

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nives Batrnek

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Agroekonomika

Gospodarenje dušikom u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji

Završni rad

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Nives Batrnek

Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda

Smjer Agroekonomika

Gospodarenje dušikom u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji

Završni rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

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

Osijek, 2022.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek
Preddiplomski sveučilišni studij Poljoprivreda, smjer Agroekonomika

Završni rad

Nives Batrnec

Gospodarenje dušikom u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji

Sažetak:

Ekološka poljoprivredna proizvodnja ima veliku ulogu u očuvanju prirodnih resursa i bioraznolikosti. Kako bi ostvarili stabilne prinose i sigurnu hranu u ekološkoj poljoprivredi potrebno je primijeniti optimalne doze dušika kao jednog od glavnih prinosotvornih elemenata. Dušik je vrlo pokretan element koji prolazi razne transformacije, te vrlo lako može izgubiti iz tla. U ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji se za gnojidbu dušikom u najvećoj mjeri koriste gnojiva kao što su stajska gnojiva, komposti i zelena gnojidba. Od velike je važnosti da se organska gnojiva skladište na pravilan način kako ne bi došlo do gubitka dušika ili zagađenja okoliša, ali također da se primjenjuju u dozama koje su propisane i u skladu s načelima dobre poljoprivredne prakse. Suvišak dušika može značajno negativno utjecati na okoliš ali i samu uzgajanu biljku, stoga je važno pravilno gospodarenje dušikom kako bi se spriječila zagađenja u prirodi.

Ključne riječi: dušik, ekološka poljoprivredna proizvodnja, hranjive tvari, gnojivo, leguminoze.

22 stranice, 6 tablica, 10 slika, 1 grafikona, 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.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek
Undergraduate University Study Agriculture, course Agroecconomics

BSc Thesis

Nitrogen management in organic farming

Summary:

Ecological agricultural production plays a major role in the preservation of natural resources and biodiversity. In order to achieve stable yields and food security in ecological agriculture, it is necessary to apply optimal doses of nitrogen as one of the main yield-generating elements. Nitrogen is a very mobile element that undergoes various transformations and can easily be lost from the soil. In ecological agricultural production, fertilizers such as animal manure, composts and green manure are mostly used for nitrogen fertilization. It is of great importance that organic fertilizers are stored in a proper way so that there is no loss of nitrogen or environmental pollution, but also that they are applied in prescribed doses and in accordance with the principles of good agricultural practice. An excess of nitrogen can have a significant negative impact on the environment as well as on the cultivated plant itself, therefore it is important to properly manage nitrogen in order to prevent pollution in nature.

Keywords: nitrogen, ecological agricultural production, nutrients, fertilizer, legumes

22 pages, 6 tables, 10 figures, 1 charts, 18 references

BSc Thesis is archived in Library of Faculty of Agricultural Biotechnology Sciences Osijek and in digital repository of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. DUŠIK	2
2.1. Dušik u tlu.....	4
2.2. Kruženje dušika u prirodi	5
3. EKOLOŠKA POLJOPRIVREDNA PROIZVODNJA	10
3.1. Ekološka poljoprivredna proizvodnja u Republici Hrvatskoj	11
4. GOSPODARENJE DUŠIKOM U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVRENOJ PROIZVODNJI.....	12
4.1. Stajska gnojiva.....	13
4.2. Zelena gnojidba	16
4.3. Simbiotska fiksacija dušika	18
5. ZAKLJUČAK.....	20
6. POPIS LITERATURE.....	21

1. UVOD

Biljkama za život neophodna je Sunčeva energija, voda te hranive tvari. Hranive tvari dijele se na makroelemente i mikroelemente. Jedan od najvažnijih hraniva koji se svrstava u primarne makroelemente je dušik (N_2) koji ima važnu ulogu u rastu i razvoju biljaka te predstavlja jedan od najvažnijih prinosotvornih elemenata. U prirodi, najveće količine dušika nalaze se u atmosferi, gdje se dušik javlja kao inertni plin u molekularnom obliku te zauzima 78,01% volumnoga udjela. Većina biljaka dušik iz atmosfere nisu u mogućnosti koristiti jer ga biljke usvajaju samo u dva oblika (amonijačnom i nitratnom).

Kako u zraku, dušik je također i sastavni dio tla gdje se nalazi u organskom i mineralnom obliku. Dostupnost dušika u tlu značajno varira, ovisno o svojstvima tla (pH, tekstura tla, vlaga i djelovanje mikroorganizama). Zbog sposobnosti lake transformacije dušika u prirodi često dolazi do smanjene raspoloživosti dušika što može dovesti do velikih posljedica koje rezultiraju padom prinosa i kvalitete usjeva.

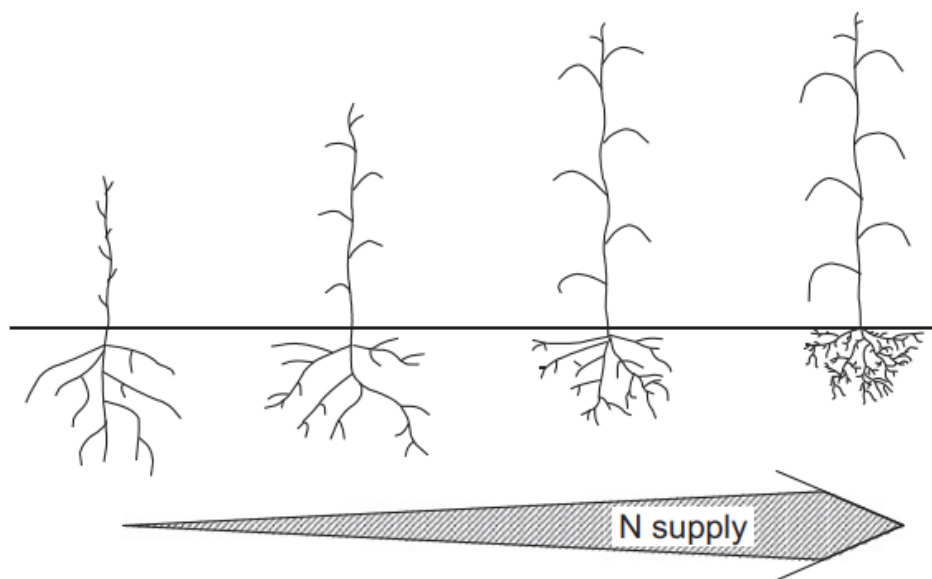
U ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji dušik ima jako važnu ulogu jer količina dušika utječe na količinu i kvalitetu prinosa. Ekološka poljoprivredna proizvodnja koncipirana je tako da štiti tlo, vodu, zrak, biljne i životinjske genetske resurse te ne degradira okoliš. Također, hrana proizvedena u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji veće je nutritivne vrijednosti i pogodnija za ishranu čovjeka. Za poljoprivrednu proizvodnju u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji glavni izvori dušika su organska gnojiva kao i prirodni procesi mineralizacije. Obzirom da se gnojidba dušikom treba provoditi obzirno odnosno u skladu s dobrom poljoprivrednom praksom analiza tla treba biti osnova za izračun doze dušika u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Dakle, ekološka poljoprivredna proizvodnja, za razliku od konvencionalne poljoprivredne proizvodnje teži smanjenju negativnih utjecaja na okoliš uz proizvodnju sigurne hrane. Cilj ekološke poljoprivredne proizvodnje je ujedno i očuvanje neobnovljivih prirodnih resursa (voda, zrak, tlo). Korištenjem organskih gnojiva te primjenom zelene gnojidbe i analize tla postiže se pravilna gnojidba i gospodarenje hranivim tvarima, posebice dušikom. Suvišak dušika može značajno negativno utjecati na okoliš ali i samu uzgajanu biljku, stoga je važno pravilno gospodarenje dušikom kako bi se spriječila zagađenja u prirodi.

2. DUŠIK

U atmosferi dušik se javlja kao inertni plin u molekulskome obliku (N_2) i predstavlja dominantni element atmosfere sa 78.01% volumnoga udjela (Lončarić i sur., 2014.). Dušik je karakterističan element bez boje i mirisa, a od velike je važnosti za sva živa bića. Dobra ishranjenost dušikom pozitivno utječe na otpornost biljaka na visoke i niske temperature te na utjecaj raznih bolesti koje pogađaju same biljke. Također, kao kemijski element vrlo je važan za pravilan rast i razvoj biljaka (utječe na veličinu i kakvoću ploda, veličinu lisne površine, postojanost listova i na fotosintetsku aktivnost). Važnu ulogu ima i količina raspoloživog dušika. Manjak dušika u prvoj fazi rezultira smanjenom stopom izduživanja lista i uz slabiju fotosintetsku aktivnost (manju asimilacijsku površinu, lišće je kraće, uže i blijedozeleno zbog manjeg sadržaja klorofila što uzrokuje niži intenzitet fotosinteze te biljke stagniraju i prinos je smanjen) (Slika 1. i 2.). (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Rast korijena se povećava odnosno stimulira transportom asimiliranog ugljika do korijena, što rezultira nižim omjerom biomase izdanak/korijen (Marschner, 2012.).

Suvišak dušika na početku vegetacije može biti vrlo štetan jer se biljke tada plitko ukorjenjuju, što u kasnijim fazama rasta posebice u sušnim uvjetima, može izazvati znatne probleme u opskrbljivanju biljaka svim drugim hranivima i vodom (Slika 1.) (Vukadinović i Vukadinović, 2011.)



Slika 1. Shematski prikaz rasta lisne površine i korijenovog sustava s povećanjem doze dušika

Izvor: Marscher, 2012.



Slika 2. Primjer nedostatka (lijeva slika) i dovoljne količine dušika (desna slika) u biljci

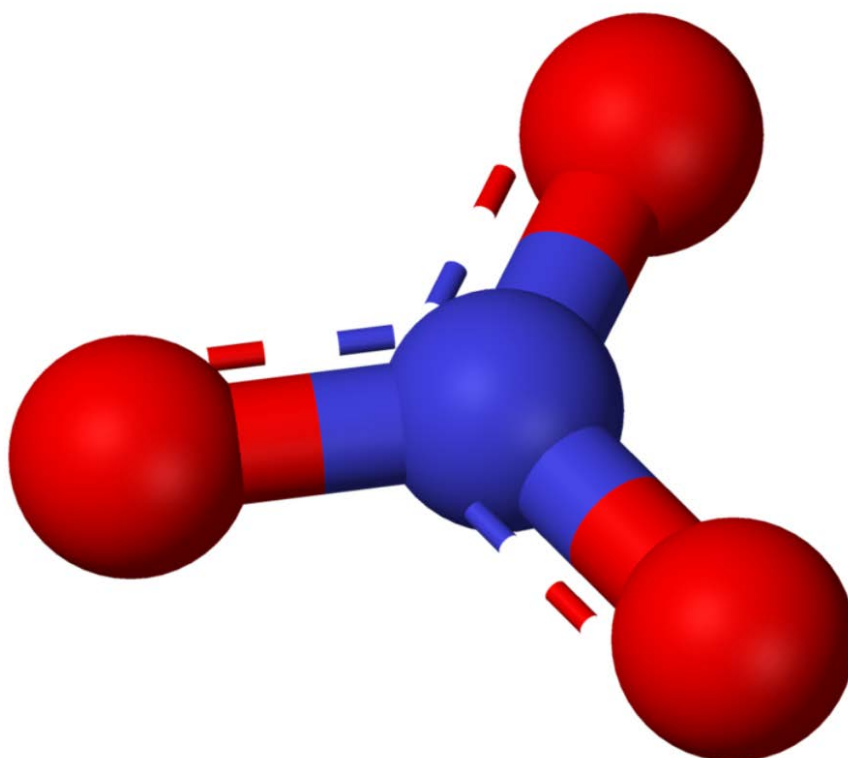
Izvor: <https://biologija-gimnazija.weebly.com/primanje-mineralnih-elemenata-i-njihove-funkcije.html>

U kasnijim fazama rasta suvišak dušika također, može izazvati negativne posljedice. Suvišak dušika rezultira intenzivnim porastom vegetacijskih organa uz modrozelenu boju lišća te luksuzna ishrana dušikom (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Biljke postaju neotporne na bolesti, štetočine, niske temperature i sušu. Primjenom većih doza dušika od potrebnih opada prinos, lošija je kakvoća proizvoda, a na lakim i propusnim tlima dolazi do ispiranja nitrata i onečišćavanja podzemnih voda (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

U agrokemijskom pogledu, dušik (N) se smatra neophodnim elementom te se zajedno s fosforom (P) i kalijem (K) svrstava u primarne makroelemente koji su potrebni biljkama u većim količinama. Sastavni je dio proteina, nukleinskih kiselina, fotosintetskih pigmenata, amina, amida i drugih spojeva koji čine osnovu života pa se kemija ovog elementa opravdano smatra najvažnijim dijelom agrokemije, odnosno ishrane bilja (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Svrstava se u grupu mineralnih elemenata bez obzira na to što je za razliku od drugih elemenata podrijetlom iz atmosfere, jer se usvaja u mineralnom obliku. Rosswall (1976) je izračunao da je raspodjela dušika za globalnu kopnenu distribuciju: biljke 4%, biljni otpad 1%, mikroorganizmi 0,2%, a organska tvar tla 94%. Manje od 1% zemaljskog dušika pohranjeno je u obliku minerala u tlu (Haynes, 1986.).

Atmosferski dušik, koji je u plinovitom agregatnom stanju, može koristiti samo mali broj organizama. Biljke dušik mogu usvojiti samo ako se on u prirodi nalazi u ova dva oblika:

nitratni ion (NO_3^-) i amonijev ion (NH_4^+). (Slika 3.). Za prevođenje molekularnog oblika dušika do amonijaka ili nitrata potrebna je ogromna količina energije (946kJ). S druge strane, dušik se lako vraća u molekularno stanje u kojem je i najstabilniji pa se lako gubi iz tla gdje se njegova količina procjenjuje na ukupno 4×10^{14} tona (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).



Slika 3. Struktura formula nitrata

Izvor: <https://hr.weblogographic.com/difference-between-nitrogen>

2.1. Dušik u tlu

Dostupnost dušika u tlu značajno varira ovisno o svojstvima tla kao što su tekstura, pH, vlaga i aktivnost mikroorganizama (Marschner, 2012.). Organski dio predstavljen je humusom i nepotpuno razloženim biljnim i životinjskim ostacima. Mineralni dio, koji je potpuno raspoloživ za usvajanje, samo je mali dio ukupnog dušika tla, uglavnom u količini koja je nedovoljna za dobru ishranu poljoprivrednih vrsta. U poljoprivrednim tlima ukupna količina dušika je najčešće 0,1-0,3%, od čega je za ishranu bilja pristupačno tijekom jedne vegetacijske sezone svega 1 do 3% (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Kao posljedica toga, biljke su razvile mehanizme za učinkovito usvajanje dušika kao odgovor na smanjenju raspoloživost i oblik dušika (Marschner, 2012.). Najveći dio dušika u prirodnom (nativnom)

tlu nastaje djelovanjem mikroorganizama koji imaju sposobnost pretvorbe molekularnog dušika iz atmosfere u mineralni oblik. Mehanizam mikrobiološkog vezivanja dušika funkcionira uz pomoć enzima nitrogenaze (Vukadinović i Vukadinović, 2012.). Nitrogenaza je ključni enzimski kompleks jedinstven za sve mikroorganizme koji fiksiraju N₂ (Marschner, 2012.).

Dotok dušika u tlo većinom je vezan uz: biološku fiksaciju, atmosfersku fiksaciju, gnojidbu mineralnim i organskim gnojivima te inkorporiranjem žetvenih ostataka u tlo. Dušik je vrlo pokretan element koji prolazi razne transformacije, a u mineralnom obliku lako se može „izgubiti“ iz tla procesima kao što su: dentrifikacija, volatizacija, ispiranje te erozija (Tablica 1.)

Tablica 1. Prosječan dotok/gubitak dušika u tlu

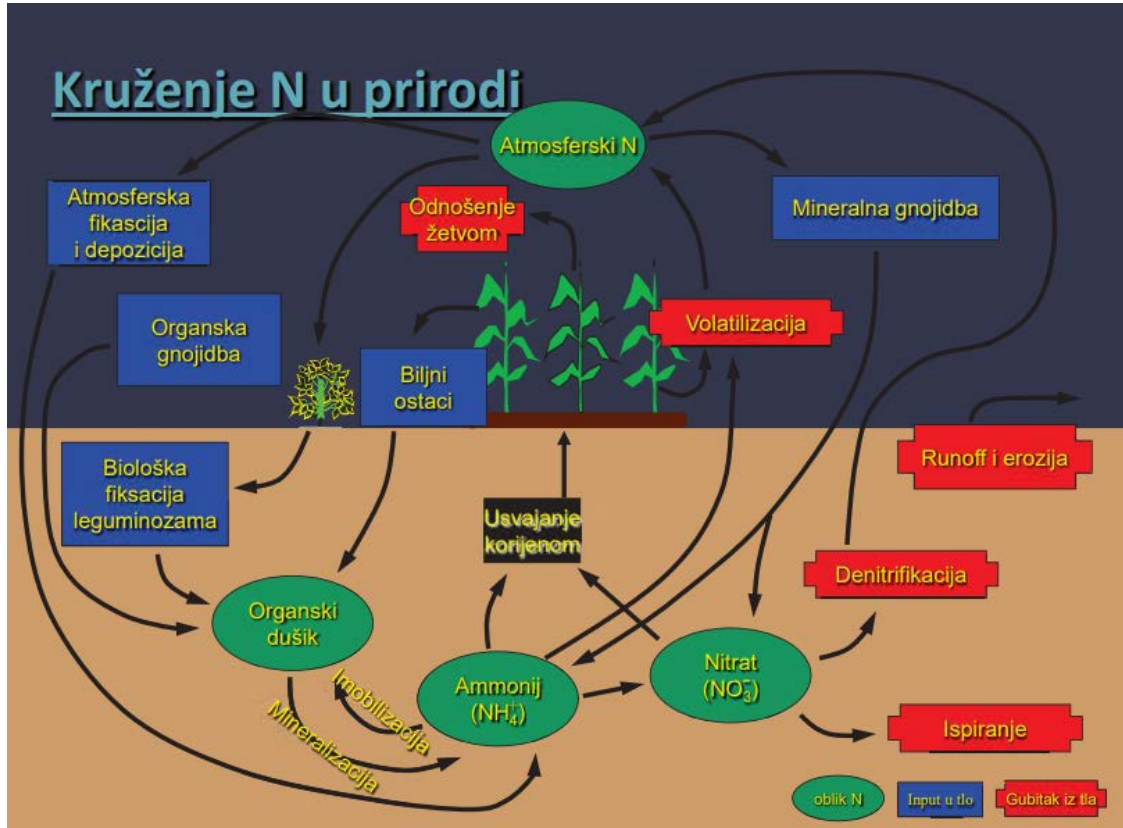
n	Dotok dušika u tlo	Kg N ha⁻¹ god⁻¹
1.	Mineralna gnojidba	60,0
2.	Organska gnojidba	40,0
3.	Simbiotska fiksacija	10,0
4.	Nesimbiotska fiksacija	6,8
5.	Kiša i navodnjavanje	5,3
6.	Unos sjemenom (sjetva)	1,3
	Ukupno dobitak:	123,4
n	Gubitak dušika iz tla	Kg N ha⁻¹ god⁻¹
1.	Oдноšenje žetvom	120,0
2.	Erozija	27,4
3.	Ispiranje	26,1
4.	Dentrifikacija, volatizacija	?
	Ukupni gubitak:	173,5

Izvor: Vukadinović i Vukadinović, 2012.

2.2. Kruženje dušika u prirodi

Dušikov ciklus opisuje kruženje dušika kroz biljke, životinje, bakterije te tlo, vodu i zrak. U samom ciklusu bakterije predstavljaju temelj te omogućavaju dušiku prijelaz iz jednog u drugi oblik prilikom ulaska dušika u tlo. Većina biljaka nije sposobno iskoristiti dušik iz zraka, no mogu iskoristiti oblike koji se često pronalaze u tlu. Glavni dotoci dušika u poljoprivrednoj proizvodnji su mineralna i dušična gnojiva. Dušik dodan u tlo organskom

gnojdbom naziva se organski dušik te se on transformira u procesu mineralizacije u amonijev i nitratni ion. Biljke dušik iz tla usvajaju putem korijena. Višak dušika se iz tla se vrlo lako može izgubiti volatilizacijom, denitrifikacijom te erozijom (Tablica 2.) (Slika 4.). Tada dušik završava u atmosferi i to u obliku plina (N_2) (Slika 4.).



Slika 4. Kruženje dušika u prirodi

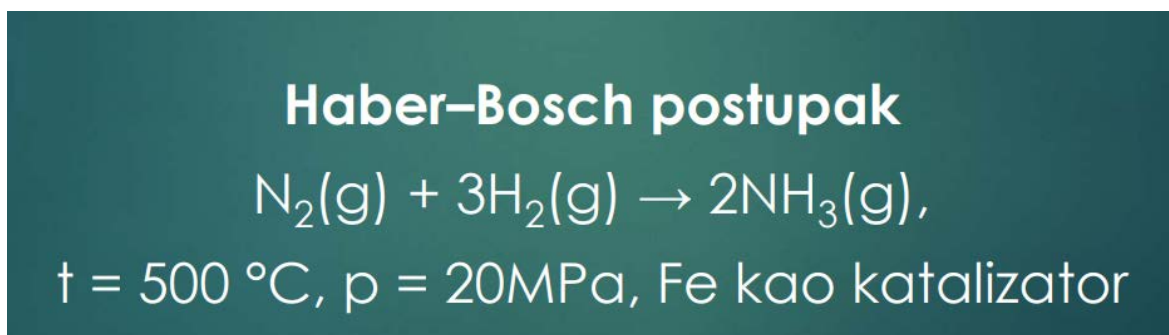
Izvor: Nastavni materijal iz modula Tloznanstvo: I. Jug

Tablica 2. Glavni ciklusi kruženja dušika u prirodi

Biološka fiksacija	Simbiotski odnos kvržičastih bakterija i raznih mahunarki omogućuje pretvorbu plinovitog dušika (N_2) u dušik dostupan biljkama. Neke bakterije i biljke su sposobne za biološku fiksaciju dušika. Ovo je glavni mehanizam opskrbe dušikom u negnojnim tlima.
Industrijska fiksacija	Proces kombiniranja atmosferskog dušika (N_2) s vodikom (H_2) kako bi nastao amonijak (NH_3), prekursor je većine drugih proizvedenih dušičnih gnojiva. Izravna sinteza amonijaka iz elemenata uz željezo kao katalizator pri povišenom tlaku i temperaturi naziva se Haber-Boschov proces. Dušik i vodik reagiraju u omjeru 1:3 pri čemu nastaje amonijak kao što je prikazano jednadžbom na slici 5. (Babić, 2020.).
Fiksacija amonijaka	Određeni minerali gline (kao što su liskun, ilit ili vermikulit) sposobni su uhvatiti katione amonijevog iona (NH_4^+) unutar slojeva ekspanzirane gline. Ovaj fenomen se također može pojaviti i kod kalija (K). Opseg ovog procesa značajno varira, od zanemarivog do značajnog, ovisno o mineralogiji gline.
Biološka imobilizacija	Imobilizacija se događa kada mikroorganizmi tla asimiliraju anorganski dušik, čineći ga nedostupnim za biljku.
Mineralizacija	Oslobađanje anorganskog dušika iz organske tvari (proteini, amino šećeri i nukleinske kiseline) nakon njihove razgradnje mikroorganizmima u tlu. Na brzinu mineralizacije utječu brojni čimbenici okoliša što otežava precizno predviđanje na terenu.
Nitrifikacija	Bakterijska oksidacija amonijevog iona (NH_4^+) u dva koraka, u nitrit (NO_2^-) i potom u nitrat (NO_3^-). Ovaj proces zahtjeva kisik (O_2) i najbrži je u uvjetima povoljnim za rast biljke. Oksidaciju amonijaka do nitrata obavljaju nitrifikatori tla. To su nefotosintetski mikroorganizmi koji u procesu kemosinteze obavljaju sintezu ugljikohidrata za svoje potrebe na račun energije dobivene cijepanjem ugljikovih lanaca organske tvari tla, iz vode i CO_2 (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Nakon plinovitog N_2 , nitrat je najstabilniji oblik dušika i prisutan je u većini podzemnih voda (Kreč, 2021.).
Dentrifikacija	Kada u tlu nedostaje kisika, mnoge bakterije su sposobne reducirati nitratni ion (NO_3^-) u plinove kao što su dušikov (IV) oksid (NO_2),

	dušikov (I) oksid (N ₂ O) i dušik (N ₂). Dentrifikacija rezultira gubitak dostupnog dušika, a nusproizvodi koji nastaju tijekom procesa dentrifikacije potencijalni su staklenički plinovi.
Volatilizacija	Gubitak amonijaka iz tla, komposta ili gnojiva prvenstveno je funkcija kemijskog okoliša. U alkalnom okruženju, amonijev ion prelazi u plinoviti oblik amonijaka i može se lako izgubiti u atmosferu iz tla ili organskih materijala. Visoke temperature i uvjeti sušenja također imaju tendenciju ubrzanja reakcije isparavanja, posebno iz materijala koji sadrže amonijak na površini tla. Ta pojava zapaža se već kod ph > 6, a porastom lužnatosti i sušenjem tla sve je izraženija (Vukadinović i Vukadinović, 2011.).

Izvor: Mikkelsen i Hartz, 2008.



Slika 5. Jednadžba Haber-Boschovog postupka

Izvor: Nastavni materijal iz modula Fertilizacija: B. Đurđević

Nadalje, dušik svojom transformacijom i kruženjem u prirodi može se isprati do podzemnih voda. Tada može doći do nakupljanja dušika u vodi odnosno do eutrofikacije (prekomjerna količina hranivih tvari u jezeru ili drugom vodnom tijelu, što uzrokuje gust rast vodenog bilja, na primjer algi (Slika 6.) (Aczel, 2019.). Također, veća razina dušika u vodama može šteto djelovati na zdravlje riba. Tijekom proljeća i jeseni razina nitrata može se u velikoj mjeri povećati što može značajno utjecati na zdravlje ljudi i životinja. U tom slučaju moguća je pojava bolesti methemoglobinemija „smeđa krv“. Riječ je o bolesti, koja nastaje ako voda sadrži visoke koncentracije nitrata, mijenjajući boju krvi u čokoladno smeđu te dolazi do smanjenog transporta kisika krvlju (Popović, 2020.).



Slika 6. Primjer eutrofikacije jezera

Izvor: Aczel, 2019.

3. EKOLOŠKA POLJOPRIVREDNA PROIZVODNJA

U svijetu je najrasprostranjenija konvencionalna poljoprivredna proizvodnja iz razloga što intenzivnom proizvodnjom, povećanim količinama mineralnog gnojiva i zaštitnih sredstava poljoprivrednici ostvaruju visoke prinose, što u konačnici zadovoljava potrebe ljudi za hranom. Međutim, s vremenom takav način gospodarenja degradira neobnovljive prirodne resurse, kao što su tlo i voda. Neželjenih posljedica konvencionalne poljoprivredne proizvodnje je mnogo: erozija tla, zagađivanje tla i atmosfere, sve siromašnija bioraznolikost te pad produktivnosti tla. Stoga, uvođenjem ekološke poljoprivredne proizvodnje pokušava se smanjiti opterećenje na okoliš. Ekološka poljoprivreda može se protumačiti na više načina, no ona u konačnici predstavlja poljoprivredu koncipiranu tako da štiti tlo, vodu, zrak, biljne i životinjske genetske resurse, nije za okoliš degradirajuća, tehnički je primjerena, ekonomski opstojna, a socijalno prihvatljiva (Bogunović i sur. 2018.). U literaturi se spominje i pod nazivom organska proizvodnja. Gospodarenjem prema načelima ekološke poljoprivrede minimalno se troše neobnovljivi prirodni resursi i energija.

Prema Pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda ekološka proizvodnja temelji se na sljedećim načelima:

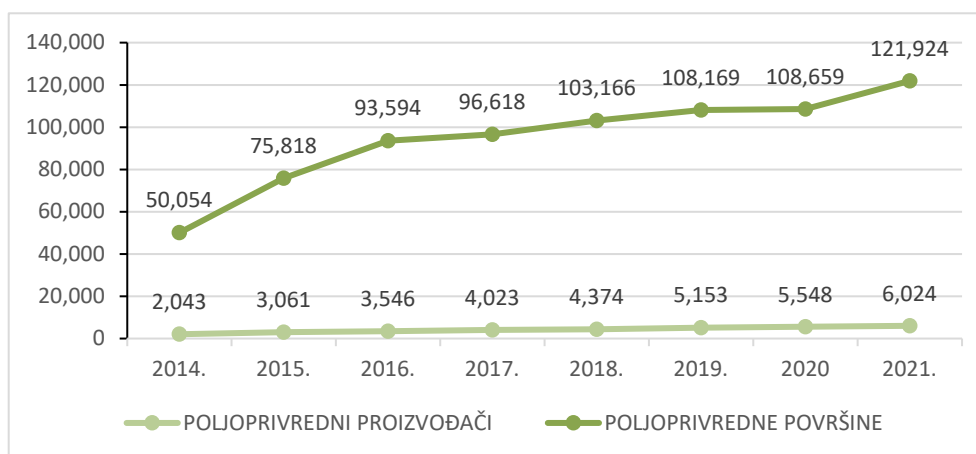
- Očuvanju biološke i krajobrazne raznolikosti, posebice stabilnosti prirodnih staništa i očuvanju samoniklih biljnih vrsta,
- Usklađivanju i pravilnom gospodarenju glede izbora usjeva, biljnih vrsta i sorti, višegodišnjih plodoreda, odabira načina obrade tla, gnojidbe i zaštite te jačanja otpornosti na štetočine,
- Brizi za pravilnu njegu tla; čuvanju i povećavanju njegove plodnosti i biološke aktivnosti, sadržaja organskih tvari i hraniva, poboljšanju strukture tla te postupcima njegove zaštite od raznih oblika degradacije,
- Zaštiti korisnih organizama: oprašivača, predatora, ptica i drugih,
- Ekološki opravdanoj preradi i uporabi (recikliranju) otpada iz proizvodnje,
- Proizvodnji koja isključuje ili samo iznimno dopušta uporabu agrokemikalija (mineralnih gnojiva i raznih kemijskih sredstava za zaštitu bilja) (NN 91/2001.).

Hrana proizvedena prema načelima ekološke poljoprivrede veće je nutritivne vrijednosti i pogodnija je za ishranu čovjeka. Također, u sebi ne sadrži nikakve štetne kemijske tvari, jer se ne primjenjuju zaštitna sredstva. Zatim, ekološka prednost očituje se u tome što koncept

ekološke poljoprivrede ne podrazumijeva jednake trgovačke puteve uobičajene za konvencionalno proizvedenu hranu. Pretpostavka lokalno proizvedene hrane jest izbjegavanje dalekih transportnih destinacija umjesto čega se daje prednost korištenju hrane u neposrednoj ili što bližoj okolici (Puđak i Bokan, 2011.). Smanjenjem transporta smanjuje se emitiranje stakleničkih plinova, a hrana se dostavlja svježija.

3.1. Ekološka poljoprivredna proizvodnja u Republici Hrvatskoj

Ekološka načela usvojena su krajem 80-ih godina prošloga stoljeća pa se te godine uzimaju kao početak razvoja ekološke poljoprivrede u Hrvatskoj (Bogunović i sur. 2018.). U to vrijeme primarni cilj proizvodnje bio je osigurati što veći prinos, a o brizi za okoliš gotovo da nije bilo govora. Ekološka poljoprivredna proizvodnja naposljetku je ipak opstala. Službeno se statistika stanja ekološke poljoprivrede u Hrvatskoj vodi od 2000. godine, tj. od početka priprema za izradu prvog Zakona o ekološkoj proizvodnji poljoprivrednih i prehrambenih proizvoda. Prema statističkim podacima Ministarstva poljoprivrede i šumarstva Republike Hrvatske iz 2000. godine u ekološkoj poljoprivredi je službeno bilo upisano samo 12 ha (Bogunović i sur. 2018.). Prema Državnom zavodu za statistiku zadnji podaci od 31.12.2021. godine govore da u Republici Hrvatskoj trenutno postoji 6.024 proizvođača koji se bave ekološkom poljoprivredom, a rasprostranjeni su na 121.924 ha obradive površine. Broj proizvođača znatno je veći u odnosu na 2014. godinu kada ih je prema statistici bilo svega 2.043 (Grafikon 1.).



Grafikon 1. Ekološke poljoprivredne površine i ekološki proizvođači u Republici Hrvatskoj

Izvor:

https://web.dzs.hr/PXWeb/Menu.aspx?px_language=hr&px_type=PX&px_db=Poljoprivre da%2c+lov%2c+%u0161umarstvo+i+ribarstvo

4. GOSPODARENJE DUŠIKOM U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVRENOJ PROIZVODNJI

U ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji za proizvodnju agronomskih usjeva glavni izvori dušika su stajsko gnojivo, kompost te prirodni izvori mineralizacije, dok konvencionalna poljoprivredna proizvodnja većinom oslanja na mineralna gnojiva. Obzirom na sužen izbor dotoka dušika (ali i količinu primijenjenog dušika) organski usjevi trebaju primati dušik iz više izvora, u većem broju intervala kako bi se osigurala redovita mineralizacija organskog dušika (Wortman i sur., 2021.). Organska gnojidba podrazumijeva uporabu biljnih i životinjskih ostataka te 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 (Tablica 3.) (Lončarić i sur., 2015.). Dodavanje odgovarajuće organske tvari u tlo povećava se iskoristivost tla, što može povećati prinos i za 30% (Husić, 2021.). Gospodarenje dušikom potrebno je provesti uz odgovarajuću brigu o tlu te pravilnim gospodarenjem glede gnojidbe, obrade tla i plodoreda. Gnojiva s dušikom se unose u tlo u vrijeme pogodno za agrotehničke zahtjeve. U tijeku jedne kalendarske godine ekološko poljoprivredno gospodarstvo može gnojiti poljoprivredne površine organskim gnojivom maksimalno 170 kg dušika po hektaru. Također, u današnje vrijeme na tržištu se može naći sve više različitih gnojiva koja su većinom organskog porijekla te sadrže dušik u određenom postotku. Prilikom primjene određenog sredstva/gnojiva važno je provjeriti da li je navedeno gnojivo na dozvoljenoj listi sredstava koja imaju valjani certifikat za primjenu u ekološkoj proizvodnji (Tablica 3.)

Za uspješno gospodarenje dušikom obavezno se mora provesti stručna analiza tla. Analiza tla pokazuje količinu hranjivih tvari koje određeno tlo sadržava. Analizu tla potrebno je obavljati minimalno svakih 5 godina ali u ekološkoj proizvodnji preporuča se i češće. Time se izbjegava pretjerivanje s dozama gnojiva koje brzo dovodi do pretjerane gnojidbe (Husić, 2021.) Dakle, pravilnim upravljanjem tлом, usjevom i plodoredom povećava se i upravljanje raspoloživim dušikom.

Tablica 3. Dozvoljena sredstva gnojidbe koji sadrže N

NAZIV SREDSTVA	SASTAV	DISTRIBUTER
AGROVIT HSF	N 22%, P ₂ O ₅ 13,3%, K ₂ O 6,2%	ECOVIT 1989 d.o.o.
AZOCOR 105	N 10,5%, P ₂ O ₅ 1,5%, K ₂ O 1,5%	Proizvođač MEOC
BIOILSA 11	N 11%	Proizvođač Biocontrol
BIOVI 10	N 9,5%, P ₂ O ₅ 1%, K ₂ O 1%	Proizvođač FRAYSSINET SAS

Izvor: Eko liburnia, 2016.

4.1. Stajska gnojiva

Stajska gnojiva su organska gnojiva koja nastaju kao nusproizvod tijekom stočarske proizvodnje (Lončarić i sur., 2015.). Svrstava se u najstarija gnojiva, a nastaje miješanjem tekućih i krutih izlučevina domaćih životinja i stelje. S obzirom na različite sustave uzgoja domaćih životinja, stajsko gnojivo može sadržavati različite komponente i odnose krutih i tekućih tvari te se stajska gnojiva dijele na:

- Kruto stajsko gnojivo
- Polutekuće stajsko gnojivo ili gnojovka
- Tekuće stajsko gnojivo ili gnojnica (Lončarić i sur., 2015).

Stajsko gnojivo se razlikuje ovisno o tome koliki postotak vode sadržava. Kruti stajski gnoj je smjesa stelje, krutih i tekućih životinjskih izlučevina različitog stupnja biološke razgrađenosti, stabilnosti i zrelosti (NN 73/2021.). Pravilno skladištenje krutog stajskog gnoja od velike je važnosti kako bi se smanjio gubitak dušika. Dakle, ako se odmah ne aplicira na obradivu površinu, najbolje je hrpu stajskog gnoja prekriti polupropusnom folijom (Slika 7.) (Bogunović i sur., 2018.). Najčešće se primjenjuje na okopavine jer one najbolje reagiraju na kruti stajski gnoj.



Slika 7. Okolišno prihvatljiv način držanja krutog stajskog gnoja

Izvor: Bogunović i sur., 2018.

Gnojovka je polutekuće stajsko gnojivo, smjesa krutih i tekućih životinjskih izlučevina, tj. stajski gnoj uglavnom bez stelje. Gnojnica je tekući stajski gnoj, najčešće smjesa tekućih životinjskih izlučevina i otpadnih voda (obično nastaje kao tekući ostatak izlučevina koje stelja ne uspije upiti) (NN 73/2021.). Gnojovku i gnojnicu u tlo treba unijeti u najkraćem mogućem roku, jer dušik isparava u vrlo kratkom periodu u obliku amonijaka. Značajni gubici su neizbježni već prilikom izlučivanja dušika (vjerojatno oko 35% izlučenog dušika),

a u nepovoljnim uvjetima i više ok 60% (Lončarić i sur., 2015.). Dušik se u stajskom gnoju može naći u organskom ili anorganskom obliku. U cilju smanjivanja gubitka dušika stajsko gnojivo primjenjuje se na način da se spriječi hlapljenje amonijaka, pri čemu treba voditi računa o stadiju vegetacije, vremenskim razmacima primjene, temperaturi i vlažnosti zraka te insolaciji (Bogunović i sur., 2018.). Amonijev dušik iz gnojiva odmah je dostupan biljkama za apsorpciju dok se organski dušik mora mineralizirati u amonijev ion prije nego što ga biljke mogu apsorbirati (Wortman i sur., 2021.).

Stajsko gnojivo je sam po sebi različit ovisno od koje je vrste domaće životinje dobiven. Također, uvelike se razlikuje i po postotnom udjelu dušika. Najveći postotak raspoloživog dušika u prvoj godini nakon primjene gnojovke i gnojnice, čak 45-75% od ukupnog dušika, dok je najmanji postotak raspoloživog dušika primjenom konjskog stajskog gnojiva. Raspoloživi dušik primjenom konjskog stajskog gnojiva čini samo 15-20% od ukupne količine dušika (Tablica 4.).

Tablica 4. Raspoloživi dušik u prvoj godini nakon aplikacije (u % ukupnog dušika)

VRSTA GNOJIVA	RASPOLOŽIVI N (% OD UKUPNOG N)
Gnojovka i gnojnica	45-75
Pileći i kokošji stajski gnoj	40-70
Separat svinjskog gnoja	35-55
Ovčji stajski gnoj	25-50
Goveđi stajski gnoj	20-40
Konjski stajski gnoj	15-20

Izvor: Lončarić i sur., 2015

U cilju smanjivanja gubitaka dušika kod primjene stajskih gnojiva ispiranjem i isparavanjem (volatizacija) zabranjuje se:

- gnojenje gnojnicom i gnojovkom na svim poljoprivrednim površinama bez obzira na pokrov od 1. prosinca do 1. ožujka;
- gnojenje gnojnicom i gnojovkom raspodjelom po površini bez unošenja u tlo na svim poljoprivrednim površinama od 1. svibnja. do 1. rujna;
- gnojidba krutim stajskim gnojem na svim poljoprivrednim površinama od 1. svibnja do 1. rujna;

4.2. Zelena gnojidba

Zelena gnojidba ili sideracija je zaoravanje zelene mase usjeva (Slika 8.) (Lončarić i sur., 2015.). Zelena gnojidba ima nezamjenjivu ulogu u formiranju strukture tla, održavanju vodozračnih odnosa te u snabdjevanju biljaka dušikom i drugim hranivim tvarima. Usjevi za zelenu gnojidbu primarno se uzgajaju s ciljem unošenja njihove nadzemne biljne mase u tlo, što će uzrokovati poboljšanje mikrobioloških, odnosno fizikalno-kemijskih parametara tla. U trenutku njihova unošenja u tlo korijen biljaka još je uvijek biološki aktivan, što je temeljna razlika od unošenja u tlo drugih organskih tvari kao što su slama, kruto stajsko gnojivo ili kompost (Bogunović i sur., 2018.).

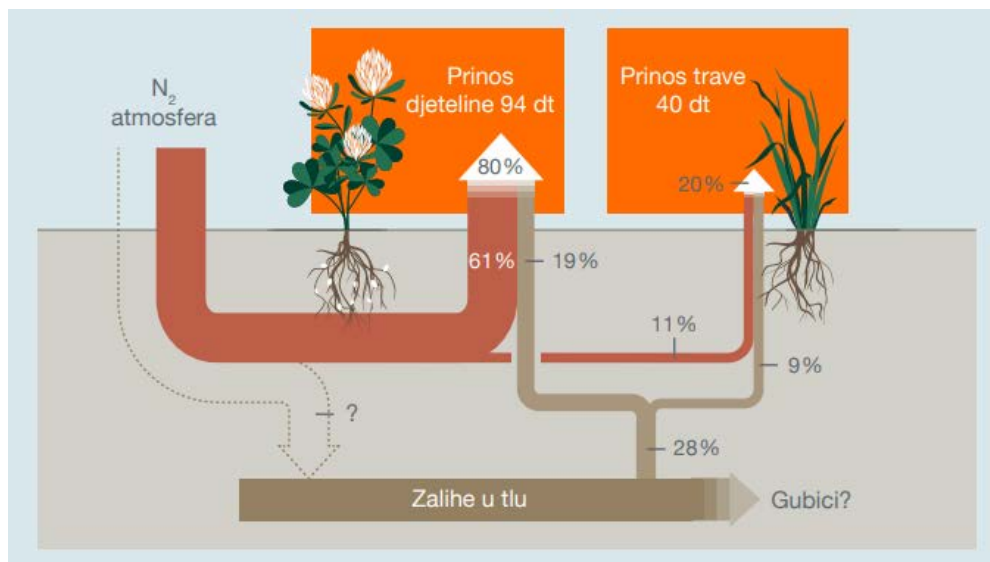


Slika 8. Zelena gnojidba (sideracija)

Izvor: <https://agroburza.hr/postrna-sjetva-i-zelena-gnojidba/>

Fertilizacijski značaj zelene gnojidbe najveći je pri inkorporiranju leguminoza zbog simbiotske fiksacije atmosferskog dušika (Lončarić i sur., 2015.). Leguminoze na korijenu formiraju kvržice koje fiksiraju dušik iz zraka i pretvaraju ga u biljkama iskoristiv oblik. Kasnije taj dušik ostaje na raspolaganju usjevima koji se uzgajaju nakon što su leguminoze inkorporirane u tlo (Slika 9.) (Međimurec, 2018.). Leguminoze imaju sposobnost akumulirati veće količine dušika, no pojedini usjevi nisu pogodni za uzgoj na svakom tipu tla. Na primjer, lucerna se sije u vremenskom razdoblju od travnja do lipnja, pogodna je za sve vrste tla (treba izbjegavati kisela i prevlažna tla) te je odličan fiksator dušika, dok lupina Okoja se sije u vremenskom razdoblju od ožujka do lipnja podnosi kiseliya i laka pjeskovita

tla (Tablica 5.). Također, zelena gnojidba se primjenjuje i za iskorištavanje/hvatanje viška dušika odnosno zadržavanje dušika u zoni korijena i sprečavanje ispiranja u dublje slojeve tla. (Međimurec, 2018.). Usjevi koji se ubrajaju u ovu skupinu su razne žitarice kao što su raž i pšenoraž, krmne trave, heljda i druge (Tablica 5.).



Slika 9. Odnos atmosferskog dušika s bijelom djetelinom i travom

Izvor: Husić, 2021.

Tablica 5. Upotreba sidretata prema tipu tla i očekivani učinci

Naziv	Vrijeme sjetve	Tip tla	Učinci
Lucerna	Travanj-lipanj	Svi tipovi tla; izbjegavati kisela i prevlažna tla	Odličan fiksator dušika, popravlja fizikalna svojstva tla, odličan izvor hranjiva
Crvena djetelina	Travanj-kolovoz	Dobro denirana ilovasta ili pjeskovita tla	Brzorastuća, odličan fiksator dušika
Inkarnatka	Travanj-rujan	Lagana propusna tla	Brzorastuća, odličan fiksator dušika, dobra za suzbijanje korova
Smiljkita	Ožujak-kolovoz	Podnosi sušu, ali nije dobra za kisela tla	Dobra kao združena kultura s grahom ili kukuruzom, dobar fiksator dušika
Lupina	Ožujak-lipanj	Podnosi kisela i laka pjeskovita tla	Izrazito dubokog korijenovog sustava, popravlja fizikalna svojstva tla, odličan fiksator dušika
Stočni grašak	Ožujak-svibanj, ruj-an-listopad (ozimi)	Sve vrste tla	Odličan fiksator dušika, sprječava isparavanje hranjiva

Izvor: Lončarić i sur., 2015.

4.3. Simbiotska fiksacija dušika

Samo leguminozne vrste (grah, djetelina, soja i druge) imaju mogućnost fiksirati vrlo stabilan i nepristupačan biljkama dušik iz atmosfere (N_2) putem simbiotske veze sa specijaliziranim organizmima (Rhizobia) (Bogunović i sur., 2018.). Simbiotski odnos nastaje međusobnim prepoznavanjem biljke (domaćina) i bakterije nakon čega dolazi do formiranja kvržica ili nodula na korijenovom sustavu biljke (Slika 10.). Te protobakterije iz reda Rhizobiales (porodice Bradyrhizobiaceae i Rhizobiaceae) žive u simbioznoj (asocijativnoj) zajednici i snabdjevaju biljke reduciranim dušikom, a preuzimaju od nje potrebne tvari za život (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Intenzitet fiksacije dušika ovisi o soju Rhizobia. Na primjer, kod bijele djeteline simbiotska fiksacija dušika je 50-200 N kg ha⁻¹ god⁻¹ (Tablica 6.). Dakle, simbiotski odnos bakterija i biljke temelji se na uzajamnoj korisnosti. Upravo zbog toga, spoj bakterija i biljke imaju najveći kvantitativni utjecaj na ciklus kruženja dušika u prirodi. Ako u tlu postoji dovoljna količina raspoloživog dušika, tako da su zadovoljene potrebe biljke domaćina i bakterija, rast kvržica se smanjuje uz opadanje njihovog broja (Vukadinović i Vukadinović, 2011.). Simbiotska fiksacija dušika važna je za ekološku poljoprivrednu proizvodnju jer se na taj način može značajno smanjiti korištenje organskih gnojiva.



Slika 10. Uvećani prikaz bakterija iz roda Rhizobium

Izvor:<https://www.agroklub.com/ratarstvo/fiksacija-dusika-simbioza-biljaka-i-bakterija/37974/>

Tablica 6. Simbiotska fiksacija N₂ sojevima Rhizobiuma (N kg ha⁻¹ god⁻¹)

Leguminoza	N kg ha⁻¹ god⁻¹
Lucerna	120-170 (70-200)
Bijela djetelina	50-200
Crvena djetelina	140-200
Grahorica	80-180
Soja	60-100 (20-275)
Grah	180-200
Stočni grašak	60-90
Poljski grašak	155-175

Izvor: Vukadinović i Vukadinović, 2011.

5. ZAKLJUČAK

Danas je u Svijetu najzastupljenija konvencionalna poljoprivredna proizvodnja čiji je osnovni cilj ostvarenje visokih prinosa, korištenjem raznih sustava proizvodnje koji su vremenom značajnom degradacijom tala. Konvencionalna poljoprivredna proizvodnja dovela je do iscrpljivanja neobnovljivih prirodnih resursa i do zagađenja okoliša. Kako bi se daljnje zagađivanje spriječilo dolazi do razvoja metoda i sustava biljne proizvodnje koji za cilj imaju smanjenje degradacijskih procesa u tlu i proizvodnju zdravstveno ispravnije hrane. Jedan od sustava proizvodnje je i ekološka poljoprivredna proizvodnja koja ima iznimnu važnost jer se temelji na smanjenju negativnih utjecaja na okoliš te nije štetna za zdravlje životinja i ljudi.

Kako bi ostvarili stabilne prinose u ekološkoj proizvodnji potrebno je dobro poznavati zakonitosti koje utječu na raspoloživost dušika u tlu, kao jednog od najvažnijih elemenata ishrane bilja. Dušik je vrlo pokretan element te zbog toga lako može završiti u okolišu gdje pretjeranom akumulacijom može doći do značajnih zagađenja okoliša. U ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji se za gnojidbu dušikom u najvećoj mjeri koriste gnojiva kao što su stajska gnojiva, komposti i zelena gnojidba. Od velike je važnosti da se organska gnojiva skladište na pravilan način kako ne bi došlo do gubitka dušika ili zagađenja okoliša ali također da se primjenjuju u dozama koje su propisane i u skladu s načelima dobre poljoprivredne prakse. Suvišak dušika može biti poguban za biljke, a također može i zagaditi vodu. Zbog toga gnojidba dušikom u ekološkoj poljoprivredni mora biti temeljena na znanju, odnosno analizi tla i stvarnim potrebama uzgajanih biljnih vrsta.

6. POPIS LITERATURE

1. Aczel, R., M.: What is the nitrogen cycle and why is it key to life? 12. ožujka 2019. <https://kids.frontiersin.org/articles/10.3389/frym.2019.00041> (4. srpnja 2022.)
2. Babić, T.: Kemijska ravnoteža i Haber-Boschov proces. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb, 2020.
3. Bogunović, I., Kisić, I., Mesić, M., Zgorelec, Ž., Šestak, I., Perčin, A., Bilandžija, D. (2018.): Održive mjere gospodarenja tlom u ekološkoj poljoprivredi za klimatske uvjete mediteranske Hrvatske. Zebra, Vinkovci. 147
4. Eko liburnia: Lista sredstava prihvatljivih u ekološkoj poljoprivrednoj proizvodnji 2016. 2016. http://www.seeon.org/uploads/library/54/Lista-sredstava-prihvatljivih-u-ekolo%C5%A1koj-poljoprivrednoj-proizvodnji_2016.pdf (17. rujna 2022.)
5. Haynes, R., J. (1986.): Mineral nitrogen in the plant – soil system. Harcourt Brace Jovanovich, Orlando, San Diego, New York, Austin, Boston, London, Sydney, Tokyo, Toronto. 483
6. Husić, V.: Organska gnojidba: zdravo tlo – zdrava hrana. 2021. <https://plantella.hr/vodici-za-vrtlarenje/organska-gnojidba-zdravo-tlo-zdrava-hrana/> (25. kolovoza 2022.)
7. Kreč, H.: Izotopi dušika u istraživanju okoliša. Završni rad. Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Zagreb, 2021.
8. Lončarić, Z., Parađiković, N., Popović, B., Lončarić, R., Kanisek, J. (2015.): Gnojidba povrća, organska gnojiva i kompostiranje. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek. Datum pristupa: 25. kolovoza 2022.
9. Lončarić, Z., Rastija, D., Baličević, R., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V. (2014.): Plodnost i opterećenost tala u pograničnome području. Grafika d.o.o., Osijek. 123
10. Marschner, P. (2012.): Marschner's mineral nutrition of higher plants third edition. Elsevier, United States of America. 651
11. Međimurec, T.: Postrna sjetva. 2018. <https://www.savjetodavna.hr/2018/06/15/postrna-sjetva/> (1. rujna 2022.)
12. Mikkelsen, R., Hartz, K. (2008.): Nitrogen sources for organic crop production. Better crops vol. 92: 16-19

13. Narodne novine: III. Akcijski program zaštite voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima poljoprivrednog podrijetla. 2021. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_06_73_1374.html (25. kolovoza 2022.)
14. Narodne novine: Pravilnik o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda. 2001. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2001_10_91_1558.html (29. lipnja 2022.)
15. Popović, J. (2020.): Gospodarenje ribolovnim vodama. Tiskara Ivana d.o.o., Samobor. 211
16. Puđak, J., Bokan, N. (2011.): Ekološka poljoprivreda – indikator društvenih vrednota. Sociologija i prostor vol. 49: 137-163
17. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja. Zebra, Vinkovci. 442
18. Wortman, S. E., Wortmann, C. S., Pine, A. L., Shapiro, C. A., Thompson, A. A., Little, R. S.,: Nutrient management in organic farming. 2021. <https://extensionpublications.unl.edu/assets/html/g2295/build/g2295.htm> (25. kolovoza 2022.)

Internetske stranice

1. <https://biologija-gimnazija.weebly.com/primanje-mineralnih-elemenata-i-njihove-funkcije.html> (29. srpnja 2022.)
2. <https://hr.weblogographic.com/difference-between-nitrogen> (1. kolovoza 2022.)
3. https://web.dzs.hr/PXWeb/Menu.aspx?px_language=hr&px_type=PX&px_db=Poljoprivreda%2c+lov%2c+%u0161umarstvo+i+ribarstvo (25. kolovoza 2022.)
4. <https://agroburza.hr/postrna-sjetva-i-zelena-gnojidba/> (25. kolovoza 2022.)
5. <https://www.agroklub.com/ratarstvo/fiksacija-dusika-simbioza-biljaka-i-bakterija/37974/> (1. rujna 2022.)