена	✓		✓
	Гвожђе-хумат	5-10%	врло ниска	✓		
Манган	Манган-сулфат	28-32%	висока	✓		✓
	Манган-оксид	50-60%	врло ниска	✓		
	Манган-хлорид	17-18%	висока	✓		✓
	Манган-нитрат	18-20%	висока	✓	✓	
	Манган хелати	<15%	висока		✓	✓
Бор	Натријум борат	<20%	висока	✓	✓	✓
	Борна киселина	14-18%	ниска	✓	✓	
	Калцијум-борат (колеманит)	>7%	врло ниска	✓		
	Бор-етанол-амин	8-11%	висока		✓	✓

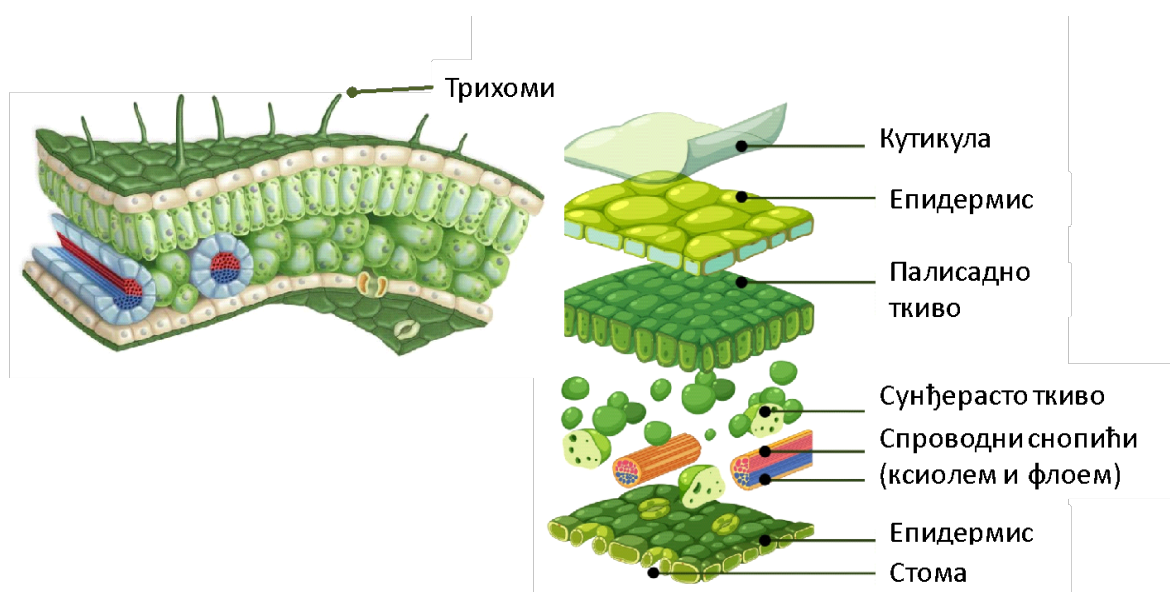
5. ФОЛИЈАРНА ПРИМЕНА ЂУБРИВА У ВИШЕГОДИШЊИМ ЗАСАДИМА

5.1. Механизам усвајања хранива преко листа

Фолијарна примена подразумева примену течног ђубрива директно на листове биљака, што омогућава апсорпцију неопходних хранљивих материја преко стома и епидерма. Посебно је ефикасна за примену ђубрива са микроелементима, али се може користити и за примену макроелемента, посебно у ситуацијама када је усвајање путем корена отежано или/и критичним фенофазама раста вишегодишњих засада. Фолијарно ђубрење не може заменити примену ђубрива преко земљишта, већ се користи као допунски начин обезбеђивања хранљивих материја. У последње време, овај начин примене ђубрива постао је саставни део савремене агротехнике у производњи воћа и грожђа.

Фолијарна исхрана је комплексан процес који обухвата апсорпцију преко листова, продирање хранива кроз кутикулу, улазак у метаболички активне делове ћелија у листовима, а затим транспорт и искоришћавање апсорбованих хранљивих материја унутар биљке. За ефикасну фолијарну примену потребно је добро разумевање механизма који омогућавају продирање раствора у биљку.

Листови биљака имају сложене и разноврсне хемијске и физичке адаптације које им помажу да се успешно изборе са стресним ситуацијама као што су јако зрачење, екстремне температуре, недостатак влаге, ветрови, штеточине, механичка оштећења, загађење, антропогене хемикалије и др. Листови су такође ефикасно прилагођени за регулисање губитка воде, хранљивих материја и метаболита, као и за контролу размене гасова, што је од кључне важности у неповољним условима. Ове заштитне особине, које омогућавају биљкама да преживе у стресним срединама, уједно утичу и на процесе апсорпције хранљивих материја примењених фолијарно. Прва препрека у продирању хранљивих материја у лист је кутикула. Кутикула је танак, воштани слој који покрива епидермис листа и служи као заштитна препрека, спречавајући губитак воде и продирање патогена (Слика 14). Истовремено, она значајно утиче на пропустљивост за воду, јоне и растворене супстанце. Њена дебљина, састав (воскови, пектин, кутини), хидрофобност и структура су кључни фактори који одређују могућност и брзину продирања хранљивих материја.



Извор: www.freepik.com.

Слика 14. Унутрашња грађа листа.

Постоје два могућа канала кроз које хранљиве материје примењене фолијарно могу продрети у лист. Генерално се сматра да се у највећој мери усвајање хранљивих материја одвија преко кутикуле, док у значајно мањој мери хранљиве материје могу индиректно продрети у лист и кроз стоме и трихоме. Продирање кроз стоме може се догодити само у кратком периоду након примене, док депозити прскања остају течни. Након тога, пенетрација кроз кутикулу остаје једини пут усвајања.

Апсорпција се делом одвија пасивном дифузијом молекула кроз углавном липоидну кутикулу, а делом динамичким процесом усвајања који зависи од метаболичке активности биљке. Дифузија хранљивих материја углавном се одвија услед концентрационог градијента од спољашње површине листа ка слободном простору у ћелијском зиду и цитоплазми унутар ћелије. Што је већа концентрација раствора која се може применити на површину листа без изазивања оштећења и што дуже раствор остаје активан на површини листа (тј. у течном стању), то је интензивније усвајање. Раствори који су апсорбовани у ћелијама листа могу се кретати апопластним или симпластним путевима, како би стигли до васкуларних ткива и били даље транспортовани. Хранљиве материје примењене фолијарно се транспортују кроз флоем, пратећи путеве асимилата произведених у процесу фотосинтезе. Транслокација хранљивих материја (јона) усвојених преко листа у друге органе зависи од њихове покретљивости. Елементи који се лако и брзо транспортују кроз биљку су азот, фосфор, калијум, сумпор и хлор. Средње покретни елементи су гвожђе, манган, цинк, бакар и молибден, док су врло слабо покретни калцијум и бор. У случају фолијарне примене слабо покретних елемената, третирање листова у току вегетације неопходно је поновити више пута, како би се обезбедила исхрана свих органа који током вегетације настају, расту и развијају се.

5.2. Фактори који утичу на ефикасност фолијарне примене ђубрива

Ефикасност усвајања хранљивих материја преко листова зависи од комбинације биолошких, хемијских и еколошких фактора. Усвајање хранива преко листа у највећој мери зависи од биљне (воћне) врсте, грађе и старости листа, хемијског састава раствора, концентрације и рН вредности раствора, релативне влажности и температуре ваздуха и интензитета и квалитета светлости.

Воћна врста игра значајну улогу у одређивању ефикасности усвајања хранљивих материја преко листова, јер се различите воћне врсте међусобно разликују по анатомским, физиолошким и хемијским карактеристикама листова. На пример, дебљина и састав кутикуле играју значајну улогу, јер дебља кутикула, каква је присутна код цитруса, успорава продирање хранљивих раствора, док танка кутикула, попут оне код јагодастих воћних врста, омогућава лакше апсорбовање. Распоред и густина стома такође утичу на овај процес. Код јабуке и крушке стоме су углавном на доњој страни листа, што може ограничити ефикасност фолијарне прихране, док код винове лозе равномерна расподела стома омогућава боље усвајање. Присуство длачица на листовима, попут трихома, такође утиче на ефикасност усвајања. Густе длачице, карактеристичне за врсте попут брескве, могу повећати задржавање раствора на површини, али истовремено и успорити продирање. Климатски услови у којима расту воћке често обликују њихове листове, па тако врсте из сушних предела, попут смокве или маслине, имају дебље кутикуле које смањују апсорпцију раствора у поређењу са врстама попут јабуке или крушке које се узгајају у умереним условима.

Старост листа има значајан утицај на способност усвајања хранљивих материја. Листови у различитим фазама развоја разликују се у анатомским и физиолошким

карактеристикама које одређују њихову апсорпциону способност. Млади листови обично имају већу способност апсорпције хранљивих материја због тање кутикуле, активнијег метаболизма и веће стопе транспорта апсорбованих хранљивих материја до других делова биљке, у односу на старе листове. Често се у старим листовима могу приметити физиолошке и структурне промене, попут смањене отворености стома и повећаног оштећења ткива, што додатно ограничава апсорпцију.

Хемијски облик хранљивих материја у раствору одређује њихову способност пенетрације кроз кутикулу листа. Раствори који садрже поларна једињења, као што су нитрати и сулфати, лакше пролазе кроз хидрофилне поре кутикуле, док неполарна једињења пролазе кроз липофилне слојеве кутикуле. Моларна маса и величина молекула такође играју важну улогу. Мањи молекули лакше и брже пролазе кроз кутикулу, док веће молекуле могу имати потешкоће у пенетрацији, ако њихова величина прелази димензије пора у кутикуларним слојевима. На пример, веће органске супстанце могу бити мање ефикасне у фолијарној примени у поређењу са мањим неорганским једињењима. Поред хемијског састава и **концентрација раствора** има значајан утицај на усвајање хранљивих елемената преко листа. Код ниских концентрација раствора, апсорпција је постепена и без ризика од оштећења ћелија листа. Такви раствори су погодни за корекцију мањих дефицита хранљивих материја или за одржавање исхране биљке. Међутим, ако је концентрација превише ниска, количина хранљивих материја може бити недовољна за ефикасно решавање озбиљнијих недостатака.

Када се повећа концентрација раствора, више хранљивих молекула или јона долази у контакт са површином листа. Ово повећава вероватноћу да ће хранљиве материје пенетрирати кроз кутикулу или стоме, посебно у областима са танком кутикулом или већим бројем пора. Повећавањем концентрације раствора, повећава се градијент концентрације између раствора и ћелијског садржаја листа, који подстиче пасивну дифузију јона кроз кутикулу и ћелијске мембране. Такође, повећава се стимулус за активни транспорт у ћелијама епидерма. Ћелијске мембране садрже протеинске транспортере који интензивирају апсорпцију хранљивих материја у присуству већих количина доступних јона.

С друге стране, превисоке концентрације раствора могу довести до осмотског стреса на површини листа. То изазива оштећење кутикуле и ћелија епидерма, што може смањити апсорпциону способност листа. У екстремним случајевима, високе концентрације могу изазвати фитотоксичност, што резултира жућењем или сушењем листова. Оптимална концентрација зависи од врсте примењених хранљивих материја, врсте биљке и специфичних услова околине. **pH вредност раствора** значајно утиче на усвајање хранљивих материја преко листа, јер одређује њихову растворљивост, стабилност и интеракцију са листом. Благо кисели раствори (pH 4–6) су најпогоднији, јер омекшавају кутикулу, повећавају растворљивост елемената и смањују ризик од преципитације. Алкални раствори могу довести до хидрофобности кутикуле и стварања нерастворљивих једињења, што ограничава апсорпцију. Оптимизација pH раствора у благо киселом опсегу обезбеђује стабилност хранљивих материја, олакшава њихову пенетрацију и омогућава ефикасну фолијарну прихрану.

Релативна влажност и температура ваздуха утичу на физиолошке процесе у биљкама, као и на задржавање и усвајање фолијарних ђубрива. Висока релативна влажност ваздуха подстиче усвајање хранљивих материја, јер успорава испаравање раствора са површине листа, чиме се продужава контакт раствора са кутикулом. Насупрот томе, ниска релативна влажност доводи до брзог сушења раствора, што смањује време доступно за апсорпцију и може резултирати формирањем кристала на површини листа. Умерене температуре (20–26 °C) су оптималне за усвајање, јер

омогућавају равнотежу између испаравања раствора и физиолошке активности листа. Више температуре убрзавају испаравање, што може довести до кристализације хранљивих материја на листу и смањене апсорпције. Насупрот томе, веома ниске температуре успоравају метаболизам биљке и затварају стоме, што ограничава апсорпцију. **Интензитет и квалитет светлости** имају значајан утицај на физиолошке процесе у листовима, што директно утиче на усвајање хранљивих материја. Светлост регулише отварање стома, метаболичку активност листа и пропусност кутикуле, чиме одређује ефикасност фолијарне прихране. Висок интензитет светлости стимулише отварање стома, чиме се повећава могућност апсорпције кроз стомарне поре. Међутим, прекомерно јако светло може довести до повећања температуре листа, што убрзава испаравање раствора и смањује време за апсорпцију. У интензивним засадама често се користе мреже за сенчење и заштиту од града. Мрежа за сенчење побољшава усвајање хранива преко листа тако што смањује температуру и испаравање, продужавајући задржавање фолијарних раствора на површини листа. Мањи интензитет сунчевог зрачења смањује стрес биљака и чува структуру листа, омогућавајући бољу апсорпцију хранљивих материја. Оптимално сенчење од 20-40% повећава ефикасност фолијарне прихране, док прекомерно сенчење може смањити фотосинтезу и усвајање хранива. Слаб интензитет светлости, попут оног у облачним условима или током раних јутарњих и вечерњих часова, може смањити активност стома, али дуже задржавање раствора на листу у овим условима често компензује овај ефекат. Ово време је обично повољније за примену раствора, јер је метаболизам биљке довољно активан да омогући усвајање, а ризик од испаравања је минималан. Због тога, фолијарна примена ђубрива у раним јутарњим или вечерњим терминима обично даје најбоље резултате (дифузна светлост и умерена температура).

5.3. Основне карактеристике ђубрива за фолијарну примену

Ђубрива за фолијарну примену треба да буду формулисана са различитим карактеристикама у односу на ђубрива која се примењују преко земљишта, како би се осигурала њихова ефикасност и безбедност за директну апсорпцију преко листова. Разлике произлазе из специфичних услова и механизма апсорпције хранљивих материја кроз листове у поређењу са кореновим системом. Најважније карактеристике ђубрива која се користе за фолијарну примену су следеће:

Растворљивост у води

Растворљивост ђубрива у води је један од најважнијих фактора за успешну фолијарну примену, јер директно утиче на стабилност раствора, једноставност примене и доступност хранљивих материја биљкама. Фолијарна исхрана подразумева примену раствора ђубрива на површину листова, где је кључно да хранљиве материје буду у облику који се лако апсорбује кроз кутикулу и стоме. Ђубриво мора бити довољно растворљиво да створи хомоген раствор без преципитације. Неравномерно растворена ђубрива могу изазвати зачепљење прскалица и неравномерну примену, што смањује ефикасност прихране. Само растворени облици хранљивих материја могу продрети кроз кутикулу или стоме. Ако ђубриво није добро растворљиво, хранљиве материје остају у чврстом облику и постају недоступне биљци. Раствори високе растворљивости омогућавају хранљивим материјама да остану активне на површини листа дуже време, чиме се продужава време апсорпције, што је нарочито важно у условима брзог испаравања воде.

pH вредност

pH вредност раствора ђубрива игра кључну улогу у ефикасности фолијарне исхране, јер утиче на стабилност хранљивих материја, интеракцију раствора са површином листа и апсорпцију хранљивих материја кроз кутикулу и стоме. Кутикула листа је хидрофобна баријера која ограничава пенетрацију. Благо кисели раствори (pH 4–6) омекшавају кутикулу и повећавају њену пропусност, олакшавајући продирање хранљивих материја. Са друге стране, алкални раствори могу повећати хидрофобност кутикуле, што ограничава апсорпцију. Раствори са екстремно ниским pH (< 3) могу изазвати фитотоксичност, као што су опекотине или оштећења листова. Слично томе, високо алкални раствори (> 8) могу довести до дехидрације и оштећења кутикуле.

Молекулска маса и запремина молекула

Мања молекулска маса и компактна молекулска структура омогућавају лакше и брже продирање молекула кроз поре кутикуле, које су ограничене величине. Молекули са нижом молекулском масом (обично испод 500 g/mol) и мањом запремином имају већу вероватноћу да успешно продру у унутрашњост листа. На пример, молекули нитрата (NO_3^-) или амонијума (NH_4^+) се лако апсорбују јер су релативно мали.

Супротно томе, веће молекуле са већом молекулском масом и запремином имају ограничену способност пенетрације. Истраживања су показала да молекули са молекулском масом већом од 600 g mol^{-1} и великим молекулским радијусом тешко пролазе кроз кутикулу.

Хигроскопност и тачка деликвесценције

Хигроскопност је способност ђубрива да апсорбује влагу из ваздуха. Код фолијарне примене, висока хигроскопност је пожељна јер омогућава продужено задржавање раствора на листу, чиме се постиже ефикаснија апсорпција у условима ниске влажности ваздуха и смањује ризик од кристализације ђубрива на површини листа. Тачка деликвесценције (PoD, *Point of Deliquescence*) представља релативну влажност ваздуха при којој ђубриво почиње да апсорбује влагу и постаје течност. Вубрива са ниском PoD вредношћу могу се растворити у влази из ваздуха чак и након што се примењени раствор осуши на листу. Ово омогућава да биљке и даље апсорбују хранљиве материје у условима када су капљице раствора нестале. У сувим условима или током топлог дана, ђубрива са ниском PoD вредношћу остају ефикасна, док се ђубрива са високом PoD вредношћу могу кристализовати и постати недоступна.

Електрични набој молекула

Површина листа је обично негативно наелектрисана при pH већем од 3, због присуства карбоксилних и других киселих група у кутикули. Молекули ђубрива са различитим електричним набојем (катјони, анјони или неутрални молекули) различито реагују са овом површином. Позитивно наелектрисани молекули, као што су калцијум (Ca^{2+}), магнезијум (Mg^{2+}) и калијум (K^+), имају снажан афинитет према негативно наелектрисаној површини листа. Овај афинитет олакшава њихово задржавање на листу, али прекомерна концентрација може изазвати опекотине и смањити апсорпцију. Молекули попут нитрата (NO_3^-) и фосфата (PO_4^{3-}) имају слабији афинитет према површини листа због сличног набоја. Због тога је њихово задржавање на листу краће, што може смањити ефикасност усвајања. Молекули без електричног набоја (уреа и др.) имају већу флексибилност, јер могу пролазити и кроз хидрофилне и кроз хидрофобне путеве.

Индекс соли

Индекс соли је мера осмотског притиска који ђубриво ствара у раствору, у поређењу са стандардом натријум-нитратом (NaNO_3), чији је индекс соли дефинисан као 100. Овај параметар је од великог значаја за фолијарну исхрану биљака, јер осмотски ефекат раствора директно утиче на безбедност примене и ефикасност апсорпције

хранљивих материја. Раствори са високим индексом соли могу изазвати осмотски стрес на листовима, доводећи до дехидрације ћелија епидермиса и оштећења ткива. Ово се манифестује као фитотоксичност, која укључује симптоме као што су ожеготине, жућење или сушење листова. У том смислу, избор ђубрива са нижим индексом соли је од пресудног значаја за смањење ризика од оштећења, посебно код младих биљака или у условима стреса, као што су висока температура или ниска влажност ваздуха.

Компатибилност са пестицидима и другим производима

Компатибилност ђубрива за фолијарну примену са пестицидима и другим производима је од суштинског значаја за осигурање ефикасности, безбедности и економичности агротехничких мера. Ако ђубриво и пестициди нису компатибилни, може доћи до преципитације (стварања чврстих наслага), што доводи до зачепљења прскалица и неравномерне примене. Ово умањује ефикасност оба производа и повећава ризик од оштећења опреме. Неке хемијске реакције могу довести до разградње активних супстанци у пестицидима или хранљивих материја у ђубривима. Поред тога, неправилна комбинација може изазвати фитотоксичност, што се манифестује као ожеготине, жућење или сушење листова. Компатибилност ђубрива са пестицидима омогућава комбиновану примену, чиме се смањује број третмана и оптимизује радно време, што је економски исплативије и еколошки прихватљивије.

Садржај адитива

Адитиви у ђубривима за фолијарну примену играју пресудну улогу у побољшању ефикасности апсорпције хранљивих материја, стабилности раствора и безбедности примене. Њихова улога је да олакшају равномерно распршивање раствора по површини листа, продужавају време задржавања раствора на листу и побољшају пенетрацију хранљивих материја кроз кутикулу и стоме. Сурфактанти (оквашивачи), као један од најчешћих адитива, смањују површински напон раствора, што омогућава равномерније покривање листова и бољи контакт раствора са кутикулом. Пенетратори побољшавају продирање хранљивих молекула кроз кутикулу, посебно оних са већом молекулском масом, док адхезиви помажу у дужем задржавању раствора на листу, спречавајући отицање и испирање. рН регулатори одржавају раствор у оптималном опсегу, обично између 4 и 6, спречавајући преципитацију и обезбеђујући стабилност хранљивих материја, док стабилизатори штите хранљиве материје, нарочито микроелементе, од разградње у раствору.

5.4. Вубрива са макроелементима и секундарним макроелементима намењена за фолијарну примену

Фолијарна примена макроелемената и секундарних елемената користи се у ситуацијама када је исхрана преко корена ограничена или недовољна за задовољавање потреба биљака. Примена макроелемената фолијарним путем је нарочито корисна у условима неповољних особина земљишта, као што су ниска влажност, висок рН, ниске температуре или прекомерно влажење земљишта, где коренов систем није у могућности да ефикасно апсорбује хранљиве материје. Током критичних фаза развоја биљке, као што су цветање, формирање и сазревање плодова, потребе за хранљивим материјама значајно расту, а фолијарна примена може успешно допунити основну исхрану и обезбедити неопходне макроеlemente и секундарне елементе. У Табели 37 су наведена најзначајнија азотна ђубрива која се могу примењивати фолијарно.

Табела 37. Основна својства азотних ђубрива за фолијарну примену (Schonhett, 2002; Fageria et al., 2009; Fernández et al., 2013; Havlin et al., 2017; Ducatti & Tironi, 2024).

Назив ђубрива	Процент активне материје	Индекс соли	Растворљивост (g/100 ml, 20°C)	*PoD (%)	Концентрација раствора за примену (%)
Уреа ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$)	46% N	75	108	~80	0,50-2,0
Амонијум-нитрат (NH_4NO_3)	33-34% N	105	150	~60	0,50-1,0
Амонијум-хлорид (NH_4Cl)	25% N	130	29.4	~72	0,20-0,50
Амонијум-сулфат ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$)	21% N, 24% S	69	70	~79	0,50-1,0
УАН раствор (Уреа и NH_4NO_3)	28-32% N	~85	-	~40	0,50-1,50
Калцијум-нитрат ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$)	15.5% N, 19% Ca	52	121	~50	0,50-1,0

*PoD, Тачка деликвесценције (*Point of Deliquescence*).

Захваљујући високом садржају азота од 46%, ниском индексу соли и неутралном молекулу који се лако апсорбује кроз кутикулу листа, уреа је најпогодније ђубриво за фолијарну примену. Амонијум-нитрат има висок индекс соли, што повећава ризик од оштећења листова, те је погодан само за примену у ниским концентрацијама или као део мешавина. Амонијум-хлорид је мање погодан за фолијарну примену, јер његов висок индекс соли значајно повећава вероватноћу фитотоксичности. Поред тога, неке воћне врсте су врло осетљиве на прекомерну примену хлора, који може довести до осмотског стреса у листовима, што резултира сушењем и ожеготинама. Из тог разлога ово ђубриво се мора примењивати у релативно ниским дозама, што може ограничити ефикасност овог ђубрива. Амонијум-сулфат може бити користан у фолијарној примени у ниским концентрацијама, посебно када је потребно обезбедити сумпор, али његов умерен индекс соли захтева опрез у дозирању како би се избегла оштећења листова. УАН раствор, који је мешавина урее и амонијум- нитрата, такође је погодан за фолијарну примену, захваљујући својој потпуној растворљивости и комбинацији сва три облика азота. Калцијум-нитрат се издваја као веома погодно ђубриво за фолијарну примену, нарочито када је потребно снабдевање калцијумом, јер има умерен индекс соли, високу растворљивост и добру ефикасност.

У Табели 38 наведена су најзначајнија фосфорна и калијумова ђубрива која се могу примењивати фолијарно.

Табела 38. Основна својства фосфорних и калијумових ђубрива за фолијарну примену (Schonherr, 2002; Fageria et al., 2009; Fernández et al., 2013; Havlin et al., 2017; Ducatti & Tironi, 2024).

Назив ђубрива	Процент активне материје	Индекс соли	Растворљивост (g 100 ml ⁻¹ , 20°C)	*PoD (%)	Концентрација раствора за примену (%)
Моноамонијум фосфат (МАП) (NH ₄ H ₂ PO ₄)	61% P ₂ O ₅	30	37,4	~93	0,50-1,50
Амонијум полифосфат ((NH ₄) ₂ H ₂ P ₂ O ₇)	37 % P ₂ O ₅	~20	раствор	~85	0,5-2,0
Фосфорна киселина (H ₃ PO ₄) (75%)	53,4% P ₂ O ₅	-	раствор	-	0,10-0,50
Калијум-фосфат (МКП) (KH ₂ PO ₄)	52% P ₂ O ₅ , 34% K ₂ O	9	22,6	~92	0,50-2,0
Калијум-нитрат (KNO ₃)	44% K ₂ O 13% N	70	38,0	~93	1,0-2,0
Калијум-сулфат (K ₂ SO ₄)	50% K ₂ O	46	11,1	~95	0,50-1,50
Калијум-хлорид (KCl)	60% K ₂ O	116	34,0	~72	0,20-0,50

*PoD, Тачка деликвесценције (*Point of Deliquescence*).

Моноамонијум-фосфат је веома погодан за фолијарну примену, због високе растворљивости и умереног индекса соли. Полифосфат амонијума нуди стабилнији извор фосфора са продуженим деловањем и добром компатибилношћу у мешавинама, али се одликује мањом ефикасношћу у односу на амонијум-фосфат због грађе молекула (ланац више фосфатних јединица). Фосфорна киселина има изузетну растворљивост и веома низак индекс соли, али због своје киселости захтева пажљиву примену, јер већ у малим количинама значајно снижава рН вредност раствора. Из тог разлога се врло често користи као рН коректор. Монокалијум- фосфат (МКП) комбинује фосфор и калијум, уз низак индекс соли и добру растворљивост, што га чини једним од најбољих избора за фолијарну примену у критичним фазама раста. Калијум-нитрат је веома погодан за фолијарну примену, јер поред калијума обезбеђује и азот, има високу растворљивост и умерен индекс соли, што га чини безбедним за већину воћних врста. Калијум-сулфат је такође добар избор, посебно за културе осетљиве на хлор, јер поред калијума обезбеђује и сумпор. Међутим, његова нижа растворљивост захтева пажљивију припрему раствора. Калијум-хлорид је мање погодан за фолијарну примену због високог индекса соли и могућности оштећења листова (културе осетљиве на хлор).

Код вишегодишњих засада, фолијарна примена секундарних макроелемената (калцијума и магнезијума) користи се у ситуацијама када је неопходно брзо и ефикасно обезбедити ове есенцијалне хранљиве елементе. С обзиром на то да је калцијум слабо покретан у биљци, његова фолијарна примена током критичних фаза развоја, као што су цветање или формирање плодова, обезбеђује непосредну доступност тамо где је најпотребнији. Магнезијум, с друге стране, игра кључну улогу у фотосинтези и продукцији енергије, а његов недостатак најчешће се манифестује жутим мрљама између нерава на старијем лишћу. Фолијарна примена магнезијума посебно је ефикасна на киселим или песковитим земљиштима, где је његова

приступачност често ограничена. У Табели 39 приказана су најзначајнија калцијумова и магнезијумова фолијарна ђубрива.

Табела 39. Основна својства калцијумових и магнезијумових ђубрива за фолијарну примену (Schonherr, 2002; Fageria et al., 2009; Fernández et al., 2013; Havlin et al., 2017; Ducatti & Tironi, 2024).

Назив ђубрива	Проценат активне материје	Индекс соли	Растворљивост (g 100 ml ⁻¹ , 20°C)	*PoD (%)	Концентрација раствора за примену (%)
Калцијум-нитрат (Ca(NO ₃) ₂)	19%	52	121	~50	0,50-1,0
Калцијум-хлорид (CaCl ₂)	36%	130	74,5	~30	0,20-0,50
Калцијум-формијат (Ca(HCOO) ₂)	30%	<10	16	~80	0,50-1,0
Калцијум-хелат (EDTA)	8-10%	<5	-	-	0,10-0,50
Калцијум-хелат (аминокиселине)	8-12%	<5	-	-	0,10-0,30
Магнезијум-нитрат (Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O)	15,6% MgO 10,5 N	70	71	~55	0,50-1,0
Магнезијум-сулфат (MgSO ₄ ·7H ₂ O)	16% MgO 32% SO ₃	44	71	~90	1,0-2,0

*PoD, Тачка деликвесценције (*Point of Deliquescence*).

Фолијарна примена калцијумових и магнезијумових ђубрива има различите улоге и значај, јер оба елемента испуњавају специфичне функције у биљци, али се њихова примена разликује у циљевима и времену примене.

Магнезијум је кључан за фотосинтезу, јер је централни јон у молекулу хлорофила, и учествује у бројним ензимским реакцијама које су важне за производњу енергије. Његова фолијарна примена је посебно значајна у корекцији симптома хлорозе која се јавља на старијим листовима, јер је магнезијум покретан у биљци и може бити преусмерен из старијих у млађа ткива, када је његова приступачност ограничена. Фолијарна примена магнезијума омогућава брзу корекцију недостатка, посебно у стресним условима, као што су суша или висок ниво антагонистичких јона у земљишту (попут калцијума, калијума или натријума). С друге стране, калцијум има примарну улогу у стабилности ћелијских зидова и мембрана, што је пресудно за чврстину плодова и отпорност на пуцање, гљивичне инфекције и физиолошке поремећаје, попут горких пега код јабука. Калцијум је слабо покретан у биљци, што значи да се, једном депонован у ткиву, не премешта у друге делове биљке. Фолијарна примена калцијума је стога усмерена на директно снабдевање плодова и младих ткива, где је његова улога најважнија. Фолијарна примена калцијума обично има већи значај код вишегодишњих засада, јер калцијум директно утиче на квалитет плода, његову чврстину, отпорност на пуцање и складишну способност. Калцијум је слабо покретан унутар биљке, што значи да га је потребно директно доставити плодовима путем фолијарне примене. Ово је посебно важно у каснијим фазама вегетације, током раста и сазревања плодова. Недостатак калцијума може довести до физиолошких поремећаја као што су горке пеге код јабука, пуцање плодова или слаба чврстина, што значајно утиче на принос и тржишну вредност. Код воћних врста које су посебно осетљиве на недостатак калцијума, као што је јабука, фолијарна примена калцијумових ђубрива обично започиње одмах након завршетка цветања, када се

плодови формирају, и наставља се током читавог периода њиховог раста, све до неколико недеља пре бербе. Третмани се најчешће изводе у интервалима од 10 до 14 дана, а у условима високог ризика од појаве поремећаја, могу се вршити на сваких седам дана. За фолијарну примену најчешће се користе калцијум-хлорид и калцијум-нитрат, као и специјализовани препарати обogaћени аминокиселинама или хелатним агенсима. Уобичајена пракса је да се калцијум нитрат примењује у првом делу вегетације због позитивног утицаја на вегетативни раст услед значајног садржаја нитратног азота, док се у другом делу вегетације примењује калцијум хлорид. Препарати са додатим органским компонентама често омогућавају бољу апсорпцију и мобилност калцијума унутар биљке. Најбоље време фолијарне примене је рано ујутру или касно поподне, када су температуре ниже, а испаравање минимално. Препоручује се избегавање примене при високим температурама и јаком сунцу, како би се смањио ризик од оштећења листова и плодова. Такође, важно је избегавати мешање калцијума са препаратима који садрже сулфате или фосфате, јер може доћи до преципитације (таложeња). Фолијарна примена калцијума захтева редовност током вегетације, јер је овај елемент слабо покретан у биљци. Уз правилну примену и одржавање оптималних услова у земљишту, ова мера значајно побољшава квалитет и складишну способност плодова.

Концентрације раствора ђубрива треба прилагодити специфичним потребама воћних врста и њиховој осетљивости на фитотоксичност. У топлим и сушним условима препоручује се коришћење нижих концентрација, како би се избегла оштећења листова. Током раних фаза раста и развоја, користе се ниже концентрације, док се у каснијим фазама могу применити више дозе у зависности од потреба биљке.

Код вишегодишњих засада, фолијарна примена секундарних макроелемената (калцијума и магнезијума) користи се у ситуацијама када је неопходно брзо и ефикасно обезбедити ове есенцијалне хранљиве елементе. С обзиром на то да је калцијум слабо покретан у биљци, његова фолијарна примена током критичних фаза развоја, као што су цветање или формирање плодова, обезбеђује непосредну доступност тамо где је најпотребнији. Магнезијум, с друге стране, игра кључну улогу у фотосинтези и продукцији енергије, а његов недостатак најчешће се манифестује жутиим мрљама између нерава на старијем лишћу. Фолијарна примена магнезијума посебно је ефикасна на киселим или песковитим земљиштима, где је његова приступачност често ограничена. У Табели 40 приказана су најзначајнија калцијумова и магнезијумова фолијарна ђубрива.

Табела 40. Основна својства калцијумових и магнезијумових ђубрива за фолијарну примену (Schonherr, 2002; Fageria et al., 2009; Fernández et al., 2013; Havlin et al., 2017; Ducatti & Tironi, 2023).

Назив ђубрива	Процент активне материје	Индекс соли	Растворљивост (g 100 ml ⁻¹ , 20°C)	*PoD (%)	Концентрација раствора за примену (%)
Калцијум-нитрат (Ca(NO ₃) ₂)	19%	52	121	~50	0,50-1,0
Калцијум-хлорид (CaCl ₂)	36%	130	74,5	~30	0,20-0,50
Калцијум-формијат (Ca(HCOO) ₂)	30%	<10	16	~80	0,50-1,0
Калцијум-хелат (EDTA)	8-10%	<5	-	-	0,10-0,50
Калцијум-хелат (аминокиселине)	8-12%	<5	-	-	0,10-0,30
Магнезијум-нитрат (Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O)	15,6% MgO 10,5 N	70	71	~55	0,50-1,0
Магнезијум-сулфат (MgSO ₄ ·7H ₂ O)	16% MgO 32% SO ₃	44	71	~90	1,0-2,0

*PoD, Тачка деликвесценције.

Фолијарна примена калцијумових и магнезијумових ђубрива има различите улоге и значај, јер оба елемента испуњавају специфичне функције у биљци, али се њихова примена разликује у циљевима и времену примене.

Магнезијум је кључан за фотосинтезу, јер је централни јон у молекулу хлорофила, и учествује у бројним ензимским реакцијама које су важне за производњу енергије. Његова фолијарна примена је посебно значајна у корекцији симптома хлорозе која се јавља на старијим листовима, јер је магнезијум покретан у биљци и може бити преусмерен из старијих у млађа ткива када је његова приступачност ограничена. Фолијарна примена магнезијума омогућава брзу корекцију недостатка, посебно у стресним условима, као што су суша или висок ниво антагонистичких јона у земљишту (попут калцијума, калијума или натријума). С друге стране, калцијум има примарну улогу у стабилности ћелијских зидова и мембрана, што је пресудно за чврстину плодова и отпорност на пуцање, гљивичне инфекције и физиолошке поремећаје, попут горких пега код јабука. Калцијум је слабо покретан у биљци, што значи да се, једном депонован у ткиву, не премешта у друге делове биљке. Фолијарна примена калцијума је стога усмерена на директно снабдевање плодова и младих ткива, где је његова улога најважнија. Фолијарна примена калцијума обично има већи значај код вишегодишњих засада, јер калцијум директно утиче на квалитет плода, његову чврстину, отпорност на пуцање и складишну способност. Калцијум је слабо покретан унутар биљке, што значи да га је потребно директно доставити плодовима путем фолијарне примене. Ово је посебно важно у каснијим фазама вегетације, током раста и сазревања плодова. Недостатак калцијума може довести до физиолошких поремећаја као што су горке пеге код јабука, пуцање плодова или слаба чврстина, што значајно утиче на принос и тржишну вредност. Код воћних врста које су посебно осетљиве на недостатак калцијума, као што је јабука, фолијарна примена калцијумових ђубрива обично започиње одмах након завршетка цветања, када се плодови формирају, и наставља се током читавог периода њиховог раста, све до неколико недеља пре бербе. Третмани се најчешће изводе у интервалима од 10 до 14 дана, а у условима високог ризика од појаве поремећаја, могу се вршити на сваких

седам дана. За фолијарну примену најчешће се користе калцијум-хлорид и калцијум-нитрат, као и специјализовани препарати обогаћени аминокиселинама или хелатним агенсима. Препарати са додатим органским компонентама често омогућавају бољу апсорпцију и мобилност калцијума унутар биљке. Најбоље време фолијарне примене је рано ујутру или касно поподне, када су температуре ниже, а испаравање минимално. Препоручује се избегавање примене при високим температурама и јаком сунцу, како би се смањио ризик од оштећења листова и плодова. Такође, важно је избегавати мешање калцијума са препаратима који садрже сулфате или фосфате, јер може доћи до преципитације (таложења). Фолијарна примена калцијума захтева редовност током вегетације, јер је овај елемент слабо покретан у биљци. Уз правилну примену и одржавање оптималних услова у земљишту, ова мера значајно побољшава квалитет и складишну способност плодова.

Концентрације раствора ђубрива треба прилагодити специфичним потребама воћних врста и њиховој осетљивости на фитотоксичност. У топлим и сушним условима препоручује се коришћење нижих концентрација како би се избегла оштећења листова. Током раних фаза раста и развоја, користе се ниже концентрације, док се у каснијим фазама могу применити више дозе у зависности од потреба биљке.

5.5. Ђубрива са микроелементима намењена за фолијарну примену

Најстарија ђубрива са микроелементима која су се примењивала фолијарно биле су неорганске соли микроелемената, које су постале популарне током прве половине 20. века. Међу њима су се најчешће користили сулфати микроелемената, попут цинковог сулфата ($ZnSO_4$), који се примењивао за исправљање недостатка цинка код воћака и житарица, гвожђе (II)-сулфата ($FeSO_4$), који је био ефикасан у борби против хлорозе изазване недостатком гвожђа, посебно код винове лозе и цитруса, као и бакар(II)-сулфата ($CuSO_4$), који се користио не само као извор бакра, већ и за превенцију гљивичних болести. Поред сулфата, често су се користиле и једињења бора, попут борне киселине (H_3BO_3) и натријум-бората, где су успешно решавале проблеме недостатка бора. У мањој мери примењивани су хлориди микроелемената, попут цинковог хлорида ($ZnCl_2$) и гвожђе(III)-хлорида ($FeCl_3$), али је њихова употреба била ограничена због веће фитотоксичности и слабије ефикасности у поређењу са сулфатима. Неорганске соли микроелемената, због мале моларне масе и запремине молекула, релативно лако пролазе кроз кутикулу листа и одликују се добром ефикасношћу. Међутим, ова ђубрива имају одређена ограничења, укључујући могућност изазивања фитотоксичности при вишим концентрацијама, нестабилност у растворима и врло ограничену компатибилност са средствима за заштиту биљака. Средином 20. века уведена су хелатна ђубрива и комплексна ђубрива са микроелментима (Табела 41).

Табела 41. Основне карактеристике различитих врста фолијарних ђубрива са микроелементима (Ducatti & Tironi, 2024).

Карактеристика	Неорганске соли метала	Комплекси метала	Хелати метала
Структура везе	једноставне координативне везе са неорганским јонима (сулфати, нитрати, хлориди и др.)	једноставне координативне везе са органским молекулима	прстенаста структура формирана вишеструким координативним везама
Стабилност у растворима	слаба, често губе стабилност при промени pH раствора	средња, стабилни у неутралним или благо алкалним условима	одлична, стабилни у широком опсегу pH
Вероватноћа појаве ожеготина на листу	велика	мала	мала
*Ефикасност апсорпције	добра	добра	добра
Компатибилност са другим ђубривима и пестицидима	слаба	добра	одлична
Цена	најефтинији облик ђубрива	углавном јефтинији од хелата	најскупљи облик

*Ефикасност апсорпције у највећој мери зависи од моларне масе и запремине молекула.

Технике претварања неорганских у органска ђубрива са микроелементима заснивају се на реакцијама неорганских соли метала растворљивих у води и различитих органских једињења кроз поступак који се назива хелатирање и/или комплексирање. Хелатирање и комплексирање укључују употребу синтетичких и/или природних органских једињења, ради стварања „заштите“ за металне катјоне и спречавања њихове интеракције са другим јонима присутним у раствору. Ове технике се обично користе за металне катјоне који се сврставају у микроелементе (Fe, Zn, Mn, Cu), али и макроелементи, као што су калцијум, калијум и магнезијум, могу бити комплексовани или хелатирани.

Хелати су специфична врста хемијских комплекса у којима је централни метални јон везан за лиганд који формира прстенасту структуру. Овај процес везивања назива се хелатирање, а лиганди који учествују у том процесу називају се хелатни агенси. За хелатирање се могу користити хелатни агенси који су природног порекла (лигносулфонати, лимунска киселина, глицин, хуминске/фулво киселине и сл.) или синтетичких органских једињења као што су EDTA, DTPA, HBED и EDDHA. С друге стране, комплексни агенс је било која хемијска супстанца која може да се веже за металне катјоне путем једноструких или вишеструких веза, али без стварања прстенасте структуре. Комплексирање обично укључује више од једног комплексног агенса, како би се створио стабилан комплекс са металним катјоном. Комплексни агенси могу се класификовати као неорганска једињења (нитрати, хлориди, сулфати, фосфати и сл.) или органска једињења (глутатион, моноетаноламин, аминокиселине, екстракт морских алги и сл.)

Циљ хелатирања и комплексирања је да:

- ✓ заштите хранљиве материје и јоне присутне у раствору кроз механизам „везивања и задржавања“ металних катјона;
- ✓ избегну проблеме са антагонистичким реакцијама приликом повећања јонске јачине раствора;
- ✓ спрече редукцију или оксидацију хранљивих материја;
- ✓ уравнотеже јонски набој супстанце ради олакшања апсорпције;
- ✓ избегну проблеме са мешањем у резервоару;
- ✓ повећају ефикасност ђубрења;
- ✓ смање ризик од ожеготина на листовима;
- ✓ побољшају транспорт хранљивих материја унутар биљке;
- ✓ спрече формирање талога

Одабир фолијарног ђубрива са микроелементима зависи од више фактора, укључујући специфичне потребе биљке, услове гајења и карактеристике самог ђубрива. У Табели 42 приказана су најзначајнија ђубрива са бором погодна за фолијарну примену.

Табела 42. Ђубрива бора погодна за фолијарну примену (Singh et al., 2013; Turner et al., 2021; Mousavi et al., 2022).

Назив ђубрива	Садржај бора (%)	Растворљивост у води (g l ⁻¹ , 20°C)	pH (0,1% раствор)	Препоручена концентрација раствора (%)
Бор-етаноламин	10-15	потпуна (раствор)	6,5-8,5	0,10-0,30
Борна киселина	17-20	50	5,0-6,0	0,10-0,30
Боракс (натријум тетраборат)	10-12	60	7,0-9,0	0,20-0,50
Сулобор (динатријум октаборат тетрахидрат)	20	100	8,2-8,8	0,10-0,30
Бор-глуконат	6-8	потпуна (раствор)	6,2-6,8	0,10-0,20

Код фолијарне примене бора треба водити рачуна о томе да бор биљке захтевају у веома малим количинама, а његов праг фитотоксичности је релативно низак. Недостатак бора доводи до слабог развоја вршних делова биљке, некрозе, деформације листова и проблема са формирањем плодова. Са друге стране, чак и минимално прекорачење оптималне концентрације може изазвати токсичност, која се манифестује оштећењем листова, некрозом или опекотинама. Код вишегодишњих засада, најчешће коришћена борна ђубрива за фолијарну примену су бор-етаноламин и Сулобор. Бор-етаноламин се издваја због своје лакоће апсорпције преко листова и добре компатибилности са пестицидима, што га чини погодним за различите услове у воћњацима и виноградима. Сулобор је популаран због високе концентрације бора, одличне растворљивости, стабилности pH вредности, што га чини једним од најчешће примењиваних извора бора у фолијарној исхрани. Бор-глуконат је често избор за осетљиве воћне врсте, као што су малине, купине и боровнице, због ниског ризика од фитотоксичности и високе ефикасности. У Табели 43 приказана су најзначајнија ђубрива гвожђа погодна за фолијарну примену.

Табела 43. Ђубрива гвожђа погодна за фолијарну примену (Fernández et al., 2006; Rombolà & Tagliavini, 2006; Singh et al., 2013).

Назив ђубрива	Садржај гвожђа (%)	Растворљивост у води (g l ⁻¹ , 20°C)	pH (0,1% раствор)	Препоручена концентрација раствора (%)
Гвожђе-сулфат	19-20	200	3,0-4,0	0,20-0,50
Хелат (Fe-EDTA)	5-6	потпуна (раствор)	6,0-7,0	0,10-0,30
Хелат (Fe-DTPA)	7-11	400	6,0-7,0	0,10-0,30
Хелат (Fe-EDDHA)	6	100	7,50-8,50	0,05-0,20
Хелат (Fe-HBED)	5-9	34	6,0-8,0	0,05-0,15
Гвожђе-глуконат	10-12	потпуно (раствор)	5,50-6,50	0,10-0,30

За фолијарну примену код вишегодишњих засада најчешће се користе хелатна ђубрива гвожђа, као што су Fe-EDTA, Fe-DTPA и Fe-EDDHA. Ове формулације су веома популарне због своје високе растворљивости, стабилности у растворима и добре компатибилности са другим ђубривима и пестицидима. Гвожђе-сулфат је значајно

јефтинији од хелатних формулација. Одликује се одличном растворљивости у води и високој ефикасности. Међутим, гвожђе-сулфат се слабо меша са алкалним ђубривима или растворима са високим рН, јер може доћи до таложења у облику нерастворљивог гвожђе-хидроксида. Такође, ризик од фитотоксичности је већи, посебно ако се користе веће концентрације или ако се примењује у неповољним условима (високе температуре, суша). У Табели 44 приказана су најзначајнија ђубрива цинка погодна за фолијарну примену.

Табела 44. Вубрива цинка погодна за фолијарну примену (Swietlik, 2001; Singh et al., 2013; Montalvo et al., 2016).

Назив ђубрива	Садржај активног цинка (%)	Растворљивост у води (g l ⁻¹ , 20°C)	рН (0,1% раствор)	Препоручена концентрација раствора (%)
Цинк-сулфат-хептахидрат	22-23	600	4,0-5,0	0,20-0,50
Цинк-сулфат-монохидрат	36	600	4,0-5,0	0,10-0,30
Цинк-нитрат	15-18	1000	4,5-5,5	0,10-0,30
Хелат (Zn-EDTA)	12-15	1000	6,0-7,0	0,10-0,30
Хелат (Zn-IDHA)	10	750	6,5-8,5	0,10-0,30
Цинк-глюконат	6-8	потпуно (раствор)	5,5-6,5	0,10-0,20

Код вишегодишњих засада, за фолијарну примену најчешће се користе цинк-сулфат, манган-сулфат и хелатни облици ова два елемента. Цинк-сулфат и манган-сулфат су доступна и економична решења за корекцију недостатка цинка и мангана. Међутим, њихова примена захтева пажљиво дозирање како би се избегла фитотоксичност, посебно код осетљивих култура. Хелатни цинк и манган, као што је Zn-EDTA и Mn-EDTA, често се користе због своје стабилности у растворима ширег рН опсега и компатибилности са другим ђубривима и пестицидима. У Табели 45 приказана су најзначајнија ђубрива мангана погодна за фолијарну примену.

Табела 45. Вубрива мангана погодна за фолијарну примену (Singh et al., 2013; Rashed et al., 2021).

Назив ђубрива	Садржај мангана (%)	Растворљивост у води (g l ⁻¹ , 20°C)	рН (0,1% раствор)	Препоручена концентрација раствора (%)
Манган-сулфат	28-32	700	4,0-5,0	0,20-0,50
Манган-нитрат	15-18	потпуна (раствор)	4,5-5,5	0,10-0,30
Хелат (Mn-EDTA)	12-14	800	6,5-7,50	0,10-0,30
Хелат (Mn-DTPA)	7	770	6,5-7,5	0,10-0,30
Манган-глюконат	5-7	потпуна (раствор)	5,5-6,5	0,10-0,20

Фолијарна примена ђубрива бакра је значајна и корисна у случајевима недостатка бакра, али није увек неопходна ако су нивои бакра у земљишту оптимални и ако се биљке редовно третирају фунгицидима на бази бакра. Средства за заштиту биља на бази бакра (нпр. Бакар-сулфат, бакар-оксихлорид, бакар-хидроксид) се редовно примењују за контролу гљивичних и бактеријских болести. Током примене, одређена количина бакра доспева у земљиште, где може постати доступна кореновом систему биљака. Иако уношење бакра путем фунгицида може бити корисно као допунски извор, редовна анализа земљишта и биљака је неопходна како би се утврдила потреба

за додатном применом ђубрива. У Табели 46 су приказана најзначајнија фолијарна ђубрива бакра.

Табела 46. Вубрива бакра погодна за фолијарну примену (Singh et al., 2013).

Назив ђубрива	Садржај бакра (%)	Растворљивост у води (g l ⁻¹ , 20°C)	pH (0,1% раствор)	Препоручена концентрација раствора (%)
Бакар-сулфат-пентахидрат	25	300	3,0-5,0	0,05-0,10
Хелат (Cu-EDTA)	15,5	1000	6,0-7,0	0,20-0,30
Бака- глуконат	5-8	потпуна (раствор)	5,5-6,5	0,20-0,30

Бакар-сулфат је економичан и ефикасан, али захтева пажљиво дозирање јер његова примена може довести до фитотоксије. Има ограничену компатибилност са другим ђубривима и пестицидима због својих хемијских својстава. Његова реактивност и тенденција да формира нерастворљива једињења у одређеним условима могу утицати на ефикасност примене. Бакар у облику хелата и глуконата је неупоредиво стабилнији у растворима са ширим опсегом pH вредности и компатибилнији са већином фунгицида који се користе у заштити воћа и винове лозе.

Фолијарна примена ђубрива са микроелементима је одличан начин за брзу корекцију симптома недостатка у кратком року, посебно у критичним фазама развоја или у условима ограничене приступачности хранљивих материја из земљишта. Међутим, овај начин примене треба комбиновати са земљишним ђубрењем и редовном анализом земљишта и листа (фолијарна анализа), како би се постигла дугорочна уравнотежена исхрана и избегли проблеми попут фитотоксичности или недовољног снабдевања микроелемената.

5.6. Предности и недостаци фолијарне примене у односу на примену преко земљишта

Фолијарна примена ђубрива има своје корене у 19. веку, када су научници први пут почели да истражују способност биљака да усвајају хранљиве материје преко листова. Прве студије указале су на то да је усвајање хранљивих елемената преко листова могуће, али је њихова примена била ограничена због недостатка одговарајућих технологија и ђубрива. У пракси, фолијарна примена је почела да добија значај у другој половини 20. века, са развојем специјализованих формулација и напредком у производњи водорастворљивих ђубрива. Данас је фолијарна примена интегрални део интензивне производње воћа и винове лозе, и представља једну од важних агротехничких мера, посебно у ситуацијама када је потребна брза корекција недостатка хранљивих материја или када услови у земљишту ограничавају њихову приступачност. Иако овај метод има бројне предности, попут брзог деловања и ефикасности у критичним фазама развоја биљака, он такође има одређена ограничења у односу на примену преко земљишта, која је традиционално основни начин снабдевања биљака макро и микроелементима. У Табелама 47 и 48 приказани су кључни аспекти предности и недостатака фолијарне примене у поређењу са применом ђубрива у земљиште, како би се боље разумела њена улога у оптимизацији исхране вишегодишњих засада.

Табела 47. Предности фолијарне примене хранљивих елемената у односу на примену преко земљишта.

Критеријум	Предности фолијарне примене у односу на примену преко земљишта
Брзина деловања	Фолијарна примена обезбеђује брзу корекцију недостатка, јер хранљиве материје директно улазе у биљку преко листова.
Ефикасност у стресним условима	Ефикаснија у условима суше, лоше структуре земљишта или када је рН неповољан за усвајање хранљивих материја преко корена.
Примена у критичним фазама	Идеална за критичне фазе раста као што су цветање, формирање плодова или сазревање, када је биљкама потребан хитан приступ хранљивим материјама.
Смањење губитака	Минимизује губитке који настају испирањем или фиксацијом хранљивих материја у земљишту.
Ефикасност примене микроелемената	Омогућава ефикаснију примену микроелемената, посебно у земљиштима са високим рН, где су они често неприступачни за биљке.
Компатибилност са другим препаратима	Ђубрива која су компатибилна са пестицидима, могу се мешати и истовремено примењивати, чиме се значајно смањују време рада и трошкови примене.
Мањи утицај на земљиште	Не доводи до акумулације соли или токсичних елемената у земљишту, чиме се смањује ризик од деградације земљишта.
Трошкови примене	Ефикаснија у случајевима када је потребна мала количина хранљивих материја, што смањује укупне трошкове примене.
Флексибилност примене	Омогућава примену чак и када је земљиште сувише хладно или мокро за примену ђубрива преко земљишта..

Табела 48. Недостаци фолијарне примене хранљивих елемената у односу на примену преко земљишта.

Критеријум	Предности фолијарне примене у односу на примену преко земљишта
Дугорочност ефекта	Фолијарна примена обезбеђује краткотрајан ефекат; не доприноси формирању залиха хранљивих материја у земљишту за дугорочну исхрану биљака.
Ограничена количина примене	Листови могу апсорбовати само мале количине хранљивих материја, што је недовољно уколико су потребе за неким елементом велике (макроелементи). У том случају, фолијарна примена не може представљати основни начин примене ђубрива, већ се користи само као допунска исхрана у критичним фенофазама раста или условима у којима је отежано усвајање преко корена.
Ризик од фитотоксичности	Неправилна примена, неодговарајући временски услови или прекомерне концентрације раствора могу довести до оштећења листова, попут ожеготина или некрозе.
Зависност од временских услова	Ефикасност усвајања ђубрива преко листа зависи од услова као што су влажност, температура, ветар и киша.
Цена специјализованих формулација	Специјална ђубрива за фолијарну примену, посебно хелати микроелемената, често су скупља од стандардних ђубрива која се примењују преко земљишта..
Ефикасност у исхрани макроелемената	Мање ефикасна за снабдевање биљака макроелементима, попут азота, фосфора и калијума, због високих потреба за овим елементима.
Потреба за честом применом	Због краткотрајног ефекта, фолијарна примена често захтева више третмана током вегетације, што повећава трошкове примене ђубрива.
Ризик од некомпатибилности	Одређене формулације нису компатибилне са пестицидима или другим ђубривима, што ограничава могућност мешања, а самим тим истовремене примене.
Мањи утицај на плодност земљишта	Фолијарна примена не утиче на побољшање структуре и плодности земљишта, што је важан аспект одрживе пољопривреде.
Ограничена примена у одређеним условима	Не може се успешно применити у засадима са великим и густим крошњама или у случајевима где је приступ крунама отежан због висине (засади ораха нпр.).

Фолијарна примена је идеална за брзу корекцију недостатка и примену у критичним фазама развоја, посебно у стресним условима, али има краткотрајан ефекат и носи ризик од фитотоксичности. Примена преко земљишта обезбеђује дугорочну плодност и континуирано снабдевање биљке хранљивим материјама, али је спорија и мање ефикасна у хитним ситуацијама. Комбинација оба приступа често даје најбоље резултате.

6. ПРИМЕНА ЋУБРИВА ПУТЕМ ФЕРТИГАЦИЈЕ

6.1. Увод

Помоћу система за наводњавање могуће је додавати различите хемикалије (Ћубрива, микроелементи, инсектициди, хербициди, регулатори раста и др.) земљишту и/или биљкама. Најчешће се води за наводњавање додају Ћубрива. Реч фертигација настаје као спој две речи: "фертилизација" (енгл. fertilization) и "иригација" (енгл. irrigation). Овај термин описује агротехничку меру примене растворљивих Ћубрива путем система за наводњавање, чиме се истовремено биљкама обезбеђују и вода и хранљиви елементи. Фертигација је један од главних фактора интензивне воћарске производње. Настанак фертигације се везује за хидропонски узгој, а као садашње техничко решење за шездесете године деветнаестог века када је настала као исход локалних начина наводњавања. Може се применити у готово свим културама које се наводњавају, како на отвореном пољу тако и у пластеницима. Када се користи са ефикасним системом за наводњавање, као што је нпр. микронаводњавање (Evans & Waller, 2007), фертигација омогућава ефикасније коришћење и воде и Ћубрива, уз спречавање загађења животне средине. Фертигација вишегодишњих засада углавном се врши наводњавањем кап по кап, које укључује убризгавање раствора Ћубрива у системе за наводњавање путем калибрираних ињектора.

У фертигацији се користе чврста, растворљива Ћубрива и течна, која су већ у облику раствора. На тржишту се могу наћи и мешавине течних Ћубрива, састављене према специфичним рецептурама, како би се задовољиле потребе биљака у одређеним фазама раста.

Традиционалне методе Ћубрења, као што су разбацавање по површини или уношење обрадом земљишта, нису прилагођене условима наводњавања кап по кап. Овакве методе не обезбеђују равномерну и правовремену приступачност хранива у зони корена коју покрива систем кап по кап, па се део Ћубрива губи или не искоришћава у потпуности. Када се Ћубриво примењује кроз наводњавање капањем, повећава се ефикасност и смањује потребна количина Ћубрива. Биљке апсорбују хранљиве материје различитим брзинама током свог раста, а у складу са потребама, и стога правовремена примена Ћубрива значајно утиче на принос. У фертигацији, хранљиве материје се могу применити у моменту када су биљци потребне, док се код других начина примена Ћубрива, обавља у већим количина које биљка користи дужи временски период, а код којих је примена подељених доза Ћубрива сложенија и скупља. На пример, уколико дође до испирања нитратног азота јер се не задржава на честицама земљишта, биљка ће у каснијим фазама раста имати на располагању мање количине азота. Фертигацијом се ово избегава јер се примењују подељене дозе Ћубрива.

У фертигацији вода има двоструку функцију: за задовољење потреба биљака за водом и као носач хранљивих материја у земљишту. Биљка се снабдева водом из једне или неколико капаљки, односно локално из оквашеног профила земљишта. Стога, ефекат фертигације зависи од дистрибуције воде и хранљивих материја у зони корена (Kipp, 1992). Дистрибуција хранива у земљишту зависи од кретања воде додате наводњавањем и својства земљишта. Генерално, код тежих земљишта изразитије је бочно влажење, а код песковитих вертикално. С обзиром да је усвајање воде и хранљивих материја из ограничене запремине корена, неопходно је прецизно одредити потребе биљака за водом и хранливицима током различитих фаза раста и развића, и ускладити примену Ћубрива са наводњавањем. Дакле, примена фертигације током вегетације се планира у складу са евапотранспирацијом и потребом Ћубрења биљака.



Слика 16. Фертигација јабуке системом за капање.

Ефикаснија примена ђубрива фертигацијом се постиже директним додавањем ђубрива у зону корена, за разлику од конвенционалне примене ђубрива по целој површини, где се често део ђубрива не искористи (Soman, 2021) . Пошто се у фертигацији ђубрива испоручују у раствареном облику са водом за наводњавање, расподела хранљивих материја у земљишту је скоро иста као и расподела воде. Ово се првенствено односи на нитратни јон, али и на друге јоне који се не адсорбују на честице земљишта (нпр. сулфатни јон). Уколико приликом континуиране фертигације нитратима дође до перколације воде, део азота ће се са фронтом влажења испрати ван зоне корена (примена учестале фертигације мањим дозама смањује количину испраног азота). Знатно мањи потенцијал за испирање имају фосфор и калијум, због реакције фосфора са другим јонима (нпр. калцијум) или везивања калијума за честице глине (земљишни колоиди су негативног електричног набоја, те адсорбују катјоне из раствора), осим у случајевима јако великих доза, код песковитих земљишта и др. Пошто су хранљиве материје у раствареном облику, повећава се доступност и покретљивост јона, посебно калијума и фосфора уз минималне губитке применом наводњавања капањем, јер се спречава испирање хранљивих материја. Учестало наводњавање капањем и примена малих доза ђубрива, распоређених током целе вегетације, побољшава ефикасност система.

У води се соли, од којих се растворљива ђубрива састоје, растварају на електрисане јоне (нпр. калијум-нитрат дисоцује на катјон калијума и ањон нитрата). Применом фертигације, хранљиве материје су у облику јона у моменту примене, док се код конвенционалне фертилизације, након примене морају растворити земљишту, наводњавањем или кишом, пре него што постану доступне за биљку.

6.2. Предности и недостаци

Савремени засади у воћарству подразумевају примену фертигације. Оваква примена ђубрива поред бројних предности има и своје недостатке.

Предности метода фертигације у односу на конвенционалне методе примене ђубрива су:

- Усклађено снабдевање хранљивим материјама са потребама усева. Фертигација омогућава примену хранљивих материја правовремено, односно када су усеви потребне. Прецизном применом хранљивих материја и правилно одређеном и додатом заливном нормом, контролисањем места и времена заливања побољшава се ефикасност коришћења хранљивих материја. Такође, смањују се количине потребног ђубрива и воде у поређењу са другим начинима.
- Систем омогућава равномерну дистрибуцију хранљивих материја у зони корена. На динамику хранљивих материја у земљишту утичу сви фактори кретања воде у земљишту (нпр. својства земљишта, интензитет заливања), као и врста хранива која се уносе у земљиште. Правилном применом воде и ђубрива смањује се могућност кретања хранљивих материја испод зоне корена.
- Могућност примене мале количине ђубрива, као и додавање у краћим интервалима. Често снабдевање хранљивим материјама смањује флукуацију концентрације хранљивих материја у земљишту. Међутим, учесталост фертигације зависи од више фактора, првенствено типа земљишта, потреба биљака за хранљивим материјама и пројектованог система за наводњавање.
- Смањено испирање хранљивих материја. Испирање нитрата је директно повезано са садржајем воде у земљишту, текстуром земљишта и садржајем нитрата. Прекомерне дозе азота и заливних норми повећавају ризик од испирања азота, као и загађења подземних вода. Фертигацијом се могу прецизно доzirати количине хранива и воде у складу са потрошњом од стране биљака, чиме се смањује могућност испирања неискоришћених хранива. Такође, ако се мање количине хранљивих материја уносе у земљиште, мање је доступно за испирање јаким падавинама и смањује се ризик од контаминације подземних вода.
- Утицај временских услова на време примене фертигације је минималан. Ветар нема утицаја и отицање се избегава. Хранљиве материје се могу применити и у неповољним земљишним условима, односно када је улазак у поље конвенционалном опремом био немогућ. Такође, фертигација се може применити на свим типовима земљишта.
- Уштеда радне снаге (углавном је потребно мање радне снаге за управљање фертигацијом). Системи за фертигацију су често аутоматизовани, што резултира смањењем времена ангажовања радне снаге.
- Смањен негативан утицај механизације на земљиште и биљке. Мање је сабијање земљишта, јер тешка механизација не улази у поље, и мања су оштећења биљака (оштећења листова, подсецање корена, савијање биљака) него код других метода примене ђубрива.

Недостаци примене фертигације су следећи:

- Систем за микро наводњавање је осетљив на зачепљења. Да би се смањио ризик од зачепљења неопходан је одабир одговарајућег ђубрива растворљивог у води, водити рачуна о компатибилности ђубрива и коришћење воде за наводњавање доброг квалитета.
- Већи трошкови почетног улагања и ангажовање стручњака за пројектовање и постављање система. Почетни трошкови набавке опреме зависе од врсте опреме, а ако се користе скупи материјали отпорни на корозију, ови трошкови могу бити превисоки за мале произвођаче.
- Неопходно је перманентно одржавање система. У поређењу са традиционалним начином ђубрења, фертигација захтева значајнији ниво одржавања. Сваки недостатак у систему може довести до недовољне снабдевености биљака водом и хранивима, али и до оштећења опреме. Свакодневна провера цурења и неравномерне прихране је веома битна за правилно функционисање система, као и редовно чишћење резервоара. Важно је у потпуности разумети функционисање система за фертигацију како би се правилно одржавао. Стога је неопходно да особље буде обучено за управљање системом за фертигацију. Међутим, обука о системима за фертигацију може бити скупа или дуготрајна.
- На глиновитим земљиштима могуће је стварање анаеробних услова, уколико се примењују честа заливања.

6.3. Систем за фертигацију – делови, уређаји

Систем фертигације капањем је дизајниран посебно за одређене биљне врсте, климатске услове и услове земљишта. Систем за наводњавање капањем, састоји се из следећих делова: пумпа, систем за филтрацију воде, систем за фертигацију, регулатори протока и притиска, манометри, водомер, вентил за испирање и ваздушни вентил, главни доводни и разводни цевовод, заливни цевовод, систем за заштиту. Систем за фертигацију се састоји од резервоара за ђубриво, уређај за убризгавање ђубрива, уређај за спречавање повратног тока, као и филтера, манометра и водомера (Stričević, 2007; Burt, 2019) .

Одабир система који највише одговара потребама произвођача зависи од бројних фактора као што су величина и облик парцеле, извор напајања енергије, одабир биљне врсте, али и од начина и искуства у управљању производњом. Одабир уређаја за убризгавање ђубрива у воду за наводњавање, или уређаја за фертигацију, зависи од потребног протицаја. Постоје две главне методе убризгавања раствора ђубрива у систем за наводњавање: стварањем различитог притиска и помоћу пумпе за убризгавање.

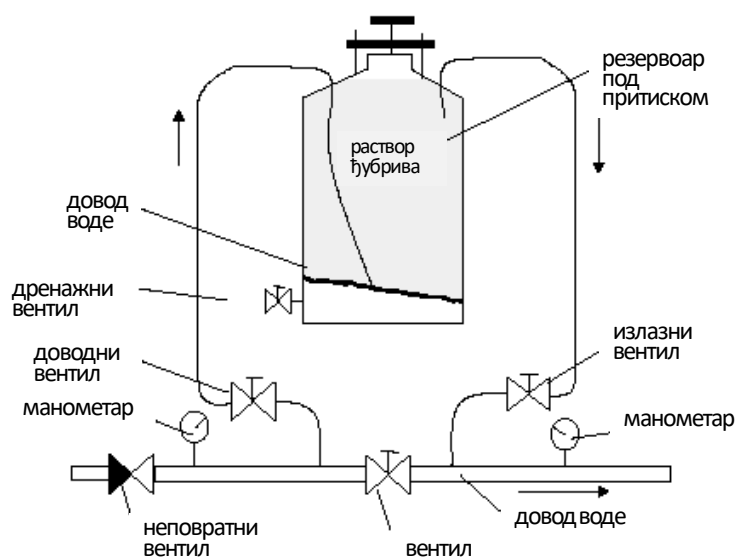
Систем којим се ђубриво убризгава стварањем различитог притиска функционише на основу разлике притиска коју ствара вентил, регулатора притиска и др, спроводећи воду кроз обилазну цев („bypass“) и поново назад, носећи различиту количину раствореног ђубрива. Две уобичајене методе оваквих система су резервоар под притиском и вентури системи.

Резервоар под притиском: Овакав систем користи метални резервоар под притиском са заштитим слојем са унутрашње стране против утицаја киселина. Резервоар се може правити и од пластике, а специјално и од нерђајућег челика. Пре улазног и после излазног вентила, односно на bypass-у се постављају манометар и вентил са мерачем протока помоћу којих се подешава разлика притиска и проток кроз резервоар. Систем је повезан на почетку линије за наводњавање. Разлика у притиску воде,

пригушивањем или делимичним затварањем вентила, између улазних и излазних отвора преусмерава воду за наводњавање кроз резервоар за ђубриво, преносећи на тај начин воду са ђубривом до линије за наводњавање. Трајање фертигације зависи од разлике у притиску и запремине резервоара. На пример, ако је диференцијални притисак 0,2 bar, онда је минимално трајање фертигације за резервоар од 90 литара 25 мин, а за 0,5 bar заливање траје најмање 10 минута.

Резервоар испоручује познату количину ђубрива током циклуса наводњавања, док се сво ђубриво не испере из резервоара. Овакав систем омогућава употребу и чврстих и течних минералних ђубрива. Пре почетка заливања у резервоар се додаје целокупна количина ђубрива. Концентрација воде која излази из капаљки је константна све док је чврсто ђубриво присутно у резервоару, због уједначеног растварања ђубрива. Када се чврсто ђубриво потпуно раствори, концентрација ђубрива у води се значајно смањује. Уколико се користе течна минерална ђубрива, у току заливања концентрација ће се стално смањивати због разређивања првобитног раствора. Када кроз резервоар прође количина воде која је једнака четири запремине резервоара, у резервоару остаје занемарљива количина ђубрива.

У овој методи концентрација хранљивих материја у води која излази из капаљки варира током времена, али се испоручује позната укупна количина хранљивих материја по јединици површине. Због тога, овај начин се примењује за ограничене површине у зависности од запремине резервоара. Углавном се користи код вишегодишњих усева, првенствено у воћњацима.



Слика. 17 – Фертигација помоћу резервоара под притиском
(https://www.researchgate.net/publication/295504028_Citrus_fertigation_-_a_technology_of_water_and_fertilizers_saving).

Предности коришћења резервоара под притиском су:

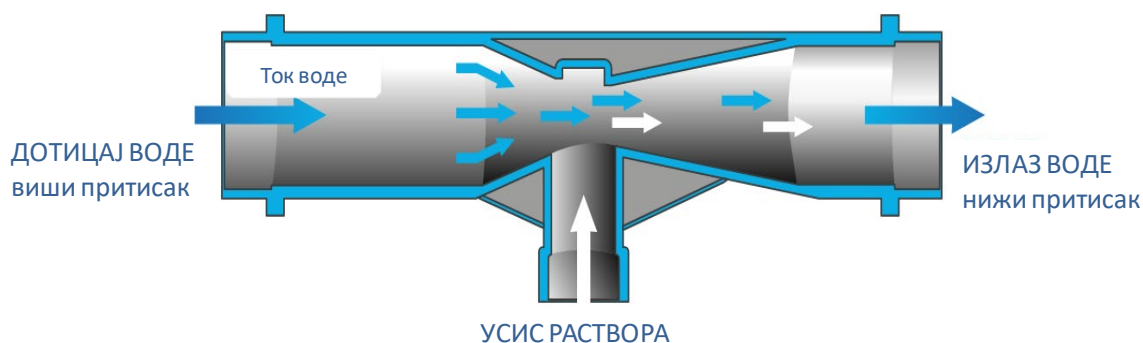
- Једноставан за инсталацију и рад и лако се одржава;
- Цена коштања набавке и одржавања уређаја је ниска;
- Лако се мења врста ђубрива које се убризгава;
- Није потребан додатни извор напајања.

Недостаци примене резервоара под притиском су:

- Концентрација раствора ђубрива се смањује током периода убризгавања због сталног дотока воде.
- Захтева губитак притиска у цевоводу за наводњавање. Може се користити и посебна опрема код које нема губитака притиска, али је њена инсталација компликованија.
- Коришћење резервоара под притиском није практичан у великим системима. Величина резервоара ограничава примену уређаја на релативно мале системе за наводњавање.
- Непогодан је за аутоматизацију.
- Резервоар и цевовод морају бити добро затворени и способни да издрже висок притисак у цевоводу.
- Предност треба дати течним ђубривима због немогућности растварања чврстих формулација.

Ињектори за ђубриво: Ињектори извлаче мале количине раствора ђубрива из резервоара и убризгавају их у линију за наводњавање у одређеном односу. Однос убризгавања се изражава као проценат или као однос запремина: На пример, ако је брзина убризгавања 1:100, значи да се 1 део основног раствора убризгава у 100 делова воде за наводњавање, што би одговарало 1%.

Вентури ињектори: Ови уређаји користе проток воде система за наводњавање да би створили усисну силу која увлачи течно ђубриво из отвореног резервоара у систем за наводњавање. Дакле, Вентури ињектори користе диференцијални притисак да би створили усис. Вода улази у вентуријеву цев и протиче кроз конусно сужење (Слика 18). Према Бернулијевој једначини, притисак течности која се креће је мањи уколико је проток већи, односно у ужем делу цеви течност протиче брже него у ширем делу. Стога је притисак течности на излазу цеви мањи него на улазу. Ова разлика притиска ствара мали вакуум на усисном улазу који омогућава узимање раствора ђубрива из резервоара. Уколико је разлика притиска мала, усисна сила неће бити довољна да повуче раствор ђубрива, и супротно, већа разлика у притиску ће створити већи притисак вакуума и веће усисавање ђубрива. Брзина усисавања ђубрива зависи од величине цеви и губитка притиска (Landis et al., 2009). Ињектор мора бити потпуно херметички затворен, како би се створио вакуум довољно јак да повуче ђубриво у усисну цев.



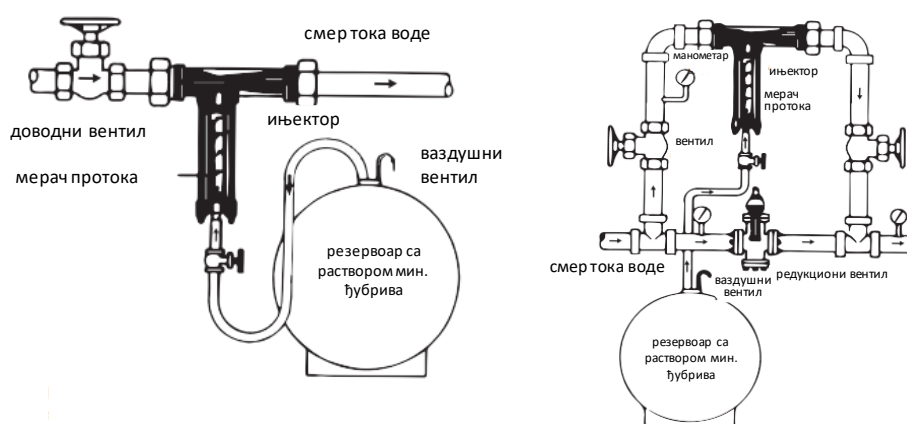
Слика 18. Шематски приказ рада Вентури цеви (<https://www.wassertec.co.za/venturi-fertilizer-applications/>).

Вентури ињектори се углавном инсталирају на заобилазној цеви, бајпасу, због веће контроле подешавања уређаја (Слика 19). Такође се могу прикључити директно на главни вод. Излаз Вентури ињектора треба да је потопљен у раствор ђубрива. Потребан је одређени противпритисак да би правилно функционисао. Вентури ињекторима није потребан спољни извор енергије. Константан притисак дотока воде обезбеђује уједначену брзину убризгавања и испоруке концентрације ђубрива. Међутим, ако притисак није константан, са променом притиска може се променити и брзина убризгавања. Губитак притиска, које се јавља при раду уређаја, може се надокнадити уградњом пумпе за повишење притиска у бајпас линију. Пумпа за повишење притиска такође одржава константан притисак и брзину убризгавања ђубрива. Такође, на бајпасу се могу инсталирати и мерач протока и вентил да би се обезбедила ручна контрола брзине убризгавања. Вентури системи се углавном користе за квантитативно дозирање, али могу се користити и за пропорционално. Одређени степен аутоматизације се може постићи уградњом соленоидног вентила у бајпас линију.

Губитак притиска се изражава као проценат од притиска на улазу. Максимално усисавање се јавља на око 50% разлике притиска. Брзина убризгавања или усисавања (l/h) ђубрива зависи од улазног притиска, губитка притиска и пречника цеви, и може се подесити помоћу вентила и регулатора. Ињектор мора да је довољног капацитета да убризга потребну количину раствора ђубрива, што првенствено зависи од протока воде за наводњавање:

Потребан проток ињектора (l/h) = брзина убризгавања (l/h) × проток воде за наводњавање (m³/h)

Вентури ињектор је направљен од материјала отпорног на корозију, нпр. бакра, пластике или нерђајућег челика. Због прецизности дозирања и економичности, Вентури систем је широко распрострањен. На тржишту постоје различити модели Вентури ињектора и у различитим величинама, који представљају јефтинију опцију за фертигацију доступну на тржишту. Приликом одабира модела ињектора неопходно је знати колики је притисак на улазу воде у ињектор, проток кроз ињектор, притисак на излазу и брзину усисавања.



Слика 19. Постављање Вентури цеви (<https://shop.landwater.com.au/products/venturi-fertilizer-injectors>).

Предности Вентури ињектора су:

- Једноставан је за инсталацију, рад и одржавање
- Погодан је за пропорционалну фертигацију

- Подесива брзина убризгавања
- Брзине убризгавања могу се контролисати помоћу вентила за дозирање
- Могућа је аутоматизација

Недостаци:

- Захтева губитак притиска у главном воду (може бити 30%) или пумпу за повишење притиска
- Неприкладан за примену на већим парцелама
- Квантитативна фертигација је тешка за основне системе. Напредни вентури системи омогућавају веће брзине протока и пропорционално убризгавање.

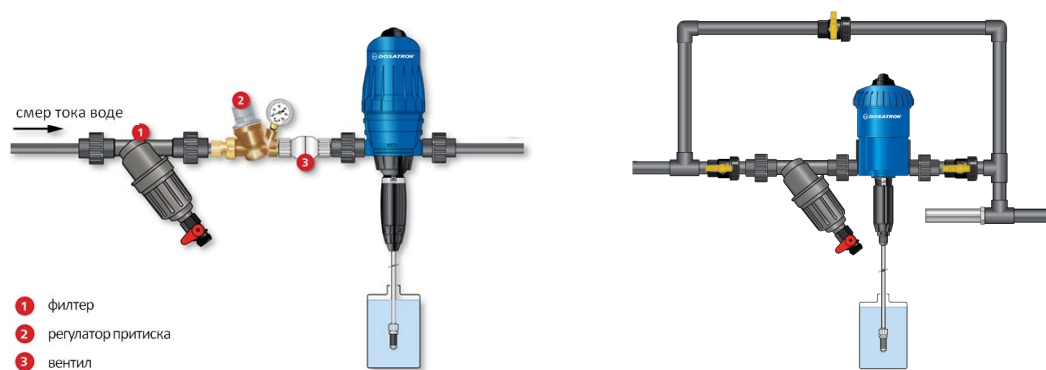
Пумпе за фертигацију: Пумпе се користе за убризгавање раствора ђубрива из резервоара у систем за наводњавање. На овај начин, раствор ђубрива се убризгава позитивним притиском директно у систем за наводњавање, што обезбеђује прецизну и контролисану брзину убризгавања.

Постоји неколико типова пумпи, као и велик избор различитих модела широког опсега брзине убризгавања, радног притиска и протока који се могу наћи на тржишту. Најчешћи извори енергије за пумпе за фертигацију су хидраулична, које користе енергију воде за наводњавање (притисак и проток воде се користи за померање клипа) и електрична енергија. У фертигацији се обично користе две врсте пумпи: клипне пумпе и мембранске пумпе.

Пумпе које се користе за фертигацију углавном се могу аутоматски контролисати. На пумпу за фертигацију се поставља предајник, пулсни трансмитер који кретање нпр. клипа пумпе претвара у електричне сигнале на основу којих контролни уређај, према утврђеним програму фертигације, одређује количину раствора ђубрива који се убризгава.

Хидрауличне пумпе: Уређај користи хидраулички притисак воде за наводњавање за убризгавање хранљивог раствора, док се вода која се користи за његово покретање (приближно три пута већа од запремине убризганог раствора код клипних пумпи) код неких модела испушта, што може представљати проблем на неким локацијама. Брзина убризгавања може бити пропорционална протоку воде за наводњавање и зависи од притиска воде. Са престанком наводњавања, прекида се убризгавање ђубрива. Ове пумпе су веома погодне за фертигацију у пољским условима јер не захтевају додатни извор енергије. Главне предности хидрауличне пумпе у фертигацији су велика снага која омогућује висок проток и притисак, који је потребан код великих система.

Пумпе за убризгавање које не избацују воду могу да подигну притисак течног ђубрива из резервоара за основни раствор у унапред одређеном односу између запремине раствора ђубрива и запремине воде за наводњавање, чиме се постиже пропорционална дистрибуција хранљивих материја у води за наводњавање (Khan et al., 2019). У овом случају усисава се одређен проценат основног раствора који се меша са водом. С обзиром да вода за наводњавање пролази кроз мотор, од протока воде зависи брзина и количина раствора ђубрива који се убризгава. Пример овог типа ињектора дат је на Сlici 20. Ове пумпе се могу повезивати у линији система за наводњавање, као бајпас повезивање и паралелно, а производе се модели различитог распона капацитета и радног притиска. Предности употребе ињекционих пумпи су да нема губитка притиска воде за наводњавање, њена тачност и способност да се обезбеди одређена концентрација раствора ђубрива кроз циклус наводњавања, као и подесива брзина убризгавања.



Слика 20. Пумпа за фертигацију – постављање директно на главни цевовод и на заобилазну цев, „by pass“ (<https://hydrobuilder.com/learn/dosatron-maintenance-and-best-practice-sops/>).

Електричне пумпе се користе у областима где је електрична енергија доступна и поуздана. Ове пумпе су веома погодне за аутоматизацију. Производе се као клипне пумпе и са дијафрагмом, различитог опсега убризгавања ђубрива.

Растворљива ђубрива се убризгавају у систем за микро наводњавање преко било ког од описана три уређаја: вентури, резервоар за ђубриво и пумпа за фертигацију. Неке од предности и недостатака ових уређаја приказани су у Табели 49.

Табела 49. Поређење уређаја за убризгавање ђубрива у систем за наводњавање.

Својство	Резервоар	Вентури	Пумпа
Једноставно коришћење	+++	++	+
Примена чврстих ђубрива	да	као раствор	
Примена течних ђубрива	да	да	
Проток	+++	+	+++
Контрола концентрације раствора	+	++	+++
Губитак притиска	+	+++	нема
Аутоматизација	+	++	+++
Цена	+	++	+++

+++ - висок, ++ - средњи, + - низак

Калибрација ињектора

Калибрација ињектора је неопходна како би се обезбедила прецизна и равномерна испорука хранљивих материја системом фертигације. Калибрација се ради на почетку сезоне наводњавања, а по потреби и чешће (након сваке промене у систему), како би се избегло додавање премало или превише ђубрива, односно у циљу снабдевања биљака обрачунатим потребним количинама ђубрива. Калибрација подразумева подешавање ињектора на основу протока или ЕС вредности и зависи и од типа ињектора. Проток ињектора се изражава у процентима или као пропорција (нпр. 0,5% или 1:200). За калибрацију на основу протока пореди се запремина разблаженог раствора који се испушта са одређеном запремином основног раствора. Када се калибрација ради на основу ЕС вредности, неопходно је одредити циљану ЕС вредност раствора ђубрива (нпр. у мензуру се дода 100 ml основног раствора и 1 ml воде за разблажење 1:100 и одреди електропроводљивост) и измерити ЕС раствора који се испушта, узимајући у обзир и ЕС воде за наводњавање (Sela, 2021).

Калибрација се ради при редовним условима фертигације за сваки уређај с обзиром да постоје разлике у радним карактеристикама уређаја између различитих, али и између уређаја истог произвођача. Сваки уређај, нпр. пумпу, треба калибрисати у условима очекиваног притиска на доводу и излазу воде.

Заштита система за фертигацију

Већина ђубрива је корозивна и могу изазвати оштећења алуминијумских и поцинкованих цеви као и других делова система за наводњавање. Генерално, што је раствор „киселији“ већа је и његова корозивност. Такође, неке комбинације ђубрива су више корозивне, нпр. раствор калијум-хлорида и фосфорне киселине је веома корозиван. Стога, делови система који су изложени раствору ђубрива треба да су направљени од материјала отпорних на корозију. Да би се избегла оштећења, углавном се систем за наводњавање који је изложен дејству ђубрива прави од пластике, поливинил-хлорида (PVC), полиетилена (PE) или полипропилена (PP).

У многим земљама примена фертигације мора бити усклађена са стандардима и правилницима о заштити водних ресурса. Овим правилницима се осим обавезне заштите од повратног тока, цурења система и друго, препоручује и употреба различитих мерача и сензора (нпр. мерач протока) у циљу боље контроле система за фертигацију.

Основни задатак заштите система за фертигацију је спречавање повратног тока који онемогућава да се вода и ђубрива врате у извор воде за наводњавање и спрече контаминацију. Ово је посебно важно када се за наводњавање користи вода из водовода. Повратни ток може да се јави када довод воде престане (нпр. престанком рада пумпе или нестанком струје) и у случају повратног притиска, када је притисак у систему за наводњавање већи него у систему за водоснабдевање. Постоји неколико типова уређаја за спречавање повратног тока. Сваки систем за фертигацију, осим сигурносних уређаја за хемикалије, има и неповратни вентил и вентил за испуштање ваздуха. Основна заштита за систем за фертигацију је постављање неповратног вентила између извора воде и места убризгавања ђубрива. Ваздушни и антивакуум вентил се постављају иза последњег вентила и спречавају стварање вакуума и супротан ток воде. Систем може бити опремљен и двоструким неповратним вентилом, који је ефикасан и против повратног тока и повратног притиска.

Систем за наводњавање и уређај за убризгавање ђубрива треба темељно испрати након сваког убризгавања ђубрива. Испирање би требало да траје најмање 10-15 мин. након сваког додавања ђубрива фертигацијом. Такође, правилно и редовно одржавање система је кључно за безбедну фертигацију.

6.4. Квантитативна и пропорционална фертигација

Да би се примениле одређене дозе ђубрива током одређене фенолошке фазе биљке, могу се користити различити обрасци примене у зависности од усева, типа земљишта и система управљања производњом. Такође, од система за наводњавање и учесталости испоруке ђубрива зависи врста опреме за фертигацију, јер на већини засада постоје стабла различите старости, сорте, подлоге, које се обично распоређују у различите блокове. Систем за наводњавање се конфигурише тако да се потребе за водом и ђубривом могу применити у одређеној количини за сваки блок.

Постоје разни начини фертигације: континуирана, фертигација у три фазе, квантитативна и пропорционална и њихова комбинација.

Квантитативна фертигација је једноставнији метод. Одмерена количина ђубрива се убризгава у систем за наводњавање приликом сваке примене воде, а убризгавање ђубрива није пропорционално протоку наводњавања. На тај начин сваки блок који се наводњава добија унапред обрачунату количину воде са ђубривом. Међутим, примена ђубрива често није уједначена. Вубриво се може унапред растворити у резервоару и убризгати у воду за наводњавање помоћу једноставног ињектора, као што је вентури ињектор. Такође, за квантитативну фертигацију може се користити бајпас резервоар за ђубрење под притиском. У оба случаја мора се водити рачуна о растворљивости ђубрива. Убризгавање ђубрива може се контролисати аутоматски или ручно. Квантитативна фертигација се чешће користи на средње тешким и тешким земљиштима (иловача или глиновита земљишта), односно на земљишту веће сорптивне способности. У квантитативној фертигацији, дозе примене су изражене у јединицама масе или запремине, на пример, килограми, литри, итд.

Пропорционална фертигација је комплекснија метода фертигације. Примена ђубрива је константна и пропорционална протоку воде. Одржава се константан, унапред одређени однос између запремине воде за наводњавање и запремине раствора ђубрива, и стога је концентрација ђубрива у води за наводњавање уједначена током наводњавања. Ово омогућава ефикаснију дистрибуцију ђубрива у зони корена. Овај начин примене фертигације се може користити на било којем типу земљишта, а веома је погодно код песковитих земљишта. Код пропорционалне фертигације углавном се за убризгавање ђубрива користе пумпе, али могу и вентури ињектори са соленоидном контролом. Код пропорционалне фертигације, количине ђубрива се изражавају као концентрација у води у јединицама као што су mg/l , ppm , mmol/l и meq/l . Код пропорционалне фертигације, повећање количине воде повећава количину примењеног ђубрива, иако је концентрација ђубрива у води непромењена. Већина савремених система за наводњавање користе пропорционалну фертигацију који имају и различите сензоре (нпр. ЕС и рН сензор), као и могућност примене различитих комбинација ђубрива за више заливних поља.

6.5. Својства ђубрива за фертигацију

У фертигацији, ђубрива се испоручују у раствореном облику заједно са водом за наводњавање и зато је расподела хранљивих материја у земљишту скоро иста као и расподела воде. Фертигацијом се хранљиве материје могу применити директно у зону корена, што је од великог значаја за хранљиве материје које се не адсорбују за честице земљишта, као што су нитрати и сулфати. С друге стране, фосфор и калијум су слабо покретни у земљишту и реагују са калцијумом, алуминијумом и другим елементима, или се везују за честице глине (јер је калијум позитивно наелектрисан, а честице глине негативано). Стога се применом раствореног облика ових елемената повећава њихова доступност биљкама. Најефикаснија примена се постиже системом за наводњавање кап по кап, због прецизније дистрибуције хранљивих материја и минималних губитака.

Избор ђубрива

Приликом избора ђубрива треба узети у обзир врсту биљке и фазу раста, тип земљишта и квалитет воде за наводњавање, као и доступност ђубрива. Већина водорастворљивих и течних ђубрива је погодна за фертигацију. Битно је да су ђубрива лако растворљива у води и да неће узроковати зачепљење система за наводњавање.

Азот, фосфор и калијум су три примарне хранљиве материје које се најчешће користе у ђубривима за фертигацију.

Биљке апсорбују хранљиве материје различитим брзинама током свог раста и због тога је битно правовремено уношење хранљивих материја. Уколико се азот у нитратном облику примени прерано, може се изгубити испирањем, те биљка неће бити оптимално снабдевана. Расподела хранљивих материја у фертигацији у земљишту је слична као и расподела воде, што је посебно важно код примене нитраног азота и сулфата. Супротно, фосфор и калијум имају тенденцију да остају у горњем слоју земљишта где реагују са другим елементима или се везују за честице глине. Стога, примена мањих доза ђубрива повећава ефикасност и принос првенствено због смањених губитака азота, а као додатна предност је и смањен салинитет земљишта.

Постоји велики број растворљивих азотних ђубрива у којима се азот налази у различитим облицима. Различити облици азота су различито доступни биљци. Нитрати и амонијачни облици су доминантни облици које користе биљке и обично су брзо доступни након примене. Уреа није лако доступна и мора се претворити у амонијум и нитрат у земљишту, што може потрајати и неколико дана у зависности од услова земљишта и температуре. Ове услове треба узети у обзир када се одлучује о одабиру ђубрива и времену фертигације. За примену путем фертигације, уреа је погодна за убризгавање у систем за микро наводњавање. Веома је растворљиво ђубриво и раствара се у нејонском облику, тако да не реагује са другим супстанцама у води. Уреа такође не изазива проблеме са таложењем. Приликом примене азота неопходно је водити рачуна о примени различитих форми азота током различитих фаза развића и услова производње. Код тежих земљишта при високим температурама, у зони сатурације испод тачке капања, анаеробни услови могу изазвати губитке нитратног азота. У таквим условима, биљке могу показати симптоме недостатка азота, упркос његовом оптималном снабдевању фертигацијом. У овим случајевима примењују се уреа или амонијачни азот у мањим и чешћим дозама.

Ђубрива која садрже фосфор могу довести до хемијских таложења у емитерима, због реакције са магнезијумом и калцијумом из воде за наводњавање. Примена суперфосфата путем фертигације треба избегавати, јер доводи до таложења фосфатних соли. Стога је фосфорна киселина погоднија за фертигацију јер решава проблем таложења, али може повећати хабање система, што зависи од материјала од

којих је систем направљен. Примена фосфора са наводњавањем капањем је ефикаснија у поређењу са другим начинима наводњавања због уношења директно у зону корена, што омогућава његово усвајање пре фиксације у земљишту. Кретање фосфора у земљишту зависи и од текстуре земљишта и форме фосфора (нпр. амонијум-полифосфат доспева до 60-70% дубине уреа фосфата).

Већина калијумових ђубрива је растворљива у води и може се користити за фертигацију. Најчешће се користе калијум-хлорид, као и калијум-сулфат и калијум-нитрат у циљу смањења акумулације хлора у земљишту. Кретање калијума у земљишту је могуће једино применом фертигације системом за капање, док код примене микрокишења остаје у слоју до 5-10 cm, јер се залива већа поршина.

Специјална ђубрива су веома погодна за фертигацију јер су веома растворљива у води. Уз специјална ђубрива испоручују се и Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo који се користе у растворљивом облику као хелати, који су мање подложни испирању наводњавањем или падавинама.

Растворљивост и компатибилност ђубрива

Приликом припреме основног раствора неопходно је знати које су потребне количине ђубрива, као и интеракције између ђубрива и границу растворљивости различитих ђубрива.

За примену ђубрива кроз систем за наводњавање могу се користити само растворљива ђубрива. Растворљивост је максимална количина ђубрива која се може у потпуности растворити у одређеној запремини дестиловане воде и на датој температури.

Азотна ђубрива као што су уреа, амонијум-нитрат, калцијум-нитрат, калијум-нитрат су лако растворљиви у води. Растворљивост фосфорних ђубрива, моноамонијум-фосфат, уреа-фосфат, може бити смањена код употребе „јако тврде“ воде, док је већина калијумових ђубрива растворљива у води.

Нису сва ђубрива растворљива. Ђубрива као што су суперфосфат, ђубрива са спорим ослобађањем, већина органских ђубрива, гипс и креч, сматрају се нерастворљивим. Нека ђубрива такође могу да садрже нерастворљиве остатке или нечистоће.

Ђубрива могу да се примене као основни раствор (односно концентровани раствор који се убризгава у воду за наводњавање) или директно као хранљиви раствор. Свако додавање ђубрива у раствор изнад границе његове растворљивости узрокује стварања талога, јер се додатна количина неће растворити. Таложeње нераствореног ђубрива, или чврстих једињења која настају као резултат додавања ђубрива у воду, може довести до смањене доступности хранљивих материја и до зачепљења емитера, ињектора и других делова система за наводњавање.

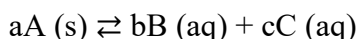
Ђубрива се разликују по својој растворљивости, а растворљивост варира са температуром. Обично при вишој температури воде већа је растворљивост ђубрива, тј. већа количина ђубрива се може растворити у истој запремини воде (Табела 50).

Табела 50. Растворљивост неких ђубрива која се користе у фертигацији (прилагођено Kant & Kafkafi, 2013; Hagin et al., 2003).

Ђубриво	Хемијска формула	Расворљивост (g на 100 ml воде)			
		0 °C	10 °C	20 °C	30 °C
Уреа	CO(NH ₂) ₂	68	85	106	133
Амонијум-нитрат	NH ₄ NO ₃	118	152	192	242
Амонијум-сулфат	(NH ₄) ₂ SO ₄	71	73	75	78
Калцијум-нитрат (калцијумова шалитра)	CaNO ₃	102	112	121	150
Моноамонијум-фосфат (МАП)	NH ₄ H ₂ PO ₄	23	29	37	46
Диамонијум-фосфат (ДАП)	(NH ₄) ₂ HPO ₄	43	63	69	75
Калијум-хлорид	KCl	28	31	34	37
Калијум-нитрат (калцијумова шалитра)	KNO ₃	13	21	31	45
Калијум-сулфат	K ₂ SO ₄	7	9	11	13

Када се ђубрива растворе у води, растварање може да утиче на температуру раствора, односно реакција растварања може довести до смањења или повећања температуре воде. Уколико је реакција ендотермна, топлота се апсорбује и температура раствора се смањује, а ако је реакција егзотермна температура раствора се повећава. Већина чврстих азотних ђубрива апсорбује топлоту. Вубривима која значајно снижавају температуру воде, нпр. уреа, амонијум-нитрат, калцијум-нитрат, калијум-нитрат, приликом прављења раствора се смањује растворљивост. Због ендотермне реакције растварања калцијум-нитрата, може се десити да се део ђубрива не раствори због смањене растворљивости, услед смањења температуре раствора.

Растворљивост ђубрива се може представити помоћу константе производа растворљивости (Ксп), која описује максималну концентрацију ђубрива која се може растворити. Вубрива дисосују на јоне из којих се ђубриво састоји.



Ксп се одређује на основу концентрације јона у засићеном раствору. Концентрације јона у засићеном раствору у обрачуна Ксп изражени су у јединицама мол/литар. Додавање било које количине једног од јона преко максималне концентрације јона, резултираће таложењем ђубрива. Веће вредности Ксп указују на већу растворљивост ђубрива.

$$K_{sp} = [B]^b[C]^c$$

Растворљивост ђубрива се односи на растварање у дестилованој води. Присуство јона у води за наводњавање може утицати на количину ђубрива које се може растворити. Додавање ђубрива која садрже јоне који се налазе у води, или ако се раствара више ђубрива у истом основном раствору, доћи ће до таложења пре него што се достигне вредност растворљивости ђубрива. Тако, нпр. ако се мешају различити извори нитрата, мора се узети у обзир заједнички ефекат јона.

Приликом прављења раствора мора се водити рачуна да концентрација ђубрива не пређе границу растворљивости, односно да је однос количине ђубрива у резервоару и запремине резервоара већи од растворљивости ђубрива. Уколико је концентрација ђубрива већа од границе растворљивости, примењује се разблаживање раствора и одређивање односа убризгавања (однос између брзине протока ињектора и брзине наводњавања треба повећати због разблаживања).

$$\frac{\text{Количина ђубрива у резервоару (kg)} \times 1000}{\text{Запремине резервоара (l)}} < \text{растворљивост ђубрива (g/l)}$$

Компатибилност ђубрива је поред растворљивости једно од основних разматрања у пракси фертигације (Слика 21). Компатибилна ђубрива се растварају у води без нежељених хемијских реакција и формирања нерастворљивих једињења. Вубрива која нису компатибилна или имају ограничену компатибилност, међусобно реагују и доводе до таложења у резервоару, због чега се оваква ђубрива морају растворити у одвојеним резервоарима или примењивати у различитим циклусима заливања. На пример, ђубрива која садрже фосфате или сулфате не треба мешати у истом резервоару са ђубривима која садрже калцијум, јер се формира нерастворљиви калцијум-фосфат или калцијум-сулфат (честа грешка је мешање магнезијум-сулфата и калцијум-нитрата). Такође, одређене комбинације ђубрива могу изазвати и промену рН вредности раствора и смањити доступност хранива. Нпр. примена фосфата и нитрата повећава рН вредност раствора, што може утицати на приступачност микроелемената и стога је од изузетне важности правилан одабир и мешање ђубрива са макро и микроелементима.



Слика 21. Компатибилност ђубрива (прилагођено са https://www.fertilizerseurope.com/wp-content/uploads/2019/08/Guidance_for_compatibility2.pdf).

Интеракције између ђубрива, као и између ђубрива и воде за наводњавање, понекад је тешко израчунати, па и проценити. Због тога се пре примене ђубрива може извршити тзв. „jar test“ (Слика 22). Тестирање је веома једноставно и заснива се на мешању ђубрива у води и посматрању формирања талоба или других промена раствора.

Поступак се састоји у томе да се у посуди (тегли, чаши или канти) дода одређена запремина воде за наводњавање и одређена количина ђубрива. Однос воде и ђубрива је исти као и разблажење у основном или хранљивом раствору. Смеша се промеша и након сат времена се посматра да ли се формирао талог или је дошло до замућења смеше. Уколико се формира талог, смеша се не препоручује за наводњавање, а ако је смеша мутна, вероватно ће доћи до зачепљења капаљки или других делова система.



Слика 22. Провера компатибилности ђубрива (прилагођено из <https://www.e-gro.org/pdf/2022-11-08.pdf>).

На основу компатибилности ђубрива одређује се и потребан број резервоара. Некомпатибилна ђубрива се растварају у одвојеним резервоарима, а такође је препорука да се за примену киселина користи посебан резервоар.

6.6. Квалитет воде за наводњавање у фертигацији

Квалитет воде за наводњавање директно утиче на ефикасност система за фертигацију. Да би се користила за фертигацију, поред довољне количине воде неопходно је познавати и њен квалитет. Коришћење воде лошег квалитета може довести до нежељених последица, те је обавезно пре коришћења анализирати квалитет воде и вршити периодичан или константан мониторинг (Machado & Serralheiro, 2019).

Све воде за наводњавање садрже мање или више растворених соли и наноса и стога је неопходна анализа хемијских и физичких својстава (Табела 51). Анализа хемијских својстава обухвата квантитативно одређивање садржаја и квалитативни састав соли, односно анализу катјона и анјона, и посебно садржај микроелемената. На основу хемијске анализе вода се, на основу одређене класификације, сврстава у поједине класе како би се сагледала опасност употребе воде од заслањивања, алкализације и токсичности. У зависности од класе воде одређује се да ли је вода погодна за наводњавање, као и услови под којима се може користити за фертигацију. Анализа физичких својстава обухвата одређивање температуре воде, која је важна код коришћења подземне воде, и количине и састава наноса код текућих вода. За коначну оцену квалитета воде неопходне су свеобухватне анализе услова производње које обухватају и анализе физичких, као и водних својстава земљишта (нпр. инфилтрацију, филтрацију, природну дренажност и др.), анализу климе (првенствено количине падавина ван периода наводњавања) и толерантност биљака према солима. Међутим, оцене квалитета воде различитим класификацијама могу дати различите класе воде и доведу у питање коришћење такве воде, која се на основу једне класификује као непогодна за наводњавање, а на основу друге као погодна. Нпр. према класификацији по Хејгебауеру вода је класификована као добра за наводњавање, а према US Salinity Laboratory класификацији спада у C3S1 класу. У таквим случајевима, који се често дешавају, неопходна су допунска разматрања која су углавном фокусирана на садржај натријума и степен минерализације соли.

Такође је неопходно пратити сезонска колебања квалитета воде, посебно у периодима без падавина праћеним високим температурама, који узрокују интензивно испаравање и повећање концентрација соли.

Табела 51. Стандардни тестови квалитета воде потребни за пројектовање и функционисање локалних начина наводњавања (систем за наводњавање капања) (прилагођено од Ayers & Westcot, 1985).

Анализе површинске воде	Додатне анализе подземне воде
pH, ЕС	Гвожђе
Неорганске соли	Растворени кисеоник
Тврдоћа воде	Водоник-сулфид
Суспендоване чврсте материје	Гвожђевите бактерије
Укупне растворене материје (TDS)	Сулфато-редукујуће бактерије

Напомена: Наведени тестови не разматрају употребу отпадних вода.

Код локалних начина наводњавања, првенствено капања, узроци зачепљења могу бити различити (физичка, хемијска и биолошка). Саставни део система за наводњавање су уређаји за филтрацију воде који се инсталирају како би се спречило зачепљење система и обезбедила уједначена заливна норма и количина ђубрива. Број и врста филтера зависи и од квалитета воде за наводњавање. Главни систем филтрације уклања нечистоће у зависности од извора воде (нпр. ако је извор бунарска

вода неопходно је уклањање наноса, док површинска вода може да садржи и органске материје и алге, и углавном има више нечистоћа). Све нечистоће (нанос, алге и др.) неопходно је уклонити пре уласка воде у систем за фертигацију. Код система за фертигацију филтер се такође налази и иза уређаја за фертигацију.

Честице песка и глине могу да се исталоже на местима система где је смањена брзина протока, или на капаљкама које могу потпуно да се зачепе услед неисправности филтера. Међутим, већи проблем представљају органске материје и биолошки чиниоци. Алге, које могу да прођу кроз филтер, талог гела од бактерија и глине, бактерије које излучују гвожђе и друго, могу се уклонити применом хлора.

Табела 52. Чиниоци зачепљења система.

Физички чиниоци (суспендоване материје)	Хемијски чиниоци (таложее)	Биолошки чиниоци (бактерије и алге)
песак	калцијум и магнезијум- карбонат	талог гела
прах	калцијум-сулфат	депозиције микроорганизама (гвожђе, сумпор, манган)
глина	хидроксиди, оксиди. карбонати, силикати и сулфиди тешких метала	
органска материја		

Раствор за фертигацију треба да буде у распону рН 5,5-7,0. Вода за наводњавање која садржи већу количину калцијума, магнезијума и бикарбоната се сматра „тврдом водом“, а рН вредност ове воде је преко 7,2. Када се оваква алкална вода користи за фертигацију, приликом примене ђубрива може доћи до стварања талог у резервоару и зачепљења капаљки и филтера. Проблем је посебно изражен код примене фосфатних ђубрива јер настаје талог калцијум и магнезијум-фосфата, као и код примене сулфатних ђубрива због талог калцијум-сулфата. Висока рН вредност раствора може смањити доступност фосфора, цинка и гвожђа. Коришћење тврдих вода је сложеније у фертигацији, јер је неопходно смањити рН како би се спречило таложее. Такође, смањење рН вредности воде је често неопходно како би се побољшала доступност хранљивих материја (нпр. да би фосфор остао у раствору за време фертигације). За смањење рН се углавном користе азотна, сумпорна и хлороводонична киселина. Код употребе фосфорне киселине треба водити рачуна да не дође до таложее са калцијумом. Предност употребе ових киселина је и у томе што оне такође снабдевају биљке хранљивим материјама, азотом, сумпором и фосфором, што се мора узети у обзир при одређивању потребних количина ђубрива. Додавање киселине у воду за наводњавање, у циљу подешавања рН, зависи од врсте и концентрације киселине, као и од алкалности и рН воде. Уколико се подешавање обавља ручно, за обрачун потребне количине киселине за постизање циљане рН узима се у обзир и проток система и ињектора, као и трајање заливања и запремина резервоара за киселину. Код аутоматизованих система за наводњавање, контролером се одржава задата рН вредност која се континуирано мери рН сензором.

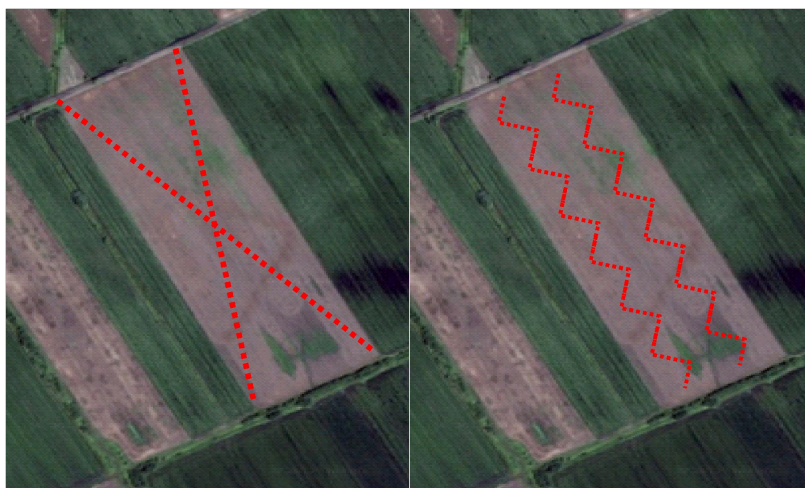
Уклањање микроелемената и тешких метала из воде за наводњавање је често веома сложено и скупо. Нпр. утицај гвожђа на зачепљење је понекад тешко проценити јер узрокује и друге проблеме, те га је неопходно одстранити пре него што доспе у систем за наводњавање. Његово уклањање оксидацијом и применом хлора, као и аерацијом је компликовано и скупо, те је неопходно проценити практичност и исплативост овог третмана воде за наводњавање.

7. ЋУБРЕЊЕ ПО ПРИНЦИПИМА ПРЕЦИЗНЕ ПОЉОПРИВРЕДЕ

Прецизна пољопривреда, као савремени приступ управљању производњом, тежи оптимизацији употребе ресурса и повећању ефикасности примене ђубрива, уз минимизацију негативних утицаја на животну средину. У том контексту, анализа земљишта и биљака представља темељни корак који омогућава доношење информисаних одлука о врсти, количини и начину примене ђубрива.

Примена ГПС (Глобални позициони систем) и ГИС (Географски информациони систем) технологија у узорковању и анализи земљишта доноси револуцију у пољопривреди, значајно побољшавајући прецизност, ефикасност и корисност добијених података у поређењу са традиционалним методама.

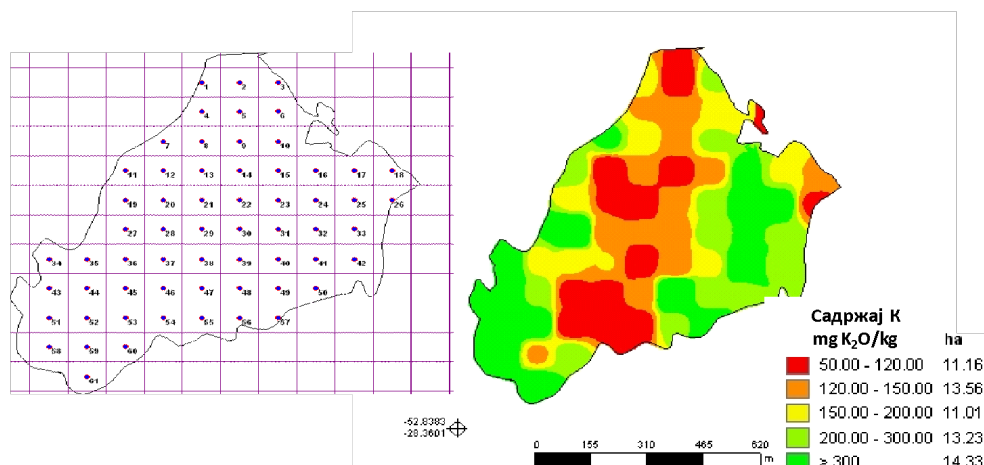
Традиционално узорковање и анализа земљишта ослањају се на ручно узимање узорака са више репрезентативних тачака унутар парцеле, од којих се формира један просечан узорак. Узорци се обично узимају насумично или по принципу једноставне мреже, без детаљног увида у просторне разлике унутар парцеле (Слика 23).



Слика 23. Узорковање по дијагоналном и шаховском распореду.

Док овај приступ може бити довољан за основну процену плодности земљишта, он не успева да открије хетерогеност на нивоу парцеле, што може довести до непотпуних или нетачних препорука за ђубрење.

С друге стране, употреба ГПС и ГИС технологија у узорковању и анализи земљишта омогућава тачно позиционирање сваке тачке узорковања, чиме се обезбеђује детаљна просторна мапа плодности земљишта. ГПС технологија осигурава да се узорци узимају са унапред одређених координата, што елиминише субјективност и омогућава поновљивост узорковања у будућим сезонама (Слика 2). ГИС технологија омогућава обраду добијених података и њихову визуализацију у облику мапа које приказују просторну варијабилност параметара као што су рН, органска материја, и концентрације макро и микроелемената (Слика 24).



Извор: Манојловић и Чабиловски, 2019.

Слика 24. Мапирање парцеле и карта плодности земљишта након анализа узорка.

Кључна разлика између ова два приступа лежи у нивоу детаљности и тачности. Док традиционално узорковање пружа општи преглед стања земљишта, ГПС и ГИС омогућавају идентификацију зона са различитим нивоима приступачних макро и микроелемената, па самим тим и различитом потребом за ђубрењем. Ово је основа за варијабилну примену ђубрива. Варијабилна примена ђубрива представља савремену агротехничку меру која омогућава примену ђубрива у различитим количинама на различитим деловима парцеле, у складу са стварним потребама земљишта и биљака. Овај приступ је кључни део прецизне пољопривреде и омогућава оптималну употребу ресурса, повећање приноса и смањење негативног утицаја на животну средину.

Основни принцип варијабилне примене ђубрива је заснован на мапама плодности земљишта, које се израђују на основу детаљних анализа земљишта и биљака. ГПС и ГИС технологије омогућавају прикупљање прецизних података о стању земљишта на различитим зонама парцеле. Подаци као што су рН, садржај органске материје и концентрације хранљивих материја користе се за креирање зона са различитим потребама за ђубривом.

Апликација ђубрива се обавља помоћу савремене механизације опремљене сензорима, ГПС навигацијом и софтвером за управљање. Ова опрема је у могућности да примењује тачно одређене количине ђубрива у складу са мапама плодности. На пример, зоне са мањком фосфора добијају већу количину фосфорних ђубрива, док се у зонама са довољним нивоима ова примена редукује.

Предности варијабилне примене ђубрива су вишеструке. Овај приступ смањује непотребну потрошњу ђубрива, чиме се смањују производни трошкови и негативан утицај на животну средину, попут загађења подземних вода нитратима. Истовремено, повећава се ефикасност исхране биљака, што резултира вишим приносима и квалитетнијим производима. Варијабилна примена ђубрива такође помаже у очувању плодности земљишта на дуге стазе, јер обезбеђује уравнотежену исхрану и спречава исцрпљивање одређених хранљивих материја.

Визуализација података кроз мапе плодности и интеграција са другим подацима, као што су приноси или климатски услови, пружају драгоцене информације за дугорочно управљање земљиштем.

Иако је примена ГПС и ГИС технологија почетно скупља због потребе за специјализованом опремом и софтвером, дугорочне предности у смислу ефикасности, одрживости и повећања приноса чине овај приступ незаобилазним у савременој

пољопривреди. У поређењу са традиционалним приступом, он пружа детаљније, тачније и практичније информације које подржавају доношење бољих агрономских одлука.

8. УТИЦАЈ ЂУБРЕЊА НА КВАЛИТЕТ ПЛОДА

Ђубрење представља један од кључних фактора који утиче на квалитет плода у воћњацима и виноградима. Адекватна примена хранљивих материја обезбеђује оптималне услове за раст, развој и продуктивност биљака, што се директно рефлектује на својства плода, као што су величина, боја, чврстина, органолептичка својства и дужина чувања (складиштења).

Примењене количине, однос и врсте ђубрива могу значајно да унапреде или, у случају нестручне употребе, наруше квалитет плода воћака и винове лозе. Међу неопходним хранљивим елементима који највише утичу на квалитет плода издвајају се азот, фосфор, калијум, калцијум, магнезијум и бор. Њихова оптимална количина обезбеђује правилан развој, бољу чврстоћу, укус и дужи рок трајања плода, док недостатак или сувишак ових елемената може довести до проблема као што су лоша боја, смањен садржај шећера, слабија отпорност на болести и краћи рок складиштења.

Азот има кључну улогу у утицају на квалитет плода различитих воћних врста, али његов ефекат може бити и позитиван и негативан у зависности од примењених количина. Када се азот примењује у оптималним дозама, он подстиче синтезу протеина, повећава ћелијску деобу и раст, што резултира већим и квалитетнијим плодовима. Поред тога, азот доприноси интензивнијој боји плода кроз синтезу пигмената, као и побољшању укуса услед уравнотеженог односа шећера и киселина. Такође, довољна количина азота обезбеђује енергију неопходну за развој цветова и плодова, што повећава принос и укупни квалитет.

С друге стране, недостатак азота значајно умањује раст и развој плода, јер биљке не могу да синтетишу довољно протеина и хлорофила. Ово доводи до смањене величине плода, слабије обојености и лошијег укуса због мањег садржаја шећера. Плодови постају мање чврсти и подложнији оштећењима, што негативно утиче на њихову тржишну вредност.

Са друге стране, превелике количине азота често подстичу прекомеран вегетативни раст на рачун формирања плодова, што резултира плодовима који су велики, али са нижим садржајем суве материје и слабе чврстоће. Превише азота може пореметити метаболизам угљених хидрата, смањити садржај шећера у плодовима и повећати киселост, што умањује њихов укус. Поред тога, плодови постају склони пуцању због неравномерног раста ћелија и акумулације воде. Такви плодови имају слабију отпорност на физиолошка обољења и краћи период чувања. Прекомерна примена азота један је од главних фактора који доприноси настанку горких пега (*Bitter pit*) код јабуке (Слика 25).



Слика 25. Горке пеге код сорте Златни делишес (извор: <https://pnwhandbooks.org/>).

Високе дозе азота подстичу интензиван вегетативни раст, што може довести до недостатка калцијума у плодовима. Калцијум је од суштинског значаја за формирање чврстих ћелијских зидова и стабилност ћелијских мембрана. У условима прекомерног ђубрења азотом, долази до брзог развоја лишћа и грана, што "преусмерава" калцијум ка вегетативним деловима, остављајући плодове са његовим недостатком. Осим тога, прекомерни азот доводи до већих и брже растућих плодова, што додатно разређује садржај калцијума у ткивима. Ова комбинација фактора повећава подложност плода горким пегам. Прекомерно ђубрење азотом такође може, довести до интензивног вегетативног раста и засене плодова чиме је развој допунске боје плода отежан.

Недостатак фосфора негативно утиче на квалитет плода, доводећи до успореног развоја и формирања мањих, мање чврстих плодова. Плодови могу имати слабију обојеност и неразвијену арому, а садржај шећера често остаје на nižем нивоу, што умањује укупан квалитет. Код винове лозе, недостатак фосфора доводи до лошијег сазревања грожђа и повећане киселости, што директно утиче на квалитет вина. С друге стране, прекомерна примена фосфора може довести до недостатка других хранљивих елемената, као што су цинк и гвожђе, што посредно може утицати на квалитет плода.

Адекватна примена калијума побољшава обојеност и чврстину плодова, повећавајући њихову визуелну привлачност и отпорност током транспорта и складиштења. Поред тога, калијум подстиче синтезу и акумулацију шећера у биљкама и равномерно сазревање, што директно побољшава укус и квалитет плодова. Међутим, неуравнотежена примена калијума може довести до поремећаја у апсорпцији других неопходних елемената, као што су калцијум и магнезијум. Прекомерна количина калијума у земљишту може смањити усвајање ових елемената, што може имати негативне последице на квалитет плодова.

Калцијум је кључан за изградњу ћелијских зидова, што доприноси чврстини и стабилности плодова. Његов недостатак може довести до физиолошких поремећаја као што су горке пеге, стаклавост плода, брашњавост, посмеђивање pokožице и меса плода. Поред тога, калцијум побољшава отпорност биљака на болести и продужава складишну способност плодова. Са друге стране, магнезијум учествује у активацији бројних ензима и синтези протеина, што је важно за укупан метаболизам биљке. Важно је одржавати правилан однос између калцијума и магнезијума у земљишту, јер њихов дисбаланс може довести до поремећаја у исхрани биљака. Висок садржај магнезијума може ограничити усвајање калцијума, што може довести до његовог недостатка и појаве различитих физиолошких обољења на плодовима. Највећу осетљивост на недостатак калцијума имају плодови јабуке. Недостатак калцијума у

плодовима јабуке (горке пеге и др.) не само да утиче на естетски изглед плода, већ и смањује његову тржишну вредност и складишну способност. Током складиштења плода јабуке често се појављују различита физиолошка обољења плода која представљају поремећаје унутрашњих процеса током зрења и старења, што доводи до промена у изгледу, укусу, сочности и ароми плода. Ова обољења постају посебно изражена при дужем складиштењу плодова. Да би се минимизирала појава ових обољења, препоручује се примена одговарајућих агротехничких мера, као што су правилна исхрана биљака, контрола услова складиштења и благовремена берба плодова. Такође, анализа плодова јабуке пре бербе може бити ефикасна метода за предвиђање појаве физиолошких обољења током складиштења. У Табели 53 приказан је оптималан садржај макроелемената у плоду јабуке непосредно пред бербу, који указују на добру складишну способност плодова.

Табела 53. Оптималне вредности хранљивих елемената у зрелим плодовима јабуке (Gvozdenović, 1998).

Елемент	mg 100g ⁻¹ свеже масе плода
Азот	30-50
Фосфор	9-11
Калијум	100-130
Калцијум	>4,5
Магнезијум	4,5-6,0

Поред укупног садржаја елемената, за добру складишну способност важан је и њихов међусобни однос. У том смислу најважни је однос калијума према калцијуму. Превише калијума у плоду јабуке у односу на калцијум (широк однос К/Са), указује на велику вероватноћу да ће током складиштења доћи до појаве физиолошких обољења (Табела 54).

Табела 54. Вероватноћа појаве физиолошких обољења током складиштења плодова јабуке у зависности од односа калијума и калцијума у плодовима пре бербе (Gvozdenović, 1998).

К/Са	<30	У нормалним приликама, не јављају се физиолошка обољења током складиштења.
	30-35	Може доћи до складишних проблема, ако постоје и други неповољни фактори.
	>35	Треба рачунати на физиолошке поремећаје (обољења) пре и за време складиштења.

Од свих микроелементата, највећи утицај на квалитет плода има бор. Он је неопходан за синтезу ћелијских зидова, поделу ћелија и развој меристемских ткива, што доприноси правилном формирању и развоју плодова. Неопходан је за успешну оплодњу, јер побољшава клијање поленовог зрна и раст поленове цеви. Такође, бор утиче на синтезу и транспорт шећера у биљци, што директно побољшава укус и садржај шећера у плоду. Недостатак бора може довести до слабе оплодње и опадања плодова, деформација плодова, појаве некротичних пеге и смањене отпорности на абиотичке стресове. Поред тог врло је битна индиректна улога бора на квалитет плода, услед синергистичког деловања са калцијумом.

Присуство адекватне количине бора омогућава бољу апсорпцију калцијума из земљишта и његову равномерну расподелу у ткивима биљке. Калцијум, са своје стране, игра виталну улогу у побољшању структуре и текстуре плода, спречавајући појаву физиолошких поремећаја као што су горка пега код јабука или пуцање плода, што често настаје услед недостатка ових елемената. Бор олакшава интеграцију калцијума у ћелијске зидове, чиме се повећава механичка чврстина и трајност плода. Овај утицај доприноси дужем року трајања, бољој отпорности током складиштења и транспорта и укупној тржишној вредности плодова. Недостатак бора може утицати на смањену апсорпцију калцијума, што доводи до поремећаја у развоју и снижавања квалитета плода. Због тога је важно обезбедити адекватно снабдевање биљке и бором и калцијумом, како би се постигли оптимални приноси и висок квалитет воћа.

9. ПРОЦЕНА ОБЕЗБЕЂЕНОСТИ БИЉАКА ХРАНИВИМА НА ОСНОВУ ФОЛИЈАРНЕ АНАЛИЗЕ И ВИЗУЕЛНЕ ДИЈАГНОСТИКЕ

Процена обезбеђености биљака хранивима на основу фолијарне анализе и визуелне дијагностике представља једну од најважнијих метода за утврђивање обезбеђености засада хранљивим елементима. Овај приступ комбинује две комплементарне методе – хемијску анализу листова и визуелно посматрање симптома недостатка, како би се добила потпуна слика о обезбеђености биљака хранљивим елементима.

9.1. Фолијарна анализа као метода процене обезбеђености биљака хранљивим елементима

Фолијарна анализа је прецизна и научно утемељена метода која омогућава мерење концентрације макро и микроелемената у лишћу. Овим приступом могу се идентификовати недостатак или вишак хранива, што није увек могуће уочити визуелним дијагностификовањем. На основу резултата хемијске анализе листа, могу се предузети корективне мере у исхрани биљака, као што су примене фолијарних или земљишних ђубрива.

Фолијарна анализа има бројне предности у односу на анализу земљишта када је у питању одређивање обезбеђености биљака хранљивим елементима. За разлику од анализе земљишта, која процењује количину приступачних хранљивих материја у земљишту, фолијарна анализа показује које хранљиве материје биљка заправо успева да усвоји и искористи. Ово је посебно важно у условима када земљиште садржи довољно елемената, али они нису доступни биљци због фактора као што су рН вредност, текстура земљишта или недостатак влаге. Фолијарна анализа може открити "скривене недостатке" хранљивих материја који још нису довели до видљивих симптома недостатка на биљкама. Ово омогућава рану интервенцију и спречава смањење приноса и квалитета плодова. Подаци добијени фолијарном анализом омогућавају прецизније планирање ђубрења, јер директно указују на елементе који су у недостатку или вишку. На тај начин се смањује ризик од неадекватног ђубрења, које може бити скупо и штетно за биљке и животну средину. Такође, на основу хемисјске анализе листа може се проценити ефикасност примене различитих врста, доза, времена или начина примене ђубрива.

Иако је анализа земљишта важна за дугорочно одржавање плодности земљишта, фолијарна анализа је непроцењив алат за прецизно одређивање обезбеђености биљака хранљивим елементима. Њена способност да одрази стварни нутритивни статус биљака чини је посебно корисном за оптимизацију ђубрења, спречавање недостатка елемената и постизање високог приноса и квалитета плодова.

9.1.1. Избор листова и мрежа узорковања у воћњацима и виноградима за фолијарну анализу

Исправан избор листова и стратегија узорковања обезбеђују репрезентативност анализе. Узимање узорака у одговарајућем периоду, са препоручених делова биљке, помаже у тачној интерпретацији резултата и бољем управљању исхраном воћака и винове лозе.

При узорковању листова за фолијарну анализу у воћњацима и виноградима, кључно је одабрати репрезентативне листове и применити одговарајућу стратегију узорковања како би се добили тачни резултати. У воћњацима се узимају потпуно развијени листови са средњег дела једногодишњих ластара, обично са спољашњег

дела крошње. Узоркују се здрави и нормално развијени листови са лисном дршком. Најбољи период за узорковање у виноградима је средина вегетације (фенофаза шарка-промена боје pokožице бобице), када је садржај хранљивих елемената најстабилнији. У виноградима се узоркују листови супротно од првог грозда, који су потпуно развијени и здрави. Код боровнице се узорци узимају две недеље након завршетка бербе. Код већине воћних врста најпогодније време за анализу је након формирања терминалног пупољка, односно након престанака раста младара, што се често дешава већ крајем маја и почетком јуна месеца.

При одређивању мреже узорковања важно је осигурати да узорак представља целокупну парцелу. Биљни материјал се узима са подручја где се све агротехничке мере примењују на исти начин, и где је уједначена плодност земљишта. Кретање током узорковања може се вршити шаховским распоредом или дуж дијагонале парцеле, избегавајући делове у близини путева, сеновите зоне и крајеве редова. Како би узорак био репрезентативан, неопходно је да се састоји од појединачних узорака који су равномерно распоређени на целој површини. Површина са које се узима један просечан узорак може варирати од 0,5 до 10 хектара, у зависности од хомогености земљишта, броја сорти, и уједначености засада. Најчешће један просечан узорак чини 70-100 листова узетих из засада исте сорте, са површине до 5 ha. Узимање узорака се не препоручује након кише или у јутарњим сатима када су листови мокри, а важно је избегавати оштећене или болесне листове. Коришћењем стандардизованих метода узорковања и избора одговарајућих биљних органа, добијају се поуздани резултати који омогућавају прецизно планирање исхране воћака и винове лозе.

9.1.2. Припрема узорака за анализу

У већини случајева, прање узорака пре сушења не утиче значајно на садржај макроелемената као што су азот, фосфор, калијум, калцијум, магнезијум и бор. Међутим, присуство прашине, земље, пестицида или ђубрива за фолијарну примену на површини узорака може довести до значајно повишених концентрација микроелемената као што су гвожђе, манган, цинк и бакар, ако узорци нису опрани пре сушења. Из тог разлога, узорке је пожељно опрати, а затим испрати дестилованом водом како би се уклонила површинска контаминација.

При избору воде за прање узорака треба водити рачуна о њеном саставу, јер неки извори воде могу садржати мање количине мангана, бакра и цинка, што може довести до нетачних резултата анализе. Управо због тога, за испирање се препоручује искључиво дестилована вода.

Након последњег испирања, узорке је неопходно добро оцедити пре него што се ставе у папирне вреће за сушење. Вреће треба поставити на проветрено место погодно за брзо сушење, остављајући их отворене како би се спречила појава буђи. По завршетку сушења, узорке је важно чувати у сувом окружењу како би се избегла њихова поновна хидратација, што би могло утицати на тачност резултата хемијске анализе.

9.1.3. Тумачење резултата анализе

На основу резултата хемијске анализе листова и унапред утврђених граничних вредности, може се проценити степен обезбеђености биљака минералним материјама. Ова анализа представља поуздану методу за утврђивање нутритивног статуса биљака, јер омогућава корекцију ђубрења у складу са стварним потребама воћака и винове лозе. Ако је садржај неког елемента у листовима унутар оптималних граница, то указује на задовољавајући ниво тог хранива у земљишту, што значи да је тренутни режим исхране адекватан. У таквим случајевима, ђубрење треба да буде усмерено на одржавање постигнутог нивоа, при чему се примењује само количина хранљивих елемената која је потребна за надокнаду природних губитака. Ови губици настају услед одношења хранљивих елемената приносом, испирања у дубље слојеве земљишта или њихове хемијске фиксације у облике недоступне биљкама. Уколико је концентрација одређеног елемента у листовима испод оптималне вредности, то указује на недостатак тог хранива у земљишту или смањену способност усвајања услед фактора као што су неповољна рН вредност земљишта, недостатак влаге, конкуренција са другим елементима или оштећење кореновог система. У тим ситуацијама потребно је повећати дозе ђубрива, како би се биљкама обезбедио довољан ниво неопходних хранљивих материја. Ово често подразумева примену већих количина од оних које биљке износе приносом, како би се успоставила равнотежа у исхрани и омогућио стабилан раст и развој. Супротно томе, уколико је садржај одређеног елемента у листовима изнад препоручених вредности, неопходно је смањити или потпуно елиминисати његову додатну примену, јер прекомерне количине могу довести до нежељених ефеката. Прекомерна акумулација одређених елемената може изазвати токсичне ефекте, ометати усвајање других минерала или довести до физиолошких поремећаја у расту и развоју биљака. Осим економске уштеде у набавци ђубрива, избегавањем прекомерног ђубрења спречавају се и негативни утицаји на животну средину, као што су загађење подземних вода и деградација земљишта. У Табели 55 приказане су оптималне концентрације неопходних макроелемената у листовима неких воћних врста и винове лозе.

Табела 55. Оптимална концентрација неопходних макроелемената у листовима неких воћних врста и винове лозе (Bergmann, 1992).

Биљна врста	% (суве материје)				
	N	P	K	Ca	Mg
Јабука	2,20-2,80	0,20-0,35	1,10-1,80	1,30-1,80	0,35-0,50
Крушка	2,30-2,80	0,15-0,30	1,20-2,00	1,20-1,80	0,25-0,50
Кајсија	2,20-3,20	0,18-0,35	2,00-3,20	1,20-2,50	0,30-0,60
Бресква	2,00-3,20	0,18-0,35	1,50-3,00	1,50-2,50	0,30-0,60
Шљива	2,20-3,20	0,18-0,35	1,50-2,50	1,20-2,50	0,30-0,60
Вишња	2,80-3,20	0,20-0,35	1,60-2,00	1,60-2,50	0,30-0,50
Трешња	2,60-3,00	0,18-0,30	1,60-2,00	1,20-2,00	0,30-0,50
Лешник	2,50-3,50	0,15-0,40	1,00-2,40	0,80-1,50	0,25-0,40
Орах	2,20-3,50	0,15-0,40	1,20-3,00	0,80-1,00	0,30-0,70
Јагода	2,50-3,20	0,25-0,40	1,50-2,50	0,80-1,50	0,25-0,60
Малина	2,80-3,50	0,25-0,50	1,80-2,50	0,80-1,50	0,30-0,60
Купина	2,00-3,00	0,25-0,40	1,50-2,50	0,60-2,50	0,30-0,90
Боровница	1,70-2,10	0,10-0,40	0,40-0,70	0,30-0,80	0,15-0,30
Црвена рибизла	2,80-3,50	0,25-0,50	1,50-2,50	0,80-1,50	0,25-0,50
Винова лоза винске сорте	2,25-3,25	0,12-0,30	0,50-1,00	1,00-3,00	0,25-0,50
Винова лоза стоне сорте	2,10-3,00	0,15-0,45	0,50-1,00	1,00-3,00	0,25-0,50

У Табели 56 приказане су оптималне концентрације неопходних микроелемената у листовима неких воћних врста.

Табела 56. Оптимална концентрација неопходних микроелемената у листовима неких воћних врста и винове лозе (Bergmann, 1992).

Биљна врста	% (суве материје)				
	Fe	Mn	Zn	B	Cu
Јабука	50-200	50-150	20-100	25-50	5-12
Крушка	100-600	20-170	20-100	20-50	6-20
Кајсија	70-150	20-160	16-50	20-60	4-16
Бреска	120-200	35-100	15-50	20-60	7-15
Шљива	100-250	25-100	20-50	30-60	5-12
Вишња	100-200	35-100	15-50	30-60	5-12
Трешња	100-200	35-100	15-50	30-60	5-12
Лешник	50-400	30-600	20-60	25-80	5-15
Орах	50-300	30-15	20-60	30-80	4-12
Јагода	50-300	30-150	20-70	30-70	7-15
Малина	60-250	35-100	20-70	35-80	6-12
Купина	50-200	50-200	20-50	20-50	7-50
Боровница	60-200	50-350	8-20	30-80	5-15
Црвена рибизла	100-200	35-150	20-70	25-50	6-12
Винова лоза винске сорте	>75	30-100	15-50	30-100	6-20
Винова лоза стоне сорте	>75	30-100	15-50	30-100	6-20

При процени минералне исхране воћака и винове лозе, поред појединачних концентрација елемената, потребно је узети у обзир и њихове међусобне односе. Баланс хранљивих елемената унутар биљке је од кључног значаја, јер неки елементи могу имати антагонистичке ефекте, односно спречавати усвајање других. На пример, код већине воћних врста, однос концентрације калијума и магнезијума се сматра оптималним ако се креће у распону од 5 до 7. Прекомерне количине калијума могу умањити усвајање магнезијума, што доводи до његовог недостатка и поремећаја у фотосинтези. Такође, значајан је и однос азота и калијума, јер њихова неуравнотежена концентрација може утицати на раст, развој и отпорност биљака. У Табели 57 приказан је оптималан однос концентрација азота и калијума код неких воћних врста.

Табела 57. Оптимални однос концентрације азота и калијума у листовима неких воћних врста (Убавић и сар., 1990).

Врста	Однос (N/K)
Јабука и крушка	1,5-1,6
Трешња, вишња	1,7-2,0
Малина	2,2-2,5
Шљива и кајсија	0,8-0,9
Кајсија	1,0-1,2
Купина	1,7-2,1

Правилним тумачењем резултата анализе и разумевањем међусобних односа хранљивих елемената, могуће је оптимизовати исхрану воћака и винове лозе, чиме се постижу већи приноси и бољи квалитет плодова.

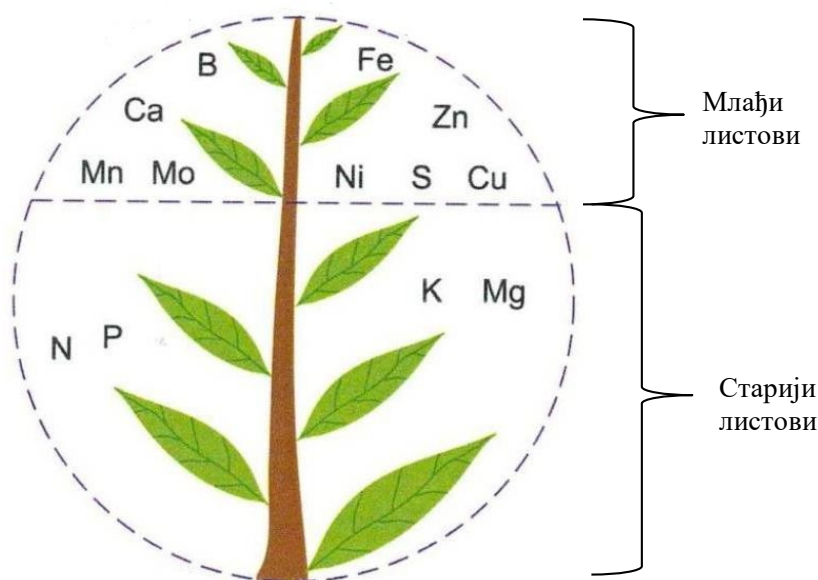
Фолијарна анализа је корисна метода за утврђивање садржаја хранљивих елемената у биљкама, али има одређена ограничења која утичу на њену прецизност и применљивост. Један од главних недостатака је то што не пружа информације о стварној доступности хранљивих елемената у земљишту, већ само о њиховој концентрацији у биљним ткивима. Недостатак неког елемента у листовима може бити последица лоших услова за усвајање, попут неповољног рН или недостатка влаге, а не нужно његовог стварног недостатка у земљишту. Такође, резултати анализе зависе од фазе развоја биљке, јер се концентрација хранљивих елемената у листовима мења током вегетације. Погрешно време узорковања може довести до нетачних закључака и доношења неадекватних агротехничких мера.

Још један важан изазов у примени фолијарне анализе је потреба за стандардизованим узорковањем, јер разлике у узимању узорака, попут избора старости листа или дела биљке са којег се узорци узимају, могу значајно утицати на добијене резултате. Главни недостатак фолијарне анализе као методе је то што се узорци обично узимају средином вегетације, када је већ касно за значајне корекције плана исхране биљака. У том тренутку, недостаци или неравнотеже у исхрани већ су утицали на раст и принос, што смањује ефикасност било каквих корективних мера. Иако фолијарна анализа пружа корисне информације о нутритивном статусу биљака, она је пре свега дијагностички алат за планирање будуће исхране, а не метода за правовремену оптимизацију ђубрења током текуће вегетације. Фолијарна анализа не може у потпуности заменити анализу земљишта, која је неопходна за планирање ђубрења и разумевање услова у којима биљке расту. Њена највећа вредност је када се комбинује са анализом земљишта и визуелном дијагностиком. Само узајамном применом различитих метода може се постићи потпуна слика нутритивног статуса биљке и донети најбоље одлуке у погледу исхране и ђубрења.

Комбинација фолијарне анализе и визуелне дијагностике пружа најбоље резултате у процени нутритивног статуса биљака. Док визуелна дијагностика омогућава брзу идентификацију проблема, фолијарна анализа даје детаљан увид у специфичне концентрације хранива и омогућава прецизну корекцију. Овај интегрисани приступ је кључан за одржавање здравих биљака, постизање високих приноса и очување квалитета плодова, посебно у интензивним пољопривредним системима.

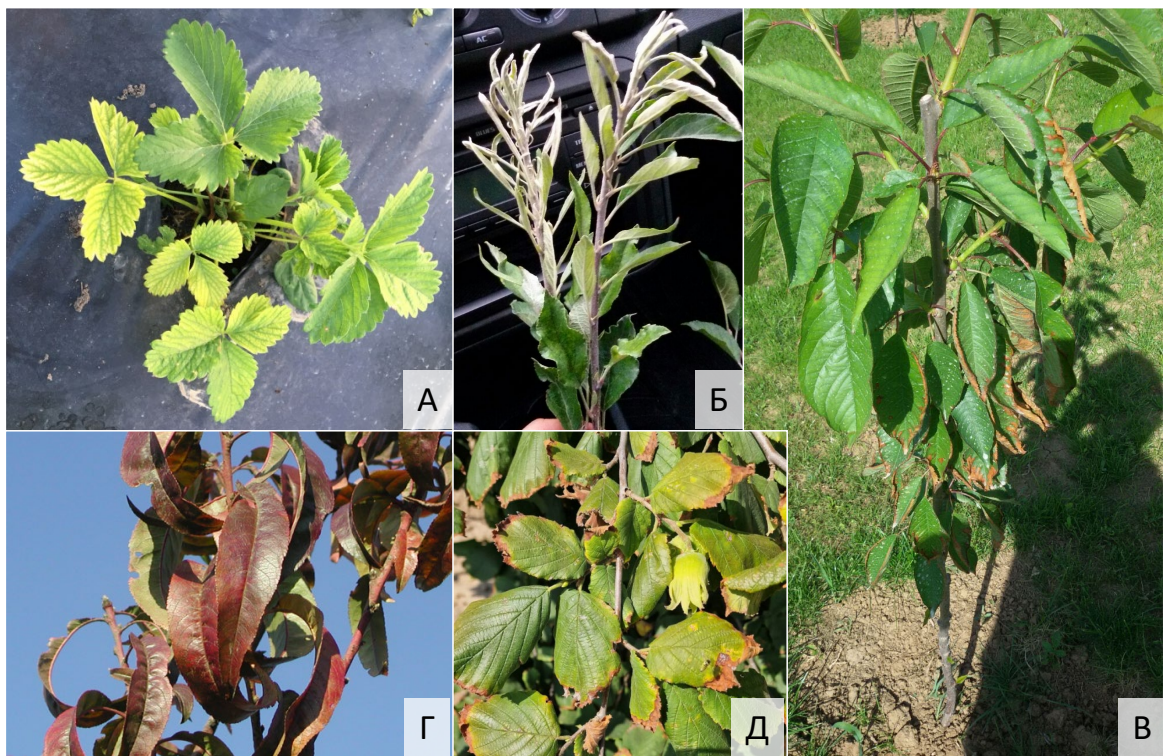
9.2. Визуелна дијагностика као метода процене обезбеђености биљака хранљивим елементима

Визуелна дијагностика је брз и економичан начин процене обезбеђености биљака хранљивима. Заснива се на идентификацији карактеристичних симптома на лишћу, стаблу или плодовима, који указују на недостатак одређених елемената. На пример, хлороза или жутило лишћа може бити знак недостатка азота, гвожђа или магнезијума, док некротичне мрље на листовима често указују на недостатак калијума или бора. Иако је ова метода корисна за брзу процену стања, може бити субјективна и мање поуздана у раним фазама недостатка, када симптоми још увек нису јасно изражени. Ако је недостатак одређеног елемента изражен, симптоми су обично специфични и јављају се на тачно одређеним деловима биљке. Недостаци покретних елемената, попут азота, фосфора, калијума и магнезијума, најпре се уочавају на старијим листовима, јер биљка у условима дефицита премешта ове елементе у млађе органе. Насупрот томе, симптоми недостатка мање покретних елемената, као што су калцијум, бор и гвожђе, прво се испољавају на млађим листовима и растућим ткивима, јер ови елементи остају углавном везани у старијим деловима биљке (Слика 26).



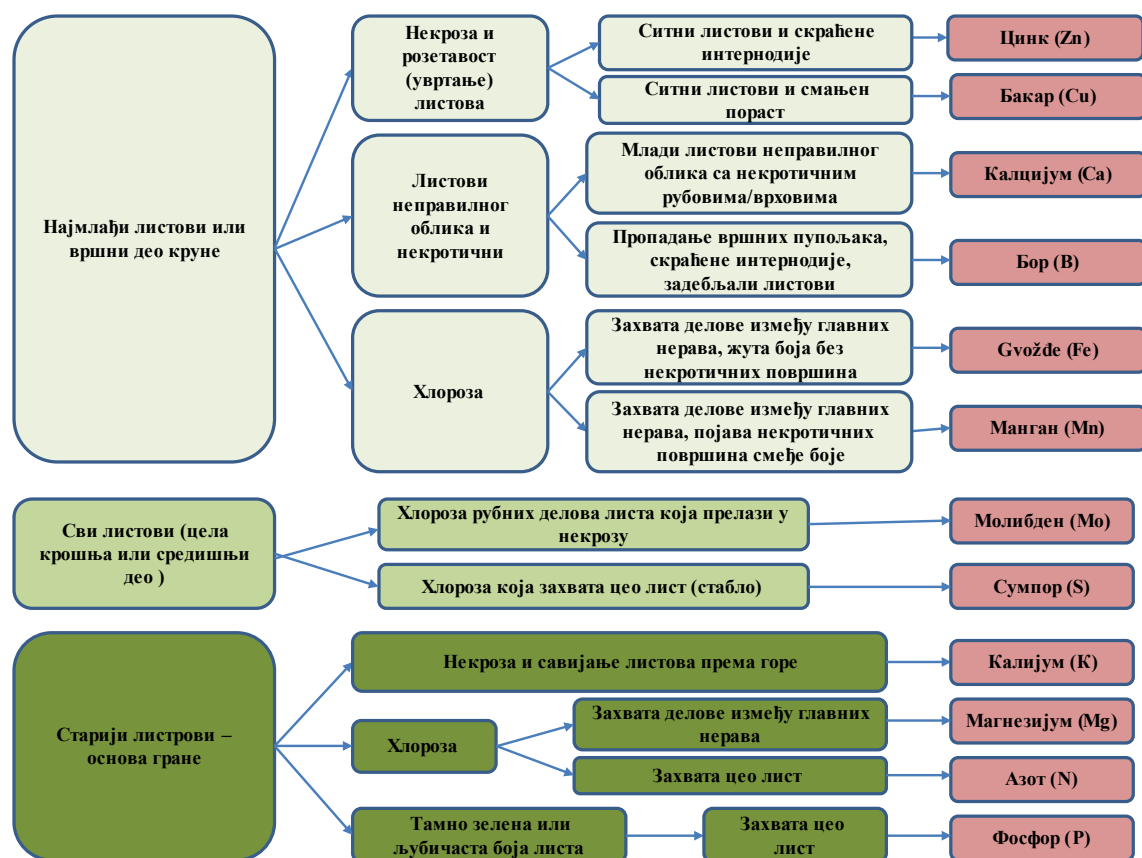
Слика 26. Генерализована шема дела биљке где се могу уочити симптоми недостатка различитих хранљивих елемената.

Поред карактеристичног места где се појављују (млађи или старији листови), недостатак сваког хранљивог елемента доводи до карактеристичних промена у изгледу као што је хлороза, некроза, промена боје листа, розетавост листа, одумирање вршног пупољка, савијање листа према горе или према доле, деформације и ломљивост младих листа (Слика 27).



Слика 27. Симптоми недостатка неопходних елемената: хлороза (А), розетавост листа (Б), увијање листа према горе (В), црвенкаста боја листа (Г) и некроза рубних делова листа (Д).

Методом визуелне дијагностике могуће је утврдити недостатак неког хранљивог елемента помоћу „кључа“ за детерминацију симптома, који представља поступак за идентификацију симптома недостатка на основу места њиховог појављивања (млађи или старији листови) и изгледа симптома (Слика 28).



Слика 28. Детерминација симптома недостатка неопходних елемената.

Визуелна дијагностика као метода за одређивање недостатака хранљивих елемената у биљкама има своје предности и недостатке. Једна од главних предности је њена брза и једноставна примена, јер омогућава да се недостатак хранљивих елемената уочи без потребе за лабораторијском анализом. Осим тога, ова метода је финансијски приступачна, јер не захтева додатне трошкове за хемијске анализе. Још једна значајна предност је могућност сталног праћења стања биљака током вегетације, што омогућава благовремену интервенцију. Такође, визуелна дијагностика може бити корисна као прелиминарна метода за процену нутритивног статуса биљака пре примене детаљнијих анализа.

Ипак, ова метода има и значајна ограничења. Један од главних недостатака је то што симптоми недостатка хранљивих елемената често могу изгледати слично симптомима изазваним другим факторима, као што су болести, штеточине или стресни услови средине. Такође, појава симптома обично значи да је већ дошло до одређене штете, што може утицати на коначни принос. Још један проблем је то што визуелна дијагностика не пружа прецизне квантитативне податке о нивоу недостатка појединих елемената, што може довести до непотребног или недовољног ђубрења. Осим тога, када биљка има истовремено недостатак више хранљивих елемената, тешко је тачно утврдити који елемент је у дефициту. Ова метода не омогућава предвиђање недостатка пре него што се симптоми појаве, док лабораторијска анализа земљишта може унапред указати на потенцијалне проблеме и омогућити превентивно деловање.

Иако визуелна дијагностика може бити користан алат у праћењу стања биљака, за најпрецизније утврђивање потреба за ђубрењем најбоље је комбиновати са хемијским анализама биљног ткива и земљишта.

10. МЕШАЊЕ ТЕЧНИХ ЋУБРИВА И ПЕСТИЦИДА-КОМПАТИБИЛНОСТ

Мешање ђубрива и пестицида је честа пракса у савременој пољопривреди, која омогућава истовремену примену хранљивих материја и средстава за заштиту биља. Овај приступ штеди време и смањује трошкове рада, али захтева пажљиво планирање како би се избегли проблеми са компатибилношћу, губитак ефикасности или оштећења биљака.

Сваки пестицид и ђубриво имају специфична физичка и хемијска својства. Када се ови производи мешају у резервоару прскалице, може доћи до проблема који се карактеришу као физичка некомпатибилност и хемијска некомпатибилност.

Физичка некомпатибилност се односи на физичке проблеме који се јављају у мешавини, што обично доводи до тога да раствор постане нефункционалан услед:

- Таложења (преципитација): Формирање нерастворљивих честица које се талоче на дну резервоара. Чест узрок је мешање производа са високим садржајем калцијума (нпр. $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$) са сулфатима (нпр. MgSO_4) или фосфатима (нпр. ДАП, МАП).
- Згушњавање или желатинизација: Раствор постаје густ или геласт, што отежава примену и може зачепити млазнице прскалица. Ово се дешава када се мешају производи са супротним физичким својствима, попут концентрованих емулзија и раствора.
- Издвајање слојева у раствору: Одвајање компоненти у различите фазе, при чему један део остане на површини, а други се талочи. Чест узрок је недовољно мешање или некомпатибилност хемијских формулација.

Хемијска некомпатибилност настаје када активне супстанце ђубрива и пестицида реагују једна са другом, што доводи до губитка ефикасности или настанка токсичних једињења. Она се јавља када активне супстанце или други састојци једног производа уђу у хемијску реакцију са састојцима другог, мењајући њихову структуру или стабилност. Овај тип некомпатибилности најчешће је узрокован разликама у рН раствора, хемијским реакцијама као што су преципитација или разградња, као и формирањем нових једињења која могу бити неактивна или штетна. На пример, мешање производа који садрже бакар-сулфат са онима који садрже амонијак може довести до стварања токсичних једињења. Слично томе, пестициди као што су органофосфати могу бити хемијски нестабилни у алкалним условима, што значи да ће се њихова ефикасност смањити ако се мешају са ђубривима или адитивима који повећавају рН раствора.

Већина пестицида је компатибилна са течним ђубривима. Ипак, уколико се не располаже подацима о могућности мешања ђубрива и пестицида, обавезно треба консултовати произвођаче и/или спровести тест компатибилности у мањем обиму. Тест компатибилности ђубрива и пестицида неопходно је извршити пре мешања у резервоару прскалице, како би се избегли потенцијални проблеми, попут таложења, згушњавања раствора или губитка ефикасности. Овај тест се изводи у малом обиму и служи као брз и поуздан начин за проверу да ли ће мешавина бити стабилна и безбедна за примену. Овај поступак се изводи у чистој провидној посуди са водом истог квалитета као она која ће бити коришћена у резервоару прскалице. Компоненте се у раствор додају једна по једна, у редоследу који ће бити примењен током стварног мешања у резервоару прскалице. Правилан редослед мешања одређује се према

формулацији производа. Први производи који се додају су чврсти прашкасти препарати који се растварају у води (WP). Након што се ови производи у потпуности растворе и равномерно распореде, додају се концентрована суспензија (SC), а затим и концентрат за емулзију (EC) и концентровани раствор (SL). Ђубрива се додају након пестицида, а на крају се додају адјуванси, као што су сурфактанти или оквашивачи, који побољшавају распршивање и адхезију раствора на површину биљака. Након сваког додатка, раствор се лагано меша како би се осигурала равномерна дистрибуција. Када су све компоненте додате, раствор се оставља да стоји неколико минута, након чега се врши визуелна процена. Посматрају се знаци таложења, згушњавања, раслојавања или прекомерне пене. Уколико раствор изгледа стабилно, препоручује се тест примена на малом делу засада како би се проверила могућа фитотоксичност или проблеми током апликације. Ако се не појаве негативни ефекти, мешавина се сматра компатибилном и безбедном за употребу.

Поред физичке и хемијске некомпатибилности ђубрива и пестицида, на њихову ефикасност велики утицај може имати и квалитет воде која се користи као носач активних материја. рН воде је један од најзначајнијих фактора који утиче на хемијску стабилност пестицида и ђубрива. Ако је вода превише кисела (рН мањи од 5) или алкална (рН већи од 7), може доћи до хидролизе, која узрокује разградњу активних супстанци. На пример, органофосфатни инсектициди су веома осетљиви на алкалну воду и могу изгубити своју ефикасност у року од неколико сати. Са друге стране, неке активне супстанце су стабилније у благо киселој води, што значи да подешавање рН раствора може значајно побољшати њихову ефикасност. Тврдоћа воде, односно садржај калцијума, магнезијума и других минерала, такође може утицати на својства раствора. Висока тврдоћа воде може довести до реакција са активним супстанцама, стварајући нерастворљива једињења или талог који блокира млазнице прскалице и смањује ефикасност. Хербициди, као што су глифосат, посебно су осетљиви на тврду воду, јер се могу везати за калцијум и магнезијум, што значајно смањује њихову апсорпцију у биљци. Електрична проводљивост воде (EC), која указује на концентрацију растворених соли, такође може утицати на перформансе раствора. Висок ниво растворених соли може изазвати осмотски стрес на биљкама, смањујући усвајање фолијарних ђубрива. У оваквим случајевима, додавање кондиционера воде или разблаживање са водом нижег ЕС може побољшати ефикасност апликације. Присуство органских материја или нечистоћа у води може узроковати некомпатибилност са пестицидима и ђубривима. На пример, органске материје могу реаговати са неким активним супстанцама, смањујући њихову ефикасност или узрокујући таложење. Температура воде може утицати на растворљивост и стабилност производа. Хладна вода може успорити растварање прашкастих формулација, док топла вода може убрзати хемијске реакције, укључујући разградњу активних супстанци.

Ефикасност ђубрива и пестицида у великој мери зависи од комбинације фактора који утичу на њихову стабилност, апсорпцију, деловање и укупну ефективност. Ови фактори могу бити повезани са својствима самих производа, условима примене, као и са спољашњим факторима околине. Разумевањем ових фактора и њиховим пажљивим управљањем, могу се максимално повећати ефикасност ђубрива и пестицида и смањити трошкови услед њихове истовремене примене.

ЛИТЕРАТУРА

1. Abou-Seeda, M.A., Yassen, A.A., Abou ElNour, E.A.A., & Sahar, M.Z. (2020). Improving of phosphorus use efficiency in plant-soil system. A review. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 9(3), 491-514.
2. Adamczuk, N., Ośko, J., Grembecka, M., Koniecznyński, P., Migas, P., Orzeł, A., Baj-Wójtowicz, B., & Krauze-Baranowska, M. (2023). Evaluation of the Content of Micro- and Macroelements in Raspberries Depending on the Species, Cultivar Variety, and Geographical Environment. *Nutrients*, 15(17), 3782.
3. Anderson, K.K., Grant, J., Weinbaum, S.A., & Pettygrove, S. (2006). *Guide to efficient nitrogen fertilizer use in walnut orchards*. University of California, Agriculture and Natural Resources, Publication 21623.
4. Ayers, R.S., & Westcot, D.W. (1985). *Water quality for agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 Rev.1., United Nations (FAO): Rome, Italy.
5. Barreto, C. F., Antunes, L. E. C., Navroski, R., Benati, J. A., Ferreira, L. V., & Nava, G. (2022). Potassium fertilization and its impact on production and mineral composition of peach trees. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 44(4), e-208.
6. Белић, М., Нешић, Љ., Тирић, В. (2014). *Практикум из педологије*. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија.
7. Bergmann, W. (1992). *Nutritional disorders of plants: Development, visual and analytical diagnosis*. Gustav Fischer Verlag, Jena–Stuttgart–New York.
8. Bernal, M.P., Alburquerque, J.A., & Moral, R. (2009). Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment: A review. *Bioresource Technology*, 100(22), 5444-5453.
9. Blum, W.E.H. (2005). Functions of soil for society and the environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 4, 75–79.
10. Bottoms, T.G., Hartz, T.K., Cahn, M.D., & Farrara, B.F. (2013). Crop and soil nitrogen dynamics in annual strawberry production in California. *HortScience* 48, 1034–1039.
11. Bryla, D.R., & Stirk, B. (2015). Nutrient requirements and fertigation practices in highbush blueberry. *HortTechnology*, 25(4), 464-470.
12. Burt, C. (2019). *Fertigation*. Irrigation Training & Research Center, California Polytechnic State University, San Luis Obispo, California.
13. Čabilovski, R. (2015). *Primena organskih đubriva u proizvodnji jagode (Doktorska disertacija)*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Srbija.
14. Cahoon, G. (1985). *Fertilizing fruit crops*. Bulletin 458, The Ohio State University, Columbus, Ohio, US.
15. Carranca, C., Brunetto, G., & Tagliavini, M. (2018). Nitrogen Nutrition of fruit trees to reconcile productivity and environmental concerns. *Plants*, 7(1):4.
16. Cheng, L. & Raba, R. (2009). Accumulation of macro- and micronutrients and nitrogen demand-supply relationship of ‘Gala’/‘Malling 260’ apple tree grown in sand culture. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 134(1), 3-13.
17. Clark, J.R. (2005). Changing times in the blackberry world. *HortTechnology*, 15(3), 491-494.
18. Council Directive 91/676/EEC of 12 December 1991 concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. *Official Journal of the European Communities*, L 375, 31.12.1991, pp. 1-8.

19. Council Regulation (EC) No 1804/1999 of 19 July 1999 supplementing Regulation (EEC) No 2092/91 on organic production of agricultural products and indications referring thereto on agricultural products and foodstuffs to include livestock production. *Official Journal of the European Communities*, L 222, 24.8.1999, p. 1-28.
20. DeJong, T., Pope, K., Brown, P., Lampinen, B., Hopmans, J., Fulton, A., Buchner, R., & Grant, J. (2015). Development of a nutrient budget approach and optimization of fertilizer management in walnut. *Walnut Research Reports 2015*. University of California, Division of agriculture and natural resources, USA.
21. Ducatti, R.D.B., & Tironi, S.P. (2024). Enhancing the efficiency and sustainability of foliar fertilization in agriculture. *Agronomy Science and Biotechnology*, 10, 1-21.
22. Enger H., Riehm H. (1958). Die Ammoniumlaktatessigsäure-Methode zur Bestimmung der leichtlöslichen Phosphorsäure in Karbonathaltigen Böden (In German). *Agrochimicae III (1)*, 49-65.
23. Epstein, E. (1997). *The science of composting*. CRC Press.
24. Evans, R.G., & Waller, P.M. (2007). Application of chemical materials. In F.R. Lamm, J.E. Ayars, & F.S. Nakayama (Eds.), *Microirrigation for crop production* (pp. 285–327). Elsevier.
25. Fageria, N.K., Barbosa Filho, M.P., Moreira, A., & Guimarães, C.M. (2009). Foliar Fertilization of Crop Plants. *Journal of Plant Nutrition*, 32:6, 1044-1064.
26. Faust, M. (1989). *Physiology of temperate zone fruit trees*. Wiley Intersciences, New York, 106-227.
27. Fernández, V., Del Río, V., Abadía, J., & Abadía, A. (2006). Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): Effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. *Plant and Soil*, 289(1–2), 239-252.
28. Fernández, V., Sotiropoulos, T., & Brown, P. (2013). *Foliar fertilization: Scientific principles and field practices*. International Fertilizer Industry Association (IFA), Paris, France.
29. Gergely, A., Papp, N., Stefanovitsné Bányai, É., Hegedűs, A., Rábai, M., & Szentmihályi, K. (2014). Assessment and examination of mineral elements in apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars: A special attention to selenium and other essential elements. *European Chemical Bulliten*, 3, 760–762.
30. Gvozdenović, D. (1998). *Jabuka*. Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, Srbija.
31. Hagin, J., Sneh, M., Lowengart-Aycicegi, A., & Johnston, A. (2003). *Fertigation: Fertilization through irrigation* (IPI Research Topics No. 23). International Potash Institute (IPI), Bazel, Switzerland.
32. Hancock, J. F. (1999). *Strawberries*. Crop Production Science in Horticulture Series, Vol. 11. CABI Publishing.
33. Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., & Nelson, W. L. (2017). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (7th ed.). Prentice Hall.
34. Hegedűs, A., Papp, N., & Stefanovits-Bányai, É. (2013). A review of nutritional value and putative health effects of quince (*Cydonia oblonga* Mill.) fruit. *International Journal of Horticultural Science*, 19(3–4), 29-34.
35. Hochmuth, G.J., & Hartz, T.K. (1996). Fertility management of drip-irrigated vegetables. *HortTechnology*, 6, 168-172.
36. Jones, J.J.B. (2001). *Laboratory Guide for Conducting Soil Tests and Plant Analysis* (1st ed.). CRC Press.

37. Junior, E.C., Goncalves Jr, A.C., Seidel, E.P., Ziemer, G.L., Zimmermann, J., de Oliveira, V.H.D., Schwantes, D., & Zeni, C.D. (2020). Effects of liming on soil physical attributes: A review. *Journal of Agricultural Science* 12(10), 278-286
38. Kant, S., & Kafkafi, U. (2013). Fertigation. *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, 1-10.
39. Kasozi, N., Tandlich, R., Fick, M., Kaiser, H., & Wilhelmi, B. (2019). Iron supplementation and management in aquaponic systems: A review. *Aquaculture Reports*, 15, 100221.
40. Khan, Y. D. I., Reddy, K. S., & Mukate, S. V. (2019). Micro irrigation systems. In C. Srinivasarao, T. Srinivas, R. V. S. Rao, N. S. Rao, & S. S. Vinayagam (Eds.), *Sustainable livelihoods and adaptation to climate change (SLACC): Training manual* (pp. 141–154). NIRD&PR..
41. Kipp, J.A. (1992). Thirty years fertilization and irrigation in Dutch apple orchards: A review. *Fertilizer Research*, 32, 149–156.
42. Ковачевић, Д. (2022). *Квалитет и фертилизациона вредност остатака из биогасних постројења (Докторска Дисертација)*. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад, Србија.
43. Landis, T.D., Pinto, J.R., Davis, A.S. (2009). Fertigation-injecting soluble fertilizers into the irrigation system. *Forest Nursery Notes*, 1, 4-13.
44. Lindsay, W.L., & Norvell, W.A. (1978). Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese, and Copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
45. Machado, R., & Serralheiro, R. (2019). Salt stress alleviation through fertilization in fruit crops. In *Fruit Crops: Diagnosis and Management of Nutrient Constraints*. Elsevier Inc.
46. Манојловић, М., Белић, М., Нешић, Љ., Ћирић, В., Чабиловски, Р., Хајнал-Јафари, Т., Стаменов, Д., Николић, Љ., Љевнаић-Машић, Б., Савин, Л., Илић, З., Миленковић, Л., Цигурски, Д., Коњевић, А., Поповић, А., Латковић, Д., Магазин, Н., Иванишевић, Д., Лалошевић, В., Симин, С., Симикић, М., Кошутећ, М. (2022). *Органска пољопривреда: Унапређење производње применом ђубрива, биопрепарата и биолошких мера* (М. Манојловић, Уредник). Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија.
47. Манојловић, М., Чабиловски, Р. (2019). *Практикум из агрохемије*. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Србија.
48. Manojlović, S. (1986): *Sistem kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva u SAP Vojvodini od naučnih istraživanja, preko razvojnih istraživanja do funkcionisanja u poljorivrednoj proizvodnji Vojvodine*. Zbornik radova Pokrajinskog komiteta za nauku i informatiku, knjiga broj 18, str. 123-127.
49. Marschner, H. (2012). *Mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). Academic Press.
50. Milošević, T., & Milošević, N. (2012). Factors influencing mineral composition of plum fruits. *Journal of Elementology*, 17(3), 453–464.
51. Montalvo, D., Degryse, F., da Silva, R.C., Baird, R., & McLaughlin, M.J. (2016). Chapter Five – Agronomic effectiveness of zinc sources as micronutrient fertilizer. In D.L. Sparks (Ed.), *Advances in agronomy* (Vol. 139, pp. 215–267). Academic Press.
52. Mousavi, S.M., Ghaffari Nejad, S.A., Nourgholipour, F., & Abbaszadeh Zoshkey, S. (2022). Agronomic aspects of boron: Fertilizers, agronomical strategy, and interaction with other nutrients. In T. Aftab, M. Landi, I.E. Papadakis, F. Araniti, & P.H. Brown (Eds.), *Boron in plants and agriculture* (pp. 249–270). Academic Press.

53. Mpelasoka, B.S., Schachtman, D.P., Treeby, M.T., & Thomas, M.R. (2003). Review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 9(3), 154–168.
54. Neilsen, D., & Neilsen, G.H. (2002). Efficient use of nitrogen and water in high-density apple orchards. *HortTechnology*, 12(1), 19-25.
55. Neilsen, G.H., & Neilsen, D. (2003). Nutritional requirements of apple. In D. C. Ferree & I. J. Warrington (Eds.), *Apples: Botany, production and uses* (pp. 267–287). CABI Publishing.
56. Olsen, J. (2001). Nitrogen management in Oregon hazelnuts. *Acta Horticulturae*, 556, 67-70.
57. Osman, E. A.M., Abou Grah, F.I.I., & Ismaiel, A.A. (2014). Influence of phosphorus fertilizer on growth, fruiting parameters and fruit quality of peach trees irrigated by acidic water. *Journal of Soil Sciences and Agricultural Engineering*, 5(4), 529–542.
58. Paulo, L., Antunes, P., & Miguel-Pintado, C. (2017). Mineral composition of 'Sweetheart' cherry using inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy. *Acta Horticulturae*, 1161, 555–560
59. Pejkić, B. (1996). Đubrenje voćnjaka. Smederevo-Beograd: Dimitrije Davidović, Србија.
60. Piccin, R., Kaminski, J., Ceretta, C.A., Tiecher, T., Gatiboni, L.C., Bellinaso, R.J. S., Marchezan, C., de Souza, R.O.S., & Brunetto, G. (2017). Distribution and redistribution of phosphorus forms in grapevines. *Scientia Horticulturae*, 218, 125-131.
61. Pritts, M.P., Hancock, J.F., Strik, B., Eames-Sheavly, M., & Celentano, D. (1992). *Highbush blueberry production guide*. Northeast Regional Agricultural Engineering Service, Ithaca, N.Y., USA.
62. Rajković, M., Stojanović, M., Glamočlija, Đ., Tošković, D., & Miletić, V., Stefanović, V., Lačnjevac, Č. (2012). Wheat Samples and Heavy Metals. *Journal of Engineering & Processing Management*, 4(1), 85-126.
63. Rashed, M., Hoque, T., Jahangir, M., & Hashem, M. (2021). Manganese as a micronutrient in agriculture: Crop requirement and management. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 12(1-2), 225-242.
64. Rempel, H., & Strik, B. (2004). Uptake, partitioning, and storage of fertilizer nitrogen in red raspberry as affected by rate and timing of application. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 129(3), 439–448.
65. Rombolà, A., & Tagliavini, M. (2006). Iron nutrition of fruit tree crops. In L. L. Barton & J. Abadía (Eds.), *Iron nutrition in plants and rhizospheric microorganisms* (pp. 61–83). Springer.
66. Roversi, A., & Ughini, V. (2005). Further investigations into the mineral uptake of hazelnut orchards. In J. Tous, M. Rovira, & A. Romero (Eds.), *Proceedings of the 6th International Congress on Hazelnut* (pp. 285-289). *Acta Horticulturae*, 686, 285-289.
67. Roversi, A., & Ughini, V. (2006). Effect of alternate bearing on the mineral nutrition in hazelnut. *Acta Horticulturae*, 721, 77-82.
68. Ruiz, D., & Egea, J. (2008). Phenotypic diversity and relationships of fruit quality traits in apricot (*Prunus armeniaca* L.) germplasm. *Euphytica*, 163, 143–158.
69. Rutkowski K., & Łysiak G.P. (2008). Weather Conditions, Orchard Age and Nitrogen Fertilization Influences Yield and Quality of 'Łutówka' Sour Cherry Fruit. *Agriculture*, 2022, 12(12).
70. Sallato, B., & Whiting, M. (2022). *Nutrient removal in relation to cherry fruit yield*. Washington State University Extension.

71. Saquet, A. A., Streif, J., & Almeida, D. P. F. (2019). Mineral composition and distribution within 'Rocha' pear in relation to internal storage disorders. *Postharvest Biology and Technology*, 158, 111002.
72. Scandellari, F., Ventura, M., Malaguti, D., Ceccon, C., Menarbin, G., & Tagliavini, M. (2010). Net primary productivity and partitioning of absorbed nutrients in field-grown apple trees. *Acta Horticulturae*, 868, 115-122.
73. Scedei, D.N., Iordanescu, O.A., Rada, M., Danci, M.V., Boldea, M.V., Dobrei, A., Mihut, C., Carabet, A., Durau, C., & Stef, R. (2024). The mineral profile of some plum (*Prunus domestica*) varieties. *Scientific Papers. Series B, Horticulture*, 68(1), 147–158.
74. Schonherr, J. 2002. Foliar nutrition using inorganic salts: Laws of cuticular penetration. *Acta Horticulturae*, 594, 77-84.
75. Sela, G. (2021). *Fertilization and irrigation - Theory and best practices* (Kindle Edition). Independently published.
76. Shi, K., Lu, T., Zheng, W., Zhang, X., & Zhangzhong, L. (2022). A review of the category, mechanism, and controlling methods of chemical clogging in drip irrigation systems. *Agriculture*, 12(2), 1-20.
77. Singh, J., Singh, M., Jain, A., Bhardwaj, S., Singh, A., Singh, D. K., & Dubey, S.K. (2013). An introduction of plant nutrients and foliar fertilization: A review. In *Precision farming: A new approach* (pp. 252–320). New Delhi: Daya Publishing Company.
78. Soman, P. (2021). *Fertigation: A novel method of applying crop nutrients*. CRC Press.
79. Souci, S.W., Fachmann, W., & Kraut, H. (2008). *Food composition and nutrition tables* (7th ed.). MedPharm Scientific Publishers.
80. Stassen, P., Kanguuehi, G., Wooldrifge, J. (2010). Macro and micronutrient requirements of fruit trees. *SA Fruit Journal*, April/May, 44-45.
81. Stričević, R. (2007). *Navodnjavanje: Osnove projektovanja i upravljanja sistemima*. Poljoprivredni fakultet, Zemun.
82. Strik, B.C. (2012). Blackberry production systems – a worldwide perspective. *Acta Horticulturae*, 946, 341–347.
83. Strik, B.C., & Bryla, D.R. (2015). Uptake and partitioning of nutrients in blackberry and raspberry and evaluating plant nutrient status for accurate assessment of fertilizer requirements. *HortTechnology*, 25(4), 452-459.
84. Swietlik, D. (2001). Zinc nutrition of fruit crops. *HortTechnology*, 12(1), 45–50.
85. Tagliavini, M., & Scandellari, F. (2009). Nutrient uptake, partitioning, and recycling in fruit tree crops. In *Horticultural Reviews* (Vol. 35, pp. 287-360). Wiley-Blackwell.
86. Tagliavini, M., Baldi, E., Lucchi, P., Antonelli, M., Sorrenti, G., Baruzzi, G., & Faedi, W. (2005). Dynamics of nutrients uptake by strawberry plants (*Fragaria × ananassa* Dutch.) grown in soil and soilless culture. *European Journal of Agronomy*, 23(1), 15-25.
87. Tagliavini, M., Baldi, E., Nestby, R., Raynal-Lacroix, C., Lieten, P., Salo, T., Pivot, D., Lucchi, P. L., Baruzzi, G., & Faedi, W. (2004). Uptake and partitioning of major nutrients by strawberry plants. *Acta Horticulturae*, 649, 197–200.
88. Tan, B.Z., Close, D.C., Quin, P.R., & Swarts, N.D. (2021). Nitrogen use efficiency, allocation, and remobilization in apple trees: uptake is optimized with pre-harvest N supply. *Frontiers in Plant Science*, 12, 657070.
89. Tchobanoglous, G., Theisen, H., & Vigil, S. (1993). *Integrated solid waste management: Engineering principles and management issues*. McGraw-Hill, USA.

90. Thapa, S., Bhandari, A., Ghimire, R., Xue, Q., Kidwaro, F., Ghatrehsamani, S., Maharjan, B., & Goodwin, M. (2021). Managing micronutrients for improving soil fertility, health, and soybean yield. *Sustainability*, 13, 11766.
91. Tognetti, C., Mazzarino, M.J., & Laos, F. (2007). Improving the quality of municipal organic waste compost. *Bioresource Technology*, 98(5), 1067-1076.
92. Trierweler, F.J., & Lindsay, W.L. (1969). EDTA-ammonium carbonate test for Zn. *Soil Science Society of America Proceedings*, 33, 49-54.
93. Tripathy, B., & Raha, S. (2019). Formation of soil. *Thematics Journal of Geography*, 8(8), 144-150.
94. Turner, J., Knott, J., Green, P., & Turner, S. (2021). Boron nutritional management in Australian forest plantations. *Trees, Forests and People*, 5, 100120.
95. Убавић, М., Богдановић, Д. (2001). *Агрохемија*. Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, Нови Сад, Србија.
96. Убавић, М., Кастори, Р., Пеић, А. (1990). *Ђубрење воћњака и винограда*. ДП Х.И. „Зорка“ Суботица.
97. United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service. (2016). USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. Retrieved from <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/170187/nutrients>
98. Vulić, J. (2019). *Hemijski sastav i biološki potencijal ploda, soka i tropa kultivisane i divlje kupine (Rubus fruticosus L.) (Doktorska disertacija)*. Univerzitet u Novom Sadu, Tehnološki fakultet, Novi Sad.
99. Weinbaum, S.A., Johnson, R.S., & DeJong, T.M. (1992). Causes and consequences of overfertilization in orchards. *HortTechnology*, 2(1), 112-121.
100. Weinbaum, S.A., Murooka, T.T., Gatlin, P.B., & Kelley, K. (1991). *Utilization of fertilizer N by walnut trees. The Walnut Marketing Board of California*. Walnut Research Reports 1991, 317-334.
101. Weinbaum, S.A., Niederholzer, F.J.A., Ponchner, S., Rosecrance, R.C., Carlson, R.M., Whittlesey, A.C., & Muraoka, T.T. (1994). Nutrient uptake by cropping and defruited field-grown 'French' prune trees. *Journal of the American Society of Horticultural Science*, 119, 925-930.
102. Wermelinger, B., & Koblet, W. (1990). Seasonal growth and nitrogen distribution in grapevine leaves, shoots, and grapes. *Vitis*, 29, 15-26.
103. Williams, L.E. (1991). Vine nitrogen requirements – Utilization of N sources from soils, fertilizers, and reserves. In *Proceedings of the International Symposium on Nitrogen in Grapes and Wine* (pp. 62–66). American Society for Enology and Viticulture.
104. Wills, R., McGlasson, B., Graham, D., Joyce, D. (2007). *Postharvest: An introduction to the physiology and handling of fruit, vegetables, and ornamentals* (5th ed.). CAB International.