



Varga Damir

PRIRUČNIK ZA ĐUBRENJE RATARSKIH I POVRTARSKIH KULTURA



Subotica, 2015.

Sadržaj

PREDGOVOR	3
ZNAČAJ POJEDINIХ ЕЛЕМЕНТА У ИСХРАНИ БИЉАКА	4
Makroelementi	5
Mikroelementi	8
ZNAČAJ ANALIZE ЗЕМЉИШТА	10
УЗОРКОВАЊЕ ЗЕМЉИШТА	10
ТУМАЧЕЊЕ РЕЗУЛТАТА АНАЛИЗЕ ЗЕМЉИШТА	13
Вредност pH земљишта	14
Садржај CaCO ₃	15
Humus	15
Укупни азот	16
Фосфор и калијум	17
ĐUBRENJE RATARSKIH БИЉАКА	20
Đubrenje ozimih i jarih strnina	20
Đubrenje uljane repice	22
Đubrenje kukuruza	22
Đubrenje suncokreta	24
Đubrenje soje	24
Đubrenje lucerke	24
ĐUBRENJE POVRTARSKIH КULTURA	25
Nitрати и нитрити у поврћу	25
Потребе поврћа за хранивима	27
LITERATURA	30

PREDGOVOR

Biljke su svojim korenovim sistemom vezane za zemljište, odakle usvajaju vodu i mineralna hraniva. Da bi se postigao visok prinos, biljke moraju imati na raspolaganju dovoljno hranjivih materija. Zemljište sadrže nejednake količine hranjivih materija, a i njihovo iskorištavanje od strane biljaka je različito. Pristupačna hraniva u zemljištu su ograničena, a pored toga iz zemljišta se gube prinosom, erozijom, ispiranjem i dr. Iz tih razloga potrebno je poznavati sadržaj hraniva u zemljištu i potrebe biljaka kako bi se nedostajuća hraniva dodala putem đubriva. Na taj način omogućava se racionalna ishrana biljaka, pri kojoj će one ostvariti najveći mogući prinos u datim agroekološkim uslovima, uz istovremenu zaštitu životne sredine i smanjivanje troškova po jedinici proizvoda.

Da bi se dala pravilna preporuka za primenu đubriva, neophodno je raspolagati podacima o analizi zemljišta.

Ministarstvo poljoprivrede i zaštite životne sredine preko Uprave za zemljište, i Pokrajinski sekretarijat za poljoprivrodu, vodoprivrodu i šumarstvo u proteklih desetak godina uložili su značajna finansijska sredstva u sprovođenje akcije besplatne kontrole plodnosti zemljišta za poljoprivredne proizvođače. Akciju su podržale i brojne lokalne samouprave.

Kontrolu plodnosti zemljišta su sprovodile Poljoprivredne stručne i savetodavne službe i Institut za ratarstvo i povtarstvo iz Novog Sada. Analize nekoliko desetina hiljada uzoraka omogućile su uvid u plodnost zemljišta i davanje preporuka đubrenja baziranih na sistemu kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva.

Ovaj priručnik nastao je kao rezultat težnji Poljoprivredne stručne službe Subotica i lokalne samouprave Grada Subotice, da poljoprivrednim proizvođačima ukaže na značaj problematike ishrane bilja i pomogne im u lakšem tumačenju rezultata analize zemljišta. Želja nam je da se ovim putem unapredi biljna proizvodnja i profitabilnost biljne proizvodnje na poljoprivrednim gazdinstvima, a samim tim i njihov ekonomski položaj, kao i ekonomski položaj sela.

ZNAČAJ POJEDINIХ ЕЛЕМЕНТА У ИШРАНИ БИЉАКА

Mineralne materije predstavljaju biljnu hranu, i one ulaze u sastav svake biljke. Prema dosadašnjim saznanjima za normalno rastenje i razviće biljaka potrebno je 17 elemenata, koje zbog značaja u ishrani biljaka nazivamo neophodnim ili esencijalnim elementima. U slučaju nedostatka nekog od ovih elemenata u ishrani biljaka dolazi do niza fizioloških poremećaja koji se vizuelno manifestuju anatomskim i morfološkim poremećajima u građi biljaka. U slučaju njihovog akutnog nedostatka biljke ne mogu završiti svoj životni ciklus.

Prema svojoj zastupljenosti u biljkama, elementi biljne ishrane se dele na:

makroelemente ($> 0,1\%$)

mikroelemente ($< 0,1\%$)

U tabeli 1. prikazani su neophodni elementi, oblik usvajanja od strane biljke i njihov sadržaj u suvoj materiji biljaka.

Tabela 1.

Elementi biljne ishrane	Hemijski simbol	oblik usvajanja	% u suvoj biljnoj materiji
Ugljenik	C	CO_2	45
Vodonik	H	H_2O	6
Kiseonik	O	$\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}, \text{O}_2$	45
Makroelementi			
Azot	N	$\text{NH}_4^+, \text{NO}_3^-$	1,5
Fosfor	P	$\text{HPO}_4^{2-}, \text{H}_2\text{PO}_4^-$	0,2
Kalijum	K	K^+	1,0
Kalcijum	Ca	Ca^{2+}	0,5
Magnezijum	Mg	Mg^{2+}	0,2
Sumpor	S	$\text{SO}_3^{2-}, \text{SO}_4^{2-}$	0,1
Mikroelementi			
Gvožđe	Fe	$\text{Fe}^{2+}, \text{Fe}^{3+}$	0,02
Mangan	Mn	$\text{Mn}^{2+}, \text{Mn}^{3+}$	0,05
Bakar	Cu	$\text{Cu}^+, \text{Cu}^{2+}$	0,002
Cink	Zn	Zn^{2+}	0,002
Molibden	Mo	MoO_4^{2-}	< 0,0001
Bor	B	H_2BO_3^-	0,002
Hlor	Cl	Cl^-	< 0,0001

Biljke sadrže i elemente koji im nisu neophodni i bez kojih mogu da završe svoj životni ciklus. Ovi elementi pri određenim koncentracijama mogu da deluju stimulativno na rastenje i razviće biljaka i nazivaju se korisnim elementima. U korisne elemente se ubrajaju kobalt (Co), natrijum (Na), silicijum (Si), aluminijum (Al), selen (Se), vanadijum (V).

Ekonomski značaj makroelemenata je različit. Za razliku od ugljenika, kiseonika i vodonika koji retko ograničavaju visinu prinosa jer ih biljka u prirodi uvek ima u dovoljnim količinama, ostali neophodni elementi, posebno azot, fosfor i kalijum, često ograničavaju organsku produkciju biljaka.

U površinskom sloju zemljišta koji prožima najveći deo korenovog sistema biljaka, azota, fosfora i kalijuma ima u znatnim količinama, ali se najveći deo nalazi u oblicima nepristupačnim

za biljke. Samo mali deo postepeno svake godine prelazi u rastvorljive soli koje biljke mogu koristiti za svoju ishranu. Iz tih razloga se njihov nedostatak nadoknađuje đubrivicima

Makroelementi

Azot (N) ulazi u sastav mnogih značajnih jedinjenja za život biljaka, kao što su belančevine, nukleinske kiseline, hlorofil i dr. Povoljno utiče na razvoj lisne površine i njenu fotosintetsku aktivnost, a istovremeno produžava život, tj. fiziološku aktivnost listova. Utiče i na rastenje i razviće biljaka, međutim njegov nedostatak ili suvišak različito utiču na rastenje korena i nadzemnog dela. U uslovima suviška, porast nadzemne mase je jači nego porast korena, pa se smanjuje otpornost biljaka na sušu. Veće količine azota smanjuju otpornost biljaka prema niskim temperaturama i prema bolestima. Azot utiče i na vodni režim biljaka. U uslovima obilnije ishrane biljke intenzivnije transpirišu, odnosno troše više vode za stvaranje suve materije. Iz navedenog razloga u uslovima sušnog leta obilno đubrenje azotom negativno utiče na prinos.

Nedostatak azota u ishrani utiče na smanjenje porasta biljaka. Žita se slabije bokore i imaju kraći klas. Listovi su manji i uži, posebno mladi listovi žita. Koren se izdužuje ali se slabije grana. Nedostatak azota podstiče starenje ćelija i tkiva biljaka, i na taj način se skraćuje vegetacioni period, a plodovi su manji i lošijeg kvaliteta.



Slika 1. Simptomi nedostatka azota

Fosfor (P) učestvuje u izgradnji nukleotida, nukleinskih kiselina, i fosfolipida a mnogobrojna jedinjenja koja sadrže fosfor učestvuju u procesima fotosinteze, disanja, odnosno proticanju životnih procesa biljaka. U toku obrazovanja generativnih organa fosfor se iz vegetativnih delova (stabla i list) premešta u zrno, tako da se prinosom zrna iznose značajne količine fosfora iz zemljišta. Potrebe biljaka za fosforom su naročito izražene u najranijim fazama rastenja i razvića, i u periodu obrazovanja generativnih organa.

Na krećnim alkalnim ili ekstremno kiselim zemljištima i zemljistima koja se intenzivno koriste u poljoprivrednoj proizvodnji obično se javlja nedostatak fosfora. Prvi simptomi nedostatka fosfora u ishrani biljaka obično se javljaju sredinom leta, i to na najstarijim listovima. Pri nedostatku fosfora listovi su manji, često tamno zelene boje, usled nakupljanja antocijana liska poprima bronzanu boju, a lisna drška crvenkastu. U uslovima nedostatka fosfora smanjuje se rast korena, žita slabije bokore, primetno se smanjuje porast stabla, koje postaje nežno i neotporno. Rezultat svih navedenih promena kod biljaka je značajno umanjenje prinosa.

Najpoznatiji simptomi nedostatka fosfora su crvenilo lišća kukuruza u proleće i crvenilo ozimih žitarica u jesen. Ovi simptomi se javljaju kao posledica osetljivosti na hladnoću. Pri niskim temperaturama zemljišta slabija je fiziološka aktivnost korena, pri čemu se smanjuje usvajanje fosfora, ali se se istovremeno smanjuje sadržaj fosfora u nadzemnim delovima usled metabolizma biljke. Kod kukuruza je crvenilo izraženije kod onih hibrida nastalih od inbred linija



Slika 2. Crvenilo lista kukuruza

Kalijum (K) za razliku od drugih makro i mikro elemenata nije konstitutivni element i ne ulazi u sastav organskih jedinjenja. Utiče na fotosintezu, sintezu proteina, transport i nakupljanje ugljenih hidrata, vodni režim, otpornost biljaka prema niskim temperaturama i bolestima. Biljke optimalno obezbeđene kalijumom troše manje vode za sintezu organske materije, odnosno imaju niži transpiracioni koeficijent.

Biljne vrste koje imaju povećane zahteve za kalijumom su: šećerna repa, kukuruz, krompir, suncokret, lucerka, duvan, heljda, spanać, paradajz i sve voćarske kulture. Ove biljke u uslovima nedostatka kalijuma povoljno reaguju na đubrenje kalijumom. Potrebe za kalijumom su najveće u prvoj polovini vegetacije, u fazi intenzivnog porasta vegetativnih organa.

Nedostatak kalijuma se najčešće javlja na peskovitim, krečnim i glinovitim zemljištima. Prvi simptomijavljaju se na najstarijim listovima. Nedostatak kalijuma utiče na građu stabla i korena. Stablo je kraće i tanje, a koren kraći i slabo razgranat sa manjim brojem korenovih dlačica. Simptomi koji se uočavaju su u vidu nekroze na vrhu lista i duž ivica, broj nekrotičnih pega, žuto-mrke ili mrke boje, povećava se postepeno, te vremenom nekroza zahvata sve veću površinu lista, što u ekstremnim slučajevima može dovesti i do prevremenog opadanja listova.

Magnezijum (Mg) je veoma važan satojak hlorofila, centralni je atom u hlorofilu koji određuje zelenu boju i značajan je za fotosintezu. Takođe je značajan i za funkciju ribozoma, za promet rezervnih materija i energije i uopšte uvez za normalan rast i razvoj biljaka.

Peskovita zemljišta odlikuju se manjim sadržajem magnezijuma. Nedostatak može nastati i u uslovima kada ga u zemljištu ima u dovoljnim količinama. Usvajanje magnezijuma od strane biljaka može biti značajno smanjeno usled antagonizma jona magnezijuma s jedne strane i kalijuma, kalcijuma, natrijuma i amonijum jona s druge strane. Antagonizam između jona magnezijuma i natrijuma najčešće nastaje u slučaju navodnjavanja vodom koja sadrži veći količinu natrijuma. Prvi simptomi nedostatka magnezijuma uočavaju se na najstarijim listovima. U uslovima brzog porasta biljaka



Slika 3. Nedostatak magnezijuma na paradajzu i amonijum jona s druge strane. Antagonizam između jona magnezijuma i natrijuma najčešće nastaje u slučaju navodnjavanja vodom koja sadrži veći količinu natrijuma. Prvi simptomi nedostatka magnezijuma uočavaju se na najstarijim listovima. U uslovima brzog porasta biljaka

simptomi nedostatka magnezijuma mogu se pojaviti i na mladim listovima, u vidu hloroze, koja se prvo javlja između lisnih nerava, a potom zahvata ceo list. U ekstremnim slučajevima dolazi i do opadanja listova.

Suvišak magnezijuma je retka pojava u prirodi. Izaziva nedostatak kalcijuma, usled čega se na korenovom sistemu i na nadzemnim organima biljke uočavaju simptomi koji podsećaju na nedostatak ovog elementa.

Kalcijum (Ca) utiče na fizičke i hemijske osobine protoplazme, na stabilnost ćelijskih membrana i na aktivnost enzima. Važan je za strukturu i za pH zemljišta.

Nedostatak kalcijuma kod biljaka je ređa pojava u prirodi. Pojava nedostatka kalcijuma može nastati u uslovima previše visoke relativne vlažnosti vazduha (u staklenicama). Takođe, može nastati i usled antagonizma jona u slučaju da je koncentracija pristupačnog kalijuma, magnezijuma ili amonijum jona u zemljištu suviše visoka. Tada se značajno smanjuje usvajanje kalcijuma od strane biljaka. Prvi simptomi nedostatka kalcijuma uočavaju se na najmlađim delovima biljkaka zbog njegove slabe pokretljivosti u biljkama. Biljke poprimaju žbunast izgled i zaostaju u porastu. Na plodovima jabuke nedostatak kalcijuma se manifestuje pojavom gorkih pega. Plodovi stabla kalemljenih na podlogu M-9 sadrže veći sadržaj kalcijuma i otporniji su na ovu pojavu pojavu. Na plodovima paprike i paradajza dolazi do truljenja vrhova plodova (slika gore). Uzroci ovih pojava su nedostatak kalcijuma za formiranje membrana ćelijskih zidova.



Slika 4. Trulež vrhova plodova paprike
Slika 4. Trulež vrhova plodova paprike
i paradajza dolazi do truljenja vrhova plodova (slika gore). Uzroci ovih pojava su nedostatak kalcijuma za formiranje membrana ćelijskih zidova.

Biljke različito reaguju na prisustvo kalcijuma u zemljištu. Neke biljne vrste (većina leptirnjača) zahtevaju veće količine kalcijuma, dok druge ne podnose zemljišta sa velikom količinom kalcijuma. Postoje i biljne vrste (žita) koje su prilično tolerantne prema različitim nivoima obezbeđenosti zemljišta kalcijumom.

Na kiselim zemljištima ponekad je potrebno izvršiti kalcifikaciju, ali veoma obazrivo, iz razloga što preterana kalcifikacija može nepovoljno uticati na obezbeđenost biljaka kalijumom, magnezijumom, cinkom, manganom, gvožđem, borom i bakrom.

Sumpor (S) ulazi u sastav brojnih jedinjenja i enzima biljaka. Strukturalni je deo aminokiselina - cistina, cisteina i metionina, i bitan je u formiranju proteina. Značajan deo potreba biljaka za sumporom podmiruje se iz atmosfere ili primenom mineralnih đubriva i korišćenjem sredstava za zaštitu bilja koja sadrže sumpor. Zemljišta uglavnom sadrže dovoljno sumpora za potrebe biljaka, te najčešće ne postoji potreba za đubrenjem sumporom.

Biljke koje iskazuju veću potrebu za sumporom su: kupus, uljana repica, luk; srednju potrebu ima šećerna repa, a malu žita.

Simptomi nedostatka sumpora su slični simptomima nedostatka azota, ali treba istaći da se znaci nedostatka azota prvo uočavaju na najstarijem lišću, a sumpora na najmlađem. Nedostatak sumpora usporava rast biljaka i utiče na promenu boje lista, koje dobija žuto-zelenu boju. Stablo je često kraće i tanje, a koren obično postaje duži. Posebno je upadljiv porast korenovih dlačica.

Suvišak sumpora u zemljištu je retka pojava. Visoka koncentracija sumpor-dioksida u atmosferi izaziva oštećenja kod biljaka, dolazi do hloroze, potom nekroze, prvo rubnih, a zatim interkostalnih površina listova. Akutne koncentracije sumpor-dioksida u vazduhu izazivaju potpunu defolijaciju biljaka.

Mikroelementi

Gvožđe (Fe) posredno ili neposredno učestvuje u mnogim životnim procesima biljaka: biosintezi hlorofila, metabolizmu azota, fotosintezi, disanju i dr. Uključeno je u fiksaciju azota i transport elektrona.

Nedostatak gvožđa najčešće se uočava na alkalnim zemljištima sa pH iznad 7 i na zemljištima koja su bogata kalijumom i glinom. Pored toga može nastati i kao posledica visokog sadržaja fosfora u zemljištu, zbijenosti zemljišta, visokog nivoa podzemnih voda, povišenog sadržaj bikarbonata i natrijuma u vodi koja se koristi za navodnjavanje. Samo u izuzetnim sučajevima uzrok može biti sam nizak sadržaj gvožđa u zemljištu. Nedostatak gvožđa u velikoj meri smanjuje prinos gajenih biljaka.

Najtipičniji simptom koji ukazuje na nedostatak gvožđa je hloriza, koja se u početku javlja između lisnih nerava mlađih listova. Kasnije, hloriza zahvata ceo list koji poprima limun-žutu boju, a ponekad i belu. Kod jače izraženog nedostatka gvožđa može nastupiti prevremeno opadanje listova, što za sobom povlači smanjenje prinosa i lošiji kvalitet. Veću osjetljivost na nedostatak gvožđa pokazuju: soja, pasulj, kukuruz, pirinač i paradajz, a veću tolerantnost strna žita i krompir. Velike razlike u otpornosti biljaka prema nedostatku gvožđa često se uočavaju i između genotipova iste vrste.

Preporučuje se tretiranje hlorotičnih listova rastvorom gvožđa. Ukoliko listovi nakon takvog tretmana ozelene to je pouzdan znak njegovog nedostatka.

Simptomi suviška gvožđa se na biljkama u prirodi veoma retko uočavaju. Suvišak dovodi do smanjenja rastenja svih vegetativnih organa, listovi postaju tamno do plavo zeleni i postepeno dolazi do pojave nekrotičnih pega i do nekroze, posebno uočljive na rubnom delu liske.

Bor (B) je veoma značajan mikroelement. Ima značajnu ulogu u procesu oplodnje. Bor je nepokretan u biljci, te se simptomi nedostatka obično pojavljuju na mestu rasta. Nedostatak bora izaziva izumiranje tačke rasta, anatomske i morfološke promene. Neke ratarske, povrtarske i voćarske biljne vrste su izuzetno osjetljive na nedostatak bora. Dikotiledone biljke su osjetljivije na nedostatak bora od monokotiledonih. Veću potrebu za borom pokazuju: šećerna repa, suncokret, lucerka, karfiol i celer; osrednju potrebu: kukuruz, krompir, paradajz i duvan; a malu: pšenica, ječam, ovas, raž i pirinač.

Prvi simptomi nedostatka bora se javljaju na mlađim listovima i na vegetacionim tačkama rastenja korena i nadzemnog dela. Kod šećerne i stočne repe nedostatak bora izaziva oboljenje poznato pod nazivom „trulež srca“.



Slika 5. Hloriza na listovima paprike

Pojava neostatka bora obično se uočava na alkalnim, sa izuzetkom sodno-alkalnih zemljišta i na peskovitim u organskoj materiji siromašnim zemljištima. U uslovima slabe obezbeđenosti zemljišta borom, njegov nedostatak u biljkama podstiču suša, visoka pH zemljišta, prekomerna kalcifikacija.

Kao i nedostatak bora i suvišak ovog elementa izaziva niz nepoželjnih promena kod biljaka. Raspon između dovoljne obezbeđenosti biljaka borom i njegovog suviška je veoma mali. U novije vreme suvišak bora se češće javlja pri gajenju povrtarskih i ukrasnih biljaka u zaštićenom prostoru (staklenici, plastenici). Zalivanje ovih biljaka vodom koja sadrži više od 1,0 ppm bora može postepeno izazvati njegov suvišak. Kalcifikacijom, navodnjavanjem vodom sa niskim sadržajem bora, može se ublažiti nepovoljno dejstvo suviška bora u zemljištu.

Bakar (Cu) je neophodan mikroelement čija je uloga u prometu materija pretežno katalitička. Ulazi u sastav enzima i na taj način posredno i neposredno utiče na na odvijanje mnogih procesa važnih za život biljke. Biljke usvajaju male količine bakra a pokretljivost u biljkama je osrednja jer se znaci nedostatka javljaju prvo na najmlađen lišću i vegetativnoj kupi rasta. Netipični simptomi nedostatka bakra su hloroza, nekroza, odumiranje vršnih izdanaka, smanjenje porasta i prinosa biljaka; a tipični simptomi su venjenje, uvijanje listova, odumiranje najmlađih listova i neke anatomske promene.

Suvišak bakra se najčešće javlja na kiselim zemljištima i veoma je štetan za biljke. Za većinu biljaka koncentracija bakra u suvoj materiji listova koja prelazi 20 do 30 ppm predstavlja kritičnu količinu. Prekomerno nakupljanje bakra u biljkama može biti izazvano sadržajem bakra u zemljištu, dugotrajno primenom sredstava za zaštitu bilja koje sadrže bakar. Tipičan simptom suviška bakra je hloroza i smanjenje rasta izdanaka i korena, a simptom akutnog suviška bakra je tamno zelena boja listova.

Cink (Zn) ima značajnu ulogu u prometu materija biljaka, jer ulazi u sastav enzima. Utiče na sintezu nukleinskih kiselina i proteina i uključen je u sintezu fitohormona.

Potrebe biljaka za cinkom su male. Nedostatak cinka se javlja na: peskovitim, alkalnim, krečnim, na zemljištima siromašnim u organskoj materiji i na zemljištima koja su prekomerno obezbeđena u fosforu. Na nedostatak cinka u zemljištu najosetljivije su: kukuruz, lan, soja, luk i paradajz; manje osetljive su: šećerna repa, lucerka, crvena detelina i krompir; a najotpornija u strna žita. Simptomi nedostatka cinka su smanjenje listova, skraćenje internodija (stvara se rozeta), na listovima se javljaju razne deformacije, hlorotične pege i nekroza.

Kako nedostatak cinka tako i suvišak izaziva nepoželjne fiziološke, anatomske i morfološke promene. Simptomi suviška cinka su nekroza rubnih delova listova i mrko-pururne pege. Do suviška cinka može doći usled primene industrijskih i komunalnih otpada kontaminiranih cinkom.

Mangan (Mn) ima značajnu ulogu u aktivaciji enzima. Većina zemljišta je dovoljno obezbeđena mangansom u obliku pristupačnom za biljke.

Nedostatak mangana se javlja na alkalnim i slabo kiselim zemljištima, bogatim u organskoj materiji. Peskovita zemljišta, posebno kisela, karakteriše nizak ukupan sadržaj mangana. Pojavu nedostatka mangana podstiču suša, prekomerna kalcifikacija, visok sadržaj gvožđa, bakra ili cinka u zemljištu.

Prvi simptomi nedostatka mangana javljaju se na mladim listovima u vidu hloroze koja se širi od ivice lista u interkostralnim delovima liske ka glavnom lisnom nervu. U slučajevima izraženog nedostatka mangana tkivo zahvaćeno hlorozom vremenom odumire.

Suvišak mangana se javlja na kiselim, slabo aeriranim, zabarenim zemljištima. Simptomi suviška mangana su nekroza na rubnom delu lista, koja se postepeno širi prema srednjem delu.

Kalcifikacija je mera koja se preporučuje radi otklanjanja opasnosti od preterane akumulacije mangana u biljkama na kiselim zemljištima.

Molibden (Mo) se zbog svoje male koncentracije u biljkama ubraja u ultramikroelemente. Strukturalna je komponenta nitrogenaze, koja je uključena u fiksaciju N₂ u formu amonijaka kod leguminoza.

Akutni simptomi nedostatka molibdена u prirodi se retko mogu uočiti. Tipičan simptom nedostatka molibdена je hloroza, a kod nekih biljnih vrsta, kao na primer kod karfiola, obrazovanje listova najrazličitijih oblika.

ZNAČAJ ANALIZE ZEMLJIŠTA

Ako se posmatra zemljište kao sredina u kojoj se se ukorenjuju i razvijaju biljke, moramo zaključiti da je plodnost njegova najvažnija osobina. Poznavanje plodnosti zemljišta i razrada naučnih osnova za prevođenje slabo plodnih u zemljišta visokog stepena plodnosti, kao i njegovog trajnog održavanja na visokom nivou jeste najvažniji zadatak nauke o zemljištu. Plodnost zemljišta kao njegovog najvažnijeg svojstva nije moguće odrediti jednom za duži period, već se ona mora redovno pratiti i ocenjivati.

Sistem kontrole plodnosti zemljišta i upotrebe đubriva sa naučnog aspekta zasnovan je na VI Kongresu Jugoslovenskog društva za proučavanje zemljišta (Rezolucija Kongresa, 1980). Sistem obuhvata kontrolu svih faktora koji određuju plodnost zemljišta i dejstvo đubriva, odnosno preko ishrane utiču na rast, razviće i prinose biljaka, kao i mere kojima se ovi usmeravaju u cilju ostvarenja visoke i stabilne proizvodnje uz primenu ekonomičnosti i zaštitu biosfere (Manojlović, 1986.). Jedan od najvažnijih i najodgovornijih poslova u sistemu kontrole plodnosti zemljišta jeste uzimanje uzoraka zemljišta.

UZORKOVANJE ZEMLJIŠTA

Pravilno uzimanje uzoraka zemljišta za potrebe agrohemiske analize jeste prvi i jedan od najvažnijih koraka prilikom određivanja hemijskih svojstava zemljišta. Zemljište je po prirodi svog nastanka heterogena tvorevina. Pod uticajem antropogenog faktora promene u zemljištu su još izraženije. Iz tih razloga, čak i na jednom malom lokalitetu kakav je proizvodna parcela heterogenost sastava zemljišta može biti velika, tako da se nepravilnim uzorkovanjem kasnije dobijaju rezultati analize koji neće odgovarati svrsi za koju su uzeti. Sistem kontrole plodnosti zemljišta omogućava da se u ciklusima (svake 5 godine), ili po potrebi i ranije, na isti način i sa približno istog mesta ponovi uzorkovanje kako bi se na osnovu dobijenih rezultata mogle pratiti promene hemijskih svojstava zemljišta od kojih se neka kao što su pH i sadržaj CaCO₃ teže menjaju, dok su druga svojstva podložna promenama.

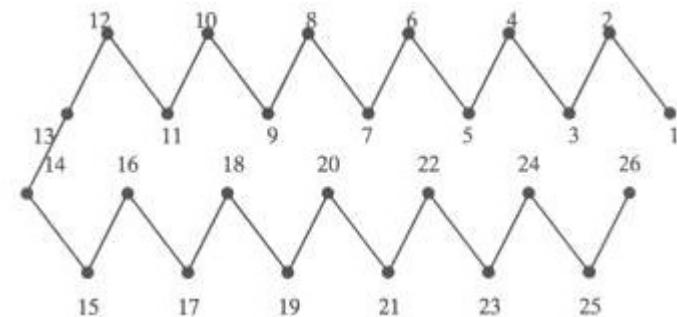
Pre početka uzorkovanja, ukoliko se sa parcele uzima više od jednog prosečnog uzorka potrebno je napraviti plan uzorkovanja. Planom uzorkovanja veća parcela se deli na manje jedinice, u prvom redu prema homogenosti zemljišta, a te jedinice se ucrtaju na plan parcele.

Uzimanje uzoraka na malim parcelama

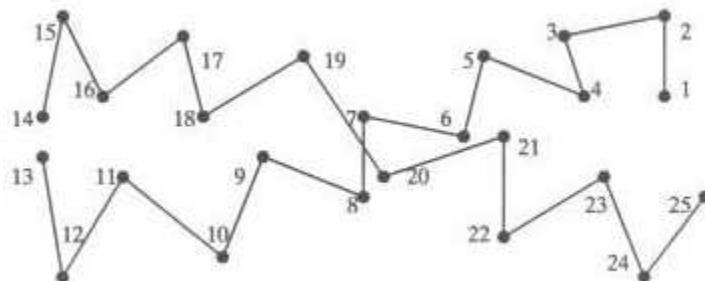
Postoji više sistema uzimanja uzorka koji se više ili manje razlikuju među sobom ali je suština da prosečni uzorak mora reprezentovati celu površinu parcele. Postoji metod uzimanja uzorka na manjim parcelama, do 5 ha i na većin parcelama (20-50-100 ha) gde se prosečan uzorak uzima sa površine 3-5 ha.

Na malim parcelama pojedinačni uzorci se uzimaju sa cele površine parcele. Potrebno je uzeti 20-25 pojedinačnih uboda, a raspored uzimanja uzorka može biti šahovski ili dijagonalan.

Skica 1. Postupak kretanja po terenu - "po šahovskom rasporedu"



Skica 2. Postupak kretanja po terenu - po dijagonali



Uzimanje uzorka na velikim parcelama

Na velikim parcelama otežana je orijentacija i razgraničenje površina sa kojih se uzimaju prosečni uzorci. Ideja je da se pojedinačni uzorci ne uzimaju sa cele površine zemljišta već sa kontrolnih parcelica koje reprezentuju površinu od 3-5 ha.

A) Uzimanje uzorka po metodi kruga

Po ovoj metodi potrebno je da se velika parcela podeli na manje parcelice veličine 3-5 ha i na svakoj parcelici obeleži se centar kruga prečnika 30 m, koji čini tzv "kontrolnu parcelicu" čija je površina 707 m^2 , koji reprezentuje površinu od 3-5 ha u zavisnosti od ujednačenosti zemljišta sa kojeg se uzimaju uzorci. Izbor centra parcele vrši stručno lice (agronom). Centar osnovne parcele beleži se GPS uređajem kako bi se nakon završenog prvog turnusa ispitivanja mogli vratiti na isto mesto sa tačnošću od 10-15 m.

Pojedinačni uzorci se uzimaju tako što se:

- jedan uzorak uzima se u centru parcelice

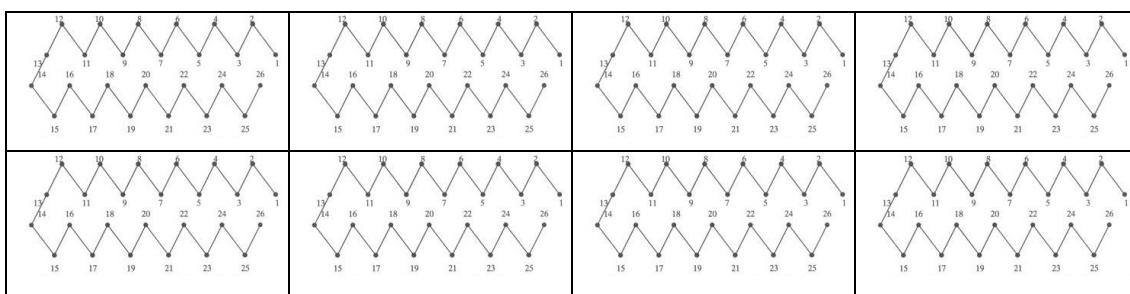
- 3 uzorka na I krugu prečnika 3 m
- 5 uzoraka na II krugu prečnika 8,7 m
- 8 uzoraka na III krugu prečnika 12,25 m
- 8 uzoraka na IV krugu prečnika 15 m

Ukupno se sa kontrolne parcele uzima 25 pojedinačnih uzoraka od kojih se formira prosečni uzorak.

B) Uzimanje uzoraka sa cele površine parcelice

Pri ovom načinu uzimanja uzoraka površina parcele se podeli na onoliko parcelica, koliko će se uzeti prosečnih uzoraka. Sa svake parcelice potom se uzima jedan prosečan uzorak na isti način kao i kod malih parcela.

Skica 3. Uzimanje uzoraka sa velikih parcela-uzimanjem uzoraka sa cele površine



C) Kombinovano uzimanje uzoraka

Pri kombinovanom načinu uzimanja uzoraka postupa se tako da se najpre uzmu uzorci sa cele površine po sistemu B, a zatim se na svakih 20 ha uzmu po sistemu A.

Vreme uzimanja uzoraka

Najbolje vreme za uzimanje uzoraka zemljišta jeste nakon ubiranja useva. U tom smislu strnine su naročito pogodan usev jer se ubiraju rano, tako da preostaje dovoljno vremena za uzimanje uzoraka, a u principu strnine se ne đubre stajnjakom, tako da je manja mogućnost da uzorci budu nehomogeni. Uzimanje uzoraka sa iste parcele se obavlja u turnusima, odnosno uzorci se uzimaju svake četiri godine.

Za davanje preporuke prihrane strnina i predsetvenog đubrenja kukuruza, suncokreta i šećerne repe azotom (N-min), uzorci se uzimaju na nekoliko dana pred planiranu prihranu ili predsetveno rasturanje đubriva.

Dubina uzorkovanja

Dubina uzorkovanja zavisi od kulture koja se gaji i dubine obrade. Za ratarske kulture je uobičajeno da se uzorci uzimaju sa dubine 25- 30 cm, odnosno sa dubine obrade. Bitno je da se uzorci uvek uzimaju sa iste dubine, kako ne bi došlo do mešanja zemljišta iz oraničnog i podoraničnog sloja, jer su tada moguće greške u rezultatima analize.

Za voćarske kulture uobičajeno je da se uzorci uzimaju sa dve dubine, 0-30 cm i 30-60 cm. Kod slabobujnih podloga koje koren razvijaju u površinskom sloju zemljišta dovoljno je

uzimanje uzorka sa dubine 0-30 cm. Kod vinove loze koja ima razvijen korenov sistem uzorkovanje se može vršiti i sa dubine 60-90 cm.

Način uzimanja uzorka

Uzorci se mogu uzimati ašovom ili sondom ako se uzimaju sa dubine do 30 cm. Za uzimanje uzorka sa više dubina najpogodnija je sonda. Pre uzimanja uzorka potrebno je ukloniti biljne ostatke sa površine odakle će se uzeti uzorak.

Uzimanje uzorka ašovom se vrši tako što se zabije ašov vertikalno u zemljište i zatim izbaci određena količina zemljišta tako da u zemlji ostane profil sa vertikalnom ivicom. Zatim se zabije ašov vertikalno u zemljište i odseče sloj zemljišta debljine do 5 cm i izvadi tako da ostane na ašovu. Nakon toga zemlja na ašovu sa strane se odbacuje, tako da ostane kaiš zemlje na ašovu debljine i širine oko 5 cm, a dužine od drške pa do vrha ašova. Na taj način zemlja je uzeta ravnomerno iz profila. Ova zemlja se stavlja u kofu i odlazi se do sledećeg mesta uzimanja uzorka gde se postupak ponavlja.

Ako se uzorci uzimaju sondom, sonda se uvrти u zemljište a zemlja koja se uzme isprazni se u jednu kofu, a ako se uzima sa dve dubine, zemljište sledeće dubine iz iste rupe isprazni se u drugu kofu.

Na kraju uzorkovanja zemlja u kofi se dobro izmeša i na čistoj površini se istrese u obliku kvadrata i povuku se dve dijagonale. Zemlja iz dva trougla se odbaci, a preostala zemlja se ponovo složi u obliku kvadrata i postupak se ponavlja dok ne preostane oko 1 kg zemlje koji se pakuje u pvc vrećicu. Uzorak se obeležava sa karticom. Dobro je obeležavanje vršiti sa dve kartice tako da se pvc vreća sa zemljom se stavlja u drugu vrećicu, a između kartica, i onda se obe uvežu i obeleže drugom karticom. Na kartici treba upisati sledeće podatke: vlasnik uzorka, oznaka parcele, redni broj uzorka, dubina uzorka, datum uzorkovanja.

Prilikom uzorkovanja, za svaku parcelu potrebno je popuniti zapisnik sa podacima o vlasniku uzorka, podacima o parseli i načinu korišćenja parcele.

Ukoliko se uzorci uzimaju za potrebe N-min metode, moraju se čuvati na hladnom i što pre otpremiti u laboratoriju.

TUMAČENJE REZULTATA ANALIZE ZEMLJIŠTA

Tumačenje rezultata analize zemljišta podrazumeva poređenje dobijenih vrednosti sa graničnim vrednostima. Na osnovu rezultata analize određuju se ne samo količina, već i vrsta đubriva i način njegove primene. Prilikom tumačenja rezultata analize treba imati na umu i klimatske prilike, tip zemljišta, zahteve biljaka i nivo primenjivane agrotehnike.

Osnovnom agrohemijском analizom određuju se sledeći parametri:

- pH zemljišta u vodi i KCl
- sadržaj CaCO_3
- sadržaj humusa
- sadržaj ukupnog azota
- sadržaj lakopristupačnog fosfora i kalijuma

Poznavanje ovih svojstava zemljišta je jedan od bitnih preduslova pravilnog gazdovanja zemljištem, radi popravke fizičko-hemijskih osobina zemljišta i pravilnog odabira agrotehnike u cilju postizanja ekonomski isplativе proizvodnje uz istovremenu zaštitu zemljišta kao prirodnog resursa.

Vrednost pH zemljišta

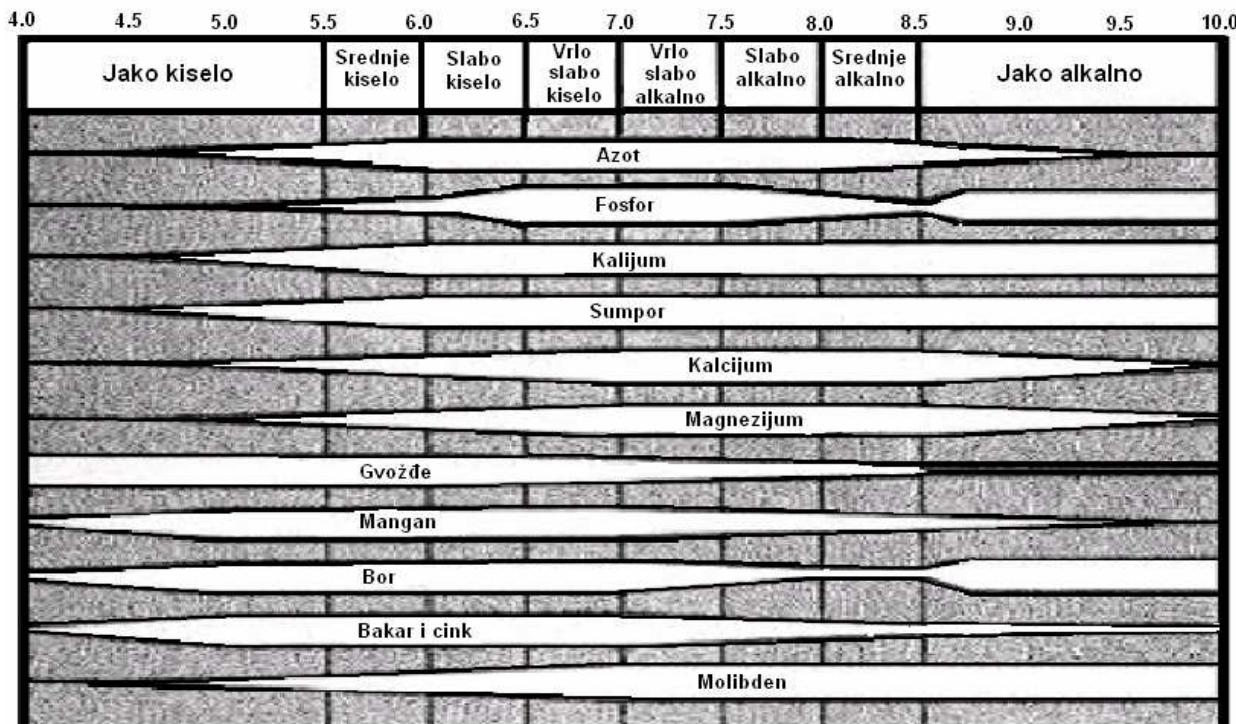
Reakciju zemljišnog rastvora određuje koncentracija slobodnih vodonikovih jona (H^+) u zemljišnom rastvoru a izražava se pH vrednošću. Kislost zemljišta se deli na aktivnu i potencijalnu kiselost.

Aktivnu kiselost čine slobodni vodonikovi joni (H^+) koji se nalaze u zemljišnom rastvoru. Ona se određuje u suspenziji zemljišta sa vodom. Supsticijonu kiselost čine vodonikovi joni (H^+) koji se nalaze labavije vezani u adsorptivnom kompleksu i odatle se istiskuju u rastvor dejstvom soli kao što je npr KCl. Vodonikovi joni koji su jače vezani u adsorptivnom kompleksu istiskuju se u rastvor dejstvom neke bazne soli kao što je npr. kalcijum acetat, i ova kiselost se naziva hidrolitička. Supsticijona i hidrolitička kiselost zajedno čine potencijalnu kiselost, i njenim poznavanjem može da se izvrši kalcizacija kiselih zemljišta.

Reakciju zemljišnog rastvora određuje odnos između priticanja slobodnih kiselina i količine adsorbovanih katjona, karbonata i lakorastvorivih soli. U humidnim klimatskim uslovima i šumskim zemljištima preovladava kisela reakcija zbog povećanog ispiranja baznih jona, a za aridna područja kao što je subotički region karakteristična je alkalna reakcija zemljišta zbog povećanog sadržaja teže rastvorivog kalcijumkarbonata $CaCO_3$ u zemljištu, i određena je ravnotežom u sistemu $CaCO_3$, CO_2 i H_2O .

Isto tako pH varira u jednom istom zemljištu i u zavisnosti od godišnjeg doba, i tokom leta kada su mikrobiološki procesi izraženi ona je niža, a viša je tokom zime kada su mikrobiološki i hemijski procesi svedeni na minimum.

Od reakcije zemljišnog rastvora zavisi rastvorljivost mnogih jedinjenja, pa prema tome i mogućnost pojavljivanja pojedinih hranjivih elemenata u rastvoru, što ima direktnog uticaja na mogućnost njihovog usvajanja od strane biljaka. Na slici 6. (dole) prikazan je uticaj pH zemljišta na usvajanje pojedinih jona.



Slika 6. Uticaj pH na usvajanje biljnih hraniva

U tabeli 2. prikazana je klasifikacija zemljišta na osnovu pH vrednosti u 1 M rastvoru KCl.

Tabela 2.

pH vrednosti u 1 M KCl	Klasa zemljišta
< 4,5	jako kisela
4,51-5,50	kisela
5,51-6,50	slabo kisela
6,51-7,20	neutralna
7,21-8,20	slabo alkalna
>8,20	alkalna

Zemljišta u regionu Subotice su uglavnom slabo alkalna, što je posledica prisustva rastvorivog kalcijuma. S obzirom da je za uspevanje većine gajenih biljaka najpovoljnija slabokisela do neutralna reakcija zemljišta, može se istaći da je u našoj regiji potrebno koristiti fiziološki kisela đubriva za ishranu biljaka kao što su urea, amonijumnitrat i amonijumsulfat.

Sadržaj CaCO_3

Kalcijum se u zemljištu nalazi u obliku soli kalcijumkarbonata - CaCO_3 , kalcijum hidrokarbonata - $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, kalcijumsulfata - CaSO_4 i kalcijumnitrata $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, i drugih koje su manje ili više rastvorive. Kalcijum pokazuje veliku adsorptivnu sposobnost zbog čega dominira nad ostalim kationima u adsorptivnom kompleksu. Kalcijum posredno ili neposredno utiče na delovanje mineralnih đubriva preko svog uticaja na promenu pH vrednosti zemljišta. Kalcijum može da ograniči proizvodnju izazivajući nedostatak neophodnih elemenata kao što su gvožđe, cink, magnezijum i dr.

U tabeli 3. prikazana je klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja kalcijumkarbonata.

Tabela 3.

Sadržaj CaCO_3 u %	Klasa zemljišta
0	beskarbonatno
0,01-2,00	slabo karbonatno
2,01-5,00	srednje karbonatno
5,01-10,00	karbonatno
>10,01	jako karbonatno

Na teritoriji Subotice preovladavaju jako karbonatna zemljišta tako da se za prihranu ne preporučuje upotreba krečnog amonijum nitrata (KAN), već isključivo urea-e, amonijumnitrata i amonijumsulfata, a posebnu pažnju treba posvetiti primeni fosfornih đubriva s obzirom na tendenciju stvaranja teže rastvorivih i biljkama nepristupačnih, sekundarnih i tercijarnih fosfata.

Humus

Humus predstavlja smešu huminskih materija, koje su po svom sastavu pretežno visokomolekularne kiseline i niskomolekularnih međuprodukata razlaganja organske materije. Humus predstavlja izvor hranjivih materija za biljku jer se njegovom mineralizacijom oslobođaju biljna hraniva a još veći je njegov uticaj na strukturu zemljišta i njegove vodne, vazdušne i toplotne osobine. Humus ulazi u sastav organomineralnog kompleksa i utiče na povoljnu

strukturu zemljišta i njegovu sorptivnu sposobnost. Na peskovitim zemljištima povećava kapacitet za vodu a na glinovitim zemljištima rastresitost. Zemljišta bogata humusom su tamnija i bolje se zagrevaju. Intenzivnom obradom i navodnjavanjem humus se brže razgrađuje.

U tabeli 4. prikazana je klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja humusa.

Tabela 4.

Sadržaj humusa u %	Klasa zemljišta
< 1,00	vrlo slabo humozno
1,01-3,00	slabo humozno
3,01-5,00	humozno
5,01-10,00	jako humozno
>10,01	vrlo jako humozno

Da bi se sprečilo smanjivanje humusa u zemljištu potrebno je zaoravati žetvene ostatke a nikako ih spaljivati na njivi. Na slabo humoznim zemljištima (Subotičko-horgoška peščara sa perifernim delovima) preporučljivo bi bilo i obilnije đubrenje organskim đubrivima, pre svega stajnjakom.

Ukupni azot

Azot je neophodni makrohranjivi element koga nema u litosferi, tako da u pedosferu ne može dospeti raspadanjem minerala već tu dospeva azotofiksacijom, raspadanjem organske materije i unošenjem mineralnim đubrivima. U zemljištu se nalazi u organskom i mineralnom obliku koji čine ukupan azot. Za potrebe đubrenja biljaka značajno je poznavanje sadržaja mineralnog azota u zemljištu, a poznavanje ukupnog sadržaja azota pokazatelj je potencijalne plodnosti zemljišta.

U tabeli 5. prikazana je klasifikacija zemljišta na osnovu sadržaja ukupnog azota.

Tabela 5.

Sadržaj ukupnog N u %	Klasa zemljišta
< 0,10	siromašno
0,10-0,20	srednje
>0,20	dobro obezbeđeno

Sa stanovišta primene azotnih đubriva mnogo je važnije poznavati količinu mineralnog, odnosno nitratnog azota u zemljištu. Biljka azot usvaja u vidu nitratnog jona i manjim delom u vidu amonijačnog jona i zato se za potrebe racionalnog đubrenja ozimih strnina azotom u prolećnoj prihrani koristi N-min metoda (prema Wehrmanu i Scharpf 1979). Ova metoda je razvijena u Nemačkoj, a kod nas se koristi od sredine 80-tih godina prošlog veka. Metoda se zasniva na merenju rezidualnog azota u zemljištu, odnosno količine nitratnog i amonijačnog oblika azota, neposredno pre prihrane useva. S obzirom da se amonijačni oblik azota fiksira u adsorptivnom kompleksu, njegova količina u rastvoru predstavlja prilično konstantnu vrednost (do 20 kg) pa se često izostavlja njegovo merenje. Razlika između potreba biljaka i utvrđene količine lakopristupačnog azota dodaje se đubrivima, pri čemu se kod obračuna potrebnih količina đubriva uzima u obzir i mineralizujuća sposobnost zemljišta tokom prolećnog dela vegetacije strnina. Na skici 1. prikazana su osnovna načela N-min metode.

Skica 1.

Prihrana (N đubriva)	Potrebe biljaka za odgovarajući prinos
Mineralizujuća sposobnost (tokom vegetacije)	
Rezidualni azot (0-90 cm)	

Za potrebe N-min analize kod strnina uzorci se uzimaju sa dubina 0-30 cm, 30-60 cm i 60-90 cm, a za utvrđivanje potrebe predsetvenog đubrenja suncokreta, kukuruza i šećerne repe i sa dubine 90-120 cm. Uzorci se uzimaju na desetak dana pred planiranu primenu đubriva.

Fosfor i kalijum

Utvrđivanje obezbeđenosti zemljišta fosforom i kalijumom ima veliki zanačaj u intenzivnoj biljnoj proizvodnji sa ekonomskog, biološkog i ekološkog gledišta. Kontrola plodnosti zemljišta čini osnovu za racionalnu primenu đubriva, radi ostvarenja visokih i stabilnih prinosa, uz istovremenu zaštitu životne sredine.

Fosfor se u zemljištu nalazi u organskom i mineralnom obliku. U sastav organskog fosfora zemljišta ulaze:

- organska fosforna jedinjenja biljnih delova;
- organska fosforna jedinjenja mikroorganizama;
- produkti ekskrecija mikroorganizama, korena, glista;
- fosfohumati (kompleksi humusa i fosforne kiseline).

Organiski fosfor vodi poreklo od neorganskog fosfora koji su biljke i mikroorganizmi usvojili i vezali u organska jedinjenja. Najveći deo organskog fosfora u zemljištu je mikrobiološkog porekla. Organiski fosfor nije pristupačan biljkama i tek razgradnjom organskih jedinjenja, u procesu hidrolize nastaje ortofosforna kiselina koja prelazi u zemljišni rastvor odakle je biljke i mikroorganizmi mogu koristiti za ponovnu sintezu organskih jedinjenja. Količine organskog fosfora su varijabilne i kreću se od 3-75%, a najčešće u granicama 40-60% od ukupnog sadržaja fosfora u zemljištu.

Neorganski fosfor obuhvata jedinjenja različite rastvorljivosti, pa otuda i pristupačnosti za biljke:

- fosfor koji ulazi u sastav neraspadnutih stena i minerala
- fosfor koji je produkt potpune mineralizacije organskih fosfornih jedinjenja
- fosfor koji je sastavni deo sekundarnih tvorevina.

Fosfor iz minerala nije direktno pristupačan biljkama, već tek nakon njihovog raspadanja. Otuda ovaj oblik fosfora čini samo trajnu rezervu - bogatstvo zemljišta u ovom elementu. Fosfor iz ovih minerala se postepeno oslobođa pri njihovom raspadanju pod dejstvom vode, ugljen dioksida, ali i raznih kiselina, pre svih azotne, sumporne kao i radom mikroorganizama. Prelaženje fosfora iz ovih minerala u rastvorljivo stanje može da se ubrza i unošenjem đubriva koja menjaju reakciju zemljišta. Na taj način vrši se mobilizacija fosforne kiseline. Oslobođeni fosfatni joni, ukoliko ne budu usvojeni od strane biljaka manjim delom ostaju u zemljišnom rastvoru, a većim delom - grade fosforna jedinjenja različite rastvorljivosti. Tako u kiselim zemljištima, $pH < 5$ preovlađuju fosfati aluminijuma i gvožđa [$AlPO_4$ i $FePO_4$] koji su nerastvorivi i otuda je u takvim zemljištima nizak sadržaj lakopristupačnog fosfora za biljke. Nasuprot tome u zemljištima slabo kisele, neutralne i slabo alkalne reakcije, $pH 6-8,2$ preovlađuju rastvorivi fosfati kalcijuma- primarni i sekundarni Ca fosfati [$Ca(H_2PO_4)_2$ i $CaHPO_4$].

Sa daljim povećanjem reakcije zemljišta težnja je da se stvaraju nerastvorivi fosfati kalcijuma - okta i tri kalcijum fosfat $\text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \times 5\text{H}_2\text{O}$ i $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Koncentracija fosfora u zemljišnom rastvoru je vrlo mala i najčešće iznosi od 0,1-0,5 mg P_2O_5 po litri rastvora (ppm), a na izuzetno bogatim zemljištima dostiže i do 1 ppm. Značaj ovog fosfora je jako velik jer se smatra da biljke usvajaju fosfor isključivo u obliku jona ortofosforne kiseline iz zemljišnog rastvora. Ukoliko se koncentracija ovog fosfora u rastvoru smanji, bilo da ga usvoji biljka ili na drugi način, u rastvor će preći nove količine fosfata, i to onih koji su teže rastvorljivi, i obrnuto, ako mu se količina poveća (najčešće dodavanjem đubriva) onda će jedan deo ovog fosfora preći u teže rastvorljive fosfate.

Lakopristupačan fosfor je fosfor koji biljke mogu lako da usvoje za svoje potrebe, a tu spada: fosfor zemljišnog rastvora, adsorbovani deo fiksiranog fosfora, fosfor nekih jedinjenja (primarna, sekundarna i tercijarna jedinjenja alkalnih elemenata, primarna i delimično sekundarna jedinjenja zemnoalkalnih elemenata).

Kalijum je rasprostranjen element u prirodi. Od primarnih minerala najviše kalijuma sadrže feldspati koji su zastupljeni u svim stenama. Sekundarni minerali, odnosno minerali gline sadrže znatne količine kalijuma, a najviše Ilit i Vermikulit.

Sadržaj kalijuma u zemljištu se kreće od 0,2-3%, odnosno u oraničnom sloju od 30 cm nalazi se od 9.000 do 140.000 kg/ha kalijuma (Schilling, 2000). Ova količina predstavlja rezervu neorganskog kalijuma u zemljištu. Pored toga, u zemljištu se nalazi od 25 do 50 kg/ha kalijuma vezanog mikroorganizmima (Scheffer i Schachtschabel, 1989). Kalijum iz primarnih i sekundarnih minerala nije pristupačan biljkama. Tek nakon njihovog razlaganja pod uticajem vlage, slabih kiselina, temperature ili silikatnih bakterija oslobođa se jon kalijuma, koji ulazi u zemljišni rastvor, time postaje pristupačan za biljke ili se adsorbuje na zemljišne koloide.

Sa stanovišta pristupačnosti za biljke, kalijum se u zemljištu može podeliti na:

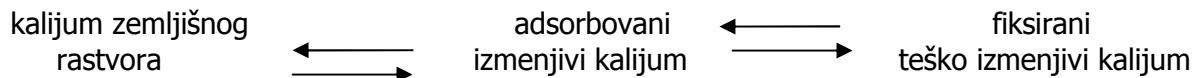
- kalijum ugrađen u kristalnu rešetku primarnih minerala 90-98%
- kalijum prisutan u fiksiranom neizmenjivom obliku 1-10%
- kalijum prisutan u izmenjivom, adsorbovanom obliku 1-2%
- kalijum u zemljišnom rastvoru 6-20 mg/l (ppm).

Kalijum koji se nalazi u kristalnoj rešetki minerala je u potpunosti nepristupačan za biljke, sve do njihovog raspadanja. Za biljke je pristupačan kalijum iz zemljišnog rastvora, kalijum adsorbovan na koloidima zemljišta i kalijum koji se nalazi fiksiran u međulamelarnom prostoru minerala gline.

Fiksacija je proces u kome, u zemljištima koja sadrže glinu, veći deo unetog kalijuma ulazi i biva vezan u kalijumu osiromašenim i usled toga razmaknutim međuslojnim prostorima minerala gline. Kada joni kalijuma ulaze u međuslojni razmak glinenih minerala, koji se odlikuje negativnim nabojem, dolazi do sužavanja međuprostora (skupljanja) između slojeva tih minerala i time joni kalijuma bivaju zatvoreni, fiksirani.

Izmenjivi ili adsorbovani kalijum obuhvata sav kalijum adsorbovan fizičko-hemijskim silama na površini koloidnih čestica. Pod izmenom katjona podrazumeva se proces u kom katjon slabo vezan za sorpcioni kompleks prelazi u zemljišni rastvor i istovremeno jedan drugi katjon iz zemljišnog rastvora zauzima njegovo mesto i vezuje se na sorpcionom kompleksu u izmenjivom obliku. Količina vezanih katjona na sorpcionom kompleksu uvek je u dinamičnoj ravnoteži sa njihovim udelom u zemljišnom rastvoru.

Između kalijuma zemljišnog rastvora, adsorbovanog kalijuma i fiksiranog kalijuma vlada dinamička ravnoteža. Smanjenjem koncentracije kalijuma u rastvoru, jedan deo adsorbovanog kalijuma prelazi u rastvor i obrnuto.



Kalijum se u zemljišnom rastvoru nalazi u količini od 1-10 mg/l (ppm). U rastvoru se nalazi u vidu rastvorivih soli. Ova količina zadovoljava svega 5% potreba biljaka, ali se obnavlja na račun izmenjivog - adsorbovanog i neizmenjivog-fiksiranog kalijuma. Zahvaljujući tome biljke su u većoj ili manjoj meri tokom cele vegetacije obezbeđene kalijumom.

Obezbeđenost zemljišta fosforom i kalijumom sa stanovišta biljaka utvrđuje se na osnovu sadržaja lakopristupačnih oblika ovih elemenata u zemljištu. U svetu je razvijen veći broj metoda za utvrđivanje sadržaja lakopristupačnog fosfora i kalijuma koje se međusobno razlikuju po ekstrakcionom sredstvu i dužini ekstrakcije.

U našoj zemlji kao zvanična metoda za određivanje sadržaja lakopristupačnog fosfora i kalijuma služi AL-metoda Egner i Riehma (1958). Princip određivanja ovom metodom zasniva se na tretiraju zemljišta rastvorom za ekstrakciju, AL – rastvorom, čime se adsorbovani, odnosno izmenjivi fosfor i kalijum prevode u rastvor. U ekstraktima fosfor se određuje spektrometrijski a kalijum plamenofotometrijski. Kalibracijom metode pomoću poljskih ogleda određene su granične vrednosti obezbeđenosti zemljišta i potrebe dubrenja biljaka.

Ukoliko je zemljište optimalno obezbeđeno fosforom i kalijumom, potrebno je dubrivima uneti onoliko fosfora koliko se odnese prinosom, a kalijuma oko 60% od količine odnete prinosom. Ukoliko je sadržaj fosfora nizak, potrebno je dubrivima uneti fosfora 50% više od odnetog prinosom, a kalijuma oko 90% od odnete količine prinosom. Potrebno je razlikovati dva termina: iznošenje hraniva i odnošenje hraniva. Izneta količina hraniva je ona koju biljka iznese iz zemlje za formiranje vegetativne mase (žetvenih ostataka) i prinosa zrna. Odneta količina hraniva je ona koja se odnese sa parcele, npr. zrnom. Ukoliko se kukuruz silira ili se slama presuje i odnosi sa parcele, odneta količina hraniva jednaka je iznetoj količini. U tabeli 6. prikazana je klasifikacija zemljišta prema sadržaju lakopristupačnog fosfora i kalijuma i princip vraćanja hraniva u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta.

Tabela 6.

Sadržaj P_2O_5 i K_2O mg/100g zemljišta	Princip vraćanja (%) od iznetog prinosom	
	P_2O_5 više od iznetog prinosom	K_2O od iznetog prinosom
Vrlo nizak 0-5	50-100	90-100
Nizak 6-10	30-50	80-90
Srednji 11-15	10-30	60-70
Optimalni 16-25	0	50-60
Visok 26-40	Manje od 20-30	30-40
Vrlo visok 41-50	Ne đubri se od 1-3 godine, prate se mikroelementi	
Štetan više od 50	Ne đubri se duži period, prate se mikroelementi	

ĐUBRENJE RATARSKIH BILJAKA

Đubrenje ozimih i jarih strnina

Količina hraniva koju strna žita iznesu iz zemljišta zavisi prvenstveno od visine ostvarenog prinosa zrna i količine vegetativne mase. Obično se kod žita računa žetveni indeks, odnos zrno-slama 1:1. U literaturi se mogu sresti brojni podaci različitih autora, o iznošenju hraniva prinosom. U različitim agroklimatskim uslovima i uslovima obezbeđenosti zemljišta hranivima, postoje i određena odstupanja u iznošenju hraniva. U tabeli 7. prikazano je prosečno iznošenje hraniva u kg/ha sa 1 t prinosu zrna i odgovarajućom količinom žetvenih ostataka kod strnih žita.

Tabela 7.

Biljna vrsta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Ozima pšenica	25-30	10-15	17-25
Ozimi ječam	20-25	8-12	20-25
Jari ječam	15-20	8-12	20-25
Raž	22-30	10-15	20-30
Ovas	22-30	10-15	20-30

Podaci u gornjoj tabeli prikazuju potrebe hraniva za formiranje 1 t prinosu zrna i odgovarajuće vegetativne mase. Prema tome ukoliko se ostvari prinos od 7 t/ha pšenice, iz zemljišta će se izneti oko: 180 kg/ha N, 80 kg P₂O₅ i 140 kg K₂O. Ukoliko se slama presuje i odnosi sa njive, celokupna količina hraniva će biti i odneta, odnosno iznošenje = odnošenje.

Žetveni ostaci sadrže 25-30% N, 20-25% P₂O₅ i oko 70% K₂O. S obzirom na žetveni indeks 1:1 količina zetvenih ostataka jednaka je količini zrna tako da se zaoravanjem slame u zemljište vrati:

$$\begin{array}{ll} 30\% \text{ od iznete količine N} & 180 \times 0,30 = 54 \text{ kg} \\ 25\% \text{ od iznete količine P}_2\text{O}_5 & 80 \times 0,25 = 20 \text{ kg} \\ 70\% \text{ od iznete količine K}_2\text{O} & 140 \times 0,7 = 98 \text{ kg} \end{array}$$

Na osnovu navedenog, ukoliko se žetveni ostaci zaoravaju iznošenje hraniva će biti 180 kg/ha N, 80 kg P₂O₅ i 140 kg K₂O, ali će odnošenje iznositi svega 128 kg/ha N, 64 kg P₂O₅ i 42 kg K₂O. Ovu količinu hraniva je potrebno nadoknaditi đubrivima, a hraniva iz žetvenih ostataka nakon mineralizacije postaju ponovo dostupna biljkama.

Ako raspolaćemo rezultatima analize zemljišta i poštujući principe đubrenja možemo izračunati potrebnu količinu đubriva i hraniva koja treba nadoknaditi zemljištu, zbog odnošenja prinosom. Primer obračuna hraniva:

Sadržaj lako pristupačnog fosfora u zemljištu iznosi 13 mg, a kalijuma 22 mg, sadržaj ukupnog azota iznosi 0,21%. Izračunati potrebnu količinu azota, fosfora i kalijuma za planirani prinos od 7 t/ha pšenice, ako se slama sitni i zaorava.

Sa prinosom od 7 t zrna iz zemljišta će biti odneto:

$$\begin{array}{l} \text{azota } 7 \times 26 = 182 \text{ kg} - 54 \text{ kg (30\% se vraća se slamom)} = 128 \text{ kg} \\ \text{fosfora } 7 \times 12 = 84 \text{ kg} - 20 \text{ kg (25\% se vraća slamom)} = 64 \text{ kg} \\ \text{kalijuma } 7 \times 20 = 140 \text{ kg} - 98 \text{ kg (70\% se vraća slamom)} = 42 \text{ kg} \end{array}$$

Pošto je zemljište srednje obezbeđeno fosforom (13mg) potrebno je uneti 10 -30% više fosfora od planiranog odnošenja, $63 \text{ kg} \times 1,1$ (1,3) odnosno $70-82 \text{ kg P}_2\text{O}_5$.

Sadržaj kalijuma u zemljištu je optimalan (22 mg) pa je potrebno uneti 50-60% od planiranog odnošenja, $42 \times 0,5$ (0,6) odnosno $21-25 \text{ kg K}_2\text{O}$.

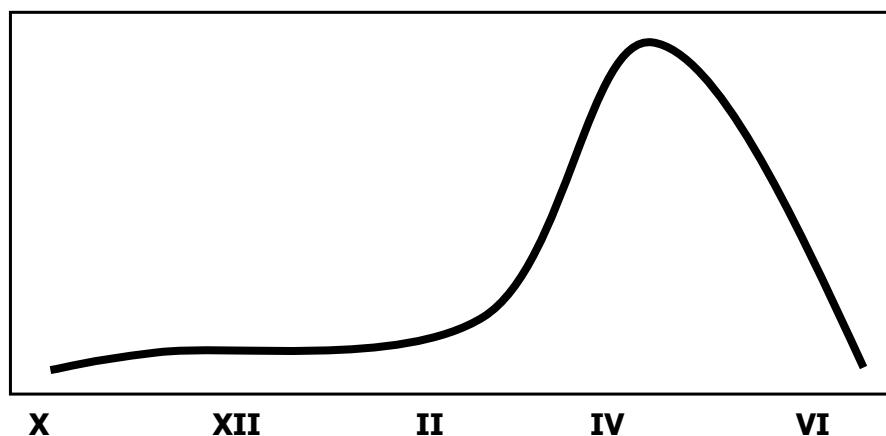
Pod osnovnu obradu u zonu razvoja korena biljke potrebno je uneti celokupnu količinu fosfora i kalijuma zbog njihove slabe pokretljivosti u zemljištu (oko 5 cm od granule đubriva). Pod osnovnu obradu se unosi i 1/3 potrebne količine azota, odnosno oko 40-45 kg. Ostatak azota se unosi prihranom na osnovu N-min analize.

U početku prolećnog kretanja vegetacije neophodna je visoka koncentracija nitrata u zemljištu (20-30 ppm ili $\approx 12-20 \text{ kg N-NO}_3/\text{ha}$ u sloju 0-20 cm). Nitratni oblik azota ne vezuje se u zemljištu, podložan je ispiranju, pa prihranjivanje dok je kapacitet akumulacije biljaka mali, mora biti usklađeno s uzrastom biljaka, fizičkim svojstvima zemljišta i klimatskim prilikama. Iz navedenih razloga, ukoliko potrebna količina azota za prihranu prelazi 60 kg/ha, potrebno je prihranu uraditi u dva navrata. Ukoliko se za prvu prihranu primenjuje urea, potrebno je prihranu obaviti krajem januara a najkasnije do polovine februara, jer je potrebno 20-30 dana da se urea transformiše do nitratnog oblika.

Visoka koncentracija nitrata u bokorenju predstavlja neophodnu rezervu za prolećno izduživanje. Brz porast nadzemnog dela započinje kad se minimalna temperatura ustali iznad 5°C . Dolazi do povećanja volumena ćelija, uglavnom na račun rezervi i usvajanja vode. U daljem toku vegetacije pšenice dolazi kod temp. $5-10^\circ\text{C}$ do istezanja prvog i drugog internodija, a kad se temperatura ustali iznad 10°C dolazi do distenzije preostalih internodija (3., 4. i 5.). Porast uzdužne ose biljaka regulisan je β -indol sirćetnom kiselinom (auksin) za čije nastajanje također potreban azot. Pojavom četvrtog lista zametnut je klas i određen broj klasića. Dobra ishranjenost azotom u toj etapi sprečava kasniju sterilnost klasića i povećava broj plodnih cvetića (tri i više po klasiću). Smatra se da je razvoj komponenti klasa samo delimično pod uticajem nasledne osnove pa je time dobra ishranjenost biljaka još značajnija. Dozrevanje pšenice odvija se pretežno na račun razgradnje rezervnih materija uz njihovu alokaciju iz fotosintetički neaktivnih delova biljke (starije lišće i vlat) u klas. Stoga je kritičan period nastajanja prinosa znatno prije smene vegetacione i generativne faze razvoja (oplodnja) i opravdano se smatra da je **pravo vreme za prvu prihranu trenutak prelaska iz mirovanja u proletnji porast, a za drugu početak izduživanja (vlatanja)**.

Na skici 2. prikazana je dinamika usvajanja azota kod ozime pšenice.

Skica 2.



Kada je u pitanju prihrana ozimog pivskog ječma, prihranu je potrebno obaviti isključivo amonijum-nitratom neposredno pre početka prolećnog porasta. Prihrana ureom može za posledicu imati produženo usvajanje azota i povećanje sadržaja proteina, što za posledicu ima lošiji kvalitet ječma kao sirovine za pivsku industriju.

Đubrenje jarih strnina azotom se vrši tako da se celokupna količina azotnih đubriva da predsetveno, a prihrana se ne preporučuje zbog kratke vegetacije i nemogućnosti iskorištavanja hraniva iz đubriva.

Đubrenje tritikalea u osnovi je isto kao za pšenicu, s tim što se daju za 10% niže količine azotnih đubriva.

Đubrenje uljane repice

Za formiranje jedne tone prinosa zrna i odgovarajuću vegetativnu masu uljana repica iz zemljišta iznese: 50-60 kg N, 25-30 kg kg P₂O₅, 50 kg K₂O i 8-10 kg/ha sumpora, ali se zrnom iznese oko 37-45 kg N, 20-22 kg P₂O₅, 10 kg K₂O i 7-9 kg sumpora po ha. Uljana repica je kaliofilna biljka i ima velike zahteve za kalijumom, mada se najveći deo kalijuma nalazi u žetvenim ostacima. Kada je u pitanju osnovno đubrenje potrebno je osnovnom obradom uneti oko 1/3 N i celokupnu količinu fosfora i kalijuma. Na zemljištima optimalne plodnosti i uz planirani prinos od 3 t zrna po ha, trebalo bi uneti oko 70-80 kg N, oko 60-80 kg P₂O₅ i oko 60-80 kg K₂O. Kada je u pitanju đubrenje kalijumom u literaturi se često može naći preporuka da je potrebno unositi znatno veće količine kalijuma od navedenih. Pri sadržaju od 15 mg lakopristupačnog kalijuma u sloju do 30 cm ima oko 600-650 kg/ha, što je više nego dovoljno za formiranje prinosa od 3 t zrna sa žetvenim ostacima. S obzirom da koren ne može da iskoristi svu rezervu lakopristupačnog kalijuma, da će kalijum ugrađen u žetvene ostatke (150 kg) biti na raspolaganju narednim usevima tek nakon mineralizacije, potrebno je dati onoliko kalijuma koliko će se izneti prinosom. Uostalom i iskustva iz prakse pokazuju da nije potrebno davati velike količine kalijuma za visoke prinose, a na zemljištima gde je sadržaj lakopristupačnog kalijuma preko 25 mg/100g, đubrenje kalijumom se može smanjiti i na 30 kg/ha ili čak izostaviti bez uticaja na ograničenje prinosa. Kada je u pitanju đubrenje fosforom treba se pridržavati principa iz tabele 6.

Prihranu repice treba obaviti prvi put tokom februara i to ureom, a drugi put početkom prolećnog porasta sa amonijum-sulfatom. Obično se u prihrani daje 90-100 kg azota, a druga prihrana sa 200 kg/ha amonijumsulfata obezbediće repicu dovoljnim količinama sumpora.

Đubrenje kukuruza

Kukuruz je dominantna kultura s obzirom da zauzima najveće površine od svih ratarskih kultura. Za formiranje jedne tone prinosa zrna i odgovarajuću vegetativnu masu iz zemljišta

iznese: 25-30 kg N, 10-15 kg kg P₂O₅, 20-25 kg K₂O. Prosečni žetveni indeks kukuruza iznosi 1:1. Kukuruz je osjetljiv na nedostatak cinka, i kod zemljišta koja su prekomerno obezbeđena fosforom mogu da se javi nedostaci ovog elementa. U subotičkom regionu nedostatak cinka može da se javi lokalno na parseli ili na peskovitim zemljištima Subotičko-Horgoške peščare. Za ublažavanje ove pojave mogu se koristiti folijarna đubriva sa cinkom. Prilikom planiranja đubrenja kukuruza treba poći pre svega od planiranog prinosa, koji treba da je na nivou višegodišnjeg

Slika 7. Znaci nedostatka cinka na kukuruzu



proseka, uvećan za 15-20%. Celokupnu planiranu količinu fosfora i kalijuma, kao i 1/3, pa čak i 1/2 azota potrebno je zaorati. Zaoravanjem pre svega uree, omogućiće se da se azot do setve spusti nešto dublje u profilu zemljišta. Kukuruz ima moćan korenov sistem koji prodire i do 150 cm u dubinu. Razvojem korena u dublje slojeve zemljišta, omogućava se da kukuruz lakše podnese letnje vrućine i nedostatak vode u površinskom sloju. U nekim zemljama pa i kod nas u novije vreme sve je više zagovornika startnog đubrenja, deponovanjem kompleksnih đubriva zajedno sa setvom. S obzirom da mlada biljka ima visoke zahteve za fosforom, ali je relativno usvajanje malo, moglo bi se na taj način uneti 12-15 kg/ha NPK đubriva, ali nikako više iz razloga zbog kojih se preporučuje i unošenje azota u jesen pod osnovnu obradu. Prihranu azotnim đubrivima treba izbegavati jer dovode do produženja vegetacije i veće vlage zrna u berbi. Utvrđivanje predsetvene količine azota za kukuruz je najbolje uraditi na bazi N-min metode.

Primer za đubrenje kukuruza na bazi analize zemljišta

Sadržaj lakopristupačnog P_2O_5 u zemljištu je 22,8 mg, a kalijuma 21,1 mg, dok je zemljište dobro obezbeđeno azotom 0,2%. Planirani prinos kukuruza je 9 t/ha suvog zrna. Kukuruzovina se zaorava.

Sa prinosom od 9 t zrna i odovarajućom masom kukuruzovine iz zemljišta će biti izneto:
azota: $9 \times 25 = 175$ kg - 55 kg (30% se vraća se kukuruzovinom) = 120 kg
fosfora $9 \times 12 = 108$ kg - 27 kg (25% se vraća kukuruzovinom) = 81 kg
kalijuma $9 \times 22 = 198$ kg - 139 (70% se vraća kukuruzovinom) = 59 kg

Pošto je zemljište optimalno obezbeđeno fosforom (22,8 mg) potrebno je uneti fosfora onoliko koliko se odnese zrnom, **81 kg P_2O_5** .

Sadržaj kalijuma u zemljištu je optimalan (21,1 mg) pa je potrebno uneti 50-60% od planiranog odnošenja, $59 \times 0,6 = 35$ kg K_2O .

Pošto je zemljište dobro obezbeđeno azotom, potrebe kukuruza iznosiće $9 \times 25 = 225$ kg/ha

U jesen je potrebno uneti:

1/3 N od 225 kg, odnosno 75 kg
100 % P_2O_5 , odnosno 81 kg
100 % K_2O , odnosno 35 kg

Pošto je najmanje potrebno kalijuma, količina od 35 kg kalijuma se deli sa sadržajem kalijuma u đubrивu. Ako koristimo NPK 15:15:15, onda je $35/0,15 = 233$ kg/ha. Toliko je potrebno NPK 15:15:15 da zadovoljimo potrebe za kalijumom.

Kako smo ovim đubrivom uneli i deo azota i fosfora, računamo koliko je potrebno još uneti fosfora i azota nekim drugim đubrivom:

N 75 - 35 = **40** kg

P_2O_5 81 -35 = **46** kg

Preostali fosfor (46 kg) ćemo uneti mineralnim đubrivotom MAP 12:52:

$46/0,52 = 89$ kg MAP, sa kojim smo uneli još i $89 \times 0,12 = 10,7$ kg N

Potrebno je uneti još **40** - 10,7 = 29,3 kg N/ha

$29,3/0,46$ (0,46 je sadržaj azota u min. đubrivotu urea)= 63 kg uree

Dakle potrebno je uneti: 233 kg/ha NPK, 89 kg/ha MAP-a i 63 kg uree.

Mogli smo za osnovno đubrenje koristiti i NPK 8:24:16 u količini od 300 kg/ha, ali bi tada uneli 13 kg kalijuma više, a 9 kg fosfora manje. Uz dodatak od 111 kg uree uneta bi bila planirana količina azota.

Postoji i mogućnost da se osnovno đubrenje izvrši sa $81/0,52 = 155,7$ kg MAP-a i 122 kg uree po ha. Time smo uneli sav fosfor i azot ali nismo uneli kalijum.

Ovim se pojednostavljuje sistem đubrenja, jer pri sadržaju kalijuma od 21,1 mg postoje dovoljne rezerve da se ostvari planirani prinos, ali ih je potrebno nadoknaditi naredne godine pojačanim đubrenjem kalijumom.

Primer predsetvenog đubrenja azotom

Planirano iznošenje azota iznosi 225 kg/ha, a pod osnovnu obradu je uneto 75 kg. Ukoliko se žetveni ostaci redovno zaoravaju, možemo računati da će se mineralizacijom, ukoliko bude dovoljno padavina, oslobođiti još 60-70 kg/ha azota.

Prema tome: $225 - 75 - 70 = 80$ kg toliko je potrebno uneti azota predsetveno
 $80/0,46 = 173$ kg/ha urea ili $80/0,34 = 235$ kg/ha AN

Pored ovoga u zemljištu već postoji određena količina mineralnog azota, ali isto tako i posle žetve postoji određena količina mineralnog azota, tako da se ova količina ne uzima u bilans.

Prema tome osnova za obračun hraniva je analiza zemljišta kojim se dobije i preporuka đubrenja, tako da kada god postoji mogućnost, treba uraditi analizu i obratiti se za savet stručnim službama.

Đubrenje suncokreta

Za formiranje jedne tone prinosa zrna i odgovarajuću vegetativnu masu suncokret iz zemljišta iznese: 45-55 kg N, 20-25 kg P₂O₅ i 70-90 kg K₂O. Zbog manjeg žetvenog indeksa 1:2, sa prinosom od 3 t/ha zrna odnese 80 kg N, 40 kg P₂O₅ i 40 kg K₂O. Suncokret ima dobro razvijen korenov sistem što mu omogućava dobro iskorištavanje hraniva iz zemljišta. Unošenje mineralnih đubriva pod osnovnu obradu je kao i kod kukuruza, 1/3-1/2 N i celokupna količina fosfora i kalijuma. Ukoliko je prethodni usev bio đubren samo MAP-om, prednost u osnovnom đubrenju treba dati formulacijama sa većim sadržajem kalijuma, npr. NPK 8:16:24.

Đubrenje soje

Soja je kultura koja dobro koristi hraniva iz zemljišta i za formiranje 1 t/ha prinosa sa vegetativnom masom usvoji 100 kg N, 23-27 kg P₂O₅ i 50-60 kg K₂O. Sav fosfor i kalijum treba uneti pod osnovnu obradu, na osnovu analize zemljišta. Na zemljištima optimalne plodnosti pod osnovnu obradu treba uneti 200-300 kg/ha NPK 15:15:15 ili NPK 8:24:16, a predsetveno 40-50 kg azota. Unos veće količine azota utiče na odumiranje krvžica u kojima se nalaze simbiotske bakterije azotofiksatori. Inokulacija semena nitraginom je obavezna mera pred setvu jer se tako obezbeđuje fiksacija atmosferskog azota.

Đubrenje lucerke

U uslovima suvog ratarenja lucerka može dati 8-10 t/ha sena, a u uslovima navodnjavanja ili obilnijih padavina i do 16 t/ha sena. Prinosom sena od 10 t/ha lucerka iz zemljišta iznese 130 kg N, 39 kg P₂O₅, 94 kg K₂O i 140 kg CaO. Zbog toga je pred setvu lucerke dobro primeniti 30-40 t/ha stajnjaka i 80-100 kg/ha P₂O₅ i 80-100 kg K₂O, na zemljištima dobre plodnosti. U proleće se lucerka prihranjuje sa oko 30 kg/ha N, pre kretanja vegetacije, a u jesen

posle poslednjeg otkosa sa 200 kg/ha NPK 9:15:15. Na osnovu analize zemljišta može se dati preciznija preporuka đubrenja.

ĐUBRENJE POVRTARSKIH KULTURA

Povrtarske kulture iznose velike količine hraniva iz zemljišta, pa đubrenju ovih kultura treba posvetiti posebnu pažnju, naročito kod uzgoja u zaštićenom prostoru.

Zajednička karakteristika svih povrtarskih kultura je slabije razvijen korenov sistem koji se uglavnom razvija u površinskom sloju, tako da se povrtarske kulture prihranjuju 2-3 puta, a neke i češće. Sve povrtarske kulture imaju izražene zahteve za kalijumom. U tabeli 8. prikazan je nivo obezbeđenosti zemljišta kalijumom u zaštićenom prostoru (Pavlek, 1975, citat Ubavić et al. 2002).

Tabela 8.

Nivo snabdevenosti zemljišta	Lakša zemljišta mg K ₂ O/100g	Teža zemljišta mg K ₂ O/100g
Nizak	40	<50
Srednji	40-60	50-70
Visok	60-100	70-120
Vrlo visok	>100	>120

Za đubrenje zemljišta u povrtarskoj proizvodnji poželjno je koristiti organska đubriva. Najveći značaj ima stajnjak, i potrebno je koristiti poluzgoreli i zgoreli stajnjak. Poluzgoreli stajnjak se može koristiti za osnovno đubrenje u jesen pod kulture koje se sade u proleće. Ukoliko se stajnjak unesi neposredno pre setve ili sadnje treba koristiti dobro zgoreli stajnjak. Prilikom obračuna đubriva treba uzeti u obzir i sadržaj hraniva iz stajnjaka. U tabeli 9. prikazan je sadržaj hraniva u organskim đubrivima.

Tabela 9.

Svež stajnjak (10 t)			
Vrsta	N kg	P ₂ O ₅ kg	K ₂ O kg
Govedi	30-40	16-28	40-50
Svinjski	45-60	20	60
Zgoreli stajnjak (10 t)			
Govedi	60-70	25-35	50-75
Svinjski	50-65	15-25	50-65
Osoka			
Goveda	20	-	80
Svinjska	20	-	80

Nitrati i nitriti u povrću

Biljkama je azot neophodan uglavnom za izgradnju proteina (prosečni sadržaj azota u proteinima povrća iznosi 6,25%). Postoji međutim i veliki broj drugih jedinjenja koja sadrže azot, kao npr. hlorofil, genetski materijal i veliki broj jedinjenja koji obezbeđuju raznovrsnost ukusa, boja i mirisa povrća.

Azot se od strane biljaka usvaja korenom uglavnom u vidu nitratnog jona, i manjim delom u vidu amonijačnog jona. Usvojeni nitrati se u biljnom organizmu u toku procesa metabolizma transformišu u druga jedinjenja. U procesu metabolizma učestvuje veliki broj enzima koji redukuju nitrare do amida, aminokiselina i na kraju do velikih molekula proteina. Od čega zavisi sadržaj nitrata u biljci ?

Na sadržaj nitrata u biljkama utiče zajedničko delovanje velikog broja činilaca. Dubrenje većim količinama azota utiče na povećanje sadržaja nitrata u biljkama. Pri tome biljke ne razlikuju da li nitratni azot potiče iz mineralnih đubriva, ili je on nastao mineralizacijom organske materije. Prema tome povišen sadržaj nitrata u povrću može biti i rezultat jačeg dubrenja organskim đubrивima.

Nedostatak svetlosti i niže temperature utiču na smanjeni intenzitet metabolizma i prometa nitrata, tako da dolazi do njegove akumulacije u biljkama. Biljka usvaja nitrare i tokom noći, ali zbog nedostatka fotosinteze dolazi do njegovog nagomilavanja tako da je u jutarnjim satima njegov sadržaj u biljkama najveći. Ovaj višak nitrata se razgradi do podneva. Pri oblačnom vremenu i niskom intenzitetu svetlosti, ovaj višak nitrata se zadržava u biljkama, a pri pojačanoj transpiraciji može čak i da se poveća. Što manje svetlosti biljka ima na raspolaganju, veće je nagomilavanje nitrata.

Sadržaj nitrata zavisi i od faze razvoja biljke. Tokom vegetativnog rasta mnogo je intenzivnije usvajanje nitrata nego u fiziološkoj zrelosti. Dakle povrće koje se bere pre njegove fiziološke zrelosti (npr. zelena salata, spanać) sadrži uvek više nitrata.

U tabeli 10. prikazan je sadržaj nitrata u pojedinom povrću (prema Venteru).

Tabela 10.

Povrće	Sadržaj nitrata u mg/kg
Salata	380 - 3520
Kineski kupus	430 - 3520
Spanać	345 - 3890
Krompir	90 - 800
Celer	160 -350
Keleraba	200- 1700
Paradajz	10 -100
Paprika	80 - 180
Krastavci	20 - 300

Sadržaj nitrata u povrću je sortna karakteristika, što ima velikog značaja u selekciji i oplemenjivanju. Naročito kod glavičastih salata pravilnim odabiranjem dobijene su sorte sa redukovanim sadržajem nitrata.

Nitrati čovek u organizam unosi prvenstveno povrćem (oko 70%), preko piće vode (oko 20%) i putem mesa i mesnih prerađevina (oko 6%). Najveći deo nitrata se izlučuje putem bubrega, a jedan deo završava preko pljuvačnih žlezda u pljuvački gde se može pretvoriti u nitrite. Nitrat je za odraslu osobu bezopasna supstanca i nije štetan po zdravlje.

Nitriti su produkt metabolizma nitrata i smatraju se štetnim po zdravlje. Oni nastaju npr. starenjem povrća kao rezultat aktivnosti određenih bakterija. Podgrevanjem nekih variva takođe može da se poveća koncentracija nitrita u njima. U ustima i želucu ljudi nitrati se redukuju do nitrita. Nitriti u kiseloj sredini želuca reaguju sa produktima razlaganja proteina i nastaju nitrozamini koji se smatraju kancerogenim jer deluju na inicijaciju tumora.

Sveže povrće uglavnom ne sadrži nitrite!

Iako su ljudi koji jedu dosta povrća izloženi unosu velike količine nitrata, rizik po zdravlje je veoma mali. To potvrđuje nutritivna studija londonske Škole za higijenu i tropsku medicinu,

koja pokazuje da je rizik od raka kod vegetarijanaca veoma mali. To se tumači time što se sa unosom nitrata konzumiranjem povrća, istovremeno unose i druge materije kojima povrće obiluje, kao što su vitamin C (askorbinska kiselina), vitamin E (tokoferol) i betakaroten, koji sprečavaju stvaranje nitrozamina. Isto tako azotna jedinjenja pojačavaju antibakterijsko delovanje želučane kiseline, čime se pojačava odbrana od patogenih bakterija izazivača bolesti, kao npr. salmonele.

Granične vrednosti za unos nitrata i nitrita u organizam ljudi

Svetska zdravstvena organizacija je donela tzv ADI (acceptable daily intake) vrednosti – prihvatljiv dnevni unos nitrata i nitrita, koji ne uzrokuje štetne posledice po ljudsko zdravlje: natrijumnitrat: 5 mg/kg telesne težine (odgovara vrednosti 3,65 mg NO₃)

natrijumnitrit: 0,2 mg/kg telesne težine (odgovara vrednosti 0,14 mg NO₂).

Osoba telesne težine 70 kg može prema tome ishranom u organizam dnevno uneti 51 mg nitrata i 9,8 mg nitrita bez bojazni za štetne posledice po zdravlje.

Potrebe povrća za hranivima

U uslovima intenzivne proizvodnje, kada se ostvaruju vrlo visoki prinosi, povrće zahteva i velike količine mineralnih hraniva. U tabeli 11. prikazane su potrebe povrtarskih kultura (Becker, Dillingen).

Tabela 11.

Kultura	Potreba hraniva u kg/ha			
	Prinos t/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Paradajz	40	110	25	150
Paprika	20	270	50	282
Kupus	70	250	90	350
Luk	30	80	40	100
Krastavac	30	50	40	80
Mrkva	30	95	40	150
Salata	25	55	25	110
Karfiol	50	200	80	250
Cvekla	50	130	45	260
Plavi patlidžan	40	103	24	148
Celer	20	120	50	200
Peršun	10	24	23	76
Spanać	20	100	35	80
Kelj	35	250	85	250
Rotkvica	10	50	18	51

Prilikom obračuna hraniva za potrebe đubrenja povrtarskih kultura treba uzeti u obzir i hraniva iz organskih đubriva. U tabeli 12. prikazan je koeficijent iskorištavanja hraniva iz stajnjaka po godinama.

Tabela 12.

Tip zemljišta	Godina primene stajnjaka i % iskorištavanja hraniva			
	I	II	III	IV
	%	%	%	%
Lako	60	30	10	-
Srednje	50	35	10	5
Teško	40	30	20	10

Kada je u pitanju đubrenje povrća azotom, treba imati na umu da se povrće proizvodi uglavnom u uslovima navodnjavanja, i da nema razvijen koren kao ratarske kulture, tako da se redje primenjuje u osnovnom đubrenju i najveće količine azota se unose startno pre setve i rasađivanja, i u nekoliko prihrana. Ovo se čini iz razloga što je nitratni jon vrlo pokretljiv u zemljištu, kako bi se izbegli njegovi gubici ispiranjem. Isto tako treba voditi računa o vremenu unosa, količini i vremenu berbe povrća kako bi se izbeglo nagomilavanje štetnih nitrita.

Prema analizama zemljišta iz zaštićenog prostora koje su rađene u poslednjih desetak godina, sadržaj fosfora je uglavnom štetan, $>100 \text{ mg}/100\text{g}$ zemljišta, tako da treba voditi računa da ne dođe do njegovog prekomernog unosa, jer višak fosfora utiče na slabije usvajanje mikroelemenata (gvožđe). U slučaju njegovog visokog sadržaja, preko $40 \text{ mg}/100\text{g}$, treba izostaviti njegovo unošenje. Na dobro obezbeđenim zemljištima treba unositi samo onoliko fosfora koliko se iznosi prinosom.

Kalijum je vrlo značajan u ishrani povrća i njegovo iznošenje iz zemljišta je vrlo značajno. U tabeli 13. je prikazano unošenje kalijuma u zavisnosti od njegovog sadržaja u zemljištu.

Tabela 13.

Procenat unošenja kalijuma od iznetog u zavisnosti od obezbeđenosti zemljišta			
$> 20 \text{ mg}/100 \text{ g}$	$15-20 \text{ mg}/100 \text{ g}$	$10-15 \text{ mg}/100 \text{ g}$	$5-10 \text{ mg}/100 \text{ g}$
60%	80%	100%	125%

Primer đubrenja

Planirana je proizvodnja kupusa od 70 t/ha, sadržaj lakopristupačnog P_2O_5 u zemljištu je 26 mg, a lakopristupačnog K_2O 22 mg. Pod osnovnu obradu se unosi 30 t/ha zgorelog govedeg stajnjaka. Tip zemljišta: srednje (ilovasto).

Potrebe kupusa za 70 t/ha prinosa iznose:

N	P_2O_5	K_2O
250	90	350

Stajnjakom se u zemljište unosi:

$$3 \times 60 \text{ kg N} = 180 \text{ kg} \text{ a u prvoj godini će se iskoristiti } 50\%, \text{ odnosno } 90 \text{ kg}$$

$$3 \times 30 \text{ kg } \text{P}_2\text{O}_5 = 90 \text{ kg}, \text{ a u prvoj godini se iskoristi } 50\%, \text{ odnosno } 45 \text{ kg}$$

$$3 \times 60 \text{ kg } \text{K}_2\text{O} = 180 \text{ kg} \text{ a u prvoj godini će se iskoristiti } 50\%, \text{ odnosno } 90 \text{ kg}$$

Mineralnim đubrivima potrebno je uneti:

$$\text{N } 250 - 90 = 160 \text{ kg} \quad \text{P}_2\text{O}_5 90 - 45 = 45 \text{ kg} \quad \text{K}_2\text{O } 210 \text{ kg } (60\% \text{ od } 350 \text{ kg}) - 90 = 120 \text{ kg}$$

S obzirom da će se mineralizacijom žetvenih ostataka mineralizovati još 30-50 kg azota, potrebnu količinu azota iz mineralnih đubriva možemo dodatno umanjiti za 40 kg, odnosno mineralnim đubrivima je potrebno uneti 120 kg azota.

Prema tome pod osnovnu obradu treba uneti 400-450 kg NPK 7:12:25. Pre rasadijanja se unosi oko 100 kg/ha amonijumnitrata i potrebno je obaviti još dve prihrane sa po 80 kg/ha amonijumnitrata.

Kod uzgoja u zaštićenom prostoru najčešće se povrće zaliva sistemom kap po kap i za svaku kulturu se izrađuje sistem đubrenja. U tabeli 14. prikazano je đubrenje kalijumom sistemom kap po kap.

Tabela 14. Potrebe plodovitog povrća u kalijumu pri proizvodnji u sistemu kap po kap (Kafkafi i Tarchitzky, 2011.)

Kultura	vreme rasta izraženo u %					Ukupno usvajanje g/biljci	Broj biljaka po ha	Usvajanje kg K ₂ O kg/ha	Očekivani prinost t/ha
	0-20	20-40	40-60	60-80	80-100				
	usvajanje* g/biljci								
Paradajz	0,7 (25)	0,8 (30)	3,5 (128)	7,0 (256)	4,5 (165)	16,5 (121)	20.000	330	100
	0,5 (25)	2,0 (100)	1,4 (70)	1,4 (70)	0,4 (20)	5,7 (77)			
Paprika	0,4 (20)	1,2 (60)	4,0 (190)	4,4 (220)	2,0 (100)	12,0 (120)	50.000	285	55
	0,4 (20)	1,2 (60)	4,0 (190)	4,4 (220)	2,0 (100)	12,0 (120)			
Dinja							25.000	300	50

* Brojevi u zagradama su dnevne količine K (mg K₂O po biljci dnevno) koje treba da se dodaju fertigacijom preko sistema kap po kap. U ove količine uključeno je 10% više kalijuma neophodnog za usvajanje i potrošnju od strane korena kod plodovitog povrća.

Najbolji efekti u proizvodnji kupusa i karfiola postižu se doziranjem kalijumovih vodotopivih đubriva preko sistema kap po kap. Fertigacijom se dodaje polovina od ukupno planirane količine aktivne materije, a druga polovina se primenjuje pod osnovnu obradu iz organskih i mineralnih đubriva (najčešće iz kompleksnih đubriva sa naglaskom na kalijumu i granulisanom kalijum-sulfatu). Predviđena količina vodotopivih đubriva za fertigaciju sa naglaskom na kalijumu iz vodotopivih kompleksnih đubriva sa 20-30% K₂O, kalijum-nitrata ili kalijum-sulfata se deli u minimum pet (kod ranih), osam (kod srednje ranih sorti) do 10 prihrana (kod kasnih hibrida), s tim da se kalijum-nitrat primenjuje u fazi ukorenjavanja do početka zavijanja glavice, a kalijum-sulfat se primenjuje u drugom delu vegetacije.

LITERATURA

1. Rudolf Kastori, Fiziologija Biljaka I (1986), Poljoprivredni Fakultet – Institut za ratarstvo i povtarstvo
2. Rudolf Kastori, Žarko Ilin, Ivana Maksimović, Marina Putnik Delić, Kalijum u ishrani biljaka – Kalijum i povrće (2013), Poljoprivredni Fakultet, Univerzitet u Novom Sadu
3. Maja Manojlović, Darinka Bogdanović, Sanja Lazić, Ljiljana Nešić, Plodnost i opterećenost zemljišta u pograničnom području (2014)

http://www.agroekologija.eu/agri-conto-cleen/wp_content/uploads/2014/02/01_Plodnost_i_opterecenost_zemljista_u_pogranicnom_podrucju.pdf

4. Irena Jug, Elementi biljne ishrane

<http://ishranabilja.com.hr/literatura/tloznanstvo/Elementi.pdf>

5. Vladimir Vukadinović, Plodnost-prodiktivnost tla

http://ishranabilja.com.hr/literatura/ishrana_bilja/Plodnost_tla.pdf

6. Vladimir Vukadinović, Gnojidbene preporuke

<http://www.nss.com.hr/documents/gnojidba/Gnojidbene%20preporuke.pdf>

7. Aktuelni savetnik, Godina 3, Broj 6, PSS Senta, Jun 2014.

http://www.polj.savetodavstvo.vojvodina.gov.rs/sites/default/files/AS%20PSS%20Senta_1.pdf

8. Uputstvo za uzorkovanje zemljišta

http://www.nsseme.com/products/inc/lab/Uputstvo_uzorkovanje_zemljista.pdf

9. Dokumentovana metoda broj 1 za uzimanje uzoraka zemljišta za potrebe agrohemiske analize (2007), Laboratorija za ispitivanje, PSS Subotica AD

10. R. Kastori, M. Ubavić, N. Petrović, A. Pejić, Đubrenje ratarskih i povrtarskih biljaka (1991) Poljoprivredni Fakultet, Novi Sad, PHI „Zorka” Subotica