

FILOZOFIJA GNOJIDBE: sve što treba znati o gnojidbi

Vukadinović, Vladimir; Bertić, Blaženka

Authored book / Autorska knjiga

Publication status / Verzija rada: **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

Publication year / Godina izdavanja: **2013**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:356599>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-31**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



Vladimir Vukadinović

Blaženka Bertić

Filozofija gnojidbe

Sve što treba znati o gnojidbi

Dr. sc. Vladimir Vukadinović

Red. prof. Ishrane bilja u trajnom zvanju, Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Dr. sc. Blaženka Bertić

Red. prof. Agrokemije u trajnom zvanju, Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Filozofija gnojidbe

Sva prava pridržana

Recenzenti:

Prof. dr. sc. Zdenko Rengel, akademik HAZU, red. prof. Plodnosti tla,
Ishrane bilja i Fiziologije bilja, Sveučilište zapadne Australije, Perth

Prof. dr. sc. Darinka Bogdanović, red. prof. Agrokemije, Poljoprivredni
fakultet, Novi Sad

Prof. dr. sc. Tomislav Čosić, red. prof. Ishrane bilja, Agronomski fakultet,
Zagreb

Tisak: Studio HS Internet d.o.o., Osijek

Nakladnik: Autorska naklada

Broj primjeraka: 2000

Lektor: Ksenija Budija, prof. hrv. jezika

Grafičko oblikovanje: Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Ilustracije: Igor Rado, grafički dizajner

*CIP zapis dostupan je u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne
knjižnice Osijek pod brojem: 130824098; ISBN 978-953-7871-11-6*

Tiskanje ove knjige financijski su potpomogli:

Petrokemija d.d., tvornica gnojiva, Kutina

Poljorad TIM d.o.o., Daruvar

Viro, Tvornica šećera d.d., Virovitica

Sladorana d.d., Županja

Tvornica šećera Osijek d.o.o., Osijek

Fermopromet d.o.o., Majške Međe

Zora, poljoprivredni obrt, Donji Miholjac

Poljoprivredni centar d.o.o., Veliškovci

Agrigenetics d.o.o., Osijek

Sadržaj

| | |
|--|----------|
| 1. UVOD | 7 |
| 1.1. ZASTO JE POTREBNO GNOJITI? | 13 |
| 1.2. KONCEPT PLODNOSTI TLA | 15 |
| 1.3. DEFINICIJA PLODNOSTI TLA | 17 |
| 1.4. POLJOPRIVREDNA PRODUKTIVNOST I ODRŽIVOST | 19 |
| 1.5. OCJENJIVANJE PLODNOSTI TLA | 22 |
| 1.6. OPSKRBLJENOST TLA I ZADATAK GNOJIDBE | 24 |
| 2. SUVREMENE METODE I KONCEPT ZEMLJIŠTA | 29 |
| 2.1. ANALIZE TLA I BILJAKA | 31 |
| <i>Uzimanje uzoraka tla</i> | 32 |
| <i>Kemijska analiza tla</i> | 33 |
| <i>Kemijska analiza biljne tvari</i> | 39 |
| <i>Vizualna dijagnostika</i> | 40 |
| <i>Vegetacijski pokusi</i> | 41 |
| 2.2. GNOJIBENA PREPORUKA | 43 |
| 2.3. AKTUALNI MODEL KONTROLE PLODNOSTI | 44 |
| 2.4. KONVENCIONALNI PRORAČUN GNOJIDBE AL-METODOM | 51 |
| 2.5. PRORAČUN GNOJIDBE ALR KALKULATOROM | 54 |
| 3. OSNOVNA PRAVILA GNOJIDBE | 69 |
| 3.1. GOSPODARENJE I PRINCIP ODRŽIVOSTI | 69 |
| 3.2. UTJECAJ PLODNOSTI TLA NA EFIKASNOST HRANIVA | 71 |
| 3.3. PLANIRANJE I GOSPODARENJE HRANIVIMA | 72 |
| 3.4. OSNOVNE KOMPONENTE PLANA GOSPODARENJA GNOJIVIMA I BILANCA HRANIVA | 73 |
| 3.5. EKSPERTNA PRAVILA ZA INTERPRETACIJU GNOJIBENE PREPORUKE USJEVA | 80 |
| 3.6. KONVENCIONALNA NASUPROT FOLIJARNE GNOJIDBE <i>Kada je folijarna gnojidba prvi izbor?</i> | 91 93 |
| 4. ZABLUDE I MITOVI O GNOJIDBI | 95 |
| 5. OPĆA LITERATURA | 111 |
| 6. PRILOG | 113 |



P. do 19x 13

„TAJNA JE U PAMETNOM GNOJENJU“

Bilješka o autorima

Vladimir Vukadinović (1948.) u trajnom je zvanju redovitog profesora Ishrane bilja na Poljoprivrednom fakultetu u Osijeku. Cijeli radni vijek proveo je kao istraživač i sveučilišni nastavnik baveći se Ishranom bilja, osobito problemima ishrane dušikom i kalijem, kako usjeva tako i trajnih nasada te proučavajući zemljišne resurse s aspekta produktivnosti tla, gnojidbe i faktora ograničenja proizvodnje. Pojavom informatičke tehnologije svoja istraživanja i rezultate oplemenjuje kompjutorskim modelima, programima i GIS-om kao pomoć u razumijevanju produktivnosti tala, izradi gnojidbenih preporuka za usjeve, povrće i trajne nasade te u donošenju odluka po pitanjima popravki i rajonizacije.

Vladimir Vukadinović diplomirao je na Odsjeku za biologiju Prirodno-matematičkog fakulteta u Sarajevu što je njegovim istraživanjima dalo specifičan fiziološki „stih“ u kojima je biljka sa svojim potrebama za rast, razvitak i tvorbu prinosa iznad ili jednaka po važnosti agroekološkom i agrotehničkom aspektu primarne organske produkcije.

Radeći 40 godina na istraživanjima i u nastavi „Ishrane bilja“, „Fiziologije bilja“, „Ekofiziologije“, „Primjene kompjutora u poljoprivredi“ i „Zemljišnih resursa“, prof. dr. Vladimir Vukadinović objavio je više od 150 znanstvenih članaka, više skripti i udžbenika. Uvijek je bio voljan pomoći poljoprivrednim proizvođačima, doktorantima, magistrantima i studentima u razumijevanju i rješavanju problema biljne proizvodnje te je stoga izradio niz kompjutorskih programa i modela kao i programa za statističku obradu rezultata istraživanja, utemeljio doktorski studij „Agrokemija“ i volontersku „Neformalnu savjetodavnu službu“, napisao niz stručnih članaka i održao veliki broj predavanja neposrednim proizvođačima.

Blaženka Bertić (1947.) redoviti je profesor Agrokemije u trajnom zvanju. U svom dugogodišnjem znanstvenom radu fokusirala se na područje kemije tla i gnojidbe usjeva, kao i na probleme ishrane mikroelementima, posebice borom i manganom. Također, čitav radni vijek unapređuje laboratorijske metode analize tla i biljne tvari te je njen zapaženi doprinos kod uvođenja N_{min} i EUF metode za utvrđivanje potrebe gnojidbe i prihrane naših najznačajnijih usjeva.

Blaženka Bertić objavila je kao autor ili koautor oko 150 znanstvenih i stručnih radova, jedan priručnik i dva sveučilišna udžbenika. Svoje bogato iskustvo predano je prenosila na generacije studenata kao koordinator modula „Osnove tloznanstva i biljne proizvodnje“ i „Osnove agroekologije“ na dodiplomskom studiju te „Mineralna gnojiva“ i „Monitoring i zaštita okoliša“ na diplomskom studiju. Voditelj je doktorskog studija „Agrokemija“, područja biotehničke znanosti, polje poljoprivrede, grana agrokemija, na kojem predaje modul „Mineralna gnojiva“ i „Ishrana bilja“. Predsjednica je Vijeća poslijediplomskog interdisciplinarnog studija „Zaštita prirode i okoliša“ na Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i koordinator modula „Zemljišni resursi“.

Predgovor

Poštovani farmeri, inženjeri i studenti poljoprivrede, pred Vama je knjiga Filozofija gnojidbe koju već dulje vrijeme želimo napisati. Naime, u našoj suvremenoj biljnoj proizvodnji, kao uostalom i cjelokupnoj poljoprivredi, ima previše zabluda, a premalo znanja i sustavnog znanstvenog rješavanja problema te umjesto da napredujemo, mi stagniramo i sve više zaostajemo za svjetskim dostignućima.

U području ishrane bilja i gnojidbe zapažaju se novi momenti s obzirom na sve skuplje *inpute* u biljnu proizvodnju. Mnogi proizvođači, pokušavajući smanjiti troškove proizvodnje, okreću se prema ekološkoj ili integriranoj biljnoj proizvodnji, ulažu manje sredstava u proizvodnju, pa i gnojidbu, uz više uloženo rada i vremena, ali uspjeh vrlo često izostaje. Razloga je puno, od nedovoljnog znanja pa do nesnalaženja na vjetrometini neuređenog tržišta poljoprivrednih proizvoda i repromaterijala, ali i lošeg društvenog položaja farmera. Dakle, motivacije za pisanje Filozofije gnojidbe nije nedostajalo, a jedino smo dvojili oko forme knjige: udžbenik, priručnik ili nešto treće. Prevagnulo je treće, a razloga je više. Naime, u našoj znanstvenoj literaturi i posebno udžbenicima iz područja biljne proizvodnje, gnojidba se tretira formalno, u vidu receptura, uglavnom preuzetih iz stranih istraživanja, njihove prakse i iskustava što je predaleko od naše stvarnosti i prakse te stoga vrlo često neupotrebljivo. Vjerujemo da će naše dugogodišnje iskustvo, znanje i brojna istraživanja iz područja Ishrane bilja, Fertilizacije i Agrokemije pomoći svima koji često postavljaju pitanja „kako?“ i „zašto?“ promišljajući što promijeniti da bi se njihov rad, vrijeme i uložena sredstva bolje oplodila uz zadovoljstvo zbog uspjeha.

Filozofija gnojidbe je nekonvencionalna knjiga, namijenjena najprije poljoprivrednim proizvođačima, koja polemizira (nadamo se na prihvatljiv i tolerantan način) s mitovima i zabludama o gnojidbi pomoću suvremenih saznanja i vlastitog iskustva stečenog dugogodišnjim bavljenjem ovom složenom problematikom. Također, važno je naglasiti kako autori ove knjige smatraju svoje akademsko zvanje prije svega svojim životnim pozivom, znanjem i iskustvom prenosi permanentno preko web stranice <http://tlo-i-biljka.eu> na sve one koji trebaju pomoć u rješavanju problema u biljnoj proizvodnji, ili samo žele utažiti žeđ za znanjem.

Osijek, rujna 2013.

autori:

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

Prof. dr. sc. Blaženka Bertić

1. Uvod

Gnojidba je agrotehnička mjera koja povećava produktivnost tla i uloženog rada u poljoprivrednoj proizvodnji. Budući da u sastav biljaka ulazi čitav niz elemenata koje biljke usvajaju iz tla ili atmosfere, a neki su, posebice dušik, fosfor i kalij, potrebni u velikim količinama, gnojidba je zapravo neizostavna agrotehnička mjera od prvorazrednog značenja. Mnogi hranjivi elementi vraćaju se prirodnim putem u tlo, ali znatan ih se dio odnosi žetvom, dok se jedan dio ispire ili promijeni u nepristupačne oblike za biljke. Ako se tako izgubljeni dio biljnih hraniva iz tla ne nadoknađuje, tlo siromaši i prinos opada. Iz ukupnih rezervi tla, koje su višestruko veće od potrebe biljaka, jedan dio hraniva se neprekidno mijenja u oblike povoljne za ishranu bilja (*mobilizacija hraniva*), ali se taj proces u pravilu odvija znatno sporije od gubitaka i odnošenja urodom pa se gnojidba javlja kao najvažniji agrotehnička mjera za osiguranje visokih i stabilnih prinosa uz očuvanje efektivne plodnosti tla (slika 1.). Gnojidbu stoga treba smatrati investicijom u biljnu proizvodnju, nipošto troškom.

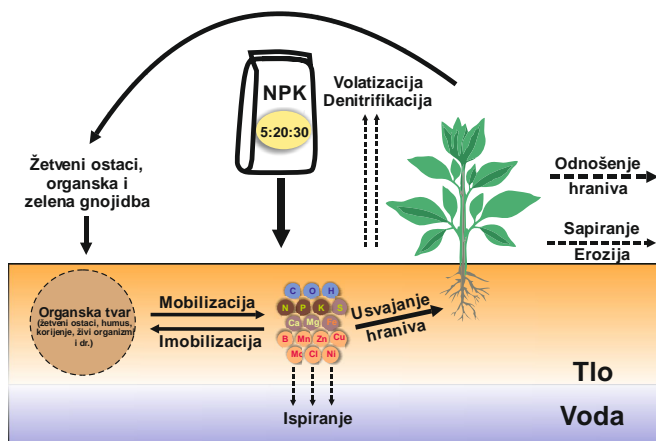
Filozofija ili strategija gnojidbe može se razmatrati iz više različitih aspekata, ali osnovna su samo četiri:

1. gnojidba tla,
2. gnojidba biljaka,
3. gnojidba tla i biljaka i
4. bez gnojidbe.

Posljednja filozofija, bez obzira čini li se neozbiljnom ili samo smiješno zvuči, česta je kad je zemljište iznajmljeno na kratak rok, kad je cijena proizvoda mala, a gnojiva visoka, kad je nesređeno tržište, dugi rokovi plaćanja proizvoda i sl. Budući da se ova knjiga temelji samo na znanstveno-stručnim agronomskim, ekonomskim i ekološkim aspektima gnojidbe, pogubne učinke izostanka gnojidbe nećemo posebno razmatrati. Međutim, proizvođači moraju biti svjesni da bez gnojidbe gube velik dio profita jer, prema široko prihvaćenim spoznajama, gnojidba je zaslužna za 30 do 50 % povećanja prinosa, često i više.

Gnojidba tla polazi od neupitne činjenice da se primjenom gnojiva povećava mogućnost usvajanja (*bioraspoloživost*) hraniva i to kroz povećanje, ali i održavanje *kritične koncentracije hraniva* u tlu (ispod koje pada prinos) ili, za svaki slučaj, u malom suvišku. Ovakav pristup svojstven je intenzivnom uzgoju biljaka uz primjenu visokih doza mineralnih gnojiva,

daje visoke prinose, ali često uz negativne efekte na okoliš. Takva filozofija temelji se na pufernoj sposobnosti tla da zadrži hraniva u zoni korijena. *Strategija gnojidbe tla* ima nekoliko varijanti i podvarijanti, od uzimanja u obzir svih prirodnih izvora hraniva (rezerve, izmjenjivo vezana hraniva, rezidue, mineralizacija organske tvari i žetvenih ostataka, N-fiksacija i dr.) pa do stava da sva hraniva koja su potrebna za tvorbu ciljnog (planiranog) prinosa budu primijenjena gnojidbom (tzv. „hydroponic“ pristup). Rezultat ovakve prakse je postizanje visokih i stabilnih prinosa, ali uz visoka ulaganja, a gnojidba je u strategiji gnojidbe tla redovita agrotehnička mjera i vrlo rijetko se izostavlja i to samo na vrlo plodnim tlima.



Slika 1. Gnojidba i hraniva u tlu

Zbog visokih ulaganja u prakticanju filozofije gnojidbe tla, danas se sve češće primjenjuju njene modifikacije kojima se utječe na manju primjenu gnojiva jer se gnoji samo kad je analizom tla (ili poljskim pokusima) utvrđena raspoloživost hraniva niža od potrebne za postizanje ciljnog, odnosno „mogućeg“ prinosa za konkretne agroekološke uvjete. Varijante filozofije gnojidbe tla su *koncept kationske ravnoteže*, odnosno održavanja povoljnog omjera raspoloživih kationa u tlu, zatim *koncept bilanciranja hraniva*, posebice kationa i dr., a u svim varijantama strategije gnojidbe tla, iznesena hraniva iz tla moraju se nadoknaditi gnojidbom.

Unutar strategije gnojidbe tla sve češće se u posljednje vrijeme, naročito u SAD-u, prakticira *koncept dostatnosti* kojim se znatno smanjuje potreba za čestom gnojidbom. Kako biljka može usvojiti *nepokretne hranjive tvari* (kao što su P, K, Ca i Mg) samo iz tla u zoni korijena (*rizosfera*), mogućnost usvajanja tih hraniva (ne odnosi se na dušik i sumpor)

ograničena je na interakciju korijena i tla, a potrebna razina raspoloživosti postiže se jednokratnom primjenom većih doza P i K gnojiva (tzv. *gnojidba na zalihu* i *meliorativna gnojidba*).



Slika 2. Utjecaj gnojidbe na rast kukuruza i pšenice (Lijevo: Celije; u prednjem planu kukuruz bez gnojidbe; desno: D. Miholjac, naprijed lijevo pšenica bez gnojidbe, a desno bez dušika, obje varijante s vrlo niskim prinosom)

Budući da pojedini usjev ima specifičan *indeks dostatnosti* i potrebu za hranivima, primjenjuje se dovoljno gnojiva kako bi se povećala profitabilnost u godini primjene, a umanjili troškovi gnojidbe u narednim godinama. Zbog toga, od svih strategija gnojidbe, koncept dostatnosti, u pravilu, primjenjuje najmanje ukupnih hraniva, ali zahtijeva redovitu analizu tla. *Konceptu dostatnosti* veoma je sličan već spomenuti koncept *održavanja kritične koncentracije* (raspoloživosti) nepokretnih hraniva (uglavnom P i K), a veoma je čest u različitim sustavima kontrole plodnosti tla. Naime, koncept održavanja kritične koncentracije zahtijeva utvrđivanje raspoloživosti hraniva kemijskom analizom tla svakih 4 do 8 godina kako bi se utvrdila razina i trend promjene raspoloživosti hraniva. Koncept dostatnosti hraniva zahtijeva pak kemijsku analizu tla prije svake vegetacije kako bi se uzela u obzir specifičnost vrste (sve češće i kultivara), agrotehnika i dr. Kritična razina raspoloživosti hranjivih tvari zapravo je granica iznad koje usjev ne reagira povećanjem prinosa na primjenu gnojiva, ali kvaliteta proizvoda može biti viša. Npr. kritična razina za kalij prema AL metodi, koja je standardna za područje RH, kod šećerne repe je $\sim 25 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, a za kukuruz $\sim 18 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ (ALR public kalkulator, Vukadinović), ali ta vrijednost može varirati $\pm 5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ s obzirom na fizikalna svojstva tla, razinu agrotehnike, uređenost parcele i dr.

Sljedeća dva filozofska pravca *gnojidba biljaka* (2) i *gnojidba tla i biljaka* (3) obavezno uključuju redovitu analizu tla i biljaka, odnosno sustav kontrole plodnosti uz bilanciranje (*management ili gospodarenje*

hranivima). Važno je naglasiti kako je utvrđivanje bilance glavnih elemenata biljne ishrane (N, P i K) posve različito. Naime, dok se bilanca za fosfor i kalij može utvrđivati u razdoblju od 4 do 8 godina zbog njihove male pokretljivosti u tlu, samim tim i malih gubitaka, za dušik se bilanca mora utvrđivati godišnje, ili češće kroz vegetaciju, kao i kod smjene više kultura unutar jedne godine.

Treći pristup, gnojdba tla i biljaka, najbliži je definiciji *održive gnojdbje* jer pokušava pomiriti prve dvije filozofije uz uvažavanje agronomskog, ekonomskog i ekološkog aspekta gnojdbje. Dakle, *gnojdba tla i biljaka ima zadatak održavanje ili povećanje plodnosti siromašnih tala do razine potrebne za postizanje mogućeg, ekonomski isplativog prinosa, što zahtijeva podmirenje potrebe biljaka hranivima za postizanje određene visine (i/ili) kakvoće prinosa, a vodi računa o okolišu i produktivnoj kondiciji tla*. Složenost ovakve filozofije, njeno razumijevanje i primjena u praksi osnovni je razlog čestim pojednostavljenjima ove strategije gnojdbje. Međutim, brz napredak informacijske tehnologije i prakticiranje sustavne kontrole plodnosti zemljišta omogućio je primjenu najsloženijih sustava procjene zemljišne pogodnosti i optimizaciju agrotehnike uz pouzdano vrednovanje, kao i vizualizaciju poljoprivrednog prostora GIS-om. Aktualni model utvrđivanja potrebe za gnojidbom na području Osječko-baranjske županije i ujedno procijene zemljišne pogodnosti prema Vladimiru Vukadinoviću, izložen je u ovoj knjizi pod nazivom „Koncept zemljište“.

Najšire primjenjivana filozofija gnojdbje iz treće grupe (gnojdba tla i biljaka) poznata je kao koncept ciljnog prinosa koja podrazumijeva poznavanje:

- 1) količine hraniva potrebne za postizanje jedinice gospodarskog prinosa (najčešće u kg aktivne tvari po toni prinosa),
- 2) količine hraniva koju biljke mogu usvojiti iz tla (bioraspoloživost hraniva) i
- 3) učinkovitosti gnojdbje (agronomska ili fiziološka), kao i iskoristivosti hranjivog elementa iz gnojiva.

Potrebna količina hraniva za postizanje jedinice gospodarskog (*merkantilnog*) prinosa često se uzima iz zastarjelih tablica, koje su netočne i neprovjerene jer se odnose na stari sortiment, a i najčešće su utvrđene u posve drugačijim agroekološkim uvjetima. Stoga je potrebno poljskim pokusima i kemijskom analizom biljaka (biološkog, odnosno ukupnog, kao i merkantilnog prinosa) utvrditi točno te vrijednosti za određeno

agroekološko područje, odnosno klimatske, zemljišne i agrotehničke uvjete (sorta, gnojidba, tip tla, zaštita i dr.).

Količina hraniva koja je iz tla raspoloživa za usvajanje utvrđuje se najčešće standardnom kemijskom analizom tla za neko područje, regiju ili državu, a rezultati mogu jako varirati ovisno o izabranoj metodi (i/ili modifikaciji) ekstrakcije hraniva iz tla, njenoj kalibraciji (umjeravanje ili usuglašavanje s visinom prinosa u polju), načinu uzimanja uzoraka tla i dr. Razlike u rezultatima analize tla mogu toliko varirati da se ne mogu pouzdano uspoređivati niti unutar iste analitičke metode. Pouzdanost kemijske analize tla bit će u daljnjem tekstu posebno raspravljena.

Učinkovitost gnojidbe, odnosno utvrđivanje iskorištavanja hraniva iz gnojiva je najdelikatniji dio koncepta ciljnog prinosa. Obično se učinkovitost utvrđuje povećanjem prinosa po jedinici primijenjenog gnojiva (*agronomska učinkovitost*) ili povećanjem prinosa po jedinici usvojenog hraniva (*fiziološka učinkovitost*), i to kao prosječna veličina iskorištavanja aktivne tvari gnojiva. Na tu vrijednost iznimno jako utječu vrsta, odnosno svojstva gnojiva, ali i zemljišni, klimatski, agrotehnički te biljni uvjeti. Npr., organska se gnojiva razlažu do elemenata ishrane uz pomoć mikroorganizama, koji za svoju aktivnost, kao i sva živa bića, zahtijevaju pogodne uvjete. S druge strane, mineralna gnojiva su u različitoj mjeri topljiva u vodenoj fazi tla i različito pokretna u tlu jer su vezana za aktivnu, koloidnu frakciju tla (glina i humus) različitim silama promjenjive jakosti (kemijskim ili fizikalnim). To je vrlo opsežna tema kojom se bavi ishrana bilja te su u ovoj knjizi navedeni samo osnovni problemi važni za utvrđivanje agronomske, ekološke i ekonomske učinkovitosti gnojidbe.

Sve masovnija *integrirana (održiva) biljna proizvodnja* razuman je kompromis između konvencionalne i ekološke. To je sustav uzgoja koji primjenu agrotehničkih mjera usklađuje s ekonomskim i ekološkim principima i najlakše se može opisati izrazom *dobra poljoprivredna praksa* jer su proklamirani ciljevi integrirane proizvodnje:

- 1) prihvatljivo ekološko opterećenje, odnosno onečišćenje okoliša uz profitabilan prinos i visoku kakvoću proizvedene hrane,
- 2) očuvanje i podizanje plodnosti tla prirodnim putem i
- 3) čuvanje i poticanje biološke raznolikosti.

Integrirana se gnojidba, uz plansku rotaciju i strategiju zaštite usjeva, temelji na:

- a) većoj uporabi bioloških (mikrobioloških, dopuštenih bioloških agenasa i mikorize) i organskih gnojiva s ciljem popravljjanja strukture tla uz smanjivanje i ograničenje najviše doze biljnih hraniva, čime se smanjuje onečišćenje podzemnih voda i sprječava erozija uz istovremeno popravljjanje fizikalnih, mehaničkih i agrokemijskih svojstava tla,
- b) obvezatnom utvrđivanju *bilance hraniva* što uključuje redovitu kemijsku analiza tla i
- c) planskom petogodišnjem gospodarenju hranivima.

Budući da primjena gnojiva mora uvažavati ekonomske, socijalne i ekološke principe, temeljna načela, prema suvremenom konceptu gnojidbe tla i biljaka, mogu se vrlo jednostavno i razumljivo formulirati:

- 1) primjena potrebnog hraniva i
- 2) adekvatne doze,
- 3) u pravo vrijeme,
- 4) na pravo mjesto i
- 5) uz pravu cijenu.

Tablica 1. Temeljna načela gnojidbe

| Kategorija | Komponenta |
|-----------------|--|
| Izvor hraniva | Osigurava uravnoteženu opskrbu neophodnim (<i>esencijalnim</i>) elementima ishrane uvažavajući hraniva dostupna iz prirodnih rezervi, kao i svojstva gnojiva (mineralnih i organskih) obzirom na raspoloživost i količinu hraniva. |
| Adekvatna doza | Procjena bioraspoloživosti hraniva iz tla kao i potrebe biljaka (temeljem kemijske analize tla i biljaka). |
| Vrijeme | Podešavanje dinamike usvajanja i bioraspoloživosti hraniva s vremenom primjene gnojiva uz uvažavanje mogućih gubitaka iz tla (u podzemne vode i/ili atmosferu). |
| Mjesto primjene | Uvažavanje prostorne varijabilnosti (heterogenost) parcele i specifičnih potreba usjeva s obzirom na dubinu korijenovog sustava i moguće gubitke (precizna i diferencirana gnojidba, gnojidba u trake i dr.). |
| Cijena gnojidbe | Optimizacija gnojidbe s obzirom na cijenu gnojiva po jedinici aktivne tvari, njegovu efikasnost i učinak na prinos i kakvoću proizvoda, kao i popravak proizvodnih svojstava tla. |

Tih pet sastavnica gnojidbe zahtijeva izvrsno poznavanje proizvodnog sustava, uključujući i učinkovito upravljanje biljnom proizvodnjom, jer nema održive biljne proizvodnje koja ne uvažava ekonomske, socijalne i ekološke zahtjeve. Ovakva strategija (bez uvjeta povoljne cijene gnojiva) poznata je kao 4R koncept gnojidbe (Right Source + Right Rate + Right Time + Right Place) jer definira pravi izvor hraniva,

adekvatnu ratu (dozu), pravo vrijeme i pravo mjesto aplikacije gnojiva (tablica 1.).

Dobra filozofija ili strategija gnojidbe mora uvažavati intenzitet, vrijeme i način primjene organskih i/ili mineralnih gnojiva, usuglašeno s potrebama biljaka, očuvanjem okoliša i isplativosti. Budući da je usvajanje hraniva izrazito dinamičke prirode, jako ovisno o porastu i razvoju biljaka te zemljišnim i vremenskim uvjetima, potrebno je utvrditi poljskim pokusima ili drugim pouzdanim biološkim testovima reakciju biljaka na gnojidbu i to u konkretnim agroekološkim uvjetima. Taj se postupak zove *kalibracija* ili *umjeravanje metode*, a svaki proizvođač može jednostavno provjeriti učinak gnojidbe tako da unutar pognojene parcele ostavi ~1 ar nepognojen (kontrola gnojidbe). Slijepo, nekritično preuzimanje saznanja dobivenih u različitim agroekološkim područjima (klima, tlo, agrotehnika, kultivar i dr.), ili kalibracija metode koja je zastarjela (zbog velikih promjena sortimenta i tehnologije uzgoja) najčešće rezultira lošom, odnosno rizičnom gnojidbenom preporukom. Također, vrlo često se pojedinačni rezultati kemijske analize tla (ili pak nedovoljan broj uzoraka tla) koristi za široko područje (više parcela ili jedna velika nehomogena parcela), uz pogrešnu pretpostavku da je raspoloživost hraniva konstantna u vremenu i prostoru.

1.1. Zašto je potrebno gnojiti?

Trenutačna proizvodnja hrane nije dostatna za podmirenje globalnih potreba čovječanstva, premda je u razvijenim zemljama koje proizvode višak hrane sve veća zastupljenost „*alternativnih načina proizvodnje hrane*“ uz sve češće postavljano pitanje: Zašto se koriste mineralna gnojiva? Na to pitanje može se relativno jednostavno odgovoriti:

- 1) uporaba gnojiva je neophodna radi postizanja visokih prinosa te isplativosti rada i ulaganja u biljnu proizvodnju (uz očekivano viši ekonomski i socijalni status farmera),
- 2) suvremeni koncepti gnojidbe uglavnom se temelje na *kemijskom konceptu ishrane bilja* što značajno utječe na povećanje poljoprivredne produkcije uz bolju kvalitetu hrane,
- 3) povoljni prateći efekt gnojidbe je povećanje plodnosti tla što rezultira visokim i stabilnim prinosima, većom otpornošću na bolesti i klimatske stresove.

Često se pogrešno smatra kako je učinkovitost gnojiva najvažniji pokazatelj uspješnosti gnojidbe i pritom zaboravlja kako je gnojidba najprije u funkciji veće produktivnosti biljno-proizvodnog sustava. Učinkovitost

hraniva samo je jedan aspekt produktivnosti tla (tablica 2.) jer je podjednako važna i nadoknada svih oblika gubitaka te povećanje bioraspoloživosti hraniva, održavanje povoljnog omjera pojedinih hraniva, poboljšanje kemijskih i fizikalnih svojstava tla i dr.

Tablica 2. Indikatori produktivnosti tla

| Indikator | Opis |
|--------------------------|--|
| Prinos | Merkantilni dio usjeva ostvaren po jedinici površine u određenom vremenu. |
| Kakvoća proizvoda | Sadržaj šećera, proteina, minerala, vitamina i druga svojstva koja utječu na vrijednost proizvoda, odnosno hrane. |
| Učinkovitost gnojidbe | Povećanje prinosa po jedinici primijenjene (agronomska) ili usvojene aktivne tvari gnojiva (fiziološka učinkovitost). |
| Učinkovitost vode | Povećanje prinosa po jedinici primijenjene ili dostupne količine vode. |
| Učinkovitost rada | Proizvodnost rada u odnosu na potrebno vrijeme uz primijenjenu agrotehniku. |
| Energetska učinkovitost | Prinos usjeva izražen na jedinicu primijenjene energije za njegovu proizvodnju. |
| Neto dobit | Vrijednost merkantilnog i biološkog prinosa u odnosu na ukupne troškove proizvodnje. |
| Dobit na ulaganja | Dobit u odnosu na kapitalne investicije. |
| Porast ekološke svijesti | Udio proizvođača koji prihvaćaju principe dobre poljoprivredne prakse. |
| Produktivnosti tla | Porast plodnosti tla, veći sadržaj organske tvari i porast intenziteta ostalih indikatora produktivnosti tla. |
| Stabilnost prinosa | Veća elastičnost prinosa usjeva (stabilnost) u odnosu na vremenske uvjete i bolesti usjeva. |
| Dohodak | Poboljšanje standarda i kvalitete života farmera. |
| Radni uvjeti | Veća kvalitetu života i zadovoljstvo radnika poslom. |
| Voda i kvaliteta zraka | Bolja kontrola gubitaka hraniva ispiranjem u podzemne vode i gubitaka volatilacijom i denitrifikacijom. |
| Ekosustav | Estetika okoliša, prirodni predatori i oprašivači, rekreacija, lov, ribolov itd. |
| Bioraznolikost | Teško se može kvantificirati, osim opisno. |
| Erozija tla | Pokrivenost tla usjevima, žetvenim ostatcima, pokrovnim usjevima, način obrade (npr. konzervacijska obrada) i dr. |
| Gubitak hraniva | Ukupan iznos gubitaka hraniva iz tla, uključujući procese usvajanja, ispiranja, volatilacije, denitrifikacije, kemijske i fizikalne fiksacije. |
| Bilanca hraniva | Proračun inputa i outputa hraniva jedne farme (bilanca hraniva). |

U stvarnosti, većina poljoprivrednih proizvođača ne opterećuje se strategijom gnojidbe, ali smatra da postoji jasna razlika u tome tko i kako kreira gnojdvenu preporuku. Naime, poljoprivredni proizvođači često postavljaju važna pitanja, npr.:

- Postoji li značajna razlika u troškovima izrade preporuke i gnojidbe?

- Očekuje li se razlika u prinosu kod primjene različitih preporuka?
- Hoće li to utjecati značajno na profitabilnost aktualne proizvodnje?
- Kako će to utjecati na buduće analize tla?
- Mogu li se obratiti za pomoć i obrazloženje preporuke?

Gnojidba uključuje i snažan utjecaj na regionalno gospodarstvo i socijalne uvjete kroz veću i jeftiniju proizvodnju hrane te bi trebala biti neprestano u fokusu znanstvenih, stručnih i društveno-političkih struktura, što se često zanemaruje.

Ključno pitanje gnojidbe je: Koliko hraniva treba unijeti u tlo da se osigura očekivana visina prinosa? Naime, usjev iskoristi tek dio hraniva, ovisno o biljnoj vrsti, odnosno kultivaru, duljini vegetacije, te zemljišnim i klimatskim uvjetima. Stoga pouzdan odgovor nije moguć bez kemijske analize tla jer ona daje odgovor na pitanje koliko hranjivih tvari biljke mogu usvojiti iz tla, a analiza biljne tvari odgovor na pitanje koliko je potrebno hraniva za očekivanu, odnosno moguću visinu prinosa.

1.2. Koncept plodnosti tla

Zašto na ključno pitanje gnojidbe nije moguće jednostavno i jednoznačno odgovoriti? Plodnost tla, odnosno njegov kapacitet produktivnosti, određena je velikim brojem unutarnjih i vanjskih čimbenika (*biljni i okolišni indikatori*). Česti su sinonimi: čimbenici, parametri, indikatori, pokazatelji ili atributi plodnosti tla. Brojnost indikatora plodnosti tla, njihov različit značaj, promjenjivost intenziteta (*statični indikatori* su slabo promjenjivi, a *dinamični* su podložni brzim i čestim promjenama, npr. sadržaj vode u tlu), povezanost s procesima u tlu i promjenama koje su njihova posljedica, klimom, biljnom vrstom (i kultivarom, odnosno sortom i hibridom), agrotehnikom (gnojidba, zaštita, obrada itd.) i dr. Uz njihove vrlo složene međusobne odnose, koje rijetko prepoznajemo, a još rjeđe kvantificiramo, veoma je teško pouzdano procijeniti potrebe u gnojidbi. Osim toga, nedovoljno znanje i iskustvo poljoprivrednih proizvođača, pa i mnogih „stručnjaka“, čini utvrđivanje plodnosti tla vrlo složenim i često nedovoljno pouzdanim. Kako je plodnost tla zapravo njegova sposobnost da osigura potrebnu hranu biljkama kad ju one trebaju, u adekvatnim količinama i pogodnim proporcijama, to je vrlo složeno i ujedno najvažnije svojstvo tla koje nije moguće apsolutno odrediti (kvantificirati). Budući da se ni zdravlje čovjeka ne može apsolutno utvrditi, pojam „kvalitetno“ ili „plodno tlo“ odgovara ljudskom poimanju zdravlja te se plodnost tla u

znastveno stručnom miljeu sve češće definira i zamjenjuje izrazom pogodnost tla, a u proizvođačkom (farmerskom) zdravljem tla.

Najveći problem koncepta plodnosti ili zdravlja tla je u tome što još uvijek nije široko prihvaćen ni sustavno primjenjivan jer je teško dobro definirati sve aspekte eksploatacije zemljišta. Naime, erozija tla, onečišćenje teškim metalima, pa čak i gubitak hraniva relativno se lako kvantificiraju jer se njihov utjecaj na tlo i okoliš može mjeriti. S druge strane, poljoprivrednog proizvođača najviše zanima postizanje visokih prinosa uz što manja ulaganja, uključujući i rad, a to znači i veću primjenu gnojiva što je u suprotnosti s očuvanjem okoliša, prvenstveno voda.

Naglasak na kvantifikaciju indikatora produktivnosti tla, primjerice u Europi, bliži je pojmu plodnost tla, dok se u Americi, Kanadi i Australiji naglašava kako je tlo dinamičan i živ organizam koji funkcionira na *holistički način* (kao cjelovit sustav) te se preferira izraz zdravlje tla. Premda je zdravlje tla puno širi pojam, oba izraza možemo smatrati sinonimima koja imaju isto značenje s aspekta upotrebne kondicije tla, odnosno njegove pogodnosti za određeno korištenje.

Budući da konvencionalna, posebice intenzivna biljna proizvodnja, ima sve odlike industrijske proizvodnje (primjena mehanizacije, prirodnih i sintetskih preparata kao što su gnojiva, pesticidi, aditivi, proizvodnja na velikim površinama i dr.), česte su negativne nuspojave kao što su prekomjerno onečišćenje i devastacija prirodnog okoliša. To opravdano izaziva nezadovoljstvo potrošača i gubitak povjerenja u kakvoću i zdravstvenu ispravnost hrane. Posljedica je sve veća potražnja *ekološki (organski) proizvedene hrane*, uz sve jači nadzor u konvencionalnoj proizvodnji, jer potrošači imaju neotuđivo pravo na sigurnu i kvalitetnu hranu (EC, br.178/2002.).

Plodnost poljoprivrednog zemljišta i održiva poljoprivredna proizvodnja su temelj dostatne količine hrane za prehranu sve brojnijeg stanovništva Zemlje. U tom smislu zdravlje tla je neophodno za dobrobit i produktivnost poljoprivrednih i prirodnih ekoloških sustava, a održivo korištenje zemljišnih resursa važno je danas, kao i u budućnosti. Budući da je zdravlje tla njegovo bitno svojstvo koje se ne može izravno mjeriti, niti možemo u kratkom ljudskom vijeku utvrditi značajne promjene, moramo naučiti kako zemljišne resurse mudro i odgovorno koristiti, kako u proizvodnji hrane, tako i za druge namjene. Stoga je važno naglasiti kako se u poljoprivredi upravljanje tlom svodi na optimizaciju proizvodnje hrane

bez štetnog utjecaja na okoliš, dok se upravljanje prirodnim ekosustavima oslanja na početno stanje ili mogućnost budućih promjena.

Preterana eksploatacija tla, općenito ekosustava šteti njegovoj plodnosti i ugrožava sposobnost biosfere da održi potrebnu razinu proizvodnje hrane, ali i osigura kontinuirani protok drugih dobara i usluga neophodnih za dugotrajni ljudski opstanak, uključujući i održavanje slatkovodnih resursa, regulaciju klime i kvalitete zraka te pad zaraznih bolesti. Stoga se na globalnoj razini, u interesu uravnoteženja proizvodnje hrane i produktivnosti poljoprivrednog zemljišta, predlaže ograničenje obradivih površina kopna na 15 %, a trenutno se koristi nešto manje (~12 %).

1.3. Definicija plodnosti tla

U cilju utvrđivanja raspoloživosti hraniva koristi se čitav niz različitih laboratorijskih, biokemijskih, mikrobioloških, poljskih i drugih metoda, pri čemu je potrebno naglasiti kako svaka metoda uvodi objektivan i sustavan pristup u utvrđivanju potreba za gnojidbom preko mjerenja intenziteta pojedinih indikatora efektivne plodnosti tla.

Primjena kemijskih analiza tla pretpostavlja primjenu standardnih metoda utvrđivanja s poznatim graničnim vrijednostima za raspoloživosti pojedinih elemenata ishrane, uključujući njihove toksične razine, ali i razine štetnih tvari. Otuda potječe veliki broj problema i nejasnoća jer opskrbljenost tla hranivima ovisi o velikom broju čimbenika (bioloških, kemijskih i fizičkih) čiji utjecaj na stanje raspoloživosti hraniva nije još dovoljno poznat. Stoga se rezultati kemijske analize tla tumače posredno pomoću *klasa opskrbljenosti* ili u novije vrijeme *skor funkcija*, uz približno predviđanje djelovanja gnojidbe, pa je stanje hraniva u tlu potrebno procjenjivati svakih nekoliko godina.

Granične vrijednosti raspoloživosti hraniva treba shvatiti kao referentne vrijednosti koje za različite produkcijske sustave (šume, travnjaci, usjevi, trajni nasadi, povrće i dr.) imaju samo orijentacijsku vrijednost u procjeni kapaciteta produkcije, s obzirom na primijenjenu razinu i tip (intenzitet agrotehnike) proizvodnje, agroekološke, ekonomske i druge uvjete. Zbog toga se u ishrani bilja i gnojidbi uglavnom ograničavamo na procjenu *efektivne plodnosti*, pritom ne uzimajući u obzir i ostale aspekte produktivnosti zemljišta koji su često jednako važni. Dakle, referentne vrijednosti su na neki način standard s primjenom za specifične i konkretne uvjete proizvodnje, a to isključuje „*šablonizirane recepture*“ gnojidbe

kojima se generalno i nepouzdana utvrđuje potreba za gnojidbom. Naime, bez analize tla ne mogu se točno kvantificirati indikatori plodnosti tla, promjena njihovog intenziteta u vremenu s obzirom na agroekološke i druge uvjete proizvodnje, niti se mogu determinirati granične vrijednosti i kritična koncentracija hraniva (*kardinalne točke raspoloživosti hraniva*), što je temelj dobre procjene moguće visine prinosa i potrebe za hranivima.

Vrednovanje plodnosti tla mora odgovoriti na nekoliko pitanja:

- Kakva je produktivnost?
- Kako je utvrđena, odnosno procijenjena?
- Kako ona utječe na gospodarenje tlom i uzgoj usjeva?

Definicija plodnosti tla zahtijeva više vrijednosnih prosudbi jer je to složeno svojstvo, odnosno sposobnost tla da funkcionira u odnosu na njegovu specifičnu uporabu (tablica 3.). Ovakav stav je u skladu sa starijim poimanjem "zemljišne kvalitete". Međutim, odnos između široko definiranih funkcija tla i njegovih različitih namjena ne može se potpuno razriješiti, premda se većina znanstvenika slaže da je plodnost tla iznimno koristan koncept.

Tablica 3. Funkcije zemljišnih resursa

| Proizvodne funkcije | Proizvodnja hrane za ljude i stoku, biogoriva, građevinskih materijala, industrijskih proizvoda itd. |
|---------------------|---|
| Fiziološke funkcije | Osiguranje zdravlja ljudi kroz filtraciju i neutralizaciju otrovnih tvari i njihovo dospijevanje u pitku vodu i biljke; sprječavanje opasnosti kao što su klizišta, poplave itd. |
| Kulturne funkcije | Stvaranje i očuvanje integriteta krajolika jer su vode, zemljište, šume i životinje bitan dio kulturne baštine uz očuvanje povijesnih i estetskih vrijednosti krajolika. |
| Ekološke funkcije | Održavanje funkcija ekosustava i uopće života uključujući i smanjenje stakleničkih plinova, filtriranje vode i zagađivača te održavanje globalnog geokemijskog ciklusa hranjivih tvari itd. |

Koncept plodnosti tla razvijen je u posljednjih nekoliko desetljeća kao način da se integriraju postojeće i nove ideje održive poljoprivrede te zaštititi čovjekov okoliš. Stoga se definicija plodnosti tla oslanja na sveobuhvatnu inventarizaciju funkcija tla s aspekta njihove koristi za ljude. U praksi, pojam plodnosti tla uglavnom je primijenjen na poljoprivredno zemljište uz specifične lokalne ili regionalne skale. Najsveobuhvatniju definiciju plodnosti tla dala je udruga *Soil Science Society of America*: "*kapacitet specifičnih funkcija tla unutar prirodnog ili ograničeno uređenog ekosustava koji podržava biljnu i animalnu produkciju, održava ili povećava kvaliteta vode i zraka i potpomaže zdravlje i stanovanje ljudi*". Naravno,

postoji niz drugih definicija plodnosti tla, što je razumljivo, jer su zemljišni resursi danas u središtu pozornosti svake odgovorne države.

Praksa zaštite i održavanja produktivnosti tla stara je koliko i sama poljoprivreda, a prvi pisani tragovi datiraju iz Rimskog Carstva. Početkom 1930-ih, ocjena produktivnosti tla razvijena je kako bi poljoprivrednici lakše odabrali usjeve i adekvatnu proizvodnu praksu te povećali proizvodnju hrane uz smanjenje erozije i/ili drugih štetnih učinke na okoliš. *Storie Index* (1932.) i USDA zemljišna klasifikacija u SAD-u svrstavaju tla u različite kvalitetne razrede na temelju inherentnih i statičnih svojstava tla. Ovakvi sustavi za rangiranje tala (bonitiranje) važni su prethodnici kvantitativne procjene plodnosti.

1.4. Poljoprivredna produktivnost i održivost

Za mnoge poljoprivredne proizvođače i istraživače produktivnost je još uvijek glavni pokazatelj plodnosti tla jer poljoprivreda koristi ~35 % površine Zemlje (~15 % su oranice), a od početka 1960-ih svjetska populacija je udvostručena uz porast globalne proizvodnje hrane za 145 %. Od tog povećanja ~70 % je posljedica intenziviranja poljoprivredne proizvodnje, odnosno porasta prinosa, a samo ~30 % može se pripisati povećanju poljoprivrednih površina. Istodobno, povećanje potrošnje mesa je dovelo do povećanja intenziteta stočarske proizvodnje uz korištenje jeftinih žitarica te se u industrijaliziranim zemljama ~70 % proizvoda od žitarica koristi za stočnu hranu. Intenziviranje stočarske proizvodnje ima i loše posljedice, npr. povećanje pojava bolesti stoke i sve veće onečišćenje okoliša. Osim toga, primijećeno je da u duljem vremenskom razdoblju prinos često opada u intenzivnom uzgoju žitarica zbog pada plodnosti visoko produktivnih tala. Stoga suvremena proizvodnja hrane, za potrebe rastuće svjetske populacije, zahtijeva vrlo pažljivu procjenu odnosa između pada plodnosti tla (degradacije) i visine prinosa (produktivnosti).

Ocjenjivanje plodnosti tla s aspekta visine prinosa je svakako dobar put u optimiziranju prakse korištenja tla kako bi se održala ili povećala proizvodnja hrane pri čemu se mora voditi računa o učinkovitosti korištenja *inputa* (dušik, voda i dr.), ali i o sekvestraciji ugljika uz smanjenje emisije stakleničkih plinova.

Mogućnost navodnjavanja ima snažan utjecaj na korištenje zemljišnih resursa pa jedna trećina ukupne svjetske proizvodnje hrane potječe sa 17 % (255 milijuna ha) površina koje se navodnjavaju, od čega čak tri četvrtine otpada na zemlje u razvoju. Površine pod navodnjavanjem

udvostručila su se između 1961. i 2002., posebice u Indiji, Kini, SAD-u i Pakistanu.

U prošlosti su mnogi argumenati održivosti poljoprivredne proizvodnje bili povezani s povratom hranjivih tvari u tlo. Međutim, povećanjem „pritiska“ na zemljišne resurse postaje jasno kako nijedan poljoprivredni sustav neće biti održiv na dugi rok ako ne uzima u obzir ciklus hraniva, vode i korištenje energije jer povećanje prinosa najčešće zahtijeva više energije i veće resurse, iako u tome pomaže povećanje učinkovitosti navodnjavanja, primjene gnojiva, agrotehnike i dr.

Održivo upravljanje zemljištem (*Sustainable Land Management* ili *SLM*) je temelj održive poljoprivrede i strateška komponenta održivog razvoja uz ublažavanje siromaštva. Trenutno postoji samo nekoliko zemalja u svijetu koje još uvijek imaju rezerve zemljišnih resursa kojima bi zadovoljile potrebe povećanja svoje populacije. U većini slučajeva, proizvodnja se povećava intenziviranjem poljoprivredne proizvodnje na površine pod kultivacijom. Nadalje, u većini zemalja u razvoju farmeri se još uvijek pretežito bave primarnom poljoprivredom, stočarstvom, šumarstvom i ribarstvom, a njihov život i mogućnosti za ekonomski razvoj su izravno povezani s kvalitetom zemljišta i njegovih resursa. Stoga SLM nastoji uskladiti često proturječne ciljeve pojačanog gospodarskog i društvenog razvoja uz zadržavanje i povećanje svih, posebice ekoloških funkcija zemljišnih resursa. Uvriježeno je mišljenje kako se oba cilja mogu postići istovremeno, ali samo ako se zemljišni resursi koriste na odgovarajući način, a za takav odgovoran pristup potrebno je znanje i učinkovit nadzor.

Važno pitanje SLM-analize je zašto poljoprivredni proizvođači koriste neprimjerenu praksu, a da su pritom svjesni, primjerice, degradacije tla. Naime, oni najčešće nisu u stanju promijeniti lošu praksu zbog političkih i ekonomskih okolnosti, npr. niskih tržišnih cijena, nesigurnog zemljišnog prava, zlouporaba subvencija i poticaja itd., što sve ograničava njihov izbor mogućnosti da prakticiraju SLM. Dakle, neodrživo upravljanje zemljištem i njegova degradacija nije uvijek posljedica nedostatka svijesti korisnika, već često postoji više razloga, kako političkih, tako socijalnih i ekonomskih koji ograničavaju mogućnost upravljanja zemljišnim resursima na održiv način. Npr., kratkoročan zakup zemljišta sprječava potrebno ulaganje u zemljišne; niske tržišne cijene ne pokrivaju troškove za zaštitu zemljišnih resursa; aktivnosti očuvanja zemljišta obično traju samo dok za to postoje poticaji i subvencije itd. U tom kontekstu SLM nastoji uskladiti komplementarne, ali često i proturječne ciljeve poljoprivredne proizvodnje i zaštite okoliša.

Održivo korištenje zemljišta (*Land Use Sustainability, LUS*) je binom zemljišne jedinice (*Land Unit*) i korištenja zemljišta (*Land Use*), a čini ga skup objektivnih metoda i mjera. *Zemljišne performanse* i njegova plodnost procjenjuju se uglavnom statički na temelju trenutnog stanja zemljišta, uzimajući u razmatranje različite faktore i imajući u vidu različite ciljeve:

- a) fizička (tehnička) procjena (evaluacija),
- b) ekonomska procjena,
- c) socijalna procjena i vrednovanje okoliša.

Važno je napomenuti da ekonomska procjena mora koristiti rezultate fizičke i socijalne evaluacije jer se održivo korištenje zemljišta odnosi kako na fizičke, tako i gospodarsko-društvene performanse, ali i na kvalitetu okoliša i trajanje održivog korištenja zemljišnih resursa (*izdržljivost*). Naravno, zaštita okoliša i trajnost moraju biti uključeni u ekonomsku i socijalnu evaluaciju.

Procjena utjecaja korištenja zemljišta na okoliš (efekti na licu mjesta, *in situ*) odnose se i na susjedstvo tzv. *off-site* učinci. Nova dimenzija LUS evaluacije jest vrijeme jer podrazumijeva i procjenu budućih promjene zemljišnih svojstava/plodnosti, kao i uspostavu rokova na koje se odnosi procjena. Prema tome, *izdržljivost* je sastavni dio održivosti, definirana kao kontinuirana mjera promjena u korištenju zemljišta.

Zapravo, ne postoji standardna definicija održivosti jer ona obuhvaća nekoliko (čak i proturječnih) definicija koje zahtijevaju usklađivanje na lokalnoj i političkoj razini. Naime, unutar lokalnog konteksta SLM istovremeno su uključeni politika, tehnologija i aktivnosti usmjerene na integriranje načela društveno-ekonomske brige za okoliš jer SLM:

1. održava ili poboljšava proizvodnju (produktivnost),
2. smanjuje razinu rizika proizvodnje (sigurnost),
3. štiti prirodne resurse od propadanja (zaštita),
4. doprinosi ekonomskoj isplativosti (održivost je atraktivna kad je profitabilna) i
5. utječe na društvenu prihvatljivost (sukob interesa je rješiv kada su zadovoljene potrebe većine, posebice siromašnih ljudi).

Ti ciljevi SLM su poznati kao "pet stupova održivosti" i predstavljaju temeljna područja njegove primjene.

1.5. Ocjenjivanje plodnosti tla

U procjeni pogodnosti tla dva su glavna smjera: *kvalitativna* i *kvantitativna procjena*. Općenito govoreći, sustav zemljišne evaluacije je kvalitativan kad se svojstva zemljišta definiraju kategorijama, a smatra se kvantitativnim kada su svojstva iskazana numerički, ili kombinacijom numeričkih vrijednosti i skaliranih indeksa.

Kvalitativna evaluacija zemljišta je jednostavna, opisna izjava o prikladnosti zemljišta za pojedine namjene i grupira zemljišta na subjektivan način u mali broj kategorija ili klasa pogodnosti (*bonitiranje*). Takav pristup pretpostavlja detaljno poznavanje optimalnih zemljišnih uvjeta i mogućih posljedica kod odstupanja od optimalnog stanja. Primjena kvalitativnih sustava procjene zemljišne pogodnosti ili bonitiranje u velikoj mjeri ovisi o iskustvu i intuitivnoj prosudbi te su to pravi empirijski sustavi, utemeljeni na iskustvu.

Mjerila i osnove za vrednovanje poljoprivrednih zemljišta u RH prema Pravilniku o mjerilima za utvrđivanje osobito vrijednog obradivog i vrijednog obradivog poljoprivrednog zemljišta (NN 53/2010) je primjer tipičnog kvalitativnog, empirijskog i otvoreno govoreći, zastarjelog procjenjivanja vrijednosti zemljišta. Prema njemu prostorne kategorije zemljišta su:

- P1 - osobito vrijedna obradiva zemljišta
- P2 - vrijedna obradiva zemljišta
- P3 - ostala obradiva zemljišta
- PŠ - ostala poljoprivredna zemljišta

Zemljišta se rangiraju od najpovoljnijih do potpuno nepovoljnih tala prema bonitetnim svojstvima tla, klime, reljefa i ostalih prirodnih uvjeta, a bonitet tla utvrđuje se opisno temeljem razvojnog stupnja tla (pedološki), teksture (mehaničkih svojstava) i geološkog podrijetla supstrata tla.

Umjesto empirijskog i anakronog pristupa vrednovanju zemljišta u RH koji proklamira službeni sustav bonitiranja, jedino se u Osječko-baranjskoj županiji unazad 20-ak godina razvija i primjenjuje parametarsko-matematičko-statistički model koji, osim dijela empirijsko-stručnih prosudbi (procijenjenih indikatora zemljišne pogodnosti), sadrži numeričke rezultate kemijske analize tla uz primjenu statističko-matematičkih modela te ga stoga treba smatrati pravim kvantitativnim sustavom zemljišne evaluacije.

Napredak u informacijskoj tehnologiji omogućio je primjenu različitih tehnika modeliranja, korištenje GIS-a te primjenu najsloženijih sustava procjene zemljišne pogodnosti. Takve metodologije omogućuju kvantificiranje i integraciju različitih procjena zemljišne pogodnosti uz detaljnu analizu i prognozu (*predikciju*) kao temelj planiranja poljoprivredne proizvodnje od parcele (lokalno) pa sve do regionalne i državne razine. Najsuvremeniji pristup evaluaciji zemljišta uključuje procesno orijentirano modeliranje koje simulira rast usjeva (pomoću matematičkih jednažbi), a temelji se na razumijevanju stvarnih mehanizama rasta biljaka koje integrira u postupak zemljišne evaluacije. Zbog toga su prvo u Zavodu za kemiju, biologiju i fiziku tla Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku razvijeni originalni simulacijski modeli (autor je Vladimir Vukadinović) za analizu rasta i razvoja, odnosno tvorbu merkantilnog i biološkog prinosa najznačajnijih usjeva, ali nisu uključeni u kompjutorski model vrednovanja zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije. Razlog za to je njihova kompleksnost, a za zadovoljavajuću pouzdanost zahtijevaju vrlo velik broj različitih podataka čije je prikupljanje skupo zbog brojnih mjerenja (biljnih, zemljišnih i klimatskih senzorskih postaja). Takvi simulacijski modeli su neophodni za razvijanje metodologije vrednovanja zemljišta i vrlo su korisni za determinaciju očekivanih, mogućih, ali i ekscenčnih proizvodnih situacija. Stoga i pored sve pouzdanije determinacije plodnosti, kao i korištenja sve većeg broja indikatora potrebnih za pouzdano vrednovanje zemljišta i neprestanog razvoja metodologije, procjena zemljišne pogodnosti još uvijek nije sasvim egzaktna i apsolutno mjerljiva.

Plodnost tla, premda je to vrlo kompleksno svojstvo tla, ipak se može dobro procijeniti temeljem izravnog mjerenja pojedinih indikatora, ali i uz posredno opažanje, posebice u duljem vremenskom intervalu. Za poljoprivrednu proizvodnju vrlo je važno da procjena zemljišne pogodnosti bude relativno jednostavan, točan i pouzdan način rangiranja plodnosti tala, utemeljen na mogućoj biljnoj proizvodnji, njegovoj zaštiti od degradacije i nedopuštenog, odnosno štetnog utjecaja na okoliš. Ipak, ponekad se utvrđeni parametri plodnosti zemljišta ne mogu čvrsto povezati s visinom prinosa, a u razrješavanju tih problema kvalitativne metode procjene vrijednosti zemljišta potpuno su nemoćne jer ne omogućavaju nikakvu analizu, niti automatizirano rukovanje podacima (kao što su njihovo čuvanje u bazama podataka, ažuriranje, statistička obrada, vizualizacija, predikcija itd.).

Zaključno, koncept plodnosti tla je razvijen kako bi se opisala korisnost i zdravlje tla što je od temeljne važnosti za dobrobit i

produktivnost poljoprivrednih i prirodnih ekoloških sustava. Plodnost tla često se izjednačava s poljoprivrednom produktivnosti i održivosti te se najčešće definira kao *produktivni potencijal tla*, uvažavajući njegove ekološke funkcije.

1.6. Opskrbljenost tla i zadatak gnojidbe

Ekonomski princip nalaže povećanje doza gnojiva sve dok je rast prinosa rentabilan te stoga racionalna proizvodnja hrane podrazumijeva količinu gnojiva koja odgovara potrebama biljke, stanju usjeva, plodnosti tla i istovremeno vodi računa o klimatskim uvjetima i mogućem urodu.

Proizvođač je najčešće u dilemi: „*Trebam li gnojiti prema analizi tla, odnosno gnojdbenoj preporuci ili ne?*“ jer je cijena gnojiva visoka, izostavljena ili je primijenjena reducirana obrada, agrotehnički rokovi su prošli i sl. Istovremeno, visoka cijena hrane traži sve češće odgovor na pitanje: „*Može li se gnojidba izostaviti, djelomično ili potpuno?*“. Odgovori na takva pitanja su složeni i moraju se temeljiti na poznavanju ekonomije (tržišta) i spremnosti za prihvaćanje rizika. Budući da se u skoroj budućnosti ne očekuje niža cijena gnojiva (ulaganja u poljoprivrednu proizvodnju sve su veća), globalni porast potreba za hranom utječe i na sve masovnije alternativnu biljnu proizvodnju uz sve veću primjenu organskih gnojiva (stajnjaka, komposta, siderata, bihugnoja itd.). Međutim, treba naglasiti da ne postoje općeprihvaćeni rezultati znanstvenih istraživanja koji bi potvrdili superiornost organskih ili anorganskih gnojiva. Dapače, višegodišnji pokusi širom Zemlje pokazuju kako se visoki i stabilni prinosi i dobra produktivnosti tla mogu ostvariti uravnoteženom organskom gnojidbom uz primjenu mineralnih gnojiva.

Uzgoj usjeva uvijek je bio i bit će rizičan, podjednako zbog vremenskih i tržišnih uvjeta, pa si poljoprivredni proizvođači ne mogu priuštiti neučinkovitu (i pogrešnu) primjenu, odnosno suboptimalne ili pak previsoke (*lüksuzne*) doze gnojiva. Kako bi poljoprivredni proizvođač donio ispravnu odluku, potrebna mu je kemijska analiza tla i/ili biljaka koja čini zanemarivi trošak u biljnoj proizvodnji (~2 % na ukupno ulaganje) jer je ona ključ učinkovite, ekološki prihvatljive i profitabilne gnojidbe, odnosno uvjet za donošenje ispravnih proizvodnih i agrotehničkih odluka.

Konvencionalno utvrđivanje potrebe u gnojidbi podrazumijeva poznavanje graničnih vrijednosti svakog pojedinog hraniva, odnosno utvrđene razrede pristupačnosti, koeficijente učinkovitosti gnojiva i planiranu (moguću) visinu prinosa. Najveći broj podataka kontrole

plodnosti tla u Hrvatskoj dobiven je AL-metodom (Amonijsko Laktatna ekstrakcija hraniva, varijanta *Egnér-Riehm-Domingo*) pa će ona biti iskorištena u daljnjem tekstu za prikaz procjene, odnosno proračun preporuke potrebne gnojidbe na konvencionalan, za naše uvjete standardan način.

Podjela tala u grupe, na temelju opskrbljenosti hranivima, ima praktičan značaj za konvencionalan pristup utvrđivanja potrebne gnojidbe što je prikazano tablicama 4. i 5.

Tablica 4. Opskrbljenost tla hranivima i zadatak gnojidbe

| Opskrbljenost | Zadatak gnojidbe |
|---------------|---|
| Dobra | <ul style="list-style-type: none"> • očuvanje sadržaja hraniva na istoj razini • gnoji se količinom odnesenih elemenata dovoljnom za nadoknadu prirodom |
| Srednja | <ul style="list-style-type: none"> • podizanje razine opskrbljenosti hranivima • gnoji se nešto većim količinama od odnošenja prirodom |
| Niska | <ul style="list-style-type: none"> • podizanje efektivne plodnosti tla • gnoji se povećanim količinama hraniva zbog osiguranja visokog prirodna i obogaćivanja tla hranivima koja su u nedostatku |

Tablica 5. Opskrbljenosti tla hranivima i povećanje prinosa gnojidbom

| Opskrbljenost tla | Usvajanje hraniva iz tla i gnojiva | | Očekivani porast prinosa |
|-------------------|------------------------------------|----------|--------------------------|
| Vrlo visoka | Tlo | | <10 % |
| Visoka | Tlo | Gnojivo* | 10 - 30 % |
| Optimalna | Tlo | Gnojivo | 30 - 50 % |
| Niska | Tlo | Gnojivo | 50 - 80 % |
| Vrlo niska | Tlo | Gnojivo | >80 % |

*Gnojivo** = Startna gnojidba (i za održavanje plodnosti tla)

Pitanje gnojidbe siromašnih tala niske opskrbljenosti hranivima visokim dozama, s ciljem postizanja visokih prirodna, mora se oprezno, ali i posebno rješavati za svaki element, s obzirom na usvojenu strategiju gnojidbe, jer im je ponašanje u tlu i učinkovitost, kako agronomska tako i fiziološka, vrlo različita. Primjerice, koncentracija fosfora u vodenoj fazi tla je u rasponu od 10^{-4} mol dm^{-3} (visoka) do 10^{-8} mol dm^{-3} (nedovoljna bioraspoloživost). Budući da koncentracija 10^{-5} M (dobra bioraspoloživost P) odgovara 0,31 mg fosfora po litri otopine tla, to u oraničnom sloju (30 cm) uz $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ vode (~6 cm) iznosi manje od $0,2 \text{ kg P ha}^{-1}$. Tijekom vegetacije usjev će, i pored niske koncentracije fosfora, usvojiti iz vodene faze tla 20-40 kg ha^{-1} te njegova učinkovitost ne prelazi 30 % iskorištenja u prvoj godini primjene, a na siromašnim tlima u fosforu tek ~10 %. Koncentracija kalija, u odnosu na P, znatno je viša u vodenoj fazi tla,

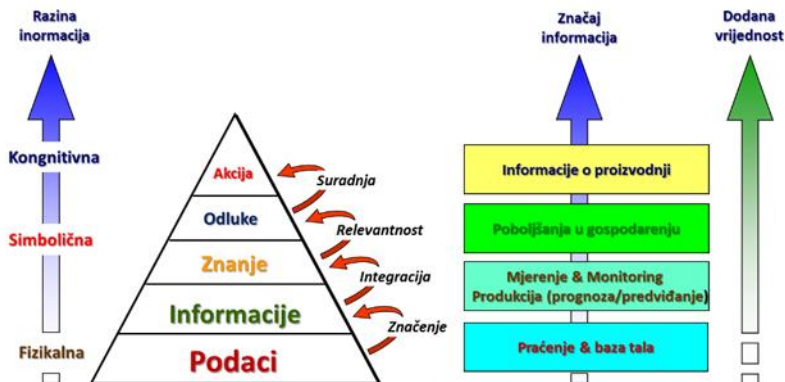
najčešće između 5 i 50 kg ha⁻¹ te je i njegova efikasnost nekoliko puta veća u odnosu na fosfor. Koncentracija dušika, posebice nitratnog oblika, veoma varira u tlu pa su, primjerice, naša mjerenja u piezometrima (Gat, krumpir) pokazala koncentraciju NO₃⁻ između 25 i 141 mg dm⁻³ što znatno premašuje zakonom dopuštenu koncentraciju (50 mg NO₃⁻ dm⁻³).

Većina biljaka zahtijeva dušik tijekom cijelog vegetacijskog perioda. Budući da sve biljke u prvim fazama sporo rastu, a dušična gnojiva su lako topljiva te se dušik lako gubi iz zone korijena, veće količine treba osigurati samo u fenofazama brzog porasta. Stoga primjena N-gnojiva treba biti tako tempirana da se osigura kontinuirano snabdjevanje biljaka dušikom, osobito tijekom razdoblja ubrzanog rasta (npr. na početku vlatanja ozimih žita). To se postiže samo višekratnom prihranom N-gnojivima i to 2-4 puta, ovisno o N bioraspoloživosti i duljini vegetacije biljaka. Iskoristivost dušika iz mineralnog gnojiva prosječno je 50 %, često tek 30 %, a vrlo rijetko do 70 % i to samo kod višekratne primjene malim dozama.

Biljke zahtijevaju veće količine fosfora u dva vremenska razdoblja. Prvi puta rano, tijekom rasta korijena, a drugi put u trenutku prijelaza iz vegetativne u generativnu fazu (oplodnja). Budući da se fosfor u tlu neznatno premješta, mora se primijeniti „pod“ osnovnu obradu kako bi se rasporedio cijelom dubinom oraničnog sloja, ili najkasnije sa sjetvom, ali tada samo u trake i nikad po površini tla (omaške).

Dinamika usvajanja kalija slična je usvajanju dušika (brzi porast i formiranje prinosa), ali je njegova dostupnost slična fosforu. Ipak, efikasnost primjene kalija slična je onoj kod dušika (~50 %). Dakle, treba ga primijeniti kao osnovno ili najkasnije startno gnojivo. Tla bogata glinom fiksiraju kalij (unutar međulamelarnih prostora minerala gline) te na „teškim“, glinovitim tlima biljke često oskudijevaju u kaliju, premda kemijska analiza tla pokazuje dovoljnu K opskrbljenost.

Nasuprot konvencionalnom pristupu utvrđivanja potrebe u gnojidbi, postoje i sustavi koji teže postizanju najvećeg mogućeg priroda u kojima se npr. postiže do 14 t ha⁻¹ pšenice te 22 t ha⁻¹ kukuruza. Takva primjena gnojiva temelji se na spoznaji da je ekonomičan prirod vrlo blizak maksimalno mogućem (Oprez! To nije slučaj u našoj ekonomskoj stvarnosti). Visokoprosinosti sustavi zahtijevaju visoka ulaganja, ali je i dobit visoka (istina, uz znatno veći rizik), a povećana produkcija hrane neminovno smanjuje njezinu cijenu.



Grafikon 1. Značaj informacija za učinkovitu gnojidbu (temelji se na fizikalno-kemijskoj analizi tla i nizu drugih indikatora potrebnih za njenu kvantitativnu procjenu).

Pored *konvencionalnih* i *visokoproduktivnih* sustava uzgoja biljaka, koji se mogu označiti i kao *sustavi visokog ulaganja*, sve češće se prakticiraju tzv. *alternativni sustavi*. Oni polaze od koncepta *prirodne* ili *biološke produkcije* bez korištenja (ili u znatno smanjenom obimu) kemijskih sintetičkih tvari s ciljem proizvodnje "*zdrave hrane*", a svrstavaju se u *sustave niskog ulaganja* ili *ekstenzivne sustave* koji najčešće zahtijevaju znatno više ljudskog rada i, nasuprot uvriježenom stavu, mnogo veće znanje proizvođača. Takva je proizvodnja i rizičnija.

Potreba za prehranom svih stanovnika Zemlje i osiguranje dovoljnih količina hrane, zasad još uvijek marginalizira alternativne načine proizvodnje hrane. Ipak treba istaknuti da bi se povećanjem površina pod sustavima za navodnjavanje, boljim korištenjem poljoprivredne mehanizacije, uzgojem novih biljnih vrsta koje se još ne koriste za proizvodnju hrane, sjetvom visokoprinostnih kultivara, angažiranjem većeg broja ljudi u poljoprivredi te primjenom sintetskih preparata samo kad je to stvarno potrebno i u najmanje potrebnim dozama, vjerojatno zadovoljile sve potrebe čovječanstva u hrani.

Dobar proračun (preporuka) gnojidbe temelji se isključivo na analizi tla i/ili biljke kako bi bio pouzdan u minimalno 75 % slučajeva i mora biti usklađen s očekivanom (realnom) visinom prinosa, ali i ekonomskim, kao i ekološkim efektima gnojidbe. Naravno, zbog velike varijabilnosti agroekoloških, ekonomskih, tehnoloških i dr. uvjeta proizvodnje, postoji realan rizik pogrešne procjene potreba biljke i mogućnosti postizanja

očekivanog prinosa. Uz dobru gnojdbenu preporuku treba očekivati pouzdanost (očekivanu reakciju usjeva na gnojidbu) od 70 do 80 %, rijetko više, ali često i niže. Naime, poljoprivredna proizvodnja uvijek uključuje nepoznanice te pouzdanost gnojdbene preporuke pozitivno korelira s brojem uključenih relevantnih indikatora plodnosti (grafikon 1.).

Dobra gnojdbena preporuka uključuje kvalitetno, stručno i nepristrano uzorkovanje tla, adekvatan izbor analitičkih metoda i njihovu točnu interpretaciju, dopunske podatke o svim aspektima proizvodnje, dobro definiranu filozofiju gnojidbe, veliko i multidisciplinarno znanje kreatora preporuke, kao i njegovo iskustvo. Stoga je potrebno izradu gnojdbenih preporuku podrediti relevantnim (kalibriranim i indeksiranim) podacima, provjerenim principima, znanju i iskustvu, kako laboratorij koji kreira preporuku, tako i iskustvu i znanju korisnika, tj. poljoprivrednih proizvođača.



2. Suvremene metode i koncept zemljišta

Plodnost tla je koncept razvijen da bi se opisala korisnost, ali i „*zdravlje tla*“, jer je to od najveće važnosti za produktivnost poljoprivrednih i prirodnih ekoloških sustava. Tako osmišljen koncept uključuje poznavanje više različitih indikatora od kojih se neki ne mogu izravno mjeriti pa se primjenjuje niz prilično različitih definicija plodnosti tla, odnosno njegovog zdravlja. Naime, regionalne razlike u svojstvima tla, klimi i poljoprivrednoj praksi toliko su velike da se nijedan skup značajki tla ne može usvojiti za opću kvantifikaciju plodnosti tla. Budući da je nemoguće jednoznačno definirati plodnost tla, ona se mora posebno utvrditi za svako agroekološko područje (tip tla, klimu, biljnu vrstu, kultivar, način uporabe tla itd.). Također, plodnost tla mora obuhvatiti i njegova biološka svojstva (biogenost tla), kao i isplativost proizvodnje. Biogenost tla često se pojednostavljuje i svodi samo na njegovu bioraznolikost (nova strategija EU), a da pritom nije razvijena pouzdana metodologija za mjerenje bioloških čimbenika, niti njena interpretacija, osim jednostavnih procjena (npr. broja gujavica, populacije i brojnosti mikroorganizama, disanja tla i sl.). Poseban i vrlo složen problem je definiranje plodnosti tla u smislu isplativosti određene proizvodnje koji je u domeni ekonomsko-socijalnog okruženja i nadasve politike.

Plodnost tla često se izjednačava s poljoprivrednom produktivnosti, pa i održivosti, a najčešće se definira kao *potencijal tla za obavljanje njegove ekološke funkcije u sustavu*, npr. za održavanje biološke produktivnosti, raspodjelu i regulaciju kretanja vode u ekosustavu itd. Vrednovanje plodnosti tla mijenjalo se kroz povijest. Premda su neki od tradicionalnih načina još uvijek široko primjenjivani, oni su kvalitativni, time i anakroni, jer se tek djelomično mogu uklopiti u kompjuterske baze podataka i statističku, ekonomsku i geoprostornu analizu GIS alatima. Stoga budućnost kvantifikacije (mjerljive) plodnosti tla, odnosno njegove pogodnosti za različite poljoprivredne namjene leži u suvremenim, kompjutoriziranim sustavima kao što su *ekspertni sustavi, fuzzy metodologije, modeli neuralnih mreža, različiti simulacijski modeli*, odnosno automatizirani kompjutorski programi podržani bazama podataka o zemljištu, klimi, usjevima, orografiji, agrotehnici itd. i naravno GIS-om.

U završnoj fazi vrednovanja zemljišta njegova prostorna analiza obuhvaća korištenje tehnika za predikciju i vizualizaciju produktivnih i drugih svojstava zemljišta u vidu karata. Naime, korištenjem geostatističkih tehnika i alata geografskog informacijskog sustava (GIS) omogućeno je brzo

generiranje tematskih karata s procjenom zemljišne pogodnosti za različite namjene. Takva metodologija omogućuje niz analitičkih postupaka nad prostornim podacima, npr. kombiniranje različitih skupina informacija putem slojeva, agregaciju sličnih svojstava zemljišta, interpolaciju za širi prostor na temelju postojećih vrijednosti i dr. Također, digitalne satelitske snimke mogu se ugraditi izravno u prikaz zemljišne pogodnosti pa je ovakva tehnologija preduvjet za upravljanje velikim brojem informacija, posebice za širi poljoprivredni prostor. Također, geostatistička prostorna analiza omogućuje da se na temelju relativno malog broja (dobro raspoređenih) uzoraka predvidi prostorni raspored istraživanih svojstava zemljišta metodama geostatističke vizualizacije i/ili predikcije.

Buduće promjene u korištenju zemljišta, kao i razvoj upravljačke prakse, mora se temeljiti na rezultatima procjene produktivnosti i svojstava zemljišta kako bi se utvrdila pogodnost, ali i ranjivost zemljišnih resursa. U tom smislu jasno je kako brzi razvoj informacijskih i komunikacijskih tehnologija predstavlja moćan alat za obradu velikog broja podataka, uključujući i nove izvore, npr. satelitske snimke, digitalne modele reljefa, vegetaciju, pedološke i agrokemijske karte, mogućnost navodnjavanja, obrade, klimatske zanačajke i dr.

Korištenje zemljišta je dinamičan proces te njegovo vrednovanje mora uključiti i buduće promjene, posebice očekivanu veću učinkovitost organske produkcije. Također, potrebno je omogućiti bolju identifikaciju potencijalno kritičnih (ranjivih) ili problematičnih područja i izradu detaljnih karata zemljišne pogodnosti za različite tipove korištenja, ali i redovito ažuriranje različitih skupova podataka.

Prihvaćanje i prakticiranje *koncepta zemljište* je od osobite važnosti jer je zemljište znatno širi pojam i obuhvaća pored tla, vegetaciju, hidrologiju, fiziografiju, infrastrukturu, klimu i dr. Samo male jedinice zemljišta su homogene u svim aspektima, a za analizu i procjenu proizvodne pogodnosti zemljišta je presudno koliko neujednačenost parcele (i šireg proizvodnog prostora) utječe na kapacitet produktivnosti pod određenim uvjetima njegove uporabe. *Dakle, koncept zemljište nije samo fokusiran na agrološke (biološko-ekološke, odnosno agronomске) aspekte biljne proizvodnje (tlo, klima, biljka i agrotehnika), već smatra jednako važnim i ostale aspekte korištenja zemljišta (sociološko-ekonomski i tehničko-tehnološki).*

Koristeći suvremenu metodologiju i klasične analize procjene pogodnosti zemljišta (fizikalne, kemijske, biološke i dr.) razvijeni su, unutar

koncepta zemljište na prostoru istočne Hrvatske, kompleksni programski alati za odlučivanje o potrebi kondicioniranja tla, eliminiranja čimbenika minimuma, izradu gnojidbenih preporuka uz davanje agrotehničkih savjeta proizvođačima, očuvanje i zaštitu prostora i dr. te temeljem toga i provođenje rajonizacije ratarske i voćarsko-vinogradarske proizvodnje (autor je Vladimir Vukadinović). Prednosti takvog pristupa su brzina i pouzdanost informacijskog sustava, utemeljenog na GIS-u, za utvrđivanje agroekoloških i ekonomskih rizika kod izbora terena/tla za usjeve, povrće, zasnivanje voćnjaka i vinograda i dr.

2.1. Analize tla i biljaka

Analiza tla postala je zakonska obveza, ali veliki dio proizvođača nema osnovne informacije o tome kako se uključiti u sustav, koje institucije to rade, gdje se obavljaju analize ili kako dobiti pouzdanu preporuku za gnojidbu i adekvatne agrotehničke zahvate. Sustav kontrole plodnosti tla vodi računa o svim čimbenicima, stoga obuhvaća niz agroloških (agrotehničkih, fizikalno-kemijsko-bioloških i dr.) svojstava tla i uključuje druge važne aspekte (sociološko-ekonomske i tehničko-tehničke provenijencije) primarne produkcije organske tvari, a čine ga:

- 1) uzimanje uzoraka,
- 2) laboratorijska analiza i
- 3) tumačenje rezultata analize, odnosno izrada preporuka.

Veliki problem kod uvođenja sustava kontrole plodnosti predstavlja činjenica da proizvođači vrlo često žele samo zadovoljiti formu, dati tlo na analizu i dobiti preporuku kako bi ostvarili poticaje ili druge subvencije, jer ih ne razumiju ili pak ne uvažavaju. Vjerojatno treba proći duži period „uhodavanja“ da farmeri steknu povjerenje u institucije koje rade analize, ali i laboratoriji za ispitivanje tla bi morali odgovorno i predano raditi. Naime, neophodno je farmere uvjeriti u korist od kontrole plodnosti, a to je moguće samo ako primjenom gnojidbene preporuke ostvaruju veći prinos, bolju kakvoću proizvoda uz veću profitabilnost. Iskustva razvijenih zemalja ukazuju kako proizvođači postaju u duljem vremenu svjesni potrebe kontrole plodnosti tla, a taj proces se znatno ubrzava kad država striktno i odgovorno nadzire ekološko opterećenje okoliša, ali i pomaže putem savjetodavne službe, različitim publikacijama i tehnološkim uputama, većim angažiranjem javnih znanstveno-istraživačkih institucija, savjetovanjima, radionicama itd. Primjerice, u Danskoj, koja je agrarnu reformu imala prije

150 godina, kontrola plodnosti nije zakonska obveza, ali se gnojivo ne može nabaviti bez gnojidbene preporuke ovlaštenih institucija.

Uzimanje uzoraka tla

U sustavnoj kontroli plodnosti tla jedan od najvažnijih i najodgovornijih segmenata je pravilno uzimanje uzoraka tla. Uzorak tla mora dobro reprezentirati proizvodnu parcelu jer od toga ovisi točna dijagnoza stanja plodnosti, kao i točna interpretacija rezultata, odnosno pouzdana gnojidbena preporuka s prijedlogom mjera koje treba provesti. Problem je utoliko veći što se na temelju analize malog uzorka tla, približno 1,0 kg na prosječno 4 ha, moraju dobiti podatci o masi tla od oko 12 mil. kg oraničnog sloja. Prema ispitivanjima provedenim u svijetu i kod nas, prilikom uzimanja uzoraka tla napravi se više od 80 % svih grešaka u sustavu kontrole plodnosti zemljišta, koje mogu uveliko obezvrijediti rezultate laboratorijskih analiza i njihovu uporabivost.



Slika 3. Hidraulična, automatska sonda za uzorkovanje tla

Prosječan uzorak tla za analizu mora sadržavati najmanje 20 do 25 uboda agrokemijskom sondom, bez obzira koji sustav uzorkovanja se primjenjuje. Dubina uzorkovanja tla za usjeve je 0-30 cm, za povrće i cvijeće 0-20 ili 0-30 cm, u zatvorenim prostorima za povrće 0-15 cm, dok se kod drvenastih kultura prosječni uzorci uzimaju iz dvije dubine: 0-30 cm i 30-60 cm. Za potrebe N_{\min} metode, koja se koristi za određivanje prihrane dušikom, uzorci se uzimaju ovisno o fazi vegetacije na dubinama 0-30, 30-60 i 60-90 cm. Ovi uzorci uzimaju se posebnim sondama, često i hidrauličnim (slika 3.), ne suše se i ne usitnjavaju jer se mineralni dušik analizira u nativnom tlu koje se mora

analizirati unutar 24 sata, a do tada se čuva u hladnjaku na temperaturi do 4°C.

Tlo je općenito vrlo heterogeno po svojim morfološkim, fizikalnim i kemijskim svojstvima, pa i onda kad naoko izgleda homogeno (po boji, nagibu i dr.), a uzorak tla je mala količina/dio prirodnog ili obrađenog koji

mora reprezentirati cijelu površinu, pa se svaka greška učinjena pri uzorkovanju odražava na krajnji rezultat. Zbog toga se način uzimanja i broj uzoraka temelji na poljskim varijacijama, topografiji parcele i tipu tla.

Prije uzorkovanja potrebno je obaviti „snimanje“ (pregled ili rekognosciranje) terena na temelju kojeg se određuje veličina analitičke jedinice (ovisno o kulturi i homogenosti površine), te potreban broj pojedinačnih uzoraka za dobivanje prosječnog uzorka tla. Dakle, uzorkovanje tla obavlja se planski prema unaprijed pripremljenim kartama s planovima površina i njihovim nazivima, vodi se evidencija svih značajki terena koje se ne mogu numerički označiti, a važni su za tumačenje rezultata analiza.

U suvremenoj kontroli plodnosti uzorci tla uzimaju se metodom *stalnih kontrolnih parcelica* jer se kod ovog načina uzorkovanja zbog ponavljanja (svakih 4-5 god.) uzimaju na istom mjestu, dakle obavezno uz pozicioniranje GPS-om. Takav sustav uzorkovanja označava se kao *benchmark*, a stalna kontrolna parcelica kao *referenta ploha* jer analizu promjene plodnosti tla temelji na prethodnom stanju. Za razliku od drugih sustava uzimanja tla koji se temelje na subjektivnoj procjeni uzorkivača, *benchmark* je objektivniji jer omogućuje monitoring, odnosno praćenje promjena u tlu tijekom njegove eksploatacije u određenim vremenskim razmacima (uobičajeno 3-5 godina).

Uzorci tla za kontrolu plodnosti mogu se prikupljati tijekom cijele godine s tla bez vegetacije, premda je uzorkovanje najbolje obaviti nakon žetve/berbe predhodnog usjeva, a najkasnije mjesec dana prije gnojidbe i sjetve slijedećeg usjeva, i to za vrijeme kad je temperatura tla viša od 5°C. Uzorci tla za utvrđivanje potrebe u N-prihrani uzimaju se tijekom vegetacije, ovisno o fenofazi ili izgledu usjeva. Uzorkovanjem tla heterogenih parcela prema *benchmark* metodologiji, omogućava se primjena diferencijalne gnojidbe, odnosno primjena različite doze gnojiva/hraniva sukladno razlikama u plodnosti. Takav pristup daje bolje rezultate od uniformne gnojidbe jer omogućuje potrebnu količinu hranjivih tvari na pojedinom dijelu parcele, a ekološki i ekonomski je prihvatljiv jer je prilagođen potrebama biljaka i opskrbljenosti tla.

Kemijska analiza tla

Pod „*analizom tla*“, u širem smislu, smatraju se svi postupci od uzimanja uzoraka tla, preko laboratorijske analize i interpretacije rezultata, dok je u užem smislu to sam analitički postupak kojim se utvrđuju fizikalno-

kemijska svojstva tla. Analiza tla omogućuje pravilnu primjenu mineralnih i organskih gnojiva, uvođenje mjera popravke tla, rješavanje deficita pojedinih elemenata, te održavanji i/ili podizanje efektivne plodnosti tla.

Za kontrolu plodnosti tla, kao sustava, važan je odabir odgovarajuće laboratorijske metode kojom se pouzdano mogu utvrditi indikatori plodnosti tla, ali još je važnije, na cijelom prostoru jedne države ili regije, koristiti standardnu metodologiju kako bi rezultati upućivali na trend, odnosno promjenu plodnosti. Premda je neobično važna standardna metodologija, za konkretne agroekološke uvjete potrebno je eksperimentalno utvrditi korelacijske veze između rezultata analize tla, primjene gnojiva i postignutih prinosa pojedinih usjeva (pa i njihovih kultivara), što je u našoj poljoprivrednoj praksi još vrlo rijetko jer su to skupa, višegodišnja istraživanja. Također, česte promjene zakona i propisa u Hrvatskoj, vezanih uz zemljište i njegovo korištenje, sadrže i promjene u metodologiji kontrole plodnosti tla (npr. „*Tehnološke upute za integriranu biljnu proizvodnju*“ donose se svake godine uz promjenu zahtijevanih mjera i metodologije analize tla), što ne osigurava kontinuitet sustava kontrole plodnosti, a poljoprivredne proizvođače dovodi u nedoumicu.

Kemijske ekstraktivne metode

Za potrebe izrade preporuka gnojidbe usjeva koristi se niz kemijskih analitičkih metoda i tehnika. Pri izboru analitičke metode treba uvažiti činjenicu kako je svaka analitička metoda dobra ako uz nju postoji razrađeni sustav interpretacije dobivenih vrijednosti. Naime, svaka metoda potpuno ili djelomično isključuje subjektivnu procjenu i proizvoljnost te uvodi sustav (otklanja proizvoljnost) u utvrđivanju potreba za gnojidbom praćenjem intenziteta pojedinih indikatora efektivne plodnosti tla. Kod klasičnih analitičkih metoda za interpretaciju rezultata koriste se tablice graničnih vrijednosti, koje daju više orijentacijske rezultate, jer bioraspoloživost hraniva nije statička vrijednost, ona ovisi o nizu čimbenika (bioloških, fizikalnih, hidroloških, agrotehničkih i dr.). Zato se analitičkim i prognostičkim metodama traži uvid u količinu stvarno raspoloživih hranjivih elemenata u tlu, brzinu promjene njihove količine tijekom vegetacije (radi usvajanja, ispiranja, fiksacije i dr.) i količinu hranjivih elemenata koju treba dodati za optimalnu ishranu biljka. Kod nekih izračuna, kad se planski „podize“ plodnost tla (npr. meliorativna gnojidba, gnojidba na zalihu i dr.), uzima se u obzir i potreba povećanja razine nekog hraniva u tlu na ciljnu vrijednost.

Rezultati analize tla najčešće se tumače klasama obskrbljenosti tla (tzv. *granične vrijednosti*) i pomoću njih se predviđa djelovanje gnojidbe. Klasične metode analize tla u osnovi su jednokratne ekstrakcije koje procjenjuju *intenzitet hraniva* u tlu (hraniva koja su odmah, odnosno lako usvojiva) te dijelom i *kvantitet* (tzv. *mobilne rezerve*), odnosno hraniva koja su potencijalno usvojiva. Tako je npr. količina pristupačnog kalija (K_2O mg 100 g^{-1}) utvrđena slabim ekstrakcijskim sredstvom (H_2O , $CaCl_2$) lakopristupačni kalij u vodenoj otopini tla. Tako utvrđena vrijednost lako usvojivog kalija može biti bročano jednaka na lakom tlu, bez pufernog djelovanja, kao i na teškom tlu bogatom glinom u kojem postoji velika i nepoznata rezerva ovog hraniva. Metode u kojim se primjenjuju jača ekstrakcijska sredstva (AL, DL, CAL i dr.) daju veće vrijednosti količine hraniva, ali pak ne pokazuju koja je količina hranjivog elementa stvarno pristupačna biljkama.

Budući da korijen biljke usvaja elemente ishrane izlučujući u tlo različite spojeve, njegova je moć ekstrakcije bitno različita prema otapalima kemijske ekstrakcije, a uz to i vrlo promjenjiva, ovisno o vrsti i starosti biljke, njezinoj opskrbljenosti pojedinim elementima ishrane, vlazi tla itd. Zatim, masa korijena je svega oko 1 % od mase tla koju prožima pa se usvajanje hraniva ne obavlja samo kontaktom korijena i čestica tla, nego različitim mehanizmima (kontaktnom izmjenom, difuzijom, kretanjem mase i dr.). Stoga se rezultati bioraspoloživosti hraniva svih kemijskih i drugih ekstraktivnih metoda moraju rangirati ovisno o umjeravanju metode pomoću vegetacijskih testova i pokusa, odnosno biljka će pokazati promjenom visine prinosa (i/ili njegove kvalitete) je li ta ekstrahirana količina hraniva mala, osrednja, dobra ili suvišna.

Razvojem znanstvenih spoznaja o usvajanju hraniva korijenom biljaka postalo je jasno da se kod izračuna potrebe za gnojidbom moraju uzimati u obzir i međusobni odnosi hraniva u tlu i biljci te parametri koji na njih utječu (npr. DRIS metoda, *Diagnosis and Recommendation Integrated System*). Unatoč navedenim nedostacima, *jednokratne ekstrakcijske metode* su uobičajene u praksi zbog brzine i relativno niske cijene i zbog toga što se potreba za gnojidbom jednostavno određuje pomoću graničnih vrijednosti.

EUf metoda (elektroultrafiltracija)

Od *višekratnih ekstrakcijskih metoda* kod nas se, doduše u manjem obimu, primjenjuje EUf (*elektroultrafiltracija*) koja se temelji na ekstrakciji elemenata ishrane električnim jednosmjernim naponom, pri čemu se

hraniva i koloidi tla u vodenoj suspenziji odvajaju pomoću specijalnih membranskih filtera. EUF aparatura omogućuje ekstrakciju kod različitih napona i jačine struje, kao i temperature, a novi mikroprocesorski regulirani EUF ekstraktori održavaju jačinu struje konstantnom pa se može izdvojiti niz dobro definiranih frakcija, odnosno utvrditi neposredno pristupačna količina hraniva, kao i njihove mobilne rezerve. Omjer mobilnih rezervi i hraniva u vodenoj fazi tla reprezentira puferni kapacitet tla i omogućuje sagledavanje „vremenske dimenzije“ raspoloživosti hraniva EUF metodom.



„ZNAM KAKO TO TVOJ TATA ZOVE DRAČA,
ALI LJEPIJA RIJEČ ZA TO JE GNOJIVO!“

Tablica 6. Preporuka za gnojidbu šećerne repe temeljem EUF analize

Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Kralja Petra Svačića 1d
31000 Osijek

web: <http://Hoznanstvo.com.hr>
e-mail: zkb@hoznanstvo.com.hr
tel/fax: +385-31-554-891

| Oznaka: | | Koordinate: | 45.69359 | 18.34939 | Broj uzor.: | 1 |
|---|---------|------------------|----------|-----------------------------------|------------------|-------------------------------|
| Gnojidbena preporuka šećerne repe temeljem EUF analize tla | | | | | | |
| Prinos i analize tla | | Rang indikatora | | EUF analize makrohraniva mg/100 g | | |
| Planirano t/ha | 70.00 | 40 - 50 t/ha | | 20°C/200V | 80°C/400V | Suma 20°C+80°C |
| Realno t/ha | 71.12 | prema RP* | | mg/100g | | |
| Tekstura tla | 4.00 | 0-5 (1-4)* | | 1.00 | 1.82 | 2.82 |
| pH H ₂ O | 5.41 | ≥5.0 (≥6.0)* | | 2.38 | 0.23 | 2.61 |
| pH KCl | 4.25 | ≥4.5 (≥5.5)* | | 0.78 | 1.87 | 2.65 |
| Humus % | 1.10 | ≥1.25 (2.0-4.0)* | | 6.30 | 11.60 | 17.90 |
| Sel. gлина % | 57.23 | ≥10.0 (15-30)* | | 3.25 | 5.24 | 8.49 |
| Hy cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹ | 4.16 | ≥4.0 (≥2.0)* | | 6.80 | 3.60 | 10.40 |
| CaCO ₃ % | 0.00 | ≥0.0 (≥2.0)* | | 1.68 | 0.32 | 2.00 |
| potencijal pK i pP (preporuka)* | | | | | | |
| pK | 1.67859 | | | Preporuka za integralnu gnojidbu: | | |
| pP | 6.27847 | | | NPK: | 77 | 12:52:00 kg/ha |
| Fe | 0.91 | | | KCl 60%: | 333 | kg/ha |
| Mn | 0.89 | | | Urea: | 58 | kg/ha (u osnov. gnojdbi) |
| Zn | 0.32 | | | KAN: | 247 | kg/ha (preddj., start; prih.) |
| B | 0.26 | | | CaD: | 2238 | kg/ha (prije koseња strništа) |
| Al | - | | | Karboalk: | 5115 | |
| Projektnu primjenu dušika provesti temeljem rezultata N _{min} analize! | | | | | | |
| Parcela je pogodna za uzgoj šećerne repe! | | | | | | |
| Rel. pog. tla za šeć. repu: | | | | P ₂ O ₅ | K ₂ O | B |
| Ograničeno pog. (64.3%) | | | | Mineralna gnojidba (kg/ha) | | |
| Integralna gnojidba: | 64 | 103 | 40 | 200 | | 2.24 |
| Konvencionalna gnojidba: | 71 | 115 | 45 | 250 | | 1.598 |

Prof. dr. sc. Vukadinović i Bertić

Osijek, 2013.06.02

EUF metoda, za razliku od standardne AL metode u RH kojom se utvrđuje bioraspodjivost samo fosfora i kalija, ekstrahira organski

lakomineralizirajući dušik (potencijalno bioraspoloživ), mineralne forme dušika, mikroelemente i tzv. *selektivno vezujuću glinu* te je vrlo pogodna za potrebe industrije šećera, odnosno proizvodnju tehnološki kvalitetnog korijena šećerne repe (tablica 6.). EUF-metoda je kompleksna jer obuhvaća velik broj indikatora plodnosti (oko 40 indikatora), kao i njihove interakcije, što omogućuje sigurniju procjenu potrebe za gnojidbom, ali je znatno skuplja i zahtjevnija od kemijskih ekstraktivnih metoda zbog sofisticirane i skupe aparature, sporosti analize, potrebe za visoko obučanim laboratorijskim osobljem, složene interpretacije rezultata i dr.

N_{min} metoda

Brza transformacija svih oblika dušika i intenzitet mobilizacije organskih rezervi u tlu ovisan je o broju, vrsti i aktivnosti mikroorganizama, odnosno velikom broju klimatskih, zemljišnih i bioloških čimbenika koji utječu na njihovu aktivnost. Pored toga i velika pokretljivost nitrata *konvekcijom* (strujanje mase ili *massflow*) i *difuzijom* dugo je vremena utvrđivanje potrebe za N-gnojidbom isključivala iz grupe standardnih kemijskih analiza tla. Stoga se do pojave *N_{min} metode* prihrana i startna gnojidba temeljila na iskustvima višegodišnjih pokusa, pri čemu se polazilo od najnepovoljnijeg slučaja te vrlo često primjenjivala previsoka doza.

Tablica 7. Preporuka N-prihrane ozimih usjeva *N_{min}* metodom

| Uzorak | Arkod ID | Usjev | Dubina cm | Tekstura | Vlaga % | N-NH ₄ ppm | N-NO ₃ ppm | Prinos | N kg/ha | KAN kg/ha |
|--------|----------|----------------|-----------|----------|---------|-----------------------|-----------------------|---------|---------|-------------|
| 1 | 2257205 | Pšenica | 30 | 2 | 20.00 | 8.00 | 10.00 | Visok | 119 | 200 (limit) |
| | | | 60 | 2 | 18.50 | 4.00 | 4.00 | | | |
| | | | 90 | 3 | 22.00 | 6.00 | 6.00 | | | |
| 3 | 2257205 | Ječam pivarski | 30 | 2 | 20.00 | 8.00 | 10.00 | Srednji | 92 | 200 (limit) |
| | | | 60 | 2 | 18.50 | 6.00 | 6.00 | | | |
| | | | 90 | 3 | 22.00 | 6.00 | 6.00 | | | |
| 3 | 2257205 | Uljana repica | 30 | 2 | 20.00 | 8.00 | 10.00 | Srednji | 102 | 200 (limit) |
| | | | 60 | 2 | 18.50 | 5.50 | 5.50 | | | |
| | | | 90 | 3 | 22.00 | 6.00 | 6.00 | | | |

Bilo je i ranije različitih pokušaja, manje-više neuspješnih, prije svega biološkim metodama, radi procjene mobilizacijske sposobnosti nekog tla. U tu svrhu korištene su različite inkubacijske metode u anaerobnim (za procjenu amonifikacijske) i aerobnim uvjetima (za procjenu nitrifikacijske sposobnosti tla), zatim različite mikrobiološke pa i kemijske metode kao što je utvrđivanje lakohidrolizirajućeg dušika (kemijski labavo vezanog N) koji tijekom vegetacije podliježe mineralizaciji i dr.

N_{\min} metoda polazi od pretpostavke da se utvrđivanjem količine mineralnih oblika dušika koje biljka može odmah i lako usvojiti, prije sjetve za proljetne kulture ili pred busanje za ozima žita, može utvrditi potrebna količina dušika za N-prihranu (tablica 7.). Zbog toga se uzorci tla za N_{\min} metodu uzimaju iz zone do koje dopire korijenov sustav, a metoda uvažava i potrebe jarih usjeva tijekom vegetacije pomoću procjene potencijala mineralizacije organske tvari.

Kemijska analiza biljne tvari

Dok analiza tla pokazuje stanje i dinamiku hranivih elemenata u tlu (odnosno koliko biljka može usvojiti hraniva iz tla), kemijska analiza biljaka u žetvi najtočnije pokazuje koliko je stvarno ukupno usvojeno (tzv. *iznošenje hraniva*), odnosno koliko je pojedinog elementa ishrane u merkantilnom dijelu (tzv. *odnošenje hraniva*). Rezultat kemijske analize biljaka u žetvi, ili u odeđenim fenofazama, dobar su pokazatelj potrebe za N-prihranom ili za gnojdbom u narednom vegetacijama, jer iskorištenje elemenata iz rezervi tla i gnojiva ovise o biljnoj vrsti, dužini vegetacije te zemljišnim i klimatskim uvjetima.

Analiza biljne tvari, kao i prikupljanje i obrada uzoraka tkiva biljaka, zahtjevnija je negoli analiza tla. Također, vrlo je velik broj različitih metoda u uporabi pa se grubo dijele na:

- brze testove biljne tvari,
- kemijske analize i
- biokemijske analize.

Brze test-metode biljne tvari temelje se na karakterističnim obojenim produktima mikrokemijskih reakcija hraniva u soku iscijeđenom iz lišća ili drugih biljnih organa. Danas se sve više rabe specijalni štapići ili trake koje navlažene iscijeđenim sokom pokazuju jednu ili više nijansi (više kemijskih reakcija) određene boje. Koncentracija ispitivanog hraniva određuje se polukvantitativno prema intenzitetu boje na standardnoj karti boja (ili priručnim kolorimetrom, reflektometrom, denzitometrom i dr.). Ove metode su vrlo brze, jeftine i pogodne za primjenu na terenu svaki put kada se pojave simptomi poremećaja ishrane biljaka ili postoji potreba za određivanje trenutka i/ili doze hraniva za prihranu. Ne treba zaboraviti da je brzina analize na štetu većeg broja informacija pa je dobro kod primjene brzih kemijskih metoda ispitati i svojstva tla.

Kemijske analize biljne tvari najčešće se koriste za umjeravanje kemijskih analiza tla, odnosno njihovo pouzdanije utvrđivanje potrebe u

gnojidbi. Premda između koncentracije elemenata ishrane u biljci i mogućnosti njegovog usvajanja iz tla (bioraspoloživosti) postoji korelacija, ona je promjenjiva i snažno ovisi o klimatskim fizikalno-kemijskim svojstvima tla, tehnologiji uzgoja i specifičnosti biljne vrste pa i kultura.

Za utvrđivanje potreba prihrane koristi se folijarna analiza, odnosno analiza lišća. Kod mladih biljaka za analizu se uzimaju cijele biljake (npr. pšenica u busanju), a kod starijih biljaka najčešće lišće, ali i peteljke ili pak određeno lišće (vršni trolist kod soje, list ispod klipa u svilanju kod kukuruza itd.).

Biokemijske metode opskrbljenosti biljaka biogenim elementima temelje se na mjerenju aktivnosti specifičnih enzima. Naime, neophodni elementi mogu biti konstitutivni dio enzima, njihovih aktivnih centara ili mogu stimulirati, odnosno inhibirati rad enzima. Od biokemijskih metoda, kod nas se često koristi utvrđivanje aktivnosti enzima nitratne reduktaze (NR-aze) koja dobro korelira s ishranjenosti biljaka dušikom i predviđanjem početka intenzivnog porasta usjeva, naročito ozimih.

Vizualna dijagnostika

Vidljive promjene na biljkama označavamo kao simptomima nedostatka ili suviška elemenata ishrane jer su rezultat promjena u metabolizmu biljaka specifičnih za pojedini element i/ili biljnu vrstu. Najčešće se pojavljuju *kloroze* (promjene u boji lišća), različitih oblika i nijansi, kao i na različitim dijelovima biljke (vidi tablice i slike u prilogu). Do ovih promjena može doći i zbog *antagonizma elemenata*, odnosno pojave kada višak jednog elementa u tlu izaziva simptome nedostatka drugog (npr. Fe:Mn, Ca:Mg, Ca:K, P:Zn itd.). Moguć je i nedostatak više elemenata ishrane i tada je teško utvrditi pravi uzrok, jer simptomi nedostatka jednog elementa mogu „maskirati“ simptome nedostatka drugog elementa. Isto tako, simptomi izazvani napadom bolesti ili štetočina mogu biti vrlo slični onima koji nastaju zbog problema u ishrani. U nekim slučajevima uzrok vidljivim promjenama na biljkama su vanjski čimbenici (temperatura ili vlaga), koji utječu na biopristupačnost elemenata i ishranjenost biljke.

Simptomi manjka elemenata ishrane bilja jasni su samo kod akutnog nedostatka ili velikog suviška, pa je vizualna dijagnostika samo indikator poremećaja. *Latentni poremećaji ishrane* (skriveni) ne mogu se vizualno primijetiti ili se uočavaju onda kada je već prekasno za intervenciju. Stoga za pouzdano tumačenje simptoma treba imati veliko iskustvo, poznavati fiziologiju ishrane bilja, pratiti javljaju li se simptomi na starijim ili mlađim

biljnim dijelovima, te kakva je dinamika promjena. Kod elemenata ograničene pokretljivosti (Ca, B, Fe) simptomi se javljaju prvo na mlađim listovima i vršnim dijelovima biljke, a kod dobro pokrepljivih elemenata (N, P, K) na starijim listovima.

Vegetacijski pokusi

Biljka je najbolji indikator stanja hraniva u tlu i učinkovitosti gnojidbe. Svojim izgledom te postignutim urodom i/ili njegovom kvalitetom ona daje odgovore na sva pitanja vezana uz fertilizaciju i ishranu. Zato su vegetacijski pokusi dobar način za utvrđivanje potrebe u gnojidbi, premda zahtijevaju više vremena i rada od ostalih metoda. Prema tehnici izvedbe svi pokusi se mogu podijeliti na:

- pokuse u kontroliranim uvjetima i
- pokuse u poljskim uvjetima

Prednost pokusa u kontroliranim uvjetima nad pokusima u polju je u tome što je moguće postaviti veći broj pokusa, s više tretmana i ponavljanja, može se istovremeno testirati više varijanti i razina gnojidbe na više različitih tala, a uvjeti uzgoja su kontrolirani (pouzdaniji) jer ne ovise o vremenskim uvjetima. Naravno, ovakav tip pokusa ima i više nedostataka: zbog male količine tla u posudama moguće se velike greške u preračunavanju, korijen biljke prožima u cijelosti malu količinu tla, njegov rast je ograničen, nema podoraničnog sloja (horizontata) tla, različita je aktivnost mikroorganizama, biljke su dobro snabdjevene vodom itd.

Najčešći vegetacijski pokus u posudama je *Mitscherlichov test* koji je namijenjen utvrđivanju potrebe u gnojidbi. Pokus se postavlja, zbog male veličine posude (dubina 20 cm i površine 300 cm²), uglavnom sa strnim žitima i to u 5 varijanti gnojidbe (0, NP, NK, PK i NPK) s najmanje 3 ponavljanja i kontroliranim uvjetima (zaštićeni prostor uz održavanje stalne i povoljne vlage tla).

Utjecaj tri glavna hranidbena elementa na povećanje prinosa (u dt ha⁻¹) izračunava se za svaki element posebno i to prema sljedećim jednadžbama:

$$N = \frac{(NPK + NP + NK) - (2PK + \emptyset)}{3}$$

$$P_2O_5 = \frac{(NPK + NP + PK) - (2NK + \emptyset)}{3}$$

$$K_2O = \frac{(NPK + NK + PK) - (2NP + \emptyset)}{3}$$

Mitcherlichova fiziološko-kemijska metoda u posudama može se izvoditi i kao poljski test uz različite koeficijente učinkovitosti elemenata ishrane, a osnova jednadžba tzv. *Mitscherlicovog zakona opadajućeg porasta prinosa* danas ima bezbroj varijanti prilagođenih za različite agroekološke uvjete.

Poljski se pokusi, s obzirom na namjenu i veličinu osnovne parcelice, dijele na mikro, makro (egzaktne) i demonstracijske (pokazne) pokuse koji služe za upoznavanje šireg kruga poljoprivrednih proizvođača s novim znanstvenim i praktičnim otkrićima, a postavljaju se na lako uočljivim mjestima, uz putove. Najčešća svrha poljskih pokusa je dobiti odgovore na utjecaj jednog ili više hraniva, razine gnojidbe, vrijeme i način unošenja vrste gnojiva na visinu prinosa i/ili njegovu kvalitetu. Rezultati se mogu pouzdano primijeniti samo za iste ili vrlo slične agroekološko te agrotehničke uvjete.

Poljski pokusi se postavljaju na homogenom tlu (ujednačenih svojstava) što se najbolje može ocijeniti u vrijeme vegetacije, jer usjev dobro reagira na razlike u fizikalnim i kemijskim svojstvima tla. Na usjevu se vrlo dobro odražavaju npr. tragovi zbijanja kotačima traktora i depresije u kojima je stajala voda, vide se razlike u rezervama hraniva ili pak nepravilnosti u primjeni gnojiva i dr. Pokus se ne smije postaviti na površini na kojoj su bila dva ili više različitih predusjeva jer svaki od njih ostavlja tlo u drugačijem stanju (nejednaka razina gnojidbe, drugačija agrotehnika, različito usvajanje hraniva, nejednaka količina žetvenih ostataka i dr.), pa dobiveni rezultati neće biti pouzdani.

Na izbor veličine parcele utječe vrsta pokusa (redovita ili melioracijska gnojidba) i biljna vrsta sa svojim specifičnim zahtjevima (npr. različit vegetacijski prostor). U pravilu, rezultati pokusa su pouzdaniji što je površina pokusnih parcela veća, posebice kod manje ujednačenog tla. Naime, dobru ujednačenost pokusne površine teško je postići kod velikih pokusa s većim brojem tretmana (varijante) i ponavljanja, a na veću pouzdanost testiranja u poljskim uvjetima jako utječe i broj ponavljanja (repeticija) svake varijante.

Pokusne parcele trebaju biti postavljene tako da je smjer redova biljaka sjever-jug kako bi sve biljke bile jednolično izložene sunčevoj svjetlosti, jer zasjenjene biljke daju redovito niže prinose. Zbog znatne oscilacije

vremenskih uvjeta za dobivanje pouzdanih rezultata gnojidbenih pokusa treba ih provoditi nekoliko godina zaredom. Nijedan jednogodišnji pokus ne može dati pouzdani odgovor na postavljeni cilj istraživanja, stoga se smatra da su tri godine najkraći period provođenja pokusa. Ovaj vremenski problem može se ublažiti ako se identični pokusi postave u više različitih agroekoloških uvjeta, tada mogu u kraćem vremenu dati pouzdaniji odgovor.

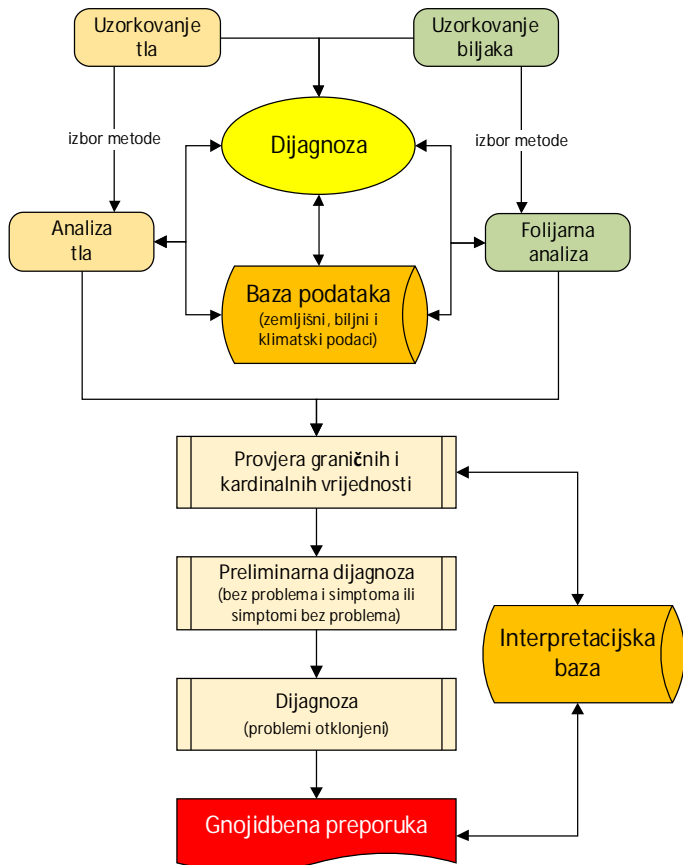
2.2. Gnojidbena preporuka

Gnojidbenu preporuku treba shvatiti kao savjet stručnjaka za ishranu bilja i gnojdbu koji sadrži dozu, oblik gnojiva i način njegove primjene, a uvažava sve čimbenike koji utječu na rast, razvitak, visinu prinosa i njegovu plodnost. Relevantni čimbenici, temeljem kojih se daje gnojidbena preporuka, su svojstva tla (sadržaj i bioraspoloživost hraniva, fizikalna, kemijska i biološka svojstva, vodno-zračni odnosi u tlu, uređenost parcele: odvodnja, navodnjavanje, nagib, ekspozicija itd.), predusjev (njegov prinos i gnojdba), žetveni ostatci, agrotehnika, zaštita usjeva i dr. Odnos između tih indikatora produktivnosti (čimbenika koji određuju visinu prinosa i njegovu kakvoću) jest dinamičan i vrlo kompleksan. Svaki od njih može biti tzv. faktor minimuma, dakle imati ograničavajući efekt (limitirajući indikator) tijekom cijelog perioda vegetacije ili samo u određeno vrijeme rasta i razvitka, odnosno tvorbe prinosa. Stoga je osnovni zadatak gnojidbene preporuke prvo dijagnoza (identifikacija) faktora minimuma, a tek onda doza hraniva koju treba unijeti gnojidbom u tlo (slika 4.).

Dakle, zbog složenog odnosa tvorbe prinosa i konkretnog proizvodnog sustava, dijagnoza stanja je prvi korak izrade gnojidbene preporuke. Nakon postavljanja dijagnoze slijedi utvrđivanje doze (količine elemenata ishrane) te način i vrijeme primjene gnojiva, odnosno što sve treba učiniti da bi se izbjegla ograničenja i postigao očekivani prinos.

Dijagnoza stanja temelji se na analizi tla i biljne tvari, kao i vizualnim simptomima deficita (ili suficita) hranjivih elemenata, odnosno prethodnim spoznajama o biljnoj proizvodnji. Zbog toga, pored velikog broja relevantnih indikatora zemljišne plodnosti, za pouzdanu preporuku potrebno je i uključivanje konkretnog proizvođača, odnosno njegovih zapažanja koja mogu spriječiti pogreške u gnojidbi. Naime, poljoprivredni proizvođač lako zapaža simptome deficita ili suficita hranjivih elemenata, kao i snižavanje prinosa premda primjenjuje uobičajenu agrotehniku jer ima uvid u povijest

produkcije na konkretnoj parceli, i bez njegovih zapažanja problem često ostaje neuočen.

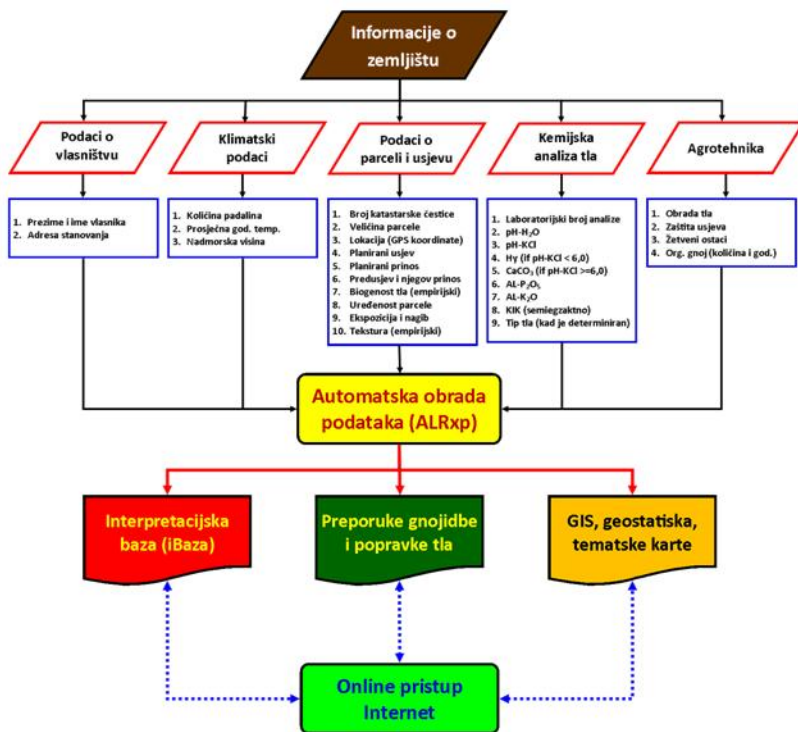


Slika 4. Shema identifikacije ograničavajućih faktora proizvodnje

2.3. Aktualni model kontrole plodnosti

Na ovom mjestu predstavljamo originalan računalni model interpretacijske baze zemljišnih resursa autora Vladimira Vukadinovića. Po ovom modelu se već 10 godina sustavno provodi kontrola plodnosti zemljišta poljoprivrednih gospodarstava Osječko-baranjske županije (~3.000 uzoraka tla godišnje) pa njegova *Interpretacijska baza (iBaza)* trenutno sadrži ~25.000 slogova i više od 1.000.000 podataka i informacija. Model je podržan originalnim računalnim programom autora Vladimira *Filozofija gnojidbe* Vukadinović i Bertić

Vukadinovića (ALR_{xp}) za utvrđivanje relativne pogodnosti tla za usjeve, utvrđivanje potrebe za kalcizacijom, popravkama tla i kreiranje gnojidbenih preporuka za konkretnu parcelu i usjev u konvencionalnoj, integriranoj ili ekološkoj proizvodnji. Kompjutorsko kreiranje gnojidbenih preporuka obavlja se za 40 usjeva, odnosno 43 predusjeva (uključujući i ugar), a uključuje mineralna i/ili organska gnojiva koja se mogu nabaviti u RH.



Slika 5. Shema interpretacijske baze (iBaze) zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije.

Kompjutorska interpretacija rezultata temelji se na 50-ak ekspertnih pravila (vidi poglavlje 3.5), kako jednostavnih, tako i složenih, a gnojidbena preporuka uključuje još šest najzastupljenijih usjeva plodosmjene uz procjenu potencija N-mineralizacije. Rezultati proračuna (slika. 6.) zajedno sa svim podacima spremaju se u iBazu namijenjenu geostatističkoj analizi poljoprivrednog prostora, vizualizaciji tematskim kartama uz mogućnost online i offline pristupa svim podacima interpretacijske baze.

**Osječko-baranjska županija, Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla PFOS,
Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo, Zavod za tlo i očuvanje zemljišta
Gnojdbena preporuka za usjeve na temelju analize tla
Uzimanje uzoraka i kemijska analiza tla: Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla, Osijek, Kralja P. Svačića 1d**

| Podaci o vlasništvu, parceli, usjevu i predusjevu Lab. broj: [1328] | | | |
|---|---|----------------------------------|--|
| Vlasnik: | Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla | | |
| Adresa: | 31000 Osijek, Kralja Petra Svačića 1d | | |
| Parcela: | 22233388 | Geopozicija: | duljina = 18.70761E; širina = 45.55521N |
| Usjev: | Pšenica ozima | RP%: | 51.89% (srednje pogodno) |
| Plan. prinos: | 7.50 t/ha (oček. 4.93) | Površina: | 10 ha |
| Predusjev: | Kukuruz silaž. | Žet. ostaci: | 1.0 t/ha |
| Staj. govodi: | 0 t/ha | God. prim. gnoja: | bez org. gnoja |
| Rezultati agrokemijske analize tla | | | |
| pH _{KCl} : | 4.66 | pH _{H₂O} | 5.58 |
| Humus %: | 2.18 | AL-P ₂ O ₅ | 10.25 mg/100g |
| AL-K ₂ O | 15.36 mg/100g | KIK: | 17.91 cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹ |
| Hy: | 2.8 cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹ | Feel test: | ilovasto |
| Preporuka konvencionalne gnojdbene | | | |
| Mineralno gnojivo: | 0:0:0 | Potreba NPK: | 142:119:80 (kg/ha) |
| Preporuka NPK: | 0 (0:0:0 kg/ha) | Idealni omjer: | 10:14:9 (NPK) |
| Urea: | 0 (0 N kg/ha) | KAN: | 0 (0 N kg/ha u startu i/ili prihrani) |
| Bez uree: | 0 | KAN (bez uree): | 0 (0 N kg/ha u startu i/ili prihrani) |
| P-gnojivo: | 0 (Bez P-gnojiva) | K-gnojivo: | 0 (Bez K-gnojiva) |
| NPK bilanca: | 142- : 119- : 80- (Nije izbalansirano!) | | |
| Raspodjela gnojdbene: | 30 (30)% N u osnovnoj; 70 (70)% N u startu i/ili prihrani; PK i org. 100% u osnovnoj gnojdbeni! | | |
| Dopunski podaci: | biogenost = dobra; predusjev = kukuruz silaž; prinos predusjeva = očekivan; nagib i eksp. = 5-10% sjeverno; uredenost = kan. mreža, ocjedito ; ^(*) = numerička interpolacija | | |
| Kalcijacija: | Saturacija bazama = 90% | Potreba Ca: | 848 kg/ha |
| Potreba CaO: | 1187 kg/ha | Karbokalk: | 2714 kg/ha |
| Oborine: | 651 - 750 ^(*) (mm/god.) | Temperatura: | 11.5 ^(*) (°C/god.) |
| Rata N-min: | 47.0 ^(*) (kg N/ha/god.) | N-deficit: | Zanemarljiv! |
| Preporuka ekološke gnojdbene | | | |
| Preporuka NPK: | Dopuštena ekološka gnojiva! | Potreba NPK: | 91:76:51 (kg/ha) |
| Urea: | 0 (0 N kg/ha) | KAN: | 0 (0 N kg/ha u startu i/ili prihrani) |
| Bez uree: | 0 | KAN (bez uree): | 0 (0 N kg/ha u startu i/ili prihrani) |
| P-gnojivo: | 0 (Bez P-gnojiva) | K-gnojivo: | 0 (Bez K-gnojiva) |
| Potreba hraniva u narednoj godini (kg/ha aktivne tvari) | | | |
| Kukuruz: | 173:115:112 za 7.78 t/ha | Šećerna repa: | 145:69:178 za 46.7 t/ha |
| Soja: | 122:100:89 za 3.11 t/ha | Suncokret: | 105:88:92 za 2.96 t/ha |
| Ječam ozimi: | 88:58:64 za 4.67 t/ha | Uljana repa: | 96:101:86 za 2.91 t/ha |
| Preporučene doze integrirane, kao i konvencionalne gnojdbene, mogu biti ograničene zbog ekonomskih, ekoloških i biljno-fizioloških razloga, sukladno Tehnološkim uputama Ministarstva poljoprivrede za 2013. god! Prije N-prihrane ozimih usjeva i proljetne sjetve provjerite Nmin metodom status N i korigirajte N-preporuku! U ekološkoj proizvodnji primjenite samo dopuštena sredstva (NN 139/10)! | | | |
| Kompjutorski program: Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović [®] , v13.66 | | | |

Slika 6. Izgled gnojdbene preporuke ALR_{XP} programom (bez tumačenja rezultata, savjeta i kml datoteke)

Model kontrole plodnosti temelji se na načelima *dobre poljoprivredne prakse* te su preporučene doze hraniva usklađene s potrebama usjeva uz minimalno ekološko opterećenje okoliša. Uvažavaju se agronomski i biološko-ekološki te dijelom i tehničko-tehnološki indikatori primarne produkcije organske tvari (slika 5.). Obuhvaćeno je pet grupa

ulaznih podataka (tzv. *uBaza*), a obje baze (*uBaza* i *iBaza*) su relacijskoj tipa. Za njihovo kreiranje i ažuriranje koristiti se MS Excel čime se postupak unosa, editiranja i ažuriranja obje baze pojednostavljuje.



Slika 7. Relativna pogodnost zemljišta za usjeve (Vukadinović, 2013.)

Podaci kemijske analize tla upotpunjeni su i drugim važnim indikatorima/atributima produktivnosti zemljišta, a računalnom obradom tih podataka ALR_{xp} programom izdaje se gnojidbena preporuka (slika 6.) i formira *iBaza* neophodna za interpretaciju analize pojedinačnog uzorka tla, kao cijele parcele. *iBaza* se dalje analizira GIS alatima, a rezultati vizualiziraju te prikazuju na tematskim agrokemijskim, proizvodnim, pedološkim i dr. kartama (slika 7.).

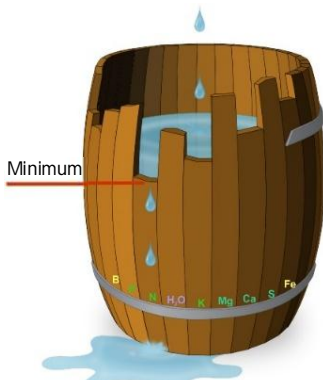
Proračun relativne pogodnosti tla za uzgoj usjeva originalna je adaptacija *Liebscherova Zakon optimuma*, odnosno modifikacija *Liebigovog „Zakona minimuma“* (slika 8.):

$$RP \% = \frac{\sum_1^n I - I_{min}}{n - 1} \times \frac{I_{min}}{100} \pm f$$

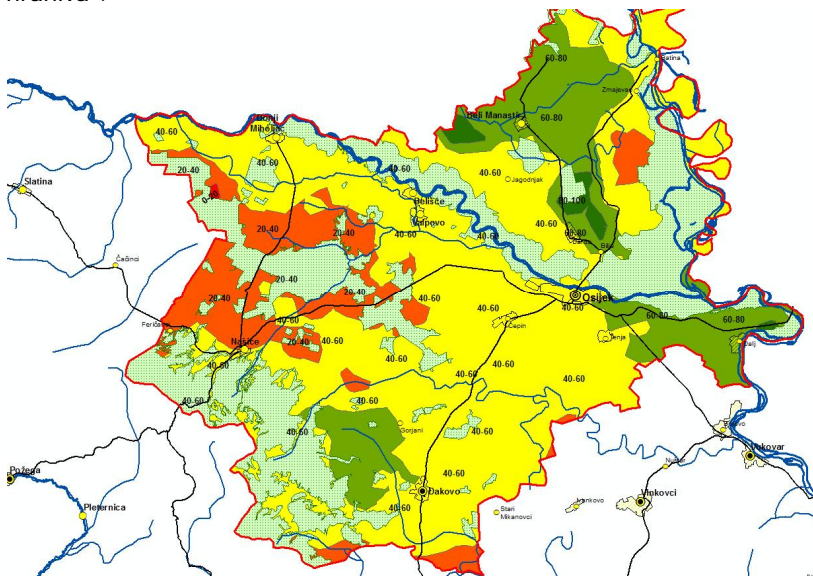
$RP \% =$ relativna pogodnost tla/terena u %, $I =$ indikator plodnosti, $I_{min} =$ indikator plodnosti u minimumu, $f =$ korekcija na biogenost, uređenost, nagib i ekspoziciju parcele, $n =$ broj indikatora plodnosti

Liebscherov zakon optimuma (1895.), koji i danas ima univerzalnu vrijednost, utemeljen je na činjenici da je faktor u minimumu djelotvorniji što su ostali faktori prinosa bliži optimumu, odnosno svi faktori tvorbe prinosa djeluju najjače kada su bliski optimumu. Kasnija brojna istraživanja

pokušavaju pouzdanije kvantificirati utjecaj biljnih hraniva, posebice *Mitscherlichov zakon opadajućeg porasta prinosa* (1924.) koji predstavlja negativna eksponencijalna funkcija porasta prinosa uz uvažavanje interakcije hranjivih elemenata. Međutim, *Mitscherlichove* univerzalne konstante djelovanja hraniva nipošto nisu točne, jer bi to značilo da hraniva djeluju jednako na povećanje prinosa u svim agroekološkim uvjetima, bez obzira je li prinos nizak ili visok. Višegodišnja istraživanja na prostoru istočne Hrvatske i složena multivarijacijska analiza vrlo velikog broja podataka o povezanosti raspoloživosti hraniva, gnojiva i prinosa ugrađena su aktualni ALR_{xp} kalkulator, uključujući i princip "*dinamičke potrebe hraniva*".



Slika 8. Grafički prikaz Liebigovog zakona minimuma



Slika 9. Relativna pogodnost zemljišta OBŽ (FAO klasifikacija, interpolacija krigingom, Vukadinović, 2013.)

U pronalaženju optimalnih rješenja egzistira više strategija, ali suvremeni koncepti najbliži su povezivanju porasta prinosa uz minimalna

ulaganja što rezultira sigmoidnom, nelinearnom funkcijskom spregom. Zbog toga opisani model utvrđivanja potrebe u gnojidbi usjeva koristi nelinearne skor funkcije, a ne tablično zadane granične vrijednosti, s tim što se pogodnost zemljišta za usjeve procjenjuje sa 7 analitičkih i 15 dopunskih indikatora produktivnosti: AL-P₂O₅, AL-K₂O, pH-KCl, pH-H₂O, Hy, humus % i karbonat %. Dopunski indikatori su kationski izmjenjivački kompleks (KIK) i gustoća tla koji se određuju na temelju empirijskih modela, a u procjenu su još uključena organska gnojidba, prinos predkulture, žetveni ostatci, prosječna godišnja temperatura, prosječna godišnja količina oborina, biogenost tla, potencijal NP mineralizacije organske tvari, tekstura, nagib, uređenost tla, razina agrotehnike i zaštite usjeva te procjena relativne pogodnosti tla za usjeve, odnosno proračun očekivane visine prinosa pojedinih usjeva za svaku proizvodnu parcelu. Ovaj model vrlo je prikladan i za procjenu pogodnosti zemljišta (slika 9.) jer je usuglašen s „Konceptom zemljište“, uzima u proračun ključne i dopunske indikatore plodnosti koje obrađuje te automatski izdaje gnojdbenu preporuku. Sve potrebne informacije i rezultate analize tla kompjutorski program pohranjuje u tzv. *iBazu* koja se zatim detaljno analizira i vizualizira na tematskim agrokemijskim i tehnološkim kartama GIS-om.

Lokacije uzimanja uzoraka tla određene su GPS uređajem radi točnog geopozicioniranja tzv. *kontrolne parcelice* unutar proizvodne površine te pridružene ID kodu parcele Arkoda. Time je omogućeno, pored geostatističke obrade i vizualizacije tematskim kartama proizvodnog potencijala poljoprivrednog prostora, utvrđivanje promjena u plodnosti tla, kao i „odgođeno bilanciranje hraniva“ (gnojidba na zalihu, meliorativna gnojidba, sideracija i dr.). Kontrolna parcelica s koje se uzimaju uzorci tla je promjera 30 m, reprezentira 3-5 ha ujednačene proizvodne površine, a sa svake se uzme uzorak (1-2 kg tla) s najmanje 20 do 25 pojedinačnih uboda agrokemijskom sondom do 30 cm dubine.

Dakle, gnojdbene preporuke po opisanom modelu temelje se na fizikalno-kemijskoj analizi tla, prinosima ostvarenim u prethodnoj proizvodnji, organskoj gnojidbi i drugim svojstvima tla prikupljenih uvidom na terenu kod uzorkovanja. Kalkulacija potrebne doze gnojiva uvažava profitabilnost, planirani prinos (realno mogući ili tzv. očekivani), specifične potrebe biljne vrste i potencijal plodnosti tla. ALR_{xp} kalkulator je vrlo sofisticiran program (~3.250 programskih redaka) koji jasnim objašnjenjima rezultata pokušava umanjiti nepovjerenje farmera prema kompjutorskom izdavanju gnojdbenih preporuka. Budući da se praktično primjenjuje više od 20 god., njegova pouzdanost zadovoljava kriterij 70-80 % točnih

preporuka, odnosno očekuje se da svake pete ili četvrte godine gnojidbena preporuka ne korespondira s visinom prinosa.

Farmeri sve više prihvaćaju egzaktno i kompjutorsko utvrđivanje potrebe u gnojidbi, kao i potrebu popravki tla (*kondicioniranje*) jer se mogu sami uvjeriti u porast prinosa uz primjenu preporučene gnojidbe, dakako i uz porast profita. Također, ALR_{xp} kalkulator za proračun gnojidbe neprestano se unapređuje i doraduje uz povećanje broja mjerljivih indikatora plodnosti, a korisniku se sve detaljnije obrazlaže gnojidbena doza, raspodjela gnojiva, predlažu mjere eliminacije limitirajućih faktora (uz bilancu hraniva), procjenjuje relativna pogodnost tla za usjeve i predlaže gnojidba za ciklus plodosmjene do 6 usjeva.

Opisani model procjene relativne pogodnosti, osim za utvrđivanje potrebe u gnojidbi, popravkama tla, analizu poljoprivrednog prostora Osječko-baranjske županije i izradu tematskih karata, korišten je i za druge namjene. Primjerice, njime je utvrđivana pogodnost zemljišta za uzgoj šećerne repe i lucerne, kao i procjena pogodnosti zemljišta za obradu. Za tu namjenu, uz set podataka iBaze uključeni su i podatci iz *Namjenske pedološke karte Hrvatske*. Kako je svaki model do određene mjere aproksimacija stvarnosti, za pouzdano utvrđivanje opće obradivosti tla, korišteni su samo relevantni podaci iBaze i *Namjenske pedološke karte RH*. Modelom je definirana:

- a) opća obradivost, razvrstana u 5 klasa temeljem tipa tla,
- b) obradivost kod nepovoljnog stanja vlažnosti (3 klase temeljem tipa vlaženja tla),
- c) indeks potrebne snage (3D funkcija koja objedinjuje volumnu gustoću tla i sadržaj organske tvari u njemu),
- d) primjenjivost direktne sjetve (3 klase temeljem fizikalnih svojstava tipa tla),
- e) automorfni (uključuje i pH) ili hidromorfni tip tla (4 klase, logična funkcija) i
- f) nagib terena (6 klasa temeljem nadmorske visine).

Praktična primjena kompjutorskog modela za definiranje obradivosti, odnosno nabavke traktora optimalne snage, kao i oruđa adekvatnog zahvata ili kapaciteta s obzirom da je još u eksperimentalnoj fazi te nedovoljno pouzdan, mora biti postupna i oprezna, ograničena na područja u kojima će model biti testiran te zatim kalibriran (umjeren) kako bi parametri modela bili podešeni tako da predikcija bude najbliža stvarnosti, u okviru prihvatljive greške/rizika.

2.4. Konvencionalni proračun gnojidbe AL-metodom

Prema konceptu ciljnog prinosa (*Targetted yield concept*) proračun količine hraniva potreban za dobivanje planiranog prinosa izvodi se standardno na temelju prosječne koncentracije biogenih elemenata u usjevu, uključujući i pripadajući dio žetvenih ostataka (tablica 8.) i efikasnosti gnojidbe pojedinim hranjivim elementom (tablica 9.). Kako se koncentracija hraniva (postotni udjel) često pogrešno zamjenjuje s njihovim sadržajem (ukupna količina elemenata u biološkom ili merkantilnom prinosu), treba naglasiti da je ukupna količina elemenata (sadržaj) iznošenje hraniva, a njihov dio u merkantilnom dijelu odnošenje hraniva (jer se odnese s prirodom s njive).

Npr., planira se prirod pšenice od 7,0 t ha⁻¹, na tlu koje je srednje raspoloživosti dušikom, siromašno fosforom i srednje opskrbljeno kalijem. Najprije se utvrđuje količina tih elemenata potrebna za dobivanje planiranog priroda koristeći tablice koje pokazuju sadržaj elemenata uključujući i pripadajući dio žetvenih ostataka. Važno je naglasiti kako zbog genetske specifičnosti mineralne ishrane i interakcije s agroekološkim uvjetima, elementarni sastav različitih kultivara (sorti ili hibrida) može znatno varirati. Stoga je dobro rabiti kemijsku analizu uzgajanih sorti s proizvodnih površina za koje se planira gnojidba, a u tablici 8. prikazan je uobičajen raspon variranja odnošenja glavnih hranjivih elemenata.

Tablica 8. Iznošenje elemenata u kg t⁻¹ priroda (s pripadajućim žetvenim ostacima)

| Biljna vrsta | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
|---------------------------|-----------|-------------------------------|------------------|
| Pšenica | 25 - 35 | 10 - 15 | 20 - 30 |
| Ječam ozimi | 20 - 25 | 8 - 12 | 20 - 30 |
| Ječam jari | 15 - 25 | 8 - 12 | 20 - 25 |
| Raž | 20 - 30 | 10 - 15 | 20 - 30 |
| Zob | 20 - 30 | 10 - 15 | 30 - 40 |
| Kukuruz | 25 - 30 | 10 - 15 | 30 - 40 |
| Šećerna repa (svj. tvar) | 3,5 - 4,5 | 1,5 - 2,0 | 5,0 - 8,0 |
| Lucerna | 20 - 30 | 5 - 10 | 20 - 25 |
| Krumpir kasni (svj. tvar) | 4,5 - 5,5 | 1,5 - 2,0 | 7,5 - 9,0 |

Dakle, za planirani prirod pšenice od 7,0 t ha⁻¹ ukupno je potrebna sljedeća količina N, P i K (sredina raspona iz tablice 8.):

$$30 \times 7 = 210 \text{ kg N ha}^{-1}$$

$$12 \times 7 = 84 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

$$25 \times 7 = 175 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$$

Zatim, uvažavajući bioraspoloživost hraniva u tlu, potrebno je korigirati izračunate potrebe hranjivih elemenata izražene *aktivnom tvari* gnojiva. Uobičajeno je u standardnom proračunu potrebe za gnojidbom da se korekcija obavlja množenjem potrebne količine hraniva koeficijentima za raspoloživost hraniva. Tablica 9. pokazuje postotak potrebne količine aktivne tvari gnojiva prema razredu opskrbljenosti tla hranivima. Često se koriste tablice koje dijele tla na više klasa, kao i tablice koje uvažavaju i neka druga svojstva tla presudna za raspoloživost određenog elementa. Npr., na raspoloživost fosfora snažno utječe pH-vrijednost tla (ali značajni su i teksturna klasa tla, sadržaj humusa i dr.), dok je za raspoloživost kalija značajnije koliko u tlu ima gline, odnosno dobro je poznavati fiksacijsku moć tla za kalij. Zbog toga gotovo svaka znanstvena poljoprivredna ustanova ima posebne tablice za izračunavanje potrebne količine hraniva u gnojdbi, koje su primjerene agroklimatskim uvjetima područja, ali sadrže i iskustvo stečeno u praksi. Za područje istočne Hrvatske najčešće se koristi tablica 10. (prema Vladimiru Vukadinoviću) koja za raspoloživost fosfora uzima u obzir pH, a za kalij teksturna svojstva tla.

Tablica 9. Potrebna količina aktivne tvari gnojiva (%) ovisno o klasi opskrbljenosti tla

| Opskrbljenosti tla | Gnojidbom je potrebno dodati posto od količine hraniva koja se odnosi prirodom | | |
|--------------------|--|---------------------------------|--------------------|
| | f-N | f-P ₂ O ₅ | f-K ₂ O |
| Niska | 100 - 120 % | 150 - 200 % | 125 - 150 % |
| Srednja | 80 - 100 % | 100 - 150 % | 100 - 125 % |
| Dobra | 60 - 80 % | 100 % | 100 % |

Dakle, ukupna potrebna količina hraniva za planirani prinos ispravljaju se faktorom (f) svakog elementa ovisno o njegovoj raspoloživosti (u primjeru: N = 80-100 %, srednja (f=0,90), P₂O₅ = 150-200%, niska (f=1,75) i K₂O = 100-125 %, srednja (f=1,12) u nekom tlu:

$$210 \times 0,90 = 189 \text{ kg N ha}^{-1}$$

$$84 \times 1,75 = 147 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$$

$$175 \times 1,12 = 196 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$$

Uvažavajući ekonomske i ekološke razloge te činjenicu kako je moguće, ali i potrebno dušik dodavati N-prihranom, a efikasnost gnojidbe fosforom i kalijem na slabo opskrbljenim tlima niža je od očekivane (sve dok se ne dostigne tzv. *kritična koncentracija*) i dr., mudro je ograničiti najvišu dozu hraniva. Naravno, ograničenje je različito za pojedine usjeve i sustave gnojidbe, koje za neke usjeve prikazuje tablica 11.

Tablica 10. Granične vrijednosti AL-P₂O₅ i AL-K₂O za ratarske usjeve na području istočne Hrvatske (Vladimir Vukadinović)

| Razred raspoloživosti | AL-P ₂ O ₅ mg 100 g ⁻¹ | | AL-K ₂ O mg 100 g ⁻¹ tla | | |
|-----------------------|---|---------|--|---------|---------|
| | pH < 6 | pH ≥ 6 | lako | srednje | teško |
| (A) jako siromašno | < 5 | < 8 | < 8 | < 12 | < 15 |
| (B) siromašno | 5 - 12 | 8 - 16 | 9 - 15 | 13 - 19 | 16 - 24 |
| (C) dobro | 13 - 20 | 17 - 25 | 16 - 25 | 20 - 30 | 25 - 35 |
| (D) visoko | 21 - 30 | 26 - 45 | 26 - 35 | 30 - 45 | 36 - 60 |
| (E) ekstremno visoko | > 30 | > 45 | > 35 | > 45 | > 60 |

Tablica 11. Najviša gnojdbena doza za neke usjeve u konvencionalnoj (Konv.) i integriranoj (Integr.) biljnoj proizvodnji (prema Vladimiru Vukadinoviću)

| Usjev | N (kg/ha) | | P ₂ O ₅ (kg/ha) | | K ₂ O (kg/ha) | |
|---------------|-----------|--------|---------------------------------------|--------|--------------------------|--------|
| | Konv. | Integ. | Konv. | Integ. | Konv. | Integ. |
| Pšenica ozima | 170 | 150 | 140 | 125 | 180 | 160 |
| Kukuruz | 210 | 180 | 150 | 130 | 225 | 200 |
| Šećerna repa | 170 | 150 | 140 | 120 | 250 | 225 |
| Soja | 135 | 115 | 140 | 130 | 160 | 140 |
| Suncokret | 160 | 145 | 140 | 125 | 175 | 155 |
| Krumpir | 210 | 180 | 140 | 125 | 200 | 180 |

Količina aktivne tvari preračunava se u dozu gnojiva sljedećim izrazom:

$$Gnojivo_{kg\ ha^{-1}} = \frac{a \times 100}{b}$$

a = potrebna količina hraniva, *b* = sadržaj aktivne tvari u gnojivu (%).

N: (189×100)/46×1/3 = 137 kg ha⁻¹ uree prije sjetve;
 (189×100)/27×2/3 = 467 kg ha⁻¹ KAN-a;
 1. prihrana ≤ 200 kg ha⁻¹ KAN-a;

P₂O₅: (147×100)/45 = 327 kg ha⁻¹ tripleksa;
 najviše 311 kg ha⁻¹; prije sjetve;

K₂O: (196×100)/60 = 327 kg ha⁻¹ 60 % kalijeve soli;
 prije sjetve.

Sukladno ograničenju najviše doze (tablica 11.), gnojdba pšenice iz prethodnog primjera u konvencionalnom uzgoju iznosila bi 170:140:180, a

izračunata je potreba 189:147:196. Za gnojidbu pšenice, prema navedenom ograničenju kompleksnim gnojivom 7:20:30 i KAN-om pokazuje sljedeći primjer.

Izračun započinje hranivom s najvišom koncentracijom (najveći broj u formulaciji kompleksnog gnojiva):

$$(180 \times 100) / 30 = 600 \text{ kg ha}^{-1} \text{ 7:20:30}$$

Sa 600 kg ha⁻¹ kompleksnog gnojiva 7:20:30 dano je:

$$(600 \times 20) / 100 = 120 \text{ kg ha}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$$

$$(600 \times 7) / 100 = 42 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N i}$$

$$(600 \times 30) / 100 = 180 \text{ kg ha}^{-1} \text{ K}_2\text{O}$$

Potrebno je N-prihranom primijeniti razliku između potrebe N i primijenjene količine dušika date osnovnom gnojidbom:

$$((170 - 42) \times 100) / 27 = 474 \text{ kg ha}^{-1} \text{ KAN-a}$$

(u prvoj N-prihrani najviše 55 kg ha⁻¹ ili ~200 KAN-a kg ha⁻¹, a ostatak dušika treba primijeniti u drugoj)

Izborom neke druge formulacije gnojiva moguće je postići točno traženu količinu hraniva, jer u gornjem primjeru prema gnojidbenoj preporuci nedostaje fosfora (140 - 120 = 20 kg/ha). Npr. izborom uree, MAP-a i KCl (60%) u osnovnoj gnojidbi te KAN-a za prihranu, potrebno je dati:

$$(140 \times 100) / 52 = 269 \text{ kg ha}^{-1} \text{ MAP-a}$$

$$(180 \times 100) / 60 = 300 \text{ kg ha}^{-1} \text{ KCl-a}$$

35% N u jesen uključujući MAP i KCl = 59 kg ha⁻¹ uree i

409 kg ha⁻¹ KAN-a (u dvije prihrane).

Proračun potrebne količine gnojiva kao i bilanca hraniva brzo i lako obavlja ALR: http://ishranabilja.com.hr/kalkulatori/NPK_gnojidba.html.

2.5. Proračun gnojidbe ALR kalkulatorom

Za razliku od konvencionalnog, kompjutorizirani pristup omogućava brže i točnije izračunavanje potrebe u gnojidbi iz više razloga. Naime, takvo izračunavanje potrebe u gnojidbi je automatizirano, a osim podataka o kemijskoj analizi tla, tzv. ulazna baza sadrži i niz drugih, vrlo važnih dopunskih podataka o tlu kao što su prosječna godišnja količina oborina i

prosječna godišnja temperatura, navodnjavanje, drenaža, dubina obrade, predkultura i njen prinos, organska gnojdba, žetveni ostatci, klima, nadmorska visina, nagib, ekspozicija, biogenost tla (sposobnost razgradnje žetvenih ostataka i/ili organskog gnoja) i dr. Sve su to vrlo bitne dopunske informacije koje je potrebno uvažiti jer se uz njihovu pomoć korigira proračun gnojidbe tako da bude što bliže stvarnim potrebama usjeva.

Kompjutorizirana primjena svake metode za procjenu potrebe usjeva u hranivima, pa tako i AL-metode koja je standardna već 50-ak godina u RH, ima značajne prednosti zbog:

- mogućnosti sistematizacije (lokalizacije, rajonizacije i dr.),
- čuvanja i ažuriranja podataka, rezultata i preporuka,
- statističke i geoprostorne analize (optimizacija gnojidbe u ekonomskom i ekološkom pogledu, GIS generalizacija i interpolacija na kartama i dr.),
- integracije s drugim podacima o zemljištu (katastar, Arkod, infrastruktura, npr. putevi, mogućnost navodnjavanja, klimatski podatci i dr.) i
- efikasnog pretraživanja (sortiranja, grupiranja, izdvajanja i sl.).

Upravljanje podacima zemljišne plodnosti, posebno je korisno u sustavu kontrole plodnosti, jer se time bitno unapređuje i ubrzava izrada gnojdbenih preporuka uz cjelovit uvid u način, odnosno efikasnost korištenja zemljišnih resursa. Kompjutorsko-programski proces kreiranja gnojdbenih preporuka ima u odnosu na konvencionalni postupak (analiza tla + čovjek + iskustvo + tablice graničnih vrijednosti + tablice iznošenja hraniva + vrijeme + moguća pogreška) značajne prednosti. Brži je i točniji, a omogućuje čuvanje i pretraživanje raspoloživih podataka o plodnosti proizvodnih površina uz racionalizaciju gnojidbe koja je prilagođena potrebama biljke, agroekološkim uvjetima, visini ulaganja u proizvodnju i dr.

Kompjutorski modeli su brzi, sistematični i objektivni, uvažavaju prirodne zakonitosti (kao i iskustvo iz eksperimentalnog i realnog, proizvodnog okruženja velikog broja istraživača). Kako su suvremeni modeli za proračun gnojidbe pretežito utemeljeni na nelinearnim funkcijskim vezama većeg broja varijabli (npr. utjecaj biljne vrste, sadržaj hraniva, humusa, pH reakcija tla, teksturna klasa, rata mineralizacije, obrada tla, zaštita usjeva i dr.), njihova procjena mogućnosti usvajanja hraniva bliža je prirodnim zakonitostima koji utječu na raspoloživost i potrebu za elementima ishrane. Time je gnojdbena preporuka pouzdanija te

primjerena mogućem prinosu, a bez štetnog, odnosno vrlo reduciranog učinka na okoliš. Takav pristup eliminira i pogreške grube podjele tala u razrede (klase), u kojima je opskrbljenost hranivima predstavljena tabličnim vrijednostima, jer ne uzima u obzir samo jedan, izdvojeni indikator plodnosti pa ne zanemaruje međusobne odnose i povezanost s ostalim indikatorima plodnosti tla. Stoga, gnojidba utvrđena kompjutorskim modelima razlikuje produktivnost tla i unutar istog razreda opskrbljenosti.

Dakle, nasuprot vrlo pojednostavljenom pristupu procjene plodnosti tla na konvencionalan način, kompjutorske metode uzimaju u proračun numeričke (brojčane) vrijednosti analize tla, isključuju mogućnost pogreške u računanju, izuzetno su brze u automatskom izdavanju gnojidbenih preporuka te čuvaju sve podatke o tlu u kompjutorskoj bazi čime je omogućeno dugoročno praćenje promjena plodnosti tla i bilanciranje hraniva te poduzimanje mjera za zaštitu tla od degradacije, ali i štetnih utjecaja na okoliš.

U daljem tekstu opisana je javna (public) verzija ALR kalkulatora (autor: Vladimir Vukadinović) za proračun gnojidbe usjeva, prilagođena uvjetima istočne Hrvatske. Kalkulator je po svom konceptu, načinu izvedbe i proračunu gnojidbe jedinstven, a ekspertna verzija kalkulatora (ALR_{ep}) ima mnogo veće mogućnosti i koristi se, osim za izradu gnojidbenih preporuka za konvencionalnu, integriranu i ekološku proizvodnju s pripadajućim pisanim objašnjenjima, kao i za utvrđivanje potrebe kondicioniranja tla te izradu tzv. interpretacijske baze zemljišnih resursa GIS alatima.

Obje vrste ALR kalkulatora namijenjene su *online* korištenju (putem interneta), a mogu se koristiti i *offline*, na svakom PC računalu čiji je operativni sistem Windows, uz Internet Explorer (zbog Microsoftove tehnologije *ActiveX*). Kalkulator je napisan u *JavaScriptu* i *HTML-u*, otvorenog je koda i zbog toga ga je moguće prilagoditi za različite agroekološke uvjete (što je sukladno važećoj autorsko-pravnoj zaštiti za komercijalnu uporabu dopušteno samo autoru). Rezultati analize tla i gnojidbene preporuke čuvaju se u Excel datotekama koje se naknadno objedinjuju za potrebe agroekonomske, statističko-grafičko-prostorne analize i gospodarenje hranivima. Naime, nakon žetve i utvrđivanja visine prinosa lako je utvrditi stupanj veze između gnojidbe i prinosa, odnosno profitabilnost gnojidbe, *input* i *output* hraniva, a u višegodišnjem proračunu gnojidbe i bilancu hraniva, sukladno EU normama.

Uvođenjem računalnog kalkulatora/modela za proračun gnojidbe uvažavaju se svi bitni aspekti suvremene primarne produkcije kao što su:

- a) agrološki (vodi se računu o plodnosti, odnosno zdravlju tla i potrebama usjeva),
- b) ekološki (smanjuje se opasnost od onečišćavanja okoliša, posebno podzemnih voda),
- c) ekonomski (zadovoljavaju se potrebe biljaka ovisno o stanju tla i usjeva, plodnosti tla, realno planira visina prinosa, uvodi bilanca hraniva, odnosno planira gnojidba za jedno ili višegodišnje razdoblje i izbjegava problem luksuzne ishrane usjeva uz opasnost onečišćenja podzemnih voda suviškom dušika),
- d) tehničko-tehnoški (gnojidba se usuglašava s agrotehničkim normama, odnosno način primjene gnojiva ovisi o njegovoj vrsti, mogućnosti miješanja i kombiniranja organske i mineralne gnojidbe itd.) i
- e) sociološki (poljoprivredni proizvođač postaje farmer koji se služi inženjerskim metodama u proizvodnji hrane, planira i ekonomski promišlja).

U ALR kalkulator potrebno je unijeti četiri grupe podataka:

1. ime datoteke u kojoj će biti sačuvani podatci i rezultati proračuna gnojidbe, podaci o vlasniku, lokaciji/regiji i veličini parcele,
2. tehnološki podatci (vrsta, ciljna visina prinosa, predusjev i količina žetvenih ostataka, organska gnojidba i godina od njene primjene),
3. rezultati analize tla (pH-KCl, humus %, AL-P₂O₅ i K₂O u mg 100 g⁻¹ tla i teksturna grupa tla) i
4. raspoložive formulacije za kompleksna, pojedinačna mineralna i organska gnojiva.

Za unos podataka predviđena je posebna maska s poljima i padajućim izbornicima s unaprijed definiranim vrijednostima ispod kojih je tipka za proračun gnojidbe i spremanje podataka u *csv datoteku* (*Comma Separated Value*, čitljivu Excelom). Uneseni podaci i rezultati proračuna osnovne gnojidbe ispisuju se u dva tekstualna polja s desne strane kalkulatora. Gnojidbena preporuka, pored potrebne doze (potrebna količina aktivne tvari u kg ha⁻¹) i količine kompleksnog te pojedinačnih gnojiva (po hektaru i za parcelu), sadrži "idealnu" formulaciju mineralnog gnojiva i "bilancu" zadovoljenja hraniva u odnosu na proračunatu potrebu (slika 10.). Osnovna gnojidba dušikom podmiruje se kompleksnim gnojivom i ureom, a količina N za prihranu KAN-om. "Idealna" formulacija pomaže kod izbora gnojiva (kad je to potrebno) kako bi se uz pomoć "bilance" NPK potreba hraniva za planirani prinos i gnojidba uravnotežili (uz tehnološki prihvatljivo odstupanje).

Javna (public) verzija ALR kalkulatora uključuje modul za procjenu potencijala NP-mineralizacije prema konceptu *Seligman and van Keulen, 1981*. (PAPRAN model) koji uzima u obzir tri tipa organskog N i P u tlu, kao i C:N:P omjer:

- svježi organski N i P (ostatci usjeva i mikrobn masa),
- organski N i P u aktivnom (lakomobilizirajućem) humusu i
- organski N i P u stabilnom humusu koji zajedno čine ukupni organski dušik i fosfor tla.

| Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović Poljoprivredni fakultet u Osijeku ZAVOD ZA KEMIJU, BIOLOGIJU I FIZIKU TLA Kralja Petra Svačića 1d HR-31000 Osijek | | | ALR kalkulator Proračun gnojidbe ratarskih usjeva Vladimir Vukadinović, HR-31000 Osijek, 2. ožujka 2013. god. Public ver. 6.12, rezolucija min. 1024x768 | |
|---|--|--|---|--|
| Unos podataka: | | | | |
| <i>Koristiti se decimalna točkal</i> | | | | |
| Ime datoteke: 001 | | | | |
| Prezime i ime: Vladimir V. | Adresa: Osijek | Naziv parcele: široke njive | | |
| Površina parcele ha: 25 | Vrsta usjeva: pšenica oz. (4.0-9.5 t/ha) | Planirani prinos t/ha: 7.5 | | |
| Org. gnoj. t/ha: 0 | God. prim. staj.: bez org. gnoja | Predusjev: šećerna repa | | |
| Žetv. ostaci t/ha: 3.0 | pH (KCl): 5.95 | Humus %: 1.87 | | |
| AL-P ₂ O ₅ mg/100g: 18.35 | AL-K ₂ O mg/100g: 22.47 | Tekstura tla: srednja | | |
| Formulacija NPK: 7 : 20 : 30 | P ₂ O ₅ -gnojivo: Bez P-gnojiva | K ₂ O-gnojivo: Bez K-gnojiva | | |
| <input type="button" value="Spremi u bazu i računaj gnojidbu"/> | | <input type="button" value="Briši ispis"/> | | |
| PODACI O PARCELI: Vlasnik: Vladimir V. Adresa: Osijek Naziv parcele: široke njive Površina parcele: 25 ha Usjev: pšenica ozima Planirani prinos: 7.5 t/ha Zaorano stajnjaka: 0 t/ha God. prim. staj.: bez org. gnoja Predusjev: šećerna repa Žetveni ostaci: 3 t/ha pH (KCl): 5.95 Humus %: 1.87 AL-P ₂ O ₅ : 18.35 mg/100g AL-K ₂ O: 22.47 mg/100g Rata N-min: 74.4 kg N/ha/god. | | | | |
| GNOJIDBENA PREPORUKA (kg): Idealna formulacija: 12:18:13 Potreba akt. tvari: 163:122:87 kg/ha NPK: 450, za 25ha 11250 kg Urea: 143, za 25ha 3575 kg KAN: 244, za 25ha 6100 kg Bilanca NPK hraniva u kg/ha: 0 : 32- : 48+ => Nije izbalansirano! bez P bez K | | | | |

Slika 10. Izgled najnovije javne verzije ALR kalkulatora usjeva (autor: V. Vukadinović, 2013.)

Prvo se, prema originalnoj formuli (V. Vukadinović), procijeni faktor mineralizacije (f_{pH}) ovisan o izmjenjivoj pH reakciji tla (pH u KCl), teksturnoj klasi tla i klimatskim značajkama područja. Zatim se ograniči najveća i najmanja količina mineraliziranog N-NO₃ čime se izbjegavaju ekstremi koji su inače u opoziciji s "normalnim" uvjetima. Obje korekcije su egzaktno-empirijske naravi, modelirane multiregresijskom analizom na temelju baze podataka Zavoda za kemiju, biologiju i fiziku tla iz Osijeka pa je primjena izvan agroekološkog područja istočne Hrvatske moguća, ali uz nešto veći rizik. Zatim se utvrde konstante mineralizacije organske tvari ovisne o prosječnoj temperaturi tla i raspoloživoj vodi kroz vegetaciju usjeva (veza s klimatskim i zemljišnim podacima), intenzitet N i P-mineralizacije žetvenih ostataka ovisno o C:N i C:P omjeru, odnosno C:N:P združenom omjeru (uzima se da je mineralizacija najveća kada je C:N < 25:1, odnosno C:P <

200:1). Konačno se utvrdi ukupna, odnosno vegetacijska rata mineralizacije dušika i fosfora, te preračuna na bioraspoloživu količinu (efikasnost) za što se umanjuje potrebna doza N i P koju treba unijeti gnojidbom.

Potrebna količina fosfora izračunava se temeljem iznošenja planiranim prinosom uz dvostruku korekciju učinkovitosti P-gnojidbe nelinearnim skor funkcijama, obzirom na utjecaj pH-vrijednosti i AL-raspoloživost fosfora. Ukupno potrebna količina kalija korigira se, prvo nelinearnom skor funkcijom obzirom na njegovu AL-raspoloživost i još jednom, ali samo za $\pm 20\%$ s obzirom na teksturnu grupu (fiksacijsku moć tla). Kada se ne primjenjuju pojedinačna P ili K gnojiva, moguće odstupanje od potrebe usjeva za P i K ravnomjerno se raspoređuje na P i K, dok se kod primjene pojedinačnih gnojiva proračun obavlja uz dopušteno odstupanje. Ukupno odstupanje sva tri glavna hraniva je $\pm 15 \text{ kg ha}^{-1}$, (+) označava suvišak, a (-) manjak.

Kako je već naglašeno, skor funkcije za P i K su oblikovane empirijski na temelju multiregresijske analize baze podataka o analizama tla s područja istočne Hrvatske, a validacija je obavljena teoretski kompjutorskom simulacijom primarne organske produkcije, kao i praktično kroz višegodišnje gnojidbene preporuke u stvarnim proizvodnim uvjetima istočne Hrvatske. Stoga je za druge agroekološke regije preporučljivo rekalkibrirati (iznova umjeriti) korekcijske funkcije raspoloživosti hraniva.

Osnovna NPK gnojidba podrazumijeva unos cjelokupne doze P i K prije osnovne obrade radi homogene distribucije u oraničnom sloju (godišnja migracija P i K kroz solum je vrlo mala, tek centimetar ili dva, i treba je zanemariti ako se ne radi o ekstremno lakim tlima). Nasuprot P i K, pokretljivost N (posebice NO_3^-) je velika po profilu i vremenu te se dinamici njegove primjene poklanja posebna pozornost, odnosno usklađuje se s vremenom najveće potrebe usjeva za dušikom i njegove bioraspoloživosti. Jedan dio N svakako treba primijeniti u osnovnoj gnojidbi, bez obzira radi li se o ozimim ili proljetnim usjevima. Tako se za ozime usjeve osigurava dovoljno dušika u zoni korijena kad je vegetacija tijekom zime moguća ili kad je djelovanje N-prihrane neučinkovito, npr. u sušnim uvjetima ili za vrijeme niskih temperatura i smrznutog tla. Također, jarim usjevima, zbog njihovog brzog rasta (naročito korijena) i razvitka nakon sjetve treba osigurati dovoljno dušika u zoni najvećeg rasprostiranja korijena.

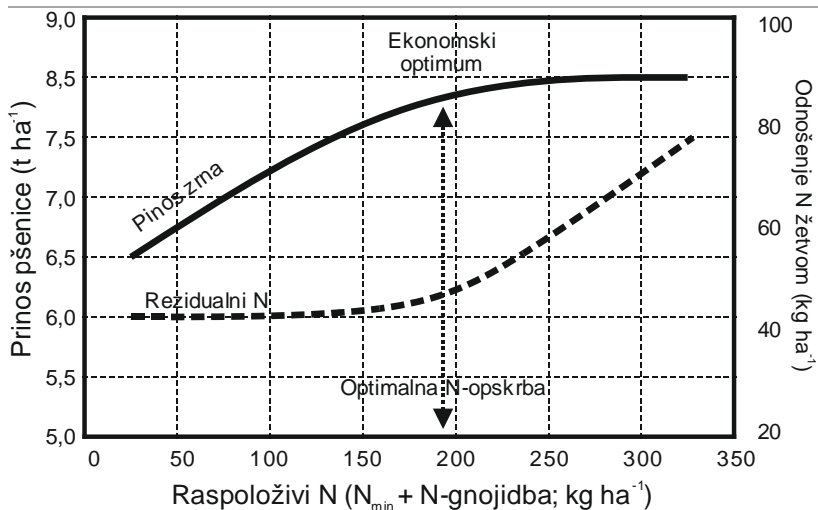
Zbog opasnosti od ispiranja dušika (ili premještanja izvan zone korijena), ALR kalkulator u osnovnoj gnojidbi na srednje teškim tlima proračunava 50 % ukupno potrebne količine N, na lakim tlima 35 %, a na

teškim 65 %, što se daje kompleksnim gnojivom ili uz primjenu uree kad kompleksno gnojivo sadrži premalo N. Ostatak potrebe u dušiku primjenjuje se u prihrani u obliku KAN-a prema proračunu. Treba naglasiti da je potrebu usjeva za N-prihranom pouzdanije odrediti temeljem rezultata N_{\min} metode (grafikon 2.). Naime, N_{\min} metoda pokazuje kolika je u zoni korijena, u datom trenutku, ukupna količina mineralnog dušika koji biljka može odmah usvojiti.

U praksi se, zbog različitih situacija, često događa da je nemoguće pravilno raspodijeliti dušik. Razlozi su uglavnom dvojaki.

- 1) Osnovna NPK gnojidba je:
 - a) izostavljena (ekonomski razlozi podjednako se odnose na „preskakanje“ osnovne obrade ili izostavljanje gnojidbe), ili
 - b) dušik nije primijenjen, ili
 - c) primjenjena NPK doza pod osnovnu (zimsku) brazdu niža je od potreba biljaka za P i K.
- 2) Formulacija kompleksnog gnojiva je nepovoljna s naglašenim dušikom (npr. 15:15:15, 20:10:10 i dr.), a uz primjenu organskog gnoja to je posebno rizično jer:
 - a) za osnovnu gnojidbu upotrebljeno je suviše N u jesen/zimu (ukupno mineralni i organski izvor),
 - b) izostavljanje osnovne gnojidbe za proljetne usjeve farmeri „popravlja“ (korigiraju) primjenom formulacije s podjednakim odnosom elemenata ishrane, npr. 15:15:15, 13:13:13 i dr. što je pogrešno, neučinkovito i vrlo često štetno. Naime, plitak unos fosfora i kalija (npr. pod tanjuraču u pripremi za sjetvu, ili plitku brazdu) je rizičan zbog njihovog neznatnog premještanja po profilu, bez obzira na opskrbljenost tla tim hranivima. Rast korijena u dubinu, zbog potrebe za vodom, ostavlja ta hraniva neiskorištena u godini primjene, a u „vlažnom proljeću“ korijen se razvija plitko zbog hraniva, a kasnije kad zasuš, dolazi do problema, odnosno šteta od suše.

Prihrana dušikom izvodi se u pravilu isključivo dušičnim gnojivom koje ima barem polovicu dušika u nitratnoj, odmah usvojivoj formi (npr. KAN, AN, $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ i dr.). Primjena amidnih gnojiva (urea i UAN koji sadrži 50 % amidnog, 25 % amonijskog i 25 % nitratnog oblika N) u ranom porastu može imati štetne učinke.



Grafikon 2. Odnos visine i ekonomičnosti prinosa prema N-gnojidbi, mineralnom i rezidualnom dušiku tla

- 1) Kod ozimih usjeva, zbog slabog porasta biljaka u fazi mirovanja (niska temperatura), metabolizam biljaka je zaustavljen ili je vrlo slabog intenziteta, a za ugradnju amonijskog dušika (N-NH₄) u organsku tvar (koja se događa u sintezi bjelančevina) potreban je relativno visok intenzitet metabolizma (temperature 5 - 10°C). Budući da je amonijski dušik otrov za biljke, one ga neutraliziraju brzom ugradnjom u aminokiseline i amide, ali kad je metabolizam nedostatan, dolazi do njegovog nagomilavanja i zastoja u rastu i razvitku biljaka. Primjena UAN-a u ranom porastu ozimih usjeva ima znatno štetnije posljedice, s obzirom da je u tom gnojivu 75% amidnog i amonijskog dušika, a uz to njegova visoka osmotska vrijednost „izvlači“ vodu iz lista te tako nastaju opekotine, a zatim i dulji zastoj u rastu i razvitku biljaka.
- 2) Kod proljetnih usjeva intenzivniji je metabolizam zbog viših temperatura što omogućuje ugradnju amonijskog oblika dušika u organsku tvar, ali kako je u startu ponuda dušika velika, biljke će ga sačuvati za kasnije u obliku nitrata kad je potreba za njim veća. Naime, u pravilu se tijekom vegetacije snižava „ponuda“ dušikom (zbog usvajanja, ispiranja ili drugih gubitka, npr. zbog masovne ugradnje u brzo rastuću masu mikroorganizama, usvajanje korovima, denitrifikacije, erozije i dr.) te ga tada biljke mogu transformirati iz nitratnog u amonijski oblik dušika i ugraditi u bjelančevine i druge dušične tvari (obrnuta transformacija nije moguća kod usjeva). To može biti štetno po kakvoću, npr. korijena

šećerne repe kod koje će ugradnja dušika dovesti do razgradnje već akumuliranog šećera i formiranja nove lisne mase (koja je često ljeti reducirana zbog bolesti, ili suše i visoke temperature).

Pristupanjem Hrvatske EU morat će se usuglasiti osnovna primjena gnojiva s EU praksom (*integriranom proizvodnjom* i "*Nitratnom direktivom*") što podrazumijeva izbjegavanje bilo kakve uporabe gnojiva tijekom zime (kad nema vegetacije ili ona miruje) kao i smanjivanje doze, naročito dušika, ali i P i K. Takva agrotehnika gnojidbe zahtijeva primjenu pojedinačnih P i K mineralnih gnojiva, koje "Petrokemija" trenutno ne proizvodi pa su poljoprivredni proizvođači prisiljeni primjenjivati dušik i kad to nije potrebno ili pak uvoziti pojedinačna gnojiva.

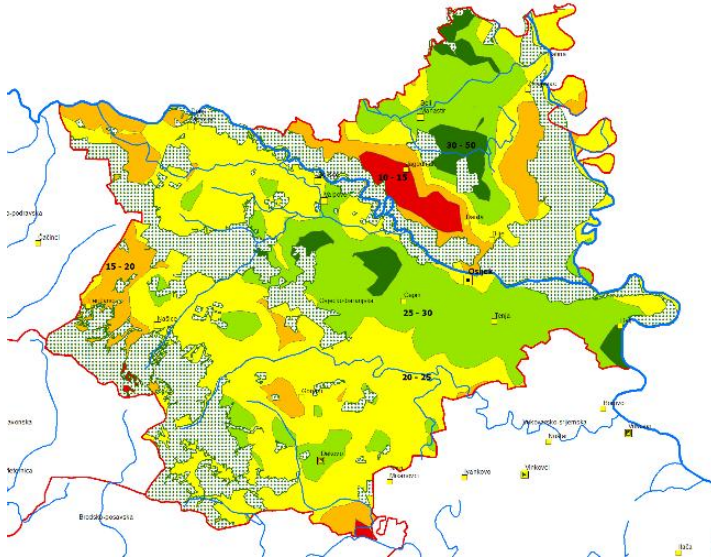
Ekspertna verzija ALR kalkulatora posjeduje dodatna, vrlo napredna i sofisticirana svojstva, npr. daje pisana objašnjenja preporučene gnojidbe, upute i savjete kako otkloniti "uska grla" u proizvodnji, prikazuje proračun potrebe kalcijacije, izračunava potencijal mineralizacije organske tvari tla (humus, žetveni ostatci, organska gnojidba) i potrebu dušika za sprečavanje N-depresije. Osim toga, omogućuje prikaz osnovnih rezultata gnojidbene preporuke u programu *Google Earth* i time ukazuje na prostornu varijabilnost potrebe u gnojidbi te sve podatke i rezultate računalne obrade "izvozi" u "izlaznu interpretacijsku bazu" uz moguću vizualizaciju GIS-om, odnosno prikaz tematskim kartama (slike 11., 12., 13., 14., 15., 16. i 18.). Na taj je način otvorena mogućnost da se u sustavu kontrole plodnosti izvrši rajonizacija područja za različite proizvodne namjene kao i potrebnu razinu agrotehnike (usjevi s posebnim zahtjevima, trajni nasadi, sjemenska proizvodnja i dr.). Također, proces izračuna potrebe u gnojidbi obuhvaća znatno više dopunskih indikatora o tlu, usjevu, agrotehnici i klimi, a kod potrebe hraniva uzima u obzir "*dinamičko iznošenje*" (veću učinkovitost korištenja hraniva kod visoke razine agrotehnike) te uključuje:

- a) priming efekt (poticajni efekt, odnosno primjena niže doze aktivne tvari ima veću agronomsku efikasnost),
- b) humat efekt (blokada humusom Al^{3+} i drugih kationa čija koncentracija može biti vrlo visoka pri niskoj pH vrijednosti tla, a prevode raspoloživi fosfor u kemijski oblik koji biljke ne mogu usvojiti),
- c) genetska svojstva biljne vrste s obzirom na efikasnost usvajanja i korištenja hraniva iz tla i
- d) visoku fiziološku adaptabilnost modernih kultivara i dr.

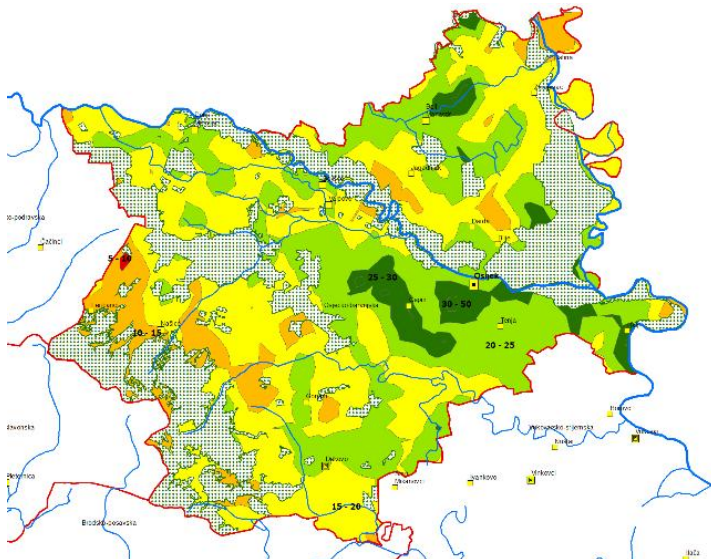


Slika 11. Interpretacijska *online* baza zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije s prikazom informacija o proizvodnoj parceli i potrebi gnojidbe usjeva (Vukadinović, 2013.)

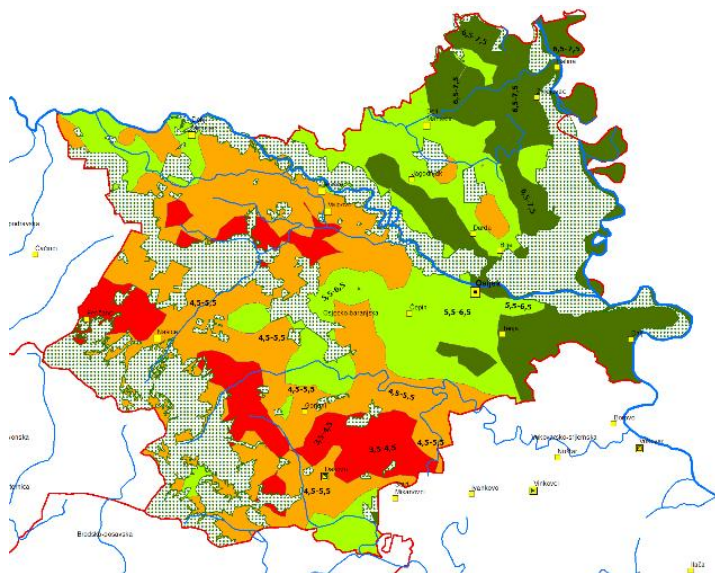
Ekspertna verzija ALR kalkulatora za izračun potrebe u gnojidbi usjeva uključuje i relativnu pogodnost tla za usjeve kako bi se mogla realno procijeniti moguća visina prinosa šest najzastupljenijih usjeva istočne Hrvatske u idućem razdoblju, odnosno do nove analize tla za konkretnu parcelu (slika 11.). U tu svrhu koristi se više indikatora pogodnosti zemljišta koji uključuju raspoloživost hranjivih tvari, sadržaj humusa i karbonata u tlu, pH tla, ali su uključeni i podaci o biogenosti, uređenosti zemljišta, intenzitetu primjene agrotehnike, geopoziciji (nagib, ekspozicija, nadmorska visina) i klimatskim značajkama područja. Proračun se obavlja funkcijskim modelom koji je već ranije objašnjen. Međusobna interakcija pojedinih indikatora relativne pogodnosti, sukladno prirodnim zakonitostima, nelinearnog je tipa, a model se neprestano usavršava uvođenjem novih indikatora i prilagodbom oblika povezanosti (slika 17.).



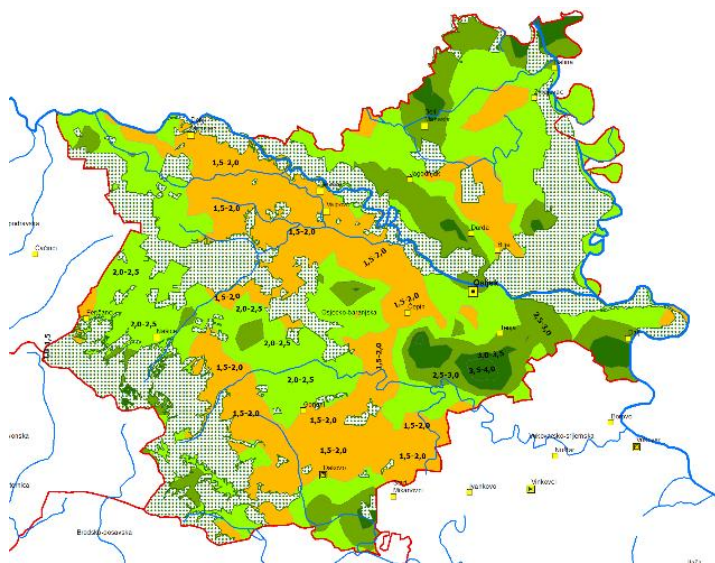
Slika 12. Predikcija raspoloživosti AL-P₂O₅ Osječko-baranjske županije (kriging, ~20.000 uzoraka, Vukadinović, 2011.)



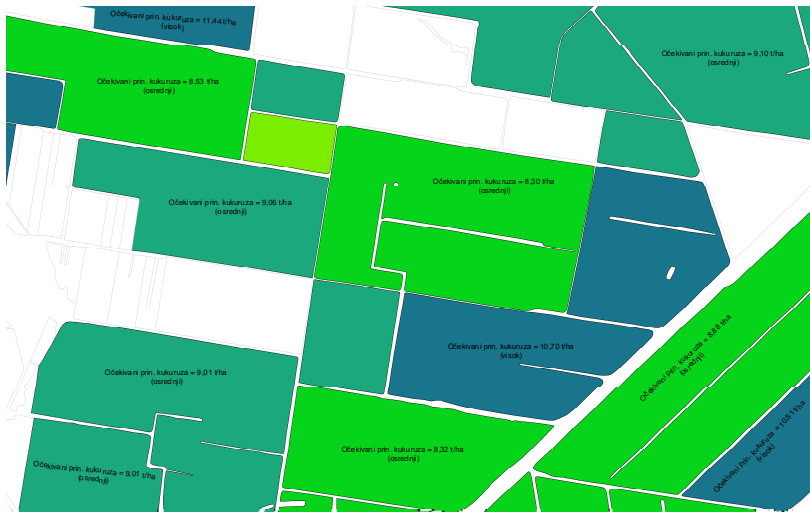
Slika 13. Predikcija AL-K₂O Osječko-baranjske županije (kriging, ~20.000 uzoraka, Vukadinović, 2011.)



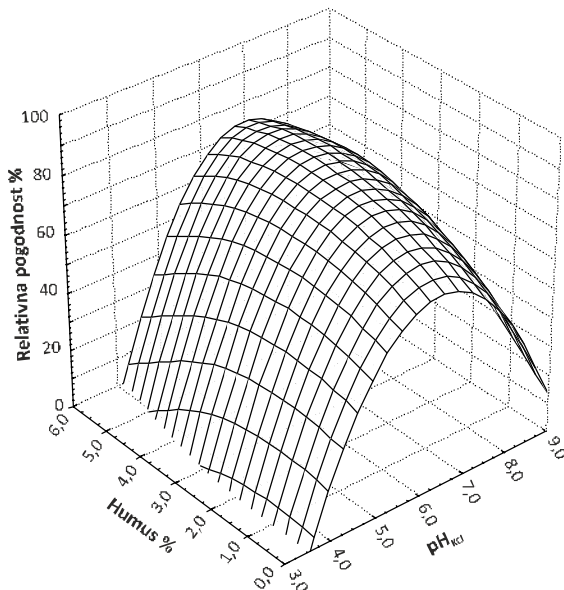
Slika 14. Predikcija humusa Osječko-baranjske županije (kriging, ~20.000 uzoraka, Vukadinović, 2011.)



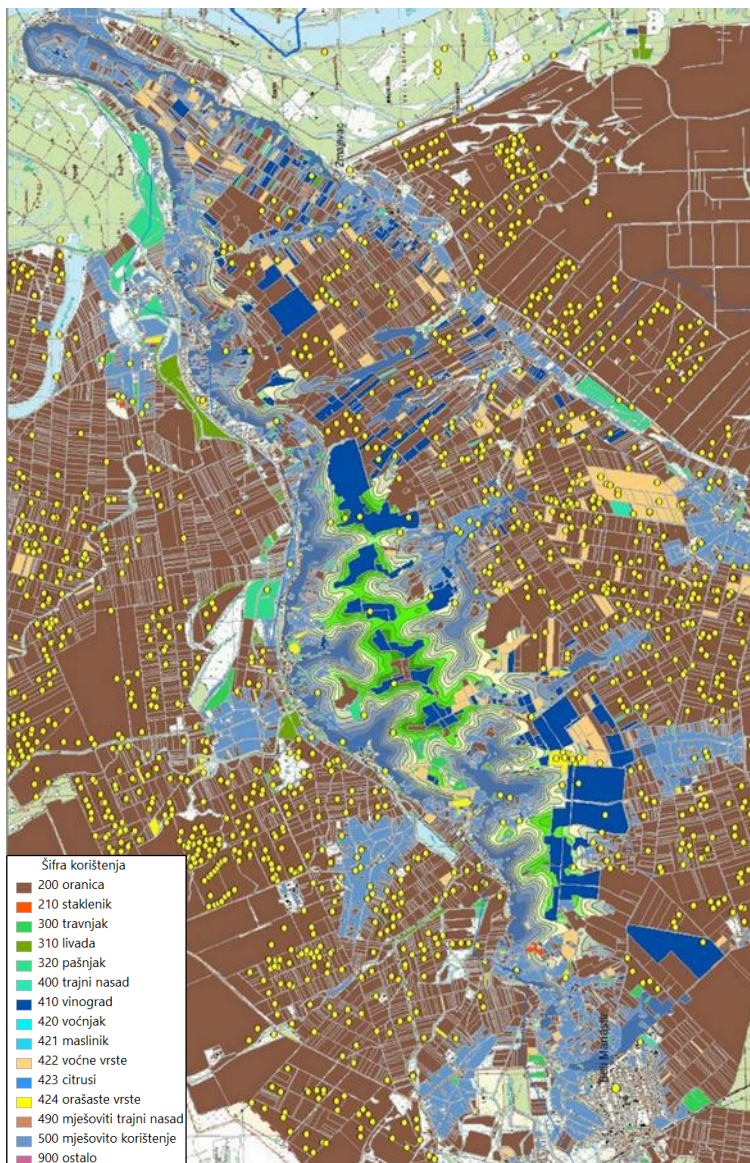
Slika 15. Predikcija pH_{KCl} Osječko-baranjske županije (kriging, ~20.000 uzoraka, Vukadinović, 2011.)



Slika 16. iBaza OBŽ, očekivana visina prinosa kukuruza (Vukadinović, 2013.)

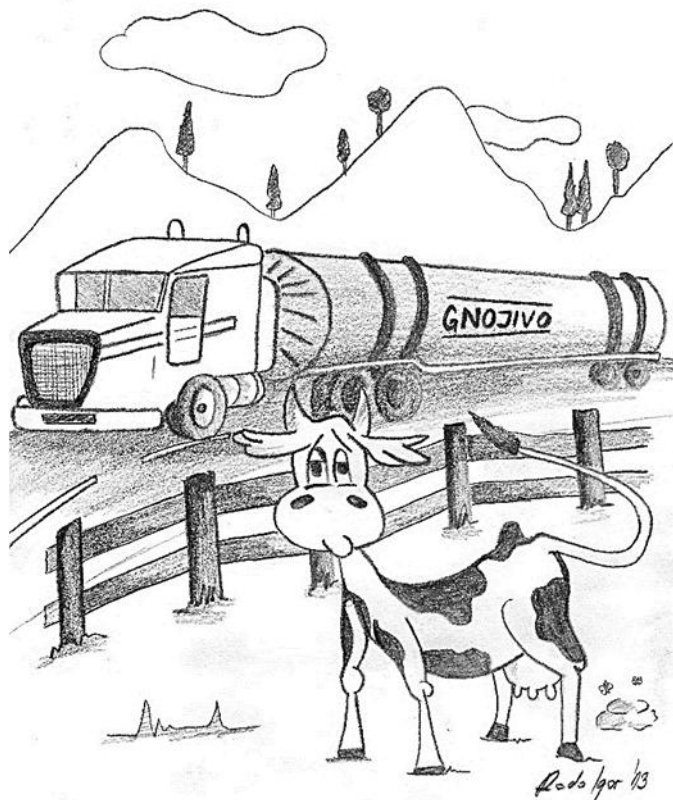


Slika 17. Interakcija humusa i pH_{KCl} kao faktor relativne pogodnosti zemljišta za usjeve (Vukadinović, 2010.)



Slika 18. Interpretacijska baza tla za usjeve i trajne nasade zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije (Baranjska planina) na podlozi Arkoda (Vukadinović, 2013.)

Za potpuno sagledavanje raspoloživosti hraniva potrebno je utvrđivanje još većeg broja indikatora, što analizu tla čini složenijom i dugotrajnijom, time i skupljom (pH, humus, frakcije dušika u tlu, mikroelementi, teksturni sastav, KIK i dr.). Stoga se u profitabilnoj proizvodnji nekih kultura (npr. vinova loza, šećerna repa i dr. koriste s različitim uspjehom koriste analitičke metode koje zahtijevaju specifičnu aparaturu, kao što je npr. EUF metoda, ionoizmjenjivačke tehnike, izotopi i dr. EUF metoda se koristila redovito i kod nas do Domovinskog rata (šećerane u Osijeku i Belom Manastiru), danas vrlo malo i sporadično za potrebe utvrđivanja gnojidbe šećerne repe u Tvornici šećera Osijek.



„FAR HOJE VIŠE NIJE DONALDO
DOBRO???”

3. Osnovna pravila gnojidbe

Vrhunski prinosi i dobra kakvoća uroda postižu se samo korištenjem kombiniranog učinka i optimiziranjem cjelokupne agrotehnike i prakse upravljanja, pa samo gnojidba, ma kako ona bila važna, nije dovoljna za dobivanje visokih prinosa dobre kakvoće. Također, suvremeni trendovi u strategiji gnojidbe pokušavaju zamijeniti visoko intenzivnu proizvodnju hrane visoko učinkovitim sustavom što zahtijeva poznavanje i uključivanje većeg broja različitih indikatora u određivanju potrebe za gnojidbom, ali i u agrotehničkom aspektu, odnosno primjeni gnojiva.

3.1. Gospodarenje i princip održivosti

Gospodarenje hranivima podrazumijeva upravljanje količinom, izvorima, mjestom primjene, oblikom i vremenom primjene biljnih hraniva te posredno promjenama u tlu uključujući bilancu hraniva (*input i output*), procjenu statusa i utvrđivanje gubitaka hraniva što čini temelj *integrirane biljne proizvodnje i integrirane gnojidbe* bilja. Dakle, plansko gospodarenje hranivima zapravo čini niz komponenti koje su zapravo suština integrirane biljne proizvodnje i integrirane gnojidbe bilja:

- a) usjevi su bez simptoma deficita i suficita hranjivih elemenata,
- b) povećana je efikasnost prirodnog ciklusa hraniva,
- c) smanjen je gubitak hraniva ispiranjem (djelotvornije je upravljanje navodnjavanjem i bolja je kontrola erozije),
- d) nadomještavaju se samo hraniva koja su iznesena (odnesena) žetvom, isprana ili izgubljena erozijom, fiksacijom, denitrifikacijom ili volatizacijom.

Osim odnošenjem biljnih hraniva s parcele urodom, gubitci mogu biti vrlo raznorodni tako da se prilično teško mogu pouzdano kvantificirati, pa se često, osobito kod dušika, javlja tzv. negativna bilanca, odnosno pojavljuje se gubitak za koji se ne može točno utvrditi kako je nastao.

Budući da proračun bilance hraniva nikada nije u stvarnom vremenu, jer se potrebe biljaka (fenološki i ontogenetski) ne poklapaju s trenutkom analize tla, najčešće je proračun gnojidbe tako podešen da osigurava dobru ishranu biljaka tijekom čitavog vegetacijskog perioda, odnosno da hraniva ne budu limitirajući faktor tvorbe uroda. Naime, tijekom vegetacije su moguće različite nepredviđene situacije (prije svega klimatski incidenti kao što su suša, niska temperatura, visoka vlažnost itd.), zatim štetnici i bolesti i dr., a koje utječu na kapacitet tla u smislu ishrane usjeva. Zbog toga dobro

izvješće agrokemijskog laboratorija o izvršenoj analizi tla mora sadržavati sljedeće:

- a) podatke o parceli (mjestu uzorkovanja) kao što su lokacija (geopozicija), ime parcele, veličina, datum uzorkovanja, predkultura, prethodna mineralna i organska gnojiva i sl.,
- b) rezultate fizikalno-kemijskih analiza tla, odnosno osnovna analiza mora sadržavati rezultate o pH, sadržaju fosfora, kalija, kalcija, organske tvari i adsorpcijskom kompleksu, često i rezultate analize drugih hraniva (mikro i makroelementi, NO₃-N, NH₄-N itd.), mehanički sastav, zaslanjenost i sl.,
- c) procjenu opskrbljenosti tla (uključujući napomene o manjku, suvišku ili drugim limitirajućim činiteljima), odnosno dijagnozu,
- d) preporuku gnojidbe (potrebnu količinu pojedinih hranjivih elemenata i doze gnojiva) za pojedine usjeve i njihove planirane (ciljne) visine prinosa utemeljene na agroekološkim uvjetima proizvodnje (tip tla, primijenjena agrotehnika, predusjev i sl.) te ekonomskim promišljanjima,
- e) preporuku popravki tla, odnosno potrebu kalcizacije, humizacije ili primjene drugih kondicionera tla i
- f) dopunsku interpretaciju fizikalno-kemijskih analiza, kao potrebne napomene, odnosno opaske (npr. pojašnjenja, mogući neanalizirani uzroci i ograničenja i sl.).

Interpretacija fizikalno-kemijske analize tla mora pored potrebe u hranivima sadržavati i preporuku gnojidbe s obzirom na ekonomičnost, način i vrijeme primjene gnojiva i dr. te obavezno sadržavati:

- *dijagnozu stanja plodnosti*, odnosno opskrbljenost tla elementima ishrane obzirom na fizikalno-kemijska svojstva tla,
- *klasifikaciju raspoloživosti*, granične vrijednosti (rangove) ili prikaz skor funkcije, odnosno jasno objašnjenje numeričkih vrijednosti rezultata analize tla s aspekta ishrane bilja,
- *preporuku za gnojidbu* s obzirom na sustav biljne proizvodnje, konvencionalnu (intenzivna i ekstenzivna) ili ekološku proizvodnju i
- *procjenu produktivnosti tla* (pogodnost za konkretan uzgoj usjeva, kvantifikaciju produktivnosti tla i/ili bonitet).

Interpretacija fizikalno-kemijske analize tla, odnosno preporuka gnojidbe, može uključivati i rezultate dopunskih analiza, npr., raspoloživost mikroelemenata, kemijski potencijal hraniva, potencijal mineralizacije organske tvari, EC (elektrokonduktivitet), Eh (oksidoredukcijski potencijal),

puferni kapacitet (s obzirom na sposobnost održavanja pH ili koncentracije hraniva u tlu) itd., što se reflektira na pojedina svojstva tla:

- 1) tla siromašna humusom često mogu imati nisku raspoloživost B, Cu i Zn,
- 2) pjeskovita tla (grube strukture), za razliku od glinovitih (fine strukture) naginju deficitu Cl, Cu, Zn, B i Mo,
- 3) jako humozna tla imaju problema s raspoloživosti Cu, Mn i B,
- 4) hladna i vlažna tla mogu reducirati usvajanje mikroelemenata,
- 5) jako karbonatna tla imaju problema s raspoloživosti Fe i Zn i
- 6) tla na kojima je zbog erozije „stanjen“, ili „odnesen“ oranični sloj, npr. černozemi istočne Hrvatske, imaju problema sa Zn (često i sa suviškom fosfora).

3.2. Utjecaj plodnosti tla na efikasnost hraniva

Efikasnost hraniva je zapravo mjera biljne produkcije po jedinici utrošenog hraniva, odnosno što je veća efikasnost gnojidbe nekim hranivom to je veći prinos po jedinici primjenjenog hraniva. Zbog toga, efikasnost gnojidbe mora biti kvantitativno utvrđena, odnosno mora biti mjerljiva. Budući da efikasnost gnojidbe čvrsto korelira s plodnosti tla, neophodno je poznavati velik broj indikatora, uključujući i indikatore koji se odnose na nedostatke tla unutar sustava njegovog korištenja, te je utvrđivanje potrebe u gnojidbi najčešće vrlo složen i zahtijevan proces. Naime, limitirajući faktori produktivnosti tla nisu samo biljna hraniva, već to mogu biti njegova različita fizikalna ili biološko svojstvo tla (npr. struktura, zbijenost, niska mikrobiološka aktivnost tla i slično), jednako kao i znanje proizvođača, raspoloživa agrotehnika, mogućnost kreditiranja, poticaji i dr.

Sukladno *Liebscherovom zakonu optimuma*, čimbenik u minimumu više djeluje ako su ostali čimbenici prinosa bliži optimumu. Ta relacija nije linearna na što upućuje ogromno eksperimentalno iskustvo. Naime, porast priroda je nelinearan, a krivulja porasta se jače povija na kraju, često i negativno (pad uroda). Ne ulazeći u detaljno objašnjenje povezanosti nelinearne stope rasta prinosa s intenzitetom činitelja prinosa, npr. razine gnojidbe, treba naglasiti kako je u plodnom tlu, uglavnom zbog harmoničnog djelovanja svih činitelja rasta, potreba za elementima ishrane relativno manja. Zapravo, funkcioniranje zdravog tla (visokog kapaciteta produkcije) blizu je optimalnog kapaciteta sadržaja i kruženja hraniva što omogućava biljkama djelotvorno iskorištenje hraniva. Dakle, u zdravom tlu

dovoljno je hraniva u pristupačnom obliku koje biljke koriste prema svojim potrebama. U takvom tlu postoji minimalna opasnost od ispiranja hraniva, erozije i gubitka hraniva volatilizacijom, a ona se zadržavaju u zoni korijenovog sustava te je mala mogućnost kontaminacije okoliša.

3.3. Planiranje i gospodarenje hranivima

Usporedba između svih izvora raspoloživih hraniva u tlu i potrebe biljaka rezultira bilancom hraniva (*budget hraniva*). Širi pojam je gospodarenje hranivima (*management*) koji označava kontrolu nad gnojidbom usjeva (ali i drugim poljoprivrednim proizvodnjama) uz zaštitu okoliša, posebice podzemnih voda. Gospodarenje hranivima može se ukratko definirati kao *upravljanje količinom, izvorima, mjestom primjene, oblikom i vremenom aplikacije biljnih hraniva i promjenama u tlu*.

Plan gospodarenja hranivima za specifične lokacije je nov termin i najčešće asocira na gospodarenje organskim gnojivima, a primjenjuje se s ciljem minimiziranja neželjenih efekata gnojidbe na okoliš, optimizacije produkcije i povećanja profita jednog poljoprivrednog gospodarstva ili pak čitave regije. Plansko gospodarenje hraniva je u mnogim razvijenim zemljama obveza poljoprivrednih proizvođača, a radi nadzora i učinkovite zaštite okoliša propisane su metode i procedura proračuna bilance i gospodarenja hraniva.

Izvor hraniva u tlu čine gnojidba (mineralna i organska), rezidue (zaostatci hraniva) od prethodne gnojidbe ili biološka fiksacija N prethodnim usjevom leguminoza, mineralizacija organskih rezervi tla (mikrobiološka razgradnja svježe unesene organske tvari, humusa, organskog gnojiva ili siderata), voda za navodnjavanje i dr., što je nemoguće apsolutno kvantificirati. Budući da dobro gospodarenje hranivima omogućava provođenje principa održivosti, njegova sustavna primjena rezultira povećanjem prinosa uz smanjivanje degradacije tla i manji gubitak hraniva.

Stoga se bilanca hraniva može smatrati sinonimom toka hraniva unutar jedne farme ili gospodarstva i bitno se razlikuje od samo inputa hraniva (primjena gnojiva, kondicionera tla, rezidue prethodnog usjeva, leguminoze, organski gnoj i dr.) i s druge strane outputa hraniva (iznošenje, ispiranje, erozija itd.). Te dvije komponente toka hraniva u tlu zajedno označavamo izrazom bilanca hraniva.

Tablica 12. Bilanca hraniva

| | | | |
|-----------|-------------------------|----------------|-----------------------|
| pozitivna | $[A + B] > [C + D + E]$ | $\Delta F > 0$ | akumulacija hraniva |
| negativna | $[A + B] < [C + D + E]$ | $\Delta F < 0$ | iscrpljivanje hraniva |
| neutralna | $[A + B] = [C + D + E]$ | $\Delta F = 0$ | bez promjene |

ΔF = promjena rezervi hraniva u tlu, A = primjena gnojiva, B = unos organske mase i drugi načini inputa hraniva, C = iznošenje hraniva, D = odnošenje hraniva i E = ispiranje, imobilizacija, erozija i drugi gubitci hraniva.

Za planiranje i utvrđivanje uspješne (funkcionalne i razumljive) bilance hraniva potrebno je više elemenata, a neophodno je utvrditi: lokaciju, dozu, vrijeme, izvor, oblik i metoda primjene gnojiva kako bi se mogla održati ili povećati plodnost tla, postići realan prinos (ekonomski isplativ) i spriječiti onečišćenje okoliša. Pojednostavljeno, gospodarenje hranivima u biljnoj proizvodnji je:

- 1) znati što hoću,
- 2) znati što trebam i
- 3) postupiti mudro.

3.4. Osnovne komponente plana gospodarenja gnojivima i bilanca hraniva

Gospodarenje gnojivima može biti osnovno (N, P, K, Ca, Mg i S) i potpuno koje obuhvaća sva hraniva (makro- i mikroelemente), odnosno podrazumijeva:

- 1) djelomičnu procjenu bilance hraniva
 - a) input hraniva (pool $[A + B]$, tablica 12.)
 - b) output hraniva (pool $[C + D]$) = prinos \times koncentracija (tablica 12.)
 - c) cijena nadoknade hraniva u tlu (skrivena u ruralnom gospodarstvu)
 - d) trend djelomične bilance hraniva (statistička obrada)
- 2) procjenu statusa hraniva
 - a) bioraspodjeljivost hraniva (kemijske ekstraktivne metode)
 - b) lakopristupačne rezerve (humus, potencijal mineralizacije, N_{org} , disanje tla i sl.)
- 3) Utvrđivanje gubitaka hraniva
 - a) ispiranje, erozija, runoff (površinsko sapiranje), denitrifikacija, volatizacija, fiksacija i dr. (pool E; tablica 12.)
 - b) monitoring on-site ili off-site

Integrirana biljna proizvodnja je i kod nas sve šire prakticirana te je potrebno znati da takva praksa zahtijeva poštivanje određenih agrotehničkih pravila i normi kako bi se spriječilo onečišćenje okoliša i

sačuvala bioraznolikost u održivom načinu poljoprivredne proizvodnje. Plansko gospodarenje hraniva čine sljedeće komponente:

- 1) karta tla s općim podacima kao što su veličina parcele, tip tla i dr.,
- 2) analiza tla kao ključna komponenta za utvrđivanje doze, vremena i načina gnojidbe,
- 3) rotacija (plodosmjena) usjeva zbog procjene rezidualnih hraniva iz žetvenih ostataka pojedinih usjeva ili simbiozne fiksacije dušika leguminozama,
- 4) realna procjena očekivanog prinosa što je vrlo kompleksan problem na koji utječu vremenske prilike (vlaga, suša, temperatura), obrada tla, rok sjetve, sorta, bolesti, štetnici, korovi, rotacija usjeva i još mnogo drugih faktora, stoga je najbolje uzeti prosjek prinosa u posljednjih 5-7 godina,
- 5) izvor i oblik hraniva koji može znatno varirati kod organskih gnojiva ovisno od načina držanja stoke, prehrane i dr., te je potrebna njegova kemijska analiza,
- 6) značajke područja kao što je navodnjavanje, blizina vodocrpilišta, plitko tlo na pijesku, veći nagib parcele, kanalska mreža, drenaža i drugi posebni uvjeti koji mogu imati utjecaja,
- 7) preporučena doza mora poštivati tehničko-tehnološke i stručno-znanstvene norme kao što su primjerice optimalna količina NPK, dinamika usvajanja hraniva po fenofazama, kalcizacija, druga potrebna hraniva itd., te potreban sadržaj hraniva u biljci za određeni prinos,
- 8) vrijeme primjene, odnosno raspodjela na osnovnu gnojidbu, startnu i prihranu te oblik hraniva (npr. nitratni, amonijski, amidni), ovisno o dužini vegetacije, potrebama biljaka, temperaturi i vlažnosti tla i dr.,
- 9) preporuka načina primjene kao što su primjena omaške, inkorporacija u trake i sl., ovisno o vrsti gnojiva, tehničkim mogućnostima, nagibu tla, oborinama, tipu tla, rotaciji usjeva i dr., kako bi se postigla najveća moguća efikasnost i
- 10) godišnji pregled, ocjena i nadopuna plana gospodarenja hranivima (za cijeli produkcijski sustav) kako bi bio aktualan, bolje prilagođen stvarnoj situaciji i postignutim rezultatima.

Pojednostavljeno gospodarenje biljnim hranivima mora sadržavati samo ključna makrohraniva N, P, K, Ca, Mg i S, a potpuno gospodarenje i mikrohraniva Fe, Mn, B i Zn i to u tri razine:

- 1) djelomična procjena bilance hraniva
 - a) *input* hraniva (pool A + B) (tablica 12.)
 - b) *output* hraniva (pool C + D) = prinos x koncentracija (tablica 12.)

- c) cijena nadoknade hraniva u tlu (skrivena cijena u ruralnom gospodarstvu)
- d) trend djelomične bilance hraniva (statistička obrada)
- 2) procjena statusa hraniva
 - a) bioraspoloživa (kemijske ekstraktivne metode)
 - b) lakopristupačne rezerve (humus, potencijal mineralizacije, disanje tla i sl.)
- 3) utvrđivanje gubitaka hraniva
 - a) ispiranje, erozija, runoff (šapiranje), denitrifikacija, volatizacija, fiksacija i dr. (pool E, tablica 12.)
 - b) monitoring in-site ili off-site

Premda je u većini pravila za provođenje integrirane biljne proizvodnje (tzv. „Tehnološke upute“) odredba o obvezatnoj mehaničkoj (teksturnoj) analizi tla, kao i određivanje kationskog izmjenjivačkog kapaciteta te Ca, Mg i Na, takve analize nisu neophodne. Evo i objašnjenja zašto pojedine fizikalno-kemijske analize tla nisu neophodne, a neke druge, uključujući i primjenu agrotehnike, doprinijele bi boljoj preporuci gnojidbe i popravkama tla:

- a) Plansko gospodarenje hranivima moguće je uspostaviti samo uz propisani (jedinstveni) obrazac, najčešće za petogodišnje razdoblje, u koji se unose zahtijevani podaci i mjere, a koje su zapravo suština integrirane biljne proizvodnje i bez kojih nije moguća integrirana gnojidba bilja.
 1. Mehanički sastav ne može biti indikator gospodarenja tlom (izuzetak je kod vrlo duboke obrade ili rigolanja kojim se „izbacuje“ *argiluvični horizont* (pedološki horizont u kom se akumulira glina iz gornjih slojeva) ili čak i *matični supstrat* (npr. pijesak, šljunak, prapor ili skelet). Budući da se rigolanje ne može propisati kao obvezna agrotehnička mjera, teksturu oraničnog sloja tla nije moguće promijeniti niti obradom (npr. frezanjem) niti usitnjavanjem tla posebnim strojevima, niti usitnjavanjem na bilo koji drugi način.
 2. Puno bi bila važnija odredba o očuvanju strukture tla, ali se ona uglavnom procjenjuje vizualno, tek vrlo rijetko uz pomoć više fizikalnih analiza (npr. stabilnost agregata, zbijenost, gustoća tla, porozitet i drugi vodo-zračni odnosi u tlu) koje većina naših laboratorija ne može provoditi, a to i znatno poskupljuju analizu tla.
 3. Kationski izmjenjivački kapacitet (KIK) je vrlo dobar pokazatelj sorptivnih svojstava tla i zadržavanja hraniva (pa i vode) u zoni korijena, ali se on vrlo dobro može empirijski izračunati iz egzaktno

- utvrđene koncentracije humusa i empirijske procijenjenog sadržaja gline (npr. *feel metododom*).
4. Za određivanje Mg i Na (za određivanje Ca dovoljna je i obvezna analiza karbonata) potreban je skupocjeni AAS (*atomska apsorpcijska spektrofotometar*), jer utvrđivanje Mg po *Schachtschabelu* i tzv. aktivnog vapna nije točno niti je od većeg značaja, čak i za voćarsko-vinogradarsku proizvodnju).
 5. Dakle, nepotrebne i dopunske analize su skupe, zahtijevaju vrijeme i ne može ih primjenjivati niz laboratorija, a i oni laboratoriji koji mogu provoditi takve metode, nemaju dovoljno iskustva za interpretaciju tih rezultata.
- b) Gnojiva koja sadrže P i K, kako mineralna tako i organska, moraju se unijeti dovoljno duboko (do zone gdje će se nalaziti glavni dio korijenskog sustava), najbolje pod osnovnu obradu, ali se dopušta i njihova startna primjena (do 40% od ukupne potrebe usjeva utvrđene gnojidbenom preporukom) jer:
1. često zbog vremenskih uvjeta i/ili financijskih poteškoća poljoprivredni proizvođači preskaču osnovnu obradu i gnojidbu te bi prinost značajno bio umanjen kad se P i K ne bi primijenili u proljeće,
 2. na tlima niske raspoloživosti P i K startna gnojidba u trake (zajedno sa sjetvom uz primjenu deponatora za mineralna gnojiva) povoljno djeluje na rani porast usjeva,
 3. primjena amidnog dušika mora se obaviti prije sjetve, a startno je dopuštena samo primjena nitratnih i amonijsko-nitratnih N-gnojiva, kao i kompleksnog gnojiva koje sadrži do 20 % ukupne potrebe dušika, ali samo u trake.
- c) "Zimsko" ograničenje primjene svih vrsta gnojiva (mineralnih i organskih) treba proširiti na razdoblje od 01.12. do 01.03. (120 dana) jer za vrijeme mirovanja vegetacije nema usvajanja hraniva, a okoliš se izlaže nepotrebnom onečišćenju. I kad je temperatura iznad nule, biljke ne zahtijevaju niti mogu usvojiti veću količinu hraniva (što zbog niske temperature tla, ali i nadzemnog dijela, što zbog male mase biljaka, odnosno vrlo malog kapaciteta akumulacije).
- d) Sve rezultate kemijske analize tla, i druge podatke relevantne za integriranu biljnu proizvodnju moralo bi se dostaviti poljoprivrednim proizvođačima, stručnim i javnim službama, pa dijelom i cjelokupnoj javnosti u razumljivom obliku kao što je to učinjeno u Interpretacijskoj bazi zemljišnih resursa Osječko-baranjske županije (web stranica <http://nss.com.hr>).

Primjena gnojiva, kako mineralnih tako i organskih, planira se sukladno koncentraciji pojedinih hraniva u njima, njihovom omjeru, učinkovitosti i produžnom (višegodišnjem) djelovanju, potrebama biljaka i očekivanoj visini prinosa kao i plodnosti tla. Također, izbor formulacija složenih (kompleksnih i miješanih) gnojiva mora biti u skladu s potrebama biljaka i mogućnosti njihovog usvajanja. Naime, omjer hraniva u gnojivu (*formulacija*) često je suprotan potrebama biljaka u pojedinim godinama te je teško uskladiti potrebnu dozu glavnih hranjivih elemenata. Budući da su gubici fosfora i kalija zanemarivi (izuzev na vrlo lakim i tlima izloženim eroziji), ta dva elementa ishrane bilja usklađuju se na razini plodoreda, pazeći da ne dođe do prevelikog odstupanja od planirane gnojidbe.

Bilanciranje dušikom mnogo je teže zbog njegove velike pokretljivosti u tlu po vremenu, ali i dubini profila. Naime, nitratni dušik je negativno nabijena molekula (*anion* NO_3^-), a naša tla bez izuzetka imaju negativno nabijenu koloidnu frakciju koju čine humus i glina (tzv. *kationski izmjenjivački kapacitet* tla ili *KIK*). Za razliku od kationa (pozitivno nabijenih iona i molekula), sorpcija nitrata nije moguća, čak je i negativna, jer je u blizini koloidne frakcije tla njihova koncentracija niža. Dakle, električno polje negativno nabijenih koloida tla ne zadržava nitratne ione u svojoj blizini već ih odbija te se oni lako premještaju strujanjem vode, ali i difuzijom. Kretanjem vode kroz tlo strujanjem (*konvekcija*), koje je naročito intenzivno nakon obilnih padalina (ili topljenja snijega), nitrati se brzo premještaju u dublje slojeve soluma, odnosno lako ispiru sve do podzemne vode (*perkolacija*) i tako udalje iz zone korijena (*rizosfere*). Međutim, u vlažnom tlu, premještanje nitrata odvija se istovremeno i procesom difuzije, odnosno s mjesta gdje ih ima više k mjestu njihove niže koncentracije. To je ozbiljan problem N-prihrane koja se obavlja kod ozimih usjeva uglavnom po površini tla (omaške), jer kad je hladno i korijen biljaka ne može usvajati vodu, pa niti hraniva, nitratni oblik dušika premještati će se u dublje slojeve tla, bez obzira ima li padalina ili ne. Zbog toga se N-prihranu ne smije obavljati po snijegu ili smrznutom tlu (nema efekta na biljke, a „opterećuje“ okoliš).

Amonijski oblik dušika (NH_4^+) je pozitivno nabijena molekula (*kation*) koji se izmjenjivo („labavo“) veže na koloide tla, ali može biti i mehanički fiksiran (čvrsto vezan) na dulji rok, slično kaliju, unutar međuprostora nekih vrsta sekundarnih minerala gline. Labavo zadržani amonijev ion (sorbiran na KIK-u) biljke i mikroorganizmi lako usvajaju tako da ga zamijene za drugi kation, obično vodikov ion (H^+) kojeg korijen u velikoj količini proizvodi disanjem. Usvojeni NH_4^+ otrovan je u većoj koncentraciji (jednako i za

životinje i ljude) pa ga biljke odmah ugrađuju u bjelančevine. Međutim, kad je hladno i disanje korijena je malog intenziteta, nagomilavanje amonijskog iona truje biljke. To se redovito događa kad se ozime biljke po hladnom vremenu prihranjuju ureom, odnosno amidnim ili amonijskim dušičnim gnojivom. Zbog toga se dušik, bez obzira na njegov kemijski oblik, prihranom dodaje u pravilu samo kada ga biljka treba i može usvojiti, i to u više obroka.

Pokretljivost dušika u tlu prilično otežava plansko gospodarenje i bilanciranje hraniva za cjelokupni plodored. Ako tome dodamo i znatno variranje dinamike i količine usvajenih hraniva po pojedinim godinama, ovisno o vremenskim, biljnim (kultivar, visina prinosa i dr.), agrotehničkim (agrotehnički rokovi, način obrade itd.) i dugim čimbenicima, kemijska analiza tla i biljaka je temelj gospodarenja gnojivima. U tablici 13. prikazan je relativno jednostavan primjer planskog gospodarenja gnojivima i bilance hraniva u petogodišnjem razdoblju za konkretnu parcelu (blizina Koške) čiji su rezultati kemijske analize tla bili sljedeći: humus % = 2,16, pH-KCl = 3,83, pH-H₂O = 4,53, AL-P₂O₅ mg 100 g⁻¹ = 21,31, AL-K₂O mg 100 g⁻¹ = 25,47, Hy cmol⁽⁺⁾ kg ha⁻¹ = 6,52, KIK cmol⁽⁺⁾ kg ha⁻¹ = 18,40, tekstura = ilovasto, glina % = 18,50, biogenost = loša, nagib i ekspozicija = bez nagiba, uređenost = površinska odvodnja, ponekad leži voda (tablica 13.).

Budući da ALR kalkulator uzima u proračun dopunske indikatore plodnosti, njegova se gnojidbena bilanca nešto malo razlikuje za P i K (obzirom na korištenje iste formulacije za cijelo plansko razdoblje i dobru opskrbljenost kalijem), a prilično za N (178 kg N ha⁻¹ za petogodišnji plodored, odnosno 34,5 % prema tabličnom proračunu). Naime, ALR kalkulator precizno izračunava potrebu za N te njegovu bilancu „svodi na nulu“ uz pomoć prihrane ili startne gnojidbe ureom i/ili KAN-om. Koristeći ALR kalkulator proizvođači mogu sačuvati svoje podatke i proračune, uključujući i bilancu hraniva, te svake godine izborom adekvatne formulacije ili „uvođenjem“ pojedinačnog gnojiva potpuno uravnotežiti bilancu hraniva. Za biljke koje zahtijevaju puno kalija, npr. šećerna repa, kukuruz, krumpir i dr., izborom gnojiva MAP, KCl ili K₂SO₄, urea i KAN bilanca se može u potpunosti „svesti na nulu“. Suprotno, izbor kompleksnog gnojiva s puno dušika, npr. 15:15:15, gotovo uvijek, posebice uz kombinaciji s organskim gnojem, rezultira disbalansom dušika.

Tablica 13. Primjer jednostavnog gospodarenja gnojivima i bilance hraniva za petogodišnji plodored

| Godina | Usjev | Prinos t/ha | Predusjev t/ha | Žet. ost. t/ha | | Iznošenje hraniva kg/ha | | | Hraniva u žet. ost. kg/ha | | | Potreba usjeva kg/ha | | |
|---------------|-------------------------|----------------|---------------------|-------------------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|----------------------|-------------------------------|------------------|
| | | | | N | P ₂ O ₅ | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| 2012. | 06 kukuruz ¹ | 8,50 | 15 soj ² | 3,0 | 213 | 102 | 170 | 36 | 9 | 15 | 156 | 122 | 94 | |
| 2013. | 01 pšenica | 5,65 | 06 kukuruz | 6,0 | 155 | 79 | 99 | 150 | 18 | 90 | 91 | 84 | 0 | |
| 2014. | 14 šec. repa | 56,50 | 01 pšenica | 5,0 | 226 | 85 | 311 | 136 | 10 | 50 | 67 | 69 | 94 | |
| 2015. | 06 kukuruz | 9,25 | 14 šec. repa | 5,5 | 231 | 111 | 185 | 22 | 9 | 44 | 143 | 131 | 57 | |
| 2016. | 15 soja | 3,65 | 06 kukuruz | 6,5 | 219 | 100 | 173 | 163 | 20 | 98 | 59 | 112 | 23 | |
| Ukupno | | 83,55 | | 26,0 | 1044 | 477 | 938 | 508 | 66 | 297 | 516 | 518 | 268 | |

| Godina | Usjev | Org. gnoj | Iz org. gnoja kg/ha | | N _{min} kg/ha/god | Formulacija | Mineralno gnojivo kg/ha | | Balanca kg/ha (ALR kalk.) | | | | |
|---------------|--------------|--------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------|-------------------------|------------|---------------------------|-------------------------------|------------------|-------------|------------|
| | | | N | P ₂ O ₅ | | | NPK | Urea | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | |
| 2012. | 06 kukuruz | 0 | 0 | 0 | 25 | 7:20:30 | 462 | 134 | 229 | 0 | -30 | 45 | |
| 2013. | 01 pšenica | 07 30 ³ | 83 | 50 | 24 | 7:20:30 | 210 | 83 | 141 | 0 | -42 | 63 | |
| 2014. | 14 šec. repa | 0 | 0 | 0 | 21 | 7:20:30 | 329 | 48 | 81 | 0 | -3 | 5 | |
| 2015. | 06 kukuruz | 0 | 0 | 0 | 21 | 7:20:30 | 423 | 123 | 210 | 0 | -46 | 70 | |
| 2016. | 15 soja | 0 | 0 | 0 | 24 | 7:20:30 | 318 | 40 | 68 | 0 | -48 | 72 | |
| Ukupno | | 83 | 50 | 76 | 116 | | 1742 | 428 | 729 | 0 | -1693 | 255 | |
| | | | | | | | | | | | 178 | -106 | 374 |

¹ Rečni broj usjeva i predusjeva u bazi tabličnog proračuna

² Goveđa gnojovka, 30 t/ha, NPK % = 2,8 : 1,7 : 2,5

³ Negativan broj označava manjak elementa, a pozitivna suvišak

3.5. Ekspertna pravila za interpretaciju gnojdbene preporuke usjeva

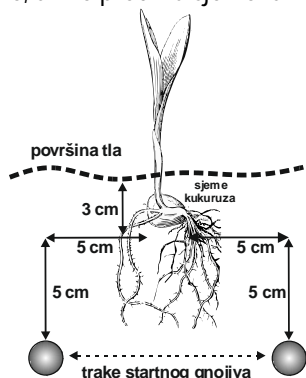
Znastveno-stručni temelji utvrđivanja potrebe za gnojidbom vrlo su opsežni i nadasve multidisciplinarni te ih nije moguće sažeti niti jednostavno prikazati. Za bolje razumijevanju tako složene problematike može pomoći popis pravila za interpretaciju kemijske analize tla i dopunskih informacija neophodnih za utvrđivanje potrebe u gnojdbi ALR_{xp} kalkulatorom. Detaljna analiza svakog pravila, kao i njihova primjena u različitim okolnostima, zbog složene, dinamičke i često nelinearne prirode njihovih međusobnih veza, oduzela bi previše prostora. Stoga su tzv. „ekspertna pravila“ interpretacije potrebe za gnojidbom usjeva i savjeti opisani sažeto, bez egzaktnih numeričkih, matematičkih, statističkih, ali i empirijskih pokazatelja.

1. *Najbolji rezultati i najviši profit postižu se pravovremenom gnojidbom:*
 - a. pravilna i pravovremena gnojidba može se odrediti samo na temelju analize tla i drugih podataka o tlu, a integrirana ishrana bilja nemoguća je bez nje,
 - b. gnojidba mora osigurati potrebe usjeva za hranivima uz održanje ili povećanje plodnosti tla,
 - c. ni u koje slučaju ne treba „napamet“ (bez analize tla) primjenjivati mineralnu ili organsku gnojidbu, niti mjere popravke tla,
 - d. svaka improvizacija najčešće rezultira smanjivanjem prinosa i kakvoće uroda, odnosno gubitkom profita,
 - e. jedino gnojdbena preporuka utemeljena na kemijskoj analizi tla daje odgovor na ključna pitanja:
 - Koliko hraniva treba unijeti u tlo za postizanje očekivanog prinosa?
 - Koja je to stvarno moguća visina prinosa za Vaše konkretne agroekološke uvjete?
2. *P i K ne treba u pravilu primjenjivati u prihrani:*
 - a. P i K gnojivo primijenite u jesen pod osnovnu (duboku) obradu ili najkasnije predsjetveno,
 - b. P i K nemojte nikad primijeniti u prihrani omaške (po površini),

- c. Kad je, iz bilo kojeg razloga, izostavljena osnovna gnojidba, P i K primijenite u sjetvi aplikatorom u trake, ali ne preblizu sjemena i samo za usjeve širokog razmaka sjetve, npr. kukuruz, suncokret i dr. (slika 19.).

3. *U prihrani se pridržavajte slijedećih pravila:*

- a. Za prihranu u pravilu koristite nitratni ili amonijsko-nitratni oblik dušika,
- b. Prihranu krutim ili tekućim gnojivom (folijarno) obavite:
- u skladu s agrotehničkim rokovima, ekonomskim i ekološkim normama,
 - na temelju N_{min} metode, folijarne analize ili simptoma deficita pojedinih biogenih elemenata,
 - kad je to ekonomski isplativo, npr. kad se prihranom može popraviti loše stanje usjeva, u sjemenskoj proizvodnji zbog povećanja prinosa i/ili kakvoće sjemena,
 - u integriranoj proizvodnji zabranjena je organska i mineralna gnojidba (kao i N-prihrana) između 15.11. i 15.02.



Slika 19. Polaganje startnog gnojiva (kukuruz)

4. *Žetveni ostatci su vrijedni i jednako efikasni kao stajski gnoj zbog unosa organske tvari i mineralnih elemenata u tlo (tablica 14.), ali i poticajnog (priming) efekta (intenziviranje) mineralizacije:*
- a. zaorite žetvene ostatke, nemojte ih spaljivati jer im je učinkovitost slična stajnjaku,
- b. N-depresiju (mikrobiološka asimilacija N) spriječite primjenom N prije prašenja strništa, obavezno kad je razmak između zaoravanja žetvenih ostataka i sjetve manji od 45 dana,
- dodani N za mineralizaciju žet. ostataka (zbog sužavanja C/N omjera) odbijte u potpunosti od preporuke za proljetne usjeve,
 - samo dijelom (do 60%) za ozimine, ovisno o biogenosti tla!
5. *Rotacija usjeva je neophodna jer:*
- a. čuva humus i strukturu tla,
 - b. reducira bolesti, pojavu insekata i drugih štetnika,
 - c. smanjuje pojavu korova i
 - d. sprječava „zamor“ tla te omogućuje postizanje viših prinosa.

Tablica 14. Prosječan sadržaj N u žetvenim ostacima (kg t⁻¹)

| Žetveni ostaci | N kg t ⁻¹ | Žetveni ostaci | N kg t ⁻¹ |
|-------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|
| Pšenica ozima | 5,0 | Šećerna repa | 4,5 |
| Pšenica jara | 3,0 | Soja | 12,0 |
| Pšenica durum | 3,5 | Suncokret | 12,0 |
| Triticale | 4,5 | Uljana repica | 8,0 |
| Raž | 3,5 | Krumpir | 3,5 |
| Kukuruz | 7,5 | Grah | 13,5 |
| Kukuruz sjemenski | 7,0 | Grašak stočni | 25,0 |
| Kukuruz silažni | 8,5 | Lucerna | 20,0 |
| Ječam ozimi | 4,0 | Djetelina | 25,0 |
| Ječam jari | 3,7 | Duhan Virginia i Burley | 5,0 |
| Ječam pivarski | 3,5 | DT smjesa | 22,5 |
| Zob ozima | 4,0 | Rauola (siderat) | 10,5 |
| Zob jara | 4,5 | | |

6. *Utjecaj organske gnojidbe proteže se najmanje na 4. godine (tzv. produžni efekt) uz opadajuću učinkovitost (približna efikasnost po godinama je 1.=50, 2.=25, 3.=15 i 4.=10 %).*
7. *Bilancu NPK nije potrebno podešavati ako preporučena ukupna aktivna tvar odstupa za manje od 15 kg/ha, obzirom na primijenjene formulacije gnojiva. U suprotnom:*
 - a. promijeniti formulaciju gnojiva ili
 - b. primijenite i pojedinačno gnojivo koje sadrži hranivo u nedostatku.
8. *Kad je bilanca dušika pozitivna ili negativna, a za prihranu i/ili start preostaje < 35 %:*
 - a. formulacija gnojiva je problematična (najčešće su to formulacije s puno dušika koje nisu pogodne za osnovnu gnojidbu, npr. 15:15:15, 13:13:13, 20:10:10 i sl.),
 - b. N-gnojidbu nije moguće pravilno podesiti kad je uz pogrešnu formulaciju kompleksnog gnojiva primijenjena i organska gnojidba.
9. *Biogenost tla može se za potrebe proračuna gnojidbe dobro procijeniti na temelju razgradnje žetvenih ostataka jer je:*
 - a. biogenost tla niska kad je spora razgradnja žetvenih ostataka i/ili mineralizacija organsko gnojiva, dok
 - b. dobra biogenost tla osigurava efikasno korištenje hraniva iz žetvenih ostataka i organsko gnoja.
10. *Širok C/N omjer u žetvenim ostacima može izazvati dušičnu depresiju jer:*

- a. zaoravanje organske mase pred sjetvu uzrokuje prolazni nedostatak dušika (N-depresija),
 - b. stoga treba izbjegavati primjenu organskog gnoja pred sjetvu
 - 30-45 dana u proljeće, a
 - 45-60 dana u jesen ili treba
 - primijeniti N-gnojivo pred zaoravanje žetvenih ostataka (najbolje je poprskati žetvene ostatke UAN-om) zbog sužavanja C/N omjera.
11. *Stajnjak, gnojovku ili bihugnoj treba odmah unjeti u tlo zbog sprječavanja gubitaka hraniva:*
- a. organski gnoj ne smije ostati nezaoran na parceli, posebice kad je toplo,
 - b. poželjno ga je zaorati (tekući gnoj inkorporirati) u tlo isti dan, najmanje na dubinu od 10 cm, a na težim tlima i dublje (15-30 cm),
 - c. organski gnoj ne treba primjenjivati (zabranjeno je) na temperaturama ispod nule, u vlažno tlo ili kod visokih temperatura,
 - d. organski gnoj za lisnato, cvjetno i plodno povrće treba primijeniti najmanje 4 tjedna prije sjetve/sadnje,
 - e. organski gnoj za gomoljasto i lukovičasto povrće treba primijeniti najkasnije 4 mjeseca prije vađenja.
12. *Visoke doze organskog gnoja jednako su opasne po okoliš kao i visoke doze mineralnog gnojiva:*
- a. manje količine organskog gnoja od potrebnih imaju veće iskorištenje hraniva (tzv. poticajni ili „*priming*“ efekt, premda veće doze imaju izraženo produžno djelovanje N u više godina,
 - b. doze organskog gnoja s više od 170 kg N/ha smatraju se štetnim i opasne su za okoliš (ograničeno EU „Nitratnom direktivom“).
13. *Organski gnoj, siderati (zelena gnojidba) i žetveni ostaci popravljaju strukturu slabo humoznih tala, a ujedno su i „sporotekući izvor“ hraniva jer utječu na:*
- a. veću stabilnost strukturnih agregata,
 - b. bolju dreniranost, prozračnost i veću retenciju vode u tlu,
 - c. veću produktivnost i efikasnost gnojidbe uz veći prinos i kakvoću proizvoda te
 - d. oslobađaju pristupačna hraniva u duljem vremenskom periodu.
14. *Kad je biogenost tla dobra dušik dodan za bržu razgradnju žetvenih ostataka, siderata ili organskog gnoja treba uračunati u gnojidbu za ozime usjeve:*

- a. i to najmanje s 50 % jer je njihova potreba za dušikom u periodu jesen/zima mala, a vremenski period dovoljno dug za biološku defiksaciju N (smanjivanje populacije mikroorganizama zimi),
 - b. kod zaoravanja žetvenih ostataka na tlima dobre biogenosti dodani „N za razgradnju“ treba uvažiti s 50-100 %, odnosno smanjiti preporuku gnojidbe ozimina dušikom za tu količinu,
 - c. na tlima slabe biogenosti „N za razgradnju“ ne treba oduzimati od N preporuke.
15. *Kad je niska koncentracija humusa u tlu treba razmotriti potrebu organske gnojidbe, humizacije i sideracije:*
- a. kad je konc. humusa u tlu > 2 % mjere humizacije nisu potrebne,
 - b. kod 1,5 - 2,0 % humusa u tlu poželjno je primjenjivati zelenu gnojidbu (sideraciju),
 - c. kod niskog sadržaja humusa (< 1,5 %) treba uvesti primjenu organskog gnoja, najbolje pod okopavine,
 - d. ne uklanjati ili spaljivati žetvene ostatke,
 - e. uz kalcizaciju obavezno provesti i humizaciju i/ili uvedite redovitu primjenu siderata.
16. *pH reakcija tla (pH u KCl) je:*
- a. <= 4.5 ekstremno kisela,
 - b. > 4.5 do <= 5.0 vrlo jako kisela,
 - c. > 5.0 do <= 5.5 jako kisela,
 - d. > 5.5 do <= 6.0 umjereno kisela,
 - e. > 6.0 do <= 6.5 slabo kisela,
 - f. > 6.5 do <= 7.3 neutralna,
 - g. > 7.3 do <= 7.8 slabo alkalna,
 - h. > 7.8 do <= 8.4 umjereno alkalna,
 - i. > 8.4 jako alkalna (razmotrite potrebu sulfatizacije).
17. *Kod kiselih tala, naročito lakšeg mehaničkog sastava, postoji realna opasnost od ispiranja mikroelemenata:*
- a. kad je $\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 5,5$, a tekstura tla „lagana“, moguć je nedostatak mikroelemenata (izuzev molibdena),
 - b. kad je $\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 4,5$, a tekstura tla „lagana“, moguć je:
 - suvišak Al, Fe i Mn i/ili
 - manjak većine mikroelemenata te
 - niska efikasnost N, P i organskih gnojiva,
 - c. kad je $\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 4,5$, a tekstura tla „teška“:
 - vrlo čest je toksičan suvišak Al, Fe i Mn,
 - moguća je prisutnost nitrita uz gubitak dušika denitrifikacijom,

- vrlo niska efikasnost je organskih i P-gnojiva.
18. Kad je tlo kiselo ($pH_{KCl} < 5,5$), potrebno je razmotriti potrebu kalcizacije jer:
 - a. bakterizacija (inokulacija) leguminoza (soja, lucerna, grah, grašak itd.) nema efekta,
 - b. šećerna repa loše uspijeva.
 19. Kalcizacija nije neophodna kad je potreba Ca u $kg\ ha^{-1} < 300\ kg/ha$ ili je H_y (hidrolitička kiselost tla) ≤ 4 , ili je $pH_{KCl} \geq 5.5$. Kalcizaciju je najbolje izvesti nakon žetve strnih usjeva po suhom vremenu.
 20. Kalcizacija je "kabasta" i potencijalno opasna agrotehnička mjera. Stoga je mudro kalcizacijom postupno podizati pH, jer nagla promjena vrlo kiselog u neutralno tlo radikalno mijenja biološko-fizičko-kemijska svojstva. Neutralizaciju kiselih tala za usjeve najbolje je provoditi postupno za najviše $2,5\ cmol^{(+)}\ kg^{-1}$ tla (višeputna kalcizacija, svakih 4-5 godina). Kod zasnivanja trajnih nasada kalcizacijom se mora neutralizirati kiselost tla na duljinu eksploatacije (20-40 godina) uz primjenu krupnozrnatog materijala, uz:
 - a. meliorativne doze P i K gnojiva i mikroelemenata,
 - b. unošenje većih količina organskih gnojiva (humizaciju),
 Stoga se često može čuti poslovice „Kalcizacija bogati očeve, a siromaši sinove“.
 21. Proračun kalcizacije je točan samo kad je obavljena kemijska analiza tla, odnosno kad su utvrđeni mehanički sastav tla, KIK i H_y (kationski izmjenjivački kapacitet i hidrolitička, odnosno potencijalno ukupna kiselost tla). Na temelju samo pH vrijednosti nemoguće je pouzdano utvrditi potrebu za kalcizacijom. Naime, dvije parcele (ili dijelovi parcele) nisu jednako kisele i kad im je pH vrijednost ista.
 22. Uporaba kompleksnog gnojiva s visokom konc. N u osnovnoj gnojidbi (npr. 15:15:15, 20:10:10 i dr.) onemogućava pravilnu raspodjelu hraniva (osn. gnojidba-startna-prihrana, vidjeti pravilo broj 8.), a primjena takvih gnojiva u prihrani utječe na plitko ukorjenjivanje i nisku otpornost biljaka na sušu (loše usvajanje hraniva iz dubljih slojeva tla uz nedovoljnu otpornost na sušu u kasnijim etapama razvitka i veću potrebu za vodom, odnosno navodnjavanjem).
 23. Što je tekstura tla lakša:
 - a. treba primijeniti manje N u osnovnoj gnojidbi zbog opasnosti od ispiranja, a više u startu i/ili prihrani,
 - b. na težim, glinastim tlima ispiranje N- NO_3 je slabo te je poželjno više dušika primijeniti u osnovnoj gnojidbi,

-
- c. bez primjene dušika u osnovnoj gnojdbi postoji realna mogućnost da zbog manjka ili suviška vode u tlu N-prihrana slabo djeluje ili se ne može na vrijeme obaviti.
24. *Kad je nagib parcele $\geq 5\%$ postoji realna opasnost od erozije koja raste s padom volumne gustoće tla, ali i obradom, kao i sjetvom u smjeru nagiba:*
- kad je nagib parcele između 4 i 8 % (pjeskovita i praškasta tla) visok je rizik od erozije (paziti na smjer i dubinu obrade tla!), posebice na tlima lagane teksture,
 - kad je nagib parcele između 4 i 8 % (ilovasta i glinasta tla), rizik od erozije je umjeren na tlima teže teksture,
 - rizik od erozije može se umanjiti uz pravilnu obradu i sjetvu pokrovnih, odnosno međusjeva.
25. *Ekonomski i ekološki razlozi presudno utječu na intenzitet gnojidbe (npr., kad očekivano povećanje prinosa nije isplativo, a ekološko opterećenje opasno je za okoliš). Potrebna doza (količina aktivne tvari) dobar je pokazatelj potencijalne plodnosti tla i potrebe za gnojidbom:*
- kad je potreba NPK $\leq 300 \text{ kg ha}^{-1}$, $\text{pH}_{\text{KCl}} \geq 5,5$ ili humus $\geq 1,75\%$, intenzitet gnojidbe je nizak i tlo je visoke potencijalne plodnosti,
 - kad je potreba NPK $\leq 300 \text{ kg ha}^{-1}$, $\text{pH}_{\text{KCl}} < 5,5$ ili humus $< 1,75\%$, intenzitet gnojidbe je nizak, a tlo je ograničene plodnosti,
 - kad je potreba NPK između 300 i 400 kg ha^{-1} , intenzitet gnojidbe je osrednji,
 - kad je potreba NPK $> 400 \text{ kg ha}^{-1}$ (ili više od 750 kg ha^{-1} mineralnog gnojiva), intenzitet gnojidbe je visok, bez obzira da li postoje, ili ne, limitirajući faktori plodnosti tla.
26. *Kod primjene visokih doza gnojiva (luksuzna ishrana), odnosno ukupna količina gnojiva za osnovnu gnojidbu (ne računajući dušik za prihranu) premašuje 750 kg ha^{-1} :*
- gnojdba je rizična po okoliš, naročito za podzemne vode,
 - moguć je „solni udar“ (visoka osmotska vrijednost vodene faze tla), naročito kod intenzivne startne gnojidbe u suho tlo (što se događa relativno često zbog izostanka osnovne gnojidbe).
27. *Biljke najviše zahtijevaju dušik u fazi glavnog porasta i najintenzivnije sinteze bjelančevina.*
28. *Kod visoke potrebe usjeva za dušikom ($> 150 \text{ kg ha}^{-1}$), koji najviše od svih drugih elemenata ishrane utječe na povećanje prinosa (tzv. „prinosotvorni element“):*

-
- a. suvišak dušika na početku vegetacije može biti štetan jer se biljke plitko ukorjenjuju što kasnije, u sušnim uvjetima, može otežati opskrbu biljaka hranivima i vodom,
 - b. prekomjerna primjena N produžava vegetaciju, smanjuje prinos i kakvoću proizvoda te onečišćuje podzemne vode.
29. *Preporuka gnojidbe dušikom koja je 80 % niža od potrebe biljaka za postizanje očekivanog prinosa, zbog ekonomskih i/ili ekoloških razloga (ograničenje doze N) zahtijeva:*
- a. višekratnu primjenu manjih doza N,
 - b. dodatnu provjeru, najbolje N_{\min} metodom ili folijarnom analizom jer luksuzna ishrana dušikom produžava vegetaciju, porast biološke mase podložne bolestima i štetnicima uz pad prinosa (smanjivanje žetvenog indeksa) i njegove plodnosti.
30. *Kad je zbog ekonomskih razloga preporuka gnojidbe fosforom niža od potrebe biljaka do 40 %, to vjerojatno neće utjecati na visinu prinosa u prvoj godini primjene, a primjena visokih P-doza može skratiti vegetaciju uz pad prinosa.*
31. *Kad je zbog ekonomskih razloga preporuka gnojidbe kalijem niža od potrebe biljaka do 30 %, to vjerojatno neće utjecati na visinu prinosa u godini primjene, ali veća primjena kalija može:*
- a. kod nekih usjeva, npr. šećerne repe, krumpira i dr., smanjiti negativne efekte pojačane N-gnojidbe (bolja tehnološka kakvoća korijena),
 - b. povećati toleranciju većine usjeva na sušu i kakvoću priroda.
32. *Kod utvrđivanja potrebe usjeva za fosforom treba uzeti u obzir:*
- a. nedostatak fosfora čest je na vrlo kiselim, ali i lužnatim, karbonatnim te slanim tlima,
 - b. korekcija potrebe usjeva za fosforom mora uzeti u obzir pH, uređenost parcele (vodno-zračni režim, aeracija), sadržaj humusa (*humat efekt*), NP-mineralizaciju organske tvari (organski izvor P) i dubinu obrade,
 - c. biljke su najviše osjetljive na nedostatak fosfora
 - u fazi izgradnje korijenovog sustava i
 - na prijelazu iz vegetacijske u reproduksijsku (oplodnja) fazu razvitka.
33. *Organska tla sadrže vrlo često dovoljno organskog fosfora, koji pak ne registrira AL-metoda te je na humoznim tlima raspoloživost fosfora dovoljna, bez obzira na nisku vrijednost AL- P_2O_5 .*
34. *Kod niskog sadržaja AL- P_2O_5 potrebno je razmotriti plan postupnog podizanja P-raspoloživosti:*

- a. kad je $\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 6,0$ uz $\text{AL-P}_2\text{O}_5 \leq 12 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ili je $\text{pH}_{\text{KCl}} > 6,0$ uz najmanje $16 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, tlo je nedovoljne raspoloživosti fosforom te se može primijeniti do 50 % veća doza fosfora ako ona tada ne premašuje ekonomski, odnosno ekološki limit na nagnutim i/ili „lakim“ tlima,
 - b. kad je $\text{pH}_{\text{KCl}} \leq 6,0$ uz $\text{AL-P}_2\text{O}_5 > 21 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ ili je $\text{pH}_{\text{KCl}} > 6$ uz najmanje $26 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$, tlo je dobre opskrbljenosti fosforom te P-gnojidbu treba smanjiti do 50 % od izračunate potrebe,
 - c. kad je tlo srednje opskrbljenosti fosforom ($\text{pH} \leq 6,0$ uz 13 do 20, ili je $\text{pH} > 6,0$ uz 17 do 25 $\text{AL-P}_2\text{O}_5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$), treba se pridržavati preporučene P-doze (vidi tablicu 10.).
35. *Kod utvrđivanja potrebe usjeva za kalijem treba uzeti u obzir:*
- a. nedostatak kalija čest je na lakim (pjeskovitim), ali i vrlo teškim (glinastim) tlima,
 - b. korekcija potrebe usjeva za kalijem mora uzeti u obzir K-fiksaciju (na tlima „teške“, glinovite teksture), dubinu obrade i uređenost parcele,
 - c. biljke najviše trebaju K u:
 - intenzivnoj izgradnji lisne mase (brz vegetacijski rast) i u
 - reprodukcijskoj fazi kod nagomilavanja rezervnih tvari, posebice ugljikohidrata u sjemenu ili plodu.
36. *Teška, glinovita tla jako fiksiraju kalij i na njima AL-metoda redovito pokazuje veću raspoloživost K od stvarne.*
37. *Kod niskog sadržaja AL-K₂O potrebno je razmotriti plan postupnog podizanja K-raspoloživosti:*
- a. kad je u tlu $\text{AL-K}_2\text{O} \leq 12 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ uz manje od 20 % gline ili je $\text{AL-K}_2\text{O} \leq 16 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ uz više od 35 % gline, tlo je nedovoljne opskrbljenosti kalijem te je dozu potrebno povećati do 30 % ako ona tada ne premašuje ekonomski, odnosno ekološki limit na nagnutim i/ili „lakim“ tlima,
 - b. kad je u tlu $\text{AL-K}_2\text{O} > 21 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ uz manje od 20 % gline ili je $\text{AL-K}_2\text{O} > 26 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ uz više od 35 % gline, tlo je dovoljne opskrbljenosti kalijem te se doza može smanjiti do 30 %,
 - c. kad je tlo srednje opskrbljenosti kalijem ($\text{AL-K}_2\text{O}$ 17 do 25 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ uz > 35 % gline ili je $\text{AL-K}_2\text{O}$ 13 do 20 $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ uz < 20 % gline), treba se pridržavati preporučene gnojidbene doze (vidi tablicu 10.).
38. *Teška, glinovita tla su hladna i imaju nepovoljnu strukturu:*
- a. podložna su zbijanju, a zbog slabe aeracije usporen je rast korijena,

- b. usporena je mineralizacija organske tvari uz slabu infiltraciju vode pa veći dio vode nakon obilnih oborina otječe površinom.
39. *Na teškim, zbijenim, slabo dreniranim tlima česta je anaerobioza i/ili anoksija. U tim uvjetima biljke pokazuju različitu toleranciju na manjak kisika i/ili suvišak CO₂ u tlu:*
- kukuruz, duhan i grah – niska tolerancija,
 - zob i ječam – srednja tolerancija,
 - šećerna repa (i riža) – visoka tolerancija.
40. *Bestrukturna tla imaju loš vodno-zračni režim, zbijena su, povremeno saturirana vodom (uz nižu pH vrijednost), ne podnose visok intenzitet obrade uz poteškoće u pripremi za sjetvu i imaju znatno snižen potencijal plodnosti. Takva tla treba gnojiti sniženim dozama jer se njihova proizvodna ograničenja ne mogu popraviti gnojidbom.*
41. *Različite biljne vrste, kao i njihovi kultivari, imaju specifične potrebe za hranivima (količinski i tijekom vegetacije) s obzirom na:*
- uvjete uzgoja (plodnost tla, očekivani prinos i razinu ulaganja/agrotehnike),
 - vremensku raspodjelu, oblik hraniva i način primjene,
 - etape razvitka, kondiciju i zdravstveno stanje usjeva,
 - cijenu proizvoda,
 - različite granične vrijednosti analize tla i biljaka i dr.
42. *Omjer Ca/K („Ehrenbergov zakon“) u tlu važan je kad je u tlu suvišak kalcija (visok pH uz suviše CaCO₃), a manjak kalija zbog:*
- pojave simptoma manjka kalija (vršna i rubna nekroza) i suviška kalcija,
 - manjka mikroelemenata (B, Zn, Mn),
 - pojavu Fe-kloroze (manjak željeza).
43. *Visoke doze gnojiva, naročito dušičnih (podjednako organskih i mineralnih) rizične su za okoliš, a vrlo često mogu smanjiti i prinos, kao i kakvoću proizvoda.*
44. *Sunčeva energija i voda biljkama su važnije od hraniva te bez dovoljno svjetla, topline, vode i hraniva (tim redosljedom) nema visokih prinosa. Stoga treba voditi računa o:*
- sklopu (broju biljaka po jedinici površine i njihovom prostornom rasporedu),
 - smjeru sjetve usjeva sa širokim razmakom redova (obje strane reda biljaka trebaju podjednaku osvjetljenost, odnosno poželjan je smjer sjetve sjever-jug),
 - usjevi zahtijevaju vodu tijekom cijele vegetacije, osobito:

- tijekom klijanja i nicanja, cvjetanja, zamatanja i formiranja sjemena, odnosno plodova,
 - korjenaste biljke zahtijevaju dovoljno vode ranije, a ostale najviše u cvjetanju/oprašivanju.
45. *Zaštita usjeva je na četvrtom mjestu u hijerarhiji primarne organske produkcije (iza Sunca, vode i hraniva), ali bez adekvatne i pravovremene zaštite sve može biti uništeno.*
46. *Organska tvar tla (humus, organska gnojiva, žetveni ostaci i siderati) vrlo su značajan izvor dušika, fosfora i drugih elemenata biljne ishrane te je vrlo važno dobro procijeniti ratu N-mineralizacije koja se temelji na:*
- a. količini zaoranih žetvenih ostataka,
 - b. dozi i vremenu unošenja organskog gnoja,
 - c. sadržaju humusa i njegove aktivne frakcije,
 - d. C:N:P omjeru u žetvenim ostacima i organskom gnojivu,
 - e. prosječnoj god. temperaturi tla i količini oborina,
 - f. pH reakciji tla.
- Očekivana količina dušika iz prirodnih rezervi tla promjenjiva i ne treba s njom računati u punom iznosu jer izrazito ovisi o vremenskim (suša, vlaga, temperatura) i agroekološkim uvjetima (biogenost tla, pH, raspoloživost neophodnih elemenata, aeriranost i dr.).
47. *Vremenski uvjeti, premda su u najvećoj mjeri određeni klimatskim odlikama područja (prosječna god., min. i maks. temperatura, količina oborina, duljina dana, potrebna temperature za klijanje i nicanje i dr.), moraju se uvažiti kod utvrđivanja potrebe u gnojidbi usjeva (npr. na temelju geografske pozicije i nadmorske visine uzetog uzorka tla i dugoročne vremenske prognoze).*
48. *Relativna pogodnost tla za usjeve, utvrđena temeljem najvažnijih indikatora plodnosti/produktivnosti, vrlo je važna za optimalnu procjenu potrebe u gnojidbi, s obzirom na mogućnost predviđanja visine prinosa (očekivana visina prinosa) i optimalne razine ulaganja;*
49. *Relativna pogodnost tla omogućuje izradu gnojidbenih preporuka u narednom periodu, obzirom da se kemijska analiza tla obavlja svakih 3 do 5 godina.*
50. *Iznošenje hraniva je dinamička veličina, sigmoidnog tipa („S krivulja“), ovisna o genetskom potencijalu i proizvodnim ograničenjima (limitirajućim faktorima). Generalno, veći prinos ima relativno manju potrebu za hranivima uz veću efikasnost gnojidbe.*
51. *Gnojidbena preporuka mora sadržavati ime institucije (laboratorija) i autora gnojidbene preporuke jer se njena vjerodostojnost neprestano*

testira u biljnoj proizvodnji i tako stječe, ili pak ne, povjerenje proizvođača.

3.6. Konvencionalna nasuprot folijarne gnojidbe

U posljednje vrijeme sve je više zagovaratelj folijarnih gnojiva uz agresivnu reklamu i nabranje njihovih prednosti u odnosu na konvencionalna (kruta). Stoga je potrebno istaknuti kako su mnoga folijarna gnojiva korisna, ali ne kao osnovni izvor hranjivih elemenata, već samo u korekciji deficita hraniva tijekom vegetacije. Njihova uporaba često nije opravdana kod većine usjeva zbog slabog učinka male količine aktivne tvari koja se može bez štete primijeniti preko lista, ali i visoke cijene.

Tablica 15. Pokretljivost elemenata ishrane floemom (descendentno, od lista prema korijenu)

| Pokretljiv | Osrednje ili uvjetno | Slabo pokretljiv |
|---------------|----------------------|------------------|
| Kalij (K) | Natrij (Na) | Kalcij (Ca) |
| Dušik (N) | Željezo (Fe) | Silicij (Si) |
| Sumpor (S) | Cink (Zn) | Mangan (Mn) |
| Magnezij (Mg) | Bakar (Cu) | *Bor (B) |
| Fosfor (P) | Molibden (Mo) | |
| *Bor (B) | | |
| Klor (Cl) | | |

**B je dobro pokretljiv floemom kod jabuka, badema itd., a slabo pokretljiv kod oraha, pistacija itd., ali to znatno varira ovisno o kultivaru.*

Zapamtite, biljka ne može ograničiti usvajanje većine elemenata i samo neka hraniva se lako i brzo usvajaju listom i premještaju floemom *descendentno (bazipetalno)*, odnosno prema dolje (tablica 15.). Hraniva primjenjena preko lista često se teško usvajaju zbog prekrivenosti lišća i plodova voskom, kutinom ili uljima, odnosno spojevima visoke površinske napetosti zbog koje kapljice otopine skliznu s lista/ploda. Kod takvih biljaka potrebno je dodavati spojeve za bolje prijanjanje otopine uz list i brže usvajanje (*surfaktanti, tenzini, penetratori, aktivatori, humektanti* i drugi aditivi). Zatim, visoka koncentracije folijarnog spreja može oštetiti list (česte su opekotine) te je nemoguće obaviti prihranu s većim dozama elemenata ishrane, pa čak i kad se primjenjuje višekratna folijarna gnojidba.

Neki elementi ishrane, prvenstveno Ca i B (tablica 15.), vrlo se ograničeno premještaju od lista prema donjim organima biljke (*bazipetalno*), dok se „prema gore“ (*ascendentno* ili *akropetalno*) većina elemenata u biljkama dobro premješta. Zbog toga se, npr. Ca-sprej za

sprječavanje deficita kalcija u plodovima jabuka ili krušaka, kao i plodovima rajčice i paprike, mora primjenjivati nekoliko puta tijekom sezone, jer samo mali dio Ca prodre u plodove.

U nedostatku hranjivih elemenata biljke su sposobne premještati tvari iz starijih, manje aktivnih tkiva u mlađe i aktivnije. Budući da je većina elemenata konstituent (građevni element) organske tvari, prvo dolazi do hidrolitičkih procesa i oslobađanja elemenata (*remobilizacija*), njihovog premještanja (*translokacija* i *floem-ksilem retranslokacija*) i ugradnje u nove spojeve na mjestu potrebe. Takva pojava naziva se reutilizacija elemenata.

S obzirom na sposobnost reutilizacije, mineralni elementi se dijele u dvije grupe:

- | | |
|--------------------------------|--------------------------|
| a) pokretljivi elementi: | N, P, K, Mg, Cl, Mn |
| b) slabo pokretljivi elementi: | Ca, S, Fe, Cu, Zn, B, Mo |

Sposobnost translokacije elemenata često ovisi i o biljnim vrstama, a odvija se provodnim tkivima (ksilemom akropetalno, a floemom bazipetalno). Tako je mangan pokretljiv u bazipetalnom smjeru kod zobi, repe, voćaka itd., ali kod leguminoza i krumpira ubraja se u slabo pokretne elemente.

Folijarna aplikacija gnojiva, premda je najbrži način opskrbe biljaka hranjivim elementima, nije uvijek i najbolji jer omogućuje brzu eliminaciju deficita pojedinih elemenata, a sadrži niz tehničkih i biološko-fizioloških specifičnosti koje mogu izazvati probleme:

- mali intenzitet penetracije kod biljaka s debelom kutikulom,
- otjecanje s lista kod hidrofobnih površina (lista ili ploda),
- ispiranje kišom,
- brzo sušenje otopine (spreja) na lišću,
- ograničena je retranslokacija (premještanje) pojedinih elemenata (npr. Ca i B),
- ograničena doza zbog primjene niske koncentracije (npr. : 1 % × 400 dm³ ha⁻¹ vode = 4 kg ha⁻¹ aktivne tvari),
- oštećenja lista kod primjene više koncentracije (visoka osmotska vrijednost, nepovoljna pH-vrijednost otopine),
- u ranom porastu, zbog male lisne površine, kapacitet biljaka za usvajanje i akumulaciju hraniva je mali.

Stoga se folijarna primjena elemenata ishrane u pravilu treba obavljati za oblačnog vremena (ili ujutro, odnosno uvečer) i kod biljaka koje su u fazi brzog vegetativnog porasta (brzo obnavljaju asimilacijsku površinu), a koncentracija otopine najčešće je niža od 2 %, izuzev za ureu.

U zaštićenim prostorima i sustavima za *kemigaciju* (vodena otopina gnojiva zajedno sa zaštitnim sredstvima) primjenjuju se potpuno vodotopljiva mineralna gnojiva pod imenom *kristaloni*. Najčešća im je primjena u hortikulturi uz *fertigaciju* (navodnjavanje + gnojidba) ili kao folijarna gnojiva, a često sadrže mikroelemente i hormone rasta. Također, mogu se primijeniti i za gnojidbu usjeva, voća, povrća i cvijeća na otvorenom, ili u kontroliranim uvjetima, npr. hidroponskom ili aeroponskom uzgoju, uz navodnjavanje kap po kap, orošavanje, prskanje, ili uz neki drugi sustav uzgoja.

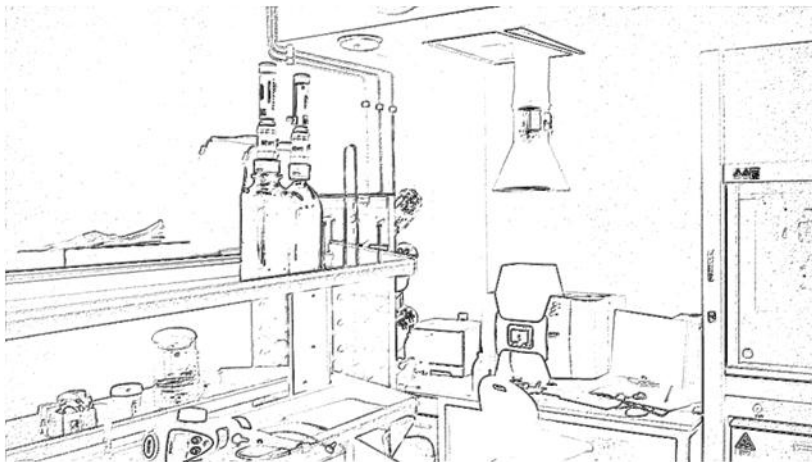
Kada je folijarna gnojidba prvi izbor?

- a) Kad je akropetalni transport elemenata ishrane (od korijena prema gore), npr. Ca iz korijena limitiran (nizak pH, suša, visoka relativna vlaga u zaštićenim prostorima i sl.), folijarna primjena kalcija rješava problem kvalitete i očuvanja plodova.
- b) Kad je problem usvajanja hraniva iz tla ograničen zbog različitih razloga (npr. suša), folijarna primjena je alternativa za nadoknadu deficita (barem jednog dijela hraniva).
- c) Kad je korijen oštećen (zbijeno tlo, ležanje vode, bolest, štetnici i dr.), folijarna primjena je način spašavanja žetve.
- d) Kad je potrebno uz hraniva primijeniti pesticide i/ili hormone rasta.
- e) Usvajanja cinka, posebice sjemenskog kukuruza, zaslužuje posebnu pažnju jer je u tlu Zn često imobilan i stoga slabo raspoloživ (premda analiza tla može pokazivati dovoljnu količinu).

Folijarna gnojidba, zapravo je prihrana jer ne može općenito zadovoljiti ukupne potrebe biljaka u makroelementima. Hraniva je potrebno dodavati u više navrata, a zbog niske koncentracije otopine kojom se biljke prskaju (kako se ne bi izazvale štete od opekotina i zastoj u rastu), potrebna je vrlo velika količina vode. Također, hraniva mogu biti isprana kišom ili navodnjavanjem.

Unatoč nizu nedostataka, folijarna prihrana je vrlo učinkovita u rješavanju deficita elemenata ishrane tijekom vegetacije, hranivo brže djeluje, a može se obavljati zajedno s navodnjavanjem (*fertigacija*) ili zajedno sa zaštitnim sredstvima (*kemigacija*) koja se moraju primjenjivati u

više navrata u voćarstvu ili hortikulturi. Budući da je vizualna dijagnostika najjeftinija analitička metoda za utvrđivanje nedostatka hranjivih tvari, vrlo se često prakticira za potrebe folijarne gnojidbe. Međutim, folijarna dijagnostika zahtijeva izvrsno poznavanje simptoma deficita i veliko iskustvo, a kod multiplih simptoma deficita (nedostatka više elemenata) ili kombinacije simptoma deficita i bolesti, vrlo često je nepouzdana. Također, pri nedostatku hraniva, a prije pojave simptoma deficita (tzv. *skrivena glad*), prinos (kao i kakvoća proizvoda) može biti umanjena 10 do 20 %, pa je kemijska analiza najsigurniji način utvrđivanja problema ishrane.



Slika 20. Suvremeno opremljen laboratorij za kontrolu plodnosti tla (Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Zavod za kemiju, biologiju i fiziku tla, <http://tloznastvo.com.hr>)

4. Zablude i mitovi o gnojdbi

U svakom segmentu ljudske djelatnosti brojni su mitovi, pogreške i zablude, stoga ni biljna proizvodnja nije iznimka. S pogreškama je ipak drugačije. Neke su bezazlene, ali neke pogreške mogu nanijeti štetu i biti vrlo „skupe“ pa ih većina proizvođača nakon dobrog objašnjenja ubrzo ispravi.

Poljoprivredni proizvođači često vjeruju u nešto što se ne temelji na objektivnim činjenicama niti je potvrđeno istraživanjima, osobito u konkretnim agroekološkim uvjetima. Stoga ne treba uzimati „zdravo za gotovo“ opće smjernice, pravila i savjete koji su vrlo česti u biljnoj proizvodnji, a nisu utemeljeni na poznavanju lokalnih biljnih, zemljišnih klimatskih indikatora produktivnosti. Paradigme, odnosno skup osnovnih pretpostavki ili pravila, često su utemeljene na zabludama i mitovima te nam je namjera sustavno ih srušiti. U ovom poglavlju navedene su najčešće zablude i mitovi o gnojdbi s objašnjenjima.

1) Analiza tla je gubitak vremena.

- a) Poznato je da bez adekvatne gnojdbi nema visokih i stabilnih prinosa, potrebne kakvoće proizvoda, niti profitabilnosti pa se gnojdba opravdano smatra najvažnijom agrotehničkom mjerom u primarnoj organskoj produkciji. Zbog toga, kao i ekonomskih i ekoloških razloga određivanje doze gnojiva, njegove vrste, vremena primjene i načina gnojdbi mora se temeljiti na znanstveno-stručnim spoznajama o raspoloživosti i odnosima hraniva u tlu, fiziološkim potrebama biljke, ekonomičnosti proizvodnje te intenzitetu i smjeru utjecaja pojedinog agroekološkog činitelja.
- b) Značaj kemijske analize tla ilustrira podatak da je u istočnoj Hrvatskoj od ~25.000 uzoraka tla 55 % imalo nedovoljno fosfora, 38 % nedovoljno kalija, 16 % humusa manje od 1,5 %, a 50 % uzoraka tla bilo je jako do ekstremno kiselo ($\text{pH}_{\text{KCl}} < 5,5$).
- c) Potrebno je posebno naglasiti da agrokemijki laboratoriji nisu isti. Neki preporuke za gnojdbu i popravke tla temelje na pogrešno uzetim uzorcima, metode analize često su nestandardne (npr. koriste brze kvalitativne metode), nemajuiskusne analitičare i stručnjake pa preporuke ne odražavaju stvarno stanje raspoloživosti hraniva, stoga je gnojdbena preporuka loša ili čak pogrešna. Zapamtite, netočna analiza tla može stvoriti veće probleme nego li gnojdba bez analize.

- 2) Ako je prošla godina bila rodna i u narednoj treba primijeniti istu gnojidbu.
- Vremenski uvjeti, a time i svi ostali (zemljišni, biljni, ekonomski i dr.) nikada nisu jednaki. Sve to utječe na ishranu biljaka pa gnojidba ne može biti svake godine identična.
 - Možete li se sjetiti kad je posljednji put bila „normalna“ godina?
- 3) Moguće je izostavljenu osnovnu gnojidbu uspješno zamijeniti startnom bez pada visine prinosa.
- Iskustvo, kao i poljski pokusi jasno pokazuju da „preskakanje“ osnovne gnojidbe, uključujući i primjenu dijela dušika u jesen, najčešće utječe na pad prinosa.
 - Zime u kontinentalnoj Hrvatskoj znaju biti duge i vrlo hladne, s puno oborina pa je vrlo teško kvalitetno i na vrijeme prihraniti ozime usjeve dušikom. Jedan njegov dio (ovisno o teksturnoj klasi) u amidnom obliku (urea, UAN) treba biti primijenjen pod osnovnu obradu.
 - Naknadno unošenje fosfora i kalija u prihrani ozimih usjeva kompleksnim gnojivom (npr. prihrana s 15:15:15), kao i njegova startna primjena, vrlo često nema efekta, a ponekad djeluje štetno. Naime, P i K uneseni plitko su izvan zone korijena jer se neznatno premještaju pa korijen ne prorasta dublje u potrazi za hranom i vodom (zimi i u proljeće uglavnom ima dovoljno vode u površinskom sloju). Kasnije, kad zasuši, plitak korijen nije u mogućnosti snabdijevati biljke s dovoljno vode i hraniva.
 - Fosfor i kalij, kao i dušik, moguće je kvalitetno primijeniti i u proljeće zajedno sa sjetvom i to polaganjem u trake (najmanje 5 cm od sjemena; slika 19.). Takva primjena, zbog suženog omjera gnojiva prema tlu (lokalizirana gnojidba), zapravo je najefikasniji način primjene P i K na njima siromašnim tlima.
- 4) Oštećenje lista kod primjene otopine uree, UAN-a ili drugih tekućih gnojiva je kratkotrajno i prolazi bez šteta.
- Opekline na listu nastale nakon folijarne prihrane nisu posljedica toksičnog djelovanja, već visoke osmotske vrijednosti folijarnog spreja, odnosno previsoke koncentracije otopine koja brzo "izvlači" vodu iz njeznog tkiva lista uz blokadu enzima ureaze. Posljedica je plazmoliza (biljne stanice su smežurane), narušena je ionska bilanca u protoplazmi te dolazi do pojave opekline (ožegotina), a nakon toga i odumiranje lišća (nekroza).
 - Podaci o najvećoj dopuštenoj koncentraciji aktivne tvari kod primjene tekućih gnojiva često su kontradiktorni i zbunjuju

proizvođače. Npr., Petrokemija iz Kutine za pšenicu preporučuje koncentraciju dušika za folijarnu primjenu između 4 i 30 % za nerazrijeđeni UAN.

- c) Urea se od dušičnih gnojiva najčešće koristi kao folijarni sprej jer je najekonomičniji izvor dušika, a malo je vjerovatno da će izazvati ožegline lista ako koncentracija nije previsoka. Istraživanja pokazuju da je najefikasnija koncentracija uree 4 % za strne žitarice (za ostale usjeve to je znatno niže). Da bi se smanjio rizik od ožeglina na lišću, ureu treba primijeniti u ranim jutarnjim satima (kad je hladnije) i po suhom vremenu.
- 5) Sve što usjevu treba sadržava NPK gnojivo.
- a) Biljke zahtijevaju 14 esencijalnih (neophodnih) elemenata (17 kad uračunamo ugljik, kisik i vodik iz atmosfere, odnosno vode).
 - b) Kako ćete znati bez kemijske analize tla kojih elementa nema dovoljno za očekivani prinos, koje gnojivo izabrati, koju dozu, u koje vrijeme i na koji način ih treba primijeniti?
 - c) Pojedine vrste i kultivari imaju specifične zahtjeve s obzirom na pojedine elemente ishrane, količinu i vrijeme primjene, a suvišna primjena („*luksuzna gnojidba*“) je „bačen“ ili pak samo „zamrznut“ novac do sljedeće vegetacije.
 - d) Nedostatna primjena gnojiva rezultirat će malim prinosom, a suvišna, posebice dušikom, djelovat će štetno na okoliš.
- 6) Mineralna gnojiva su jedina prava opcija.
- a) Alternativne opcije gnojidbe mogu biti dobar način smanjivanja troškova proizvodnje.
 - b) Organska gnojiva su vrlo dobar izvor hranjivih tvari, obično su jeftinija od mineralnih, a mogu se primjenjivati kao osnovni izvor hraniva ili nadopuna mineralnoj gnojidbi.
 - c) Organska gnojiva, zelena gnojidba (*sideracija*), međuusjevi (živi malč) i pokrovni usjevi, pored obogaćivanja tla hranjivim tvarima, vrlo su učinkovit način poboljšanja strukture tla, zadržavanja vode u tlu i sprječavanja rasta korova. *Siderati* i *međuusjevi* mogu imati i *alelopatska svojstva* (sprječavaju rast korova ili prethodnog iznova niklog usjeva, djeluju nematocidno i dr.)
- 7) Vodotopljiva mineralna gnojiva su učinkovitija prema citrat topivima.
- a) Brzo djelujuća gnojiva su uglavnom vodotopljive soli. Njihovim otapanjem u tlu omogućeno je brzo usvajanje te rast i koncentracija iona u tkivima biljaka, a visoka koncentracija staničnog soka, posebno u uvjetima suše (visoke temperature i druge vrste stresa) umanjuje sposobnost biljaka da djeluju

- prirodno i učinkovito. Npr., viša koncentracija soli u biljkama zahtijeva i povećava potrebu biljaka za vodom što u periodu suše može biti ozbiljan problem.
- b) Visoka koncentracija soli u suhom tlu (nedovoljna vlažnost) „izvlači“ vodu iz biljaka (po principu reverzne osmoze) i izaziva tzv. *solni udar* (*solni stres*). Pojava je česta kod primjene startnih gnojiva preblizu sjemenu ili mladim biljkama, posebice u sušnim uvjetima.
- 8) *pH reakcija tla ne utječe bitno na primjenu gnojiva.*
- a) pH tla izuzetno je značajna jer utječe na raspoloživost svih hranjivih tvari (elemenata ishrane) u tlu pa i onih iz gnojiva, a intenzitet utjecaja je različit, ovisno o njihovim kemijskim svojstvima.
 - b) Efikasnost gnojidbe može biti značajno promijenjena (negativno i pozitivno) pod utjecajem pH tla, uključujući podjednako primjenu mineralnih i organskih gnojiva.
- 9) *Mineralna gnojiva zakiseljavaju tlo.*
- a) To je uglavnom točno, premda neka povećavaju alkalnost (npr. *Tomasov fosfat*, *Čilska salitra* i dr.). Većina mineralnih gnojiva je iz grupe „*fiziološki kiselih*“, odnosno neki elementi tih gnojiva se usvajaju brže (ili brže ispiru) pa u tlu zaostaje njegova kiselina komponenta (npr. kloridi i sulfati). Međutim, većina tala sposobna je efikasno onemogućiti promjenu pH reakcije kod unošenja fiziološki kiselih ili lužnatih gnojiva. To svojstvo se naziva *puferna moć tla*, a procjenjuje se njegovim *pufernim kapacitetom*.
 - b) Zakiseljavanje tla može izazvati i *industrijska polucija*, posebice kisele kiše u širem području energetskih postrojenja, reducirana obrada ili *no till* (sjetva bez obrade), zbijanje i zadržavanje vode u tlu, kao i dugotrajna primjena fiziološki kiselih gnojiva.
 - c) Redovitom kemijskom analizom tla, mjerama *kalcizacije* (*kalcifikacija* je tvorba sekundarnih minerala kalcija, npr. CaCO_3) u tlu i drugdje (npr. ateroskleroza ili zakrečenje krvnih žila), pojava zakiseljavanja ili zaalkalijavanja tla može se izbjeći promjenom ili izborom mineralnog gnojiva.
- 10) *Gips i fosfogips izvrsna su zamjena za karbokalk i druge vapnene materijale.*
- a) Ova je tvrdnja prihvatljiva, ali samo za netraliziranje suviška aluminijske kiseline u kiselim tlima ili natrija u alkalnim tlima. Fosfogips je industrijski nisko radioaktivan otpad iz proizvodnje mineralnih gnojiva koji se generira ~1,6 t po toni sirovog fosfata te ga Petrokemija iz Kutine odlaže u Lonjsko polje ~300.000 t

godišnje. Zbog njegove niske radioaktivnosti dopušteno ga je koristiti kao poboljšivač tla (sadrži radioaktivne nuklide U, Ra i dr., kao i toksične F, Cd i dr.).

- b) Uklanjanje suviška natrija iz tla moguće je provesti melioracijskim dozama gipsa što je mjera popravke natričnih tala (*soloneca*). Naime, primjenom gipsa dolazi do zamjene dva iona Na^+ na adsorpcijskom kompleksu tla za jedan Ca^{2+} pa se ioni natrija lako vodom ispiru iz tla.
- c) *Gips* ($\text{CaSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$) se rabi kao sulfatno sredstvo za kalcizaciju bez podizanja pH-vrijednosti, za neutralizaciju alkalnosti tla izazvanu suviškom natrija (posebice Na_2CO_3), poboljšavanje strukture alkalnih tala (povećava aeraciju i retenciju vode) jer uklanja natrij i zamjenjuje ga s kalcijem na adsorpcijskom kompleksu. Koristi se i kao umjereni zakiseljavač tla. Primjenu gipsa dobro je kombinirati s organskom ili zelenom gnojibdom uz obvezno zaoravanje žetvenih ostataka radi popravke strukture i poroznosti alkalnih tala čime se pospješuje bolje ispiranje natrija. Duboka obrada uz primjenu gipsa često može izazvati još jaču disperziju čestica tla, stoga je način obrade, posebice duboke, dobro testirati na manjoj površini.
- d) Vapno (kao i karbokalk) ni u kom slučaju ne treba primjenjivati za uklanjanje natrija iz alkalnih tala jer mu je topljivost neznatna iznad pH 7 (~ 100 puta manja u odnosu na gips) te vapneni materijali još više podižu ionako visoku pH-vrijednost tla.

11) Svi oblici dušika jednako djeluju na biljke.

- a) Biljka usvaja izvrsno oba mineralna oblika dušika (kationski NH_4^+ i anionski NO_3^-). Budući da ~80 % svih usvojenih iona čine amonijski i nitratni dušik, to snažno utječe na metabolizam biljaka. N- NH_4 se mora odmah ugraditi u organsku tvar, što je vrlo problematično pri niskim temperaturama i ranom porastu, dok se N- NO_3 može akumulirati u biljkama i ugrađivati po potrebi uz prethodnu transformaciju do amonijskog dušika.
- b) Jače usvajanje jednog od N oblika utječe na promjenu pH biljnih stanica (zapravo ionsku ravnotežu), a to je povezano s mogućnošću i brzinom usvajanja gotovo svih ostalih elemenata ishrane.

12) Sve vrste N-gnojiva pogodne su za prihranu.

- a) Primjena čistog amonijskog ili amidnog oblika dušika (npr. urea i UAN) za prihranu ozimih usjeva opravdana je samo nakon proljetnog kretanja vegetacije kod visoke razine metabolizma (razvijena asimilacijska površina i temperature 5-10 °C), odnosno

kad su ostvarene pretpostavke za brzu ugradnju reduciranih oblika dušika u organsku tvar. Nagomilavanje amonijskog oblika dušika prije početka vlatanja u biljkama izaziva zastoj u rastu. Stoga treba, posebice u prvoj prihrani pšenice, izričito izbjegavati primjenu uree i UAN-a.

- b) Za N-prihranu ozimih usjeva treba koristiti isključivo nitrarna ili amonijsko-nitrarna dušična gnojiva. Primjena kompleksnih gnojiva omaške (po površini tla) se ne preporuča jer se fosfor i kalij sporo premještaju u zonu korijena i nemaju očekivani učinak, a mogu izazvati i štetu ako kasnije nastanu sušni uvjeti (vidi mit broj 3.).

13) Prvu prihranu ozimih usjeva dobro je obaviti što ranije.

- a) *Prva prihrana* je važna za sva ozima žita i u svim slučajevima (treći i četvrti list) jer se u II. i III. etapi razvoja izdužuje i segmentira budući klas. Ona utječe na koncentraciju klorofila u listu (boja usjeva), intenzivniju fotosintezu i na brži rast biljaka u vlatanju. Međutim, rana N-prihrana, po snijegu ili smrznutom tlu ili dok je masa biljaka mala, posve je neučinkovita i često štetna, kako po okoliš, tako i za biljke. Naime, suha tvar ozimih žita rijetko prelazi u fazi busanja 300 kg ha^{-1} suhe tvari što uz 5 % N čini samo 15 kg ha^{-1} N u usjevu pšenice. Dakle, kad je kapacitet akumulacije dušika suviše mali, najveći njegov dio se ispere, završi u podzemnim vodama i ne bude iskorišten. Ako N-gnojivo sadrži amonijski ili amidni oblik dušika, biljka ga mora ugraditi u organsku tvar što nije moguće na niskim temperaturama.
- b) *Druga prihrana* obavlja se u trenutku zametanja klasića (IV. etapa razvoja) koja pada početkom vlatanja (približno početkom travnja u istočnoj Hrvatskoj). Taj trenutak određuje se isključivo na temelju stanja razvoja usjeva, bez obzira na kalendar, odnosno kad se zametak klasa primjetno odvoji od čvora busanja (~2 cm).
- c) *Treća prihrana* u klananju, ili pred oplodnju ima malo značenje za visinu priroda, ali često utječe na porast hektolitarske mase i veći sadržaj dušika u zrnu. Međutim, mnogi istraživači smatraju da treća prihrana nema utjecaja na kvalitetu zrna jer se tada pretežno akumuliraju niskomolekularni oblici dušika. Za treću prihranu ozimih žita često se koristi naziv „korektivna“ jer upućuje na mjeru popravke ili dopune N-prihrane. Međutim treba znati da je cijena takvog zahvata često veća od koristi, odnosno „loš“ usjev neće pozitivno reagirati jer je prekasno za to.

- d) N_{\min} metoda usklađena je s ekofiziološkim aspektom gnojidbe ozimih usjeva i treba je primjenjivati kako bi se izbjegle sve nedoumice oko vremena i količine dušika u prihrani.
- 14) Startna gnojidba šećerne repe dušikom ne utječe na prinos i kvalitetu korijena šećerne repe.
- a) Šećerna repa preferira nitratni oblik dušika, ali će usvojiti jednako dobro i amonijski oblik i odmah ga ugraditi u organsku tvar, ali trošeći pritom već nakupljeni šećer. Stoga, u proljeće, treba striktno izbjegavati primjenu uree ili UAN-a za predstjetvenu, startnu ili N-prihranu šećerne repe.
- b) Amonijski dušik koči sintezu saharoze pa je jasno zašto su topljivi dušični spojevi i digestija obrnuto proporcionalni. Također, prisustvo veće količine niskomolekularnih oblika dušika u korijenu šećerne repe utječe na prekomjeran rast nadzemne mase (lišća i glava) i to često pred kraj vegetacije (*retrovegetacija*) uz intenzivno obnavljanje lista (zbog suše, bolesti, štetnika, tuče i dr.).
- 15) Dušik dodan za sprječavanje tzv. dušične depresije ubrzava razgradnju svježe zaorane organske mase, ali snižava sadržaj humusa u tlu.
- a) Žetveni se ostatci, stajnjak ili siderati, nakon zaoravanja u tlima dobre biogenosti brzo razlažu što utječe na povećanje mikrobiološke populacije različitih mikroorganizama i mezofaune (povećavaju biogenost), a 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 i taj se proces naziva *humifikacija* pri čemu se samo 20-30 % ugljika ugradi u tzv. stabilni humus čiji je C:N omjer ~10:1, dok se dušik humificira s koeficijentom od ~50 %. Ostali dio ugljika vraća se u atmosferu što se manifestira kao „disanje tla“.
- b) Dugogodišnja istraživanja pokazuju da dušik primijenjen za mineralizaciju organske tvari ne utječe na razgradnju humusa, ali ubrzava razgradnju svježe organske tvari čiji je omjer C:N vrlo širok (npr. kod pšenične slame omjer C:N je 100:1). Svježe zaorana organska tvar sadrži puno energije potrebne mikroorganizmima, ali malo dušika te njegova primjena pomaže brzom razvoju broja mikroorganizama čime se sprječava tzv. „*dušična depresija*“, odnosno manjak dušika u ranoj fazi porasta usjeva.
- c) Kada je slaba raspoloživost N, P i K, prinosi su niži te je manja i masa žetvenih ostataka što rezultira manjim nakupljanjem humusa. Dakle, mineralna gnojiva imaju vrlo važnu ulogu u *ciklusu organske*

tvori tla jer povećavaju njenu tvorbu što povoljno utječe na koncentraciju humusa u tlu.

16) Kalcij se u tlu ponaša poput ostalih kationa.

- a) Kalcij je u fiziološkom pogledu jedinstven element jer učvršćuje stanične membrane u biljci, a premješta se samo *ascendentno* (prema gore) u transpiracijskoj struji vode. Kad biljke usvajaju malo vode, ili je transpiracija onemogućena (npr. visoka vlažnost u plasteniku), kretanje kalcija u biljci je onemogućeno.
- b) Uloga kalcija u tlu je vrlo bitna. U neutralnom tlu kalcij čini ~80 % svih kationa vezanih na koloide tla (humus i glinu) i snažno utječe na pH i strukturu tla, a time i na bioraspoloživost svih drugih elemenata biljne ishrane, kao i učinak gnojidbe.

17) Visok pH tla može se uspješno sniziti do potrebne razine.

- a) Snizavanje pH tla je vrlo skup agrotehnički zahvat upitne isplativosti, ali se može provesti, uglavnom na manjim površinama. Naime, visok sadržaj CaCO_3 najodgovorniji je za visok pH tla, a njegova neutralizacija zahtijeva ekvivalentnu količinu kiseline. Npr., kod 5 % CaCO_3 u tlu ono ga sadrži, u sloju do 30 cm, približno 225 t ha^{-1} ili 90 t ha^{-1} čistog Ca, a za neutralizaciju tako ogromne količine karbonata potrebna je ekvivalentna količina octene kiseline: $\text{CaCO}_3 + 2 \text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{Ca}(\text{CH}_3\text{COO})_2 + \text{CO}_2$, odnosno $\sim 3.000 \text{ t ha}^{-1}$ 10 % octene kiseline.
- b) Za efikasno zakiseljavanje tla, npr. kod sadnje borovnice, koristi se uspješno drvena piljevina, borove iglice i druge vrste organske tvari, ali je to pogodno samo za trajne nasade jer se time unose u tlo i velike količine dugoročno štetnih tvari za druge biljke.
- c) Snizavanje pH tla moguće je izvesti unošenjem sumpora ili gipsa u tlo te različitih mineralnih kiselina, naravno uz vrlo upitnu isplativost takvog postupka. Potrebno je naglasiti kako redovita organska gnojidba, zelena gnojidba, primjena treseta, malčiranje površine tla i reducirana obrada postupno smanjuju pH tla, ali samo za vrijeme provođenja takve prakse.

18) Način i intenzitet navodnjavanja ne utječe bitno na usvajanje hraniva.

- a) Zapravo, praksa navodnjavanja izravno utječe na usvajanje hraniva iz tla.
- b) Kod premalo vlage u tlu usvajanje hraniva opada zbog slabe aktivnosti korijenja, ali i zbog slabog dotoka hraniva do korijenja (kretanjem vode kroz pore tla ili difuzijom).

- c) Kad je u tlu previše vode, korijen nema na raspolaganju dovoljno kisika za svoju aktivnost, pH pada, a hraniva mogu biti isprana iz zone korijena, pa i izgubljena ako se nađu u podzemnoj vodi.
- 19) Žuto (klorotično) i nekrotično (odumrlo) lišće ukazuje na slabu ishranjenost biljaka.
- a) Razlozi pojave kloroze (žućenja lišća) mogu biti raznoliki, od neoptimalne temperature (niske ili visoke), različitih bolesti lista ili korijena (npr. *Pythium*, *Alternaria* i *Xanthomonas*), neadekvatne primjene zaštitnih sredstava ili hormona (npr. *Cicocel* i *Florel*), ali i nedostatka pojedinih neophodnih elemenata ishrane, npr. dušika, kalija, željeza, magnezija i dr.
- b) Suvišak nekih elemenata ishrane također može biti razlog kloroze, npr. klora, bora i dr.
- 20) Kukuruz je ljubičast kad je proljeće „hladno“.
- a) Optimalna pH reakcija tla za kukuruz je 6-7, što je također optimalno i za mineralizaciju organskih rezervi tla. Međutim, u kiselim uvjetima, uz suvišak vode u tlu i "hladnije proljeće" često dolazi do problema usvajanja fosfora u ranom porastu kukuruza (slika 21.). Preduvjeti pojave ljubičaste boje uz usporen porast kukuruza su sljedeći:
1. kiselo ili ekstremno kiselo tlo,
 2. tlo zasićeno vodom pa je:
 - (a) kiselost tla još niža (reduktivniji uvjeti),
 - (b) raste konc. slobodnih iona Al^{3+} (i Fe^{2+}) koji "blokiraju fosfate",
 - (c) korijen nema dovoljno kisika (*anaerobioza*), što uvjetuje
 3. blokadu usvajanja fosfora (i drugih hraniva),
 4. rast sinteze ljubičastog antocijana (ali ne i klorofila) i
 5. kukuruz je ljubičast, a zastoj u njegovu porastu evidentan.
- b) Najbolje rješenje, odnosno *kontrola štete* je kultivacija kukuruza (prozračivanje i prosušivanje površinskog sloja) uz primjenu KAN-a (koji sadrži $N-NO_3$ i $CaCO_3$) „pod kultivator“ i bez intervencije s kompleksnim NPK gnojivima (npr. 15:15:15) jer će plitak unos P i K kasnije zaustaviti porast korijena u dubinu i izložiti kukuruz



Slika 21. Simptomi manjka P na kukuruzu u uvjetima niskog pH tla, "hladnog" i "vlažnog" proljeća

utjecaju suše. Nakon kultivacije i sušenja površinskog sloja ubrzo će doći do nestanka simptoma deficita P (zastoj u vegetaciji svakako će umanjiti prinos) i to čim korijen "probije" *redukcijsku zonu* koja je posljedica zasićenja (*saturacije*) tla vodom, „*tabana pluga*“, *argiluvličnog horizonta* (vodonepropustan sloj tla) ili visoke razine podzemne vode.

21) Fosforna i kalijeva gnojiva se ne ispiru iz tla.

- a) Ova zabluda je povezana s činjenicom da je tako u većini, osobito u mineralnim tlima. Međutim, u organskim (jako humoznim) i izrazito pjeskovitim tlima, s malo gline, fosfor će biti lako ispran.
- b) Premještanje fosfata u većini tala bit će samo nekoliko mm, bez obzira je li fosforno gnojivo primijenjeno kao kruto ili tekuće.

22) Kalijev klorid je za biljke lošiji izbor od kalijevog sulfata.

- a) Kalij, sumpor i klor su neophodni elementi, ali biljke zahtijevaju veliku količinu K, znatno manju S, a neznatnu Cl te se gnojidbom kalijevim kloridom u tlo unosi velika količina klora. Međutim, kloridni ion (Cl) nije štetan za biljke, životinje ili mikroorganizme u normalnim količinama, ali je nepoželjan, pa čak i štetan u suvišku.
- b) Normalna koncentracija klora u većini tala ne prelazi 50 ppm (50 mg kg⁻¹) jer se ponaša vrlo slično nitratnom dušiku, odnosno ne veže se u tlu i lako se ispire. Stoga na ocjeditim tlima ne treba očekivati štete kod biljaka koje su osjetljive na njegov suvišak, npr. krumpir, duhan, grah, krastavci, dinje, luk, salata, voće (badem, marelica, vinova loza, breskve) itd. Koncentracije Cl⁻ u tlu veće od 500 ppm, koje mogu smanjiti prinos i kakvoću proizvoda, moguće su samo kod primjene izuzetno visokih doza KCl-a i to na nepropusnim, slabo dreniranim ili zbijenim tlima.
- c) Kalijev sulfat (K₂SO₄; 50 % K₂O; 18 % S) je znatno skuplji u odnosu na kalijev klorid (KCl; 60 % K₂O) i opravdano ga je koristiti samo kod K-doza većih od 300 kg ha⁻¹ potrebnih za visok urod krumpira namijenjenog proizvodnji čipsa i duhana zbog boljeg izgaranja.
- d) Kod primjene kalija u osnovnoj gnojidbi (preporuka), ili znatno prije sjetve, odnosno sadnje, nema razlike između kalijevih soli (klorida, sulfata i nitrata).

23) Izuzetno učinkovita gnojiva mogu rješiti velik broj problema.

- a) Kad su cijene gnojiva visoke, mediji su puni reklama o „iznimno učinkovitim“ konvencionalnim, folijarnim, bakterijalnim i drugim „indirektnim“ i inim „čudotvornim“ gnojivima kojima rješavate sve probleme biljne proizvodnje.

- b) Međutim, „*perpetuum mobile*“ nije moguć (kosi se sa zakonima termodinamike), pojednostavljeno: nemojte naivno očekivati da se s malo energije (novca ili tvari) može znatno i na dulji rok osigurati dovoljno hrane biljkama.

24) Upotreba zeolita (ili drugih tvari za povećavanje hidrofilitnosti tla) sprječava sušu.

- a) Primjena zeolita je posve neefikasan i ekonomski neisplativ način smanjivanja štete od suše jer zeoliti zadržavaju prosječno 55 g vode na 100 g (45-75), a to je svega 165 kg vode u 300 kg zeolita ili ekvivalent od 0,165 mm oborina. Znatno efikasnije sprječavanje efekata suše je povećanje organske tvari tla primjenom različitih agrotehničkih mjera (organska i zelena gnojidba, zaoravanje žetvenih ostataka, širi plodored i dr.).
- b) Porast koncentracije humusa za 0,5 % (npr. s 2,0 na 2,5 %), što je moguće relativno lako postići i održati promjenom prakse, povećava njegovu količinu u oraničnom sloju tla za 15.000 kg ha⁻¹ te omogućava 45.000 kg ha⁻¹ više zadržane vode u tlu, odnosno 45 mm oborina ha⁻¹ (što je približno jedan obrok navodnjavanja). Povećanje koncentracije humusa s 2 na 3 % odgovara zadržavanju 90 mm oborina ha⁻¹, što bi značajno umanjilo negativne efekte i „jake“ suše.

25) Usjev pod stresom treba prihraniti.

- a) Prihrana usjeva koji imaju na raspolaganju dovoljno hraniva može dovesti do dodatnog stresa. Dakle, kad nema simptoma manjka elemenata ishrane ili kad folijarna analiza pokazuje dobru ishranjenost, usjev ne treba prihranjivati jer stres može biti posljedica nedostatka vode, niske ili visoke temperature, neadekvatne zaštite, suviše vode ili zbijenog tla i dr.
- b) Pogrešno je folijarno prihranjivati biljke pod stresom koji je izazvan sušom, izuzev ako folijarna analiza ne pokaže manjak hraniva. Naime, u sušnim uvjetima biljke u pravilu sadrže dovoljno neophodnih elemenata, a do zastoja u rastu i razvitku dolazi uglavnom zbog nedostatka vode.
- c) Energiju koju će biljke pod stresom potrošiti na usvajanje hranjivih tvari bolje je utrošena na kompenziranje štete od štetočina ili bolesti koje „napadaju“ oslabljene biljke.

26) Trajni nasadi (drvenaste vrste) zahtijevaju duboko unošenje gnojiva.

- a) Velika većina stabala najveći dio hraniva usvoji iz površinskog sloja tla, odnosno iz prvih 20-ak cm, gdje ima dovoljno kisika i vode za potrebe korijena.

- b) Unošenje gnojiva u trajnom nasadu na dubinu veću od 30 do 40 cm ima mali učinak na njegovu ishranu.
- 27) Mineralna gnojiva su štetna za naše zdravlje i okoliš.
- a) U posljednja dva desetljeća jako se proširio „kult zavedenih ljudi“ koji sebe nazivaju "ekološki poljoprivrednici" i „propovijedaju“ čudnu doktrinu izgrađenu uglavnom na pseudoznanosti, emocijama, praznovjerju i mitovima, uz tek nekoliko poluistina kako bi se njihovo mišljenje činilo istinito i uvjerljivo, a njihova hrana bila skuplja. Uz to, sve manje ljudi se bavi poljoprivredom, dok velika većina vrlo malo zna o proizvodnji hrane te dezinformacije i mitove lako prihvaćaju kao istine.
- b) Mit o „zdravoj hrani“ uglavnom se temelji na dogmi da su mineralna gnojiva "otrov" za tlo i biljke jer uništavaju korisne organizme u tlu, npr. gujavice i mikroorganizme, da su tako gnojivi usjevi neotporni na štetočine i bolesti, da ona stimuliraju rast korova te konačno štete zdravlju stoke i ljudi koji jedu tako proizvedenu hranu jer izazivaju rak i druge opake bolesti. U stvarnosti, biljke grade organsku tvar iz kemijskih elemenata koji su jednaki i prirodni, bez obzira potječu li iz mineralnog ili organskog gnoja, žetvenih ostataka, komposta ili iz minerala tla. Npr. dušik iz uree ili KANa potječe iz atmosfere (koju i mi udišemo), kao i onaj u stajskom gnoju, i posve je prirodan i istovjetan onom iz stajskog gnoja. Priroda je izvor svih neophodnih elemenata biljne ishrane, bez obzira jesu li unesena u tlo organskim ili mineralnim gnojivima.
- c) Mineralna gnojiva su također prirodnog podrijetla. Npr. dušik potječe iz atmosfere (sintetska urea se ne razlikuje od prirodne koju proizvodi životinjsko ili ljudsko tijelo), fosforna gnojiva su podrijetlom iz fosfatnih stijena, a kalij potječe iz morskih sedimenata. Dakle, priroda gradi biljna hraniva, a industrija ih transformira u oblik koje biljke mogu usvojiti jer to ne mogu same učiniti, barem ne dovoljno brzo i u količini koja bi omogućila očekivani prinos.
- d) Ni najsuptilnije kemijske analize ne mogu dokazati razliku u sastavu i kakvoći hrane proizvedene na ekološki ili konvencionalan način. Također, neadekvatna primjena organskog gnoja može imati jednake, čak i veće štetne efekte od primjene mineralnih gnojiva. Naime, razgradnju (mineralizaciju) organske tvari obavljaju mikroorganizmi koji zahtijevaju povoljne uvjete za svoju aktivnost. Stoga se vrlo često događa da se mineralizacija

(transformacija organske tvari do mineralnih elemenata ishrane) dogodi prije ili tek nakon vegetacijskih potreba biljaka te završe, posebice nitrati, u vodi za piće, rijekama i jezerima. Također, stajski gnoj sadrži patogene klice koje u vodi za piće izazivaju po život opasne bolesti.

- e) Gnojidba organskim gnojivima stoga je ograničena EU *Nitratnom direktivom* što često u ekološkoj biljnoj proizvodnji uz nedostatnu ishranu rezultira hranom niže nutritivne vrijednosti. Dakle, odgovorna primjena obje vrste gnojiva ne predstavlja ozbiljnu pretnju očuvanju i zaštiti okoliša.

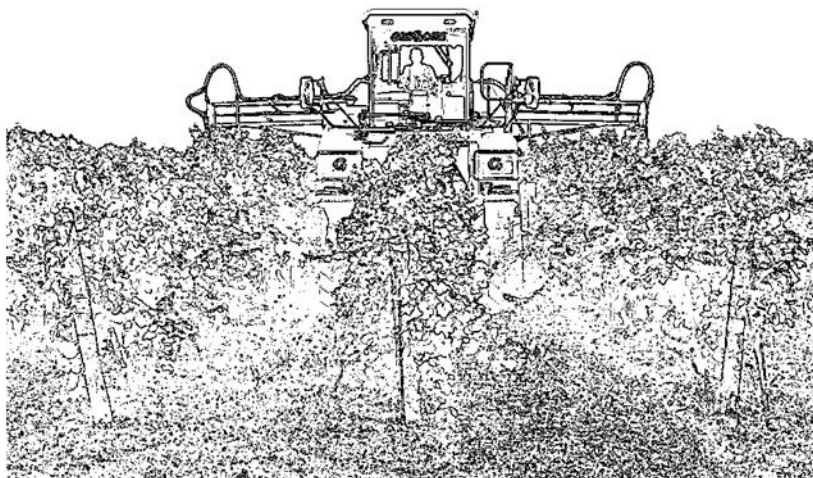
28) Hranjive tvari u svim gnojivima su iste te je stoga dovoljna primjena samo organskog gnoja.

- a) Organskog gnoja nema dovoljno za cjelokupne potrebe čovječanstva u hrani, a kad bi ga i bilo, zbog postizanja nižih prinosa bili bi potrebni milijuni hektara dodatnih poljoprivrednih površina, kojih na Zemlji nema. Npr., prinosi žitarica su u ekološkoj proizvodnji svega $\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$ u odnosu na konvencionalnu i to uz znatno višu cijenu proizvoda.
- b) Organska gnojiva sadrže nisku koncentraciju elemenata ishrane i ne pružaju uravnoteženu ishranu biljaka jer njihov sastav jako varira ovisno o vrsti i načinu uzgoja stoke, a i efikasnost (iskoristivost) je vrlo promjenjiva s obzirom na agroekološke uvjete, način čuvanja i primjene. Npr. značajni gubitci dušika događaju se pri spremanju i fermentaciji organskog gnoja, a amonijski dušik lako se i brzo gubi isparavanjem nakon iznošenja te ispiranjem nitrata nakon njegove mineralizacije u tlu. Općenito, samo oko $\frac{1}{4}$ cjelokupne količine dušika u stajnjaku bude iskorištena usjevom, a u višegodišnjoj primjeni, zbog produžnog efekta najviše do 50 %.
- c) Stajnjak izvezen na parcelu treba odmah raspodijeliti i zaorati jer gubici dušika vrlo brzo rastu. Npr., koeficijent djelotvornosti dušika iz stajnjaka je u prvoj godini primjene ~0,50 (50 % iskorištenja) ako se zaore u roku od dva dana nakon izvoženja na parcelu, . Kad se zaore nakon 2-4 dana, on je tek 0,35, a samo 0,20 nakon 7 dana ili malčiranja (primjena stajnjaka po površini bez zaoravanja).
- d) Istraživanja pokazuju da organsko gnojivo ima podjednak učinak kao mineralno ako sadrži najmanje 5 % barem jednog od tri glavna hraniva, a to je moguće samo kad se organski gnoj „obogati“ mineralnim gnojivima.

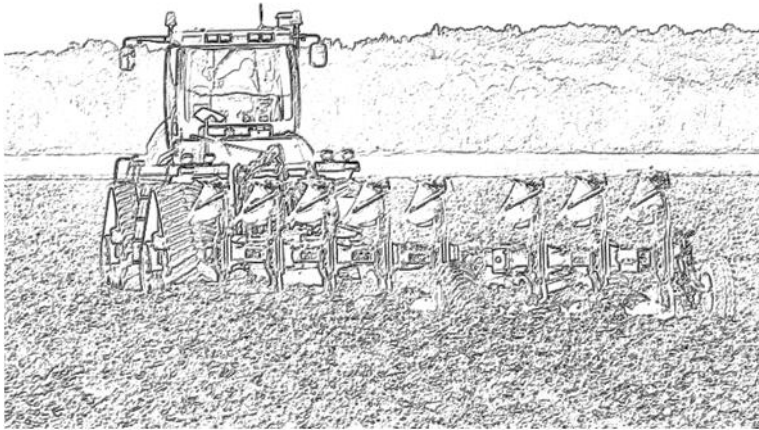
- e) Sastav mineralnih gnojiva je poznat, koncentracija elemenata mnogostruko viša, a njihova učinkovitost puno manje ovisi od agroekoloških uvjeta proizvodnje.
- 29) Organska gnojiva povećavaju sadržaj humusa u tlu, a mineralna ga smanjuju.
- a) Premda je rašireno mišljenje kako samo organska gnojiva povećavaju sadržaj humusa, obje vrste gnojiva mogu doprinijeti nakupljanju organske tvari u tlu. Međutim, intenzivna upotreba samo mineralnih gnojiva, uz odnošenje žetvenih ostataka (npr. za potrebe stočarstva ili proizvodnje bioenergije) ili njihovo spaljivanje nakon žetve, rezultira najčešće padom koncentracije humusa u tlu.
- b) U tlima pod prirodnim biocenozama intenzitet nastanka i razgradnje organske tvari je uravnotežen, što rezultira stabilnim sadržajem humusa. Međutim, poljoprivredna proizvodnja, posebica obrada, neizbježno intenzivira procese mineralizacije te otuda sklonost svih poljoprivrednih tala smanjivanju sadržaja organske tvari. Brzina kojom pada sadržaj organske tvari ovisan je o sustavu gospodarenja, odnosno sustavu korištenja nekog tla.
- c) Organska tvar izrazito utječe na čitav niz vrlo značajnih fizičkih i kemijskih svojstava tla kao što su struktura, kapacitet za vodu, sorpcija iona, sadržaj neophodnih elemenata (N, P, S itd.). Ona je i osnovni izvor energije za životnu aktivnost mikroorganizama tla.
- d) Ne postoje znanstveni dokazi o superiornosti organskog ili anorganskog izvora biljnih hraniva. Zapravo, dugoročni poljski pokusi iz cijelog svijeta pokazuju kako je moguće postići održiv način proizvodnje hrane korištenjem organskih i/ili mineralnih gnojiva.
- 30) Primjena mineralnih gnojiva, posebice dušika stabilizira klimatske prilike.
- a) Često se navodi se kako intenzivna primjena uree i drugi N-gnojiva utječe na brži rast usjeva i njihov veći prinos, a one tada usvajaju više ugljičnog dioksida iz zraka. Nakon žetve i odnošenja merkantilnog uroda ostaje veća masa žetvenih ostataka koji nakon zaoravanja grade humus (*humifikacija*).
- b) Zapravo, intenzivna gnojidba, posebice dušikom, barem na prostoru istočne Hrvatske, ne podiže sadržaj humusa u tlu već suprotno, on opada do određene granice. Vjerojatan razlog je u podizanju „apetita“ mikroorganizama tla koji imaju izobilje hrane s dovoljno dušika, a kad razgrade svježe unesenu organsku tvar

počinju razgrađivati i teško razgrađivi humus. Padom sadržaja humusa pogoršava se struktura tla i njegova sposobnost zadržavanja vode i zraka što povećava potrebu za navodnjavanjem i sve većim ekološkim opterećenjem zbog migracije dušika u podzemne vode i vodotoke.

- c) Razlog pada sadržaja humusa u tlu zapaža se često i uz redovitu primjenu organskog gnoja pa ima dosta mišljenja da je za dio problema odgovorna i moderna tehnologija. Naime, tlo se često pogrešno smatra lako obnovljivim resursom, što ono svakako nije, pa se zbog povećanja prinosa i veće zarade intenzivira agrotehnika. Npr., česta i duboka obrada „otvara“ tlo što utječe na intenziviranje oksidacijskih procesa; pojačana gnojidba pospješuje brzi rast i sintezu veće količine organske tvari koja „otvara“ apetit mikroorganizmima; žetveni ostatci, pa i kompletan biološki prinos, koristi se za proizvodnju bioenergije i odnosi se s polja, itd. Dakle, suvremena praksa korištenja tla neminovno rezultira padom sadržaja humusa.



Slika 22. Zaštita vinograda (Kanada; foto: V. Vukadinović)



Slika 23. Oranje eugleja (Poljodar tim d.o.o.; foto: V. Vukadinović)



Slika 24. Sjetva poljskog pokusa (Ćelije, foto: V. Vukadinović)

5. Opća literatura

- Armstrong D.L., Editor (2008): Focus on Crop Fertilization Economics. Better Crops with Plant Food, 2008/3, International Plant Nutrition Institute (IPNI), <http://www.ipni.net/publication/bettercrops.nsf>, 43 p.
- Beegle, D. (2012): Nutrient Testing, Analysis, and Assessment. Department of Crop and Soil Sciences, Penn State University, http://www.mawaterquality.org/capacity_building/mid-atlantic%20nutrient%20management%20handbook/chapter7.pdf, 36 p.
- Bergmann, W. (1983): Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Entstehung und Diagnosen. VEB Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Bertić, Blaženka i Vukadinović, V. (2011): Primjena EUF metode u gnojidbi šećerne repe. <http://ebookbrowse.com/primjena-euf-metode-pdf-d396206949>, 25 p.
- Chen, Y., Avnimelech, Y. (1986): The role of Organic Matter in Modern Agriculture. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, The Netherlands. 306 p.
- Coulter, B.S. and Lalor, S., Editors (2008): Major and Micro Nutrient Advice for Productive Agricultural Crops, <http://www.agresearch.teagasc.ie/johnstown/Nutrient%20Advice%203rd%20edition.pdf>, 116 p.
- Defra (2007): Farm practice and soil health. DEFRA (Department for Environment Food & Rural Affairs), <http://randd.defra.gov.uk/Default.aspx?Menu=Menu&Module=More&Location=None&Completed=1&ProjectID=14422>, 112 p.
- Fernández, V., Sotiropoulos, T. and Brown, P. (2013): Foliar Fertilization, *Scientific Principles and Field Practices*. International Fertilizer Industry Association (IFA), http://www.fertilizer.org/ifacontent/download/95508/1400327/version/1/file/2013_foliar_fertilization_HR.pdf, 144 p.
- Finck, A. (1982): Fertilizers and Fertilization. Introduction and Practical Guide to Crop Fertilization. Wiley-VCH Verlag GmbH, Weinheim. 455 p.
- Hall, R. (2008): Soil Essentials: Managing your Farm's Primary Asset. Landlinks Press. CSIRO Publishing, <http://www.landlinks.com.au>, 192 p.
- James, D. W. and Topper K. F., Editors (2010): Utah Fertilizer Guide. UtahState Univeristy, Cooperative Extension. http://extension.usu.edu/files/publications/publication/AG_431.pdf, 87 p.
- Jones, J.B. (2003): Agronomic handbook: management of crops, soils, and their fertility. CRC Press LLC. 450 p.
- Kastori, R., Maksimović, I. (2008): Ishrana biljaka. Vojvođanska akademija nauka i umetnosti, Novi Sad. 237 p.

- Kastori, R., Editor (2005): Azot: agrohemijski, agrotehnički, fiziološki i ekološki aspekti. Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, 419 p.
- Leskošek, M. (1993): Gnojenje. Kmečki glas, Ljubljana.
- Marschner, H. (1995): Mineral nutrition of higher plants: second edition. Academic Press, London. 889 p.
- Martinović, J. (1997): Tloznanstvo u zaštiti okoliša: priručnik za inženjere. Državna uprava za zaštitu okoliša. Zagreb. 288 p.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., Kosegarten, H., Appel, T. (2001): Principles of Plant Nutrition: 5th edition. Springer. 849 p.
- Raun, W.R., Johnson, G.V., Mullen, R.W., Freeman, K.W. and Westerman, R.L. (2002): Soil-Plant Nutrient Cycling and Environmental Quality. Department of Plant and Soil Sciences, Oklahoma State University, <http://soil5813.okstate.edu/BOOK.htm>.
- Rengel, Z. (1999): Mineral Nutrition of Crops: Fundamental Mechanisms and Implications. Food Products Press, New York, London, Oxford. 399 p.
- Rengel, Z. (2007): Cycling of Micronutrients in Terrestrial Ecosystems. Marschner, P. and Rengel Z. (eds.), Soil Biology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg. 10: 93-113.
- Resulović, H., Čustović, H., Čengić, I. (2008): Sistematika tla/zemljišta: nastanak, svojstva i plodnost. Poljoprivredno-prehrambeni fakultet Univerziteta u Sarajevu. Sarajevo. 231 p.
- Schmidhalter, U., Maidl, F.X., Heuwinkel, H., Demmel, M., Auernhammer, H., Noack, P., Rothmund, M. (2008): Precision Farming - Adaptation of Land Use. Management to Small Scale Heterogeneity. Perspectives for Agroecosystem Management: balancing environmental and socio-economic demands. Edited by P. Schröder, J. Pfadenhauer, J. C. Munch, Elsevier. 121-199.
- Ubavić, M. i Bogdanović Darinka (2001): Agrohemijska. Poljoprivredni fakultet u Novom Sadu, 260 pp.
- Vukadinović Vladimir i Vukadinović Vesna (2011): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. 443 p.
- Vukadinović, V. (1999). Ekofiziologija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, skripta. 75 p.
- Vukadinović, V., Bertić, B. (1989): Praktikum iz agrokemije i ishrane bilja. Poljoprivredni fakultet u Osijek. Osijek.

6. Prilog

Tipični simptomi nedostatka biogenih elemenata su *kloroze* koje se očituju kao svijetložuto, povratno obojenje lišća i *nekroze* kada dolazi do izumiranja dijelova lišća. Shema (slika 22.) ilustrira principe vizualne dijagnostike deficita pojedinih hranjivih elemenata. Međutim, pored *primarnog simptoma nedostatka* nekog elementa, naknadno se mogu pojaviti i *sekundarni i multipli simptomi nedostatka* koji otežavaju determinaciju uzroka njihove pojave. Stoga je *vizualna dijagnostika* često pogrešna i preostaje jedino kemijskom analizom utvrditi pravi uzrok pojave simptoma.

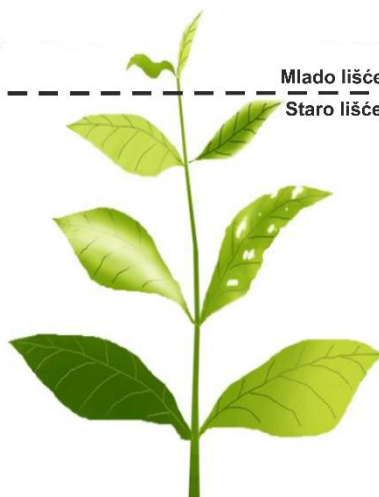
Poznavanja pokretljivosti elemenata u biljkama značajno je kod utvrđivanja deficijencije elemenata na temelju pojave simptoma nedostatka. Kemijska analiza biljaka kod nas je, nažalost, još uvijek rijetka (zbog toga i relativno skupa), stoga je dobro poznavati principe vizualne dijagnostike biogenih elemenata. Npr., kod vidljivih simptoma nedostatka pojedinog elementa u starijem lišću vjerojatno je došlo do njegovog premještanja u mlađe organe. Ako se simptom deficita primjećuje na mlađem lišću, tada je jasno da se radi o nedostatku nepokretljivog elementa.

Kalcij (Ca): Novi listovi su deformirani ili sporo rastu, a već razvijeno lišće ostaje zeleno.

Dušik (N): Gornja listovi su svijetlozeleni, srednji žute, a donji, najstariji listovi su žuti i smežurani.

Ugljični dioksid (CO₂): Bijele naslage na lišću, usporen rast i konačno biljke umiru.

Fosfor (P): Listovi su tamniji nego inače i opadaju.



Željezo (Fe): Mladi listovi su žuti i bijeli sa zelenim venama. Starije lišće je

Mlado lišće

Staro lišće

Kalij (K): Vrlovi i rubovi lišća su žuti, najčešće mlađeg lišća. Žute ili odumrle mrlje na listovima u razvoju.

Mangan (Mn): Žute mrlje ili izdužene rupe između vena.

Magnezij (Mg): Donje je lišće žuti prema van. Vene ostaju zelene.

Slika 25. Opći simptomi nedostatka elemenata biljne ishrane

Nedostatak nekog elementa u biljci razmjernan je njegovoj raspoloživosti u tlu (i/ili sposobnosti biljke da ga usvoji), etapama razvoja i duljini vegetacije u kojoj ga biljka može usvajati.

Tablica 16. Ključ za determinaciju manjka hraniva

| A. Simptomi na starijem lišću | |
|---|---------------|
| Simptomi uglavnom rasprostranjeni po cijeloj biljci, donji listovi se suše i odumiru: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • biljke svijetlozelene, donji listovi žuti, suše se do smeđe boje, stabljike postaju kraće i tanke | Dušik (N) |
| <ul style="list-style-type: none"> • biljke tamnozeleno, često vidljiva crvena ili ljubičasta boja, donji listovi žuti, suše se do tamnozeleno boje, stabljike postaju kraće ili tanje | Fosfor (P) |
| Simptomi uglavnom lokalizirani, donji listovi se ne suše, ali su šareni ili klorotični, rubovi lista ispupčeno kupasti ili naborano zavrnuti: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • listovi prošarani promjenom boje ili klorotični, ponekad pocrvene, nekrotične pjege, stabljike tanke | Magnezij (Mg) |
| <ul style="list-style-type: none"> • listovi prošarani promjenom boje ili klorotični, male nekrotične pjege između listnih žila ili blizu vrška i rubova lista, stabljike tanke | Kalij (K) |
| <ul style="list-style-type: none"> • veće nekrotične pjege ravnomjerno rasprostranjene po listu, ponekad zahvaćaju i žile, listovi tanki, stabljike kratke | Cink (Zn) |
| B. Simptomi na mlađem lišću | |
| Vršni pupovi odumiru; izobličenosť i nekroza mlađih listova: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • mlađi listovi svinuti, a zatim venu od vrha i rubova prema bazi | Kalcij (Ca) |
| <ul style="list-style-type: none"> • mlađi listovi svijetlozelene u svom donjem dijelu (osnovica), venu počevši od osnovice, listovi usukano svinuti | Bor (B) |
| Vršni pupovi ne odumiru; listovi klorotični ili klonuti, bez nekrotičnih pjega: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • mlađi listovi klonuti i mlohavi, bez kloroze, vršak stabljike slab | Bakar (Cu) |
| Mlađi listovi su klorotični i nisu uveli: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • male nekrotične pjege, žile ostaju zelene | Mangan (Mn) |
| Lišće bez nekrotičnih pjega: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • žile (vene) zelene | Željezo (Fe) |
| <ul style="list-style-type: none"> • žile (vene) klorotične | Sumpor (S) |

Napomena: Simptomi nedostatka mogu se kod pojedinih biljnih vrsta znatno razlikovati. Stoga su navedeni simptomi opći i ukazuju na osnovne, odnosno najčešće simptome nedostatka.

Vizualni simptomi nedostatka neophodnih elemenata kod kukuruza



Manjak dušika



Manjak kalija



Manjak dušika



Manjak kalija



Manjak cinka



Manjak dušika



Manjak kalija



Manjak cinka



Manjak fosfora



Manjak sumpora



Manjak cinka



Manjak željeza



Manjak željeza



Manjak magnezija



Manjak bakra

Vizualni simptomi nedostatka neophodnih elemenata kod pšenice



Manjak dušika



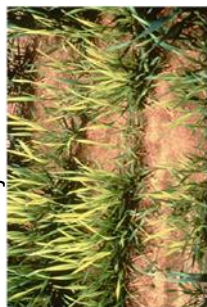
Manjak fosfora



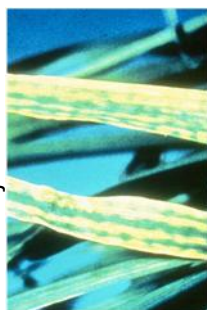
Manjak kalija



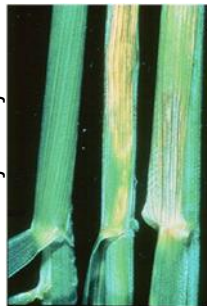
Manjak kalija



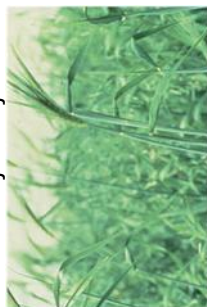
Manjak sumpora



Manjak magnezija



Manjak cinka



Manjak mangana



Manjak mangana



Manjak bakra



Manjak bakra



Manjak klora

Vizualni simptomi nedostatka neophodnih elemenata kod soje



Manjak željeza



Manjak cinka



Manjak mangana



Manjak fosfora



Manjak kalija



Manjak kalija



Manjak cinka



Manjak cinka

Vizualni simptomi nedostatka neophodnih elemenata kod uljane repice



Manjak bora



Manjak bora



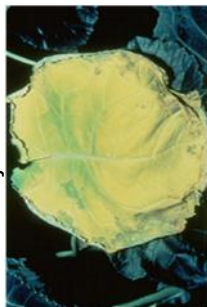
Manjak bora



Manjak fosfora



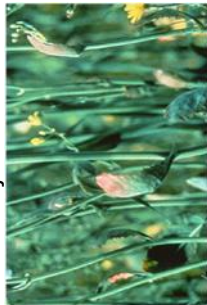
Manjak kalija



Manjak kalija



Manjak kalija



Manjak sumpora

Vizualni simptomi nedostatka neophodnih elemenata kod usjeva, voća i povrća



Lucerna - manjak kalcija



Lucerna - manjak kalcija



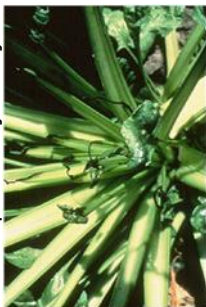
Duhan - manjak kalija



Duhan - manjak kalija



Krumpir - manjak kalija



Repa - manjak kalcija



Jabuka - manjak magnezija



Krumpir - manjak kalija



Rajčica - manjak željeza



Breskva - manjak željeza



Krumpir - manjak fosfora



Rajčica - manjak kalcija



Jabuka - manjak željeza



Krumpir - manjak željeza



Krumpir - manjak kalija



Šećerna repa - manjak kalija



Tresnja - manjak mangana



Sijva - manjak kalija



Breskva - manjak magnezija



Sijva - manjak kalija



Vinova loza - manjak Mg



Vinova loza - manjak K



Vinova loza - manjak Mg



Jabuka - manjak kalija

<http://www.back-to-basics.net>

