



# MINERALNA GNOJIVA I GNOJIDBA RATARSKIH USJEVA

- AGRICULTURE – HEALTHY FOOD – ENVIRONMENT –  
- AGRICULTURAL CONTRIBUTION TO HEALTHY FOOD –  
- PROTECTING NATURE – FOOD – CLEAN ENVIRONMENT –  
AGRI – CONTO – CLEEN

Osijek, 2015.

---

Urednik

prof. dr. sc. Zdenko Lončarić

Autori

prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku

doc. dr. sc. Krunoslav Karalić, Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku

Recenzenti

prof. dr. sc. Vlado Kovačević, Zavod za bilinogojstvo,

Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku

prof. dr. sc. Milan Mesić, Zavod za opću proizvodnju bilja,

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

izv. prof. dr. sc. Mirta Rastija, Zavod za bilinogojstvo,

Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku

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 978-953-7871-29-1

CIP zapis dostupan u računalnom katalogu Gradske i sveučilišne knjižnice Osijek pod brojem 140109011

Izdavanje ovog priručnika odobrio je Senat Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku 28. siječnja 2015. godine.

---

## Kazalo

Predgovor .....	7
1. OSNOVNI RAZLOZI I CILJEVI GNOJIDBE .....	9
1.1. Osnovni razlozi i principi gnojidbe .....	12
1.1.1. Održavanje ili popravak plodnosti tla kao supstrata ishrane bilja .....	14
Strukturnost tala .....	14
Optimalna vlažnost tala .....	14
Optimalna pH reakcija tala .....	14
Optimalna humoznost tala .....	15
Optimalna tekstura tala .....	15
1.1.2. Dodatak prirodno nedostatnoj opskrbi hranivima .....	16
1.1.3. Nadoknada hraniva iznesenih prinosom, ispranih ili izgubljenih iz tla ...	18
1.2. Greške u gnojidbi .....	19
1.2.1. Gnojidba napamet bez analize tla .....	20
1.2.2. Zanemarivanje gnojidbe osnovnim hranivima .....	21
1.2.3. Zanemarivanje osnovnih principa održavanja plodnosti tla .....	22
1.2.4. Zanemarivanje gnojidbe sekundarnim hranivima (Ca, Mg, S) .....	22
1.2.5. Zanemarivanje gnojidbe mikroelementima (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo) ....	23
1.2.6. Prekomjerna ili nepotrebna gnojidba .....	24
1.2.7. Pogrešna aplikacija gnojiva .....	24
1.2.8. Pogrešna interpretacija analiza ili preporuka gnojidbe .....	25
1.2.9. Neodgovarajuće gnojivo s obzirom na potrebnu gnojidbu ili svojstva tla .....	26
1.2.10. Nedovoljna gnojidba s obzirom na gubitak hraniva .....	27
2. MINERALNA GNOJIVA .....	28
2.1. Podjela mineralnih gnojiva .....	32
2.2. Kakvoća mineralnih gnojiva .....	34
2.2.1. Sadržaj aktivne tvari ili koncentracija hraniva .....	34
2.2.2. Formulacija gnojiva .....	37
2.2.3. Omjer hraniva .....	37
2.2.4. Kemijski oblik hraniva .....	39
2.2.5. Kemijska stabilnost i postojanost .....	41
2.2.6. Vrsta i ujednačenost čestica gnojiva .....	42
2.3. Pakiranje i isporuka mineralnih gnojiva .....	44
2.4. Pojedinačna dušična gnojiva .....	45
Proizvodnja mineralnih dušičnih gnojiva .....	45
2.4.1. Amonijska dušična gnojiva .....	47
Amonijev sulfat - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ .....	47
Amonijev klorid - $\text{NH}_4\text{Cl}$ .....	47
Amonijev hidrogenkarbonat - $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ .....	47

2.4.2. Nitratna dušična gnojiva .....	48
Natrijev nitrat (čilska salitra) - $\text{NaNO}_3$ .....	48
Kalcijev nitrat (norveška salitra) - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ .....	48
Ostala nitratna gnojiva .....	49
2.4.3. Amonijsko-nitratna dušična gnojiva.....	51
Amonijev nitrat (AN) - $\text{NH}_4\text{NO}_3$ .....	51
Kalcijev amonijev nitrat (KAN) $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$ ili $\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ .....	51
Amonijev sulfonitrat – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times \text{NH}_4\text{NO}_3$ .....	52
2.4.4. Amidna dušična gnojiva .....	53
Urea - $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ .....	53
Kalcijev cijanamid - $\text{CaCN}_2$ .....	54
2.4.5. Tekuća dušična gnojiva.....	54
Anhidrirani amonijak - $\text{NH}_3$ .....	54
Urea amonijev nitrat (UAN) – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \times \text{NH}_4\text{NO}_3$ .....	55
Amonijev hidrokسيد – $\text{NH}_4\text{OH}$ .....	55
2.4.6. Spororazlagajuća ili obložena dušična gnojiva .....	56
2.5. Pojedinačna fosfatna gnojiva .....	57
2.5.1. Sirovi fosfati .....	59
Fosforitno brašno - $6\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaF}_2 \times \text{CaCO}_3$ .....	59
Djelomično topivi kameni fosfat.....	59
2.5.2. Primarni kalcijevi fosfati.....	60
Superfosfat - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$ .....	60
Obogaćeni superfosfat - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$ .....	61
Trostruki superfosfat ili tripleks - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$ .....	61
2.5.3. Sekundarni kalcijevi fosfati.....	62
Dikalcijev fosfat ili precipitat ili taložnik - $\text{CaHPO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ .....	62
2.5.4. Topljeni i termofosfati .....	62
Kalcinirani fosfati (Rhenania fosfat) – $\text{CaNaPO}_4 \times \text{Ca}_2\text{SiO}_4$ .....	63
Aluminijev kalcijev fosfat.....	63
Kameni fosfat bez fluora (Coronet fosfat) .....	63
Tomasov fosfat ili Tomasova šljaka - $\text{Ca}_5[\text{SiO}_4(\text{PO}_4)_2]$ .....	63
2.6. Pojedinačna kalijeva gnojiva.....	64
2.6.1. Sirove kalijeve soli .....	64
2.6.2. Obogaćene sirove kalijeve soli .....	64
Obogaćena kainitna sol - $\text{K}_2\text{SO}_4 \times \text{MgSO}_4 \times \text{Na}_2\text{SO}_4 \times \text{KCl}$ .....	64
Kiserit s kalijevim sulfatom - $\text{MgSO}_4 \times \text{K}_2\text{SO}_4$ .....	64
2.6.3. Koncentrirana kalijeva gnojiva .....	64
Kalijev klorid - $\text{KCl}$ .....	64
Kalijev sulfat - $\text{K}_2\text{SO}_4$ .....	65
Kalijev klorid - magnezijev sulfat (Korn kalij) – $\text{KCl} \times \text{MgSO}_4$ .....	65
Kalijev-magnezijev sulfat (Patent kalij) - $\text{K}_2\text{SO}_4 \times \text{MgSO}_4$ .....	65

Kalijev-magnezijev-natrijev sulfat - Kainit (Magnesia kainit) $K_2SO_4 \times MgSO_4 \times Na_2SO_4$ .....	65
2.7. Složena mineralna gnojiva .....	66
2.7.1. Kompleksna gnojiva .....	68
2.7.2. Kompleksna gnojiva iz grupe AMOFOSA .....	68
MAP - Monoamonijev fosfat – $NH_4H_2PO_4$ .....	69
DAP - Diamonijev fosfat – $(NH_4)_2HPO_4$ .....	70
Amonij polifosfati .....	70
Trojna gnojiva iz grupe AMOFOSA .....	71
2.7.3. Kompleksna gnojiva iz grupe NITROFOSA (AMONITROFOSA) .....	71
2.7.4. Kompleksna dvojna PK gnojiva .....	72
2.7.5. Kompleksna dvojna NK gnojiva .....	73
Kalijev nitrat - $KNO_3$ .....	73
2.7.6. Miješana gnojiva .....	73
2.8. Pogodnost gnojiva za miješanje .....	74
2.8.1. Gubitak dušika .....	74
2.8.2. Imobilizacija vodonikovih fosfata .....	75
2.8.3. Sljepljivanje i zgrudnjavanje gnojiva .....	75
2.8.4. Antagonizam gnojiva .....	75
Neutralizacija .....	75
Dekompozicija .....	76
Dvostruka dekompozicija .....	76
Hidratacija .....	76
2.9. Mikrognjiva .....	76
2.9.1. Mikrognjiva željeza (Fe gnojiva) .....	78
2.9.2. Mikrognjiva mangana (Mn gnojiva) .....	79
2.9.3. Mikrognjiva cinka (Zn gnojiva) .....	80
2.9.4. Mikrognjiva bakra (Cu gnojiva) .....	80
2.9.5. Mikrognjiva bora (B gnojiva) .....	81
2.9.6. Mikrognjiva molibdena (Mo gnojiva) .....	81
3. KONDICIONERI (POBOLJŠIVAČI) TALA .....	83
3.1. Kondicioneri s učinkom na kemijska svojstva tla .....	84
3.1.1. Kondicioneri s učinkom na promjene pH vrijednosti tla .....	84
Aluminijev sulfat .....	84
Drveni pepeo .....	85
Kalcijev karbonat .....	86
Magnezijev hidroksid .....	87
Zemljišni sumpor .....	87
Željezov sulfat .....	88
3.1.2. Kondicioneri s učinkom na promjenu raspoloživosti i/ili sadržaja hraniva u tlu .....	88

Glaukonit .....	88
Kalcijev sulfat.....	89
Kiserit .....	90
Magnezijev sulfat .....	90
Ugljena prašina.....	91
3.2. Kondicioneri s učinkom na fizikalna svojstva tla.....	91
3.2.1. Kondicioneri s učinkom na strukturu tla .....	91
Perlit .....	91
Treset.....	92
Vermikulit .....	93
3.2.2. Kondicioneri s učinkom na retenciju vode u tlu .....	93
Hortikulturni pijesak.....	93
Malčevi .....	94
Vodeni zemljišni kristali .....	94
3.3. Kondicioneri s učinkom na fizikalno-kemijska svojstva tla .....	95
Komposti .....	95
Zeoliti.....	96
4. GNOJIDBA RATARSKIH USJEVA.....	97
4.1. Aplikacija gnojiva.....	97
4.1.1. Unošenje u tlo ravnomjerno po čitavoj površini .....	98
4.1.2. Polaganje u tlo u redovima ili trakama.....	99
4.1.3. Ravnomjerna raspodjela po površini tla bez unošenja gnojiva .....	101
4.1.4. Raspodjela po površini tla u redovima ili trakama .....	101
4.1.5. Primjena preko lista ravnomjerno po čitavoj površini.....	101
4.2. Principi izračuna potrebne gnojidbe .....	102
4.2.1. Interpretacija rezultata analiza tla .....	102
pH reakcija tla.....	102
Humoznost .....	103
Konzentracija biljci raspoloživog fosfora i kalija .....	104
4.2.2. Izračun potrebe hraniva .....	105
4.2.3. Izračun potrebne gnojidbe dušikom .....	106
Procjena mineralizacije.....	107
Organska gnojidba .....	108
Dušična depresija .....	110
4.2.4. Izračun potrebne gnojidbe fosforom .....	111
Niži pH i manja humoznost tla.....	112
Viši pH i manja humoznost tla .....	112
Optimalan pH .....	112
4.2.5. Izračun potrebne gnojidbe kalijem .....	114
Opća literatura .....	117
Definicije i objašnjenje pojmova .....	119





## Predgovor

Priručnik *Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva* prikaz je ciljeva i principa gnojidbe, ali i polazna točka utjecaja gnojidbe na okoliš i proizvodnju hrane u okviru IPA projekta *Doprinos poljoprivrede čistom okolišu i zdravoj hrani (Agriculture Contribution Towards Clean Environment and Healthy Food)*.

Principi, ciljevi i zadatci gnojidbe su u ovom priručniku prikazani kroz prizmu očuvanja plodnosti tla kojemu pripada značajno mjesto u održivom povećanju poljoprivredne proizvodnje uz istovremeno očuvanje okoliša. U prvom dijelu priručnika čitatelju su pružene osnovne informacije o svojstvima tla čija je optimizacija preduvjet isplative i ekološki prihvatljive gnojidbe. Prikazane su osnovne greške u gnojidbi i primjeri konkretnog utjecaja agrotehničkih mjera na raspoloživost hraniva i optimizaciju gnojidbe.

Središnji dio priručnika sadrži pregled podjela gnojiva te vrste i svojstva mineralnih gnojiva i poboljšivača tala. Osnovni je cilj čitateljima približiti utjecaj gnojiva i poboljšivača na raspoloživost hraniva i plodnost tala interpretacijom njihovih svojstava. Prikazane sirovine i procesi u proizvodnji gnojiva, fizikalna i kemijska svojstva gnojiva, obaveze pri deklariranju sadržaja hraniva, formulacije gnojiva i oblici hraniva te primjereni načini aplikacije gnojiva istovremeno su najznačajniji atributi svakog po-



jedinog gnojiva, ali i polazni podatci neophodni za izbor optimalnih vrsta i količina gnojiva u gnojidbi ratarskih usjeva.

Završni dio konkretnim primjerima opisuje osnovne korake u izračunu primjerene gnojidbe osnovnih ratarskih usjeva bez detaljnog tehnološkog prikaza posebnosti usjeva. Osnova odlučivanja u izboru gnojiva je optimizacija raspoloživosti hraniva održavanjem plodnosti tla.

Veliku zahvalnost dugujemo recenzentima prof. dr. sc. Vladi Kovačeviću, prof. dr. sc. Milanu Mesiću i prof. dr. sc. Mirti Rastiji na uloženom trudu, pomoći i savjetima kojima su doprinijeli kvaliteti priručnika.

Urednik

prof. dr. sc. Zdenko Lončarić





Zdenko Lončarić

## 1. OSNOVNI RAZLOZI I CILJEVI GNOJIDBE

Gnojidbu ili fertilizaciju najjednostavnije možemo definirati kao agrotehničku mjeru aplikacije gnojiva s konačnim ciljem postizanja visokog prinosa. Takva jednosmjerna definicija dobrim je dijelom posljedica značajnog povećanja prinosa poljoprivrednih usjeva prvotnim uvođenjem mineralnih gnojiva u široku proizvodnu praksu, ali i današnje dominantne uloge gnojiva u ostvarenju visokih prinosa. Međutim, uloga gnojidbe u poljoprivrednoj proizvodnji nikako nije tako jednostavna.

Čovjek je radi proizvodnje hrane značajan dio spontane biosfere pretvorio u agrosferu prilagodivši ekosustave intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji. Takav scenarij otvorio nam je mogućnost, ali i obavezu održavanja ravnoteže u agroekosustavima, što nastojimo ostvariti agrotehničkim mjerama. Samo poimanje održavanja ravnoteže upućuje na složenost naše obveze, a to se višestruko dokazuje kako u dnevnim operativnim odlukama na proizvodnim površinama, tako i u globalnim strategijama i promjenama. Značaj gnojidbe u poljoprivrednoj proizvodnji prepoznat je na svim razinama, pa tako i u zakonodavstvu gdje su razlike konvencionalne, integrirane i ekološke poljoprivrede najvećim dijelom fokusirane na gnojidbu i zaštitu usjeva.

Da bismo u potpunosti ispunili zadatke, ali i ostvarili potencijale gnojidbe, moramo imati na umu sve njezine utjecaje na poljoprivredu i agrosferu u cijelosti. Svaka gnojidba utječe na većinu sljedećih značajki agroekosustava:

1. visina prinosa
2. kvaliteta prinosa
3. stabilnost prinosa
4. plodnost tala
5. onečišćenje okoliša
6. kruženje hraniva
7. isplativost proizvodnje
8. održivost proizvodnje.

Intenzitet pojedinih utjecaja značajno ovisi o karakteristikama gnojidbe pa može prevladavati utjecaj na visinu prinosa ili isplativost proizvodnje ili nešto treće.

Gnojidba 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. Na primjer, posljedica gnojidbe dušikom je povećana raspoloživost mineralnih oblika dušika (amonijski kation i/ili nitratni anion). Ukoliko je raspoloživost dušika prije gnojidbe bila nedostatna, a time i limitirajući činitelj proizvodnje, gnojidba će povećati prinos. Međutim, ukoliko je raspoloživost dušika već bila dostatna i nije bila limitirajući činitelj proizvodnje, provedena gnojidba neće povećati prinos, a može pozitivno (npr. povećanim udjelom bjelančevina u zrnu pšenice) ili negativno (npr. povećanim udjelom nitrata u plodu) utjecati na kvalitetu prinosa. Utjecaj dodanog dušika na kvalitetu prinosa u ovom primjeru ne ovisi samo o količini i dinamici **raspoloživog dušika**, već i o vrsti i kultivaru usjeva, ali i o **raspoloživosti drugih hraniva** (npr. niska raspoloživost K rezultirat će nižom kvalitetom ploda rajčice zbog preširokog N/K odnosa). Nadalje, ukoliko je raspoloživost dušika i ostalih hraniva već bila optimalna, gnojidbom povećana raspoloživost sigurno će negativno utjecati na kvalitetu, a u konačnici će rezultirati i padom prinosa zbog nižeg žetvenog indeksa (npr. veći udio slame u nadzemnoj masi pšenice), polijeganja žitarica, intenzivnijeg napada uzročnika bolesti, ali i zbog mogućeg toksičnog učinka prekomjerne **raspoloživosti hraniva**.

Gnojidba također značajno utječe na **stabilnost prinosa i plodnost tala** koji su vrlo usko povezani jer veća plodnost podrazumijeva veću **raspoloživost hraniva** i veću sposobnost tala da u određenoj mjeri neutralizira nepovoljne sezonske utjecaje (npr. suša ili saturiranost tla) i nepovoljne učinke nedostatne ili suvišne gnojidbe (elastičnost tla) i tako doprinosi stabilnosti prinosa. Međutim, tlo manje plodnosti nema sposobnost neutralizacije pogrešne gnojidbe jer niti može osigurati dovoljno raspoloživih hraniva procesima mobilizacije, niti može adsorbirati prekomjerno dodana hraniva. Učestali izostanak ili nedostatna gnojidba siromašnih tala rezultirat će njihovom degradacijom, padom **raspoloživosti hraniva** i padom plodnosti, dok optimalna gnojidba siromašnih tala rezultira povećanjem **raspoloživosti hraniva** i plodnosti tala.

Opterećenje okoliša poljoprivredom vrlo je značajan aspekt **održivosti poljoprivredne proizvodnje i očuvanja okoliša**. S aspekta gnojidbe najveće je ekološko opterećenje prekomjerna gnojidba dušikom i/ili fosforom, ali jednako opterećenje predstavlja vremenski neodgovarajuća gnojidba (npr. kasna prihrana šećerne repe dušikom), primjena neodgovarajućih oblika hraniva (npr. jesenska gnojidba nitratnim dušikom) ili aplikacija gnojiva na neodgovarajući način (npr. aplikacija gnojovke na saturirano tlo ili raznošenje stajskog gnojiva po površini bez unošenja u tlo). Posljedice navedenih grešaka su **raspoloživost hraniva** veća od sezonske potrebe usjeva (kasna jesen ili zima) i nepotrební gubitci hraniva (ispiranje nitrata, direktno otjecanje vodotopivih hraniva, volatilizacija dušika). Istraživanja provedena u kontinentalnom dijelu Hrvatske pokazala su da prosječna gnojidba dušikom i fosforom nije previsoka i nisu utvrđene sustavne prekomjerne gnojide s učincima ekološkog opterećenja. Izuzetci mogu biti pojedinačne prekomjerne (ili nedostatne) gnojide zbog neprovođenja analiza tla, nekorištenja optimalnog gnojiva ili nedostatne raspoloživosti (neravnomjerne distribucije) organskih gnojiva.

Značajna antropogena promjena u agrosferi je intenziviranje **kruženja hraniva** koje se postiže mineralnom, organskom i zelenom gnojidbom. Pri tome je posebno značajno kruženje dušika jer intenzitet prirodnog ciklusa dušika nije dovoljan za postizanje visokih prinosa. Ovdje treba napomenuti da potreba intenziviranja ciklusa hraniva nije posljedica nedostatne ukupne količine hraniva (dušika, fosfora, kalija...) u tlu, već odnos dinamike **raspoloživih oblika hraniva** u tlu i dinamike potrebe usjeva za istim hranivima tijekom vegetacije.

Prethodno je naveden primjer kako će gnojidba povećati raspoloživost hraniva i prinos ako je prethodno biljka bila nedovoljno opskrbljena hranivima. Povećanje raspoloživosti hraniva neće beskonačno povećavati prinos jer u određenom trenutku raspoloživost hraniva više ne limitira prinos pa povećanje prinosa gnojidbom više nije moguće. Međutim, moguće ja da povećanje gnojide čak i prije postizanja maksimalnog prinosa više nije isplativo, tj. da je ulaganje u povećanje gnojide (cijena jedinice gnojiva, rada mehanizacije i rada ljudi u aplikaciji gnojiva) veće od povećanja prihoda ostvarenog povećanim prinosom. Dakle, ekonomski optimalna gnojidba u tom će slučaju biti niža od biološkog optimuma kojim se postiže najviši prinos. Primjerena gnojidba tala nedostatne i **niske raspoloživosti hraniva** povećava **raspoloživost hraniva**, prinos i ekonomsku **isplativost proizvodnje**, a time i gnojide. Porastom raspoloživosti hraniva smanjuje se preostala potreba za gnojidbom da bi na određenoj razini daljnje povećanje gnojide zbog visine ulaganja bilo neisplativo.

Navedeni primjeri utjecaja gnojide na agrosustave svojom brojnošću, povezanošću i isprepletenošću ukazuju na značaj i složenost zadataka gnojide. Ipak, sve zadatke gnojide možemo svesti na zajednički nazivnik ili zajednički cilj: **optimalna raspoloživost hraniva**.

Ne postoji niti jedan opravdani razlog za provedbu dopunske gnojidbe nakon postizanja optimalne raspoloživosti hraniva, niti postoji opravdani razlog neprovođenja gnojidbe sve dok nije postignuta optimalna raspoloživost hraniva. Naravno, postići optimalnu raspoloživost hraniva nije tako jednostavno jer to nije jedan univerzalni broj, već se za svako pojedino hranivo radi o različitom rasponu prilagođenom vrsti i kultivaru, plodnosti tla, agroekološkim uvjetima (sezonskim promjenama) i ciljevima proizvodnje.

Optimalnu raspoloživost hraniva možemo smatrati primarnim i prilično jednostavnim ciljem gnojidbe koji obogaćuje prilično siromašnu jednostranu definiciju gnojidbe na početku ovog poglavlja. Složenost mjera kojima to postižemo i višestrani utjecaj gnojidbe na ekosustave usmjeravaju nas nešto složenijoj definiciji gnojidbe:

**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.**

## 1.1. Osnovni razlozi i principi gnojidbe

Već smo zaključili da je zajednički nazivnik svih ciljeva gnojidbe optimizacija raspoloživosti hraniva. Samo u specifičnim uvjetima proizvodnje prirodna je opskrbljenost hranivima optimalna, tako da možemo reći da praktično ne postoje proizvodni poljoprivredni sustavi bez potrebe gnojidbe. Češće ćemo već oko nas naići na primjere gdje su pojedina hraniva dostatno raspoloživa i gnojidba tim hranivima nije potrebna. Jednostavni su primjeri dostatna raspoloživost mikroelemenata (npr. Fe i Mn u kiselim tlima). Nije rijetka niti pojava dostatne raspoloživosti fosfora ili kalija, tako da u određenom trenutku nije potrebna gnojidba da bi povećala raspoloživost tih hraniva, ali raspoloživost hraniva treba ostati optimalna i za buduće usjeve, tj. moramo voditi računa o bilanci hraniva. Istovremeno u takvom tlu neko drugo hranivo može biti nedovoljno raspoloživo te je potrebna redovita, nerijetko i intenzivna, gnojidba takvim hranivom. Dakle, moramo optimizirati raspoloživost više, a ne samo jednog hraniva. Svakako treba znati koja su to hraniva i postoji li posebnost hraniva u pogledu potrebnih količina i raspoloživosti.

Svi se elementi prema značaju za ishranu bilja dijele u tri grupe:

1. neophodni ili esencijalni elementi (17):  
C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl, Ni
2. korisni ili beneficianalni elementi (9): Na, Si, Co, Se, V, Al, Ti, La, Ce
3. ostali elementi (uključujući i toksične elemente kao Cd, Cr, Hg, As, Pb, U...).

Biljkama je neophodno 17 elemenata i njihovu raspoloživost potrebno je održavati u optimalnom rasponu. Prema količini potrebnoj za ishranu bilja neophodni se elementi dijele u dvije grupe:

1. makroelementi (10): C, O, H, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe
2. mikroelementi (7): Mn, Zn, Cu, B, Cl, Mo, Ni.

Ova je podjela vrlo značajna za gnojidbu jer biljke mikroelemente prosječno trebaju tek < 1 kg/ha, sekundarna hraniva (Ca, Mg, S) i fosfor nekoliko desetina kg/ha, a dušik i kalij > 100 kg/ha. Podjela elemenata koja je najbliža fertilizacijskim principima je podjela prema podrijetlu, količini i funkciji hraniva:

1. organogeni elementi (C, O, H)
2. glavni makroelementi (N, P, K)
3. sekundarni makroelementi (Ca, Mg, S)
4. mikroelementi (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Cl, Mo, Ni).

Biljka organogene elemente usvaja uglavnom kao vodu ili plinove, što znači da je dovoljno održavati optimalnu raspoloživost vode i zraka, što nije direktna posljedica gnojidbe. Glavne i sekundarne makroelemente biljka usvaja korijenom iz supstrata u kojem se nalazi, uglavnom je to tlo, i neophodno je održavati njihovu optimalnu raspoloživost. Manjim dijelom tijekom vegetacije biljka navedena hraniva može usvajati preko lista nakon folijarne aplikacije gnojiva. Značajan činitelj je i ukupna bilanca raspoloživih hraniva te gnojidbom moramo nadoknaditi količine koje biljka iznosi prinosom i gubitke tijekom vegetacije (ispiranjem, volatilizacijom, denitrifikacijom, erozijom, fiksacijom), a sve da bismo osigurali kontinuiranu optimalnu raspoloživost hraniva za tekuću i sljedeću vegetaciju. Mikroelementi su u tlu prisutni u velikim količinama, nekoliko desetina, stotina i tisuća puta više nego što ih biljka treba, ali su vrlo male frakcije tih elemenata biljci raspoložive. Stoga manje pozornosti posvećujemo bilanci i ukupnoj količini mikroelemenata, a puno više njihovoj dostatnoj (optimalnoj) raspoloživosti.

Optimalna raspoloživost devet korisnih elemenata također je poželjna jer, iako ne utječu direktno na ishranu biljaka, mogu posredno utjecati na raspoloživost i iskoristivost esencijalnih hraniva (npr. Co je neophodan za simbiozne nitrofikirajuće bakterije čija aktivnost povećava raspoloživost dušika; Si je koristan za otpornost biljaka na uzročnike bolesti i štetočine). Pri previsokim koncentracijama korisni elementi mogu biti antagonisti esencijalnim elementima ili izravno toksični. Dakle, negativniji je utjecaj prekomjerne nego niske raspoloživosti korisnih elemenata.

Toksični elementi imaju isključivo negativan učinak i njihova raspoloživost treba biti što manja. Direktna zadaća gnojidbe nije smanjiti raspoloživost toksičnih elemenata, ali gnojidba ne smije utjecati na značajno povećanje raspoloživih količina tih elemenata u tlu.

Sama činjenica da moramo voditi računa o raspoloživosti 17 esencijalnih elemenata (u najboljem slučaju 14) dovoljno je složena, ali je olakšavajuća okolnost činjenica da su se biljke prilagodile upravo razini raspoloživosti hraniva u tlima. To pojednostav-



ljuje zadatak gnojidbe jer održavanje plodnosti tla na odgovarajućoj razini znači veću raspoloživost hraniva. Istovremeno, u manje plodnim tlima raspoloživost hraniva nije zadovoljavajuća te je u takvim tlima neophodno popraviti fizikalna, kemijska i biološka svojstva. Agrotehničke mjere popravaka svojstava tla nazivaju se mjere kondicioniranja tla, a uključuju sve mjere kojima se posredno povećava raspoloživost hraniva. Tako smo došli do prvog razloga neophodnosti gnojidbe. Budući da smo prethodno objasnili i ostale razloge, možemo ih sve objediniti u **tri osnovna razloga neophodnosti gnojidbe**. Istovremeno, možemo ih 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 prinosom, ispranih ili izgubljenih iz tla nekim drugim procesima.**

#### **1.1.1. Održavanje ili popravak plodnosti tla kao supstrata ishrane bilja**

Plodnost tla izuzetno je značajna i dovoljno ilustrirana prethodnim primjerima. U plodnim tlima gnojidba i ostale agrotehničke mjere usmjerene su održavanju plodnosti i degradacija plodnosti je neprihvatljiva, a u tlima manje ili nedovoljne plodnosti agrotehničke mjere usmjerene su popravljaju ili povećanju plodnosti tla. Raspoloživost hraniva je izravna ili posredna posljedica svojstava tla.

##### ***Strukturnost tala***

Da bi biljka mogla usvojiti dovoljno hraniva, nije dovoljna samo kemijska raspoloživost već i direktan kontakt hraniva i korijena. To znači da su u tlu potrebni **optimalni uvjeti za rast korijena**, tj. tla trebaju biti **strukturna, prozračna**, duboka, bez zbijenih i nepropusnih slojeva.

##### ***Optimalna vlažnost tala***

Hraniva u tlu dolaze u kontakt s korijenom ne samo rastom korijena, već i kretanjem hraniva strujanjem i difuzijom prema korijenu, a za to je neophodna **optimalna vlažnost tla**. Kretanje hraniva onemogućeno je u suhim tlima, a zbijeni slojevi i zone otežavaju perkolaciju, strujanje vode i difuziju te reduciraju usvajanje hraniva. Optimalna je vlažnost neophodna i za mikrobiološku aktivnost u tlu (npr. za mineralizaciju, nitrifikaciju, nitrofikaciju).

##### ***Optimalna pH reakcija tala***

Raspoloživost hraniva je znatno različita u tlima različite pH reakcije iako ukupna količina hraniva može biti približno ili čak potpuno ista. Tako je u pogledu raspoloživosti

hraniva **optimalna slabo kisela pH reakcija** (oko 6.5). U kiselijim tlima manja je raspoloživost Ca i Mg (manja zastupljenost izmjenjivih zemno-alkalnih kationa na koloidima tla), veća je opasnost gubitaka N denitrifikacijom i opasnost gubitka B ispiranjem, manja je raspoloživost Mo, izražena je opasnost kemijske fiksacije P slobodnim kationima Al, Fe i Mn koji imaju i izravno toksično djelovanje na korijenske dlačice reducirajući njihov rast i aktivnost. Nepovoljna je i povećana raspoloživost (topivost) štetnih elemenata (Cd, Cr, Pb). U alkalnim (ili karbonatnim) tlima viših pH reakcija veća je opasnost gubitaka N volatizacijom, povećano je antagonističko djelovanje Ca i Mg prema K, značajno je smanjena raspoloživost mikroelemenata (Fe, Mn, Zn, Cu, B), a također je izražena opasnost kemijske fiksacije P slobodnim kationima Ca.

### ***Optimalna humoznost tala***

Humus i organska tvar tla u širem smislu izuzetno su značajni za plodnost tala jer predstavljaju stabilnu frakciju organskih koloida. Veća **humoznost tala** (veći sadržaj humusa) povećava potencijal mineralizacije, elastičnost i puferna svojstva tla, apsorpcijski kompleks tla i raspoloživost hraniva. Potencijal godišnje mineralizacije N u tlima s <1 % humusa kreće se oko 20-25 kg/ha (često i <20 kg/ha), u tlima s 2 % humusa oko 45-55 kg/ha, a u tlima >4 % humusa potencijal je >90 kg/ha. Elastičnost i puferna svojstva tla vrlo su značajni za neutralizaciju nepovoljnih uvjeta u tlu (npr. nepovoljnih sezonskih promjena vlažnosti, konduktiviteta i pH reakcije). Slabo humozna tla nemaju elastičnosti i stresni uvjeti izravno štetno utječu na biljku jer ih tlo ne može „amortizirati“. Veća humoznost uključuje i veću količinu organskih koloida u tlu koji čine apsorpcijski kompleks tla i omogućuju sorpciju hraniva. Sorpcija hraniva je vezanje hraniva u izmjenjivom biljci pristupačnom obliku, a sprječava ispiranje i fiksaciju hraniva. Posljedica fiksacije je manja raspoloživost hraniva, što znači da humoznost izravno utječe na povećanje raspoloživosti hraniva.

### ***Optimalna tekstura tala***

Tekstura tala je odnos čestica različitih veličina (pijesak, prah i glina) u građi krute faze tla. Zajedno sa strukturom utječe na poroznost, vodozračni režim (vododrživost i prozračnost) i sorpcijsku sposobnost tla. Lagana tla s prevelikim udjelom čestica pijeska i praha (tj. s premalim udjelom čestica gline) su prozračna i nema otpora perkolaciji vode i rastu korijena, ali ne mogu zadržati vodu, ne mogu sorpcijski vezati hraniva, neelastična su i nemaju sposobnost neutralizacije stresnih uvjeta. S druge pak strane, teška glinovita tla imaju veliki kapacitet sorpcije hraniva i veliki kapacitet za vodu, ali postoji realna opasnost povećane zbijenosti (posebice u sušnim uvjetima) te opasnost otežane perkolacije vode, smanjenog kapaciteta za zrak i presaturiranosti u uvjetima prekomjernog vlaženja. Navedena svojstva značajno otežavaju rast korijena, što može ublažiti optimalna pravovremena obrada tla, povećanje humoznosti i

strukturnost tla. Također, veliki udio gline u teškim tlima povećava mogućnost fiksacije kalija u međulamelarnim prostorima glinenih minerala, što smanjuje raspoloživost kalija i učinkovitost gnojidbe kalijem.

Zaključno, nedvojbena je veliki utjecaj navedenih svojstava na raspoloživost hraniva kao osnovu plodnosti tala te je sve agrotehničke mjere neophodno usmjeriti realizaciji **4 osnovna principa održavanja plodnosti tala** koji su ujedno i **neophodni preduvjeti optimizacije gnojidbe**:

1. **održavanje optimalne vlažnosti tla** (obrada tla, navodnjavanje, odvodnjavanje, humoznost)
2. **održavanje optimalne pH reakcije tla** (kalcizacija, gnojidba)
3. **održavanje optimalne humoznosti tla** (gospodarenje organskom tvari, zaozračivanje žetvenih ostataka, zelena gnojidba, gnojidba organskim gnojivima)
4. **optimalna obrada tla** u pravcu održavanja strukturnosti tala, optimalnih vodno-zračnih odnosa i optimizacije uvjeta za rast korijena.

### 1.1.2. Dodatak prirodno nedostatnoj opskrbi hranivima

Prisjetimo se da biljke za postizanje visokog prinosa trebaju hraniva u količini  $<1$  kg/ha (mikroelementi) ili nekoliko desetina kg/ha (sekundarna makrohraniva), a samo N i K  $>100$  kg/ha. Paradoksalno zvuči da u tlu nema dovoljno hraniva za ostvarivanje prinosa jer je masa oraničnog sloja tla 4-5 milijuna kg/ha i u njoj je npr. oko 100-150 t/ha Fe. Ukoliko je u tlu 2 % humusa, u masi od 5 milijuna kg/ha tla je oko 5 t/ha N. Kako je onda moguće da u tlu nema 1-2 kg/ha Fe potrebnog za biljke ili  $>100$  kg/ha N? Zapravo, Fe će u većini tala biti dovoljno, a samo u karbonatnim tlima s malom raspoloživosti Fe može biti nedovoljno raspoloživog Fe, dok će N doista biti nedovoljno jer biljka većinom usvaja samo mineralne oblike N, a  $>98$  % N u tlu je u organskom obliku. Dinamika raspoloživog mineralnog dušika nastalog prirodnim procesima mineralizacije ne preklapa se u potpunosti s dinamikom potrebe usjeva za usvajanjem dušika, niti je ukupna godišnja mobilizacija N u tlu na razini godišnje potrebe usjeva. Dakle, dva su osnovna razloga prirodno nedostatne opskrbe hranivima:

1. nedostatna ukupna količina raspoloživog hraniva u tlu
2. neodgovarajuća dinamika raspoloživosti hraniva u tlu.

U ovom trenutku moramo navesti pokretljivost (mobilnost) hraniva u biljci kao svojstvo koje značajno utječe na gnojidbu. U biljci je značajna pokretljivost hraniva u dva smjera:

1. akropetalni smjer od korijena prema vrhu biljke (kretanje ksilemom)
2. bazipetalni smjer od zelenih dijelova biljke prema korijenu (kretanje floemom).



Sva su hraniva mobilna u akropetalnom smjeru, tj. nakon usvajanja korijenom premještaju se ksilemom do nadzemnih organa biljke gdje sudjeluju u tvorbi pojedinih gradivnih komponenti stanica, ulaze u sastav enzima i drugih spojeva u fiziološkim procesima ili u koloidnom sustavu stanice ostaju kao elektroliti, rezervne tvari ili u drugim mobilnim oblicima. Međutim, hraniva se bitno razlikuju po mogućnosti ponovnog premještanja u druge organe, tj. po mobilnosti u floemu što je osnovni preduvjet premještanja hraniva. Proces premještanja hraniva u druge organe naziva se reutilizacija (ponovno korištenje), a sastoji se od procesa remobilizacije (ponovna pokretljivost), retranslokacije (premještanje floemom) i resinteze (ponovno korištenje u novom organu). Prema pokretljivošću u floemu elementi se dijele u tri grupe:

1. pokretljivi: N, P, K, Mg, Cl
2. srednje ili uvjetno pokretljivi: Fe, Zn, Cu, Mo, S, (Mn)
3. teško pokretljivi ili nepokretljivi: Ca, B, (Mn).

Utjecaj pokretljivosti hraniva na principe gnojidbe je vrlo značajan jer biljka u kasnijoj fazi vegetacije svoje potrebe za mobilnim hranivima (N, P, K, Mg) može u potpunosti ili djelomično podmiriti premještanjem hraniva iz starijih listova ili stabljike u mlađe listove ili plod. Stoga je potreba biljaka za ovim hranivima (P i K) relativno mala u kasnijim fazama vegetacije. Štoviše, biljka u kasnijim fazama vegetacije može nesmetano rasti s aspekta potrebnih količina P i K čak i ako u rizosferi nema raspoloživih hraniva, ali pod uvjetom da je u ranijim fazama vegetacije u listovima akumulirala

dovoljno rezervnih količina koje tada može premjestiti u mlađe organe. Tipičan primjer je akumulacija P i K u žitaricama koje imaju velike potrebe za P i K tijekom vegetativnog rasta, a nakon cvatnje usvajanje P i K iz tla uglavnom nije neophodno jer žitarice reutiliziraju (premještaju i ponovo koriste) P i K koji su prethodno akumulirani u nadzemnom dijelu biljke. Nešto je drukčija dinamika usvajanja i potrebe P kod drugih biljaka, npr. uljana repica glavninu P akumulira prije cvatnje, ali se usvajanje ipak značajno nastavlja tijekom i nakon cvatnje.

S druge strane, ako u ranijim fazama vegetacije nije bilo toliko raspoloživih hraniva da biljka može akumulirati rezervne količine, već je hraniva bilo tek dovoljno za rast i nesmetano odvijanje fotosinteze i ostalih procesa, biljke mogu u kasnijim fazama vegetacije usvojiti potrebnu količinu raspoloživih hraniva iz tla. Ovaj je slučaj ujedno i primjer koliko je značajna kontinuirana vlažnost u tlu. Na primjer, ako je tijekom vegetativne faze tlo bilo suho, pšenica nije mogla usvojiti dostatne količine K i u tom će slučaju pšenica nastaviti usvajati K i nakon cvatnje. Međutim, ako je tlo i nakon cvatnje suho, biljka neće u kasnijim fazama vegetacije nadoknaditi eventualni nedostatak K ili P jer neće moći usvojiti K ili P iz suhog tla.

Generalno, zbog ovih je mogućnosti dinamika optimalnog usvajanja pokretljivih elemenata do određene mjere fleksibilna tijekom vegetacije, tj. biljka reutilizacijom može neutralizirati privremenu neraspoloživost hraniva u tlu.

Usvajanje nepokretljivih elemenata mora kumulativno rasti tijekom vegetacije da bi bilo sukladno potrebama usjeva, a nedostatak u kritičnim fazama rasta usjeva generalno rezultira smanjenim rastom i/ili gubitkom prinosa. To se apsolutno odnosi na sekundarni makroelement Ca koji je kao građivni element u biljci neprocjenjivo značajan za stabilnost stanične membrane i stijenke, a istovremeno je nepokretljiv u biljci. Dakle, nema reutilizacije Ca u biljci i sva potreba novog tkiva za Ca mora biti zadovoljena usvajanjem Ca (iz tla ili folijarno). Drugi je primjer Mn koji u zrno leguminoza može biti translociran iz korijena ili stabljike, ali ne i iz lista. Stoga dostatna opskrbljenost leguminoza Mn može biti samo kontinuiranom opskrbljenosti tijekom nalijeivanja zrna ili translokacijom Mn iz stabljike ukoliko je u ranim fazama akumulirana luksuzna količina Mn.

### **1.1.3. Nadoknada hraniva iznesenih prinosom, ispranih ili izgubljenih iz tla**

Svojstva tla utječu na stanje dinamičke ravnoteže između frakcija hraniva različite pristupačnosti. Nepovoljna pH reakcija tla pomaknut će ravnotežu prema nepristupačnim frakcijama hraniva, a optimalna pH reakcija, optimalna vlažnost i humoznost prema pristupačnim frakcijama hraniva (vodotopive i izmjenjivo sorbirane frakcije). Nakon usvajanja pristupačnih frakcija hraniva uspostavlja se dinamička ravnoteža otapanjem manje pristupačnih rezervi hraniva koje prelaze u pristupačne oblike. Taj je



proces relativno spor i njegova brzina i učinkovitost ovise o plodnosti tla. Siromašna tla nemaju niti dovoljno elastičnosti niti dovoljnu rezervnu frakciju tla i taj je proces sporiji i manje učinkovit nego u bogatim tlima. Međutim, usvajanje pristupačnih frakcija hraniva (biljka može usvojiti samo raspoložive frakcije) i gubitci hraniva (uglavnom vodotopivih pristupačnih oblika) erozijom, ispiranjem, volatizacijom, denitrifikacijom i fiksacijom znatno su brži procesi. Stoga je radi održavanja raspoloživosti hraniva na optimalnoj razini neophodno u tlo vratiti količine hraniva koje su iznesene prinosom ili su izgubljene iz tla nekim od navedenih procesa. Optimalna topivost i količina hraniva koju treba vratiti u tlo ovise o plodnosti tla, prije svega o pH reakciji, razini raspoloživih hraniva, humoznosti i dinamici vlažnosti tla.

Nadoknada iznesenih hraniva provodi se sukladno plodnosti tla jer je u siromašnim tlima neophodno nadoknaditi svaki kg iznesenog hraniva jer su male količine i raspoložive i rezervne frakcije, dok je u plodnim tlima prihvatljiva postupna nadoknada hraniva u razdoblju 2-3 pa i više godina jer su znatno veće količine raspoloživih i rezervnih hraniva. Stoga je na siromašnim tlima preporučljivo bilanciranje hraniva (tj. nadoknada hraniva iznesenih prinosom) u kraćim razdobljima, gotovo svake sezone, dok je na siromašnim tlima dostatno bilanciranje u razdoblju 3-5 godina.

Također, vrlo je značajno napomenuti da je nadoknada iznesenih i izgubljenih hraniva unosom istih ili približnih količina neophodna za P, K, Ca, Mg i S, ali se njihova raspoloživost istovremeno mora optimizirati poštivanjem osnovnih principa održavanja plodnosti tala. Kod dušika je važnije poštivati principe dinamike raspoloživosti i optimizirati uvjete mineralizacije te gnojidbom dodati optimalnu količinu mineralnog dušika u potrebno vrijeme, tako da kod dušika ne koristimo klasičan pristup bilanciranja hraniva.

Bilanciranje hraniva ne koristimo za mikroelemente jer je prinosom iznesena količina zanemarivo mala u usporedbi s ukupnim količinama u tlu, ali moramo poštivati osnovne principe održavanja plodnosti tla koji optimiziraju raspoloživost mikroelementa. Gnojidbu mikroelementima provodimo dodavanjem gnojiva u tlo u slučaju izrazitog nedostatka ili folijarnom aplikacijom u slučaju potencijalnog ili utvrđenog deficita tijekom vegetacije.

## 1.2. Greške u gnojidbi

Najjednostavnije je pogrešnom gnojidbom definirati svaku gnojidbu koja rezultira nedostatnom ili prekomjernom količinom raspoloživih hraniva. Međutim, to nije potpuna definicija jer je i gnojidba kojom postizemo ili održavamo dostatnu raspoloživost pogrešna ako smo utrošili prekomjernu količinu ili neodgovarajuću vrstu gnojiva. Osim toga, održavanje optimalne raspoloživosti hraniva je složeno i zahtijeva detaljnije prikaze grešaka u gnojidbi s praktično primjenjivim zaključcima.

Greške u gnojidbi, različitih važnosti i učestalosti, možemo prikazati na sljedeći način:

1. gnojidba „napamet“ bez analize tla
2. zanemarivanje gnojidbe osnovnim hranivima (N, P, K)
3. zanemarivanje osnovnih principa održavanja plodnosti tla
4. zanemarivanje gnojidbe sekundarnim hranivima (Ca, Mg, S)
5. zanemarivanje gnojidbe mikroelementima (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo)
6. prekomjerna ili nepotrebna gnojidba
7. pogrešna aplikacija gnojiva
8. pogrešna interpretacija analiza tla ili preporuka gnojidbe
9. neodgovarajuće gnojivo s obzirom na potrebnu gnojidbu ili svojstva tla
10. nedovoljna gnojidba s obzirom na gubitak hraniva.

### 1.2.1. Gnojidba napamet bez analize tla

Bez analize tla nemoguća je optimalna gnojidba. Čak i na plodnim tlima gdje je dovoljna raspoloživost hraniva, provedena gnojidba često će biti suvišna ili nepotrebna, a neusporedivo je veći problem na siromašnim tlima gdje neće biti dovoljno hraniva. No, krenimo redom. Bez analize tla nije moguće poštivati osnovne principe održavanja plodnosti tla jer nemamo podatak o trenutnoj pH reakciji tla, humoznosti i raspoloživosti hraniva:

- Kako ćemo održavati optimalnu pH reakciju tla kada ne znamo je li trenutna pH reakcija optimalna ili ekstremno kisela?
- Nemoguće je procijeniti potrebnu količinu i oblik hraniva (prvenstveno P i K) koje treba dodati u tlo da bismo postigli optimalnu raspoloživost kada ne znamo koliko je stvarno raspoloživih hraniva u našem tlu.
- Kako ćemo procijeniti dinamiku raspoloživosti dušika, potencijalne gubitke, potencijal mineralizacije ako ne znamo koliko je humusa u tlu i koja je pH reakcija tla?
- Kako ćemo procijeniti raspoloživost sekundarnih hraniva Ca i Mg ako nemamo podatke koji nam izravno ili bar posredno (pH reakcija tla) ukazuju na potencijalni nedostatak tih hraniva?
- Kako ćemo znati postoji li opasnost nedostatne raspoloživosti mikroelemenata kada ne znamo niti pH, niti humoznost, niti ukupnu niti raspoloživu frakciju mikroelemenata?

Rezultati anketnih istraživanja obiteljskih poljoprivrednih gospodarstava u dvije poljoprivredno najrazvijenije i najznačajnije županije u RH (Lončarić i sur., 2014.) pokazali su da 31 % gospodarstava uopće ne provodi analize tla i nemaju nikakvu informaciju o svojstvima tla i raspoloživosti hraniva. Analiza proizvodnih površina na istim je gospodarstvima pokazala da na 10 % površina trenutno nije potrebna gnojidba niti fosforom

nitri kalijem, na 10 % površina nije potrebno gnojiti fosforom, a na 5 % površina nije potrebno gnojiti kalijem. Rezultat analize raspoloživosti fosfora i kalija (npr. AL metodom) reducirao bi gnojidbu fosforom i/ili kalijem na 25 % površina, što znači direktnu uštedu jer nije potrebna aplikacija NPK gnojiva. Nadalje na 25 % površina optimalna je gnojidba kompleksnim gnojivima 8-26-26 ili 7-20-30, na 5 % površina gnojivima 10-30-20 ili 0-30-20, a na 45 % površina gnojivima 5-15-30 ili 6-18-36 (ili gnojivima drugih formulacija, ali istih ili sličnih omjera fosfora i kalija). Na istim je gospodarstvima najčešće korišteno kompleksno gnojivo 15-15-15, a zatim 7-20-30 koje je optimalno za samo 25 % površina. Dakle, nemoguće je „pogoditi“ optimalnu formulaciju i količinu gnojiva bez rezultata analize tla.

Istina je da gnojidba napamet prosječnim količinama gnojiva neće vidljivo smanjiti prinos na plodnim tlima, posebice ne u vegetacijama s optimalnim rasporedom obočina. Međutim, vjerojatno bi isti prinos bio ostvaren manjim količinama gnojiva ili bi optimalna količina i vrsta gnojiva rezultirala većim prinosom.

Na siromašnim će tlima ostvareni prinos znatno rjeđe biti „bez potpisa“ pogrešne gnojidbe jer takvo tlo ne može neutralizirati pogreške. Posebice je intenzivan utjecaj pogrešne gnojidbe na prinos u nepovoljnim vremenskim i ostalim stresnim uvjetima (nedovoljno ili suviše vode, preniske ili previsoke temperature, pregust sklop, intenzivan napad uzročnika bolesti ili štetočina) jer biljka nije optimalno ishranjena, nije akumulirala rezerve hraniva i ne može fotosintezu, disanje i distribuciju hraniva i asimilata prilagoditi stresnim uvjetima. Netočno je ako se takvi podbačaji prinosa u potpunosti pripisuju nepovoljnim uvjetima, što je samo djelomično točno jer bi optimalna gnojidba povećala i elastičnost tla i otpornost usjeva na stresne uvjete.

### **1.2.2. Zanemarivanje gnojidbe osnovnim hranivima**

Zanemarivanje gnojidbe dušikom relativno je rijetko u ratarskoj proizvodnji, češća je greška nedovoljna gnojidba dušikom ili neodgovarajuća raspodjela dušičnih gnojiva. Međutim, istraživanja na OPG-ima su pokazala da proizvođači ne izostavljaju gnojidbu dušikom.

Zanemarivanje gnojidbe (potpuno izostavljanje ili nedovoljna gnojidba) fosforom ili kalijem je češće, posebice na tlima u zakupu jer proizvođači ne osjećaju odgovornost očuvanja plodnosti tla. Izostanak gnojidbe fosforom i kalijem na plodnim tlima rijetko će biti direktno vidljiv po ostvarenom prinosu i to je dovoljan razlog zanemarivanja gnojidbe fosforom ili kalijem. Na srednje plodnim i siromašnim tlima izostanak gnojidbe će biti češće vidljiv, posebice u nepovoljnim proizvodnim uvjetima. Međutim, proizvođači su tada skloni niži prinos pripisati upravo nepovoljnim uvjetima. To može „zamaskirati“ nepogodan utjecaj zanemarivanja gnojidbe pa se tome ne pripisuje potreban značaj.

Kontinuirana optimalna gnojidba fosforom i kalijem posebice je značajna na tlima niske plodnosti, na tlima siromašnim fosforom i kalijem, na laganim tlima i na tlima niske humoznosti.

### **1.2.3. Zanemarivanje osnovnih principa održavanja plodnosti tla**

Zanemarivanje osnovnih principa održavanja plodnosti tla prilično je često kod proizvođača koji ne nalaze poveznicu između principa održavanja plodnosti tla i gnojidbe.

Čini se da je zanemarivanje kiselosti tla često, a rješenje je jednostavno i relativno jeftino: aplikacija sredstva za kalcizaciju radi neutralizacije suvišne kiselosti. Posljedica nije samo smanjena opasnost fiksacije gnojidbom dodanih vodotopivih fosfata i smanjenje denitrifikacije, već i povećana raspoloživost postojećih frakcija fosfora u tlu. Pojedina su istraživanja u kiselim tlima istočne Hrvatske pokazala da neutralizacija suvišne kiselosti rezultira povećanjem biljkama raspoloživog fosfora 2-3 mg/100 g tla, a ponekad čak i 20-30 %.

Gospodarenje organskom tvari nešto je složenije jer zahtijeva kvalitetno planiranje i provođenje zaoravanja žetvenih ostataka, zelene gnojidbe i primjene organskih gnojiva. Ove su agrotehničke mjere doduše određen trošak, ali je veća neizravna dobit u obliku povećane raspoloživosti hraniva i manje potrebe mineralne gnojidbe. U prethodno spomenutom istraživanju (Lončarić i sur., 2014.) utvrđeno je da se na 47 % OPG-a organska gnojidba ne provodi.

Obrada tla i optimalna vlažnost u uskoj su vezi, ne samo u pogledu obrade tla u vrijeme optimalne vlažnosti, nego i u pogledu aeracije tla, čuvanja vode u tlu, a time i utjecaja na intenzitet mineralizacije, oksidoredukcijske procese i vrlo širok utjecaj na raspoloživost hraniva.

### **1.2.4. Zanemarivanje gnojidbe sekundarnim hranivima (Ca, Mg, S)**

U praksi se gnojidba Ca i Mg kontinuirano provodi na gotovo svim gospodarstvima aplikacijom dušičnog gnojiva KAN, koje je prema rezultatima istraživanja (Lončarić i sur., 2014.) najčešće korišteno mineralno gnojivo. Primarna namjera proizvođača pri aplikaciji KAN-a je gnojidba dušikom, a gnojidba Ca i Mg je usputna jer se u proizvodnji KAN-a koristi dolomit i koncentracije Ca su 6.5-8.5 % CaO, a Mg 4.5-5.5 % MgO. Prosječnom aplikacijom 200 kg/ha KAN-a godišnje se u tlo unosi 13-17 kg/ha Ca i 9-11 kg/ha Mg. Također, značajne se količine Ca unose i kompleksnim gnojivima i drugim pojedinačnim dušičnim gnojivima (npr. norveškom salitrom), a posebice fosfatnim gnojivima (najviše Tomasovim brašnom koje sadrži 42-50 % CaO i trostrukim superfosfatom koji sadrži gips).

Magnezij se u tlo unosi nešto rjeđe, ali ga također sadrže pojedina složena gnojiva (npr. 7-14-21 i 8-16-24 po 2 % MgO, 0-10-30 s 3 % MgO, 13-10-12 s 4 % MgO), a naročito kalijeva gnojiva (Korn kalij 6 % MgO, Patent kalij 10 % MgO, Kiserit 8 % MgO i Magnesia kainit 5 % MgO).

Sumpor se u anionskom sulfatnom obliku nalazi u NPK gnojivima namijenjenim biljkama osjetljivim na kloridni anion (krumpir, duhan), npr. u gnojivu 7-14-21 (s 18 % SO<sub>3</sub>) ili 15-15-15 (s rasponom 7-25 % SO<sub>3</sub>), u amonijevom sulfonitratu (12,1 % S), trostrukom superfosfatu, te u kalijevim gnojivima (Korn kalij 4 % S, Patent kalij 17 % S i Magnesia kainit 4 % S).

Aplikacijom navedenih gnojiva unose se u tlo značajne količine Ca, Mg i S na koje u bilanciranju hraniva proizvođači najčešće ne obraćaju pozornost. Međutim, izostavljanje ili reducirana aplikacija mineralnih gnojiva koje sadrže sekundarna hraniva može rezultirati nedostatkom navedenih elemenata, Ca i Mg posebice na kiselim tlima, a S na alkalnim tlima.

Praktično je vrlo značajno održavati optimalnu pH reakciju tla te će se uz raznovrsnu mineralnu gnojidbu samo u siromašnim i laganim tlima pojaviti nedostatak sekundarnih hraniva, što se može izbjeći aplikacijom navedenih gnojiva.

#### **1.2.5. Zanemarivanje gnojidbe mikroelementima (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo)**

Ukupna količina mikroelemenata u većini je tala dostatna, ali svojstva tla mogu rezultirati nedovoljnom pristupačnošću. Iako osnovna strategija u pogledu mikroelemenata nije bilanciranje već raspoloživost, nikako ih ne treba zanemariti. Uobičajena gnojidbena praksa uključuje posebnu pozornost prema potrebama pojedinih biljnih vrsta za određenim mikroelementom. Tako je pri uzgoju kukuruza, a posebice sjemenskog, u fokusu gnojidba cinkom, pri uzgoju šećerne repe gnojidba borom, pri uzgoju cvjetače gnojidba molibdenom, a pri uzgoju leguminoza gnojidba manganom i kobaltom.

Međutim, činjenica da se nedostaci ostalih mikroelemenata rjeđe javljaju pri uzgoju istih i drugi biljnih vrsta nikako ne opravdava zanemarivanje raspoloživosti mikroelemenata. Pri tome je vrlo često dostatno voditi brigu o održavanju plodnosti tla (prvenstveno optimalan pH, vlažnost i prozračnost tala te humoznost), a u pogledu optimalne raspoloživosti mikroelemenata veliki je značaj redovite organske gnojidbe zbog prisutnosti svih mikroelemenata u organskim gnojivima. Također, veliku pozornost treba posvetiti folijarnoj aplikaciji mikroelemenata, posebice u uvjetima kada svojstva tla onemogućuju učinkovito povećanje raspoloživosti mikroelemenata aplikacijom gnojiva u tlo.



U uvjetima velikog deficita raspoloživih mikroelemenata najpraktičnije je dugotrajnije rješenje aplikacijom 10-20 kg/ha mikroelemenata u obliku kompleksnog gnojiva s mikrohranivima ili u obliku pojedinačnog mikrognjiva.

Nedostatak raspoloživih mikroelemenata može značajno umanjiti visinu prinosa (zrno kukuruza, cvat cvjetače, zrno leguminoza...) ili kvalitetu (npr. korijen šećerne repe).

#### **1.2.6. Prekomjerna ili nepotrebna gnojidba**

Prekomjerna gnojidba nije čest slučaj kod proizvođača koji raspolažu s rezultatima analize tla. Uvijek je nepotreban trošak, a može biti posljedica gnojidbe bez analize tla, krivog tumačenja rezultata analiza, a ponekad i nestrpljivosti proizvođača da postupno podignu razinu raspoloživosti hraniva do optimalne.

Prekomjerna gnojidba često je posljedica precijenjenih proizvodnih mogućnosti, tj. pretenciozno postavljenog cilja visokog prinosa u proizvodnji kada raspoloživost hraniva nije limitirajući činitelj proizvodnje.

#### **1.2.7. Pogrešna aplikacija gnojiva**

Neodgovarajuća aplikacija gnojiva može biti značajna pogreška. Česti su primjeri pri površinskom raspodjeljivanju organskih gnojiva bez unošenja u tlo, što rezultira značajnim gubitcima dušika, a sličnim posljedicama uz manje gubitke može rezultirati i preplitka aplikacija organskih gnojiva.

Zbog gubitaka dušika u plinovitom amonijskom obliku (volatizacija) površinsko raspodjeljivanje ureje po alkalnom (karbonatnom) tlu bez unošenja u tlo je pogrešno, kao i preplitko unošenje tekućeg amonijaka.

Također, pogrešno je unošenje nitratnog oblika dušika neposredno prije većih doza navodnjavanja ili općenito izvan vegetacijskog razdoblja zbog povećane opasnosti od ispiranja nitrata.

Folijarna aplikacija može biti pogrešna zbog previsoke koncentracije ili aplikacije za toplog sunčanog vremena, što može rezultirati opeklinama lista.

Dubina aplikacije mineralnih gnojiva također može biti pogrešna zbog potencijalnog solnog udara ili zbog suhog tla i smanjenog usvajanja hraniva. Primjer je proljetna predstjetvena ili startna plitka aplikacija gnojiva koja rezultira previsokom koncentracijom topivih soli. Plitko unošenje gnojiva u tlo rezultat će bržim isušivanjem sloja u koji su netom unesena gnojiva te bi uslijed mogućeg nedostatka vode visoka koncentracija soli bila toksična za mlade biljke. Slična je posljedica i polaganja granula mineralnog gnojiva preblizu sjemenu tijekom startne gnojidbe.

U sustavima reducirane obrade hraniva koja nisu pokretljiva u tlu (P, Zn, Cu, Mn, u određenim uvjetima i K) ostaju akumulirana u površinskom sloju tla. Istu posljedicu ima i plitka proljetna aplikacija gnojiva. To je pogodno za usjeve i genotipove s korijenskim sustavom koji u dostatnoj mjeri prorasta površinski sloj (npr. pšenica), ali je nepovoljno za usjeve s dominantnim prorastanjem dubljih slojeva tla. Čak štoviše, povećana koncentracija hraniva u površinskom sloju rezultirat će još dominantnijim prorastanjem korijena u relativno plitkom sloju tla. U vegetacijama s povoljnim rasporedom oborina i dovoljno vlažnim tlom sve do žetve neće biti negativnih posljedica plitko akumuliranih hraniva. Problem je, međutim, izražen u nepovoljnom razdoblju jer nedostatak vode i visoke temperature brzo isušuju površinski sloj tla i nagomilani P i K postaju nepristupačni, što je relativno čest slučaj pri uzgoju žitarica, a posebice u vegetacijama jarih usjeva. S druge strane, dublja aplikacija gnojiva rezultira akumulacijom u slojevima koji će dulje zadržati dovoljno vlažnosti da biljka može usvajati hraniva. Praktično, jedini opravdani razlozi plitke aplikacije gnojiva s hranivima koja su nepokretna u tlu su kada je površinski sloj tla izrazito siromašniji od donjeg dijela oraničnog sloja tla te uzgoj usjeva plitkog zakorjenjivanja i vrlo kratke vegetacije s velikim potrebama navedenih hraniva u početnim fazama rasta.

#### **1.2.8. Pogrešna interpretacija analiza ili preporuka gnojidbe**

Preporuka gnojidbe može biti pogrešna ukoliko se bazira na nedostatnim ili neprimjerenim analizama. Na primjer, analiza tla ukazuje na nisku raspoloživost fosfora i kalija, ali nedostaje nam podatak o pH reakciji i humoznosti. Možemo preporučiti znatne količine fosfornog gnojiva s ciljem povećanja raspoloživosti, vjerojatno izabrati vodonopivi oblik fosfata i višestruko pogriješiti ako je tlo prekiselo jer će fosfati biti fiksirani. Korisnija bi bila preporuka obavezne kalcizacije prije gnojidbe ili gnojidba manje topivim i jeftinijim oblicima fosfata. Humus nam može biti značajan „saveznik“ u borbi protiv fiksacije fosfata (organska tvar izmjenjivo veže fosfate i smanjuje fiksaciju), ali možda je i humoznost tla vrlo niska, a mi nemamo taj podatak.

U slučaju niske raspoloživosti kalija vrlo je koristan podatak o teksturi tla. Nemamo li čak niti procjenu teksture, možemo preporučiti preveliku količinu kalija s ciljem ubrzanog povećanja raspoloživosti, ali lagana tla možda nemaju dovoljan sorpcijski kapacitet da bi dodana hraniva izmjenjivo vezala. S druge strane, ta ista količina kalija može biti nedovoljno učinkovita na teškim glinovitim tlima sa selektivnom fiksacijom kalija ili na tlima s visokim koncentracijama izmjenjivog Ca i/ili Mg koji će antagonistički smanjiti raspoloživost K.

Pogrešno tumačenje analize može biti i zaključak da ne moramo dodavati mikrognojiva jer rezultati analize pokazuju da u tlu ima dovoljno ukupnih mikroelemenata, čak možda > 50 % MDK (maksimalno dopuštenih koncentracija). Zaključak može biti

točan, ali to nije sigurno ukoliko nemamo podatak o raspoloživim koncentracijama mikroelemenata ili bar pH reakciju tla (analiza pH reakcije je višestruko jeftinija od analize raspoloživih mikroelemenata u tlu).

### 1.2.9. Neodgovarajuće gnojivo s obzirom na potrebnu gnojidbu ili svojstva tla

Posljedica ovakve pogreške može biti nepotreban ili neučinkovit trošak, može biti i gubitak dijela hraniva ili smanjena učinkovitost hraniva, a može biti i kombinacija navedenih posljedica.

Primjer nepotrebnog troška je primjena neodgovarajuće formulacije gnojiva. Na primjer, tlo je vrlo siromašno fosforom i potrebno je dodati 120 kg/ha  $P_2O_5$  i 80 kg/ha  $K_2O$ . Odnos potrebe P i K je 3:2 što postizemo primjenom 400 kg/ha gnojiva 10-30-20 ili 0-30-20. Međutim, ne raspoložemo tim gnojivom i odlučimo se za gnojivo 5-15-30. Dakle, dodamo li 400 kg/ha gnojiva, nećemo dodati dovoljno fosfora jer smo dodali 60 kg/ha (što može rezultirati nedostatkom fosfora jer je tlo siromašno). Dodamo li potrebnih 120 kg/ha  $P_2O_5$  s 800 kg/ha 5-15-30, dodali smo i 240 kg/ha  $K_2O$ , a potrebno je bilo samo 80 kg/ha (dakle, tri puta više kalija). Povoljnije bi već bilo koristiti gnojivo 7-20-30 jer za 120 kg/ha  $P_2O_5$  treba 600 kg/ha 7-20-30 što znači primjenu „samo“ 180 kg/ha  $K_2O$ . Ili smo mogli aplicirati 400 kg/ha izabranog 5-15-30 gnojiva i još 130 kg/ha tripleksa (fosforno gnojivo s 45 %  $P_2O_5$ ), ali to zahtijeva dopunski trošak i dopunsko gaženje tla zbog još jednog prohoda mehanizacijom. Naravno, dodati samo 60 umjesto potrebnih 120 kg/ha  $P_2O_5$  ne bi bio problem na plodnim tlima jer preostalih 60 kg možemo dodati u idućoj sezoni i nadoknaditi što nam nedostaje u bilanci, ali na siromašnom je tlu to značajan rizik jer tlo ne može osigurati dostatna hraniva, posebice uz nepovoljnu dinamiku oborina i temperatura.

Drugi primjer neodgovarajuće gnojidbe je na tlu siromašnom fosforom i bogatom kalijem. Neka je preporuka opet 120 kg/ha  $P_2O_5$ , a kalij nije potrebno dodavati. Potrebno je aplicirati 267 kg/ha tripleksa. Recimo da opet ne raspoložemo preporučenim gnojivom, ali raspoložemo drugim pojedinačnim fosfornim gnojivom, Tomasovim fosfatom (pojedinačno gnojivo s 8-18 %  $P_2O_5$ , neka je u našem primjeru 15 %). To bi značilo da moramo aplicirati 800 umjesto 267 kg/ha gnojiva, što poskupljuje aplikaciju gnojiva, ali to je manji problem jer Tomasov fosfat sadrži manje aktivne tvari i značajno je jeftiniji od tripleksa. Veći je problem ako je naše tlo neutralno ili slabo alkalno jer je tripleks pogodno gnojivo za takvo tlo, a Tomasov fosfat nije jer fosfatna komponenta nije vodotopiva i biljke ga neće moći odmah koristiti. Osim toga, dodali smo i 400 kg/ha Ca, a naše ga karbonatno tlo već sadrži dovoljno. U ovom smo slučaju mogli izabrati i 230 kg/ha dvojnog gnojiva MAP-a (monoamonijev fosfat formulacije 12-52-0), što ne bi bilo pogrešno, ali bismo morali voditi računa o tome da smo dodali i 28 kg/ha N i tomu prilagoditi preostalu gnojidbu dušikom.

Još je puno primjera koji nam dokazuju da nije bitna samo količina hraniva, već i oblik u kojem se nalazi, zatim ostala hraniva koja gnojivo sadrži, ukupni sadržaj aktivne tvari zbog troškova prijevoza i aplikacije, te fiziološki ili rezidualni učinak gnojiva.

Primjer u pogledu lošeg izbora gnojiva je rezidualni učinak gnojiva. Na primjer, potrebno je dodati 60 kg/ha N i preporučeno je pojedinačno gnojivo amonijev sulfat (21 % N). Opet nemamo na raspolaganju preporučeno gnojivo i odlučujemo se za aplikaciju KAN-a (27 % N). U ovom će nam slučaju troškovi dovoza i aplikacije biti nešto niži jer ćemo trebati manje KAN-a (222 kg/ha) nego amonijevog sulfata (286 kg/ha), ali učinak neće biti isti. Naime, razlog preporuke amonijevog sulfata je alkalno tlo, a amonijev sulfat zbog izrazitog kiselotvornog rezidualnog učinka na alkalnim tlima pospješuje usvajanje fosfora i mikroelemenata. KAN, nasuprot tome, ne samo da nema kiselotvornog učinka, već sadrži Ca i Mg koji će dopunski otežati usvajanje fosfora i mikroelemenata (malo, ali ipak hoće).

#### **1.2.10. Nedovoljna gnojidba s obzirom na gubitak hraniva**

Sve proizvodne situacije u kojima je izvjestan gubitak hraniva zahtijevaju nadoknadu izgubljenih hraniva, bilo zbog postizanja optimalne raspoloživosti izgubljenog hraniva u potrebnom dijelu vegetacije, bilo zbog toga što ne smijemo dozvoliti osiromašivanje i degradaciju tala.

Gubitke dušika ispiranjem, denitrifikacijom ili volatizacijom nećemo nadoknađivati novim količinama dušika jer bi to bilo neodgovorno opterećenje okoliša, već moramo učiniti sve što je moguće da gubitke svedemo na minimum (optimizacija pH i vodozračnog režima tla, pravilna aplikacija gnojiva). Ipak, gubitci dušika su realnost agroekosustava i o tome vodimo računa kod gnojidbe dušikom.

Nešto je drukčija situacija kod gubitaka zemnoalkalnih metala (Ca i Mg) koji nisu opterećenje okoliša, ali njihovo je ispiranje degradacija i zakiseljavanje tala, bilo kao posljedica prirodnih pojava (oborine) ili antropogenog djelovanja (kisele kiše, gnojidba kiselotvornim gnojivima). Godišnji gubitci Ca iz kiselih tala koja već oskudijevaju raspoloživim Ca mogu biti i do 100 kg/ha. Te je gubitke potrebno nadoknaditi bilo redovitom gnojidbom (npr. KAN), bilo kalcizacijom. U suprotnom, gubitak Ca znači ubrzavanje zakiseljavanja i degradaciju tla.

Zdenko Lončarić



## 2. MINERALNA GNOJIVA

Gnojiva su sve tvari anorganskog ili organskog podrijetla koje biljkama dodajemo posredno (u tlo) ili izravno (folijarno) s ciljem opskrbljivanja biljke neophodnim hranivima.

Nešto šira definicija obuhvatila bi sve tvari koje koristimo za poboljšanje ishrane biljaka (Finck, 1982.). Tako uključujemo i posredna gnojiva, tj. tvari kojima hraniva ne dodajemo izravno već ishranu bilja poboljšavamo promjenom fizikalnih, kemijskih ili bioloških svojstava tla. Primjer su biognojiva (mikrobiološka) kojima u tlo ne dodajemo hraniva već mikroorganizme koji će u tlu pospješiti biološku aktivnost i povećati raspoloživost hraniva. Također, posrednim gnojivima možemo smatrati i npr. vapnencem kojim neutraliziramo suvišnu kiselost u tlu i tako povećavamo raspoloživost nekih hraniva (npr. fosfora). Osim toga, vapnencem u tlo dodajemo Ca koji je neophodan element za biljku. S aspekta ishrane bilja granica između gnojiva i poboljšivača nije presudna, bitno je stvoriti uvjete u kojima će biljci biti raspoložive tvari koje će pospješiti rast, povećati prinos i poboljšati kvalitetu biljke. Međutim, da bismo optimizirali opskrbljenost biljke hranivima primjenom gnojiva i poboljšivača, moramo voditi računa o velikom broju činitelja koji utječu na količinu, topivost i dinamiku raspoloživosti hraniva, ali i na održivost poljoprivredne proizvodnje, prije svega na ekološki i ekonomski učinak gnojiva. Također, proizvodnja gnojiva gospodarski je i ekonomski vrlo značajna te je stoga potrebno što točnije definirati kriterije podjele i svojstava gnojiva. Gotovo je nemoguće izabrati kriterije tako da obuhvatimo sve značajke gnojiva bez određenog preklapanja svojstava ili istovremene pripadnosti neke tvari različitim gru-





pama. Stoga će ovdje biti prikazane podjele prikladne svojstvima gnojiva, a definicije, sastav, tehničke karakteristike i podjele mineralnih gnojiva usklađene su s Uredbom Europskog parlamenta i Vijeća 2003/2003 kojom su propisana svojstva gnojiva na tržištu EU označena s „EZ gnojivo” (Službeni list Europske unije, 2003.).

Gnojiva su većim dijelom proizvedena ili sintetizirana umjetnim putem, ali je i značajna grupa gnojiva nastalih prirodnim geološkim procesima ili kruženjem tvari u sponznoj biosferi. Dakle, **prema načinu proizvodnje** sva se gnojiva dijele na:

1. prirodna gnojiva
2. umjetna ili sintetska gnojiva.

U prirodna gnojiva spadaju sva gnojiva nastala prirodnim geološkim procesima te trošenjem, taloženjem i akumulacijom minerala, životinjskih izlučevina i organske tvari biljnog i životinjskog podrijetla. Umjetna ili sintetska gnojiva nastala su industrijskim procesima sinteze ili prerade sirovina. Česte su negativne predrasude zbog naziva “umjetna” ili “sintetska” pa se ova gnojiva češće nazivaju “mineralna”. Upotreba tog naziva nije uvijek potpuno prikladna jer u određenim procesima sinteze umjetnih gnojiva nastaju organske molekule (npr. urea, cijanamid).

Prirodna gnojiva u pravilu sadrže manje koncentracije biljnih hraniva nego umjetna gnojiva, dok je u procesima proizvodnje umjetnih gnojiva potreban značajan utrošak energije, što nije slučaj kod prirodnih gnojiva.



Podjela **prema namjeni** naglašava razliku između gnojiva u užem smislu i poboljšivača:

1. prava gnojiva
2. posredna gnojiva.

Prava su gnojiva sve tvari koje koristimo s ciljem dodavanja biljnih hraniva, a posredna gnojiva koristimo s ciljem poboljšavanja fizikalno-kemijskih svojstava ili biološke aktivnosti tla. Iz ovog je objašnjenja razvidno da poboljšivači ili kondicioneri tla spadaju u posredna gnojiva. Ovu podjelu neki autori smatraju podjelom prema agrokemijskom značaju, ali je primjerenija podjela prema namjeni.

Podjela gnojiva **prema agregatnom stanju**:

1. kruta gnojiva
2. tekuća gnojiva
3. plinovita gnojiva.

Većinom se gnojiva proizvode i primjenjuju u krutom stanju. Gnojiva u krutom stanju mogu biti praškasta, kristalna i granulirana.

U grupi tekućih gnojiva nalazi se mineralno gnojivo UAN i veliki broj različitih folijarnih gnojiva.

Tekuća gnojiva mogu biti prave otopine i suspenzije. Otopina je gnojivo u tekućem obliku koje nema krute čestice. Suspenzija je dvofazno gnojivo gdje su krute čestice suspendirane u tekućoj fazi.

Najmanje je predstavnika u grupi plinovitih gnojiva (npr. bezvodni ili anhidrirani amonijak).

Podjela gnojiva **prema podrijetlu**:

1. organska gnojiva
2. mineralna (anorganska) gnojiva
3. organo-mineralna gnojiva
4. biognojiva (mikrobiološka gnojiva).

Organska gnojiva su gnojiva koja sadrže organske spojeve biljnog ili životinjskog podrijetla. Najbrojnija i najznačajnija organska gnojiva su stajska gnojiva i komposti.

Mineralna gnojiva sadrže hraniva u obliku anorganskih soli, a proizvedena su ekstrakcijom i/ili fizikalnim i/ili kemijskim proizvodnim procesima. Uredbe (EZ 2003/2003) i norme (HRN EN 12944-1) preferiraju naziv anorganska gnojiva (eng. "inorganic"), ali se taj naziv u Hrvatskoj gotovo uopće ne koristi.

Organo-mineralna gnojiva sadrže hraniva organskog i anorganskog podrijetla, a proizvedena su miješanjem organskih i anorganskih gnojiva ili kombinacijom organskih i anorganskih spojeva u kemijskom proizvodnom procesu. Primjer proizvodnje organo-mineralnog gnojiva je kompostiranje uz dodatak mineralnog (anorganskog) gnojiva, uglavnom radi povećavanja udjela fosfora ili kalija.

Biognojiva (mikrobiološka ili bakterijska gnojiva) su posredna gnojiva koja obuhvaćaju nitro-fiksirajuće bakterije i plavo-zelene alge, mikorize i druge mikroorganizme. Zbog toga što osnovni cilj aplikacije biognojiva nije dodavanje hraniva već fiksiranje atmosferskog dušika, povećanje raspoloživosti hraniva (npr. fosfora i mikroelemenata) i poboljšanje biološke aktivnosti, biognojiva su posredna gnojiva ili poboljšivači tla.

Podjela gnojiva **prema vremenu primjene:**

1. osnovna
2. startna
3. gnojiva za prihranu.

Osnovna gnojiva koriste se za gnojidbu pri osnovnoj obradi kada u tlo treba unijeti najveći dio ukupno potrebne količine fosfora i kalija. Taj je dio 1/2 do 2/3 ukupne potrebe, a ponekad i ukupna potrebna količina fosfora i kalija. Najveća količina unosi se osnovnom gnojidbom jer se hraniva zaoravanjem unose do dubine oranja što osigurava ravnomjerniju raspodjelu po dubini oraničnog sloja. Manji dio ukupne potrebe dodaje se osnovnom gnojidbom na laganim pjeskovitim tlima, a ukupna potreba P i K osnovnom se gnojidbom dodaje za ozimine (strne žitarice i uljana repica) kada nije planirana startna gnojidba ili prihrana fosforom i kalijem. Također, udio N u gnojivima za osnovnu gnojidbu je nizak jer će ozimine do proljeća usvojiti male količine N, tako da unos većih količina nije potreban. Ovaj je dušik u amidnom ili amonijskom obliku, a nikako ne u nitratnom. U osnovnoj se gnojidbi dušik najčešće dodaje u amidnom obliku urejom, također s ciljem ravnomjernog raspodjeljivanja po dubini oraničnog sloja, tj. po dubini buduće rizosfere.

Predsjetvenom i/ili startnom gnojidbom dodaje se preostala potreba fosfora i kalija, tj. 1/3 do 1/2 ukupno potrebne količine. Ovom se gnojidbom hraniva unose na dubinu 10-15 cm, što uz prethodno zaoravanje dijela hraniva osigurava optimalnu distribuciju hraniva po dubini oraničnog sloja. U ovim je gnojivima veći udio dušika nego u gnojivima za osnovnu gnojidbu jer je njihova aplikacija vremenski bliža značajnim potrebama usjeva prema N. Primjena P i K u osnovnoj i predsjetvenoj gnojidbi najbolja je zbog činjenice da su ta dva hraniva vrlo slabo mobilna tijekom vegetacije, tj. njihovo je descendentno premještanje u tlu prosječno 2-5 cm godišnje. Stoga bi aplikacija ukupnih potreba fosfora i kalija samo u predsjetvenoj gnojidbi značila relativno plitku raspodjelu tih hraniva i povećanu akumulaciju u plićem sloju tla. Posljedica može biti

pliće ukorjenjivanje usjeva, što bi imalo naglašeno negativan učinak u svim vegetacijama sa sušnim razdobljima.

Prihranom ratarskih usjeva dodaje se dušik. Fosfor i kalij samo se izuzetno dodaju prihranama jer je njihova učinkovitost površinskom ili plitkom aplikacijom tijekom vegetacije vrlo mala. Osim toga, prihrana fosforom i kalijem povećava rizik plitkog ukorjenjivanja i pojačanog štetnog učinka nedostatka vode u tlu. Gnojiva za prihranu uglavnom su jednostavna dušična gnojiva, osim u fertigacijskim sustavima gdje se koriste potpuno vodotopiva gnojiva s različitim omjerima dušika, fosfora i kalija za faze ukorjenjivanja, intenzivnog vegetativnog porasta, cvjetanja i plodonošenja. Također, gnojiva namijenjena za folijarnu primjenu spadaju u grupu gnojiva za prihranu.

## 2.1. Podjela mineralnih gnojiva

Kako je već prethodno navedeno, mineralna gnojiva su gnojiva koja sadrže hraniva u obliku anorganskih soli. Kriteriji podjele i razvrstavanja gnojiva na određene tipove dogovoreni su prema udjelu biljnih hraniva razvrstanih u tri grupe:

1. primarna hraniva: N, P, K
2. sekundarna hraniva: Ca, Mg, S, Na
3. mikrohraniva: B, Cu, Fe, Mn, Zn, Mo, Co.

Osnovna je podjela mineralnih gnojiva **prema sadržaju primarnih hraniva ili elemenata**:

1. **pojedinačna gnojiva** (ili jednostavna, sadrže samo N ili P ili K)
2. **složena gnojiva**
  - i. **dvojna gnojiva** (NP, NK ili PK gnojiva)
  - ii. **trojna ili potpuna gnojiva** (NPK gnojiva).

Pojedinačno gnojivo je dušično, fosfatno ili kalijevo gnojivo koje ima deklarirani udio samo jednog od tri primarna hraniva. Za svako je pojedinačno gnojivo propisan minimalni udio hraniva (aktivne tvari).

Složena gnojiva su gnojiva s deklariranim udjelom najmanje dva primarna hraniva, a dobivaju se kemijskim putem ili miješanjem, ili kombinacijom toga dvoga. Složena gnojiva su potpuna ili trojna ako sadrže sva tri primarna hraniva, a ukoliko nedostaje jedno od tri glavna hraniva, složeno je gnojivo dvojno. Pri tome je propisano da:

1. Trojno složeno kruto gnojivo mora imati udio hraniva (maseni postotak) minimalno 20 % ( $N+P_2O_5+K_2O$ ). Pri tome udio N mora biti minimalno 3 %, a udio  $P_2O_5$  i  $K_2O$  minimalno po 5 %.

2. Dvojno složeno gnojivo mora imati udio hraniva minimalno 18 %. NP gnojivo mora imati minimalno 3 % N i 5 %  $P_2O_5$ , NK gnojivo minimalno 3 % N i 5 %  $K_2O$ , a PK gnojivo minimalno 5 %  $P_2O_5$  i 5 %  $K_2O$ .

Dakle, složeno gnojivo s 8 % N, 4%  $P_2O_5$  i 10 %  $K_2O$  deklarira se kao NK gnojivo iako sadrži sva 3 glavna hraniva, ali je maseni udio fosfora manji od propisanih 5 %  $P_2O_5$ .

Složena mineralna gnojiva **prema sastavu** ili **prema načinu proizvodnje** dijele se na:

1. kompleksna gnojiva
2. miješana gnojiva.

Kompleksno gnojivo proizvodi se kemijskom reakcijom uz otapanje ili granulaciju s navedenim udjelom najmanje dva primarna hraniva. U krutom stanju svaka granula sadrži sva hraniva u njihovom deklariranom sastavu.

Miješano gnojivo proizvodi se suhim miješanjem nekoliko gnojiva bez kemijske reakcije.

Gnojiva koja ne sadrže primarna hraniva već samo sekundarna hraniva, deklariraju se kao mineralna gnojiva sa sekundarnim hranivima (ili anorganska gnojiva sa sekundarnim hranjivim tvarima). U ovu skupinu spadaju poboljšivači, npr. kalcijev sulfat (gips), kalcijev klorid, elementarni sumpor, kiserit, magnezijev sulfat, magnezijev klorid i dr. Treba svakako napomenuti da je u grupu sekundarnih hraniva uvršten natrij koji, prema većini biljnih fiziologa, ne spada u neophodne već u korisne elemente za biljku.

Gnojiva koja sadrže samo hraniva iz treće grupe, tj. mikrohraniva, deklariraju se kao mineralna gnojiva s mikrohranivima (ili anorganska gnojiva s mikro-hranjivim tvarima), razlikujući pri tome sadrži li gnojivo samo jedno ili više mikrohraniva i jesu li mikrohraniva u kelatiranom obliku ili u obliku mineralnih soli. U grupu mineralnih gnojiva s mikrohranivima spadaju borna, bakrova, željezova, cinkova, manganova, molibdenova i kobaltova gnojiva. Kao i kod sekundarnih hraniva, i ovdje je uvršten jedan koristan element koji nije neophodan za biljke (Co). Najznačajnije kelirajuće tvari za gnojiva s mikrohranivima su natrijeva ili kalijeva sol EDTA (etilendiamintetraoctene kiseline) ili DTPA (dietilentriaminpentaoctene kiseline).

Mineralna gnojiva se u Uredbi 2003/2003 svrstavaju u 5 tipova:

1. Anorganska jednostavna gnojiva s primarnim hranjivim tvarima
2. Anorganska složena gnojiva s primarnim hranjivim tvarima
3. Anorganska tekuća gnojiva (jednostavna i složena)
4. Anorganska gnojiva sa sekundarnim hranjivim tvarima
5. Anorganska gnojiva s mikrohranjivim tvarima.

## 2.2. Kakvoća mineralnih gnojiva

Kakvoću mineralnih gnojiva u najvažnijem smislu definira učinak gnojiva na visinu i kakvoću prinosa te na očuvanje plodnosti tala i opterećenje okoliša. Međutim, navedeno je teško ocijeniti brojčano ili precizno opisati uporabom nekoliko atributa i tako uspoređivati gnojiva. Stoga je potrebno definirati, opisati i ocijeniti svojstva gnojiva koja značajno utječu na visinu i kakvoću prinosa:

1. sadržaj aktivne tvari
2. formulacija gnojiva
3. omjer hraniva
4. kemijski oblik hraniva
5. kemijska stabilnost i postojanost
6. vrsta i ujednačenost čestica gnojiva.

### 2.2.1. Sadržaj aktivne tvari ili koncentracija hraniva

Sadržaj aktivne tvari ili koncentracija hraniva je suma postotnog težinskog udjela dušika, fosfora i kalija ( $N+P_2O_5+K_2O$ ). Posebnost je u tome što se udio tri primarna hraniva izražava na različit način:

1. **dušik** – uvijek se izražava u elementarnome obliku (**N**) bez obzira je li dušik u gnojivu u amonijskom, nitratnom ili amidnom obliku
2. **fosfor** – najčešće se izražava kao udio fosfor pentoksida ( $P_2O_5$ ) iako fosfor nije prisutan u tom obliku niti u tlu, niti u gnojivima, niti ga biljka usvaja u tom obliku. Druga je mogućnost izražavanja udjela fosfora u elementarnome obliku (**P**).
3. **kalij** - najčešće se izražava kao udio kalijevog oksida ( $K_2O$ ) iako kalij nije prisutan u tom obliku niti u tlu, niti u gnojivima, niti ga biljka usvaja u tom obliku. Kao i kod fosfora, druga je mogućnost izražavanja udjela kalija u elementarnome obliku (**K**).

Tako je npr. sadržaj aktivne tvari ureje 46 % jer sadrži 46 % N, nema fosfora i kalija; sadržaj aktivne tvari KAN-a je 27 % ako sadrži 27 % N (bez obzira na sadržaj Ca i Mg); sadržaj aktivne tvari MAP-a je 64 % jer sadrži 12 % N i 52 %  $P_2O_5$ ; a sadržaj NPK gnojiva 5-15-30 je 50 % jer sadrži 5 % N, 15 %  $P_2O_5$  i 30 %  $K_2O$ .

Slično fosforu i kaliju, i težinski udio sekundarnih hraniva u gnojivu može biti izražen u obliku oksida ili u elementarnome obliku:

1. **kalcij** – najčešće se izražava kao kalcijev oksid ( $CaO$ ), rjeđe kao elementarni Ca
2. **magnezij** - češće kao magnezijev oksid ( $MgO$ ), rjeđe kao elementarni Mg
3. **natrij** - češće kao natrijev oksid ( $Na_2O$ ), rjeđe kao elementarni Na
4. **sumpor** – češće kao sumporov trioksid ( $SO_3$ ), rjeđe kao elementarni S.

Jasno je da je vrlo značajno znati je li postotni udio fosfora izražen kao fosfor pentoksid ili kao elementarni oblik. Većinom se udio fosfora u gnojivima izražava kao fosfor pentoksid, a na isti način prikazujemo i rezultate AL-metode, najznačajnije analize raspoloživog fosfora u tlu u Hrvatskoj (koncentraciju fosfora u tlu izražavamo kao mg  $P_2O_5/100$  g tla). S druge strane, koncentraciju fosfora u dijelovima biljke (list, slama, zrno, korijen) uglavnom izražavamo kao udio elementarnog P (% P ili u novije vrijeme g/kg P), što nam je neophodno za izračunavanje bilance fosfora. Kod izračuna bilance količina fosfora dodanog mineralnim gnojivima izražena je u kg/ha  $P_2O_5$ , a količinu koju s proizvodnih površina odnosimo zrnom izračunavamo pomoću koncentracije fosfora u zrnu (% P) i prinosa zrna u kg/ha. Neophodno je, dakle, preračunati fosfor pentoksid u elementarni fosfor ( $P_2O_5$  u P) ili obratno (P u  $P_2O_5$ ). Slično je i prilikom izračuna bilance kalija i sekundarnih hraniva (Ca, Mg, Na, S).

Udio fosfor pentoksida u udio elementarnog fosfora ( $P_2O_5$  u P) preračunavamo tako da udio  $P_2O_5$  pomnožimo s faktorom (F) koji je rezultat odnosa relativnih masa P i  $P_2O_5$ :

$$F = \frac{2 \times \text{Ar}(P)}{\text{Mr}(P_2O_5)} = \frac{2 \times 30,97}{(2 \times 30,97) + (5 \times 16)} = \frac{61,94}{61,94 + 80} = \frac{61,94}{141,94} = 0,436$$

Za preračun elementarnog P u fosfor pentoksid (P u  $P_2O_5$ ) koristimo recipročnu vrijednost, tj. preračunavamo odnos relativnih masa  $P_2O_5$  i 2 atoma P (jer su dva atoma P u molekuli fosfor pentoksida):

$$F = \frac{\text{Mr}(P_2O_5)}{2 \times \text{Ar}(P)} = \frac{(2 \times 30,97) + (5 \times 16)}{2 \times 30,97} = \frac{61,94 + 80}{61,94} = \frac{141,94}{61,94} = 2,292$$

Na primjer, za proizvodnju pšenice smo gnojili s 300 kg/ha NPK 7-20-30, tj. složenim gnojivom s 20 %  $P_2O_5$ . Prinos zrna pšenice bio je 7 t/ha uz 0,3 % P u zrnu, a s površine smo odvezli 5 t/ha slame uz 0,1 % P u slami:

- (1) Unošenje fosfora ( $P_2O_5$ ) = 300 kg/ha  $\times$  20/100 = 60 kg/ha  $P_2O_5$
- (2) Odošenje fosfora (P) = 7000 kg/ha  $\times$  0,3/100 + 5000 kg/ha  $\times$  0,1/100 = 21 kg/ha + 5 kg/ha = 26 kg/ha P
- (3) Odošenje fosfora ( $P_2O_5$ ) = Odošenje fosfora (P)  $\times$  F = 26 kg/ha  $\times$  2,292 = 59,6 kg/ha  $P_2O_5$
- (4) Bilanca fosfora ( $P_2O_5$ ) = Unošenje  $P_2O_5$  – Odošenje  $P_2O_5$  = 60 – 59,6 = 0,4 kg/ha  $P_2O_5$

Dakle, utvrdili smo da je bilanca fosfora ( $P_2O_5$ ) gotovo bez promjene.

Istu smo bilancu mogli izraziti kao 0,2 kg/ha P (0,4 kg/ha  $P_2O_5$  = 0,4  $\times$  0,436 = 0,2 kg/ha P), tj. unošenje  $P_2O_5$  mogli smo preračunati u unošenje P u kg/ha pa bi prethodni primjer izračuna bio drukčiji od trećeg koraka:



$$(3) \text{ Unošenje fosfora (P) = Unošenje fosfora (P}_2\text{O}_5) \times F = 60 \text{ kg/ha} \times 0,436 = 26,2 \text{ kg/ha P}$$

$$(4) \text{ Bilanca fosfora (P) = Unošenje P – Odošenje P = 26,2 – 26 = 0,2 kg/ha P}$$

Na isti način koristimo faktore za preračun koncentracija K i sekundarnih hraniva u elementarne oblike ili okside (tablica 1.). Svi faktori preračuna u okside uvijek su  $> 1$ , a svi faktori preračuna u elementarne oblike uvijek su  $< 1$ .

**Tablica 1.** Faktori preračunavanja elementarnih oblika u okside i obratno

Elementarni oblik	Faktor za preračun u oksid	Oksid	Faktor za preračun u elementarni oblik
P	2,292	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,436
K	1,205	K <sub>2</sub> O	0,830
Ca	1,399	CaO	0,715
Mg	1,658	MgO	0,603
Na	1,348	Na <sub>2</sub> O	0,742
S	2,500	SO <sub>3</sub>	0,400

Koncentracije mikrohraniva u gnojivima izražavaju se u težinskom postotnom udjelu elementarnog oblika mikrohraniva (npr. 14 % B, 70 % Cu, 12 % Fe ili 17 % Mn itd.).

Sadržaj hraniva u gnojivu može biti relativno nizak (npr. 16 % N u čilskoj salitri), nešto viši (27 % N u KAN-u) ili vrlo visok (npr. 60 % u složenom gnojivu NPK 8:26:26 ili 64 % u NP gnojivu 12-52-0). Ostatak gnojiva, svi kationi i anioni koji ne sadrže glavna hraniva (N, P i K) čine balast ili punilo. Balast je ostatak sirovine (ili sirovina) koji ne sadrži glavno hranivo. Primjer balasta je gips (CaSO<sub>4</sub>) u superfosfatu nastao razlaganjem fosforita sulfatnom kiselinom (Ca<sup>2+</sup> iz fosforita i SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> iz sulfatne kiseline). Punilo nije zaostalo iz sirovina ili nastalo reakcijama proizvodnje gnojiva kao balast, već je punilo dodatak koji se dodaje u gnojivo radi popravljanja fizikalno-kemijskih svojstava gnojiva ili radi postizanja određene formulacije hraniva. Primjer punila je dolomit (CaCO<sub>3</sub> × MgCO<sub>3</sub>) koji se dodaje amonijevom nitratu u proizvodnji KAN-a.

Gnojiva koja sadrže male količine punila ili balasta nazivaju se koncentrirana gnojiva. Zajednički naziv za mineralna gnojiva koja ne sadrže nikakav balast niti punilo je bezbalastno gnojivo. Primjeri su kalijev nitrat (KNO<sub>3</sub>), amonijev nitrat (NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>), monoamonijev fosfat (MAP – NP gnojivo 12-52-0).

### 2.2.2. Formulacija gnojiva

Formulacija gnojiva je prikaz težinskih postotnih udjela svih hraniva u gnojivu što se prvenstveno odnosi na glavna hraniva (npr. NPK 6-18-36). Zbroj koncentracija tri glavna hraniva je ukupan sadržaj ili koncentracija hraniva (navedeno u prethodnom poglavlju). Za naš primjer (NPK 6-18-36) ukupna je koncentracija hraniva 60 %.

Formulacija dvojnog gnojiva npr. NP gnojiva MAP je NPK 12-52-0 ili NP 12-52, dok je formulacija dvojnog PK gnojiva NPK 0-20-30 ili PK 20-30.

Sekundarna hraniva u mineralnim gnojivima s primarnim hranivima također se mogu deklarirati i navoditi u okviru formulacije ako su koncentracije sekundarnih hraniva minimalno:

1. 2 % CaO (1,4 % Ca)
2. 2 % MgO (1,2 % Mg)
3. 3 % Na<sub>2</sub>O (2,2 % Na)
4. 5 % SO<sub>3</sub> (2 % S).

Tako se formulacija složenog mineralnog gnojiva sa sekundarnim hranivom deklarira npr. NPK(SO<sub>3</sub>) 5-20-30 (26) ili 7-14-21 (24), NPK(MgO) 8-16-24 (2) ili NPK(MgO, SO<sub>3</sub>) 7-14-21 (2, 18). Gdje je prisutno više od jednog sekundarnog hraniva, navodi se ovim redom: CaO, MgO, Na<sub>2</sub>O, SO<sub>3</sub>.

Ako su u mineralnim gnojivima s primarnim hranivima deklarirana i mikrohraniva, navode se riječi „s mikrohranjivim tvarima” ili riječ „s” nakon koje slijedi ime (ili imena) i kemijski simbol (ili simboli) prisutnog (ili prisutnih) mikrohraniva, npr. NPK(MgO, SO<sub>3</sub>) 12-11-18 (3, 17) s mikrohranivima borom (B), željezom (Fe), manganom (Mn) i cinkom (Zn).

### 2.2.3. Omjer hraniva

Omjer hraniva je omjer dušika, fosfora i kalija u formulaciji gnojiva, tj. omjer njihovih težinskih udjela u gnojivu. Tako je u složenom gnojivu NPK 10-20-30 omjer hraniva 1:2:3, u gnojivu 15-15-15 omjer je 1:1:1, a u gnojivu 5:15:30 omjer je 1:3:6.

Omjer N prema P i/ili K vrlo je značajno svojstvo za izbor složenog gnojiva za osnovnu gnojidbu, predstjetvenu ili startnu aplikaciju te za prihranu (tablica 2). Omjer P i K značajan je pak za izbor gnojiva s obzirom na razinu raspoloživosti P i K u tlu, odnosno s obzirom na omjer P i K u potrebnoj gnojidbi nekog usjeva. Naravno, značajan je i oblik u kojem se hraniva nalaze, a posebice dušik koji u gnojivima za osnovnu gnojidbu ne bi trebao biti u nitratnom obliku. Međutim, omjer hraniva u gnojivima za osnovnu, predstjetvenu i startnu gnojidbu te prihranu prilagođen je načinu i vremenu aplikacije,

tj. optimalnom raspodjeljivanju hraniva po dubini oraničnog sloja i dinamici potrebe usjeva za hranivima.

Za osnovnu gnojidbu najpogodniji su najmanji udjeli N prema P i/ili K u omjerima 1:4:6, 1:3:6, pa sve do dvojnih PK gnojiva bez dušika.

Za predstjetvenu ili startnu gnojidbu mogu koristiti i složena NPK gnojiva namijenjena za osnovnu gnojidbu (ovisno o omjeru potrebnih hraniva), ali se češće koriste gnojiva s užim omjerima 1:2:3 do 1:1:1.

Za prihranu krutim gnojivima koriste se jednostavna dušična gnojiva te rjeđe složena gnojiva velikog relativnog udjela N u odnosu na P i K. To su gnojiva u kojima je dušik u amonijskom i nitratnom obliku, s omjerima hraniva 1:1:1 ili 2:1:1 ili više.

**Tablica 2.** Omjer hraniva i formulacije za osnovnu i startnu gnojidbu te prihranu

Tip gnojiva	Formulacija	Omjer hraniva
Gnojiva za osnovnu gnojidbu		
NPK gnojivo	5-20-30	1:4:6
NPK gnojivo	5-15-30, 6-18-36	1:3:6
NPK gnojivo	8-26-26	1:3,2:3,2
NPK gnojivo	8-24-24	1:3:3
NPK gnojivo	7-20-30	1:2,9:4,3
NP gnojivo (MAP)	12-52-0	1:4,3:0
NP gnojivo (DAP)	16-48-0	1:3:0
PK gnojivo	0-20-30	0:2:3
PK gnojivo	0-10-30	0:1:3
Gnojiva za predstjetvenu i startnu gnojidbu		
NPK gnojivo	8-16-24, 7-14-21, 10-20-30	1:2:3
NPK gnojivo	10-30-20	1:3:2
NPK gnojivo	15-15-15	1:1:1
NP gnojivo	20-20-0	1:1:0
Gnojiva za prihranu		
NPK gnojivo	15-15-15	1:1:1
NPK gnojivo	13-10-12	1,3:1:1,2
NPK gnojivo	18-9-9, 20-10-10	2:1:1
NPK gnojivo	22-6-6	3,7:1:1

### 2.2.4. Kemijski oblik hraniva

Odgovarajuće koncentracije hraniva u gnojivu (formulacija) i odnos hraniva dostatni su za planiranje gnojidbe potrebnim količinama hraniva, međutim, nisu dostatna informacija niti o stabilnosti gnojiva, niti o utjecaju gnojiva na svojstva tla, niti o količinama hraniva koje će biti raspoložive biljkama, niti o utjecaju gnojiva na dinamiku raspoloživosti hraniva. Kemijski oblici u kojemu se nalaze dušik, fosfor, kalij i ostala hraniva utječu na značajne karakteristike gnojiva:

1. brzina djelovanja
2. topivost i raspoloživost hraniva
3. fiziološka reakcija ili rezidualna reakcija gnojiva.

Brzina djelovanja, topivost gnojiva i raspoloživost hraniva usko su povezani, ali su i posljedica različitosti hraniva. Vodotopiva frakcija svih hraniva u gnojivima je ujedno i frakcija raspoloživa biljkama. Međutim, neke frakcije netopive u vodi (npr. citrotopivi fosfor) također su raspoložive biljkama, tako da ne možemo poistovjetiti biljkama raspoloživa hraniva s udjelom vodotopivih oblika hraniva u mineralnim gnojivima.

Dušik je u mineralnim gnojivima u nitratnom, amonijskom ili amidnom obliku. Svi navedeni oblici su vodotopivi, ali nitratni je dušik biljkama raspoloživ odmah nakon otapanja čestica gnojiva (granula). Posebnost je nitratnog oblika i negativna sorpcija nitratnog aniona u tlu te je taj oblik dušika podložan ispiranju. Stoga je nitratni oblik pogodan za gnojiva za prihranu, manje za startnu gnojidbu, a nikako nije pogodan za osnovnu gnojidbu. Amonijsko-nitratna gnojiva (npr. KAN) imaju i trenutno i produžno djelovanje jer je nitratna komponenta odmah raspoloživa, a amonijska gnojiva imaju produžno djelovanje zbog postupnog procesa nitrifikacije, tj. prevođenja amonijskog u nitratni oblik dušika. Naglašenije produžni učinak uz manji trenutni učinak imaju amonijsko-nitratno-amidna gnojiva (npr. UAN), a urea je amidno-dušično gnojivo s najaglašenijim produžnim učinkom, a time i najpogodniji oblik za osnovnu gnojidbu dušikom.

Topivost fosfora u mineralnim gnojivima nešto je složenija te se utvrđuje nekoliko kategorija topivosti:

1. fosfor topiv u vodi (vodotopivi fosfor)
2. fosfor topiv u neutralnim i lužnatim solima (neutralni i lužnati amonij-citrat)
3. fosfor topiv u slabim kiselinama, tj. u 2 %-tnoj limunskoj kiselini (citrotopivi fosfor) ili u 2 %-tnoj mravljoj kiselini
4. fosfor topiv u mineralnim kiselinama.

Vodotopivi fosfor je primarni fosfat ili dihidrogenfosfatni anion ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ), citrotopivi fosfor je sekundarni fosfat ili hidrogenfosfatni anion ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ), a ostali su oblici teže topivi, tj. topivi u mineralnim kiselinama. Vodotopivi fosfor otapanjem granula gnojiva prelazi u vodenu fazu tla, ali značajan udio prelazi u manje topive oblike ili čak uslijed

prevelike kiselosti tla biva kemijski fiksiran Fe, Al i Mn ionima. Stoga je neučinkovito gnojidbom unositi velike količine vodotopivih fosfata u takva tla. Najveća je učinkovitost topivih fosfata u tlima slabokisele reakcije uz dostatnu količinu humusnih tvari (smanjuju kemijsku fiksaciju fosfata – “humat efekt”).

Također, citrotopivi fosfati su manje topivi te je za njihovu raspoloživost povoljnija slabokiselina pH reakcija tla. Citrotopivi je fosfor manje trenutne učinkovitosti na neutralnim i slaboalkalnim tlima te se njegova upotreba preferira na slabokiselim tlima.

Teže topivi fosfati, tj. fosfati topivi u mineralnim kiselinama, biljkama su u tom obliku neraspoloživi, ali se ipak koriste isključivo kao sporodjelujuće gnojivo na kiselim tlima. Pri tome je kiselost tla neophodna za otapanje fosfata iz minerala u kojima se nalazi fosfor.

U mineralnim se gnojivima deklarira ukupni udio fosfora te, ovisno o topivosti fosfora, udio vodotopive i/ili citrotopive frakcije. Npr. Tomasov fosfat sadrži 12 %  $P_2O_5$  topivog u mineralnim kiselinama, a najmanje 75 % deklariranog udjela fosfor pentoksida topivo je u 2 %-tnoj limunskoj kiselini (citrotopivo). Ili, superfosfat sadrži 16 %  $P_2O_5$ , fosfor je topiv u neutralnom amonijevom citratu, a najmanje 93 % deklariranog udjela  $P_2O_5$  topivo je u vodi. U složenim mineralnim gnojivima navodi se topivost fosfora u vodi i neutralnom amonijevom citratu, a propisani su dozvoljeni udjeli fosfata koji je topiv samo u mineralnim kiselinama.

Kalij je u mineralnim gnojivima u vodotopivim oblicima (kloridi ili sulfati). U mineralnim se gnojivima deklarira ukupni sadržaj (postotni težinski udio) i udio vodotopive frakcije za kalij, npr. kalijev sulfat sadrži 50 %  $K_2O$ , kalij je topiv u vodi; kalijev klorid sadrži 40 %  $K_2O$ , kalij je topiv u vodi.

Ukupni sadržaj i udio vodotopive frakcije također se deklarira za sekundarna hraniva i mikroelemente, npr. magnezijev sulfat sadrži 15 % MgO i 28 %  $SO_3$ , magnezij topiv u vodi. Drugi je primjer kada sekundarno hranivo nije u obliku topivom u vodi te se ne navodi topivost u vodi, npr. kalcijev sulfat sadrži 25 % CaO i 35 %  $SO_3$ . Slični su primjeri i za anorganska gnojiva s mikrohranivima. Za natrijev borat deklarira se postotni udio bora topivog u vodi (10 % B, topiv u vodi), a za kalcijev borat samo postotni udio ukupnog bora bez navođenja topivosti (7 % ukupnog bora).

Fiziološka reakcija ili rezidualna reakcija gnojiva je utjecaj gnojiva na promjenu pH reakcije tla (ili rizosfere) nakon aplikacije gnojiva i reakcije mikroorganizama i korijena. Naime, unosom mineralnih gnojiva u rizosferu dolazi do reakcija s vodenom fazom i česticama tla (otapanje, adsorpcija, supstitucija, fiksacija), korijenom biljaka (usvajanje hraniva), ali i s mikroorganizmima (nitrifikacija). Korijen usvaja različite katione ( $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ) i anione ( $NO_3^-$ ,  $H_2PO_4^-$ ,  $SO_4^{2-}$ ) u različitim količinama (npr. usvaja više  $NH_4^+$ ,  $K^+$ ,  $H_2PO_4^-$  i  $NO_3^-$  nego  $Ca^{2+}$ ,  $Na^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ). Također, razlikuju se mehanizmi

usvajanja i izlučivanja iona korijenom u rizosferu. U konačnici, u rizosferi u većoj mjeri zaostaju gnojivima dodani ioni koji zakiseljavaju (npr.  $H^+$ ,  $SO_4^{2-}$ ,  $Cl^-$ ) ili alkaliziraju (npr.  $Na^+$ ) rizosferu. Zbog toga je npr. čilska salitra ( $NaNO_3$ ) fiziološki alkalno ili alkalotvorno gnojivo jer će nakon aplikacije gnojiva korijen u bitno većoj mjeri usvojiti dodani nitratni dušik nego  $Na^+$  koji će utjecati na alkalizaciju rizosfere. Dakle, čilska salitra ima izrazito alkalno rezidualno djelovanje u tlu.

Mineralna su gnojiva češće kiselotvorna, tj. rezultiraju rezidualno kiselom reakcijom. Sva mineralna gnojiva koja sadrže dušik, fosfor, sumpor, klorid uz manji sadržaj zemnoalkalnih (Ca, Mg) i alkalnih (Na, K) metala su kiselotvorna gnojiva. Razlozi zakiseljavanja tla mineralnim gnojivima su:

1. nitrifikacija amonijskog dušika (npr. iz  $NH_4Cl$  ili ureje):  

$$NH_4^+ + 2O_2 \rightarrow NO_3^- + H_2O + 2H^+$$
2. anioni ( $Cl^-$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$ , fosfatni anioni) prisutni u gnojivu.

Kiselotvornost gnojiva može se prikazati kao količina  $CaCO_3$  (tablica 3.) potrebna za neutralizaciju kiselih ostataka (Gowariker i sur., 2009.).

**Tablica 3.** Ekvivalent kiselosti dušičnih gnojiva (Gowariker i sur., 2009.)

Tip gnojiva	Gnojivo	Ekvivalent kiselosti (kg $CaCO_3$ /100 kg gnojiva)
N gnojivo	Amonijev klorid	128
N gnojivo	Amonijev sulfat	110
N gnojivo	Amonijev sulfat-nitrat	93
N gnojivo	Urea	84
N gnojivo	Amonijev nitrat	80
NP gnojivo	Amonijev fosfat 16-20-0	86

### 2.2.5. Kemijska stabilnost i postojanost

Kemijska stabilnost gnojiva uvjetovana je oblikom u kojem se nalaze hraniva. U proizvedenom gnojivu u tekućem, praškastom ili granuliranom obliku mogu se odvijati reakcije koje rezultiraju nižom kvalitetom gnojiva ili čak gubitkom hraniva. Posebno su moguće nepovoljne reakcije nakon neodgovarajućeg miješanja gnojiva. No, pojedine mineralne soli podložne su promjenama ovisno o uvjetima skladištenja.

Hidratacija je relativno česta pojava u kojoj se molekule gnojiva vežu s molekulama vode i pogoršana su fizikalna svojstva uz sljepljivanje granula. Primjeri izrazito higroskopskih gnojiva su norveška salitra, tj.  $Ca(NO_3)_2$  i amonijev nitrat ( $NH_4NO_3$ ).



Gubitak hraniva iz gnojiva nakon proizvodnje najčešće se odnosi na amonijski oblik hraniva. Primjer je kristalna smjesa amonijskih soli karbonatne kiseline. Sve soli u smjesi s više od jednog amonijevog kationa u molekuli (amonijev karbonat, amonijev karbamat) postupno prelaze u amonijev hidrogenkarbonat ( $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ ) uz velike gubitke dušika u obliku amonijaka.

Poseban oblik nestabilnosti gnojiva je eksplozivnost amonijevog nitrata koji u prisustvu tvari koje djeluju kao detonatori ili upaljači (mineralne kiseline, oksidansi, metali Al, Pb, Ni, Cu i Zn) lako može eksplodirati. Stoga je za amonijsko-nitratna gnojiva s visokim udjelom dušika propisano obavezno ispitivanje otpornosti na detonaciju.

U proizvodnji pojedinih mineralnih gnojiva koriste se kondicioneri ili hidrofobne opne da bi se smanjila hidratacija ili kemijska nestabilnost gnojiva.

### 2.2.6. Vrsta i ujednačenost čestica gnojiva

Kruta gnojiva mogu biti u različitim oblicima što je presudno za pravilnu raspodjelu gnojiva. Dobra gnojidbena praksa uključuje točnu i ujednačenu aplikaciju, dok neujednačena i nepravilna aplikacija rezultiraju nejednakim usjevom te prinosom i kvalitetom nižim od očekivanih. Za dobru raspodjelu gnojiva važno je da je veličina čestica konzistentna, da nema grudica i da je što manje prašine (TSO, 2010.).

S obzirom na vrstu čestica, kruta mineralna gnojiva mogu biti u tri osnovna oblika:

1. **praškasta**
2. **kristalizirana**
3. **granulirana.**

Prašakasta mineralna gnojiva su kruta gnojiva u obliku vrlo sitnih čestica. Mineralna gnojiva su se proizvodila u praškastom obliku prije razvoja procesa granuliranja, a danas se u praškastom obliku proizvode i primjenjuju samo gnojiva manje topivosti i raspoloživosti hraniva (npr. Tomasovi fosfati, sirovi fosfati). Praškastim je oblikom osigurana veća aktivna površina, tj. dodirna površina čestica gnojiva s otopinom i česticama tla, a radi bržeg otapanja i prevođenja hraniva u biljkama raspoložive oblike. Unatoč tomu, praškasta se gnojiva najčešće koriste kao sporodjelujuća gnojiva. Značajni nedostaci praškastih gnojiva uglavnom se odnose na čuvanje i aplikaciju gnojiva:

1. velika sklonost sljepljivanju, taloženju i zgrudnjavanju
2. nemogućnost ravnomjerne aplikacije centrifugalnim rasipačima
3. nisu sipka, zaprašuju pri skladištenju, transportu i aplikaciji.

U proizvodnji praškastih gnojiva propisano je deklariranje veličine čestica gnojiva. Npr. Tomasovi fosfati moraju ispunjavati uvjet da najmanje 75 % čestica mora proći

kroz sito s otvorom od 0,16 mm, a najmanje 96 % čestica mora proći kroz sito s otvorom od 0,63 mm.

Kristalizirana gnojiva rezultat su kristalizacije gnojiva iz zasićenih otopina zagrijavanjem ili vakumiranjem. Takvim načinom proizvode se amonijev sulfat i kalijeva gnojiva. Kristali su čestice ravnih površina, oštih bridova i vrhova (kao kristali šećera i kuhinjske soli). Ponekad se veliki kristali nazivaju granule. Danas se na tržištu u kristalnom obliku nalaze gnojiva za fertigacijske sustave i za ručno raspodjeljivanje po proizvodnim površinama (kalijev klorid, kalijev sulfat, kalcijev nitrat, amonijev sulfat, vodotopiva NPK gnojiva). Kristalizirana gnojiva ne sadrže čestice sitnije od 0,16 mm, tj. ne sadrže prašinu (oznaka "dustfree").

Granulirana gnojiva su sva kruta gnojiva koja su oblikovana u čestice unaprijed određenih veličina, a propisani postotni udio granula mora biti unutar deklariranog raspona veličina granula. Veličine, oblici i čvrstoće granula su različite, a ovise o tipu gnojiva i načinu granuliranja. Granuliranja obuhvaćaju sve procese kojima se proizvode čestice krutih gnojiva ujednačenih oblika i dimenzija:

1. **drobljenje**
2. **briketiranje ili peletiranje**
3. **priliranje**
4. **granuliranje (u užem smislu).**

Drobljenje je postupak lomljenja i usitnjavanja stijena i minerala na listiće ili zrnate proizvode određenih dimenzija. Zrna su nepravilnog oblika, oštrijih bridova kao kamenčići, tj. usitnjeni dijelovi razbijene stijene. U ovakvom obliku se često proizvodi kalijev korid.

Briketiranje ili peletiranje je postupak okrupnjavanja čestica gnojiva (suprotno postupku drobljenja). Okrupnjavanje čestica gnojiva, najčešće u praškastom obliku, postiže se kombinacijom zbijanja sitnih čestica i istiskivanja radi poprimanja planiranog oblika. Briketirati se mogu i čestice krupnije od praha.

Priliranje je postupak proizvodnje granula (prila) zgušnjavanjem kapljica zasićene otopine gnojiva hlađenjem u struji zraka. Postupak hlađenja i zgušnjavanja provodi se slobodnim padom kapljica gnojiva kroz struju zraka u visokim tornjevima. Prile su glatke sferične granule, manjih dimenzija i čvrstoće od granula proizvedenih drugim načinima. Priliranjem se proizvode prile ureje, amonijevog nitrata i nekih složenih NPK gnojiva.

Granuliranje u užem smislu je proizvodnja granula okrupnjavanjem manjih čestica sukcesivnim oblaganjem gustom zasićenom otopinom gnojiva koje se pretvara u krutinu kristalizacijom ili sušenjem. Granuliranjem se proizvode sferične granule nepravilnijeg oblika od prila, hrapavije površine, ali su krupnije i čvršće. Na ovaj način pro-

izvode se granule monoamonijevog fosfata (MAP), složenih NPK gnojiva, amonijevog nitrata, KAN-a, ureje.

Granule i prile istog gnojiva imaju istu fertilizacijsku vrijednost, praktične su razlike među njima male, ali se ipak razlikuju po veličini i čvrstoći, što dovodi do sljedećih razlika:

1. prile su manje i neotpornije na drobljenje te će imati veći udio prašine
2. zbog manjih dimenzija (prašina i manje čestice) prile su higroskopnije
3. prile se brže otapaju jer su sitnije te granulirane čestice imaju izraženiji produžni učinak.

Optimalne veličine granula i prila su 2-3 mm, a deklariraju se rasponi veličina 0,1-5 mm (urea 0,1-5 mm, složena NPK gnojiva 0,5-5 mm).

Granulirana gnojiva su karakterizirana boljim fizikalnim svojstvima od praškastih gnojiva. Prednosti granuliranih gnojiva su:

1. manje sljepljivanje granula nego čestica praha
2. sipka su i ne praše se pri transportu i aplikaciji
3. jednostavna raspodjela centrifugalnim rasipačima
4. produžno djelovanje u tlu u usporedbi s praškastim oblikom jer je manja dodirna površina i sporije je otapanje granula
5. moguće kondicioniranje presvlačenjem granula radi poboljšanja fizikalno-kemijskih svojstava.

Kondicioniranje granula može se provoditi:

1. zaprašivanjem s 1-2 % inertne prašine (vapnenac, dolomit)
2. tretiranjem s tekućim površinski aktivnim sredstvima (alifatski amini, akril-sulfonati)
3. tretiranjem sa sumporom ili polietilenom.

## 2.3. Pakiranje i isporuka mineralnih gnojiva

Pakiranje i isporuka mineralnih gnojiva prilagođeno je fizikalno-kemijskim svojstvima gnojiva, posebnostima transporta i isporuke te potrebama korisnika. Najčešći oblici pakiranja krutih mineralnih gnojiva su:

1. polietilenske vreće po 25, 40 i 50 kg
2. velike vreće po 500 i 1000 kg
3. rasuto stanje (nije dozvoljeno za amonijsko-nitratna gnojiva s velikim udjelom dušika).

Manjim proizvodnim sustavima i mikrognojivima primjerenija su manja pakiranja:

1. polietilenske vreće po 25 kg
2. polietilenske vreće po 5 kg
3. pakiranja po 1 kg (mineralna gnojiva sa sekundarnim hranivima, mineralna gnojiva s mikrohranivima).

Tekuća se gnojiva pakiraju i isporučuju primjereno vrsti i namjeni gnojiva:

1. spremnici po 1000 L (npr. UAN)
2. pakiranja po 1 ili 5 L (folijarna gnojiva).

## 2.4. Pojedinačna dušična gnojiva

Dušična su gnojiva najviše korištena gnojiva jer su izraženog prinositvornog djelovanja. Osim toga, zalihu mineralnog dušika u tlu nije moguće niti stvarati niti koristiti kao zalihu fosfora i kalija te je svake godine na proizvodnim površinama neophodna višestruka aplikacija dušičnih gnojiva. Stoga su i proizvodnja i potrošnja dušičnih gnojiva na svjetskoj razini značajno veće od proizvodnje i potrošnje fosfatnih (2,4 – 3,2 puta) i kalijevih (3,3 -3,9 puta) gnojiva (FAO, 2011.). Na svjetskoj je razini godišnja proizvodnja dušičnih gnojiva, izraženo u čistom dušiku kao hranivu, 1,4 puta veća nego suma ukupne proizvodnje  $P_2O_5$  i  $K_2O$ , dok je potrošnja N kao gnojiva veća 1,8 puta od sume potrošnje  $P_2O_5$  i  $K_2O$ .

Pojedinačna dušična gnojiva prema agregatnom stanju i obliku dušika dijelimo na 6 grupa:

1. amonijska
2. nitratna
3. amonijsko-nitratna
4. amidna
5. tekuća dušična gnojiva
6. spororazlagajuća dušična gnojiva.

### Proizvodnja mineralnih dušičnih gnojiva

Osnovne sirovine u proizvodnji mineralnih dušičnih gnojiva su atmosferski plinovi (posebice  $N_2$ ), voda, mineralne kiseline (HCl,  $H_2SO_4$ ,  $HNO_3$ ) i prirodni minerali (vapnenac, dolomit, kuhinjska sol, gips, "caliche" salitra). Posebno je značajan Haber-Boshov postupak proizvodnje amonijaka koji je kao anhidrirani amonijak najkoncentriranije dušično gnojivo, ali je i sirovina za proizvodnju nitratne kiseline i svih amonijskih i amonijsko-nitratnih dušičnih gnojiva. Vrlo je malo dušičnih gnojiva u čijoj proizvodnji nisu potrebni niti amonijak niti nitratna kiselina (slika 1).



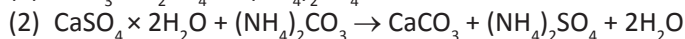
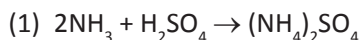
Slika 1. Shema sirovina u proizvodnji jednostavnih dušičnih gnojiva

### 2.4.1. Amonijska dušična gnojiva

#### **Amonijev sulfat - $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$**

Amonijev sulfat je vodotopivo gnojivo s **21 % N** u amonijskom obliku i 24 % S, a deklariran kao EZ gnojivo mora sadržavati minimalno 20 % N.

Amonijev sulfat je prvo dušično gnojivo proizvedeno Haber-Bosch postupkom i reakcijom amonijaka sa sulfatnom kiselinom (1) ili reakcijom amonijevog karbonata ( $\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$ ) s gipsom (2):



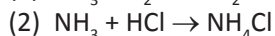
Kemijski je stabilno gnojivo male higroskopsnosti, dobrih je fizikalnih svojstava, može biti kristalizirano (slika 2) ili granulirano gnojivo. Amonijev sulfat je brzodjelujuće gnojivo, nije podložno ispiranju jer se  $\text{NH}_4^+$  adsorbira na koloidnu frakciju tla supstituiraajući  $\text{Ca}^{2+}$ . Fiziološki je vrlo kiselo gnojivo. Iako je stabilno gnojivo i opskrbljuje biljke dušikom i sumporom, danas ima mali značaj upravo zbog izrazite kiselotvornosti, ali i zbog relativno niske koncentracije dušika, što povećava troškove skladištenja i transporta. Istovremeno, zbog izrazite kiselotvornosti na alkalnim tlima pospješuje usvajanje fosfora i mikroelemenata te se primjenjuje samo na alkalnim tlima.

Amonijev sulfat potpuno je topiv u vodi (75 g u 100 ml vode) pa se osim predstajvene i startne primjene, može koristiti za prihranu.

#### **Amonijev klorid - $\text{NH}_4\text{Cl}$**

Amonijev klorid je vodotopivo kristalizirano ili granulirano gnojivo s **24-26 % N** u amonijskom obliku. Granulirano se izravno koristi u gnojivdbi, a kristalizirani oblik služi za proizvodnju složenih gnojiva. Prednost u odnosu na amonijev sulfat je veća koncentracija dušika (niža cijena po jedinici aktivne tvari) i sporija nitrifikacija te su manji gubitci dušika. Međutim, amonijev klorid je, kao i amonijev sulfat, izrazito kiselotvorno gnojivo, a uz fiziološki vrlo kiselu reakciju nepovoljna je i visoka koncentracija klorida koji negativno utječe na mikrofloru. Ipak, amonijev klorid je dobar izvor dušika za pšenicu, ječam, kukuruz, sirak, konoplju, lan, rižu i pamuk, a nije pogodan za vinovu lozu, krumpir i duhan.

Proizvodi se modificiranim Solvay procesom (1) ili direktnom neutralizacijom amonijaka s klorovodičnom kiselinom (2):



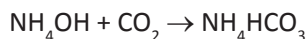
#### **Amonijev hidrogenkarbonat - $\text{NH}_4\text{HCO}_3$**

Amonijev hidrogenkarbonat ili amonijev bikarbonat je vodotopivo bezbojno higroskopsno kristalizirano gnojivo s relativno niskim sadržajem dušika (**17 % N** u amonij-



skom obliku). Nestabilno je gnojivo te biljka usvoji svega 30-ak % dodanog dušika. Na temperaturama iznad 35°C razlaže se na  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}_2$  i  $\text{H}_2\text{O}$ .

Proizvodi se zagrijavanjem natrijevog hidroksida uz uvođenje  $\text{CO}_2$ :



Osim amonijevog hidrogenkarbonata proizvode se i druge amonijeve soli karbonatne kiseline. Njihova je smjesa bezbojno kristalizirano vodotopivo gnojivo s više različitih spojeva:

$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$	amonijev karbonat
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \times \text{H}_2\text{O}$	amonijev karbonatmonohidrat
$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 \times 2\text{NH}_4\text{HCO}_3$	amonijev seskvikarbonat
$\text{NH}_4\text{COONH}_2$	amonijev karbamat
$\text{NH}_4\text{HCO}_3$	amonijev hidrogenkarbonat

Amonijev karbonat je međuprodukt u proizvodnji ureje koji se razlaže na ureju i vodu. Smjesa amonijevih soli može sadržavati 29-32 % N, ali je nestabilna te skladištenjem svi spojevi uz velike gubitke dušika postupno prelaze u amonijev hidrogenkarbonat koji sadrži najmanje dušika (do 18 %).

#### 2.4.2. Nitratna dušična gnojiva

##### *Natrijev nitrat (čilska salitra) - $\text{NaNO}_3$*

Natrijev nitrat ili čilska salitra je bijelo kristalizirano vodotopivo gnojivo s oko **15-16 % N** u nitratnom obliku. Čilska salitra, sintetizirana ili proizvedena iz prirodne salitre, deklarirana kao EZ gnojivo, mora sadržavati minimalno 15 % N. Proizvodi se kao kristal ili granula, praktično je nehigroskopsko gnojivo, ali ima jako alkalno rezidualno djelovanje jer u tlu zaostaje  $\text{Na}^+$ . Redovita primjena čilske salitre rezultirala bi zaslanjivanjem tla i peptizacijom koloida, tj. lošijim fizikalnim svojstvima (stvaranje pokorice, narušavanje strukture, povećana vododrživost, veća ljepljivost tla) i težom obradom tla. Zbog toga se ne smije koristiti na neutralnim i alkalnim tlima, ali je zato vrlo učinkovita na kiselim tlima.

Čilska salitra je najstarije dušično gnojivo. Prvotno se proizvodila ekstrakcijom iz mineralnih naslaga salitre ("caliche") s do 20 % natrijevog nitrata, do 3 % kalijevog nitrata i manjih količina klorida, sulfata i borata. Prirodna su nalazišta u Čileu i Peruu. Današnja je proizvodnja čilske salitre iz prirodnih nalazišta manjeg značaja zbog industrijske proizvodnje reakcijom kuhinjske soli i nitratne kiseline:



##### *Kalcijev nitrat (norveška salitra) - $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$*

Kalcijev nitrat ili norveška salitra je vodotopivo bijelo sitnokristalizirano gnojivo koje sadrži samo **13-16 % N** u nitratnom obliku i 21 % Ca. Kalcijev nitrat deklariran kao EZ



gnojivo mora sadržavati minimalno 15 % N, a može sadržavati i amonijski dušik (maksimalno 1,5 %).

Vrlo je higroskopsko gnojivo, upija vlagu i kristalizira kao  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$  ili  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$  pa se isključivo pakira u nepromoćive vreće. Unatoč problemu s higroskopnošću, smatra se vrlo dobrim dušičnim gnojivom jer sadrži Ca i nije kiselotvorno gnojivo, već povoljno djeluje na strukturu kiselih tala i pristupačnost drugih hraniva. Korisno je na slanim tlima jer supstituira Na s koloida tla.

Gnojivo se dobro otapa u vodi (127 g u 100 ml) pa je pogodno za folijarnu ishranu i fertigaciju.

Proizvodi se neutralizacijom nitratne kiseline kalcijevim karbonatom:



### ***Ostala nitratna gnojiva***

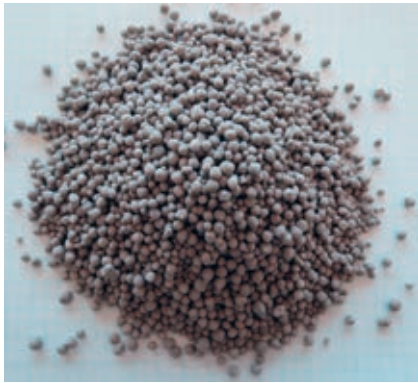
U grupi pojedinačnih nitratnih dušičnih gnojiva nalaze se i:

*kalcijev magnezijev nitrat*

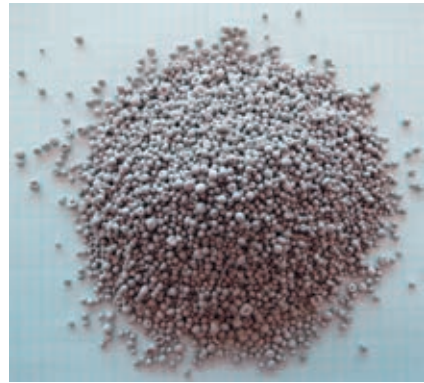
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times \text{Mg}(\text{NO}_3)_2$  s 13 % N i 5 % vodotopivog MgO

*magnezijev nitrat*

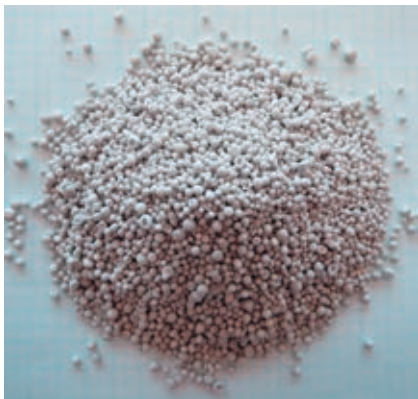
$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$  s 10 % N i 14 % vodotopivog MgO



Granulirani KAN



Prilirani KAN



Prilirani AN



Kristalizirani amonijev sulfat



Urea

**Slika 2.** Pojedinačna dušična gnojiva (Foto: Z. Lončarić)

### 2.4.3. Amonijsko-nitratna dušična gnojiva

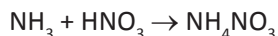
#### **Amonijev nitrat (AN) - $NH_4NO_3$**

Amonijev nitrat je jedno od tri najčešće korištena dušična gnojiva. Sadrži **32-35 % N**, od čega je  $\frac{1}{2}$  amonijskog i  $\frac{1}{2}$  nitratnog dušika. Deklariran kao EZ gnojivo mora sadržavati minimalno 20 % N. AN je vodotopivo bijelo kristalizirano higroskopsko gnojivo. Zbog higroskopsnosti se sljepljuje te se proizvodi kao granulirano ili prilirano gnojivo (slika 2) kojemu se u postupku proizvodnje dodaju Ca i Mg-nitrati radi kondicioniranja. Higroskopsnost mu raste s temperaturom pa se jače vlaži ljeti. U prisustvu tvari koje djeluju kao detonatori ili upaljači (mineralne kiseline, oksidansi, metali Al, Pb, Ni, Cu i Zn) može lako eksplodirati.

AN je vrlo učinkovito dušično gnojivo jer nitratni oblik dušika djeluje odmah nakon primjene, a amonijski je raspoloživ nakon nitrifikacije i ima produžno djelovanje. Dobro je gnojivo za predsjetvenu i startnu gnojidbu ili za prihranu, a zbog visoke topivosti (188 g u 100 ml vode) može se koristiti i kao otopina za folijarnu gnojidbu.

Amonijev nitrat je kiselotvorno gnojivo s ekvivalentom kiselosti oko 80, što znači da za neutralizaciju zakiseljavajućeg rezidualnog efekta 100 kg amonijevog nitrata treba 80 kg  $CaCO_3$ .

Proizvodnja amonijevog nitrata temelji se na proizvodnji nitratne kiseline iz amonijaka koja se zatim neutralizira s još amonijaka:



#### **Kalcijev amonijev nitrat (KAN)**



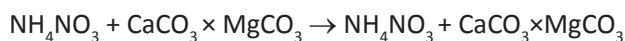
KAN (kalcijev amonijev nitrat ili vapneni amonijev nitrat) je pojedinačno dušično gnojivo koje predstavlja AN pomiješan s vapnencem ( $CaCO_3$ ) ili dolomitom ( $CaCO_3 \times MgCO_3$ ). U tom obliku KAN sadrži **27 % N**, od čega je  $\frac{1}{2}$  N u amonijskom i  $\frac{1}{2}$  N u nitratnom obliku. Također, KAN sadrži 4.5-5.5 % MgO, 6.5-8.5 % CaO, ima bolja fizikalna svojstva od čistog amonijevog nitrata i nije kiselotvorno gnojivo. Zakiseljavajući rezidualni efekt neutraliziran je kationima Ca i Mg prisutnim u KAN-u.

KAN deklariran kao EZ gnojivo mora sadržavati minimalno 20 % N, a uz amonijev nitrat smije sadržavati samo kalcijev karbonat i/ili dolomit. Minimalni udio karbonata mora biti 20 %.

KAN se proizvodi kao granulirano ili prilirano gnojivo (slika 2). Najčešće se koristi za prihranu, a može se primjenjivati i startno jer nitratni N djeluje odmah, a amonijski N ima produžno djelovanje.



Proizvodi se dodavanjem vapnenca ( $\text{CaCO}_3$ ) ili dolomita (slika 3) ( $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ ) amonijevom nitratu:



**Slika 3.** Dolomit ( $\text{CaCO}_3 \times \text{MgCO}_3$ ) u izvornom, usitnjenom i praškastom obliku

### ***Amonijev sulfonitrat – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \times \text{NH}_4\text{NO}_3$***

Amonijev sulfonitrat je smjesa amonijevog nitrata i amonijevog sulfata koja sadrži **26 % N**, od čega je  $\frac{3}{4}$  u amonijskom obliku, a  $\frac{1}{4}$  u nitratnom obliku. Također, sadrži 12,1 % S. Amonijev sulfonitrat deklariran kao EZ gnojivo mora sadržavati minimalno 25 % N, a minimalni udio nitratnog N mora biti 5 %.

Amonijev sulfonitrat je vodotopivo kristalizirano ili granulirano gnojivo, dobrih fizikalnih i kemijskih svojstava jer je manje higroskopno nego amonijev nitrat, a najznačajnije je što je kiselotvorni rezidualni efekt amonijevog sulfata dodatkom amonijevog nitrata prepolovljen.

Amonijev sulfonitrat pogodan je za predsjetvenu i startnu primjenu te za prihranu.

Proizvodnja se odvija na dva načina:

- (1) kristalizacija iz mješavine zasićenih otopina dvostrukih soli amonijevog sulfata i amonijevog nitrata
- (2) neutralizacija smjese nitratne i sulfatne kiseline amonijakom.

#### 2.4.4. Amidna dušična gnojiva

##### *Urea - CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>*

Urea je sporodjelujuće vodotopivo bijelo kristalizirano gnojivo. Svrstana je u grupu mineralnih (anorganskih) gnojiva iako je organska molekula. Koncentracija N u ureji je visoka i s **46 % N** u amidnom obliku najkoncentriranije je kruto dušično gnojivo. Deklarirana kao EZ gnojivo urea mora sadržavati minimalno 44 % N uz maksimalni udio biureta 1,2 %.

Urea je stabilno gnojivo dobrih skladišnih svojstava što ju čini najkorištenijim dušičnim gnojivom. Proizvodi se kao prilirano, granulirano ili peletirano sporodjelujuće gnojivo. Prilirana urea je manjih dimenzija i čvrstoće od granulirane te se više mrvi i sadrži više prašine, stoga je i higroskopsnija.

Urea se primjenjuje kao osnovno gnojivo uz zaoravanje, kao predstjetveno i startno gnojivo plitko unesena u tlo te u prihranama uz plitko unošenje u tlo. Urea djeluje sporije od amonijevog nitrata tako da ima značajno produžno djelovanje. Također, urea je gnojivo bez punila koje se vrlo dobro otapa u vodi (1 kg/L pri 20°C) i može se koristiti za folijarnu ishranu, fertigaciju ili kemigaciju. Kod folijarne ishrane treba paziti na preporučene koncentracije za svaki usjev. Urea nije elektrolit, ne disocira i otopine imaju nižu osmotsku vrijednost te se mogu koristiti u višim koncentracijama (optimum za žitarice 4 %, ali vinova loza u cvatnji maksimalno tek do 0,7 %). Pri otapanju urea oduzima toplinu otapalu i potrebno je pričekati prije primjene da otopina izjednači temperaturu s okolinom.

Iako je urea vrlo kvalitetno gnojivo sa širokom primjenom, nepravilna aplikacija ureje može prouzročiti neželjene gubitke i probleme:

1. aplikacija prilirane ili granulirane ureje po površini tla bez odgovarajuće inkorporacije u tlo može prouzročiti značajne gubitke volatilizacijom zbog brze hidrolize ureje do amonijaka. Vlažnost i niske temperature smanjuju gubitke.
2. brza hidroliza ureje do amonijaka može fitotoksično djelovati, posebice na klijance ako je veća količina ureje aplicirana preblizu sjemenu
3. urea može sadržavati biuret koji je fitotoksičan u koncentracijama > 2 %, a u folijarnoj primjeni već u koncentracijama 0,25-0,5 %
4. ureju ne treba koristiti za prihranu ozimih strnih žita pri niskim temperaturama i na slabo razvijene biljke jer može izazvati trovanje biljaka uslijed povećane koncentracije amonijaka, što rezultira zastojem u vegetaciji
5. pri višim temperaturama primjena ureje za prihranu može izazvati ozbiljna oštećenja na listu.

Prva reakcija ureje u tlu je slabo alkalna jer uz vodu prelazi u amonij-karbamat, ali se uz odgovarajuću vlažnost, temperaturu i kisik za nekoliko dana transformira do nitrata

što rezultira slabim prolaznim zakiseljavanjem te se urea smatra slabo kiselotvornim gnojivom.

Reakcijom anhidriranog amonijaka s  $\text{CO}_2$  pod visokim pritiskom uz prisustvo katalizatora prvo se proizvodi karmabat, a zatim urea:



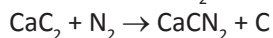
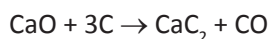
### ***Kalcijev cijanamid - $\text{CaCN}_2$***

Kalcijev cijanamid je kemijski proizvedeno gnojivo koje kao osnovni sastojak sadrži kalcijev cijanamid, kalcijev oksid i vjerojatno male količine amonijeve soli i ureje. Sadrži 18-22 % N. Deklariran kao EZ gnojivo mora sadržavati minimalno 18 % N, a  $\frac{1}{4}$  N mora biti vezano u obliku cijanamida. Kalcijev cijanamid je sivkasti prah, a zbog otrovnosti i aplikacije proizvodi se kao praškasto gnojivo s 1 % ulja, kao granulirano gnojivo ili kao granulirano gnojivo s dodatkom 1-3 % kalcijevog nitrata.

Kalcijev cijanamid je gnojivo s herbicidnim i fungicidnim djelovanjem. U alkalnim tlima većim dijelom prelazi u fitotoksični dicijanamid -  $(\text{H}_2\text{CN}_2)_2$ . U neutralnim i kiselim tlima kalcijev dicijanamid se razlaže do ureje za 7-10 dana. U gnojidbi se koristi 2-3 tjedna prije sjetve, kao nerazložan je odličan herbicid, posebice za širokolisne korove.

Kalcijev cijanamid je sporodjelujuće gnojivo, fertilizacijske vrijednosti slične čilskoj salitri, ali sporijeg djelovanja. Rezidualno djelovanje u tlu je izrazito alkalno, ekvivalentno 61 kg  $\text{CaCO}_3$ /100 kg gnojiva.

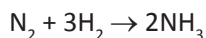
Proizvodnja kalcijevog cijanamida počinje zagrijavanjem  $\text{CaCO}_3$  do dekompozicije na  $\text{CO}_2$  i  $\text{CaO}$  kojemu se dodaje ugljen u atmosferi čistog dušika:



### **2.4.5. Tekuća dušična gnojiva**

#### ***Anhidrirani amonijak - $\text{NH}_3$***

Anhidrirani amonijak kao ukapljeni plin najjeftiniji je izvor dušika i najkoncentriranije N gnojivo jer sadrži 82 % N u amonijskom obliku. "Anhidrirani" znači da u proizvodnji amonijaka nema vode već se proizvodi direktnom sintezom dušika iz zraka i vodika u omjeru 1:3:



Kao gnojivo skladišti se u tankovima pod pritiskom i na niskoj temperaturi kada je u tekućem stanju, a uz atmosferski pritisak postaje bezbojni plin. Anhidrirani amonijak transportira se cisternama i plinovodima (direktna doprema do farme). Koristi



se isključivo predstjetvenom aplikacijom u tlo injektorom s cijevima na dubinu 15-30 centimetara. Aplikacija je vrlo zahtjevna, uz tijelo aplikatora je cijev pod pritiskom u kojoj se nalazi anhidrirani amonijak, a u tlo ulazi u plinovitom stanju. Neophodna je dovoljna vlažnost tla da se izbjegne volatizacija. Ipak, uz plitku aplikaciju, suho tlo i na alkalnim i neutralnim tlima realni su gubitci volatizacijom. Zbog navedenih problema češća je upotreba otopine amonijaka u vodi.

Puno je veći značaj anhidriranog amonijaka u proizvodnji gnojiva jer se koristi za proizvodnju amonijevih soli reakcijom s nitratom, sulfatom ili fosfatnom kiselinom. Također, reakcijom s  $\text{CO}_2$  koristi se u proizvodnji ureje.

### ***Urea amonijev nitrat (UAN) – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 \times \text{NH}_4\text{NO}_3$***

UAN je tekuće dušično gnojivo, otopina ureje i amonijevog nitrata u vodi, s 30 % dušika od čega je  $\frac{1}{2}$  u amidnom,  $\frac{1}{4}$  u amonijskom i  $\frac{1}{4}$  u nitratnom obliku. Deklariran kao EZ gnojivo UAN mora sadržavati minimalno 26 % N od čega je oko  $\frac{1}{2}$  u amidnom obliku. Maksimalan sadržaj biureta je 0,5 %.

UAN se primjenjuje unošenjem u tlo, ali i folijarno, i to čist, razrijeđen ili pomiješan s pesticidima i mikroelementima, kao i fertigacijom te kemigacijom (pomiješan s pesticidima). Nerazrijeđeno gnojivo primijenjeno folijarno izaziva različit stupanj oštećenja lista i drugih organa, ovisno o temperaturi i fenofazi usjeva. Stoga se folijarna primjena preporučuje za biljke koje su u fazi brzog vegetativnog porasta, a provodi se za oblačnog vremena, ujutro ili predvečer. Prednosti uporabe UAN-a:

1. sigurna i jednostavna uporaba
2. lako unošenje u irigacijski sustav
3. siguran za transport i skladištenje
4. ravnomjerna aplikacija
5. jeftiniji od većine krutih gnojiva
6. pogodan za pripremu tekućih NPK mješavina.

UAN se proizvodi otapanjem krute ureje u otopini amonijevog nitrata (75-80 % otopina ureje i 80-85 % otopina amonijevog nitrata) uz dodavanje vode radi postizanja određene koncentracije. Veća koncentracija N podrazumijeva i višu temperaturu isparavanja, a za koncentracije 28-32 % N sve temperature isparavanja su niže od  $0^\circ\text{C}$ . UAN sadrži malu količinu antikorozivnih sredstava koja omogućuju korištenje posude za čuvanje i aplikatora izrađenih od uobičajenih materijala (plastika, čelik, aluminij).

### ***Amonijev hidroksid – $\text{NH}_4\text{OH}$***

Amonijev hidroksid ili amonijska voda je najjednostavnija čista bezbojna otopina amonijaka u vodi. Proizvodi se uvođenjem plinovitog anhidriranog amonijaka u vodu

i kao otopina stabilna na atmosferskom tlaku sadrži **20-25 % N**. Deklariran kao otopina dušičnog gnojiva, amonijev hidroksid kao EZ gnojivo mora sadržavati minimalno 15 % N. Dozvoljen sadržaj biureta je maksimalno 2,6 % od ukupnog sadržaja dušika ( $\% \text{ amidnog N} \times 0,026$ ).

Amonijska voda skladišti se u zatvorenim kontejnerima uz kontrolu temperature jer se porastom temperature gubi dio dušika. Postotni udio N u amonijskoj vodi može se povećati do 40 % N porastom tlaka. Amonijska se voda koristi kao gnojivo direktnom aplikacijom u tlo ili za proizvodnju drugih tekućih gnojiva.

Budući da amonijak volatizira relativno brzo na temperaturama iznad 10 °C, amonijska voda injektira se na dubinu 5-10 cm. Ne koristi se na karbonatnim tlima.

#### **2.4.6. Spororazlagajuća ili obložena dušična gnojiva**

Spororazlagajuća ili obložena dušična gnojiva su gnojiva čija je topiva komponenta nakon kristalizacije, priliranja ili granuliranja obložena ili presvučena zaštitnim slojem s ciljem usporavanja ulaska vode, otapanja, razlaganja i oslobađanja hraniva. Ovakva su gnojiva razvijena jer je nitrifikacija mineralnih dušičnih gnojiva, čak i onih sa sporodjelujućim učinkom kao što su urea ili kalcijev cijanamid, još uvijek prebrza da bi gnojivo bilo ravnomjeran izvor dušika tijekom vegetacije. Stoga su spororazlagajuća gnojiva razvijena raznim tehnikama kondenziranja, oblaganja ili presvlačenja granula dušičnih gnojiva s ciljem usporavanja razlaganja gnojiva i/ili usporavanja i inhibiranja nitrifikacije. Razvojem gnojiva izdvojene su tri osnovne kategorije materijala za oblaganje granula gnojiva:

1. polimeri (npr. formaldehid) i monomeri (krotonaldehid, izobutilaldehid)
2. sumporno-polimerni materijali
3. sumporni materijali.

Spororazlagajuća gnojiva imaju značajne prednosti u odnosu na ostala dušična gnojiva, ali i značajno višu cijenu kao nedostatak.

Prednosti spororazlagajućih gnojiva:

1. znatno niži gubitci ispiranjem, denitrifikacijom i volatizacijom
2. smanjena fitotoksičnost zbog neznatnog povećanja osmotske vrijednost vodene faze tla
3. apliciraju se jednom za čitavu vegetaciju
4. ne onečišćavaju okoliš.

U proizvodnji spororazlagajućih gnojiva koriste se različiti postupci oblaganja granula mineralnih gnojiva:

1. prevlačenje granula elementarnim sumporom (9-30 % S), voskovima i polimerima (akrilne smole, polistiren, polietilen)
2. kondenzacija ureje s aldehidima (ureaform s 38 % N, Crotodur s 28 % N, Isodur s 28 % N)
3. primjena inhibitora nitrifikacije.

Inhibitori nitrifikacije su tvari koje nisu toksične za biljku, a inhibiraju prevođenje amonijaka u nitrata. Značajni inhibitori su nitrapyrin, DCD (dicyandiamide), tiourea, kalij azid. Primjena od 0,5 do 2 kg/ha inhibitora selektivno inhibira aktivnost nitrificirajućih bakterija (npr. Nitrosomonas), što je dovoljno za usporavanje nitrifikacije i smanjivanje gubitaka dušika ispiranjem i denitrifikacijom.

Primjeri spororazlagajućih EZ dušičnih gnojiva:

1. Krotoniliden diurea (reakcijom ureje s krotonaldehidom) s **28 % N**
2. Izobutiliden diurea (reakcijom ureje s izobutilaldehidom) s **28 % N**
3. Urea formaldehid (reakcijom ureje s formaldehidom) s **36 % N**
4. Amonijev sulfat s inhibitorom nitrifikacije (sadrži dicijan-diamid) s **20 % N**
5. Amonijev sulfonitrat s inhibitorom nitrifikacije (sadrži dicijan-diamid) s **24 % N**
6. Otopina dušičnog gnojiva s urea formaldehidom s **18 % N**.

## 2.5. Pojedinačna fosfatna gnojiva

Sva fosfatna gnojiva proizvode se iz sirovih fosfata, tj. fosfatnih stijena. Fosfatna gnojiva obuhvaćaju različite oblike mineralnog fosfora proizvedenog mehaničkom, kemijskom ili termičkom obradom sirovina bogatih fosforom, uglavnom prirodnih minerala i ruda. Paleta fosfornih gnojiva sadrži fosfate (najčešće kalcijeve) različite topivosti, od raspoloživih vodotopivih i citrotopivih fosfata do teškotopivih tercijarnih fosfata. Također, značajan utjecaj na dinamiku raspoloživosti fosfata ima veličina čestica fosfatnih gnojiva jer sitnije čestice znače veću aktivnu površinu s tlom, a time i brže razlaganje fosfata iako ono značajno ovisi o pH reakciji tla. Iako sitnije čestice gnojiva samo djelomično nadoknađuju manju topivost fosfata, ipak su propisane sve sitnije čestice kako opada topivost fosfata:

1. fosforna gnojiva s vodotopivim fosfatima (npr. trostruki superfosfat) ne moraju biti sitno mljevena i koriste se granulirana
2. Tomasov fosfat s citrotopivim fosforom mora biti usitnjen tako da je 75 % čestica promjera < 0,160 mm, a ostale < 0,630 mm
3. dikalcijev fosfat (fosfor topiv u alkalnom amonijevom citratu) i djelomično topivi kameni fosfat (40 % ukupnog fosfora je vodotopivo) moraju biti usitnjeni tako da je 90 % čestica promjera < 0,160 mm, a ostale < 0,630 mm

4. meki kameni fosfat (55 % deklariranih fosfata topivo u 2 %-tnoj mravljivoj kiselini) mora biti usitnjen tako da je 90 % čestica promjera < 0,063 mm, a ostale < 0,125 mm.

Fosfatni su minerali osnovne sirovine u prvom stupnju proizvodnje kompleksnih gnojiva gdje se raščinjavaju na topivije oblike. Iako je apatit najčešća vrsta minerala u svim sirovim fosfatima, dijelimo ih u dvije osnovne grupe:

1. apatiti
2. fosforiti.

Apatiti su najznačajniji kristalni fosfatni minerali u magmatskim stijenama. Nalaze se i u metamorfnim stijenama, ali i kao sekundarni minerali u sedimentnim fosfatnim stijenama, tj. fosforitima. U magmatskim stijenama je fluorapatit najznačajnija vrsta apatita, a manje je prisutan klorapatit:

1. fluorapatit –  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2$
2. klorapatit –  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2$

Apatiti biološkom i kemijskom razgradnjom ulaze u sastav sedimentnih stijena.

Fosforiti su sedimentne naslage sitnozrnate smjese različitih vrsta kalcijevih fosfata sa silikatima i karbonatima (vapnenac, dolomit). Najznačajniji kalcijevi fosfati u fosforitima su:

1. fluorapatit –  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaF}_2$
2. karbonatapatit –  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{CaCO}_3$
3. hidrosilapatit –  $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \times \text{Ca}(\text{OH})_2$ .

Većina sedimentnih naslaga fosforita sadrži frankolit kao smjesu različitih vrsta karbonat-fluorapatita. Fosfati se akumuliraju u sedimentima fosforita trošenjem primarnih minerala i organogenim procesima.

Meki kameni fosfat je posebna vrsta koloidnog fosfata, često manje čistoće jer smjesa sadrži kalcijev karbonat i glinu. Sadrži 18-25 %  $\text{P}_2\text{O}_5$  netopivog u vodi, nije podložan ispiranju i ima produžno djelovanje jer se godišnje razloži tek oko 2 % fosfora. Ima blagi kalcizacijski učinak, nema fitotoksično djelovanje i može se primjenjivati zajedno sa sjetvom.

Oko 80 % fosfata u svijetu proizvodi se preradom fosforita. Načini proizvodnje fosfornih gnojiva, tj. otapanje teško topivih oblika sirovih fosfata su:

1. elektrokemijski
2. razlaganje mineralnim kiselinama (sulfatna, fosfatna i nitratna)
3. termička prerada sirovih fosfata i drugih ruda.

Fosforna gnojiva se prema načinu proizvodnje i kemijskom obliku fosforne komponente, tj. prema stupnju razloženosti i topivosti dijele na:

1. sirovi fosfati
2. primarni kalcijevi fosfati (kalcij-dihidrogen fosfati), vodotopivi fosfati
3. sekundarni kalcijevi fosfati (kalcij-hidrogen fosfati), citrotopivi fosfati
4. topljeni i termofosfati.

### 2.5.1. Sirovi fosfati

#### ***Fosforitno brašno - $6Ca_3(PO_4)_2 \times CaF_2 \times CaCO_3$***

Fosforitno brašno proizvodi se finim mljevenjem fosforita s različitim udjelom karbonata, silikata i gline. Fosforna je komponenta topiva tek u mineralnim kiselinama te se isključivo kao sporodjelujuće gnojivo može koristiti uz dva uvjeta:

1. fino mljeveno kao brašno
2. uporaba isključivo na kiselim tlima.

Fosforitno brašno može sadržavati **10-36 %  $P_2O_5$** . U Europskoj uniji s oznakom EZ gnojiva može se deklarirati kao **meki kameni fosfat** s trikalcijevim fosfatom i kalcijevim karbonatom kao osnovnim sastojcima ako sadrži **minimalno 25 %  $P_2O_5$**  od čega je najmanje 55 % deklariranog udjela topivo u 2 %-tnoj mravljivoj kiselini. Također, meki kameni fosfat mora biti usitnjen tako da:

1. najmanje 90 % čestica prolazi kroz sito s otvorom 0,063 mm
2. najmanje 99 % čestica prolazi kroz sito s otvorom 0,125 mm.

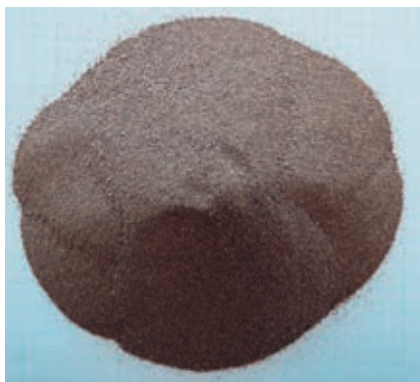
Fosforitno brašno ili meki kameni fosfat korisna su fosfatna gnojiva na kiselim tlima s visokim kapacitetom fiksacije fosfora. Tome pogoduje sporo razlaganje fosfata te nema štetne fiksacije, a kiselost tla neophodna je za razlaganje fosfata. Međutim, učinkovitost ovih gnojiva značajno opada pri pH vrijednostima iznad 5 te su pogodna samo za biljne vrste koje toleriraju pojačanu kiselost tla.

Pored niske topivosti fosfora, nedostatak fosforitnog brašna ili mekog kamenog fosfata je niski sadržaj fosfora, što povećava troškove transporta i aplikacije.

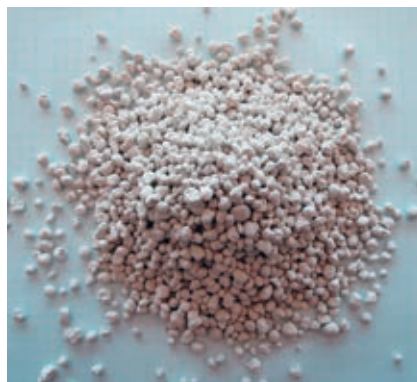
#### ***Djelomično topivi kameni fosfat***

Proizvodi se djelomičnim otapanjem mljevenog fosforita sa sumpornom i fosfornom kiselinom. Sadrži kalcijeve fosfate različite topivosti, prvenstveno monokalcijev fosfat  $Ca(H_2PO_4)_2$  i trikalcijev fosfat  $Ca_3(PO_4)_2$ , te gips (kalcijev sulfat). Može se deklarirati kao EZ gnojivo ako ispunjava sljedeće uvjete:

1. sadrži najmanje **20 %  $P_2O_5$**  topivog u mineralnim kiselinama
2. najmanje 40 % deklariranog udjela  $P_2O_5$  topivo je u vodi
3. najmanje 90 % čestica prolazi kroz sito s otvorom 0,160 mm
4. najmanje 98 % čestica prolazi kroz sito s otvorom 0,630 mm



Sirovi fosfat iz Alžira



Granulirani superfosfat



Granulirani trostruki superfosfat

**Slika 4.** Pojedinačna fosfatna gnojiva (Foto: Z. Lončarić)

### 2.5.2. Primarni kalcijevi fosfati

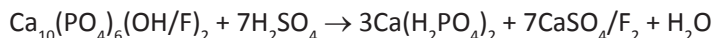
Primarni kalcijevi fosfati ili monokalcijevi fosfati su gnojiva s vodotopivom fosforom komponentom ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ). Primarni kalcijevi fosfati su:

1. superfosfat
2. obogaćeni superfosfat (koncentrirani superfosfat)
3. trostruki superfosfat ili tripleks.



Superfosfat je vodotopivo pojedinačno fosfatno gnojivo s niskim sadržajem fosfora, svega **16-19 %  $\text{P}_2\text{O}_5$** . Slabo je higroskopno, ali se dužim stajanjem slijepi, više ako je u obliku praha, a manje u granuliranom obliku (slika 4). Sivkaste je boje.

Superfosfat se proizvodi razlaganjem apatita (ili fosforita) sulfatnom kiselinom:



Posljedica razlaganja fosforita sumpornom kiselinom je gips kao balast te superfosfat sadrži dvije komponente:

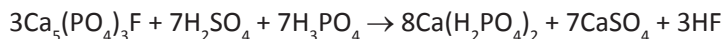
1. primarni kalcijev fosfat ili dihidrogen fosfat koji je topiv u vodi (> 90 %)
2. kalcijev sulfat ili gips koji je netopiv u vodi.

Kao EZ gnojivo superfosfat mora sadržavati minimalno 16 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , a najmanje 93 % od toga mora biti vodotopivo. Superfosfat je neutralno gnojivo i nema značajno kiselotvorno djelovanje na tlo.

U proizvodnji granuliranog superfosfata se radi neutzralizacije slobodne fosforne kiseline i manjeg sljepljivanja može dodavati usitnjeni vapnenac ili dolomit.

### ***Obogaćeni superfosfat - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 + \text{CaSO}_4$***

Obogaćeni superfosfat je vodotopivo pojedinačno fosfatno gnojivo s nešto većim sadržajem fosfora, **22-34 %  $\text{P}_2\text{O}_5$** . Proizvodi se razlaganjem sirovih fosfata smjesom sumporne i fosfatne kiseline:



Obogaćeni superfosfat također sadrži dvije komponente, primarni kalcijev fosfat koji je topiv u vodi (> 90 %) i gips koji je netopiv u vodi. Gips je i u ovom gnojivu balast, ali je prisutan s manjim udjelom (ovisi o udjelu fosfatne kiseline u proizvodnji) te je sadržaj fosfata značajno veći (22-34 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) nego u jednostavnom superfosfatu. Praktično, obogaćeni je superfosfat kao smjesa superfosfata i trostrukog superfosfata.

Kao EZ gnojivo obogaćeni superfosfat mora sadržavati minimalno 25 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ , a najmanje 93 % od toga mora biti vodotopivo.

### ***Trostruki superfosfat ili tripleks - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \times \text{H}_2\text{O}$***

Trostruki je superfosfat najkoncentriraniji primarni kalcijev fosfat jer sadrži **42-48 %  $\text{P}_2\text{O}_5$** . Proizvodi se reakcijom mljevenog fosforita s fosforom kiselinom. Prisutnost fluorapatita u fosforitu smanjuje količinu proizvedenog monokalcijevog fosfata te bi idealna proizvodnja bila s čistim hidroksilapatitom:



Fosforna komponenta trostrukog superfosfata topiva je u vodi (> 90 %). Tripleks je bezbalastno gnojivo jer, za razliku od superfosfata, ne sadrži gips.

Trostruki superfosfat proizvodi se u granulama (slika 4), dobrih je skladišnih svojstava i u pogodnom je obliku za raspodjeljivanje centrifugalnim rasipačima.

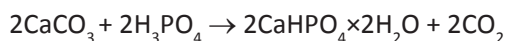


Kao EZ gnojivo trostruki superfosfat mora sadržavati minimalno 38 %  $P_2O_5$ , a najmanje 85 % deklariranog udjela mora biti vodotopivo.

### 2.5.3. Sekundarni kalcijevi fosfati

#### ***Dikalcijev fosfat ili precipitat ili taložnik - $CaHPO_4 \times 2H_2O$***

Dikalcijev fosfat (taložnik ili precipitat) je pojedinačno fosfatno gnojivo proizvedeno taloženjem (precipitacijom) iz suspenzije mljevenog vapnenca i rastopljene fosfatne kiseline:



Bijeli talog se nakon sušenja usitnjava na propisanu veličinu čestica. Fosforna je komponenta u obliku hidrogenfosfata (dikalcijev fosfat dihidrat) te nije vodotopiva već citrotopiva (u lužini amonijevog citrata). Zbog toga je učinkovitije gnojivo na kiselim tlima nego na neutralnim i alkalnim tlima.

Precipitat može sadržavati i do 40 %  $P_2O_5$ , a kao EZ gnojivo mora sadržavati minimalno 38 %  $P_2O_5$  topivog u lužini amonijevog citrata, a čestice moraju biti usitnjene tako da:

1. najmanje 90 % čestica mora proći kroz sito otvora 0,160 mm
2. najmanje 98 % čestica mora proći kroz sito otvora 0,630 mm.

Dikalcijev fosfat nije higroskopno i nije kiselotvorno gnojivo. Međutim, značajan nedostatak je relativno skupa proizvodnja te se rijetko koristi kao gnojivo već kao dodatak u hranidbi stoke.

### 2.5.4. Topljeni i termofosfati

Topljeni i termofosfati su pojedinačna fosforna gnojiva koja se proizvode ili nastaju kao nusproizvod obradom sirovina na visokoj temperaturi. Ova grupa fosfornih gnojiva ne sadrži fosfate topive u vodi, već samo citrotopive ili fosfate topive u mineralnim kiselinama. Zbog toga se uglavnom primjenjuju u praškastom obliku kao gnojiva s produžnim djelovanjem na kiselim tlima.

Razlaganje minerala visokom temperaturom eliminira potrebu skupih mineralnih kiselina za razgradnju fosforita, ali je i proizvodnja termofosfata skupa. Nedostaci termofosfata:

1. ne sadrže vodotopive fosfate
2. visoki energetska zahtjevi što poskupljuje proizvodnju
3. ne može se uvoditi amonijak za proizvodnju složenih gnojiva.

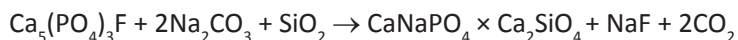
Topljeni i termofosfati razlikuju se po temperaturi potrebnoj za proizvodni proces:

1. termofosfati se proizvode procesima kalcinacije na temperaturama ispod točke taljenja (proizvod je porozan)

2. topljeni fosfati proizvode se procesima fuzije s temperaturama iznad točke taljenja te dolazi do stapanja sirovih fosfata s kremenom (proizvod je sjajna talina).

### ***Kalcinirani fosfati (Rhenania fosfat) – $\text{CaNaPO}_4 \times \text{Ca}_2\text{SiO}_4$***

Proizvodi se zagrijavanjem smjese apatita, natrijevog karbonata i pijeska na temperaturu oko 1200°C:



Sadrži **28 %** citrotopivog fosfata, a kao EZ gnojivo mora ispunjavati sljedeće uvjete:

1. ukupno minimalno **25 %  $\text{P}_2\text{O}_5$**  topivog u alkalnom amonijevom citratu
2. minimalno 75 % čestica mora biti promjera < 0,160 mm
3. minimalno 96 % čestica mora biti promjera < 0,630 mm.

### ***Aluminijev kalcijev fosfat***

Proizvodi se zagrijavanjem usitnjenih minerala, a sadrži aluminijeve i kalcijeve fosfate topive u alkalnom amonijevom citratu ili mineralnim kiselinama. Kao EZ gnojivo mora ispunjavati sljedeće uvjete:

1. ukupno minimalno **30 %  $\text{P}_2\text{O}_5$**
2. minimalno 75 % deklariranog  $\text{P}_2\text{O}_5$  topivo u alkalnom amonijevom citratu
3. minimalno 90 % čestica mora biti promjera < 0,160 mm
4. minimalno 98 % čestica mora biti promjera < 0,630 mm.

### ***Kameni fosfat bez fluora (Coronet fosfat)***

Topljeni fosfat koji se proizvodi zagrijavanjem smjese fino usitnjenog kamenog fosfata, silikata i vode na temperaturi 1500-1600°C tijekom 30 minuta. Sadrži **21 %  $\text{P}_2\text{O}_5$** , a 18 % je citrotopivo.

### ***Tomasov fosfat ili Tomasova šljaka - $\text{Ca}_3[\text{SiO}_4(\text{PO}_4)_2]$***

Tomasov fosfat je topljeni fosfat nastao kao nusprodukt u proizvodnji čelika ako ruda sadrži više od 1 % fosfora. Nečistoće željezne rude odstranjuju se uz dodatak vapnenca i silikata na 1600°C oksidacijom fosfora i stvaranjem kalcijevog silikofosfata. Tomasov fosfat sadrži 8-18 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ . Kao EZ gnojivo Tomasov fosfat treba ispunjavati uvjete:

1. ukupno minimalno **12%  $\text{P}_2\text{O}_5$**
2. minimalno 75 % deklariranog  $\text{P}_2\text{O}_5$  topivo u 2 %-tnoj limunskoj kiselini
3. minimalno 75 % čestica mora biti promjera < 0,160 mm
4. minimalno 96 % čestica mora biti promjera < 0,630 mm.

Tomasovo brašno ima i kalcizacijsko djelovanje jer sadrži 42-50 % CaO. Koristan je i sadržaj mikroelemenata Fe i Mn.

## 2.6. Pojedinačna kalijeva gnojiva

Kalijeva gnojiva proizvode se mehaničkom i/ili kemijskom obradom sirovih kalijevih soli iz prirodnih nalazišta. Kalijeva su gnojiva vodotopiva, a dijele se prema načinu proizvodnje na:

1. sirove kalijeve soli
2. obogaćene sirove kalijeve soli
3. koncentrirana kalijeva gnojiva.

Koncentrirana se gnojiva proizvode preradom sirovih soli otapanjem i frakcijskom kristalizacijom.

### 2.6.1. Sirove kalijeve soli

Sirove kalijeve soli su prirodni minerali, kloridi i sulfati, različitih udjela kalija:

- |               |  |                                 |
|---------------|--|---------------------------------|
| 1. silvit     | KCl  |                                 |
| 2. silvinit   | KCl + NaCl   | 20-42 % K <sub>2</sub> O        |
| 3. kainit     | KCl×MgSO <sub>4</sub> ×3H <sub>2</sub> O                             | minimalno 10 % K <sub>2</sub> O |
| 4. karnalit   | KCl×MgCl <sub>2</sub> ×6H <sub>2</sub> O                             | 9-12 % K <sub>2</sub> O         |
| 5. langbeinit | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ×2MgSO <sub>4</sub>                   |                                 |
| 6. šeinit     | K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ×MgSO <sub>4</sub> ×6H <sub>2</sub> O |                                 |

### 2.6.2. Obogaćene sirove kalijeve soli

#### ***Obogaćena kainitna sol - K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> × MgSO<sub>4</sub> × Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> × KCl***

Pojedinačno kalijevo gnojivo proizvedeno iz sirovih kalijevih soli i obogaćeno s kalijevim kloridom (silvitom). Kao EZ gnojivo sadrži minimalno **18 % K<sub>2</sub>O**.

#### ***Kiserit s kalijevim sulfatom - MgSO<sub>4</sub> × K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>***

Proizvod proizveden dodavanjem kalijevog sulfata kiseritu (magnezijev sulfat). Kao EZ gnojivo sadrži minimalno 6 % K<sub>2</sub>O, 8 % MgO i maksimalno 3 % Cl.

### 2.6.3. Koncentrirana kalijeva gnojiva

#### ***Kalijev klorid - KCl***

Kalijev klorid je najšire korišteno pojedinačno kalijevo gnojivo. Potpuno je vodotopivo i proizvodi se u različitim oblicima:

1. praškasto kao sirovina za daljnju proizvodnju kompleksnih gnojiva
2. kristalno (slika 5) bez čestica < 0,16 mm, pogodno je za ručnu raspodjelu i fertigaciju biljaka tolerantnih na kloride
3. granulirano za mehaničko raspodjeljivanje rasipačima (slika 5).

Kalijev klorid proizvodi se iz različitih smjesa prirodnih minerala. Najčešća je sirovina silvinit (smjesa silvita KCl i halita NaCl) iz kojega se otapanjem i frakcijskom kristalizacijom proizvodi kalijev klorid:



Kalijev klorid sadrži **60 % K<sub>2</sub>O**, a kao EZ gnojivo sadrži minimalno **37 % K<sub>2</sub>O**.

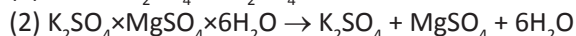
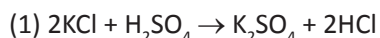
### ***Kalijev sulfat - K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>***

Kalijev sulfat (slika 5) je pojedinačno vodotopivo kalijevo gnojivo koje se koristi za gnojidbu biljaka osjetljivih na kloridni anion (vinova loza, duhan, krumpir). Na tržištu je prisutno s **50 % K<sub>2</sub>O** u različitim oblicima (50–52 %):

1. kristalno kao sirovina za daljnju proizvodnju kompleksnih gnojiva i za ručno rasipavanje (50-51 % K<sub>2</sub>O s 0,5-1 % Cl)
2. kristalno poboljšane topivosti za fertigaciju i folijarnu primjenu (52 % K<sub>2</sub>O)
3. granulirano za mehaničko raspodjeljivanje rasipačima (50 % K<sub>2</sub>O).

Kalijev sulfat kao EZ gnojivo sadrži minimalno **47 % K<sub>2</sub>O** i maksimalno 3 % Cl.

Proizvodnja kalijevog sulfata iz kalijevog klorida i sulfatne kiseline (1), ili frakcijskom kristalizacijom iz prirodnih kompleksnih soli (2):



### ***Kalijev klorid - magnezijev sulfat (Korn kalij) – KCl × MgSO<sub>4</sub>***

Kalijevo gnojivo s **40 % K<sub>2</sub>O**. Granulirano je pogodno za raspodjeljivanje rasipačima, a sadrži i nešto magnezija (6 % MgO), sumpora (4 % S) i natrija (3 % Na).

### ***Kalijev-magnezijev sulfat (Patent kalij) - K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> × MgSO<sub>4</sub>***

Kalijevo gnojivo s **30 % K<sub>2</sub>O**. Granulirano je pogodno za raspodjeljivanje rasipačima, a sadrži i nešto magnezija (10 % MgO) i sumpora (17 % S). Dozvoljena je uporaba u ekološkoj poljoprivredi.

### ***Kalijev-magnezijev-natrijev sulfat - Kainit (Magnesia kainit)***



Kalijevo gnojivo dobiveno iz sirovih kalijevih soli, sadrži samo **11 % K<sub>2</sub>O**. Granulirano je pogodno za raspodjeljivanje rasipačima, a sadrži i nešto magnezija (5 % MgO) i

sumpora (4 % S) te dosta natrija (20 % Na). Dozvoljena je uporaba u ekološkoj poljoprivredi. Kao EZ gnojivo mora sadržavati minimalno 10 %  $K_2O$ .



Granulirani kalijev klorid



Kristalizirani kalijev klorid



Prašasti kalijev sulfat

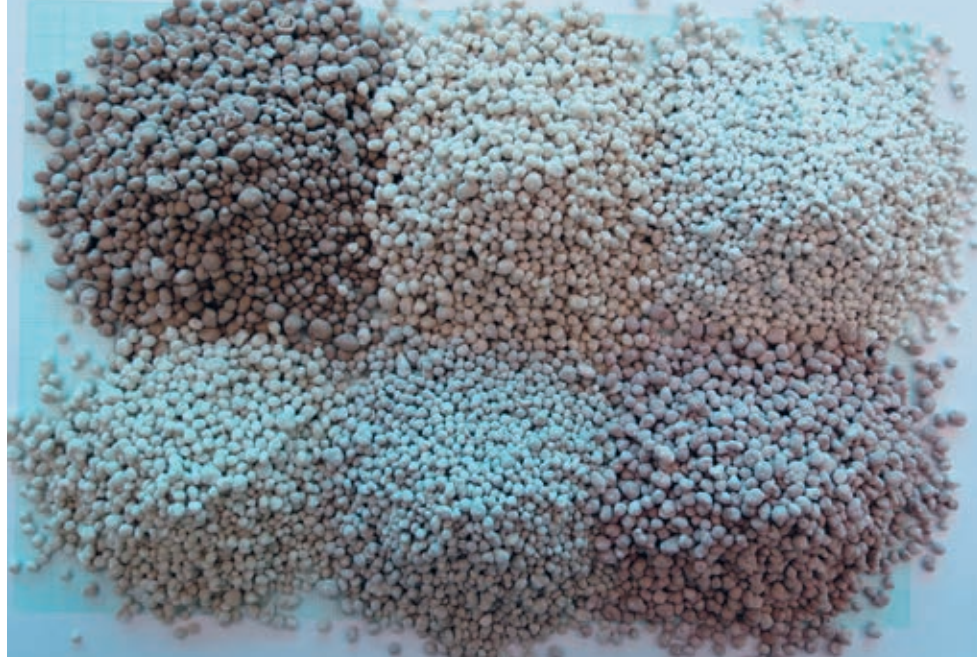
**Slika 5.** Pojedinačna kalijeva gnojiva (Foto: Z. Lončarić)

## 2.7. Složena mineralna gnojiva

Složena mineralna gnojiva su kompleksna ili miješana gnojiva koja sadrže najmanje dva od tri glavna hraniva (slika 6). Prema tome, složena gnojiva mogu biti dvojna (NP, NK i PK gnojiva) i trojna ili potpuna (NPK gnojiva).

Kompleksno gnojivo proizvodi se kemijskim reakcijama te se sušenjem i granulacijom ili otapanjem proizvodi kruto ili tekuće složeno gnojivo. Svaka granula pri tome sadrži jednaki omjer deklariranih hraniva.

Miješano gnojivo proizvodi se suhim miješanjem nekoliko gnojiva bez kemijske reakcije.



**Slika 6.** Granulirana složena mineralna gnojiva (gornji red: NPK 15-15-15, 6-18-36 i 10-30-20; donji red: NPK 7-20-30, 5-20-30, 0-20-30)

Složena gnojiva deklarirana kao EZ gnojiva moraju sadržavati minimalno 15-20 % aktivne tvari ( $N+P_2O_5+K_2O$ ) uz minimalno 2-5 % N, 3-5 %  $P_2O_5$  i 3-5 %  $K_2O$ , ovisno o vrsti i agregatnom stanju gnojiva (tablica 4).

**Tablica 4.** Minimalni sadržaj hraniva u složenim EZ gnojivima

Tip gnojiva	%N	% $P_2O_5$	% $K_2O$	$\Sigma$ %
Kruto NP gnojivo	3	5	-	18
Kruto NP gnojivo + urea*	5	5	-	18
Kruto NK gnojivo	3	-	5	18
Kruto NK gnojivo + urea*	5	-	5	18
Kruto i tekuće PK gnojivo	-	5	5	18
Kruto NPK gnojivo	3	5	5	20
Kruto NPK gnojivo + urea*	5	5	5	20
Tekuće (otop. ili susp.) NP	3	5	-	18
Tekuće (otopina) NK	3	-	5	15
Tekuće (suspenzija) NK	3	-	5	18
Tekuće (otopina) NPK	2	3	3	15
Tekuće (suspenzija) NPK	3	4	4	20

\*gnojiva s krotoniliden diureom, izobutiliden diureom ili ureaformaldehidom

### 2.7.1. Kompleksna gnojiva

Dvije osnovne polazne, a ujedno i najzastupljenije sirovine u proizvodnji kompleksnih gnojiva su sirovi fosfati i amonijak. Također, koriste se mineralne kiseline i drugi sirovi minerali osim fosfata, tako da su sirovine za proizvodnju kompleksnih gnojiva:

1. sirovi fosfati (fosforiti i apatiti)
2. amonijak (industrijski sintetiziran Haber-Boschovim postupkom)
3. sulfatna kiselina (proizvedena od elementarnog sumpora, pirita ( $\text{FeS}_2$ ) ili gipsa ( $\text{CaSO}_4$ ))
4. fosfatna kiselina (proizvedena razlaganjem sirovih fosfata sulfatnom kiselinom)
5. nitratna kiselina (proizvedena od amonijaka)
6. kalijeve soli (kalijev klorid i kalijev sulfat proizvedeni frakcijskom kristalizacijom prirodnih kalijevih minerala).

Sve procese proizvodnje kompleksnih gnojiva možemo svrstati u 4 grupe procesa:

1. proizvodnja AMOFOSA neutralizacijom amonijaka i različitih fosfatnih kiselina
2. proizvodnja NITROFOSA (AMONITROFOSA) razgradnjom sirovih fosfata
3. proizvodnja dvojnih PK gnojiva neutralizacijom kalijevog hidroksida i različitih fosfatnih kiselina
4. proizvodnja dvojnih NK gnojiva nitratnom kiselinom i kalijevim solima.

### 2.7.2. Kompleksna gnojiva iz grupe AMOFOSA

Gnojiva iz grupe AMOFOSA (**amonijak + fosfor**) proizvode se neutralizacijom amonijaka i fosfatnih kiselina. Postupku neutralizacije prethodi proizvodnja fosfatne kiseline razlaganjem prirodnih fosfata sulfatnom kiselinom te možemo reći da proizvodnja amofosa počinje razlaganjem sirovih fosfata sulfatnom kiselinom. Proces proizvodnje gnojiva odvija se u dva (dvojna NP) ili tri (trojna NPK) osnovna stupnja:

1. razlaganje sirovih fosfata sulfatnom kiselinom i proizvodnja fosfatne kiseline:  

$$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2 + 10\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 6\text{H}_3\text{PO}_4 + 10\text{CaSO}_4 + 2\text{HF}$$
2. neutralizacija fosfatne kiseline amonijakom za proizvodnju AMOFOSA:  

$$\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{NH}_3 \rightarrow \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$$
3. dodavanje kalijeve soli amofosu za proizvodnju trojnog gnojiva:  

$$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4 + \text{KCl} \rightarrow \text{NH}_4\text{Cl} + \text{KH}_2\text{PO}_4$$

Svojstva gnojiva iz grupe amofosa:

1. dušik je isključivo u amonijskom obliku (nema nitratnog dušika)
2. fosfat je u vodotopivom obliku
3. kalij je vodotopiv



4. moguće je proizvesti gnojiva s većim udjelom aktivne tvari nego postupkom proizvodnje amonitrofosfa.

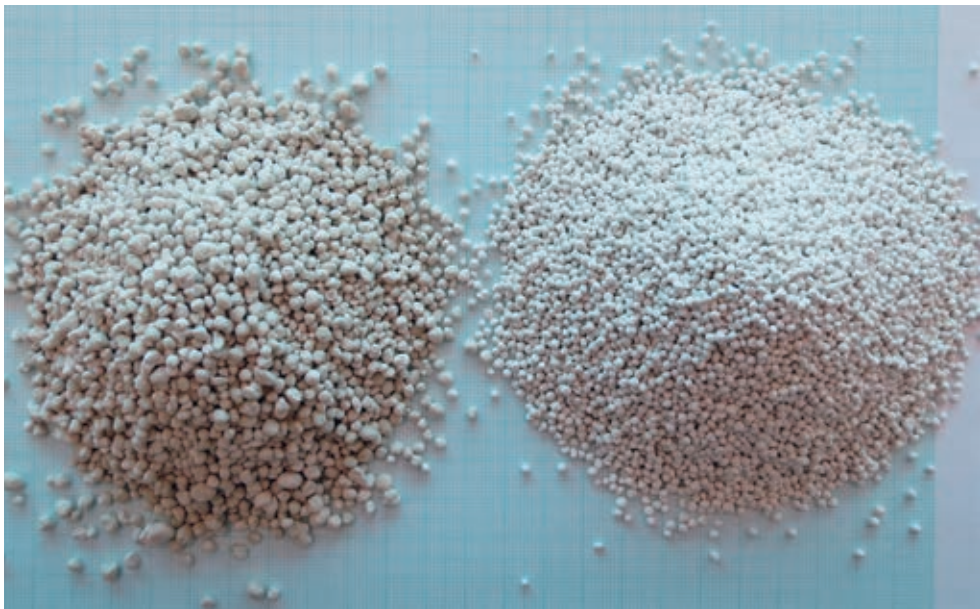
Dakle, neutralizacijom fosfatne kiseline amonijakom nastaje niz gnojiva iz grupe AMOFOSA. U prvom stupnju nastaju dvojna gnojiva MAP i DAP, a dodavanjem kalijeve soli nastaju trojna gnojiva različitih formulacija.

### **MAP - Monoamonijev fosfat – $NH_4H_2PO_4$**

Monoamonijev fosfat ili MAP je vodotopivo dvojno kompleksno bezbalastno NP gnojivo. Uglavnom se proizvodi i koristi u granuliranom obliku (slika 7), ali može se koristiti i u praškastom obliku. MAP je stabilno gnojivo dobrih fizikalnih svojstava. Kemijska stabilnost omogućuje uporabu bez praktične bojazni gubitka dušika skladištenjem ili nakon aplikacije.

Kemijski čisti MAP ima 12 % N i 52 %  $P_2O_5$  (formulacija 12-52-0). Svojstva MAP-a su:

1. visoka koncentracija aktivne tvari (ukupno 64 %)
2. zbog omjera hraniva 1:4,3:0 najpogodnije je za osnovnu gnojidbu, ali se koristi i u predstjetvenoj gnojidbi
3. fosfor je u vodotopivom obliku
4. međuprodukt je u proizvodnji trojnih NPK gnojiva različitih formulacija



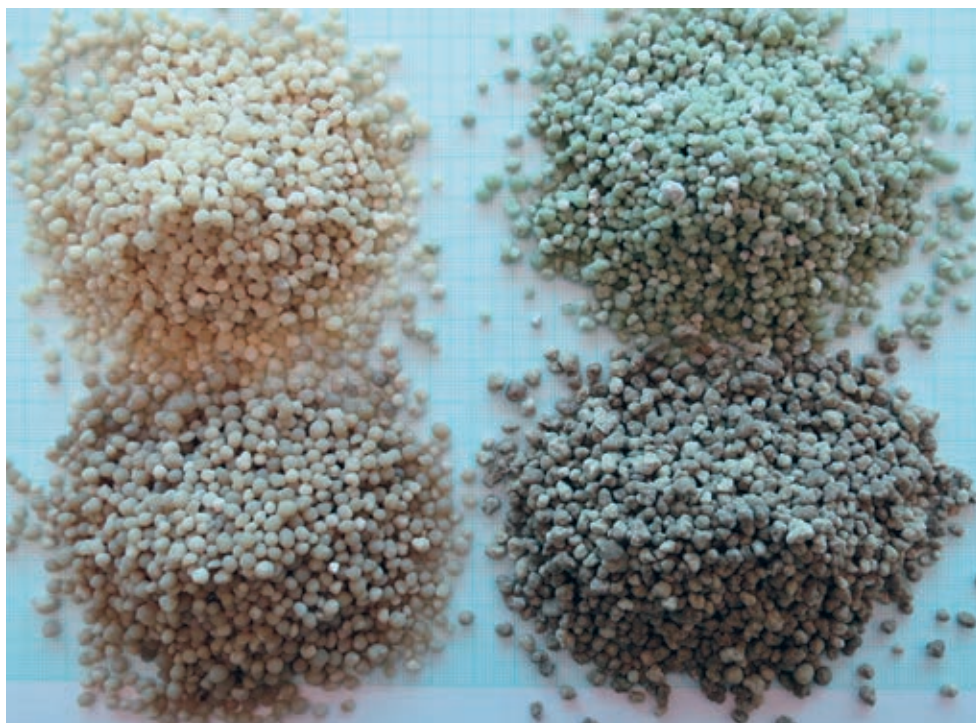
**Slika 7.** Granulirani MAP (Foto: Z. Lončarić)

### **DAP - Diamonijev fosfat – $(NH_4)_2HPO_4$**

Diamonijev fosfat ili DAP je dvojno kompleksno bezbalastno NP gnojivo. Proizvodi se i koristi u granuliranom obliku (slika 8). DAP je gnojivo dobrih fizikalnih svojstava, ali raspodjeljivanjem po površini tla bez odgovarajuće aplikacije postoji opasnost gubitka dijela dušika volatilacijom (posebice pri pH tla > 7).

DAP ima 16 % N i 48 %  $P_2O_5$  (formulacija 16-48-0). Svojstva DAP-a:

1. visoka koncentracija aktivne tvari (ukupno 64 %)
2. zbog omjera hraniva 1:3:0 pogodno je za osnovnu gnojidbu
3. fosfor je u citrotopivom obliku
4. međuprodukt je u proizvodnji trojnih NPK gnojiva
5. pogodniji je za uporabu na kiselim nego na neutralnim i alkalnim tlima (zbog topivosti fosfata i zbog mogućeg gubitka dušika).



**Slika 8.** Granulirani DAP iz Rusije, Turske, Litve i Španjolske (Foto: Z. Lončarić)

### **Amonij polifosfati**

Amonij polifosfati su polimeri ravnih lanaca dok metafosfati imaju cikličan oblik. Proizvode se neutralizacijom fosfatne kiseline anhidriranim amonijakom uz oduzimanje

vode, tj. reakcijom pirofosfatne i metafosfatne kiseline s amonijakom. Kruta gnojiva imaju dobra fizikalna svojstva, stabilna su i bez posebnih zahtjeva za skladištenje. Česta formulacija krutih polifosfata je 15-62-0, a mogu biti različitih formulacija:

1.  $(\text{NH}_4)_3\text{P}_3\text{N}_3\text{O}_6\text{H}_3$  27-60-0
2.  $(\text{NH}_2)_3\text{PO}$  43-74-0
3.  $\text{HNPO}(\text{OH})$  17-80-0

Amonij polifosfati se najčešće koriste za proizvodnju tekućih gnojiva koja predstavljaju smjesu ortofosfata, pirofosfata i polifosfata formulacije 10-34-0.

Polifosfati u tlu vrlo lako i brzo hidroliziraju te biljke lako usvajaju fosfor iz ovih gnojiva. Razdoblje razlaganja tekućih amonijevih polifosfata u tlu je 2-9 dana, a krutih 4-27 dana, ovisno o pH reakciji i prozračnosti tla.

### ***Trojna gnojiva iz grupe AMOFOSA***

Trojna NPK gnojiva iz grupe amofosa koriste se za osnovnu gnojidbu i predstjetvenu gnojidbu, sav dušik je u amonijskom obliku, a fosfor je vodotopiv.

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 (slika 6), dok je za predstjetvenu gnojidbu pogodna formulacija 15-15-15.

### **2.7.3. Kompleksna gnojiva iz grupe NITROFOSA (AMONITROFOSA)**

Gnojiva iz grupe NITROFOSA proizvode se izravnim razlaganjem sirovih fosfata nitratnom kiselinom. U razlaganju nastalu kiselu masu uvodi se amonijak te se ova grupa gnojiva naziva i amonijev nitrofos ili AMONITROFOS (**amonijak + nitrat + fosfor**). Zbog manjeg udjela fosfatne kiseline, fosfatna je komponenta manje topiva, tj. uglavnom je citrotopiva jer je u obliku hidrogenfosfat aniona ( $\text{HPO}_4^{2-}$ ). Tijekom proizvodnog procesa potrebno je zbog higroskopsnosti razložiti nastali kalcijev nitrat, pa postupak proizvodnje amonitrofosa uključuje 4 stupnja do proizvodnje trojnih gnojiva:

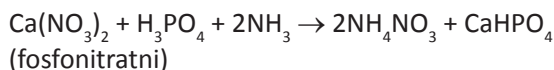
1. Razlaganje sirovih fosfata nitratnom kiselinom:  

$$\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6\text{F}_2 + 20\text{HNO}_3 \rightarrow 6\text{H}_3\text{PO}_4 + 10\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 2\text{HF}$$
2. Uvođenje amonijaka za proizvodnju AMONITROFOSA:  

$$2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + 4\text{NH}_3 \rightarrow 4\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{CaHPO}_4 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$$
3. Razgradnja  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$  uvođenjem u otopinu  $\text{CO}_2$  iz sinteze amonijaka:  

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{CO}_3 + 2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaCO}_3$$
 (karbonitratni postupak)  
 Karbonitratni postupak je najprikladniji zbog cijene, a skuplji su sulfonitratni i fosfonitratni postupci razgradnje  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ :  

$$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 + 2\text{NH}_3 \rightarrow 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + \text{CaSO}_4$$
 (sulfonitratni)



4. Dodavanje kalijeve soli amonitrofosu za proizvodnju trojnog gnojiva:



Svojstva gnojiva iz grupe amonitrofosu:

1. dušik je u amonijskom i nitratnom obliku
2. fosfat je djelomično ili potpuno u citrotopivom obliku
3. kalij je vodotopiv
4. proizvodni procesi pružaju uži raspon formulacija proizvedenih gnojiva te se udio aktivne tvari povećava dodavanjem fosfatne kiseline.

Gnojiva iz grupe amonitrofosu karakterizira nekoliko različitosti od amofosu koje utječu i na namjenu gnojiva iz ove grupe. Zbog prisutnosti dušika u oba oblika, amonijskom i nitratnom, amonitrofosu su pogodniji za startnu gnojidbu nego za osnovnu gnojidbu. Također, koriste se i u prihrani. Zbog manje topivosti fosfora koji je citrotopiv, pogodnija su gnojiva za kiselu tla, a manje pogodna za neutralna i alkalna tla.

Za predstjetvenu 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.

#### 2.7.4. Kompleksna dvojna PK gnojiva

Proizvodnja kompleksnih dvojnih PK gnojiva nije tako zastupljena kao proizvodnja amofosu i amonitrofosu. Gnojiva se proizvode neutralizacijom kalijevog hidroksida ortofosfatnom, pirofosfatnom ili metafosfatnom kiselinom:

1.  $\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{KOH} \rightarrow \text{K}_3\text{PO}_4 + 3\text{H}_2\text{O}$  (kalijev fosfat)
2.  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 4\text{KOH} \rightarrow \text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 4\text{H}_2\text{O}$  (kalijev pirofosfat)
3.  $\text{HPO}_3 + \text{KOH} \rightarrow \text{KPO}_3 + \text{H}_2\text{O}$  (kalijev metafosfat)

Kalijevi fosfati su odlična gnojiva zbog visokog sadržaja fosfata. Ovoj grupi gnojiva pripadaju kalijevi ortofosfati, pirofosfati i metafosfati. Koriste se najčešće u proizvodnji tekućih gnojiva za folijarnu aplikaciju. Prednosti su ovih gnojiva:

1. visok sadržaj aktivne tvari
2. nemaju klorida
3. nizak indeks zaslanjivanja i nizak indeks osmotskog tlaka otopine tla.

Formulacije kalijevih fosfata:

- |                            |                                  |                      |
|----------------------------|----------------------------------|----------------------|
| 1. monokalijev fosfat      | $\text{KH}_2\text{PO}_4$         | 0-52-35              |
| 2. dikalijev fosfat        | $\text{K}_2\text{HPO}_4$         | 0-40-54              |
| 3. tetrakalijev pirofosfat | $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ | 0-40-57              |
| 4. kalijev metafosfat      | $\text{KPO}_3$                   | 0-60-40 ili 0-57-35. |

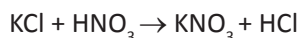
### 2.7.5. Kompleksna dvojna NK gnojiva

#### *Kalijev nitrat - $KNO_3$*

Kalijev nitrat je kompleksno dvojno NK gnojivo bez balasta ili punila. Bijele je boje, vrlo malo higroskopsko. U granuliranom obliku (slika 9) pogodno je za aplikaciju u tlo, a u kristaliziranom obliku za fertigaciju. U praškastom obliku se s kalijevim solima koristi za pripremanje miješanih gnojiva. Pogodno je za gnojivo za kaliofilne biljne vrste koje zahtijevaju dosta kalija (povrće, voće) i koje su osjetljive na kloridni anion.

Sadrži **14 % N** i **46,5 %  $K_2O$**  te je formulacije 14-0-46,5.

Prirodna nalazišta kalijevog nitrata (salitre) su vrlo oskudna, sadržavajući uglavnom natrijev nitrat s manjim udjelom kalijevog nitrata te klorida i sulfata. Prvo se iz otopine kristalizacijom odvaja natrijev nitrat, a hlađenje otopine na 5°C rezultira kristalizacijom kalijevog nitrata koji se odvaja centrifugiranjem. Industrijskim se postupkom kalijev nitrat proizvodi reakcijom kalijevog klorida i nitratne kiseline:



**Slika 9.** Granulirani kalijev nitrat (Foto: Z. Lončarić)

### 2.7.6. Miješana gnojiva

Miješana gnojiva nastaju mehaničkim miješanjem krutih pojedinačnih gnojiva u praškastom ili granuliranom obliku. Po agrokemijskim svojstvima i fertilizacijskom učinku takva se gnojiva ne razlikuju od kompleksnih i mogu se dobiti različite formulacije. Međutim, kompleksna gnojiva imaju značajno veću koncentraciju aktivne tvari što snižava troškove prijevoza, skladištenja i raspodjele.



Miješana gnojiva kao punilo obično sadrže veće količine kalcijevog karbonata koji povoljno djeluje na fizikalna svojstva tla i neutralizira dio suvišne kiselosti kiselih tala. Miješana gnojiva zadržavaju kemijska svojstva pojedinačnih gnojiva jer se u smjesama koriste gnojiva koja tijekom i nakon miješanja neće kemijski reagirati. Svakako ne smije doći do bilo kakvih promjena koje snižavaju kvalitetu miješanog gnojiva u usporedbi s početnim pojedinačnim gnojivima.

U proizvodnji miješanih gnojiva mogu se dodati mikroelementi, zaštitna sredstva, stimulatori rasta i druge komponente u količini koja je primjerena nekom tlu, biljci ili etapi razvitka.

Primjeri miješanih gnojiva (Finck, 1982.):

- |                                   |                     |
|-----------------------------------|---------------------|
| 1. urea + DAP (diamonijev fosfat) | 35-17-0             |
| 2. superfosfat + KCl              | 0-20-30 ili 0-15-20 |
| 3. superfosfat + $K_2SO_4$        | 0-14-22             |
| 4. Tomasov fosfat + KCl           | 0-10-20             |
| 5. Kalcinirani fosfat + KCl       | 0-15-22 ili 0-18-20 |
| 6. Meki kameni fosfat + KCl       | 0-15-25 ili 0-20-20 |

## 2.8. Pogodnost gnojiva za miješanje

Miješanje gnojiva (pojedinačnih gnojiva i/ili pojedinačnih i složenih gnojiva) ponekad je pogodno zbog optimizacije gnojidbe postizanjem određene formulacije (udio N-P-K), odnosa hraniva, smanjenog broja prohoda (istovremeno unošenje u tlo više gnojiva) ili dodavanja sekundarnog ili mikro hraniva. Međutim, određena se gnojiva mogu miješati bez negativnih posljedica, ali postoje tri osnovna razloga ili moguće posljedice miješanja gnojiva kada to ne treba činiti:

1. gubitak dušika
2. imobilizacija vodotopivih fosfata
3. pogoršanje fizikalnih svojstava gnojiva sljepljivanjem ili zgrudnjavanjem.

Gubitak dušika i imobilizacija vodotopivih fosfata posljedica su nepoželjnih kemijskih reakcija (uglavnom dekompozicije) nakon miješanja gnojiva, a s obzirom da se hraniva gube (dušik) ili se smanjuje pristupačnost hraniva (fosfor), takva miješanja nisu dozvoljena.

### 2.8.1. Gubitak dušika

Dušik se iz mineralnih gnojiva može izgubiti u obliku amonijaka ili nitroznih plinova:

1. gubitak kao plinoviti amonijak:
  - a. reakcijom amonijskih gnojiva s alkalnim komponentama (npr. aplikacija amonijevog sulfata ubrzo nakon kalcizacije)
  - b. dekompozicijom ureje pri vlažnim uvjetima uz povišenu temperaturu

- c. raspadanjem gnojiva s većim udjelom amonijskog dušika (npr. DAP-a do MAP-a ili amonijevog karbonata  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$  do amonijevog hidrogenkarbonata  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ )
2. gubitak kao nitrozni plinovi:
  - a. reakcija ureje s nitratima
  - b. reakcija amidnih ili amonijskih gnojiva s gnojivima koja sadrže kiseline (npr. amonijev nitrat i fosforna kiselina)

### 2.8.2. Imobilizacija vodotopivih fosfata

Vodotopivi fosfati (npr. tripleks ili MAP) ne bi trebali biti miješani s gnojivima ili kondicionerima alkalne reakcije koji sadrže kalcij jer se tada stvaraju sekundarni i tercijarni fosfati koji nisu vodotopivi. Uslijed toga relativno skupi vodotopivi fosfati gube svoju učinkovitost (topivost).

### 2.8.3. Sljepljivanje i zgrudnjavanje gnojiva

Pogoršanje fizikalnih svojstava posljedica je miješanja higroskopskih gnojiva uz hidrataciju gnojiva molekulama vode što rezultira sljepljivanjem ili zgrudnjavanjem i otežava ravnomjernu aplikaciju gnojiva. Takva se gnojiva samo iznimno mogu miješati, tj. samo tijekom suhog vremena i neposredno nakon raspodjeljivanja i aplikacije. Primjeri izrazi to higroskopskih gnojiva su norveška salitra ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ) i amonijev nitrat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ).

### 2.8.4. Antagonizam gnojiva

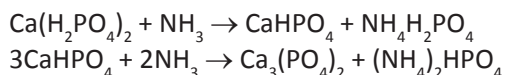
Pojave nepoželjnih kemijskih reakcija nakon miješanja gnojiva koje rezultiraju pogoršanjem kemijskih ili fizikalnih svojstava gnojiva nazivamo antagonizam gnojiva. Sve se mogu svrstati u 4 grupe kemijskih reakcija:

1. neutralizacija
2. dekompozicija
3. dvostruka dekompozicija
4. hidratacija.

Pri pojedinim reakcijama unutar navedenih grupa ne mora biti štetnih posljedica (samo kemijske promjene), ali one mogu značiti pad kvalitete novonastalih gnojiva zbog manje pristupačnosti hraniva ili sljepljivanja, dok u najnepogodnijim slučajevima rezultiraju i značajnim gubitcima hraniva, uglavnom dušika.

#### **Neutralizacija**

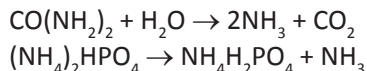
Primjer neutralizacije koja rezultira imobilizacijom fosfata (stvoreni su oblici manje topivosti):



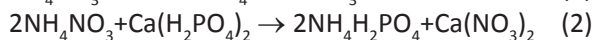
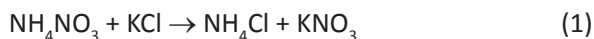


**Dekompozicija**

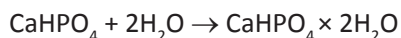
Primjer gubitka aktivne tvari kao posljedica dekompozicije:

**Dvostruka dekompozicija**

Primjeri kemijskih promjena bez štetnih posljedica (1), lošijih fizikalnih svojstava (2) i gubitka dušika u obliku nitroznih para (3):

**Hidratacija**

Primjer pogoršanih fizikalnih svojstava i sljepljivanja granula:



## 2. 9. Mikrognojiva

Mikroelementi (ili mikrohraniva) su esencijalni elementi koje biljka treba u relativno malim količinama jer ostvarenim biološkim prirodnom iz tla iznese nekoliko desetina ili stotina grama po hektaru, pri čemu 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, najčešće u količinama 1-2 kg/ha, a pri izraženim nedostacima 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.

Druga posebnost gnojidbe mikroelementima je gnojidba samo na tlima nedostatne raspoloživosti mikroelementa i to preventivno na temelju analizom utvrđene nedostatne raspoloživosti ili kurativno zbog utvrđenih nedostataka tijekom vegetacije, tj. pojave simptoma deficita.

U grupi mikroelemenata nalaze se Mn, Zn, Cu, Mo, Ni, Cl i B. Međutim, kao mikrognojiva se ne proizvode i ne apliciraju se gnojiva s klorom (prisutan kao anion u kalijevim solima, dostatno raspoloživ u tlima) niti s niklom (pojedini autori Ni niti ne svrstavaju u grupu esencijalnih elemenata). S druge strane, iako je Fe svrstano u grupu makroelemenata, gnojiva koja sadrže Fe svrstavaju se u grupu mikrognojiva. Također, Co je koristan element značajan za leguminoze zbog simbiozne fiksacije dušika pa se u grupu mikrognojiva ponekad ubrajaju i spojevi koji sadrže Co.

Mikroelementi su kemijski i fiziološki različitih svojstava i topivosti te se mogu ili uspješno aplicirati u tlo (npr. Zn i Cu) ili se ipak češće koriste folijarno (npr. Fe).

Zbog navedenih posebnosti, prvenstveno potrebnih količina i učinkovitosti ovisne o načinu aplikacije, mikrognojiva se koriste na sljedeće načine:

1. zajedno s kompleksnim mineralnim gnojivima
2. folijarnom aplikacijom mikrognojiva
3. tretiranjem sjemena
4. samostalnom aplikacijom mikrognojiva u tlo
5. kao dodatak ili smjesa s pesticidima.

Najčešća je aplikacija zajedno s kompleksnim mineralnim gnojivima gdje se kruta i tekuća gnojiva koriste kao „nosači“ mikrohraniva. Ova je metoda vrlo pogodna iz dva razloga:

1. osigurava ravnomjernu raspodjelu mikrohraniva po proizvodnoj površini korištenjem konvencionalnih rasipača (raspodjeljivača) za gnojiva
2. troškovi nisu povećani jer nije potrebna dodatna aplikacija mikrognojiva.

Mikrohraniva mogu biti različitim načinima dodana mineralnim gnojivima s primarnim hranivima:

1. suho miješanje negranuliranih gnojiva
2. suho miješanje granuliranih gnojiva
3. inkorporacija mikrohraniva u granulirana kompleksna gnojiva
4. prevlačenje ili oblaganje granula gnojiva mikrohranivima.

Suho miješanje, tj. priprema suhih smjesa najjednostavniji je način pripreme mineralnih gnojiva s mikrohranivima. Pri tome pod suhom smjesom negranuliranih gnojiva smatramo smjese materijala (čestica) koje su manje od 1 mm te u tom slučaju segregacija nije problem. Vrlo je pogodna za aplikaciju količine oko 1 kg/ha mikrohraniva, npr. Zn. Međutim, problem je što praškasti materijali teže zgrudnjavanju, a dodatak pojedinih mikrohraniva može intenzivirati taj proces (npr. dodatak cinkovog sulfata primarnim hranivima).

Suho miješanje granuliranih gnojiva podrazumijeva miješanje granuliranih komponenti promjera granula 1.0 do 3.3 mm. Segregacija može biti značajan problem ako su granule različitih dimenzija, a događa se i pri miješanju, skladištenju, nasipavanju i konačnom mehaničkom raspodjeljivanju. Drugi je problem postizanje potrebne distribucije mikrohraniva jer veće granule i veća koncentracija mikrohraniva znače da će manji broj granula u smjesi sadržavati mikrohraniva. Tako može biti da samo jedna granula na svakih 20, 30 ili 40 granula sadrži mikrohraniva, što znači da mikrohranivo vjerojatno neće dospjeti do korijena svake biljke.

Inkorporacija mikrohraniva u granulirana gnojiva nije tehnički zahtjevan postupak, ali je neekonomičan za male lotove mineralnih gnojiva. Međutim, ovakva se gnojiva proizvode za usjeve s većim potrebama za pojedino mikrohranivo (npr. dodatak bora u gnojiva za šećernu repu) ili za pojedina tla s utvrđenim nedostatkom mikrohraniva (npr. dodatak Cu u gnojivima u Danskoj ili dodatak Zn u gnojiva za karbonatna tla).

Prevlačenje ili oblaganje granula gnojiva mikrohranivima također je tehnički jednostavan postupak koji se provodi kada je u gnojivo potrebno dodati malu količinu mikrohraniva. Vrlo je dobro svojstvo što je svaka granula obložena mikro hranivom te je raspodjela vrlo ravnomjerna i jednostavna.

Ako se u ovakvim gnojivima deklarira i sadržaj mikrohraniva, navode se riječi „s mikrohranjivim tvarima” ili riječ „s” nakon koje slijedi ime i kemijski simbol prisutnog mikrohraniva, npr. NPK 5-15-30 s mikrohranivom borom (B) je gnojivo koje se proizvodi u Petrokemiji u Kutini i deklarira se kao gnojivo s mikrohranivom (0,5 % B<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Za folijarnu aplikaciju mikrognjojiva, tretiranjem sjemena, samostalnu aplikaciju mikrognjojiva u tlo ili kao dodatak u smjesi s pesticidima koriste se pojedinačna mikrognjojiva koja se proizvode i koriste u dva osnovna oblika različitih topivosti:

1. mineralne soli
2. kelatni kompleks.

Mineralne soli mikroelemenata u anionskom obliku (B, Mo) najčešće su u obliku natrijevih soli, dok su najčešće mineralne soli mikroelemenata u kationskom obliku (Fe, Zn, Cu, Mn) sulfati, oksidi i karbonati.

Kelatirani oblici su organometalni kompleksi u kojima je metalni kation višestruko vezan, tj. okružen organskom molekulom (ligand). Organometalni kelati se koriste da bi spriječili fiksaciju metalnog kationa u tlu, ali i olakšali usvajanje mikrohraniva listom ili korijenom jer biljka može usvojiti metalni kelat kao kompleksnu molekulu. Dakle, kelatni ligand treba biti dovoljno stabilan da u tlu spriječi fiksaciju metalnog kationa, ali treba biti i razgradiv u biljci kako bi „otпустиo” metalni kation nakon usvajanja. Najčešći kelirajući agensi su natrijeva, kalijeve ili amonijeve soli:

1. etilendiamintetraoctene kiseline (EDTA)
2. dietilentriaminpentaoctene kiseline (DTPA)
3. etilendiamindihidroksifeniloctene kiseline (EDDHA)
4. 2-hidroksietilendiamintrioctene kiseline (HEEDTA).

### 2.9.1. Mikrognjojiva željeza (Fe gnojiva)

Kao mikrognjojiva željeza najčešće se koriste vodotopive soli ili kelati u količini od 2-3 do 5 kg/ha. Fe gnojiva se predominantno koriste kao otopina za folijarnu aplikaciju (0,1-0,2 % otopina). Primjeri mikrognjojiva željeza različitih svojstava su:

1. željezo sulfat
2. željezo kelati
3. željezo oksalat.

Željezo sulfat ( $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  s 20 % Fe) jednostavno je vodotopivo gnojivo, koristi se za folijarnu aplikaciju, ali je danas manjeg značaja od kelatnih oblika željeza.

Kelati željeza (Fe-kelati u obliku Na soli EDTA, 5-9 % Fe) su najznačajnija mikrognojiva željeza i koriste se uglavnom za folijarnu aplikaciju (npr. gnojivo Sequestren sa 6 % Fe), a za primjenu u tlo je vrlo značajna vrsta kelirajućeg agensa. Tako je za kiselu tlu najpogodniji Fe-EDTA, a za karbonatna tla Fe-EDDHA.

Željezo oksalat ( $\text{Fe}(\text{COO})_2$  s oko 22 % Fe) je gnojivo netopivo ili djelomično topivo u vodi te služi kao nadopuna rezervi Fe u tlu ili kao sporodjelujuće folijarno gnojivo.

Biljke prinosom iznose nekoliko kg/ha Fe, ali je rezerva Fe u tlu ogromna pa zadatak fertilizacije nije nadoknada iznesenog Fe već osiguravanje dovoljnih količina biljci raspoloživih oblika Fe.

### 2.9.2. Mikrognojiva mangana (Mn gnojiva)

Mikrognojiva mangana vrlo su sličnih karakteristika gnojivima željeza jer se najčešće koriste vodotopive soli ili kelati, uobičajeno u količinama 0,3-0,5 kg/ha Mn, ponekad do 1 kg/ha, a u slučajevima velikih nedostataka u tlo se aplicira čak 10-30 kg Mn/ha. Međutim, nadoknada Mn iznesenog prinosom (0,3-1 kg/ha) nije primarni zadatak gnojidbe zbog značajnih rezervi u tlu, već je značajnije osigurati dostatnu količinu raspoloživog mangana. Tako aplikacija Mn u tlo alkalne pH reakcije može rezultirati vrlo brzom fiksacijom Mn i stoga neučinkovitom gnojidbom. Najznačajnija mikrognojiva mangana su:

1. manganovi sulfati
2. manganovi kelati
3. manganovi oksidi.

Manganovi sulfati su najpoznatije vodotopivo manganovo gnojivo ( $\text{MnSO}_4 \times 4\text{H}_2\text{O}$  s 24 % Mn i  $\text{MnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  s 32 % Mn) pogodno za folijarnu aplikaciju. Koristi se u koncentraciji 0,5 % u hortikulturnoj proizvodnji do 2 % u folijarnoj gnojidbi žitarica.

Kelati mangana (npr. Mn-EDTA s 13 % Mn) imaju sve veću ulogu u folijarnoj aplikaciji, ali i u unošenju Mn u tlo.

Manganovi oksidi ( $\text{MnO}$  s 48 % Mn,  $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}_2$ ) netopivi su u vodi i biljka ih može koristiti tek nakon mobilizacije, tj. redukcije u kiselim uvjetima. Stoga manganovi oksidi služe za nadopunu rezervi mangana u tlu, a kao sporodjelujuća folijarna gnojiva samo nakon odgovarajuće obrade oksida.

### 2.9.3. Mikrognojiva cinka (Zn gnojiva)

Mikrognojiva cinka koriste se na način vrlo sličan Fe i Mn, bez velike brige o ukupnoj bilanci Zn jer je pozornost prvenstveno na dostatnosti raspoloživih oblika u tlu. Biljke prinosom iznose prosječno 100-400 g/ha Zn koji se i koristi folijarno u navedenim količinama. Iznimno, uslijed velikih nedostataka u tlu, može se aplicirati 10-20 kg/ha. Najznačajnija mikrognojiva cinka su:

1. cinkovi sulfati
2. cinkovi kelati
3. cinkov oksid.

Cinkovi sulfati su najjednostavnija vodotopiva cinkova gnojiva ( $\text{ZnSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  s 23 % Zn,  $\text{ZnSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  s 36 % Zn i alkalni cinkov sulfat  $\text{ZnSO}_4 \times 4\text{Zn}(\text{OH})_2$  s 55 % Zn) pogodna za folijarnu aplikaciju. Koriste se u koncentraciji 0,2 % u hortikulturnoj proizvodnji do 0,5 % u folijarnoj gnojidbi žitarica. Međutim, cinkov sulfat vrlo lako izaziva kloroze te je za folijarnu aplikaciju primjereniji alkalni cinkov sulfat, a cinkov sulfat se vrlo često dodaje kao dodatak mineralnim gnojivima s primarnim hranivima.

Kelati cinka (npr. Zn-EDTA s 14 % Zn) prikladniji su za folijarnu aplikaciju nego cinkov sulfat, ali su i manje učinkoviti u pogledu biofortifikacije, tj. povećanja akumulacije Zn u zrnu.

Cinkov oksid ( $\text{ZnO}$  sa 70 % Zn) netopiv je u vodi i služi za nadopunu rezervi cinka u tlu ili kao sporodjelujuće folijarno gnojivo.

### 2.9.4. Mikrognojiva bakra (Cu gnojiva)

Kao mikrognojiva bakra koriste se vodotopive i netopive soli bakra, a najstarije Cu gnojivo je bakrov sulfat. Najznačajnija mikrognojiva bakra su:

1. bakrovi sulfati (modra galica)
2. alkalni bakrov klorid (zeleni bakar)
3. bakrovi kelati
4. bakrovi oksidi.

Biljke prinosom iznose male količine, svega 30-100 g/ha Cu, tako da bilanca nije značajna u pogledu nadoknade iznesenih količina, ali je značajna u pogledu prekomjernih toksičnih unosa u tlu. Kao i kod prethodnih mikroelemenata, značajnija je raspoloživost Cu u tlu. Nedostatak Cu u tlu intenziviran je visokim pH vrijednostima i sušnim uvjetima.

Bakrov sulfat ( $\text{CuSO}_4 \times 5\text{H}_2\text{O}$ , modra galica s 25 % Cu i  $\text{CuSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  s 36 % Cu) dodan u tlo djeluje vrlo brzo, ali je problem ravnomjerna aplikacija jer je potreban u vrlo malim količinama pa se koristi kao dodatak u proizvodnji osnovnih mineralnih gnojiva. Bakrov sulfat se može koristiti i kao folijarno gnojivo, ali lako izaziva klorotične

promjene te je za folijarnu primjenu (0,1–0,3 %) povoljniji „zeleni bakar“ ( $\text{Cu}_2\text{Cl}(\text{OH})_3$  s 48 % Cu) ili kelatni bakar.

Bakrov oksid (CuO sa 71 % Cu) je netopiva sol koja se koristi za dodatak Cu u tlo ili kao sporodjelujuće folijarno gnojivo uz odgovarajuće aditive.

Folijarnom se aplikacijom godišnje dodaje 30-100 g/ha Cu, a u tlo u količinama oko 5 kg/ha ili do 10 kg/ha u slučajevima jakog nedostatka Cu.

### 2.9.5. Mikrognojiva bora (B gnojiva)

Nedostatak bora, kao i nedostatak ostalih mikroelmenata u tlu, predominantno je posljedica neraspodivnosti postojećih količina u tlu. Tako se deficit bora javlja uslijed suše, na laganim pjeskovitim i kalciziranim tlima s visokom pH reakcijom, a deficitu pridonose i suvišak K i Ca. Također, biljke godišnje iznose male količine bora, ali su razlike između pojedinih usjeva značajne. Tako biljke s većim potrebama (šećerna repa, cvjetača, uljana repica, celer, koloraba, leguminoze) godišnje iznose do 500 g/ha B, dok biljke s malim potrebama (žitarice i trave) iznose oko 50 g/ha. Posljedica ovih razlika je i problem optimalne gnojidbe različitih usjeva u plodoredu te je generalno pogodnija folijarna aplikacija bora.

Borna gnojiva se vrlo često koriste u uzgoju šećerne repe aplikacijom 2-4 kg/ha B u tlo ili folijarnom aplikacijom 1-2 puta u količini 0,5-1,0 kg/ha B. U folijarnoj aplikaciji koriste se otopine koncentracija 0,5-1,0 %, a za unošenje u tlo najčešće se koriste kompleksna gnojiva s dodatkom bora.

Najznačajnija su borna gnojiva:

1.  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \times 10\text{H}_2\text{O}$  (boraks = Na-tetraborat s 11 % B)
2.  $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$  (anhidrirani boraks s 22 % B)
3.  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (borna kiselina s 18 % B)
4.  $\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \times 4\text{H}_2\text{O}$  (solubor, poliborat, borsol s 21 % B)
5.  $\text{Ca}_2\text{B}_6\text{O}_{11} \times 5\text{H}_2\text{O}$  (kolemanit s 9 - 14 % B, netopiv u vodi)

Vodotopiva borna gnojiva koriste se i kao dodatak osnovnim kompleksnim gnojivima i za pripremu otopina za folijarnu aplikaciju. S druge strane, gnojiva netopiva i slabije topiva u vodi koriste se za aplikaciju u tlo s produžnim djelovanjem uz dobro svojstvo da nemaju potencijalnu toksičnost za usjeve s malim potrebama, ali i loše svojstvo slabog početnog učinka.

### 2.9.6. Mikrognojiva molibdena (Mo gnojiva)

Mikrognojiva molibdena potrebna su u vrlo malim količinama, a posebice na tlima s nedostatkom Mo (kisela tla bogata željezom). Najpoznatija su Mo gnojiva:





1. natrijev molibdat  $\text{Na}_2\text{MoO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$  (40 % Mo)
2. amonijev molibdat  $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \times 4\text{H}_2\text{O}$  (54 % Mo)
3. molibdenov trioksid  $\text{MoO}_3$  (66 % Mo)
4. kalcijev molibdat  $\text{CaMoO}_4$  (sol netopiva u vodi s 48 % Mo)

Vodotopivi natrijev i amonijev molibdat najznačajnija su mikrognojiva molibdena jer sadrže molibden u pristupačnom obliku. Pogodna su za aplikaciju u tlo, folijarnu aplikaciju i za tretiranje sjemena.

Gnojiva netopiva u vodi (oksidi i kalcijev molibdat) koriste se za sporodjelujuću gnojidbu s produžnim učinkom.

Mikrognojiva molibdena rijetko se koriste sama, uglavnom se dodaju konvencionalnim gnojivima radi pravilnije raspodjele jer su potrebna u vrlo malim količinama.

Biljke prinosom iznose male količine molibdena, 5-20 g/ha, te gnojidba također nije fokusirana na bilancu već na raspoloživost molibdena. Količina Mo u gnojidbi je 0,5 kg/ha ili 1,0 kg/ha u slučaju intenzivnog deficita molibdena.



Krunoslav Karalić

### 3. KONDICIONERI (POBOLJŠIVAČI) TALA



Popravljanje ili kondicioniranje tala pretpostavlja mjeru (kalcizacija, humizacija, meliorativna obrada tla) otklanjanja limitirajućeg učinka određenog činitelja plodnosti. Pri tome, kondicioneri tla su organske i anorganske prirodne tvari ili sintetički proizvodi koji se primjenjuju za popravak strukture, toplinskih svojstava, sorptivnih svojstava, izmjenjivačkog kapaciteta tla, reakcije tla i povećanja sposobnosti retencije vode. Prema Zakonu o gnojivima i poboljšivačima tla (NN 163/03, NN 40/07) kondicioneri, odnosno poboljšivači tla su tvari dodane u tlo s osnovnom namjenom poboljšavanja fizikalnih i kemijskih svojstava te biološke aktivnosti tla. Kondicioneri se prema učinku u tlu mogu razvrstati na različite grupe materijala koji prvenstveno djeluju na:

1. promjenu kemijskih svojstava tla (pH vrijednost, oblici i raspoloživost hraniva)
2. promjenu fizikalnih svojstava (struktura tla, vodni kapacitet tla, infiltracija)
3. promjenu fizikalno-kemijskih svojstava.

Najraširenija je primjena sredstava za kalcizaciju, tj. za neutralizaciju suvišne kiselosti tla. Njihova je primjena značajna i u ratarskoj proizvodnji, posebice u proizvodnim sustavima koji uključuju uzgoj leguminoza i šećerne repe. Ostali se kondicioneri više koriste u vrlo intenzivnoj i profitabilnoj proizvodnji, stoga su češći u hortikulturnoj (povrće, cvijeće, podizanje trajnih nasada) nego u ratarskoj proizvodnji.

Kondicioneri s učinkom na pH reakciju tla:

1. aluminijev sulfat
2. drveni pepeo

3. kalcijev karbonat (lapor, mljeveni vapnenac, fosfatna kreda)
4. magnezijev kalcijev karbonat (magnezijeva kreda, mljeveni magnezij, vapnenac)
5. industrijsko vapno dobiveno u proizvodnji šećera
6. magnezijev hidroksid
7. zemljišni sumpor
8. željezo sulfat

Kondicioneri s učinkom na raspoloživost hraniva u tlu:

1. glaukonit
2. gips (kalcijev sulfat)
3. kiserit (magnezijev sulfat)

Kondicioneri s učinkom na fizikalna svojstva tla:

1. perlit
2. vermikulit
3. vodeni zemljišni kristali
4. malčevi
5. hortikulturni pijesak
6. treset

Kondicioneri (ili gnojiva) s učinkom na fizikalno-kemijska svojstva tla:

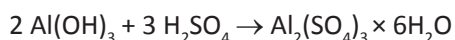
1. komposti
2. zeoliti

## 3.1. Kondicioneri s učinkom na kemijska svojstva tla

### 3.1.1. Kondicioneri s učinkom na promjene pH vrijednosti tla

#### *Aluminijev sulfat*

Aluminijeva sol sulfatne kiseline javlja se u obliku bijelog praha ili granula različite veličine bez mirisa. Aluminijev sulfat kristalizira se iz vodenih otopina i topiv je u vodi. Koristi se za zakiseljavanje alkalnih tala odnosno za neutralizaciju suviše alkalnosti tala. Proizvodi se dodavanjem aluminijevog hidroksida ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) sulfatnoj kiselini ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) prema sljedećoj reakciji:



Aplikacijom u tlo aluminijev sulfat hidrolizira na aluminijev hidroksid ( $\text{Al}(\text{OH})_3$ ) u obliku taloga i razrijeđenu otopinu sulfatne kiseline ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) te prema opisanoj reakciji utječe na snižavanje pH vrijednosti tla. Pri tome aluminijev kation ( $\text{Al}^{3+}$ ) i sulfatni ani-

on ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) utječu na zakiseljavanje tla. Nadalje, u industriji se koristi kao flokulant za pročišćavanje otpadnih voda, u kožarstvu, u proizvodnji papira, te u prehrambenoj i tekstilnoj industriji (Filipović i Lipanović, 1995).

### **Drveni pepeo**

Pepeo drveta potencijalno je vrlo koristan industrijski ili šumarski organski ostatak, a s aspekta poljoprivrede može se svrstati čak i u gnojiva jer sadrži dva glavna hranjiva elementa (P i K), sekundarne makroelemente (Ca i Mg) te pojedine mikroelemente (Cu, Zn...). Pepeo značajno utječe i na kemijska svojstva tla te se može svrstati i u poboljšivače ili kondicionere tla.

Uporaba pepela ima tri osnovna aspekta:

1. promjena pH reakcije
2. fertilizacijski učinak
3. ekološki učinak.

Smije se koristiti isključivo na kiselim tlima jer je alkalne reakcije i njegovom primjenom dolazi do porasta pH vrijednosti tla. Ipak, nije uobičajeno neutralizaciju kiselosti provoditi aplikacijom pepela u tlo, već se dominantno koriste materijali kao što je mljeveni vapnenac ili dolomit, hidratizirano vapno i karbokalk. Pepeo u odnosu na vapnenac djeluje brže i neutralizira po prilici upola manje kiselosti tla nego vapnenac. U skandinavskim zemljama, SAD-u i Kanadi generalno je pravilo ne aplicirati više od 1-1,5 t/ha svake 2-3 godine uz obaveznu kontrolu pH reakcije tla. Na izuzetno kiselim tlima preporuke jednokratne aplikacije pepela mogu biti i do 5 t/ha.

Pepeo ima i fertilizacijski učinak zbog hraniva sadržanih u pepelu. Neovisno o vrsti drveta, ne sadrži N, malo je P (prosječno 1-2 %, maksimalno 4-7 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), a značajne su količine K (prosječno 7-12 %  $\text{K}_2\text{O}$ ), stoga pepeo kao gnojivo ima oznaku formulacije 0-1-8 do 0-7-12. Posebno je pogodna fertilizacijska uporaba pepela na kiselim tlima siromašnim kalijem i za kaliofilne biljne vrste. Ne smije biti glavni izvor K za gnojidbu jer su količine K kojima treba gnojiti često 200-300 kg/ha  $\text{K}_2\text{O}$  godišnje, a za to bi trebalo 2,5-3,5 t/ha pepela što je više od optimalne količine s aspekta učinka na pH tla (1-1,5 t/ha svake 2-3 godine). U pepelu se nalaze i značajne količine sekundarnih hranjivih elemenata Ca (26-40 % CaO) i Mg (3-5 % MgO) što ga čini povoljnim poboljšivačem za kiselija tla i za drvenaste nasade jer drvenaste kulture iznose i zahtijevaju velike količine Ca. Nadalje, pepeo može sadržavati značajne količine Zn i Cu koji su biljkama esencijalni, ali su to teški metali koji stoga mogu predstavljati i ekološki problem.

S ekološkog aspekta primjene pepela dva su osnovna problema:

1. ostatci pesticida
2. teški metali.

Aplikacijom pepela kemijski tretiranog drveta može se značajno povećati koncentracija PAH-a (policiklički aromatski ugljikovodici) ili PCB-a (poliklorirani bifeniolni spojevi). Potencijalno štetne tvari su i teški metali koji su usko vezani s ishranom bilja i fertlizacijom jer su pojedini teški metali neophodni za biljke, a u tlu mogu biti u toksičnim koncentracijama (Zn, Cu, Mo, Ni). Posebno su značajne koncentracije kadmija (Cd), kroma (Cr), žive (Hg), olova (Pb), bakra (Cu) i cinka (Zn).

Primjena pepela drveta radi popravljivanja svojstava tla i gnojidbe moguća je uz ispunjavanje sljedećih preduvjeta:

1. kiselo tlo čiji pH treba približiti slabokiseloj ili neutralnoj reakciji
2. tlo siromašno kalijem
3. pepeo ne smije sadržavati previsoke koncentracije ostataka pesticida ili teških metala
4. obavezna kontrola promjene pH reakcije tla i koncentracije teških metala.

Uporaba pepela prvenstveno je prisutna u šumskim ekosustavima jer osigurava povratak kalcija u tlo i neutralizira kiselost tla, zatim na livadama, a u hortikulturi za pripremu gredica za cvijeće, za vrtove s povrćem i za drvenaste biljke. Poseban su aspekt alternativni oblici poljoprivrede kao ekološka (organska) poljoprivreda gdje se pepeo može koristiti za proizvodnju vlastitih miješanih gnojiva kao komponenta kojom se osigurava kalij, a često se koristi zbog neutralizacije kiselosti i dodatka kalija masi za kompostiranje (Lončarić, 2012.).

#### ***Kalcijev karbonat (i vapnenac, dolomit, lapor, gašeno i živo vapno, karbokalk)***

Mineral kalcit ( $\text{CaCO}_3$ ) u prirodi je vrlo raširen u različitim oblicima vapnenca, mramora i krede (Filipović i Lipanović, 1995). Osnovna primjena u poljoprivredi je neutralizacija suviše kiselosti tla kalcizacijom, a djeluje i kao poboljšivač strukture tla. Za kalcizaciju se općenito mogu koristiti svi materijali alkalne reakcije koji sadrže kalcijeve i/ili magnezijeve ione. Sirovine za dobivanje kalcizacijskih materijala su mekani i tvrdi vapnenac, dolomit i lapor, koji se usitnjavaju mljevanjem. Termičkom obradom vapnenih materijala postupkom kalcinacije odnosno pečenja na temperaturi do 1300 °C dobiva se hidratizirano i živo vapno. Isto tako, kao materijali za kalcizaciju mogu se koristiti i različiti otpadni muljevi, poput saturacijskog mulja koji se dobiva kao nusprodukt prerade šećerne repe. Prema kemijskim svojstvima sredstva za kalcizaciju su karbonati, oksidi ili hidroksidi kalcija i/ili magnezija.

Kemijska kakvoća vapnenih materijala izražava se kalcij karbonat ekvivalentom (CCE) koji je pokazatelj čistoće materijala za kalcizaciju s aspekta udjela kalcija i magnezija. Nadalje, pokazatelj fizikalne kakvoće materijala za kalcizaciju je efektivna neutralizacijska vrijednost (ENV) koju pored kemijskog sastava i čistoće čini i granulacija, tj. udio čestica određenih dimenzija. Fizikalna svojstva u najvećoj mjeri utječu na brzinu aktivaci-

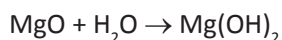
je u tlu, pri čemu je veličina čestica jedan od glavnih elemenata. Čestice sitnije od 0,425 mm su deset puta djelotvornije od čestica iznad promjera 0,850 mm (Karalić, 2009).

Između vapnenca (kalcijev karbonat) i dolomita (kalcij magnezij karbonat) postoji čitav niz različitih mješavina s različitim udjelom kalcija i magnezija. Meki i tvrdi vapnenac, hidratizirano vapno i saturacijski mulj brzo djeluju u pravcu korekcije suviše kiselosti tla. Dolomit u usporedbi s ostalim materijalima na kiselost tla djeluje nešto slabije. Prema učinkovitosti promjene kemijskih svojstava tla meki i tvrdi vapnenac, dolomit, hidratizirano vapno i saturacijski mulj rezultiraju malim razlikama u djelovanju. Živo vapno i gašeno vapno djeluju izuzetno brzo i smiju se koristiti samo na tlima gdje je potrebno ubrzati promjenu pH reakcije, tj. na hladnim i vlažnim tlima. Karbokalk ili saturacijski mulj nusprodukt je pri proizvodnji šećera, a pogodan je za kalcizaciju jer sadrži i dosta organske tvari te male količine fosfora, kalija i mikroelemenata.

Na temelju Pravilnika o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/01, NN 10/07) u ekološkoj je poljoprivredi dopuštena upotreba kalcijevog karbonata prirodnog podrijetla (kreda, lapor, vapneno brašno).

### ***Magnezijev hidroksid***

Magnezijev hidroksid je anorganski spoj molekulske formule  $Mg(OH)_2$ . To je bijela krutina slabo topiva u vodi. Vodena otopina je alkalna. Magnezijev hidroksid dolazi u prirodi kao mineral brucit i otapa se u kiselinama dajući magnezijeve soli (Filipović i Lipanović, 1995). Kemijskim putem dobiva se iz reakcije magnezijevog oksida s vodom:



Magnezijev hidroksid može se koristiti kao izvor magnezija u tlu te za neutralizaciju suviše kiselosti tla.

Vodena suspenzija (magnezijevo mlijeko) upotrebljava se u medicini kao antacid te u industriji kao sredstvo za neutralizaciju slabih kiselina, a koristi se i u slučaju trovanja kiselinama.

Radi deklariranja magnezijevog hidroksida kao anorganskog gnojiva sa sekundarnim hranjivim tvarima, sukladno Uredbi (EZ) br. 2003/2003, mora sadržavati minimalno 60 % MgO, a finoća usitnjavanja mora biti takva da 99 % materijala prolazi kroz otvore sita širine 0,063 mm.

### ***Zemljišni sumpor***

U svom prirodnom obliku sumpor je široko rasprostranjena žuta krutina u obliku kristala. Pojavuje se u velikim količinama kao slobodan element ili kao sulfidni i sulfatni mineral (Filipović i Lipanović, 1995). Tijekom razgradnje minerala sumpor se osloba-

đa i oksidira. Oksidaciju obavljaju sumporne bakterije od kojih su najznačajnije *Thiobacillus spp.* Sumpor je esencijalan element za život i sastavnica je aminokiselina. Sastavni je dio proteina brojnih enzima koji reguliraju fotosintezu i fiksaciju dušika. Elementarni sumpor se u tlu sporo razgrađuje i postupno oslobađa te nije podložan gubitcima ispiranjem.

Sumpor se koristi na alkalnim tlima za snižavanje pH vrijednosti tla te tako povećava pristupačnost drugih biljnih hraniva. Primijenjene količine ovise o rezultatima analize tla, odnosno o razini utvrđene prekomjerne alkalnosti tla. Sumpor se također koristi na tlima s visokim sadržajem natrija, pri čemu sumpor oksidira i veže se s natrijem te tako omogućava ispiranje natrija u dublje slojeve tla. Aplikacija sumpora može djelovati toksično na biljke te se koristi do 50 g/m<sup>2</sup> i to najkasnije 8 tjedana prije sjetve ili sadnje.

Prema Pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/01, NN 10/07) u ekološkoj je poljoprivredi dopuštena upotreba elementarnog sumpora uz prethodno odobrenje nadzorne stanice ili nadzornog tijela. Da bi elementarni sumpor mogao biti deklariran kao anorgansko gnojivo sa sekundarnim hranjivim tvarima, sukladno Uredbi (EZ) br. 2003/2003 mora sadržavati minimalno 98 % S.

### **Željezov sulfat**

Željezov sulfat heptahidrat je sitna kristalna anorganska sol, svjetlo zelene boje, kemijske formule  $\text{FeSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ . Sadrži 20 % Fe i 11,5 % S. Dobiva se u obliku svijetlozelenih monoklinih prizmi otapanjem željeza u razrijeđenoj sulfatnoj kiselini (Filipović i Lipanović, 1995). Najvažnija je tehnička sol željeza i služi za dobivanje drugih spojeva željeza. Željezo (II) sulfat heptahidrat (zelena galica) je sol topiva u vodi, a na zraku je nestabilna. U zelenoj galici svaki ion željeza okružen je sa šest molekula vode koje se nalaze na vrhovima oktaedra. Sedma molekula vode je kristalizacijska voda smještena blizu sulfatnog aniona (Zumdaht, 2009).

Željezni sulfat upotrebljavamo za uklanjanje željezne kloroze uslijed nedostatka raspoloživog željeza u tlu, tj. u slučaju pojave interkostalne kloroze ili žućenja lista. Koristi se i kao umjereno sredstvo za zakiseljavanje karbonatnih i neutralnih tala. U industriji služi za dobivanje drugih spojeva željeza, za proizvodnju tinte i boja, za dezinfekciju i dezodorizaciju, za konzerviranje drveta. Ovaj spoj vrlo često predstavlja industrijski otpad i može biti uzrok ekološkog opterećenja okoliša.

### **3.1.2. Kondicioneri s učinkom na promjenu raspoloživosti i/ili sadržaja hraniva u tlu**

#### **Glaukonit**

Glaukonit je mineral karakteristične zelene boje, željezo kalij filosilikat, vrlo niske otpornosti na raspadanje te predstavlja vrlo trošan mineral. Građen je iz slojeva



montmorilonita koji imaju sposobnost ekspanzije odnosno bubrenja i razmicanja, te od neekspandirajućih slojeva. Udio ekspandirajućih slojeva može biti više od 50 %, ali se uobičajeno javljaju tipovi glaukonita s manje od 10 % slojeva koji se razmiču. Varijacije u udjelu ekspandirajućih slojeva objašnjavaju razlike u svojstvima glaukonita, uključujući i kemijski sastav (osobito sadržaj kalija), toplinska svojstva, kapacitet zamjene kationa, boje, indeks loma svjetlosti i specifičnu težinu.

Prema tome, glaukonit predstavlja prirodni sekundarni mineral prožet Fe-K-silikatima i sadrži 6-7 % K, ali i 30-ak drugih različitih elemenata. Koristi se kao kondicioner sa sporodjelujućim gnojidbenim učinkom kalija. Raspadanjem glaukonita i gubitkom kalija mogu se tvoriti montmoriloniti ili vermikuliti uz otpuštanje ili oksidaciju strukturnog željeza.

### **Kalcijev sulfat**

Kalcijev sulfat je vrlo mekan sulfatni mineral koji se u prirodi javlja u nekoliko oblika. Bezvodni  $\text{CaSO}_4$  dolazi kao mineral anhidrit, a dihidrat ( $\text{CaSO}_4 \times 2\text{H}_2\text{O}$ ) kao gips ili sadra te je prema kemijskom sastavu sačinjen od kalcijevog sulfata i vode (Filipović i Lipanović, 1995). U prirodnim uvjetima nastaje kristalizacijom iz morske vode, zajedno s drugim sulfatima i kloridima. Gips je čest mineral, s evaporacijskim ležištima u sedimentnim stijenama, pri čemu se depoziti pojavljuju u slojevima. Čisti gips je bijele boje, dok različite primjese mogu rezultirati drukčijim obojenjima. Gips je umjereno topiv u vodi i za razliku od većine drugih soli, pokazuje retrogradnu topljivost odnosno postaje manje topiv pri višim temperaturama.

Predstavlja sulfatni materijal za gnojidbu tla kalcijem bez značajne promjene pH vrijednosti jer kalcijev kation ( $\text{Ca}^{2+}$ ) utječe na povećanje pH vrijednost tla, dok sulfatni anion ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) djeluje suprotno i snižava pH vrijednost tla. Nadalje, gips neutralizira alkalnost tla izazvanu suviškom natrija te poboljšava strukturu tla jer na adsorpcijskom kompleksu tla zamjenjuje natrij s kalcijem. Gips se koristi i kao umjereni zakiseljivač tla.

Prema Pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/01, NN 10/07) u ekološkoj je poljoprivredi dopuštena upotreba samo prirodnog gipsa, ali uz prethodno odobrenje nadzorne stanice ili nadzornog tijela, dok za primjenu gipsa u integriranoj i konvencionalnoj poljoprivrednoj proizvodnji nema ograničenja. Kako bi kalcijev sulfat mogao biti deklariran kao anorgansko gnojivo sa sekundarnim hranjivim tvarima, sukladno Uredbi (EZ) br. 2003/2003, mora sadržavati minimalno 25 % CaO i 35 %  $\text{SO}_3$ , a finoća usitnjavanja mora biti takva da najmanje 80 % čestica prolazi kroz otvore sita širine 2 mm te 99 % čestica mora prolaziti kroz otvore sita širine 10 mm.

### **Kiserit**

Mineral koji je prema kemijskom sastavu magnezijev sulfat monohidrat ( $\text{MgSO}_4 \times \text{H}_2\text{O}$ ). Riječ je o mineralu koji može biti bezbojan, sivo-bijele ili žućkaste boje, staklastog sjaja. Kiserit se dobiva iz dubokih podzemnih naslaga minerala na mjestima nekadašnjih oceana. Prvenstveno se vadi na području današnje Njemačke te je nazvan prema njemačkom fizičaru Dietrichu Georgu von Kieseru. Mineral sadrži biljna hraniva te predstavlja izvor topivog Mg i S za biljke i sadrži 15-16 % Mg i 20-22 % S. Nakon vađenja kiserita, magnezijeve soli se odvajaju od kalijevih i natrijevih soli primjenom suhog elektrostatskog postupka.

Fini kristali kiserita mogu se primjenjivati izravno u tlo ili se granuliraju do čestica koje su bolje prilagođene za mehaničku aplikaciju. Budući da aplikacija kiserita nema značajan utjecaj na pH tla, može se koristiti na svim tipovima tala, neovisno o pH vrijednosti tla. Zbog visoke topivosti u tlu može se koristiti i tijekom vegetacije kako bi se zadovoljile potrebe usjeva za hranivima. Kiserit se ne koristi kao folijarno gnojivo ili za fertirigaciju, već služi kao sirovina za proizvodnju magnezijevog sulfata ( $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ ) koji je potpuno topiv i pogodan za fertirigaciju i folijarnu primjenu.

Budući da je kiserit mineral koji se vadi iz prirodnih naslaga, dopuštena je upotreba u ekološkoj proizvodnji uz prethodno odobrenje nadzornog tijela (NN 91/01, NN 10/07). Kako bi kiserit mogao biti deklariran kao anorgansko gnojivo sa sekundarnim hranjivim tvarima, prema Uredbi (EZ) br. 2003/2003, mora sadržavati minimalno 24 % MgO i 45 %  $\text{SO}_3$ .

### **Magnezijev sulfat**

Sol (kemijska formula  $\text{MgSO}_4$ ) koja sadrži magnezij, sumpor i kisik. Bezvodni oblik magnezijevog sulfata je higroskopan i lako veže vodu iz zraka. U prirodi se javlja kao heptahidratni sulfat odnosno mineral episomit ( $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$ ). Riječ je o bezbojnim kristalima igličastog oblika koji su topivi u vodi. Magnezijev sulfat heptahidrat (gorka sol, eponova sol, magnezijeva galica) nalazi se u pojedinim mineralnim vodama, a dobiva se otapanjem magnezijevog karbonata ili hidroksida u razrijeđenoj sulfatnoj kiselini (Filipović i Lipanović, 1995). Hidratizirani magnezijev sulfat odnosno gorka sol koristi se u medicini, industriji papira, kože i tekstila te u poljoprivredi.

U poljoprivrednoj se proizvodnji magnezijev sulfat koristi za neutralizaciju nedostatka magnezija ili, rjeđe, sumpora u tlu. Najčešće se primjenjuje u proizvodnji lončanica ili za usjeve koji imaju povećane zahtjeve za magnezijem. Prednost magnezijeva sulfata u odnosu na druge materijale za dodatak magnezija u tlo (poput dolomita) je visoka topivost koja omogućava folijarnu primjenu magnezijevog sulfata. Otopine magnezijevog sulfata približno su neutralne reakcije, za razliku od ostalih soli magnezija (poput dolomita), koje mogu biti alkalne. Stoga upotreba magnezijevog sulfata kao izvora magnezija u tlu ne mijenja značajno pH vrijednost tla.

Da bi magnezijev sulfat mogao biti deklariran kao anorgansko gnojivo sa sekundarnim hranjivim tvarima, prema Uredbi (EZ) br. 2003/2003, mora sadržavati minimalno 15 % MgO i 28 % SO<sub>3</sub>. Sukladno Pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/01, NN 10/07) u ekološkoj je poljoprivredi dopuštena upotreba magnezijevog sulfata uz prethodno odobrenje nadzorne stanice ili nadzornog tijela.

### **Ugljena prašina**

Ugljena prašina je fini praškasti oblik ugljena koji se dobiva iz drvenastih sirovina, ora-hovih ili kokosovih ljuski i sličnih materijala. Proizvodi se pougljenivanjem, zagrijavanjem organskih tvari bez pristupa zraka (Filipović i Lipanović, 1995).

Ugljena prašina se dobiva u obliku čestica, kao prah ili fine granule manje od 1,0 mm u promjeru, uz prosječan promjer između 0,15 i 0,25 mm. Stoga ugljena prašina ima daleko veću površinu po jedinici mase od grumena ugljena. Kemijska priroda amorfnog ugljika u kombinaciji s velikom površinom čini ugljenu prašinu idealnim sredstvom za adsorpciju. Jedan gram aktivnog ugljena dobivenog iz ugljene prašine ima površinu od 400 m<sup>2</sup> do 1200 m<sup>2</sup>. Koristi se za uklanjanje toksina iz tla, vode i zraka te za obezbojenje tekućina i obnovu otapala. Sitne čestice ugljene prašine primjenjuju se za odstranjivanje toksičnih tvari, boja, mirisa, kiselina, soli. U industriji ugljena prašina se može koristiti za izradu solarnih panela te ugljikovih ploča.

## **3.2. Kondicioneri s učinkom na fizikalna svojstva tla**

### **3.2.1. Kondicioneri s učinkom na strukturu tla**

#### **Perlit**

Amorfni materijal vulkanskog podrijetla koji ima relativno visok sadržaj vode (2 -5 %). Perlit je vrsta vulkanskog stakla najčešće sive, ali također može biti zelene, smeđe, plave ili crvene boje. Vulkansko staklo se oblikuje kada rastaljena lava eruptira iz vulkana i vrlo brzo se hladi. Budući da se hladi tako brzo, nema vremena za kristalizaciju ili za gubitak vode. Lava se odmah stvrdne u materijal poput stakla koji sadrži vodu. Perlit je silikatni materijal, što znači da sadrži oko 70 % silicijevog dioksida (SiO<sub>2</sub>), 15 % aluminijevog oksida (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), 5 % kalijevog oksida (K<sub>2</sub>O), 4 % natrijevog oksida (Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) i oko 1 % oksida željeza (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>).

Perlit se pri zagrijavanju širi i postaje porozan. Pri tome izvorni volumen može proširiti čak do dvadeset puta. Ova ekspanzija rezultat je zagrijavanja vode. Nakon zagrijavanja perlit je obično svijetlo sive do bijele boje. To je krut i lagan te sterilan sitnozrnati materijal, neutralne pH reakcije.

U hortikulturi perlit se može koristiti kao kondicioner tla ili samostalno kao medij za hidroponski uzgoj biljaka ili za proizvodnju presadnica. Kada se koristi kao kondicioner tla, karakterizira ga velika propusnost za vodu te na taj način sprječava zbijanje tla. Primjenjuje se za poboljšavanje strukture (aeracije i vododrživosti tla), bolju vodopropusnost i smanjivanje volumne težine tla.

Svjetske rezerve perlita procjenjuju se na 700 milijuna tona, što znači da perlit predstavlja neobnovljivi resurs. Zbog svoje niske gustoće i relativno niske cijene, razvijene su mnoge komercijalne aplikacije perlita. Koristi se kao građevinski materijal za dobivanje laganih žbuka i mortova te kao materijal za izolaciju. Perlit nadalje predstavlja kvalitetan materijal za filtraciju. Često se koristi kao alternativa dijatomejskoj zemlji.

### **Treset**

Treset čine naslage odumrlog i slabo razloženog biljnog materijala. Nastaje na područjima na kojima se učestalo zadržava voda stvarajući redukcijske uvjete i kiselu reakciju. Odumrle močvarne biljke i drugi organski ostatci sporo se razlažu te se nerazgrađeni ili djelomično razgrađeni organski ostatci slojevito talože. Pri tome nastaju različite vrste treseta, bijeli, smeđi i crni treset. U primjenu dolazi kao prirodni, više ili manje razloženi (vlaknast) treset, sušeni, komprimirani ili preparirani (kemijski obrađen s mineralnim dodacima) oblik.

Značajno svojstvo treseta je zadržavanje vlage tla u sušnim uvjetima te smanjenje negativnog utjecaja suviška vode na korijen biljke u vlažnim uvjetima. Treset povećava retenciju vode u tlu 5-15 puta u odnosu na unesenu masu. Pri tome, treset se često koristi u hortikulturi jer utječe na poboljšanje strukture teških tala, čini ga rahlijim, toplijim i povećava kapacitet za zrak uz tamniju boju. Meliorativni značaj treseta vrlo je velik na pjeskovitim tlima, što se ogleda u specifičnostima treseta poput visokog udjela organske tvari (50-75 % i više) i zadovoljavajućeg odnosa huminskih i fulvo kiselina (Miljković, 2005.).

Nadalje, treset se može miješati s tlom te većina supstrata sadrži treset. Pri tome treset predstavlja dobru osnovu za proizvodnju supstrata koji se dodavanjem hraniva može prilagoditi potrebama određenih vrsta biljaka. Zbog kisele reakcije pojedinih vrsta, treset (pH 3-6) povećava kiselost tla, što odgovara acidofilnim biljkama. Treset može vezati hraniva iako sam nije plodan. Materijali kao što su perlit ili vermikuliti mogu se dodavati za povećanje adsorpcijskih svojstava. Treset ne sadrži sjeme korova poput pojedinih organskih gnojiva.

Ipak, treset ima i određena nepovoljna svojstva. Kisela reakcija nije pogodna za brojne biljne vrste pa je potrebno dodavati materijale koji sadrže kalcij i magnezij za neutralizaciju suviše kiselosti. Ne sadrži hranidbene elemente i potrebno ih je naknadno

dodavati. Treset brzo gubi svojstvo upijanja vode te nije pogodan za pokrivanje tla jer se na površini brzo isušuje. Nakon isušivanja teško ponovo poprима mogućnost upijanja vode.

Prema Pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/01, NN 10/07) u ekološkoj poljoprivredi upotreba treseta dopuštena je samo u hortikulturi (povrćarstvo, uzgoj ukrasnog bilja i grmlja, rasadnici).

### ***Vermikulit***

Vermikulit je alumosilikatni mineral koji je klasificiran kao filosilikat i ima mogućnost značajnog širenja prilikom zagrijavanja. Sirovi vermikulit je mineral zlatno smeđe boje sa slojevitom strukturom. Predstavlja sekundarni mineral gline tipa 2:1, što znači da je građen iz dva sloja tetraedara silicija između kojih se nalazi jedan sloj oktaedara aluminijska. Ima sposobnost ograničenog širenja prilikom bubrenja u vlažnim uvjetima, pri čemu se slojevi mogu razmaknuti do oko 1,4 nm. Vermikulit ima visoku sposobnost sorpcije kationa od 100 do 150 mmol/100 g uz specifičnu površinu 300-500 m<sup>2</sup>/g. U vlažnim uvjetima vermikulit ima sposobnost fiksacije kalijevih iona između slojeva.

Vermikulit je neutralne reakcije, netopiv je u vodi, sterilan je, ne sadrži patogene organizme i sjeme korova. Ima veliku sposobnost upijanja vode te povoljan omjer vode i zraka. Ekstremno je lagan, promjer čestica iznosi oko 0,15 mm. Izmjenjivo veže hranidbene elemente u obliku kationa te ih tako zadržava u pristupačnom obliku za usvajanje korijenom biljaka. Sadrži male količine kalija, kalcija i magnezija. Koristi se kao "nosač" mineralnih hraniva koja postupno otpušta te čini tlo rahlim i lakšim, povećavajući mu kapacitet za zrak i vodu.

Vermikulit i proizvodi od vermikulitnih mješavina imaju široku primjenu u hortikulturi, osobito kao dodatak supstratima pri uzgoju presadnica i lončanica te u hidroponskom uzgoju. Vermikuliti se koriste i za pokrivanje površine tla u hortikulturnoj proizvodnji.

### **3.2.2. Kondicioneri s učinkom na retenciju vode u tlu**

#### ***Hortikulturni pijesak***

Kao hortikulturni pijesak koristi se kremen sterilizirani pijesak u obliku silicijevog dioksida (SiO<sub>2</sub>). Kemijski je prilično inertan i netopiv u vodi (Filipović i Lipanović, 1995). Hortikulturni pijesak dolazi ispran, ne sadrži karbonate i vapno, što mu daje neutralni pH, te ne utječe na promjenu pH vrijednosti tla.

Predstavlja kondicioner koji se koristi za poboljšanje infiltracije i odvodnje voda u hortikulturnoj proizvodnji na teksturno teškim glinastim tlima. Unošenjem pijeska u tlo i njegovim temeljitim miješanjem u oraničnom i podoraničnom sloju hidromorfog tla

teškog, glinovitog sastava (npr. beskarbonatna ritska crnica), mijenja se odnos frakcije gline i pijeska te se bitno poboljšava mehanički sastav, a time i vodozračni režim tretiranog tla (Miljković, 2005). Povećanje udjela pijeska u tlu rezultira smanjenjem zbijenosti teksturno teških tala i lakšom perkolacijom vode kroz profil tla, smanjuje se rizik od prekomjernog zadržavanja vode, nastanka hipoksije (tj. nedostatka kisika) i tako omogućava uzgoj više različitih biljnih vrsta. Može se miješati s tlom radi poboljšanja aeracije i drenaže prilikom uzgoja sukulentnih biljaka i kaktusa u lončanicama. Aplikacija hortikulturnog pijeska i homogenizacija s tlom relativno je jednostavna. U proizvodnji se mogu koristiti smjese hortikulturnog pijeska i treseta ili hortikulturnog pijeska, vermikulita, treseta i tla u različitim omjerima.

### **Malčevi**

Malčevi su različiti materijali kojima se prekriva površina tla i/ili zagrću biljke. Svrha malčiranja je prekrivanje površine tla i/ili prostora oko biljaka radi:

1. očuvanja vlažnosti tla i zaštite od isušivanja
2. sprječavanja rasta korova
3. povećanja temperature tla
4. povećanja biogenosti tla
5. zaštite tla od erozije
6. povećanja plodnosti tla mineralizacijom organskih materijala
7. dekoracije prostora.

Ovisno o potrebama biljaka moguće je koristiti organske malčeve, mineralne malčeve te sintetske materijale za malčiranje (Bush-Brown L. i Bush-Brown J., 1996). Organski prirodni malčevi su slama žitarica, sijeno, kora drveta, lišće, piljevina drveta, dok su mljeveni minerali (granit, stijene, šljunak) mineralni prirodni malčevi. Anorganski sintetički malčevi predstavljaju folije različitog sastava (PVC, polietilen, poliester), razgradivosti (fotorazgradive, nerazgradive), boja, propusnosti (permeabilne ili potpuno nepropusne za vodu i plinove) i dimenzija. Međutim, zbrinjavanje nerazgradivih polietilenskih folija može predstavljati ekološki problem.

### **Vodeni zemljišni kristali**

Vodeni zemljišni kristali su bezbojni, prozirni polimeri u obliku praha i bez mirisa. Imaju sposobnost u kratkom vremenskom roku apsorbirati vodu i pri tome prelaze u oblik gela koji može sadržavati veliku količinu vode. Vodeni kristal gel obično se sastoji od polimera kao što je poliakrilamid (često polimetilakrilat ili natrijev poliakrilat). Nije toksičan niti biorazgradljiv, neutralne je pH reakcije. Vijek trajanja u tlu iznosi oko 5 godina. Ponekad se nazivaju superapsorbirajući polimeri (SAP) ili super apsorbirajući hidrogelni kristali. Trgovački nazivi su Water Gels, Water-Grabber, Aquagels.



Vodeni zemljišni kristali povećavaju sposobnost tla za pohranu vode u neposrednoj blizini korijenovog sustava tako da biljke mogu preživjeti u uvjetima suše. Vodeni kristali mogu zadržati i do 500 puta više vode u odnosu na vlastitu masu. U upijajućoj fazi polimeri vodenih kristala apsorbiraju vodu i vrlo značajno povećavaju volumen te ovisno o okolnoj vlazi mogu otpustiti vezanu vodu i otopljena hraniva.

Aplikacija vodenih kristala realna je u hortikulturnoj proizvodnji, odnosno za cvjetnjake i povrtnjake, za uzgoj sobnih biljaka i lončanica. Vodeni se gelovi koriste prilikom zalijevanja lončanica i u vrtovima radi smanjenja potrošnje vode jer aplikacija vodenih kristala reducira potrebu vode za oko 50 %.

### 3.3. Kondicioneri s učinkom na fizikalno-kemijska svojstva tla

#### *Komposti*

Komposti su prvenstveno organska gnojiva proizvedena u aerobnim uvjetima kontroliranom mikrobiološkom razgradnjom različitih smjesa pretežno biljnih ostataka, ponekad pomiješanih sa stajskim gnojivima i životinjskim ostacima (Lončarić, 2012). Pri tome se dobiva proizvod sličan humusu, zdrav, stabilan, bez patogenih mikroorganizama i sjemena korova i pogodan za aplikaciju u tlo.

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, a među njima treba istaknuti: povećani udio mineralnih tvari ili pepela, povećana gustoća, porozitet, kapacitet za vodu, snižavanje pH vrijednosti, C/N odnosa, odnosa amonijskog i nitratnog oblika dušika te smanjenje fitotoksičnosti, a povećava se udio topivih soil ili konduktivitet (EC) te udio N, P, K, Ca, Mg i mikroelemenata (Vukobratović, 2008).

Primjena komposta izrazito pozitivno utječe na čitav niz značajnih fizikalnih i kemijskih svojstava tla. Aplikacija komposta povećava ukupni porozitet, smanjuje specifičnu gustoću tla, što indicira bolju strukturu, manju zbijenost tla i lakše prodiranje korijena, a naročito je značajno na teškim glinastim tlima. Komposti utječu na povećanje kapaciteta tla za vodu i toplinu. Isto tako, primjena komposta rezultira povećanjem sadržaja organske tvari tla, ukupnog dušika, veličine kationskog izmjenjivačkog kapaciteta i električnog konduktiviteta tla (Vukobratović, 2008).

Koriste se u ratarskoj poljoprivrednoj proizvodnji i hortikulturi, prvenstveno kao gnojivo te kao poboljšivač kvalitete i biogenosti tla. Pored održavanja plodnosti tala u naj-

raširenijoj ratarskoj proizvodnji, velik je značaj komposta u hortikulturnoj proizvodnji, bilo pri uzgoju povrća i cvijeća ili u uzgoju višegodišnjih biljnih vrsta. Također, komposti imaju vrlo značajno mjesto u proizvodnji supstrata za uzgoj presadnica povrća i cvijeća.

Na temelju Pravilnika o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN 91/01, NN 10/07) upotreba komposta iz životinjskih ekskremenata dopuštena je u ekološkoj poljoprivredi uz prethodno odobrenje nadzorne stanice ili nadzornog tijela. Pri tome je potrebno navesti vrste životinja, a proizvod ne smije poticati iz sustava zatvorenog uzgoja životinja.

### **Zeoliti**

Zeoliti su prirodni porozni minerali velikog izmjenjivačkog kapaciteta. Predstavljaju skupinu minerala hidratiziranih alumosilkata natrija, kalija i kalcija. Za razliku od glinenih minerala, imaju otvoreniju strukturu pa zbog toga osobito lako gube i primaju vodu, a da se pri tome struktura minerala na mijenja. Za zeolite je karakteristično da osim vode mogu adsorbirati i druge tvari kao  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ , teške metale, alkohol (Filipović i Lipanović, 1995). Minerali ove grupe imaju hidrotermalno podrijetlo i najčešće se javljaju u sklopu vulkanskih stijena. U skupini zeolita nalazimo oko 200 minerala. Zeoliti mogu kristalizirati na više načina, a najčešće grade lisnate, stupaste, igličaste i fibrozne agregate.

Zeoliti kao prirodni minerali nazivaju se i prirodna molekularna sita zbog mikroporozne strukture i sposobnosti upijanja štetnih tvari i zadržavanja istih, odnosno sprječavanja teških metala i drugih štetnih materijala da ulaze u prehrambeni lanac. Sposobnost zeolita da selektivno vežu molekule prvenstveno se temelji na veličini uslijed vrlo pravilne porozne strukture. Maksimalna veličina molekula koje mogu ući u pore zeolita definirana je dimenzijama pora (Rhodes, 2007).

Aktivirani zeolit koristi se kao materijal u poljoprivredi (adsorpcijske sposobnosti zeolita i kapacitet kationske izmjene aktiviraju se mehaničkom obradom). Zeolit predstavlja izvor sporo oslobađajućeg kalija. Ukoliko prethodno vežu amonijski dušik, zeoliti mogu imati funkciju sporog oslobađanja dušika. Dušična gnojiva sa zeolitima pri tome imaju izrazit produžni efekt, dušik se može dodavati u visokim dozama bez opasnosti od ispiranja i onečišćavanja okoline. Smanjuju retrogradaciju i povećavaju efikasnost gnojivima dodanog fosfora, povećavaju učinkovitost mikrognjiva jer se postiže "sporotekući" izvor i otpuštanje mikroelemenata bez toksičnih efekata. Zeoliti također mogu djelovati kao regulator vode u tlu pri čemu apsorbiraju vodu i do 55 % svoje težine i polako je otpuštaju, prikladnije zahtjevima biljke.

Zdenko Lončarić

## 4. GNOJIDBA RATARSKIH USJEVA



### 4.1. Aplikacija gnojiva

Aplikacija gnojiva, tj. način primjene gnojiva mora osigurati fizičku prisutnost gnojiva u zoni usvajanja hraniva. Zona usvajanja hraniva je uglavnom rizosfera, a manjim dijelom površina lista nakon folijarne aplikacije gnojiva.

Za odgovarajuću prisutnost gnojiva u zoni usvajanja hraniva ponekad je dovoljna jednostavna raspodjela hraniva po površini tla, što vrijedi samo za hraniva koja su mobilna u tlu (npr. dušik). Međutim, najčešće je potrebno unošenje gnojiva u tlo, bilo direktnim polaganjem ili inkorporacijom u tlo nakon raspodjeljivanja po površini. Način raspodjeljivanja gnojiva po površini ovisi o agregatnom stanju i vrsti čestica gnojiva, a dubina inkorporacije ovisi o uređaju koji se za to koristi.

Vrsta hraniva također uvjetuje način aplikacije, kako zbog mogućih gubitaka uslijed neodgovarajuće aplikacije (npr. gubitak dušika volatilizacijom nakon preplitke aplikacije), tako i zbog potencijalnog solnog udara (npr. aplikacija vodotopivih fosfatnih gnojiva u plitkom površinskom sloju tla) ili raspoloživosti hraniva (npr. isušivanje sloja tla u koji je inkorporirano gnojivo).

Način primjene gnojiva uvjetovan je:

1. vremenom aplikacije (u odnosu na agrotehničke mjere i vegetaciju)
2. vrstom gnojiva (agregatno stanje, vrsta čestica gnojiva)
3. vrstom hraniva u gnojivu (pokretljivost hraniva u tlu, topivost)
4. svojstvima tla.

Generalno, aplikacija gnojiva može biti:

1. unošenje u tlo ravnomjerno po čitavoj površini
2. polaganje u tlo u redovima ili trakama
3. ravnomjerna raspodjela po površini tla bez unošenja gnojiva
4. raspodjela po površini tla u redovima ili trakama
5. primjena preko lista ravnomjerno po čitavoj površini.

#### **4.1.1. Unošenje u tlo ravnomjerno po čitavoj površini**

Ravnomjerno unošenje gnojiva u tlo po čitavoj površini oblik je aplikacije najvećih količina gnojiva u ratarskoj proizvodnji. Ovakva je gnojidba moguća samo u izvanvegetacijskim razdobljima, tj. prije sjetve budućeg usjeva. U gnojidbu s ravnomjernom inkorporacijom gnojiva u tlo spadaju:

1. gnojidba pri osnovnoj obradi tla
2. predsjetvena gnojidba.

Gnojidbom pri osnovnoj obradi u tlo se unosi najveći dio potrebnih složenih i/ili kalijevih i fosfatnih gnojiva. Osnovna gnojidba podrazumijeva raspodjelu granula (složena trojna NPK ili dvojna gnojiva, urea, fosfatna gnojiva, kalijeva gnojiva) rasipačima (najčešće centrifugalnim) uz inkorporaciju gnojiva. Količine gnojiva su velike, ponekad i > 1000 kg/ha jer se osnovnom gnojidbom u tlo unosi najveći dio ukupno potrebne količine fosfora i kalija i značajan dio potrebnog dušika urejom. Zaoravanjem se gnojiva unose do dubine oranja, što rezultira dobrom raspodjelom unesenih hraniva po dubini oraničnog sloja, tj. po dubini glavnine buduće rizosfere. Dobra raspodjela je vrlo značajna za fosfor i kalij koji su male mobilnosti u tlu. Također, zbog dubine oranja veći je dio gnojiva u donjem dijelu oraničnog sloja, što je posebno pogodno za vegetacije u kojima je moguće isušivanje površinskog sloja tla tijekom vegetacije (npr. tijekom nalijevanja zrna).

Predsjetvena gnojidba koristi se za unošenje dijela dušičnih gnojiva i manjim dijelom fosfatnih i kalijevih gnojiva. Također podrazumijeva raspodjelu granula gnojiva rasipačima, ali uz pliću inkorporaciju gnojiva. Ovom se gnojidbom unose u tlo ukupno manje količine gnojiva, a inkorporacija u tlo je 2-3 puta plića nego osnovnom obradom tla. Dubina inkorporacije može biti vrlo plitka, npr. 2-3 cm drljačama ili 10-ak cm kultivatorima. Velika količina gnojiva u predsjetvenoj gnojidbi može biti vrlo štetna zbog opasnosti od solnog stresa i kasnije neraspoloživosti dodanih fosfora i kalija uslijed isušivanja površinskog sloja tla. Gotovo da ne postoje agroekološki i agrotehnički uvjeti u kojima je opravdana veća aplikacija fosfornih i kalijevih gnojiva predsjetvenom nego osnovnom obradom tla.

Ravnomjerno unošenje gnojiva u tlo po čitavoj površini podrazumijeva i gnojidbu organskim gnojivima koja se provodi uz osnovnu obradu tla, a rjeđe predsjetveno (npr. unošenje gnojovke ili gnojnice injektiranjem u tlo).

Osnovne karakteristike unošenja gnojiva u tlo ravnomjernom raspodjelom po čitavoj površini su:

1. dobra raspodjela gnojiva i ravnomjerna dostupnost hraniva u zoni budućeg korijenovog sustava
2. niže koncentracije gnojiva jer se raspodjeljuju na veliki volumen tla
3. zaoravanje rezultira većom količinom gnojiva u donjoj, a pliće unošenje većom koncentracijom u gornjoj zoni oraničnog sloja tla.

#### 4.1.2. Polaganje u tlo u redovima ili trakama

Polaganje gnojiva u redovima ili trakama koristi se kada postoji opasnost gubitka ili fiksacije dodanog hraniva, ali i kada zbog vegetacijskog pokrova nije moguće raspodjeljivanje i inkorporacija gnojiva po čitavoj površini tla. Osnovne su karakteristike primjene gnojiva u redove ili trake:

1. manja dodirna površina korijena i gnojiva, tj. raspoloživih hraniva
2. veća koncentracija gnojiva i veća pristupačnost hraniva
3. dostatna manja količina gnojiva
4. potrebno precizno polaganje gnojiva.

Praktično najznačajniji primjeri polaganja gnojiva u tlo u redovima ili trakama su star-tna gnojidba s polaganjem gnojiva uz sjeme i prihrana polaganjem gnojiva uz redove međurednom kultivacijom (slika 10).



**Slika 10.** Međuredna kultivacija kukuruza s prihranom (Foto: Luka Jerković, Poljoprivredni fakultet u Osijeku)



Startna gnojidba vrlo je pogodna za aplikaciju dušičnih gnojiva, a može se koristiti za polaganje kalijevih i rjeđe fosfatnih gnojiva. Značajnu pozornost treba posvetiti mjestu polaganja granula gnojiva zbog potencijalnog fitotoksičnog djelovanja visokih koncentracija hraniva (posebice vodotopivih oblika fosfata). Gnojivo nikako ne smije biti u direktnom kontaktu sa sjemenom, a udaljenost ovisi o vrsti gnojiva i usjeva. Minimalna je udaljenost polaganja gnojiva od sjemena 5 cm (bočno ili ispod sjemena), a kod osjetljivijih usjeva potrebno je polagati gnojivo 10-ak cm od sjemena. Optimalna udaljenost ovisi i o dinamici vlažnosti tla nakon aplikacije gnojiva.

Bočno kretanje gnojiva u tlu je zanemarivo, tako da ne predstavlja opasnost od naknadnog štetnog djelovanja na korijen biljke. Istovremeno, izostanak bočnog kretanja ne umanjuje učinkovitost aplikacije gnojiva u trake jer će korijen rasti u pravcu veće koncentracije hraniva (kemotropizam) i iskoristiti dodana hraniva. Međutim, nije jednaka učinkovitost svih glavnih hraniva nakon gnojidbe u trakama. Točnije, učinkovitost gnojidbe kalijem u trakama manja je nego učinkovitost fosfora i dušika.

Učinkovitost dušičnog gnojiva aplikacijom u trakama može se povećati i 25 %, a dobar je primjer učinkovitija prihrana uz međurednu kultivaciju (npr. suncokreta, slika 11) nego prihrana po čitavoj površini bez unošenja gnojiva u tlo.



**Slika 11.** Međuredna kultivacija suncokreta s prihranom (Foto: Luka Jerković, Poljoprivredni fakultet u Osijeku)

Usjev može usvojiti dovoljne količine fosfora iz gnojiva položenog u trakama u tlo jer će korijen prorasti pognojeni sloj tla i jer biljka ipak treba manje količine fosfora nego



dušika i kalija. Dakle, za optimalnu opskrbljenost usjeva fosforom bit će dostatni površina korijena izložena visokoj koncentraciji raspoloživih fosfata i maksimalna brzina dotoka i usvajanja fosfata iz pognojenog sloja. Gnojidba fosfatnim gnojivima u trake širine  $\frac{1}{4}$  međurednog razmaka može uštedjeti i 50-60 % fosfata.

Međutim, ako je u kalijem siromašno tlo kalij apliciran u trakama, površina korijena koja će biti izložena povećanoj koncentraciji raspoloživog kalija neće biti dostatna jer biljka mora usvojiti značajno veće koncentracije kalija nego fosfora.

#### **4.1.3. Ravnomjerna raspodjela po površini tla bez unošenja gnojiva**

Ravnomjerna raspodjela gnojiva po površini tla bez unošenja u tlo koristi se gotovo isključivo u prihranama usjeva. To je način aplikacije gnojiva prikladan za dušična gnojiva (npr. prihrana strnih žitarica KAN-om ili AN-om). Brzina raspoloživosti dušika dodanog površinskim raspodjeljivanjem granuliranog mineralnog gnojiva značajno ovisi o vlažnosti tla, tj. o brzini otapanja gnojiva i premještanja dušika u zonu korijenovog sustava.

Površinska aplikacija ureje može rezultirati značajnim gubitcima volatizacijom dušika u obliku amonijaka. Volatizacija je izgledna u slučajevima aplikacije ureje na suhim karbonatnim tlima, a „isparavanje“ ureje volatizacijom može potrajati i 3-4 tjedna.

Površinskom aplikacijom bez unošenja u tlo nikada ne treba koristiti složena ili pojedinačna gnojiva koja sadrže P ili K jer je takva aplikacija potpuno neučinkovita.

#### **4.1.4. Raspodjela po površini tla u redovima ili trakama**

Raspodjela po površini tla u redovima ili trakama odnosi se na aplikaciju mineralnih gnojiva fertigacijskim sustavima „kap po kap“. Ovakav sustav gnojidbe često se koristi u hortikulturnoj proizvodnji, a podrazumijeva aplikaciju potpuno vodotopivih gnojiva. Značajka fertigacijskih sustava je mogućnost česte aplikacije gnojiva i potpuna prilagodba odnosa N, P i K potrebama tih elemenata tijekom vegetacije. Koriste se gnojiva s različitim omjerima dušika, fosfora i kalija za faze ukorjenjivanja, intenzivnog vegetativnog porasta, cvjetanja i plodonošenja. Također, u ova su gnojiva vrlo često dodani i mikroelementi. Zbog vremenske, prostorne i količinske točnosti aplikacije sustavima „kap po kap“ značajno je povećana učinkovitost gnojidbe u usporedbi s ostalim načinima aplikacije gnojiva. Povećana učinkovitost gnojiva vrlo je značajna radi financijske „neutralizacije“ povećane cijene vodotopivih gnojiva za fertigacijske sustave.

#### **4.1.5. Primjena preko lista ravnomjerno po čitavoj površini**

Prihrana usjeva preko lista, tj. folijarna aplikacija gnojiva najznačajnija je za dušik i mikroelemente, a obuhvaća sljedeće načine prihrane:

1. prihrana otopinom dušičnog gnojiva (urea, UAN ili kalcijev nitrat)
2. prihrana otopinom mikroelemenata (topivi oblici Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, B)
3. prihrana otopinom sekundarnih makroelemenata (topivi oblici Ca, Mg).

Prihrana tekućim dušičnim gnojivima uspješno se koristi posebice kod strnih žitarica i kukuruza tijekom vrlo intenzivnog vegetativnog porasta.

Folijarna aplikacija mikroelemenata i sekundarnih hraniva koristi se u slučaju simptoma nedostatka nekog elementa, a rijetko se koristi preventivno. Optimalno bi bilo folijarno aplicirati hraniva kada se analizom lista utvrde subotpimalne koncentracije hraniva u listu, tj. prije pojave simptoma nedostatka hraniva.

Folijarnu aplikaciju potrebno je provoditi u ranim jutarnjim ili kasnim poslijepodnev-  
nim satima radi izbjegavanja opekotina lista. Iz istog je razloga vrlo značajno koristiti  
prikladne koncentracije otopine gnojiva.

## 4.2. Principi izračuna potrebne gnojidbe

Optimalna gnojidba temelji se na potrebama usjeva i raspoloživosti hraniva koju procjenjujemo na temelju rezultata analize tla. Rezultati analize tla mogu obuhvaćati različite podatke većeg ili manjeg utjecaja na plodnost tla. Sukladno održavanju ili popravljivanju plodnosti tla kao najvažnijem preduvjetu optimalne gnojidbe, minimalni set podataka neophodan za izračun potrebne gnojidbe obuhvaća sljedeće podatke:

1. pH reakcija tla
2. humoznost
3. koncentracija biljci raspoloživog fosfora i kalija.

### 4.2.1. Interpretacija rezultata analiza tla

Rezultate analize tla koristimo za tumačenje raspoloživosti hraniva. Rezultate pH vrijednosti i humoznosti tla koristimo za posredno tumačenje raspoloživosti hraniva i potencijala mineralizacije, dok koncentracije biljci raspoloživih fosfora i kalija „očita-  
tavamo“ izravno kao rezultat AL (ekstrakcija raspoloživih oblika P i K iz tla otopinom  
amonijevog laktata) ili neke druge pogodne metode analize tla (npr. EUF).

#### ***pH reakcija tla***

Vrijednost pH reakcije tla pokazatelj je trenutne i izmjenjive reakcije tla koje se utvrđuju u suspenziji tla u vodi ili otopini kalijevog klorida. Trenutnu kiselost čine ioni u vodenj fazi tla, a izmjenjivi ioni pridružuju im se čineći izmjenjivu kiselost. Optimalna je raspoloživost biljci neophodnih hraniva pri pH reakciji tla 6-6,5. Niže i više vrijednosti povećavaju mogućnost kemijskih procesa fiksacije pojedinih hraniva. Utjecaje

pH reakcije tla na raspoloživost hraniva i izračun gnojidbe možemo svesti na utjecaj preniskih pH vrijednosti u kiselim tlima i previsokih vrijednosti u alkalnim tlima.

Najznačajnije promjene u kiselim tlima su sljedeće:

1. smanjena raspoloživost fosfora uslijed kemijske fiksacije slobodnim ionima Al, Fe i Mn
2. smanjena raspoloživost Ca i Mg uslijed procesa ispiranja alkalnih kationa s adsorpcijskog kompleksa tla
3. smanjen intenzitet mineralizacije
4. povećana raspoloživost mikroelemenata (osim Mo čija je raspoloživost smanjena)
5. povećani gubitci dušika denitrifikacijom.

Promjene raspoloživosti hraniva u alkalnim tlima obuhvaćaju sljedeće:

1. smanjena raspoloživost fosfora uslijed kemijske fiksacije slobodnim ionima Ca
2. smanjena raspoloživost mikroelemenata (osim Mo) i povećana mogućnost kloroza
3. povećan antagonizam Ca i Mg prema K
4. povećani gubitci dušika volatilacijom
5. intenzivnija mineralizacija.

### **Humoznost**

Sadržaj humusa u tlu zapravo je sadržaj organske tvari u tlu jer se utvrđuje analizom ukupne koncentracije organskog C u tlu (npr. bikromatnom metodom). Humoznost tla značajno utječe na raspoloživost hraniva jer su posljedice većeg sadržaja humusa u tlu:

1. veći kationski izmjenjivački kapacitet tla (KIK), tj. veća sposobnost izmjenjivog vezanja hraniva
2. veću pufernu sposobnost i veću elastičnost tla
3. veću raspoloživost hraniva jer humoznost smanjuje fiksaciju hraniva (P i mikroelementi)
4. veći potencijal mineralizacije, tj. veća godišnja količina mineralnog N nastalog razgradnjom humusa.

Potencijal mineralizacije vrlo je značajan za utvrđivanje ukupnih potreba u gnojidbi dušikom. Izračun mineralizacije razlikuje se u kiselim i alkalnim tlima, a kreće se u godišnjem rasponu 20-100 kg/ha. Velike razlike posljedica su različite gustoće i dubine tla te humoznosti.

Budući da humoznost značajno utječe na potencijal godišnje mineralizacije (svaki % humusa u tlu prosječno rezultira mineralizacijom 15-25 kg/ha N), podjela tala prema humoznosti (tablica 5) vrlo je značajna za interpretaciju rezultata analiza tla.

**Tablica 5.** Klase humoznosti tala prema utvrđenom sadržaju humusa

	Klasa humoznosti tla	Sadržaj humusa (%)
1	Jako siromašno humusom	< 1,0 %
2	Siromašno humusom	1,0-2,0 %
3	Osrednje humozno tlo	2,0-3,0 %
4	Humozno tlo	3,0-4,0 %
5	Vrlo humozno tlo	4,0-6,0 %
6	Ekstremno humozno tlo	> 6,0 %

### **Koncentracija biljci raspoloživog fosfora i kalija**

U Republici Hrvatskoj AL-metoda je najzastupljeniji način utvrđivanja biljci raspoloživih količina P i K u tlu. Tla se prema raspoloživosti ovih hraniva dijele u 5 klasa, od jako siromašnog tla (klasa A) do tla jako visoke opskrbljenosti (klasa E).

Na tumačenje raspoloživosti P utječe pH reakcija tla (zbog fiksacije P u tlu i zbog pH reakcije otopine amonijevog laktata koju koristimo za ekstrakciju P). Stoga je za istu klasu kiselih tala (izmjenjiva pH reakcija < 6,0) potrebna manja koncentracija AL-metodom ekstrahiranog P (tablica 6) nego za istu klasu tala veće pH reakcije ( $pH_{KCl} < 6,0$ ).

**Tablica 6.** Klase opskrbljenosti tla fosforom na temelju rezultata AL-metode (Vukadinović i Lončarić, 1998.)

	$pH_{KCl} < 6,0$	$pH_{KCl} > 6,0$
Klasa opskrbljenosti tla	mg/100 g $P_2O_5$	mg/100 g $P_2O_5$
(A) Jako siromašno tlo	< 5	< 8
(B) Siromašno tlo	5-12	8-16
(C) Dobro opskrbljeno tlo	13-20	17-25
(D) Visoka opskrbljenost	21-30	26-45
(E) Jako visoka opskrbljenost	> 30	> 45

Raspoloživost K ne tumačimo prema pH reakciji već teksturi tla. Tako je za istu klasu opskrbljenosti K u teškom tlu potrebna veća koncentracija AL-metodom ekstrahiranog K nego u tlima lakše teksture, u srednje teškom tlu nešto manja, a u lakom tlu najmanja vrijednost (tablica 7).

**Tablica 7.** Klase opskrbljenosti tla kalijem na temelju rezultata AL-metode (Vukadinović i Lončarić, 1998.)

	lako tlo	srednje teško	teško tlo
Klasa opskrbljenosti tla	mg/100g K <sub>2</sub> O	mg/100g K <sub>2</sub> O	mg/100g K <sub>2</sub> O
(A) Jako siromašno tlo	< 8	< 12	< 15
(B) Siromašno tlo	9-15	13-19	16-24
(C) Dobro opskrbljeno tlo	16-25	20-30	25-35
(D) Visoka opskrbljenost	26-35	30-45	36-60
(E) Jako visoka opskrbljenost	> 35	> 45	> 60

Izračun potrebne količine P i K u gnojidbi temelji se na pripadnosti klasi opskrbljenosti tla, pri čemu je najveća gnojidba potrebna za jako siromašna tla (A klasa), a najmanja za tla jako visoke opskrbljenosti (E klasa).

#### 4.2.2. Izračun potrebe hraniva

Pored interpretacije rezultata analiza tla, za izračun gnojidbe potrebno je izračunati fiziološku potrebu hraniva za planirani prinos usjeva. Potreba hraniva (N, P ili K) izračunava se na vrlo jednostavan način:

Potreba hraniva (kg/ha) = planirani prinos (t/ha) × potreba za jedinični prinos i pripadajuću masu nadzemnih ostataka (kg/t)

Fiziološka potreba prinosa i pripadajuće mase nadzemnih ostataka predstavlja kg N, P i K potrebnih za ostvarivanje određenog poljoprivrednog prinosa (npr. 1 t zrna) i pripadajuće mase žetvenih ostataka (tablica 8). U tablici 8 prikazane su prosječne vrijednosti za određene biljne vrste. Međutim, vrijednosti mogu značajno varirati ovisno o kultivaru, visini prinosa i razini opskrbljenosti tla, te je za precizniji izračun potrebno koristiti točnije vrijednosti za grupe kultivara, za različite visine ostvarenog prinosa i za različitu raspoloživost hraniva. Egzaktne vrijednosti utvrđuju se višegodišnjim kalibracijskim poljskim pokusima s različitim kultivarima i rastućim dozama gnojidbe na tlima različite plodnosti.

**Tablica 8.** Primjer fizioloških potreba za prinos 100 kg zrna i pripadajuće mase žetvenih ostataka (Ministarstvo poljoprivrede, 2013.)

	Usjev	Biomasa	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	pšenica	zrno + ostatci	2,5-2,9	1,05	1,40
		zrno	2,4	0,85	0,50
		pripadajući ostatci	0,5	0,20	0,90
2	ječam	zrno + ostatci	2,0	1,10	1,60

		zrno	1,5	0,85	0,58
		pripadajući ostatci	0,5	0,20	1,00
3	raž	zrno + ostatci	2,8	1,10	1,60
		zrno	2,3	0,85	0,61
		pripadajući ostatci	0,5	0,21	1,00
4	zob	zrno + ostatci	1,6	0,90	1,90
		zrno	1,2	0,70	0,97
		pripadajući ostatci	0,4	0,22	0,97
5	kukuruz	zrno + ostatci	3,0	1,10	3,50
		zrno	1,6	0,55	1,33
		pripadajući ostatci	0,7	0,40	1,66

Primjer izračuna fiziološke potrebe:

Planiran je prinos zrna pšenice 7 t/ha. Fiziološka potreba pšenice za ostvarivanje planiranog prinosa s pripadajućom masom slame:

$$\text{Potreba N (kg/ha)} = 7 \text{ t/ha} \times 25,0 \text{ (kg/t)} = 175 \text{ kg/ha N}$$

$$\text{Potreba P}_2\text{O}_5 \text{ (kg/ha)} = 7 \text{ t/ha} \times 10,5 \text{ (kg/t)} = 73,5 \text{ kg/ha P}_2\text{O}_5$$

$$\text{Potreba K}_2\text{O (kg/ha)} = 7 \text{ t/ha} \times 16,0 \text{ (kg/t)} = 112 \text{ kg/ha K}_2\text{O}$$

#### 4.2.3. Izračun potrebne gnojidbe dušikom

Izračun potrebne gnojidbe dušikom predstavlja ukupnu fiziološku potrebu usjeva za postizanje planiranog prinosa umanjenog za količinu raspoloživog mineralnog dušika u tlu i količinu procijenjene mineralizacije tijekom vegetacije usjeva.

Osim toga, izračun gnojidbe dušikom korigira se sukladno specifičnostima usjeva i predusjeva, organske gnojidbe i plodnosti tla. Specifičnost usjeva i predusjeva odnosi se prvenstveno na leguminozu kao predusjev, na zaoravanje žetvenih ostataka i moguću dušičnu depresiju, ali i na procjenu preostalog raspoloživog dušika u tlu nakon žetve predusjeva. Korekcija zbog organske gnojidbe provodi se izračunom količine N koja će biti na raspolaganju iz prethodno apliciranog organskog gnojiva. Pri tome su potrebni podatci o količini i godini aplikacije gnojiva, postotnom udjelu N u gnojivu i procijenjenoj dinamici razgradnje organskog gnojiva u tlu.

Potrebna gnojidba N = Fiziološka potreba –  $N_{\min}$  – Mineralizacija ± Korekcija

Raspoloživi mineralni dušik u tlu ( $N_{\min}$ ) utvrđuje se analitički kao suma amonijskog i nitratnog dušika.  $N_{\min}$  metoda se provodi u dva navrata tijekom proljeća za utvrđivanje potrebne prihrane strnih žitarica, a kod okopavina za utvrđivanje potrebne predstjetvene gnojidbe i prihrane.  $N_{\min}$  metodom analizira se tlo na dubinama do 60

ili do 90 cm. Vrlo često se koristi za izračun gnojidbe strnih žitarica, šećerne repe i kukuruza, a nešto rjeđe za gnojidbu uljane repice, soje i suncokreta.

Najčešće prije sjetve pripremamo plan gnojidbe dušikom koji obuhvaća provedbu osnovne gnojidbe i plan predstjetvene gnojidbe i prihrane za jare usjeve, odnosno plan prihrane za ozimine. Plan gnojidbe dušikom mora uvažiti dinamiku potrebe usjeva i dinamiku raspoloživosti N u tlu (utvrđeni mineralni N + potencijalna mineralizacija). Tako nije poželjno previše raspoloživog N u zimskom razdoblju zbog prebujne vegetativne mase usjeva, niti je dobra nedostatna količina N tijekom intenzivnog proljetnog vegetativnog porasta jer će rezultirati manjim prinosom. S druge strane, previše raspoloživog N u kasnim fazama vegetacije (npr. u vrijeme nalijevanja zrna) odgodit će zriobu i produžiti vegetaciju, povećati osjetljivost usjeva na bolesti i štetočine, te smanjiti kvalitetu prinosa. Stoga proljetnu gnojidbu korigiramo na temelju stvarno utvrđenih količina mineralnog N u tlu (rezultati  $N_{\min}$  metode) i stanja usjeva (ostvareni sklop, vegetativna masa, ishranjenost usjeva dušikom), a pored količine (kg/ha N) i oblika (amidni, amonijski ili nitratni N) vrlo je značajno i vrijeme provedbe svake proljetne gnojidbe.

Posljedica prerane prihrane je manja učinkovitost gnojidbe zbog nižeg intenziteta fotosinteze (niske temperature) i manje vegetativne mase usjeva, a posljedice prekasne prihrane su sporiji vegetativni porast do prihrane, manja otpornost usjeva i produžetak vegetacije, odnosno kasnija zrioba.

### **Procjena mineralizacije**

Procjena mineralizacije podrazumijeva poznavanje ili procjenu dinamike temperature i vlažnosti tla te ostalih svojstava tla koja značajno utječu na mikrobiološku aktivnost. Razina mineralizacije u uskoj je vezi s dinamikom vlažnosti tla, sadržajem organske tvari (humusa) i aktivnosti mikroorganizama.

Primjer izračuna mineralizacije 1:

Tlo u sloju 0-30 cm sadrži 1,0 % humusa. Specifična gustoća tla  $\rho_v = 1,4 \text{ kg dm}^{-3}$ . Humus sadrži 5 % N, a godišnje se mineralizira 1,0 % ukupnog sadržaja humusa. Kolika je godišnja količina mineraliziranog N izraženo u  $\text{kg N ha}^{-1}$ ?

(1) izračun mase tla:

$$300 \text{ dm}^3 \text{ m}^{-2} \times 1,4 \text{ kg dm}^{-3} \times 10\,000 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} = 4\,200\,000 \text{ kg ha}^{-1} = 4,2 \times 10^6 \text{ kg ha}^{-1}$$

(2) izračun količine humusa:

$$4\,200\,000 \text{ kg tla ha}^{-1} \times 1,0/100 = 42\,000 \text{ kg humusa ha}^{-1}$$

(3) izračun količine dušika:

$$42\,000 \text{ kg humusa ha}^{-1} \times 5/100 = 2\,100 \text{ kg N ha}^{-1}$$

(4) izračun godišnje mineralizacije dušika:

$$2\,100 \text{ kg N ha}^{-1} \times 1,0/100 = 21,0 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ godišnje}$$



Primjer izračuna mineralizacije 2:

Tlo u sloju 0-30 cm sadrži 3,0 % humusa. Specifična gustoća tla  $\rho_v = 1,5 \text{ kg dm}^{-3}$ . Humus sadrži 5 % N, a godišnje se mineralizira 1,0 % ukupnog sadržaja humusa. Kolika je godišnja količina mineraliziranog N izraženo u  $\text{kg N ha}^{-1}$ ?

(1) izračun mase tla:

$$300 \text{ dm}^3 \text{ m}^{-2} \times 1,5 \text{ kg dm}^{-3} \times 10\,000 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1} = 4\,500\,000 \text{ kg ha}^{-1} = 4,5 \times 10^6 \text{ kg ha}^{-1}$$

(2) izračun količine humusa:

$$4\,500\,000 \text{ kg tla ha}^{-1} \times 3,0/100 = 135\,000 \text{ kg humusa ha}^{-1}$$

(3) izračun količine dušika:

$$135\,000 \text{ kg humusa ha}^{-1} \times 5/100 = 6\,750 \text{ kg N ha}^{-1}$$

(4) izračun godišnje mineralizacije dušika:

$$6\,750 \text{ kg N ha}^{-1} \times 1,0/100 = 67,5 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ godišnje}$$

Navedeni su primjeri za raspon procijenjene mineralizacije 21-67,5 kg/ha N, što znači razliku 46,5 kg/ha. Razlog je većim dijelom sadržaj humusa (19-62 kg/ha), a manji udio otpada na lakše tlo u prvom slučaju (2-5 kg/ha). Dakle, razlika mineralizacije može biti na razini planirane prihrane u gnojidbi strnih žitarica ili šećerne repe.

Mineralizaciju može značajno usporiti reducirana obrada tla te nedostatna ili prekomjerna vlažnost. U suhim tlima bez unošenja organske tvari godišnja mineralizacija može biti < 0,5 %, tako da bi procjena mineralizacije u prvom primjeru bila svega oko 10, a u drugom primjeru oko 33 kg/ha N.

S druge strane, obrada tla, optimalna vlažnost i temperatura tla tijekom vegetacije, kalcijacija, unošenje svježije organske tvari i zrelih organskih gnojiva („priming“ efekt) značajno intenziviraju mikrobiološku razgradnju. U plodnim tlima optimalne vlažnosti godišnja mineralizacija N može biti > 2 % pa bi procjena mineralizacije u prvom primjeru bila 42, a u drugom primjeru 135 kg/ha N.

Sada su već razlike procijenjenih mineralizacija 114 kg/ha (135-21) što dodatno naglašava potrebu poznavanja svojstava tla (ali i održavanja plodnosti tala), utjecaja agroekoloških uvjeta na dinamiku mineralizacije, stanja ishranjenosti usjeva i raspoloživog N tijekom vegetacije.

### **Organska gnojidba**

Organska gnojidba utječe na intenziviranje mikrobioloških procesa i tako povećava mineralizaciju stabilne organske tvari u tlu („priming“ efekt), ali je i izravan izvor raspoloživog mineralnog dušika tijekom vegetacije. Dinamika razgradnje organskog gnojiva ovisi o zrelosti organskog gnojiva, ali i dinamici vlažnosti i temperature tla. Stoga je razgradnja značajno sporija u težim i hladnijim nego u lakšim, prozračnim i toplijim

tlima. U procjeni raspoloživosti N iz organskih gnojiva koristimo dvije polazne dinamičke razgradnje gnojiva:

1. trogodišnja dinamika na lakšim tlima: 50-30-20 % godišnje
2. četverogodišnja dinamika na težim tlima: 40-30-20-10 % godišnje.

Dinamiku također korigiramo zbog vlažnijih ili sušnih uvjeta, teksture tla, zbijenosti tla i kvalitete (zrelost i C/N odnos) organskog gnojiva.

Primjer izračuna raspoloživosti N iz organskog gnojiva 1:

U lagano tlo planirana je jesenska aplikacija 30 t/ha zrelog goveđeg stajskog gnojiva s 0,5 % N. Kolika je očekivana raspoloživost N (u kg N ha<sup>-1</sup>) iz stajskog gnojiva?

- (1) izračun ukupne mase unesenog N:  
 $30 \text{ t ha}^{-1} \times 5 \text{ kg t}^{-1} \text{ N} = 150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
- (2) izračun raspoloživosti N u prvoj godini nakon aplikacije:  
 $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} \times 50/100 = 75 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
- (3) izračun raspoloživosti N u drugoj godini nakon aplikacije:  
 $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} \times 30/100 = 45 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
- (4) izračun raspoloživosti N u trećoj godini nakon aplikacije:  
 $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} \times 20/100 = 30 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
- (5) izračun raspoloživosti N u četvrtoj godini nakon aplikacije:  
 $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} \times 0/100 = 0 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$

Primjer izračuna raspoloživosti N iz organskog gnojiva 2:

U glinovito tlo aplicirano je 10 t/ha zrelog peradskog stajskog gnojiva s 1,1 % N. Kolika je očekivana raspoloživost N (u kg N ha<sup>-1</sup>) iz stajskog gnojiva?

- (1) izračun ukupne mase unesenog N:  
 $10 \text{ t ha}^{-1} \times 1,1 \text{ kg t}^{-1} \text{ N} = 110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
- (2) izračun raspoloživosti N u prvoj godini nakon aplikacije:  
 $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} \times 40/100 = 44 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
- (3) izračun raspoloživosti N u drugoj godini nakon aplikacije:  
 $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} \times 30/100 = 33 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
- (4) izračun raspoloživosti N u trećoj godini nakon aplikacije:  
 $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} \times 20/100 = 22 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$
- (5) izračun raspoloživosti N u četvrtoj godini nakon aplikacije:  
 $110 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N} \times 10/100 = 11 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$

Moramo, međutim, znati da biljka neće usvojiti sav dušik unesen organskom gnojivom, dio zbog već opisanih gubitaka N iz tla (volatizacija, denitrifikacija, ispiranje), dio zbog ugradnje dijela N u stabilnu organsku tvar tla (humus), a dio zbog svojstava usjeva ili plodnosti tla (npr. slabije razvijen korijenov sustav). Tako će na manje plodnim

tlima biljka iskoristiti do 50 % N iz organskih gnojiva, a posebice ako je aplicirano nezrelo organsko gnojivo s većim udjelom amonijskog oblika dušika. Na plodnim tlima, uz aplikaciju zrelog stajskog gnojiva, biljka će iskoristiti do 80 % N iz stajskog gnojiva.

### **Dušična depresija**

Dušična depresija je pojava prolaznog nedostatka dušika zbog zaoravanja žetvenih ostataka širokog C/N odnosa. Naime, C/N odnos u slami i kukuruzovini može biti u širokom rasponu 80-120 (npr. 40 % C i 0,5 % N ili 45 % C i 0,375 % N), a u određenim proizvodnim uvjetima mogu biti i ekstremnije vrijednosti. Intenzivnom mikrobiološkom razgradnjom zbog značajne količine raspoložive energije u tlu (organski C u ostacima) porast će i potreba mikroorganizama za N. Što je C/N odnos širi (iznad 33), to će mikroorganizmi biti kompetitivniji u tlu i potrošiti veće količine mineralnog N. Na taj će način izravno konkurirati usjevu koji će prolazno biti izložen nedostatku dušika („dušična depresija“). Stoga se u izračunu gnojidbe dušikom izračunava potrebna količina N za mineralizaciju žetvenih ostataka ako postoji opasnost od dušične depresije.

Primjer izračuna „dušične depresije“:

Slama pšenice sadrži 40 % C i 0,5 % N. Zaorano je 5 t slame  $\text{ha}^{-1}$ . Mikroorganizmi za svoje potrebe asimiliraju 35 % C, a na asimiliranu količinu C koriste 10 % N. Koliki je dušični faktor i koliko  $\text{kg N ha}^{-1}$  treba dodati za mineralizaciju zaorane slame?

- (1) izračun potrebne količine C za mikroorganizme:  
 $40 \text{ kg C } 100 \text{ kg}^{-1} \times 35/100 = 14 \text{ kg C } 100 \text{ kg}^{-1} \text{ slame}$
- (2) izračun potrebne količine N za mikroorganizme:  
 $14 \text{ kg C } 100 \text{ kg}^{-1} \text{ slame} \times 10/100 = 1,4 \text{ kg N } 100 \text{ kg}^{-1} \text{ slame}$
- (3) izračun dušičnog faktora (količina N koja nedostaje):  
 $1,4 \text{ kg N } 100 \text{ kg}^{-1} - 0,5 \text{ kg N } 100 \text{ kg}^{-1} = 0,9 \text{ kg N } 100 \text{ kg}^{-1} \text{ slame}$
- (4) izračun potrebne količine dušika za mineralizaciju zaorane slame:  
 $0,9 \text{ kg N } 100 \text{ kg}^{-1} \text{ slame} \times 10 = 9 \text{ kg N } \text{t}^{-1} \text{ slame}$   
 $9 \text{ kg N } \text{t}^{-1} \text{ slame} \times 5 \text{ t } \text{ha}^{-1} = 45 \text{ kg N } \text{ha}^{-1}$

Zaoravanje slame nije tako čest slučaj jer je slama vrlo pogodna stelja, ali i zbog sve češćih drugih oblika uporabe slame. Međutim, na proizvodnoj površini može ostati značajna količina slame, što ovisi o načinu kombajniranja i visini strništa (5-25 cm). Prosječno na strništu ostane 1/5 do 1/4 slame. U tom se slučaju potrebna količina N za mineralizaciju slame kreće u rasponima 5-10 ili 10-15  $\text{kg/ha}$ , a potreba uračunavanja tih vrijednosti ovisi o plodnosti tla i dužini vegetacije usjeva. Što je tlo plodnije (intenzivnija mineralizacija) i vegetacija usjeva duža (kukuruz, šećerna repa), to je izvjesnije da će dušik dodan predstjetvenom gnojidbom ili prihranom biti dostatan za mineralizaciju malih količina žetvenih ostataka i tijekom vegetacije dostupan usjevu.

#### 4.2.4. Izračun potrebne gnojidbe fosforom

Izračun potrebne gnojidbe fosforom usmjeren je očuvanju plodnosti tla, tj. postizanju ili održavanju razine raspoloživosti fosfora u klasi dobro opskrbljenih tala (C klasa). Osnovni princip temelji se na ukupnoj bilanci fosfora i vrlo je jednostavan (tablica 9):

1. u jako siromašna (klasa A) i siromašna (klasa B) tla potrebno je unijeti više fosfora nego što je odneseno prinosom i žetvenim ostacima jer će se tako postupno podići razina raspoloživosti fosfora do dobre opskrbljenosti (klasa C)
2. u tla dobre opskrbljenosti (klasa C) dostatno je dodati količinu fosfora koja je odnesena prinosom jer će se tako održati ista razina raspoloživosti fosfora
3. u tla visoke opskrbljenosti (klasa D) dovoljno je unijeti manju količinu od prinosom odnesene jer će se tako razina raspoloživosti fosfora postupno snižavati do klase dobre opskrbljenosti (klasa C)
4. u tla jako visoke opskrbljenosti (klasa E) ne treba unositi fosfor jer je njegova raspoloživost dostatna.

**Tablica 9.** Osnovne vrijednosti za izračun gnojidbe fosforom

Klasa opskrbljenosti tla	Gnojidbom dodati u tlo u % od prinosom odnesenih količina $P_2O_5$
(A) Jako siromašno tlo	150 - 175
(B) Siromašno tlo	100 - 150
(C) Dobro opskrbljeno tlo	100
(D) Visoka opskrbljenost	50-75
(E) Jako visoka opskrbljenost	0

Primjer osnovnog izračuna potrebne gnojidbe fosforom 1:

Tlo u oraničnom sloju sadrži 10 mg/100 g  $P_2O_5$  uz izmjenjivi  $pH_{KCl} = 5,5$ . Planirana je sjetva kukuruza, a na temelju plodnosti tla, očekivanih agroekoloških uvjeta i izabranog hibrida planiran je ciljni prinos 11 t/ha zrna uz zaoravanje nadzemne mase kukuruzovine nakon berbe. Kolika je potrebna gnojidba fosforom?

- (1) Izračun odnošenja fosfora ciljnim prinosom zrna:

$$\text{Odnosenje } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = 11 \text{ t/ha} \times 5,5 \text{ kg/t zrna} = 55 \text{ kg/ha } P_2O_5$$

- (2) Izračun potrebne gnojidbe fosforom:

$$\text{Potrebna gnojidba } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = 55 \text{ kg/ha} \times 150/100 = 82,5 \text{ kg/ha } P_2O_5$$

U ovom je primjeru tlo siromašno fosforom (B klasa) i iz tablice 9 iščitavamo da je potrebna gnojidba 100-150 % količine koja će biti odnesena ciljnim prinosom. Prikazani rasponi u tablici 9 upućuju nas da je potrebno razmišljati i o drugim svojstvima tla osim analitički utvrđene raspoloživosti fosfora. Naime, izbor manjeg ili većeg %

(u ovom primjeru između 100 i 150 %) ovisi o potencijalnoj fiksaciji fosfora, teksturi tla, količini žetvenih ostataka, dinamici vlažnosti tla i ostalim svojstvima plodnosti tla.

### ***Niži pH i manja humoznost tla***

Ova svojstva tla naglašavaju opasnost fiksacije fosfora pa nije uputno povećavati količine fosfora u gnojdbi. Ipak, potrebno je podići razinu raspoloživosti fosfora, ali ne dodavanjem većih količina vodotopivih fosfatnih gnojiva, već prvo kalcizacijom dovesti pH u optimalnu razinu i organskom gnojdbom (peradski stajski gnoj, separat svinjske gnojovke i zelena gnojdba) poboljšati svojstva tla i istovremeno unijeti fosfor. S druge strane, u tlu je niska raspoloživost fosfora i u nepovoljnim sušnijim uvjetima usjev neće imati dovoljno fosfora na raspolaganju. U tom slučaju kao minimalnu vrijednost gnojdbne ne treba računati fiziološku potrebu samo za zrno kukuruza (55 kg/ha), već moramo voditi računa i o potrebi fosfora za rast stabljike, tj. vegetativne mase. Zbog potencijalne fiksacije fosfora u ovakvim tlima vodotopivi fosfati nisu optimalni izbor vrste fosfatnih gnojiva već sporije djelujući fosfati manje topivosti. To je, međutim, povećani rizik nedostatne raspoloživosti fosfora u nepovoljnim agroekološkim uvjetima. Konačno, možemo zaključiti da optimalna gnojdba ovakvih tala fosforom mora uključiti neutralizaciju suvišne kiselosti i organsku gnojdbu.

### ***Viši pH i manja humoznost tla***

I u ovakvim je uvjetima naglašena opasnost fiksacije fosfora, pa zadatak optimizacije gnojdbne uključuje optimizaciju pH tla i povećanje humoznosti. Organska gnojdba i dalje je neizostavna zbog potrebe povećanja humoznosti, ali i „humat“ efekta koji će smanjiti kemijsku fiksaciju fosfora. Nešto je otežana optimizacija pH reakcije tla jer nema tako učinkovitog i isplativog načina neutralizacije suvišne alkalnosti tla kao što je kalcizacija u slučaju neutralizacije suvišne kiselosti. Na raspolaganju nam ostaje izbor mjera i gnojiva koji zakiseljavaju tlo, a vrlo je značajan uzgoj leguminoza, aplikacija organskih gnojiva te aplikacija mineralnih gnojiva izrazito kisele rezidualne reakcije (npr. amonijev sulfat, amonijev klorid, amonijev sulfonitrat). Pogodnija su vodotopiva fosfatna gnojiva (superfosfat i tripleks), dvojno gnojivo MAP i druga kompleksna gnojiva iz grupe amofosa te amonijev nitrat (AN) za prihranu nego gnojiva s citrotopivom fosfatnom komponentom (precipitat, kompleksna gnojiva iz grupe nitrofosa) i kalcijev amonijev nitrat (KAN) za prihranu. Vrlo je pogodno u ovakvim uvjetima koristiti organomineralna gnojiva s povećanim udjelom fosfata.

### ***Optimalan pH***

Optimalna pH reakcija tla isključuje bojazan od kemijske fiksacije tla i manja je opasnost nedostatne raspoloživosti fosfora u tlu. Prihvatljiva su gnojdbena rješenja upo-

raba povećanih količina vodotopivih fosfatnih gnojiva (150-175 % odnesenih količina fosfora). Ipak, dugotrajno najkvalitetnije rješenje je kombinacija organske gnojidbe i mineralnih gnojiva vodotopivim ili citrotopivim oblicima fosfata.

Primjer osnovnog izračuna potrebne gnojidbe fosforom 2:

Tlo u oraničnom sloju sadrži 19 mg/100 g  $P_2O_5$  uz izmjenjivi  $pH_{KCl} = 6,0$ . Planirana je sjetva kukuruza, a na temelju plodnosti tla, očekivanih agroekoloških uvjeta i izabranog hibrida planiran je ciljni prinos 11 t/ha zrna uz zaoravanje nadzemne mase kukuruzovine nakon berbe. Kolika je potrebna gnojidba fosforom?

(1) Izračun odnošenja fosfora ciljnim prinosom zrna:

$$\text{Odnosnje } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = 11 \text{ t/ha} \times 5,5 \text{ kg/t zrna} = 55 \text{ kg/ha } P_2O_5$$

(2) Izračun potrebne gnojidbe fosforom:

$$\text{Potrebna gnojidba } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = 55 \text{ kg/ha} \times 100/100 = 55 \text{ kg/ha } P_2O_5$$

U ovom je primjeru tlo dobro opskrbljeno fosforom (C klasa) i iz tablice 9 iščitavamo da je potrebna gnojidba 100 % količine koja će biti odnesena ciljnim prinosom jer tako osiguravamo održavanje dobre opskrbljenosti tla fosforom. I ovdje vrijedi isti utjecaj pH vrijednosti i humoznosti tla na izračun optimalne gnojidbe i izbor topivosti gnojiva kako je navedeno u tumačenju prethodnog primjera. Međutim, opskrbljenost fosforom neće biti limitirajući činitelj prinosa, što nam ostavlja nešto slobode da u pojedinim vegetacijama smanjimo ili izostavimo gnojidbu mineralnim oblicima fosfora. Što je češća organska gnojidba, a posebno fosforom bogatim stajskim gnojivima i zelenom gnojdbom, to je opravdanija povremena redukcija gnojidbe mineralnim oblicima fosfora. Pri tome je vrlo važno da ukupna bilanca fosfora u dvogodišnjem razdoblju ne bude negativna, da ne smanjujemo humoznost tala, da održavamo optimalnu vlažnost tla i da obradom tla održavamo optimalne uvjete za razvoj korijenovog sustava, za razvoj mikoriza i općenito za mikrobiološku aktivnost. U takvim uvjetima možemo reducirati gnojidbu mineralnim fosforom što može smanjiti i troškove aplikacije zbog manjeg broja prohoda rasipačima.

Primjer osnovnog izračuna potrebne gnojidbe fosforom 3:

Tlo u oraničnom sloju sadrži 30 mg/100 g  $P_2O_5$  uz izmjenjivi  $pH_{KCl} = 6,5$ . Planirana je sjetva kukuruza, a na temelju plodnosti tla, očekivanih agroekoloških uvjeta i izabranog hibrida planiran je ciljni prinos 11 t/ha zrna uz zaoravanje nadzemne mase kukuruzovine nakon berbe. Kolika je potrebna gnojidba fosforom?

(1) Izračun odnošenja fosfora ciljnim prinosom zrna:

$$\text{Odnosnje } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = 11 \text{ t/ha} \times 5,5 \text{ kg/t zrna} = 55 \text{ kg/ha } P_2O_5$$

(2) Izračun potrebne gnojidbe fosforom:

$$\text{Potrebna gnojidba } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = 55 \text{ kg/ha} \times 50/100 = 27,5 \text{ kg/ha } P_2O_5$$

Na tlima visoke opskrbljenosti fosforom (D klasa) racionalno je provoditi gnojdbu fosforom manju od količine iznesene prinosom. Pri tome će nas optimalni pH i humoznost usmjeravati dodatnoj redukciji mineralne gnojdbu fosforom (< 50 %), a nešto nepovoljnija pH reakcija i manja humoznost unosu veće količine fosfora (npr. 75 %). Također, pH reakcija utječe na optimalnu topivost fosfatne komponente u gnojivu i na optimalnu rezidualnu reakciju mineralnih gnojiva.

Budući da raspoloživost fosfora nije limitirajući činitelj proizvodnje, ukupnu bilancu fosfora možemo računati u razdoblju 4-5 godina. Pri tome će negativna bilanca fosfora oko 50 kg/ha rezultirati smanjenjem raspoloživosti fosfora u tlu oko 0,5-1,0 mg/100 g  $P_2O_5$  (utvrđeno AL-metodom) na plodnim srednje teškim i teškim tlima. Na lakšim tlima manje plodnosti i humoznosti ista bilanca fosfora može smanjiti raspoloživost fosfora oko 2,0 mg/100 g  $P_2O_5$ .

Primjer osnovnog izračuna potrebne gnojdbu fosforom 4:

Tlo u oraničnom sloju sadrži 50 mg/100 g  $P_2O_5$  uz izmjenjivi  $pH_{KCl} = 6,0$ . Planirana je sjetva kukuruza, a na temelju plodnosti tla, očekivanih agroekoloških uvjeta i izabranog hibrida planiran je ciljni prinos 11 t/ha zrna uz zaoravanje nadzemne mase kukuruzovine nakon berbe. Kolika je potrebna gnojdba fosforom?

(1) Izračun odnošenja fosfora ciljnim prinosom zrna:

$$\text{Odnosnje } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = 11 \text{ t/ha} \times 5,5 \text{ kg/t zrna} = 55 \text{ kg/ha } P_2O_5$$

(2) Izračun potrebne gnojdbu fosforom:

$$\text{Potrebna gnojdba } P_2O_5 \text{ (kg/ha)} = 55 \text{ kg/ha} \times 0/100 = 0 \text{ kg/ha } P_2O_5$$

U ovakvim uvjetima visoke opskrbljenosti tla fosforom (E klasa) gnojdba fosforom nije preporučljiva, a svakako nije potrebna. Uz slične agrotehničke primjere kroz 5 godina bez gnojdbu mineralnim fosfatnim gnojivima raspoloživost fosfora u tlu bila bi otprilike između 42 (tla manje plodnosti) i 47 mg/100 g (plodnija tla). Također, optimalni su izbori organskih gnojiva na ovakvim tlima goveđi i konjski stajski gnoj, tj. goveđa i svinjska gnojnica.

Konačno, izračun gnojdbu fosforom treba slijediti sljedeća pravila:

1. ukupnu bilancu fosfora prilagoditi klasi opskrbljenosti tla
2. razdoblje izračuna bilance prilagoditi plodnosti tla
3. kondicioniranjem tla (i agrotehnikom) optimizirati pH tla
4. organskom gnojdbom povećati humoznost tla
5. izbor topivosti fosfatnih gnojiva prilagoditi pH reakciji tla.

#### 4.2.5. Izračun potrebne gnojdbu kalijem

Izračun potrebne gnojdbu kalijem također slijedi obrazac usmjeren očuvanju plodnosti tla, tj. postizanju ili održavanju razine raspoloživosti kalija u klasi dobro opskrbljenih tala (C klasa). Osnovni princip temelji se na ukupnoj bilanci kalija (tablica 10):



1. u jako siromašna (klasa A) i siromašna (klasa B) tla potrebno je unijeti više kalija nego što je odneseno prinosom i žetvenim ostatcima jer će se tako postupno podići razina raspoloživosti kalija do dobre opskrbljenosti (klasa C)
2. u tla dobre opskrbljenosti (klasa C) dostatno je dodati količinu kalija koja je odnesena prinosom jer će se tako održati ista razina raspoloživosti kalija
3. u tla visoke opskrbljenosti (klasa D) dovoljno je unijeti manju količinu od prinosom odnesene jer će se tako razina raspoloživosti kalija postupno snižavati do klase dobre opskrbljenosti (klasa C)
4. u tla jako visoke opskrbljenosti (klasa D) ne treba unositi kalij jer je njegova raspoloživost dostatna.

**Tablica 10.** Osnovne vrijednosti za izračun gnojidbe kalijem

Klasa opskrbljenosti tla	Gnojdbom dodati u tlo u % od prinosom odnesenih količina $K_2O$
(A) Jako siromašno tlo	125 - 150
(B) Siromašno tlo	100 - 125
(C) Dobro opskrbljeno tlo	100
(D) Visoka opskrbljenost	50-75
(E) Jako visoka opskrbljenost	0

Primjer osnovnog izračuna potrebne gnojidbe kalijem 1:

Srednje teško tlo u oraničnom sloju sadrži 10 mg/100 g  $K_2O$ . Planirana je sjetva ječma, a na temelju plodnosti tla, očekivanih agroekoloških uvjeta i izabranog hibrida planiran je ciljni prinos 7 t/ha zrna uz odvoz slame nakon žetve. Kolika je potrebna gnojidba kalijem?

(1) Izračun odnošenja kalija ciljnim prinosom zrna:

$$\text{Odnosenje } K_2O \text{ zrnom (kg/ha)} = 7 \text{ t/ha} \times 5,7 \text{ kg/t zrna} = 40,0 \text{ kg/ha } K_2O$$

$$\text{Odnosenje } K_2O \text{ slamom} = 6 \text{ t/ha} \times 10,0 \text{ kg/t zrna} = 60,0 \text{ kg/ha } K_2O$$

(2) Izračun potrebne gnojidbe kalijem:

$$\text{Potrebna gnojidba } K_2O \text{ (kg/ha)} = 100 \text{ kg/ha} \times 150/100 = 150 \text{ kg/ha } K_2O$$

U ovom je primjeru tlo jako siromašno kalijem (A klasa) i iz tablice 10 iščitavamo da je potrebna gnojidba 125-150 % količine koja će biti odnesena ciljnim prinosom. Pored rezultata AL-metode, najveći utjecaj na optimalnu gnojidbu kalijem ima tekstura tla. Na laganim tlima treba opreznije (postupnije) provoditi povećanje raspoloživosti kalija povećanom gnojdbom zbog manjeg adsorpcijskog kapaciteta tla. Na težim tlima veća je opasnost od fiksacije kalija selektivno vezujućim sekundarnim mineralima glina te je manja učinkovitost gnojidbe kalijem.

Ostali primjeri izračuna gnojidbe kalijem analogni su primjerima gnojidbe fosforom sa središnjom ulogom teksturne klase tla umjesto pH reakcije.

Organska gnojidba vrlo je značajan izvor raspoloživog kalija. Najpogodnija gnojiva za podizanje raspoloživosti kalija u tlu su goveđa gnojnica, svinjska gnojnica, konjski i goveđi kruti stajski gnoj, zelena gnojidba i zaoravanje žetvenih ostataka.

Primjer izračuna raspoloživosti  $K_2O$  iz organskog gnojiva:

Aplicirano je 35 t/ha zrelog goveđeg stajskog gnojiva s 0,7 %  $K_2O$ . Kolika je očekivana raspoloživost  $K_2O$  (u  $kg K_2O ha^{-1}$ ) iz stajskog gnojiva u srednje teškom tlu?

- (1) izračun ukupne mase unesenog  $K_2O$ :  
 $35 t ha^{-1} \times 7 kg t^{-1} K_2O = 245 kg ha^{-1} K_2O$
- (2) izračun raspoloživosti  $K_2O$  u prvoj godini nakon aplikacije:  
 $245 kg ha^{-1} K_2O \times 40/100 = 98 kg ha^{-1} K_2O$
- (3) izračun raspoloživosti  $K_2O$  u drugoj godini nakon aplikacije:  
 $245 kg ha^{-1} K_2O \times 30/100 = 73,5 kg ha^{-1} K_2O$
- (4) izračun raspoloživosti  $K_2O$  u trećoj godini nakon aplikacije:  
 $245 kg ha^{-1} K_2O \times 20/100 = 49 kg ha^{-1} K_2O$
- (5) izračun raspoloživosti  $K_2O$  u četvrtoj godini nakon aplikacije:  
 $245 kg ha^{-1} K_2O \times 10/100 = 24,5 kg ha^{-1} K_2O$

Kalij je u mineralnim gnojivima u vodotopivom obliku pa njihov izbor ovisi o osjetljivosti usjeva na kloridni anion. Za gnojidbu osjetljivih usjeva (duhan, krumpir) najbolji je izbor kalijev sulfat, patent kalij, magnesia kainit i sirove kalijeve soli langbeinit i šeininit. Za ostale su usjeve optimalni izbor kalijev klorid, korn kalij i sirove kalijeve soli silvit, silvinit, kainit i karnalit.

U tlima nedostatne raspoloživosti Mg, optimalan izbor kalijevih gnojiva su korn kalij, patent kalij, magnesia kainit, obogaćena kainitna sol, kiserit s kalijevim sulfatom i sirove kalijeve soli langbeinit, šeininit, kainit i karnalit.

Izračun gnojidbe kalijem treba slijediti sljedeća pravila:

1. ukupnu bilancu kalija prilagoditi klasi opskrbljenosti tla
2. razdoblje izračuna bilance prilagoditi plodnosti tla, a posebice teksturi
3. organskom gnojdbom povećati humoznost tla
4. lakša tla niske raspoloživosti kalija kondicionirati glaukonitom i zeolitima
5. na tlima siromašnim kalijem povećati uporabu tekućih organskih gnojiva i obavezno zaoravati žetvene ostatke
6. izbor kalijevih gnojiva prilagoditi osjetljivosti usjeva na kloridni anion i opskrbljenosti tla izmjenjivim Mg.

---

## Opća literatura

- Bush-Brown C. Louise, Bush-Brown James (1996): America's garden book, New York, SAD.
- FAO (2011.): Production and consumption of fertilizers. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. [faostat.fao.org](http://faostat.fao.org)
- Filipović, I., Lipanović, S. (1995): Opća i anorganska kemija. Zagreb, Hrvatska.
- Finck, A. (1982.): Fertilizers and Fertilization: Introduction and Practical Guide to Crop Fertilization. Weinheim; Deerfield Beach, Florida; Basel: Verlag Chemie, 1982.
- Government gazette (2012.): Regulations regarding fertilizers. No. 35666. Department of Agriculture, Forestry and Fisheries. South Africa.
- Gowariker, V., Krishnamurthy, V.N., Gowariker, S., Dhanorkar, M., Paranjape, K. (2009.): The Fertilizer Encyclopedia. Published by John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey. USA.
- Hrvatska norma (2001.): Gnojiva i tvari za kalcifikaciju i poboljšivači tla – Rječnik – 1. - dio: Opći nazivi (EN 12944-1:1999)
- Hrvatska norma (2001.): Gnojiva i tvari za kalcifikaciju i poboljšivači tla – Rječnik – 2. - dio: Nazivi koji se odnose na gnojiva (EN 12944-2:1999)
- Karalić, K. (2009): Doktorski rad Utvrđivanje potrebe u kalcizaciji i utjecaj kalcizacije na status hraniva u tlu. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek, Hrvatska.
- Lončarić, Z., Popović, B., Ivezić, V., Karalić, K., Manojlović, M., Čabilovski, R., Lončarić, R. (2014): Mineralna i organska gnojidba na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima u pograničnome području Hrvatske i Srbije. Zbornik radova 49. hrvatskog i 9. međunarodnog simpozija agronoma. Marić, S., Lončarić, Z. (ur.). Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku, Osijek. 77-81.
- Lončarić, Z., urednik (2013.): Uzorkovanje tla i biljke za agrokemijske i pedološke analize. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek.
- Lončarić, Z. (2012): Interni materijali za modul Organska gnojiva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek, Hrvatska.
- Lončarić, Z.; Lončarić, R.; Teklić, T.; Engler, M.; Karalić, K. i Popović, B. (2005.): Komputorski model izrade preporuka gnojidbe i ekonomske analize ekološke biljne proizvodnje, Zbornik radova, 40. Znanstveni skup hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem, Opatija, str. 151 – 152.

- 
- Lončarić, Z., Vukadinović, V., Bertić, B. i Teklić, T. (2003): The Optimizing of N-Fertilization by Soil Organic Matter Mineralization, Proc. 14.-th Intl. Symposium of Fertilizers CIEC, Debrecen, Hungary 22-25 June. P. 112-118.
- Miljković, N. (2005): Meliorativna pedologija. Poljoprivredni fakultet Novi Sad. Novi Sad, Srbija.
- Ministarstvo poljoprivrede (2013): Tehnološke upute za integriranu proizvodnju ratarskih kultura za 2013. godinu. Zagreb.
- Narodne novine (2003): Zakon o gnojivima i poboljšivačima tla. NN 163/03. Zagreb, Hrvatska.
- Narodne novine (2007): Zakon o izmjenama i dopunama Zakona o gnojivima i poboljšivačima tla. NN 40/07. Zagreb, Hrvatska.
- Narodne novine (2001): Pravilnik o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda. NN 91/01. Zagreb, Hrvatska.
- Narodne novine (2007): Pravilnik o izmjenama i dopunama Pravilnika o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda. NN 10/07. Zagreb, Hrvatska.
- Plimmer, J. R., Gammon, D. W., Ragsdale, N. N. (2003.): Encyclopedia of agrochemicals. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, USA.
- Power, J.F., Prasad, R. (1997.): Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. CRC Press. Boca Raton, Florida, USA.
- Rengel, Z. (2013): Improving water and nutrient-use efficiency in food production systems. Wiley-Blackwell. Ames, Iowa, USA. Oxford, UK.
- Rhodes J. Christopher (2007): Zeolites: Physical Aspects and Environmental Applications. Annual Reports on the Progress of Chemistry, Section C: Physical Chemistry. 103: 287-325.
- Službeni list Europske unije (2003): Uredba o gnojivima. (EZ) br. 2003.
- TSO (2010.): Fertiliser Manual (RB 2009). 8<sup>th</sup> edition. Published by TSO (The Stationery Office). Norwich, UK. [www.defra.gov.uk](http://www.defra.gov.uk)
- Vukobratović, M. (2008): Proizvodnja i ocjena kvalitete kompostiranih stajskih gnojiva. Doktorski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek, Hrvatska
- Vukadinović, V., Bertić, B. (2013): Filozofija gnojidbe. Sve što treba znati o gnojidbi. Autorska naklada. Osijek.

---

Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek.

Vukadinović, V., Bertić, B. (1989.): Praktikum iz ishrane bilja i agrokemije. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta u Osijeku. Osijek.

Zumdahl, S. Steven (2009). Chemical Principles, 6. izdanje. Houghton Mifflin Company. Boston, SAD

<http://rruff.info/doclib/hom/glaucanite.pdf>, 03.01.2014.

<http://www.extension.iastate.edu/newsrel/2004/feb04/feb0429.html>, 04.01.2014.

<http://www.onlinesand.co.uk/horticultural-sand.htm>, 28.12.2013.

<http://www.seedman.com/plantage.htm>, 27.12.2013.

[http://www.vermiculite.org/pdf\\_word/Vermiculite\\_Horticultural\\_Brochure](http://www.vermiculite.org/pdf_word/Vermiculite_Horticultural_Brochure), 03.01.2014.

## Definicije i objašnjenje pojmova

**Ambalaža** - spremnik koji se može zapečatiti, koji se koristi za držanje, zaštitu, rukovanje i distribuciju gnojiva i ne smije sadržavati više od 1 000 kg.

**Anorgansko gnojivo** - gnojivo u kojem se deklarirane hranjive tvari u obliku minerala dobivaju ekstrakcijom i fizikalnim i/ili kemijskim industrijskim postupcima. Po dogovoru se među anorganska gnojiva mogu uvrstiti kalcijev cijanamid, urea i njihovi kondenzirani i pridruženi proizvodi i gnojiva koja sadrže kelirane ili kompleksne mikro-hranjive tvari.

**Deklaracija** - izjava o količini hranjivih tvari, uključujući njihove oblike i topivost, zajamčenih unutar specificiranih odstupanja.

**Deklarirani udio** - udio elementa ili njegovog oksida koji se, u skladu sa zakonodavstvom Zajednice, nalazi na etiketi EZ gnojiva ili na relevantnom pratećem dokumentu.

**Dozvoljeno odstupanje** - dopušteni otklon izmjerene vrijednosti udjela hranjivih tvari od njihove deklarirane vrijednosti.

**Europska norma** - CEN (Europski odbor za normizaciju) norme, koje su službeno priznate od Zajednice i čija referencija je objavljena u Službenom listu Europskih zajednica.

**Folijarno (lisno) gnojivo** - gnojivo koje je pogodno za primjenu na i unos hranjivih tvari preko lišća usjeva.

---

**Gnojivo** - materijal čija je glavna funkcija biljkama pružiti hranjive tvari.

**Gnojivo u suspenziji** - dvofazno gnojivo gdje su krute čestice suspendirane u tekućoj fazi.

**Jednostavno (pojedinačno) gnojivo** - dušično, fosfatno ili kalijevo gnojivo s navedenim udjelom samo jedne primarne hranjive tvari.

**Kelirane ili kompleksne mikro-hranjive tvari** - mikro-hranjive tvari koje sadrže jednu od deklariranih kelirajućih ili kompleksirajućih organskih molekula.

**Kompleksno gnojivo** - složeno gnojivo, koje se dobiva kemijskom reakcijom, otapanjem, ili kad je u krutom stanju granulacijom, s navedenim udjelom najmanje dvije primarne hranjive tvari. U krutom stanju svaka granula sadrži sve hranjive tvari u njihovom deklariranom sastavu.

**Miješano gnojivo** - gnojivo koje se dobiva suhim miješanjem nekoliko gnojiva, bez kemijske reakcije.

**Mikro-hranjive tvari** - bor, kobalt, bakar, željezo, mangan, molibden i cink, koji su nužni za rast biljaka u količinama koje su male u usporedbi s onima koje dolaze od primarnih i sekundarnih hranjivih tvari.

**Otopina gnojiva** - gnojivo u tekućem obliku koje nema krute čestice.

**Primarne hranjive tvari** - dušik, fosfor i kalij.

**Proizvođač gnojiva** - fizička ili pravna osoba koja je odgovorna za stavljanje gnojiva na tržište; posebice, proizvođač, uvoznik, pakiratelj koji radi za vlastiti račun ili bilo koja osoba koja mijenja karakteristike gnojiva, smatrat će se proizvođačem. Ipak, distributer koji ne promijeni karakteristike gnojiva, neće se smatrati proizvođačem.

**Rasuto stanje** - gnojiva koja nisu pakirana kako je propisano Uredbom EZ 2003/2003.

**Sekundarne hranjive tvari** - kalcij, magnezij, natrij i sumpor.

**Složeno gnojivo** - gnojivo s navedenim udjelom najmanje dvije primarne hranjive tvari, a dobiva se kemijskim putem ili miješanjem ili kombinacijom toga dvoga.

**Tekuće gnojivo** - gnojivo u obliku suspenzije ili otopine.

**Tip gnojiva** - gnojiva s oznakom uobičajenog tipa prema popisu tipova EZ gnojiva.