



GNOJIDBA POVRĆA, ORGANSKA GNOJIVA I KOMPOSTIRANJE



poljoprivredni
fakultet
osijek



HRVATSKA AGENCIJA ZA HRANU



srem



GNOJIDBA POVRĆA, ORGANSKA GNOJIVA I KOMPOSTIRANJE



Osijek, 2015.

Urednik
prof. dr. sc. Zdenko Lončarić

Autori

prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku
prof. dr. sc. Nada Parađiković, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku
doc. dr. sc. Brigita Popović, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku
izv. prof. dr. sc. Ružica Lončarić, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku
prof. dr. sc. Jozo Kanisek, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku

Recenzenti

prof. dr. sc. Tihana Teklić, Zavod za agroekologiju, Poljoprivredni fakultet
Sveučilišta u Osijeku
prof. dr. sc. Lepomir Čoga, Zavod za ishranu bilja, Agronomski fakultet
Sveučilišta u Zagrebu

Lektorica

dr. sc. Vedrana Živković Zebec

Izdavač

Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Kralja Petra Svačića 1d, HR – 31000 Osijek, Hrvatska

Dizajn i tisak: Grafika d. o. o. Osijek, 2015.

Naklada: 250 komada

ISBN 978-953-7871-36-9

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 140125086

Izdavanje ovoga priručnika odobrio je Senat Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku odlukom broj 20/2015 od 28. travnja 2015. godine.

Kazalo

Predgovor	6
1. GNOJIDBA U PROIZVODNJI POVRĆA	8
1.1. Sustavi proizvodnje povrća	12
1.1.1. Proizvodnja na otvorenim površinama bez navodnjavanja	12
1.1.2. Proizvodnja na otvorenim površinama s navodnjavanjem.....	12
1.1.3. Proizvodnja u zaštićenim prostorima	13
Biostimulatori.....	13
1.2. Plodnost tla i potrebe u gnojidbi	14
Neodgovarajuća pH reakcija	14
Niska humoznost tla	15
Pjeskovita tla.....	15
Teška glinovita tla	15
Niska raspoloživost fosfora	16
Niska raspoloživost kalija	16
Nedostatna raspoloživost Ca i Mg	16
Sovišak raspoloživog Ca i Mg	16
Nedostatak mikroelemenata	17
1.3. Postupak izračuna potrebne gnojidbe	17
1.3.1. Određivanje ciljnog prinosa	17
1.3.2. Izračun potrebne količine hraniva	18
1.3.3. Izračun količine hraniva (N, P i K) preostale iza predkulture.....	18
1.3.4. Izračun optimalne potrebe N u gnojidbi	18
1.3.5. Izračun optimalne potrebe fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O) u gnojidbi	20
1.3.6. Izračun organske gnojidbe.....	22
1.3.7. Izračun potrebne kalcizacije	22
1.3.8. Optimalna distribucija N s obzirom na dinamiku gnojidbe	23
1.3.9. Optimalna distribucija P i K s obzirom na dinamiku gnojidbe	23
1.3.10. Utvrđivanje potrebe i plan aplikacije mikrognojiva.....	24
1.3.11. Izbor optimalnog oblika hraniva i izračun količina gnojiva	24
1.3.12. Izračun predviđene bilance hraniva	25
1.4. Gnojidba krstašica ili kupusnjača (Brassicaceae)	26
1.4.1. Gnojidba kupusa (<i>Brassica oleracea L. var capitata</i>)	27
1.4.2. Gnojidba kelja (<i>Brassica oleracea L. var sabauda</i>).....	29
1.4.3. Gnojidba cvjetače (<i>Brassica oleracea L. var botrytis L.</i>)	30
1.4.4. Gnojidba brokule (<i>Brassica oleracea L. var italica Plenck.</i>).....	31

1.4.5. Gnojidba korabice (<i>Brassica oleracea</i> L. var <i>gongylodes</i>)	32
1.5. Gnojidba pomoćnica (Solanaceae)	32
1.5.1. Gnojidba rajčice (<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.), paprike (<i>Capsicum annuum</i> L.) i patlidžana (<i>Solanum melongena</i> L.)	33
1.5.2. Gnojidba krumpira (<i>Solanum tuberosum</i> L.)	37
1.6. Gnojidba glavočika (Asteraceae)	38
1.6.1. Gnojidba salate (<i>Lactuca sativa</i> L.)	39
1.6.2. Gnojidba endivije (<i>Cichorium endivia</i> L.)	40
1.7. Gnojidba lukova (Alliaceae)	41
1.7.1. Gnojidba luka (<i>Allium cepa</i> L.)	42
1.7.2. Gnojidba češnjaka (<i>Allium sativum</i> L.)	43
1.7.3. Gnojidba poriluka (<i>Allium porrum</i> L.)	44
1.8. Gnojidba štitarki (Umbelliferae)	45
1.8.1. Gnojidba mrkve (<i>Daucus carota</i> L.)	45
1.8.2. Gnojidba peršina (<i>Petroselinum crispum</i> Mill.)	46
1.8.3. Gnojidba celera (<i>Apium graveolens</i> L.)	47
1.9. Gnojidba tikvenjača (Cucurbitaceae)	48
1.9.1. Gnojidba krastavca (<i>Cucumis sativus</i> L.)	49
1.9.2. Gnojidba lubenice (<i>Citrullus lanatus</i> (Thumb.) Matsum et Nakai)	51
1.9.3. Gnojidba dinje (<i>Cucumis melo</i> L.)	53
1.9.4. Gnojidba tikve (<i>Cucurbita pepo</i> L.) i bundeve (<i>Cucurbita</i> <i>maxima</i> Duch.)	54
1.10. Gnojidba lobodnjača (Chenopodiaceae)	55
1.10.1. Gnojidba špinata (<i>Spinacea oleracea</i> L.)	56
1.10.2. Gnojidba cikle (<i>Beta vulgaris</i> L. var. <i>conditiva</i>)	56
1.11. Gnojidba lepirnjača (Fabaceae)	57
1.11.1. Gnojidba graška (<i>Pisum sativum</i> L.)	58
1.11.2. Gnojidba graha mahunara (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.)	59
2. ORGANSKA GNOJIVA	61
2.1. Svojstva i učinak organskih gnojiva	63
2.2. Stajksa gnojiva	65
2.2.1. Količina proizvedenog stajskog gnojiva	66
2.2.2. Kvaliteta stajskog gnojiva	67
2.2.3. Kvaliteta svježeg i zrelog stajskog gnojiva	70
2.2.4. Gubitci dušika iz stajskih gnojiva	72
2.2.5. Iskoristivost hraniva iz stajskih gnojiva	72
2.2.6. Izbor organskog gnojiva i izračun potrebne količine	73
2.2.7. Dugoročni učinci gnojidbe stajskim gnojivima	75

2.3.	Komposti.....	75
2.3.1.	Materijali za kompostiranje (sirovine ili kompostna tvoriva)	80
2.3.2.	Sustavi i metode kompostiranja	84
	Pasivno kompostiranje u hrpama ili naslagama	85
	Kompostiranje u dugačkim kamarama (eng. windrow) s miješanjem	85
	Kompostiranje u statičnim kamarama s pasivnim aeriranjem	86
	Kompostiranje u statičnim kamarama s aktivnim aeriranjem	86
	Kompostiranje u bioreaktorima	87
2.3.3.	Promjene tijekom kompostiranja	89
2.4.	Vermikompost	90
2.5.	Ocjenvivanje kvalitete organskih gnojiva.....	91
2.6.	Sušena organska gnojiva	95
2.7.	Tekuća organska gnojiva.....	96
2.8.	Ostala organska gnojiva.....	97
2.9.	Zelena gnojidba	98
3.	ORGANIZACIJA I TROŠKOVI GNOJIDBE	103
3.1.	Organizacija i troškovi mineralne gnojidbe.....	104
3.2.	Organizacija i troškovi organske gnojidbe	113
	Opća literatura.....	118



Predgovor

Priručnik *Gnojidba povrća, organska gnojiva i kompostiranje* značajna je cjelina u prikazu utjecaja poljoprivrede na okoliš i proizvodnju hrane u okviru IPA projekta *Doprinos poljoprivrede čistom okolišu i zdravoj hrani (Agriculture Contribution Towards Clean Environment and Healthy Food)*. Osnovni je cilj projekta povećati doprinos poljoprivrede očuvanju okoliša i izgradnji sustava proizvodnje kvalitetnije hrane i poljoprivrednih proizvoda. Projekt je usmjeren poljoprivrednicima i proizvođačima hrane, savjetodavnim i stručnim službama, jedinicama lokalne i regionalne samouprave, obrazovnim i istraživačkim institucijama, učenicima i studentima, ali i svim potrošačima hrane i zaljubljenicima u poljoprivredu i očuvanje okoliša.

Cilj projektnog tima je opisati gnojidbu povrća Osječko-baranjske i Vukovarsko-srijemske županije s posebnim naglaskom na optimalnu gnojidbu primjerenu plodnosti tala i tehnologiji uzgoja povrća.

Drugi dio priručnika upoznaje čitatelja s osnovnim svojstvima organskih gnojiva s fertilizacijskog, ekološkog i ekonomskog aspekta. Posebna je pozornost posvećena gos-



podarenju organskom tvari s ciljem očuvanja plodnosti tala i okoliša, te zbrinjavanju organskog otpada obiteljskih gospodarstava.

Autori priručnika posebno se zahvaljuju suradnicima čija je višegodišnja suradnja obogatila naša znanja i iskustva ugrađena u ovaj priručnik. Zahvaljujemo se na suradnji i podršci svim vlasnicima obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava koji su se uključili u realizaciju projekta.

Urednik
prof. dr. sc. Zdenko Lončarić

Zdenko Lončarić,
Nada Parađiković

1. GNOJIDBA U PROIZVODNJI POVRĆA



Gnojidba je, jednostavno rečeno, agrotehnička mjera aplikacije gnojiva s konačnim ciljem postizanja visokog prinosa. Ona utječe na visinu i kvalitetu prinosa promjenama količina, odnosa i dinamike raspoloživih biljnih hraniva, bilo u rizosferi unošenjem u tlo, bilo izravno u nadzemnim dijelovima biljke folijarnom aplikacijom. Gnojidba također značajno utječe na stabilnost prinosa i plodnost tala jer veća plodnost podrazumijeva optimalniju raspoloživost hraniva i veću sposobnost tala da neutralizira stresne uvjete i nepovoljne učinke nedostatne ili suviše gnojidbe. Nedostatna će gnojidba rezultirati nižim prinosom ili lošijom kvalitetom, a prekomjerna gnojidba je nepotrebni trošak, potencijalno opterećenje okoliša uz luksuznu opskrbu biljke hranivima s lošijom kvalitetom prinosa. Sve složenosti zadatka gnojidbe zbog potrebe ravnoteže biološkog, tehnološkog, ekološkog i ekonomskog optimuma koji su uvjetovani desetcima klimatskih, pedoloških, fizikalnih, kemijskih i bioloških činitelja ipak se slijevaju k jednom primarnom cilju gnojidbe: **optimalnoj raspoloživosti hraniva**.

Prirodna raspoloživost hraniva u agroekosustavima nije optimalna jer je produkcija organske tvari antropogenim utjecajem intenzivirana u odnosu na spontane ekosustave. Stoga je potrebno poduzeti čitav niz mjera optimizacije raspoloživosti hraniva jer su pored količine jednako značajni i dinamika raspoloživosti i odnos pojedinih hraniva. Jednokratno optimiziranje raspoloživosti hraniva nije doстатно po načelima održivosti, nego je potrebno sustavno održavanje optimalne opskrbljenosti.



Dakle, tri činjenice definiraju osnovne razloge neophodnosti gnojidbe:

1. tla su uglavnom suboptimalne raspoloživosti hraniva
2. radi postizanja stabilnog visokog prinosa treba intenzivirati ciklus hraniva u agroekosustavu
3. neophodno je održivom proizvodnjom omogućiti kontinuiranu optimalnu raspoloživost hraniva, ali uz očuvanje okoliša.

Posljedično možemo definirati tri osnovna razloga neophodnosti gnojidbe koje možemo smatrati i osnovnim principima gnojidbe:

1. održavanje ili popravak plodnosti tla kao supstrata ishrane bilja
2. dodatak prirodno nedostatnoj opskrbi hranivima
3. nadoknada hraniva iznesenih iz agroekosustava (prinosom, ispiranjem, erozijom, volatizacijom ili drugim procesima).

Uvažavajući razloge i principe gnojidbe, jednostavnu definiciju gnojidbe ipak treba proširiti:

Gnojidba je agrotehnička mjera aplikacije gnojiva radi postizanja stabilnog visokog prinosa odgovarajuće kvalitete optimizacijom opskrbe usjeva hranivima održavanjem ili popravljanjem plodnosti tla bez štetnog utjecaja na okoliš.

Pojedinosti održavanja plodnosti tla, nedostatne opskrbe hranivima i nadoknade hraniva iznesenih iz agroekosustava prikazane su u priručniku “Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva” (Lončarić i Karalić, 2015.) pa ih ovdje nećemo ponavljati, već ćemo prikazati posebnosti gnojidbe u proizvodnji povrća.

Proizvodnju povrća karakterizira niz posebnosti u odnosu na ratarsku proizvodnju, a neke snažno utječu na gnojidbu:

1. rast povrća je vrlo intenzivan i zahtijeva kontinuiranu opskrbu hranivima i vodom
2. povrće često u relativno kratkom vremenu (2-3 mjeseca) stvara veliki prinos, tj. razdoblje od sadnje do berbe može biti vrlo kratko
3. kratke vegetacije, ranozrelost i različitost povrća omogućuju više proizvodnih ciklusa godišnje
4. razdoblje plodonošenja i produktivne berbe povrća može biti dugotrajno (nekoliko mjeseci), bilo kontinuirano kao kod rajčice i paprike ili diskontinuirano kao otkosi kod peršina listaša
5. berba povrća često je u vegetativnoj fazi razvoja, prije tehnološke zrelosti ili u ranoj zrelosti
6. sustavi proizvodnje povrća mogu biti vrlo različiti i značajno utjecati na visinu ciljnog prinosa.

Stvaranje visokog prinosa intenzivnim rastom povrća u kratkoj vegetaciji moguće je jedino svakodnevnim usvajanjem velikih količina hraniva u fazi intenzivnog porasta. Na primjer, rani kultivari kupusnjača usvajaju više od $\frac{1}{2}$ ukupnih količina hraniva (180 kg/ha N, 120 kg/ha P₂O₅, 350 kg/ha K₂O) u manje od mjesec dana.

Također je potrebno posebnu pozornost posvetiti bilanciranju značajnih količina hraniva koje iza pojedinih vrsta povrća ostaju na proizvodnim površinama, a za svoje potrebe ih koristi sljedeći usjev. Na primjer, iza paprike u tlu ostaje 80-175 kg/ha N, 20-40 kg/ha P₂O₅ i 110-240 kg/ha K₂O, a iza ranog kupusa 80-150 kg/ha N, 20-25 kg/ha P₂O₅ i 95-120 kg/ha K₂O.

Više proizvodnih ciklusa godišnje vrlo zahtjevnim čine zadatak pravovremene aplikacije gnojiva, kao i ravnomjerne aplikacije po dubini tla, tj. budućeg korijenovog sustava. Na primjer, nakon proljetne berbe salate tlo treba pripremiti za presađivanje paprike ili rajčice, ali neće biti oranja kako bi se P i K aplicirali na dubinu 25-30 cm. Bude li, međutim, u plitkom sloju tla (15-ak cm) prevelika koncentracija P i K, korijen paprike ili rajčice će ostati vrlo plitko što će smanjiti kapacitet usvajanja hraniva u stresnim uvjetima. Stoga je neophodno o tome voditi računa još tijekom jesenske pripreme tla i u osnovnoj gnojidbi planirati aplikaciju dijela potrebnih P i K za papriku ili rajčicu.

Dugotrajno razdoblje plodonošenja i berbe postavlja zadatak ne samo kontinuirane raspoloživosti dostačnih količina hraniva, već i određenu dinamiku odnosa pojedinih hraniva. Tako je, na primjer, pri uzgoju paprike nakon presađivanja neophodna dostačna količina fosfora za ukorjenjivanje presadnika, ali i dostačna količina raspoloživog dušika za razvoj i rast lisne mase. Međutim, vrlo brzo će doći faza cvatnje kada je opet potrebna veća količina raspoloživog fosfora, pa oplodnja i rast plodova za što je neophodna veća količina raspoloživog kalija. Čitavo vrijeme mora biti dovoljno dušika, ali ne previše da paprika ne stvori preveliku vegetativnu masu na štetu broja cvjetova i zametnutih plodova. Premalo dušika će značiti manje listove, manju fotosintetski aktivnu površinu, slabiji rast biljke, svjetliju boju listova i slabiju zaštitu plodova, veću osjetljivost na štetočine i uzročnike bolesti. Također, mora biti dovoljno raspoloživog Ca, i to ne samo tijekom sazrijevanja plodova, već čitavo vrijeme od početka zametanja prvog ploda do berbe posljednjeg jer će se u suprotnom razviti vršna trulež plodova (blossom-end rot = BER) (Parađiković i sur., 2004., 2007., 2010., 2011., 2013.). S druge strane, ne treba pretjerati s količinama vodotopivih i izmjenjivih oblika K i Ca jer su antagonisti međusobno, a i prema Mg, pa višak jednog hraniva može prouzročiti manjak drugog. Slične posljedice može imati i višak fosfora koji smanjuje raspoloživost i usvajanje nekih mikroelemenata, posebice Zn koji je, kao i P, vrlo značajan za cvjetanje i proces oplodnje. Složenost ovog primjera pokazuje kako je teško, gotovo nemoguće, gospodariti hranivima i njihovim odnosima tako da danas rješavamo sutrašnju potrebu, nego treba tlo održavati plodnim, u okvirima optimalne pH reakcije i poštivati princip gnojidbe s obzirom na vrstu, količinu, način i vrijeme aplikacije hraniva.

Berba povrća u vegetativnoj fazi razvoja znači da ćemo berbom prekinuti vegetaciju u vrijeme intenzivnog vegetativnog porasta ili ubrzo nakon toga. Za intenzivan je porast neophodna povećana količina N, ali istovremeno povrće ne smije akumulirati prevelike količine nitrata niti druge niskomolekularne oblike N u berbi. Posebno je veliki rizik nakupljanja nitrata kod špinata, blitve, cikle i endivije. Dakle, ove biljke moramo snabdjeti dovoljnim količinama dušika jer će u suprotnom prinos biti nizak, ali količine ne smiju biti niti prevelike niti prekasno raspoložive (pred berbu) jer će listovi akumulirati velike količine nitrata.

Berba povrća prije tehnološke zrelosti ili u ranoj zrelosti podrazumijeva da ono u vrijeme berbe mora imati na raspolaganju dostačne količine K. Naime, odnos N/K vrlo je značajan za kvalitetu proizvoda, posebice plodova (rajčica, paprika, patlidžan, krastavac, lubenica, dinja) kod kojih previše N ili premalo K mogu odgoditi sazrijevanje, pokvariti okus ploda, smanjiti udio ugljikohidrata, ali i otežati poslijezetveno održavanje i transport zbog nedovoljne čvrstoće i jedrine, te truljenja proizvoda. Nedovoljna količina K znači gubitak vode i brzo venjenje tkiva ploda.

1.1. Sustavi proizvodnje povrća

Sustavi proizvodnje povrća značajno utječu na visinu ciljnog prinosa. Samo s aspekta raspoložive vode, a time i raspoloživih načina aplikacije gnojiva, razlikujemo 3 osnovna sustava proizvodnje povrća:

1. proizvodnja na otvorenim površinama bez navodnjavanja
2. proizvodnja na otvorenim površinama s navodnjavanjem
3. proizvodnja u zaštićenim prostorima (tuneli, platenici, staklenici).

1.1.1. Proizvodnja na otvorenim površinama bez navodnjavanja

Proizvodnja na otvorenim površinama bez navodnjavanja znači da je vrlo niska razina kontrole temperature, osvjetljenja i raspoloživosti vode. Posebnosti takvog sustava proizvodnje su:

1. izostanak navodnjavanja rezultira ograničenim rastom i značajno nižim ciljnim prinosima
2. aplikacija gnojiva ograničena je, slično ratarskoj proizvodnji, na osnovnu i startnu gnojidbu te prihranu, dok sklop i fenofaza povrća to omogućavaju uz dodatnu mogućnost folijarne prihrane
3. vrsta gnojiva u uporabi također je slična gnojivima u ratarstvu, ne koriste se posebna vodotopiva bezbalastna gnojiva
4. manja je opasnost od ispiranja hraniva zbog niže perkolicije i manje količine apliciranih gnojiva
5. izloženost povrća stresnim uvjetima je veća, niža je razina prinosa, ograničeni su načini i vrijeme aplikacije gnojiva te je preniska gnojidba značajno tehnološko, a previsoka gnojidba ekonomsko i ekološko ograničenje učinkovitosti proizvodnje.

1.1.2. Proizvodnja na otvorenim površinama s navodnjavanjem

Proizvodnje na otvorenim površinama s navodnjavanja međusobno mogu biti vrlo različite (navodnjvanje kanalima, kišenjem, sustavom "kap po kap"), ali imaju neke vrlo značajne zajedničke posebnosti:

1. navodnjavanje rezultira značajno višim ciljnim prinosima
2. aplikacija gnojiva proširena je na prihranu sustavima navodnjavanja i omogućena je i kada je ulazak mehanizacije u povrće onemogućen
3. značajna je razlika između sustava navodnjavanja kanalima, kišenjem ili irigacija "kap po kap" sustavom
4. koriste se i posebna vodotopiva bezbalastna gnojiva
5. veća je opasnost od ispiranja hraniva nakon neadekvatne gnojidbe zbog većeg navodnjavanja i veće količine apliciranih gnojiva

6. potreba za većim prinosom povećava ulaganja u gnojidbu, a optimalna gnojidba povećava ekonomsku učinkovitost gnojidbe.

1.1.3. Proizvodnja u zaštićenim prostorima

Proizvodnja u zaštićenim prostorima je najviša razina proizvodnje, kako po ulaganju, tako i po znanju i vještini proizvođača. Potrebno je vrhunsko planiranje i organizacija svih agrotehničkih zahvata, od pripreme samog objekta i tla do berbe. Posebnosti proizvodnje u plastenicima, visokim tunelima i staklenicama:

1. zaštićeni prostor omogućuje još više ciljne prinose, a ulaganje u proizvodnju isplativo je samo uz visoke prinose
2. sve vrste aplikacija gnojiva su moguće, a karakteristična je učestala prihrana
3. koriste se u najvećoj mjeri posebna vodotopiva bezbalastna gnojiva
4. veća opasnost od ispiranja hraniva nakon neadekvatne gnojidbe zbog većeg navodnjavanja, veće količine apliciranih gnojiva i većeg prinosa, te je primjerenija višestruka prihrana manjim količinama gnojiva
5. češća dinamika gnojidbe smanjuje gubitke i utječe na povećanje učinkovitosti apliciranih hraniva, posebice dušičnih
6. viša razina proizvodnje nameće obavezno kondicioniranje tla, tj. održavanje optimalne plodnosti tla
7. primjena biostimulatora.

Biostimulatori

Uzgoj presadnica se uglavnom odvija u idealnim uvjetima, što znači da su svi traženi parametri optimalni. Međutim, kod presađivanja presadnice na otvoreno polje ili u negrijane plastenike dolazi do privremenog stresa i zastoja rasta biljke. Da bi presadnica brže neutralizirala razloge stresa te nastavila nesmetan rast i razvoj, može se tretirati biostimulatorom. Biostimulatori nisu zamjena za gnojivo, već su to fiziološki aktivne tvari koje pomažu rast i razvoj biljaka (Parađiković i sur., 2011., 2013.). Komponente biostimulatora sinergijski djeluju na sustav tlo-korijen-biljka. Posebno je značajan izbor biostimulatora i vrijeme primjene. Biostimulatori koji sadrži huminske kiseline, aminokiseline, proteine, peptide, polisaharide i vitamske komplekse aktivno pomažu razvoju korijena presadnice te povećavaju otpornost korijena na zaslanjenost i aktivne tvari pesticida. Folijarni biostimulatori na bazi aminokiselina (prolin i triptofan) intenziviraju fotosintetsku aktivnost biljke i ubrzavaju prevladavanje usporenog rasta presadnica koji je uzrokovani stresnim uvjetima okoline (Vernieri i sur., 2002., Parađiković i sur., 2008.). Grupa biostimulatora koji sadrže glukozide (energetski faktori rasta) i aminokiseline (arginin i asparagin) stimuliraju razvoj korijena, tj. rizogenezu. Ova grupa biostimulatora ima poseban značaj jer se može primijeniti već od sjetve, prije presađivanja i nakon presađivanja (García i sur.,

2006.). Upotreba biostimulatora relativna je novina u suvremenom uzgoju presadnica povrća.

Održivi sustavi u proizvodnji povrća vode optimizaciji gnojidbe, pogotovo racionalizacijom upotrebe dušičnih i fosfornih gnojiva. Biostimulatori rezultiraju intenzivnjim usvajanjem i povećavaju učinkovitost hraniva dodanih gnojidbom.

Primjena biostimulatora može smanjiti stres nastao uslijed nepovoljnih temperatura, suše, mehaničkih i kemijskih oštećenja, virusnih infekcija te tako posredno povećati prinos (Maini, 2006.).

1.2. Plodnost tla i potrebe u gnojidbi

Plodnost tla je među najznačajnijim činiteljima optimalne gnojidbe. Tlo optimalne plodnosti ne mora imati dostačnu rezervu raspoloživih hraniva, ali mora imati fizikalna, kemijska i biološka svojstva koja uz minimalnu agrotehniku osiguravaju optimalnu dinamiku raspoloživosti svih esencijalnih hraniva i vode. Međutim, tla uglavnom imaju jedno ili nekoliko svojstava koji ga svojim intenzitetom čine manje plodnim i zahtijevaju posebne pristupe gnojidbi.

Neodgovarajuća pH reakcija

pH vrijednost tla mjeri se u suspenzijama tla u deioniziranoj vodi ($\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$), otopini 0,01 M CaCl_2 ($\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$) ili otopini 1 M KCl (pH_{KCl}). U Hrvatskoj se uglavnom analiziraju vrijednosti $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ i pH_{KCl} te se autori u prikazu optimalnih i ciljnih pH vrijednosti referiraju na aktualnu ili suspostitucijsku kiselost. Pri tome $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ nazivamo aktualna ili trenutna kiselost tla budući mjeri pH vrijednost vodene faze tla, a pH_{KCl} je izmjenjiva ili supstitucijska kiselost jer mjeri pH vrijednost nakon zamjene kationa s adsorpcionog kompleksa tla (koloidi sekundarnih minerala gline i humusnih tvari). Izmjenjiva je kiselost uvijek niže pH vrijednosti nego trenutna kiselost. Razlike između ove dvije vrijednosti u većini su tala od 0,4-1,5 pH jedinice. Što su kiselost i KIK tla veći, to očekujemo veću razliku. Vrijednost $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ je također suspostitucijska kiselost, ali je u pravilu uvijek između $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ i pH_{KCl} , otprilike 0,5-0,9 pH jedinice niže vrijednosti od $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$. U svijetu se za prikaz raspoloživosti hraniva u tlu, optimalnih pH vrijednosti za poljoprivredne kulture (Warncke i sur., 2004., Baumgarten, 2006.) i ciljnih pH vrijednosti kalcizacije najčešće koristi upravo $\text{pH}_{\text{CaCl}_2}$ jer je to najbliže kiselosti kojoj će biti izložen korijen biljke.

Neodgovarajuća pH reakcija (prekiselo ili prealkalno tlo) za izabranu vrstu povrća rezultira potrebom korekcije kiselosti tla (kalcizacija) ili uporabom rezidualno (fiziološki) kiselih mineralnih gnojiva (npr. amonijev sulfat ili amonijev klorid). pH reakcija tla utječe na raspoloživost hraniva, te pogodnost i učinkovitost gnojiva. U izrazito kise-

Iom tlu bit će nedovoljna raspoloživost Ca, Mg i Mo, uz određenu kemijsku fiksaciju fosfora. Uz prekomjernu vlažnost povećana je opasnost gubitka dušika denitrifikacijom, a ekstremna kiselost je toksična za biljke zbog slobodnih kiselih iona aluminija i mangana. Kalcizacija je vrlo jednostavno i vrlo isplativo rješenje.

U alkalnom tlu smanjena je raspoloživost Fe, Mn, Zn, Cu, B. Štetna fiksacija fosfora postoji i u alkalnim tlima u intenzitetu ovisnom o količinama izmjenjivog Ca. Na alkalnim tlima veći je rizik gubitaka dušika isparavanjem (volatizacijom) u obliku amonijaka.

Niska humoznost tla

Niska humoznost tla znači manji značaj mineralizacije, manju elastičnost tla i manju sorpcijsku sposobnost tla. Posljedica je veća opasnost od ispiranja i fiksacije hraniva, tj. manja efikasnost gnojiva uz neopravdanost uporabe većih doza mineralnih gnojiva. Na primjer, na slabo humoznim tlima nema organske tvari koja može na sebe vezati mineralnom gnojibom dodani vodotopivi fosfor (tzv. "HUMAT efekt") i tako ga sačuvati u biljci raspoloživom obliku. Naprotiv, veća će količina gnojibom dodanog skupog vodotopivog fosfora biti kemijski fiksirana i biljci nedostupna. Na takvim je tlima potrebna češća aplikacija manjih količina gnojiva. Na tlima niske humoznosti organska gnojidba i ostale mjere humizacije tala su gotovo neizostavne agrotehničke mjere.

Pjeskovita tla

Pjeskovita tla (teksturno lagana tla) imaju niski kationski izmjenjivački kapacitet (KIK) i malu sorpcijsku sposobnost. Stoga je na takvim tlima nemoguća gnojidba na zalihu, tj. teško je stvarati rezerve P i K u tlu jer su hraniva dodana gnojibom podložna ispiranju. Rješenja se ogledaju u povećanju udjela organske tvari organskom gnojibom, kondicioniranjem tala u pravcu većeg udjela čestica gline, ali i uporaba nižih doza mineralnih gnojiva tijekom vegetacije da bi se spriječilo ispiranje. Ipak, odgovarajućim sustavima proizvodnje (fertigacija) moguće je učestalim prihranama malim količinama vode i gnojiva vlažiti korijenovu zonu biljke, osigurati dostatnu količinu hraniva bez gubitaka uz veliku učinkovitost.

Teška glinovita tla

Teška glinovita tla imaju nepovoljni vodo-zračni režim, smanjena je pogodnost navodnjavanja, prevladavaju reduktički uvjeti uz potencijalnu denitrifikaciju. U tlu je moguće stvoriti zalihu P i K, ali postoji značajna opasnost fiksacije K sekundarnim mineralima gline tipa ilita i vermikulita. Na ovakvim je tlima neophodno prorahljivanje, izgradnja sustava odvodnje suvišne vode, uzgoj biljaka snažnog korijenovog sustava i česta organska gnojidba uključujući i zelenu gnojidbu i zaoravanje žetvene mase.

Niska raspoloživost fosfora

Niska raspoloživost fosfora značajan je limitirajući činitelj uzgoja povrća. U tlima niske raspoloživosti P neophodna je ili naglašena osnovna gnojidba fosforom ili gnojidba organskim gnojivima s povećanim udjelom fosfora (svinjski, pileći, kokošji stajski gnoj, organo-mineralni komposti s povećanim udjelom P) ili prihrane fosfornim gnojivima. Dodatni problem niske raspoloživosti fosfora može biti preniska (kisela tla) ili previšoka (alkalna tla) pH reakcija tla čija je posljedica fiksacija fosfora. Na takvim je tlima mineralna gnojidba fosforom male učinkovitosti te je neophodna korekcija kiselosti tla. Bez korekcije kiselosti pogodnija je aplikacija fosfornih gnojiva u trake, pogodnija je i višekratna prihrana manjim količinama fosfornih gnojiva, a najmanje su pogodne visoke doze mineralnog fosfora u osnovnoj gnojidbi jer su slabo učinkovite. Organska gnojidba "HUMAT efektom" smanjuje štetnu fiksaciju mineralnog fosfora u tlima.

Niska raspoloživost kalija

Niska raspoloživost kalija također je značajan limitirajući činitelj uzgoja povrća. U tlima niske raspoloživosti K neophodna je ili naglašena osnovna gnojidba kalijem ili gnojidba organskim gnojivima s povećanim udjelom kalija (gnojnica, konjski stajski gnoj, organo-mineralni komposti s povećanim udjelom K) ili prihrane kalijskim gnojivima. Niska raspoloživost kalija može biti posljedica fiksacija kalija selektivnim mineralima gline tipa ilita i vermikulita. Na takvim je tlima mineralna gnojidba kalijem manje učinkovita te je pogodnija višekratna prihrana manjim količinama kalijevih gnojiva, a najmanje su pogodne visoke doze mineralnog kalija u osnovnoj gnojidbi zbog fiksacije. Organska gnojidba povećava raspoloživost kalija u tlima. Uzrok niske raspoloživosti K može biti i antagonizam s Ca, posebice u karbonatnim tlima malog apsorpcijskog kompleksa, tj. kationskog izmjenjivačkog kapaciteta.

Nedostatna raspoloživost Ca i Mg

Nedostatna raspoloživost Ca i Mg realnost je prekiselih tala jer su navedeni kationi isprani s adsorpcijskog kompleksa tla. Povećana pristupačnost Ca i Mg praktično se u takvim tlima ne postiže gnojdbom tim elementima, već kalcizacijom.

Suvišak raspoloživog Ca i Mg

Suvišak raspoloživog Ca i Mg moguće je na karbonatnim tlima, ali može biti i posljedica neadekvatne (prekomjerne) kalcizacije. Posljedica je nedostatak K uslijed antagonizma, ali i nedostatak P uslijed kemijske fiksacije kalcijem, te smanjena raspoloživost većine mikroelemenata (Fe, Mn, Zn, Cu, B). Negativan učinak štetne fiksacije fosfora i antagonizma Ca/K može se neutralizirati uporabom rezidualno kiselih mineralnih gnojiva (NH_4Cl , $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, K_2SO_4), uzgojem leguminoza te organskom gnojdbom. Kisela

gnojiva i organska gnojidba povećavaju i pristupačnost navedenih mikroelemenata. Njihova se raspoloživost također može vrlo učinkovito povećati folijarnom gnojidbom mikrognajivima, ali i gnojidbom vodotopivim kompleksnim gnojivima obogaćenim mikroelementima.

Nedostatak mikroelemenata

Nedostatak mikroelemenata gotovo je uvijek posljedica prevelike kiselosti tla (nedostatak Mo) ili prekomjerne alkalnosti tla (nedostatak Fe, Mn, Zn, Cu, B). Optimalno je rješenje održavanje optimalne pH reakcije tla u području slabo kisele reakcije kada je zadovoljavajuća raspoloživost svih mikroelemenata. Ipak, pojedine vrste povrća imaju povećane potrebe ili su osjetljivije na nedostatak pojedinog mikrolementa. Ako su svojstva tla razlog nedostatne raspoloživosti mikroelementa, gnojidba aplikacijom u tlo neće značajno pomoći bez prethodne korekcije limitirajućeg svojstva tla (npr. kiselost tla). U takvima uvjetima vrlo je jednostavno rješenje folijarna aplikacija mikroelementa u vodotopivom obliku jer biljka mikroelemente treba u vrlo malim količinama.

1.3. Postupak izračuna potrebne gnojidbe

Postupak izračuna optimalne gnojidbe provodi se u 10-12 koraka, ovisno o kiselosti tla i reakciji povrća na organsku gnojidbu:

1. određivanje ciljnog prinosa
2. izračun potrebne količine hraniva za ciljni prinos
3. izračun količine hraniva (N , P_2O_5 i K_2O) preostale od predkulture
4. izračun optimalne potrebe N u gnojidbi
5. izračun optimalne potrebe fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O) u gnojidbi
6. (izračun organske gnojidbe)
7. (izračun potrebne kalcizacije)
8. optimalna distribucija N s obzirom na dinamiku gnojidbe
9. optimalna distribucija P_2O_5 i K_2O s obzirom na dinamiku gnojidbe
10. utvrđivanje potrebe i plan aplikacije mikrognajiva
11. izbor optimalnog oblika hraniva i izračun količina optimalnih gnojiva (pojedinačnih i složenih) u osnovnoj gnojidbi i prihranama
12. izračun predviđene bilance hraniva.

1.3.1. Određivanje ciljnog prinosa

Određivanje ciljnog prinosa ovisi o genetskom potencijalu izabranog kultivara i o sustavu uzgoja povrća. Neophodno je realno određivanje ciljnog prinosa na temelju plodnosti tla i iskustva u određenim proizvodnim uvjetima.

Nakon izračuna optimalnih količina hraniva i potrebnih količina gnojiva, moguća je korekcija postavljenog ciljnog prinosa ako plodnost tla nije na neophodnoj razini koja omogućuje postizanje ciljnog prinosa (npr. trebalo bi aplicirati veliku količinu fosfornih ili kalijskih gnojiva, a tlo je prekiselo ili prelagane teksture te bi aplikacija navedenih gnojiva bila niske učinkovitosti).

1.3.2. Izračun potrebne količine hraniva

Izračun potrebne količine hraniva odnosi se na ukupnu količinu NPK koju je potrebno osigurati da bi ciljni prinos bio ostvaren i održana plodnost tla.

Ukupna količina hraniva nije samo količina NPK koja će poljoprivrednim dijelom prinositi odnesena s proizvodnih površina, već ukupna količina NPK koja će biti iznesena iz tla određenim prinosom i pripadajućom masom preostalog biološkog prinosu.

Kod različitih vrsta povrća omjeri odnošenja i iznošenja vrlo su različiti, tako je npr. odnošenje NPK gotovo istovjetno iznošenju u proizvodnji peršina ili luka, mala je razlika između iznošenja i odnošenja u proizvodnji lisnatog povrća (salata, špinat), nešto je veća kod kupusnjaka (kelj, kupus, cvjetača), a najveća je kod plodovitog povrća (paprika, rajčica, krastavac, bundeva, tikva, lubenica).

1.3.3. Izračun količine hraniva (N, P i K) preostale iza predkulture

Nakon berbe ili žetve povrća značajne količine nadzemne mase biljke ostaju na proizvodnim površinama. Potrebno je znati kolike su preostale količine N, P_2O_5 i K_2O . Količine P_2O_5 i K_2O većim dijelom neće biti ponovo raspoložive već za sljedeću kulturu, pogotovo ako će biti kratka vegetacija. Međutim, podatak je vrlo značajan zbog izračuna bilance hraniva i planiranja gnojidbe za iduću godinu. Također, potrebno je voditi računa o bilanci prethodno dodanog P_2O_5 i K_2O jer možda nisu izneseni berbom kako je planirano (na primjer uslijed nižeg prinosu).

Količina rezidualnog dušika u tlu nakon skidanja predusjeva izuzetno je značajna jer može činiti i više od 50 % ukupnih potreba. Raspoloživim dušikom svakako treba smatrati mineralni dušik (N_{min}) koji je zaostao u tlu, bilo kao posljedica mineralizacije, bilo kao posljedica prethodne mineralne gnojidbe koju skinuti usjev nije iskoristio (npr. zbog manjeg prinosu ili prekomjerne ili prekasne gnojidbe). Također, raspoloživim smatramo i N u ostatku nadzemne mase koja će biti razložena tijekom vegetacije idućeg usjeva.

1.3.4. Izračun optimalne potrebe N u gnojidbi

Optimalna gnojidba dušikom izračunava se na temelju ukupne potrebe (fiziološke potrebe ili iznošenja) za planirani prinos, utvrđene količine N_{min} u tlu, procjene mineralizacije i raspoloživog N iz organskog gnojiva:



$$\text{Gnojidba N} = \text{Fiziološka potreba} - N_{\min} - N_{\text{mineralizacija}} - N_{\text{organsko gnojivo}} \\ \pm \text{Korekcija}$$

Međutim, izračun pojedinih komponenti ove jednostavne jednadžbe malo je složeniji.

Na primjer, planirani prinos kupusa od 60 t/ha iznijet će iz tla 180 do 210 kg/ha N (60 t/ha \times 3 do 3,5 kg/t N = 180 do 210 kg/ha N), ali je fiziološka potreba veća jer je za pripadajuće listove, stablje i korijenov sustav također potrebna određena količina N. Količine N u pripadajućim listovima i stabljici mogu biti različite u različitim proizvodnim uvjetima, na primjer 40-75 kg/ha (Lončarić i sur., 1999.) ili 100-120 kg/ha (Lešić i sur., 2002.).

Također, N_{\min} analizom utvrđeno je u tlu na primjer 30 kg/ha N. Pri tome je značajno na kojoj je dubini analizirano tlo i analizira li se prije osnovne gnojidbe, prije proljetne gnojidbe ili prije prihrane. Također je značajno koji je udio amonijskog i nitratnog dušika ($\text{NH}_4\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$) u utvrđenim količinama N_{\min} . Za utvrđivanje gnojidbe kupusa uobičajeno je analizirati N_{\min} u tlu na dubini do 60 cm (0-30 i 30-60 cm), najčešće prije proljetne gnojidbe i/ili prije prihrane. Rezultat jesenske N_{\min} analize koristimo kako je prikazano u jednadžbi, a proljetne N_{\min} analize koristimo za korekciju (ili potvrdu) planirane gnojidbe jer rezultat proljetne N_{\min} analize uključuje i mineralni N dodan prethodno provedenom osnovnom (i predsjetvenom) gnojdbom.

Procjena godišnje mineralizacije je, na primjer, u tlu s 3 % humusa oko 67 kg/ha (Lončarić i Karalić, 2015.), ali vegetacija kupusa može biti znatno kraća (npr. samo 2 mjeseca kod najranijih kultivara kupusa) pa je tako učinkovitost mineralizacije za taj kultivar kupusa znatno manja. Stoga nikako ne možemo računati na svih 67 kg/ha, već samo na razmjerni dio ovisno o trajanju vegetacije kupusa, očekivanoj vlažnosti tla i temperaturama.

Također, procjena godišnje mineralizacije N iz organske gnojidbe je 10-25 kg/ha na svakih 10 t/ha organskog gnojiva s 0,5 % N (npr. goveđeg stajskog gnojiva) jer u godini nakon aplikacije očekujemo mineralizaciju 50 % N (25 kg/ha), a u trećoj godini samo 20 % (10 kg/ha). Tako će za gnojidbu 20 t/ha raspon po godinama biti 20-50 kg/ha, za gnojidbu 30 t/ha 30-75 kg/ha itd. Primjena organskog gnojiva s većom ili manjom koncentracijom N razmjerno povećava ili smanjuje očekivane količine mineraliziranog N, a na dinamiku mineralizacije utječe i teksturna klasa tla jer će ona biti usporena u hladnim, vlažnim i težim tlima, a ubrzana u toplijim i lakšim tlima. Naravno, u primjeru kultivara kraće vegetacije možemo računati samo na razmjerni udio N mineraliziranog iz organskog gnojiva.

Konačno, korekcija nerijetko postoji zbog posebnosti proizvodnih uvjeta, npr. predusjeva (leguminoze ili ne; predusjev sa značajnim ili vrlo malim količinama žetvenih ostataka; gnojidba, planirani i ostvareni prinos predusjeva), mogućnosti navodnjavanja, načina obrade tla i drugih razloga.

Prema navedenom primjeru, nakon ujesen zaoranih 30 t/ha stajskog gnojiva, potrebu gnojidbe N možemo izračunati:

$$\text{Gnojidba N} = 245 (180+65) - 30 - 25 - 30 = 160 \text{ kg/ha N}$$

Slični su primjeri izračuna gnojidbe kupusa u Nizozemskoj i Belgiji:

- primjer izračuna gnojidbe kupusa u Nizozemskoj:

$$\text{potreba N (kg/ha)} = 220 \text{ kg} - 1,7 \times N_{\min} (0-60)$$

- primjer izračuna gnojidbe kupusa u Belgiji:

$$\text{potreba N (kg/ha)} = 290 \text{ kg} - 1,5 \times N_{\text{index}}$$

N_{index} (N_{\min} do 60 cm, humus, organski gnoj, glina, struktura)

1.3.5. Izračun optimalne potrebe fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O) u gnojidbi

Optimalna gnojidba fosforom i kalijem računa se na temelju klase opskrbljenosti tla fosforom i kalijem (Lončarić i Karalić, 2015.). Osnovni je princip obogaćivanja siromašnih tala (klase A i B), očuvanja raspoloživosti hraniva u tlima dobre opskrbljenosti (klase C i D) i izostavljanje gnojidbe fosforom i/ili kalijem u tlima jako visoke opskrbljenosti (klasa E) uz postupno smanjivanje raspoloživosti hraniva u takvim tlima.

Potrebnu količinu fosfora i kalija u gnojidbi možemo računati na dva vrlo slična načina, koristeći tablične faktore korekcije (Lončarić i Karalić, 2015.) ili kontinuirane funkcije korekcije.

$$\text{Gnojidba} = \text{Ukupno odnošenje} \times \text{Faktor}_{\text{korekcije}} - \text{Hranivo}_{\text{organisko gnojivo}}$$

Ukupno odnošenje nije ukupna fiziološka potreba nekog hraniva, već količina hraniva koju ćemo s proizvodnih površina odnijeti prinosom (glavicama kupusa). Pri tome nećemo računati količinu fosfora i kalija koji će biti potrebni za ostatak biljke (ostatak listova, stabljika, korijen) jer će ostati na proizvodnoj površini i nakon razgradnje ponovo biti u raspoloživim oblicima. Posljedično, količine fosfora i kalija u ostacima biljne mase koji se zaoravaju ne utječu na bilancu fosfora i kalija te ih niti ne moramo računati pri izračunu potrebne gnojidbe.

Faktor korekcije ovisi o klasi opskrbljenoosti tla i iznosi 0-1,5 za P_2O_5 i 0-1,75 za K_2O (Lončarić i Karalić, 2015.). Pri tome su najmanje vrijednosti (0) za tlo jako visoke opskrbljenoosti (klasa E) i znače da gnojidba fosforom i/ili kalijem u toj vegetaciji uopće nije potrebna. Najveće su vrijednosti (1,5 ili 1,75) za jako siromašna tla (klasa opskrbljenoosti A) i znače da će se tlo obogatiti za 50 % više fosfora ili 75 % više kalija nego što će biti odneseno planiranim prinosom. Nedostatak je tabličnih faktora korekcije to što preporuke mogu biti identične za tla s različitim vrijednostima AL-raspoloživog hraniva unutar iste klase opskrbljenoosti tla. No, budući da je cilj održavati ili postići određenu razinu raspoloživosti fosfora i kalija postupnim višegodišnjim gnojidbama sukladnim plodnosti tla i potrebama usjeva, navedena moguća odstupanja u izračunu gnojidbe su vrlo mala i zanemariva. Takav pristup omogućuje kontinuirano obogaćivanje siromašnih tala jer će u tlo biti uneseno više hraniva nego što će biti odneseno prinosom. S druge strane, u tlima s razinom raspoloživih hraniva iznad dobre opskrbljenoosti postupno, polako i kontrolirano će se smanjivati količina raspoloživih hraniva.

Na primjer, tlo s 8 mg/100 g P_2O_5 je siromašno tlo (klasa B), a s 25 mg je visoko opskrbljeno (klasa D):

$$\text{Gnojidba } P_2O_5 \text{ (klasa B)} = \text{Odnošenje} \times 1,5 - \text{Hranivo}_{\text{organisko gnojivo}}$$

$$\text{Gnojidba } P_2O_5 \text{ (klasa D)} = \text{Odnošenje} \times 0,5 - \text{Hranivo}_{\text{organisko gnojivo}}$$

Kontinuirane funkcije korekcije rezultiraju drukčijom preporukom za svaku, pa i najmanju, promjenu ulaznih vrijednosti, tj. AL-raspoloživog fosfora ili kalija. Na primjer, kontinuirana funkcija korekcije za fosfor za tla čiji je pH < 6:

$$\begin{aligned} \text{Gnojidba (8 mg)} &= \text{Odnošenje} \times (175-4,5 \times 8)/100 - \text{Hranivo}_{\text{org. gnojivo}} \\ &= \text{Odnošenje} \times 1,39 - \text{Hranivo}_{\text{org. gnojivo}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gnojidba (25 mg)} &= \text{Odnošenje} \times (175-4,5 \times 25)/100 - \text{Hranivo}_{\text{org. gnojivo}} \\ &= \text{Odnošenje} \times 0,625 - \text{Hranivo}_{\text{org. gnojivo}} \end{aligned}$$

Procjenu godišnje količine P_2O_5 i K_2O mineralizacijom organskog gnojiva računamo jednako kao i količine N. Dakle, 10 t/ha organskog gnojiva s 0,2 % P_2O_5 (npr. goveđe stajsko gnojivo) rezultirat će s 10 kg/ha P_2O_5 u prvoj, a u trećoj godini samo 4 kg/ha. Tako će za 20 t/ha raspon po godinama biti 8-20 kg/ha, za 30 t/ha 12-30 kg/ha itd.

Vidljivo je da izračun optimalne gnojidbe ne ovisi samo o planiranom prinosu, posebnostima kultivara, agrotehnici predusjeva, već prije svega o plodnosti tla.

1.3.6. Izračun organske gnojidbe

Preporuka organske gnojidbe izračunava se na temelju:

1. reakcija izabrane vrste povrća na organska gnojiva
2. plodnost tla (potreba za obogaćivanjem tla organskom tvari, deficit P, fiksacija P, fiksacija K, deficit mikroelemenata)
3. kvaliteta organskog gnojiva
4. raspoloživost organskog gnojiva.

Izračun organske gnojidbe je uvjetni korak koji ne trebamo ako izabrana vrsta povrća nije tolerantna na direktnu organsku gnojidbu. Međutim, organska je gnojidba u proizvodnji povrća uvijek korisna i gotovo neophodna, bilo direktno za planirano povrće ili za predusjev za koji smo prethodno proveli organsku gnojidbu.

Grupe povrća s obzirom na reakciju na organsku gnojidbu:

1. *vrlo pozitivna reakcija na organsku gnojidbu:* kupus, kelj, cvjetača, korabica, kelj pupčar, brokula, rajčica, paprika, patlidžan, krumpir, dinja, lubenica, krasavac, tikvica, bundeva, poriluk, češnjak, kukuruz šećerac
2. *negativna reakcija na organsku gnojidbu:* rotkva, rotkvica, salata, endivija, špinat, luk, mrkva, peršin, pastrnjak.

S obzirom na plodnost tla, izabrat ćemo vrstu organskog gnojiva. Na primjer, ako je izražen nedostatak fosfora, najpogodnija organska gnojiva bit će peradska gnojiva (košošije, pureće, pileće, brojlersko) i separat svinjske gnojovke zbog povećanog udjela fosfora u odnosu na kalij. Na tlima izrazitog nedostatka kalija pogodnija je uporaba svinjske i goveđe gnojnica te konjskog stajskog gnojiva. Naravno, sva organska gnojiva moraju biti zrela i stabilna.

1.3.7. Izračun potrebne kalcizacije

Potreba kalcizacije također je uvjetni korak jer se izračunava samo za tla čija je pH reakcija preniska, a granicom prevelike kiselosti u uzgoju povrća možemo smatrati kiselost tla ispod 5,0-5,5. Potrebna kalcizacija izračunava se s ciljem postizanja optimalne pH reakcije tla, gornjom granicom smatramo pH 6,8-7,0, za neke vrste povrća 7,5. Donja granica ovisi o tolerantnosti vrste povrća na kiselost tla.

Grupe povrća s obzirom na tolerantnost na kiselost tla:

1. *slabo tolerantne vrste* (minimalan pH na mineralnim tlima 6,0): brokula, kuper, cvjetača, celer, kineski kupus, salata, luk, špinat
2. *umjereno tolerantne vrste* (minimalan pH 5,5): grah, kelj pupčar, mrkva, krvavac, patliđan, češnjak, korabica, pastrnjak, grašak, paprika, bundeva, radič, kukuruz šećerac, rajčica
3. *vrlo tolerantne vrste* (minimalan pH 5,0): krumpir, slatki krumpir, lubenica.

Na tzv. organskim tlima s većim udjelom organske tvari sve vrste povrća toleriraju nešto niže pH vrijednosti. Razlog je manja prisutnost toksičnih Al^{3+} kationa nego na mineralnim tlima s malim udjelom organske tvari.

1.3.8. Optimalna distribucija N s obzirom na dinamiku gnojidbe

Optimalna distribucija N ovisi o:

1. vrsti povrća (intenzitet rasta, potrebna količina N, dužina vegetacije)
2. potrebnim količinama N u gnojidbi
3. sustavu uzgoja povrća (raspoloživi načini aplikacije, prije svega prihrane, te raspoloživa gnojiva)
4. plodnosti tla (ispiranje, denitrifikacija, volatizacija dijela dodanog N).

Distribucija gnojidbe N kod svih je vrsta povrća vrlo značajna, često i presudna za visinu i kvalitetu prinosa. Dušik se za većinu povrća dodaje jednim dijelom predsjetvenom gnojidbom, a drugim dijelom prihranama. Broj prihrana može biti različit, od jedne (npr. špinat) do tri (npr. peršin listaš) ili čak do 10-ak (npr. plastenički uzgoj paprike uz fertigaciju sustavom "kap po kap"). Treba biti pažljiv jer je moguća nepotrebna prekomjerna gnojida ili prekasna gnojida. Na primjer, pri gnojidbi špinata, blitve, endivije nikako ne treba prihranu provesti prekasno jer će rezultirati prekomjernom akumualcijom nitrata u listu. Prekomjerna gnojida uglavnom rezultira luksuznom ishranom dušikom i slabijom kvalitetom povrća ili čak padom prinosa. Međutim, može imati samo nepovoljan ekonomski učinak. Na primjer, gnojida graška ili graha većim količinama mineralnog N smanjit će nitrofiksaciju jer je u tlu dovoljno mineralnog N. Te gnojidbenе količine iznad optimuma ne moraju imati negativan učinak na prinos, ali bismo isti prinos ostvarili i manjom gnojidbom jer bi fiksacija N simbiotskim bakterijama bila intenzivnija. To znači da je za postizanje istog prinosu trošak gnojidbe mogao biti niži.

1.3.9. Optimalna distribucija P i K s obzirom na dinamiku gnojidbe

Mineralna gnojiva za većinu vrsta povrća unose se u tlo u proljeće, prije sjetve/prešađivanja ili čak zajedno sa sjetvom. Za pojedine vrste povrća dio ukupno potrebne količine fosfora i kalija unosi se u tlo jesenskom osnovnom obradom, a ostatak predsjetvenom gnojidbom.

Kod povrća s dugom vegetacijom i produženim plodonošenjem uz fertigacijske sustave "kap po kap" dio fosfora (najčešće do 30 % ukupnih potreba) i dio kalija (do 50 % ukupnih potreba) primjenjuje se prihranama.

Dio fosfora i kalija može se dodati i folijarnom aplikacijom vodotopivih kompleksnih gnojiva.

1.3.10. Utvrđivanje potrebe i plan aplikacije mikrognojiva

U tlima nepovoljnih pH reakcija česti su nedostatci mikroelemenata. U kiselim tlima očekujemo nedostatak raspoloživog Mo, a u alkalnim Fe, Mn, Zn, Cu i B. Povrće ostvarenim biološkim prirodom iz tla iznese mikroelemente u količinama nekoliko desetina (Mo) ili stotina grama po hektaru, a iznošenje Fe može biti i 1-2 kg/ha. Zbog toga je i količina mikroelemenata koja se dodaje gnojidbom relativno mala, ponekad manje od 1 kg/ha (Mo, B), najčešće u količinama 1-2 kg/ha, a pri izraženim nedostatcima do 10 kg/ha. Tako malu količinu teško je i zahtjevno ravnomjerno raspodijeliti po tlu ili u tlo te se mikrognojiva češće primjenjuju zajedno sa složenim gnojivima ili folijarno.

Također, treba imati na umu da se vrste povrća značajno razlikuju po osjetljivosti ili potrebama prema mikroelementima.

Možemo izdvojiti rajčicu koja je osjetljivija na nedostatak Fe, Zn, Cu i B, zatim grašak (Fe, Mn, B, Mo), cvjetaču i brokul (Fe, B, Mo) te ciklu (B, Mo). Salata i luk su osjetljivi na nedostatak Mo, krumpir na nedostatak Mn, a celer na nedostatak B.

1.3.11. Izbor optimalnog oblika hraniva i izračun količina gnojiva

Nakon izračuna količina i izbora optimalne distribucije pojedinih hraniva, preostaje izbor optimalnih oblika hraniva i formulacija gnojiva. Izbor optimalnog oblika hraniva znači izbor između amidnog, amonijskog ili nitratnog oblika N; vodotopivog, citrotopivog ili teže topivog oblika fosfata; kloridnog ili sulfatnog oblika kalijeve soli; vodotopivog ili sporodjelujućeg oblika mikrohraniva.

Amidni oblik dušika primjenjuje se u jesenskim aplikacijama dušika zbog postupnog prevođenja prvo u amonijski, a potom u nitratni oblik. Također, urea se koristi kod pojedinog povrća (npr. krumpir) u folijarnoj prihrani, ali samo u uvjetima dobre razvijenosti lisne mase i dovoljnog intenziteta fotosinteze. Nitratni oblik dušika djeluje odmah, najbrže od sva tri oblika te se koristi u prihranama u obliku norveške salitre (CaNO_3) ili u amonijsko-nitratnim gnojivima (KAN i AN).

Fosfor se u vodotopivom oblicima koristi u slabo kiselim, neutralnim i slabo alkalnim tlima, a u citrotopivim oblicima u kiselijim tlima. Vodotopivi fosfor (superfosfat, tripleks, MAP, amofos oblik NPK gnojiva) ne treba koristiti na izrazito kiselim tlima s malo humusa jer će Fe i Al kemijski fiksirati veći dio dodanog fosfora. Na izrazito kise-

lim tlima treba koristiti sirove fosfate, Tomasovo brašno i termo fosfate da se iskoristi kiselost tla koja će otopiti teže topive oblike fosfora. Gnojiva s citrotopivim oblicima fosfora (taložnik i nitrofos oblici NPK gnojiva) ne treba koristiti na neutralnim i alkalnim tlima jer su slabije i sporije učinkovitosti od vodotopivih oblika.

Kalij je u svim gnojivima vodotopiv, ali dolazi u obliku sulfata ili klorida. Sulfate možemo koristiti za sve vrste povrća, ali su skuplji pa se većinom koriste kloridi. To, međutim, nije pogodno za vrste povrća osjetljive na kloridni anion (rajčica, krumpir, patlidžan, luk, krastavac) pa je u gnojidbi potrebno koristiti sulfatne oblike kalijevih soli.

Također, oblik dušičnih gnojiva treba birati prema pH reakciji tla. Na kiselim tlima treba preferirati KAN, norvešku i čilsku salitru, UAN, a na karbonatnim i drugim alkalnim tlima AN, amonijev sulfat, amonijev klorid, amonijev sulfo-nitrat. Na plodnim su tlima svi oblici N gnojiva pogodni.

Izbor kompleksnog gnojiva ovisi o omjeru hraniva, ali i o obliku dušične i topivosti fosfatne komponente. Prema ta dva svojstva kompleksna gnojiva mogu biti AMOFOSI i NITROFOSI.

Gnojiva iz grupe amofosa sadrže dušik isključivo u amonijskom obliku (nema nitratnog dušika), sav fosfat je u vodotopivom obliku te se koriste za osnovnu i predsjetvenu gnojidbu na slabo alkalnim, neutralnim i slabo kiselim tlima. Za osnovnu gnojidbu pogodne su formulacije 5-20-30, 5-15-30, 6-18-36, 7-20-30, 8-26-26 i 10-30-20, dok je za predsjetvenu gnojidbu pogodna formulacija 15-15-15.

Gnojiva iz grupe nitrofosa (sinonim je amonitrofos) karakterizira prisutnost dušika u oba oblika, amonijskom i nitratnom, te su pogodnija za predsjetvenu nego za osnovnu gnojidbu. Također, koriste se i u prihrani. Za predsjetvenu i startnu gnojidbu pogodne su formulacije 7-14-21, 8-16-24, 13-13-21, 13-10-12, a za prihranu formulacije 15-15-15, 18-9-9 i 20-10-10. Zbog manje topivosti fosfora koji je citrotopiv, nitrofos su pogodnija gnojiva za kisela tla, a manje pogodna za neutralna i alkalna tla.

Kompleksno dvojno (PK) ili trojno (NPK) gnojivo treba birati i prema formulaciji, tj. omjeru fosfora i kalija tako da budu sukladne ili približne omjeru utvrđene potrebe fosfora i kalija u gnojidbi. Za tla s povećanom potrebom fosfora koristimo 10-30-20, 0-30-20, 12-52-0 (MAP) te pojedinačna fosfatna gnojiva (tripleks, superfosfat). Za tla s povećanom potrebom kalija koristimo 5-15-30, 5-20-30, 6-18-36, 7-20-30, 0-20-30 ili pojedinačna kalijeva gnojiva.

1.3.12. Izračun predviđene bilance hraniva

Predviđenu bilancu hraniva (količina hraniva planiranom gnojidbom dodanih u tlo – količina hraniva planiranim prinosom odnesenih iz tla) neophodno je izračunati radi višegodišnjeg planiranja gnojidbe. Nakon izračuna potrebne gnojidbe za predstoje-

ču vegetaciju, planiranu bilancu hraniva moramo uklopiti u višegodišnji plan bilance gnojidbe s ciljem održavanja plodnosti tla, ali i u okvire ekonomski održive gnojidbe. U slučaju potrebnih i mogućih smanjivanja troškova, gnojidbu možemo racionalizirati smanjenjem količina gnojiva ili smanjenjem broja prohoda na plodnim površinama. Naime, u jednoj vegetaciji možemo propustiti gnojidbu fosforom i/ili kalijem na plodnim površinama na kojima je utvrđena mala potreba gnojidbe s P_2O_5 (do 25 kg/ha) i/ili K_2O (do 50 kg/ha). Ostaje obaveza nadoknade ovih hraniva u sljedećoj vegetaciji zbog poštivanja višegodišnje bilance gnojidbe.

Također, u sličnim uvjetima možemo racionalizirati gnojidbu tako da, na primjer, umjesto potrebne aplikacije 200 kg/ha tripleksa (90 kg/ha P_2O_5) i 350 kg/ha kalijevog klorida (210 kg/ha K_2O) apliciramo 450 kg/ha složenog gnojiva 0-20-30 (90 kg/ha P_2O_5 i 135 kg/ha K_2O). Tako ćemo fosfor i kalij aplicirati jednim prohodom s 450 kg/ha gnojiva umjesto s dva prohoda. Međutim, ostaje nam obaveza u idućoj vegetaciji gnojiti s još 75 kg/ha K_2O koje smo ovom promjenom izostavili u gnojidbi (210-135 kg/ha K_2O).

1.4. Gnojidba krstašica ili kupusnjača (*Brassicaceae*)

Najznačajnije vrste povrća iz porodice krstašica su:

- rod *Brassica*: kupus, kelj, cvjetača, brokula, korabica, kelj pupčar, raštika
- rod *Raphanus*: rotkva i rotkvica.

Prinosi kupusnjača kreću se od 10-ak t/ha prinosa kelja pupčara ili cvjetače do 70-ak ili čak 90 t/ha kupusa. Stoga će i vrste iz ove porodice ukupnim prinosima iznositi različite količine hraniva (tablica 1).

Tablica 1. Iznošenje hraniva (kg/ha) ukupnim prinosima kupusnjača

Vrsta	prinos (t/ha)	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
kupus	30-90	120-280	65-135	210-450	20-75	5-35
kelj	25-50	120-200	60-100	180-300	15-45	5-25
cvjetača	20-35	175-200	60-80	210-300	38-115	10-35
brokula	12-32	116-410	40-95	209-470	25-39	20-26
korabica	20-30	120-140	45-60	180-210	18-85	20-30
kelj pupčar	10-12	150	50	190	25	65
rotkva	40-50	100-120	40-60	120-220	40-50	20-25
rotkvica	15-30	75-104	20-36	80-142	43-69	10-37

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Lončarić i sur. (1999.), Lončarić i sur. (2003.), MP RH (2013.), Müller (2000.), Parađiković (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Međutim, za potrebe izračuna optimalne gnojidbe, korisniji su podatci o prosječnom iznošenju hraniva po jedinici ostvarenog prinosa (u kg/t).

Tablica 2. Iznošenje hraniva u kg/t prinosa kupusnjača

Vrsta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
kupus	3,5	1,5	5,0		0,7
kelj	2,8-7,0	0,8-3,4	3,3-8,0	2,8-3,0	0,7
cvjetača	8,5	2,6	8,0		0,8
korabica	5,0	1,5	6,0	0,6	
kelj pupčar	15,0	5,0	19,0	2,5	
rotkva	2,5	1,0	5,0		0,5
rotkvica	2,5	0,8	4,5		0,3

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Lončarić i sur. (1999.), Lončarić i sur. (2003.), Müller (2000.), Parađiković (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

U pogledu zahtjeva prema raspoloživim mikroelementima postoje određene posebnosti kupusnjača. Tako najzahtjevnijom možemo smatrati cvjetaču koja je vrlo osjetljiva na nedostatak raspoloživih oblika Mo, B i Fe. Slične je osjetljivosti i brokula, iako nešto tolerantnija na blaže oblike nedostatka B i Fe. Koraba je također povećane osjetljivosti na nedostatak B i Fe.

Optimalna pH vrijednost za uzgoj kupusnjača kreće se od 5,8 do 7,2, ali je za većinu kupusnjača optimum 6-6,5. Također, u pogledu optimalne pH reakcije vrlo je značajna humoznost tla, tj. udio organske tvari. Na humoznijim tlima prihvatljive su nešto niže pH vrijednosti jer je niža razina aluminija (Warncke i sur., 2004.), a tima i manja toksičnost kiselosti tla.

1.4.1. Gnojidba kupusa (*Brassica oleracea L. var capitata*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalna pH reakcija tla za uzgoj kupusa je 6-6,5 (Lešić i sur., 2002.), ali i širi raspon 5,8-7,0 (Parađiković, 2009.) na tlima srednje i visoke plodnosti neće limitirati raspoloživost i usvajanje hraniva pa time niti prinos kupusa.

Organska gnojidba

Primjerena organska gnojidbu zrelim i stabilnim organskim gnojivom odgovarajuće vrste u skladu s potrebama utvrđenim na temelju analiza tla, **pozitivno** utječe na visinu prinosa i kvalitetu kupusa, te je poželjna organo-mineralna gnojidba.



Potreba i iznošenje hraniva

Kupus svojim prinosom iznosi velike količine primarnih hraniva (N, P i K). Količine ovise o visini prinosa, kultivaru, trajanju vegetacije i raspoloživosti hraniva. Iznošenja hraniva kupusom ostvarenim prinosima 30-90 t/ha su u rasponima 120-280 kg/ha N, 65-135 kg/ha P₂O₅, 210-450 kg/ha K₂O (tablica 1).

Potreban prosječan omjer raspoloživosti N-P-K tijekom vegetacije kupusa je 1:0,5:1,5 (ponekad do 1:0,5:1,75).

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne organo-mineralne gnojidbe kupusa uključuje određene omjere hraniva u osnovnoj gnojidbi, predsjetvenoj gnojidbi i prihrani. Omjeri ovise o plodnosti tla, tj. količini mineralnog dušika (N_{min}) u tlu, humoznosti, pH reakciji, klasi raspoloživosti P i K i teksturnoj klasi tla, ali i o planiranom datumu sadnje kultivara.

1. Jesensko-zimskom (ili manje pogodnom ranoproljetnom) aplikacijom organskog gnojiva snabdjevamo kupus s oko $\frac{1}{4}$ N, $\frac{1}{6}$ P₂O₅ i $\frac{1}{4}$ K₂O.
2. Osnovnom gnojidbom složenim N-P-K ili pojedinačnim gnojivima dodajemo $\frac{1}{2}$ do $\frac{2}{3}$ potrebnog P₂O₅ i K₂O. Nije neophodno dodavati N, posebice ako je utvrđen povećani sadržaj N_{min} u tlu, ali se može dodati do $\frac{1}{4}$ ukupnih potreba, najbolje u amidnom obliku (urea) ili amonijskom obliku ako se za gnojidbu

fosforom koristi MAP. Nitratnim oblikom dušika nikako ne gnojiti u osnovnoj gnojidbi.

3. Predsjetvenom gnojidbom dodati ostatak potrebnog P_2O_5 i K_2O ($\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$) te $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ potrebnog N.
4. Ostatak potrebnog N ($\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ ukupne potrebe) dodati prihranama u obliku KAN-a (kisela i neutralna tla) ili AN-a (karbonatna tla) prvi puta nakon ukorjenjivanja biljaka, a drugi puta prije zamotavanja glavica.

Optimalna gnojidba

Optimalna količina i omjer hraniva u gnojidbi kupusa ovisi o opskrbljenosti tla mineralnim oblicima N, potencijalnoj mineralizaciji i o opskrbljenosti raspoloživim fosforem i kalijem.

Primjeri prosječnih razlika u gnojidbama kupusa na tlima različite plodnosti:

1. siromašna tla:	175-225:100-150:300-400	kg/ha N: P_2O_5 : K_2O
2. tla srednje plodnosti:	150-200:50-100:200-300	kg/ha N: P_2O_5 : K_2O
3. tla visoke plodnosti:	125-175: 0-50:0-200	kg/ha N: P_2O_5 : K_2O

1.4.2. Gnojidba kelja (*Brassica oleracea L. var sabauda*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalna pH reakcija tla za uzgoj kelja je 6-6,5.

Organska gnojidba

Primjerena organska gnojidba, slično gnojidbi kupusa, **pozitivno** utječe na visinu pristupa i kvalitetu kelja, te je poželjna organo-mineralna gnojidba.

Potreba i iznošenje hraniva

Iznošenja hraniva keljom ostvarenim prinosima 25-50 t/ha su 120-200 kg/ha N, 60-100 kg/ha P_2O_5 , 180-300 kg/ha K_2O (tablica 1). Potreban prosječan omjer raspoloživosti N-P-K tijekom vegetacije kelja je 1-0,5-1,5.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne organo-mineralne gnojidbe kelja vrlo je slična gnojidbi kupusa, uključujući jesensko-zimsku organsku gnojidbu, osnovnu gnojidbu s $\frac{1}{2}$ do $\frac{1}{3}$ potrebnog P_2O_5 i K_2O , predsjetvenu gnojidbu s ostatak potrebnog P_2O_5 i K_2O ($\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$) i $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ potrebnog N te prihranu s ostatak potrebnog N ($\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ ukupne potrebe). Prihranama se N dodaje u više navrata, može i tri puta uz kultivacije, a zadnja je prihrana prije konačnog zatvaranja redova.

Optimalna gnojidba

Izračun optimalne gnojidbe kelja također se temelji na opskrbljenoosti tla mineralnim oblicima N, potencijalnoj mineralizaciji i o opskrbljenoosti raspoloživim fosforom i kalcijem, planiranom prinosu, posebnostima kultivara i agrotehnici predusjeva. Plodnost tla uvjetuje i značajne razlike u prosječnim gnojidbama na tlima različite plodnosti:

- | | | |
|---------------------------|-------------------------|---|
| 1. siromašna tla: | 170-200:100-150:250-300 | kg/ha N:P ₂ O ₅ :K ₂ O |
| 2. tla srednje plodnosti: | 150-170:50-100:200-250 | kg/ha N:P ₂ O ₅ :K ₂ O |
| 3. tla visoke plodnosti: | 125-150: 0-50:0-200 | kg/ha N:P ₂ O ₅ :K ₂ O |

1.4.3. Gnojidba cvjetače (*Brassica oleracea L. var botrytis L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Cvjetača za uzgoj zahtijeva tlo neutralne do slabo kisele reakcije, pH 6-7.

Organska gnojidba

Organska gnojidba vrlo **pozitivno** utječe na visinu prinosova i kvalitetu, čak su korisne veće doze organskih gnojiva nego u uzgoju kupusa i kelja.

Potreba i iznošenje hraniva

Iznošenja hraniva cvjetačom ostvarenim prinosima 20-35 t/ha su 175-200 kg/ha N, 60-80 kg/ha P₂O₅, 210-300 kg/ha K₂O (tablica 1). Pri slaboj ishranjenosti cvjetače dušikom slab je vegetativni rast, a cvat je malen i rahli (Lešić i sur., 2002.). Stoga je potreban prosječan omjer raspoloživosti N-P-K tijekom vegetacije cvjetače s malo naglašenijim udjelom N i kreće se od 1-0,3-1,2 do 1-0,5-1,5.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe cvjetače vrlo je slična osnovnoj i predsjetvenoj gnojidbi kupusa i kelja. Prihrana se N dodaje u više navrata, prvom prihranom 15-25 dana nakon sadnje, a drugom prihranom nakon sljedećih 20-30 dana. Dinamika prihrana ovisi o brzini ukorjenjivanja i vegetativnog porasta te o raspoloživosti vode i očekivanoj dinamici mineralizacije. Kod uzgoja kasnijih kultivara može se provesti i treća prihrana.

Optimalna gnojidba

Plodnost tla rezultira prosječnim razlikama u gnojidbi, na primjer:

- | | | |
|---------------------------|------------------------|---|
| 1. siromašna tla: | 170-210:90-120:250-300 | kg/ha N:P ₂ O ₅ :K ₂ O |
| 2. tla srednje plodnosti: | 150-170:45-90:150-250 | kg/ha N:P ₂ O ₅ :K ₂ O |
| 3. tla visoke plodnosti: | 125-150: 0-45:0-150 | kg/ha N:P ₂ O ₅ :K ₂ O |

Optimalnu gnojidbu neophodno je izračunati prema planiranom prinosu (primjereno kultivaru, plodnosti tla i raspoloživosti vode), prosječnom iznošenju hraniva po jedinci prinosa i prema plodnosti tla.

Cvjetača je vrlo osjetljiva na nedostatak mikroelemenata B, Mo i Fe. Posebice je naglašena osjetljivost na nedostatak Mo na kiselim tlima, a B i Fe na alkalnim tlima. Navedeni mikroelementi neće povećavati prinos cvjetače, ali će njihov nedostatak smanjiti kvalitetu cvatu (kod izraženog deficita može izostati stvaranje cvata) i konačno smanjiti prinos. Stoga je koristan dodatak Mo, bilo prskanjem presadnica 0,1 %-tnom otopinom natrijevog ili amonijevog molibdata, bilo folijarnom prihranom nakon sadnje (posebice na kiselim tlima bogatim željezom). S druge strane, na laganim pjeskovitim i kalciziranim tlima s visokom pH reakcijom i uslijed suše javlja se nedostatak B. Cvjetača godišnje prinosom iznosi oko 500 g/ha B te je najpogodnije dodati 0,5-1,0 kg/ha B folijarnom otopinom (koncentracija 0,5-1,0 %).

1.4.4. Gnojidba brokule (*Brassica oleracea L. var italicica Plenck.*)

Optimalna pH reakcija tla i organska gnojidba

Brokula, kao i cvjetača, za uzgoj zahtijeva tlo neutralne do slabo kisele reakcije, pH 6-7, a organska gnojidba **pozitivno** utječe na prinos brokule.

Potreba i iznošenje hraniva

Iznošenja hraniva brokulom ostvarenim prinosima 12-20 t/ha su 115-200 kg/ha N, 40-80 kg/ha P₂O₅, 210-300 kg/ha K₂O.

Optimalna gnojidba

Optimalnu gnojidbu brokule treba izračunati po prethodno opisanim principima, ali uz naglašenu pozornost na razlike kultivara prema trajanju vegetacije i na veliku količinu hraniva koja zaostaje nakon berbe brokule, ali je neophodna za stvaranje prinosu. Tako, ovisno o kultivaru, na tlima srednje plodnosti optimalna gnojidba brokule može biti u rasponu 120-200 kg/ha N, količine P₂O₅ su 40-50, a K₂O 150-200 kg/ha. Budući da se dušik dodaje u više navrata, prihranama čak i do 3 tjedan prije početka berbe (Lešić i sur., 2002.), moguće je korigirati planiranu gnojidbu smanjenjem količine gnojiva u pojedinim prihranama u slučajevima intenzivne mineralizacije i dobre ishranjenosti biljke. U suprotnom, u uvjetima koji rezultiraju slabijim vegetativnim porastom brokule uslijed nedovoljne ishranjenosti dušikom, uputno je čak i povećati broj prihrana.

Brokula je kao i cvjetača vrlo osjetljiva na nedostatak Fe, B (alkalna tla) i Mo (kisela tla) te je korisna opisana folijarna aplikacija tih hraniva i optimizacija pH reakcije tla.

1.4.5. Gnojidba korabice (*Brassica oleracea L. var gongylodes*)

Optimalna pH reakcija tla i organska gnojidba

Optimalan pH za uzgoj korabice je 5,8-6,5, ali i širi raspon do 7,2 može biti pogodan za većinu kultivara. Korabica, kao i ostale vrste iz roda *Brassica*, **pozitivno** reagira na organsku gnojidbu.

Potreba i iznošenje hraniva

Korabica prinosima 20-30 t/ha iznosi 120-140 kg/ha N, 45-60 kg/ha P₂O₅, 180-210 kg/ha K₂O (tablica 1). Potreban omjer raspoloživosti N-P-K tijekom vegetacije korabice sličan je potrebama ostalih kupusnjača i iznosi 1:0,5 (0,4):1,5.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe korabice slijedi prikazani obrazac gnojidbe kupusnjača uz uobičajene dvije prihrane dušikom.

Optimalna gnojidba

Optimalnu gnojidbu treba uskladiti s vegetacijom kultivara prvenstveno u pogledu visine prinosa i trajanja vegetacije te svakako s razinom raspoloživih hraniva u tlu. Prosječna gnojidba na tlima srednje plodnosti je 100-175:75-85:160-190 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.5. Gnojidba pomoćnica (*Solanaceae*)

Najznačajnije vrste iz porodice pomoćnica su:
rajčica, paprika, patlidžan i krumpir.

Rajčica, paprika i patlidžan uzgajaju se radi proizvodnje i konzumiranja plodova, a krumpir radi proizvodnje gomolja te se međusobno razlikuju u pogledu iznošenja i fizioloških potreba hraniva (tablica 3).

Tablica 3. Iznošenje hraniva (kg/ha) ukupnim prinosima pomoćnica

Vrsta	prinos (t/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
rajčica	40-300	100-600	20-200	150-1000	30-50	20-30
paprika	20-80	70-400	15-120	90-525	22-160	20-50
patlidžan	40-90	190-350	50-120	200-420	50-237	30-55
krumpir	25-100	100-450	25-65	120-550	10-90	10-30

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Lončarić i sur. (1999.), MP RH (2013.), Müller (2000.), Paradičović, (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Za potrebe izračuna optimalne gnojidbe koristimo prosječno iznošenje hraniva (u kg/t) po jedinici ostvarenog prinosa pomoćnica (tablica 4).

Tablica 4. Iznošenje hraniva u kg/t prinosa pomoćnica

Vrsta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
rajčica	2,8	0,7-0,8	3,8-4,0	1,1-2,2	0,7
paprika	2,5-4,0	0,8-1,1	4,5-5,0	1,0-2,7	0,7-0,8
patlidžan	2,7	0,7	3,7	2,1-4,0	1,1-1,7
krumpir	5,0	2,0	10,0	3,0	1,0

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Lončarić i sur. (1999.), Müller (2000.), Parađiković (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Organska gnojidba vrlo povoljno utječe na visinu i kvalitetu prinosa navedenih pomoćnica, na dinamiku raspoloživosti hraniva te su optimalni modeli organo-minerale gnojidbe.

Specifična je i vrlo mala tolerantnost, tj. osjetljivost rajčice, patlidžana i krumpira na kloridni anion (Cl⁻), te je kalij potrebno dodavati u obliku sulfata, kompleksnih (NPK (SO₄)₂ 5-20-30 (26), NPK(MgO, SO₄)₂ 7-14-21 (2,18)) ili pojedinačnih gnojiva (kalijev sulfat, kalijev-magnezijev sulfat, kiserit s kalijevim sulfatom, langbeinit, šeinit). Zbog veće cijene sulfatnih u odnosu na kloridne soli kalija, još je veći značaj organske gnojidbe kojom se u tlo dodaju velike količine kalija i tako smanjuju troškovi.

U pogledu osjetljivosti na nedostatak mikroelemenata naglašena je senzitivnost rajčice na nedostatak Fe, Zn, Cu i B te krumpira na nedostatak Mn.

1.5.1. Gnojidba rajčice (*Lycopersicon esculentum* Mill.), paprike (*Capsicum annuum* L.) i patlidžana (*Solanum melongena* L.)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalnu pH reakciju za rajčicu Lešić i sur. (2002.) navode prilično široko 5,5-7,9 dok Parađiković (2009.) navodi nešto uži raspon 6,0-7,0. Pojedini autori američkog kontinenta navode da je optimalan pH 6,0 na mineralnim tlima, a 5,6 na vrlo humoznim tlima.

Optimalan pH za papriku je 6,5 na mineralnim i 5,5 na organski tlima prema Warncke i sur. (2004.) ili 6-6,8 prema Parađiković (2009.).

Patlidžanu je optimalna pH reakcija 6,0 prema Warncke i sur. (2004.) dok Lešić i sur. (2002.) navode da su najprikladnija tla neutralne reakcije jer patlidžan nije osjetljiv na blago zaslanjena tla.

Organska gnojidba

Organska gnojidba vrlo **pozitivno** utječe na visinu prinosa i kvalitetu rajčice, paprike i patlidžana. Pozitivan učinak je višestruk, počevši od optimizacije strukture tla, intenziviranja mineralizacije (tzv. "HUMAT efekt") pa do unosa značajnih količina raspoloživih primarnih i sekundarnih hraniva. Zbog osjetljivosti rajčice i, u manjoj mjeri, patlidžana i paprike na nedostatak mikroelemenata, značajna je mobilizacija mikroelemenata iz organskih gnojiva. Posebna je korist organskih gnojiva unošenje kalija jer zamjenjuje skuplje mineralne oblike kalijevih sulfata.

Potreba i iznošenje hraniva

Iznošenje hraniva prinosima rajčice, paprike i patlidžana je vrlo različito, a raspon je širok i zbog velikih razlika u prinosima i potrebama hraniva u uzgoju na otvorenim površinama i uzgoju u zaštićenim prostorima. Također je vrlo značajan sustav navodnjavanja jer irrigacija sustavom "kap po kap" omogućuje višestruke prihrane manjim količinama gnojiva, što povećava učinkovitost dodanih hraniva.

Uzgojem na otvorenom rajčica ostvaruje prinosе od 20-70 t/ha (ponekad i 80), ovisno o izboru kultivara, sustavu navodnjavanja i plodnosti tla. Tim prinosima iznosi 100-225 kg/ha N, 20-60 kg/ha P₂O₅ i 90-300 kg/ha K₂O.

Paprika ostvaruje nešto niže prinosе (20-40, ponekad do 50 t/ha) i pri tome iznosi 70-180 kg/ha N, 15-45 kg/ha P₂O₅ i 90-180 kg/ha K₂O.

Uzgoj u zaštićenim prostorima rezultira značajno većim prinosima, čak do 80 t/ha (ponekad i 100) paprike, 90 t/ha (ponekad također 100) patlidžana i do 300 t/ha rajčice. Posljedično su i iznošenja hraniva vrlo velika i dostižu 350:120:420 kg/ha N:P₂O₅:K₂O prinosom patlidžana, 400:120:525 kg/ha paprikom i 600:200:1000 kg/ha rajčicom.

Navedena iznošenja hraniva upućuju da je optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije patlidžana i paprike vrlo sličan (1:0,25-0,35:1,2-1,3, tj. 1:0,25-0,35:1,2-1,4), a nešto je širi kod rajčice (1:0,25-0,35:1,5-2). Međutim, ovaj se odnos znatno mijenja tijekom vegetacije jer je vrlo intenzivna potreba i usvajanje fosfora nakon presađivanja tijekom ukorjenjivanja, a zatim ponovno tijekom cvatnje.

Velike potrebe za N plodovito povrće ima posebice tijekom intenzivnog vegetativnog rasta kad je omjer potrebe N najširi prema ostalim elementima, a najveće potrebe za kalijem, tj. najširi odnos K prema potrebama N i P su tijekom plodonošenja. Tijekom plodonošenja izuzetno je značajno biljci osigurati kontinuiranu snabdjevenost dostačnim količinama Ca. Naime, primjenom luksuznih i prekomjernih količina N u uzgoju rajčice dolazi do opadanja cvjetova, truljenja plodova, a biljke postaju osjetljivije na bolesti (Parađiković i sur., 2010.). Usljed manjka kalcija smanjen je rast vrhova izda-

naka i korijena te ograničen rast plodova, što se manifestira jasnim simptomima vršne truleži (blossom-end rot = BER) i lokalnim propadanjem plodova (Parađiković i sur., 2010., 2011.) rajčice (slika 1) i paprike (slika 2).

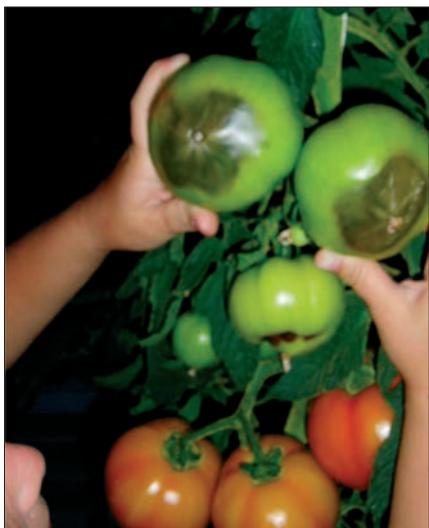


Foto: Parađiković, N.



Foto: Parađiković, N.

Slika 1. Lokalno propadanje plodova rajčice (blossom-end rot = BER)

Slika 2. Lokalno propadanje plodova paprike (blossom-end rot = BER)

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe u uvjetima suhog uzgoja bez navodnjavanja podrazumijeva:

1. jesensko-zimska (ili ranoproljetna) aplikacija organskog gnojiva kojom dodajemo oko $\frac{1}{4}$ N, $\frac{1}{5}$ P₂O₅ i $\frac{1}{4}$ K₂O
2. osnovnom gnojidbom dodajemo $\frac{1}{2}$ do $\frac{2}{3}$ potrebnog P₂O₅ i K₂O i maksimalno $\frac{1}{4}$ ukupnih potreba N.
3. predsjetvenom gnojidbom dodajemo ostatak potrebnog P₂O₅ i K₂O ($\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$ te $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ potrebnog N)
4. ostatak potrebnog N ($\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ ukupne potrebe) dodati prihranama.

Navodnjavanje sustavima "kap po kap" omogućuje fertirigaciju kojom se hranivo dovodi u zonu korijena svake biljke što omogućuje aplikaciju vodotopivih hraniva koja je dinamikom prilagođena potrebnim količinama dušika, fosfora i kalija u fazama ukorjenjivanja, intenzivnog vegetativnog porasta, cvjetanja i plodonošenja. Ipak, pogodno je unijeti određenu količinu fosfora i kalija na dubinu do 30 cm u kojoj se nalazi najveći dio korijenovog sustava. Dušik se učinkovito može dodati fertirigacijskim prihranama,

za što se ostavlja manji dio fosfora (20-40 % ukupnih potreba) i nešto veći dio kalija (40-60 % ukupnih potreba).

Optimalna gnojidba

Optimalnu gnojidbu kod ovih je vrsta teže prikazati konkretnim vrijednostima zato što visina ciljnog prinosa u većoj mjeri određuje potrebnu gnojidbu nego razlika plodnosti tla kod nižeprinosnih načina uzgoja. Naravno, realna je pretpostavka da će se visokoprinosne i visokoproduktivne proizvodnje odvijati na plodnim, a ne na siromašnim tlima koji bi značajno limitirali prinose. Ipak, moguće je prikazati nekoliko primjera gnojidbe.

Primjeri gnojidbe paprike (Parađiković, 2009.):

Siromašno tlo: 180:120:180 kg/ha N:P₂O₅:K₂O

- osnovna gnojidba i pred sadnju: 600 kg/ha 5-20-30 i 150 kg/ha ureje
- prihrane: 2 × 150 kg/ha KAN-a + 3-5 folijarno CaNO₃ (konc. 2 %)

Tlo osrednje plodnosti: 125:100:150 kg/ha N:P₂O₅:K₂O

- osnovna gnojidba i pred sadnju: 500 kg/ha 5-20-30 i 100 kg/ha ureje
- prihrane: 2 × 100 kg/ha KAN-a + 3-5 folijarno CaNO₃ (konc. 2 %)

Tlo visoke plodnosti: 120:80:120 kg/ha N:P₂O₅:K₂O

- osnovna gnojidba i pred sadnju: 400 kg/ha 5-20-30 i 100 kg/ha ureje
- prihrane: 2 × 100 kg/ha KAN-a + 3-5 folijarno CaNO₃ (konc. 2 %)

Primjer visoke gnojidbe patlidžana u zaštićenom prostoru (Lešić i sur., 2002.):

Ukupna gnojidba 400:120:400 kg/ha N:P₂O₅:K₂O

Distribucija:

N: ¼ do ½ prije sadnje, a ostalo u 3-4 prihrane tijekom zametanja plodova

P₂O₅: u pripremi tla prije sadnje

K₂O: ¼ do ½ prije sadnje, a ostalo u 3-4 prihrane tijekom zametanja plodova.

Primjer gnojidbe paprike u zaštićenom prostoru:

(za prinos 65 t/ha, tlo visoko opskrbljeno s P₂O₅ osrednje opskrbljeno s K₂O):

Ukupna gnojidba 200:20:300 kg/ha N:P₂O₅:K₂O

Distribucija:

- osnovna i predsjetvena gnojidba (ukupno): 190 kg/ha ureje
350 kg/ha KCl
- 2prihrane do plodonošenja (ukupno): 300 kg/ha Ca-nitrata
- 8 prihrana tijekom plodonošenja (ukupno): 370 kg/ha Ca- nitrata
260 kg/ha 6-12-36

Primjer gnojidbe paprike na otvorenom uz fertigacijski sustav “kap po kap”:

(za prinos 35 t/ha, tlo siromašno s P_2O_5 i s K_2O):

Ukupna gnojidba 165:145:375 kg/ha N: P_2O_5 : K_2O

Distribucija:

- osnovna i predsjetvena gnojidba (ukupno):	450 kg/ha 7-20-30
	75 kg/ha ureje
	190 kg/ha KCl
- 2 prihrane do plodonošenja (ukupno):	220 kg/ha Ca-nitrata
	45 kg/ha 13-40-13
- 6 prihrana tijekom plodonošenja (ukupno):	250 kg/ha Ca- nitrata
	330 kg/ha 6-12-36

1.5.2. Gnojidba krumpira (*Solanum tuberosum L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Prema većini autora optimalna pH reakcija za uzgoj krumpira je slabo kisela reakcija i pH 5,5-6,5. Najniže pH vrijednosti, opet za vrlo humozna (organska) tla, navode Warncke i sur. (2004.).

Organska gnojidba

Organska gnojidba vrlo **pozitivno** utječe na visinu prinosa i kvalitetu krumpira. Posebna je korist organskih gnojiva unošenje kalija jer zamjenjuje skuplje mineralne oblike kalijevih sulfata jer je krumpir osjetljiv na kloridne oblike kalijevih gnojiva.

Potreba i iznošenje hraniva

Iznošenja hraniva prinosima krumpira 25-30 t/ha je 100-150 kg/ha N, 25-60 kg/ha P_2O_5 i 200-350 kg/ha K_2O .

Prema objavljenim podatcima optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije krumpira je 1:1(0,5):2, iako se prinosom iznose manje količine fosfora nego dušika.

Dinamika gnojidbe

Krumpir je usjev kojemu pogoduje organska gnojidba, te je vrlo česta organo-mineralna gnojidba sa sljedećom dinamikom:

1. jesensko-zimska ili ranoproljetna aplikacija organskog gnojiva
2. osnovna i predsjetvena gnojidba kompleksnim gnojivom s oko $\frac{1}{3}$ N, ukupna potreba P umanjena za unos organskim gnojivom ($\frac{3}{5}$ - $\frac{3}{4}$) i preostala potreba K (%)
3. ostatak potrebnog N ($\frac{1}{3}$) dodaje se predsjetveno ili prihranom u obliku KAN-a.

Mineralna gnojidba krumpira bez aplikacije organskog gnojiva može također osigurati visoki prinos:

1. Osnovna i predsjetvena gnojidba kompleksnim gnojivom dodaje $\frac{1}{3}$ N, ukupnu potrebu P i K.
2. Dio potrebnog N ($\frac{1}{3}$) dodaje se u obliku KAN-a predsjetveno.
3. Ostatak potrebnog N ($\frac{1}{3}$) dodaje se urejom (oko 100 kg/ha) prihranom širom i/ili folijarno 5%-tnom otopinom, ali ne kasnije od II. faze razvoja. Prihrana krumpira ne provodi se često, te je češće dodavanje preostale količine dušika predsjetveno.

Optimalna gnojidba

Optimalna gnojidba krumpira ovisi o opskrbljenosti tla fosforom i kalijem, a u uvjetima srednje opskrbljenosti tla fosforom i kalijem prosječna je gnojidba 120-150 : 100-150 : 200-300 kg/ha.

Lešić i sur. (2002.) navode primjer gnojidbe krumpira za prinos 35-45 t/ha na lakšim tlima slabo kisele reakcije i srednje opskrbljenosti hranivima ukupnim količinama hrana 155-160 kg/ha N, 150-170 kg/ha P_2O_5 i 255 kg/ha K_2O . Parađiković (2009.) za prinos 30 t/ha navodi ukupnu gnojidbu 25 t/ha stajskog gnojiva te mineralnu gnojidbu 60-80 kg/ha N, 60-100 kg/ha P_2O_5 i 120-160 kg/ha K_2O .

1.6. Gnojidba glavočika (Asteraceae)

Najznačajnije vrste povrća iz porodice glavočika su:
salata, endivija i radič.

Salata, endivija i radič se uzgajaju kao lisnato povrće i u relativno kratkoj vegetaciji iz tla iznose značajne količine hrana (tablica 5).

Tablica 5. Iznošenje hrana (kg/ha) ukupnim prinosima glavočika

vrsta	prinos (t/ha)	N	P_2O_5	K_2O	CaO	MgO
salata	18-40	68-120	21-40	130-160	29-35	8-16
endivija	30-40	120-150	40-50	150-250	54-60	18-30
radič lisnati	35-40	140-160	50	180-210	18	30-60
radič glavati	16-20	120	30-40	130-140	20	20-40

Izvori: Ćustić (1996.), Lešić i sur. (2002.), Müller (2000.), MP RH (2013.), Parađiković, (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Za potrebe točnog izračuna optimalne gnojidbe, koristimo prosječno iznošenje hrana (u kg/t) po jedinici ostvarenog prinosa glavočika (tablica 6).

Tablica 6. Iznošenje hraniva u kg/t prinosa glavočika

vrsta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
salata	2,0	0,8-1,0	4,7-5,0	1,3	0,5
endivija	3,6	1,2	6,1	1,5	0,5

Izvori: Ćustić (1996.), Lešić i sur. (2002.), Parađiković (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

U uzgoju salate i endivije nije povoljno provesti direktnu gnojidbu tla organskim gnojivima jer ne reagiraju pozitivno, ali je pogodno obogaćivanje tla organskom gnojidbom predusjeva (paprika, rajčica, krastavac).

U pogledu osjetljivosti na nedostatak mikroelemenata, salata je nešto osjetljivija na nedostatak Mo.

1.6.1. Gnojidba salate (*Lactuca sativa L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za salatu su 6-7 jer je salata vrlo osjetljiva na povećanu koncentraciju soli (Parađiković, 2009.), a posebice na klor (Lešić i sur., 2002.).

Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za salatu navode 6,5 na mineralnim tlama i 5,5 na vrlo humoznim organskim tlama.

Organska gnojidba

Salati **ne odgovara** neposredna gnojidba nedovoljno zrelim organskim gnojem i najprihvativija je organska gnojidba predusjeva (rajčica, krastavac, paprika). Vrlo oprezan treba biti ako se ipak odluči na jesensku gnojidbu mineralnih tala zrelim i stabilnim stajskim gnojem ili kompostom.

Potreba i iznošenje hraniva

Salata je povrće vrlo kratke vegetacije i relativno uskog i plitkog korijenovog sustava (do 30 cm) te je neophodna dosta tina količina pristupačnih hraniva u relativno kratkom vremenu u sloju tla do dubine 25 ili 30 cm.

Salata prinosom od 20-40 t/ha iznosi 75-120 kg/ha N, 25-40 kg/ha P₂O₅ i 130-160 kg/ha K₂O. Optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije salate je 1:0,35-0,5:1,45-1,75. Pri uzgoju salate posebnu pozornost treba posvetiti mineralnom N u tlu i ostacima K koji su preostali od predusjeva, što može znatno smanjiti potrebnu gnojidbu.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe salate (Lešić i sur., 2002.):

1. aplikacija ukupno potrebne količine P i K kombinacijom osnovne i predsjetvene gnojidbe, $\frac{1}{3}$ N unijeti prije sadnje
2. drugu količinu N, također $\frac{1}{3}$, dodati prihranom 3 tjedna nakon sadnje
3. preostalu potrebu N ($\frac{1}{3}$) dodati drugom prihranom 2-3 tjedna prije berbe kada je najveća potrošnja dušika. Druga prihrana može biti provedena folijarnom aplikacijom 3%-tne otopine AN-a ili ureje.

Optimalna gnojidba

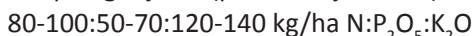
Omjer i količina hraniva u gnojidbi salate ovisi o opskrbljenosti tla fosforom i kalijem, a u uvjetima srednje opskrbljenosti tla fosforom i kalijem prosječna je gnojidba 80-120:50-75:125-150 kg/ha.

Primjeri gnojidbe salate za prinos 30 t/ha (Parađiković, 2009.):

Primjer 1. Ukupna gnojidba:



Primjer 2. Ukupna gnojidba (pred sadnju salate):



Primjer 3. Gnojidba i prihrana salate sustavom "kap po kap":



1.6.2. Gnojidba endivije (*Cichorium endivia L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za endiviju su 6,5-7,5 (Parađiković, 2009.) jer je manje osjetljiva na zaslanjenost nego salata (Lešić i sur., 2002.).

Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za endiviju navode 6,0 na mineralnim tlima i 5,3 na vrlo humoznim organskim tlima.

Organska gnojidba

Endiviji **ne odgovara** neposredna gnojidba nedovoljno zrelim organskim gnojem i najčešća je praksa organska gnojidba predusjeva (rajčica, krastavac, paprika), ali se gnojidbeni učinak organskog gnojiva uračunava i za vegetaciju endivije.

Potreba i iznošenje hraniva

Endivija prinosom 30-40 t/ha iznosi 120-150 kg/ha N, 40-50 kg/ha P_2O_5 i 150-250 kg/ha K_2O . Optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije salate je 1:0,35:1,25-1,75.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe endivije vrlo je slična gnojidbi salate te također treba "pomiriti" dva pomalo kontradiktorna aspekta. Naime, veća je potreba N u kasnjim fazama vegetacije kada endivija ima intenzivan vegetativan porast, ali ne smije biti prevelika raspoloživost zbog opasnosti prekomjernog nagomilavanja nitrata.

Optimalna gnojidba

Omjer i količina fosfora i kalija u gnojidbi endivije ovisi o opskrbljenosti tla fosforom i kalijem, a gnojidba N ovisi o količini rezidualnog N u tlu. Optimalna je gnojidba dušikom do 150 kg/ha.

1.7. Gnojidba lukova (*Alliaceae*)

Najznačajnije vrste povrća iz porodice lukova su:

luk, češnjak i poriluk.

Lukovi se uzgajaju zbog lukovice ili stabla s listovima. Rasponi iznošenja hraniva različitim prinosima luka, češnjaka i poriluka prikazani su tablici 7.

Tablica 7. Iznošenje hraniva (kg/ha) ukupnim prinosima lukova

vrsta	prinos (t/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
luk	30-50	116-190	44-80	115-200	35-75	16-30
češnjak	4-10	75-140	30-90	100-150	45	5-15
poriluk	40-50	150-200	60-65	180-193	86	17-30

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Müller (2000.), MP RH (2013.), Parađiković, (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Za potrebe točnog izračuna optimalne gnojidbe koristimo prosječno iznošenje hraniwa (u kg/t) po jedinici ostvarenog prinosa lukova (tablica 8).

Tablica 8. Iznošenje hraniva u kg/t prinosa lukova

vrsta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
luk	2,5-2,8	1,0-1,2	3,2-7,0	1,0	0,6
češnjak	1,0-4,0	1,2-4,0	1,0-3,0		0,5
poriluk	2,0-3,5	1,0-1,2	3,2-3,5	1,5	0,4

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Parađiković (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Uvjeteno rečeno, luk je najosjetljiviji unutar porodice lukova, kako zbog povećane osjetljivosti na kloridni anion, tako i zbog osjetljivosti na nedostatak Mo. Također, luk je osjetljiv na organsku gnojidbu koja mu ne pogoduje, a češnjak i poriluk pozitivno reagiraju na gnojidbu organskim gnojivima.

1.7.1. Gnojidba luka (*Allium cepa L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za luk su 6-7 jer luk nije tolerantan na kisela tla (Parađić ković, 2009.).

Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za luk navode 6,5 na mineralnim tlama i 5,3 na vrlo humoznim organskim tlama. Lešić i sur. (2002.) navode da luk na organogenim tlama podnosi i pH 4,0 te da je vrlo osjetljiv na zaslanjena tla.

Organska gnojidba

Luk je **osjetljiv** na neposrednu organsku gnojidbu, te se prakticira plodosmjena u kojoj luk slijedi usjev prije kojega je provedena organska gnojidba. Iznimno, luk se može gnojiti jesenskim zaoravanjem zrelog i stabilnog komposta.

Potreba i iznošenje hraniva

Luk prinosom od 30-50 t/ha iznosi 115-190 kg/ha N, 45-80 kg/ha P₂O₅ i 115-200 kg/ha K₂O. Optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije luka je 1:0,4-0,8:1,0-1,25. Pri uzgoju luka posebnu pozornost treba posvetiti količini gnojiva u pojedinim aplikacijama jer je luk povrće plitkog korjenovog sustava (do 30 cm) s vrlo malom aktivnom površinom (nema korjenove dlačice). Uz sve to, vrlo je osjetljiv na zaslanjenost i direktnu organsku gnojidbu te je neophodno uzgajati luk na plodnim tlama u kojima nije potrebno dodavati velike količine vodotopivih gnojiva.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe luka podrazumijeva gnojidbu u više navrata kako koncentracija hraniva u otopini tla ne bi bila previšoka. Uobičajena je mineralna gnojidba luka, bez direktnе upotrebe organskih gnojiva:

1. Osnovnom i predsjetvenom gnojidbom kompleksnim gnojivima dodaje se do $\frac{1}{2}$ N te ukupna potreba P i K ($\frac{1}{2}$ - $\frac{3}{5}$ u osnovnoj obradi i $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$ predsjetveno). Dvokratna aplikacija PK gnojiva osigurava ravnomjernije raspoređivanje PK po pličem sloju tla, što je vrlo važno zbor korijena luka koji je slabo razvijen.
2. Dio N može se dodati startno (do 20 % ukupne potrebe, tj. maksimalno 30 kg/ha N) u obliku tekućeg amonij-sulfata ispod zone sjetve, što omogućuje bolju topivost i iskorištavanje fosfatnih gnojiva i brz rast mladih biljaka.

3. Ostatak potrebnog N (30-40 %, tj. do 60 kg/ha) dodaje se u prihranama u obliku KAN-a u fazi 3. lista kada su biljke visine 10-15 cm.

Optimalna gnojidba

Omjer i količina hraniva u gnojidbi luka ovise o opskrbljenoosti tla raspoloživim fosforom i kalijem, a u uvjetima srednje opskrbljenoosti tla prosječna je gnojidba 120-150:100-150:140-180 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.7.2. Gnojidba češnjaka (*Allium sativum L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za češnjak navode 6,5 na mineralnim tlima i 5,3 na vrlo humoznim organskim tlima. Lešić i sur. (2002.) navode da su za češnjak optimalna tla blago kisele ili neutralne reakcije te da je češnjak osjetljiv na zaslanjena tla.

Organska gnojidba

Češnjak **nije osjetljiv** na neposrednu organsku gnojidbu, a osjetljiv je na povećane koncentracije vodotopivih hraniva (zaslanjenost) i ima velike potrebe prema S, te je jesensko zaoravanje zrelog i stabilnog organskog gnojiva vrlo korisno, posebice na mineralnim slabohumoznim i siromašnim tlima.

Potreba i iznošenje hraniva

Češnjak prinosom od 10 t/ha iznosi 100-140 kg/ha N, 30-50 kg/ha P₂O₅ i 100-125 kg/ha K₂O. Optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije češnjaka je 1:0,4:1. Pri uzgoju češnjaka pozornost treba posvetiti korištenju kalijevih gnojiva u sulfatnom obliku jer češnjak prinosom 10 t/ha iznosi i 50 kg/ha S.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe češnjaka podrazumijeva gnojidbu u više navrata kako koncentracija hraniva u otopini tla ne bi bila previšoka. Organo-mineralna gnojidba češnjaka je korisna, ali treba pažljivo upravljati količinama N kako ne bi prouzročile prekomjernu produkciju netržne mase češnjaka.

1. Osnovnom i predsjetvenom gnojidbom kompleksnim gnojivima dodaje se do $\frac{1}{3}$ N (40-60 kg/ha) te ukupna potreba P₂O₅ (80-120 kg/ha) i K₂O (120-160 kg/ha).
2. Dio N dodaje se startno (do 30 % ukupne potrebe, tj. maksimalno 40 kg/ha N).
3. Ostatak potrebnog N (20-30 %, tj. do 40 kg/ha) dodaje se prihranom u obliku KAN-a u fazi 3. lista (Parađiković, 2009.). Korektivna prihrana N moguća je i

početkom glavičenja ako biljka nije dovoljno snabdjevena dušikom, ali ne bi trebala biti prevelika količina raspoloživog N jer pospješuje sekundarno građanje i proizvodnju manjih lukovica (Lešić i sur., 2002.).

Optimalna gnojidba

Omjer i količina hraniva u gnojidbi češnjaka ovise o opskrbljenoosti tla raspoloživim fosforom i kalijem i o visini potencijalnog prinosa. U uvjetima srednje opskrbljenoosti tla prosječna je gnojidba 100-150:80-110:150-180 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.7.3. Gnojidba poriluka (*Allium porrum L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Poriluk zahtijeva tla slabo kisele ili neutralne reakcije, a tla kiselija od pH=5 nisu pogodna za uzgoj poriluka (Lešić i sur., 2002.). Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za poriluk navode 6,5 na mineralnim tlima i 5,5 na vrlo humoznim organskim tlima.

Organska gnojidba

Poriluk **pozitivno reagira** na neposrednu organsku gnojidbu zrelim i stabilnim gnojivom.

Potreba i iznošenje hraniva

Poriluk prinosom 40-50 t/ha tijekom duge vegetacije iznosi 150-200 kg/ha N, 60-65 kg/ha P₂O₅ i 180-200 kg/ha K₂O. Ipak, optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije poriluka je 1:0,4:1,5.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe poriluka podrazumijeva gnojidbu dušikom u više navrata te aplikaciju ukupnih potrebnih količina fosfora i kalija prije presađivanja. Uobičajena je organo-mineralna gnojidba poriluka.

1. Osnovnom i predsjetvenom gnojidbom kompleksnim gnojivima dodaje se ukupna potreba P₂O₅ i K₂O. Predsjetvenom gnojidbom dodaje se $\frac{1}{3}$ N.
2. Drugi dio N, također $\frac{1}{3}$, dodaje se prihranom 3-6 tjedana nakon sadnje.
3. Ostatak potrebnog N ($\frac{1}{3}$) dodaje se prihranom u obliku KAN-a kultivacijom u kasnijoj fazi vegetacije.

Optimalna gnojidba

Omjer i količina hraniva u gnojidbi ovise o opskrbljenoosti tla raspoloživim fosforom i kalijem i o visini potencijalnog prinosa. U uvjetima srednje opskrbljenoosti tla prosječna je gnojidba 125-175:35-50:150-200 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.8. Gnojidba štitarki (*Umbelliferae*)

Najznačajnije vrste povrća iz porodice štitarki su:
mrkva, peršin, celer i pastrnjak.

Štitarke se užgajaju zbog korijena i lista. Rasponi iznošenja hraniva ukupnom nadzemnom masom različitih prilosa prikazani su u tablici 9.

Tablica 9. Iznošenje hraniva (kg/ha) ukupnim prinosima štitarki

vrsta	prinos (t/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
mrkva	25-70	60-175	40-71	160-400	80-224	15-50
peršin	25-30	100-200	40-56	160-250	70-120	13-20
celer	40-81	170-300	70-154	240-400	115-316	24-30
pastrnjak	40	130	80	300	85	22

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Müller (2000.), MP RH (2013.), Parađiković, (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Za potrebe točnog izračuna optimalne gnojidbe koristimo prosječno iznošenje hraniva (u kg/t) po jedinici ostvarenog prilosa štitarki (tablica 10).

Tablica 10. Iznošenje hraniva u kg/t prilosa štitarki

vrsta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
mrkva	2,0-3,2	1,2-1,3	5,1-6,0	2,0	0,4
peršin	2,4-6,1	1,9-2,3	7,6-8,0	4,0	0,7
celer	6,0-7,5	2,3-2,5	8,5-10	3,5	0,7

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Parađiković (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Mrkva, peršin i pastrnjak su vrste povrća negativne reakcije na organska gnojiva. Celer pozitivno reagira na direktnu organsku gnojidbu, a također je i visoke osjetljivosti na nedostatak B.

1.8.1. Gnojidba mrkve (*Daucus carota L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za mrkvu su 5,5-7 (Parađiković, 2009.), tj. blago kisele do neutralne reakcije (Lešić i sur., 2002.).

Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za mrkvu navode 6,5 na mineralnim tlama i 5,3 na vrlo humoznim organskim tlama.

Organska gnojidba

Mrkva je **osjetljiva** na neposrednu organsku gnojidbu, te se prakticira plodosmjena u kojoj se sije nakon usjeva koji je neposredno gnojen organskim gnojivom. Prihvatljiva je, međutim, jesenska gnojidba mineralnih tala zrelim stajskim gnojem ili kompostom

Potreba i iznošenje hraniva

Mrkva prinosom od 25-40 t/ha iznosi 60-80 kg/ha N, 40-50 kg/ha P₂O₅ i 115-200 kg/ha K₂O. Optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije mrkve je 1:0,7:2,5.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe mrkve podrazumijeva osnovnu gnojidbu, predsjetvenu gnojidbu i prihrane. Pri tome je posebnost mrkve osjetljivost na prevelike koncentracije soli (NK) u ranom razvoju, usvajanje najveće količine N tijekom druge trećine vegetacije te značajan utjecaj dovoljne količine K u odnosu na N na kvalitetu korijena mrkve. Uobičajena je mineralna gnojidba mrkve bez direktnе upotrebe organskih gnojiva.

1. Osnovnom gnojdbom kompleksnim gnojivima dodaje se ukupna potreba P i K. N nije potrebno unositi osnovnom gnojdbom. Ako se N unosi osnovnom gnojdbom, nikako ne treba unijeti više od $\frac{1}{4}$ ukupne potrebe.
2. Predsjetvenom gnojdbom unijeti $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ N tako da ukupno unesena količina ne bude više od $\frac{1}{2}$ ukupne potrebe N.
3. Ostatak potrebnog N (do $\frac{1}{2}$) dodati s 2 ili 3 prihrane u obliku KAN-a tijekom prve polovine vegetacije.

Optimalna gnojidba

Omjer hraniva u gnojidbi mrkve ovisi o opskrbljenoosti tla fosforom i kalijem, a u uvjetima srednje opskrbljenoosti tla fosforom i kalijem prosječna je gnojidba za postizanje visokog prinosa 125-175:70-90:250-350 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.8.2. Gnojidba peršina (*Petroselinum crispum* Mill.)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za peršin su 5,6-7,5 (Parađiković, 2009.), tj. slabo kisele ili neutralne reakcije (Lešić i sur., 2002.). Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za peršin navode 6,5 na mineralnim tlama i 5,3 na vrlo humoznim organskim tlama.

Organska gnojidba

Peršin je **osjetljiv** na neposrednu organsku gnojidbu, te se prakticira plodosmjena u kojoj se sije nakon usjeva koji je neposredno gnojen organskim gnojivom.

Potreba i iznošenje hraniva

Peršin prinosom od 25-30 t/ha iznosi 100-200 kg/ha N, 40-70 kg/ha P₂O₅ i 160-250 kg/ha K₂O. Gnojidba peršina vrlo je slična gnojidbi mrkve, ali je optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije peršina 1:0,6:2 zbog uzgoja peršina radi lista, a ne samo korijena.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe peršina slična je gnojidbi mrkve.

1. Osnovnom gnojdbom kompleksnim gnojivima dodaje se ukupna potreba P i K. Ako se N unosi osnovnom gnojdbom, nikako ne treba unijeti više od $\frac{1}{4}$ ukupne potrebe.
2. Predsjetvenom gnojdbom unijeti $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ N tako da ukupno unesena količina ne bude više od $\frac{1}{2}$ ukupne potrebe N.
3. Ostatak potrebnog N (do $\frac{1}{2}$) dodati prihranama, prvu prihranu provesti kada peršin ima 4-6 razvijenih listova, a drugu prihranu nakon 4-6 tjedana.
4. Peršin listaš se nakon svakog otkosa (2-3) prihranjuje s 30-50 kg/ha N.

Optimalna gnojidba

Omjer hraniva u gnojidbi peršina ovisi o opskrbljenosti tla fosforom i kalijem, a u uvjetima srednje opskrbljenosti tla fosforom i kalijem na srednje plodnim tlima prosječna je gnojidba za postizanje visokog prinosa 180-220:90-120:300-350 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.8.3. Gnojidba celera (*Apium graveolens L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za celer su 6,5-7,5 (Parađiković, 2009.), tj. neutralne reakcije (Lešić i sur., 2002.). Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za celer navode 6,8 na mineralnim tlima i 5,8 na vrlo humoznim organskim tlima.

Organska gnojidba

Celer **pozitivno reagira** na neposrednu organsku gnojidbu, te se prakticira primjena zrelog organskog gnojiva prilikom jesenske duboke obrade tla.

Potreba i iznošenje hraniva

Celer prinosom od 40-50 t/ha iznosi 120-200 kg/ha N, 90-100 kg/ha P₂O₅ i 300-350 kg/ha K₂O. Optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije celera je 1:0,5:1,5.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe celera uključuje pažljivo postupno dodavanje N da razvoj lisne mase ne bude pre intenzivan. Također, na alkalnim tlima potrebno je folijano aplicirati B 1-2 puta 0,5-1 %-tnom otopinom u količini 0,5-1 kg/ha B.

1. Osnovnom gnojidbom kompleksnim gnojivima dodaje se ukupna potreba P i K.
2. Osnovnom i predsjetvenom gnojidbom unijeti ¼ do ½ N tako da ukupno unešena količina ne bude više od 100 kg/ha N.
3. Ostatak potrebnog N dodati prihranama, prvu prihranu provesti nakon ukorjenjivanja presadnica, a drugu prihranu prije zatvaranja reda lisnom masom.

Optimalna gnojidba

Omjer hraniva u gnojidbi celera ovisi o opskrbljenoosti tla fosforom i kalijem, a u uvjetima srednje opskrbljenoosti tla fosforom i kalijem na srednje plodnim tlima prosječna je gnojidba za postizanje visokog prinosa 170-200:70-100:240-300 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.9. Gnojidba tikvenjača (*Cucurbitaceae*)

Najznačajnije vrste povrća iz porodice tikvenjača su:
krastavac, tikva, bundeva, lubenica i dinja.

Navedene tikvenjače su zeljaste biljke koje uzgajajamo zbog plodova. Prinosi koje tikvenjače postižu mogu biti vrlo različiti, ovisno o vrsti, kultivaru, tehnologiji i uvjetima uzgoja, te su stoga i rasponi iznošenja hraniva vrlo široki (tablica 11).

Tablica 11. Iznošenje hraniva (kg/ha) ukupnim prinosima tikvenjača

vrsta	prinos (t/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
krastavac (otvoreno)	15-60	47-180	15-130	65-270	220	30-40
krastavac (plastenik)	150-300	200-500	100-250	300-1000	150-330	60-130
tikva	40-100	130-320	30-115	150-420	85-210	10-55
lubenica	50	85	65	135		
dinja	15-50	50-180	15-90	50-570	70-100	20-60

Izvori: Lešić i sur. (2002.), MP RH (2013.), Müller (2000.), Parađiković, (2009.), Warnecke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Za potrebe točnog izračuna optimalne gnojidbe, koristimo prosječno iznošenje hraniva ukupnom nadzemnom masom (u kg/t) po jedinici ostvarenog prinosa tikvenjača (tablica 12). Međutim, i ovdje su rasponi dosta široki, prvenstveno ovise o opskrbljenoosti tla hranivima, visini prinosa i načinu uzgoja.

Tablica 12. Iznošenje hraniva u kg/t prinosa tikvenjača

vrsta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
krastavac	1,4-5,0	0,7-1,6	2,5-5,5		
tikva	1,2-2,6	1,0-1,7	2,9-4,5		0,6
lubenica	1,5-1,7	1,3-3,1	2,7-14,3		
dinja	1,4-3,6	1,8-3,1	5,4-15,6	9,6	2,0

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Parađiković (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Organska gnojidba vrlo povoljno utječe na visinu i kvalitetu prinosa tikvenjača, na dinamiku raspoloživosti hraniva te su optimalni modeli organo-mineralne gnojidbe. Tikvenjače su vrste koje su prilagođene višim koncentracijama amonijskog oblika N, tj. vrlo širokom NH₄⁺/NO₃⁻ odnosu, tako da "vole" organsku gnojidbu.

Krastavac nije tolerantan, tj. osjetljiv je na kloridni anion (Cl⁻), te je kalij potrebno dodavati u obliku sulfata, kompleksnim ili pojedinačnim gnojivima, što je dopunska prednost organske gnojidbe kojom se dodaju velike količine kalija i tako smanjuju troškovi.

1.9.1. Gnojidba krastavca (*Cucumis sativus L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalni raspon vrijednosti pH tla za krastavac je 5,8-7,2 (optimum 6,5) (Parađiković, 2009.), tj. neutralne reakcije (Lešić i sur., 2002.), te se za kisela tla preporučuje kalcizacija prije uzgoja predusjeva.

Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za krastavac navode 6,5 na mineralnim tlima i 5,5 na vrlo humoznim organskim tlima.

Organska gnojidba

U uzgoju krastavca **vrlo je povoljan** učinak neposredne organske gnojidbe, kako zbog direktnog utjecaja dodanih hraniva, tako i zbog fizikalnih svojstava tla i intenziviranja mikrobiološke aktivnosti. Krastavac dobro podnosi širi odnos NH₄⁺/NO₃⁻ oblika N, što

je ponekad posljedica aplikacije organskih gnojiva. Također, krastavac je vrlo osjetljiv na kloridne anione (Cl^-) te je kalij potrebno dodavati u obliku skupljih sulfata ili dobrim dijelom u obliku jeftinije organske gnojidbe.

Potreba i iznošenje hraniva

Krastavac u uzgoju na otvorenim površinama prinosima 15-60 t/ha iznosi 50-180 kg/ha N, 15-130 kg/ha P_2O_5 i 65-270 kg/ha K_2O . U uzgoju u zaštićenim prostorima postiže se značajno veći prinos, u rasponima 150-300 t/ha kojima se iznosi 200-500 kg/ha N, 100-250 kg/ha P_2O_5 i 300-1.000 kg/ha K_2O . Prema navedenim iznošenjima, optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije krastavca je 1:0,3-0,7:1,5-2,0. Omjer potrebnih hraniva značajno se mijenja kroz vegetaciju te je različit za faze ukorjenjivanja, vegetativnog rasta, cvatnje, plodonošenja i berbe.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe krastavca u uvjetima suhog uzgoja ili bez navodnjavanja sustavima "kap po kap" podrazumijeva:

1. jesensko-zimska (ili ranoproljetna) aplikacija organskog gnojiva
2. osnovna gnojidba s $\frac{1}{2}$ do $\frac{2}{3}$ potrebnog P_2O_5 i K_2O
3. predsjetvena gnojidba s ostatkom potrebnog P_2O_5 i K_2O ($\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$) te $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ potrebnog N
4. ostatak potrebnog N ($\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ ukupne potrebe) dodati prihranama.

Moguća je i folijarna prihrana krastavca (što poskupljuje proizvodnju), ali treba biti oprezan i zbog mogućih opeketina lista i cvijeta. Posebice je potreban oprez pri folijarnim aplikacijama kompleksnih gnojiva tijekom plodonošenja. Također, u toplim ljetnim mjesecima vlaženje lista nije preporučljivo zbog opasnosti pojave pepelnice i plamenjače (Parađiković, 2009.). U slučaju da se ipak odlučimo folijarno prihranjivati krastavac, treba poštivati sljedeće (Parađiković, 2009.):

1. u fazi od presađivanja do cvatnje (22-25 dana) koristiti formulacije s naglašenim udjelom fosfora (npr. 11-44-11, 13-40-13 ili 8-42-14)
2. u fazi od cvatnje do plodonošenja, tj. do formiranja prvih plodova (20-22 dana) koristiti formulacije s blago naglašenim udjelom kalija (npr. 15-5-30, 16-8-32 ili 19-11-24)
3. tijekom plodonošenja i berbi (50 i više dana) koristiti formulacije s jako naglašenim udjelom kalija (npr. 9-12-36, 12-12-36, 3-11-38)
4. u slučajevima gubitka lisne mase potrebno je jednom tjedno koristiti formulacije jednakog udjela N, P i K (npr. 18-18-18 ili 20-20-20).

Dinamika optimalne gnojidbe krastavca s fertigacijskim sustavima "kap po kap" podrazumijeva:

1. jesensko-zimska (ili ranoproljetna) aplikacija organskog gnojiva
2. osnovna gnojidba s $\frac{1}{2}$ do $\frac{2}{3}$ potrebnog P_2O_5 i K_2O
3. predsjetvena gnojidba s ostatkom potrebnog P_2O_5 i K_2O ($\frac{1}{3}$ do $\frac{1}{2}$) te $\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ potrebnog N; dio P_2O_5 (do $\frac{1}{3}$ ukupnih potreba) i dio K_2O (do $\frac{1}{2}$) treba ostaviti za gnojidbu prihranama, što ovisi o svojstvima tla (nepovoljna svojstva tla podrazumjevaju veći udio gnojidbe prihranama) i očekivanim prinosima (veći prinosi znače i veći postotni udio hraniva u prihranama)
4. ostatak potrebnog N ($\frac{1}{4}$ do $\frac{1}{2}$ ukupne potrebe) te preostalu količinu P_2O_5 (do $\frac{1}{3}$) i K_2O (do $\frac{1}{2}$) dodati prihranama. Pri tome se treba pridržavati rasporeda i formulacija sukladno fazama razvoja krastavca kako je prikazano u prethodnom odlomku (faze od presađivanja i cvatnje do plodonešanja i berbi).

Navodnjavanje sustavima "kap po kap" omogućuje fertirigaciju kojom se hranivo dovodi u zonu korijena svake biljke što omogućuje aplikaciju vodotopivih hraniva koja je dinamikom prilagođena potrebnim količinama dušika, fosfora i kalija u fazama ukorjenjivanja, intenzivnog vegetativnog porasta, cvjetanja i plodonošenja.

Optimalna gnojidba

Omjer i količine hraniva u gnojidbi krastavca ovise o opskrbljenosti tla fosforom i kalijem, ali i o načinu proizvodnje i planiranim prinosima. U uvjetima srednje opskrbljenosti tla fosforom i kalijem prosječna je gnojidba za postizanje visokog prinaosa 175-300:60-160:180-350 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.9.2. Gnojidba lubenice (*Citrullus lanatus* (Thumb.) Matsum et Nakai)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za lubenicu su 5,5-7,0 (Parađiković, 2009.), tj. slabo kisele ili neutralne reakcije (Lešić i sur., 2002.). Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za lubenice navode 6,0 na mineralnim tlima.

Organska gnojidba

U uzgoju lubenice **vrlo je povoljan učinak** neposredne organske gnojidbe na visinu i kvalitetu prinaosa, te je preporučeno jesensko zaoravanje zrelog organskog gnojiva.

Potreba i iznošenje hraniva

Lubenica prinosima 50-70 t/ha iznosi 85-200 kg/ha N, 65-90 kg/ha P₂O₅ i 135-340 kg/ha K₂O. Prema navedenim iznošenjima, optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije je 1:0,45-0,75:1,5-1,75, ali se omjer potrebe hraniva značajno mijenja kroz faze ukorjenjivanja, vegetativnog rasta, cvatnje, plodonošenja i berbe.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe lubenice podrazumijeva organsku gnojidbu, mineralnu gnojidbu u osnovnoj i predsjetvenoj obradi te višestruke i različite prihrane. Primjenjivost pojedinih sustava ovisi o načinu prihrane.

Primjer dinamike gnojidbe bez fertigacijskog sustava "kap po kap" (Lešić i sur., 2002.):

1. jesensko-zimska aplikacija organskog gnojiva
2. osnovna i/ili predsjetvena gnojidba s ukupno $\frac{1}{2}$ potrebnog P_2O_5 i $\frac{1}{2}$ potrebnog K_2O
3. predsjetvena gnojidba s $\frac{1}{2}$ potrebnog N
4. ostatak potrebnog N dodati prihranama, prvu međurednom obradom tla 20-dak dana nakon nicanja, a preostalu količinu potrebe N-P-K dodati folijarnim prihranama s omjerom hraniva 1:0,8:1,6.

Drugi primjer dinamike gnojidbe (Parađiković, 2009.):

1. osnovnom obradom zaorati stajski gnoj ili kompost (30-40 t/ha)
2. osnovnom obradom zaorati u tlo kompleksno gnojivo, a formulacija (7-20-30, 5-15-30, 8-26-26, 0-30-20 ili tripleks i KCl) i količina (400-500 kg/ha) ovise o raspoloživosti fosfora i kalija u tlu
3. prihranu provoditi s početkom 10-dak dana nakon presađivanja pa do faze kada prva dva ploda dostignu 50 % svoje konačne (ciljane) mase. Prihranu treba uskladiti s dinamikom raspoloživog N_{min} u tlu, posebno je značajna tijekom stvaranja vriježa (npr. prihraniti dva puta sa 150-170 kg/ha KAN-a). Prihranu provoditi prije navodnjavanja, a posebno paziti da granule ne ostanu na listu jer mogu izazvati palež. Značajan pozitivan utjecaj na visinu i kvalitetu lubenice ima metoda s 3-4 prihrane vodotopivim gnojivima u razmacima po tjedan dana. Ovisno o tlu (pH i humoznost), korisno je ako se u gnojivu nalaze i Mg i mikroelementi (npr. Fe i Cu). Vodotopiva (npr. kristalonska) gnojiva mogu se primijeniti i folijarno u koncentracijama 0,1-0,2 %, ali nikako tijekom ili neposredno prije sunčanog dijela dana, već kasno poslijepodne, rano ujutro ili za vrijeme oblačnih dana.

Navedenom primjeru alternativa može biti fertigacijski sustav "kap po kap" koji je najpogodniji za gnojidbu lubenice pa se prihrana provodi prema sljedećoj dinamici:

1. u fazi od presađivanja do cvatnje (25-30 dana) koristiti formulacije s naglašenim udjelom fosfora (npr. 11-44-11, 13-40-13 ili 8-42-14)
2. u fazi cvatnje do plodonošenja, tj. do formiranja prvih plodova (20-22 dana) koristiti formulacije s blago naglašenim udjelom kalija (npr. 15-5-30, 16-8-32 ili 19-11-24)
3. od formiranja plodova do berbe (40-50 dana) koristiti formulacije s jako naglašenim udjelom kalija (npr. 9-12-36, 12-12-36, 3-11-38).



Optimalna gnojidba

Omjer i količine hraniva u gnojidbi lubenice ovise o opskrbljenosti tla fosforom i kalijem, humoznosti i potencijalu mineralizacije, ali i o načinu proizvodnje i planiranim prinosima. U uvjetima srednje opskrbljenosti tla fosforom i kalijem prosječna je gnojidba za postizanje visokog prinosa 50-70 t/ha 175-225:60-90:180-350 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.9.3. Gnojidba dinje (*Cucumis melo* L.)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za dinju su 6,0-7,5 (Parađiković, 2009.), tj. 5,5-7,5 (Lešić i sur., 2002.). Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za dinju navode 6,5 na mineralnim tlima i 5,8 na vrlo humoznim organskim tlima.

Organska gnojidba

U uzgoju dinje također je **vrlo povoljan učinak** neposredne organske gnojidbe na visinu i kvalitetu prinosa, te je preporučeno jesensko zaoravanje zrelog organskog gnojiva.

Potreba i iznošenje hraniva

Dinja prinosom 40-50 t/ha iznosi 150-200 kg/ha N, 50-90 kg/ha P₂O₅ i 250-340 kg/ha K₂O. Prema navedenim iznošenjima, optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom

vegetacije je 1:0,35-0,5:1,5-1,75, ali se omjer potrebe hraniva značajno mijenja kroz faze ukorjenjivanja, vegetativnog rasta, cvatnje, plodonošenja i berbe.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe dinje istovjetna je dinamici gnojidbe lubenice jer obuhvaća organsku gnojidbu, mineralnu gnojidbu u osnovnoj i predsjetvenoj obradi te višestruke prihrane prilagođene fazama razvoja dinje.

Optimalna gnojidba

Omjer i količine hraniva u gnojidbi dinje ovise o opskrbljenosti tla fosforom i kalijem, humoznosti i potencijalu mineralizacije, ali i o načinu proizvodnje i planiranim prinosima. U uvjetima srednje opskrbljenosti tla fosforom i kalijem prosječna je gnojidba za postizanje visokog prinosa 40-50 t/ha 125-225:50-70:250-385 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.9.4. Gnojidba tikve (*Cucurbita pepo L.*) i bundeve (*Cucurbita maxima Duch.*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za tikve i bundeve su 6,0-7,0 (Parađiković, 2009.), tj. slabo kisele ili neutralne reakcije (Lešić i sur., 2002.). Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za tikve i bundeve navode 6,5 na mineralnim tlima i 5,5 (bundeve) do 5,8 (tikve) na vrlo humoznim organskim tlima.

Organska gnojidba

U uzgoju tikve i bundeve naglašen je **vrlo povoljan učinak** neposredne organske gnojidbe na visinu i kvalitetu prinosa, te je preporučeno jesensko zaoravanje zrelog organskog gnojiva.

Potreba i iznošenje hraniva

Tikva i bundeva prinosima 40-80 t/ha iznose 130-230 kg/ha N, 30-100 kg/ha P₂O₅ i 150-400 kg/ha K₂O. Prema navedenim iznošenjima, optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije je 1:0,25-0,5:1,25-1,75, ali se omjer potrebe hraniva značajno mijenja kroz faze rasta i razvoja.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe tikve i bundeve vrlo je slična dinamici gnojidbe lubenice jer obuhvaća organsku gnojidbu, mineralnu gnojidbu u osnovnoj i predsjetvenoj obradi te dvije prihrane prilagođene fazama razvoja tikve ili bundeve. Pri tome je prva

prihrana sa 150-200 kg KAN-a (do 50 kg/ha N) prije zatvaranja redova, a druga prihrana folijarno urejom ili vodotopivim kompleksnim gnojivom (prema Lešić i sur., 2009.).

Optimalna gnojidba

Omjer i količine hraniva u gnojidbi ovise o opskrbljenosti tla fosforom i kalijem, potencijalu mineralizacije, načinu proizvodnje i cilnjim prinosima. Uz srednju opskrbljenost tla fosforom i kalijem prosječna je gnojidba za prinos 40-80 t/ha 125-225:30-100:150-400 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.10. Gnojidba lobodnjača (*Chenopodiaceae*)

Najznačajnije vrste povrća iz porodice lobodnjača su špinat, blitva i cikla.

Navedene lobodnjače su zeljaste biljke koje uzbudjamo kao lisnato povrće (špinat i blitva) ili korjenasto povrće (cikla), a njihova karakteristika je nitrofilnost, tj. sklonost nakupljanju nitrata. Prinosi ovise o vrsti, kultivaru, tehnologiji i uvjetima uzgoja, mogu biti vrlo različiti te su stoga i rasponi iznošenja hraniva prikazani u rasponu za navedene prinose (tablica 13).

Tablica 13. Iznošenje hraniva (kg/ha) ukupnim prinosima lobodnjača

vrsta	prinos (t/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
špinat	12-25	90-150	30-60	140-225	75	20-35
cikla	40-60	150-160	50-62	220-320	43	30-40

Izvori: Lešić i sur. (2002.), MP RH (2013.), Müller (2000.), Parađiković, (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Za potrebe točnog izračuna optimalne gnojidbe, koristimo prosječno iznošenje hraniva ukupnom nadzemnom masom (u kg/t) po jedinici ostvarenog prinaosa (tablica 14).

Tablica 14. Iznošenje hraniva u kg/t prinaosa lobodnjača

vrsta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
špinat	4,0-6,0	1,8-2,0	6,0-8,0		1,4
cikla	2,6-4,6	0,9-1,7	5,2-7,7	2,0	0,7

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Parađiković (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Lobodnjače su **osjetljive** na neposrednu organsku gnojidbu, između ostalog i zbog potencijalne akumulacije nitrata uslijed intenzivne mineralizacija organskog gnojiva. Stoga se prakticira plodosmjena u kojoj se siju nakon usjeva koji je gnojen organskim gnojivom.

1.10.1. Gnojidba špinata (*Spinacea oleracea* L.)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za špinat su 5,0-7,5 (Parađiković, 2009.), tj. neutralna do slabo kisela reakcija tla uz pH 5,5-7,0 (Lešić i sur., 2002.). Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za špinat navode 6,5 na mineralnim tlima i 5,5 na humusom bogatim organskim tlima.

Organska gnojidba

U uzgoju špinata ne primjenjuje se neposredna organska gnojidba zbog **negativne reakcije** špinata.

Potreba i iznošenje hraniva

Špinat prinosima 12-25 t/ha iznosi 90-150 kg/ha N, 30-60 kg/ha P₂O₅ i 140-225 kg/ha K₂O. Prema navedenim iznošenjima, optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije je 1:0,4:1,5.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe špinata podrazumijeva veliku pozornost na ostatke hraniva nakon skidnja predusjeva. Dinamiku uvjetuje i relativno kratka vegetacija špinata do berbe te sklonost akumulaciji povećanih količina nitrata.

Fosforna i kalijska komponenta mineralne gnojidbe (kompleksna NPK ili pojedinčana P i K gnojiva) u slučaju nedovoljne raspoloživosti u tlu unose se oranjem ili tanjuranjem (npr. 350-400 kg/ha 8-16-24, 6-18-36 ili 7-20-30). Tijekom vegetacije može biti dostatna jedna prihrana dušikom, a količinu svakako treba uskladiti s potencijalom mineralizacije i količinom N u tlu. Prihrana ne smije biti prekasna zbog opasnosti nakupljanja nitrata.

Optimalna gnojidba

Omjer i količine hraniva u gnojidbi špinata u najvećoj mjeri ovise o raspoloživim hranivima u tlu i ostacima predusjeva te humoznosti i potencijalu mineralizacije. U uvjetima srednje opskrbljenosti tla fosforom i kalijem prosječna je gnojidba špinata 80-140:30-60:140-200 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.10.2. Gnojidba cikle (*Beta vulgaris* L. var. *conditiva*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za ciklu su 5,8-7,0 (Parađiković, 2009.), tj. neutralna do slabo kisela reakcija tla uz pH 6,0-7,2 (Lešić i sur., 2002.). Warncke i sur. (2004.) kao

optimalni pH tla za ciklu navode 6,5 na mineralnim tlima i 5,5 na vrlo humoznim organskim tlima.

Organska gnojidba

U uzgoju cikle ne primjenjuje se neposredna organska gnojidba, već se prakticira plo-dosmjena u kojoj se cikla uzgaja nakon usjeva koji je neposredno gnojen organskim gnojivom.

Potreba i iznošenje hraniva

Cikla prinosom 40-60 t/ha iznosi 150-160 kg/ha N, 50-60 kg/ha P_2O_5 i 220-320 kg/ha K_2O . Prema navedenim iznošenjima, optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije cikle je 1:0,4-0,5:1,5-2,0.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe cikle uključuje mineralnu gnojidbu fosforom i kalijem u osnovnoj i/ili predsjetvenoj obradi tla, aplikaciju $\frac{1}{2}$ potrebnog N u predsjetvenoj obradi te je $\frac{1}{2}$ potrebnog N dodati prihranjivanjem cikle.

Cikla je naglašeno osjetljiva na nedostatak B i Mo te je na alkalnim (karbonatnim) tlima korisno folijarno aplicirati B (0,5-1,0 kg/ha B otopinom koncentracije 0,5-1,0 %). Na kiselim tlima korisno je folijarno aplicirati Mo u vodotopivim oblicima. Ako je provedena kalcizacija do ciljnog pH 6,5 ili iznad toga, folijarna aplikacija Mo nije potrebna.

Optimalna gnojidba

Omjer i količine hraniva u gnojidbi cikle ovise o opskrbljjenosti tla fosforom i kalijem te humoznosti i potencijalu mineralizacije. U uvjetima srednje opskrbljjenosti tla fosforom i kalijem prosječna je gnojidba 100-140:50-60:220-260 kg/ha N: P_2O_5 : K_2O .

1.11. Gnojidba lepirnjača (*Fabaceae*)

Najznačajnije vrste povrća iz porodice lepirnjača su grašak i grah mahunar.

Grašak i grah mahunar su zeljaste biljke koje uzgajajamo zbog zrna, a kod graha mahunara konzumni dio čini i nezrela mahuna. U korijenu lepirnjača simbiotske nitrofiksirajuće bakterije vežu atmosferski N kojeg biljka koristi za svoje potrebe. Tako je gnojidba N znatno smanjena iako iznošenje N prinosom nije smanjeno (tablica 15). Međutim, intenzitet fiksacije N značajno ovisi o svojstvima tla, prije svega kiselosti koja reducira fiksaciju, raspoloživosti hraniva (N, P, K Ca, Mn, Mo, Co), provedenoj inokulaciji sjemena, ali i prisutnosti nitrofiksirajućih bakterija u tlu. Prekomjerna gnojidba N i

obilje mineralnog N u tlu smanjit će intenzitet fiksacije. Izrazita kiselost tla (nizak pH) mogu značajno reducirati nitrofiksaciju pa je neophodna ili prethodna kalcizacija ili gnojidba dušikom.

Tablica 15. Iznošenje hraniva (kg/ha) ukupnim prinosima lepirnjača

vrsta	prinos (t/ha)	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
grašak	4-7	125-280	45-80	120-300	60-150	10-36
grah mahunar	9-15	80-140	20-30	60-150	50-100	10-18

Izvori: Lešić i sur. (2002.), MP RH (2013.), Müller (2000.), Parađiković, (2009.), Stjepanović i sur. (2012.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Za potrebe točnog izračuna optimalne gnojidbe, koristimo prosječno iznošenje hraniva ukupnom nadzemnom masom (u kg/t) po jedinici ostvarenog prinosa lepirnjača (tablica 16).

Tablica 16. Iznošenje hraniva u kg/t prinosa lepirnjača

vrsta	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
grašak	12,5-30	4,5-10	9-20	15-20	4-6
grah mahunar	10-14	2,0-3,5	11-15	7,5-10	1-2

Izvori: Lešić i sur. (2002.), Parađiković (2009.), Stjepanović i sur. (2012.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA

Organska gnojidba praktično se ne primjenjuje neposredno za grašak ili grah, ali je neophodno plodno tlo što podrazumjeva pozitivan učinak organske gnojidbe predušjeva.

Grašak je osjetljiv na nedostatak mikroelemenata Fe, Mn, B i Mo (posebno Mn i B) te je preporučeno povećati raspoloživost mikroelemenata u tlu optimiziranjem pH reakcije tla. Alternativa je folijarno dodati Fe, Mn i B na alkalnim karbonatnim tlima, a Mo na kiselim tlima. Mo je korisno dodati i u tlo (0,5 kg/ha u obliku natrijevog ili amonijevog molibdata) jer je neophodan za fiksaciju dušika krvričnim bakterijama.

1.11.1. Gnojidba graška (*Pisum sativum L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalni raspon vrijednosti pH tla za grašak je 5,8-7,5 (Parađiković, 2009.), tj. tla slabo kisele reakcije (Lešić i sur., 2002.), te se za kisela tla preporučuje kalcizacija prije uzgoja predušjeva. Uzgoj graška ne preporučuje se na tlima pH reakcija iznad 8,0.

Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za grašak navode 6,5 na mineralnim tlima i 5,8 na vrlo humoznim organskim tlima.

Organska gnojidba

Organska gnojidba praktično se ne primjenjuje neposredno za grašak, ali je neophodno plodno tlo što podrazumjeva pozitivan učinak organske gnojidbe predusjeđiva.

Potreba i iznošenje hraniva

Grašak prinosima 4-7 t/ha zrna uz pripadajuću zelenu masu iznosi 125-280 kg/ha N, 45-80 kg/ha P₂O₅ i 120-300 kg/ha K₂O. Međutim, izneseni N nije dodan mineralnom gnojidebom već fiksacijom simbiotskim bakterijama. Prema iznošenjima optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije graška je 1:0,4:1,2. Izuzmemli iz ovoga N fiksiran krvžičnim bakterijama, odnos je 1:2 :5-7.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe graška podrazumijeva osnovnu i predsjetvenu gnojidbu kojom se unosi sva količina potrebnog P₂O₅ i K₂O, ovisno o plodnosti i načinu obrade tla (npr. 500-600 kg/ha 7-14-21 ili 8-16-24). Sav N potreban u gnojidbi (do 40 kg/ha) češće se primjenjuje predsjetveno da bi osigurao rani porast graška, razvoj korijenovog sustava i krvžičnih bakterija. Prihrana graška nije uobičajena, ali je ponekad potrebna ako nitrofiksacija nije odgovarajućeg intenziteta (npr. jako kisela tla, nedostatak Mo, Mn ili neuspjela bakterizacija sjemena i/ili neprisutnost nitrofiksirajućih bakterija u tlu). Usjevu slabijeg porasta može se prihranom dodati 25-30 kg/ha N (100 kg/ha KAN-a).

Optimalna gnojidba

Omjer i količine fosfora i kalija u gnojidbi graška ovise o opskrbljjenosti tla fosforom i kalijem, a količine dušika o očekivanom intenzitetu nitrofiksacije. U uvjetima srednje opskrbljjenosti tla fosforom i kalijem i optimalne pH reakcije tla prosječna je gnojidba za postizanje visokog prinosa 30-50:45-80:120-300 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

1.11.2. Gnojidba graha mahunara (*Phaseolus vulgaris L.*)

Optimalna pH reakcija tla

Optimalne vrijednosti pH tla za grah su 6,5-7,0 (Parađiković, 2009.), tj. slabo kisele ili neutralne reakcije (Lešić i sur., 2002.). Warncke i sur. (2004.) kao optimalni pH tla za grah navode 6,5 na mineralnim tlima i 5,8 na humusom bogatim tlima.

Organska gnojidba

Organska gnojidba praktično se ne primjenjuje neposredno niti za grah, ali gnojidbe predusjedva organskim gnojivom imaju pozitivan učinak na plodnost tla, a time i na prinos graha mahunara.

Potreba i iznošenje hraniva

Grah mahunar prinosima 9-15 t/ha iznosi 80-140 kg/ha N, 20-30 kg/ha P₂O₅ i 60-150 kg/ha K₂O. Prema iznošenjima optimalni omjer raspoloživosti hraniva tijekom vegetacije graha je 1:0,3:1,2. Izuzmememo li iz ovoga N fiksiran krvžičnim bakterijama, odnos je 1:1-1,5 :3-7.

Dinamika gnojidbe

Dinamika optimalne gnojidbe graha jednaka je gnojidbi graška i podrazumijeva osnovnu i predsjetvenu gnojidbu kojom se unosi sva količina potrebnog P₂O₅ i K₂O, ovisno o plodnosti i načinu obrade tla. Sav N potreban u gnojidbi (do 40 kg/ha, na manje plodnim tlima do 60 kg/ha) češće se primjenjuje predsjetveno da bi osigurao rani porast graha. Prihrana graha nije uobičajena, ali se ponekad na tlima manje pogodnosti za uzgoj graha primjenjuje prihrana s 15-20 kg/ha N (50-60 kg/ha KAN-a) u fazi 3-4 lista. Ako nitrofiksacija nije odgovarajućeg intenziteta (npr. jako kisela tla, nedostatak Mo, Mn), usjevu slabijeg porasta može se prihranom dodati 25-30 kg/ha N (100 kg/ha KAN-a).

Optimalna gnojidba

Omjer i količine fosfora i kalija u gnojidbi graha mahunara ovise o opskrbljjenosti tla fosforom i kalijem, a količine dušika o očekivanom intenzitetu fiksacije dušika. U uvjetima srednje opskrbljjenosti tla fosforom i kalijem i optimalne pH reakcije tla prosječna je gnojidba za postizanje visokog prinosa 30-50:20-30:60-150 kg/ha N:P₂O₅:K₂O.

Zdenko Lončarić

2. ORGANSKA GNOJIVA



Organska gnojidba je uporaba biljnih ostataka, životinjskih ostataka i izlučevina i njihovih smjesa s ciljem unošenja organske tvari, glavnih hraniva (N-P-K), sekundarnih (Ca, Mg, S) i mikrohraniva u različitim odnosima u poljoprivredno tlo.

Prema tako širokoj definiciji i zaoravanje ostataka usjeva nakon žetve spada u organsku gnojidbu, a žetveni oстатци mogu biti svrstani u kategoriju organskih gnojiva. Međutim, slama, kukuruzovina, oстатци soje, suncokreta, uljane repice, oстатци povrća i ostalih usjeva u praksi se jednostavno nazivaju žetvenim oстатcima, a ne organskim gnojivima, iako je zaoravanje žetvenih ostataka u fertilizacijskom smislu organska gnojidba.

Tri su osnovne razlike žetvenih ostataka i „pravih“ organskih gnojiva:

1. Jedna je činjenica da su žetveni oстатci **izravan oстатak ili nusproizvod poljoprivredne proizvodnje** koji se već nalazi na poljoprivrednim proizvodnim površinama. Stoga zaoravanje žetvenih ostataka ne zahtijeva nikavo dodatno raspodjeljivanje po proizvodnoj površini već je dovoljno jednostavno unošenje u tlo kojemu može prethoditi usitnjavanje oстатaka pa i dodatak pojedinačnih dušičnih mineralnih gnojiva (najčešće otopina ureje ili UAN-a). Spomenuti dodatak dušičnih gnojiva potreban je zbog druge posebnosti žetvenih oстатaka - širokog C/N odnosa.

2. Druga razlika je vrlo **širok C/N odnos žetvenih ostataka** (kod slame i kukuru-zovine omjer može biti čak 90-120) koji utječe na intenzitet i pravac mikro-bioloških procesa u tlu. Također, razlika je i to što žetveni ostaci **nisu prošli kroz proces mikrobiološke razgradnje**, sazrijevanja i stabilizacije kao prava organska gnojiva.
3. Treća je razlika **mala ili spora raspoloživost hraniva** iz žetvenih ostataka. Radi se o relativno sporoj dinamici razgradnje žetvenih ostataka jer je najsporija razgradnja drvenastih dijelova biljke, zatim kukuruzovine, slame, sijena, su-hog lišća i iglica četinara te ova organska gnojiva čine grupu najmanje raspo-loživosti.

Međutim, izostanak prethodnih mikrobioloških procesa razgradnje i stabilizacije, te širok C/N odnos (iako znatno uži nego kod suhih žetvenih ostataka), karakteriziraju i svježu biljnu tvar koja se koristi za tzv. zelenu gnojidbu ili sideraciju. Razlika zelene gnojidbe u odnosu na zaoravanje žetvenih ostataka je što su siderati biljne vrste koje se i uzgajaju s ciljem organske gnojidbe, dok je zaoravanje ostataka postupak zbrinjava-nja nepoljoprivrednog dijela prinosa nakon odvoženja glavnog cilja poljoprivredne proizvodnje (najčešće zrna). Također, siderati su svježa biljna tvar i, što je vrlo značajno, imaju bitno povoljniji odnos lakovazgradivih dušičnih spojeva i teže razgradivih ugljikohidrata. Ipak, najvažniji razlog zašto ćemo siderate bezpogovorno uvrstiti na listu organskih gnojiva, a o žetvenim ostacima ćemo ipak razmisliti, je upravo namjera organske gnojidbe pri samom planiranju uzgoja siderata, dok žetvene ostatke sve češće odvozimo s proizvodnih površina i koristimo u druge svrhe (na primjer kao alternativni izvor energije).

Dakle, **organska gnojiva su raznovrsne smjese biljnih ostataka, životinjskih ostataka i izlučevina te njihovih prerađevina različitog stupnja razloženosti i stabilnosti, koje koristimo s ciljem unošenja organske tvari i biljnih hraniva u tlo.**

U organska gnojiva spadaju različite vrste stajskih gnojiva i komposta, posebna organ-ska gnojiva i zelena gnojidba:

1. kruti stajski gnoj
2. gnojovka ili polutekući stajski gnoj
3. gnojnica ili tekući stajski gnoj
4. komposti
5. vermikomposti
6. prerađeni gradski otpad
7. sušena organska gnojiva
8. tekuća organska gnojiva
9. posebna organska gnojiva
10. zelena gnojidba.

2.1. Svojstva i učinak organskih gnojiva

Organska gnojiva vrlo su heterogena po svojim svojstvima, po načinu nastanka, ali isto tako i po kvaliteti. Različita kvaliteta organskih gnojiva proizlazi ne samo iz raznovrsnosti organskih tvari i načina tvorbe gnojiva koji rezultiraju različitim sadržajima hraniva, već i iz stupnja zrelosti, stabilizacije mikrobioloških procesa i raspoloživosti hraniva u organskim gnojivima. Međutim, nekoliko je svojstava organskih gnojiva koja nedvojbeno možemo pripisati svakome od njih. I koliko god može biti trivijalno objašnjavati ta svojstva jer su očita i razumljiva sama po sebi, ipak ih treba često naglašavati jer ih vrlo lako zanemarujemo.

Osnovna zajednička svojstva svih organskih gnojiva:

1. sadrže sva hraniva koje biljke trebaju
2. imaju produžno djelovanje
3. povećavaju biogenost tla
4. povećavaju sadržaj organske tvari tla
5. smanjuju rizik ispiranja hraniva
6. često su jeftina jer su proizvedena od otpada ili nusproizvoda.

Činjenica da organska gnojiva uvijek sadrže sva hraniva koja biljke trebaju proizlazi iz samog prehrambenog lanca: biljke usvajaju hraniva iz tla uglavnom u mineralnom obliku, fotosintezom ih ugrađuju u organsku tvar, životinje konzumiraju biljnu tvar i ugrađuju je u svoju organsku tvar, a ostatak izlučuju u krutom, tekućem i plinovitom obliku. Dakle, izlučevine životinja i ostaci životinja i biljaka imaju isto podrijetlo – organsku biljnu tvar s usvojenim mineralnim hranivima iz tla. Budući da su hraniva koje biljke trebaju esencijalna za sve biljke, svaka će biljka sadržavati sva hraniva i to u približnom odnosu u kojem su ih i akumulirale nakon usvajanja iz tla. Posljedično, u organskim ostacima biljaka i životinja ne samo da će biti ta ista hraniva, nego će i njihovi količinski odnosi biti slični, najviše će biti N, K i P, zatim Ca, Mg i S pa mikroelementa, s određenim razlikama između vrsta organskih gnojiva. Upravo te razlike su dovoljne da možemo izabrati pogodno gnojivo za tlo u kojem je određeno hranivo u manjku ili suvišku. Naravno, nisu sva hraniva biljci jednako raspoloživa, to ovisi o tvorivu organskog gnojiva i načinu proizvodnje ili sazrijevanja. Također, u tlo ćemo dodati organskog gnojiva koliko je potrebno prema plodnosti tla i zahtjevima budućeg usjeva. Htjeli mi to ili ne, dodatkom organskog gnojiva u tlo ćemo uvijek unijeti i sekundarna hraniva i mikroelemente. Povrh toga, odnos tih hraniva će biti uravnotežen s potrebama biljke. S druge strane, nema mineralnog gnojiva koje sadrži sva biljna hraniva, već najčešće samo nekoliko jer su prvenstveno namijenjena dodavanju hraniva koja nedostaju za predstojeću vegetaciju. U najširoj primjeni su pojedinačna

gnojiva (na primjer urea, KAN, kalijeve soli) jer je njihova uporaba univerzalna. Što je veći broj hraniva u gnojivu, to je njihova primjenjivost i uporaba specifičnija jer omjerom hraniva odgovaraju za različite usjeve, različita tla i za različito vrijeme aplikacije (na primjer NPK 6-18-36 za osnovnu gnojidbu, 15-15-15 za startnu gnojidbu, 10-30-20 za fosforom siromašnija tla). Kompleksna gnojiva s mikrohranivima više su proizvedena za hortikulturnu nego za ratarsku proizvodnju pokrivajući i širok raspon potreba biljaka za raspoloživim oblicima mikroelemenata. Važno je napomenuti da veći broj hraniva i specifičnost u proizvodnji gnojiva u pravilu znači i veću cijenu jer je proizvodni proces složeniji.

Manji dio hraniva iz organskih gnojiva biljkama je odmah raspoloživ (20-70 %, ovisno o hranivu i vrsti gnojiva). Postupna raspoloživost ostatka je produženo djelovanje organskih gnojiva kao posljedica stvaranja fonda organske tvari i organski vezanih hraniva u tlu (rezerva ili „pool“ hraniva). Ta hraniva se mobiliziraju, tj. mikrobiološkim procesima postupno razlažu do biljci raspoloživih mineralnih oblika (na primjer organski dušik u amonijski dušik, organski fosfor u anorganske fosfatne anione) i čine dugotrajni izvor hraniva bez realne opasnosti ekološkog opterećenja okoliša.

Organska gnojiva povećavaju biogenost tla jer su hrana mikroorganizmima i fauni tla. Mikrororganizmi organsku tvar koriste kao izvor energije, razgrađuju je i mobiliziraju hraniva. Pri tome izvor mobiliziranih hraniva nije samo svježe uneseno organsko gnojivo, već i stabilna organska tvar (humus, teže razgradivi dijelovi biljaka) čija se razgradnja intenzivira (tzv. „PRIMING efekt“).

Naravno, organska gnojidba povećava sadržaj organske tvari tla, što je posebice posljedica sustavne višegodišnje organske gnojidbe. Proces podizanja humoznosti tla je vrlo spor, potrebno je desetke godina da bi se održivim gospodarenjem značajno povećala razina humusa u tlu. Međutim, značajan je i početni uspjeh zaustavljanja degradacije humoznosti tla i intenziviranja mikrobiološke aktivnosti. Dopunski, organska tvar na sebe labilno veže vodotopivu frakciju hraniva (fosfate, mikrohraniva) i tako smanjuje kemijsku fiksaciju i ispiranje hraniva koja ostaju biljci raspoloživa, unatoč sorpciji na organske koloide.

Cijene organskih gnojiva vrlo su različite i ovise o kvaliteti i stupnju stabilnosti i zrelosti. Većina komponenti (tvoriva) koje koristimo za proizvodnju organskih gnojiva su otpadne tvari, stoga je njihova cijena u osnovi vrlo niska, a poskupljuje ih obaveza čuvanja na propisani način i proces dorade. Budući da manipulacija i transport predstavlja veliki udio u konačnoj cijeni organske gnojidbe zbog relativno malog udjela aktivne tvari u gnojivu (suma koncentracija svih hraniva), profitabilno je maksimalno iskoristiti svu raspoloživu organsku tvar na gospodarstvu, gubitke hraniva svesti na minimum i provoditi organsku gnojidbu na ekonomski isplativ način.

Organska gnojidba ima višestruki učinak na tlo i poljoprivrednu proizvodnju:

1. **izravan fertilizacijski učinak** dodavanjem različitih količina i odnosa biljci raspoloživih glavnih (N-P-K), sekundarnih (Ca-Mg-S) i mikrohraniva
2. **produžni fertilizacijski učinak** stvaranjem fonda („pool“) organske tvari i hraniva koja se postupno mobiliziraju, tj. razlažu u biljci raspoložive oblike
3. **kondicionerski učinak** popravljanjem svojstava tla:
 - intenziviranje mikrobioloških procesa (tzv. „PRIMING efekt“)
 - povećana raspoloživost hraniva prisutnih u tlu i prije aplikacije gnojiva
 - povećana učinkovitost mineralnih gnojiva
 - smanjena toksičnost vodotopivih soli i teških metala
 - smanjena kemijska fiksacija fosfora (tzv. „HUMAT efekt“)
 - veća stabilnost strukturnih agregata
 - povećan kapacitet za vodu lakih tala
 - povećana vodopropusnost teških tala
 - povećan adsorpcijski kompleks tla
 - smanjena opasnost ispiranja hraniva
 - očuvanje humoznosti tla
 - veća elastičnost tla, tj. veća sposobnost neutralizacije stresnih uvjeta.

2.2. Stajska gnojiva

Stajska gnojiva su organska gnojiva koja nastaju kao nusproizvod (ili otpad) tijekom stočarske proizvodnje. Svakako je pogodnije koristiti izraz "nusproizvod" umjesto "otpad" zbog vrijednosti i primjenjivosti stajskih gnojiva. Vrijednost proističe prvenstveno iz značajne količine biljnih hraniva, ali i iz energetske vrijednosti stajskih gnojiva (značajna za mikroorganizme, za proizvodnju bioplina...).

S obzirom na različite sustave uzgoja domaćih životinja, stajski gnoj može sadržavati različite komponente i odnose krutih i tekućih tvari te se stajska gnojiva dijele na:

1. kruti stajski gnoj
2. polutekući stajski gnoj ili gnojovka
3. tekući stajski gnoj ili gnojnica.

Kruti stajski gnoj je smjesa krutih i tekućih izlučevina domaćih životinja, tj. fecesa i urina sa steljom ili prostirkom. Najčešća i najkvalitetnija prostirka je slama strnih žitarica, a rjeđe se kao prostirka koriste piljevina (u konjgojstvu), oblovina (u peradarstvu), kukuruzovina ili čak lišće. Uloga prostirke je upijanje urina, tj. tekućih izlučevina, te je uz dostatnu količinu prostirke i pravilno čuvanje stajski gnoj krut jer ne

sadrži slobodnu tekuću komponentu. Međutim, kruti stajski gnoj prosječno sadrži 65 % (konjski) do 75 % (govedi) vode.

Gnojovka ili polutekući stajski gnoj je smjesa krutih i tekućih izlučevina domaćih životinja, tj. fecesa i urina bez stelje ili prostirke. Gnojovka može nastati samo uzgojem domaćih životinja u stajama bez uporabe stelje, tj. uz moderne sustave uzgoja koji podrazumijevaju rešetkaste ili slično uređene podnice staja. Gnojovka sadrži 10-15 % suhe tvari, tj. 85-90 % vode.

Gnojnica ili tekući stajski gnoj je smjesa urina, vode, tvari koje nastaju razlaganjem urina te vrlo malih količina krutih čestica (feces i stelja). Gnojnica nastaje kada se u uzgoju domaćih životinja koristi stelja, a preostali urin koji ne upije stelja skuplja se u prihvativim jamama za tekući gnoj, tj. gnojnicu.

2.2.1. Količina proizvedenog stajskog gnojiva

Prema prethodnim definicijama količina stelje ili prostirke značajno utječe na konzistenciju nastalih stajskih gnojiva. Tako je za proizvodnju krutog stajskog gnoja potrebno najmanje 1,5 kg stelje po mlijecnoj kravi dnevno, ali će se pri tome veći dio urina skupljati u prihvativim jamama i proizvoditi će se i velika količina gnojnica. Naravno, povećanje količine stelje smanjuje odvodnju slobodnog urina i količinu nastale gnojnica. Pri upotrebi 6-8 kg stelje po mlijecnoj kravi dnevno, tj. u stajama s dubokom steljom, sav urin vezan je steljom i nema proizvodnje gnojnica. Također, ako količina stelje nije veća od 0,5 kg po mlijecnoj kravi dnevno, smjesu nastale gnojnica i stelje još je uvijek moguće ispumpavati iz prihvativih jama.

Količina proizvedenog stajskog gnoja ovisi o 4 osnovna činitelja:

1. vrsta i težina domaće životinje
2. način hranidbe (dnevna količina suhe tvari u voluminoznoj krmi i smjesi)
3. dnevna količina stelje
4. odnos boravka u staji i ispaše.

Osnovni način procjene dnevne ili godišnje produkcije stajskog gnoja uključuje podatak dnevne količine suhe tvari u hranidbi (ST H) i dnevne količine prostirke (PR). Pri tome je procjena da govedo fecesom i urinom izluči masu oko 50 % konzumirane suhe tvari, a ukupna suha tvar na sebe veže četverostruku masu vode:

$$\text{kg/dan gnojiva} = (\text{ST H}/2 + \text{PR}) \times 4$$

Budući da suhranidba i količina stelje prilagođene vrsti i težini domaće životinje, ali i njenom proizvodnom ciklusu, primjenom gornje formule možemo procijeniti godišnje količine stajskog gnoja ovisno o vrsti i težini životinje, hranidbi i načinu držanja (tablica 17).



Tablica 17. Prosječne godišnje količine svježeg krutog stajskog gnoja ovisno o vrsti životinje, hranidbi i količini prostirke

Vrsta životinje	Prostirka (kg/dan)	Stajski gnoj (t/god)
Mlijecna krava bez teleta (500 kg)	1,5	13
	8,0	21
Krava s teletom	6,0	14
Tovna svinja (tov do 200 kg)	0,5	0,8
	1,0	1,4
Ovca s podmlatkom	2,0	1,4
Kokoši nesilice (100 komada)	1,8	2,9
	-	1,6

2.2.2. Kvaliteta stajskog gnojiva

Kvaliteta stajskog gnojiva uvjetovana je fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima gnojiva kojima opisujemo fertilizacijsku vrijednost, stabilnost i zrelost organskog gnojiva.

Na kvalitetu stajskog gnojiva značajno utječe:

1. vrsta domaće životinje
2. stelja
3. izlučevine
4. stupanj zrelosti i stabilnosti.

Vrsta domaće životinje značajno utječe i na kvalitetu gnojiva, tj. količinu hraniva u stajskom gnojivu. Prosječne koncentracije dušika (N), fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O) u krutim, polutekućim i tekućim stajskim gnojivima su vrlo različite (tablica 18.).

Tablica 18. Prosječne koncentracije N-P-K u svježim stajskim gnojivima

Vrsta gnojiva i životinje	N (kg/t)	P_2O_5 (kg/t)	K_2O (kg/t)
Kruti stajski gnoj goveđi	4-7	2-4	5-10
Kruti stajski gnoj konjski	5-6	3-8	6-8
Kruti stajski gnoj svinjski	6-8	6-12	4-7
Kruti stajski gnoj ovčji	7-9	5-8	8-13
Kruti stajski gnoj kokošji	12-20	12-14	5-7
Kokošji (suhu izmet bez stelje)	30-38	20-30	20-22
Vrsta gnojiva i životinje	N (kg/m ³)	P_2O_5 (kg/m ³)	K_2O (kg/m ³)
Gnojovka goveđa	2,5-3	1,5-1,7	2,5-3,5
Gnojovka svinjska	3,5-5	2,5-3,5	2,0-3,0
Gnojnica goveđa	2-5	0-0,1	3-8

Rasponi koncentracija hraniva različiti su zbog različitih udjela stelje te krutih i tekućih izlučevina. Stelja ima manji udio dušika, ali upija veće količine tekućih izlučevina te povećava koncentraciju N i K koji se uglavnom izlučuju urinom. Krute izlučevine, pak, u većoj mjeri sadrže fosfor, te je zbog toga u gnojnicama vrlo niska koncentracija fosfora.

Stelja utječe na kvalitetu stajskih gnojiva samom vrstom stelje, sadržajem celuloze i ukupnih ugljikohidrata te stupnjem razgrađenosti:

1. sadržaj celuloze (vrlo brzo se razlaže pa visok sadržaj celuloze podiže temperaturu stajskog gnojiva što povećava gubitke N u obliku amonijaka)
2. sadržaj ukupnih ugljikohidrata (veći sadržaj ubrzava mineralizaciju te je N brže raspoloživ biljkama iako je ukupni sadržaj N manji zbog više ugljikohidrata)

3. razgrađenost stelje određuju fizikalna i kemijska svojstva stelje (nerazgrađena stelja otežava ravnomjerno raspodjeljivanje stajskog gnojiva i smanjuje homogenost mase, a posljedica manje razgrađenosti je i širi C/N odnos)
4. vrsta stelje utječe na C/N odnos i pH reakciju (najširi C/N odnos je pri uporabi piljevine ili treslovina kao stelje, najuži pri uporabi kukuruzovine, dok lišće kao stelja rezultira kiselom pH reakcijom gnojiva)

Krute i tekuće **izlučevine** domaćih životinja glavni su izvor hraniva u stajskim gnojivima. Koncentracija hraniva u izlučevinama te količina izlučevina i odnos fecesa i urina značajno utječe na kvalitetu stajskih gnojiva:

1. količina izlučevina ovisi o vrsti životinje, intenzitetu hranidbe i sastavu stočne hrane
2. koncentrirana hrana s naglašenom proteinskom komponentom rezultira teže razgradivim lignoproteinskim kompleksima u gnojivu te je proces mobilizacije i raspoloživosti hraniva usporen
3. fosfor se izlučuje pretežito krutim izlučevinama pa je udio fosfora vrlo nizak u gnojnicama jer ne sadrže feces
4. dušik i kalij se pretežito izlučuju tekućim izlučevinama.

Sazrijevanje stajskih gnojiva odvija se na uređenim površinama za odlaganje svježeg stajskog gnoja. To su uglavnom betonirane površine na nepropusnom tlu, uz koje su obavezne jame za otjecanje procjedne tekuće faze stajskog gnojiva. Tijekom stajanja na hrpama stajski gnoj sazrijeva djelovanjem mikroorganizama (gljive, aktinomice-te, bakterije, protozoe) u aerobnim i anaerobnim procesima. Pri tome se značajno mijenjaju fizikalna, kemijska i biološka svojstva, a intenzitet i pravac mikrobioloških procesa sazrijevanja ovisi o pH vrijednosti, vlažnosti i aeriranosti.

Aeriranost ovisi o zbijenosti hrpe. Rastresite hrpe s više stelje pogoduju aerobnim procesima uz veće gubitke volumena i mase stajnjaka (u vidu CO_2 i H_2O), a također i dušika u amonijskom obliku. Međutim, u aerobnim hrpama se uz optimalnu vlažnost razvijaju veće temperature, ponekad dovoljno visoke da unište patogene mikroorganizme i klijavost sjemenki korova. Za uništavanje patogenih mikroorganizama temperatura u hrpama gnojiva mora biti minimalno 55-60 °C najmanje 3 dana, a za uništavanje klijavosti sjemena minimalno 63 °C.

Veće hrpe ili zbijene hrpe stajskog gnojiva, tj. gnojiva s manje stelje, pogodnije su za anaerobne procese gdje je manji gubitak mase gnojiva jer je proces sazrijevanja bitno sporiji, odvija se pri nižim temperaturama i gnojiva su manje zrelosti i stabilnosti. Negativna posljedica sazrijevanja stajskog gnojiva na nižim temperaturama je što sjemenke korova zadržavaju klijavost i u gnojivu zaostaju patogeni mikroorganizmi. Pored toga, anaerobnom razgradnjom proteina (truljenjem) nastaje neugodan miris stajskog gnojiva koji potječe od amina i merkaptana.

2.2.3. Kvaliteta svježeg i zrelog stajskog gnojiva

Proces pasivnog sazrijevanja stajskog gnojiva u hrpama ili naslagama različitih dimenzija rezultira promjenama fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava. Većina je promjena pozitivna, kako s aspekta ekološke pogodnosti, tako i s aspekta fertilizacijske vrijednosti gnojiva. Proces sazrijevanja stajskog gnojiva traje najmanje 6-9 mjeseci, a u određenim slučajevima i više od 12 mjeseci. Nemoguće je jednoznačno izraziti trajanje sazrijevanja jer pileće ili kokošije gnojivo neće sazrijeti niti nakon 12 mjeseci, a rahle hrpe goveđeg stajskog gnojiva mogu biti poluzrele već nakon 4-5 mjeseci i zrele nakon 6-9 mjeseci. Također, sazrijevanje je kraće u aerobnim uvjetima, a duže ako je hrpa prevlačna i zbijena. Loša svojstva svježeg stajskog gnojiva koja se mijenjaju sazrijevanjem su:

1. loša fizikalna svojstva i otežana raspodjela i zaoravanje
2. prisutni patogeni mikroorganizmi
3. velika kljavost korovskog sjemena
4. širok C/N odnos
5. relativno veći udio amonijskog oblika dušika
6. niže koncentracije fosfora i kalija
7. neugodan miris.

Loša fizikalna svojstva odnose se prvenstveno na nisku specifičnu gustoću ($0,1-0,15 \text{ g/cm}^3$), porozitet ispod 50 %, kapacitet za vodu ispod 40 % i slobodni zračni prostor ispod 20 %. Manipulacija takvim gnojivom znatno je otežana, raspodjeljivanje je nepravilno, a slama, zaorana kao sastavni dio svježeg stajskog gnojiva, može odvojiti površinski od podpovršinskog sloja tla. Posljedica u toplim mjesecima je brzo isušivanje tla iznad sloja slame zbog prekida kapilarnog uspona vode iz dubljih slojeva tla.

Prisutnost patogenih mikroorganizama ovisi o stanju na farmi, a svježi stajski gnoj ponekad sadrži patogene koji su opasni i za ljudsko zdravlje. Najznačajnija je u tom pogledu salmonela, a u goveđem gnojivu može biti prisutna i bakterija *Escherichia coli*. Patogeni u stajskom gnojivu su najveći rizik u proizvodnji korjenastog i lisnatog povrća čiji su jestivi dijelovi u dodiru s tlom. Sazrijevanje gnojiva uz visoke temperature (iznad $55-60^\circ\text{C}$) uništiti će patogene, ali se niti u aerobnim uvjetima pasivnog sazrijevanja neće uvijek razviti dovoljno visoke temperature. Siguran postupak postizanja dovoljno visokih temperatura je kompostiranje stajskih gnojiva, tj. aktivno aerobno sazrijevanje uz miješanje. Međutim, još uvijek treba biti oprezan jer svi dijelovi stajskog gnojiva moraju biti izloženi visokim temperaturama. To je gotovo nemoguće ostvariti bez miješanja hrpe jer će rubni dijelovi biti bez dovoljno vode i izloženi okolini temperaturama.

Stajsko gnojivo može sadržavati veliki broj sjemenki (na primjer *Abutilon theophrasti* Medik.) čiju će klijavost uništiti tek temperatura iznad 63 °C. Klijavo sjeme korova u svježem stajskom gnojivu otežava i poskupljuje njegu usjeva.

Širok C/N odnos, 25–40, nepovoljan je zbog moguće mikrobiološke fiksacije dušika. Naime, organska tvar s C/N odnosom iznad 25-33 ne sadrži dovoljno N za mikroorganizme pa oni biološki fiksiraju mineralni dušik iz okolnog tla. Mikroorganizmi su u takvima uvjetima direktni konkurenti biljaka za mineralni dušik što rezultira nedostatkom dušika za usjev, tzv. dušičnom depresijom. Primjeri (pre)širokog C/N odnosa su stajska gnojiva s piljevinom ili treslovinom, npr. konjska stajska gnojiva. Također, preširok C/N odnos je posljedica i niskog sadržaja N u stajskom gnojivu pa je moguće da kruto stajsko gnojivo s malim sadržajem dušika uopće neće povećati raspoloživost dušika u prvoj godini nakon aplikacije.

Veliki udio amonijskog oblika dušika rezultira visokim pH vrijednostima svježih gnojiva (iznad 8) što, uz organske kiseline i fenolne tvari može rezultirati fitotoksičnim djelovanjem svježeg stajskog gnojiva. Ipak, pojedine vrste su vrlo osjetljive na svježa gnojiva s velikim udjelom amonijskog dušika (na primjer salata), dok isto gnojivo na druge vrste djeluje pozitivno (na primjer karstavac, tikve, bundeve).

Niže koncentracije fosfora i kalija u svježem nego u zrelom stajskom gnojivu posljedica su tzv. „efekta razrjeđenja“. Mineralna tvar (uključujući fosfor i kalij) u svježoj je organskoj tvari s velikim udjelom organskog ugljika razrijeđena upravo tom organskom tvari. Sazrijevanjem gnojiva razgrađuje se dio organske tvari i organski ugljik se gubi u obliku CO₂. Količina fosfora i kalija istovremeno se ne smanjuje, ali je koncentracija veća zbog gubitka organske tvari. Iako je količina hraniva u gnojivu ostala ista (ne računajući ipak gubitke dušika), ipak je vrlo bitna povećana koncentracija jer je trošak prijevoza i aplikacije organskih gnojiva vrlo velik. Stoga je transport i aplikacija iste količine hraniva svježim stajskim gnojivom značajno skuplji nego zrelim stajskim gnojivom.

Zbog navedenih loših svojstava, nezreli stajski gnoj zaorava se u tlo znatno prije sjetve. Na težim tlima mora se aplicirati u jesen. Stajski gnoj treba unijeti u tlo neposredno nakon raspodjeljivanja jer je 50 %-tina iskoristivost N iz stajskog gnojiva moguća samo uz pravovremeno zaoravanje. Nepravovremeno zaoravanje smanjit će iskoristivost N na svega 20 %.

Sazrijevanje stajskog gnojiva smanjuje volumen, popravlja fizikalna svojstva jer se razgrađuje slama, snižava C/N odnos, smanjuje udio amonijskog dušika i snižava pH vrijednost. Navedene promjene znače pomak u pravcu zrelosti i stabilnosti stajskog gnojiva što ga čini pogodnjim za manipulaciju i aplikaciju na proizvodnim površinama.

2.2.4. Gubitci dušika iz stajskih gnojiva

Životinje izlučuju čak 40-75 % N u obliku ureje ili mokraćne kiseline pa N može vrlo brzo ispariti (volatizirati) u obliku amonijaka. Značajni gubitci su neizbjegni već prilikom izlučivanja N (vjerojatno oko 35 % izlučenog N), a u nepovoljnim uvjetima i više od 60 %.

Dakle, nezrela stajska gnojiva sadrže N u organskom i amonijskom obliku. Organski se oblik razgrađuje sporo, dok je amonijski oblik biljkama odmah raspoloživ. Većina stajskih gnojiva sadrže veći dio N u organskom obliku, ali kokošje i pileće stajsko gnojivo sadrže veliki dio N u amonijskom obliku i moraju se zaorati u tlo isti dan nakon raspodjeljivanja po površini tla.

Gubitak amonijskog N iz stajskih gnojiva veći je po toplovom, suhom i vjetrovitom vremenu, a manji po vlažnom i hladnom vremenu.

2.2.5. Iskoristivost hraniva iz stajskih gnojiva

Stajska gnojiva se značajno razlikuju po sadržaju amonijskog N, a time i po postotnom udjelu N koji će biti raspoloživ u prvoj godini nakon aplikacije (tablica 19). Najveći dio ukupnog N bit će raspoloživ već u prvoj godini nakon aplikacije polutekućih i tekućih stajskih gnojiva te pilećeg i kokšeg stajskog gnojiva zbog velikog udjela amonijskog oblika N. Najmanja je raspoloživost N u prvoj godini, a time i najznačajniji produžni fertilizacijski učinak N iz konjskog stajskog gnojiva.

Tablica 19. Raspoloživi N u prvoj godini nakon aplikacije (u % od ukupnog N)

Vrsta gnojiva	raspoloživi N (% od ukupnog N)
gnojovka i gnojnica	45-75
pileći i kokošji stajski gnoj	40-70
separat svinjske gnojovke	35-55
ovčji stajski gnoj	25-50
goveđi stajski gnoj	20-40
konjski stajski gnoj	15-20

Također, dinamika razgradnje, a time i mobilizacija hraniva iz organskih gnojiva, ne samo stajskih gnojiva, vrlo je različita. Po tome organska gnojiva dijelimo na gnojiva brze razgradnje i visoke raspoloživosti, gnojiva umjerene razgradnje i raspoloživosti te gnojiva sporije razgradnje i male raspoloživosti (tablica 20).

Tablica 20. Dinamika razgradnje i brzina raspoloživosti hraniva iz organskih gnojiva

razgradnja	raspoloživost	vrsta gnojiva
brza	visoka	svinjski, pileći i kokošji stajski gnoj tekući organski gnoj ekstrakti biljaka, algi, organskih gnojiva brašno od krvi i riblje brašno
umjerena	umjerena	komposti zreli govedji i ovčji stajski gnoj koštano brašno brašno od perja, rogova, kopita i papaka alge leguminoze
spora	mala	konjski stajski gnoj sijeno slama kukuruzovina lišće i iglice četinara

Dinamika razgradnje organskog gnojiva u tlu ovisi o vrsti i zrelosti gnojiva, temperaturi tla, vlažnosti i teksturi. U tlima različitih teksturnih klasa stajski gnoj se mineralizira tijekom 3-4 godine uz različite godišnje postotne rate mineralizacije (prosjek različitih vrsta krutih stajskih gnojiva):

- u teškim tlima (mineralizacija kroz 4 godine): 40–30–20–10 %
- u lakim tlima (mineralizacija kroz 3 godine): 50–30–20 %.

Naravno, na dinamiku razgradnje utječe i zrelost i stabilnost stajskog gnojiva, tako da razgradnja traje to duže što je gnojivo zrelije i stabilnije. Iskoristivost dušika iz zaorana svježeg stajskog gnojiva tijekom prve godine nakon gnojidbe može biti i veća od 50 %, dok je iz zrelih stajskih gnojiva manja (20-40 %). Međutim, manipulacija i aplikacija svježeg stajskog gnojiva rezultira i većim gubitkom dušika u usporedbi sa zrelim stajskim gnojivom.

Iskoristivost fosfora i kalija iz stajskih gnojiva u prvoj godini nakon zaoravanja slična je iskoristivosti istih hraniva iz mineralnih gnojiva. Pri tome iskoristivost fosfora u većoj mjeri ovisi o brzini razgradnje i pH vrijednosti tla.

2.2.6. Izbor organskog gnojiva i izračun potrebne količine

U slučaju niske raspoloživost nekog hraniva u tlu, tj. kada je velika potreba u gnojidbi određenim hranivom, treba izabrati organsko gnojivo s višim sadržajem istog (Koenig i Johnson, 2011.). Na primjer, za poljoprivrednu proizvodnju na tlu siromašnom fos-

forom, a bogato opskrbljeno kalijem, utvrđena je velika potreba u gnojidbi fosforom. U tom slučaju potrebno je izabrati gnojivo s većim sadržajem fosfora nego kalija, na primjer pileće, kokošje ili pureće stajsko gnojivo, separat svinjske gnojovke, koštano brašno, riblje brašno, brašno od rogova, kopita i papaka, te komposti u kojima su kao kompostno tvorivo u većoj mjeri korištena prethodno navedena organska gnojiva. S druge strane, treba li gnojidbom dodati značajno veće količine kalija nego fosfora, posebno su pogodne tekuće komponente stajskih gnojiva, tj. gnojnice, zatim gnojiva od morskih trava i algi te komposti s većim udjelom kalijem bogatih kompostnih tvoriva (drveni pepeo, kukuruzovina, slama, sijeno, leguminoze, iglice četinara). Od stajskih gnojiva najširi je K/P odnos u ovčjem stajskom gnojivu, a slijede goveđe i konjsko stajsko gnojivo.

Međutim, količine potrebnog organskog gnojiva izračunat ćemo na temelju potrebe u gnojidbi N, koncentracije N u gnojivu i njegove raspoloživosti u prvoj godini nakon aplikacije. Postupak izračuna provodimo u 5 koraka:

1. POTR = izračun potrebne količine N u gnojidbi organskim gnojivom
2. KONC = koncentracija N u gnojivu (kg N/t svježeg gnojiva)
3. RASP % = raspoloživost N u prvoj godini u %
4. RASP kg/t = izračun raspoloživog N u kg/t gnojiva = KONC × RASP %/100
5. APLIK = izračun količine za aplikaciju u kg/ha = POTR / RASP kg/t

Dakle, odluku o vrsti organskog gnojiva najčešće donosimo na temelju odnosa fosfora i kalija, a o količini na temelju udjela raspoloživog dušika. Naravno, za potrebe bilančiranja hraniva moramo izračunati koja će količina fosfora i kalija (u kg/ha P_2O_5 i K_2O) biti unesena u tlo aplikacijom potrebne količine gnojiva.

Količine stajskih gnojiva u praksi su 20-40 t/ha krutog stajskog gnojiva te 40-60 m³/ha gnojovke. Međutim, količinu stajskog gnojiva treba prilagoditi svojstvima tla, potrebi usjeva i koncentraciji hraniva u gnojivu. Naime, pod pretpostavkom da u tlo ne želimo unijeti više od 170 kg/ha N u obliku organskih gnojiva, maksimalne količine stajskih gnojiva koje smijemo godišnje aplicirati su oko 35 t/ha goveđeg stajskog gnojiva, 30 t/ha konjskog ili svinjskog, 20 t/ha ovčjeg, 10 t/ha kokošjeg i samo 7 t/ha suhog kokošjeg izmeta bez strelje. Također, aplikacija goveđe gnojovke limitirana je na 42 m³/ha, a svinjske gnojovke na 34 m³/ha. Naravno, prikazane vrijednosti imaju svoj raspon koji odgovara rasponu koncentracije N u navedenim gnojivima.

Pored količine apliciranog dušika, pozornost treba posvetiti i količini apliciranog fosfora (P_2O_5) i kalija (K_2O) jer navedenim maksimalnim količinama stajskih gnojiva u tlo unosimo i različite količine P i K. Aplikacijom 35 t/ha goveđeg stajskog gnojiva unosi se 105 kg/ha P_2O_5 i 170 kg/ha K_2O , s 30 t/ha konjskog gnojiva 85 i 170 kg/ha, svinjskog gnojiva 140 i 110 kg/ha, s 20 t/ha ovčjeg 105 i 170 kg/ha, s 10 t/ha kokošjeg 150 i 55 kg/ha, a sa 7 t/ha suhog kokošjeg 170 i 110 kg/ha P_2O_5 i K_2O . Maksimalnom dozovo-

Ijmom količinom goveđe gnojovke unosimo u tlo 85 i 210 kg/ha, a svinjske gnojovke 135 i 100 kg/ha P₂O₅ i K₂O.

Organska gnojiva primjenjuju se najčešće tako da se raspodjeljuju širom ili u uske trake po površini tla, nakon čega se unose u tlo, najčešće zaoravanjem. Drugi je vrlo čest način direktno unošenje organskog gnojiva u tlo injektorima ili aplikatorima, što je također unošenje u uskim trakama. To je najčešći način organske gnojidbe široko-rednih višegodišnjih usjeva i nasada.

2.2.7. Dugoročni učinci gnojidbe stajskim gnojivima

S aspekta dugoročnog učinka gnojidbe stajskim gnojivima najznačajniji je produžni fertilizacijski učinak stvaranjem značajnog rezervnog fonda organske tvari i hraniva u tlu. Vremenom će se potreba za novom gnojidbom organskim gnojivima smanjiti jer će se u tlu svake godine mobilizirati sve više hraniva iz rezervne organske tvari (Bary i sur., 2009.).

Ako potrebu u gnojidbi organskim gnojivima baziramo na potrebi gnojidbe dušikom, unos fosfora i/ili kalija uglavnom je iznad razine potrebe biljke. Posljedica je akumualacija fosfora i kalija čija će raspoloživost vremenom biti u klasi ekstremno bogatih tala (E).

Prekomjerna razina raspoloživog fosfora u tlu povećava ispiranje fosfora i otjecanje u vodotokove, tj. povećava rizik od opterećenja okoliša.

Prekomjerna razina raspoloživosti kalija nije veliki problem za većinu usjeva, ali prevelika razina K u krmi može biti štetna za domaće životinje.

U takvim je slučajevima nepotrebno aplicirati nove količine organskih gnojiva jer mogu imati negativne posljedice. Kvalitetnije rješenje je gnojidba mineralnim dušičnim gnojivima ili zelena gnojidba leguminozama uz izostavljanje gnojidbe fosforom i/ili kalijem.

2.3. Komposti

Komposti su organska gnojiva proizvedena kontroliranom oksidativnom mikrobiološkom razgradnjom različitih smjesa prvenstveno biljnih ostataka, pomiješanih sa stajskim gnojivima, životinjskim oстатcima i mineralnim dodatcima.

Iz navedenog proizlazi da je **kompostiranje** kontrolirana aerobna mikrobiološka razgradnja organske tvari. Osnovni tijek procesa kompostiranja:

1. za početak procesa kompostiranja neophodni su organska tvar dovoljne vlažnosti kao sirovina za kompostiranje i kisik
2. mikroorganizmi troše kisik za aerobnu razgradnju organskih spojeva

3. dio energije dobijen razgradnjom organskih spojeva pretvara se u toplinsku energiju i zagrijava kompostnu masu
4. temperatura se vrlo brzo preko mezofilnih uvjeta diže do termofilne faze aktivnog kompostiranja i proces razgradnje se ubrzava
5. dotok svježeg hladnijeg zraka osigurava aerobne uvjete i sprječava anaerobne procese i pad temperature
6. temperatura nekoliko tjedana ostaje u rasponu 40-60 °C i uništava patogene organizme i klijavost sjemenki korova
7. aktivno kompostiranje usporava kako se troše rezerve organskog ugljika u kompostnoj masi
8. temperatura mase opada (35 °C) i kompostiranje ulazi u fazu sazrijevanja
9. temperatura se spušta do okolišne i proces kompostiranja završava
10. nastala masa je zrela i stabilna tvar ugodna mirisa i slična humusu.

Smjesa polaznih sirovina, tj. kompostnih tvoriva mora ispuniti određene uvjete da bi kompostiranje bilo kvalitetno, tj. da bi slijedilo prethodno opisani tijek. Uvjeti kvalitetnog kompostiranja odnose se na aeriranost, C/N odnos, vlažnost, pH reakciju, temperaturu i fizikalna svojstva (homogenost, poroznost, tekstura, struktura). Optimalna fizikalna svojstva presudnog su utjecaja na održavanje dosta aeriranosti i vlažnosti, tako da optimalni raspon aeriranosti i vlažnosti podrazumijeva i odgovarajuću homogenost, poroznost, teksturu i strukturu. S druge strane, optimalna je temperatura doista neophodna za kvalitetno kompostiranje, ali nije preduvjet već posljedica intenziteta ostalih činitelja unutar prihvatljivog ili optimalnog ranga. Dakle, pet je činitelja kompostiranja koji trebaju biti unutar optimalnog ili bar prihvatljivog raspona (tablica 21):

1. vlažnost kompostne mase
2. C/N odnos (odnos ugljika i dušika)
3. aeriranost (koncentracija kisika)
4. pH vrijednost
5. temperatura.

Tablica 21. Optimalni i prihvatljivi rasponi inteziteta činitelja kompostiranja

činitelj	prihvatljivi raspon	optimalni raspon
sadržaj vlage	40-65 %	50-60 %
C/N odnos	20:1-40:1	25:1-30:1
koncentracija kisika	> 5 %	> 10 %
pH	5,5-9,0	6,5-8,0
temperatura	40-65 °C	55-60 °C

Izvor: Rynk (1992.).

Vlažnost je neophodna za kemijske reakcije, ali i za kretanje hraniva i mikrorogani-zama. Proces kompostiranja se značajno usporava kada vlažnost padne ispod 40 % jer je mikrobiološka aktivnost vrlo spora. S druge strane, porastom vlažnosti iznad 65 % voda istiskuje zrak iz pora i stvara anaerobne džepove. Tijekom kompostiranja vlažnost u kompostnoj masi opada te je potrebno da početna vlažnost bude značajno iznad 40 %. Stoga se u pripremama kompostnih smjesa suhe komponente (npr. lišće, slama, sijeno) miješaju s vlažnim komponentama (gnojovka, gnojnica, digestat) ili im se jednostavno dodaje voda do optimalne početne vlažnosti **50-60 %**. Postotak optimalne vlažnosti ovisi i o volumnoj gustoći, veličini čestica ili teksturi, strukturi i poroznosti pa je opće pravilo da je kompostna masa prevlažna kada iz nje rukom možemo iscijsediti vodu, a presuha kada u ruci ne osjetimo vlažnost.

C/N odnos značajno utječe na intenzitet kompostiranja jer nedostatak N (širok C/N odnos) produžuje proces kompostiranja, a nedostatak C (uzak C/N odnos) onemogućuje stabilizaciju N i rezultira značajnim gubitcima u amonijskom obliku.

Mikroorganizmi trebaju 25 puta više C nego N jer C koriste za dobijanje potrebne energije i za rast, a N koriste za bjelančevine. Optimalan početni C/N odnos kompostne smjese je 25:1-30:1, iako je prihvatljivi raspon 20:1-40:1. Pri širim C/N odnosima, a posebice iznad 50:1 potrebno je značajno duže vrijeme kompostiranja da bi mikroorganizmi potrošili suvišni C. Pri odnosima užim od 20:1 raspoloživi C će biti potrošen bez potpune stabilizacije N pa će biti povećani gubitci preostalog N u amonijskom obliku.

Također je potrebno voditi računa o brzini razgradnje organskog C. Najbrže se razgrađuju jednostavnji šećeri iz ostataka voća i povrća te ostalih svježih biljnih materijala. Veliki udio takvog tvoriva može imati isti učinak na gubitak N kao i preuski C/N odnos. Značajno sporija je razgradnja celuloze, tj. slame i sličnih materijala. Najsportija je razgradnja drvenastih materijala zbog lignina koji je znatno rezistentniji na biološku razgradnju. Razgradnja lignina može se povećati usitnjavanjem materijala, ali ne na štetu poroznosti (neophodna zbog aerobnih uvjeta), ili povećanjem C/N odnosa, ali tada kompostiranje traje duže.

Odgovarajuća **konzentracija kisika** neophodna je za aerobne procese, minimalna koncentracija je 5 %, a optimalna je **iznad 10 %**. U početnim fazama kompostiranja vrlo brzo se razgrađuju šećeri i velika je potrebna za kisikom, a u dalnjem procesu potreba opada. U uvjetima nedovoljne aeriranosti odvijaju se anaerobni procesi koji rezultiraju nakupljanjem metana, organskih kiselina i sumporovodika.

Međutim, kisik nije neophodan samo zbog aerobnih mikroorganizama, već je svježi zrak neophodan i zbog razmjene plinova i vodene pare s okolinom, a još je veća potreba za svježim zrakom zbog otpuštanja topline.



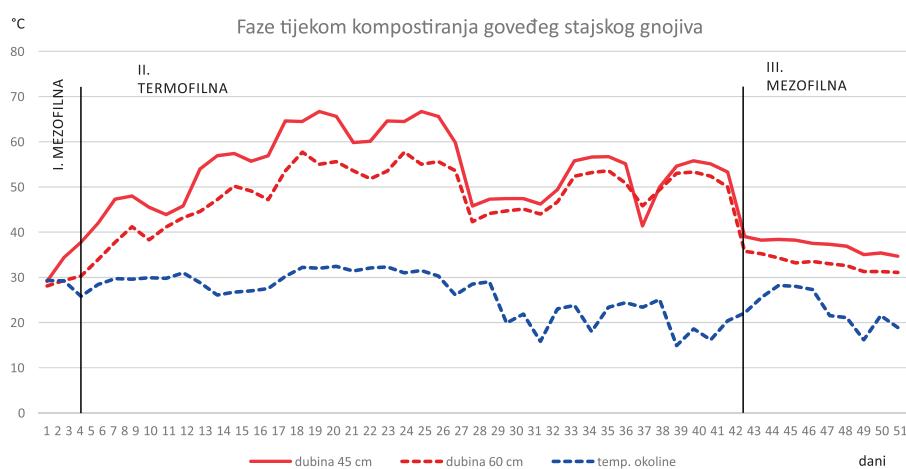
Optimalna **pH reakcija** kompostne mase je **6,5-8,0**. Kompostiranje će se odvijati zadowoljavućom dinamikom unutar pH raspona 5,5-9,0 jer u procesu sudjeluje široki spektar mikroorganizama. Naravno, kompostiranje je optimalno unutar slabo kisele i neutralne reakcije, a znatno sporije pri pH 5,5 ili 9,0. pH reakcija značajna je kod kompostnih smjesa koje imaju veliki udio N jer se pri visokom pH (iznad 8,5) dušik prevodi u amonijski oblik te još povećava pH vrijednost pa se povećava gubitak amonijskog dušika. Prilagodba pH reakcije do vrijednosti < 8,0 smanjuje gubitke dušika u amonijskom obliku. U literaturi se mogu naći preporuke dodavanja vapna u kompostnu smjesu. Međutim, vapno i drugi dodatci (dolomit, pepeo) koji podižu pH vrijednost nisu poželjni zbog potencijalnog gubitka amonijskog dušika.

pH vrijednost se tijekom kompostiranja mijenja u oba pravca, do zakiseljavanja dolazi uslijed povećane produkcije organskih kiselina, a do alkalizacije prevođenjem organskog dušika u amonijski oblik. Međutim, aerobno razgrađene kompostne smjese rezultirat će na kraju procesa pH vrijednostima u rasponu **6,0-8,0**, a najčešće nešto užim rasponima u okviru slabo kisele ili neutralne reakcije.

Anaerobni proces razgradnje neće rezultirati ovakvim tijekom pH, već će doći do akumulacije organskih kiselina (nema razgradnje u aktivnoj termofilnoj fazi) i zakiseljavanja do pH 4,5. U takvim je uvjetima aktivnost mikroorganizama limitirana. Rješenje je aeracija uslijed čega će se razviti aktivna termofilna faza i razgraditi nagomilane organske kiseline.

Temperatura tijekom kompostiranja vrlo brzo postiže razinu mezofilne (10-40 °C) i termofilne (> 40 °C) faze. Termofilna faza je vrlo značajna zbog postizanja temperaturu koje će uništiti patogene i klijavost sjemena korova. Za razvijanje tako visokih temperatura neophodni su aerobni uvjeti, tj. dovoljna aeriranost kompostne hrpe i optimalna vlažnost. Minimalna temperatura za uništavanje patogena je 55 °C (55-60 °C tijekom 1-2 dana), a za uništavanje klijavosti sjemena korova 63 °C (tijekom 1-2 dana). Tako visoke temperature komposti mogu postići vrlo brzo, već nakon 5-10 dana ili 10-15 dana (grafikon 1), ovisno o kompostnoj smjesi i načinu kompostiranja, ali isključivo u aerobnim uvjetima.

Grafikon 1. Temperature i faze kompostiranja goveđeg stajskog gnojiva



Izvor: Vukobratović (2008.)

Faze kompostiranja prema razvijenoj temperaturi (Trautmann i Krasny, 1998.):

1. MEZOFILNA FAZA (10-40 °C)

Prva mezofilna faza prosječno traje samo nekoliko dana jer se već nakon 3. dana razvijaju temperature iznad 40 °C i počinje termofilna faza.

Tijekom prve mezofilne faze **brza je razgradnja topivih šećera i škroba** koje mezofilne bakterije i gljive koriste za svoj eksplozivan rast.

2. TERMOFILNA FAZA (40-70 °C)

Termofilna faza počinje vrlo brzo, pri kompostiranju goveđeg stajskog gnojiva u hrpama s pasivnim aeriranjem već 4. dan (grafikon 1) na dubini hrpe 30-45 cm. Međutim, to značajno ovisi o aeriranosti, vlažnosti i C/N odnosu, te je na dubini 45-60 cm termofilna faza nastupila tek 6. dan, a na dubini 15-30 cm

već drugi dan (Vukobratović, 2008.). Ova faza može trajati 10 dana ili 2-3 tjedna, ali i puno duže uz miješanje i dopunsko vlaženje kompostne hrpe. Tako je termofilna faza u kompostiranju goveđeg stajskog gnojiva trajala 39 dana, konjskog gnojiva 49 dana, a separata svinjske gnojovke 62 dana. Najduže je trajala termofilna faza kompostiranja pilećeg gnojiva, čak 100 dana, ali niti nakon toga kompost nije bilo stabilan.

U termofilnoj fazi razvija se miješana populacija termofilnih bakterija i aktinomiketa te većine gljiva tolerantnih na visoke temperature. U termofilnoj fazi razlažu se **proteini, masti, celuloza i hemiceluloza**. Također, uništava se klijavost sjemena korova i patogeni mikroorganizmi, ali ako je temperatura iznad 60-65 °C odumiru i korisni mikroorganizmi te je tada potrebna aeracija.

3. MEZOFILNA FAZA (10-40 °C)

Druga mezofilna faza traje različito vrijeme, ovisno o početnoj smjesi, duže traje ako je veći udio drvenastih materijala, a završava kada se temperatura hrpe izjednaci s okolišnom temperaturom.

Razvijaju se mezofilne aktinomicete, ostale bakterije i predominantno gljive. U drugoj mezofilnoj fazi odvijaju se dugotrajni i spori procesi **degradacije lignina i ostalih rezistentnih komponenti i stvaraju se stabilne humusne komponente**.

Druga mezofilna faza je faza **SAZRIJEVANJA** komposta tijekom koje kompost postaje stabilan i zreo.

2.3.1. Materijali za kompostiranje (sirovine ili kompostna tvoriva)

Najznačajnija kompostna tvoriva, tj. materijali za kompostiranje su organski nusproizvodi i otpadne tvari. Na poljoprivrednim gospodarstvima to su u prvom redu stajski gnojiva sa ili bez stelje, žetveni ostatci i prerađivački otpad. Pogodna kompostna masa najčešće je smjesa dvaju ili više materijala jer vrlo rijetko samo jedan materijal može ispuniti sve potrebne uvjete. Međutim, možda je upravo kruti goveđi stajski gnoj sirovina koja ispunjava sve uvjete, ali je to zapravo smjesa krutih i tekućih izlučevina i stelje. Pri tome su izlučevine u osnovi polutekući stajski gnoj, tj. vlažna i dušikom bogata komponenta, a slama je suhi dodatak bogat ugljikom. Upravo s tog aspekta sva kompostna tvoriva možemo podijeliti u tri grupe:

1. primarno tvorivo komposta (najčešće bogato dušikom i vlažno, na primjer gnojovka)
2. dodatak bogat ugljikom (najčešće suhi dodatak, na primjer slama)
3. kondicioner za popravljanje fizikalnih svojstava (najčešće teže razgradiv, na primjer drvena sječka).

C/N odnos i vlažnost su svojstva kompostnih tvoriva koja primarno određuju izbor materijala za kompostnu smjesu. Cilj je kombiniranja vrsta i udjela materijala različitih svojstava napraviti smjesu koja će ispunjavati uvjete vlažnosti, C/N odnosa, aeriranosti i pH reakcije (tablica 21).

Osnovna svojstva različitih kompostnih materijala sumirana su (Rynk, 1992., Trautmann i Krasny, 1997.) u ocjenu kao primarno tvorivo, dodatak ili kondicioner (tablica 22).

Tablica 22. Svojstva i ocjena kompostnih materijala

Tvorivo	svojstva	ocjena
goveđi stajski gnoj	<ul style="list-style-type: none"> - bogat dušikom i vlažan - C/N odnos ovisi o udjelu stelje - brzo se razgrađuje - zahtijeva veliki volumen suhog dodatka bogatog ugljikom 	<ul style="list-style-type: none"> vrlo dobro primarno tvorivo
konjski stajski gnoj	<ul style="list-style-type: none"> - širi C/N odnos (20-50) i manje vlage - brzo se razgrađuje - može se kompostirati samostalno, dobar u smjesi s goveđim stajskim gnojivom 	<ul style="list-style-type: none"> odlično primarno tvorivo
svinski stajski gnoj	<ul style="list-style-type: none"> - bogat dušikom i prevlažan - C/N odnos 10-15 - neugodan miris - brzo se razgrađuje - zahtijeva veliki volumen suhog dodatka bogatog ugljikom 	<ul style="list-style-type: none"> dobro primarno tvorivo
peradski stajski gnoj	<ul style="list-style-type: none"> - jako bogat dušikom (C/N 10-15) - umjereno vlažan - brzo se razgrađuje - zahtijeva veliki volumen dodatka bogatog ugljikom - visok pH i veliki gubitci NH₃ - neugodan miris 	<ul style="list-style-type: none"> dobro do vrlo dobro primarno tvorivo
ostala stajska gnojiva (ovčji, kozji, zečji)	<ul style="list-style-type: none"> - jako bogati dušikom i relativno suhi - brzo se razgrađuju - dobri u smjesi s ostalim gnojivima 	<ul style="list-style-type: none"> dobro primarno tvorivo

Tvorivo	svojstva	ocjena
lišće	<ul style="list-style-type: none"> - relativno suho i bogato ugljikom - C/N odnos 40-80 - dobra razgradljivost - umjeren kapacitet upijanja vode - u smjesi koristiti kao primarno tvorivo ili kao dodatak 	dobro primarno tvorivo
ostatci voća i povrća	<ul style="list-style-type: none"> - nizak C/N odnos (10-20) - umjerena do velika vlažnost - dobra razgradljivost - loša struktura, stvara anaerobne uvjete 	zadovoljavajuće do dobro primarno tvorivo
trava	<ul style="list-style-type: none"> - nizak C/N odnos (10-25) - umjerena do velika vlažnost - brza razgradljivost - dobar izvor dušika - loša struktura, stvara anaerobne uvjete - u smjesi dobra struktura 	dobro primarno tvorivo
ostatci prehrambene industrije	<ul style="list-style-type: none"> - varijabilna svojstva - prešani materijali suhi - nizak C/N odnos - loša razgradivost 	loše do dobro primarno tvorivo
komina masline	<ul style="list-style-type: none"> - visok sadržaj lignina, celuloze i hemiceluloze - visok sadržaj topivih soli i amonijaka - spora razgradivost 	dobro primarno tvorivo
slama	<ul style="list-style-type: none"> - visok C/N odnos (50-150) - suha, dobra razgradljivost - koristi se kao strelja - dobro upija vodu i smrad 	odličan dodatak
piljevina i strugotina	<ul style="list-style-type: none"> - vrlo visok C/N odnos (450-1.300) - suha, loša razgradljivost - strugotina se sporije razgrađuje - koristi se kao strelja - dobro upija vodu i smrad 	zadovoljavajući do dobar dodatak

Tvorivo	svojstva	ocjena
drvna sječka	- vrlo visok C/N odnos (150-1.300) - suha, loša razgradljivost - odlična struktura	loš dodatak ali vrlo dobar kondicioner
kora drveta	- visok C/N odnos (400-1.200) - suha, dobra razgradljivost - više N nego piljevina i strugotina - može se samostalno kompostirati - dobar za proizvodnju malčeva i supstrata za uzgoj presadnica	loš dodatak ali vrlo dobar kondicioner
gotov kompost	- umjereno suh - nizak do umjeren C/N odnos - dobar izvor mikroorganizama - dobar dodatak prevlažnim tvorivima bez povećavanja C/N odnosa	dobar dodatak
bijeli treset	- kiseli vlaknasti materijal - nizak udio N, visok C/N odnos - velika sposobnost upijanja vode i smrada - vrlo skup	odličan dodatak
drveni pepeo	- vrlo suh i alkalan - bez ugljika i dušika - značajan sadržaj kalija - sklon sljepljivanju - dobar dodatak vlažnim kiselim smjesama - ne koristiti ako je pH visok	zadovoljavajući do dobar dodatak
vapno i dolomit	- suh i alkalan - koristi se za neutralizaciju smrada - nepotreban i često štetan dodatak jer pH bude previsok	loš (nepotreban) dodatak
urea	- koristi se za snižavanje C/N odnosa - učinak kratkotrajan jer je N raspoloživ puno brže od C što dovodi do gubitka viška NH ₃	loš (nepotreban) dodatak

2.3.2. Sustavi i metode kompostiranja

Kompostiranje obuhvaća čitav niz metoda i načina kompostiranja prilagođenih vrsti i količinama polaznih materijala, dinamici kompostiranja, raspoloživom prostoru i stupnju ulaganja. Zbog toga je kompostiranje sve prisutnije u svim oblicima gospodarenja organskom tvari i otpadom, počevši od obiteljskog urbanog kompostiranja do velikih industrijskih pogona. S obzirom na svojstva kompostnog prostora i mogućnost kontrole procesa, kompostiranje se dijeli na dva osnovna sustava:

1. **otvoreni sustavi**
2. **zatvoreni (bioreaktorski) sustavi.**

Otvoreni sustavi kompostiranja obuhvačaju različite metode pasivne i aktivne aeracije kompostne mase. Osnovna im je zajednička karakteristika što su jednostavniji od zatvorenih sustava, zahtijevaju višestruko manju investiciju, većeg su kapaciteta, ali je potrebno više prostora i vremena za kompostiranje.

Također, otvoreni sustavi kompostiranja su pod velikim, ponekad limitirajućim, utjecajem vremenskih prilika kao što su učestale i obilne oborine, preniska ili previšoka temperatura i isušivanje. Međutim, dobro organizirani sustavi mogu značajno reducirati i gotovo potpuno neutralizirati vanjske utjecaje. Kontrola procesa kompostiranja u otvorenim sustavima je otežana i ograničena te su gubitci ugljika (CO_2 , CH_4) i dušika (NH_3 , NO_3^-), kao i neugodan miris uvijek značajno veći u otvorenim sustavima. Stoga su otvoreni sustavi manje pogodni za kompostiranje u urbanim sredinama.

Zatvoreni (bioreaktorski) sustavi kompostiranja omogućavaju kontrolu aeracije, temperature, vlažnosti i gubitaka plinova. Prednosti su neovisnost o vremenskim uvjetima, brže i homogenije kompostiranje, kontrola emisije plinova i neugodnog mirisa, a potrebno je manje prostora i radne snage. Ovaj sustav kompostiranja daje ujednačen kompost dobre kakvoće i prikladan je za urbana područja, gdje je prostor ograničen.

Nedostatak je kapacitet reaktora, ali i velika ulaganja u izgradnju sustava i osposobljavanje za upravljanje pogonom i održavanjem opreme.

Razlikujući pasivne i aktivne metode u otvorenom sustavu kompostiranja, najznačajnijih 5 metoda kompostiranja su:

1. pasivno kompostiranje u hrpama ili naslagama
2. kompostiranje u dugačkim kamarama (eng. windrow) s miješanjem
3. kompostiranje u statičnim kamarama s pasivnim aeriranjem
4. kompostiranje u statičnim kamarama s aktivnim aeriranjem
5. kompostiranje u bioreaktorima.

Pasivno kompostiranje u hrpama ili naslagama

Pasivnim kompostiranjem u hrpama stožastog oblika najčešće se kompostiraju kruta stajska gnojiva s dovoljno stelje ili lišće. U stajskim gnojivima mora biti dovoljno stelje (slame ili kukuruzovine) zbog poroznosti i stabilne strukture hrpe. Ako je premalo stelje nema dovoljno kisika, struktura se lako zbiji i stvaraju se anaerobni džepovi. Posljedica je niska temperatura, spora razgradnja, oslobađanje sumporovodika i drugih komponenti neugodna mirisa. Vlaga se ne izdvaja jer nema strujanja zraka niti povišene temperature pa hrpa ostaje vlažna i anaerobna.

Ako je dovoljno stelje, poroznost i struktura su stabilni, počinje aerobni proces i razvija se temperatura dosta na za izdvajanje suviše vlage i nastavak razgradnje organskih kiselina. Stelja također povećava C/N odnos što ubrzava razgradnju. Dio će kompostne mase ipak biti razgrađen anaerobno, na što presudno utječe poroznost. Stoga je često u hrpe stajskih gnojiva potrebno umiješati rastresiti dodatak male vlažnosti i širokog C/N odnosa (slama, kukuruzovina). Minimalan volumni udio rastresitog suhog dodatka (stelja + dodatak) je 50 %.

Stožaste hrpe s pasivnim kompostiranjem ne smiju biti prevelike da bi strujanje zraka bilo bar donekle moguće. Maksimalne dimenzije ovakvih hrpa su visina 2 m i promjer 4-5 m.

Kompostiranje u dugačkim kamarama (eng. windrow) s miješanjem

Kamare ili stogovi su dugačke trapezoidne hrpe visine 1-4 metra i širine 3-6 metara. U kamarama je dobro izmješana smjesa različitih kompostnih tvoriva, optimalne vlažnosti i dobre poroznosti. Aeriranost smjese osigurava se redovitim miješanjem.

Visina kamare presudna je za kvalitetu kompostiranja jer se aerira prirodnim ili pasivnim strujanjem zraka (konvekcija i difuzija). Ako je kamara premalena toplina će se brzo gubiti i ne može dostići temperaturu potrebnu za uništavanje klijavosti sjemena i patogena. S druge strane, prevelika kamara rezultirat će nedovoljnim strujanjem zraka i stvaranjem anaerobnih zona. Optimalna veličina ovisi o rastresitosti i poroznosti smjese. Na primjer, kamara visine 2 metra i širine 4 metra može biti prevelika za slabo poroznu i zbijanju sklonu smjesu s velikim udjelom stajskog gnojiva, a premala za rastresitu lagantu smjesu s velikim udjelom slame ili lišća.

Učinci miješanja kompostne mase su:

1. obnavlja poroznost kamare
2. oslobađa toplinu
3. omogućuje isparavanje vode i plinova
4. aerira kompostnu masu
5. homogenizira masu.

Međutim, iako miješanje aerira hrpu, mikroorganizmi vrlo brzo potroše kisik (otprilike u roku pola sata) te je najvažniji učinak miješanja obnavljanje poroznosti kompostne mase koja omogućuje daljnje pasivno aeriranje. Vrlo je bitno i homogeniziranje mase miješanjem rubnih dijelova koji su slabije kompostirani s bolje kompostiranim unutrašnjim dijelovima hrpe.

Aktivna faza kompostiranja ovom metodom traje 3-9 tjedana, ovisno o svojstvima mješavine i učestalosti miješanja. Najkraća aktivna faza postiže se miješanjem dva puta dnevno u prvom tjednu, a zatim svaka 3-4 dana (Rynk, 1992.).

Kompostiranje u statičnim kamarama s pasivnim aeriranjem

Trapezoidne hrpe kompostne smjese mogu biti snabdjevene kisikom i svježim zrakom pomoću perforiranih cijevi položenih na dnu kompostne hrpe. Sustav pasivnog aeriranja vrlo dobro funkcioniра zbog dizanja toplog zraka kroz kompostnu masu prema gornjim slojevima (i konačno izvan mase) ustupajući tako mjesto hladnjem zraku iz sustava cijevi s dna hrpe. Ovakve kamare su statične i miješanje nije potrebno. Stabilna poroznost i rastresitost mase još je važnija pri ovakovom načinu kompostiranja jer nema naknadnog miješanja pa se zbijanje pri formiranju hrpe mora svesti na minimum. Također, masa mora biti dobro homogenizirana.

Dno statičnih kamara čini 20-ak cm rastresitog sloja slame, kukuruzovine, treseta ili zrelog komposta. Najpogodniji su zreli kompost i kiseli treset, ali su najjeftini slama i kukuruzovina (najmanje pogodna). Na rastresiti sloj postavljaju se perforirane cijevi s otvorenim krajevima radi nesmetanog protoka zraka. Cijevi se postavljaju okomito na pravac protezanja kamare. Na cijevi se nanosi homogenizirana smjesa kompostnih materijala visine 1-1,5 m i širine 3-4 m, ovisno o vrsti, poroznosti i stabilnosti strukture smjese. Kompostna masa se postavlja u oblik trapezoida ili tunela sa zaobljenim vrhom. Cijela površina prekriva se 10-20 cm debelim pokrovnim slojem. Najbolji pokrovni sloj je kiseli treset (smanjuje gubitak amonijaka) i zreli kompost. Nešto manje pogodne su smjese usitnjene slame, kukuruzovine, piljevine ili treslovine s mineralnim (tlo) ili organskim (stjaski gnoj) dodatcima veće volumne gustoće. Smjese otežavaju protok plinova i vodene pare što dovodi do znatno većeg stvaranja anaerobnih džepova i zona. Pokrovni sloj izolira kompostnu hrpu, sprječava prekomjerno isušivanje, gubitak topline i širenje neugodnih mirisa te smanjuje gubitak amonijaka.

U statičnim kamarama razvija se temperatura do 60 °C, a aktivna faza kompostiranja stajskih gnojiva traje 8-12 tjedana.

Kompostiranje u statičnim kamarama s aktivnim aeriranjem

Statične kamare mogu biti aktivno aerirane upuhivanjem zraka kroz perforirane cijevi. Ovakvim načinom ubrzan proces aktivnog kompostiranja traje 3-6 tjedana.

Kamara također ima cijev, rastresito dno, kompostnu masu i pokrov. Razlike u odnosu na kamaru s pasivnim aeriranjem su (Rynk, 1992.):

1. cijev se postavlja u pravcu protezanja kamare (dužina 20-25 m)
2. rastresiti materijal obavezno obavija cijev, a bočno se proteže ovisno o širini kamare (u pravilu do $\frac{1}{3}$ širine kamare, a optimalna je tolika širina rastresitog materijala da preostala širina kamare bude jednaka njenoj ukupnoj visini)
3. visina kamare je 2,0-2,5 m.

Prednost aktivnog aeriranja je što se kamare mogu vrlo učinkovito spajati, tj. slagati jedna pored druge. Pri tome svaka kamera ima svoju perforiranu cijev i upuhivač zraka. Ovisno o svojstvima kompostne smjese (C/N odnos, poroznost, struktura, vlažnost) pojedinačne kamare bočno naslonjene jedna na drugu mogu biti potpuno spojene ili međusobno odvojene pokrovnim (u ovom slučaju izolacijskim) slojem.

Kompostiranje u bioreaktorima

Kompostiranje u bioreaktorima je kompostiranje u različitim oblicima zatvorenog sustava, manjih (kante) ili većih (kontejneri) dimenzija. Koriste se različite metode miješanja i aeriranja kompostne mase kako bi se ubrzao proces aktivnog kompostiranja.

Nekoliko je grupa bioreaktora:

1. zatvorene posude
2. zatvoreni prostori
3. kontejneri s pokretnim dnom
4. vertikalni bioreaktori
5. rotirajući bioreaktori
6. prenosivi kontejneri.

Zatvorene posude mogu biti plastične, drvene, metalne prenosive posude stožastog, okruglog ili pravokutnog oblika. Primjeri su kante, sanduci i manji kontejneri. U osnovi je značajno dobro izolirati stijenke posude (zbog čuvanja topline) jer manji volumeni lakše gube toplinu, potrebno je osigurati procjeđivanje viška vode i posudu puniti poroznim materijalom optimalne vlažnosti i C/N odnosa. Minimalni volumen kvalitetnog kompostiranja je oko 1 m^3 , a svi manji volumeni mogu trebati dopunski izvor topline (npr. sunce).

Zatvoreni prostori mogu biti prilagođeni prostori postojećih gospodarskih zgrada ili izgrađeni objekti za kompostiranje. Stijene (zidovi) mogu biti klasični zidani, betonirani, drveni ili od drugih pogodnih materijala dobre toplinske izolacije. Krovište može biti pokretno ili fiksno. Pri kompostiranju se najčešće koristi tehnologija statičnih kamara s pasivnim ili aktivnim aeriranjem, a aeriranje miješanjem pogodno je za prostorije s pomicnim krovištem. Dimenzije prostora znatno variraju, a ovise o svojstvima kompostnih materijala i količinama. U ovakvim prostorima mogu biti

vrlo jednostavni sustavi kontrole temperature, vlage i izdvajanja plinova, ali mogu biti instalirani i vrlo sofisticirani kontrolni sustavi sa sondama i kompjutorskim jedinicama.

Kontejnери s pokretnim dnom su u suštini zatvoreni prostori s mehaničkim miješanjem i kontinuiranim pražnjenjem i punjenjem kontejnera. Često je više paralelnih kontejnera, tj. prostora odvojenih pregradom ili zidom. U ulaznom se dijelu kontejner puni svježom kompostnom smjesom, zrak se upuhuje kroz perforirane cijevi postavljene na dnu kontejnera (okomito na kretanje pokretnog dna), obično postoji sustav mehaničkog miješanja mase, a pokretno dno premješta masu k dijelu kontejnera za pražnjenje. Dakle, ovakav sustav kombinira periodično miješanje i aeriranje mase što je optimalno provoditi na temelju točnog stanja (temperatura, vlažnost) pa su kontejneri opremljeni sondama i centralnom kontrolnom jedinicom.

Vertikalni bioreaktori su izgrađeni kao silosi koji se pune na vrhu, a prazne na dnu. Zrak se aktivno upuhuje na dnu bioreaktora te cirkulira k vrhu. Velika im je prednost ušteda prostora jer su građeni u visinu, a nedostatak je zbijanje mase i otežano održavanje aerobnih uvjeta. Budući da miješanja praktički nema, potrebno je dobro usitniti i homogenizirati masu prije punjenja bioreaktora. Smjesa mora biti dovoljno porozna i što otpornija na zbijanje. Proces aktivnog kompostiranja je vrlo brz i traje svega nekoliko tjedana, ovisno o svojstvima smjese. Nakon toga kompost se odlaže na sazrijevanje. Vertikalni su bioreaktori uglavnom opremljeni sustavom kontrole temperature i vlage (sonde). Karakteriziraju ih veliki kapaciteti kompostiranja.

Rotirajući bioreaktori su horizontalni bioreaktori s riješenim problemom zbijanja mase, odličnim miješanjem komponenti i najbržim procesom aktivnog kompostiranja. Komponente se zajednički unose u bubanj koji rotira oko svoje horizontalne osi. Plitka pužna konstrukcija unutarnjih stijenki lagano transportira kompost k izlaznom dijelu bubnja. Zrak se upuhuje u suprotnom pravcu, a kroz centralni dio bubnja ponekad se upuhuje topli zrak radi inteziviranja aktivnog kompostiranja. Rotirajući bioreaktori imaju veliki dnevni kapacitet, nekoliko desetina tona, služe za dobro miješanje i homogeniziranje smjese te za brzi prolazak komposta kroz termofilnu fazu. Nakon toga se kompost obično odlaže u kamare sa sustavom povremenog aeriranja (najčešće pasivno, rijeđe miješanjem ili aktivno).

Prenosivi kontejneri su manji kontejneri (na primjer veličine vagona ili kamionske prikolice) s pokretnim dnom rjeđe snabdjeveni vlastitom pogonskom jedinicom, a češće dizajnirani kao priključak pogonskom agregatu. Pogodni su za brzo aktivno kompostiranje na gospodarstvima s dislociranim izvorima glavnih kompostnih tvoriva. Najčešće su opskrbljeni ulaznim mikserom, pokretnim dnom, pomičnim pregradnim stijenama unutar kontejnera, sustavom za upuhivanje zraka, sondama za kontrolu

temperature, vlage i aeriranosti te izlaznom jedinicom (rampa za pražnjenje). Proces aktivnog kompostiranja u optimalnim uvjetima može završiti kroz nekoliko dana (3-4), ovisno o svojstvima smjese.

2.3.3. Promjene tijekom kompostiranja

Proces kompostiranja biljnih ostataka, stajskih gnojiva i ostalih kompostnih tvoriva pretvara kompostnu smjesu u visokokvalitetno stabilno i zrelo organsko gnojivo. Posljedica kompostiranja je, pored smanjenja volumena za oko 50 %, pozitivna promjena čitavog niza svojstava organskih gnojiva (tablica 23):

1. povećani udio mineralnih tvari, tj. pepela
2. poboljšana fizikalna svojstva (povećana gustoća, porozitet, kapacitet za vodu)
3. neutralizacija pH vrijednosti
4. snižavanje C/N odnosa i odnosa amonijskog i nitratnog oblika dušika
5. smanjena fitotoksičnost
6. smanjena biološka i kemijska potreba za kisikom
7. povećan udio topivih soli i konduktiviteta (EC)
8. povećan udio N, P, K, Ca, Mg i mikorelemenata.

Tablica 23. Promjene svojstava organskih gnojiva kompostiranjem

vrsta stajskog gnojiva	pepeo (g/kg)	C/N	EC	$\text{NH}_4\text{-N}/\text{NO}_3\text{-N}$	g/kg		
					N	P	K
svježi goveđi gnoj	229	37	3,20	18,65	10,2	10,0	5,6
kompostirani goveđi	410	16	6,00	0,14	18,9	15,1	9,1
svježi konjski gnoj	421	25	4,97	5,88	11,3	9,6	8,3
kompostirani konjski	491	14	8,75	0,04	17,9	11,9	10,5
svježi svinjski gnoj	386	24	1,94	19,0	12,4	35,1	0,9
kompostirani svinjski	538	11	4,36	0,64	18,1	47,0	1,3
svježi pileći gnoj	153	14	8,50	20,4	29,9	15,0	4,3
kompostirani pileći	255	12	12,15	14,7	31,3	26,0	7,4

Izvor: Vukobratović, 2008.

Tijekom procesa kompostiranja smanjuju se volumen i masa početne smjese. Smanjenje volumena početne mase je u rasponu 25-50 %, a ponekad i više. Praktično, 10 m³ početne smjese neće rezultirati s više od 7,5 m³ komposta, najčešće će ga biti oko 5 m³, a ponekad i manje (3-4 m³).

Posljedica kompostiranja je i gubitak mase. Gubitak mase je zbog gubitka vode znatno veći od smanjenja volumena i kreće se u rasponu 40-80 %. Dakle, početnih 10 t kompostne smjese rezultirat će s 2-6 t zrelog komposta.

Najčešća i najkvalitetnija kompostna tvoriva u poljoprivrednoj proizvodnji su stajska gnojiva. Prethodno su opisane razlike svježih i zrelih stajskih gnojiva. Nastavno, kompostirana stajska gnojiva, tj. komposti sa stajskim gnojivom kao glavnim tvorivom imaju određene prednosti u odnosu na nekompostirani stajski gnoj, ali i obrnuto.

Prednosti kompostiranog stajskog gnojiva:

1. jednostavnija manipulacija, lakše ravnomjerno raspodjeljivanje po površini
2. manji gubitak hraniva, izraženiji produžni fertilizacijski učinak
3. manja opasnost procjeđivanja u vodotokove
4. manja vjerojatnost sadržavanja klijavih sjemenki korova
5. smanjen sadržaj patogena (*Salmonela, E. coli*)
6. neutralan ili ugodan miris.

Prednosti nekompostiranog stajskog gnojiva:

1. hraniva su brže raspoloživa
2. manji utrošak vremena i sredstava za pripremu
3. niža cijena.

2.4. Vermikompost

Vermikompost (lumbripost, orbig, biohumus) je organsko gnojivo proizvedeno bio-loškom razgradnjom organske tvari (najčešće stajskog gnojiva) kroz probavni sustav kalifornijske glište (*Eisenia foetida*).

Pri tome se nepovoljna svojstva stajskog gnojiva (visok pH, visoka biološka potreba za kisikom, fitotoksični spojevi) neutraliziraju procesom vermistabilizacije. Vermikompostiranje je vrlo korisno jer se u kratkom vremenu proizvodi organsko gnojivo bogato humificiranim tvarima (de Godoi Pereira i sur., 2014.).

Za razliku od aktivnog kompostiranja u termofilnoj fazi, vermikompostiranje obavljaju kalifornijske glište ili drugi kolutičavci složenim probavnim procesima:

1. omekšavanje ostataka slinom u ustima kolutičavca
2. neutralizacija kalcijem u jednjaku
3. mljevenje čestica mišićima želuca
4. digestija organske tvari proteolitičkim enzimima želuca
5. razgradnja pulpe smjesom enzima (proteaze, amilaze, lipaze)
6. izlučivanje vermekomposta (de Godoi Pereira i sur., 2014.).

Nakon toga slijedi sazrijevanje vermekomposta do 6 mjeseci tijekom kojih se povećava sadržaj humificiranih spojeva i postiže stabilizacija organske tvari.



Vermikompost akumulira značajne koncentracije makro i mikro hraniva (23 g/kg N, 11 g/kg P, 8 g/kg K), neutralne je pH vrijednosti (pH = 7,02), povoljnog konduktiviteta (EC = 1,07 dS/m), niskog C/N odnosa koji implicira zrelost (10,6) i vrlo niskog (0,10) NH_4^+ -N/ NO_3^- -N odnosa (Lončarić i sur., 2005., Lončarić i sur., 2009.) što minimizira opasnost gubitka dušika volatizacijom NH_3 .

2.5. Ocjenjivanje kvalitete organskih gnojiva

Kvalitetu organskih gnojiva možemo ocijeniti kao fertilizacijsku vrijednost i kao ekološku pogodnost.

Sve ocjene vrijednosti organskih gnojiva temelje se na nizu fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava koja se ocjenjuju s aspekta utjecaja na biljke, tj. na produkciju organske tvari, visinu prinosa i plodnost tla (fertilizacijska vrijednost) te s aspekta utjecaja na okoliš, tj. na tlo i vode, ali i kvalitetu poljoprivrednih proizvoda (ekološka pogodnost). Pojedine grupe svojstava koriste se za ocjenu kvalitete, stabilnosti i zrelosti organskih gnojiva:

1. **kemijska svojstva:** koncentracija makro i mikroelemenata, CN odnos, oblici dušika, pH, KIK, organske kiseline, humificirane tvari
2. **fizikalna svojstva:** temperatura, boja, miris, specifična gustoća
3. **biološka svojstva:** disanje, mikroorganizmi, enzimatska aktivnost
4. **fitotoksičnost:** biološki testovi uzgoja biljaka, klijavost, boja korijena.

Stabilnost organskog gnojiva je mjerilo intenziteta i stabilizacije razgradnje organske tvari. Tijekom intenzivne razgradnje organske tvari (na primjer u termofilnoj fazi aktivnog kompostiranja) najintenzivnija je mikrobiološka aktivnost i potrošnja kisika te je gnojivo ekstremno nestabilno. Potrošnjom organskog ugljika smanjuje se mikrobiološka aktivnost, potreba za kisikom i izdavanje CO_2 disanjem mikroorganizama te gnojivo postaje stabilno. Stabilnost organskog gnojiva mjeri se intenzitetom disanja (izdvajanje CO_2 u mg/g komposta/dan). Intezitet disanja služi za ocjenu stabilnosti organskog gnojiva (tablica 24). Ocjena da je kompost vrlo stabilan znači da neće doći do nastavka razgradnje i povećanja temperature ako zreli kompost ponovo aeriramo i podignemo vlažnost do optimuma.

Tablica 24. Stabilnost komposta prema intenzitetu disanja

mg CO_2 -C/g/dan	stabilnost	svojstva komposta
1	vrlo stabilan	gotov kompost, bez nastavljanja razgradnje, bez mirisa i potencijalne fitotoksičnosti
2-4	stabilan	dobro zreo, bez mirisa, minimalan utjecaj na dinamiku tla
5-7	umjereno stabilan	u zrenju, bez mirisa, smanjene potrebe za prozračivanjem, ograničeno fitotoksičan, malog utjecaja na dinamiku tla
8-9	nestabilan	aktivan, nezreo, malo miriše, velika potreba za prozračivanjem, umjerene fitotoksičnosti i utjecaja na dinamiku C i N tla
10-11	svježi kompost	aktivan, neugodan miris, fitotoksičan, negativnog utjecaja na tlo
> 11	svježi gnoj	ekstremno nestabilan, vrlo neugodan miris, fitotoksičan, nije za upotrebu kao kompost

Izvor: Vukobratović, 2008.

Zrelost organskog gnojiva je mjerilo neutralizacije fitotoksičnosti tijekom sazrijevanja komposta. Stabilan kompost nije nužno i dovoljno zreo da bi smio doći u direktni kontakt sa sjemenom ili korijenom biljke. Sazrijevanjem komposta tijekom nekoliko mjeseci amonijski oblik dušika, organske kiseline i drugi međuprodukti razgradnje organske tvari (fitotoksične komponente) transformiraju se u stabilne spojeve koji neće sprječiti klijanje, oštetiti korijen ili inhibirati rast biljke. Praktično nema kraja sazrijevanju, a vrijeme sazrijevanja i stupanj potrebne zrelosti ovise o načinu korištenja komposta. Na primjer, najveća je zrelost potrebna pri korištenju komposta kao sup-

strata za uzgoj presadnica osjetljivih vrsta (na primjer salate), znatno manja za uzgoj vrsta tolerantnih na visoki pH, konduktivitet (EC) i povećane koncentracije amonijskog dušika (na primjer krastavac) (Lončarić i sur., 2009.). Za jesensku gnojidbu proljetnih usjeva dovoljan je još manji stupanj zrelosti.

Fertilizacijska vrijednost organskih gnojiva ocjenjuje se pomoću osnovnih i dopunskih fertilizacijskih vrijednosti gnojiva, ali i uzimajući u obzir limitirajuća svojstva organskih gnojiva.

Osnovna vrijednost temelji se na koncentraciji N, P i K u organskom gnojivu. Dopunska vrijednost temelji se na C/N odnosu, odnosu amonijskog i nitratnog dušika te koncentraciji mikroelemenata (Fe, Mn, Zn, Cu i Mo).

C/N odnos je indikator zrelosti komposta koji je zreo ako je C/N odnos **< 20**, a pojedini autori smatraju da treba biti **< 12**. Međutim, kod nekih je svježih organskih gnojiva C/N odnos već **< 20** (na primjer svježi pileći gnoj ima C/N odnos oko 14 zbog visokog udjela amonijaka) pa je prikladniji indikator zrelosti odnos završnog i početnog C/N. Taj bi odnos kod zrelog komposta trebao biti **0,60-0,75**. Dakle, kompost s početnim C/N odnosom 25 bit će zreo kada C/N ondos padne na 15-19 jer je tada odnos završne i početne C/N vrijednosti 0,6-0,75.

Prema rezultatima kompostiranja stajskih gnojiva (tablica 23), vrlo nizak C/N odnos nakon kompostiranja ima pileći gnoj (12), ali je odnos završnog i početnog C/N previsok, čak 0,86, što znači da nije zreo. Kompost goveđeg stajskog gnojiva ima veći završni C/N odnos (16), ali je odnos završnog i početnog 0,43, kod konjskog je 0,56 (s početnih 25 do 14), a kod svinjskog 0,46 (s početnog 24 na 11). Praktično, prema C/N odnosima svi su komposti zreli, ali je jasno da prema odnosu završne i početne C/N vrijednosti kompost pilećeg gnojiva nije zreo.

NH₄-N/NO₃-N odnos je indikator zrelosti jer je to manji što je više uznapredovao proces nitrifikacije. Također, koncentracija **NH₄-N** može biti indikator stabilnosti i zrelosti, a trebalo bi biti **< 400 mg/kg NH₄-N** (0,4 g/kg). Međutim, bolji je pokazatelj zrelosti spomenuti NH₄-N/NO₃-N odnos koji u zrelom kompostu treba biti **< 0,16**. Navedeni odnos ukazuje na završetak nitrifikacije jer je tada **6,25 puta više** nitratnog nego amonijskog dušika.

Sukladnost ocjene zrelosti prema odnosima završne i početne C/N vrijednosti i prema NH₄-N/NO₃-N odnosu dokazuje kompost pilećeg gnojiva s NH₄-N/NO₃-N odnosom čak 14,7 što je daleko iznad potrebnih 0,16. Manji odnos od 0,16 utvrđen je kod goveđeg (0,14) i konjskog (0,04).

Limitirajuća svojstva za primjenu organskih gnojiva uključuju različita fizikalna i kemijска svojstva koja mogu limitirati primjenu gnojiva ako loše utječu na visinu prinosa,

plodnost tla ili kvalitetu prinosa. Limitirajuća svojstva prvenstveno uključuju koncentraciju Na i Cl i koncentraciju toksičnih elemenata (Cd, Hg, As, Cr, Pb), a mogu uključiti i visok C/N odnos (iznad 50).

Primjer fertilizacijskih vrijednosti organskih gnojiva prikazan je u tablici 25. Najveća je fertilizacijska vrijednost kompostiranog svinjskog gnojiva i lumbriposta, a najmanja svježeg konjskog i goveđeg gnojiva.

Tablica 25. Fertilizacijske vrijednosti svježih i kompostiranih gnojiva

Gnojivo	N (g kg ⁻¹)	P (kg ha ⁻¹)	K	C/N	NH ₄ / NO ₃	Na (kg ha ⁻¹)	Cl	Osn. Fertilizacijska vrijednost	Dop.	Limit.	Ukupna
Svježe goveđe	10,2	167	93	36,6	18,7	33	113	2,62	1,42	1,03	3,92
Svježe konjsko	11,3	144	125	25,3	5,9	28	189	2,83	2,26	1,54	3,31
Svježe svinjsko	12,4	480	12	24,2	19,0	23	14	3,88	2,60	1,00	6,48
Svježe pileće	29,9	85	24	13,5	20,4	17	47	3,43	2,23	1,00	5,66
Kompost goveđi	18,9	136	82	16,1	0,14	33	116	3,82	3,47	1,13	6,44
Kompost konjski	17,9	113	100	14,7	0,05	21	132	3,64	3,38	1,18	5,94
Kompost svinjski	18,1	441	12	11,9	0,64	23	18	4,62	4,30	1,00	8,92
Kompost pileći	31,3	139	40	11,6	14,8	28	77	3,70	2,58	1,00	6,29
Lumbripost	23,2	82	45	10,6	0,10	5	-	3,50	3,79	1,00	7,29

Ekološka pogodnost gnojiva uključuje utjecaj organskog gnojiva na povećanje biološke različitosti i elastičnosti tla, pretvorbu otpada u gnojivo, smanjivanje ispiranja, posebice teških metala. Limitirajuća vrijednost obuhvaća koncentracije toksičnih elemenata, rezistentnih sintetskih organskih spojeva i ostalih kontaminanata.



Brigita Popović

2. ORGANSKA GNOJIVA

2.6. Sušena organska gnojiva

Sušena organska gnojiva proizvode se dehidratacijom i peletiranjem (granuliranjem) najčešće zrelih stajskih gnojiva ili komposta. Osnovna je karakteristika povećana koncentracija aktivne tvari, olakšan transport i primjena, stabilnost gnojiva, ali i veća cijena zbog koje primjenu nalaze najčešće u produktivnijim povrćarskim i cvjećarskim, tj. općenito hortikulturnim proizvodnjama. Ovakva gnojiva pakirana su u vrećama, vrlo su prikladna kao način dorade i stvaranja dodane vrijednosti na gospodarstvima koja imaju višak organskih gnojiva, a pored izravnog fertilizacijskog učinka, izrazit je i kondicionerski učinak intenziviranjem mikrobioloških procesa.

Sirovine koje se mogu koristiti za proizvodnju su brojne:

1. otpad iz poljoprivredne proizvodnje (slama, kukuruzovina, ostaci leguminoza)
2. otpad iz stočarske proizvodnje i prerade (mješavina krutih i tekućih izlučevina, papci, rogovi, kopita, ostaci kod prerade ribe)
3. industrijski otpad (ostaci kod proizvodnje vina, proizvodnje šećera)
4. otpad iz kućanstava (ostaci hrane, ostaci lišća i korijena svježeg povrća)
5. otpadni mulj (rijeke i odvodni kanali).

2.7. Tekuća organska gnojiva

Tekuća organska gnojiva najčešće se proizvode od stajskih gnojiva ili biljnih dijelova i mogu se koristiti folijarno ili dodavanjem u tlo. Vrlo su značajna za prevladavanje kratkotrajnih i trenutnih nedostataka hraniva kada mineralna gnojiva nisu raspoloživa ili dozvoljena (ekološka poljoprivreda). Također se koriste i za stimulaciju usvajanja hraniva kada je usvajanje korijenom otežano. Proizvodnja je relativno jednostavna i brza: poroznu vreću napuniti hranivima bogatom organskom tvari (stajski gnoj ili sočni dijelovi biljke), potopiti u vodu, pokriti i povremeno miješati radi intenziviranja fermentacije, razrijediti s vodom prema potrebi (najčešće u omjeru 1:2). Ovakva priprema tekućih gnojiva može u krutim organskim gnojivima riješiti problem previsoke pH vrijednosti i konduktiviteta zbog povećane koncentracije topivih soli u kompostiranim stajskim gnojivima. Time bi se smanjila potencijalna fitotoksičnost komposta, a otopina se može koristiti kao tekuće gnojivo.

Biljke tekuća organska gnojiva mogu usvajati i putem korijena i putem lišća. Folijarna primjena organskih gnojiva posebno je značajna kod nedostatka pojedinog elementa u tlu ili kada se korijen nalazi u stresnim uvjetima (suša). To je vrlo učinkovito sredstvo kod proizvodnje povrća kada zbog nedostatka pojedinog elementa treba reagirati brzo tijekom kratke vegetacije. Neka organska tekuća gnojiva podrijetlom od algi bogata su mikroelementima i hormonima rasta pa imaju izuzetno brz i visok učinak na kvalitetu tla.

Općenite karakteristike tekućih organskih gnojiva:

1. dopuštena upotreba u ekološkoj proizvodnji
2. povećanje mikrobiološke aktivnosti
3. brojnost i raznovrsnost mikrofaune i mezofaune u tlu
4. povećanje otpornosti na stres.

Najčešći primjeri tekućih organskih gnojiva su pripravci od komposta i algi te kopriva, dok je najstarije poznato tekuće organsko gnojivo podrijetlom od goveđeg, kokošjeg ili konjskog stajnjaka.

U posljednje vrijeme korisi se tekuće organsko gnojivo podrijetlom od riba koje je bogato dušikom i mikroelementima, ali je izuzetno neugodnog mirisa, dok tekuće gnojivo podrijetlom od morskih trava ne sadrži hranjive elemente, ali je bogato hormonima rasta. Ovakvo gnojivo posebno je pogodno za oporavak biljaka nakon tuče.

Kod uporebe tekućih organskih gnojiva posebnu se pažnju mora obratiti na vrijeme upotrebe i odgovarajuću koncentraciju. Najbolje je tekuće organsko gnojivo primjenjivati u ranim jutranjim satima ili navečer na mokro tlo.

Neodgovarajuća koncentracija razultirat će smanjenim učinkom gnojiva (preniska koncentracija) ili oštećenjem biljke (previsoka koncentracija). Tekuće gnojivo treba

raspodijeliti tako da je čitava površina lista zahvaćena suspenzijom, a dopušeno je i da gnojivo kaplje s listova te da se zahvati i zona korijena. Sustavi za navodnjavanje „kap po kap“ pogodni su za upotrebu tekućih organskih gnojiva, ali ne smiju sadržavati neotopljene čestice (mora biti otopina, a ne suspenzija).

2.8. Ostala organska gnojiva

Ostala organska gnojiva obuhvaćaju široki spektar posebnih gnojiva koja su rezultat specifičnih industrijskih postupaka (npr. uljne pogače) ili posljedica zemljopisne specifičnosti (npr. morske alge, guano). U ovu grupu spadaju i brašno od kopita i rogova, brašno od perja, dlaka i vune, krvno brašno, koštano brašno.

Uljne pogače kao nuzproizvod u tvornici ulja karakterizira prisustvo sva tri glavna hraniva (N-P-K) uz nisku do umjerenu raspoloživost dušika. Glavna fertilizacijska vrijednost **morskih algi** je koncentracija Ca, Mg i mikroelemenata, raspoloživost dušika je vrlo niska, a posebnost je potencijalno visoka koncentracija teških metala (za biljke neophodni Fe, Mn, Zn, Cu, ali i štetni teški metali). **Brašno od kopita i rogova** kao klonički ostatak sadrži značajne količine N i P, značajna je visoka raspoloživost N kojeg dopunski mobilizira usitnjjenost. **Brašno od perja, dlaka i vune** uglavnom sadrži N čija je raspoloživost umjerena do visoka. **Koštano brašno** sadrži uglavnom P čiju raspoloživost povećava usitnjjenost gnojiva.

Guano je organsko gnojivo sa značajnim sadržajima i visokim raspoloživostima N i P. Nastaje taloženjem izmeta morskih ptica kao prirodno gnojivo naglašenog sadržaja N (formulacija 8-4-1) do naglašenog sadržaja P (formulacija 3-8-1) uz nizak sadržaj K. Njegova je primjena u Europi rijetka zbog visoke cijene transporta po jedinice aktivne tvari.

Također, svaki organski otpad može poslužiti kao organsko gnojivo ako se upotrijebi na pravilan način. Organski se otpad može korisno upotrijebiti za kompostnu smjesu, ali mogu pronaći i specifičan način uporabe, prije svega u vrtovima i hobističkom uzgoju bilja:

1. **kora od banane** je bogat izvor kalija i izuzetno dobra kod uzgoja ruža (koru od banane jednostavno treba položiti u rupu pripremljenu za sadnicu ruže ili ju iskidanu na manje komade staviti ispod malča oko ruža)
2. **talog crne kave** posebno je dobar za sve kulture koje preferiraju nizak pH tla kao brusnice i borovnice (talog kave pomiješajte s tlom ili ga jednostavno raspodijelite po površini tla prije zalijevanja; isto tako možete naoraviti i tekući pripravak mješavinom taloga kave i vode te ga iskoristi nakon što odstoji 2-3 dana)
3. **Ijuska jajeta** je izvor kalcija i odlična je za uzgoj rajčice i feferona (Ijuske jajeta potrebno je usitnjene aplicirati u tlo)



4. **melasa** kao nuzproizvod industrije odličan je izvor korisnih bakterija koje revitaliziraju mikrobiološku aktivost tla (najbolje je upotrebljavati melasu kao tekući pripravak za zalijevanje vrta)
5. **ostatci suhe hrane kućnih ljubimaca** (briketi) sadrže mikroelemente i proteine
6. **palenta** sadrži dosta fosfora i dušika i ima izvjesno fungicidno djelovanje (koristi se tako tekući pripravak; palentu je potrebno prelititi s vodom u omjeru 1:20 te ostaviti nekoliko sati da stoji, nakon toga otopinu je potrebno procijediti i dobivenom tekućinom zaliti biljke tako da se orosi lišće).

Kako je održiva poljoprivredna proizvodnja imperativ, upotreba organskog gnojiva iz neposrednog prirodnog izvora predstavlja kvalitetnu i ekonomičnu nadopunu prirodno nedostatnih količina biljnih hraniva.

2.9. Zelena gnojidba

Zelena gnojidba ili sideracija je zaoravanje zelene mase usjeva. Najčešće se provodi u vrijeme cvatnje usjeva koji tada ima dovoljno mase i najpovoljniji je odnos lakovazgradivih tvari, dušika i pepela s jedne strane, kojih treba biti dovoljno, te lignina i celuloze s druge strane, kojih treba biti što manje. Za sideraciju se koriste biljke relativno brzog porasta te razgranatog i učinkovitog korjenovog sustava koji u tlu transformira manje pristupačne oblike hraniva u biljci raspoloživa hraniva.

Fertilizacijski značaj zelene gnojidbe najveći je pri zaoravanju leguminoza zbog simbiotske fiksacije atmosferskog dušika, ali je kondicionerski značaj zelene gnojidbe izuzetno velik:

- prevođenje biljnih hraniva u pristupačnije oblike
- povećana biogenost i mikrobiološka aktivnost tla
- obogaćivanje tla organskom tvari
- sprečavanje površinske erozije i poboljšanje fizikalnih svojstava tla.

Jedina negativna strana zelene gnojidbe je dopunski trošak agrotehničkih zahvata od sjetve do zaoravanja, ali planiranjem plodoreda, posebice interpoliranim usjevom, neusporedivo veća korist opravdava agrotehničko ulaganje u zelenu gnojidbu (tablica 26).

Tablica 26. Utjecaj zelene gnojidbe na porat prinosa strnih žitarica

Usjev	Prinos (t/ha)
pšenica nakon djeteline	8,3
pšenica nakon kukuruza	7,1
ječam nakon djeteline	8,0
ječam nakon kukuruza	6,5
zob nakon djeteline	5,7
zob nakon kukuruza	4,6

Izvor: *Poljoprivredni institut Osijek* (www.poljinos.hr)

Za zelenu gnojidbu biraju se usjevi koji u kratkom vremenu razvijaju bujnu nadzemnu masu te imaju sposobnost usvajanja i teže topivih hraniva iz tla. **Mahunarke** bi trebale akumulirati veće količine dušika. Pojedini usjevi nisu pogodni za uzgoj na svakom tipu tla niti u svim klimatskim uvjetima. Općenito, područja s manje od 400-500 mm oborina godišnje bez navodnjavanja ne ispunjavaju uvjete za provedbu zelene gnojidbe jer nemaju dovoljno raspoložive vode za stvaranje bujne nadzemne mase i za njenu razgradnju u tlu.

Na kiselim je tlama preporučen uzgoj bijele lupine i inkarnatke, a na vapnom bogatim tlama kokotac, bob i grahorica. Na laganim tlama sije se žuta lupina, heljda i seradela, na srednje teškim repica, ogrštica, grašak, bob, plava lupina i švedska djetelina, dok su za teška tla prikladni bob, stočni grašak i bijela lupina. Za zelenu gnojidbu mogu se uzgajati čiste kulture i smjese. Smjese su bolje jer učinkovitije koriste biljna hraniva i otpornije su prema nepovoljnim klimatskim uvjetima, bolestima i štetnicima. U smjesi je dobro kombinirati i neki neleguminozni usjevi koji će još u toku rasta moći iskoristiti dio fiksiranog dušika, a takva će smjesa biti ekofiziološki elastičnija pa će rast biti bujniji.

Zelena gnojidba se provodi i kada se kulturi privode neobrađivana tla koja nemaju dovoljno humusa, vrlo lagana pjeskovita tla ili vrlo teška i zbijena tla (tablica 27). Također, zelena gnojidba se provodi na gospodarstvima koja nemaju dosta stajskog gnojiva, a potrebna je i tamo gdje su oranične površine toliko udaljene od ekonomskog dvorišta da nije ekonomično prevoziti stajski gnoj ili je teren nepristupačan za njegov dovoz.

U humidnoj klimi na propusnim tlima, sideracija ima veliku vrijednost jer smanjuje ispiranje hraniva i ostavlja ih raspoloživim sljedećem usjevu. Usjevi za zelenu gnojidbu mogu se sijati kao glavni usjevi ili međuusjevi. Najbolje ih je uzgajati kao međuusjeve jer se ne gubi niti jedan glavni usjev u plodoredu. Za postrnu sjetvu najpogodnije su kulture lupina, smjesa grahorice i jare zobi te heljda i gorušica. Kao ozimi usjevi u obzir dolaze kulture koje se rano siju i koje mogu prezimeti, na primjer inkarnatka, grahorica i repica. Za naše mediteransko područje pogodna je sjetva boba. Sustavi obrade tla za usjeve zelene gnojidbe odgovaraju, već prema vrsti usjeva, sustavima obrade koji se inače primjenjuju za jare, ozime ili postrne usjeve.

Agrotehnika, a posebice pravilna gnojidba kultura koje se koriste za zelenu gnojidbu od presudnog je značaja za efikasnost sideracije. Kako se u pravilu siju mahunarke, tlo ne bi trebalo gnojiti dušikom. Budući da se zelena gnojidba primjenjuje na iscrpljenim tlima ili tlima koja su po prirodi siromašna hranivima, primjena mineralnih gnojiva posebno je važna za uspjeh zelene gnojidbe. Mineralnim gnojivima povećava se razvoj nadzemne mase pa se u tlu stvara i veća količina organske tvari, budućeg humusa. Dušična gnojiva se primjenjuju za leguminoze samo u malim količinama za mlade biljke u vremenu od nicanja do pojave korijenskih bakterija. Usjeve zelene gnojidbe koji ne pripadaju u mahunjače treba dobro gnojiti dušikom, kako bi razvili što bujniju nadzemnu masu. Sve usjeve za zelenu gnojidbu treba opskrbiti dovoljnim količinama fosfora i kalija.

Rok sjetve je vrlo važan za potpun uspjeh zelene gnojidbe. To se osobito odnosi na postrne usjeve gdje se svakim satom odlaganja sjetve gubi vлага iz tla i tako smanjuje prirod. Usjev treba biti dovoljno gust, a čitava površina tla pokrivena punim biljnim sklopom, tako da usjev potiskuje korove. Količina sjemena za sjetvu po jedinici površine vrlo je različita prema vrsti usjeva. U sjetvi lupine treba oko 200 kg/ha, a uljane repice samo 12-15 kg/ha. U toku vegetacije nije potrebna posebna njega.

Vrijeme zaoravanja usjeva za zelenu gnojidbu ovisi o vrsti usjeva i vremenu sjetve. Leguminoze fiksiraju najviše dušika u vrijeme cvatnje pa se ne preporučuje ranije zaoravanje. Postrne usjeve najbolje je zaorati kada mraz prekine vegetaciju. Način zaoravanja je različit, a ovisi o tome zaorava li se zeleni ili odrvenjeni usjev, mala ili velika masa. Ako je masa veća, dobro ju je povaljati težim valjkom u pravcu oranja, zatim isjeći tanjuračom pa tek onda zaorati. Ako je tlo suho, treba ga nakon zaoravanja valjati.

Tablica 27. Upotreba sidretata prema tipu tla i očekivani učinci

Naziv	Vrijeme sjetve siderata	Tip tla	Učinci
lucerna	travanj-lipanj	svi tipovi tala; izbjegavati kisela i prevlažna tla	odličan fiksator dušika, popravlja fizikalna svojstva tla, odličan izvor svih hraniva
crvena djetelina	travanj-kolovoz	dobro drenirana ilovasta ili pjeskovita tla	brzorastuća, odličan fiksator dušika
bijela djetelina	ožujak-kolovoz	srednje teška i teška tla, dobra na slabo dreniranim tlima	dobra je kao međukultura i za malčiraje, dobra za suzbijanje korova
inkarnatka	travanj-rujan	lagana propusna tla	brzorastuća, odličan fiksator dušika, dobra za suzbijanje korova
smiljkita	ožujak-kolovoz	podnosi sušu, ali nije dobra za kisela tla	dobra kao združena kultura s grahom ili kukuruzom, dobar fiksator dušika
lupina	ožujak-lipanj	podnosi kisela i laka pjeskovita tla	izrazito dubokog korijenovog sustava, popravlja fizikalna svojstva tla, odličan fiksator dušika
gorušica	ožujak-rujan	sve vrste tala	biofumigant, popravlja fizikalna svojstva tla
facelija	ožujak-rujan	suha lagana tla	brzorastuća, ostavlja puno organske mase
heljda	svibanj-kolovoz	lagana pjeskovita tla, ne podnosi teška tla	brzorastuća biljka kratke vegetacije, odlično suzbija korov
stočni grašak	ožujak-svibanj, rujan-listopad (ozimi)	sve vrste tala dobrog vodo-zračnog režima	odličan fiksator dušika, sprječava ispiranje hraniva

Izvor: Pieters (2006.)



Sideracija se smatra uspješnom ako se količina suhe tvari koja se unosi u tlo kreće oko 5000 do 8000 kg/ha, a kod zaoravanja mahunjača i oko 100 do 200 kg/ha dušika, što odgovara osrednjoj gnojidbi stajskim gnojem. Puno djelovanje zelene gnojidbe u prosjeku traje od jedne do dvije godine. Zbog toga je najekonomičnije da nakon zelene gnojidbe u plodorednu dolazi najvredniji usjev, a to su u prvom redu okopavine (šećerna repa, kukuruz). Nakon zelene gnojidbe ne treba sijati leguminoze, posebno ne istih biljnih vrsta koje su zaorane.

Ružica Lončarić,
Jozo Kanisek

3. ORGANIZACIJA I TROŠKOVI GNOJIDBE



Poljoprivredna se proizvodnja u Republici Hrvatskoj nakon 2. svjetskog rata u načelu temeljila na upotrebi stajskog gnojiva sve do 1970-ih godina, uz nisku razinu mehaniziranosti. Rad je obavljan ručno. Proces opremanja traktorima malim privatnih gospodarstava započeo je oko 1965. godine, a značajnije desetak godina kasnije. Tada počinje i intenzivnija primjena mineralnih gnojiva. U isto vrijeme u većini europskih zemalja mala obiteljska gospodarstva njeguju primjenu stajskog gnojiva i zadržavaju principe ekološke proizvodnje. Naši poljoprivrednici u najvećoj mjeri prihvaćaju tehnologiju velikih poslovnih sustava u borbi za visoke prinose. Nakon raspada velikih poslovnih subjekata 1990-ih godina razvijaju se mala i srednja poljoprivredna gospodarstva koja nastoje primjenom stajskog gnojiva poboljšati fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla. Tla koja su svedena do niske razine opskrbljensoti hranivima ne predstavljaju povoljan agroekosustav za intenzivne poljoprivredne usjeve, a posebno povrće koje RH u velikoj mjeri uvozi.

Popisom poljoprivrede (Državni zavod za statistiku RH, 2003.) u Republici Hrvatskoj evidentirano je 279.235 poljoprivrednih kućanstava koja upotrebljavaju mineralna gnojiva i 190.113 poljoprivrednih kućanstava koja upotrebljavaju organska gnojiva. Od ukupnog broja poljoprivrednih kućanstava koja primjenjuju mineralna gnojiva, 48,5 % ima manje od 1 ha korištenog poljoprivrednog zemljišta. Najveći broj poljoprivrednih kućanstava s upotrebom mineralnih i organskih gnojiva raspolaze s 0,11 do 0,50 ha poljoprivrednoga zemljišta.

Također, Popisom poljoprivrede (Državni zavod za statistiku RH, 2003.) evidentirana su 993 poslovna subjekta s upotrebljom mineralnih gnojiva, od kojih polovica ima više od 30 ha korištenoga poljoprivrednog zemljišta i 525 poslovnih subjekata s upotrebljom organskih gnojiva, od kojih 38 % ima više od 30 ha korištenoga poljoprivrednog zemljišta.

Najveći broj poslovnih subjekata s upotrebljom mineralnih gnojiva obrađuje više od 100 ha, a najveći broj s upotrebljom organskih gnojiva raspolaže površinama 11-20 ha korištenoga poljoprivrednog zemljišta (Gugić i sur., 2014.). Ukupno je 544.331,81 ha poljoprivrednih površina kućanstava u RH tretirano mineralnim gnojivima, a 177.914,22 ha organskim gnojivima. Dakle, mineralna gnojiva aplicirana su na nešto manje od 2/3 (63,2 %), a organska gnojiva na 1/5 (20,7 %) ukupno korištenog poljoprivrednog zemljišta poljoprivrednih kućanstava u RH (Državni zavod za statistiku RH, 2003.).

Udio korištenoga poljoprivrednog zemljišta tretiranog mineralnim gnojivima u ukupnim poljoprivrednim površinama poljoprivrednih kućanstava kreće se od 20,8 % u gorskoj do 83,1 % u slavonskoj regiji. Ograničenost upotrebe mineralnih gnojiva na svega 1/5 poljoprivrednih površina poljoprivrednih kućanstava u gorskem području posljedica je ekstenzivnog načina proizvodnje i razmjerno velikog udjela pašnjaka i livada na kojima se mineralna gnojiva ne upotrebljavaju. S druge strane, Slavonija je područje s najintenzivnjom ratarskom proizvodnjom, što implicira i široku primjenu mineralnih gnojiva, čak na više od 4/5 poljoprivrednih površina poljoprivrednih kućanstava (Grakovac, 2005.). Ukupna površina poslovnih subjekata u RH tretirana mineralnim gnojivima iznosi 200.185 ha, a organskim gnojivima svega 16.494 ha. Dakle, mineralna gnojiva aplicirana su na 92,1 %, a organska gnojiva na svega 7,6 % ukupno korištenog poljoprivrednog zemljišta poslovnih subjekata u RH (Državni zavod za statistiku RH, 2003.).

Promjene u poljoprivredi Republike Hrvatske u posljednjih 10–15 godina rezultirale su smanjenjem primjene mineralnih gnojiva, a kao posljedica smanjenja stočnog fonda, smanjena je i primjena organskih gnojiva (Agencija za zaštitu okoliša, 2005.).

3.1. Organizacija i troškovi mineralne gnojidbe

S obzirom na količine utrošenih mineralnih gnojiva, a posebno na količinu fosfora koja se u Hrvatskoj godišnje troši, kao i na procese presudne za vezanje fosfora u tlu i njegovo ispiranje, procjenjuje se da je opasnost od onečišćenja okoliša mala (Agencija za zaštitu okoliša, 2005.). Potrebno je, isto tako, naglasiti da i sam uzgoj poljoprivrednih kultura bez gnojidbe osiromašuje poljoprivredno tlo, što nije održivo gospodarenje. Inače, o primjeni mineralnih gnojiva postoje oprečni stavovi u znanstvenoj i stručnoj javnosti. Neki autori drže da najbrži rast proizvodnje u konvencionalnoj poljoprivredi treba postići povećanjem korištenjem mineralnih gnojiva (i sredstava za zaštitu bilja) (Grgić i sur., 1999.), dok drugi drže da mineralna gnojiva doprinose većim emisijama

stakleničkih plinova i potiču gubitak organske tvari tla pa zagovaraju ukidanje prikrivenih subvencija za njihovu proizvodnju i potrošnju i moguće uvođenje „zelenog poreza“ na mineralna gnojiva (Znaor, 2009.).

Potrošnja mineralnih gnojiva u Republici Hrvatskoj kretala se tijekom desetogodišnjeg razdoblja (2002.-2011.) u rasponu od 278.872 t (2011.) do 413.900 t (2007.)

Utrošak mineralnih gnojiva presudno ovisi o odnosu između cijena gnojiva i cijena poljoprivrednih proizvoda (Grahovac, 2005.). Indeksi cijena gnojiva na domaćem tržištu od 2009. do 2014. godine bilježe do 2012. godine kontinuirani porast u odnosu na baznu 2010. godinu, a nakon toga značajan pad, pogotovo izražen u 2014. u odnosu na prethodnu godinu. Cijene gnojiva na domaćem tržištu u 2014. godini bile su 2,4 % veće od cijena gnojiva u 2010. godini (tablica 28.).

Tablica 28. Indeksi cijena gnojiva u RH (2010.=100)

Godina	Indeks cijena gnojiva
2009.	99,9
2010.	100,0
2011.	118,2
2012.	128,0
2013.	122,9
2014.	102,4

Izvor: Državni zavod za statistiku (2009.-2014.)

Troškovi gnojidbe vrlo su značajni u strukturi troškova poljoprivredne proizvodnje. Gnojidba preciznije prilagođena potrebama usjeva i plodnosti tla kod nas se primjenjuje u zadnjih 15-ak godina, a uvelike smanjuje troškove gnojidbe jer uzima u obzir ciljni priнос, predsjetvenu kulturu, raspoloživost hraniva u tlu i ostala svojstva plodnosti tla. Također, za troškove gnojidbe vrlo je značajna vrsta gnojiva (kompleksna ili pojedinačna gnojiva) jer su cijene gnojiva različite, a ovise o udjelu aktivne tvari i dostupnosti traženog gnojiva u pojedinoj zemlji. Gnojidba se preciznije može prilagoditi potrebama usjeva i plodnosti tla upotrebom pojedinačnih gnojiva jer se tako u manjoj mjeri apliciraju hraniva koja nisu neophodna, što je slučaj kod primjene kompleksnih gnojiva gdje se gnojidba dijelom provodi „napamet“, a dijelom omjer hraniva u gnojivu ne odgovara stvarnim potrebama i gnojidbi. Pored gnojidbe, u strukturi troškova sudjeluju još i troškovi sjemena, sredstva za zaštitu bilja, troškovi mehanizacije (unajmljene ili vlastite), troškovi osiguranja te troškovi prijema, sušenja i dorade sjemena. Kalkulacija proizvodnje pšenice na tlu slabo i visoko opskrbljrenom hranivima prikazana je u tablicama 29. i 30.

Tablica 29. Troškovi proizvodnje pšenice na tlu siromašnom hranivima

br.	Opis	Jed. mjere	Količina	Cijena u kn	Vrijednost u kn	% udio
1.	Sjeme	kg	305	2,43	741,15	8,6
2.	Mineralno gnojivo					
	MAP	kg	250	4,37	1.092,50	
	Urea (46 %)	kg	85	4,07	343,40	
	KCl (60 % K2O)	kg	265	4,18	1.107,70	
	KAN (27 %)	kg	295	2,70	796,50	
					3.340,10	38,7
3.	Sredstva za zaštitu bilja					
	Herbicid	l	1,5	209,00	313,50	
		l	0,5	345,00	172,50	
	Rodenticid	kg	12	5,15	61,80	
	Fungicid	l	0,5	331,00	165,50	
					713,30	9,7
4.	Troškovi vlastite mehanizacije			2.734, 54		31,7
5.	Prijem, sušenje i dorada	t	7	123,65	865,55	10,0
6.	Osiguranje usjeva			117,86	117,86	1,4
TROŠKOVI UKUPNO					8.640,50	100

Izvor: autori

Iz tablica 29. i 30. vidljivo je da se troškovi gnojiva značajno razlikuju ovisno o tipu tla pa tako iznose od 1.224 do 3.340 kn po hektaru. U prikazanom primjeru strukture troškova uzeta su u obzir samo pojedinačna gnojiva. To u velikoj mjeri utječe i na ukupne troškove proizvodnje merkantilne pšenice koji iznose 8.640 kn/ha na tlu siromašnom hranivima, a 6.525 kn/ha na tlu dobro opskrbljenom hranivima. Udjeli troškova gnojiva kreću se od 18,77 do 38,66 %, ovisno o plodnosti tla.

Uz troškove gnojiva, najveća grupa troškova su troškovi rada vlastite mehanizacije koji se kreću od 31,65 do 41,91 %.

Istraživanje troškova primjene različitih načina gnojidbe temelji se na metodi studija rada pomoću koje se utvrđuju elementi za projektiranje učinka. Za to je potrebno znati udaljenost parcele od ekonomskog dvorišta i njezinu dužinu, radni zahvat stroja ili agregata. Kronografski se mjeri vrijeme s preciznošću na 1 desetinku minute brzina kretanja, vrijeme održavanja oruđa, trajanje okreta i snabdijevanja.

Tablica 30. Troškovi proizvodnje pšenice na tlu dobro opskrbljenom hranivima

br.	Opis	Jed. mjere	Količina	Cijena u kn	Vrijednost u kn	% udio
1.	Sjeme	kg	305	2,43	741,15	11,4
2.	Mineralno gnojivo					
	Urea (46 %)	kg	135	4,07	549,45	
	KAN (27 %)	kg	250	2,70	675,00	
					1.224,45	18,8
3.	Sredstva za zaštitu bilja					
	Herbicid	l	1,5	209,00	313,50	
		l	0,5	345,00	172,50	
	Rodenticid	kg	12	5,15	61,80	
	Fungicid	l	0,5	331,00	165,50	
					713,30	12,9
4.	Troškovi vlastite mehanizacije			2.734, 54		41,9
					2.734, 54	
5.	Prijem, sušenje i dorada	t	7	123,65	865,55	13,3
6.	Osiguranje usjeva			117,86	117,86	1,8
TROŠKOVI UKUPNO						6.524,85
						100

Izvor: autori

Učinak rada ili norma predstavlja učinak koji ostvari kvalificirani radnik s određenim strojem uz srednji intenzitet i zalaganje u radu tijekom jedne smjene. Poznavanje učinka ima višestruku namjenu. Isti se koristi pri planiranju potrebnog broja ljudi i strojeva za obavljanje određenog obima posla u povoljnem agrotehničkom roku. Planiranje je važno zbog vremenski nepovoljnih i kratkih agrotehničkih rokova. Norma dalje služi za izradu tehnološke karte proizvodnje određene kulture, a sadrži popis svih poslova od pripreme, osnovne obrade tla do berbe ili žetve usjeva, agrotehnički zahtjev vezan za dubinu, sklop i međuredni razmak te utrošak sirovina (sjeme, rasada, sadnice) i pomoćnih materijala. Dalje je potrebno navesti datum početka i završetka vremena povoljnog za obavljanje svakog posla. Slijedi sastav agregata ovisno o tome da li je korišten laki, srednji ili teški traktor, priključno oruđe te potreban broj ljudi za obavljanje rada.

Poznavanjem norme učinka izračunava se **utrošak sati rada ljudi i strojeva po ha.** Nakon utvrđenog utroška rada strojeva u satima/ha izračunava se cijena sata rada aggregata u kn/sat. Nju čine troškovi rada traktora, priključnog oruđa i zarada radnika u kn/sat. Cijena sata rada traktora sastoji se od promjenjivih i nepromjenjivih troškova.

Promjenjivi troškovi ovise o broju sati korištenja traktora tijekom jedne godine. Tu spadaju troškovi utrošenog goriva, ulja i masti za podmazivanje, troškovi amortizacije te održavanja traktora. U skupinu nepromjenjivih troškova obračunavaju se troškovi smještaja, osiguranja, izdatci za kamate na uložena sredstva te opći troškovi vezani za management strojeva. Priključno oruđe se agregira s odgovarajućim pogonskim strojem. Za njega se izračunavaju troškovi amortizacije, kamata, održavanja i smještaja.

Ukupna cijena rada agregata predstavlja zbroj troškova rada traktora, priključka i zaradu radnika. Ona se množi s trajanjem smjene u satima i daje novčanu vrijednost ukupnih troškova agregata u jednoj smjeni. Ta vrijednost u kn dijeli se s učinkom stroja u ha. To je konačna cijena korištenja agregata u kn/ha.

Primjer gnojidbe pšenice i šećerne repe prikazan je u tablici 31 i 32 s učinkom za 7 sati rada (norma) iz čega se izračunava broj sati rada ljudi i strojeva.

Tablica 31. Utrošak rada ljudi i strojeva pri gnojidbi pšenice korištenjem rasipača od 18 m

Vrsta gnojiva	Količina u kg/ha	Učinak u ha za 7 sati	Utrošeno sati/ha rada strojeva	Utrošeno sati/ha rada ljudi
1. Tlo siromašno hranivima				
Osnovna gnojidba				
MAP	250	38	0,18	0,36
Urea	85	49	0,14	0,28
KCl	265	37	0,19	0,38
Prihrana usjeva				
KAN	150	34	0,21	0,42
KAN	145	35	0,20	0,40
2. Tlo dobro opkrbljeno hranivima				
Osnovna gnojidba				
MAP	115	47	0,15	0,30
Urea	115	47	0,15	0,30
KCl	135	45	0,16	0,32
Prihrana usjeva				
KAN	150	34	0,21	0,42
KAN	125	35	0,20	0,40

Vrsta gnojiva	Količina u kg/ha	Učinak u ha za 7 sati	Utrošeno sati/ha rada	
			strojeva	ljudi
3. Tlo visoko opkrbljeno hranivima				
Osnovna gnojidba				
Urea	135	46	0,15	0,30
Prihrana usjeva				
KAN	150	34	0,21	0,42
KAN	100	36	0,19	0,38

Izvor: autori

Upravo zbog visokog učinka (31-71 ha u 7h), odnosno velikog broja hektara na kojima se u jednoj smjeni može rasporediti potrebna količina mineralnih gnojiva (ovisno o potreboj količini), sama aplikacija mineralnih gnojiva relativno je jeftina agrotehnička mjera, zbog čega poljoprivredni proizvođači i izbjegavaju puno skuplju, vremenski i organizacijski zahtjevniju uporabu stajskog (organskog) gnojiva.

Tablica 32. Utrošak rada ljudi i strojeva pri gnojidbi šećerne repe korištenjem rasipača od 18 m

Vrsta gnojiva	Količina u kg/ha	Učinak u ha za 7 sati	Utrošeno sati /ha rada	
			strojeva	ljudi
1. Tlo siromašno opskrbljeno hranivima				
Osnovna gnojidba				
MAP	250	45	0,16	0,32
Urea	35	71	0,10	0,20
KCl	490	31	0,23	0,46
Predsjetvena gnojidba				
Urea	108	54	0,13	0,26
Prihrana usjeva				
KAN	150	39	0,18	0,36
KAN	35	71	0,10	0,20

Vrsta gnojiva	Količina u kg/ha	Učinak u ha za 7 sati	Utrošeno sati /ha rada	
			strojeva	ljudi
2. Tlo dobro opskrbljeno hranivima				
Osnovna gnojidba				
MAP	115	58	0,12	0,24
Urea	55	66	0,11	0,22
KCl	365	38	0,18	0,36
Predsjetvena gnojidba				
Urea	108	54	0,13	0,26
Prihrana usjeva				
KAN	150	39	0,18	0,36
KAN	-	-	-	-
3. Tlo visoko opskrbljeno hranivima				
Osnovna gnojidba				
Urea	85	61	0,11	0,22
Predsjetvena gnojidba				
Urea	108	54	0,13	0,26
Prihrana usjeva				
KAN	110	41	0,17	0,34
KAN	-	-	-	-

Izvor: autori

Logično, visoka norma raspodjeljivanja mineralnih gnojiva uzrokuje i mali broj potrebnih radnih sati ljudi i strojeva koji obavljaju mineralnu gnojidbu - 0,10-0,23 sata rada strojeva te dvostruko više rada ljudi – 0,22-0,46 sati za gnojidbu 1 ha.

Konkretno, u troškove gnojidbe ubrajaju se sljedeći troškovi:

- troškovi gnojiva
- troškovi utovara
- troškovi raspodjeljivanja
- troškovi prijevoza.

Pri tome troškovi aplikacije (utovar, raspodjeljivanje i prijevoz) iznose od 6 % (pšenica, tlo visoko opskrbljeno hranivima) do preko 27 % (suncokret, tlo siromašno opskrbljeno hranivima), ovisno o tome radi li se o tlu slabo opskrbljrenom hranivima gdje su troškovi gnojiva relativno visoki, tlu srednje opskrbljrenom hranivima, tlu visoko opskrbljrenom hranivima (troškovi gnojiva su relativno niski pa su troškovi aplikacije najviši u ovom slučaju), tlu siromašno opskrbljrenom fosforom, a bogato kalijem ili tlu bogato opskrbljrenom fosforom, a siromašno kalijem. Kod troškova aplikacije troškovi raspodjeljivanja daleko najviše participiraju (tablica 33).

Tablica 33. Troškovi mineralne gnojidbe kukuruza (kn/ha) na različitim tlima

Vrsta troška	1*	2	3	4	5
gnojiva	4.754,56	3.819,69	1.735,69	2.770,16	3.724,16
aplikacija					
utovar	16,31	12,14	5,96	9,33	12,93
raspodjeljivanje	343,05	322,34	257,16	295,85	306,61
prijevoz	78,02	58,16	32,11	47,09	62,39
aplikacija ukupno	437,38	392,63	295,22	352,27	381,93
ukupno gnojidba	5.191,94	3.877,84	2.030,91	3.122,43	4.106,09

*1=tlo slabo opskrbljeno hranivima; 2=tlo dobro opskrbljeno hranivima; 3=tlo visoko opskrbljeno hranivima; 4=tlo siromašno opskrbljeno fosforom, a bogato kalijem; 5=tlo bogato opskrbljeno fosforom, a siromašno kalijem

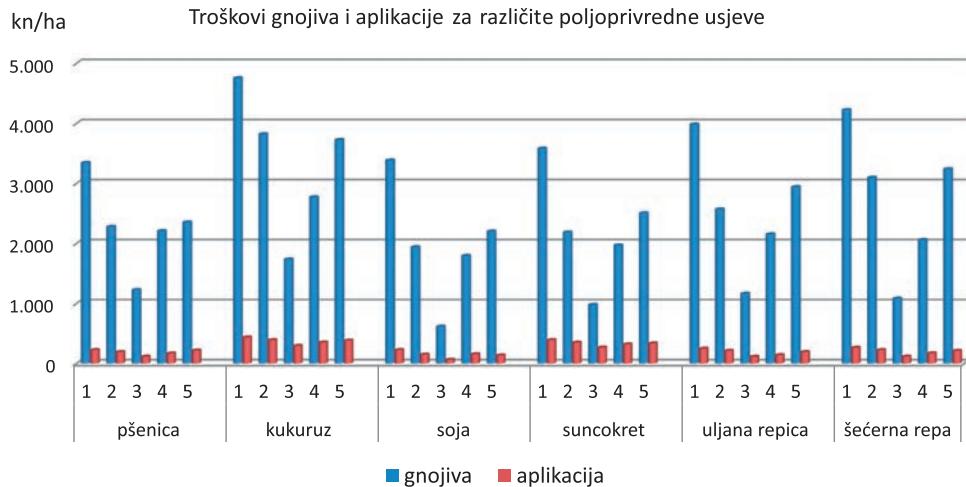
Izvor: autori

Od šest poljoprivrednih kultura (grafikon 2) za koje su izračunati troškovi gnojidbe (pšenica, kukuruz, soja, suncokret, uljana repica i šećerna repa), najviši troškovi su zabilježeni kod kukuruza, slijedi šećerna repa kod koje se troškovi kreću od 1.199 (bogato tlo hranivima) do 4.487 kn/ha (siromašno tlo), uljana repica (1.277 do 4.233 kn/ha), suncokret (1.245 do 3.971 kn/ha), soja (678 do 3.610) i pšenica (1.341 do 3.569 kn/ha).

Gledajući visine troškova gnojidbe ovisno o plodnosti tla, najniži troškovi su kod tala visoko opskrbljjenim hranivima, slijede tla siromašna fosforom i bogata kalijem, tla dobro opskrbljena hranivima, tla bogata fosforom i siromašna kalijem, a logično, najviši su troškovi kod tala siromašnih hranivima.



Grafikon 2. Kretanje troškova gnojiva i aplikacije gnojiva (kn/ha) za različite poljoprivredne kulture na tlima različite plodnosti



Izvor: autori

Gledajući prikazano kretanje troškova, vidljivo je koliku ulogu ima optimizacija gnojidbe jer su razlike u kretanju potrebnih količina gnojiva vrlo velike ovisno o raspoloživo-

sti hraniva u tlu. Vrlo često poljoprivredni proizvođači obavljaju gnojidbu na temelju iskustva, bez preporuke, što može izazvati dva problema: ili unesu previše gnojiva u inače plodno tlo, čime si smanjuju finansijski rezultat proizvodnje, ili je gnojidba nedovoljna, što za rezultat ima manji prinos i posljedično ponovno niži finansijski rezultat od realno mogućeg. Također, preniska gnojidba ostavlja tlo osiromašeno hranimima, dok previsoka gnojidba onečišćuje okoliš.

3.2. Organizacija i troškovi organske gnojidbe

Intenzifikacija stočarske proizvodnje u Europskoj uniji uzrokovala je nepovoljan ekološki utjecaj na tlo, vodu i zrak (Jongbloed i Lenis, 1998.). U Europskoj uniji poljoprivrede stvara 49 % emisije metana i 63 % emisije dušičnih plinova. Većina metanskih plinova potjeće iz stajskog gnojiva tijekom njegovog skladištenja, dok najveći dio dušičnih plinova potjeće od gnojiva koje je aplicirano na tlo (Sommer i sur., 2004.). U cilju smanjenja ekoloških rizika u EU implementirana je serija ekoloških regulativa i direktiva. Nitratna direktiva EU stremi reduciranju zagađenja voda uzrokovanim nitratima iz poljoprivrede, a EU direktiva o kvaliteti zraka postavila je limite emisije amonijaka i nitratnog oksida u atmosferu (Oenema, 2004.). Menadžment stajskog gnojiva postaje sve važniji u cilju reduciranja nepovoljnih utjecaja na okoliš (Karmakar i sur., 2007.).

EU direktive vezane za odlaganje stajskog gnojiva imaju utjecaj i na hrvatske poljoprivredne proizvođače. Često se stajsko gnojivo ne odlaže na ispravan način te ga proizvođači nerijetko smatraju nepoželjnim nusproizvodom. S druge strane, povoljan utjecaj organske gnojidbe na prinos te, što je još važnije, na povećanje plodnosti tla i mikrobiološke aktivnosti dokazali su mnogi autori (Chan i sur., 2008.; Ghorbani i sur., 2008. i Lee i sur., 2006.). Nadalje, organska gnojidba povećava učinak mineralne gnojidbe povećanjem plodnosti tla svojim fertilizacijskim vrijednostima i ekološkim pogodnostima (Lončarić i sur., 2009.).

Gnojidba stajskim gnojivom u Hrvatskoj se ne primjenjuje dovoljno u poljoprivrednoj proizvodnji, unatoč niskoj tržišnoj cijeni stajskog gnojiva kao gnojiva koje održivo povećava plodnost tla. Prosječna tržišna cijena stajskog gnojiva iznosi 50-100 kn/t. Stoga bi veća uporaba stajskog gnojiva proizvedenog na mješovitom poljoprivrednom gospodarstvu riješila nekoliko problema za poljoprivredne proizvođače: problem odlaganja gnojiva uporabom u direktnoj poljoprivrednoj proizvodnji, smanjio bi se prisak na okoliš što je u skladu s EU direktivama, povećala bi se plodnost tla i prinosi, a supstitucija određene količine, u Hrvatskoj skupog, mineralnog gnojiva pozitivno bi utjecala na konkurentnost gospodarstva. Jednostavnim izračunom cijene aktivne tvari iz mineralnih gnojiva te preračunom aktivne tvari u stajskom gnojivu dolazi se do stvarne vrijednosti stajskog gnojiva od 120 kn/t. Nerazmjer stvarne vrijednosti stajskog gnojiva i njegove tržišne cijene još više bi trebao potaknuti njegovu upotrebu.

Troškovi i radni učinci pojedinih radnih operacija vezanih za mineralnu i organsku gnojidbu prikazani su u tablici 34. Aplikacija organskih gnojiva bitno je kompleksnija, dugotrajnija (manji su radni učinci) i skuplja od aplikacije mineralnih gnojiva (1.884,50 vs. 100,01 kn/ha). U izračune nisu uključeni posredni učinci aplikacije organskih gnojiva na plodnost tala, već samo supstitucijski učinak dodanih hraniva umjesto mineralnih gnojiva uz predviđenu dinamiku raspoloživosti.

Tablica 34. Radne operacije, troškovi i učinci mineralne i organske gnojidbe

Operacija	Učinak (ha)	Utrošak rada (sati/ha)		Troškovi (kn/ha)
		Strojeva	Ljudi	
Mineralna gnojidba				
Dovoz do ekonomskog dvorišta	60	0,12	0,12	18,09
Istovar	237	0,03	0,03	4,47
Utovar	237	0,03	0,03	4,47
Prijevoz do table	60	0,12	0,12	18,09
Rasipanje	18,4	0,38	0,76	54,89
Ukupno	-	0,68	1,06	100,01
Organska gnojidba				
Utovar stajskog gnojiva	2,3	3,04	3,04	461,96
Razbacivanje	1	7	7	1.422,54
Ukupno	-	10,04	10,04	1.884,50

Izvor: Lončarić i sur., 2014.

Već spomenuta razlika kompleksnih i pojedinačnih mineralnih gnojiva na preciznost gnojidbe te konačno na finansijski aspekt proizvodnje može se dalje analizirati ako se kombinira s organskom gnojidebom na sljedeći način:

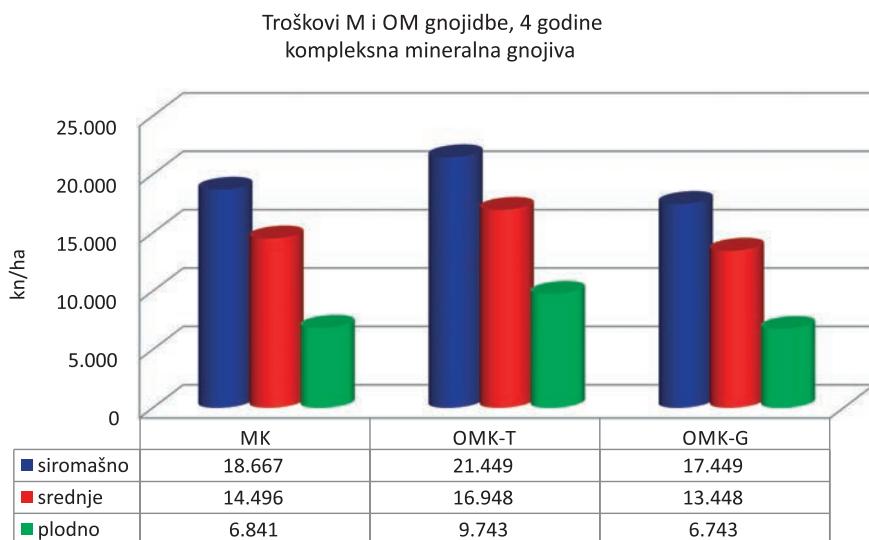
- Mineralna gnojidba, kompleksna gnojiva (NPK 5-15-30, urea, KAN) – (MK)
- Mineralna gnojidba, pojedinačna P i K gnojiva (MAP, KCl, Urea, KAN) – (MP)
- Organska gnojidba s mineralnom gnojidebom, kompleksna gnojiva – (OMK)
- Organska gnojidba s mineralnom gnojidebom, pojedinačna gnojiva – (OMP)

Nadalje, organo-mineralna gnojidba može se raščlaniti na sljedeće scenarije: ako je stajsko gnojivo kupljeno po tržišnoj cijeni od 50 kn/t (OMK-T i OMP-T) i ako je stajsko gnojivo proizvedeno na gospodarstvu (OMK-G i OMP-G).

Učinak ukupnih troškova na različite modele gnojidbe najbolje se može sagledati u četverogodišnjoj poljoprivrednoj proizvodnji iz razloga što se organska gnojidba ne

provodi svake godine nego npr. u četverogodišnjem periodu. Plodosmjena se provodila na sljedeći način: pšenica, kukuruz, suncokret, pšenica. Očekivano, organo-mineralna gnojidba puno je skuplja u odnosu na isključivo mineralnu gnojidbu, uslijed visokih troškova aplikacije stajskog gnojiva (Grafikon 3 i 4). Pri tome plodnost tla ima značajan utjecaj na troškove gnojidbe zbog različitih potreba za hranivima. Najviši troškovi su za OMK-T i OMP-T modele gnojidbe na tlima niske plodnosti uz uvjet da je stajski gnoj kupljen po tržišnoj cijeni (21.621,37 odnosno 19.925,87 kn/ha). Svakako je afirmativno za širu upotrebu organske gnojidbe što su kumulativni troškovi organo-mineralne gnojidbe na tlima niže i srednje plodnosti tla vlastitim stajskim gnojivom (OMK-G i OMP-G) čak niži i od isključivo mineralne gnojidbe. Troškovi organo-mineralne gnojidbe s pojedinačnim mineralnim gnojivima (OMP model) očekivano su niži u odnosu na organo-mineralnu gnojidbu s kompleksnim mineralnim gnojivima (OMK model) jer je aplikacija gnojiva točnija potrebama ako se koriste pojedinačna gnojiva.

Grafikon 3. Usporedba četverogodišnjih kumulativnih troškova gnojidbe, kompleksna mineralna gnojiva

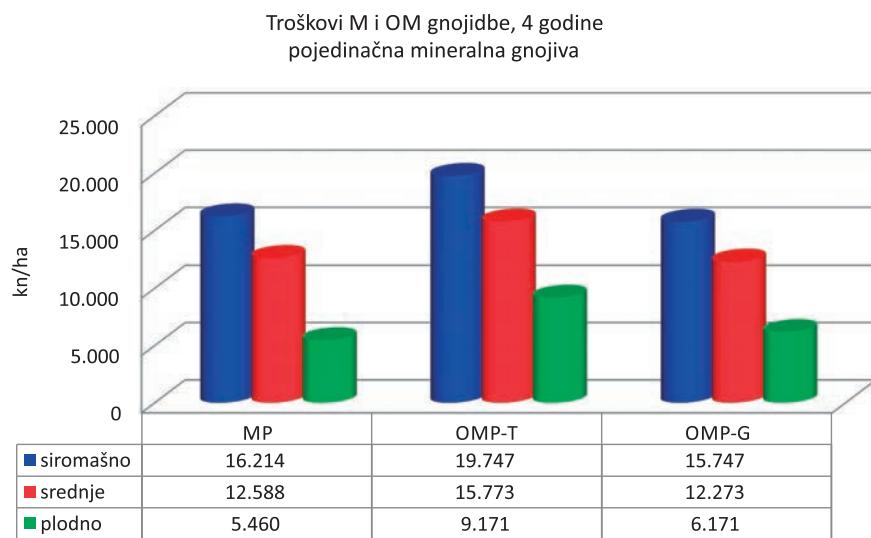


Izvor: autori

Prikazani troškovi odnose se samo na troškove aplikacije gnojidbe i cijene potrebnih količina gnojiva. Vrlo je značajan utjecaj organske gnojidbe na prinos i, posljedično, profitabilnost proizvodnje. Pored toga, organska gnojidba povećava elastičnost tla, tj. sposobnost tla da neutralizira stres biljke u nepovoljnim agroekološkim uvjetima.



Grafikon 4. Usporedba četverogodišnjih kumulativnih troškova gnojidbe, pojedinačna P_2O_5 i K_2O mineralna gnojiva



Izvor: autori

U tablici 35 prikazani su udjeli troškova aplikacije i cijene gnojiva u odnosu na ukupne troškove gnojidbe. Udjeli direktnih troškova gnojiva mnogo su prisutniji na manje plodnim tlima zbog visokih zahtjeva za hranivima nego na plodnim tlima. Nadalje, u mineralnoj gnojidbi više participiraju troškovi gnojiva nego troškovi aplikacije zbog visokih cijena gnojiva i visokih radnih učinaka aplikacije istih. Troškovi aplikacije najviši su kod organo-mineralne gnojidbe, pogotovo kada je u pitanju gnojidba vlastitim stajnjakom (OMK-G i OMP-G) jer su u tom slučaju troškovi gnojiva relativno manji.

Tablica 35. Udio troškova aplikacije i troškova gnojiva u ukupnim troškovima gnojidbe

	Udio troškova mehanizacije (%)			Udio troškova gnojiva (%)		
	siromašno tlo	srednje plodno	plodno tlo	siromašno tlo	srednje plodno	plodno tlo
MK	5,78	6,62	10,83	94,18	93,31	89,17
MP	7,26	8,56	12,83	92,74	91,44	87,17
OMK-T	26,44	29,29	42,35	73,56	70,71	57,65
OMK-G	32,44	36,81	60,72	67,56	63,19	39,28
OMP-T	29,30	34,97	47,10	70,70	65,03	52,90
OMP-G	36,66	41,44	65,86	63,34	58,56	34,14

Izvor: autori

Uštede vezane za cijenu svih gnojiva u organo-mineralnoj gnojidbi, ako se stajsko gnojivo kupuje izvan gospodarstva, iznose do 1.683,19 kn/ha, (OMK model) na tlima niske plodnosti (razlika cijene gnojiva bez cijena aplikacija istih). Uštede su veće kod OMK nego kod OMP modela uslijed, općenito, jeftinije mineralne gnojidbe u OMP modelu.

Na koncu se može zaključiti da je ekonomska analiza različitih modela fertilizacije dokazala ekonomsku djelotvornost supstitucije mineralnih gnojiva stajskim gnojivom koja snažno ovisi o plodnosti tla i troškovima aplikacije. Uslijed visokih troškova aplikacije, kombinirana organo-mineralna gnojidba, ako je stajsko gnojivo kupljeno po tržišnoj cijeni, je od 15 (OMK-T) do 71 % (OMP-T) skuplja od isključivo mineralne gnojidbe. Ako je stajsko gnojivo proizvedeno na gospodarstvu, troškovi su niži 2-6 % na tlima niže i srednje plodnosti.

Afirmacija šire uporabe organske gnojidbe mogla bi pomoći u rješavanju nekoliko problema hrvatskih poljoprivrednika: upotreba stajskog gnojiva smanjila bi negativne učinke odlaganja gnojiva s obzirom na EU regulative te bi porasla plodnost tla i prinosi, što bi pozitivno utjecalo na konkurentnost.

Opća literatura

- Bary, A., Cogger, C., Sullivan, D.M. (2009.): Fertilizing with manure. A Pacific Northwest Extension Publication. PNW0533. Washington, Oregon, Idaho. SAD.
- Chan, KY., Dorahy, C., Wells, T., Fahey, D., Donovan, N., Saleh, F. and Barchia, I. (2008.): Use of garden organic compost in vegetable production under contrasting soil P status. Australian Journal of Agricultural Research. 59 (4): 374-382.
- Ćustić, M. (1996.): Djelovanje gnojidbe dušikom na aminokiselinski sastav glavatog radiča. Doktorski rad. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Zagreb.
- De Godoi Pereira, M. i sur. (2014.): An Overview of the Environmental Applicability of Vermicompost: From Wastewater Treatment to the Development of Sensitive Analytical Methods. The Scientific World Journal. 2014. Article ID 917348, 14 pages.
- Dragović, R. (2012.): Iskorištavanje biljnih otpadaka u svrhu gnojidbe. www.agroklub.com.
- Državni zavod za statistiku RH (2003.): Popis poljoprivrede. Zagreb.
- Državni zavod za statistiku RH (2009.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2009. Zagreb.
- Državni zavod za statistiku RH (2010.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2010. Zagreb.
- Državni zavod za statistiku RH (2011.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2011. Zagreb.
- Državni zavod za statistiku RH (2012.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2012. Zagreb.
- Državni zavod za statistiku RH (2013.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2013. Zagreb.
- Državni zavod za statistiku RH (2014.): Statistički ljetopis Republike Hrvatske 2014. Zagreb.
- Finck, A. (1982.): Fertilizers and Fertilization: Introduction and Practical Guide to Crop Fertilization. Weinheim; Deerfield Beach, Florida; Basel: Verlag Chemie, 1982.
- Ghorbani, R., Koocheki, A., Jahan, M. and Asadi, GA. (2008.): Impact of organic amendments and compost extracts on tomato production and storability in agroecological systems. Agronomy for Sustainable Development. 28 (2): 307-311.

-
- Grafovac, P. (2005.): Ekonomika poljoprivrede. Golden marketing Tehnička knjiga, Zagreb.
- Grafovac, P. (2005.): Regionalne značajke uvjeta razvoja hrvatske poljoprivrede. Zbornik Ekonomskog fakulteta u Zagrebu: 133-152.
- Grgić, Z., Franić, R., Kisić, I. (1999.): Country report on the present environmental situation in agriculture-Croatia. FAO Subregional Office for Central and Eastern Europe, REU Technical Series 61, Godollo.
- Gugić, J., Duvančić, M., Šuste, M., Grgić, I., Didak, S. (2014.): Proizvodnja i potrošnja gnojiva u Republici Hrvatskoj. Agroeconomia Croatica. 4: 32-39.
- Jongbloed, A.W., Lenis, N.P. (1998.): Environmental concerns about animal manure. Journal of Animal Science. 76: 2641–2648.
- Karmakar, S., Lague, C., Agnew, J., & Landry, H. (2007.): Integrated decision support system (DSS) for manure management: A review and perspective. Computers and Electronics in Agriculture. 57: 190–201.
- Koenig, R., Johnson, M. (2011.): Selecting and using organic fertilizers. Utah State University Cooperative Extension. Logan. Utah. SAD.
- Lee, CH., Wu, MY., Asio, VB. and Chen ZS. (2006.): Using a soil quality index to assess the effects of applying swine manure compost on soil quality under a crop rotation system in Taiwan. Soil Science. 171 (3): 210-222.
- Lešić, R., Borošić, J., Buturac, I., Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2002.): Povrćarstvo. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
- Lončarić, R., Kanisek, J., Lončarić, Z. (2014.): Razlika između mineralne i organo-mineralne gnojidbe s ekonomskog gledišta. Zbornik radova 49. hrvatskog & 9. međunarodnog znanstvenog simpozija agronoma. Marić, S. i Lončarić, Z. (ed.). Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Dubrovnik, Hrvatska.
- Lončarić, Z., Karalić, K. (2015.): Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek.
- Lončarić, Z., Vukobratović, M., Popović, B., Karalić, K., Vukobratović, Ž. (2009.): Computer model for evaluation of plant nutritional and environment values of organic fertilizers. Cereal research communications. 37: 617-620.
- Lončarić, Z., Vukobratović, M., Ragalyi, P., Filep, T., Popović, B., Karalić, K., Vukobratović, Ž. (2009.): Computer model for organic fertilizer evaluation. Poljoprivreda. 15: 38-46.

-
- Lončarić, Z., Lončarić, R., Teklić, T., Engler, M., Karalić, K., Popović, B. (2005.): Kompjutorski model izrade preporuka gnojidbe i ekonomske analize ekološke biljne proizvodnje. Zbornik radova, 40. znanstveni skup hrvatskih agronomova s međunarodnim sudjelovanjem, Opatija. 151 – 152.
- Lončarić, Z., Engler, M., Karalić, K., Bukvić, G., Lončarić, R., Kralik, D. (2005.): Ocjena kvalitete vermikompostiranog goveđeg stajskog gnoja. Poljoprivreda. 11: 57-63.
- Lončarić, Z., Vukadinović, V., Bertić, B., Teklić, T. (2003.): Caculator for the Brassicas Fertilization Recommendation, Acta Horticulturae. 627: 153 – 160.
- Lončarić, Z., Vukadinović, V., Bertić, B., Teklić, T. (2003.): The Optimizing of N-Fertilization by Soil Organic Matter Mineralization, Proceedings of 14th International Symposium of Fertilizers CIEC, Debrecen, Hungary. 112-118.
- Lončarić, Z., Teklić, T., Parađiković, N., Jug, I. (2003.): Influence of fertilization on early Savoy Cabbage yield. Acta Horticulturae. 627: 145-152.
- Lončarić, Z., Teklić, T., Bertić, B., Jug, D., Vidović, I. (1999.): Koncentracija hraniva u kupusnjačama i njihovo iznošenje. Poljoprivreda. 5: 47-51.
- Lončarić, Z., Teklić, T., Lončarić, R., Vidović, I., Jug, D. (1999.): Utjecaj sklopa na prinos te dinamike prinosa i tržišne cijene na dobit u uzgoju paprike u visokim tunelima. Poljoprivreda. 5: 53-59.
- Maini, P. (2006.): The experience of the first biostimulant, based on aminoacids and peptides: a short retrospective review on the laboratory researches and the practical results. Ed. Centro Scientifico Italiano dei Fertilizzanti, Fertilitas Agrorum. 1: 29-43.
- Matotan, Z. i Međimurec, T. (1998.): Proizvodnja krastavaca za preradu. Biblioteka Poljoprivredni savjetnik. Zagreb.
- Matotan, Z. (2004.): Suvremena proizvodnja povrća. Nakladni zavod Globus. Zagreb.
- Ministarstvo poljoprivrede Republike Hrvatske (2013.): Tehnološke upute za integriranu proizvodnju povrća za 2014. godinu. Zagreb.
- Nikolić, B. (2010.): Značaj kvaliteta supstrata za proizvodnju povrća i cvijeća. Biotehnički institut Podgorica. Republička savjetodavna služba u biljnoj proizvodnji. Podgorica. Crna Gora.
- Onema, O. (2004.): Governmental policies and measures regulating nitrogen and phosphorus from animal manure in European agriculture. Journal of Animal Science. 82: 196–206.

-
- Parađiković, N., Vinković, T., Vinković Vrček, I., Tkalec, M. (2013.): Natural biostimulants reduce the incidence of BER in sweet yellow pepper plants (*Capsicum annuum* L.). Agricultural and food science. 22: 307-317.
- Parađiković, N., Vinković, T., Vinković Vrček, I., Žuntar, I., Bojić, M., Medić-Šarić, M. (2011.): Effect of natural biostimulants on yield and nutritional quality: an example of sweet yellow pepper plants (*Capsicum annuum* L.). Journal of the science of food and agriculture. 91: 2146-2152.
- Parađiković, N., Teklić, T., Vinković, T., Kanižai, G., Lisjak, M., Mustapić-Karlić, J., Bućan, L. (2010.): The incidence of BER-affected tomato fruits under influence of the form of N fertilizer. Journal of food agriculture & environment. 8: 201-205.
- Parađiković, N., Vinković, T., Vinković Vrček, I., Teklić, T., Lončarić, R., Baličević, R. (2010.): Antioksidativna aktivnost i pojava vršne truleži ploda paprike pod utjecajem biostimulatora i hibrida. Poljoprivreda. 16: 20-24.
- Parađiković, N. (2009.): Opće i specijalno povrćarstvo. Poljoprivedni fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek.
- Parađiković, N., Teklić, T., Vinković, T., Baličević, R., Lepeduš, H. (2008.): Influence of K excessive soil and plant supply on Ca deficiency in pepper fruits (*Capsicum annuum* L.). Cereal research communications. 36: 1563-1566.
- Parađiković, N., Vinković, T., Teklić, T., Guberac V., Milaković, Z. (2008.): Primjena biostimulatora u proizvodnji presadnica rajčica. Zbornik radova 43. hrvatskog i 3. međunarodnog simpozija agronomova. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 435-438.
- Parađiković, N., Teklić, T., Guberac, V., Vinković, T. (2007.): Utjecaj temperature na klijavost i nicanje salate (*Lactuca sativa* L.) i mrkve (*Daucus carota* L.). Sjemenarstvo. 24: 111-119.
- Parađiković, N., Teklić, T., Horvat, D., Vinković, T., Gumze, A. (2007.): Influence of different nitrogen form application on the incidence of BER and elementary composition of bell peppers. Cereal Research Communication. 35: 897-900.
- Parađiković, N., Lončarić, Z., Bertić, B., Vukadinović, V. (2004.): Influence of Ca-foliar application on yield and quality of sweet pepper in glasshouse conditions. Poljoprivreda. 10: 24-27.
- Parađiković, N. (2002.): Osnove proizvodnje povrća. Katava d.o.o. Osijek.
- Parađiković, N., Šoštarić, J., Milaković, Z., Horvat, D. (2002.): Organsko-biološki i konvencionalni uzgoj rajčice (*Lycopersicon lycopersicum* Mill.) u zaštićenom prostoru. Poljoprivreda. 8: 40-45.

-
- Pavlek, P. (1985.): Opće povrćarstvo. Liber. Zagreb.
- Pieters, A.J. (2006.): Green manures, principles and practices. US Department of agriculture. New York. Chapnam and Hall. London. UK.
- Poljak, M. (2005.): Kvaliteta krumpira i prerada. Proizvodnja i prerada povrća: izlaganje s okruglog stola. Koprivnica 8. srpanj 2005., HAZU, Znanstveno vijeće za poljoprivredu i šumarstvo. 59-66.
- Reeve, J., Drost, D. (2012.): Yields and Soil Quality under Transitional Organic High Tunnel Tomatoes. Hortscience. 47: 38-44.
- Romaine C. P., Royse D. J. (2012.): Encyclopedia of Biotechnology in Agriculture and Food.
- Rynk, R. (editor) (1992.): On-Farm Composting Handbook. Northeast Regional Agricultural Engineering Service. Cooperative Extension. Ithaca, New York. SAD.
- Stjepanović, M., Čupić, T., Gantner, R. (2012.): Grašak. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek
- Sommer, S.G., Petersen, S.O., Moller, H.B. (2004.): Algorithms for calculating methane and nitrous oxide emissions from manure management. Nutrient Cycling in Agroecosystems. 69: 143–154.
- Trautmann, N.M., Krasny, M.E. (1997.): Composting in the classroom. Scinetifis inquiry for high scholl students. Cornell University. Ithaca, NY. SAD.
- Van Horn, H.H. (1998.): Factors affecting manure quantity, quality, and use. Proceedings of the Mid South Ruminant Nutrition Conference. Dallas – Ft. Worth. Texas Animal Nutrition Council: 9-20.
- Vernieri, P., Malorgio, F., Tognoni, F. (2002.): Use of biostimulants in production of vegetable seedlings. Colture-Protette. 31: 75-79.
- Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek.
- Vukobratović, M. (2008.): Proizvodnja i ocjena kvalitete kompostiranih stajskih gnojiva. Doktorski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek
- Warncke, D., Dahl, J., Zandstra, B. (2004.): Nutrient Recommendations for Vegetable Crops in Michigan. Extension Bulletin E2934, New, October 2004. Michigan State University, USA.

Znaor, D. (2009.): Hrvatska poljoprivreda ususret i nasuprot klimatskim promjenama. Prilog za okrugli stol Sigurnost proizvodnje i opskrbe hranom u post-Kyoto periodu. Heinrich Böll Stiftung.



Europsku uniju čini 28 zemalja članica koje su odlučile postupno povezivati svoja znanja, resurse i sADBine. Zajednički su, tijekom razdoblja proširenja u trajanju više od 50 godina, izgradile zonu stabilnosti, demokracije i održivog razvoja, zadržavajući pritom kulturnu raznolikost, toleranciju i osobne slobode. Europska unija posvećena je dijeljenju svojih postignuća i svojih vrijednosti sa zemljama i narodima izvan svojih granica.

Ova publikacija izrađena je uz pomoć Europske unije. Sadržaj ove publikacije isključiva je odgovornost nositelja projekta i ni na koji se način ne može smatrati da odražava gledište Europske unije.



Projekt financira Europska unija
This project is funded by the European Union