

PLODNOST (PRODUKTIVNOST) TLA

Tlo je vrlo složen sustav građen iz krute, tekuće, plinovite i žive faze. Nprestanto se mijenja u prirodnim ciklusima održavajući povoljnu strukturu i oslobadajući hranjive elemente neophodne za život biljaka i mikroorganizama u tlu. Kruta faza sastavljena je iz mineralnog i organskog dijela, podjednake važnosti za biljke. Mineralnu frakciju tla čine primarni minerali (~80% krute faze tla), slabo podložni raspadanju i zanemarljive sposobnosti zadržavanja hraniva i vode oko korijena te sekundarni ili glineni minerali (~20%) koji zajedno sa humusom (~2%) čine organomineralni kompleks, aktivni i najvažniji dio tla. Električni naboj česticama gline omogućuje zadržavanje hraniva i vode, ali i međusobno povezivanje uz tvorbu prostornih struktura (agregata) izuzetno velike adsorpcijske površine (1 m² površine tla s 20% gline do dubine od 20 cm ima površinu >25 km²) i značaja za plodnost tla. Električno polje koloidnih čestica tla omogućuje vezivanje drugih nabijenih čestica (iona i molekula) pa one sprečavaju ispiranje hraniva iz zone korijenskog sustava i zadržavaju vodu neophodnu biljkama i mikroorganizmima.

Nastanak gline je izrazito spor proces (~10 kg gline/ha/god.) pa mjezini gubici (npr. erozijom) mogu biti znatno viši. Omjer pojedinih frakcija tla kreće se u određenim granicama u kojima tlo predstavlja povoljan supstrat biljne ishrane. Taj gornji, rastresiti dio Zemljine kore, koji je nastao raspadanjem litosfere pod utjecajem klimatskih činitelja i djelovanjem živih organizama, transformiran je u prirodno biljno stanište, supstrat iz koga biljke korijenovim sustavom usvajaju vodu, kisik i sve neophodne mineralne tvari za svoj rast i razvitak.

Plodnost (produktivnost) označava sposobnost tla da biljkama osigura hraniva i vodu. Plodna tla su neutralne (ili blizu neutralne) reakcije, bogata hranivima koje biljke mogu usvojiti, dobrih fizikalno-kemijskih svojstava i ne sadrže štetne tvari. Otuda plodnost tla ovisi o tipu tla, teksturi, vodnom i toplotnom režimu, bioraspoloživost hraniva, sadržaju humusa, biogenosti (mikrobiološko svojstvo) i

primjeni agrotehnike (obrada, gnojidba, mogućnost odvodnje viška vode i/ili navodnjavanja i dr.).

1.1. PROCJENA PLODNOSTI (PRODUKTIVNOSTI) TLA

Izraz plodnost tla označava njegovu sposobnost osiguranja potrebne hrane biljkama u dovoljnoj količini i pogodnim omjerima te je efektivna plodnost biljnog staništa vrlo složeno svojstvo tla. Najlakše se može definirati preko količine organske tvari koju biljke mogu sintetizirati na nekom prirodnom ili djelimično uređenom staništu tijekom vegetacijskog razdoblja (dio godine kada je rast biljaka moguć). Sve češće se naglašava da takvi poljoprivredni proizvodni biosustav, pored toga što podržava biljnu i animalnu produkciju, mora održavati ili povećavati kakvoću vode i zraka i potpomagati zdravlje i stanovanje ljudi pa je *zdravlje tla* sinonim za plodnost.

Razumljivo je da količina nastale organske tvari neposredno ovisi o biološkim, klimatskim i zemljišnim činiteljima pa se plodnost tla, iako je to njegovo najvažnije svojstvo, ne može apsolutno utvrditi (kao niti zdravlje čovjeka). Stoga uobičajen sustav klasifikacije pogodnosti tala (*bonitet*) uspijeva samo generalno odrediti plodnost tla, a točnija kvantifikacija pogodnosti podrazumjeva puno širi pristup od samo agronomskog te uporabu ključnih indikatora pogodnosti (atributa) biološko-ekološkog, sociološko-ekonomskog i tehničko-tehnološkog karaktera.

Temeljni problem dobre procjene produktivnosti zemljišta je kako iskazati kakvoću tla uvažavajući i njegove nedostatke. Stoga je ključni atribut potreba biljne vrste (usjeva) i njeni minimalni zahtjevi (svjetlost i toplina, voda, hraniva i dr.), zatim potrebna razina tehnologije koja ne ugrožavaju mogućnost korištenja tla, poseice kad su moguća dodatna ulaganja. Nadalje, i drugi činitelji mogu biti vrlo značajni, npr. visoka tržišna cijena, otkup proizvoda, mogućnost skladištenja i dr.. Stoga kakvoća tla i zahtjevi za njegovim korištenjem moraju biti mjerljivi što nije uvijek lako niti posve točno.

1.2. HRANJIVI ELEMENTI (BILJNA HRANIVA, ILI ELEMENTI BILJNE ISHRANE)

Hranjive tvari (biogeni ili esencijalni elementi) čini tek 17 kemijskih elemenata bez kojih biljke ne mogu opstati, dok se usvajaju znatno veći broj kemijskih elemenata. Budući da biljke ne zahtijevaju jednake količine hranjivih elemenata, uobičajeno je da se dalje dijele na:

- makroelemente (C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg i Fe),
- mikroelemente (B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl i Ni),
- korisne elemente (Co, Na, Si, Al, Se, V, Ti, La, Ce) i
- toksične elemente (Cr, Cd, U, Hg, Pb, As i dr.)

Unutar *makroelemenata* često se izdvajaju grupa *organogenih elemenata* (C, O i H) koji čine >90% žive tvari u koje se ne ubrajaju N, P i S, premda sudjeluju u građi organske tvari, ali u znatno manjim količinama prema ugljiku, kisiku i vodiku, a i biljke ih pretežito usvajaju u mineralnom obliku.

Korisni (beneficijalni) elementi pod optimalnim uvjetima rasta biljaka nemaju fiziološku ulogu, ali utjecaj im je to povoljniji što su uvjeti rasta lošiji. Korisni elementi mogu u nekim slučajevima zamijeniti djelomično neke od neophodnih elemenata (npr. Na i K). Preostali elementi, a biljke ih mogu sadržavati >60, svrstavaju se u *nekorisne* ili pak *toksične*, zavisno od utjecaja na rast i razvitak biljaka.

1.2.1. SIMPTOMI NEDOSTATKA BIOGENIH ELEMENATA

Poznavanja pokretljivosti elemenata u biljkama (u oba smjera) značajno je kod utvrđivanja *deficijencije* elemenata na temelju pojave *simptoma nedostatka* i za njihovo usvajanje listom (*folijarna primjena*). Npr., kod simptoma nedostatka nekog elementa u starijem lišću vjerojatno je došlo do njegovog premještanja u mlađe lišće

ili plodove, a kad se isti simptom primjećuje na mlađem lišću, tada je jasno da se radi o manjku slabo pokretnog elementa.

Simptomi nedostatka biogenih elemenata su *kloroze* (svjetložuto, reverzibilno obojenje lišća) i *nekroze* kada dolazi do izumiranja dijelova ili cijelog lišća. Pored *primarnog simptoma nedostatka* nekog elementa naknadno se mogu pojaviti i *sekundarni simptomi* koji vizualnu dijagnostiku čine nepouzdanom pa je kemijska analiza nezamjenjiva za utvrđivanje pravog uzroka, posebice kod pojave *multiplih simptoma nedostatka ili suviška* elemenata ishrane. Naime, kod oslabljenih biljaka često dolazi do napada bolesti pa se "maskira" osnovni uzrok pojave simptoma.

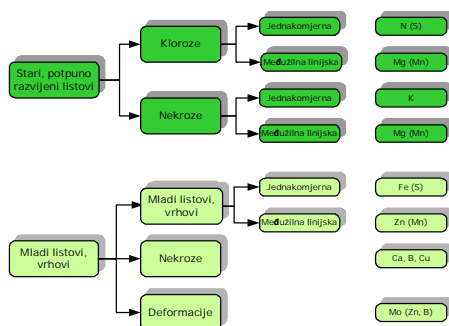
1.3. SVOJSTVA TLA

Osnovna svojstva tla značajna za ishranu i gnojidbu bilja su: dubina, tekstura i struktura, pH reakcija, sadržaj hraniva, sadržaj humusa, sorpcijska moć, vodni režim i sadržaj štetnih tvari.

1.3.1. DUBINA

Poljoprivredna tla moraju imati dovoljnu dubinu *soluma* (tlo iznad matičnog supstrata ili stijene) zbog

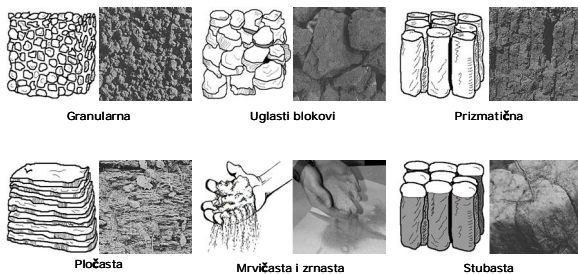
obrade, sjetve, sadnje, gnojidbe, a porastom dubine soluma povećava se korijenska zona i raste zapremina tla iz kojega se biljke opskrbljuju hranivima i vodom. Kod sjetve ili sadnje korijen se nalazi na nekoj početnoj dubini (<10 cm) pa punu dubinu korijena biljke dostižu sredinom vegetacije (~70% od najveće dubine). Za poljoprivrednu proizvodnju važnija je *efektivna dubina tla* u kojoj korijen nalazi vodu, kisik i neophodna hraniva uz pomoć korisnih mikroorganizama (*rizoflora*). Raspored i količina biljnih hraniva u tlu mijenja se tijekom vegetacije ovisno o zemljišnim, klimatskim i biljnim činiteljima.



Slika 1. Shema vizualne dijagnostike simptoma nedostatka biogenih elemenata

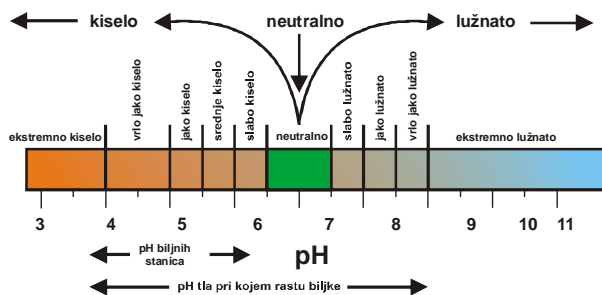
1.3.2. TEKSTURA I STRUKTURA TLA

Krutu fazu tla čine međusobno povezane čestice primarnih i sekundarnih minerala različite veličine, pri čemu su između pore ispunjene vodom i zrakom. Pod *teksturom* se podrazumijeva učešće pojedinih čestica u građi krute faze tla ovisno o njihovoj



Slika 2. Izgled strukturnih makroagregata

veličini. *Struktura tla* je pak međusobni prostorni raspored čestica. Ta dva svojstva tla su međusobno čvrsto povezana i predstavljaju vrlo značajan indikator plodnosti tla. Povoljna struktura i tekstura tla znače dobre uvjete za rast korijena, dobru poroznost, odnosno dobru vododrživost i prozračnost tla. Stoga se ta dva svojstva tla s pravom smatraju mjerom dobre procjene potencijalne plodnosti nekog tla.



Slika 3. Raspon pH vrijednosti svih tala

tvari tla nastaju tkzv. *strukturni mikroagregati* koji se udužuju u *makroagregate*. Tla kod kojih je agregacija mehaničkih elemenata slabo izražena su *nestrukturalna* i u tu grupu ulazi većina pjeskovitih tala, ali i neka teška glinovita. *Strukturalna tla* imaju *zrnaste* (danas vrlo rijetko), *mrvičaste* ili *sitnogrudaste* strukturne agregate (sl. 1.).

Veličina čestica tla određuje se *teksturnom* ili *mehaničkom analizom* na temelju koje se ve čestice tla svrstavaju u tri klase: pijesak (0.02-2.00 mm), prah (0.002-0.02 mm) i glina (<0.002 mm). Povezivanjem pojedinih čestica uz pomoć organske

Stabilnost agregata važno je svojstvo tla, a određena je kvalitetom organske tvari koja povezuje mehaničke čestice tla.

Kod nestrukturnih, jako zbijenih ili tala zasićenih vodom nedostaje kisik potreban za disanje korijena (*anoksija*) i razlaganje organske tvari tla, odnosno mikrobiološku aktivnost. *Anoksija* se događa kada je zraka manje od 10% zapremine tla, a izražena kada je zraka <4%. Lagani deficit kisika često se zapaža u korijenu, a kod stvarnog nedostatka prekida se disanje i zaustavlja usvajanje hraniva pa korijen ubrzo odumire.

1.3.3. SORPCIJA IONA U TLU

Procesi vezivanja hraniva u tlu u pristupačnom obliku (*sorpcija*) za razliku od čvrstog vezivanja iona (*kemijska, biološka i fizička fiksacija*) posve su različite naravi. Električna nabijenost koloidnih čestica zadržava pozitivno nabijene ione (*katione*) (uglavnom unutarnjim površinama) pa takva hraniva nisu čvrsto vezana, lako se desorbiraju, zamjenjuju drugima, odnosno zadržavaju oko korijena u lako usvajivom obliku. Negativno nabijeni ioni (*anioni*) ne mogu se tako sorbirati pa se vežu kemijski (i fizički, ali vrlo kompleksno) ili se lako ispiru kao što je to slučaj s nitratnim oblikom dušika ili klorom.

Tla s većim sadržajem humusa i gline redovito imaju veći kapacitet sorpcije (KIK) prema lakšim i malo humoznim tlima. Kapacitet sorpcije se može procijeniti empirijski i za poljoprivredna tla iznosi $\sim KIK = 0,6 \times \text{glina \%} + 2,0 \times \text{humusa \%}$.

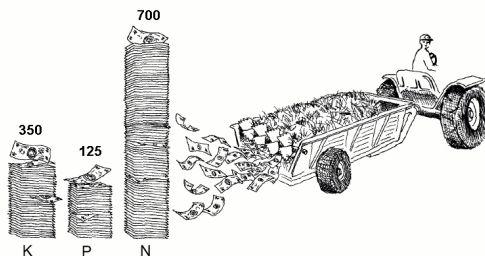
1.3.4. PH TLA

pH je mjerilo vrlo važnog svojstva kojim se izražava stupanj kiselosti ili lužnatosti tla. Vremenom, a obradom tla ubrzavaju se promjene sadržaja elemenata u tlu, posebice lužnatih, pa *ispiranje baza* (najčešće Ca) izaziva promjenu tla prvo u kemijskom i u fizikalnom pogledu. Do ispiranje baza i zakišeljavanja tla započinje kada je količina padalina veća od 630 mm godišnje, što u Hrvatskoj odgovara

prostoru zapadno od Osijeka. Zakišeljavanje tla može izazvati i *industrijska polucija*, posebice *kisele kiše* u širem području velikih energetske postrojenja.

Procesom zakišeljavanja nastaje niz problema jer se u kiselim tlima glina iz oraničnog sloja premješta dublje gdje njeno nakupljanje pogoduje nastanku vodonepropusne zone. To pogoduje daljnjem zakišeljavanju i pojavu

lakopokretljivih iona vodika, aluminijskih i željeznih koji su većim količinama otrovni za biljke, blokirano je usvajanje fosfora, smanjena je razgradnja organske tvari, pada sorptivna moć tla, većina mikroelemenata se ubrzano ispire dok raspoloživost drugih pada.



Slika 4. Godišnja vrijednost stajnjaka

Značaj pH reakcije tla za život biljaka je izuzetan pa se ona obvezatno utvrđuje agrokemijskom analizom jer nizak pH korespondira s lošom strukturom i slabim proizvodnim svojstvima tla.

1.3.5. ORGANSKA TVAR TLA (HUMUS)

Organsku tvar tla (*humus*) čine ostaci živih organizama koji su više ili manje razloženi i iznova ugrađeni u organske spojeve tla, ali sada posve različitih u odnosu na živu tvar. Krupnije čestice, koje su nepotpuno razložene, predstavljaju inertnu organsku rezervu tla, dok su koloidne čestice (vrlo velike unutrašnje površine) iznimno aktivne i označene kao humus. Biogeni elementi u žetvenim ostacima, stajnjaku ili humusu, nakon razgradnje (*mineralizacija*) uz pomoć mikroorganizama, prelaze u mineralne oblike koje biljke mogu usvajati.

U tlima pod prirodnim biljnim zajednicama (*biocenozama*) intenzitet nastanka i razgradnje organske tvari je uravnotežen uz stabilan sadržaj humusa. Obradom tla neizbježno se ubrzavaju procesi razgradnje humusa te otuda sklonost svih

poljoprivrednih tala smanjivanju sadržaja organske tvari. Brzina kojom pada sadržaj organske tvari ovisan je o sustavu gospodarenja i korištenja nekog tla pa se svaka agrotehnička mjera mora pažljivo razmotriti obzirom na bilancu organske tvari tla. Ipak, pad humusa prilično je spor proces kod uobičajenog korištenja tla.

Tehnički problem zaoravanja velike količine žetvenih ostataka u poljoprivrednoj praksi izaziva dosta dvojbi. Naime, mineralizacija velikih količina žetvenih ostataka zahtjeva dodatnu N-gnojidbu (sprečavanje tzv. "*dušičnog manjka*"), dok su oni kao izvor hraniva od slabijeg interesa jer sadrže puno celuloze, a malo N, P, K i ostalih biogenih elemenata. Znanstveni pristup, potaknut svjetskom energetsom krizom, smatra žetvene ostatke vrijednim proizvodom jer sadrže veliku količinu energije (neophodnu za mikroorganizme) koju treba iskoristiti na parceli zaoravanjem, a ne osloboditi. Hranjive tvari u žetvenim ostacima nalaze se na mjestu primjene (nije potreban transport), a imaju istu hranidbenu vrijednost kao stajnjak.

Žetveni se ostaci na tlima dobre biogenosti brzo razlažu, utječu na povećanje mikrobiološke populacije i mezofaune, dok primjena manjih količina dušika za podešavanje povoljnog C/N omjera ne predstavlja posebnu poteškoću. Jedan dio djelomično razložene svježe organske tvari uz pomoć mikroorganizama iznova gradi humus (~20-30%) i taj proces se naziva *humifikacija*.

Humus poboljšava vodozračni režim i toplotna svojstva tla jer tlo s više humusa je tamnije boje i brže se zagrijava. Nezamjenjiva je uloga humusa u nastanku mrvičaste strukture koja poboljšava prozračnost i drenažu tla, strukturna tla vežu više vode, manje su podložna eroziji i znatno se lakše obrađuju. Također, humus lako gradi kompleksne spojeve s kovinama, naročito mikroelementima (*kelati*) koji se u tom obliku ne ispiru iz tla, a biljke ih lako usvajaju. Značajna je uloga humusa u povećanju efikasnosti fosforne gnojidbe i raspoloživosti mikroelemenata na kiselim tlima (*humat efekt*) pa je humus naročito važan u opskrbi biljaka fosforom, kalcijem i željezom te kao izvor dijela P, S, K, Fe i drugih biogenih elemenata.

1.3.6. VODA U TLU

Voda je "medij života" i dobra opskrbljenost vodom svih živih bića je izuzetno važna. Biljke najveći dio vode uzimaju korjenom iz tla, premda je mogu usvajati listom i svim drugim organima. Količina vode u tlu zavisi najviše od teksture i sadržaja organskih tvari u njemu. Zahvaljujući većoj površini čestica i mnoštvu kapilarnih pora tla fine teksture (i dobre strukture) zadržavaju više vode u odnosu na tla grube teksture.

Voda se u tlu nalazi vezana različitim silama koje korijen mora savladati pa se voda u tlu dijeli na dvije klase: *pristupačna* i *nepristupačna*. Sile koje vodu drže uz čestice tla su *tenzija vlažnosti* (površinske, hidrostatičke i gravitacijske sile), a s druge strane značajan je *osmotski tlak vodene faze tla* jer su u njoj otopljene tvari koje vežu vodu. Visok osmotski tlak, posebno na slanim tlima ili kod unošenja velike količine mineralnih gnojiva u suho tlo (tkzv. *solni udar*) može onemogućiti usvajanje vode.

Raspoloživost vode najtočnije se utvrđuje *metodom uvenuća biljaka*, a ne mjerenjem vlage u tlu. Naime, u trenutku početka venjenja pa do točke *trajnog uvenuća* (smrti biljaka), tlo sadrži vodu koju biljke mogu s naporom koristiti, a nakon toga se ne mogu više povratiti u život niti dodavanjem vode.

1.3.7. ŠTETNE TVARI U TLU

Brz tehnološki napredak i potreba za sve većim količinama hrane uz intenzivnu kemizaciju poljoprivrede uzrok su sve onečišćenijoj životnoj sredini, smanjenju njenih prirodnih mogućnosti regeneracije i njenoj sve bržoj devastaciji.

Intenzivna poljoprivredna proizvodnja podrazumijeva visok stupanj kemizacije, a mineralna gnojiva i pesticidi postupno mijenjaju svojstva tla i preko podzemnih voda djeluje negativno i na širu životnu okolicu. Zbog toga je sve više pristalica „*alternativne poljoprivrede*“ (*organska, biološka, biodinamička, ekološka, prirodna, bioproduktivna, održiva ili obnovljiva*). Zajedničko svim tim načinima

proizvodnje hrane je potpuno isključivanje ili drastično smanjenje primjene kemijskih sredstava za zaštitu, uporabe mineralnih gnojiva, regulatora rasta i aditiva stočnoj ishrani. Inzistira se na pravilnom plodoredu, korištenju biljnih ostataka, organskim gnojivima i zelenoj gnojidbi, uzgoju leguminoza i biološkim metodama zaštite od štetnika s ciljem održavanja i povećavanja efektivne plodnosti tla.

Tlo se onečišćava (*kontaminacija*) i velikim brojem *polutanata* iz vode i zraka (plinovi i aerosoli u blizini velikih gradova, kemijskih, metalnih i energetskih postrojenja). Aeroonečišćenje plinovima (CO₂, SO₂, N₂O) u obliku *kiselih* kiša izaziva oštećenja tla i vegetacije pa se u posljednje vrijeme sve češće spominje kao uzrok odumiranja šuma.

Mineralna, kao i organska gnojiva (posebice gnojovka), primijenjena iznad potrebnih količina, mogu dovesti do narušavanja kemijskih i fizikalnih svojstava tla, onečišćenja podzemnih voda ili lošije kakvoće poljoprivrednih proizvoda. Posebice je opasna predozacija dušičnim gnojivima, jer se lako pokretljivi nitratni dušik u tlu ispire u okolne vodotokove i podzemne vode, a u hrani štetno djeluje na ljude i stoku.

Fosfatna gnojiva uvijek sadrže izvjesnu količinu radioaktivnih elemenata (nizovi ²³⁸U i ⁴⁰K), ali treba naglasiti da je onečišćavanje oranica *radionuklidima* iz gnojiva vrlo spor proces koji ne mijenja fizikalna, niti kemijska svojstva tla. Višak fosfora može izazvati burnu pojavu algi (*eutrofikacija*) i veliku potrebu kisika za razgradnju ogromne organske mase, što dovodi do pomora riba i drugih živih organizama. Opasnosti od eutrofikacije voda najviše pridonose detergentski polifosfatima (67%), industrija (13%), erozija tala (10%), od čega samo 3% otpada na obradiva tla jer je fosfor iz mineralnih gnojiva vrlo slabo pokretan u tlu.

Mikroelementi (Cu, Mo, Zn) i drugi elementi (Cd, Pb, Hg, Cr, Ni, As, Se i dr.) kod visokog sadržaja u tlu, posebice u kiselim tlima, mogu imati vrlo štetne efekte na biljke, domaće životinje i ljude.

Opasni su i ostaci *perzistentnih pesticida* koji dovode do redukcije i uništenja flore i faune tla, blokiraju aktivna mjesta na adsorpcijskom kompleksu tla i umanjuju sposobnost kelatiranja teških metala organskom koloidnom frakcijom tla.

1.4. AGROTEHNIČKE MJERE I PLODNOST TLA

Gnojidba je najvažniji činitelj plodnosti jer utječe na povećanje prinosa s više od 50% u odnosu na sve ostale agrotehničke mjere (obrađa, zaštita i dr.). Gnojidba održava i podiže prirodnu plodnost tla i najviše povećava vrijednost uloženog rada i sredstava u poljoprivrednu proizvodnju. Pri tome gnojidba mora biti primjerena potrebama, uzrastu i stanju usjeva, jer neusvojeni dio hraniva može eskalirati u onečišćenje okoliša, prije svega podzemnih voda.

U održavanju i povećavanju prirodne plodnosti pomažu: pravilna rotacija usjeva, primjena organskih gnojiva i mineralnih gnojiva, odgovarajuća obrada tla i kultivacija, zaoravanje žetvenih ostataka, zelena gnojidba, uzgoj leguminoza, mjere popravke tla (kalcizacija, humizacija, primjena mikroelemenata i dr.) i agrokemijska analiza tla kao temelj profitabilne gnojidbe i regulacije plodnosti tla

Važan indikator plodnosti je struktura tla zbog lakše obrade i kultivacije, bolje infiltracije i zadržavanja oborinske vode (ili navodnjavanjem), sprečavanja zbijanja i održavanja povoljnog vodno-zračnog režima, te tekstura tla koja određuje mehanička svojstva tla.

Također, plodnost tla jako ovisi o agrokemijskim svojstvima tla kao što su povoljna pH reakcija (neutralna, slabo kisela i slabo alkalna), uravnotežen sadržaj humusa (koji se postiže organskom gnojibom i zaoravanjem žetvenih ostataka u količini jednako mineralizaciji org. tvari tla), sadržaj biogenih elemenata, biogenost tla (dekompozicija org. ostataka i org. gnojiva, oslobađanje dušika, fosfora i drugih biogenih elemenata) i dr.

1.5. PREPORUKE GNOJIDBE I POPRAVKI TALA

Gnojidba je agrotehnička mjera koja povećava produktivnost tla i uloženog rada u poljoprivrednoj proizvodnji. Budući u sastav biljaka ulazi čitav niz elemenata koje biljke usvajaju iz tla ili atmosfere, a neki, posebice dušik, fosfor i kalij, potrebni su u velikim količinama, obvezatno se dodaju u tlo gnojidbom. Mnogi elementi vraćaju se prirodnim putem u tlo, ali znatan dio se odnosi žetvom, jedan dio se ispire ili prelazi u nepristupačne oblike za biljke. Ako se tako izgubljeni dio hraniva ne nadoknađuje, tlo siromaši i prinos opada. Iz ukupnih rezervi tla jedan dio hraniva se neprekidno mijenja u oblike povoljne za ishranu bilja, ali se taj proces odvija znatno sporije od gubitaka pa se gnojidba javlja kao najvažniji agrotehničkih zahvat za osiguranje visokih i stabilnih prinosa uz očuvanje efektivne plodnosti tla.

1.6. OPSKRBLJENOST TLA I ZADATAK GNOJIDBE

Ekonomski principi nalažu povećanje doza gnojiva sve dok je rast prinosa rentabilan. Otuda racionalna proizvodnja hrane podrazumijeva količinu gnojiva koja odgovara potrebama biljke, stanju usjeva, plodnosti tla i istovremeno vodi računa o klimatskim uvjetima i mogućem prirodnu, a nikako smanjivanje gnojidbe. U tome kemijske analize tla pomažu

Tablica 1. Opskrbljenost tla hranivima i zadatak gnojidbe

Opskrbljenost	Zadatak gnojidbe
Dobra	Očuvanje sadržaja hraniva na istoj razini. Gnoji se količinom odnesenih elemenata dovoljnom za nadoknadu prirodnom.
Srednja	Podizanje razine opskrbljenosti hranivima. Gnoji se nešto većim količinama od odnošenja prirodnom.
Niska	Podizanje efektivne plodnosti tla. Gnoji se povećanim količinama hraniva zbog osiguranja visokog prinosa i obogaćivanja tla hranivima koja su u nedostatku.

u procjeni količine hraniva koje biljka može usvojiti iz tla, a analize biljne tvari koliko hraniva biljke moraju usvojiti da bi postigle određeni prinos i potrebnu kakvoću. Problem određivanja doze i vremena gnojidbe je vrlo složen, jer potrebna količina hraniva i njihov omjer mijenjaju se ovisno o biljnoj vrsti, kultivaru ili hibridu, stadij razvitka, dinamici hraniva u tlu i velikog broja drugih *biotskih* (biljnih) i *abiotskih* (zemljišnih i klimatskih) činitelja.

Podjela tala u grupe na temelju opskrbljenosti hranivima ima praktičan značaj za utvrđivanje potrebne gnojidbe što je prikazano tablicom (tab. 1.).

Pitanje gnojidbe siromašnih tala visokim dozama, s ciljem postizanja visokih priroda, mora se rješavati za svaki element posebno jer im je ponašanje u tlu i učinkovitost vrlo različita. Djelotvornost gnojidbe iskazuje se kao porast prinosa po jednom kg aktivne tvari u gnojivu (agronomska) ili po kg elementa usvojenog usjevom (fiziološka).

Tablica 2. Prosječan sadržaj biogenih elemenata u usjevu

Usjev	Iznošenje hraniva u kg/t prinosa		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
pšenica ozima	27.5	11.0	17.5
šećerna repa	4.3	1.5	5.0

1.7. OSNOVNE KOMPONENTE PLANA GNOJIDBE JEDNOG GOSPODARSTVA

Utvrdjivanje potrebe za gnojibom i bilanciranje hraniva treba planirati za dulje vremensko razdoblje, odnos ciklus koji odgovara rotaciji usjeva. Takav plan obuhvaća:

- 1) Karta tla s općim podacima (veličina parcele, katastarska čestica, tip tla i dr.)
- 2) Analiza tla kao ključna komponenta za utvrđivanje doze, vremena i načina gnojidbe,
- 3) Plan rotacije usjeva uz procjenu rezidualnih hraniva (žetvenih ostaci, fiksacija N leguminozama i dr.)
- 4) Realna procjena očekivanog prinosa (prosječni prinos u posljednjih 5-7 godina).
- 5) Izvor i oblik hraniva (za organskih gnojiva potrebna je kemijska analiza).
- 6) Osobnosti parcele (navodnjavanje, drenaža, tekstura, struktura, nagib parcele, kanalska mreža i dr.),
- 7) Preporučena doza mora uvažiti tehničko-tehnološke i stručno-znanstvene norme.
- 8) Raspodjela na osnovnu gnojidbu, startnu i prihranu, te oblik hraniva ovisno o dužini vegetacije, potrebe biljaka, temperature, vlažnosti tla i dr.,
- 9) Preporuka načina primjene (omaške, inkorporacija, trake), ovisno o vrsti gnojiva, tehničkim mogućnostima, nagibu tla, oborinama, tipu tla, rotaciji usjeva i dr.,
- 10) Godišnji pregled, ocjena i nadopuna plana (prilagodba stvarnoj situaciji i postignutim rezultatima).

1.7.1. KONVENCIONALNI NAČIN PRORAČUNA GNOJIDBE AL-METODOM

Prema konceptu ciljnog prinosa proračun količine hraniva potreban za dobivanje planiranog prinosa izvodi se na temelju prosječnog sadržaja biogenih elemenata u usjevu, uključujući i pripadajući dio žetvenih (tab. 2.). i efikasnosti gnojidbe pojedinim hranjivim elementom (tab. 3.).

Zbog specifičnosti mineralne ishrane te njihove interakcije s agroekološkim uvjetima, elementarni sastav kultivara ili hibrida znatno varira pa je dobro rabiti

Tablica 3. Korekcija efikasnost gnojiva i opskrbljenost tla

Opskrbljenost tla	Gnojidbom dodati (%)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Niska	100 - 120	150 - 200	125 - 150
Srednja	80 - 100	100 - 150	100 - 125
Dobra	60 - 80	100	100

kemijsku analizu uzgajanih sorti s proizvodnih površina za koje se planira gnojidba.

1.7.2. PRIMJER PRORAČUNA DOZE OSNOVNE GNOJIDBE ZA PŠENICU

Planirani urod pšenice je 6.0 t zrna/ha na lakom, pjeskovitom tlu (vidi tab. 2.):

$$27,5 \times 6 = 165 \text{ kg N/ha}$$

$$11,0 \times 6 = 66 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$$

$$17,5 \times 6 = 105 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$$

Ukupna potrebna količina hraniva ispravlja se faktorom svakog elementa ovisno o njegovoj raspoloživosti (tab. 3):

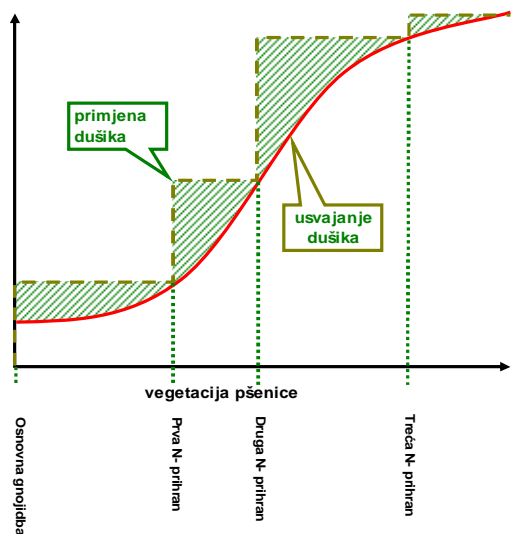
$$\text{N} = 0,90 \text{ srednja} \quad 165,0 \times 0,90 = 151,20 \text{ kg N/ha}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 1,75 \text{ niska} \quad 66,0 \times 1,75 = 115,50 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$$

$$\text{K}_2\text{O} = 1,25 \text{ srednja} \quad 105,0 \times 1,25 = 131,25 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$$

Budući osnovna gnojidba kod pšenice odgovara startnoj gnojidbi osnovnu dozu dušika korigiramo obzirom na teksturu tla (laka 35%, srednja 50% i teška tla 65%), za navedeni primjer treba u jesen pred sjetvu primjeniti $151,20 \times 0,35 = 52,92$ kg dušika/ha. Također, na kiselim tlima treba dodati manje fosfora (10-25%) nego li na neutralnim i lužnatima, a kalija više na težim, glinastim tlima (25-50%). Sav fosfor i kalij treba unjeti u tlo osnovnom gnojidbom, a prihranu pšenice obaviti isključivo čistim, dušičnim gnojivom. Naime pokretljivost P i K je zanemarljiva i njihova

primjena omaške zadržava rast korijena u dubinu što u kasnijim fenofazama može, zbog nemogućnosti usvajanja vode, znatno sniziti prinos i kakvoću zrna.



Slika 5. Važnost raspodjele N po prihranama pšenice

Količina dušika za prihranu najtočnije se utvrđuje N_{\min} metodom koja pokazuje njegovu ukupnu raspoloživu količinu u zoni korijena. Ne zaboravite, stanje usjeva može zavarati jer pšenica može u busanju izgledati izvrsno, a da je do tada već usvojen sav raspoloživi dušik. I obrnuto, pšenica može izgledati loše i pored dovoljno dušika u tlu, ali ga trenutno ne može usvojiti zbog hladnoće ili suviška vode (manjka kisika zbog vode ili ledene pokorice).

1.7.3. PRIMJER N-PRIHRANE PŠENICE NA TEMELJU N_{\min} METODE:

Za prinos zrna od 6.0 t/ha zrna pšenice potrebno je ukupno 165 kg N/ha (6.0 t/ha \times 27,5 kg N/t zrna, a u jesen je primjenjeno tek 52,92 kg N/ha).

N_{\min} metodom je pred prvu N-prihranu (0-60 cm) utvrđeno 90 kg mineralnog N/ha, a pred drugu N-prihranu (60-90 cm) svega 30 kg/ha. Na slijedeći način izračunamo potrebu za prihranom pšenice:

1. prihrana: $(165-90) \times 2/3 = 50,0$ kg N/ha
2. prihrana: $(165-30) \times 1/3 = 45,0$ kg N/ha

Prva prihrana je važna za sve pšenice i u svim slučajevima (treći i četvrti list) jer se u II i III etapi razvoja izdužuje i segmentira budući klas. Ona utječe na boju

usjeva, intenzivniju fotosintezu i na brži rast biljaka u vlatanju, a doza N ne smije biti veća od 55 kg/ha.

Druga prihrana obavlja se u trenutku zametanja klasića (IV etapa razvoja) koja pada u početku vlatanja (~10. travnja). Taj trenutak određuje se isključivo na temelju stanja razvitka usjeva pšenice, odnosno kad se zametak klasa primjetno odvoji od čvora busanja (~2 cm). Doza N može biti veća od 55 kg N/ha jer više ne postoji opasnost od poljejanja.

Treća prihrana u oplodnji ima malo značenje za visinu priroda, ali može utjecati na porast hektolitarske mase i veći sadržaj dušika u zrnu.

1.7.4. PRIMJER PRORAČUNA DOZE OSNOVNE GNOJIDBE ZA ŠEĆERNU REPU

Bioraspoloživa količina hraniva za šećernu repu ima manji značaj od međusobnog odnosa elemenata ishrane pa se njenoj gnojidbi, naročito dušikom poklanja najveća pozornost. S druge strane, ne postoji mogućnost stvaranja dugotrajnijih mineralnih rezervi dušika u tlu pa uz njegovu veliku vremensku i prostornu promjenjivost najsigurnije je pouzdati se u N_{\min} metodu kojom se utvrđuje raspoloživi N neposredno pred sjetvu.

Šećerna repa preferira nitratni oblik dušika koji usvaja brzo, akumulira, a koristi ovisno o intenzitetu razvitka lista i korijena. Šećerna repa će usvojiti jednako dobro i amonijski oblik N, ali njega mora odmah ugraditi u organsku tvar razgrađujući već akumulirani šećer, na štetu prinosa korijena i njegove tehnološke kakvoće. Također, suvišne doze dušika nesrazmjerno povećavaju količinu lišća i glava prema korijenu, što uz neminovan pad sadržaja šećera u korijenu ne opravdava takvu gnojidbu. Omjeru N : K u gnojidbi šećerne repe poklanja se posebna pozornost jer se suvišak dušika i pad tehnološke kakvoće korijena može kompenzirati samo povećanom K-gnojidbom.

Dušik se dijelom primjenjuje u jesen (P i K u cjelosti) i to u amidnom ili amonijskom obliku u količini koja ovisi najviše o teksturnim svojstvima tla, odnosno

riziku od ispiranja, a predstjetveno (ili startno sa sjetvom), jednako kao i u prihrani, isključivo u nitratnom ili amonijsko-nitratnom obliku.

Potrebu za gnojidbom šećerne repe izračunava se na slijedeći način ako je planirani prirod 60 t/ha na srednje teškom tlu (vidi tab. 2.):

$$4,3 \times 60 = 258 \text{ kg N/ha}$$

$$1,5 \times 60 = 90 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$$

$$5,0 \times 60 = 300 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$$

Ukupno potrebna količina NPK ispravlja se faktorom svakog hraniva ovisno o njegovoj raspoloživosti (tab. 3):

$$\text{N} = 0,70 \text{ dobra} \quad 258,0 \times 0,70 = 180,6 \text{ kg N/ha}$$

$$\text{P}_2\text{O}_5 = 1,75 \text{ niska} \quad 90,0 \times 1,75 = 157,5 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{ha}$$

$$\text{K}_2\text{O} = 1,00 \text{ dobra} \quad 300,0 \times 1,00 = 300,0 \text{ kg K}_2\text{O/ha}$$

Dozu dušika u jesen u osnovnoj gnojdbi treba korigirati obzirom na teksturu tla (laka 35%, srednja 50% i teška tla 65%): $180,6 \times 0,50 = 90,3 \text{ kg N/ha}$, kalij povećamo na teškim glinastim tlima, a smanjimo na lakim, pjeskovitim tlima, dok fosfor smanjimo na kiselim, a povećamo na lužnatim tlima, slično kao kod pšenice.

1.7.5. PRORAČUN PROLJETNE N-GNOJIDBE ŠEĆERNE REPE:

Pred sjetvu šećerne repe utvrdimo N_{\min} metodom stvarnu količinu raspoloživog dušika i odredimo dozu i raspodjelu dušika u proljeće. U tu svrhu potrebno je uzeti reprezentativne uzorke tla do dubine od 60 cm (najmanje na dva mjesta s najmanje po tri uboda sondom po jednoj parceli) te preračunati analitičke vrijednosti nitratnog i amonijskog N u kg/ha zrakosuhog tla mineralnog dušika (N_{\min}) te izračunati potrebnu dozu za proljetnu N-gnojdbu šećerne repe:

$$\text{N kg/ha} = (220^* - 1,75) \times N_{\min} \quad (\text{uzeti } 200^* \text{ za laka, a } 240^* \text{ za teška tla})$$

Ako je pronađeno N_{\min} metodom 90 kg N/ha tada treba primjeniti (isključivo nitratno, ili amonijsko nitratno gnojivo):

$$KAN_{\text{kg/ha}} = (220^* - 1,75 \times 90) \times 100/27 = 231,5$$

$$AN_{\text{kg/ha}} = (220^* - 1,75 \times 90) \times 100/33,5 = 186,6$$

Kad je utvrđena potreba N za prihranu manja od 50 kg/ha (10 – 50 N kg/ha) gnojidbu treba obaviti ili samo startno ili ostaviti za prihranu. Ako je potreba 50 - 100 N kg/ha primjenite 50% N predstjetveno, a 50% u startu i/ili prihrani, a kod potrebae prihrane veće od 100 N kg/ha, ~40% dati predstjetveno, ~30% u startu (sa sjetvom) i ~30% u prihrani.