

GNOJIDBENE PREPORUKE

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, posebice dušik, fosfor i kalij, koji su potrebni u velikim količinama, obvezatno se dodaju u tlo gnojidbom. Mnogi elementi vraćaju se prirodnim putem u tlo, ali znatan dio se odnosi žetvom, jedan dio se ispire ili prelazi u nepristupačne oblike za biljke. Ako se tako izgubljeni dio hraniva ne nadoknađuje, tlo siromaši i prinos opada. Iz ukupnih rezervi tla jedan dio hraniva se neprekidno mijenja u oblike povoljne za ishranu bilja (*mobilizacija hraniva*), ali se taj proces odvija znatno sporije od gubitaka pa se gnojidba javlja kao najvažniji agrotehnički zahvat za osiguranje visokih i stabilnih prinosa uz očuvanje efektivne plodnosti tla. Dakle, gnojidba je agrotehnička mjera koja povećava produktivnost tla i uloženog rada u poljoprivrednoj proizvodnji.

Poznavanje bioraspoložive količine hraniva u tlu i potrebe biljaka za elementima ishrane omogućuje dobru procjenu doze gnojiva uz prihvatljiv rizik od ekološkog "opterećenja" okoliša. Tlo sadrži vrlo veliku količinu, biljkama uglavnom nepristupačnih hraniva (*rezervna hraniva*), a *raspoloživa* su samo ona hraniva u tlu koja se nalaze ili mogu prijeći u kemijski oblik koji biljke mogu usvojiti i uz to, moraju se nalaziti u zoni korijenskog sustava (*rizosferi*). Određivanje doze gnojiva, njegove vrste i kemijskog oblika hraniva, vremena primjene i načina gnojidbe 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 čimbenika.

U cilju utvrđivanja raspoloživosti hraniva koristi se čitav niz različitih metoda kao što su kemijska analiza tla i biljaka, mikrobiološke metode, poljski pokusi, pokusi u nadziranim uvjetima i druge metode. Potrebno je naglasiti kako svaka metoda uvodi objektivni pristup u utvrđivanju potreba za gnojidbom preko utvrđivanja intenziteta pojedinih indikatora efektivne plodnosti tla. Temeljna načela, prema suvremenom konceptu gnojidbe, mogu se vrlo jednostavno i razumljivo formulirati: *Primjena potrebnog hraniva i njegove adekvatne doze u pravo vrijeme na pravo mjesto i uz pravu cijenu.*

Često se u suvremenom svijetu, i uz sve veći pritisak alternativnih načina proizvodnje hrane, postavlja jednostavno pitanje: Zašto se koriste gnojiva? Na to pitanje može se jednostavno odgovoriti:

- Uporaba gnojiva je neophodna radi postizanja visokih prinosa te isplativosti rada i ulaganja u biljnu proizvodnju,
- Moderna gnojidba temelji se na kemijskom konceptu ishrane bilja i značajno utječe na povećanje poljoprivredne produkcije uz bolju kvalitetu hrane i
- Povoljni nuzgredni efekt gnojidbe je povećanje plodnosti tla što rezultira visokim i stabilnim prinosima, većom otpornošću na bolesti i klimatske stresove.

Dakle, svrha gnojidbe je dodatak i nadoknada prirodnog izvora hraniva kako bi se zadovoljile potrebe biljaka za ostvarenje visokih prinosa, kompenzirao gubitak i odnošenja hraniva iz tla te poboljšanje nepovoljnih svojstava tla.

Primjena kemijskih analiza tla pretpostavlja utvrđivanje i poznavanje graničnih vrijednosti pojedinih razina raspoloživosti hraniva. 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 agrotehničke) proizvodnje, agroekološke, ekonomske i druge uvjete. U ishrani bilja i gnojidbi uglavnom se ograničavamo na procjenu *efektivne plodnosti*, a da pri tome ne uzimamo 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 netočno 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 (*kardinalne točke raspoloživosti hraniva*), a te vrijednosti su temelj dobre procjene moguće visine prinosa i potrebe za hranivima.

Kemijska analiza tla predstavlja ključ za dobivanje visokih prinosa uz racionalnu primjenu gnojiva. U tom smislu razvijeni *sustav kontrole plodnosti tla* podrazumijeva sustavno prikupljanje svih relevantnih fizikalno-kemijskih podataka o tlu i njegovom korištenju (uključujući klimu), doprinosi boljoj raspodjeli mineralnih i organskih gnojiva, uklanjanju akutnih deficita hraniva, kemijskoj i fizikalnoj popravci tla, ekonomičnijoj proizvodnji, odnosno očuvanju i podizanju efektivne plodnosti tla čime su prirodi viši i stabilniji te manje podložni promjeni uslijed različitih vremenskih prilika. Uzorke tla za kemijsku analizu potrebno je uzeti nakon žetve (svakako prije gnojidbe) tako da prosječan uzorak dobro reprezentira proizvodnu površinu (parcelu), pazeći da se proporcionalno obuhvate manje nehomogenosti, a kod većih (razlika u boji, izgledu, nagibu itd.) moraju se uzeti posebni uzorci tla.

Opskrbljenost tla i zadatak gnojidbe

Ekonomski princip nalaže povećanje doza gnojiva sve dok je rast prinosa rentabilan. Otuda racionalna proizvodnja hrane podrazumijeva količinu gnojiva koja odgovara potrebama biljke, stanju usjeva, plodnosti tla i istovremeno vodi računa o klimatskim uvjetima i mogućem prirodnom. U tome kemijske analize tla pomažu u procjeni količine hraniva koje biljka može usvojiti iz tla, a analize biljne tvari koliko hraniva biljke moraju usvojiti da bi postigle određeni prinos i potrebnu kakvoću.

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 (AmonijskoLaktatna ekstrakcija hraniva, varijanta *Egnér-Riehm-Domingo*) pa će ona biti iskorištena u tekstu ispod za prikaz procjene (proračun preporuke) potrebne gnojidbe na konvencionalan, odnosno 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 tablicom 1.

Tablica 1. Opskrbljenost tla hranivima i konvencionalan zadatak gnojidbe

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

Pitanje gnojidbe siromašnih tala (niska opskrbljenost) visokim dozama, s ciljem postizanja visokih prinosa, mora se posebno rješavati za svaki element jer im je ponašanje u tlu i učinkovitost vrlo različita. Učinkovitost gnojidbe iskazuje se kao porast prinosa po jednom kg aktivne tvari i može biti agronomski (u odnosu na primijenjenu dozu) ili fiziološki (u odnosu na usvojenu količinu).

Nasuprot konvencionalnom pristupu utvrđivanja potrebe u gnojidbi, postoje i sustavi koji teže postizanju najvećeg mogućeg prinosa i kojima se 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 (što nipošto nije slučaj u našoj ekonomskoj stvarnosti). Visokoprinosni sustavi zahtijevaju visoka ulaganja, ali je i dobit visoka (istina, uz veći rizik), a i povećana produkcija hrane neminovno smanjuje njezinu cijenu.

Pored konvencionalnih i visokoproduktivnih sustava uzgoja biljaka koji se mogu označiti i kao *High Input Systems* sve češće se susreću tzv. *alternativni sustavi* koji 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 *Low Input Systems* (ekstenzivni sustavi). Međutim, potreba za prehranom svih stanovnika Zemlje i osiguranjem dovoljnih količina hrane danas daje još uvijek marginalan značaj alternativnim sustavima biljne proizvodnje. Ipak treba istaći da bi se povećanjem površina pod sustavima za navodnjavanje, boljim i većim korištenjem poljoprivredne mehanizacije, uzgojem novih biljnih vrsta koje se danas ne koriste za proizvodnju hrane, korištenjem visokoprosinosa kultivara, angažiranjem većeg broja ljudi u poljoprivredi te korištenjem sintetskih preparata samo kad je to stvarno potrebno i u najmanje potrebnim dozama, vjerojatno podmirile sve potrebe čovječanstva u hrani.

Konvencionalni način proračuna gnojidbe AL-metodom

Prema konceptu ciljnog prinosa proračun količine hraniva potreban za dobivanje planiranog prinosa izvodi se standardno na temelju prosječne koncentracije biogenih elemenata u usjevu, uključujući i pripadajući dio žetvenih (tab. 2.). i efikasnosti gnojidbe pojedinim hranjivim elementom (tab. 3.). Često se koncentracija hraniva (postotni udjel) zamjenjuje sa njihovim sadržajem (ukupna količina elemenata u biološkom ili merkantilnom prinosu). Ukupna količina elementa označava se kao *iznošenje hraniva*, a njihov dio u merkantilnom dijelu kao *odnošenje hraniva* (jer se odnese s prirodom s njive).

Npr., planira se prirod pšenice od 7,0 t ha⁻¹ (koncept ciljnog prinosa; *Targetted yield concept*), na tlu koje je srednje raspoloživosti dušikom, siromašno fosforom i srednje opskrbljeno kalijem. Najprije se utvrdi 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 2. prikazan je uobičajen raspon variranja odnošenja glavnih hranjivih elemenata.

Tablica 2. 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	3,5 - 4,5	1,5 - 2,0	5,0 - 8,0
Lucerna	20 - 30	5 - 10	20 - 25
Krumpir (kasni)	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 2.):

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

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

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

Uvažavajući potrebe biljaka i raspoloživost hraniva iz tla, potrebno je učiniti korekciju izračunate potrebe. Uobičajeno je u konvencionalnom proračunu potrebe gnojidbe da se korekcija obavlja množenjem potrebne količine hraniva koeficijentima za raspoloživost hraniva. Tablica 3. pokazuje postotak potrebne količine aktivne tvari gnojiva prema razredu opskrbljenosti tla hranivima. U mnogim zemljama u uporabi su tablice koje dijele tla na više klasa, ali se koriste i tablice koje uvažavaju i neka druga svojstva tla presudna za raspoloživost određenog elementa. Npr., na raspoloživost fosforu utječe snažno 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 gnojidbi, koje su primjerene agroklimatskim uvjetima područja, ali sadrže i iskustvo stečeno u praksi. Za područje istočne Hrvatske najčešće se koristi tablica 4. (prema Vladimiru Vukadinoviću) koja za raspoloživost fosfora uzima u obzir pH, a za kalij teksturna svojstva tla.

Tablica 3. Potrebna količina aktivne tvari (%) ovisno o opskrbljenosti tla

Razred opskrbljenosti tla	Gnojdbom je potrebno dodati % od količine hraniva koja se odnosi prirodnom		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Niska	100 - 120 %	150 - 200 %	125 - 150 %
Srednja	80 - 100 %	100 - 150 %	100 - 125 %
Dobra	60 - 80 %	100 %	100 %

Dakle, ukupna potrebna količina hraniva za planirani prinos ispravlja se čimbenikom svakog elementa ovisno o njegovoj raspoloživosti (u primjeru: N = 0,90 → srednja, P₂O₅ = 1,75 → niska i K₂O = 1,25 → srednja) u nekom tlu:

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

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

$$175 \times 1,25 = 219 \text{ kg K}_2\text{O ha}^{-1}$$

Tablica 4. 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

Uvažavajući ekonomske i ekološke razloge, činjenicu da je moguće i potrebno dušik dodavati N-prihranom, da je efikasnost gnojidbe fosforom i kalijem na slabo opskrbljenim tlima niža od očekivane (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 5.

Tablica 5. Najviša gnojdbena doza za neke usjeve u konvencionalnoj i integriranoj biljnoj proizvodnji (prema Vladimiru Vukadinoviću)

Usjev	N (kg/ha)		P ₂ O ₅ (kg/ha)		K ₂ O (kg/ha)	
	Standardna	Integrirana	Standardna	Integrirana	Standardna	Integrirana
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 hraniva (iskazana kao aktivna tvar) preračuna se u dozu gnojiva:

$$\text{Gnojivo kg ha}^{-1} = (a \times 100)/b$$

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

N: $(189 \times 100)/46 \times 1/3 = 137$ kg/ha uree prije sjetve; ograničeno 123,
 $(189 \times 100)/27 \times 2/3 = 467$ kg/ha KAN-a u 2 prihrane; ograničeno 420 (1. najviše 200 kg KAN-a)
 P_2O_5 : $(147 \times 100)/45 = 327$ kg/ha tripleksa; ograničeno 311 (prije sjetve)
 K_2O : $(175 \times 100)/60 = 292$ kg/ha 60 % kalijeve soli (prije sjetve)

Za gnojidbu pšenice 170:140:180 raspolaže se kompleksnim gnojivom 7:20:30 i KAN-om. Koliko je potrebno gnojiva kompleksnog gnojiva i KAN-a?

Izračun se započinje s elementom čija je aktivna tvar najveća (najveći broj u formulaciji):

$$(170 \times 100) / 30 = 567 \text{ kg/ha } 7:20:30$$

Kompleksnim gnojivom 7:20:30 dano je:

$$(567 \times 20) / 100 = 113 \text{ kg/ha } P_2O_5$$

$$(567 \times 7) / 100 = 40 \text{ kg/ha } N$$

$$(567 \times 30) / 100 = 170 \text{ kg/ha } K_2O$$

Potrebno je prihranom primjeniti dušik:

$$((170 - 40) \times 100) / 27 = 482 \text{ kg/ha KAN-a (u prvaj najviše 55 kg/ha ili ~200 kg KAN-a/ha)}$$

Izborom druge formulacije gnojiva moguće je postići točno traženu količinu hraniva, je u gornjem primjeru nedostaje fosfora ($140 - 113 = 27$ kg/ha) i nešto manje kalija ($180 - 170 = 10$ kg/ha). Npr. izborom uree KAN-a za prihranu, MAP-a i KCl (60%) potrebno je dati: 231 kg/ha MAP, 300 kg/ha KCl, 54 kg/ha uree (35% N u jesen zajedno s MAP-om i KCl-om) i 361 kg/ha KAN-a (u dvije prihrane).

Primjer N-prihrane pšenice na temelju N_{min} metode

Za prinos zrna od 6.0 t/ha zrna pšenice potrebno je ukupno 165 kg N/ha ($6.0 \text{ t/ha} \times 27.5 \text{ kg N/t}$ zrna, a u jesen je primjenjeno 40 kg N/ha). N_{min} metodom je pred prvu N-prihranu (0-60 cm) utvrđeno 90 kg mineralnog N/ha, a pred drugu N-prihranu (60-90 cm) svega 30 kg/ha. Na slijedeći način izračunamo potrebu za prihranom pšenice:

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

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

Zahvaljujući primjeni N_{min} metode, u gornjem primjeru, ukupno je primjenjeno 135 od potrebnih 165 kg N/ha. Kod niske količine mineralnog dušika u tlu tijekom zime, često je potrebno dodati više dušika od proračuna, pa se N_{min} metoda pokazala kao vrlo korisna za utvrđivanje stvarne potrebe usjeva u dušiku. Kod korištenja N_{min} metode za ozima strna žita iskazana potreba N je točna, a kod okopavina (npr. šeć. repa i kukuruz) treba uračunati i N iz prirodnog procesa mineralizacije (organskog gnoja, žetvenih ostataka, razgradivog dijela humusa, eventualne sideracije i pokrovnih usjeva).

Prva prihrana je važna za sve pšenice i u svim slučajevima (treći i četvrti list) jer se u II i III etapi razvoja izdužuje i segmentira budući klas. Ona utječe na boju usjeva, intenzivniju fotosintezu i na brži rast biljaka u vlatanju, a doza N ne smije biti veća od 55 kg/ha.

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

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

Primjer proračuna doze osnovne gnojidbe za kukuruz

Kukuruz najbolje uspeva na dubokim, ocjeditim i prozračnim tlima, slabokisele do neutralne reakcije (pH 6-7), što je vrlo značajno i za mikrobiološko oslobađanje hraniva iz organskih rezervi u tlu. Njegov korijen prodire 90 - 150 cm dubine pa mu je potrebno osigurati tla dubine soluma >50 cm i

dovoljno zraka jer je kukuruz nisko tolerantan na nedostatak kisika. Budući je subtropskog podrijetla, njegova fiziologija (C4 tip fotosinteze) adaptirana je na toplije uvjete te dobro podnosi temperature do 35°C uz potrebu manje vode po jedinici formirane suhe tvari, odnosno ~350 kg vode po 1 kg suhe tvari (za pšenicu je potrebno ~500 kg vode/1 kg ST). Obzirom na izrazitu sušu u 2012. god treba istaći da je prosječni žetveni indeks kukuruza 53 : 47 (zrno/(kukuruzovina+oklasak)), odnosno na 10 t suhog zrna/ha dolazi još 8,9 t/ha kukuruzovine pa je ukupna biomasa 18.900 kg ST/ha, a to je potreba od 661,5 mm oborina/god.

Kukuruz je naročito osjetljiv na nedostatak cinka, a kod većeg sadržaja fosfora u tlu usvajanje cinka je smanjeno uz akumulaciju većih količina željeza. Nedostatak Zn čest je na neutralnim i karbonatnim tlima (visok pH), ali i ekstremno kiselim (slika 1.). Pokretljivost cinka u biljci je osrednja (bolja od Fe, B i Mo).



Slika 1. Nedostatak cinka na ekstremno kiselom tlu (Vukadinović, 2011.)

Za relanu procijenu ciljne visine prinosa treba uzeti višegodišnji prosjek prinosa vodeći računa o dozi gnojidbe u prethodnim godinama, negativno bilanci hraniva (gnojidba niža ili viša od potrebe) ili druge anomalije u agrotehnici, odnosno rastu i razvitku kukuruza, npr. suša, suvišak vlage, blesti i dr.

Istraživanja pokazuju da kukuruz postiže veći prinos u plodoredu, posebice s leguminozama, nego u monokulturi, a od pojave kukuruzne zlatice u našim krajevima monokultura kukuruza gotovo da je napuštena. Iako se mnogi nedostaci monokulturnog uzgoja kukuruza mogu ukloniti primjenom dušičnih gnojiva, ipak nije moguće u potpunosti ukloniti razlike prema uzgoju kukuruza u plodoredu.

Budući da biljke kukuruza usvoje više od 50 % dušika i fosfora te 80 % kalija prije ulaska u reproduktivni stadij (do oprašivanja), to je neophodna dobra raspoloživost i dovoljna količina tih hraniva već u početku i tijekom čitave vegetacije.

Iako se male količine hraniva usvoje u samom početku vegetacije, u zoni korijena je neophodna visoka koncentracija hraniva jer je korijenov sustav početkom vegetacije slabije

razvijen, a često je i tlo hladnije.

Primjena dušičnih gnojiva je učinkovitija što je vremenski bliža fiziološkim potrebama kukuruza. Stoga se na težim tlima do 50% dušika dodaje u jesen pod osnovnu obradu, a na lakšim, veći dio treba dodati predsjetveno i startno uz prihranu u trake radi bolje apsorpcije N.

Na većini tala nema velikih opasnosti od gubitaka gnojidbom dodanih fosfora i kalija, pri čemu je povoljnija jesenska primjena gnojiva (pod osnovnu obradu), jer se time fosfor i kalij raspodjeljuju u zoni najvećeg rasprostiranja korijena. Izuzetak su laka, pjeskovita tla gdje je moguće ispiranje kalija iz zone korijenovog sustava, stoga je na takvim tlima kalijem bolje gnojiti pred sjetvu.

Različiti načini primjene gnojiva na plodnim tlima s optimalnim razinama hraniva uglavnom ne rezultiraju značajnim razlikama u visini prinosa. Nasuprot tome, na tlima slabo opskrbljenim hranivima kao i na tlima s jakom fiksacijom fosfora (jako kiselina i karbonatna tla), najbolje rezultate daje primjena gnojiva u trake (zbog sužavanja odnosa gnojiva prema tlu), a posebice ako su količine gnojiva niske. Pri polaganju gnojiva neposredno uz sjeme, ukupne količine dušika, fosfora i kalija od 12-15 kg ha⁻¹, uz normalnu vlažnost tla, neće djelovati štetno na klijavost sjemena (*solni udar*), ali uz suha proljeća i ovako niske količine gnojiva mogu značajno smanjiti klijavost i oštetiti tek iskljale biljke.

Za predsjetvenu i startnu gnojidbu te prihranu kukuruza najpovoljnija su dušična gnojiva koja sadrže amonijski i nitratni oblik, tj. KAN i AN, a za osnovnu gnojidbu urea, anhidrirani amonijak i UAN (posebice je povoljan za prskanje žetvenih ostataka prije zaoravanja). Anhidrirani amonijak mora biti injektiran na 12-15 cm kod povoljnog stanja vlažnosti radi sprječavanja gubitka dušika volatilacijom (na neutralnim i karbonatnim tlima). Iz istog razloga ureu i UAN je dobro zaorati odmah nakon raspodjele, a najkasnije nakon 3 dana kad temperature nisu visoke. AN i KAN su gnojiva iz kojih se dušik potencijalno može izgubiti ispiranjem ili denitrifikacijom u kiselim uvjetima, posebice kod suviška padalina neposredno nakon gnojidbe.

Primjer računanja gnojidbe za kukuruz (prema *University of Missouri-Columbia, Department of Agronomy*), zbog jednostavnog, ali vrlo zanimljivog pristupa dat je u cijelosti (kad su raspoloživi podaci kemijske analize tla bolje je primjeniti postupak opisan u gornjem primjeru za pšenicu):

Preporuka gnojidbe za N (kg ha^{-1}) temelji se na ukupnoj potrebi usjeva prema sklopu i očekivanom prinosu koja se umanjuje za procijenjenu stopu mineralizacije i količinu rezidualnog dušika od predusjeva:

Sklop (biljaka ha^{-1})	= 50.000
Potreba usjeva (1,8 kg N na 1.000 biljaka)	= $1,8 \times 50 = 90 \text{ N kg ha}^{-1}$
Očekivani prinos	= 10 t ha^{-1} zrna
Potreba prinosa (1,5 kg N na 100 kg zrna)	= $1,5 \times 100 = 150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
<u>Ukupno potrebno N kg ha^{-1}</u>	<u>= $90 + 150 = 240 \text{ kg ha}^{-1}$</u>
Očekivana mineralizacija	= $45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
Rezidualni dušik (predusjev soja)	= $45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
N iz stajnjaka (odbiti u 1. god. 4,5-7,0 $\text{kg t}^{-1} \text{ N}$)	= $0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
Ukupno N iz rezervi tla	= $45 + 45 + 0 = 90 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
<u>Potreba u gnojidbi $\text{kg ha}^{-1} \text{ N}$</u>	<u>= $240 - 90 = 150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$</u>

Preporuka gnojidbe za P i K temelji se na namjeri podizanja razine pristupačnosti P i K u tlu na optimum kroz osmogodišnje razdoblje kako bi se mogla pratiti učinkovitost i ekonomska opravdanost takve mjere. Pored toga, potrebu P i K određuju ciljna visina prinosa i iznošenje P i K usjevom. Točan proračun nije prikazan zbog različitosti u metodologiji analize tla.

Preporuka gnojidbe za Zn i Fe temelji se na rezultatu DTPA ekstrakcije tla (tablica 1.). Kada je u tlu manje od 0,5 ppm Zn, treba aplicirati 11 kg Zn ha^{-1} , za 0,5-1,0 ppm Zn treba gnojiti s $5,5 \text{ kg Zn ha}^{-1}$, a gnojidba nije potrebna na tlima s više od 1,0 ppm Zn. Ovakva gnojidba cinkom dostatna je za naredne 4 godine. Kad se Zn daje folijarno u obliku kelata, tada se primjenjuje 1/3 do 1/2 navedene količine godišnje. Fe se primjenjuje folijarno u količini 0,5-3,0 kg/ha , nikako u tlo, ali je značajno da primjena stajskog gnoja dugogodišnje otklanja problem Fe-deficita.

Tablica 1. Granične vrijednosti mikroelemenata za kukuruz (DTPA ekstrakcija) u ppm

Rang	Zn	Fe	Cu	Mn
nisko	0,5	0 - 0,2	0 - 0,2	0 - 1,0
srednje	0,5 - 1,0	2,0 - 4,5	-	-
visoko	> 1,0	> 4,5	> 0,2	> 1,0

Problemi s deficitom cinka i željeza na kukuruzu (i drugim usjevima, kao i u vinogradima) vrlo su česti i zahvaćaju velike površine na najistočnijem dijelu Hrvatske, što je usko povezano s visokom pH-vrijednosti prapornih (lesnih) ravni tog područja i sadržajem karbonata > 20 % u matičnom supstratu. Na černozemima istočne Hrvatske štete od deficita cinka i željeza mogu biti visoke i značajno umanjiti prinos kukuruza. Rijeđe se deficit cinka može zapaziti na ekstremno kiselim tlima Slavonije, npr. na relaciji Donji Miholjac-Našice (slika 1.), ali također i na kiselim tlima kao trake uz kanale, jer se kopanjem na površinu tla izbacuje velika količina karbonatnog matičnog supstrata.

Proračun N-prihrane kukuruza

N_{\min} metoda polazi od pretpostavke da se utvrđivanjem količine mineralnih oblika dušika prije sjetve za proljetne kulture ili pred busanje za ozima žita, može utvrditi potrebna količina dušika. Zbog toga se uzorci tla za N_{\min} metodu uzimaju iz zone do koje dopire korijenov sustav, a metoda uvažava potrebe biljaka tijekom vegetacije.

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

$$N \text{ kg/ha} = (*220 - 1,75) \times N_{\min} \quad (\text{uzeti } *180 \text{ za prinos } 6-8 \text{ t/ha, } *200 \text{ za prinos } 8-10 \text{ t/ha, a } *220 \text{ za prinos od } 10-12 \text{ t/ha suhog zrna})$$

Ako je pronađeno N_{\min} metodom 75 kg N/ha tada treba primjeniti:

$$KAN_{\text{kg/ha}} = (220 - 1,75 \times 75) \times 100/27 = 329$$

$$AN_{\text{kg/ha}} = (220 - 1,75 \times 75) \times 100/33,5 = 265$$

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