

**UNIVERZITET METROPOLITAN**  
**FAKULTET ZA PRIMENJENU EKOLOGIJU FUTURA**

**MERENJE EFIKASNOSTI BIOLOŠKE  
AZOTOFIKSACIJE UZ KORIŠĆENJE IZOTOPA  
AZOTA N<sup>15</sup> NA BILJCI NAUTU**

**MASTER RAD**

**MENTOR**

**Prof. dr Snežana Janković**

**KANDIDAT**

**Nesrin Saleh Ali Abdalnabi**

**Beograd, 2019.**

**MERENJE EFIKASNOSTI BIOLOŠKE  
AZOTOFIKSACIJE UZ KORIŠĆENJE IZOTOPA  
AZOTA N<sup>15</sup> NA BILJCI NAUTU**

**MASTER RAD**

**MENTOR**

**Prof. dr Snežana Janković**

**KANDIDAT**

**Nesrin Saleh Ali Abdalnabi**

**Beograd, 2019.**

## **KOMISIJA ZA OCENU I JAVNU ODBRANU MASTER RADA**

### **MENTOR:**

- **dr Snežana Janković**, vanredni profesor, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Metropolitan Beograd

### **ČLAN KOMISIJE:**

- **dr Mirjana Bartula**, vanredni profesor, Fakultet za primenjenu ekologiju Futura, Univerzitet Metropolitan Beograd

**DATUM JAVNE ODBRANE MASTER RADA:**\_\_\_\_\_

## **Posveta**

Svakom ko svojim radom prosvetli znanje drugih, pruži ispravne odgovore zbunjenima i pokaže skromnost učenjaka svojom velikodušnošću i milost znalaca svojom otvorenošću.

Ovo skromno delo posvećujem onom koji je naporno radio da me izvede na pravi put i naučio me šta znači borba i zbog kojeg sam postala to što jesam – svom ocu, neka mu je laka zemlja.

Onoj koja me je obožavala i koja je osvetlila moj put i pomogla mi moleći se za mene, najdragocenijem dragulju mog života, onoj koja mi je bila prijateljica, saputnica i savetnica –mojoj dragoj majci.

Tajni mog uspeha i onom ko mi je pomogao da ostvarim svoje ciljeve, onom ko je naporno radio kako bih završila ovo delo, mom saputniku, mojoj drugoj polovini.

Jednom telu, mojoj dragoj porodici, mojim sestrama. Neka vas Bog uvek štiti, gde god bile, nagradio vas za vaša dobra dela i podario vam dug život.

Reči nisu dovoljne da se izrazi ono što osećam prema vama i, naposljetku, ostaje samo da se molim Gospodu za nove bistre vidike i najlepšu nadolazeću budućnost.

## **Zahvalnica**

Budi naučnik... Ako to ne možeš, budi obrazovan, a ako ni to ne možeš, voli naučnike, a ako ne možeš ni to, ne preziri ih.

Nakon istraživačkog putovanja, punog napora i marljivosti, došlo je vreme da se završi ova teza, hvala Bogu Svemogućem za milost. Takođe, želja mi je da izrazim zahvalnost doktoru Ismailu al Ganduru i inženjeru Hešamu Akrimu na uloženom trudu i pružanju saveta i znanja tokom završavanja ovog rada.

Želela bih da se zahvalim svima koji su pomogli da se ovaj naučni rad završi, a naročito cenjenim profesorima na našem uvaženom fakultetu. Zahvaljujem se i onima koji su nam pomagali i rasvetlili tamu koja se povremeno pojavljivala na našem putu. Da njih nije bilo, ne bismo osećali zadovoljstvo pri radu i ne bismo bili tu gde jesmo i njima od srca hvala.

## S a d r Ź a j

	strana
S a Ź e t a k	6
PRVI DEO	7
U v o d	7
1. 1. Zrne ne mahunarke, predstavnici i botanička pripadnost	11
1. 2. Privredni značaj zrnениh mahunarki	12
1.3. Poreklo zrnениh mahunarki	13
2. 1. Naut <i>Cicer arietinum</i> L.	14
2. 2. Privredni značaj nauta	14
2. 3. Poreklo i proizvodnja nauta u svetu	15
2. 4. Botanička pripadnost nauta	17
2. 5. Opis biljke	17
2. 6. Hemijski sastav zrna	19
2. 7. Biološke osobine, raste nje i razviće biljaka	20
DRUGI DEO	21
3. 1. Uslovi uspevanja nauta	21
3. 2. Osnovi tehnologije proizvodnje	22
3. 3. Čuvanje proizvoda	27
4. 1. Predmet i cilj istraživanja	27
TREĆI DEO	28
5. 1. Pregled literature	28
5. 2. Materijal i metode istraživanja	31
5. 3. Rezultati istraživanja i diskusija	33
6. Zaključak	37
7. Korišćena literatura	38
8. P r i l o z i	42
8. 1. Slike	42

## S a ž e t a k

Prekomerna upotreba mineralnih hraniva, posebno azotnih nepovoljno utiče agroekosistem, zatim na zdravlje ljudi, ali je i veliki ekonomski problem, jer poskupljuje biljnu proizvodnju. Da bi se odredile optimalne količine azota, potrebe za optimalan porast i razviće biljaka nauta izvedeni su poljski ogledi u ekperimentalnoj stanici na zemljištu nepovoljnih fizičkih osobina. Varijante ispitivanja bile su rastuće količine azota izotop N-15 od 0 (kontrola), zatim 20, 40, 60, 80, 100 kg ha<sup>-1</sup> bez inokulacije, kao i varijante sa inokulacijom semena pre setve. Efekat upotrebljenih azotnih hraniva ispoljio je značajna uvećanja suve supstance do količine od 80 kg ha<sup>-1</sup> u odnosu na kontrolu. Daljim povećanjem količine azota na 100 kg ha<sup>-1</sup> sadržaj suve supstance u uzorcima je opadao. Uticaj inokulacije semena bio je značajan na proučavanu kvantitativnu osobinu samo pri manjim količinama azota upotrebljenog u dopunskoj ishrani biljaka, i to do 60 kg ha<sup>-1</sup>. Ovi rezultati su pokazali da je naut zrnena mahunarka biljka koja može obezbediti značajne količine azota zahvaljujući simbiotskim bakterijama azotofiksatorima, koje sintezom amonjačnog azota smanjuju mogućnost sinteze nitrata iz nitratnih mineralnih hraniva i njihovo ispiranje u podzemne vodotokove.

# Prvi deo

## Uvod

NPK mineralna hraniva su najvažniji izvor glavnih elemenata ishrane biljaka i zahvaljujući njihovoj primeni značajno su povećani prinosi i kvalitet svih gajenih biljaka, kao i ukupan obim poljoprivredne proizvodnje. Prema brojnim rezultatima dosadašnjih istraživanja uticaja pravilne i adekvatne ishrane biljaka korišćenjem mineralnih hraniva postižu se prinosi ratarskih biljaka koji su veći za 50% u odnosu na druge načine dopunske ishrane (stajnjak, kompost, siderati, žetveni ostaci i drugi otpaci organskog porekla). Na efekat upotrebljenih mineralnih hraniva utiču mnogi faktori, kao što su vreme i način korišćenja, odnos pojedinih asimilativa, vremenski uslovi (posebno vodni režim), zatim zemljišni uslovi i tako dalje. Samo pravilnom upotrebom mineralnih hraniva, uz poštovanje navedenih činilaca, postižu se očekivani rezultati u proizvodnji i najmanji negativni efekti na agroekosistem.

Prema statističkim podacima FAO danas se oko 30% globalne poljoprivredne proizvodnje odvija uz optimalnu dopunsku ishranu biljaka korišćenjem mineralnih hraniva. Rezultat ovog sistema tehnologije proizvodnje su veliki prinosi osnovnih ratarskih biljaka i visok kvalitet proizvoda. S druge strane, prekomerna upotreba mineralnih hraniva, s ciljem da se dobije što više hrane sa jedinice površine, može imati za posledicu nepotpuno iskorišćenje upotrebljenih mineralnih hraniva što smanjuje njihov efekat po jedinici dobijenog prinosa. Ostaci neiskorišćenih mineralnih hraniva pod uticajem vode u zemljištu ispiru se u dublje slojeve i postaju nedostupni biljkama. Ove soli, rastvorene u vodi menjaju svoj hemijski sastav i kao štetne supstance (nitriti, nerastvorljivi fosfati i druge) lako dospevaju u podzemne vode čineći ih nepodesne za potrebe čoveka. Deo azotnih jedinjenja, posebno amonijačnih pod uticajem visokih temperatura dospeva i u vazduh tako da se može zaključiti da neadekvatna upotreba ovih hraniva može imati veoma negativne posledice na životnu sredinu. Sa agronomске tačke gledišta, preobilna ishrana biljaka, posebno azotom utiče na suviše bujan vegetativni porast biljaka, što je nepoželjno kod vrsta koje se gaje radi plodova, a to je većina ratarskih useva. Suviše bujne biljke su sklone poleganju i intenzivnijem napadu patogena što uslovljava pojačanu upotrebu hemijskih sredstava za zaštitu od uzročnika bolesti, što je još jedan pokazatelj povećanja troškova proizvodnje izazvanih nestručnom i preobilnom primenom mineralnih hraniva.



Analizirajući pozitivne i negativne efekte upotrebljenih biljnih hraniva na porast i razviće biljaka treba istaći da su azotne soli (nitrnatne i amonijačne) najveći nosioci prinosa. Koeficijent iskorišćenja azota iz ovih soli zavisi od većeg broja činilaca, kako agroekoloških, tako i od genetičkih osobina gajene biljke. U prosečnim uslovima biljke iskoriste 50-60% upotrebljenog azota, dok preostala količina ostaje u zemljištu. Izborom najpovoljnije agrotehnike ostatak azota može poslužiti kao izvor hrane narednom usevu ako je on adekvatnom obradom zemljišta sačuvan u sloju rizosfere. Da bi se povećao stepen iskorišćenja upotrebljenog azota potrebno je za svaku biljnu vrstu razraditi najpovoljniji sistem dopunske ishrane. U suprotnom, značajne količine će se isprati u dublje slojeve i postaće nedostupne korenovima biljaka. Po značaju za ishranu biljaka na drugom mestu je fosfor čiji koeficijent iskorišćenja od strane biljaka je značajno manji, svega 25-30%. Ova činjenica pokazuje da u zemljištu ostaju velike količine neiskorišćenih fosfornih soli koje pod uticajem uslova zemljišta prelaze u sekundarne i tercijarne fosfate. To su soli koje najveći broj biljnih vrsta ne može usvojiti, tako da će one sa vodom dospevati van sloja rizosfere. Prema tome, sve neiskorišćene količine azota i fosfora kad dospeju u podzemne vodotokove čine ovu vodu neupotrebljivu za čoveka i domaće životinje. Treći element kalijum biljke usvajaju u obliku kalijumovog jona koji se u zemljištu ugrađuje u zemljišni adsorptivni kompleks i tako je smanjeno njegovo ispiranje iz zone korenovog sistema.

U uslovima kad je potražnja za prehrambenim proizvodima biljnog porekla sve veća usled sve većeg broja stanovnika na planeti, proporcionalno će da raste i upotreba mineralnih hraniva, kao osnovnih činilaca povećanja prinosa po jedinici površine. Pred poljoprivrednim stručnjacima je zadatak kako povećati efikasnost upotrebljenih sintetičkih biljnih hraniva, a da bi se u najvećem stepenu sačuvao zdrav ekosistem u celini. Poznato je da celokupna poljoprivredna proizvodnja (biljna i animalna) danas jedan od najvećih zagađivača čovekove okoline.

Savremena poljoprivredna nauka nudi dva rešenja za ovaj problem, a to su kombinovana dopunska ishrana biljaka koja uključuje upotrebu organskih i mineralnih hraniva, ali i korišćenje bioloških preparata. Osnovni zadatak ovog složenog sistema ishrane biljaka propisan je standardom dobre poljoprivredne prakse (*engl. GAP*) koji podrazumeva primenu svih mera tehnologije proizvodnje u gajenju biljaka koje obezbeđuju visoke i kvalitetne prinose uz očuvanje zemljišnog resursa i najmanje narušavanje agroekosistema. Drugi pravac, koji u proteklim decenijama dobija sve veći značaj, jeste ekološka (organska) i održiva biljna

proizvodnja, koja se zasniva na upotrebi dozvoljenih supstanci koje su pretežno biljnog porekla. Hrana, dobijena u sistemu organske proizvodnje pripada kategoriji zdravstveno bezbedne jer ne sadrži ostatke „agrohemičija“. Iako je danas u visokorazvijenim zemljama sve veća potražnja proizvoda takozvane organske hrane (*healthy food*), treba istaći da sadašnja rešenja u primeni ovog sistema gajenja biljaka ne pružaju najbolja rešenja na sve probleme koji se javljaju tokom vegetacionog perioda, kako na polju, tako i u zaštićenom prostoru (staklenici, plastenici i slično).

Jedan od najvećih problema u sistemu organske proizvodnje jeste kako biljkama obezbediti glavne (N, P, K), sekundarne (Ca, Mg, S, Fe) i mikroelemente (B, Zn, Cu, Mn, Co, Se) u količinama i odnosima koji obezbeđuju postizanje prinosa koji su približno na nivou genetičkog potencijala rodosti gajene vrste.

Proizvođači u organskom sistemu poljoprivrede za dopunsku ishranu biljaka opredeljuju se za biljne asimilative iz prirodnih izvora, kao što su stajnjak, kompost, glistenjak, siderati, žetveni ostaci preduseva, organski komunalni otpad i mnogobrojni organski ostaci posle industrijske prerade glavnih proizvoda gajenih biljaka. Ova organska biomasa sadrži neophodne biljne asimilative koji su dostupni biljkama tek posle razgradnje u zemljištu uz pomoć korisnih makro i mikroorganizama. To je često vrlo dug proces koji zavisi od brojnosti korisnih organizama, zatim od osobina zemljišta, klimatskih uslova i primenjenog sistema obrade. Radi ubravanja procesa razgradnje organske supstance do mineralnih soli, koje biljke mogu usvojiti, danas se koriste brojni mikrobiološki preparati u kojima se nalaze korisni organizmi. Uneseni u zemljište zajedno sa organskom biomasom, mikroorganizmi ubrzavaju procese mineralizacije organskih jedinjenja pružajući mogućnost biljkama da podmire svoje potrebe neophodnim asimilativima.

U današnje vreme postoji veliki broj mikrobioloških preparata koji se nazivaju biofertilizatori. U zavisnosti od mikroorganizama koji se nalaze u ovim preparatima, biofertilizatori imaju i raznovrsnu ulogu u zemljištu. Većina preparata sadrži mikroorganizme koji ubrzavaju razgradnju organske supstance i oslobađaju mineralne soli koje su biljkama neophodne za životne procese. Dalje, postoje biofertilizatori sa mikroorganizmima, pretežno bakterijama, koje mogu prevesti soli fosfora u primarne fosfate dostupne biljkama. Grupi ovih preparata organskog porekla, mogu se dodati i oni sa bakterijama koje proizvode supstance antibiotskog i fungicidnog delovanja, zatim bakterije koje luče hormone i druga jedinjenja koja pospešuju porast i razviće biljaka.

Posebnu grupu biofertilizatora čine preparati koji sadrže simbiotske bakterije azotofiksatore. Ove bakterije žive na korenovima biljaka iz porodice leptirnjača (*familia Fabaceae*). To su gram-negativne zemljišne bakterije, koje pripadaju rodu *Rhizobium* (*Bradirhizobium*). Razvijaju se u kvržicama koje se formiraju na korenovima leptirnjača uspostavljajući simbiotski odnos sa biljkom domaćinom. Bakterije azotofiksatori su sposobne da sintetišu amonijačne soli iz slobodnog azota u rizosferi uz pomoć fermentata i korišćenjem soli i vode iz korena domaćina.

Tehnologija proizvodnje biofertilizatora sastoji se od umnožavanja pojedinih vrsta bakterija u sterilisanim laboratorijskim uslovima, koje se potom nanose na odgovarajuće podloge i pakuju kao vlažni ili vodeni preparati. Do momenta korišćenja čuvaju se preporučenim uslovima (tamne prostorije i niže temperature vazduha). U zemljište se unose na nekoliko načina, na primer kvašenjem semena neposredno pre setve, zatim unošenjem u redove setve ili tretiranjem useva u početnim fazama rastenja. Treba istaći da sva poljoprivredna zemljišta imaju ove korisne mikroorganizme u manjem ili većem broju, ali zadatak dodavanja korišćenjem biofertilizatora je značajnije uvećanje njihove brojnosti, posebno unošenjem sojeva koji imaju poboljšane životne osobine. Ovde treba istaći da postoje i preparati sa mikroorganizmima koji u zemljištu ubrzavaju procese razgradnje rezidualnih ostataka pesticida, zatim štetnih supstanci koje su dospele u zemljište iz okolnih zagađivača životne sredine, kao što su industrijski pogoni, saobraćajnice, rudnici i velika gradska naselja. Korisni mikroorganizmi svojom aktivnošću igraju važnu ulogu u održavanju biološke ravnoteže planete.

Sa agronomске tačke gledišta biofertilizatori, u celini, služe kao jeftini izvori biljnih asimilativa ukoliko se porede sa mineralnim hranivima.

Tehnologija proizvodnje ratarskih biljaka uz dopunsku ishranu korišćenjem biofertilizatora danas je najusavršenija u gajenju leptirnjača koje od pradavnih vremena žive u simbiozi sa bakterijama azotofiksatorima. Tokom milenijuma ovog simbiotskog procesa danas svaka vrsta leptirnjača ima svoje specifične bakterije, ali neke vrste mogu se prilagoditi i na različite vrste leptirnjača.

Naut je zrnena mahunarka koja se gaji na velikom geografskom prostoru, uz obaveznu agrotehničku meru inokulacija semena pre setve sojem bakterija azotofiksatora *Mesorhizobium ciceri*, ali treba istaći da se na korenovima mogu formirati kolonije i drugih vrsta roda *Rhizobium*. Prema brojnim rezultatima dosadašnjih istraživanja inokulacijom semena ubrzava se

brojnost, a u zemljištima povoljnih hemijskih i fizičkih osobina i životna aktivnost bakterija azotofiksatora. Tokom vegetacionog perioda bakterije mogu sintetisati toliko azotnih jedinjenja da podmire 55-80% potreba biljaka (Smithson, 1985; Back, 1991; Aslam et al., 1997; Maskey, 2001). Zahvaljujući činjenici da posle berbe nauta u zemljištu ostaju značajne količine biološki vrednog azota, ova mahunarka postaje sve više cenjen član plodoređa. Prema rezultatima, koje navodi Alhawat (1981), oko 40% azota u zemljištu ostaje neiskorišćeno što predstavlja dobar izvor ovog asimilativa za naredni usev, na primer pšenicu. Poređenjem visine ostvarenog prinosa i kvaliteta zrna nauta u sistemu upotrebe NPK mineralnih hraniva, bez inokulacije semena i sa inokulacijom Namdeo (1989) ističe da su inokulisane biljke tokom vegetacionog perioda razvijale više bočnih grana, zatim da su imale veći procenat suve supstance i da su davale veći prinos zrna za 38-120%, zavisno od vrste upotrebljenih bakterija azotofiksatora i tipa zemljišta.

### **1. 1. Zrnene mahunarke, predstavnici i botanička pripadnost**

Zrnene mahunarke pripadaju velikoj porodici biljaka leptirnjača (*familia Fabaceae*) koja obuhvata jednogodišnje i višegodišnje gajene i samonikle vrste. Prema dosadašnjim saznanjima u ovoj porodici ima oko 690 rodova sa preko 1.800 vrsta. Leptirnjače su rasprostranjene po celom svetu, od ekvatorijalnih predela, do krajnjih severnih i južnih granica biljne vegetacije. Prema pojedinim autorima leptirnjače su podeljene u tri potporodice, i to *Caesalpuaceae*, *Mimosaceae* i *Papilionaceae* (Mahmud, 1989; Albadžori, 2001).

Vrste koje se gaje radi zrna nazivaju se zrnene mahunarke i to su uglavnom jednogodišnje monokarpne biljke. Proizvedeno zrno ima veliku hranljivu, energetska i vitaminska vrednost i najviše se koristi u ishrani ljudi, dok sporedni proizvodi ili ostaci posle prerade služe kao koncentrovana stočna hrana visoke proteinske vrednosti. Grupi zrnjenih mahunarki pripadaju sledeće vrste:

1. *Glycine max* (L.) Merr. - soja,
2. *Phaseolus sp.* (L.) Savi (sa nekoliko vrsta) - pasulj,
3. *Vigna sinensis* Endl. i *V. Catjang* Walp. -vigna,
4. *Dolichos lablab* L. i *D. biflorus* L. - dolihos,
5. *Pisum sativum* L. i *P. arvense* L. - grašak,
6. *Vicia faba sect. faba* Cubero - bob,

7. *Lens culinaris* Medik. - sočivo,
8. *Arachis hypogaea* L. - arahis,
9. *Lathyrus sativus* L. - sastrica,
10. *Cicer arietinum* L. - naut,
11. *Lupinus sp.* L. (sa nekoliko vrsta) - lupine i
12. *Vicia sp.* L. (sa nekoliko vrsta) - grahorice.

## 1. 2. Privredni značaj zrnenih mahunarki

Seme zrnenih mahunarki ima veliku hranljivu vrednost i koristi se u ishrani ljudi, direktno ili preko mnogobrojnih proizvoda prehrambene industrije.

Uloga zrnenih mahunarki u stočarskoj proizvodnji izvanredno je velika jer zrno ima visok sadržaj proteina (Salukhne, 1982.) i predstavlja važnu komponentu koncentrovane stočne hrane za ishranu svih vrsta i kategorija domaćih i gajenih životinja (Glamočlija, 2012), tabela 1.

Tabela 1. Sadržaj ukupnih proteina u zrnima žita i mahunarki, %

Grupa	Biljna vrsta	Naučni naziv	Ukupni proteini
Žita	Meka pšenica	<i>Triticum aestivum</i>	12,6
	Tvrda pšenica	<i>Triticum durum</i>	13,7
	Ječam	<i>Hordeum sativum</i>	10,1
	Ovas	<i>Avena sativa</i>	9,8
	Kukuruz zuban	<i>Zea mays</i>	9,4
	Obično proso	<i>Panicum miliaceum</i>	11,1
	Sirak	<i>Sorghum bicolor</i>	9,2
	Riža	<i>Oryza sativa</i>	6,6
Mahunarke	Obični pasulj	<i>Phaseolus vulgaris</i>	22,6
	Lima pasulj	<i>Phaseolus lunatus</i>	21,2
	Vigna	<i>Vigna unguiculata</i>	23,5
	Grašak	<i>Pisum sativum</i>	21,8
	Bob	<i>Vicia faba</i>	26,1
	Sočivo	<i>Lens culinaris</i>	25,9
	<b>Naut</b>	<b><i>Cicer arietinum</i></b>	<b>19,8</b>
	Arahis	<i>Arachis hypogaea</i>	22,4
Soja	<i>Glycine max</i>	36,5	

Zelena biomasa većine mahunarki daje visokokvalitetnu voluminoznu stočnu hranu velike proteinske i vitaminske vrednosti pogodnu za smeše sa zelenom biomasom žita. Žetveni ostaci mahunarki mogu poslužiti u ishrani preživara ili kao prostirka za domaće životinje. Zrne mahunarke imaju važnu ulogu u raznim granama industrijske prerade. Ove biljke imaju i veliki agrotehnički značaj, jer kao azotokupljačice obogaćuju zemljište biološki aktivnim azotom, a snažnim korenovim sistemom povoljno utiču na mehanički sastav zemljišta. Stoga su ove biljke svrstane u grupu izvanrednih preduseva za većinu ratarskih i povrtarskih vrsta.

### **1. 3. Poreklo zrnenih mahunarki**

Prema arheološkim nalazima širom sveta najstariji izvori o gajenju mahunarki potiču sa područja istočnog Mediterana gde su pronađeni ostaci semena boba stari do 8.500 godina što govori da su ove biljke, pored pšenice i kukuruza bile među prvim domestifikovanim vrstama. Gotovo u istom vremenskom periodu počelo je gajenje soje na Dalekom istoku i pasulja u Centralnoj i Južnoj Americi. Proizvodnja zrnenih mahunarki u proteklim vekovima značajno se povećavala, kako po zasejanim površinama, tako i po obimu proizvodnje po jedinici površine. Pored toga u ovom periodu zabeležen je trend širenja proizvodnje iz područja porekla u duge delove sveta. Tako je danas proizvodnja soje, privredno najvažnije mahunarke pretežno skoncentrisana na američkom kontinentu, dok se obični pasulj i arahis, koji potiču iz Južne Amerike, najviše gaje u Aziji (Kina i Indija). Proizvodnja i ostalih mahunarki raširena je na širokom geografskom prostoru, na primer nauta u Australiji, zatim u Rusiji, u Severnoj Americi i mediteranskim predelima Evrope, sočiva u Južnoj Americi, boba u Kini, Južnoj Americi, centralnoj i zapadnoj Evropi i tako dalje. Sve ove činjenice pokazuju koliko je veliki privredni značaj ovih biljaka. Zhavaljujući prehrambenim proizvodima ovih vrsta čovečanstvo je obezbeđeno proteinima neophodnim za normalan životni proces koji su dostupni i siromašnjoj populaciji. Istovremeno, proteini iz zrna mahunarki i nadzemne biomase su najvažnija komponenta, kako koncentrovane, tako i voluminozne stočne hrane, tako da se može istaći da nema savremene stočarske proizvodnje bez upotrebe mahunarki i ostalih jednogodišnjih i višegodišnjih leptirnjača.

## 2. 1. Naut *Cicer arietinum* L.

Naut [Serbien]; Chickpea, chick pea, Egyptian bean, gram pea, Bengal gram [English]; Hyt [Russian]; garbanzo [Spanish]; pois chiche [French]; Kichererbse [German]; الجَمَص , صالحم [Arabic]; Πεβιθιά [Greek]; grão-de-bico, ervilha-de-bengala [Portuguese]; cece [Italian]; kikkererwt [Dutch]; نخود [Farsi]; kacang arab [Indonesian]; nohut [Turkish]; Đậu gà [Vietnamese]; ሽምብራ [Amharic]; ছোলা [Bengali]; 鷹嘴豆 [Chinese]; चना दाल [Hindi]; ヒヨコマメ [Japanese]; ถั่วเขียว [Thai]; چنا [Urdu]; ચણ [Gujarati]; கொண்டைக் கடலை [Tamil];

Od samih početaka civilizacije, odnosno od vremena kad je čovek počeo gajiti biljke radi obezbeđenja hrane, zrnene mahunarke, a posebno naut, bile su značajan izvor biljne hrane zbog visokog sadržaja proteina u zrnu. Na Bliskom istoku, gde je i počela ratarska proizvodnja na takozvanom plodnom polumeseću, naut je zauzimao posebno mesto. Drevni Egipćani su ga nazivali *eybinthus*, antički Grci *revithja*, a u antičkom Rimu bio je poznat pod imenom *cicer* (Rami, 1981, Edison, 1983).

## 2. 2. Privredni značaj nauta

Naut se gaji radi zrna koje ima veliku hranljivu, energetska i vitaminska vrednost, a po koeficijentu svarljivosti (do 97%) prevazilazi ostale mahunarke (Bejiga and Maesen, 2006). Po hranljivoj vrednosti naut je bogatiji od pasulja, jer u semenu sadrži više ulja i mineralnih soli. U ishrani ljudi koristi se zrelo zrno direktno za spravljanje variva ili pečeno, kao poslastica. Pečeno zrno služi i u prehrambenoj industriji za spravljanje surogata za belu kafu, a brašno, dobijeno mlevenjem zrna, u pekarskoj i poslastičarskoj industriji (Glamočlija i sar., 2015). Pored zrelog, u nekim zemljama, u ishrani se koriste i nedozrela zrna, kao grašak ili bob. Za ovakav način korišćenja pogodnije su sorte krupnosemenog nauta. Usled visokog sadržaja esencijalnih aminokiselina, u alternativnoj medicini zrno služi i kao pomoćno lekovito sredstvo.

Prema dosadašnjim istraživanjima naut je cenjen i kao kvalitetna stočna hrana, a u ishrani se koriste sitna, oštećena zrna, sveža nadzemna biomasa i žetveni ostaci, kao i ostaci posle industrijske prerade zrna (Janković i sar., 2019). Za ishranu domaćih životinja zrno može poslužiti kao koncentrovana stočna hrana za mlečna grla (Bampidis and Christodoulou, 2011). Pored toga, kao stočna hrana koriste se i žetveni ostaci (Aghajanzadeh-Golshani et al., 2012).

Prema rezultatima koje navode Kafilzadeh Maleki (2012) žetveni ostaci imaju ukupnih proteina 5,4%, svarljive celuloze 41%, lignina 11,9%, mineralnih soli 7,4%, oko 1% ulja i bogati su važnim organskim kiselinama. Ukoliko se se ova biomasa prethodno tretira radi neutralisanja tanina, ona je podesna kao kabasta stočna hrana za mlečna grla kojima obezbeđuje za dnevne potrebe i do 20% belančevina.

U svetu zrno nauta, zbog velike nutritivne vrednosti, postaje sve traženiji proizvod posebno pri spravljanju vegetarijanske hrane. Pored hranljive i nutritivne vrednosti zrno ima i veliki diuretski značaj i pogodno je za spravljanje obroka koje ljudi u ishrani koriste u cilju alternativnog lečenja nekih stomačnih tegoba.

Naut ima veliki agrotehnički značaj. Posle berbe zemljište je nazakorovljeno i obogaćeno biološki vrednim azotom. Zaoravanjem žetvenih ostataka pojačava se aktivnost korisnih mikro i makroorganizama što povoljno utiče na povećanje sadržaja humusa. Snažnim korenovim sistemom biljke ornični sloj zemljišta čine rastresitijim povećavajući njegov kapacitet za vodu i vazduh. Naut rano sazreva tako da omogućava pravovremenu i kvalitetnu pripremu zemljišta za gajenje narednih useva jesenjeg roka setve. Stoga je veoma cenjen kao predusev, posebno u sistemima organske ratarske proizvodnje jer svojim dobrim biološkim osobinama oplemenjuje zemljište, ratarima pruža mogućnost jednostavnije zaštite useva i olakšava sistem dopunske ishrane biljaka (Lafond et al., 2000; Glamočlija, 2012).

### **2. 3. Poreklo i proizvodnja nauta u svetu**

Naut je poreklom iz Azije, a kao užu oblast naučnici navode područje Bliskog istoka. I danas se na širokom arealu zapadne Azije nalazi veliki broj različitih samoniklih vrsta i formi nauta. Prema arheološkim nalazima na Bliskom istoku je gajen pre oko 7.500 godina, tako da pripada grupi najstarijih zrnenih mahunarki koje je čovek počeo sejati i koristiti u ishrani (Zohary and Hopf, 2000). Iz centra porekla proizvodnja je raširena po ostalim predelima Azije, po severnoj Africi, Evropi, a kasnije je prenesen u Ameriku i Australiju. U južnu Evropu, na područje današnje Italije, doneli su ga Rimljani pre oko 2.000 godina, a Arapi u Španiju. Prvi pisani podaci o proizvodnji nauta potiču iz Antičke Grčke (Theophrastus, Hort, 1916). Oko 800. godine nove ere Charlemagne (Karlo Veliki) u spisima pod naslovom *Capitulare de villis* navodi da je u njegovoj carevini gajen naut. U svojim tekstovima Nicholas Culpeper i Albert Magnus navode



da je naut sporadično gajen u centralnoj Evropi. Godine 1793. u nemačkim izvorima nalaze se podaci da zrno nauta može zameniti kafu, a to saznanje je korišćeno tokom kriznih godina, a i danas se samleveno zrno dodaje kafi radi spravljanja različitih mešavina za belu kafu.

U svetu su najzastupljenije sorte sitnosemenog nauta (desi tip), oko 85%, dok se genotipovi krupnosemenog nauta (kabuli tip) najviše gaje u na mediteranskom području, zatim u Meksiku, Australiji i u nekim predelima Indije.

Površine pod nautom, kao i ukupna proizvodnja, iz godine u godinu pokazuju trend blagog povećavanja usled sve veće potražnje za ovom namirnicom. Potrošnja zrna u ishrani ljudi, povećana je posle detaljnih proučavanja njegove nutritivne vrednosti i mogućnosti korišćenja u pripremi funkcionalne hrane.

Prema podacima FAO, naut je 2017. godine u svetu gajen na 14.564.399 hektara, sa ukupnom proizvodnjom zrna od 14.776.827 tona i prosečnim prinosom 1.015 kg ha<sup>-1</sup> (tabela 2).

Tabela 2. Površine pod nautom po kontinentima

Redni broj	Kontinent	Površina, hektara	Proizvodnja, tona
1.	Azija	11.986.864	10.867.074
2.	Australija i Novi Zeland	1.069.000	2.004.000
3.	Evropa	562.648	560.355
4.	Afrika	453.224	671.623
5.	Severna Amerika	323.186	408.810
6.	Južna Amerika	70.951	76.022
7.	Svet	14.564.399	14.776.827

Naut se najviše gaji u Indiji (9.539.000 ha). Na drugom mestu je Australija (1.069.000 ha), slede Pakistan (971.000 ha), Iran (565.954 ha), Rusija (457.051 ha), Turska (392.673 ha), Mjanmar (375.620 ha), SAD (242.50 ha), Etiopija (232.341 ha), Tanzanija (116.338 ha), Meksiko (98.501 ha), Kanada (80.656 ha), Sirija (79.073 ha), Argentina (69.433 ha), Španija (51.856 ha), Maroko (34.091 ha), Alžir (28.553 ha), Bugarska (22.564 ha), Italija (20.025 ha), Nepal (9.933 ha), Tunis

(6.300 ha), Grčka (6.004 ha), Malavi (2.218 ha), Egipat (1.503 ha), Libija (256 ha) i druge države.

## 2. 4. Botanička pripadnost nauta

Naut pripada porodici *Fabaceae*, rodu *Cicer*. Ovaj rod ima 22 višegodišnje i pet jednogodišnjih vrsta. Gajena je samo jednogodišnja vrsta *Cicer arietinum* L., dok su ostale samonikle. Gajena vrsta se odlikuje velikim polimorfizmom, a prema klasifikaciji, koju je predložila *Popova* za gajenje su interesantne sledeće podvrste (*ssp*):

1. *Cicer arietinum* L. *ssp. orientale*. – orijentalni,
2. *Cicer arietinum* L. *ssp. asiaticum*. – azijski,
3. *Cicer arietinum* L. *ssp. euroasiaticum* – evroazijski i
4. *Cicer arietinum* L. *ssp. mediteraneum* – sredozemni naut.

U okviru svake podvrste postoji 13 ekotipova (*proless*) nauta sa ukupno 65 varijeteta (*varietas*).

Prema krupnoći semena gajeni naut se deli na tri osnovna robna tipa (Van der Measen, 1987):

krupnosemeni (*kabuli* tip ili *garbanzo*), sitnosemeni (*desi*) i prelazna forma (*gulabi*)

Osnovne morfološke karakteristike krupnosemenog nauta su beli, nepigmentirani cvetovi i krupna, loptasta semena svetlokrem boje. S druge strane, sitnosemeni naut ima crvenkaste ili ljubičaste cvetove i sitna semena po obliku uglasta i tamnije boje. Ova dva tipa vekovima su gajena razdvojena velikim geografskim prostorom tako da su sačuvala svoje osnovne morfološke i proizvodne osobine (Naghavi and Jahansouz, 2005). I pored toga, oni se mogu ukrštati i davati hibride koji su po morfološkim i drugim osobinama na prelazu između krupnosemenog i sitnosemenog nauta (*gulabi* tip).

## 2. 5. Opis biljke

Naut ima korenov sistem vretenastog tipa sa glavnim korenom koji nije posebno izražen. Iz njega, neposredno ispod površine zemlje polazi veliki broj bočnih korenova što ga čini veoma razgranatim (*phaseoli* tip). U celini, korenov sistem je dobro razvijen i dubokohodan, pojedine žile prodiru u dubinu do 1 m, a ako su zemljišni uslovi povoljni i dublje (Džalub i sar., 1990). Na

korenovima bliže površini razvijaju se vrlo krupne kvržice (*nodele*) koje su loptaste, ponekad crvenkaste boje i krupne su kao i seme nauta (Peter, 1984). U njima žive bakterije azotofiksatori iz roda *Rhizobium*, najčešće *Mesorhizobium ciceri*. Ove bakterije u povoljnim agroekološkim uslovima tokom vegetacionog perioda nauta mogu sintetisati i do 100 kg ha<sup>-1</sup> azotnih soli (Ecoport database, 2013).

Stablo nauta je tanko, u početku vegetacionog perioda zeljasto, zeleno ili crvenoljubičasto i otporno je na poleganje. Tokom sazrevanja biljke očvrsne i odrveni menjajući boju u žutosivu. Na poprečnom preseku stablo je okruglo, ispunjeno parenhimom. Iz donjih kolenaca glavnog stabla izbijaju bočne grane tako da cela biljka ima žbunast izgled (Ali i sar., 1989). Intenzitet razgranavanja zavisi od sorte i gustine useva. Prosečna visina stabla je 30-100 cm, dok bočne grane mogu biti i duže, i do 70 cm. U ređem usevu i u sorti kraćeg vegetacionog perioda stablo je niže i sa većim brojem bočnih grana.

Listovi su složene građe, neparno-perasti, sa kraćom su lisnom drškom i 12-17 pari liski. Završavaju vršnom neparnom liskom. Liske su sitne eliptične ili jajolike, po obodu nazubljene, nežne građe i obrasle mnoštvom žlezdanih dlačica koje luče sokove prijatnog, kiselkastog ukusa. Na mestu izbijanja lisne drške iz stabla ili bočne grane razvija se nekoliko sitnih i jako nazubljenih zalistaka (palistova). Listovi su najčešće zeleni, dok u sorti sitnosemenog nauta tamnih cvetova, oni imaju ljubičastu nijansu. Sazrevanjem biljaka listovi se suše i otpadaju. U fazi nicanja naut formira prave listove složene građe (porast epikotilom).

Cvetovi su dvopolni, petodelne leptiraste građe. Po krupnoći su sitni do srednjekrupni, a krunica može biti bela (u krupnosemenih sorti), ružičasta, narandžastoljubičasta, žuta, zelenkasta ili plava. U cvetu se nalaze deset prašnika i tučak sa dugim stubićem i monokarpelarnim plodnikom koji ima 1-3 zametka. Cvetovi se pojavljuju pojedinačno u pazusima listova na stablima i bočnim granama (Džalub Ali, 1990). Na jednoj biljci razvija se 40-100 cvetova, što zavisi od sorte i uslova uspevanja. Naut je samooplodna biljka, ali i pored toga veliki broj cvetova ostaje neoploden. Na procenat oplodjenih cvetova veliki uticaj imaju vremenski uslovi (temperatura vazduha, padavine i vetrovi), snabdevenost biljaka asimilativima, ali i osobine genotipa.

Plod je kožasta, naduvana mahuna koja u zreloom stanju ne puca. Po obliku je romboidna ili ovalnoizdužena, prosečne dužine 1,5-3,5 cm. Boja tkiva mahune je žutosiva ili ljubičastosiva. U

njoj se nalaze 1-3 semena. U sorti kratkog vegetacionog perioda prve mahune na stablu obrazuju se na visini od 20 cm, a u kasnih iznad 30 cm.

Seme nauta po obliku je loptasto, uglasto-loptasto ili uglasto i podseća na glavu ovna (Kamil i Muhamed, 1981; Salah al Din i Abd al Hamid, 2008). Boju semena određuje boja semenjače i u krupnosemenih sorti ono je belo ili svetložuto, dok je u sitnosemenih tamnije (narandžasto, tamnosmeđe ili crno). Krupnoća semena zavisi od robnog tipa. U sitnosemenih sorti (*desi* tip) masa 1.000 semena je 50-200 g, a u krupnosemenih (*kabuli* tip) 300-600 g. Zapreminska masa je 62-68 kg. U sastav semena ulaze semenjača i klica sa dva krupna kotiledona u kojima se nalaze rezervne hranljive supstance. U poljoprivrednom smislu seme se naziva zrno.

## 2. 6. Hemijski sastav zrna

Seme (zrno) nauta ima veliku hranljivu i vitaminsku vrednost, kao i visok koeficijent svarljivosti, kako ističu Skurihin i Volgarev (1987), tabela 3.

Tabela 3. Hemijski sastav zrna nauta

Redni broj	Hranljiva supstanca	Učešće, %
1.	Skrob	44,6
2.	Ukupni proteini	20,9
3.	Ulja	4,3
4.	Ukupne celuloze	9,7
5.	Ugljeni hidrati rastvorljivi u vodi	3,0
6.	Mineralne soli	3,2
7.	Voda	14,0
Energetska vrednost zrna		164 Cal

Aminokiselinska vrednost proteina je velika jer je, od ukupnog broja aminokiselina, oko 40% nezamenljivih (EAK). Od ukupne količine EAK najviše ima lizina, zatim leucina, izoleucina, fenilalanina i treonina (tabela 4).

Tabela 4. Sadržaj organskih kiselina u zrnima mahunarki i pšenice, 16 dg/g (Pion i drugi, 1966)

Organska kiselina	Naut	Grašak	Sočivo	Soja	Pšenica
Limunska kiselina	68,11	20,11	90,11	70,11	08,4
Serin	12,05	48,04	28,05	30,05	7,04
Adenin	32,04	16,04	32,04	50,04	6,03
Valin	48,04	48,04	96,04	30,05	8,04
Cistin	44,01	80,00	96,00	70,01	5,02
Metionin	28,01	64,00	80,00	50,01	8,01
Fanilalanin	76,05	32,04	28,05	10,05	7,04
Triptofan	80,00	96,00	96,00	30,01	2,01

U ulju, dobijenom ceđenjem zrna, najveće učešće je nezasićenih masnih kiselina linolne (18:2) i oleinske (18:1), ali i zasićene palmitinske (Pittaway et al., 2008). Zrno sadrži i velike količine vitamina B<sub>1</sub> (0,1 mg), B<sub>2</sub> (0,063 mg), B<sub>3</sub> (0,526 mg), B<sub>5</sub> (0,286 mg), B<sub>6</sub> (0,139 mg) i B<sub>9</sub> (0,43 mg), zatim vitamina C (1,3 mg), E (0,35 mg) i K (0,004 mg). Od mineralnih soli najviše ima fosfornih (291 mg), zatim magnezijumovih (168 mg), kalcijumovih (49 mg), kalijumovih (7 mg), soli železa (2,89 mg), natrijuma (1,53 mg) i tako dalje. Navedeni hemijski sastav ukazuje da zrno ima veliku ugljenohidratnu i proteinsku vrednost, i sa stanovišta ishrane ljudi, veoma povoljan odnos ove dve hranljive supstance (Salukhne, 1982).

## 2. 7. Biološke osobine, rasteenje i razviće biljaka

Naut pripada grupi jednogodišnjih monokarpnih biljaka. U umerenom klimatskom pojasu to je usev prolećne setve, a toplijem klimatu ozimi. Po fotoperiodskoj reakciji biljka je dugog dana. U toku vegetacionog perioda, koji traje 70-100 dana (Sabag, 1989), biljke prolaze kroz sledeće faze rasteenja:

    klijanje, nicanje, ukorenjavanje (usporeni porast stabla), intenzivni porast stabla sa grananjem, cvetanje, oplodnja i zametanje ploda i i četiri faze zrelosti.

Vreme trajanja pojedinih fenofaza zavisi od sorte, toplotnih uslova, vlažnosti zemljišta i intenziteta ishrane biljaka. Klijanje semena započinje kad ono upije vode 100-150% od svoje mase i pri minimalnoj temperaturi 2°C, ali proces traje dugo i do 20 dana. Iako životni ciklus biljaka počinje na niskim pozitivnim temperaturama toplotni uslovi značajno utiču na prolećni porast biljaka. Nicanje je faza u kojoj se na površini pojavljuju prvi listovi koji su isti kao i oni koji se kasnije obrazuju. U ovoj fazi biljke ne iznose kotiledone (porast epikotilom), već oni ostaju u zemlji na dubini setvenog sloja. Posle obrazovanja korenovog sistema započinje intenzivan porast stabla uz istovremeno pojavljivanje cvetova u pazusima listova. Period cvetanja, oplodnje i zemetanja plodova traje kratko, oko 20 dana. Na dužinu ovog perioda, pored toplote, značajan uticaj imaju vlažnost zemljišta i relativna vlažnosti vazduha. Posle formiranja plodova i semena biljke prolaze kroz faze mlečne, testaste i voštane zrelosti i ovaj period sazrevanja semena traje oko 40 dana od pojave prvih cvetova. Zrele mahune ne pucaju, ali mogu cele otpadati, dok prezrele i povremeno kvašene pucaju i prosipaju seme. Treba istaći da naut vrlo ujednačeno sazreva, a faza prezrelosti useva nastupa za 10 dana od sazrevanja semena u mahunama. Ova činjenica je značajna pri određivanju vremena berbe.

## DRUGI DEO

### 3. 1. Uslovi uspevanja

Voda. Potrebe nauta u vodi tokom vegetacionog perioda zavise, pored ostalog i od ekotipa. U celini, naut ima mali koeficijent transpiracije (KT), koji je ispod 400. Zahvaljujući činjenici da dobro ekonomično raspoloživom vodom, u aridnijim područjima daje zadovoljavajuće prinose i bez navodnjavanja. Sorte sitnosemenog nauta troše manje vode nego krupnosemene. Proučavajući vodni režim biljaka tokom vegetacionog perioda Gan et al. (2000), su zaključili da naut utroši manje vode od pravih žita i uljanih biljaka za 6-8%. Zahvaljujući snažnom korenovom sistemu biljke su sposobne da iskoriste i vodu akumulisanu u dubljim slojevima zemljišta tokom vanvegetacione sezone. Dinamika potrošnje vode u vegetacionom periodu pokazuje da biljke sve faze intenzivnog porasta stabla usvajaju malo vode i dobro podnose kratkotrajne suše. U fazama intenzivnog porasta stabla i cvetanja biljke troše najveće količine vode i to je i kritičan period, ali treba istaći da naut dobro podnosi sušu tako da ona prouzrokuje

manje štete nego velika vlažnost zemljišta i vazduha. U jako vlažnim uslovima na biljkama se pojavljuju patogene gljive i veliki broj cvetova otpada pre oplodnje. U tropskim i suptropskim uslovima naut, zahvaljujući kratkom vegetacionom periodu, uspešno se gaji na rezervama vode u zemljištu koje nastaju posle kratkotrajnih i obilnih monsunskih kiša.

Toplota. Naut dobro uspeva i na manjim temperaturama, tako da seme klija već na 2-3°C, a iznikle biljke mogu podneti kratkotrajne mrazeve do -6°C (Al Dedžvi, 1996). Sa porastom biljaka potrebe u toploti rastu dostižući maksimum u fazi nalivanja semena. Za vegetativni porast biljaka minimalne temperature su oko 13°C, a za formiranje generativnih organa oko 15°C. Optimalne temperature su 20°C, odnosno 25°C za generativne faze. Ukupne toplotne sume aktivnih temperatura za vegetacioni period nauta iznose 1.800-2.000°C.

Zemljište. Za gajenje nauta najbolja su strukturalna zemljišta tipa černoze i livadske crnice jer imaju povoljan vodno-vazdušni i toplotni režim i lakši mehanički sastav. Međutim, ova biljka se može gajiti i na zemljištima manje povoljnih osobina, na primer na lakim peskovitim aluvijalnim, ali i na ilovasto-glinovitim zemljištima težeg mehaničkog sastava (smonice). Jako kisela, vlažna i glinovita zemljišta nisu pogodna za gajenje nauta, jer u takvoj sredini se ne razvijaju bakterije azotofiksatori pa izostaje formiranje kvržica na korenovima.

### **3. 2. Osnovi tehnologije proizvodnje nauta**

Zahvaljujući velikoj raznovrsnosti sorti i njihovoj prilagođenosti na različite agroekološke uslove i nivo primenjene agrotehnike, naut, pripada grupi biljaka u čiju proizvodnju su mala ulaganja u obradu zemljišta, dopunsku ishranu, negu i zaštitu useva i minimalno je učešće fizičkog rada (Glamočlija, 2012).

Naut je biljka vrlo tolerantna prema predusevu, pa čak i prema gajenju u monokulturi. I pored toga treba ga gajiti u plodoredu sa najmanje dvogodišnjom plodosmenom. Prema rezultatima koje navode proizvođači nauta u Kanadi, najbolji predusevi za naut su pšenica, uljane repice (kanola), slačice i krompir (McVay et al., 2013). U toplijim klimatskim područjima za naut su najbolji predusevi suncokret, duvan i pamuk. Kao biljka azotokupljačica cenjen je kao odličan predusev za većinu ratarskih i povrtarskih biljaka.

Sistem osnovne obrade zemljišta zavisi od preduseva. Klasična osnovna obrada zemljišta sa zaoravanjem žetvenih ostataka izvodi se tokom jeseni na dubinu od 20 cm. Ukoliko ona nije kvalitetno izvedena, trebalo bi površinu dopunski obraditi tokom zime korišćenjem tanjirača, rotofreza ili ravnjača kako bi se zemljište pod uticajem zimskih padavina i mrazeva dobro usitnilo. Rano u proleće drljanjem se uništavaju ponikli korovi i ravna površinski sloj radi sprečavanja povećane evaporacije. Neposredno pre setve izvodi se fina predsetvena priprema setvospremačima na dubinu do 10 cm uz istovremeno unošenje mineralnih hraniva i pesticida. Ukoliko se naut seje u jesen, obrada i priprema zemljišta se izvode naposredno posle berbe preduseva i u što kraćem roku da bi se setva obavila na vreme. Često se primenjuje i redukovana obrada, koja isključuje klasičnu osnovnu obradu plugom.

Naut tokom vegetacionog perioda usvaja značajne količine biljnih asimilativa, tako da dopunska ishrana biljaka ima veliki značaj. Za formiranje prinosa najveći značaj imaju kalijum, fosfor, kalcijum i azot (Kurdali, 1996; ). Prema podacima, koje navode Mishra et al., (2009); Сичкаръ i sar.(2018.) naut prinosom od 100 kg zrna uz odgovarajuću vegetativnu biomasu, iz zemlje iznese oko 5 kg azota, 1,1 kg fosfora, 2,25 kg kalijuma i 1,65 kg kalcijuma. Na korenovima nauta se, pored specifične *Mesorhizobium ciceri* razvijaju i kolonije drugih vrsta roda *Rhizobium* što značajno utiče na pojačanu fiksaciju atmosferskog azota i zato biljke slabije reaguju na dopunsku ishranu azotom. Međutim, ishrana fosforom ima veliki uticaj na prinos jer se vrlo značajno povećava učešće krupnijih zrna u ukupnoj masi, posebno u sorti kabuli tipa (Gan et al., 2000). Na srednjeplođnim zemljištima biljkama treba obezbediti 20-40 kg ha<sup>-1</sup> azota, 80 kg ha<sup>-1</sup> fosfora i 50 kg ha<sup>-1</sup> kalijuma (Wery et al., 1988). U ishrani se koriste organska i mineralna hraniva. Od organskih hraniva najvažniji je stajnjak koji se na zemljištima manje prirodne plodnosti koristi u količini 15-25 t ha<sup>-1</sup> unošenjem u zemljište sa osnovnom obradom. Stajnjak, kao najvažnije organsko biljno hranivo, obezbeđuje najmanje 50% biljnih asimilativa i taj način smanjuje upotrebu NPK mineralnih hraniva. Prema dosadašnjim saznanjima stajnjak biljkama nauta obezbeđuje 75% azotnih asimilativa i oko 25% kalijumovih soli. Korišćenje stajnjaka doprinosi povećanju krajnjeg prinosa i kvaliteta proizvoda za 10-20%, jer se tokom razgradnje ove biomase oslobađaju neophodni mikroelementi, regulatori rasta i antibiotici što pomaže u smanjivanju rezidua hemijskih ostataka pesticida. Upotrebom većih količina stajnjaka, i drugih vrsta organskih hraniva smanjena je upotreba mineralnih, ali i pesticida što rezultira smanjenju troškova proizvodnje i manjoj kontaminaciji životne sredine. Pored toga, organska hraniva imaju



pozitivan uticaj na biljke u početnim fazama rastenja jer ubrzavaju procese klijanja i nicanja, zatim pospešuju vegetativni porast, a sve to rezultira većom produktivnošću biljaka. Indirektni uticaj stajnjaka ogleda se i u poboljšavanju osobina zemljišta, održavanjem visoke plodnosti zemljišta i bogatijem korisnim mikroorganizmima koji ubrzavaju humifikaciju organske supstance. Sistem dopunske ishrane biljaka podrazumeva istovremeno zaoravanje dve trećine mineralnih hraniva, a jedna trećina se dodaje predsetveno. Prihranjivanje, sa 20 kg ha<sup>-1</sup> azota, izvodi se samo ako na korenovima izostane obrazovanje kvržica. Na dopunsku ishranu mikroelementima naut veoma povoljno, reaguje, posebno na molibden i cink. Stoga bi tokom vegetacionog perioda trebalo primeniti folijarnu ishranu biljaka. Popravka kiselih zemljišta izvodi se kalcijizacijom, a zaslanjenih upotrebom fiziološki kiselih mineralnih hraniva. Sitnosemeni naut je tolerantniji na povećani salinitet zemljišta.

Izbor sorte. Za gajenje sorti krupnosemenog nauta pogodnija su humidnija područja i plodnija zemljišta, dok bi sitnosemene sorte trebalo gajiti u aridnijim područjima i na siromašnijim zemljištima. Danas u svetu postoji veliki broj savremenih genotipova nauta selekcionisanih za različite uslove uspevanja, sisteme gajenja i način upotrebe zrna (Moreno et Cubero, 1987). U Americi su najzastupljenije sorte krupnosemenog nauta, koje su tolerantne prema patogenoj gljivi *Ascochyta sp.* uzročniku antraknoze, a to su *B-90*, *Dwellely*, *Sanford*, *Spanish White*, *UC-5* i *UC-27*. Iz grupe sorti sitnosemenog nauta najpoznatije su *Aztec*, *C 235*, *ICC 4*, *Myles* i *Sultano*. U Španiji se gaje sorte krupnosemenog nauta *Pedrosillano*, *ILC 1919* i druge. Na suvim lakšim peskovitim zemljištima semiaridnih područja sorte sitnosemenog nauta su pogodnije za proizvodnju u uslovima suvog ratarenja. U takvim uslovima one daju prinose zrna 1.100-1.400 kg ha<sup>-1</sup>. Po dobrim proizvodnim osobinama izdvaja se sorta *Myles* koja je odlično adaptirana za gajenje u semiaridnim područjima, Amerike i Bliskog Istoka. Tolerantna je na patogene i ima visok kvalitet zrna. Krupnosemene sorte imaju raznovrsniju upotrebu u ishrani i interesantnije su kao izvozni proizvod, tako da one preovlađuju u međunarodnoj trgovini. Treba istaći odlične proizvodne osobine sorte *Sanford* dobijene 1988. godine ukrštanjem sorti *Surutato-7* i *FLIP 85-58*. Ona je kroz sedam generacija izdvojena iz osnovnog materijala jer se odlikovala visokom tolerantnošću na prema uzročniku antraknoze. Osim toga ima vrlo krupna zrna apsolutne mase oko 540 g, oblika ovnujske glave tanke semenjače, svetlokrem boje i vrlo je cenjena kao prehrambeni proizvod višestruke namene. Na dobijanju novih sorti nauta danas se intenzivno radi prvenstveno u institutu *ICRISAD (Siddique)* koji ima najveću kolekciju autohtonih

populacija i novostvorenih linija. Cilj oplemenjivača je dobijanje sorti krupnosemenog nauta tolerantnih prema patogenoj gljivi *Ascochyta sp.* i visokog prinosa zrna velike hranljive vrednosti.

Setva. Potrebe semena za toplotom tokom klijanja su male (poljski minimum 4-6<sup>0</sup>C), pa setva nauta može početi rano u proleće. Budući da iznikle biljke dobro podnose mrazeve, naut se u kontinentalnim agroekološkim uslovima seje već u drugoj polovini marta. Ranija setva ima i niz prednosti jer će biljke proći period cvetanja i oplodnje pre velikih letnjih vrućina. U suptropskim i mediteranskim područjima koja imaju blage zime bez dužih ledenih perioda, naut se može sejati i tokom jeseni (optimalan rok je druga polovina novembra, kako navodi Salih, 1995). Ranijom setvom, kako ističu Gan et al. (2000.) dobije se veći prinos zrna, a zakašnjenje u odnosu na uslovno-optimalni rok uslovljava smanjenje prinosa za 4,3-16,4%.

Za setvu treba koristiti seme koje nije starije od dve godine, jer naut brzo gubi klijavost. Pored toga, seme mora ispunjavati uslove neophodne za kvalitetan semenski materijal, a to su visok stepen čistoće (99%) i klijavosti (95%), zadovoljavajuće zdravstveno stanje, seme treba da je krupno i ujednačeno po krupnoći. Obavezno se dezinfikuje protiv uzročnika gljivičnih oboljenja (antraknoze) i inokuliše bakterijama azotofiksatorima specifičnim za naut (Johnson et al., 2005). Zprašivanje semena inokulantima izvodi se u zatamnjenoj prostoriji jer su bakterije fotofobne. Tehnika inokulacije je sledeća; određena količinu semena nauta sipa se u poljoprivrednu mešalicu i nju se dodaju adekvatna količina biofertilizatora, koji sadrži bakterije azotofiksatore i malo vode. U mešalici ova masa se dobro izmeša sa preparatom da sva semena dobiju tamnu, crnu boju. Ukoliko nema ovih specijalnih mešalica, mogu se koristiti mešalice za beton ili se seme izmeša ručno u nekom većem sudu ili u jutanoj vreći. Posle inokulacije seme treba ostaviti da se malo prosuši i potom se vraća u originalnu ambalažu. Svi poslovi oko inokulacije treba da budu izvedeni u zaseni, jer su ove bakterije stradaju na sunčevoj svetlosti. Sipanje semena u sejalice treba izvesti direktno iz ambalaže (Glamočlija i sar., 2015).

Naut se može sejati na različita međuredna rastojanja, i to uskoredno i širokoredno. Širokoredna setva izvodi se sejalicama za širokoredne useve na međuredno rastojanje 50 cm i odstojanje između semena u redu oko 5 cm. Takvom setvom dobije se oko 400.000 biljaka po ha. Za širokorednu setvu sitnosemenog nauta treba 60-70 kg ha<sup>-1</sup>, a krupnosemenog 120-150 kg ha<sup>-1</sup>. Uskoredna setva ili setva u trake izvodi se u uslovima optimalne vlažnosti i na zemljištima koja nisu zakorovljena. Kod ovog načina setve međuredna rastojanja mogu biti 20-40 cm, zavisno od

razmaka setvenih aparata sejalice. Za uskorednu setvu jednog hektara utroši se 80-110 kg sitnosemenog, a 150-180 kg krupnosemenog nauta. Optimalna dubina setve je 5-7 cm, na težim i vlažnijim zemljištima je plića, na 4-5 cm, a na suvljim i lakšim dublja, do 10 cm. Na suvim i lakim zemljištima površinu posle setve trebalo bi povaljati lakim rebrastim valjcima.

Nega useva. Tokom vegetacionog perioda izvode se sledeće mere nege: suzbijanje pokorice, 1-2 međuredna kultiviranja i, po potrebi okopavanje useva, zatim navodnjavanje i prihranjivanje ako se na korenovima nisu formirale kvržice. Pokorica se suzbija pre nicanja biljaka lakim drljačama, valjcima ili branama. U širokorednim usevima mogu se obaviti međuredna kultiviranja, i to prvo kad biljke dostignu visinu 10 cm, a drugo pre butonizacije. U usevima uskoredne setve korovi se suzbijaju ručnim okopavanjem. Iako je naut tolerantan na sušu, vrlo povoljno reaguje na dopunsko vlaženje. Usev bi trebalo zalivati u periodu od intenzivnog porasta stabla do cvetanja i tokom zamatanja plodova. Zalivanje se izvodi mlakom vodom i u ranim jutarnjim časovima. Na malim površinama najbolji su sistemi za orošavanje sektorskim prskalicama marke Tiphon.

Zaštita useva. U zaštiti od korova mogu se primeniti hemijske mere borbe korišćenjem herbicida, koji se primenjuju pre setve sa inkorporacijom preparata u zemlju, zatim posle setve, a pre nicanja nauta ili tokom vegetacionog perioda. Mali je broj insekata koji napadaju naut tokom vegetacionog perioda. Zemljišne štetočine biljkama mogu naneti manje štete jer se naut seje ranije u proleće kada one još nisu aktivne. Tokom vegetacionog perioda na usevu se pojavljuju lisne vaši koje treba suzbiti da ne bi prenosile patogene uzročnike bolesti. U slučaju jačeg napada vašiju suzbijanje se izvodi upotrebom insekticida etiol, bifentrin ili deltametrin, a ako su napadnute pojedinačne biljke, one se mogu ukloniti ručno. Na biljkama tokom vegetacionog perioda mogu parazitirati gljive iz roda *Ascochyta* uzročnici oboljenja antraknoza. Najefikasnija zaštita useva je setva zdravog i dezinfikovanog semena, izbor tolerantnih sorti i gajenje nauta u plodoredu. U slučaju jačeg napada usev treba da se zaštiti upotrebom odgovarajućih fungicida.

Berba i čuvanje proizvoda. Naut ima kratak rok sazrevanja, tako da mahune u usevu dospevaju u fazu pune zrelosti za tri do pet dana. Zreo usev prepoznaje se po tome što su biljke dobile specifičnu sivožutu boju, listovi sa stabala su otpali, a semena zveckaju jer su se odvojila od tkiva mahune. Zrele mahune ne pucaju ali u prezrelom stanju ili u uslovima čestog vlaženja i sušenja, otpadaju. Stoga berbu treba izvesti u što kraćem roku, jednofazno univerzalnim kombajnima koji se prethodno podešavaju za berbu mahunarki. Na malim površinama berba

nauta je višefazna i sastoji se od sledećih operacija: ručno čupanje ili košenje stabala, njihovo skupljanje i dosušivanje i na kraju vršidba ili ručno mlaćenje da bi se izdvojila zrna iz mahuna.

Primenom savremenih agrotehničkih mera može se dobiti prinos zrna nauta 2.500-3.300 kg ha<sup>-1</sup>. U vrlo povoljnim agroekološkim uslovima i uz primenu najsavremenije agrotehnike može se postići prinos suvog zrna u granicama 3.500-4.500 kg ha<sup>-1</sup>, kako ističu Iliadis (2001); Bejiga et al. (2006); Ecocrop (2013).

### **3. 3. Čuvanje proizvoda**

Iz zrna se posle berbe odvajaju sve biološke i mehaničke nečistoće, a potom se, ako je potrebno, dosušuje na vlažnost 8-10% prirodnim putem ili u sušarama za zrnaste proizvode. Čisto i osušeno zrno čuva se u skladištima za zrnaste proizvode. To mogu biti podna ili zapreminska skladišta raznog kapaciteta u kojima se zrno odlaže u rasutom stanju. Savremeniji način čuvanja je u metalnim kontejnerima ili jutanim vrećama, a u novije vreme u džambo vrećama mase oko 1.000 kg. Drugi način čuvanja zrna je u silosima u rasutom stanju. Tokom čuvanja vrši se stalna kontrola vlažnosti, temperature i zdravstvenog stanja zrna i preduzimaju mere zaštite, koje podrazumevaju provetravanje mase hladnim ili toplim vazduhom i fumigaciju radi zaštite od skladišnih štetočina. U povoljnim uslovima zrelo zrno se može čuvati nekoliko godina, a ako se čuva semenski materijal, on se mora upotrebiti sledeće godine za setvu.

## **4. 1. Predmet i cilj istraživanja**

Predmet istraživanja ovog rada bilo je utvrđivanje efikasnosti korišćenja alternativnih načina dopunske ishrane useva nauta glavnim elementima azotom, fosforom i kalijumom korišćenjem preparata bifertilizatora i poređenje dobijenih vrednosti sa konvencionalnim sistemom ishrane biljaka upotrebom NPK mineralnih hraniva.

Polazeći od činjenice da prekomerno korišćenje mineralnih hraniva u cilju ostvarenja što većih prinosa poljoprivrednih proizvoda po jedinici površine može imati negativan uticaj na zdravlje ljudi, životinja i mikroorganizama koji se nalaze u zemljištu, postavljenim ogledima trebalo je utvrditi koliko se može smanjiti njihova upotreba, a da se ostvare zadovoljavajući rezultati. Brojna dosadašnja istraživanja pokazala su da se udeo NPK hraniva, proizveden na industrijski

način, može podesnim metodama dopunske ishrane smanjiti na onu količinu koju će biljke u najvećem procentu iskoristiti tako da ne postoji opasnost od njihovog ispiranja u dublje slojeve zemljišta sa svim negativnim posledicama koje mogu izazvati promenom hemijske strukture i kao takvi dospeti u podzemne vode. Supstitucija se može u velikom procentu uraditi upotrebom različite organske biomase koja sadrži neophodne biljne asimilative. Kao najpodesnije, sa aspekta snabdevenosti glavnim elementima (N,P,K) je organsko biljno hranivo stajnjak za veće poljoprivredne površine, dok su za manje (vrtovi, okućnice i slično) odlični kompost i glistenjak. Ukoliko se ova biljna hraniva upotrebe u kombinaciji sa mikrobiološkim preparatima koji sadrže korisne zemljišne mikroorganizme, biće potpunija razgradnja organske supstance i oslobađanje biljnih asimilativa, što znači da će usevi biti bolje obezbeđeni mineralnim solima.

Grupa ratarskih biljaka iz porodice leptirnjača, vrsta koje su tokom milenijumskog razvika stvorile simbiotski odnos sa bakterijama koje sintetišu amonijačne soli iz elementarnog azota, je najbolji primer kako se upotrebom bioloških preparata mogu obezbediti značajne količine najvažnijih biljnih asimilativa uz male količine industrijski proizvedenih mineralnih hraniva.

Određivanje sposobnosti bakterija azotofiksatora za sintezu amonijačnog jona izvedeno je u ogledu u kome je predmet istraživanja bila zrnena mahunarka naut, gajena na zemljištu povoljnih fizičkih osobina. Dopunska ishrana izvedena je sa povećanim količinama azotnog mineralnog hraniva u kombinaciji sa inokulacijom semena. Za utvrđivanje količine usvojenog azota u tkivu biljaka korišćen je izotop N<sup>15</sup>.

## TREĆI DEO

### **5. 1. Pregled literature**

Pitanje iznalaženja optimalnog i racionalnog sistema dopunske ishrane biljaka, koje podrazumeva smanjenje udela fabričkih mineralnih hraniva i njihovu zamenu alternativnim biofertilizatorima bilo je predmet brojnih dosadašnjih istraživanja.

U istraživanjima koja je izveo Mohamed Said Al-Chater, određeni su efekti konverzije azota, upotrebljenog u ishrani biljaka, radi utvrđivanja odnosa između mase mikroorganizama i biljke, uz korišćenje azotnog hraniva, po formuli  $(N^{15}H_4)+2 SO_4$ . Rezultati, koje je dobio ovaj autor obračunom CRU koeficijenta ukupne biljne mase, pokazali su da je udeo  $N^{15}$ , iz mineralnog hraniva bio 79% od ukupno usvojenog azota. U varijanti u kojoj je ječam bio predusev proučavana mahunarka usvojila je samo 66% azota ( $N^{15}$ ) iz mineralnog hraniva, dok je 33% bilo iz zemljišnih rezervi koje su obezbedile unesene bakterije azotofiksatori.

Rezultati istraživanja uticaja gustine useva i inokulacije semena nauta u varijanti sa dodatkom ureje, pokazali su pozitivne efekte u usevu veće gustine koji su rezultirali povećanjem prinosa zrna. U interakciji gustine useva, inokulacije semena pre setve i dopunske ishrane urejom povećanje prinosa zrna nauta i drugih morfoloških i kvalitativnih pokazatelja bilo je značajno kako je zaključio Bahr (2007) u svojim istraživanjima.

Suresh et al. (2010.) su proučavali uticaj gustine useva i povećanih količina azota na prinos nauta čije seme je prethodno inokulisano bakterijama azotofiksatorima. Najveći prinos zrna dobijen je pri gustini useva od 33 biljke na  $2 m^2$  i uz upotrebu azota u količini  $30 kg ha^{-1}$ , dok ova vrednost bila značajno manja kada su na kvadratnom metru bile 22 biljke, koje su prihranjene sa  $20 kg ha^{-1}$  azota, što znači da se sa povećanjem gustine i intenzivnijom ishranom biljaka dobije veći prinos.

U svojim istraživanjima Saxena (1988) je došao do zaključka da simbiotske bakterije na korenovima sočiva u povoljnim zemljišnim uslovima mogu sintetisati azotnih soli toliko da se biljkama obezbedi i do 80% ovog biogenog elementa neophodnog za porast i razviće.

Halder i sar. (1990.) su, proučavajući životne aktivnosti bakterija azotofiksatora u zoni korenovog sistema zrnenih mahunarki utvrdili da one imaju važnu ulogu u rastvaranju tercijarnih fosfata u primarne, čineći ih dostupne biljkama. Tako bakterije azotofiksatori posredno utiču i na bolju snabdevenost zemljišta pristupačnim fosforom sprečavajući njegovo ispiranje u zonu izvan korenovog sistema gajenih biljaka.

Korišćenjem savremene agrotehnike, koja podrazumeva upotrebu biofertilizatora i dodavanje mineralnog azota u količinama izračunatim na osnovu prirodne plodnosti zemljišta Lodhi et al. (2007.) su na proučavanom zemljištu dobili najveći prinos zrna nauta gajenog na međurednom rastojanju od 30 cm i sa upotrebljenog azota od  $25 kg ha^{-1}$ .

U istraživanjima koja je izveo Muvafik Junis Sultan (2010.) utvrdio je se efekat inokulacije semena sočiva, uz umerene količine azotnih i fosfornih mineralnih hraniva (NK) ogleda i u boljem usvajanju cinka iz zemljišnog rastvora. Ovi rezultati su pokazali da bakterije roda *Rhizobium* igraju važnu ulogu u povećanju dostupnosti cinka u zemljištu, što je posebno važno za useve (ne samo mahunarke) koji ovaj element usvajaju i koriste u nešto većim količinama.

Da je cink neophodan mikroelement za optimalan porast biljke, jer ima značajnu ulogu u brojnim biološkim procesima, istakao je Al Naimi (1987). Količina rastvorenog cinka u zemljišnom rastvoru koja je nastala usled eluvijalnog procesa, odnosno, razdvajanjem primarnih i oslobođenih minerala od sekundarnih, relativno je nizak u poređenju sa ukupnim sadržajem cinka u zemljištu. Cink, kao i drugi mikroelementi, može biti podložan jakoj apsorpciji u prisustvu aktivnog kalcijum-karbonata (Leeper, 1952), to utiče na njihovu dostupnost biljkama, a što u krajnjem rezultatu, utiče prinos i kvalitet proizvoda. Zbog tog većina useva na našim prostorima pokazuje simptome nedostatka cinka.

Sultan (2005) je potvrdio da bakterije roda *Rhizobium* mogu da razgrade teže rastvorljive fosfatne soli, kao što su fosfatne stene, i da povećaju količinu dostupnih fosfata podmirujući potrebe biljke za fosforom.

U studiji koju je sproveo Al Aridi (1997), utvrđeno je da količina sintetisanih azotnih može biti između 88 i 104 kg ha<sup>-1</sup> godišnje, zavisno od brojnosti azotofiksatora i zemljišnih uslova.

Druga studija (Muhtar i Abu Nsieb, 1987), pokazala je značajno povećanje broja kvržica na korenovima pasulja nakon inokulacije semena u istraživanju sprovedenom na otvorenom polju. Međutim, povećanje broja kvržica nije uvek pokazalo i povećani obim fiksacije azota što može biti posledica neefikasnosti azotofiksatora ako nisu pripadnici vrsta koje se najbolje razvijaju na korenovima pasulja, a to je *Rhizobium phaseoli*, a to su potvrdila istraživanja koja je prethodno izveo Flor (1985).

U naučnom radu Al Salhi i Al Džaili (2001) cilj proučavanja bio je uticaj inokulacije semena preparatima sa bakterijama azotofiksatorima. Predmet proučavanja bile su sorte nauta Tal 620, Usda 3387 i Enrri koje su gajene na četiri tipa zemljišta na eksperimentalnom polju Poljoprivrednog fakulteta Šambat. Prvi tip je bilo tipično zemljište na kome odavno gaje zrne mahunarke mahunarke, drugi tip je uzet iz peskovite doline, treći iz sedimentarnih stena pored

Nila, a četvrti zemljište lakog mehaničkog sastava, kao kontrola. Rezultati istraživanja su pokazali mali efekat inokulacije jer su na sva četiri tipa zemljišta formirane 2-3 kvržice na korenovima. Mali broj kvržica na korenovima biljaka gajenih na zemljištu oglednog polja Fakulteta Šambat može se objasniti visokim sadržajem azota u zemljišnom rastvoru, a u takvim uslovima bakterije azotofiksatori imaju manju aktivnost.

## 5. 2. Materijal i metode istraživanja

Ogledi su postavljeni u eksperimentalnoj stanici na farmi Centra za poljoprivredno istraživanje u Tadžuri, u periodu između 15.11.2016. i 25.2.2017. godine, u cilju proučavanja efikasnosti procesa biološke azotofiksacije na korenovima biljaka nauta.

Saksije u kojima su gajene biljke napunjene su sa 5 kg peskovitog zemljišta. Pre setve obavljene su analize hemijskih i fizičkih osobina uzoraka zemljišta, a rezultati su prikazani u tabelama 5 i 6.

Tabela 5. Agrohemijske osobine uzoraka zemljišta

Koncentracija anjona (meq/L)	Koncentracija katjona (meq/L)	E.C. (ds/cm)	pH	CaCO <sub>3</sub> %	OM %	P Olson ppm	N, %		
-	CO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	1,22	Na <sup>+</sup>	0,49	7,84	0,41	0,02	0,04	0,07
1,32	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0,11	K <sup>+</sup>						
0,95	Cl <sup>-</sup>	2,16	Ca <sup>++</sup>						
2,70	SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	1,48	Mg <sup>++</sup>						

Prema agrohemijским analizama zemljište je bilo blago alkalne reakcije srednje obezbeđeno azotom i siromašno fosforom. Prema sadržaju CaCO<sub>3</sub> ovo je slabo karbonatno zemljište i srednje obezbeđeno humusom.



Tabela 6. Fizičke osobine uzorka zemljišta

Sastav zemljišta	Procentualni udeo
Pesak	77,14%
Glina	14,86%
Soli	8,00%
Rastresita i peskovita tekstura zemljišta	

U dopunskoj ishrani primenjeno je pet različitih količina azota, i to 20, 40, 60, 80 i 100 kg ha<sup>-1</sup>, uz varijantu bez azota (kontrola). Količine fosfora i kalijuma bile su iste u svim varijantama, a upotrebljeno je 14,4 kg ha<sup>-1</sup> KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>. Za ishranu biljaka korišćena je ureja sa 50% aktivnog azota. Mineralna hraniva su upotrebljena posle setve po različitim rokovima.

U svaku saksiju posejano je po pet semena nauta lokalne populacije. Pre setve semena su inokulisana preparatom 200C ARC, u koncentraciji 7,5x10<sup>9</sup>, bakterija po gramu suve mase zemljišta, odnosno po 20 g preparata na 100 g semena. Preparat sa bakterijam aazotofiksatorima je poreklom iz Egipta.

U ovom eksperimentu, iskorišćen je metod slučajnog blok rasporeda (RCBD), koji se sastoji od dva koeficijenta fertilizacije i jednog izvora azota. U tri bloka, dodata je ureja – u prvi blok nakon 15 dana od setve, u drugi nakon tri nedelje, a u poslednji, pet nedelja posle setve. Svaki tretman je ponovljen četiri puta, a berba je obavljena nakon 70 dana. Tada su uzorci osušeni na 70°C, samleveni i uskladišteni za potrebe analize. U biljnom materijalu je izvršena procena nivoa azota (Methods of soil analysis 1982), kao i fiksiranog azota (Ndfa %) prema Hardarsonovoj jednačini (Hardarson et al. 1991). Pri tome je kao referentni usev korišćena pšenica (koja ne fiksira azot). Primenjena je tehnika N<sup>15</sup> da bi se utvrdilo poreklo azota u biljnom materijalu. Podaci su statistički analizirani, ANOVA testom varijanse, a srednje vrednosti su izvedene Dankanovim višestrukim intervalnim testom, sa nivoom pouzdanosti od 5%.

### 5. 3. Rezultati istraživanja i diskusija

Količina suve supstance u vegetativnoj masi povećala se povećanjem stope fertilizacije do 60 kg ha<sup>-1</sup>, a zatim je opadala na nivou od 80 do 100 kg ha<sup>-1</sup> u odnosu na proces inokulacije bez fertilizacije (tabela 7).

Tabela 7. Količina suve supstance i količina azota koju su apsorbivale biljke inokulisane bakterijom azozofiksatorom i biljke koje nisu inokulisane

Količina apsorbiranog azota, mg po biljci)		Količine suve supstance po biljci, g		Rastuće količine azota (kg ha <sup>-1</sup> )
Neinokulisane	Inokulisane	Neinokulisane	Inokulisane	
11.2 e	22.5 de	5.9 bc	5.9 c	0
33.4 d	43.2 d	6.4 b	6.4 b	20
30.6 d	98.6 b	7.5 ab	6.1 b	40
147.1a	140.4 a	8.1 a	7.7 a	60
130.4 b	85.2 c	6.6 b	4.5 c	80
56.1 c	114.3 bc	4.1 d	4.6 c	100

\* Srednje vrednosti u istoj koloni označeni istim slovom nisu bitno različite, nivo odstupanja 0,05

Postepeno se povećavala akumulacija suve supstance i apsorpcija azota, povećavanjem azotnog hraniva do 60 kg ha<sup>-1</sup>. Statistički gledano, najbolje vrednosti suvih i azotnih apsorbentata su dobijene na nivou od 60 kg ha<sup>-1</sup>. Inokulacija nije imala jasan uticaj na produktivnost suve supstance. S druge strane, inokulacija bakterijama poboljšala je apsorpciju azota u odnosu na varijante kojima nije bila izvršena inokulacija, izuzimajući količinu od 80 kg azota po hektaru, gde je bilo obrnuto.

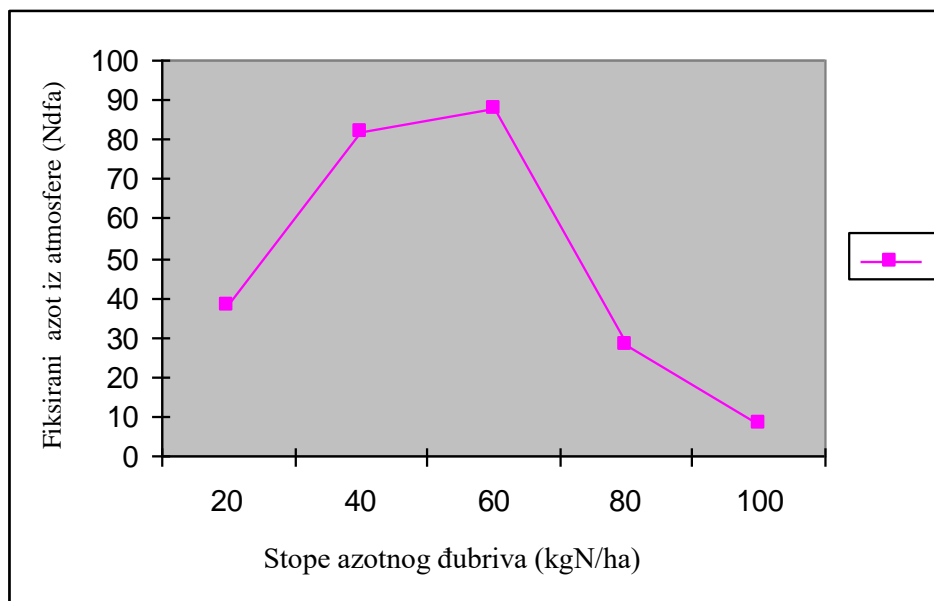
Ovi indikatori mogu biti rezultat negativnih efekata visokih količina azota na aktivnost prvobitnih i dodanih mikroorganizama (Yanni, 1992).

Interakcija između inokulacije i ishrane azotom imala je značajan uticaj pri upotrebi malih do srednjih količina azota. U ranijem periodu porasta biljaka, potrebno je fertilizacijom obezbediti azot da bi se formirale kvržice i kako bi se započeo proces biološke azotofiksacije. Potvrđeno je

da količine azota upotrebljene u ranim fazama porasta sprečavaju azotofiksaciju (Yanni, et al, 1991).

#### Azotofiksacija (Ndfa)

Odgovarajuća vrednost fiksiranog azota utvrđena ovim uzorcima otkrila je efikasnu ulogu povećanja količine azotnih hraniva (grafikon 1). Količine biološkog azota dobijenog fiksacijom, povećavale su se sa povećanjem količine azotnog hraniva samo do 60 kg ha<sup>-1</sup>, a zatim su naglo opadale pri upotrebi 80 i 100 kg ha<sup>-1</sup>. Ovo ukazuje da je simbiotski odnos između biljke i bakterija azotofiksatora imao negativan odnos sa povećanjem količine mineralnog azota iznad 60 kg ha<sup>-1</sup>, što pokazuje koliko ovog elementa biljke usvajaju iz simbiotskog odnosa, a koliko im je potrebno dodati dopunskom ishranom korišćenjem mineralnih hraniva.



Grafikon 1. Količine simbiotskog azota (mg N po biljci) i efekat povećavanja količine azotnih hraniva

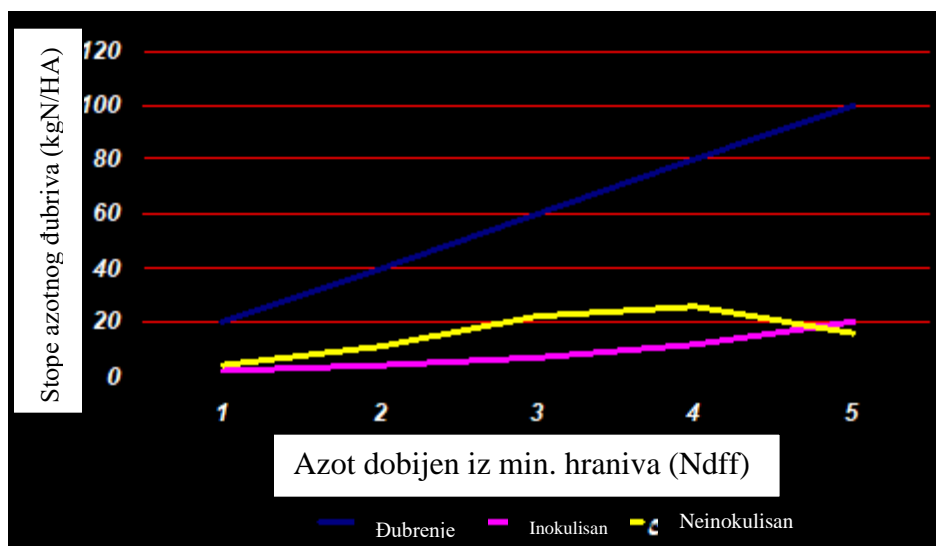
Ovi rezultati su, takođe, u saglasnosti sa istraživanjem koje su izveli Doughton, et, al. (1993.) u kojima su autori istakli da je naut biljka koja može dati zadovoljavajući prinos i bez upotrebe mineralnih azotnih hraniva, ako se gaji u zemljišnim uslovima povoljnim za razviće odgovarajućih bakterija azotofiksatora unesenih inokulacijom semena.

Slične rezultate navodi Aslam (2002) koji je na zemljištu sa malom količinom humusa na području severnog Pothohara (Pakistan) gajio naut uz obaveznu inokulaciju semena pre setve. Ovaj autor je dobio zadovoljavajući prinos zrna primenom ove tehnologije proizvodnje. Posebne efekte ostvario je setvom pšenice posle nauta, jer je posle ovog plodoreda uočio povećanje plodnosti zemljišta primenom biološkog sistema poljoprivredne proizvodnje. Koristi koje se postižu opredeljenjem za sintezu biološkog azota uz pomoć simbiotskih bakterija pokazale su da je ukupan prosek Ndfa bio oko 78% i da se količina azota u zemljištu povećala za 28 kg ha<sup>-1</sup>. Obezbeđenje zemljišta i drugim biljnim asimilativima bilo je povećano kad su i žetveni ostaci zaorani, a njihovo razlaganje su ubrzali mikroorganizmi kojima su rezerve azota poslužile za pojačanu životnu aktivnost. Tako je u procesu humifikacije izbegnuta azotna depresija.

Hardarson i Atkins (2003) u svojim istraživanjima, vezanim za udeo fiksacije azota, određenim pomoću tehnike korišćenja radioaktivnog izotopa, pokazali su velika variranja, od 29% do skoro 86%. Ovakav rezultat dobijen je u uslovima upotrebe različitih količina azotnih mineralnih hraniva. Isti autori navode da je u mahunarki, soje i nauta, udeo fiksiranog azota oko 50%. Slične rezultate dobili su Al Gandur i Galal (2002.) proučavajući intenzitet azotofiksacije kod biljaka nauta gajenog na peskovitom zemljištu, vrlo siromašnom organskom supstancom. Ispitujući učešće azotofiksacije u ukupnim rezervama biološkog azota u zemljištu pomoću izotopa N<sup>15</sup>, dobili su vrednosti koje su varirale od 32% do 60% i zavisile su od sorte nauta.

Azot poreklom iz mineralnih hraniva (Ndff)

Koeficijent iskorišćenja azotnog mineralnog hraniva bio je veći i biljke su ga aktivnije usvajale u varijantama u kojima seme nauta nije inokulisano u odnosu na varijante sa inokulacijom (grafikon 2).



Grafikon 2. Količine azota iz min. hraniva (mg N po biljci) i uticaj inokulacije semena na ove procese

Iz ovog se može izvući zaključak da su biljke, u odsustvu fiksacije elementarnog azota od strane simbiotskih bakterija, svoje fiziološke potrebe više podmirivale iz azota upotrebljenog u dopunskoj ishrani, a manje iz drugih izvora. Ipak treba istaći da je efekat upotrebljenog azotnog hraniva bio najveći do količina do  $80 \text{ kg ha}^{-1}$ , dok je sa daljim povećanjem intenziteta ishrane biljaka zabeleženo smanjenje efikasnosti pojačane ishrane.

U drugoj varijanti, kada seme nije inokulisano uticaj povećanih količina azota u ishrani biljaka nauta pokazao je trend porasta prinosa zrna i pri najvećoj upotrebljenoj količini ( $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Ovakav suprotan trend reagovanja biljaka može se objasniti činjenicama da je naut gajen na vrlo siromašnom zemljištu u kome nije bilo drugih izvora azotnih asimilativa (zemljišne rezerve, ni azotne soli kao produkt inokulacije).

## 6. Z a k l j u č a k

Podaci dobijeni iz ovih istraživanja ukazali su na važnost korišćenja tehnologije proizvodnje koja uključuje i sistem biofertilizacije s ciljem da se obezbede potrebne količine azota (delom i fosofra) iz jeftinijih izvora. Pored toga, upotreba biofertilizatora ima i dugotrajne pozitivne efekte na očuvanju zemljišta kao najvažnijeg poljoprivrednog resursa, ali i na stvaranje uslova za zdraviju životnu sredinu kroz smanjenje upotrebe industrijski proizvedenih biljnih mineralnih hraniva.

Sa ekonomske tačke gledišta, ovakav pristup u rešavanju pitanja dopunske ishrane biljaka proizvođačima pruža mogućnost značajnog smanjenja troškova proizvodnje, jer ne treba da celokupne količine biljnih asimilativa podmiruju skupim NPK mineralnim hranivima.

Posebnu pogodnost pruža i činjenica da biljke iz porodice leptirnjača žive u simbiozi sa bakterijama koje su sposobne da sintetišu velike količine azotnih soli i podmire svoje domaćine sa 20-80% potreba u ovom biogenom elementu. Deo nepotrošenih azotnih soli ostaje i za naredni usev tako da se najracionalnijim sistemom plodoređa povećava ekonomičnost biljne proizvodnje i dobija hrana veće nutritivne i zdravstvene vrednosti.

U novije vreme naučnici su identifikovali čitav niz nesimbiotskih bakterija i gljiva koje u zoni korenovog sistema pojedinih ratarskih biljaka, takođe sintetišu azotne soli iz elementarnog azota.

U usavršavanju metoda ovog sistema biološkog ratarstva najdalje se otišlo u gajenju riže, pšenice, sirka i kukuruza, vrsta koje u svetskoj ekonomiji imaju i najveći privredni značaj.

## 7. Korišćena literatura

Al Dedžvi, A. (1996): Zrnene mahunarke. Knjižara Al Mabuli za štampanje, objavljivanje i distribuciju, Trg Talat Harb, Arapska republika Egipat, Kairo, str. 169.

Al Din, S., A. Šafašk i A. al Sajid al Dababi (2008), Gajenje useva (Zrnene mahunarke i Voluminozno krmno bilje).

Aghajanzadeh-Golshani, A., N. Maheri-Sis, A. Baradaran-Hasanzadeh, A. Asadi-Dizaji, A. Mirzaei-Aghsaghali and J. Dolgari-Sharaf (2012): Determining nutrients degradation kinetics of chickpea (*Cicer arietinum*) straw using nylon bag technique in sheep. *Open Vet. Journal*, 2 (1), pp. 54-57.

Al Aridi, T. M. S. (1997): Reakcija nauta i sočiva na inokulaciju semena različitim vrstama bakterija azotofiksatora. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Bagdadu.

Al Naimi, Saad Alah Nedžam (1987): Fertilizacija i plodnost zemljišta. Štampanje i izdavaštvo Dar al Kitab, Univerzitet u Mosulu, Mosul, Irak.

Al Sabag, A. G. (1989): Opšta enciklopedija o biljkama, Publikacije Kuvejdat u Bejrutu.

Al Sulhi R. H. i I. I. Al Džaili (2001): Uticaj inokulacije nauta na prinos zrna. Nacionalni centar za istraživanje (Institut za istraživanje životne sredine i prirodnih resursa), Hartum, Šambat.

Aslam, M et al. (2002): Extending nitrogen fixation rese arch to farmers fields. *ICRISAT*, Patancheru, pp 353-360.

Bampidis, V.A.; Christodoulou, V. (2011).: Chickpeas (*Cicer arietinum* L.) in animal nutrition: A review. *Animal Feed Science and Technology*, No 168 (1-2), pp. 1–20.

Bejiga, G. and L. J. G. van der Maesen (2006): *Cicer arietinum* L.. Record from Protabase. Brink, M. & Belay, G. (Editors). *PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l’Afrique tropicale)*, Wageningen, Netherlands.

Bouyeldieu, J. (1991): Produire de grains oleagineux ET proteagineux. Ed .Lavoisier.

Edison, M. (1983): Upravljanje poljoprivrednom proizvodnjom, prevod Abasa Abdulhamida. Poljoprivredni fakultet, Univerzitet u Basri.

Gan, Y. T., et al. (2000): Optimal agronomic management of growing chickpeas in the semiarid prairie. P. 174 *in* Direct Seeding. The 12<sup>th</sup> annual meeting, conference and trade show of the Sask. Soil Conservation Assoc. Regina.

- Glamočlija, Đ. (2012): Posebno ratarstvo 1 (2. izdanje). Poljoprivredni fakultet, Beograd.
- Glamočlija, Đ., S. Janković, V. Popović, V. Filipović, V. Ugrenović i J. Kuzevski, (2015): Alternativne ratarske biljke u konvencionalnom i organskom sistemu gajenja. Monografija, Izdavač, IPN, Beograd.
- Glods, P. R. and N. M. Fisher (1984): Chick pea the physiology of tropic Field crop.
- Hamdaš (2011): Gajenje nauta u priobalnim i polupriobalnim oblastima, Tehnički institut za poljoprivredu.
- Hort, A. (1916): Theophrastus - Enquiry into plants and minor works on odours and weather signs. Publisher: London W. Heinemann, Gerstein – University of Toronto.
- Janković, S., Đ. Glamočlija, J. Ikanović i S. Rakić (2019): Sekundarni ratarski proizvodi. Monografija Izdavač IPN, Beograd (in press).
- Johnson, S. E., J. G. Lauren, R. M. Welch and J. M. Duxbury (2005): A comparison of the effects of micronutrient seed priming and soil fertilization on the mineral nutrition of chickpea (*Cicer arietinum*), lentil (*Lens culinaris*), rice (*Oryza sativa*) and wheat (*Triticum aestivum*) in Nepal.
- Kafilzadeh, F. and E. Maleki (2012): Chemical composition, *in vitro* digestibility and gas production of straws from different varieties and accessions of chickpea. J. Anim. Physiol. Anim. Nutr. 96 (1), pp. 111-118.
- Kamil, S. Dž. i A. S. Muhamed (1981): Osnovi proizvodnje poljoprivrednih useva. Bagdad.
- Kurdali, F. (1996): Nitrogen and phosphorus assimilation, mobilization and partitioning in rainfed chickpea (*Cicer arietinum* L). Elsevier Field Crops Research, 47, pp. 81-92.
- Lafond, G., S. et al. (2000): Chickpeas in rotation. P. 55-70. in Direct Seeding - Sustainable farming in the New Millennium. The 12<sup>th</sup> annual meeting, conference and trade show of the Saskatchewan Soil Conservation Association.
- Larabi, F (1991, 1992): Contribution an l' etude de genotype. Algerian de *Cicer arietinum* L. envue de leur amelioration these de magister en science agronomique (phytotechnie). EL. Harrach Alger.
- Loss, S, N E. T. Brondn and K. A. H. Siddique (1998): The chick pea book. A Technical guide to chick pea production. Ed Agriculture Wester Australia Bulletin.
- Mahmud (1989): Povrtarski usevi (Taksonomija biljaka – Morfološki opis – Sorte), Institut u Aleksandriji (Džalal Hazi i partneri).



Maskey, S. L., S. Bhattarai, M. B. Peoples and D. F. Herridge (2001): Field Crops. Res. 70, pp. 209.

McVay, K., M. Burrows, F. Menalled, C. Jones, K. Wanner and R. O'Neill (2013): Montana coolseason pulse production guide. Montana State University Extension EB0210.

Mishra, U. S., P. Sirothia and U. S. Bhadoria (2009): Effects of phosphorus nutrition on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum*) under rain fed conditions. International Journal of Agricultural and Statistical Sciences, 5(1), pp. 85-88.

Naghavi, M. R. and M. R. Jahansouz (2005): Variation in the agronomic and morphological traits of Iranian chickpea accessions. Journal of Integrative Plant Biology, 47(3), pp. 375-379.

Namdeo, S. L., S. C. Gupta, R. C. Jain and M. S. Kakran (1989): Legume. Rec. 12, pp. 98-100.

Pittaway, J. K., I. K. Robertson and M. J. Ball (2008): Chickpeas may influence fatty acid and fiber intake in an ad libitum diet, leading to small improvements in serum lipid profile and glycemic control. J Am Diet Assoc., 108 (6), pp. 1009-1013.

Rami (1981): Usevi, prvi deo Zrne mahunarke, Direkcija univerzitetskih publikacija.

Salih, H. and O. A. Ageeb (1995): Production and Improvement of cool season food Legumes in the Sudan.

Salukhne, D. K. (1982): Legumes in human nutrition: current status and future research needs. current science.

Skurihin, I. M. i M. N. Volgarev (1987): Himičeskij sostav piščevyh produktov, V. O: Agropromizdat, Moskva.

Smithson, J. B., J. A. Thompson and R. J. Summerfield (1985): Chickpea (*Cicer arietinum* L) R. J. Summerfield and E. H. Roberts (eds.) Grain Legume crops. Collins, London, pp. 312- 390.

Sultan M. J. (2010); Uticaj bakterizacije i mineralnog đubriva i koncentracije cinka u zemljištu u proizvodnji sočiva upotrebom sistema DRIS. Časopis Poljoprivrednog univerziteta u Damasku, 26. izdanje, broj 2, str. 43 – 58.

Thapliya, K. P. N. (1989). Use of fungicides in disease management in chick pea. ICRISAT/ICRDA

Vander, M. et J. Wvis (1987): Oringine histor et taxonomie du cicer. Du pois chiche. Dans: saxena M C ET Singh E. D. le pois chiche.

Wery, J., M. Deschamps and N. Leger-Cresson (1988): Influence of some agroclimatic factors and agronomic practices on nitrogen nutrition of chickpea (*Cicer arietinum* L). *Developments in Plants and Soil Sciences*, 32, pp. 287-301.

Zohary, D. and M. Hopf (2000): *Domestication of Plants in the Old World* (third edition), Oxford University Press, 110 p.

Сичкаръ, В. И., О. В Бушулян и Н. З. Толкачев (2018): Удобрение нута. Технологии выращивания Бобовые Нут. [https://agromage.com/stat\\_id.php?id=223](https://agromage.com/stat_id.php?id=223)

## 8. Prilozi

### 8. 1. Slike nauta



Slika 1. Stablo i bočne grane sa listovima i plodovima



Slika 2. Korenov sistem nauta



Slike 3. i 4. Seme krupnosemenog nauta (*kabuli tip*)





Slika 5. Seme sitnosemenog nauta (*desi* tip)



Slika 6. Mahune nauta



Slika 7. Listovi, cvetovi i plodovi nauta



Slika 8. Usev nauta u fazi nalivanja semena (gusta setva na međurednom rastojanju 25 cm)





Slika 9. Usev nauta gajenog na malču





Slike 10. i 11. Zreli usevi nauta





Slike 12, 13. i 14. Prehrambeni proizvodi



Slike 15. i 16. Gotova jela





Slike 17. i 18. Medicinski saplementi



Slike 19. i 20. Poslastice