# Reakcija kukuruza na gnojidbu dušikom pri konezervacijskoj obradi tla

**Kotorac, Filip**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

*Permanent link / Trajna poveznica:* https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:892405

*Rights / Prava:* In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-03-28**

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

*Repository / Repozitorij:*

Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Filip Kotorac, apsolvent

Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

# REAKCIJA KUKURUZA NA GNOJIDBU DUŠIKOM PRI KONZERVACIJSKOJ OBRADI TLA

**Diplomski rad**

**Osijek, 2016.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

**POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU**

Filip Kotorac, apsolvent

Diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja

# REAKCIJA KUKURUZA NA GNOJIDBU DUŠIKOM PRI KONZERVACIJSKOJ OBRADI TLA

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu završnog rada:

Doc. dr. sc. Boris Đurđević, predsjednik

Izv. prof. dr. sc. Irena Jug, mentor

Prof. dr. sc. Danijel Jug, član

**Osijek, 2016.**

**SADRŽAJ**

1. UVOD ..... 1

1.1. Cilj istraživanja ..... 4

2. PREGLED LITERATURE ..... 5

3. MATERIJAL I METODE ..... 13

4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA ..... 17

4.1. Vremenske prilike tijekom istraživanja ..... 17

4.2. Visina biljke ..... 18

4.3. Masa biljke ..... 19

4.4. Masa klipa ..... 20

4.5. Masa zrna na klipu kukuruza ..... 21

4.6. Masa 1000 zrna ..... 23

4.7. Hektolitarska masa ..... 23

4.8. Biološki prinos ..... 25

4.9. Poljoprivredni prinos ..... 26

5. RASPRAVA ..... 28

6. ZAKLJUČAK ..... 31

7. LITERATURA ..... 33

8. SAŽETAK ..... 39

9. SUMMARY ..... 40

10. PRILOZI ..... 41

11. POPIS TABLICA ..... 42

12. POPIS SLIKA ..... 43

13. POPIS GRAFIKONA ..... 44

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

# 1. UVOD

Kukuruz, *Zea Mays* L., je prosolika žitarica i ujedno jedna od 3 najzastupljenije svjetske kulture što se tiče zasijanih površina u svijetu. Areal rasprostranjenosti kukuruza kreće se od 58° sjeverne geografske širine (Kanada, sjeverna Europa) preko ekvatora do 42° južne geografske širine (Argentina i Novi Zeland). Ta globalna rasprostranjenost omogućena je različitom duljinom vegetacije, raznolikim načinom upotrebe i sposobnosti kukuruza da uspijeva u lošijim klimatskim uvjetima i slabije plodnim tlima. Najveći proizvođači kukuruza su Sjedinjene Američke Države, Kina, Brazil, Meksiko, Argentina i ostali s prosječnim prinosom od 4,8 t $ha^{-1}$ gdje je vidljiv pozitivan rast povećanja prinosa kroz godine (http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E).

U Republici Hrvatskoj proizvodnja kukuruza varira po godinama i trenutno je najzastupljenija žitarica na našim površinama. Od 2000. godine sije se na prosječno 300000 ha s kojih se ubere prosječno oko 6,1 t $ha^{-1}$ suhog zrna. Vidljivo je smanjivanje zasijanih površina pod kukuruzom kroz godine, ali unatoč smanjivanju površina na kojima se sije kukuruz, prosječan prinos se povećava kroz te iste godine (http://www.dzs.hr).

U agroekološkim uvjetima RH, pri uzgoju žitarica, najčešće se primjenjuju konvencionalni sustavi proizvodnje koji podrazumijevaju konvencionalnu obradu tla i gnojidbu temeljenu na tabličnim vrijednostima, odnosno gnojidbu "na pamet" koja ne zahtjeva nužno analizu tla i ne uzima u obzir potrebe biljaka. Ovakvim pristupom dolazi do narušavanja prirodne ravnoteže agroekosustava što za posljedicu ima degradaciju tla i onečišćenje okoliša. Konvencionalna obrada, koja podrazumijeva oranje kao glavni zahvat obrade tla čija je najvažnija značajka okretanje tla, uzrokuje povećane troškove biljne proizvodnje pri čemu se narušava kvaliteta tla odnosno produktivnost tla.

Istraživanja koja uključuju konzervacijsku obradu počela su u ranim tridesetima godinama 20. stoljeća u Sjedinjenim Američkim Državama radi ublažavanja erozije vjetrom koja je predstavljala ogroman problem. Prema podacima iz 2016. godine reducirana se obrada tla povodi na više od 156 911 000 ha. Vodeća zemlja po površinama u kojoj se na takav način obrađuje tlo je SAD gdje se obrađuje preko 35 000 000 ha, dok je Brazil na drugom mjestu s preko 31 000 000 ha. Slijede ih Argentina s 29 000 000 ha, Brazil s 18 000 000, Australija 17 000 0000 i ostali (http://www.fao.org/ag/ca/6c.html).

Uporaba gnojiva je neophodna radi postizanja visokih prinosa, te isplativosti rada i ulaganja u biljnu proizvodnju. Gnojidbom osiguravamo poljoprivrednim usjevima ishranu biogenim elementima kojih u tlu nema dovoljno za postizanje visokih i stabilnih priroda. Primjenom gnojiva povećava se raspoloživost hraniva za biljke. Biljke usvajaju čitav niz elemenata koji se nalaze u tlu ili atmosferi. Dio elemenata iz biljaka vraća se u tlo prirodnim putem, znatan dio ih se odnosi žetvom, dok dio postaje nepristupačan za biljke. Konvencionalan pristup gnojidbi često podrazumijeva gnojidbu bez kemijske analize tla što dovodi do niza negativnih posljedica za okoliš i ljudsko zdravlje. Moderna gnojidba temelji se na kemijskom konceptu ishrane bilja i značajno utječe na povećanje poljoprivredne produkcije uz bolju kvalitetu proizvoda. Poznavanje raspoložive količine hraniva u tlu i potrebe biljaka za elementima ishrane omogućuje kvalitetnu procjenu doze gnojiva koja je biljci neophodna, a s druge strane nije štetna za okoliš. Kako bi se uspješno ostvario koncept ciljnog prinosa potrebno je poznavati koje su to količine hraniva za postizanje jedinice gospodarskog prinosa, kolika je učinkovitost gnojidbe kao i iskoristivost hranjivog elementa iz gnojiva, te koje količine hraniva biljke mogu usvojiti iz tla (bioraspoloživost hraniva). Uz ciljni prinos, koji utječe na proračun ukupno potrebne količine hraniva, potrebno je u gnojidbeni izračun uvrstiti i rezultate kemijske analize tla (Vukadinović i Vukadinović, 2011.; Vukadinović i Bertić, 2013.).

Za razliku od gnojidbe koja direktno utječe na povećanje prinosa, utjecaj obrade tla na prinos je indirektan. Različitim sustavima obrade tla značajno utječemo na fizikalna, kemijska i biološka svojstva tla koja imaju važnu ulogu u očuvanju njegove plodnosti, što u konačnici utječe na visinu prinosa. Cilj obrade tla je osigurati povoljne uvjete za klijanje i nicanje sjemena te pravilan razvoj korijena, kako bi se biljka mogla oduprijeti stresnim uvjetima kao što je zakorovljenost, erozija i nepovoljna vlažnost tla (El Titi, 2003.). Svrha obrade tla je popravak i zaštita fizikalnih i bioloških svojstava tla na način i do dubine koja zadovoljava uvjete uzgoja i zaštite tla (Jug i sur. 2015.). Sustavi obrade tla prema broju radnih operacija, dubini obrade i primijenjenim oruđima obično se dijele na konvencionalne i reducirane. Prema Jugu i sur. (2015.) konvencionalna obrada tla podrazumijeva uporabu pluga u osnovnoj obradi dok se u dopunskoj obradi može koristiti veći broj različitih oruđa. Isti autori navode kako se povoljno stanje tla za uzgoj biljaka postiže većim brojem prohoda što zahtjeva povećanje troškova i energije. Ovakav način obrade je najčešće "šabloniziran", a njegova glavna značajka je niska učinkovitost i veliki

broj ponavljanja radnih zahvata. Pri konvencionalnoj obradi dolazi do degradacije tla (pogoršavanja fizikalnih i bioloških svojstava tla). Nasuprot tome, kod reducirane obrade tla teži se smanjenju intenziteta i dubine obrade tla. Sustav obrade tla kod kojeg se povoljno stanje za uzgoj usjeva postiže primjenom različitih reduciranih zahvata obrade tla koji su prilagođeni agroekološkim uvjetima uzgojnog područja, uz ostavljanje žetvenih ostataka na površini tla, prema Jugu i sur. (2015.) predstavlja konzervacijsku obradu tla. Murillo i sur. (2004.) i Jug i sur (2015.) sugeriraju kako svaki sustav obrade tla treba biti prilagođen svojstvima tla koja su specifična za određenu lokaciju, klimatskim uvjetima određenog područja i samom usjevu, odnosno svaki sustav obrade mora biti prilagođen agroekološkim uzgojnim uvjetima.

Svaki sustav obrade tla, pa tako i no till (direktna sjetva bez obrade tla) kao krajnji oblik reducirane obrade, ima svojih nedostataka. Sjetva se obavlja specijalnim no till sijačicama koje su prilično skupa investicija. Uništavanje korova mehaničkim putem, osobito višegodišnjih, smanjeno je ili u potpunosti izostavljeno što može predstavljati ozbiljan problem pa je na ovom sustavu uzgoja zastupljena povećana primjena kemijskih sredstava u vidu herbicida ali i pesticida općenito. Žetveni ostaci na tlu ponašaju se kao toplinski izolator između tla i atmosfere pa je temperatura tla znatnije smanjena što može usporiti početni porast usjeva (kukuruz u svibnju). Žetveni ostaci ujedno imaju veliku prednost u ljetnim mjesecima, kada su prisutne ekstremno visoke temperature.

Uz industriju i promet, konvencionalna poljoprivreda je najveći zagađivač okoliša, posebice ako se agrokemikalije koriste bez kontrole. Do onečišćenja okoliša dolazi uslijed proizvodnje i intenzivne uporabe mineralnih gnojiva, pesticida, veterinarskih preparata i hormona, rada strojeva itd. Danas je očito kako je ovakav pristup proizvodnji doveo do niza negativnih, kako ekoloških, tako socijalnih i gospodarskih posljedica. Kao odgovor na "nesavjestan" oblik proizvodnje javlja se održiva poljoprivreda kojoj je glavni cilj spriječiti "šablonizirani" pristup poljoprivrednoj proizvodnji uz provođenje održivog gospodarenja tlom, integrirane ishrane bilja i integrirane zaštite bilja Jug (2016.). Održivim gospodarenjem tlom sprječava se daljnja degradacija tala, s fizikalnog, kemijskog i biološkog aspekta, u skladu s klimatskim promjenama.

### 1.1. Cilj istraživanja

Gnojidba, kao najvažnija agrotehnička mjera koja utječe na visinu prinosa, uz konzervacijsku obradu tla, kao sustavom primjene reduciranih zahvata obrade tla kojima sprječavamo gubitak vode, eroziju i ostale degradacijske procese u tlu, predstavlja značajan čimbenik u uzgoju kukuruza. Kukuruz je biljka izrazito osjetljiva na nedostatak vode, posebice u fenološkim fazama metličanja odnosno svilanja, kao i u fazi nalijevanja zrna. Nedovoljna količina pristupačne vode kao i neadekvatna gnojidba značajno utječu na prinos i komponente uroda. Stoga je cilj ovog rada bio utvrditi reakciju kukuruza na različitu gnojidbu dušikom pri konzervacijskoj obradi tla.

## 2. PREGLED LITERATURE

Istraživanja različitih autora koja se provode diljem Svijeta ukazuju da se kukuruz sve više uzgaja bez obrade tla dok je konvencionalan način proizvodnje raširen po cijelom svijetu. Butorac i sur. (2006.) daju vrlo kvalitetan prikaz o zastupljenosti konzervacijske obrade u europskim zemljama. Ističe se važnost očuvanja prirodnih resursa, pronalazak novih znanstvenih spoznaja, veća znanstvena osviještenost i drugo. Zaključak je da je u većini zemalja konzervacijska obrada u samim začecima i očekuje se da će postupno postati zastupljenija u poljoprivrednoj proizvodnji.

Upotreba izostavljenih sustava obrade tla, koja se sastoji od direktnog ulaganja sjemena u neobrađivano tlo pomoću specijalnih ulagača, ima značajno velik broj prednosti kao što je smanjenje erozije tla i smanjenje gubljenje vode, nakupljanja organske tvari i drugo. Uz pozitivan utjecaj na eroziju i čuvanje vode, smanjeni su troškovi proizvodnje u odnosu na tradicionalne metode koje koriste oranje kao neizostavnu radnju. U literaturi je navedeno da izostavljeni sustavi obrade tla djeluju na tlo različito. Postoji niz čimbenika o kojima ovisi uspjeh reduciranih sustava obrade, a izrazito su važni klima područja na kojem se uzgaja usjev, vrijeme koje je proteklo od početka primjene direktne sjetve na određenom tlu, ali i sam tip tla (Martinez i sur. 2008.).

De Vita i sur. (2007.) ističu da su prednosti direktne sjetve vidljive u suhim klimatskim područjima ili tijekom sušnih godina s nedostatkom padalina gdje su veći urodi pšenice ostvareni na "no tillage" sustavu obrade tla u prve dvije godine, dok je u trećoj godini veći urod ostvaren na konvencionalnoj obradi tla. Podaci su prikupljeni na temelju istraživanja koje je provedeno u Italiji na usjevu durum pšenice.

Dragičević i sur. (2012.) istraživali su utjecaj različitih sustava obrade, u ovom slučaju sastavljenih od konvencionalne, reducirane i izostavljene obrade, i gnojidbe tijekom tri vegetativne faze kukuruza (nicanja, cvatnje i tehnološke zriobe) na sadržaj dušika u tlu i uroda zrna na tlima u Zemunu u Srbiji u uvjetima s navodnjavanjem i bez navodnjavanja. Samo u uzgoju kukuruza u uvjetima bez navodnjavanja i bez obrade povećao se sadržaj vlage u tlu u fazi cvatnje. Najveći sadržaj dušika ostvaren je na tlu bez navodnjavanja u sušnoj godini (2008.) pri konvencionalnoj obradi tla. Najviši urod kukuruza ostvaren je na konvencionalnom sustavu obrade tla.

Konzervacijska obrada ima velik utjecaj na aktivnost živih organizama u tlu. Prvenstveno se tu misli na gujavice koje povoljno djeluju na strukturu tla i direktan su pokazatelj njegove plodnosti. Njihova uloga u tlu je da razrahljuju tlo i povećavaju vodopropusnost, a nakon odumiranja povećavaju sadržaj organske tvari. Na tlima gdje se koriste sustavi obrade bez oranja broj gujavica u površinskom sloju od 0 do 10 cm može se povećati 4 do 5 puta. Morgun i Šikula (1984.) navode da je pod usjevom kukuruza, koji se uzgajao u sustavu obrade bez oranja, zabilježeno povećanje broja gujavica u rasponu od 8 do 17 % u odnosu na uzgajan kukuruz kojem je prethodilo oranje plugom. I po Pitkänenu (1989.) broj gujavica povećava se u tlu bez oranja. Povećanje broja gujavica u tlima bez oranja pripisuje se žetvenim ostacima koji ostaju na površini, čuvaju toplinu i vlagu što povoljno djeluje na gujavice. Kako nema oranja hodnici kojima se gujavice kreću ostaju netaknuti što povećava filtraciju vode.

Osim što obrada ima utjecaj na prinos, značajan utjecaj za postizanje visokih prinosa ima i dušik. Činjenicu da se prinos zrna povećava s povećanjem razine gnojidbe dušikom potvrdili su Torbet i sur. (2001.) i Ma i sur. (2005.). Rezultate slične onima koje je dobio Samad (1994.) koji ističe da se povećanjem gnojidbe dušikom do 112 kg $ha^{-1}$ povećava masu 1000 zrna dobio je i Maqsood i sur. (2001.) koji konstatiraju da visok sadržaj dušika primjetno povećava masu 1000 zrna kukuruza.

Plavšić i sur. (2009.) ispitivali su utjecaj gnojidbe dušikom i godine uzgoja na visinu biljke i urod zrna kukuruza u okolici Osijeka na plodnom tlu. Količina gnojiva koja se unosila imala je dvije vrijednosti: 0 i 200 kg N $ha^{-1}$. Rezultati koji su ostvareni potvrđuju značajan do statistički vrlo značajan utjecaj dušika na urod zrna, te na visinu biljke u fiziološkoj zriobi. Godina kao čimbenik proučavanja nije imala utjecaj na visinu biljke kukuruza, niti na urod unatoč vrijednostima prosječne temperature zraka i prosječnim količinama oborina koje su se razlikovale od godišnjeg prosjeka. Ostvareni dobri prinosi pripisuju se i hibridima kukuruza koji imaju veću tolerantnost na uvjete u kojima su uzgajani.

Treba konstatirati da je optimalna gnojidba dušikom za ostvarivanje najvišeg prinosa uvjetovana s nekoliko faktora kao što su tip tla, obrada tla, sustav za odvodnju, vrijeme i način gnojidbe i potencijal samog usjeva. Ovi faktori, odnosno međuovisnost njih, varirati će ovisno o geografskoj lokaciji (Gehl i sur., 2005.).

Kelley i Sweeney (2005.) zaključuju da je potencijal prinosa uvjetovan prvenstveno prethodnom kulturom, količinom gnojidbe dušika i načinom gnojidbe, a tek onda načinom obrade.

Poljski autori Stanislawska-Glubiak i Korzeniowsk (2009.) istraživali su utjecaj konvencionalne i reducirane obrade tla na sadržaj minerala u biljci te su došli do zanimljivog zaključka da sadržaj makroelemenata u zrnu nije pod utjecajem sustava obrade tla. Izostavljena obrada također nije imala veći utjecaj na sadržaj makroelemenata u biljci u odnosu na konvencionalan način obrade tla. Pozitivan utjecaj reducirane obrade očitovao se u slabijim uvjetima rasta, osobito u uvjetima nedostatka oborina.

Prema istraživanju u kojemu se ispitivao utjecaj konvencionalne i konzervacijske obrade tla i različite gnojidbe dušikom na prinos kukuruza na tlima Pakistana, Ahmad i sur. (2010.) dolaze do zaključka da obrada i gnojidba dušikom značajno utječu na prinos zrna kukuruza. Na varijanti s konvencionalnom obradom tla i gnojidbom dušikom dobiven je veći prinos zrna nego na varijanti s izostavljenom obradom i istom razinom gnojidbe dušikom.

Ozpinar i sur. (2009.) istraživali su utjecaj konvencionalne obrade tla i međuusjeva grahorice (*Vicia sativa* L.) na urod zelene mase kukuruza i sadržaj dušika u tlu na tlima u Turskoj. Obrada tla imala je tri varijante. Prva je bila oranje, druga tanjuranje i treća rahljenje. Iz rezultata se zaključuje da je obrada tla imala značajan utjecaj na urod zelene mase kukuruza. Urod na varijantama obrade tla nije se značajno razlikovao, ali je ipak bilo razlika. Najveći urod zelene mase bio je na tanjuranju dok je na rahljenju bio najniži. Sadržaj dušika u tlu najveći je bio na tanjuranju dok je najmanji bio na oranju.

Sangoi i sur (2007.) tijekom tri godine istraživali su utjecaj obrade tla i pravovremene gnojidbe dušikom na prinos zrna kukuruza u Brazilu, te učinkovitost upotrebe dušika na poljoprivrednim tlima s visokim sadržajem organske tvari. Na temelju podataka koje su dobili, zaključili su da nije bilo značajnog utjecaja obrade tla na prinos kukuruza.

Slično istraživanje onomu iz 2009. godine provodile su Stanisławska-Glubiak i Korzeniowska (2011.) o utjecaju konvencionalne i "no tillage" obrade tla na mineralni sastav žitarica. Pokus je bio postavljen u Poljskoj i sastojao se od ozime pšenice, kukuruza, jarog ječma i zobi. Usjevi pod "no tillage" sustavom bili su direktno posijani u tlo bez

ikakvog prijašnjeg mehaničkog zahvata obrade tla. Na konvencionalnom sustavu primijenila se osnovna, predsjetvena obrada tla prije sjetve. Prema rezultatima koji su objavljeni zaključuje se da niti jedan sustav obrade tla nije statistički značajno utjecalo na promjenu mineralnog sastava žitarica i kukuruza.

Wasaya i sur (2011.) proučavali su utjecaj tri tretmana gnojidbe i tri sustava obrade tla na urod zrna kukuruza. Tretmani obrade tla sastojali su se od konvencionalne obrade, oranja iza kojeg su slijedile dvije kultivacije, te rahljenja iza kojeg su također slijedile dvije kultivacije. Razina gnojidbe iznosila je 100, 150 i 200 kg N $ha^{-1}$. Prema podacima koji su ostvareni zaključak je da različita obrada tla i gnojidba značajno utječu na visinu uroda kukuruza i na komponente prinosa. Na tretmanu rahljenja ostvareni su veći i teži klipovi, viša masa 1000 zrna, i općenito veći urod zrna u odnosu na druge tretmane obrade tla. Što se gnojidbe tiče, očito je da je povećanje gnojidbe dušikom dovelo do povećanja uroda kukuruza. Statistički je značajno veći prinos ostvaren na gnojidbi od 200 kg N $ha^{-1}$ u odnosu na preostale dvije gnojidbe. Stoga je preporuka za uzgoj kukuruza obrada tla s rahljenjem i dvije kultivacije, te gnojidba od 200 kg N $ha^{-1}$.

Utjecaj obrade tla i gnojidbe na urod zrna kukuruza i soje proučavali su autori Rosa i Ruiz Diaz (2015.). Pokus je bio postavljen na dvije lokacije u Kanzasu (SAD), a sastojao se od tri tretmana gnojidbe i dva sustava obrade tla- obrada u trake i obrada bez obrade, odnosno direktna sjetva. Prema rezultatima koncentracija fosfora uvjetovana je gnojidbom koja je ostvarena na pojedinim tretmanima i vrijedi za oba usjeva na obje lokacije na obradi u trake. Pretpostavlja se da je to zbog neposredne blizine gnojiva i sjemena, a kasnije korijena čime je olakšano usvajanje hraniva. Što se tiče obrade tla, bolji rezultati na sustavima direktne sjetve ostvareni su na dobro dreniranom, slabije zbijenom i navodnjavanom tlu.

U višegodišnjim pokusima u Nizozemskoj koje je provodio Titulaer i sur. (1980.) bila su zastupljena tri različita sustava obrade tla, a sastojala su se od dva konvencionalna i jednog konzervacijskog načina obrade. Na početku istraživanja na sustavu s konzervacijskom obradom tla, odnosno s izostavljenom obradom tla, sadržaj pristupačnog dušika bio je manji nego na konvencionalnom načinu obrade. Nakon četiri godine, uz pravilan plodored, sadržaj pristupačnog dušika izjednačio se sa sadržajem pristupačnog dušika u sustavima konvencionalne obrade tla.

Francis i Knight (1993.) proučavali su utjecaj konvencionalne i izostavljene obrade tla na kemijska i fizikalna svojstva tla, sadržaj gujavica u tlu i urod zrna mješovitih kultura tijekom devet godina na dvije lokacije na Novom Zelandu. Na obje lokacije veći sadržaj gujavica i veći urod pšenice bio je na "no tillage" obradi. Da bi urod pšenice na konvencionalnoj obradi dosegao razinu kao na izostavljenoj obradi potrebno je dodati 15 do 45 kg N $ha^{-1}$. Urod jarog ječma bio je veći na konvencionalnoj obradi, a da bi se izjednačio s urodom na izostavljenoj obradi potrebno je dodati 10 do 20 kg N $ha^{-1}$. Usjevi uzgajani nakon prethodnih usjeva u jesen ili zimu bili su bolje opskrbljeni dušikom tijekom vegetacije na izostavljenoj obradi.

Srpski znanstvenici Videnović i sur. (2011.) istraživali su utjecaj konvencionalne, reduciranje i "no tillage" obrade i gnojidbe od 0, 258 i 516 kg NPK (58:18:24) gnojiva po hektaru na prinos kukuruza tijekom deset godina na tlima u Zemunu u Srbiji. Statistička analiza pokazala je značajan utjecaj sva tri faktora (i obrade, i gnojidbe i godine uzgoja) na prinos kukuruza. Na temelju desetogodišnjeg prosjeka najveći prosječan urod kukurza ostvaren je na konvencionalnoj obradi (10,61 t $ha^{-1}$), a dok su prosječni prinosi na reduciranoj i izostavljenoj obradi bili niži ( 8,99 t $ha^{-1}$ i 6,58 t $ha^{-1}$). Što se tiče gnojidbe, najniži urod ostvaren je na gnojidbi s 0 kg NPK i iznosio je 7,71 t $ha^{-1}$. Na srednjoj razini gnojidbe urod zrna je iznosio 9,18 t $ha^{-1}$, a na najvišoj razini gnojidbe 9,56 t $ha^{-1}$.

Shahzada i sur. (2015.) u Pakistanu su proučavali kako duboka, minimalna i konvencionalna obrada u kombinaciji s različitim gnojivima koja sadrže različitu količinu dušika (od 135 kg N $ha^{-1}$ do 0 kg N $ha^{-1}$) utječu na komponente prinosa kukuruza. Sustavi obrade tla i tretmani gnojidbe značajno su utjecali na komponente prinosa. Obrada tla nije značajno imala utjecaj na žetveni indeks. Najveći urod ostvaren je na dubokoj obradi i maksimalnoj gnojidbi stoga je potrebno koristit duboku obradu da bi se ostvario što veći prinos.

Iqbal i sur. (2013.) istraživali su utjecaj duboke, konvencionalne, minimalne i izostavljene obrade i različite razine gnojidbe dušikom (0, 200, 250 i 300 kg N $ha^{-1}$) na urod kukuruza u Pakistanu. Na temelju rezultata dobivenih istraživanjem zaključuje se da je duboka obrada tla značajno utjecala na urod kukuruza u odnosu na izostavljenu i minimalnu obradu. Djelovanje obrade i gnojidbe značajno je utjecalo na ukupan sadržaj dušika, kao i na visinu uroda kukuruza.

Utjecaj tri sustava obrade tla i tri tretmana gnojidbe u Nigeriji istraživali su Tolessa i sur. (2007.). Načini obrade sastojali su se od konvencionalne obrade, minimalne obrade s ostavljenim žetvenim ostacima i minimalne obrade bez žetvenih ostataka na tlu. Tretmani gnojidbe bili su: preporučena gnojidba, 25 % niža od preporučene i 25 % viša od preporučene gnojidbe. Nakon prve dvije godine urodi koji su ostvareni na sustavima minimalne obrade nisu se međusobno razlikovali, dok su u usporedbi s konvencionalnom obradom bili statistički značajno bolji od konvencionalne. U sljedeće dvije godine nije bilo značajne razlike između uroda na sustavu konvencionalne obrade i sustavu minimalne obrade bez žetvenih ostataka, dok je urod na minimalnoj obradi sa žetvenim ostacima bio značajno niži od preostala dva sustava obrade. Promatrajući utjecaj obrade tla i gnojidbe dušikom u cijelosti, zaključak je da međusobnim djelovanjem nije značajno utjecalo na urod zrna. Najmanji urod ostvaren je na konvencionalnoj obradi dok je najveći urod ostvaren na minimalnoj obradi sa žetvenim ostacima. Primjena dušika kretala se od 69 kg N $ha^{-1}$ do 115 kg N $ha^{-1}$, a vrijednost od 92 kg N $ha^{-1}$ na minimalnoj obradi s ostavljenim žetvenim ostacima daje zadovoljavajuće rezultate u sličnim klimatskim uvjetima.

Feng i sur (2014.) provodili su istraživanje o utjecaju obrade tla i gnojidbe dušikom na urod zrna ozime pšenice i kukuruza u Kini. U istraživanju je bilo uključeno četiri različite obrade tla i pet različitih tretmana gnojidbe. Nakon završetka istraživanja rezultati ukazuju da ukupan urod pšenice i kukuruza na tretmanima tanjuranja i obrade s kružnim elementima (tretmani reducirane obrade) nije statistički značajno različit od koncvencionalne obade, ali ipak je bio viši u odnosu na tretman gdje je bila izostavljena obrada. Sustav obrade tla sa smanjenim brojem radnih operacija i ostavljanjem žetvenih ostataka na tlu, te gnojidba od 157,5 kg N $ha^{-1}$ za pšenicu i 202,5 kg N $ha^{-1}$ za kukuruz, pokazali su se pogodni za povećanje uroda obje kulture.

Istraživanje koje je bilo sastavljeno od tri sustava obrade tla i tri razine gnojidbe radi proučavanja djelovanja dušika na usjevu kukuruza proučavali su Tolessa i sur (2007.) na tlima u Etiopiji. Obradu tla činila je minimalna obrada tla sa žetvenim ostacima na površini, minimalna obrada tla bez žetvenih ostataka na površini i konvencionlana obrada, dok je preporučena gnojidba iznosila 92 kg N $ha^{-1}$, a ostale dvije doze su bile 25 % niže, odnosno 25 % više od preporučene gnojidbe. Prinos ukupne zelene mase i zrna bio je najviši na minimalnoj obradi sa žetvenim ostacima na tlu. Rezultati koji su ostvareni prikazuju se da je na minimalnoj obradi sa žetvenim ostacima pri preporučenoj gnojidbi dušikom 47 % dušika usvojio kukuruz, 17 % je ostalo u tlu dok je 36 % dušika izgubljeno.

Na konvencionalnoj obradi kukuruz je usvojio 54 % dušika od 92 kg $ha^{-1}$, 12 % je ostalo u tlu dok se za 34 % dušika gubi trag.

U istraživanju koje su provodili Wang i sur. (2015.) tijekom dvije godine u Kini proučavan je sadržaj dušika i prinos kukuruza na tri različita tretmana obrade tla. Prema rezultatima koje su dobili vidljivo je da je najveći sadržaj dušika bio na tretmanu bez obrade ("no tillage") na dubini od 0 do 15 cm, te na podrivanju na dubini od 15 do 50 cm. Na tretmanu "no tilage" na dubini od 0 do 50 cm ostvarena je najmanja vrijednost koncentracije dušika, dok je najveći urod zrna ostvaren na tretmanu s podrivanjem iako se statistički značajno ne razlikuje od ostalih tretmana obrade tla.

Vukadinović i sur. (2003.) su u svojim istraživanjima dali procjenu efikasnosti gnojidbe kukuruza kalibracijskim pokusima. Pokusi su postavljeni na tri tipa tla istočne Hrvatske: amfiglej (lokalitet Slavonski Brod), pseudolej (Donji Miholjac) i lesivirano tlo (Križevci), s 10 tretmana gnojidbe: dušik je primijenjen u pet razina (80, 120, 160, 200 i 240 kg $ha^{-1}$), a fosfor i kalij u dvije (100 i 200 kg $ha^{-1}$), u četiri ponavljanja. Na sva tri tipa tla dušik je pokazao najveću agronomsku efikasnost (do 27 kg za poljoprivredni prinos i 49 kg za biološki prinos).

U Hrvatskoj se izostavljena obrada vrlo rijetko koristi (Jug i sur., 2001.), dok konvencionalna obrada zauzima glavnu ulogu u proizvodnji usjeva. U proizvodnji kukuruza u istočnoj Hrvatskoj najveće potrebe za vodom su u srpnju i kolovozu pa Žugec (1984.) ne zagovara proizvodnju kukuruza s izostavljenom obradom tla zbog pojave korova i pogoršanja svojstava tla. Kako je u srpnju i kolovozu česta je pojava nedostatka oborina i još ako se tlo u jesen i proljeće pravilno ne obradi, smanjena je mogućnost zadržavanja vode. Koristi se voda iz rezerve tla koja se do spomenutih mjeseci potroši, a to se odražava na prinos. Prema rezultatima iz središnje Slavonije gdje je bio proučavan utjecaj reducirane obrade tla, Stipešević i sur. (1999.) navode da prednost u obradi ima konvencionalna obrada, odnosno oranje, ali treba prihvatiti i druga rješenja koja mogu donijeti pomak u proizvodnji. Tijekom višegodišnjih pokusa u kojima je temelj proučavanja bila proizvodnja kukuruza na dva oprečna načina, konvencionalan i konzervacijski način, Zimmer i sur. (1997., 1999., i 2000.) zaključuju da je urod kukuruza koji je ostvaren na pokusnoj tabli niži u odnosu na kontrolu u svim godinama istraživanja (4,6 % u 1996., 11,4 % u 1997., i 3,3 % u 1998.).

Prema dvogodišnjem istraživanju utjecaja između konvencionalne obrade, obrade tanjuračama i sjetve bez obrade na prinos soje, najveći prinosi soje ostvareni su na varijanti konvencionalne, odnosno standardne obrade tla, zatim na varijanti gdje je bilo samo tanjuranje, dok su na sustavu obrade s direktnom sjetvom ostvareni najniži rezultati (Jug i sur., 2005.).

## 3. MATERIJAL I METODE

Istraživanja reakcije kukuruza na različite gnojidbene doze dušika pri konzervacijskoj obradi tla, provedena su tijekom tehnološke 2012./2013. godine, na dva tipa tla:

Lokacija 1. (Čačinci – GPS: Long. 17.86336 E; Lat. 45.61316 N):
Građa profila: P – I Bg – II Bg – C
Odjel – hidromorfna tla, klasa – pseudoglejna tla, tip – pseudoglej, podtip – na zaravni, varijetet – srednje duboki, forma – distrični.

Lokacija 2. (Magadenovac – GPS: Long. 18.70648 E; Lat. 45.55555 N):
Građa profila: P – Gso – Gr.
Odjel – hidromorfna tla, klasa – glejna tla, tip – močvarno glejno tlo (euglej), podtip – hipoglejno tlo, varijetet – mineralni, forma – nekarbonatno

Istraživanjima je obuhvaćeno tri razine gnojidbe dušikom (Slika 1.) (N1 – gnojidba umanjena za 30 % u odnosu na gnojidbenu preporuku, N2 – gnojidba prema gnojidbenoj preporuci, N3 – gnojidba uvećana za 30 % u odnosu na gnojidbenu preporuku) na tri različita konzervacijska sustava obrade tla (PO – podrivanje, RA – rahljenje i DS – direktna sjetva) (Slika 2., 3. i 4.)



Slika 1. Površinska distribucija gnojiva na konzervacijskoj obradi tla



Slika 2. Konzervacijska obrada tla – podrivanje (PO)



Slika 3. Konzervacijska obrada tla – rahljenje (RA)



Slika 4. Direktna sjetva (DS)

Na temelju kemijske analize tla (Tablica 1.) izrađena je gnojidbena preporuka za dušik, fosfor i kalij za oba lokaliteta. Gnojidba fosforom i kalijem je bila ujednačena za sve varijante gnojidbe i iznosila je 140 kg $P_2O_5$ $ha^{-1}$ i 151 kg $K_2O$ $ha^{-1}$ na lokalitetu Magadenovci, dok je gnojidba dušikom, ovisno o gnojidbenom tretmanu iznosila za N1 – 147 kg N $ha^{-1}$, za N2 – 210 kg N $ha^{-1}$ i za N3 – 273 kg N $ha^{-1}$ i bila je ujednačena za sve varijante obrade tla. Na lokalitetu Čačinci gnojidba fosforom i kalijem je bila ujednačena za sve varijante gnojidbe i iznosila je 150 kg $P_2O_5$ $ha^{-1}$ i 149 kg $K_2O$ $ha^{-1}$, dok je gnojidba dušikom, ovisno o gnojidbenom tretmanu iznosila za N1 – 140 kg N $ha^{-1}$, za N2 – 200 kg N $ha^{-1}$ i za N3 – 260 kg N $ha^{-1}$ i bila je ujednačena za sve varijante obrade tla.

Tablica 1. Kemijski sastav tla na lokacijama istraživanja

| lokalitet | pH ($H_2O$) | pH (KCl) | $P_2O_5$ mg/100 g | $K_2O$ mg/100 g | Humus (%) | Hy (cmol $kg^{-1}$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Magadenovac | 5,29 | 4,27 | 17,2 | 22,7 | 1,35 | 4,4 |
| Čačinci | 5,09 | 4,03 | 6,2 | 12,7 | 2,4 | 5,12 |

Veličina osnovne parcele obrade tla iznosila je 600 $m^2$ (20m x 30m), dok je veličina osnovne parcele obrade tla iznosila 200 $m^2$ (6,7m x 30m), (Prilog 1., Tablica 1. Shema pokusa).

Pokus je izveden kao trofaktorijalan (lokalitet, gnojidba i obrada tla), u četiri ponavljanja, sa slučajnim rasporedom parcela po ponavljanjima.

Predusjev je bila ozima pšenica. Hibrid kukuruza bio je PR36V52, FAO skupine 450. Zaštita protiv korova bila je ujednačena za sve varijante obrade tla, dok za zaštitom protiv bolesti i štetnika nije bilo potrebe.

Reakcija kukuruza na različite doze dušika pri različitim sustavima konzervacijske obrade tla promatrana je kroz veću grupu pokazatelja. Praćeni su slijedeći parametri: visina i masa biljke, masa stabljike, masa oklaska, masa klipa, masa zrna na klipu, masa 1000 zrna, hektolitarska masa, biološki prinos i poljoprivredni prinos. Svi navedeni parametri, osim biološkog i poljoprivrednog prinosa, određivani su na prosječnom uzorku od 10

biljaka kukuruza u četiri ponavljanja. Biološki i poljoprivredni prinos dobiven je vaganjem ukupne mase, odnosno zrna, sa svake obračunske parcele.

Prinos zrna kukuruza određen je vaganjem ukupne mase zrna s cijele pokusne gnojidbene parcele, a vaganje je obavljeno poljskom kolskom vagom (elektronska vaga preciznosti ±1 kg $t^{-1}$). Prinos je preračunat na površinu od 1 ha s 14 % vlage zrna, te izražen u t $ha^{-1}$.

Statistička obrada podataka prinosa kukuruza obavljena je po split-split-plot metodi analize varijance, gdje lokalitet predstavlja glavni tretman, a varijante konzervacijske obrade tla i gnojidbe – podtretmane. Rezultati su obrađeni kompjutorskim programom VVstat za analizu pokusa po planu podijeljenih parcela (Vukadinović i Ivezić, 1986.).

# 4. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

## 4.1. Vremenske prilike tijekom istraživanja

Na temelju podataka dobivenih od DHMZ-a (Državnog hidrometeorološkog zavoda), vidljivo je kako su vremenske prilike tijekom razdoblja istraživanja bile vrlo promjenjive, s iznad prosječnom količinom oborina.

Tablica 2. Vremenske prilike tijekom razdoblja istraživanja 2012./2013. na lokalitetu Magadenovac

| 2012./2013. godina | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X | XI | XII | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Srednje mjesečne temperature zraka tijekom razdoblja istraživanja (°C) | | | | | | | | | | | | |
| 11,6 | 9,0 | 0,6 | 2,0 | 2,8 | 4,9 | 13,3 | 17,0 | 19,8 | 23,3 | 28,8 | 15,6 | 13,3 |
| Srednje mjesečne količine oborina tijekom razdoblja istraživanja (°C) | | | | | | | | | | | | |
| 74,6 | 55,2 | 103,8 | 61,7 | 111,9 | 113,2 | 46,2 | 112,9 | 54,1 | 15,3 | 73,2 | 96,6 | 28,6 |

Izvor podataka: DHMZ

Tablica 3. Vremenske prilike tijekom razdoblja istraživanja 2012./2013. na lokalitetu Čačinci

| 2012./2013. godina | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X | XI | XII | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X |
| Srednje mjesečne temperature zraka tijekom razdoblja istraživanja (°C) | | | | | | | | | | | | |
| 11,8 | 9,2 | 1,2 | 2,2 | 2,8 | 5,1 | 13,1 | 16,5 | 19,9 | 23,4 | 22,5 | 15,7 | 13,6 |
| Srednje mjesečne količine oborina tijekom razdoblja istraživanja (°C) | | | | | | | | | | | | |
| 109,4 | 71,0 | 131,9 | 86,7 | 101,2 | 97,1 | 53,1 | 79,8 | 83,3 | 28,3 | 99,2 | 142,6 | 39,9 |

Izvor podataka: DHMZ

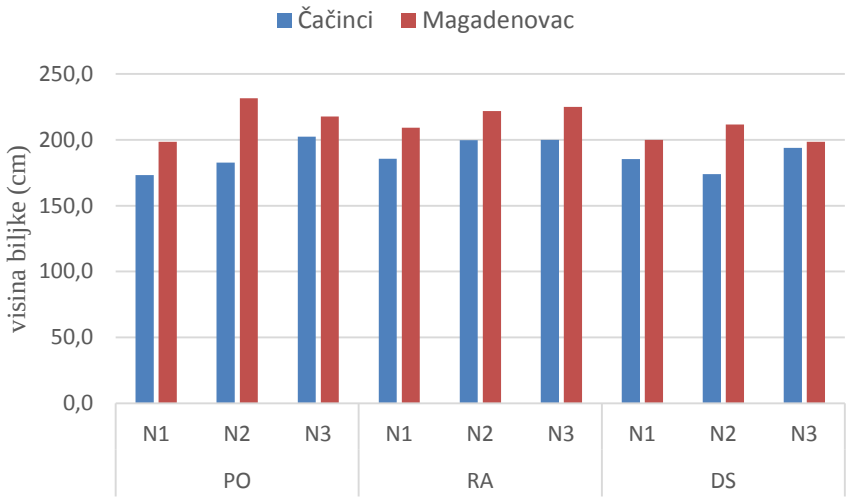
Iznad prosječno vlažno i mokro razdoblje vladalo je od listopada 2012. godine sve do sredine travnja 2013. godine, što je odgodilo i onemogućilo kvalitetno proljetno zatvaranje zimske brazde, predsjetvenu pripremu i sjetvu. Vlažna i sušna razdoblja nastavljala su se izmjenjivati tijekom cijele vegetacije kukuruza. Tako je bilo razdoblja tijekom kojih je površina tla do dubine desetak centimetara bila izrazito suha i tvrda, a istovremeno ispod te

dubine tlo je bilo raskvašeno i mokro. Tijekom razdoblja metličanja i svilanja (lipanj, srpanj, kolovoz), kada je kukuruz u kritičnom razdoblju prema potrebama za vodom, izmjenjivala su se sušna i vlažna razdoblja. Usprkos ovoj činjenici, oplodnja kukuruza je bila kvalitetna i na zadovoljavajućoj razini, što se u konačnici odrazilo na visinu prinosa.

### 4.2. Visina biljke

Prosječna visina biljke kukuruza (Grafikon 1.) iznosila je 200,6 cm i bila je pod značajnim utjecajem lokaliteta i gnojidbenog tretmana. Tretman obrade tla nije statistički značajno utjecao na visinu biljke.

Kukuruz uzgajan na lokalitetu Magadenovci bio je za 24, 2 cm viši u odnosu na kukuruz s lokaliteta Čačinci što predstavlja statistički značajnu razliku.




Grafikon 1. Visina biljke (cm)

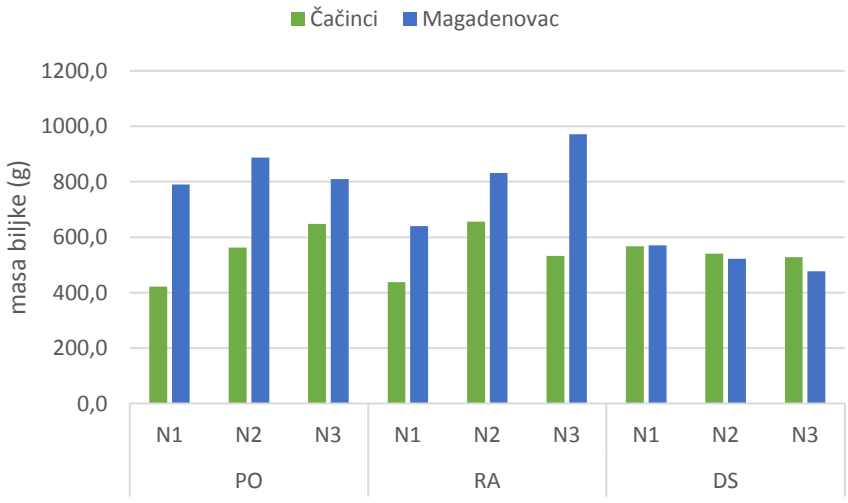
Visina kukuruza bez gnojidbe bila je statistički vrlo značajno manja od visine kukuruza na tretmanu s najvećom količinom dušika, a značajno manja u odnosu na visinu kukuruza gnojenog s optimalnom količinom dušika (Tablica 4.)

Tablica 4. Visina biljke (cm) kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade

| lokalitet | obrada | razina gnojidbe dušikom | | | prosjek |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 | N2 | N3 | |
| Magadenovac | PO | 173,3 | 182,7 | 202,3 | 186,1 |
| | RA | 185,7 | 199,7 | 200,0 | 195,1 |
| | DS | 185,3 | 174,0 | 194,0 | 184,4 |
| Čačinci | PO | 198,7 | 231,7 | 217,7 | 216,0 |
| | RA | 209,3 | 222,0 | 225,0 | 218,8 |
| | DS | 200,0 | 211,7 | 198,7 | 203,4 |
| | prosjek | 192,1 | 203,6 | 206,3 | 200,6 |

### 4.3. Masa biljke

Prosječna masa biljke iznosila je 632,9 g. Na variranje mase cijele biljke kukuruza vrlo značajno je utjecala obrada tla, a utjecaj tretmana gnojidbe i lokaliteta bio je na razini 95 % značajnosti. Utvrđena je i statistički vrlo značajna interakcija specifičnosti lokacije i tretmana obrade tla.




Grafikon 2. Masa biljke (g)

Masa biljke kukuruza (Grafikon 2.) na lokalitetu Magadenovci, u prosjeku za sve tretmane obrade i gnojidbe, iznosila je 722,2 g i bila je vrlo značajno veća (178 g) u odnosu na kukuruz s lokaliteta Čačinci (Tablica 5.)

Masa kukuruza na tretmanu PO bila je za 152 g, a na tretmanu RA za 144 g, veća u odnosu na masu biljke kukuruza uzgajane na tretmanu direktne sjetve (DS). Razlike između PO i RA tretmana statistički nisu bile značajne.

Najveća masa biljke izmjerena je na kukuruzu s optimalnom gnojidbom (gnojidba prema preporuci) i iznosila je 666,7 g, dok je najmanju masu imao kukuruz sa smanjenom gnojidbom (N1 tretman), 571,1 g. Razlike u masi biljaka kukuruza na ova dva tretmana gnojidbe bile su na razini 95 % značajnosti. Jednako značajna je i razlika u masi biljke između N3 tretmana i N1 tretmana gnojidbe (89,8 g).

Tablica 5. Masa biljaka kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade

| lokalitet | obrada | razina gnojidbe dušikom | | | prosjek |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 | N2 | N3 | |
| Magadenovac | PO | 421,4 | 562,2 | 647,6 | 543,7 |
| | RA | 437,4 | 565,1 | 532,8 | 542,1 |
| | DS | 566,8 | 540,8 | 527,9 | 545,2 |
| Čačinci | PO | 790,3 | 887,3 | 809,4 | 829,0 |
| | RA | 640,5 | 831,9 | 971,2 | 814,5 |
| | DS | 570,1 | 521,9 | 476,9 | 523,1 |
| | prosjek | 571,1 | 666,7 | 660,9 | 632,9 |

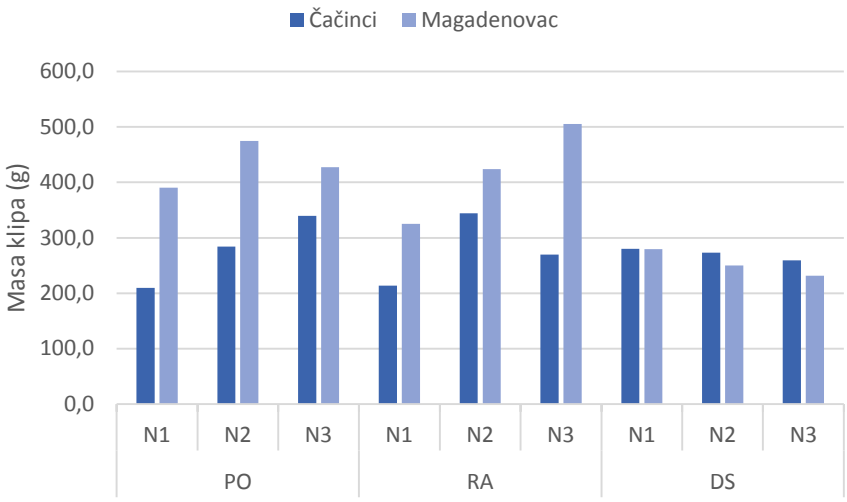
### 4.4. Masa klipa

Prosječna masa klipa (Grafikon 3.) iznosila je 321,3 g  i bila je pod vrlo značajnim utjecajem tretmana obrade tla i značajnim utjecajem gnojidbenog tretmana i specifičnosti lokaliteta. Utvrđena je statistički vrlo značajna interakcija između lokaliteta i tretmana obrade tla.

Testom najmanje značajne razlike utvrđene su statistički vrlo značajne razlike u masi klipa kod kukuruza uzgajanog na PO i RA tretmanima (354 g i 347 g) u odnosu na DS (262,0 g).

Najveću masu klipa (Tablica 6.) imao je kukuruz na N2 tretmanu gnojidbe (341,7 g), a najmanju na N1 tretmanu (283,2 g). Razlike u masi klipa između ovih tretmana bile

su statistički značajne, kao i razlika u masi klipa između N3 tretmana (338,9 g) i N1 tretmana. Između N2 i N3 tretmana nije bilo statistički značajne razlike.



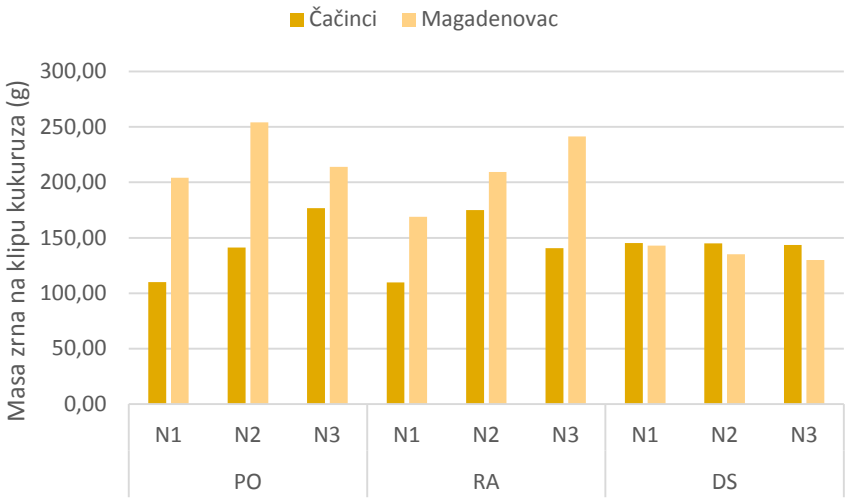

Grafikon 3. Masa klipa (g)

Tablica 6. Masa klipa kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade

| lokalitet | obrada | razina gnojidbe dušikom | | | prosjek |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 | N2 | N3 | |
| Magadenovac | PO | 209,6 | 284,0 | 339,5 | 277,7 |
| | RA | 213,9 | 344,3 | 270,0 | 276,0 |
| | DS | 279,9 | 272,9 | 259,5 | 270,8 |
| Čačinci | PO | 390,7 | 475,1 | 427,5 | 431,1 |
| | RA | 325,2 | 423,9 | 505,3 | 418,1 |
| | DS | 279,7 | 249,8 | 231,9 | 253,8 |
| | prosjek | 283,2 | 341,7 | 338,9 | 321,3 |

### 4.5. Masa zrna na klipu kukuruza

Na variranje mase zrna na klipu kukuruza (Grafikon 4.), koja je u prosjeku iznosila 165,9 g (Tablica 7.), najveći utjecaj su imali tretmani obrade tla i gnojidbe dok je utjecaj lokaliteta bio na razini 95 % značajnosti. Utvrđena je statistički vrlo značajna interakcija lokaliteta straživanja i tretmana obrade tla.




Grafikon 4. Masa zrna na klipu kukuruza (g)

Masa zrna na klipu kukuruza s DS tretmana obrade (140,3 g) bila je statistički vrlo značajno manja u odnosu na masu zrna kukuruza s ostalih tretmana obrade tla. Najveću masu zrna imao je kukuruz na PO tretmanu obrade i ona je iznosila 183,4 g i nije bila statistički značajno veća u odnosu na masu zrna s RA tretmana (174,1 g).

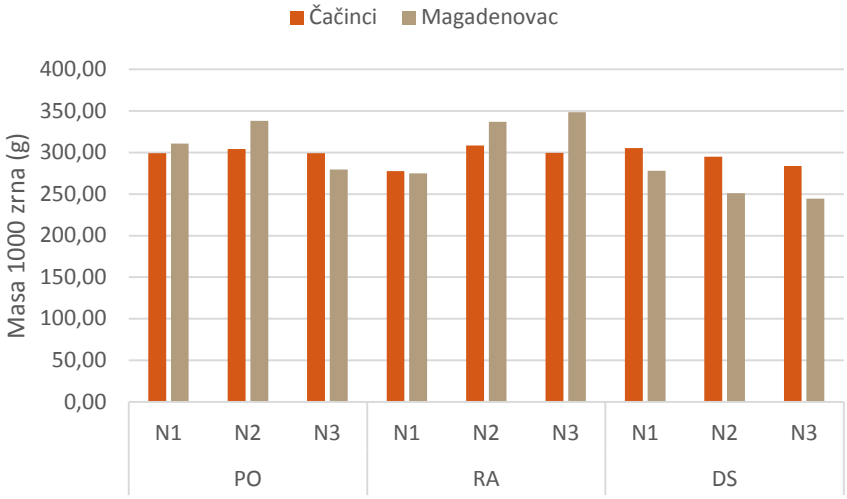
Tablica 7. Masa zrna na klipu kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade

| lokalitet | obrada | razina gnojidbe dušikom | | | prosjek |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 | N2 | N3 | |
| Magadenovac | PO | 110,1 | 141,3 | 176,9 | 142,8 |
| | RA | 109,6 | 174,9 | 140,5 | 141,7 |
| | DS | 145,2 | 144,9 | 143,5 | 144,5 |
| Čačinci | PO | 204,1 | 254,1 | 214,1 | 224,1 |
| | RA | 168,9 | 209,3 | 241,3 | 206,5 |
| | DS | 142,9 | 135,2 | 129,8 | 135,9 |
| | prosjek | 146,8 | 176,6 | 174,4 | 165,9 |

Najveću masu zrna na klipu kukuruza imao je kukuruz na N2 tretmanu gnojidbe (176,6 g), a najmanja masa zrna izmjerena je na kukuruzu s N1 gnojidbenim tretmanom (146,8 g). Navedena razlika od 29,8 g je bile statistički opravdana (na razini 99 % značajnosti), kao i razlika između N3 i N1 tretmana (27,55 g). Masa zrna kukuruza između N2 i N3 tretmana gnojidbe nije bila statistički opravdana.

### 4.6. Masa 1000 zrna

Na masu 1000 zrna (Tablica 8., Grafikon 5.), koja je u prosjeku iznosila 296,4 g, statistički nije značajno utjecao niti jedan od promatranih čimbenika. Utvrđena je vrlo značajna interakcija obrade tla i tretmana gnojidbe, iako svaki od ovih tretmana sam za sebe nije značajno utjecao na ispitivano svojstvo.



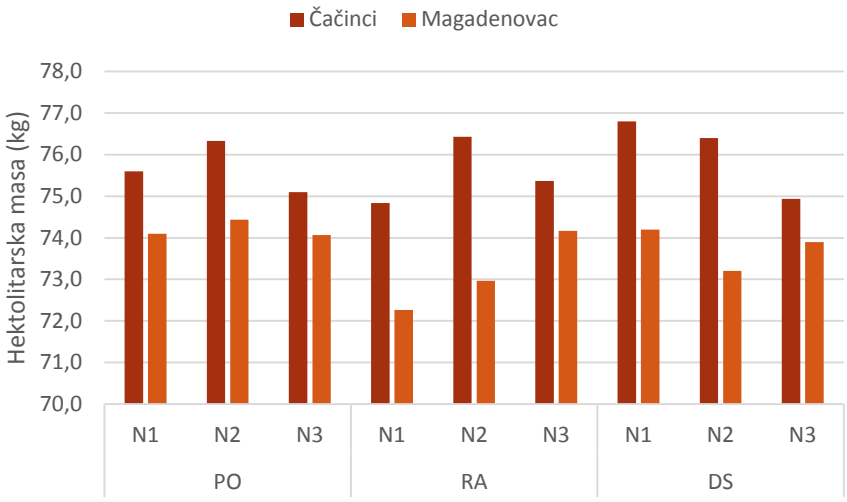

Grafikon 5. Masa 1000 zrna (g)

Tablica 8. Masa 1000 zrna kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade

| lokalitet | obrada | razina gnojidbe dušikom | | | prosjek |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 | N2 | N3 | |
| Magadenovac | PO | 299,4 | 304,4 | 299,2 | 301,0 |
| | RA | 277,6 | 308,5 | 299,7 | 295,3 |
| | DS | 305,5 | 294,9 | 283,7 | 294,7 |
| Čačinci | PO | 310,6 | 338,0 | 279,4 | 309,3 |
| | RA | 275,0 | 336,9 | 348,4 | 320,1 |
| | DS | 278,1 | 251,1 | 244,4 | 257,9 |
| | prosjek | 291,0 | 305,6 | 292,5 | 296,4 |

### 4.7. Hektolitarska masa

Hektolitarska masa (Grafikon 6.) je u prosjeku, na oba lokaliteta, za sva tri tretmana gnojidbe i na tri različita konzervacijska sustava obrade, iznosila 74,7 kg (Tablica 9.).




Grafikon 6. Hektolitarska masa (kg)

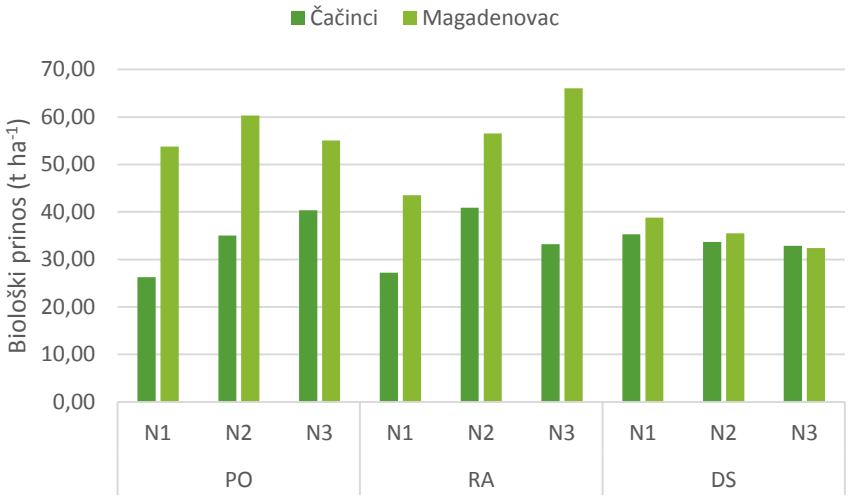
Niti jedan od ispitivanih tretmana nije statistički značajno utjecao na variranje hektolitarske mase kukuruza.

Tablica 9. Hektolitarska masa zrna kukuruza (kg) na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade

| lokalitet | obrada | razina gnojidbe dušikom | | | prosjek |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 | N2 | N3 | |
| Magadenovac | PO | 75,6 | 76,3 | 75,1 | 75,7 |
| | RA | 74,8 | 76,4 | 75,4 | 75,5 |
| | DS | 76,8 | 76,4 | 74,9 | 76,0 |
| Čačinci | PO | 74,1 | 74,4 | 74,1 | 74,2 |
| | RA | 72,3 | 72,9 | 74,2 | 73,1 |
| | DS | 74,2 | 73,2 | 73,9 | 73,8 |
| | prosjek | 74,6 | 74,9 | 74,6 | 74,7 |

### 4.8. Biološki prinos

Biološki prinos (Grafikon 7.) u prosjeku je iznosio 41,5 t ha$^{-1}$ (Tablica 10.) i bio je pod vrlo značajnim utjecajem lokaliteta i obrade tla, dok je utjecaj gnojidbe bio na 95 % značajnosti. Utvrđena je statistički značajna (na razini 99 %) interakcija lokaliteta istraživanja i tretmana obrade na ispitivano svojstvo.




Grafikon 7. Biološki prinos (t ha$^{-1}$)

Na lokalitetu Magadenovci kukuruz je, u prosjeku za sve tretmane obrade i sve tretmane gnojidbe dušikom, ostvario veće biološke prinose (49,1 t ha$^{-1}$) u odnosu na lokalitet Čačinci gdje je biološki prinos u prosjeku bio za 15,2 t ha$^{-1}$ niži.

Kukuruz na PO tretmanu obrade imao je najviši biološki prinos (45,1 t ha$^{-1}$), a najmanji biološki prinos izmjeren je kod kukuruza na DS tretmanu (34,8 t ha$^{-1}$). Biološki prinosi kukuruza na PO i RA tretmanu obrade nisu se statistički značajno razlikovali ali su bili statistički vrlo značajno veći u odnosu na biološki prinos sa DS tretmana obrade tla.

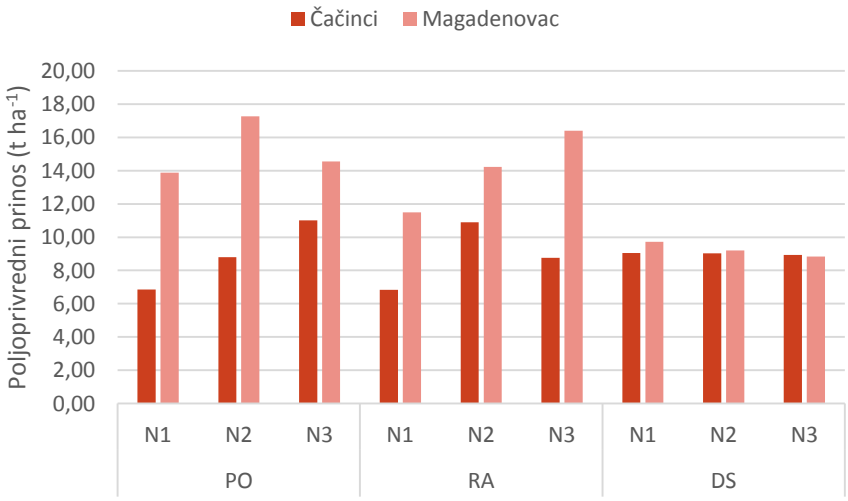
Najveći biološki prinos izmjeren je na kukuruzu s N2 tretmana gnojidbe (43,7 t ha$^{1}$), a najmanji na N1 tretmanu gnojidbe (37,5 t ha$^{-1}$). Razlika između ova dva tretmana u biološkom prinosu bila je na razini 99 % značajnosti, kao i razlika između kukuruza s N3 i N1 tretmana gnojidbe. Razlike između N2 i N3 tretmana statistički nisu bile značajne.

Tablica 10. Biološki prinos kukuruza (t ha$^{-1}$) na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade

| lokalitet | obrada | razina gnojidbe dušikom | | | prosjek |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 | N2 | N3 | |
| Magadenovac | PO | 26,3 | 35,0 | 40,3 | 33,9 |
| | RA | 27,3 | 40,9 | 33,2 | 33,8 |
| | DS | 35,3 | 33,7 | 32,9 | 34,0 |
| Čačinci | PO | 53,7 | 60,3 | 55,0 | 56,4 |
| | RA | 43,6 | 56,6 | 66,0 | 55,4 |
| | DS | 38,8 | 35,5 | 32,4 | 35,6 |
| | prosjek | 37,5 | 43,7 | 43,3 | 41,5 |

### 4.9. Poljoprivredni prinos

Poljoprivredni prinos (Grafikon 8.) je u prosjeku iznosio 10,9 t ha$^{-1}$ (Tablica 11.) i na njegovo variranje vrlo značajno je utjecala obrada tla i gnojidba dušikom, dok je utjecaj lokaliteta bio na razini 95 % značajnosti. Utvrđena je visoko značajna interakcija lokaliteta istraživanja i tretmana konzervacijske obrade tla.




Grafikon 8. Poljoprivredni prinos (t ha$^{-1}$)

Poljoprivredni prinos kukuruza bio je najveći na lokalitetu Magadenovac i iznosio je 12,8 t ha$^{-1}$. Razlika od 2,9 t ha$^{-1}$, u odnosu na kukuruz s lokaliteta Čačinci, je statistički vrlo značajna.

Najveći prinos ostvaren je na PO tretmanu obrade (12,1 t $ha^{-1}$), a najmanji prinos zabilježen je kod kukuruza s DS tretmana obrade tla (9,1 t $ha^{-1}$). Razlike u prinosima kukuruza s PO i RA tretmana nisu bile statistički značajne. Prinosi ostvareni na DS tretmanu su bili vrlo značajno manji u odnosu na ostala dva tretmana obrade tla.

Gnojidba prema preporuci ostvarila je najveće prinose kukuruza (11,6 t $ha^{-1}$), a najmjanji prinosi zabilježeni su kod kukuruza sa smanjenom gnojidbom (N1 tretman) i iznosili su 9,6 t $ha^{-1}$. Razlike u prinosu kukuruza s obzirom na gnojidbu bile su statistički značajne samo između N2 i N1 tretmana i N3 i N1 tretmana gnojidbe.

Tablica 11. Poljoprivredni prinos kukuruza (t $ha^{-1}$) na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade

| Lokalitet | obrada | razina gnojidbe dušikom | | | prosjek |
|---|---|---|---|---|---|
| | | N1 | N2 | N3 | |
| Magadenovac | PO | 6,9 | 8,8 | 11,0 | 8,9 |
| | RA | 6,8 | 10,9 | 8,8 | 8,8 |
| | DS | 9,0 | 9,0 | 8,9 | 90 |
| Čačinci | PO | 13,9 | 17,3 | 14,6 | 15,2 |
| | RA | 11,5 | 14,2 | 16,4 | 14,0 |
| | DS | 9,7 | 9,2 | 8,5 | 9,2 |
| | prosjek | 9,6 | 11,6 | 11,4 | 10,9 |

# 5. RASPRAVA

Vremenske prilike tijekom razdoblja provedenih istraživanja bile su vrlo promjenjive te bi se, prema podacima dobivenim od strane Državnog hidrometeorološkog zavoda, mogle sažeti kao iznad prosječne temperature zraka praćene iznad prosječnim količinama oborina. Iznad prosječne količine oborina s učestalim brojem dana padanja zabilježene su od listopada 2012. godine pa sve do pred kraj travnja 2013. godine, što je odgodilo proljetne radove (zatvaranje zimske brazde), i onemogućilo kvalitetnu i u optimalnom roku predsjetvenu pripremu i sjetvu. Vlažna i sušna razdoblja nastavljala su se izmjenjivati tijekom cijele vegetacije kukuruza što je uzrokovalo suhoću i tvrdoću površinskog sloja tla (do 10 cm), a ispod te dubine tlo je bilo izrazito vlažno. Tijekom razdoblja metličanja i svilanja (od lipnja do kolovoza) izmjenjivala su se sušna i vlažna razdoblja, što ipak nije značajno utjecalo na oplodnju kukuruza što je vidljivo kroz visinu ostvarenih prinosa. Značajan utjecaj vremenskih prilika, posebice količine oborina i temperature, na prinos i komponente prinosa vrlo su često tema istraživanja (Wilhelm i Wortmann, 2004.; Boomsma i sur., 2010.) u višegodišnjim pokusima.

Prosječna visina biljke kukuruza bila je pod značajnim utjecajem lokaliteta i gnojidbenog tretmana, dok je utjecaj tretmana obrade tla statistički bio neopravdan. Na gnojidbenom tretmanu N3 (30 % dušika više u odnosu na preporučenu dozu) izmjerena je najveća visina biljaka što je i očekivano zbog većeg razvoja vegetativne mase. Slične rezultate dobili su i Paschalidis i sur. (2015.). Kako je dušik prinosotvorni element koji sudjeluje u stvaranju prinosa, biljke ga usvajaju u izrazito velikim količinama. Pretjerano usvajanje dušika dovodi do prebujnog rasta, smanjene otpornosti na bolesti, povećanog polijeganja i slično. Biljka dušik treba tijekom cijelog vegetacijskog razdoblja, ali ne uvijek u istim količinama. Primjena većih količina dušika opravdana je u fenološkim fazama brzog porasta kada je i potreba za njegovim usvajanjem velika. Da bi se zadovoljile potrebe za dušikom i što više smanjili njegovi gubici, najpovoljniji se uvjeti postižu višekratnim prihranama dušičnim gnojivima, i to 2-4 puta, ovisno o bioraspoloživosti dušika i dužini vegetacije biljaka. Vukadinović i Bertić (2013.) navode kako iskoristivost dušika iz mineralnog gnojiva prosječno iznosi 50 %, često tek 30 %, a vrlo rijetko do 70 % i to samo kod višekratne primjene malim dozama. Boomsma i sur. (2010.) utvrdili su kako je visina biljaka u razdoblju od 4. do 8. tjedna nakon sjetve bila pod značajnim utjecajem

vremenskih prilika i no till sustava uzgoja biljaka. Relativni prinos bio je u pozitivnoj korelaciji s visinom biljaka mjerenih 4 tjedna nakon sjetve.

Kukuruz je poznat kao biljka koja u kratkom vremenu stvara veliku biljnu masu. Zbog toga ima velike potrebe za dušikom koje se ne mogu podmiriti iz prirodnih zaliha tla. U provedenim istraživanjima masa biljke i masa klipa bile su pod vrlo značajnim utjecajem obrade tla, a značajnim utjecajem gnojidbenog tretmana i lokaliteta. Najveća masa biljke i masa klipa je zabilježena na tretmanu PO, a najmanja na DS tretmanu. Razlike u masi biljaka i masi klipa između tretmana podrivanja i rahljenja nisu bile statistički opravdane što je bilo i očekivano jer oba zahvata pospješuju bolje prodiranje korijena, produbljivanje aktivnog profila tla i bolju infiltraciju vode, što potvrđuju i brojna istraživanja (Bennie i Botha, 1986.; Varsa i sur., 1997.; Pikul i Arase, 1999.). Najveća masa biljke i klipa izmjerena je na N2 tretmanu gnojidbe (gnojidba prema preporuci) što potvrđuju i istraživanja Băşa i sur. (2016.) koji navode kako se povećanjem gnojidbe dušikom u prihrani povećavala i masa klipa ovisno o predkulturi. Prema Vukadinović i Vukadinović (2011.) luksuzna gnojidba dušikom je razlog stvaranja veće vegetativne mase što se negativno odražava na razvoj generativnih organa. Isti autori navode kako je primjena dušičnih gnojiva učinkovitija što je vremenski bliža fiziološkim potrebama same biljke kukuruza. Najveća masa biljaka izmjerena je na tretmanu optimalne gnojidbe, što potvrđuje veću učinkovitost dušičnih gnojiva kada se apliciraju prema potrebama biljke i ovisno o provedenoj analizi tla.

Masa zrna na klipu kukuruza bila je pod značajnim utjecajem obrade tla i gnojidbe. Na tretmanu DS izmjerena ja najmanja vrijednost mase zrna na klipu, dok je razlika u masi između PO i RA tretmana bila statistički neopravdana. Na tretmanu s optimalnom gnojidbom dušikom (N2) izmjerena je najveća masa zrna na klipu kukuruza iako povećanje razine dušika za 30 % nije značajno smanjilo prosječnu masu zrna na klipu. Dobiveni rezultati upućuju na zaključak kako su vremenske prilike (povećana količina oborina) značajno smanjile negativan utjecaj "luksuzne" gnojidbe dušikom na promatrane parametre. Băşa i sur. (2016.) navode kako su vremenske prilike (suša) značajnije utjecale na masu zrna na klipu kukuruza u odnosu na druge promatrane pokazatelje, dok je utjecaj gnojidbe na sva promatrana svojstva bio značajan.

Vrijednosti mase 1000 zrna na oba lokaliteta, pri tri različita sustava obrade i različite razine gnojidbe dušikom, statistički se nisu značajno razlikovale. Utvrđena je

statistički vrlo značajna interakcija obrade tla i gnojidbe što je u suprotnosti s istraživanjima Ali i sur. (2012.) koji su izmjerili manju masu 1000 zrna na reduciranoj obradi (obrada rotodrljačom na dubini 4-6 cm) u odnosu na konvencionalnu obradu i rahljenje. Isti autori u svom istraživanju navode kako je gnojidba dušikom značajno utjecala na variranje mase 1000 zrna, iako interakcija obrade tla i gnojidbe dušikom nije bila statistički značajna.

Hektolitarska masa je pokazatelj kvalitete zrna odnosno njegove popunjenosti. Na variranje hektolitarske mase nije statistički značajno utjecao niti jedan tretman.

Prinos ukupne organske tvari, predstavljen kao biološki prinos, bio je pod značajnim utjecajem lokaliteta, obrade tla i gnojidbe dušikom. Najveći prinosi ostvareni su u Magadenovcu, na eugleju. Biološki prinos kukuruza na podrivanju i rahljenju bili su značajno veći u odnosu na tretman direktne sjetve što je očekivano s obzirom na bolju aeriranost tla rahljenjem i podrivanjem, veću proliferaciju korijena i bolju infiltraciju vode. S obzirom na nepovoljne vremenske uvijete, podrivanje i rahljenje su se izdvojili kao bolji konzervacijski sustavi obrade na hidromorfnim tipovima tala kao što je slučaj u ovom istraživanju. Gnojidba dušikom dala je očekivane rezultate: najveći biološki prinos ostvare je na optimalnoj gnojidbi, dok je smanjena gnojidba dala statistički slabije rezultate u visini biološkog prinosa. Dobiveni rezultati u skladu su s istraživanjima Ali i sur. (2012.). Smanjena evaporacija tla u uskoj je vezi sa žetvenim ostacima na tlu koji imaju ulogu malča. Žetveni ostaci u konzervacijskoj obradi tla pozitivno utječu na čuvanje vode u odnosu na konvencionalan način uzgoja, te mogu povećati sadržaj vode u tlu pogotovo u sušnim godinama. Povećanim sadržajem vode u tlu ostvaruje se mogućnost ostvarivanja većeg prinosa, povećava se otpornost prema suši i pojačava se mikrobiološka aktivnost.

Poljoprivredni prinos je bio pod vrlo značajnim utjecajem obrade tla i gnojidbe dušikom, a značajnim utjecajem lokaliteta istraživanja, odnosno tipa tla. Najveći prinosi ostvareni su kod kukuruza na tretmanu podrivanja i rahljenja, a najmanji na direktnoj sjetvi. Slične rezultate dobili su i Ali i sur. (2012.), Videnović i sur. (2011.), Băşa i sur. (2016.) i dr.

Utjecaj gnojidbe dušikom, kao prinosotvornog elementa, bio je vrlo značajan i očekivano najveće prinose ostvario je kukuruz s optimalnom gnojidbom. Povećana gnojidba rezultirala je s nešto smanjenim prinosima, ali statistički ta razlika nije bila opravdana. Kukuruz na tretmanu sa smanjenom gnojidbom imao je vrlo značajno niže

prinose što je u skladu i s istraživanjima Videnović i sur. (2011.), Paschalidis i sur. (2015.), Sangoi i sur. (2007.), Plavšić i sur. (2009.) i dr.

## 6. ZAKLJUČAK

Nakon provedenih istraživanja na hidromorfnim tlima na dvije lokacijie (Čačinci i u blizini mjesta Magadenovci) o utjecaju različite razine gnojidbe dušikom i različitih tretmana konzervacijske obrade tla na reakciju kukuruza tijekom 2012./2013. godine mogu se donijeti sljedeći zaključci:

- prosječna visina biljke bila je pod značajnim utjecajem lokaliteta i gnojidbenog tretmana, dok obrada tla nije statistički značajno utjecala na visinu biljke,
- na prosječnu masu biljke i na masu klipa obrada tla je imala vrlo značajan utjecaj, dok je utjecaj tretmana gnojidbe i lokaliteta bio statistički značajan,
- na vrijednost mase 1000 zrna i hektolitarske mase nije bilo statistički značajnih utjecaja niti jednog tretmana,
- biološki prinos kukuruza bio je pod značajnim utjecajem tretmana gnojidbe, a vrlo značajnim utjecajem lokaliteta i obrade tla,
- poljoprivredni prinos kao i masa zrna na klipu bili su pod vrlo značajnim utjecajem tretmana obrade tla i tretmana gnojidbe dušikom, a utjecaj lokaliteta istraživanja bio je na razini 95 % značajnosti,
- najveći biološki i poljoprivredni prinosi kukuruza ostvareni su na lokaciji Magadenovci (biološki prinos 49,1 t $ha^{-1}$, poljoprivredni 12,8 t $ha^{-1}$), na tretmanu podrivanja (biološki prinos 45,1 t $ha^{-1}$, poljoprivredni prinos 12,1 t $ha^{-1}$) i na gnojidbenom tretmanu prema preporuci (biološki prinos 43,7 t $ha^{-1}$, poljoprivredni prinos 11,6 t $ha^{-1}$),

Za oba lokaliteta specifična je jako kisela reakcija tla i niska razina humusa. Na lokalitetu Magadenovac izmjerena je značajno viša koncentracija lakopristupačnog fosfora i kalija u odnosu na lokalitet Čačinci što je vjerojatno pozitivno utjecalo na visinu biološkog i poljoprivrednog prinosa.

Gnojidbom prema preporuci ostvaren je najviši poljoprivredni prinos, a najmanji prinosi izmjereni su na tretmanu smanjene gnojidbe. Očekivani negativan efekt luksuzne gnojidbe dušikom nije ostvaren što potvrđuju statistički neopravdane razlike u visini prinosa kukuruza na tretmanima optimalne i prekomjerne gnojidbe dušikom. Pretpostavka je kako je povećana količina oborina uzrokovala ispiranje veće količine dušika iz zone

korijenovog sustava te na taj način smanjila negativne posljedice koje se javljaju uslijed prekomjerne ishranjenosti biljke dušikom (povećanje vegetativne mase, plitko ukorijenjivanje, smanjen prinos, itd.). Ovakvi rezultati potvrđuju važnost analize tla, ali i pravilnog izračuna gnojidbe temeljene na naprednim računalnim sustavima koji poštuju načela održivosti poljoprivredne proizvodnje, što rezultira povećanjem prinosa i smanjivanjem onečišćenja tla i voda.

Na tretmanima podrivanja i rahljenja ostvareni su bolji rezultati od rezultata na tretmanu direktne sjetve vjerojatno zbog bolje aeriranosti tla, većeg prodiranja korijena i bolje infiltracije vode.

## 7. LITERATURA


1. Ahmad, I., Jan, M. T., Srif, M. (2010.): Tillage and nitrogen management impact on maize. Sarhad J. Agric. 26(2): 157-167.
2. Ali, K., S.K. Khalil, F. Munsif, A. Rab, K. Nawab, A.Z. Khan, A. Kamal Z.H. Khan. (2012.): Response of Maize (Zea Mays L.) to various nitrogen sources and tillage practices. Sarhad J. Agric. 28(1): 9-14.
3. Băşa, A.G., Ion, V., Dumbravă, M., Temocico, G., Epure, L. I., Ştefan, D. (2016.): Grain Yield and Yield Components at Maize under Different Preceding Crops and Nitrogen Fertilization Conditions. Agriculture and Agricultural Science Procedia, Volume 10, Pages 104–111.
4. Bennie A.T.P., Botha F.J.P. (1986.): Effect of deep tillage and controlled traffic on root growth, water-use efficiency and yield of irrigated maize and wheat. Soil and Tillage Research 7(1-2): 85-95.
5. Birkas, M. (2008.): Environmentally-sound adaptable tillage, Akademiai Kiado. Budapest.
6. Boomsma, C. R., Santini, J. B., West, T. D., Brewer, J. C., Mclntyre, L. M., Vyn, T. J. (2010.): Maize grain yield response to plant height variabillity resulting from crop rotation and tillage system in a long-teerm experiment. Soil & Tillage Research 106, 227-240.
7. Butorac, A., Butorac, J., Kisić, I. (2006.): Utjecaj sustava konzervacijske obrade tla na kemijska svojstva, primjenu dušika, biološka svojstva i biljne bolesti, Agronomski glasnik 5/2006, ISSN 0002-1954.
8. Butorac, A., Kisić, I., Butorac, J. (2006.): Konzervacijska obrada tla u europskim zemljama, Agronimski glasnik 2/2006. ISSN 0002-1954.
9. Crawford, N., (1995. ): Nitrate: nutrient and signal for plant growth. The plant cell, vol.7:859-868.
10. De Vita, P., Di Paolo, E., Fecondo, G., Di Fonzo, N., Pisante, M. (2007.): No-tillage and conventional tillage effects on durum wheat yield, grain quality and soil moisture content in southern Italy. Soil. Till. Res., 92: 69-78.
11. Dragičević, V., Simić, M., Videnović, T., Kresović, B., Spasojević, I., Brankov, M. (2012.): The influence of different tillage practices on the soil moisture and nitrogen status. Journal of Central European Agriculture, 13(4), p.729-738.
12. El Titi, A. (2003.): Soil tillage in Agroecosystem., CRC Press LLC.

13. Feng, Y., Ning, T., Li, Z., Han, B., Han, H., Li, Y., Sun, T., Zhang, X. (2014.): Effects of tillage practices and rate of nitrogen fertilization on crop yield and soil carbon and nitrogen. Plant Soil Environ. , 3: 100–104.
14. Francis, G.S., Knight, T.T. (1993.): Long-term effects of conventional and no-tillage on selected soil properties and crop yields in Canterbury, New Zealand. Soil and Tillage Research, Volume 26, Issue 3, Pages 193-210.
15. Gehl, R.J., Schmidt., J.P., Maddux, L.D., Gordon, W.B. (2005.): Corn yield response to nitrogen rate and timing in sandy irrigated soils, Agron. J. 97:1230-1238.
16. Iqbal, M., Khan, A.G., Anwar-ul-Hassan, Islam, K.R. (2013.): Tillage and nitrogen fertilization impact on irrigated corn yields, and soil chemical and physical properties under semiarid climate. Journal of Sustainable Watershed Science & Management 1 (3): 90–98.
17. Ivezić, M. (2008.): Entomologija (Kukci i ostali štetnici u ratarstvu), Grafika d.o.o., Osijek.
18. Jug, D. (2014.): Odabrani nastavni materijal za studente diplomskog studija, Obrada tla- nastavni materijal.
19. Jug, D., Birkás, M., Kisić, I. (2015.): Obrada tla u agroekološkim okvirima, Hrvatsko društvo za proučavanje obrade tla, Osijek.
20. Jug, D., Blažinkov, M., Redžepović, S., Jug, I., Stipešević, B. (2005.): Utjecaj različitih varijanata obrade tla na nodulaciju i prinos soje. ISSN 1330-7142 UDK = 631.434.1:633.34.
21. Jug, D., Žugec, I., Kelava, I., Eljuga, L., Knežević, M., Marek, M. (2001.): Influence of reduced soil tillage on the yield of winter wheat, maize and soybean in an extreamely dry year. In: Proceedings of the 37th Croatian Symposium on Agriculture with an International Participation (Ed. kovačević, V.), Opatija, Croatia, pp. 46-50.
22. Jug, I. (2016.): Odlike održive, konvencionalne i ekološke poljoprivrede. Odabrani materijal za studente preddiplomskog studija. **http://ishranabilja.com.hr/literatura/osnove_agroekologije/Odlike%20odrzive,konvencionalne%20i%20ekoloske%20poljoprivrede.pdf**, pristup: 17.10.2016.
23. Jug, I., Jug, D., Sabo, M., Stipešević, B., Stošić, M. (2009.): Winter wheat yield and yield componets as affected by soil tillage systems, Turk J Agric For 35, 1-7.

24. Kelley, K.W., Sweeney, D.W. (2005.): Tillage and urea amonium nitrate fertilizer rate and placement affects winter wheat following grain sorghum and soybean. Agron. J. 97: 690-697.
25. Kotorac, F. (2014.): Utjecaj obrade tla i gnojidbe dušikom na prinos kukuruza, Završni rad.
26. Ma, B.L., Subedi, K.D., Costa, C. (2005.): Comparison of crop-based indicators with soil nitrate test for corn nitrogen requirement. Agron. J. 97: 462-471.
27. Maaqsood, M., Amanat, A.A., Iqbal, I., Hussain, M.I. (2001.): Effect of variable rates of nitrogen and phosphorus on growth and yield of maize (Golden). Biol. Sci, 1 (1): 19-20.
28. Martinez, E., Fuentes, J.P., Silva, P., Valle, S., Acevedo, E. (2008.): Soil physical properties and wheat root growth as affected by no.tillage and convensional tillage systems in a Mediterranean environment of Chile. Soil Till. Res., 99: 232-244.
29. Mihalić, V. (1976.): Opća proizvodnja bilja, Školska knjiga Zagreb.
30. Mihalić, V. (1985.): Opća proizvodnja bilja, Školska knjiga Zagreb.
31. Morgun, F. T., Šikula, N. K. (1984). Počvozaščitnoe besplužnoe zemledelie. Moskva.
32. Murillo, J. M., Moreno, F., Girón, I. F., Oblitas, M. I. (2004.): Conservation tillage: long term effect on soil and crops under rainfed conditions in south-west Spain (Western Andalusia), Spanish Journal of Agricultural Research 2 (1): 35-43.
33. Ozpinar, S. (2009.): Tillage and cover crop effects on maize yield and soil nitrogen. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 15 (No 6), 533-543.
34. Paschalidis X, Ioannou Z, Mouroutoglou X, Koriki A, Kavvadias V, et al. (2015) Effect of Fertilization and Irrigation on Plant Mass Accumulation and Maize Production (Zea mays). Int J Waste Resources 5: 173.
35. Pikul J.J.L. Aase J.K. (1999.): Wheat response and residual soil properties following subsoiling of a sandy loam in eastern Montana. Soil and Tillage Research 51(1-2): 61-70.
36. Pitkänen, J., (1989.). Effects of long-term reduced tillage on structure and fertility of a silty clay soil. Vakola, 1:35-68.
37. Plavšić, H., Josipovć, M., Andrić, L., Jambrović, A., Beraković, I., Đurkić, H. (2009.): Reakcija hibrida kukuruza na gnojidbu dušikom. 44. hrvatski i 4. međunarodni simpozij agronoma, str. 619-623.
38. Pospišil A. (2010.): Ratarstvo I-dio, Zrinski d.d., Čakovec.

39. Rosa, A. T. Ruiz Diaz, D.A. (2015.): Fertilizer placement and tillage interaction in corn and soybean production. Kansas Agricultural Experiment Station Research Reports: Vol. 1: Iss. 3.
40. Samad, A. (1994.): Effect of different combinations of NPK on the grain yield and yield component of maize varietes. Sarhad J. Agric. 8: 17-21.
41. Sangoi, L., Ernani, P. R., Regis Ferreira da Silva, P. (2007.): Maize response to nitrogen fertilization timing in two tillage systems in a soil with high organic mater content, R. Bras. Ci. Solo., 31: 507-517.
42. Shahzad, K., Khan, A., Smith, J., Saeed, M., Khan, S. A. (2015.): Response of maize to different nitrogen sources and tillage systems under humid subtropical conditions. The Journal of Animal & Plant Sciences, 25(1), Page: 189-197, ISSN: 1018-7081.
43. Stanisławska-Glubiak, E. i Korzeniowska, J. (2011.): Impact of zero tillage system on the nutrient content of grain and vegetative parts of cereals. Polish Journal of Agronomy, 4, 29–32
44. Stanislawska-Glubiak, E., Korzeniowska, J. (2009.): Concentration of micronutriens in pea and lupin plants depending on the soil tillage system. J. Element., 14(2): 357-364.
45. Stipešević, B., Žugec, I., Jurić, I., Kelava, I. (1999.): Istraživanje reducirane obrade tla za kukuruz u središnjoj Slavoniji, XXXV Znanstveni skup hrvatskih agronoma s međudržavnim sudjelovanjem "Hrvatska agrikulturna znanost na pragu trećeg tisućljeć", Opatija.
46. Titulaer, H.H.H., Ouwerkerk, C., Boone, F. R., Lumkes, L. M. (1980). Availability of nitrogen in the soil profile. In: Experience with three tillage systems on marine loam soil. I: 1972-1975, Agric. Res. Rep. 899, Wageningen, 42-49.
47. Tolessa, D., Du Preez, C.C., Ceronio, G.M. (2007.): Effect of tillage system and nitrogen fertilization on yield and yield components of maize in Western Ethiopia, South African Journal of Plant and Soil, 24:2, 63-69.
48. Tolessa, D., Du Preez, C.C., Ceronio, G.M. (2007.): Fate of nitrogen applied to maize on conventional and minimum tilled Nitisols in Western Ethiopia, South African Journal of Plant and Soil, 24:2, 77-83.
49. Torbert, H.A., Potter, K.N. and Morrison, J.E. Jr. (2001.): Tillage system, fertilizer nitrogen rate and timing effect on corn yield in the Texas black land prairie. Agron. J. 93:1119-1124.

50. Varsa E.C, Chong, S.K., Aboulaji, J.O., Farquhar, D.A., Olsen F.J. (1997.): Effect of deep tillage on soil physical characteristics and corn (Zea mays L.) root growth and production. Soil and Tillage Research 43(3-4): 219-228.
51. Videnović, Ž., Simić, M., Srdić, J., Dumanović, Z. (2011.): Long term effects of different soil tillage systems on maize (Zea mays L.) yields, Plant soil environ., 57, 2011 (4): 186–192.
52. Vukadinović, V., Bertić, B., (2013.): Filozofija gnojidbe, Studio HS Internet d.o.o. Osijek.
53. Vukadinović, V., Bertić, B., Lončarić, Z., Vukobratović, Ž., Katančić, T. (2003.): Procjena efikasnosti gnojidbe kukuruza kalibracijskim pokusima. XXXVIII. znanstveni skup hrvatskih agronoma s međunarodnim sudjelovanjem. Priopćenja / Žimbrek, Tito (ed). - Zagreb : Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, 321-324.
54. Vukadinović, V., Ivezić, M. (1986.): Primjena mikroračunara u analizi faktorijalnih pokusa s dva faktora i pokusa po planu podijeljenih parcela. Poljoprivredni fakultet, Osijek.
55. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011): Ishrana bilja, Zebra, Vinkovci.
56. Wang, X., Zhou, B., Sun, X., Yue, Y., Ma, W., Zhao M. (2015.): Soil tillage management affects maize grain yield by regulating spatial distribution coordination of roots, soil moisture and nitrogen status. PloS One.;10(6): e0129231.
57. Wasaya, A., Tahir, M., Manaf, A., Ahmed, M., Kaleem, S., Ahmad, I. (2011.): Improving maize productivity through tillage and nitrogen management. African Journal of Biotechnology Vol. 10(81), 19025-19034.
58. Wilhelm W.W., Wortmann C.S. (2004.): Tillage and rotation interactions for corn and soybean grain yield as affected by precipitation and air temperature. Agronomy Journal, 96: 425–432.
59. Zimmer R., Košutić S., Zimmer D. (2009.): Poljoprivredna tehnika u ratarstvu, Grafika d.o.o., Osijek.
60. Zimmer, R., Milaković, Z., Miloš, B., Kržek, Ž. (1999.): Proizvodnja kukuruza izravnom sjetvom i razgradnja biljnih ostataka u tlu, 27. međunarodni simpozij "Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede", 127_134, Opatija.
61. Zimmer, R., Milaković, Z., Miloš, B., Kržek, Ž., Banaj, Đ. (2000.): Izravna sjetva u proizvodnji kukuruza i razgradnja biljnih ostataka u tlu, 28. međunarodni simpozij "Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede", 159-167, Opatija.

62. Zimmer, R., Miloš, B., Milaković, Z., Kržek, Ž. (1997.): Usporedba konvencionalne i nulte obrade tla u proizvodnji kukuruza, 25. međunarodni simpozij "Aktualni zadaci mehanizacije poljoprivrede", 155-160, Opatija.
63. Žugec, I. (1984.): Utjecaj reducirane obrade tla na prinos kukuruza u ekološkim uvjetima Slavonije, Fakultet poljoprivrednih znanosti, disertacija, Zagreb.
64. **http://www.dzs.hr** pristup: 27. srpnja 2016.)
65. **http://www.fao.org/ag/ca/6c.html** pristup: 28. srpnja 2016.)
66. **http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E** pristup: 27. srpnja 2016.)
67. **http://www.gnojidba.info/category/makroelementi/** pristup: 17. kolovoza2016.)
68. **http://rwa.hr/wp-content/uploads/2012/02/konvencionalna-gnojiva.pdf** pristup:17.kolovoza 2016.)

# 8. SAŽETAK

Istraživanja reakcije kukuruza na gnojidbu dušikom pri konzervacijskoj obradi tla provedena su tijekom tehnološke 2012./2013. na hidromorfnim tipovima tala na dvije lokacije: u Čačincima (GPS: Long. 17.86336 E; Lat. 45.61316 N) i u blizini mjesta Magadenovci (GPS: Long. 18.70648 E; Lat. 45.55555 N). Istraživanjima su obuhvaćene tri razine gnojidbe dušikom na tri različita konzervacijska sustava obrade tla. N1 razina gnojidbe bila je umanjena za 30 % u odnosu na gnojidbenu preporuku, N2 razina gnojidbe bila je primjenjena prema gnojidbenoj preporuci, dok je N3 razina gnojidbe bila uvećana za 30 % u odnosu na gnojidbenu preporuku. Konzervacijski sustavi obrade tla bili su: PO- podrivanje, RA- rahljenje i DS- direktna sjetva.

Prema dobivenim podacima, razina gnojidbe dušikom i specifičnost lokaliteta su statistički značajno utjecali na gotovo sve ispitivane parametre (visinu biljke, masu biljke, masu klipa, masu zrna na klipu, biološki i poljoprivredni prinos). Tretman konzervacijske obrade imao je značajan utjecaj na sve parameter osim na na visinu biljke, hektolitarsku masu i masu 1000 zrna. Hektolitarska masa i masa 1000 zrna nisu bile pod značajnim utjecajem niti jednog tretmana. Najveći prinosi ostvareni su na lokaciji Magadenovac (biološki prinos iznosio je 49,1 t $ha^{-1}$, a poljoprivredni prinos 12,8 t $ha^{-1}$), na tretmanima podrivanja (biološki prinos - 45,1 t $ha^{-1}$, poljoprivredni prinos - 12,1 t $ha^{-1}$) i na tretmanima gnojidbe prema preporuci (biološki prinos - 43,7 t $ha^{-1}$, poljoprivredni prinos - 11,6 t $ha^{-1}$).

Ključne riječi: prinos kukuruza, gnojidba dušikom, konzervacijska obrada tla.

## 9. SUMMARY

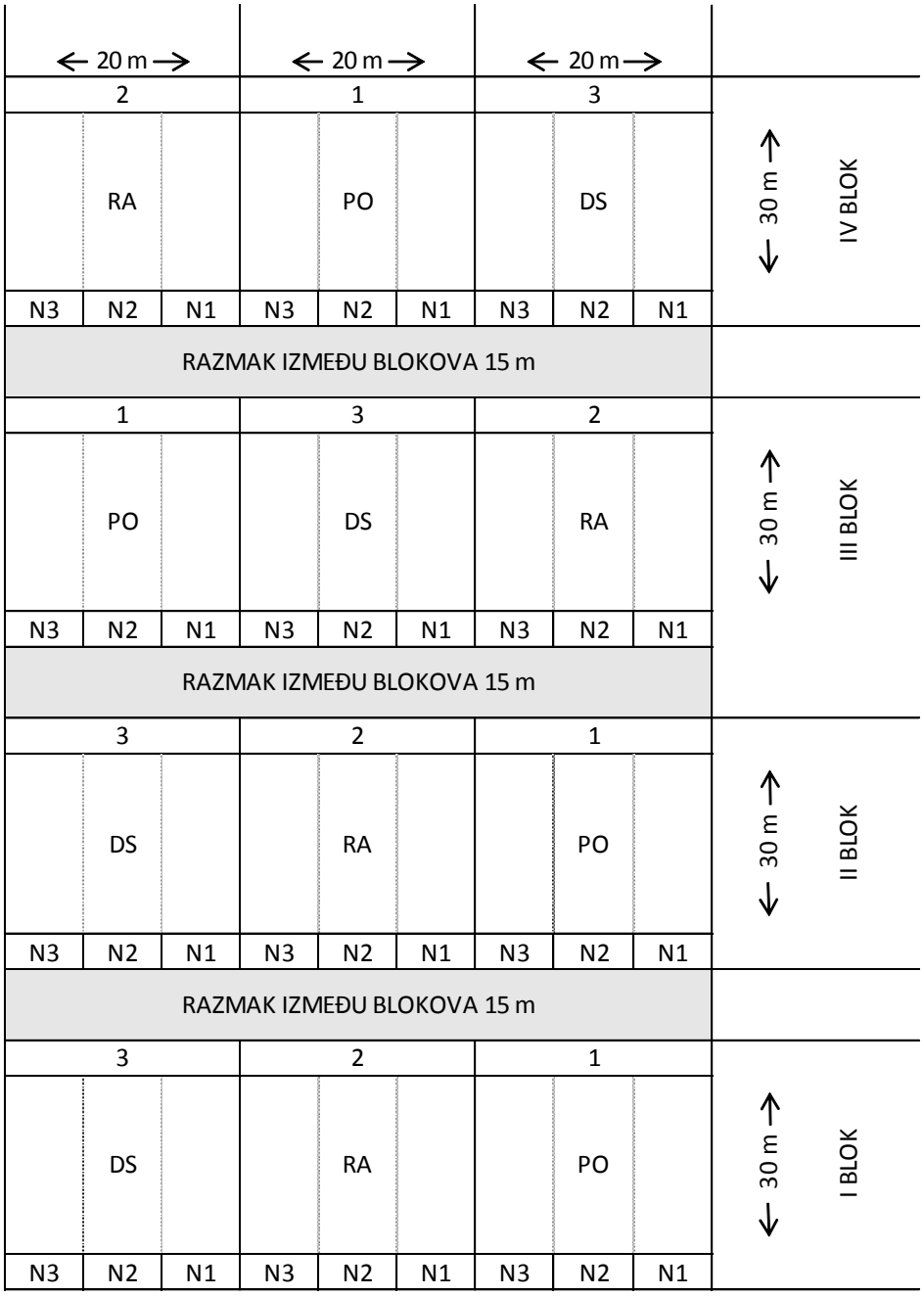
Investigation of maize reaction on nitrogen fertilization under conservation soil tillage were carried out during the 2012/2013 year on hydromorphic soil types on two locations: Čačinci (GPS: Long. 17.86336 E; Lat. 45.61316 N) and near Magadenovci (GPS: Long. 18.70648 E; Lat. 45.55555 N). The field experiments included three levels of nitrogen fertilization on three different conservation soil tillage treatments. N1 level of fertilization was 30 % lower compared to fertilization recommendation, N2 level of fertilization was equal to fertilizer recommendation and N3 level of fertilization was 30 % higher compared to fertilization recommendation. Conservation soil tillage systems was of: PO- subsoiling, RA- chiselling and DS- direct seeding.

According to the data, the level of nitrogen fertilization and specific locations were significantly impacted almost all tested parameters (plant height, plant weight, weight of cob, grain weight per cob, biological and agricultural yield). Conservation tillage treatment had a significant effect on all parameters except at the height of the plants, hectoliter weight and mass of 1000 grains. There were not found any statistically significant impacts of treatments on hectoliter weight and mass of 1000 grains. The largest agricultural and biological maize yields were achieved on location near Magadenovci (biological yield was 49.1 t $ha^{-1}$ and agricultural yield was 12.8 t $ha^{-1}$), on subsoiling soil tillage treatments (biological yield was 45.1 t $ha^{-1}$ and agricultural yield was 12.1 t $ha^{-1}$) and on the fertilization treatment according to recommendation (biological yield was 43.7 t $ha^{-1}$ and agricultural yield was 11.6 t $ha^{-1}$).

Keywords: maize yield, nitrogen fertilization, conservation soil tillage.

## 10. PRILOZI

**Prilog 1.** Shema pokusa



## 11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Kemijski sastav tla na lokacijama istraživanja ..... 15
Tablica 2. Vremenske prilike tijekom razdoblja istraživanja 2012./2013. na lokalitetu Magadenovac ..... 17
Tablica 3. Vremenske prilike tijekom razdoblja istraživanja 2012./2013. na lokalitetu Čačinci ..... 17
Tablica 4. Visina biljke (cm) kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade ..... 19
Tablica 5. Masa biljaka kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade ..... 20
Tablica 6. Masa klipa kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade ..... 21
Tablica 7. Masa zrna na klipu kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade ..... 22
Tablica 8. Masa 1000 zrna kukuruza na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade ..... 23
Tablica 9. Hektolitarska masa zrna kukuruza (kg 100 $l^{-1}$) na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade ..... 24
Tablica 10. Biološki prinos kukuruza (t $ha^{-1}$) na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade ..... 26
Tablica 11. Poljoprivredni prinos kukuruza (t $ha^{-1}$) na dva lokaliteta, s tri razine gnojidbe dušikom pri tri konzervacijska sustava obrade ..... 27

## 12. POPIS SLIKA

Slika 1. Površinska distribucija gnojiva na konzervacijskoj obradi tla ..... 13
Slika 2. Konzervacijska obrada tla – podrivanje (PO) ..... 14
Slika 3. Konzervacijska obrada tla – rahljenje (RA) ..... 14
Slika 4. Direktna sjetva (DS) ..... 14

## 13. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Visina biljke (cm)..... 18
Grafikon 3. Masa biljke (g) ..... 19
Grafikon 4. Masa klipa (g) ..... 21
Grafikon 5. Masa zrna na klipu kukuruza (g)..... 22
Grafikon 6. Masa 1000 zrna (g)..... 23
Grafikon 7. Hektolitarska masa (kg ) ..... 24
Grafikon 8. Biološki prinos (t $ha^{-1}$) ..... 25
Grafikon 9. Poljoprivredni prinos (t $ha^{-1}$)..... 26

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

**Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku** **Diplomski rad**
**Poljoprivredni fakultet u Osijeku**
**Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Biljna proizvodnja**

**Reakcija kukuruza na gnojidbu dušikom pri konezervacijskoj obradi tla**

**Filip Kotorac**

**Sažetak:**

Istraživanja reakcije kukuruza na gnojidbu dušikom pri konzervacijskoj obradi tla provedena su tijekom tehnološke 2012./2013. na hidromorfnim tipovima tala na dvije lokacije: u Čačincima (GPS: Long. 17.86336 E; Lat. 45.61316 N) i u blizini mjesta Magadenovci (GPS: Long. 18.70648 E; Lat. 45.55555 N). Istraživanjima su obuhvaćene tri razine gnojidbe dušikom na tri različita konzervacijska sustava obrade tla. N1 razina gnojidbe bila je umanjena za 30 % u odnosu na gnojidbenu preporuku, N2 razina gnojidbe bila je primjenjena prema gnojidbenoj preporuci, dok je N3 razina gnojidbe bila uvećana za 30 % u odnosu na gnojidbenu preporuku. Konzervacijski sustavi obrade tla bili su: PO- podrivanje, RA- rahljenje i DS- direktna sjetva.

Prema dobivenim podacima, razina gnojidbe dušikom i specifičnost lokaliteta su statistički značajno utjecali na gotovo sve ispitivane parametre (visinu biljke, masu biljke, masu klipa, masu zrna na klipu, biološki i poljoprivredni prinos). Tretman konzervacijske obrade imao je značajan utjecaj na sve parameter osim na na visinu biljke, hektolitarsku masu i masu 1000 zrna. Hektolitarska masa i masa 1000 zrna nisu bile pod značajnim utjecajem niti jednog tretmana. Najveći prinosi ostvareni su na lokaciji Magadenovac (biološki prinos iznosio je 49,1 t $ha^{-1}$, a poljoprivredni prinos 12,8 t $ha^{-1}$), na tretmanima podrivanja (biološki prinos - 45,1 t $ha^{-1}$, poljoprivredni prinos - 12,1 t $ha^{-1}$) i na tretmanima gnojidbe prema preporuci (biološki prinos - 43,7 t $ha^{-1}$, poljoprivredni prinos - 11,6 t $ha^{-1}$).

**Rad je izrađen pri**: Poljoprivredni fakultelt u Osijeku
**Mentor**: Izv. prof. dr. sc. Irena Jug
**Broj stranica:** 44
**Broj grafikona i slika:** 13 (8 grafikona i 5 slika)
**Broj tablica:** 11
**Broj literaturnih navoda:** 68
**Broj priloga:** 1
**Jezik izvornika:** hrvatski
**Ključne riječi:** prinos kukuruza, gnojidba dušikom, konzervacijska obrada tla
**Datum obrane:** 28. studenog 2016.
**Stručno povjerenstvo za obranu:**
1. doc. dr. sc. Boris Đurđević, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Irena Jug, mentor
3. prof. dr. sc. Danijel Jug, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku**,** Sveučilištu u Osijeku, Kralja Petra Svačića 1d.

# BASIC DOCUMENTATION CARD

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek** **Graduate thesis**
**Faculty of Agriculture**
**University Graduate Studies, course Plant production**

**Maize response to nitrogen fertilization on conservation soil tillage**

**Filip Kotorac**

**Abstract:**

Investigation of maize reaction on nitrogen fertilization under conservation soil tillage were carried out during the 2012/2013 year on hydromorphic soil types on two locations: Čačinci (GPS: Long. 17.86336 E; Lat. 45.61316 N) and near Magadenovci (GPS: Long. 18.70648 E; Lat. 45.55555 N). The field experiments included three levels of nitrogen fertilization on three different conservation soil tillage treatments. N1 level of fertilization was 30% lower compared to fertilization recommendation, N2 level of fertilization was equal to fertilizer recommendation and N3 level of fertilization was 30% higher compared to fertilization recommendation. Conservation soil tillage systems was of: PO- subsoiling, RA- chiselling and DS- direct seeding.

According to the data, the level of nitrogen fertilization and specific locations were significantly impacted almost all tested parameters (plant height, plant weight, weight of cob, grain weight per cob, biological and agricultural yield). Conservation tillage treatment had a significant effect on all parameters except at the height of the plants, hectoliter weight and mass of 1000 grains. There were not found any statistically significant impacts of treatments on hectoliter weight and mass of 1000 grains. The largest agricultural and biological maize yields were achieved on location near Magadenovci (biological yield was 49.1 t $ha^{-1}$ and agricultural yield was 12.8 t $ha^{-1}$), on subsoiling soil tillage treatments (biological yield was 45.1 t $ha^{-1}$ and agricultural yield was 12.1 t $ha^{-1}$) and on the fertilization treatment according to recommendation (biological yield was 43.7 t $ha^{-1}$ and agricultural yield was 11.6 t $ha^{-1}$).

**Thesis performed at:** Faculty of Agriculture in Osijek
**Mentor**: Associate Professor Irena Jug
**Number of pages:** 44
**Number of figures:** 13 (8 charts and 5 pictures)
**Number of tables:** 11
**Number of references:** 68
**Number of appendices:** 1
**Original in:** Croatian
**Key words:** maize yield, nitrogen fertilization, conservation soil tillage
**Thesis defended on date:** 28. november 2016.
**Reviewers:**
1. Assistant Professor Boris Đurđević, chairman
2. Associate Professor Irena Jug, mentor
3. Full Professor Danijel Jug, member

**Thesis deposited at**: Library, Faculty of Agriculture in Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d.