

Prednosti i nedostaci organskih i mineralnih gnojiva

Nenadović, Lara

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:151:806265>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-03**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Lara Nenadović

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Hortikultura

Prednosti i nedostaci organskih i mineralnih gnojiva

Završni rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Lara Nenadović

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Hortikultura

Prednosti i nedostaci organskih i mineralnih gnojiva

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu završnog rada:

1. Prof. dr. sc. Irena Jug, mentor
2. Izv. prof. dr. sc. Boris Đurđević, član
3. Prof. dr. sc. Danijel Jug, član

Osijek, 2018.

TEMELJNA DOKUMENTACJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet Agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, Hortikultura

Završni rad

Lara Nenadović

Prednosti i nedostaci organskih i mineralnih gnojiva

Sažetak: Gnojidba je agrotehnički zahvat neophodan za postizanje visokih i stabilnih prinosa te isplativosti ulaganja i rada u biljnoj proizvodnji. Povoljni efekt gnojidbe je povećanje plodnosti tla što se u konačnici odražava i na visinu prinosa. Gnojiva prema načinu proizvodnje dijelimo na prirodna (organska) i sintetska (mineralna) te svako od njih ima svoje prednosti i nedostatke. Organska gnojiva poboljšavaju svojstva tla ujedno povećavajući i raspoloživost svih hraniva te smanjujući eroziju na nagnutim površinama. Primjena organskih gnojiva u periodu bez vegetacije može izazvati ekološke probleme (npr. ispiranje nitrata). Intenzivna poljoprivreda ovisi o velikim količinama mineralnih gnojiva, što rezultira povećanjem produktivnosti hrane. Uporaba mineralnih gnojiva značajno poboljšava kakvoću i količinu hrane, iako njihova dugotrajna i nekontrolirana primjena može izazvati ekološke probleme (onečišćenje tla, voda i zraka) te se povezuje s degradacijom prirodnih resursa. Štetne posljedice primjene mineralnih gnojiva mogu se djelomično ublažiti njihovom zamjenom organskim gnojivima koja pomažu popravljanju strukture tla, boljem zadržavanju vode i hranjivih tvari u tlu, većoj biogenosti (porast populacije korisnih mikroorganizama) i dulje djeluju u odnosu na mineralna.

Ključne riječi: gnojidba, organska gnojiva, mineralna gnojiva, prednosti, nedostaci

23 stranica, 1 tablica, 0 grafikona i 11 slika, 18 literaturnih navoda

Završni rad je pohranjen u Knjižnici fakulteta Agrobiotehničkih znanosti Osijek i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova fakulteta Agrobiotehničkih znanosti Osijek

BASICDOCUMENTATIONCARD

Josip Jurja Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate university study Agriculture, course Horticulture

BSc Thesis

Lara Nenadović

Advantages and disadvantages of organic and mineral fertilizers

Summary: Fertilization is an agrotechnical procedure indispensable for achieving high and stable yields and the profitability of investments and work in plant production. Favorable effects of fertilization are an increase in soil fertility, which ultimately reflects on the height of yields. According to the method of production, fertilizers are divided into the natural (organic) ones and the synthetic (mineral) ones and either type has its pros and cons. Organic fertilizers improve soil properties as well as increase availability of all nutrients and decrease erosion on sloping areas. The application of organic fertilizers during a period without vegetation can cause ecological problems (e.g. nitrate leaching). Intensive agriculture depends on large amounts of mineral fertilizers, which results in an increase in food production. The use of mineral fertilizers considerably improves food quality and quantity, although their long-term and uncontrolled usage can cause ecological problems (soil, water and air pollution) and has been linked to the degradation of natural resources. Adverse effects of the usage of mineral fertilizers can be partially alleviated by using organic fertilizers which help improve the structure of soil, better the retention of water and nutrients in the soil, bigger biogenity (an increase in the population of beneficial microorganisms) and act longer than mineral fertilizers.

Keywords: fertilization, organic fertilizers, mineral fertilizers, advantages, disadvantages

23 pages, 1 table, 11 figures, 18 references

Sadržaj

1. UVOD	1
2. ORGANSKA GNOJIVA	3
2.1. Vrste organskih gnojiva	4
2.2. Prednosti organskih gnojiva	9
2.3. Nedostaci organskih gnojiva	10
3. MINERALNA GNOJIVA	12
3.1. Podjela mineralnih gnojiva	12
3.2. Prednosti mineralnih gnojiva	16
3.3. Nedostaci mineralnih gnojiva	17
4. ZAKLJUČAK	21
5. POPIS LITERATURE	23

1. UVOD

Poput svih živih organizama, biljke su izgrađene od stanica unutar kojih se događaju brojne metaboličke biokemijske reakcije i fiziološki procesi, odgovorni za njihov rast, razvoj i razmnožavanje. Rast biljaka povezan je s tvorbom organske tvari, odnosno tvorbom biološkog i poljoprivrednog prinosa.. Za postizanje visokih i stabilnih prinosa, neophodno je provoditi gnojidbu – agrotehnički zahvat koji povećava produktivnost uloženog rada u proizvodnji ali i produktivnost tla. Svrha gnojidbe ogleda se u nadoknadi hraniva kako bi se zadovoljile potrebe biljaka za ostvarenje visokih i stabilnih prinosa te u poboljšanju nepovoljnih svojstava tla. Sve tvari organskog ili mineralnog porijekla koje obogaćuju tlo aktivnim tvarima, djeluju na povećanje plodnosti antropogenog tla i na povećanje biološkog prinosa, nazivaju se gnojiva.

Određivanje doze gnojiva, njegove vrste, vremena primjene i načina gnojidbe mora se temeljiti na znanstveno-stručnim spoznajama o raspoloživosti i odnosima hraniva u tlu, fiziološkim potrebama biljke, ekonomičnosti proizvodnje te intenzitetu i smjeru utjecaja pojedinog agroekološkog čimbenika. Uslijed visoke opskrbljenosti tla hranivima (npr. luksuzna gnojidba) može doći do niza negativnih posljedica kao to je toksičnosti, indukcija deficita drugih hraniva, utjecaj na tvorbu hormona, sklonost oboljenjima, smanjena tolerantnost na nepovoljne klimatske prilike itd.

Intenzivna poljoprivreda ovisna je o velikim količinama mineralnih gnojiva, što je globalno rezultiralo višestrukim povećanjem produktivnosti hrane. Premda uporaba mineralnih gnojiva značajno poboljšava kakvoću i količinu hrane, njihova dugotrajna i nekontrolirana primjena često izaziva ekološke probleme (onečišćenje tla, voda i zraka) te se povezuje s pogoršanjem strukture tla, reduciranjem mikroflora, onečišćavanjem voda, kao ljudske i stočne hrane.

Usputni štetni efekti primjene mineralnih gnojiva mogu se dijelom umanjiti njihovom zamjenom organskim gnojivima koja, osim unosa biogenih elemenata, pomažu u popravljaju strukture tla, boljem zadržavanju vode i hranjivih tvari u tlu, većoj biogenosti (porast populacije korisnih mikroorganizama) i dulje djeluju u odnosu na mineralna (imaju tzv. produžni efekt).

Cilj rada je na metodičan način prikazati prednosti i nedostatke organskih i mineralnih gnojiva te njihovih pozitivnih i negativnih učinaka na biljke i okoliš. Poznavanjem prednosti

i nedostataka mineralnih i organskih gnojiva smanjuje se njihov štetan utjecaj kako na okoliš tako i na kvalitetu poljoprivrednih proizvoda.

2. ORGANSKA GNOJIVA

Organska gnojiva su heterogena skupina koja se razlikuje po svojim svojstvima ovisno o materijalu od kojeg je nastala. Općenito, organska gnojiva su raznovrsne smjese biljnih i/ili životinjskih ostataka i izlučevina te njihovih preradevina različitog stupnja razloženosti i stabilnosti, koje koristimo s ciljem unošenja organske tvari i biljnih hraniva u tlo. Prema Lončarić i sur. (2015.) različita kvaliteta organskih gnojiva proizlazi ne samo iz raznovrsnosti organskih tvari i načina tvorbe gnojiva koji rezultiraju različitim sadržajima hraniva, već i iz stupnja zrelosti, stabilizacije mikrobioloških procesa i bioraspodivnosti hraniva u organskim gnojivima. Osnovna zajednička svojstva svih organskih gnojiva su da sadrže sva biljkama potrebna hraniva, da imaju produženo djelovanje, da utječu pozitivno na biogenost tla te da povećavaju sadržaj organske tvari u tlu čime se smanjuje rizik od ispiranja hraniva s adsorpcijskog kompleksa tla. Prema Lončariću i sur. (2015.) organska gnojivost je uporaba biljnih ostataka, životinjskih ostataka i izlučevina i njihovih smjesa s ciljem unošenja organske tvari, glavnih hraniva (N-P-K), sekundarnih (Ca, Mg, S) i mikrohraniva u različitim odnosima u poljoprivredno tlo.

Prema Vukadinović i Vukadinović (2011.) organska gnojiva se dijele u nekoliko grupa:

- gnojiva bazirana na tresetu: treset, kompostirana kora drveća, minimalne koncentracije hraniva te organske tvari,
- otpad životinjskog podrijetla: rogovi koštano brašno, krvno brašno,
- gnojiva na bazi otpadnog materijala biljnog ili industrijskog podrijetla: uljne pogače soje, uljane repice, masline ili suncokreta,
- gnojiva na bazi komunalnog otpada: muljevi iz otpadnih voda, biogeni i vrtni komposti kod kojih treba paziti da ne prelaze dopuštenu koncentraciju teških metala.

Isti autori naglašavaju kako primjena organskih gnojiva poboljšava svojstva tla, posebice strukturu što ima za posljedicu bolji vodozračni odnos, veću retenciju vode, veću raspoloživost svih hraniva te jača otpornost na eroziju na nagnutim površinama. Također, primjena organskih gnojiva u razdoblju kad je tlo bez vegetacije ili kada biljke nemaju potrebu za usvajanje hranjivih tvari, može izazvati ekološke probleme kao što su ispiranje nitrata i kalija na lakšim terenima. (Vukadinović i Vukadinović, 2011.)

Organska gnojivost ima višestruki učinak na tlo i poljoprivrednu proizvodnju, prvenstveno je to izravan fertilizacijski učinak dodavanjem različitih količina i odnosa biljci

raspoloživih glavnih, sekundarnih i mikrohraniva. Zatim je to produžni fertilizacijski učinak stvaranjem fonda organske tvari i hraniva koja se postupno mobiliziraju, tj. razlažu u biljci raspoložive oblike i naposljetku je tokondicionerski učinak popravljivanja svojstava tla koji se ogleda kroz: intenziviranje mikrobioloških procesa, povećanje raspoloživosti hraniva, smanjenje kemijske fiksacije fosfora, smanjenje opasnosti od ispiranja hraniva, očuvanje humoznosti tla i povećanje sposobnosti neutralizacije stresnih uvjeta (Lončarić i sur., 2015.).

2.1. Vrste organskih gnojiva

Organska gnojiva dijelimo u nekoliko skupina ovisno od materijala od kojeg su nastala (biljni ili životinjski) i načina na koji ih primjenjujemo. Tu pripadaju različite vrste stajskih gnojiva i komposta, posebna organska gnojiva, itd. Organska gnojiva dijelimo na:

- kruti stajski gnoj
- gnojovku ili polutekući stajski gnoj
- gnojnicu ili tekući stajski gnoj
- kompost
- lumbripost
- prerađeni gradski otpad
- sušena organska gnojiva
- tekuća organska gnojiva
- posebna organska gnojiva
- zelena gnojidba.

Kruti stajski gnoj smjesa je krutih i tekućih izlučevina domaćih životinja, tj. fecesa i urina sa steljom odnosno prostirkom, a sadrži prosječno 65% do 75% vode (Slika 1.). Uloga stelje je upijanje tekućih izlučevina, a materijal koji se može koristiti je najčešće slama, piljevina, kukuruzovina, itd. Sastav stajskog gnojiva zavisi od vrste domaćih životinja, načinu njihove ishrane i vrste stelje, pa je stoga kemijski sastav i uporabna vrijednost stajnjaka različita. Veće količine stajnjaka osjetno povećavaju sadržaj organske tvari u tlu i mikrobiološku aktivnost. Stanje razgrađenosti stelje određuje svojstva stajnjaka što je vrlo značajno za raspodjelu gnojiva, ali i za svojstva humusa (npr. stelja od lišća daje kiseli humus). Brzina razlaganja stajnjaka u tlu značajno utječe i na mobilizaciju hraniva.

Gnojovka ili polutekući stajski gnoj je smjesa krutih i tekućih izlučevina domaćih životinja koji se ne drže na stelji odnosno prostirci već se koriste moderniji sustavi uzgoja kojipodrazumijevaju rešetkaste ili slično uređene podnice staja. Gnojovka sadrži 85-90% vode.

Gnojnica ili tekući stajski gnoj je smjesa urina, vode, tvari koje nastaju razlaganjem urina te vrlo malih količina krutih čestica. Nastaje pri uzgoju domaćih životinja na stelji koja ne upija urin u potpunosti već se on skuplja u jamama za gnojnicu.



Slika 1: Zreli kruti stajski gnoj

<https://i1.wp.com/www.gnojidba.info/wp-content/uploads/2013/06/Stajski-gnoj-1.jpg>

Komposti su gnojiva dobivena iz različitih organskih ostataka izmiješanih s tvarima mineralnog podrijetla: vapno, pepeo, mineralna gnojiva (organomineralni komposti), i dr.

U procesu kompostiranja, koje se odvija pod utjecajem termofilne mikroflore i biokemijskih procesa, svježa organska tvar podliježe prvo dekompoziciji, a zatim procesima sličnim tvorbi humusa.

Postoje različite faze kompostiranja prema razvijenoj temperaturi (Trautmann i Krasny, 1998.): 1. Mezofilna faza koja traje samo nekoliko dana te se događa brza razgradnja topivih šećera i škroba, zatim slijedi termofilna faza pri 40-70 stupnjeva celzijusa u kojoj se razlažu proteini, masti, celuloza i hemiceluloza, te mezofilna faza u kojoj se odvijaju

dugotrajni i spori procesi degradacije lignina i ostalih rezistentnih komponenti i stvaraju se stabilne humusne komponente (Slika 2.),(Lončarić i sur., 2015.).



Slika 2: Kompostna hrpa

http://www.lerotic.de/eko/kompost_files/kompost02d.jpg

Organsko gnojivo koje je proizvedeno biološkom razgradnjom organske tvari kroz probavni sustav zemljišnih gujavica (npr. kalifornijskih glista) naziva se lumbripost (Milaković i sur., 2003.), vermikompost(Lončarić i sur., 2005.) (Slika 3.) ili biohumus (Manukovsky i sur., 2001.). Nepovoljna svojstva stajskog gnojiva (visok pH, visoka biološka potreba za kisikom, fitotoksični spojevi) neutraliziraju se vermikompostiranjem, koje je vrlo korisno jer se u kratkom vremenu proizvodi organsko gnojivo bogato humificiranim tvarima. Lumbripostakumulira značajne koncentracije makro i mikro hraniva, neutralne je pH reakcije, povoljnog konduktiviteta, niskog C/N odnosa koji implicira zrelost i vrlo niskog odnosa dušika i nitrata što minimizira opasnost gubitka dušika volatilizacijom amonijaka. (Lončarić i sur.,2015.).



Slika 3: Vermikompost

<https://www.ireceptar.cz/res/archive/240/028640.jpg?seek=1385557754>

Sideracija ili zelena gnojidba je inkorporacija zelene mase usjeva u tlo (Slika 4.). Sadržaj organske tvari u tlu je karakteristična i stabilna veličina, zavisna od klime i kemijsko-fizikalnih svojstava tla te se zato zelenom gnojdbom ne povećava direktno sadržaj humusa, već se povećava biogenost tla (Jug, 2013.). Najveće značenje sideracije je povećanje dušika u tlu i to bez utroška energije. Najčešće se zaoravaju leguminozne biljke koje životnom aktivnošću kvržičnih bakterija vežu atmosferski dušik. Ostali pozitivni učinci sideracije su: sprječavanje površinske erozije, poboljšanje fizikalnih svojstava tla (retencija za vodu, aeracija), sprječavanje ispiranja hraniva (konzervacija), itd. (Jug, 2013.).

Najčešće se provodi u vrijeme cvatnje usjeva koji tada ima dovoljno mase i najpovoljniji je odnos lako razgradivih tvari, dušika i pepela s jedne strane, kojih treba biti dovoljno, te lignina i celuloze s druge strane, kojih treba biti što manje. Za sideraciju se koriste biljke relativno brzog porasta te razgranatog i učinkovitog korijenovog sustava koji u tlu transformira manje pristupačne oblike hraniva u biljci raspoloživa hraniva. (Lončarić i sur., 2015.).



Slika 4: Zelena gnojidba

http://pinova.hr/media/34/2014/08/07/dc45279d691e493bf53d0ccd8cde7026_e9313706f95cf857a2cae00d3f71b77c_crop.jpg

Fertilizacijski značaj zelene gnojidbe (Tablica 1.) najveći je pri inkorporiranju leguminoza zbog simbiotske fiksacije atmosferskog dušika. Izuzetno veliki značaj sideracija ima kao kondicioner tla zbog prevođenja biljnih hraniva u pristupačne oblike, povećanja biogenosti i mikrobiološke aktivnosti tla, obogaćivanja tla organskom tvari, sprečavanja površinske erozije i poboljšanje fizikalnih svojstava tla.

Tablica 1. Utjecaj zelene gnojidbe na porast prinosa strnih žitarica

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

Izvor: Poljoprivredni institut Osijek (www.poljin.hr), (Lončarić, 2015.)

2.2. Prednosti organskih gnojiva

Prema brojnim autorima, organska gnojiva imaju vrlo važnu ulogu u popravljanju strukture tla, odnosa vode i zraka u tlu te toplinskih svojstava tla. Prema Vukadinović i Jug (2015.) i Vukadinović i Vukadinović (2015.) organska gnojiva djeluju povoljno na kemijska, biološka i fizikalna svojstva tla.

Han i sur. (2016.) su u svom istraživanju utvrdili kako organska gnojiva značajno povećavaju vrijednost pH tla kao i koncentraciju dušika, pristupačnog fosfora i izmjenjivo vezanog kalija, kalcija i magnezija. Mineralna gnojiva su snizila pH vrijednost tla kao i koncentraciju izmjenjivo vezanog kalcija, dok na koncentraciju dušika i magnezija nisu utjecala. Koncentracija kalija i fosfora je bila značajno povećana.

S obzirom kako je organska tvar prisutna u organskim gnojivima, njihovom primjenom poboljšava se struktura tla što značajno utječe na povećanje kapaciteta za vodu i hraniva. Organska tvar, kao izvor energije za mikroorganizme, predstavljena organskim gnojivom omogućuju povećanje populacije mikroorganizama čime se povećava biogenost tla. Procesi humifikacije odnosno sinteze humusa su ubrzani te raste sadržaj humusa u tlu čime tlo postaje plodnije.

Biogeni elementi, kojise u određenoj koncentraciji nalaze u organskim gnojivima, se sporo oslobađaju (mineralizacija organske tvari - proces oslobađanja elemenata iz organske tvari u pristupačne oblike, a podrazumijeva razgradnju humusa od vrlo složenih organskih tvari do niskih molekularnih organskih spojeva koje biljka može usvajati korijenom) do oblika koji su biljkama pristupačni. Zbog toga nema opasnosti od prekomjerne koncentracije bilo kojeg elementa budući da razgradnju organske tvari obavljaju mikroorganizmi i to samo kad su uvjeti za to povoljni (temperatura, vlaga, pH i dr.).

Organska gnojiva sadrže manju količinu mineralnih elemenata što omogućuje uravnoteženu ishranu bilja, a zbog svoje niske koncentracije ne izazivaju nutritivni stres odnosno solni udar.

Djelovanje organskih gnojiva je produženo, odnosno, organska gnojiva djeluju dugotrajno tijekom više godina što je povoljno jer ne dolazi do ispiranja biogenih elemenata iz područja razvoja korijena odnosno iz rizosfere zbog adsorpcije na organomineralni koloidni kompleks tla. Na ovaj način umjereno stimuliraju rast bilja u duljem vremenskom periodu.

Organska gnojiva djeluju pozitivno na povećanje otpornost biljaka na pojavu bolesti i štetočina. Ujedno su korisna za okoliš jer nakon njihove razgradnje, odnosno mineralizacije, nema značajnih količina štetnih ostataka te nisu podložna ispiranju (gubici površinskim kretanjem vode kod jačih oborina i/ili navodnjavanja).

Biološku raznolikost čine organizmi tla koji svoj životni ciklus, u potpunosti ili djelomice, provode ili u tlu ili na njegovoj površini, a odgovorni su za procese vrlo važne za zdravlje i plodnost tla. Najmanji, najraznovrsniji i najrasprostranjeniji organizmi u tlu su mikroorganizmi, koji su u mogućnosti razgraditi gotovo svaku organsku tvar prevodeći ju u biljci pristupačne oblike hraniva. Organska gnojiva potiču život u tlu (biogenost tla) od mikroorganizama (gljive i bakterije), preko mikrofaune do mezofaune (gujavice) koji se hrane organskom tvari i utječu na bolju aeriranost i dreniranost. U poljoprivrednim tlima uobičajeno se mogu naći dvije grupe: bakterije i mikorizne gljive. U agroekoosustavu, biološka raznolikost tla je vrlo važan regulator dekompozicije, kruženja hraniva, dinamike organske tvari tla, putova kretanja i infiltracije vode u tlu, retencije vode u tlu, smanjenja opasnosti od erozije, itd. (Jug, 2016.). U svojim istraživanjima utjecaja višegodišnje gnojidbe na aktivnost i sastav zajednice mikroba u tlu, Brancioni i sur. (2016.) su utvrdili kako se primjenom organskih gnojiva značajno povećala mikrobiološka biomasa i brojčanost različitih zajednica.

Organska se gnojiva mogu obogaćivati mineralnim gnojivima i tako prilagoditi formulaciju različitim biljnim vrstama. Murmu i sur. (2013.) su utvrdili povećanje produktivnosti usjeva, učinkovitiju iskoristivost dušika i poboljšanje zdravlja tla prilikom primjene organskih gnojiva komparirajući ih sa mineralnim.

2.3. Nedostaci organskih gnojiva

Organska gnojiva imaju i određene nedostatke koji mogu biti direktni ili uvjetni. Prema Vukadinović i Jug (2015.) nedostaci organskih gnojiva su ogledaju kroz nemogućnost opskrbljivanja biljaka dostatnom količinom hraniva u periodu vegetacije kada biljke imaju najveće potrebe za hranivima.

U hladnijim uvjetima (tijekom kasne jeseni, zime ili ranog proljeća) posebno je izraženo sporo otpuštanje hranjivih tvari. U periodu izvan vegetacije, može doći do onečišćenja okoliša, posebice dušikom koji se mineraliziran, ukoliko nije usvojen od strane biljke, ispire u podzemne vode i druge vodotokove. Kako bi se ovaj nedostatak izbjegao, praksa je

da se organska gnojiva unose jednom godišnje, ili jednom u više godina, u pravilu u najhladnijem dijelu godine, kako bi se izbjeglo „preopterećenje“ tla hranjivim tvarima.

Proces mineralizacije, ovisan je o aktivnosti mikroorganizama te je stoga i usvajanje oslobođenih biogenih elemenata uvjetovano njihovom aktivnošću. U uvjetima niske biogenosti tla i/ili niske aktivnosti mikroorganizama (prisutnost visoke ili niske temperature, suvišak ili manjak vode u tlu, nepovoljan pH, itd.) raspoloživost hraniva je nedostatna za postizanje visokih prinosa.

Organska gnojiva su skuplja od mineralnih jer u sebi sadrže nižu koncentraciju aktivne tvari te ih je potrebno primijeniti u daleko većim količinama nego mineralna gnojiva (više desetaka tona organskog gnojiva po hektaru).

Od nedostataka, važno je istaći i otežanu primjenu organskog gnojiva ponajprije zbog njegovog oblika (često je to velika, rastresita i nehomogena masa, a peletiranje jako poskupljuje njihovu primjenu). Ukoliko je organsko gnojivo u tekućem obliku, tada je nužna primjena posebnih aplikatora.

Dolaskom zelene revolucije u poljoprivredi, izgubila su se mješovita gospodarstva odnosno ratarska proizvodnja je najčešće odvojena od stočarske što uvjetuje smanjenu upotrebu organskih gnojiva.

Ukoliko se organsko gnojivo ne skladišti i ne primjenjuje pravilno, može doći do velikih gubitaka, posebice kada je riječ o dušiku.

Organska gnojiva mogu uzrokovati probleme kada se koriste kao svježe gnojivo zbog pojave tzv. dušične depresije, ali isto tako mogu biti izvor širenja korova sjemenom, zatim izvor raznih bolesti i štetočina.

3. MINERALNA GNOJIVA

Za razliku od organskih gnojiva, mineralna gnojiva su pretežno soli dobivene preradom prirodnih materijala i proizvodi koji sadrže elemente neophodne za rast i razvoj biljaka te za postizanje visokih i stabilnih prinosa (Jug, 2013.). Osnovna svojstva mineralnih gnojiva su:

- koncentracija hraniva (aktivne tvari)
- higroskopsnost
- granulacija
- fiziološka reakcija gnojiva
- topivost gnojiva

3.1. Podjela mineralnih gnojiva

Prema Vukadinović i Vukadinović (2011.) gnojiva se dijele prema podrijetlu, namjeni, sastavu i načinu proizvodnje i prema svojoj funkciji.

Prema funkciji, mineralna gnojiva se dijele na:

- Izravna ili direktna gnojiva: gnojiva koja se vrlo brzo hidroliziraju u tlu do oblika u kojem ga biljka usvaja; sadrže hranjive elemente u obliku soli (mineralnih) koji se mogu direktno usvajati nakon hidrolize
- Neizravna ili indirektna: gnojiva koja sadrže biogene elemente ali u obliku koji biljci nije odmah raspoloživ za usvajanje (npr. gips)
- Kompletna ili potpuna gnojiva: u sebi sadrže sve bitne elemente potrebne za rast i razvoj biljaka
- Nepotpuna gnojiva: u sebi sadrže samo jedan od primarnih elemenata (N, P ili K) ili dva primarna elementa (N i P, Ni K, P i K)
- Miješana gnojiva: dobivaju se fizičkim miješanjem pojedinačnih gnojiva u odgovarajućim količinama

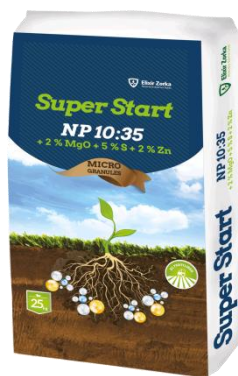
Prema vremenu unošenja, mineralna gnojiva dijelimo na:

- Osnovna gnojiva
- Startna gnojiva
- Gnojiva za prihranu

Osnovna gnojiva su gnojiva koja se unose u tlo prilikom osnovne obrade, startna gnojiva se unose neposredno prije ili za vrijeme sjetve, dok se gnojiva za prihranu dodaju tijekom vegetacijskog perioda.

Mineralna gnojiva mogu sadržavati jedan ili više hranjivih elemenata te se prema tome dijele na: pojedinačna gnojiva (ili jednostavna, sadrže samo N ili P ili K) i složena gnojiva (Slika 5. i Slika 6.), koja mogu biti: a) dvojna gnojiva (NP, NK ili PK gnojiva)

b) trojna ili potpuna gnojiva (NPK gnojiva)



Slika 5: Složeno dvojno gnojivo (dušik i fosfor)

http://cerera-agro.hr/wp-content/uploads/2017/10/cerera-agro-SuperStart_10_35.png



Slika 6: Složeno dvojno gnojivo (fosfor i kalij)

<https://www.njuskalo.hr/image-bigger/sve-ostalo/mineralno-gnojivo-pk-20-30-slika-89759712.jpg>

Pojedinačno gnojivo može biti dušično (Slika 7. i 8.), fosfatno(Slika 9.) ili kalijevo gnojivo(Slika 10.), odnosno gnojivo koje ima deklarirani udio samo jednog od tri primarna hraniva. Za svako je pojedinačno gnojivo propisan minimalni udio hraniva odnosno aktivne tvari.

Za razliku od primarnih, složena gnojiva su gnojiva s deklariranim udjelom, najmanje dva primarna hraniva, a dobivaju se kemijskim putem (kompleksna gnojiva) ili miješanjem (miješana gnojiva), ili njihovom kombinacijom. Složena gnojiva su potpuna ili trojna ukoliko sadrže N, P ili K, a ukoliko nedostaje jedno od tri glavna hraniva tada govorimo o dvojnomo gnojivu. Trojno složeno kruto gnojivo mora imati udio hraniva (aktivnu tvar) minimalno 20% ($N+P_2O_3+K_2O$),pri čemu udio dušikamora biti minimalno 3%, a udio fosfora i kalija minimalno po 5%.

Dvojno složeno gnojivo mora imat udio hraniva minimalno 18%. NP gnojivo mora imati minimalno 3% N i 5% P_2O_5 ,a NK gnojivo min.3% N i5% K_2O . Složena mineralna gnojiva prema sastavu ili prema načinu proizvodnje dijele se nakompleksna i 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. (Lončarić i Karalić, 2015.).



Slika 7: Pojedinačno dušično gnojivo KAN

https://www.eurovrt.hr/media/catalog/product/cache/1/image/9df78eab33525d08d6e5fb8d27136e95/g/n/gnojivo_kan.jpg



Slika 8: Pojedinačno dušično gnojivo UREA

<https://s7.pik.ba/galerija/2017-05/13/01/slika-718065-5916eb782f378-default.jpg>



Slika 9: Visoko koncentrirano tekuće fosforno gnojivo

<https://i0.wp.com/www.gnojidba.info/wp-content/uploads/2016/09/Niuper-75.jpg?w=500>



Slika 10: Kalijevo gnojivo

<https://i2.wp.com/www.gnojidba.info/wp-content/uploads/2014/07/Final-K-etiketa.png>

3.2. Prednosti mineralnih gnojiva

Mineralna gnojiva su lako dostupna te se najčešće koriste u praksi. Proizvode se u različitim formulacijama (ili se to može postići njihovim miješanjem) te su stoga prilagođena za sve biljne vrste i namjene kao i u bilo kojem periodu godine. Primjenjuju se kao:

- gnojiva za osnovnu gnojidbu,
- gnojiva za startnu gnojidbu
- gnojiva za prihranu,
- gnojiva za folijarnu gnojidbu – gnojidba putem lista,
- gnojiva za fertirigaciju (navodnjavanje+ gnojidba)
- gnojiva za kemigaciju (navodnjavanje+ gnojidba + zaštita usjeva).

Mineralna gnojiva su brzodjelujuća jer se hraniva nalaze u mineralnom obliku te je njihov učinak vidljiv vrlo brzo, već u roku od 1 – 2 tjedna.

Relativno su jeftina, lako i jednostavno se raspodjeljuju zbog granulacije (granulirana gnojiva se manje sljepljuju, sipka su i ne dolazi do prašenja prilikom njihove primjene,

imaju manju dodirnu površinu sa česticama tla pa se postupno otapaju što predstavlja značajan izvor hraniva za biljke).

Mineralna gnojiva mogu biti i u obliku peleta, tekućina, tableta, s omotačima za sporo otpuštanje hraniva, sa ili bez balasta i dr.).

Prema Widjajanto (1996.) mineralna gnojiva imaju mnoge prednosti u usporedbi s ostalim vrstama gnojiva. Neke od prednosti, koje autor navodi su: visok protok nitrata pri ukorjenjivanju biljke u tlo, visoka razina pristupačnosti i mogućnosti usvajanja dušika tijekom vegetacije, povećanje produktivnosti tla i mogućnost lakšeg postizanja izbalansirane gnojidbe.

3.3. Nedostaci mineralnih gnojiva

Većina mineralnih gnojiva su topiva u vodi što ujedno omogućuje i visoku stopu gubitaka. Prema Vukadinović i Jug (2015.) oko 1/3 dušika gubi se kretanjem vode u tlu (mass flow) ili difuzijom (kretanje od veće koncentracije na mjestu primjene do područja koje je izvan zone korijena ili do podzemne vode).

Dušična mineralna gnojiva imaju kratko vrijeme djelovanja jer se dušik u mineralnim gnojivima nalazi ili u nitratnom ili u amonijačnom obliku. Zbog brze transformacije dušika u tlu dolazi do povećanja mogućnosti njegovog premještanja iz rizosfere i značajnih gubitaka putem ispiranja nitrata. U uvjetima velike vlažnosti i descendentnog kretanja vode nitrati se premještaju zajedno s vodom i dospijevaju u podzemne vode što uzrokuje onečišćenje okoliša s jedne strane, a s druge – trajno su izgubljeni za biljku. Amonijačni dušik se lagano gubi volatilizacijom (kao amonijak u plinovitom stanju). Prema Widjajantu (1996.) mineralna gnojiva značajno utječu na emisiju amonijaka, kiselost tla i veliko ispiranje nitrata.

Mineralna gnojiva nisu strukturni dio tla pa povećavaju produktivnost tla jedino povećanjem raspoloživosti hraniva, ali bez poboljšanja njegovih fizikalno-kemijsko-bioloških svojstava.

Chand i sur. (2006.) su u svom istraživanju utvrdili kako upotreba kombinacije mineralnih i organskih gnojiva značajno povećava koncentraciju dušika, fosfora i kalija u tlu i to za 36% - dušika, 129% - fosfora i 65% - kalija.

Kaur i sur. (2005.) su uspoređivali utjecaj mineralnih gnojiva i mješavine mineralnih i organskih gnojiva na neka svojstva tla u uzgoju pšenice i sirka te utvrdili kako organska gnojiva povećavaju sadržaj organskog ugljika, dušika, fosfora i kalija u tlu što je vrlo značajno u tropskom ratarenju gdje je izražen nedostatak organske tvari.

Pri nepravilnoj uporabi (neadekvatna količina, vrijeme te mjesto primjene gnojiva) mineralna gnojiva mogu značajno smanjiti plodnost tla, npr. stimulacijom aktivnostimikroorganizama koji potom ubrzano razgrađuju organsku tvar u tlu što u duljem vremenskom periodu dovodi do iscrpljivanja tla. Učinci pogrešnog korištenja gnojiva mogu biti direktni i indirektni. Najočitiiji izravan učinak je vidljiv u vodotokovima, gdje nitrati, herbicidi i hormoni rasta imaju velik utjecaj na zdravlje svih organizama koji tamo žive. Postoje i neizravni učinci, poput okolišnih problema zbog eutrofikacije vode, gdje se nutritivan sadržaj u tim okruženjima povećava uzrokujući proliferaciju algi i time smanjuje kisik u vodi što dovodi do ugibanja ostalih organizama kojima je potreban kisik (Slika 11.).

Upotrebom dušičnih mineralnih gnojiva može doći do forsiranja vegetativnog rasta, što može rezultirati većom potrebom košnje ili orezivanja vinograda i voćnjaka, produljivanjem vegetacijskog perioda, porastom žetvenog indeksa i/ili smanjivanjem merkantilnog udjela.

U uvjetima nepravilne, prekomjerne ili pogrešne primjene mineralnih gnojiva, koja su po kemijskom sastavu uglavnom soli, povećava se opasnost od štetnih posljedica. Suvišak hraniva izaziva nutritivni stres, osmotski ili solni stres, a u dodirus lišćem mogu izazvati dehidraciju tkiva, opekotine i defolijaciju, odnosno, gubitak lišća.

Jedan od nedostataka mineralnih gnojiva je i u nedostatku Ca, Mg i S, kao i mikroelemenata u mnogim visoko koncentriranim mineralnim gnojivima te ih je stoga potrebno posebno primjenjivati.

Mineralna gnojiva često izazivaju ekološke probleme zbog gubitaka koja nastaju ispiranjem (posebice na lakim, propusnim tlima), slabe retencijske sposobnosti za vodu i zadržavanje hraniva u zoni korijena te su često uzrok onečišćenja vode fosforom (pojava eutrofikacije). Najštetnije su neizravne posljedice mineralnih gnojiva koje su povezane s visokim energetske troškovima proizvodnje i transporta te emisije ugljikovog dioksida.

Miješanjem gnojiva u svrhu postizanja potrebne formulacije zahtjeva poznavanje kemijskih svojstava gnojiva. Naime, neka mineralna gnojiva se ne smiju miješati zbog pojavnosti neželjenih kemijskih reakcija koje mogu značajno utjecati na gubitak hraniva ili

na pogoršanje kemijskih i fizikalnih svojstava u odnosu na polazne komponente (tzv. antagonizam gnojiva) visoka je potrošnja energije za proizvodnju mineralnih gnojiva, posebice dušičnih.

Mineralna gnojiva mogu ozbiljno utjecati na okoliš. Prije svega, proizvodnja mineralnih gnojiva troši puno energije. Proizvodnja jedne tone amonijaka zahtijeva ekvivalent od jedne tone prirodnog plina. Ovaj proces također ima ogroman utjecaj na emisije CO₂, ambalažni otpad, transport i distribuciju od nekoliko izvora do mnoštva odredišta diljem svijeta.

U zadnjih pedeset godina, poljoprivredna proizvodnja nastavila je rasti. Rezultati su bili vrlo razorni i iznenađujući za okoliš. Resursi za proizvodnju gnojiva smanjuju se, primjerice:

- Kalij koji se izlučuje iz određenih vrsta stijena progresivno se iskorištava
- Fosfor se u 80% slučajeva koristi za proizvodnju gnojiva diljem svijeta, a biljke ga apsorbiraju manje od 20%, ostatak fosfora se ispruje, završava u kanalizaciji ili ostaje u tlu



Slika 11: Eutrofikacija vode

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/7/74/River_algae_Sichuan.jpg/1200px-River_algae_Sichuan.jpg

4. ZAKLJUČAK

Gnojidba, kao jedna od agrotehničkih mjera, je neophodna za postizanje visokih i stabilnih prinosa te isplativosti ulaganja i rada u biljnoj proizvodnji. Povoljni efekt gnojidbe je povećanje plodnosti tla što se odražava i na visinu prinosa. Gnojiva dolaze u velikom broju različitih oblika i svako gnojivo ima svoje prednosti, ali i nedostatke. Organska gnojiva povoljno djeluju na kemijska, biološka i fizikalna svojstva tla; povećavaju biogenost tla, u uvjetima pravilnog skladištenja i pravilnog odabira vremena njegove primjene - nisu štetna za okoliš, nisu podložna ispiranju, umjereno stimuliraju rast biljaka u duljem vremenskom periodu, jačaju otpornost biljaka na pojavu bolesti i štetočina, sporo otpuštaju biogene elemente što onemogućava pojavu nutritivnog stresa, djeluju dugotrajno sprječavajući ispiranje elemenata biljne ishrane iz područja rizosfere te se mogu obogaćivati mineralnim gnojivima i na taj način prilagoditi svoju formulaciju potrebama biljaka.

Nedostatak organskih gnojiva je sporo otpuštanje hranjivih tvari, posebice u hladnijim uvjetima što nije usklađeno s potrebama biljaka, raspoloživost biogenih elemenata je nedostatna za veće prinose te su, zbog niske koncentracije aktivne tvari, potrebne velike količine gnojiva kako bi se zadovoljile potrebe biljaka. Primjena organskih gnojiva je često otežana zbog njihovog oblika (velika, rastresita i često nehomogena masa), a peletiranje jako poskupljuje njihovu primjenu. Tekuće vrste organskog gnoja, gnojovka i gnojnica moraju se primjenjivati posebnim strojevima (aplikatorima). Nedostatak organskih gnojiva je nedostatna količina gnojiva uvjetovana odvajanjem stočarske i ratarske proizvodnje. Pri nepravilnom skladištenju i primjeni vrlo su visoki gubici, posebice dušika. Organska gnojiva koja nisu u potpunosti kompostirana mogu uzrokovati probleme kada se koriste kao svježe gnojivo zbog pojave tzv. dušične depresije, širenja korova sjemenom, bolesti i štetočina i dr.

Intenzivna poljoprivreda ovisna je o velikim količinama mineralnih gnojiva, što je globalno rezultiralo višestrukim povećanjem produktivnosti hrane. Premda uporaba mineralnih gnojiva značajno poboljšava kakvoću i količinu hrane, njihova dugotrajna i nekontrolirana primjena često izaziva ekološke probleme (onečišćenje tla, voda i zraka) te se povezuje s pogoršanjem strukture tla, reduciranjem mikroflore, onečišćavanjem voda, itd.

Mineralna gnojiva su posvuda dostupna i najčešća su vrsta gnojiva u praksi. Proizvode se u različitim formulacijama te su prilagođena za sve biljne vrste i namjene. Učinak mineralnih

gnojiva je vidljiv u relativno kratkom vremenu, relativno su jeftina; zbog granulacije se lako i jednostavno raspadaju ili unose aplikatorima u tlo.

Većina mineralnih gnojiva topiva su u vodi te su mogući visoki gubitci hraniva. Mineralna gnojiva povećavaju produktivnost tla povećanjem raspoloživosti hraniva, ali bez poboljšanja njegove strukture. Pri nepravilnoj uporabi mogu smanjiti plodnost tla, npr. stimulacijom aktivnosti mikroorganizama koji potom ubrzano razgrađuju organsku tvar u tlu, što u duljem vremenskom periodu iscrpljuje tlo. Forsiranje vegetativnog rasta, posebice N-gnojivima, može rezultirati većom potrebom košnje ili orezivanja vinograda i voćnjaka, produljivanjem vegetacijskog perioda, porastom žetvenog indeksa i/ili smanjivanjem poljoprivrednog prinosa. Kod nepravilne, prekomjerne ili pogrešne primjene mineralnih gnojiva vrlo je visoka opasnost od štetnih posljedica jer suvišak pojedinih elemenata izaziva nutritivni, osmotski ili solni stres, a u kontaktu s lišćem: dehidrataciju tkiva, opekotine i gubitak lišća.

Sekundarni elementi ishrane (Ca, Mg i S), kao i mikroelementi često nisu prisutni u mnogim visoko koncentriranim mineralnim gnojivima te ih je potrebno posebno primjenjivati. Izazivaju često ekološke probleme zbog gubitaka ispiranjem, posebice na lakim, propusnim tlima koja imaju slabi retencijski kapacitet za vodu i zadržavanje hraniva u zoni korijena. Vrlo često su mineralna gnojiva razlog eutrofikaciji voda. Nepravilnim skladištenjem i miješanjem gnojiva dolazi do gubitaka biogenih elemenata ili pogoršanja njihovih fizikalno-kemijskih svojstava. Jedan od nedostataka mineralnih gnojiva je i visoka potrošnja energije za njihovu proizvodnju.

Pravilna primjena mineralnih i organskih gnojiva omogućuje biljci iskorištavanje genetskog potencijala u najvećoj mogućoj mjeri, provodeći pri tome principe održivosti čime se ostvaruju visoki i stabilni prinosi uz očuvanje prirodnih resursa.

5. POPIS LITERATURE

1. Chand S, Anwar M, Patra DD. (2006.): Influence of long-term application of organic and inorganic fertilizer to build up soil fertility and nutrient uptake in mint-mustard cropping sequence. *Commun Soil Sci Plant Anal.* 37(1-2):6376.
2. Epstein E., (1997.): *The science of composting.* Technomic Publishing Company.
3. Han, SH, Ji Young An, Jaehong Hwang, Se Bin Kim & Byung Bae Park (2016.): The effects of organic manure and chemical fertilizer on the growth and nutrient concentrations of yellow poplar (*Liriodendron tulipifera* Lin.) in a nursery system, *Forest Science and Technology*, 12:3, 137-143, DOI: 10.1080/21580103.2015.1135827
4. Jug, D (2018.): Biogenost tla-bioraznolikost ekosustava
http://ljesnjak.pfos.hr/~jdanijel/nastava/radovi/09_Biogenost%20tla%20-%20bioraznolikost%20agroekosustava.pdf Datum pristupa: 17.08.2018.
Jug, I (2013.): Supstrati i gnojidba. Nastavni materijal iz modula „Osnove tloznanstva i biljne proizvodnje.“
<http://ishranabilja.com.hr/literatura/tloznanstvo/Supstrati%20i%20gnojidba.pdf>.
Datum pristupa: 29.08.2018.
5. Kaur K, Kapoor KK, Gupta AP. (2005.): Impact of organic manure with and without mineral fertilizers on soil chemical biological properties under tropical conditions. *J Plant Nutr Soil Sci.* 168(1):117122.
6. Lončarić Z., Karalić K., (2015.): Mineralna gnojiva i gnojidba ratarskih usjeva. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek.
7. Lončarić Z., Parađiković N., Popović B., Lončarić R., Kanisek J., (2015.): Gnojidba povrća, organska gnojiva i kompostiranje. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek.
8. Lončarić, Z., Engler, M., Karalić, K., Lončarić, R., Kralik, D. (2005). Ocjena kvalitete vermikompostiranog goveđeg stajskog gnoja. *Poljoprivreda*, 11 (1), 57-63.
9. Manukovsky, N.S., Kovalev, V.S., Gribovskaya, I.V. (2001.): Two-stage biohumus production from inedible potato biomass. *Bioresource Technology* 78: 273-275.
10. Milaković, Z., Bukvić, Ž., Parađiković, N., Šeput, M., Krstanović, V. (2003.): Influence of Lumbricostand mineral fertilizers on biogenesis of soil at sugar beet growing. *Listy Cukrovarnicke a Reparske* 119: 271-274.

11. Murmu K, Swain DK, Ghosh BC. (2013.): Comparative assessment of conventional and organic nutrient management on crop growth and yield and soil fertility in tomato-sweet corn production system. Aust J Crop Sci. 7(11):16171626.
12. Vukadinović V., Bertić B., (2013.): Filozofija gnojidbe, Autorska naklada.
13. Vukadinović, V.(2013.): Organska tvar tla. Nastavni materijal iz modula „Pedologija i mikrobiologija“ <http://pedologija.com.hr/literatura/Pedologija/Humus.pdf>, Datum pristupa: 17.08.2018
14. Vukadinović, V., Jug, I. (2015): Mineralna ili organska gnojiva? 28.07.2015.<http://www.ekopoduzetnik.com/tekstovi/mineralna-ili-organska-gnojiva-18727/>. Datum pristupa: 29.08.2018.
15. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja. Sveučilišni udžbenik. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
16. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2014.): Osnovno o gnojivima i gnojidbi http://ishranabilja.com.hr/literatura/ishrana_bilja/Osnovno_o_gnojivima_i_gnojidbi.pdfDatum pristupa: 13.08.2018.
17. Vukadinović,V. Vukadinović, V. (2015.): Prednosti i nedostaci mineralnih i organskih gnojiva. http://tlo-i-biljka.eu/gnojidba/Gnojiva_min_org.pdfDatum pristupa: 10.08.2018.
18. Widjajanto D.W. (1996.): Environmental advantages and disadvantages of different sources of nitrogen in agricultural systems. In: Rodriguez-Barrueco C. (eds) Fertilizers and Environment. Developments in Plant and Soil Sciences, vol 66. Springer, Dordrecht, pp 253-257