

# Utjecaj obrade tla i gnojidbe na zarazu kukuruza kukuruznim moljcem

---

**Horvatović, Andreas**

**Master's thesis / Diplomski rad**

**2022**

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

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

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:719982>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-11-23**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U  
OSIJEKU  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Andreas Horvatović

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**UTJECAJ OBRADBE TLA I GNOJIDBE NA ZARAZU KUKURUZA  
KUKURUZNIM MOLJCEM**

**Diplomski rad**

Osijek, 2022.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U  
OSIJEKU

**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Andreas Horvatović

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**UTJECAJ OBRADBE TLA I GNOJIDBE NA ZARAZU KUKURUZA  
KUKURUZNIM MOLJCEM**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Danijel Jug, predsjednik
2. doc. dr. sc. Ankica Sarajlić, mentor
3. prof. dr. sc. Ivana Majić, član
4. prof. dr.sc, Mirjana Brmež, zamjenski član

Zapisničar: Josipa Puškarić, mag. ing. agr.

Osijek, 2022.

Diplomski rad je napisan na temelju rezultata istraživanja provedenih u okviru HRZZ projekta: "Procjena konzervacijske obrade tla kao napredne metode uzgoja usjeva i prevencije degradacije tla – ACTIVEsoil" (Broj projekta: IP-2020-02-2647)

Voditelj HRZZ projekta: prof. dr. sc. Danijel Jug

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. PREGLED LITERATURE .....	2
2.2 Najznačajnije vrste štetnih kukaca na kukuruza.....	2
2.2.1 Kukuruzni moljac .....	3
2.3 Obrada tla u uzgoju kukuruza.....	15
2.4 Gnojidba kukuruza .....	18
2.5 Kalcizacija .....	22
2.6 Primjena biougljena.....	23
3. MATERIJAL I METODE RADA.....	25
4. REZULTATI.....	27
5. RASPRAVA.....	32
6. ZAKLJUČAK .....	35
7. POPIS LITERATURE .....	36
8. SAŽETAK.....	40
9. SUMMARY .....	41
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	44
BASIC DOCUMENTATION CARD.....	45

## 1. UVOD

Kukuruz (*Zea mays* L.) je najvažnija prosolika žitarica i najraširenija poljoprivredna kultura u svijetu. Cilj uzgoja kukuruza je zrno te se koristi za ljudsku ishranu – prema popularnosti ističu se kukuruz šećerac i kokičar. Kukuruz se također može koristiti i kao dodatak jelima i brašno za proizvodnju kruha. Osim u prehrani ljudi, kukuruz se još koristi za hranidbu stoke, proizvodnju škroba, alkohola te etanola koji se koristi kao biogorivo (Pospišil i sur., 2013.). Prema „Faostat“ podacima, kukuruz se u Hrvatskoj uzgaja na 288 400 tisuća hektara te se prosječni prinosi kreću oko 8,4 t/ha.

U proizvodnji kukuruza javlja se veliki broj štetnih kukaca koji mogu uzrokovati razna oštećenja na biljci. Štetni kukci na kulturnim biljkama ishranom smanjuju prinos i kakvoću konačnog proizvoda.

Pesticidi u poljoprivredi od velikog su značaja jer služe u suzbijanju korova, uzročnika bolesti i štetnih kukaca. Nepravilno korištenje pesticida može imati negativan učinak na okoliš zato što mogu površinskim ispiranjem ući u tlo i pomješati se s podzemnom vodom, čime se povećava opasnost od negativnog utjecaja na ne ciljane vrste u vodnom ekosustavu. Također, nepravilnom upotrebom pesticida može doći do narušavanja mikrobiološke faune tla čime se uzrokuje smanjenje kvalitete tla te opskrbljenost čistom vodom namjenjenom za piće. Hrana koja sadrži nerazgrađene ostatke pesticida predstavlja opasnost za ishranu ljudi i životinja. Konstantnom uporabom pesticida dolazi do pojave rezistentnosti štetnika i uništavanja korisne entomofaune te upotreba pesticida kao primarno rješenje za uništavanja štetnika nije kompatibilna s održivom poljoprivredom. U konačnici nepravilno korištenje pesticida uzrokuje negativne posljedice na biološku raznolikost proizvodnih površina i onečišćuje tlo koje je važno za proizvodnju zdrave hrane.

Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj različite obrade tla i gnojidbe na zarazu kukuruza kukuruznim moljcem.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.2 Najznačajnije vrste štetnih kukaca na kukuruзу

Kukuruz, kao i većinu drugih prosolikih žitarica napada veliki broj štetnih kukaca koji negativno utječu na prinos i kvalitetu konačnog proizvoda. Jedan od najznačajnijih štetnika koji napada kukuruz je kukuruzni moljac. Osim moljca važni štetnici kukuruza na području istočne Hrvatske su: kukuruzna zlatica (*Diabrotica virgifera virgifera* LeConte) (Slika 1.), žičnjaci (Elateridae) (Slika 2.) te žuta kukuruzna soвица (*Helicoverpa armigera* Hübner) (Slika 3.) (Ivezić i Raspudić, 2004.). Osim štetnih kukaca među entomofaunom kukuruza postoji i veliki broj korisnih kukaca koji imaju veliku ulogu u održavanju prirodne ravnoteže. Na našim poljoprivrednim tlima su brojni prirodni neprijatelji već prisutni te ih moramo čuvati kako bismo imali njihovu pomoć u suzbijanju kukaca koji često prave velike štete na usjevima. Osim suzbijanja štetnika, mnogi kukci u poljoprivredi sudjeluju u procesu razlaganja biljnog materijala, poboljšavaju tlo (plodnost, regulacija vodozračnih odnosa) i oprašuju usjeve.



Slika 1. Kukuruzna zlatica  
(foto: Sarajlić, A. 2013.)



Slika 2. Oštećenja na kukuruzu od žičnjaka  
(foto: Sarajlić, A. 2016.)



Slika 3. *Helicoverpa armigera* na klipu kukuruza  
(foto: Sarajlić, A. 2021.)

### 2.2.1 Kukuruzni moljac

Kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis*) je štetnik koji se hrani tkivom biljke kukuruza bogatim lignocelulozom (Li sur., 2021). *Ostrinia nubilalis* pripada redu lepidoptera – leptiri. Lepidoptera je jedan od najbrojnih redova kukuca: sadrži oko 160 000 vrsta. Na području Bivše Jugoslavije utvrđeno je oko 3 500 vrsta, no smatra se da ih ima i više (Maceljski, 2002). Kukuruzni moljac jedan je od najznačajnijih štetnika kukuruza. Kukuruzni moljac je izraziti polifag koji napada oko 200 biljnih vrsta. Osim kukuruza ekonomske štete pravi i na povrtnim kulturama. Od povrtnih kultura moljac napada grah, celer, rajčicu, ciklu, a značajne štete radi i



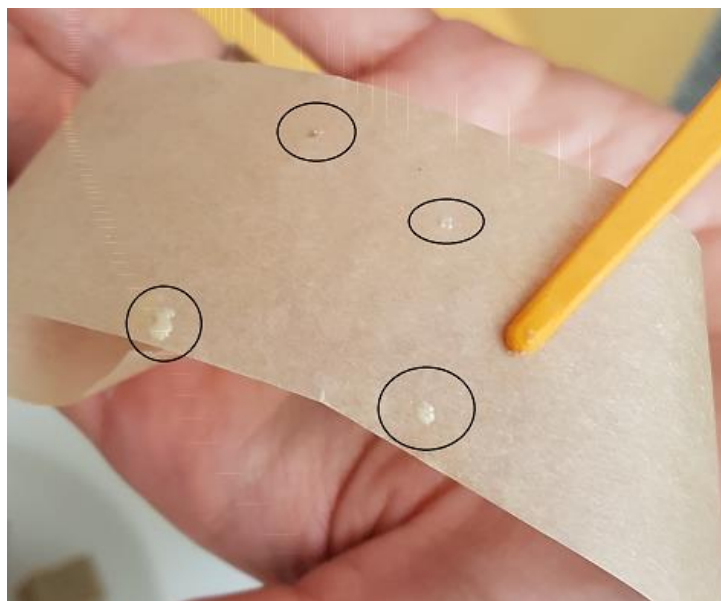
na paprici (Matotan, 2008.). U godinama povoljnim za njegov razvoj može smanjiti prinos do 25 % (prosječno 7 %). Međutim, kukuruzni moljac rijetko nanese značajnu štetu te nikad potpuno ne uništi proizvodnju. Zbog tehničkih poteškoća pri suzbijanju ne suzbija se dovoljno. Štetnik je prenesen iz Europe u SAD 1916. godine (Maceljski, 2002.).

Mužjaci kukuruznog moljca imaju raspon krila 20 – 26 mm, a ženke 25 – 34 mm (slika 4.). Ženke su blijedožute do svijetlosmeđe boje s prekrizanim tamni cik – cak linijama na prednjim i stražnjim krilima te nose blijede, često žućkaste mrlje. Mužjak je tamnije boje, obično blijedosmeđe ili sivkasto smeđe, također s tamnim cik – cak linijama i žućkastim mrljama. Moljci su najaktivniji u večernjim satima. Ženke kukuruznog moljca izlučuju mirise (spolne feromone) kojima privlače mužjake. Spolni feromon je identificiran kao 11 – tetradecenil acetat, ali se istočni i zapadni sojevi razlikuju u proizvodnji Z i E izomera. Razdoblje preovipozicije je prosjek oko 3,5 dana. Trajanje ovipozicije je oko 14 dana. U prosjeku ženke odlažu od 20 do 50 jaja na dan. Ženka tijekom svog života može odložiti 400 - 600 jaja. Životni vijek odraslih u prosjeku traje 18 – 24 dana (Capinera, 2000.) Ženka odlaže jaja u nepravilnim nakupinama koje sadrže 15 – 20 jaja.



Slika 4. Ženka i mužjak kukuruzog moljca  
(foto: Sarajlić, A. 2010.)

Jaja (Slika 5.) su ovalnog, spljoštenog oblika, kremasto bijele boje. Jaja su najčešće odložena na donjoj strani listova i preklapaju se slično kao riblje ljuske. Jaja su oko 1 mm dužine i 0,75 mm širine. Razvojni prag za jaja je oko 15 °C. Ličinke se iz jaja izlegu za četiri do devet dana (Capinera, 2000.)



Slika 5. Jaja kukuruznog moljca  
(foto: Horvatović, A. 2022.)

Gusjenice (Slika 6.) su obično svijetlosmeđe ili ružičasto sive boje dorzalno, sa smeđom do crnom glavenom kapsulom. Tijelo je obilježeno okruglim tamnim mrljama na svakom segmentu tijela. Prag razvoja za ličinke je oko 11°C. Ličinke obično imaju pet stadija razvoja. Smrtnost prvih stadija ličinki je visoka. Ličinke zadnjeg stadija prezimljuju unutar stabljike kukuruza ili u stabljici drugog prikladnog domaćina. Razvoj pojedinog stadija ovisi o okolišnim čimbenicima, prvenstveno o temperaturi. U vanjskim uvjetima vrijeme razvoja ličinki je bilo procijenjeno od 6 do 13 dana ali to znatno varira iz godine u godinu prema vremenskim prilikama (Capinera, 2000.).



Slika 6. Gusjenica kukuruznog moljca  
(foto: Horvatić, A. 2022.)

Kukuljice (Slika 7.) prezimljujuće generacije se obično javljaju u travnju ili svibnju. Kukuljica je žućkasto smeđe boje, duljine 13 – 14 mm i 2 – 2,5 mm širine kod mužjaka i 16 – 17 mm duljine i 3,5 – 4 mm širine u ženki. Kukuljica je obično, ali ne uvijek, obavijena tankom čahutom formiranom unutar larvalnog tunela. Faza kukuljice u terenskim uvjetima obično traje oko 12 dana. Prag razvoja kukuljice je oko 13°C (Capinera, 2000.).



Slika 7. Kukuljice kukuruznog moljca  
(foto: Horvatić, A. 2022.)

Gusjenice prezimljuju u kukuruzincu ili unutar dijelova drugih biljaka kojima se hrane (Slika 8.). U proljeće, kad temperatura poraste oko 15°C, započinje faza kukuljenja. Prvi leptiri pojavljuju se krajem svibnja, no većina se javlja u lipnju. Razdoblje izletanja leptira dugo traje, najmanje dvadesetak, a češće tridesetak i više dana (Maceljski, 2002). Prvo je prisutna pojava mužjaka, zatim se pojavljuju i ženke. Leptiri su dobri letači i sposobni su preletjeti dvadesetak kilometara, lete u jutarnjim i večernjim satima. Leptiri su fotofilni (za svoju aktivnost traže svjetlost), moguće ih je loviti lovnim svjetilkama. Pogodne su im proizvodne površine s najbolje razvijenim kukuruzom. Osim kukuruza, naseljavaju i brojne korovne biljne vrste (Maceljski, 2002).



Slika 8. Gusjenica kukuruznog moljca unutar biljke kukuruza  
(foto: Horvatić, A. 2022.)

Ženke odlažu jaja na donju stranu lista kukuruza, najčešće uz glavnu žilu. Životni vijek leptira je kratak, pri vlazi zraka od 95% živi do 12 dana, pri nižoj vlazi zraka, životni vijek je još kraći. Plodnost ženki također ovisi o vlazi zraka. Osim vlage, za plodnost važna je ishrana leptira (cvjetovi korovskog bilja). Embrionalni razvoj najčešće traje 4 – 8 dana. Mlade gusjenice kratko se zadržavaju uz jajno leglo a zatim kreću prema osnovi lista (Maceljski, 2002). Hrane se u pazušcu lista. Mogu se kretati i prema mladom smotanom lišću kojeg također napadaju. Smotani list buše, na listu se vide pravilno razmještene rupice u redu kada se razvije. List kukuruza se može i slomiti ukoliko je oštećena glavna žila lista. Mogu oštećivati metlicu i dršku klipa koja se usljed jakog napada može slomiti. Ličinke trećeg stadije ubušuju se u stabljiku kukuruza gdje buše hodnike, smanjuju čvrstoću stabljike i mogu uzrokovati lom stabljike (Slika 9.).



Slika 9. Prelomljena stabljika kukuruza kao posljedica jakog napada od kukuruznog moljca (foto: Horvatović, A. 2022.)

Oplemenjivači su uspješni stvorili biljke tolerantne na kukuruznog moljca koje mogu podnijeti prisutnost više ličinki kukuruznog moljca u stabljici, a da se pri tome stabljika ne lomi stoga je veoma bitno pri odabiru hibrida paziti na ovo svojstvo. Raspudić i sur. (2009.) proveli su dvogodišnje istraživanje osjetljivosti hibrida kukuruza na napad kukuruznog moljca. Osjetljivost na kukuruznog moljca procijenjena je mjerenjem duljine tunela i broja ličinki u stabljici kukuruza. Intenzitet napada kukuruznog moljca u obje godine bio je 100%. Prosječna duljina tunela značajno se razlikova između godina (min. 13 i 40 cm, max. 30 i 60 cm). Prosječan broj ličinki po stabljici je također varirao od 0,96 do 2,03 ličinke. Rezultati ukazuju na značajnu tolerantnost hibrida na kukuruznog moljca. Shiri i sur. (2021.) proveli su istraživanje otpornosti hibrida kukuruza na kukuruznog moljca. Rezultati su pokazali da su neki hibridi relativno tolerantni na oštećenja kukuruznog moljca, sa kraćom duljinom tunela, manjim postotkom loma stabljike te postižu visoke i kvalitetne prinose.



Osim izravnih šteta, gusjenice moljaca uzrokuju i neizravne štete. Oštećenja su pogodna za razvoj različitih gljivica te je dokazana povećana zaraza *Fusarium graminearum* na vrškovima izgrizenih klipova i ostalim oštećenim dijelovima. Valean i sur. (2017.) proveli su istraživanje vezano između odnosa kukuruznog moljca i napada fusarioza kukuruza (*Fusarium spp.*). Usred klimatskih uvjeta u dvije eksperimentalne godine (2014.-2015.), vezano uz učestalost napada kukuruznog moljca 2015. godina je bila vrlo povoljna za ovog štetnika, a primjenom tretmana na vegetaciji, napad kukuruznog moljca i *Fusarium spp.* je vrlo značajno smanjen. Scarpino i sur. (2015.) proveli su istraživanje vezano između ozljede od kukuruznog moljca, *Fusarium proliferatum* i infekcije *F. subglutinans* i kontaminacije moniliformina u kukuruzu. Cilj ovog istraživanja bio je istražiti utjecaj aktivnosti kukuruznog moljca na kontaminaciju MON i gljive odgovorne za njegovu kontaminaciju. Zaključno, kombinacija visokog toksigenog kapaciteta *F. proliferatum* i njegove učestale pojave te veći intenzitet na polju omogućavaju konstataciju proizvodnje MON u kukuruzu u područjima sa umjerenim temperaturama, kao što je sjeverna Italija, uglavnom je posljedica infekcija *F. proliferatum* i usko je povezana s ozljedama uzrokovana ličinkama kukuruznog moljca.

Nekad ženke odlažu jaja u metlicu kako bi se gusjenice hranile njenim dijelovima. Druga generacija gusjenica često buši hodnike ispod metlice i uzrokuju prijelom stabljike. Prelomljene metlice predstavljaju simptom koji ukazuje na moguću prisutnost gusjenica. Također, gusjenice druge generacije napadaju klip i zrno. Gusjenice se kukulje u stabljici, dio prezimljuje, a dio daje drugu generaciju. U našim uvjetima se javljaju dvije generacije kukuruznoga moljca (Raspudić i sur. 2010.) U južnim krajevima Europe moljac ima 3 – 4 generacije dok u sjevernim ima samo jednu generaciju godišnje (Maceljski, 2002.).

Čimbenici koji utječu na povećanje populacije i štete od kukuruznog moljca su monokultura, nepotpuno uništavanje i zaoravanje kukuruzovine tijekom zime, korištenje kukuruzovine za stelju, visoka vlaga, nepravilno navodnjavanje, visoke temperature tijekom srpnja i kolovoza i gušći sklop biljaka. Osim navedenih čimbenika na povećanu prisutnost kukuruznog moljca može utjecati odsutnost prirodnih neprijatelja zbog primjene pesticida na većim površinama različitih kultura. Prisutnost korova povisuje vlažnost i mogu djelovati pogodno za razvoj ovog štetnika, no neke korovske vrste su domaćini moljca i služe za smanjenje zaraze na kukuruzu (Maceljski, 2002.).

Ovim podacima pridodaju se štete poput loma stabljike, oštećenja klipa te indirektna šteta. Za ocjenjivanje intenziteta napada gleda se više pokazatelja: udjel napadnutih biljaka, broj hodnika u stabljici i gusjenica u njima, prosječna duljina hodnika u jednoj biljci, udjel zaraženih klipova, udjel polomljenih biljaka iznad i ispod klipa te postignuti prirod. Zaraza prve generacije može se ocijeniti krajem srpnja i početkom kolovoza prema stupnju oštećenosti lista (broj i veličina perforacija) (Macelj, 2002.).

Kukuruzni moljac ima veliki broj prirodnih neprijatelja. Neki od prirodnih neprijatelja utvrđeni u našim uvjetima su osice roda *Trichogramma* koje parazitiraju jaja kukuruznog moljca (Sarajlić i sur. 2015.), parazitske osice te kukci iz reda diptera (Lemić i sur. 2019.) Camerini i sur. (2018.) godine proveli su istraživanje vezano za utjecaj ličinki moljca na gustoću i smještaj u biljci kukuruza na *Lydella thompsoni* (Slika 10.; Slika 11.) Ovaj slučaj studije bio je usmjeren na utjecaj gustoće ličinki moljca i položaj u biljnim organima kukuruza. Gustoća moljca kretala se je od 0,2 do 3,2 ličinke/biljci. ECB ličinke preferiraju koloniziranje „uši“ kukuruza; međutim, kada se je njihova gustoća povećala, njihova proporcija u stabljici također je bila veća. Gustoća *L. thompsoni* bila je veća u tkivima stabljike, ispod i iznad „uha“. U ovom istraživanju nije uočen odnos ovisan o gustoći između moljca i *L. thompsoni*. Ovog štetnika napadaju i neki uzročnici bolesti (mikrosporidije i gljivice).



Slika 10. Muha *Lydella thompsoni*  
(foto: Horvatić, A. 2022.)



Slika 11. Kukuljice *Lydella thompsoni*  
(foto: Horvatić, A. 2022.)

Mjere suzbijanja kukuruznog moljca dijelimo na: agrotehničke, mehaničke, uzgoj otpornih hibrida koje spadaju u preventivne mjere te biološke, biotehničke i kemijske mjere pripadaju kurativnim mjerama.

Najvažnija agrotehnička mjera je plodored, jer ponovljena sjetva kukuruza pogodna je za povećanje intenziteta napada moljca. Učestalost sjetve kukuruza i veličina proizvodne površine utječe na brojnost štetnika. Kako bi se smanjila šteta, pogodna je ranija sjetva i uništavanje korova domaćina (Maceljski, 2002).

Mehaničko uništavanje gusjenice kukuruznog moljca u kukuruzincu tijekom prezimljena predstavlja osnovnu mjeru zaštite. Nakon berbe kukuruzinac je potrebno usitniti i zaorati. Ako se kukuruzovina reže i stavlja u stogove, treba ju uništiti do 15. svibnja zbog izlijetanja leptira. Uzgoj tolerantnih hibrida je važna mjera u spriječavanju većih šteta od napada kukuruznog moljca. Mnogo je uzroka u razlici otpornosti kultivara, hibrida i linija. Na nekim biljkama je puno veća smrtnost nego na drugim zbog kemijskog sastava biljke. Malene gusjenice za svoj rast i razvoj trebaju puno bjelančevina pa su biljke s povoljnim omjerom bjelančevina prema ugljikohidratima u listu osjetljivije na napad jer je smrtnost manja. Postoje hibridi koji imaju tolerantnost na nekoliko gusjenica po biljci bez značajnog gubitka prinosa i bez loma stabljike. Tijekom selekcije novih hibrida koristi se umjetna zaraza kukuruznog moljca te se na taj način utvrđuje njihova otpornost. Osim umjetne zaraze, prati se i prirodna zaraza kako bi se utvrdile razlike u otpornosti u prirodnim uvjetima.

Razvojem biotehnologije u neke hibride je ucijepljeno svojstvo proizvodnje endotoksina bakterije *Bacillus thuringiensis* (podvrsta kurstaki) te se prakticira u bioinsekticidima. Podvrsta kurstaki ima sposobnost proizvodnje toksina CryIAb i CryIAc koji su toksični za kukuruznog moljca. *B. t.* hibridi sadrže toksine i predstavljaju insekticidnu biljku. Gusjenice u kratkom vremenu prestaju sa ishranom i ugibaju. Takvi hibridi su gotovo otporni na napade i štete kukuruznog moljca.

Pod biološkim metodama suzbijanja smatra se aktivna primjena prirodnih neprijatelja. U Zagrebu je provedeno prvi put u svijetu biološko suzbijanje kukuruznog moljca u prirodi uzročnicima bolesti. Suzbijanje je provedeno uz pomoć bakterije *Bacillus thuringiensis* i nekih drugih bakterija. 1930. godine suzbijanje je provedeno uz pomoć gljivice *Metarhizium anisopliae*. Na tržištu su dostupni pripravci na osnovi *B. thuringiensis*, soj *kurstaki* (*B.t.k.*). Protiv prve generacije jednim tretiranjem bioinsekticidima na toj osnovi postiže se uspjeh oko 70 – 80 %. Prema istraživanjima iz 2013. godine, Tan i sur. utvrdili su da *Ostrinia nubilalis* i *Ostrinia furnacalis* su blisko povezani i pokazuju sličnu osjetljivost na Cry1 toksine. U ovom



istraživanju su uspoređeni obrasci vezivanja Cry1Ab i Cry1F *Bacillus thuringiensis* toksina između oba *Ostrinia* spp. Dobiveni rezultati podupiru prethodne eksperimente koji ukazuju da *Ostrinia nubilalis* i *Ostrinia furnacalis* dijele slične obrasce osjetljivosti na Cry toksine. Yu i sur. (2018.) proveli su istraživanje vezano za profiliranje mikroRNA između osjetljivosti *Bacillus thuringiensis* i otpornosti kukuruznog moljca na Cry1Ab. Praćenje terena i izbor laboratorija imaju otkrivene različite razine otpornosti kukuruznog moljca na Cry1Ab toksin. Dobiveni rezultati su temelj za buduća istraživanja uloge miRNA u evoluciji otpornosti na Bt. U nekim zemljama koriste se i bioinsekticidi na osnovi gljivice *Beauveria bassiana*.

Boljim riješenjem suzbijanja kukuruznog moljca smatra se primjena parazitskih osica roda *Trichogramma*. Ženka osice odlaže jaja u jajno leglo kukuruznog moljca i u prosjeku parazitira minimalno 90 % jajnog legla domaćina (Slika 12.). Jaje domaćina služi za razvoj osica, a jaja poprimaju crnu boju (Slika 13. i 14.). Distribucija osica vrši se pomoću kartončića koji se vješaju o lišće ili kapsulama koje se razbacivaju po polju kukuruza (jedna kapsula sadrži 500 osica). Na usjevima kukuruza nema folijarne primjene kemijskih insekticida i s time nema opasnosti od uništenja osica (Maceljski, 2002.). Kutuk je 2017. godine proveo istraživanja koja se odnose na identifikaciju i prirodni parazitizam od vrste *Trichogramma* na kukuruznom moljcu. Uzorci *trichogramma* prikupljeni s polja kukuruza u Turskoj identificirani su kao *T. brassicae* na temelju morfoloških i molekularnih karakteristika. Kao rezultat ove studije, prirodna pojava parazitoida *T. brassicae* i dalje je važna u uspješnom suzbijanju populacije kukuruznog moljca u Turskoj. Ova vrsta ose se dobro prilagođava kukuruznim poljima. Razlozi visoke učestalosti parazitizma od strane *T. brassicae* su prezimljavanje i alternativni domaćini od *T. brassicae* dostupni prije kolovoza. Gagnon i sur. (2016.) obavili su istraživanje na kukuruzu gdje su ispitali može li upotreba *Trichogramma ostriniae* u kontroli kukuruznog moljca biti ekonomski održiva za proizvodnju kukuruza šećerca. Cilj ovog istraživanja bio je procijeniti ekonomski i ekološki održivu alternativu insekticidima za suzbijanje populacija kukuruznog moljca u preradi kukuruza šećerca. Ovo istraživanje pokazalo je da primjena *T. ostriniae* može značajno smanjiti pritisak europskog kukuruznog moljca i njegovu štetu na klas. Ovaj je ishod posebno zanimljiv s obzirom da je to postignuto nižim dozama *Trichogramma*, manjim brojem oslobađanja i na velikim usjevnim površinama, u usporedbi s onim što je zapravo učinjeno za zaštitu svježeg tržišnog kukuruza od europskog kukuruznog moljca. Sarajlić i suradnici 2014. pratili su visinu prirodnu populaciju osica iz roda *Trichogramma* na jajima kukuruznoga moljca u poljskim uvjetima. Poljoprivredna praksa nije značajno utjecala na parazitaciju jajašaca osicom *Trichogramma*. Korelacija između parametara oštećenja od

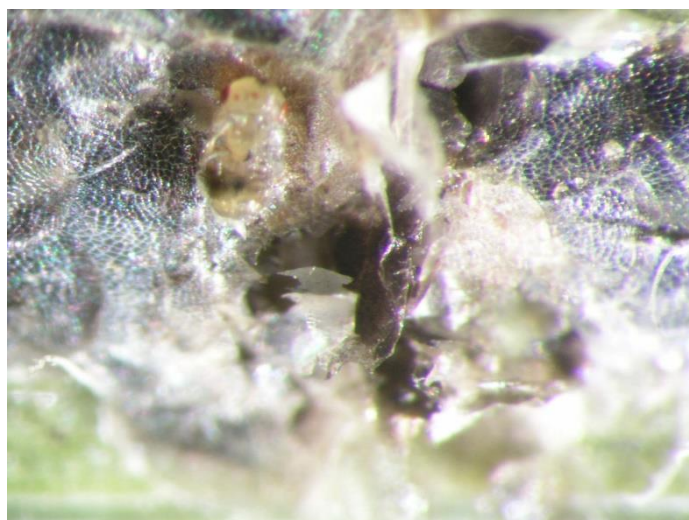
kukuruznoga moljca i prazatiranih jaja *Trichogrammom* bila je slaba do umjerena te nije bila značajna. Parazitacija jajašaca kukuruznoga moljca osicom *Trichogramma* u prirodnim uvjetima nije značajno utjecala na oštećenja kukuruza od kukuruznoga moljca zbog malobrojnosti.



Slika 12. Osice iz roda *Trichogramma* u polju na jajima kukuruznog moljca  
(foto: Sarajlić, A. 2013.)



Slika 13. Parazitirana jaja kukuruznog moljca osicama roda *Trichogramma*  
(foto: Sarajlić, A. 2013.)



Slika 14. Ličinka osice *Trichogramma* u jajima kukuruznog moljca  
(foto: Sarajlić, A. 2013.)

Biotehničke metode predstavljaju potencijalne mjere zaštite od moljca. Suzbijanje ovog štetnika primjenjuje se metodama zbunjivanja ili metoda privuci i ubij pomoću feromona i drugih atraktanata. Koutroumpa i sur. (2016.) objasnili su komunikacijski sustav spolnih feromona moljaca. Ženke emitiraju mješavinu hlapljivih komponenti koje mužjaci detektiraju na daljinu. Vrste se razlikuju u sastavu ženskih feromona i odgovor mužjaka izravno pojačava reproduktivnu izolaciju u prirodi, jer čak i male varijacije u mješavini feromona specifičnog za vrstu obično odbija mužjaka. Istražuju se genetski mehanizmi koji omogućuju promjenu u odgovoru mužjaka. Ovaj nalaz implicira da su razlike u razvoju neuronskih puteva koji prenose informacije iz antena, ne razlikuju u detekciji feromona od strane mirisnih receptora koji su prvenstveno odgovorni za razlike u ponašanju među mužjacima u ovom sustavu. Usporedba s drugim vrstama moljaca otkriva dosad neistražen mehanizam kojim se muški feromonski odgovor može promijeniti u evoluciji.

Kemijsko suzbijanje predstavlja kurativnu mjeru no može biti i preventivna zaštita od moljca. Preventivnom mjerom smatra se uporaba sistemskih inekticida za vrijeme sjetve. Sistemski insekticidi intoksiciraju biljke i za vrijeme napada gusjenica prve generacije uzrokuju njihovu povećanu smrtnost. Kurativno suzbijanje čini primjena granuliranih insekticida i formulacija za prskanje u trenutku utvrđivanja početka izlaska gusjenica iz jaja. Da bi se primjenili granulirani inekticidi nije potrebno precizno određivanje no ne smije se zakasniti. Formulacije za prskanje je potrebno koristiti u točno određenom vremenu (izlazak gusjenica iz jaja). Formulacije za

prskanje se primjenjuju kako bi se uništile gusjenice i leptiri. Treba obratiti pažnju na pravovremenu primjenu jer ako se urani ili zakasni s primjenom, učinkovitost suzbijanja će biti manja. Kemijska primjena insekticida ostavlja veliki broj negativnih posljedica jer se radi o jako proširenoj kulturi. Neselektivni insekticidi prskanjem uzrokuju smrtnost velikog broja prirodnih neprijatelja. Alam i sur. (2019.) proveli su eksperimente na kukuruзу vezane za isektidno suzbijanje kukuruznog moljca i kukuruzne uši. Eksperimenti su provedeni kako bi se ocijenilo učinkovitost dvanaest insekticida za suzbijanje kukuruznog moljca i kukuruzne uši. Prema rezultatima bi se moglo preporučiti da je daljnji trag ovog rada u različitim dozama i efektima toksičnosti na ljude, tlo i okoliš te je potrebno nastaviti istraživanje za farmere.

### **2.3 Obrada tla u uzgoju kukuruza**

Zaštita bilja obuhvaća niz kompleksnih integriranih mjera (Ivezić, 2008.). Da bi zaštitili biljku od kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis*) potrebno je pravilno provoditi obradu tla. U organskoj proizvodnji, uporaba sintetskih insekticida i transgenih sorti je zabranjena. Zbog navedenog proizvođači se fokusiraju na obradu tla, plodored i biološku kontrolu u borbi protiv štetnika. Regan i sur. (2020.) mjerili su štetu na ekološki uzgojenom kukuruзу od kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis*), kukuruzne sovice (*Helicoverpa zea*), jesenske sovice (*Spodoptera frugiperda* Smith) i puževa (Gastropoda: *Mollusca*), rano i kasno u vegetacijskoj sezoni u četiri sustava usjeva koji su se razlikovali po učestalosti i intenzitetu obrade tla, a zimi pokrovnim vrstama usjeva. Uključene su posebne taktike upravljanja s dvije mješavine pokrovnih usjeva koje prethode kukuruзу, upotreba „Roller-crimper“ valjka ili oranja, te uspostavljanje međuzasijanih pokrovnih usjeva nakon nicanja kukuruza. Prevalencija oštećenja u ranoj sezoni bila je visoka, ali ozbiljnost oštećenja bila je vrlo niska i nije povezana s prinosom kukuruza. Udio kukuruza zahvaćen štetočinama u ranoj sezoni bio je niži na parcelama na kojima se obavljalo oranje u usporedbi s „Roller-crimper“ valjkom. Sustav uzgoja nije utjecao na brojnost kasnosezonskih štetnika gusjenica niti na prinos kukuruza. Predatorstvo prirodnih neprijatelja bilo je efektivno protiv grižućih štetnika ispod razine koja smanjuje prinos. Ovi rezultati podupiru uključivanje ozimih i međuzasijanih pokrovnih usjeva u ekološke agronomske plodorede kako bi se postigla korist za okoliš bez povećanja rizika od oštećenja od štetnika. Osnovna obrada tla u uzgoju kukuruza obuhvaća određeni broj radnih operacija koji ovisi o predusjevima i tipovima tala. Na proizvodnim područjima istočne Hrvatske najčešći su predusjevi strne žitarice ili uljana repica. Nakon žetve obavlja se prašenje strništa, unošenje žetvenih ostataka i prekid kapilariteta kako bi se spriječio ili umanjio gubitak vode iz tla. Ovim

se radnim operacijama u tlo unosi i sjeme korova što uzrokuje njihovo nicanje, a daljnjom obradom tla korovi se uništavaju.

Kod kasnijih predusjeva, prvi zahvat obrade tla je najčešće duboko oranje. Prije oranja potrebno je usitnjavanje i ravnomjerno razastiranje žetvenih ostataka kako bi se kvalitetnije unijeli u tlo te da bi se olakšala obrada tla. Oranje se obično obavlja na dubinu od 25-30-35 cm, ovisno o agroekološkim uvjetima uzgojnog područja. Osim kvalitetno provedenog oranja, pravilna gnojidba također ima pozitivan utjecaj na prinos kukuruza. Osnovna obrada tla najčešće obavlja se u jesen, ali se može obavljati i u proljeće ovisno o predusjevu, nagibu terena te svojstvima i vlažnosti tla. Teška i glinasta tla za oranje su najpogodnija u kasno ljeto ili ranu jesen jer su tada u optimalnom stanju vlažnosti. Što se tiče laganih pjeskovitih tala, osnovna obrada se uobičajeno obavlja u proljeće zbog zbijenosti uzrokovane zimskim oborinama. Tlo do dubine oranja treba biti dovoljno prosušeno ako se oranje obavlja u proljeće. Nakon oranja, predstjetvena priprema tla obavlja se odmah jer kasnije može biti otežana zbog veće isušenosti tla. Ljetno – jesensko oranje ne smije se provoditi na nagnutim terenima zbog opasnosti od erozije izazvane oborinama u razdoblju do sjetve te zbog veće podložnosti odnošenja tla uslijed veće količine oborina na pooranim površinama u odnosu na nepoorane. Također, površine potencijalno izložene zimskim poplavama treba orati u proljeće (Pospišil i sur., 2013.).

Tanjuranje i drljanje kao mjere dopunske obrade tla obavljaju se u proljeće. Predstjetvena obrada tla se može obaviti sjetvospremačem, a u uvjetima povoljnog stanja vlažnosti tla u jednom ili dva prohoda.

Za vrijeme vegetacije, uobičajeno se provode jedna ili dvije kultivacije. Istovremeno se obavlja i prihrana dušikom (Slika 15.). Prva kultivacija se provodi kada je biljka u fazi 4 – 5 listova, a druga u fazi 8 – 12 listova. Izvođenjem kultivacije treba obratiti pažnju na razvijenost korijenovog sustava kako ne bi došlo do njegovog oštećivanja. U prvoj kultivaciji, zaštitna zona iznosi 15 – 20 cm (7,5 – 10 cm udaljenost između lijevog i desnog reda). U drugoj kultivaciji zaštitna zona je 25 – 30 cm (Pospišil i sur., 2013.).



Slika 15. Aplikacija gnojiva uz biljku

(Izvor: <https://www.agroklub.com/ratarstvo/meduredna-kultivacija-i-prihrana-kukuruza-pazite-na-korijen-gnojivo-ne-bacajte-omaske/68364/>)

Na području istočne Hrvatske, najčešće se primjenjuju klasični sustavi obrade tla u proizvodnji kukuruza. Radi se o konvencionalnoj obradi tla koja uključuje oranje kao neophodan zahvat u osnovnoj obradi tla, zatim slijedi tanjuranje i obrada tla sjetvospremačima. Konvencionalna obrada tla ima svoje prednosti i nedostatke u smislu fizikalnog, kemijskog i biološkog kompleksa tla (Jug i sur., 2006.). Reducirana i konzervacijska obrada tla predstavljaju suvremene sustave obrade koji se sve češće primjenjuju kao zamjena za konvencionalni sustav s oranjem. Ovi sustavi podrazumijevaju obavezno izostavljanje oranja (kao iznimno degradirajućeg i skupog zahvata), a u ovisnosti o intenzitetu reduciranja, na površini tla ostaje manja ili veća količina biljnih/žetvenih ostataka. Reducirana obrada tla ima svoje prednosti u smislu ekonomskog, energetskog, organizacijskog i ekološko-uzgojnog stajališta (Jug i sur., 2006.). Glavne prednosti u reduciranoj obradi tla u usporedbi s oranjem su smanjeni utrošak energije (70%), manja zbijenost (gaženje) tla i sporija razgradnja organske tvari (i humusa kao njenog sastavnog dijela) čime se održava dobra i kvalitetna struktura tla i sprječava naglo trošenje hraniva u tlu. Također, reduciranom obradom tla smanjuje se opasnost od erozije vodom i vjetrom. Što se tiče opskrbljenosti tla vodom, reducirani sustavi obrade tla imaju veću sposobnost skladištenja vode (oborina). Za uzgoj u reduciranom sustavu obrade tla pogodne su sve ratarske kulture te se reducirana obrada može prakticirati u uzgoju okopavina poput kukuruza. Reducirani sustavi obrade tla također imaju i svoje nedostatke. Kukuruz za proizvodnju suhog zrna ostavlja veliku količinu žetvenih ostataka na proizvodnoj površini i često puta nije pogodna pretkultura za pšenicu kod reducirane obrade (zbog nedostatka kvalitetnih sijačica). U sustavima reducirane obrade postoji puno veća opasnost od napada



bolesti, štetnika i korova. Nadalje, zbog velike količine žetvenih ostataka na površini tlo se teže zagrijava u proljeće, što uzrokuje kasniju sjetvu ranih i kasnih jarina. Za pravilno prakticiranje reduciranih sustava obrade tla potrebne su specijalne sijačice koje obavljaju kvalitetnu sjetvu i u tlo koje je slabo pripremljeno, neobrađeno i na kojem su prisutni žetveni ostaci pretkulture. Reducirane sustave obrade tla moguće je primjenjivati na svim tipovima tala. Černozem je po klasifikaciji najkvalitetnije tlo koje karakterizira visoka plodnost s vrlo povoljnim fizikalnim, kemijskim i biološkim svojstvima. S obzirom na povoljna svojstva černozema, sustavi reducirane obrade tla trebali bi imati najveće šanse za uzgoj, u prvom redu ozime pšenice, ali i drugih ratarskih kultura (Jug i sur., 2006.) U Posavini prevladavaju teška glinasta tla, a u središnjem kontinentalnom dijelu Hrvatske teška pseudoglejna tla koja nisu dobra za sustave reducirane obrade tla. Pseudoglej je tip tla koji spada u klasu ograničeno pogodnih tala za intenzivnu proizvodnju zbog svojih fizikalnih, kemijskih i bioloških svojstava. Bez obzira na loša svojstva prirodnih pseudogleja, 55 % ih se koristi u sustavima biljne proizvodnje (Husnjak, 2014.). Ova tla karakterizira kisela reakcija i loši vodno zračni odnosi. Reducirana obrada tla poznata je na području istočne Hrvatske, ali se primjenjuje nedovoljno i na manjim proizvodnim površinama. Glavni razlozi slabe primjene reduciranih sustava obrade tla su tehničko-tehnološki uvjeti, održavanje tradicije i niska razina potrebnog znanja. Prema „Faostat“ podacima iz 2016. godine, u Hrvatskoj je oko 1000 ha površina pod konzervacijskom obradom tla (uzimajući u obzir samo izravnu sjetvu).

## **2.4 Gnojidba kukuruza**

U uzgoju kukuruza, osim obrade tla, potrebno je poznavati niz okolišnih čimbenika kako bi smanjili stupanj zaraženosti od kukuruznog moljca te ostalih štetnika koji su prisutni na proizvodnoj površini uzgajane kulture. Jedan od tih okolišnih čimbenika je sadržaj hraniva u tlu. Sarajlić i suradnici (2015.) proveli su istraživanje na kukuruzu. Cilj istraživanja bio je utvrditi povezanost ishrane kukuruznoga moljca sa sadržajem dušika u listu. Rezultati istraživanja pokazuju da se podizanjem razine dušične gnojidbe zaraza povećava. Rezultati ukazuju da pravilna poljoprivredna praksa i primjena gnojidbe može značajno utjecati na osjetljivost kukuruza na kukuruznoga moljca (Sarajlić i sur., 2015.).

Za visok prinos i kakvoću konačnog proizvoda kukuruza važna je pravilna gnojidba te opskrbljenost tla mineralnim gnojivima. Gnojidba ovisi o čimbenicima okoliša kao što su tlo i klimatski čimbenici te zahtjevima kukuruza. Za određivanje optimalnih uvjeta za uzgoj kukuruza potrebna je kemijska analiza tla (humus, pH, P2 O5, K2 O, Zn, Mg). Na temelju količine oborina i tipa tla, gnojidba se provodi u osnovnoj obradi tla, predsjetvenoj obradi tla i u vegetaciji kukuruza (Stojić, 2009.).

Sadržaj mineralne ishrane predstavlja bitan čimbenik za normalnu fiziološku aktivnost biljke u svim njezinim fazama rasta i razvoja (Pospišil i sur., 2013.). Da bi biljke mogle usvojiti hraniva, ona trebaju biti u tlu u pristupačnom obliku. Za usvajanje hraniva iz tla, potrebno je zadovoljiti brojne čimbenike. U krajevima s većom količinom oborina na laganim pjeskovitim tlima postoji opasnost od ispiranja hraniva u dublje sloje i podzemne vode te je potreban drugačiji raspored gnojidbe. U sušnim područjima, tijekom rasta i razvoja dolazi do prestanka usvajanja hraniva iz tla jer biljke hraniva mogu usvajati samo iz otopine tla (Stojić, 2009.). Na intenzitet usvajanja biljnih hraniva u tlu utječu njegova kemijska svojstva (prvenstveno pH vrijednost tla).

Dušik koji je u tlu vezan u organskoj tvari, kukuruзу postaje dostupan za korištenje nakon razgradnje djelovanjem mikroorganizmima u tlu. Pogodno vrijeme za rad mikroorganizama je kasno proljeće i rana jesen pri optimalnim temperaturama i vlazi, tada se oslobađa najviše dušika. Dušik koji je oslobođen između svibnja i lipnja, pristupačan je kukuruзу, no dušik oslobođen tijekom rujna i listopada ostaje neiskorišten zbog kraja vegetacije. Kukuruz najviše usvaja nitratni oblik dušika koji se ispire tijekom godina s puno oborina. Kukuruz najviše usvaja dušik u početku formiranja zrna (10 - 15 dana nakon oplodnje). U punoj zrelosti, zrno sadrži 2/3 ukupnog dušika u biljci (Pospišil i sur., 2013.).

Fosfor u tlu, prisutan je u organskoj tvari i raznim mineralima iz kojih nije pristupačan za kukuruz. Nakon razgradnje organske tvari te raspadanjem minerala, manji dio fosfora prelazi u pristupačan oblik iskoristiv za biljku. Fosfor je slabo vertikalno pokretan u tlu (2 – 3 cm godišnje) i ne ispire se za razliku od dušika. Apsorpcija fosfora najintenzivnija je tijekom intenzivne akumulacije suhe tvari. U zrnu se najviše akumulira fosfora, dok se najmanje akumulira u komušini i oklasku (Pospišil i sur., 2013.).

Kalij je kukuruзу potreban u vegetativnoj fazi porasta a najveće su potrebe za kalijem u metličanju i oplodnji. Između metličanja i oplodnje biljka iskoristi 70 % kalija od ukupne potrebne količine. Potrebe za kalijem se smanjuju od formiranja zrna do zriobe. Kalij prisutan u tlu najviše je vezan u mineralima i predstavlja nepristupačan oblik za kukuruz. Vezani kalij se može brže ili sporije oslobađati u pristupačan oblik te se nalazi u otopini i na sitnim česticama



tla. Kao i fosfor, kalij je slabo pokretan u tlu te se slabo ispire vodom (Pospišil i sur., 2013.). Sumpor je kukuruzu najviše potreban u fazi metličanja (svilanja). Na proizvodnim površinama u Hrvatskoj, tlo je dovoljno opskrbljeno ovim elementom te se primjenom kompleksnih NPK gnojiva u tlo unosi i sumpor (Pospišil i sur., 2013.).

Između kalcija i magnezija postoje brojni antagonizmi. Unošenje prevelike količine kalcija u tlu uzrokuje smanjeno usvajanje magnezija, kalija i bora. Također, antagonizmi između magnezija i kalija te između magnezija i amonijevog iona uzrokuju slabije usvajanje magnezija. Do ove posljedice dolazi uslijed prevelike primjene kalijevih gnojiva (Pospišil i sur., 2013.).

Cink je najznačajniji mikroelement te ima najveći utjecaj na porast biljke u uzgoju kukuruza. Tla koja sadrže nedovoljno pristupačnog cinka je potrebno gnojiti cinkovim sulfatom (20 kg/ha) ili NPK gnojivima koja u sebi sadrže cink.

U uzgoju kukuruza, postoji više razloga nedovoljne količine hraniva u tlu. Neka tla zahtjevaju posebne uvjete, dok je na drugim tlima problem nedovoljan unos hraniva. Nedostatak pojedinih hraniva pokazuje na kukuruzu različite simptome koji ukazuju na njihov nedostatak. U slučaju nedostatka dušika, listovi kukuruza u početku budu blijedozeleni, a kasnije i požute te biljka zaostaje u razvoju. Ako kukuruz nije dovoljno opskrbljen fosforom, na stabljici se javlja ljubičasto crvena boja. Potpunim razvojem stabljike, ljubičasto crvena boja će se javiti i na starijim listovima koji kasnije odumiru te biljka zaostaje u razvoju. Kukuruz je slabije otporan na niže temperature te pojavu mraza u slučaju nedostatka kalija. Također, postoji veća opasnost od sušenja tijekom ljeta i zaraze gljivičnim bolestima. Stariji listovi se suše po rubovima i dolazi do odumiranja cijelih listova. Nedostatkom kalija smanjena je i kvaliteta zrna (Stojić, 2009.).

Osnovna gnojidba obavlja se u jesen ili proljeće ovisno o tipu tla na kojem se sije kukuruz te vremenskim prilikama. U osnovnoj gnojidbi, gnojiva se unose u tlo oranjem (Stojić, 2009.). Da bi sva hraniva bila podmirena, prije osnovne obrade tla primjenjuju se kompleksna mineralna gnojiva NPK 7:20:30, NPK 8:26:26, a na tlima siromašnim fosforom potrebno je pognojiti sa NPK 10:30:20. Osim navedenih gnojiva, također se primjenjuje i urea (46 % N). Kukuruzu odgovara gnojidba zrelim stajskim gnojem koji se primjenjuje prije oranja u količini 20 – 40 t/ha (Pospišil i sur., 2013.)

Što se tiče predsjetvene i startne gnojidbe, može se obaviti jedna od navedenih. Starter gnojivo je učinkovit način poticanja ranog rasta i poboljšanja prinosa kukuruz (Niehues i sur., 2004.; Danforth 2009.). Gnojivo se unosi u tlo tanjuranjem prije sjetve ili deponatorom za gnojivo u samoj sjetvi. U ovoj gnojidbi podjednak je odnos biljnih hraniva u sjetvenom sloju da bi se potaknulo bolje klijanje, nicanje i početni rast biljke (NPK 15:15:15). U slučaju unesene ukupne

količine fosfora i kalija u osnovnoj gnojdbi, predstetveno se primjenjuje jedno od dušičnih gnojiva (urea 46 % N ili UAN otopina 30 % N). UAN otopina primjenjuje se zajedno s herbicidima prije sjetve ili odmah (2-3 dana) nakon sjetve prije nicanja kukuruza (Stojić, 2009.). Prihrana kukuruza na lakšim i propusnim tlima i u krajevima s puno oborina se obavlja tijekom vegetacije. Prihrana se primjenjuje na taj način da se izbjegne kišno razdoblje i minimalizira gubitak N posebno u vlažnim godinama (Scharf et al., 2002.; Danforth 2009.). Međutim, odgađanje prihrane N može dovesti do nepovratnog gubitka prinosa (Subedi and Ma, 2005.; Danforth 2009. ). Na temelju stanja i izgleda kukuruza, može se obaviti jedna ili dvije prihrane. Cilj prihrane je obaviti korekciju nedovoljne količine dušika jer dušik predstavlja najpokretljivije hranivo i najlakše se gubi. Prva prihrana provodi se u fazi 3 – 5 listova (Stojić, 2009.). Prihrana se najčešće obavlja sa KAN-om (27 % N). Druga prihrana provodi se u fazi 8 – 12 listova (Pospišil i sur., 2013.). Gnojivo se tijekom vegetacije unosi u tlo kultivacijom.

## 2.5 Kalcizacija

Kalcizacija (Slika 16.) je agrotehnička mjera kojom se u tlo apliciraju tvari koje sadrže Ca i/ili Mg, što dovodi do neutralizacije i postizanja ciljne pH vrijednosti (Lončarić i sur., 2015.). Potreba za kalcizacijom zahtjeva određenu količinu vapnenca ili nekog drugog alkalnog materijala kako bi se neutralizirala kiselost tla od trenutne kiselosti do određene ciljne pH vrijednosti. Sredstva za upotrebu kalcizacije sadrže Ca i/ili Mg koji neutraliziraju suvišnu kiselost. Kalcizacijske materijale čine kalcijevi i/ili magnezijevi 4 karbonati, oksidi, hidroksidi i silikati. U svijetu za kalcizaciju tla se koriste različiti vapneni materijali te industrijski nusproizvodi i otpadne tvari. Kalcizacijom tla postiže se bolja raspoloživost hraniva, smanjenje pH vrijednosti, povećana raspoloživost Ca i Mg, smanjeni gubici N denitrifikacijom i opasnost gubitka B ispiranjem i smanjena opasnost od kemijske fiksacije P. Potreba kalcizacije se određuje na temelju različitih kemijskih svojstava tla, jer sama pH vrijednost nije dovoljna za utvrđivanje stvarno suvišne kiselosti tla. Pri određivanju suvišne kiselosti tla i potrebne kalcizacije gleda se hidrolitička kiselost, adsorpcijski kompleks i kationski izmjenjivački kapacitet tla, humoznost, mehanički sastav tla, volumna gustoća tla i pH vrijednost ( $pH_{H_2O}$ ,  $pH_{CaCl_2}$ ,  $pH_{KCl}$ ). (Lončarić i sur., 2015.). Kalcizacijom tla dolazi do promjene bioloških svojstava tla, povećava se intenzitet mikrobioloških procesa te dolazi do intenzivne razgradnje organske tvari tla i gubitka humusa u tlu. Prema tome postoji mogućnost za povećanje rate ukupne potencijalne mineralizacije organske tvari tla pod utjecajem kalcizacije za 1,5 – 2 puta. Primjer, kalcizacija koja je dvije godine nakon primjene uzrokovala pad sadržaja humusa u tlu prosječno od 0,01 % humusa za svaku t/ha  $CaCO_3$  (Karalić, 2009.). Uz kalcizaciju potrebno je provoditi organsku gnojidbu tla kako nebi došlo do smanjenja sadržaja humusa u tlu. Organska gnojidba povećava sadržaj organske tvari u tlu i takvim djelovanjem smanjuje negativan učinak kalcizacije (Lončarić i sur., 2015.).

Kalcizaciju treba primjeniti tako da se sredstvo aplicira ravnomjerno po površini tla. Tijekom aplikacije sredstvo je potrebno u potpunosti izmiješati do dubine tla za koju je analizom utvrđena kiselost. Kako bi se sredstvo što bolje izmiješalo s tlom, aplikaciju je potrebno obaviti u više navrata. Za najbolju primjenu sredstva za kalcizaciju potrebno je zaoravanje jednog dijela u osnovnoj obradi tla (25 – 30 cm). Drugi dio unosi se pliće u predsjetvenoj pripremi tla na dubini oko 10 cm.

Kovačević i suradnici (2010.) istraživali su utjecaj kalcizacije s dolomitom na prinose zrna kukuruza i ječma. Primjenom kalcizacije povećan je prinos zrna te je povećana koncentracija P, Ca, Mg i Mo u listu kukuruza. Također, smanjen je visoki sadržaj Mn do normalne vrijednosti.



Slika 16. Kalcizacija tla

(Izvor: <https://gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-rubrike/zimska-kalcizacija/>)

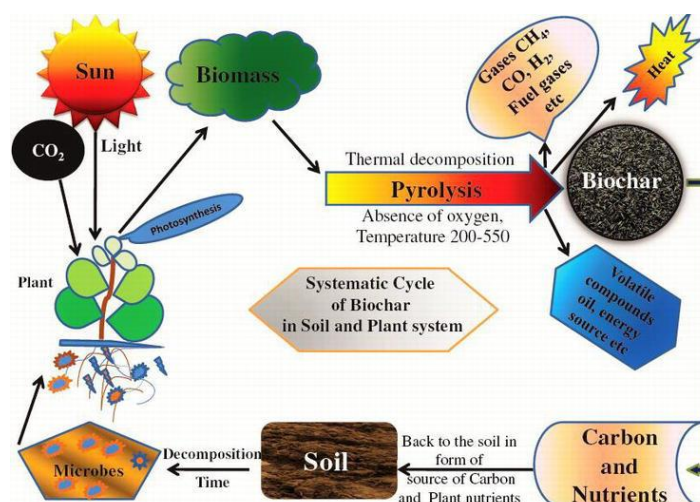
## 2.6 Primjena biougljena

Biougljen se dobiva grijanjem biomase te nakon obrade sadrži 65 – 95 % ugljika. Biougljen kao kondicioner ima pozitivan učinak na povećanje kvalitet i plodnosti tla u smislu da povećava pH vrijednost kiselih tala, kapacitet tla za vodu, sadržaj humusa u tlu, ima pozitivno djelovanje na populacije korisnih mikroorganizama i gljiva, poboljšava kationsko izmjenjivački kapacitet tla (KIK) i zadržava hranjive tvari u zoni korijena. Također, primjenom biougljena u tlu se vrši sekvestracija ugljika zbog velike otpornosti biougljena na mikrobiološku razgradnju i mineralizaciju te se u tlu zadržava i do tisuću godina (Đurđević i sur., 2017.)

Na našim proizvodnim površinama prevladava konvencionalni sustav obrade tla te se inkorporacija biougljena može obaviti zaoravanjem. Površinska aplikacija biougljena i njegova inkorporacija obavlja se pri redovnim agrotehničkim mjerama. U slučaju potrebe dodatne kalcizacije tla, ove dvije agrotehničke mjere popravka tla mogu se obaviti istovremeno. Biougljen nije kemijski „agresivan“ materijal i ne reagira „burno“ u tlu za razliku od materijala za kalcizaciju te se može inkorporirati istovremeno s bilo kojim agrotehničkom mjerom, u bilo

koje vrijeme i na bilo koji način. Prema tome biougljen se može inkorporirati istovremeno s primjenom organskih gnojiva, mineralnih gnojiva, sideracijom, prašenjem strništa, osnovnom i dopunskom obradom (Đurđević i sur., 2017.).

Na području Republike Hrvatske često se javljaju čimbenici koji ograničavaju biljnu proizvodnju (niska pH vrijednost tla, loši vodnozračni uvjeti, nizak sadržaj humusa i niske koncentracije hraniva u tlu). Na temelju toga od velike je važnosti istraživanje utjecaja biougljena na tlima niske plodnosti kako bi se postigla optimalna visina uroda i bolja ekonomičnost održive biljne proizvodnje (Đurđević i sur., 2017.)



Slika 17. Sistemski potencijalni mehanizam biougljena u tlu i biljnom sustavu

(Izvor: <https://www.intechopen.com/chapters/72668>)

Kim i suradnici (2016.) proveli su istraživanje vezano za upotrebu biougljena za smanjenje ispiranja dušika i kalija iz tla na kojem se uzgaja kukuruz. Rezultati istraživanja pokazali su učinkovitost biougljena. Dana 1-30, primjenom biougljena smanjeno je ispiranje nitrata i kalija. Najniže ispiranje nitrata postignuto je primjenom drvnog biougljena dok je primjenom biougljena na bazi kokosove ljuske rezultirao najvećim ispiranjem kalija. Primjenom biougljena na bazi rižine ljuske rezultirao je najboljim rastom kukuruza.

### 3. MATERIJAL I METODE RADA

Pokus je postavljen u jesen 2020. godine na pokusnoj parceli u Čačincima u istočnoj Hrvatskoj na tipu tla Stagnosol. Ovo pokusno mjesto uspostavljeno je kao jedno od dvije lokacije koje su uključene u projekt „Procjena konzervacijske obrade tla kao napredne metode uzgoja usjeva i prevencije degradacije tla - ACTIVEsoil“, financiran od strane Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ).

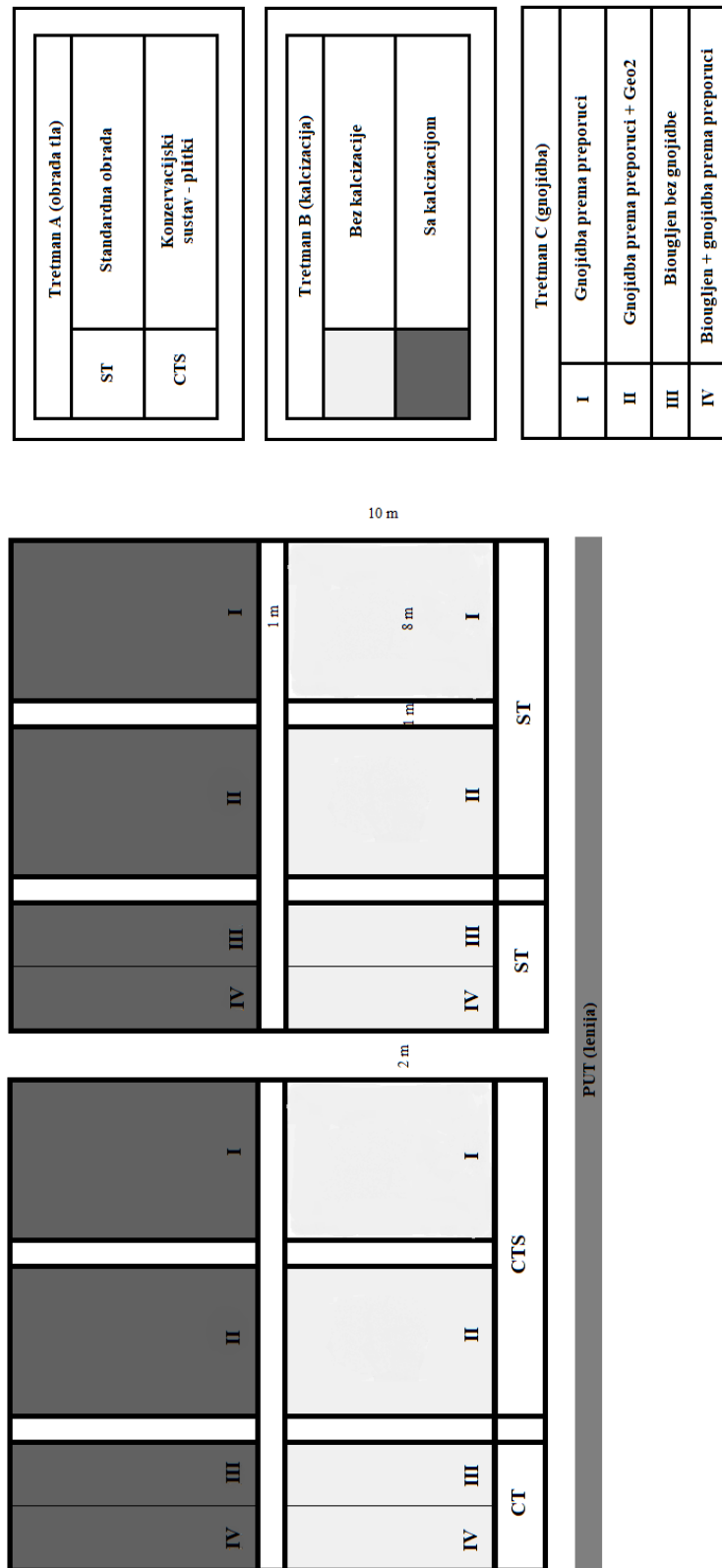
Pokusno mjesto smješteno je u nizinskom području s nagibom od 1 % i pripada najproduktivnijoj regiji Hrvatske. Godišnja količina oborina i temperatura u 35-godišnjem prosjeku (650 mm i 11,0 °C) varira od 320 do 1240 mm i 9,4 - 12,9 °C. Vremenske i prostorne promjene glavnog klimatskog elementa slijede, u većini slučajeva, sljedeće sheme; temperature rastu od zapada prema istoku, te od sjeverozapada prema sjeveroistoku, dok se oborine odvijaju obrnutim slijedom (izvor Meteorološko-hidrološki zavod Hrvatske -DHMZ). Pokusno mjesto pripada regiji koja je pod jakim utjecajem klimatskih i vremenskih uvjeta u Panonskom bazenu i peripanonskoj regiji.

U istraživanje su uključeni različiti tretmani obrade tla, kalcizacije i gnojidbe. Pokus je postavljen u tri ponavljanja. Tretmani (Slika 18.) pokusa su:

- tretman A (obrada tla): standardna obrada (ST) i konzervacijski sustav-plitki (CTS)
- tretman B (kalcizacija): s kalcizacijom i bez kalcizacije
- tretman C (gnojidba): gnojidba prema preporuci (I)
  - gnojidbu prema preporuci + Geo2 (II)
  - Biougljen (III)
  - Biougljen + gnojidba prema preporuci (IV)

Tijekom listopada 2021. godine (5. i 14.) napravljena je disekcija stabljike kukuruza gdje su očitana oštećenja na svim nadzemnim dijelovima biljke kukuruza koja su posljedica ishrane ličinki kukuruznog moljca. Tijekom disekcije zabilježeni su sljedeći parametri: dužina oštećenja stabljike (cm), broj gusjenica u stabljici, dužina oštećenja drške klipa kukuruza (cm), broj gusjenica u dršci klipa kukuruza te masa klipa za svaku biljku pojedinačno.

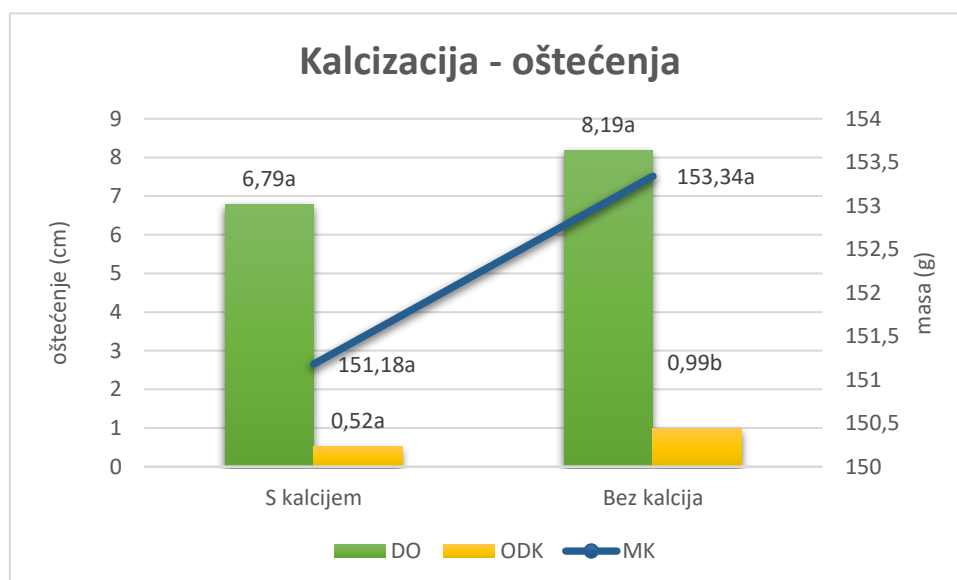
Dobiveni podatci su obrađeni u statističkom programu Statistica. Napravljena je jednosmjerna analiza varijance uz primjenu standardnih testova značajnosti (Post-hoc Fisherov test) na 0.5 statističke značajnosti.



Slika 18. Shema pokusa  
(foto: Horvatović, A., 2022.)

## 4. REZULTATI

Grafikon 1. prikazuje oštećenje od gusjenica na tretmanima s kalcizacijom u odnosu na masu klipa. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u dužini oštećenja između parcela s kalcijem i bez kalcija iako je dužina oštećenja bila veća za 17 % na parcelama bez kalcija. Statistički značajne razlike utvrđene su kod oštećenja drške klipa, na parcelama s kalcijem utvrđeno je 47% manje oštećenje u odnosu na parcele bez kalcija. Iako su oštećenja drške klipa kao i dužina oštećenja stabljike imali niže vrijednosti na parcelama s kalcijem, masa klipa je bila niža u odnosu na parcele bez kalcija iako nisu utvrđene statistički značajne razlike.

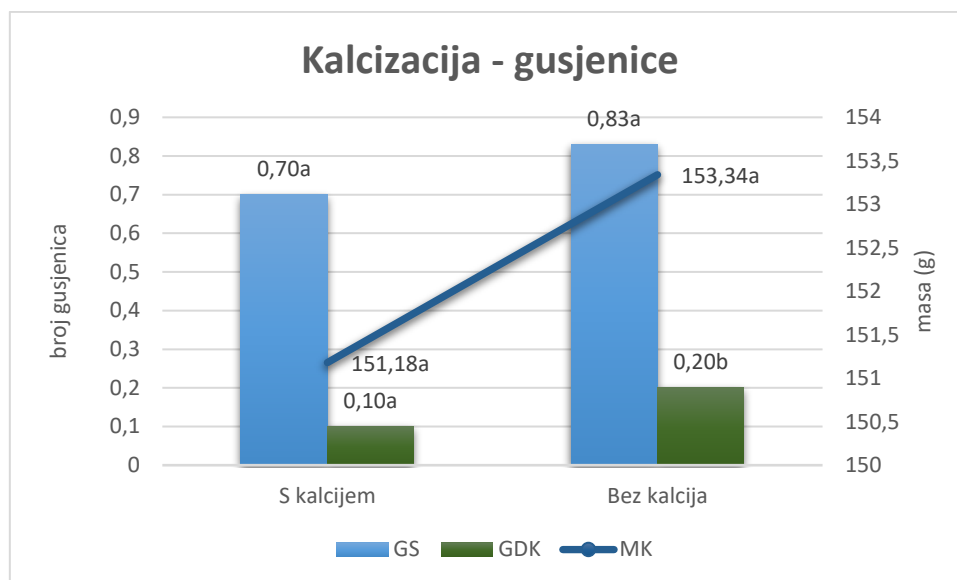


DO – dužina oštećenje stabljike, ODK – oštećenje drške klipa, MK – masa klipa

Grafikon 1. Oštećenje od gusjenica na tretmanima s kalcizacijom u odnosu na masu klipa

Grafikon 2. prikazuje broj gusjenica na tretmanima s kalcizacijom u odnosu na masu klipa. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u broju gusjenica u stabljici između parcela s kalcijem i bez kalcija iako je broj bio veći za 16 % na parcelama bez kalcija. Utvrđene su statistički značajne razlike u broju gusjenica u dršci klipa, broj gusjenica na parcelama s kalcijem bio je za 50% niži u odnosu na parcele bez kalcija. Unatoč tome što su oštećenja i broj gusjenica na parcela bez kalcija bili veći, masa klipa je također bila veća na navedenom tretmanu iako bez statističkih značajnih razlika (Grafikon 1.)

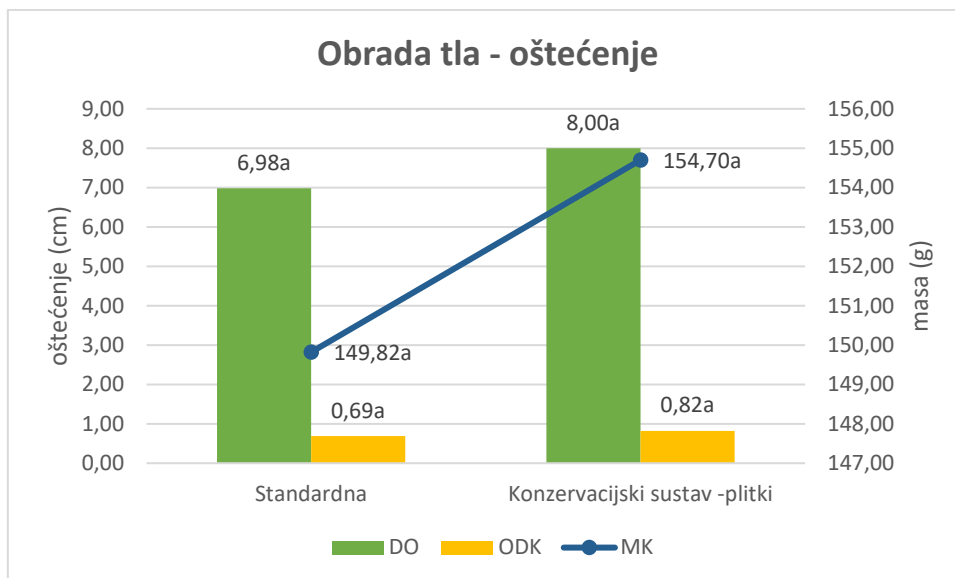




GS – gusjenice u stabljici, GDK – gusjenice u dršci klipa, MK – masa klipa

Grafikon 2. Broj gusjenica na tretmanima s kalcizacijom u odnosu na masu klipa

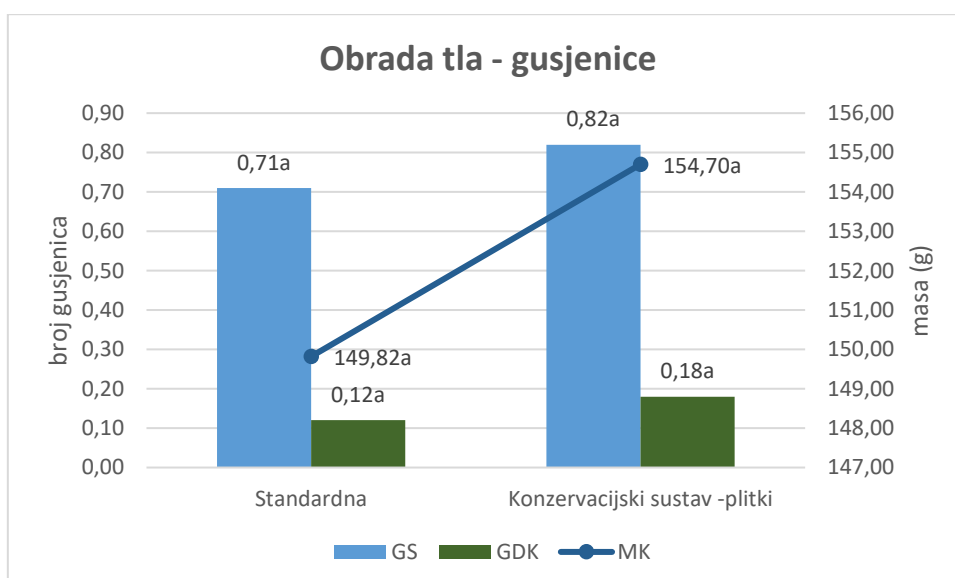
Grafikon 3. prikazuje oštećenje od gusjenica pod standardnom obradom tla i konzervacijskom sustavu – plitkom. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u dužini oštećenja stabljike i drške klipa između različitih tretmana obrade tla iako je dužina oštećenja stabljike bila veća za 12 % kod konzervacijskog sustava-plitkog u odnosu na standardnu obradu tla. Kod drške klipa također je oštećenje bilo veće kod konzervacijskog sustava plitkog u odnosu na standardnu gnojidbu za 15% no unatoč većim oštećenjima od kukuruznog moljca zabilježena je veća masa klipa na konzervacijskom sustavu plitkom u odnosu na standardnu gnojidbu za 4%.



DO – dužina oštećenje stabljike, ODK – oštećenje drške klipa, MK – masa klipa

Grafikon 3. Oštećenje od gusjenica na tretmanima obrade tla

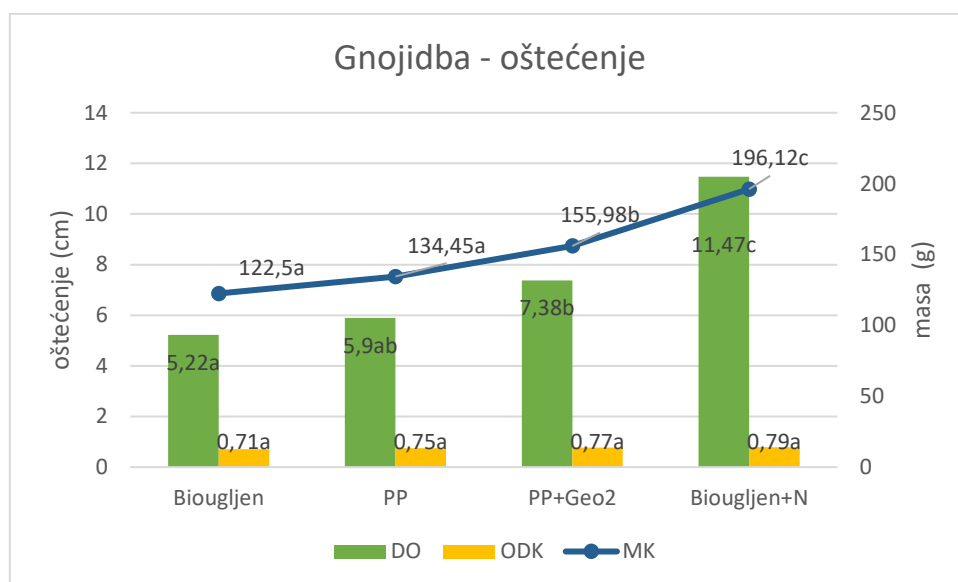
Grafikon 4. prikazuje broj gusjenica na standardnoj obradi tla i konzervacijskom sustavu – plitkom. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u broju gusjenica između standardne i konzervacijske obrade tla iako je u konzervacijskom sustavu broj gusjenica u stabljici bio veći za 13 %. Također nisu utvrđene značajne razlike u broju gusjenica u dršci klipa između navedenih parametara.



GS – gusjenice u stabljici, GDK – gusjenice u dršci klipa, MK – masa klipa

Grafikon 4. Brojnost gusjenica na tretmanima obrade tla

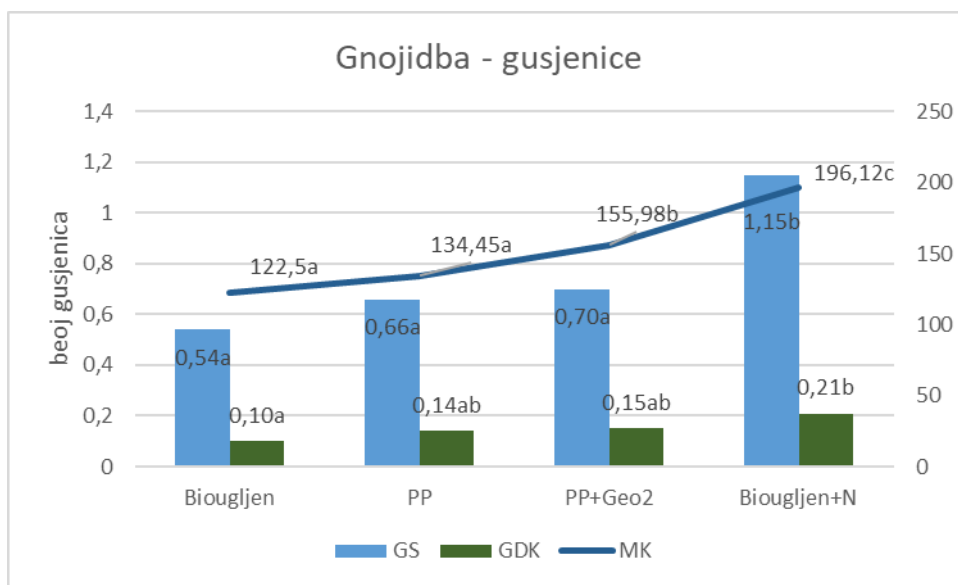
Grafikon 5. prikazuje oštećenje od gusjenica na tretmanima gnojidbe. Utvrđene su statistički značajne razlike u dužini oštećenja stabljike na tretmanima gnojidbe. Najveća oštećenja na stabljici zabilježena su na tretmanu gdje se dodavao biogljen uz gnojidbu prema preporuci (11,47) i statistički se značajno razlikovalo u odnosu na ostale tretmane gnojidbe. Najniže oštećenje zabilježeno je na tretmanu s biogljenom (5,22). Kod oštećenja drške klipa nisu utvrđene statistički značajne razlike između navedenih tretmana. Najveća masa klipa (196,12) zabilježena je na parcelama s biogljenom uz gnojidbu prema preporuci te se i statistički značajno razlikovala u odnosu na ostale tretmane gnojidbe dok je najniža masa klipa zabilježena na tretmanu s biogljenom (5,22). Nisu utvrđene statistički značajne razlike u oštećenju drške klipa.



DO – dužina oštećenje stabljike, ODK – oštećenje drške klipa, MK – masa klipa

Grafikon 5. Oštećenje od gusjenica na tretmanima gnojidbe

Grafikon 6. prikazuje broj gusjenica na tretmanima s gnojdbom. Utvrđene su statistički značajne razlike u broju gusjenica u stabljici između tretmana s biouglijenom i gnojdbom prema preporuci u odnosu na ostale tretmane gnojidbe. Primjenom biouglijena + N , broj gusjenica u stabljici bio je veći za 53 % u odnosu na primjenu samog biouglijena. Također su utvrđene značajne razlike u dršci klipa, na tretmanu biouglijena i gnojidbe prema preporuci zabilježen je najveći broj gusjenica (0,21) dok je na tretmanu s biouglijenom zabilježen najmanji broj gusjenica (0,10).



GS – gusjenice u stabljici, GDK – gusjenice u dršci klipa, MK – masa klipa

Grafikon 6. Broj gusjenica na tretmanima s gnojdbom

## 5. RASPRAVA

Na ispitivanim površinama u jesen 2021. godine zabilježena je dužina oštećenja stabljike, oštećenje drške klipa, masa klipa, gusjenice u stabljici i gusjenice u dršci klipa te je prema tim parametrima utvrđen utjecaj kalcizacije, obrade tla i gnojidbe na zarazu kukuruza kukuruznim moljcem.

Kalcizacija predstavlja agrotehničku mjeru kojom se u tlo apliciraju sredstva koja u sebi sadrže Ca i/ili Mg, što dovodi do neutralizacije i postizanja ciljne pH vrijednosti. Za kalcizaciju tla se koriste različiti vapneni materijali, industrijski nusproizvodi i otpadne tvari. Osim neutralizacije i postizanja ciljne pH vrijednosti, kalcizacija ima utjecaj i na intenzitet zaraze poljoprivrednih kultura od različitih štetnika. Prema dobivenim rezultatima nisu utvrđene statistički značajne razlike u dužini oštećenja stabljike kukuruza od gusjenica kukuruznog moljca između parcela s kalcijem i bez kalcija. Na parcelama s kalcijem utvrđeno je 47 % manje oštećenje drške klipa u odnosu na parcele bez kalcija. Također je i broj gusjenica u dršci klipa na parcelama s kalcijem bio 50 % niži u odnosu na parcele bez kalcija. Dobiveni rezultati ukazuju da je kalcizacija pogodna pri smanjenju šteta i broja gusjenica kukuruznog moljca te da se njezinom primjenom može postići manja osjetljivost kukuruza na kukuruznog moljca. Slična istraživanja provedena su od strane Hua i sur. (2015.) na citrusima gdje je upotreba nanočestica kalcijevog karbonata rezultirala boljom zaštitom kulture i kontrolom štetnika. U istraživanju utjecaja kalcizacije na *Sitona sp.* Jaworska i Gospodarek (2003.) utvrdili su također pozitivan utjecaj kalcizacije na smanjenje štetnika gdje je gubitak asimilacijske površine uslijed ishrane štetnika iznosio samo 2%, a postotak zaraze se kretao između 13 i 36%.

Različiti sustavi obrade tla također imaju utjecaj na intenzitet zaraženosti štetnika poljoprivrednih kultura. U ovom radu ispitivana su dva sustava obrade tla: konvencionalna i reducirana obrada tla. Prema dobivenim podacima nisu utvrđene statistički značajne razlike u dužini oštećenja stabljike i drške klipa između različitih tretmana obrade tla. Kod konzervacijskog sustava – plitkog, oštećenje drške klipa je bilo veće za 15 % u odnosu na standardnu obradu, no unatoč većim oštećenjima od kukuruznog moljca zabilježena je veća masa klipa na konzervacijskom sustavu plitkom u odnosu na standardnu gnojidbu za 4 %. Također nisu utvrđene statistički značajne razlike u broju gusjenica između standardne i konzervacijske obrade tla. Konzervacijska obrada tla u kombinaciji s plodoredom, pokrovnim usjevima, zadržavanjem žetvenih ostataka danas predstavlja široko prihvaćen sustav upravljanja tlom koji ima cilj povećati sadržaj organske tvari u tlu. Iako se dugo vremena

smatralo da ovakav način upravljanja poljoprivrednim zemljištem pogoduje povećanju štetnika novija istraživanja dokazuju upravo suprotno. U istraživanju Furlan i sur. (2021.) ispitivan je učinak konvencionalne obrade tla i sustav bez obrade (no-till) na dinamiku populacije žičnjaka (*Agriotes sp.*) tijekom šest godina. Intenzitet napada ocijenjen je svake godine na biljkama kukuruza u početnoj fazi rasta. Iako su utvrđene četiri vrste žičnjaka dominirala je vrsta *A. sordidus* (90%), međutim sve vrste su slično reagirale na postupke obrade tla. U navedenom istraživanju nisu utvrđene značajne razlike između različitih sustava obrade tla u populaciji odraslih i ličinki kao ni u visini oštećenja. Međutim u istraživanje Kumar i sur. (2022.) koji su proveli slična istraživanja dobili su različite rezultate, a odnose se na povećanje populacije štetnika primjenom konzervacijske obrade tla. Nakon pet godina istraživanja utvrđeno je značajno povećanje moljaca *Mythimna leucania* i *Mythimna separata* na pšenici, rižine štitaste uši *Brevennis rehi* i glodavaca *Bandicota bengalensis* u riži.

Na temelju istraživanja drugih autora i rezultata dobivenih ovim istraživanjem konzervacijski sustav – plitki je prihvatljiv sustav obrade tla jer je postignuta veća masa klipa bez statistički značajnih razlika u oštećenju i broju gusjenica, a samim time postignut je smanjeni utrošak energije, manja zbijenost tla te povećanje organske tvari (humus). Osim obrade tla potrebno je u obzir uzeti i ostale čimbenike koji utječu na povećanje populacije štetnika, u prvom redu klimatske, gnojidbu, plodored i druge kako bi se dobili što pouzdaniji rezultati.

Gnojidba predstavlja važan čimbenik u postizanju kakvoće i prinosa te utječe na intenzitet zaraženosti od štetnika uzgajanih kultura. Prema dobivenim rezultatima ovog rada utvrđene su statistički značajne razlike u dužini oštećenja stabljike na tretmanima gnojidbe dok kod oštećenja drške klipa nema statističkih značajnih razlika između navedenih parametara. Također, utvrđene su statistički značajne razlike u broju gusjenica u stabljici i dršci klipa. Dobiveni rezultati ukazuju da je na tretmanu gnojidbe s biougljenom + gnojidba prema preporuci postignuta najveća masa klipa (196,12) unatoč tome što je na ovom tretmanu zabilježena najveća dužina oštećenja stabljike koja je bila i statistički značajna. Budući da nisu utvrđene statistički značajne razlike u oštećenju drške klipa iz navedenih rezultata može se zaključiti kako dužina oštećenja stabljike od kukuruznog moljca ima manji utjecaj na prinos kukuruza u odnosu na oštećenja drške klipa. Tijekom disekcije stabljike kukuruza primjećena je velika čvrstoća biljke na tretmanima s biougljenom što se navodi i u drugim istraživanjima (Jaiswal i sur. 2020.) kao jedno od svojstava biougljena međutim primijenjen samostalno nije postigao visok prinos. U kombinaciji biougljena i dušične gnojidbe postigao se dobar omjer gdje nisu zabilježene visoke štete na dršci klipa koja ima značajnu ulogu kod prinosa a ostvaren

je statistički najviši prinos na ispitivanim parcelama. Prema dosadašnjim istraživanjima biljke s većim udjelom dušika privlače kukuruznog moljca te su i štete veće (Sarajlić i sur. 2015.). Kumar i sur. (2018.) proveli su istraživanja s biogljenom na slatkoj paprici te su utvrdili značajan porast broja plodova i mase ploda te smanjenje zaraze od grinje *Polyphagotarsonemus latus* kao i smanjenje zaraze od bolesti na tretmanima s biogljenom u odnosu na kontrolu. Uzimajući u obzir dosadašnja istraživanja zaštite kukuruza od kukuruznog moljca bitno je uzeti u obzir sve čimbenike te je moguće iskombinirati različite sustave obrade tla i gnojidbe gdje će se maksimalno očuvati plodnost tla, postići zadovoljavajući prinos i zaraza štetnikom svesti na minimum.

## 6. ZAKLJUČAK

Utvrđeno je manje oštećenje drške klipa na parcelama s kalcijem u odnosu na parcele bez kalcija. Također je i broj gusjenica u dršci klipa na parcelama s kalcijem bio niži u odnosu na parcele bez kalcija. Prema dobivenim rezultatima zaključujemo da je kalcizacija pogodna pri smanjenju šteta i broja gusjenica kukuruznog moljca te se njezinom primjenom može postići manja osjetljivost kukuruza na kukuruznog moljca.

Kod konzervacijskog sustava – plitkog oštećenje drške klipa bilo je veće u odnosu na standardnu obradu, no unatoč većim oštećenjima od kukuruznog moljca zabilježena je veća masa klipa na konzervacijskom sustavu – plitkom u odnosu na standardnu obradu tla. Konzervacijski sustav – plitki je prihvatljiv sustav obrade tla jer je postignuta veća masa klipa bez statistički značajnih razlika u oštećenju i broju gusjenica, a samim time postignut je manji utrošak energije, manja zbijenost tla te povećanje organske tvari (humus).

Na tretmanu s biougljenom + gnojidba prema preporuci postignuta je najveća masa klipa unatoč tome što je na ovom tretmanu zabilježena najveća dužina oštećenja stabljike koja je bila i statistički značajna. Budući da nisu utvrđene statistički značajne razlike u oštećenju drške klipa iz navedenih rezultata može se zaključiti kako dužina oštećenja stabljike od kukuruznog moljca ima manji utjecaj na prinos kukuruza u odnosu na oštećenja drške klipa.

Kod zaštite kukuruza od kukuruznog moljca bitno je uzeti u obzir sve čimbenike koji utječu na njegovu pojavu te je moguće iskombinirati različite sustave obrade tla i gnojidbe gdje će se maksimalno očuvati plodnost tla, postići zadovoljavajući prinos i zaraza štetnikom svesti na minimum.



## 7. POPIS LITERATURE

1. Alam, M. J., Hoque, M., Mansura, A., Rony, M. N. H., & Haque, M. S. (2019.): Sustainable management of corn borer, *Helicoverpa zea* of maize through using some chemicals and bio-rational insecticides. *Journal of Science, Technology and Environment Informatics*, 8 (01), 563-573.
2. Camerini, G., Groppali, R., Tschorsnig, H., Maini, S. (2016.): Influence of *Ostrinia nubilalis* larval density and location in the maize plant on the tachinid fly *Lydella thompsoni*. *Bulletin of Insectology* 69 (2), 301-306.
3. Capinera, J. (2000.): European corn borer, *Ostrinia nubilalis* (Hubner)(Insecta: Lepidoptera: pyralidae). University of Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, EDIS. 7.
4. Danforth, A.T., (2009.): Corn Crop Production: Growth, Fertilization and Yield. Nova Science Publishers. 377.
5. Đurđević, B., Jug, I., Jug, D., Vukadinović, V., Stipešević, B. & Brozović, B. (2017): Primjena biougljena kao kondicionera tla – korak ka održivoj biljnoj proizvodnji. *Osijek, Vijeće za istraživanja u poljoprivredi*. 55.
6. Furlan, L., Milosavljević, I., Chiarini, F., Benvegna, I. (2021.): Effects of conventional versus no-tillage systems on the population dynamics of elaterid pests and the associated damage at establishment of maize crops. *Crop Protection*, 149:105751.
7. Gagnon, A., Audette, C., Duval, B., Boisclair, J. (2017.): Can the Use of *Trichogramma ostrinae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) to Control *Ostrinia nubilalis* (Lepidoptera: Crambidae) Be Economically Sustainable for Processing Sweet Corn?. *Journal of Economic Entomology*, 110 (1), 59–66.
8. Hua, K. H., Wang, H. C., Chung, R. S., Hsu, J. C. (2015.): Calcium carbonate nanoparticles can enhance plant nutrition and insect pest tolerance. *Journal of Pesticide Science*, 40(4), 208-213.
9. Husnjak, S. (2014.): *Sistematika tala Hrvatske*. Hrvatska sveučilišna naklada, Zagreb. 373.
10. Ivezić, M. (2008.): *Entomologija kukci i ostali štetnici u ratarstvu*. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek. 202.
11. Ivezić, M., Raspudić, E. (2004.): *Ekonomski značajni štetnici kukuruza na području istočne Hrvatske*. Razprave, XLV-1. Slovenska akademija znanosti i umjetnosti,

Ljubljana: 88-98.

12. Jaiswal, A. K., Alkan, N., Elad, Y., Sela, N., Philosoph, A. M., Graber, E. R., Frenkel, O. (2020.): Molecular insights into biochar-mediated plant growth promotion and systemic resistance in tomato against *Fusarium crown* and root rot disease. *Scientific reports*, 10:13934.
13. Jaworska, M., Gospodarek, J. (2003.): Effect of liming and magnesium treatment of the soil contaminated with heavy metals on the chewing pests of broad bean (*Vicia faba* L., *spp.maior*). *Acta Agrophysica*, 1(4):653-659.
14. Jug, D., Krnjaić, S., Stipešević, B. (2006.): Prinos Ozime Pšenice (*Triticum Aestivum* L.) Na Različitim Varijantama Obrade Tla. *Poljoprivreda*, 12 (1),47-52.
15. Jug, D., Stipešević, B., Jug, I., Stošić, M., Kopas, B. (2006.): Prinos kukuruza (*Zea Mays* L.) na različitim vrijantama obrade tla. *Znanstveni članak. Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek*. 5 – 10.
16. Karalić, K. (2010.): Utvrđivanje potrebe u kalcizaciji i utjecaj kalcizacije na status hraniva u tlu. *Poljoprivreda*, 16(1), 77-77.
17. Keszthelyi, S., Lengyel, Z. (2003.): Flight of the european corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) as followed by light- and pheromone traps in Várda and Balatonmagyaród in 2002. *Journal Central European Agriculture*. 4(1), 55-63.
18. Kim, H. S., Kim, K. R., Yang, J. E., Ok, Y. S., Owens, G., Nehls, T., Kim, K. H. (2016.): Effect of biochar on reclaimed tidal land soil properties and maize (*Zea mays* L.) response. *Chemosphere*, 142, 153-159.
19. Koutroumpa, F. A., Groot, A. T., Dekker, T., & Heckel, D. G. (2016): Genetic mapping of male pheromone response in the European corn borer identifies candidate genes regulating neurogenesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(42), E6401-E6408.
20. Kovačević, V. i Rastija, M. (2010): Utjecaj kalcizacije s dolomitom na prinose zrna kukuruza i ječma. *Poljoprivreda*, 16 (2), 3-8.
21. Kumar, A., Elad, Y., Tsechansky, L., Abrol, V., Lew, B., Offenbach, R., Graber, E. R. (2018.): Biochar potential in intensive cultivation of *Capsicum annum* L.(sweet pepper): crop yield and plant protection. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(2), 495-503.
22. Kumar, R., Choudhary, J. S., Mishra, J. S., Mondal, S., Poonia, S., Monobrullah, M., McDonald, A. (2022.): Outburst of pest populations in rice-based cropping systems

- under conservation agricultural practices in the middle Indo-Gangetic Plains of South Asia. *Scientific reports*, 12(1), 1-11.
23. Kutuk, H. (2017.): Identification and Natural Parasitism of Trichogramma Species on *Ostrinia nubilalis* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) Eggs in Düzce, Turkey. *Entomological News* 126(4), 290-298.
  24. Lemić, D., Mandić, J., Čačija, M., Mrganić, M., Čavlovićak, S., Bažok, R., Gasparić, V., H. (2019.): European corn borer and its parasites overwintering abundance and damages on different corn FAO maturity groups. *Journal Central European Agriculture*, 20 (1), 447-460.
  25. Li, J., Chen, S., Tao, X., Shao, T. (2021): Gut Microbiota of *Ostrinia Nubilalis* Larvae Degrade Maize cellulose. Research Square platform, Nanjing. 24.
  26. Lončarić, Z., Rastija, D., Karalić, K., Popović, B., Ivezić, V., Lončarić, R. (2015.): Kalcizacija tala u pograničnome području, Poljoprivredni fakultet u Osijeku: 1-68.
  27. Maceljčki, M. (2002): Poljoprivredna entomologija. Zrinski d. d., Čakovec. 520.
  28. Maceljčki, M., Cvjetković, B., Ostojčić, Z., Barčić, J., Pagliarini, N., Oštrec, Lj., Barić, K., Čizmić, I. (2004.): Štetočine povrća. Zrinski d. d., Čakovec. 515.
  29. Matotan, Z. (2008.): Plodovito povrće I. Neron d.o.o., Bjelovar. 179.
  30. Niehues, B. J., Lamond, R.E., Godsey, C.B., Olsen C.J. (2004): Starter nitrogen fertilizer management for continuous no-till corn production. *Agronomy Journal*, 96, 1412-1418.
  31. Pospišil A., Pospišil M., Gvozdić D. (2013.): Specijalno ratarstvo. Zrinski d.d., Čakovec. 320.
  32. Raspudić, E., Ivezić, M., Brmež, M., Majić, I. (2009.): Susceptibility Of Croatian Maize Hybrids To European Corn Borer. *Cereal Research Communications*, 37 (1), 177-180.
  33. Raspudić, E., Ivezić, M., Brmež, M., Majić, I. Sarajlić, A. (2010.): Intenzitet napada kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis* Hübner) u plodoredu i monokulturi kukuruza. 45. Hrvatski i 5. Međunarodni simpozij agronoma, Opatija. 901-905.
  34. Regan, K., Voortman, C., Wallace, J., Barbercheck, M. (2020.): *Environmental Entomology*. Oxford University, Oxford. 865 – 875.
  35. Sarajlić, A., Raspudić, E., Ivezić, M., Brmež, M. (2014.): Učinkovitost prirodne populacije osica trichogramma u suzbijanju kukuruznoga moljca u poljskim uvjetima. *Poljoprivreda*, 20 (2), 18-22.
  36. Sarajlić, A., Raspudić, E., Majić, I., Lončarić, Z., Brmež, M., Josipović, M. (2015.):

Povezanost ishrane kukuruznoga moljca sa sadržajem dušika u listu u sklopu različite poljoprivredne prakse. Poljoprivreda , 21 (1), 41-45.

37. Scarpino, V., Reyneri, A., Vanara, F., Scopel, C., Causin, R., Blandino, M. (2015.): Relationship between European Corn Borer injury, *Fusarium proliferatum* and *F. subglutinans* infection and moniliformin contamination in maize. *Field Crops Research*, 69-78.
38. Scharf, P.C.; Wiebold, W.J. and Lory, J.A. (2002): Corn yield response to nitrogen fertilizer timing and deficiency level. *Agronomy Journal*, 94, 435-441
39. Shiri, M., Ebrahimi, L., Badali, A. ( 2020.): Evaluation of yield and some resistance-related traits of three maize hybrids against European corn borer *Ostrinia nubilalis* (Hubner). *Cereal Research Communications*, 49, 433–440.
40. Stojić, B. (2009.): Pravilna gnojidba kukuruza – temelj prinosa. Pregledni rad. Petrokemija d.d, Kutina. 92 – 95.
41. Subedi, K., Ma, B.L. (2005.): Nitrogen uptake and partitioning in stay-green and leafy maize hybrids. *Crop Science*, 45, 740-747.
42. Tan, S., Cayabyab, B., Alcantara, E., Huang, F., He, K., Nickerson, K., Siegfried, B. (2013.): Comparative binding of Cry1Ab and Cry1F *Bacillus thuringiensis* toxins to brush border membrane proteins from *Ostrinia nubilalis*, *Ostrinia furnacalis* and *Diatraea saccharalis* (Lepidoptera: Crambidae) midgut tissue. *Journal of Invertebrate Pathology*, Department of Entomology, University of Nebraska. 234-240.
43. Valean, A., Muresanu, F., Tarau, A., Suci, L. (2017.): Research on the Relationship Between the Degree of European Corn Borer (*Ostrinia Nubilalis* Hbn.) Attack and Maize Fusariosis (*Fusarium* spp.) at ARDS Turda. AcademicPres Publishing House, 57-64.

#### Jedinice s interneta:

1. Aplikacija gnojiva uz biljku (<https://www.agroklub.com/ratarstvo/meduredna-kultivacija-i-prihrana-kukuruza-pazite-na-korijen-gnojivo-ne-bacajte-omaske/68364/>), 1.7.2022.
2. Kalcizacija tla (<https://gospodarski.hr/rubrike/ratarstvo-rubrike/zimska-kalcizacija/>), 1.7.2022.
3. Sistemski potencijalni mehanizam biougljena u tlu i biljnom sustavu (<https://www.intechopen.com/chapters/72668>), 1.7.2022.

## 8. SAŽETAK

Kukuruz (*Zea mays* L.) je najvažnija prosolika žitarica i najraširenija poljoprivredna kultura u svijetu. Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj obrade tla i gnojidbe na zarazu kukuruza kukuruznim moljcem. Pokus je postavljen u jesen 2020. godine na pokusnim parcelama u Čačincima u istočnoj Hrvatskoj na tipu tla Stagnosol. U istraživanje su uključeni različiti tretmani obrade tla, kalcizacije i gnojidbe. Pokus je postavljen u tri ponavljanja. Tretmani pokusa su: tretman A (obrada tla): standardna obrada (ST) i konzervacijski sustav-plitki (CTS); tretman B (kalcizacija): s kalcizacijom i bez kalcizacije; tretman C (gnojidba): gnojidba prema preporuci (I), gnojidba prema preporuci + Geo2 (II), biougljen (III), biougljen + gnojidba prema preporuci (IV). Disekcija kukruza obavljena je u jesen te su očitani sljedeći parametri: dužina oštećenja stabljike (cm), broj gusjenica u stabljici, dužina oštećenja drške klipa kukuruza (cm), broj gusjenica u dršci klipa kukuruza te masa klipa za svaku biljku pojedinačno. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u dužini oštećenja stabljike kukuruza od gusjenica kukuruznog moljca između parcela s kalcijem i bez kalcija. Na parcelama s kalcijem utvrđeno je 47 % manje oštećenje drške klipa u odnosu na parcele bez kalcija. Također je i broj gusjenica u dršci klipa na parcelama s kalcijem bio 50 % niži u odnosu na parcele bez kalcija. Kod konzervacijskog sustava – plitkog, oštećenje drške klipa je bilo veće za 15 % u odnosu na standardnu obradu, no unatoč većim oštećenjima zabilježena je veća masa klipa na konzervacijskom sustavu plitkom u odnosu na standardnu gnojidbu za 4 %. Na tretmanu gnojidbe s biougljenom + gnojidbe prema preporuci postignuta najveća masa klipa (196,12). Uzimajući u obzir dosadašnja istraživanja kod zaštite kukuruza od kukuruznog moljca bitno je uzeti u obzir sve čimbenike te je moguće iskombinirati različite sustave obrade tla i gnojidbe gdje će se maksimalno očuvati plodnost tla, postići zadovoljavajući prinos i zaraza štetnikom svesti na minimum.

Ključne riječi: kukuruz, kukuruzni moljac, gusjenica, obrada tla, gnojidba, kalcizacija, biougljen

## 9. SUMMARY

Maize (*Zea mays* L.) is the most important cereal and the most widespread agricultural crop in the world. The aim of this research is to determine the influence of tillage and fertilization on the European corn borer appearance (ECB). Field experiment was set up in the fall of 2020 at the experimental station in Čačinci in eastern Croatia on the Stagnosol soil type. Various tillage treatments, calcification and fertilization were included in the research. The experiment was set up in three repetitions. The experimental treatments are: treatment A (tillage): standard tillage (ST) and conservation system-shallow (CTS); treatment B (liming): with and without liming; treatment C (fertilization): fertilization according to recommendation (I), fertilization according to recommendation + Geo2 (II), biochar (III), biochar + fertilization according to recommendation (IV). Dissection was made in October with the following parameters: tunnel length of maize stem (cm), number of larvae in the stem, ear shank damage (cm), number of larvae in ear shank and ear weight (g). There were no statistically significant differences in the tunnel length caused by ECB larvae between plots with liming and without liming. On liming treatment, 47% less ear shank damage was recorded compared to the plots without liming. Also, the number of larvae in ear on liming treatment was 50% lower compared to the plots without liming. Conservation system – shallow show 15% higher ear shank damage compared to the standard tillage, but despite of that recorded ear weight was higher by 4%. There were also no statistically significant differences in the number of larvae between standard and conservation tillage. The obtained results indicate that fertilization treatment with biochar + fertilization according to the recommendation, had the highest ear weight (196.12). It is possible to combine different systems of tillage and fertilization where the fertility of the soil will be preserved to the maximum, a satisfactory yield will be achieved and pest infestation will be reduced to a minimum.

Keywords: corn, European corn borer, caterpillar, tillage, fertilization, calcification, biochar

## PRILOZI

### Prilog 1. Popis slika

<b>Broj</b>	<b>Naziv slike</b>	<b>Br. stranice</b>
Slika 1.	Kukuruzna zlatica	2
Slika 2.	Oštećenja na kukuruzu od žičnjaka	3
Slika 3.	<i>Helicoverpa armigera</i> na klipu kukuruza	3
Slika 4.	Ženka i mužjak kukuruzog moljca	4
Slika 5.	Jaja kukuruznog moljca	5
Slika 6.	Gusjenica kukuruznog moljca	6
Slika 7.	Kukuljice kukuruznog moljca	6
Slika 8.	Gusjenica kukuruznog moljca unutar biljke kukuruza	7
Slika 9.	Prelomljena stabljika kukuruza kao posljedica jakog napada od kukuruznog moljca	8
Slika 10.	Muha <i>Lydella thompsoni</i>	10
Slika 11.	Kukuljice <i>Lydella thompsoni</i>	10
Slika 12.	Osice iz roda <i>Trichogramma</i> u polju na jajima kukuruznog moljca	13
Slika 13.	Parazitirana jaja kukuruznog moljca osicama roda <i>Trichogramma</i>	13

Slika 14.	Ličinka osice <i>Trichogramma</i> u jajima kukuruznog moljca	14
Slika 15.	Aplikacija gnojiva uz biljku	17
Slika 16.	Kalcizacija tla	23
Slika 17.	Sistemska potencijalni mekhanizam biougljena u tlu i biljnom sustavu	24
Slika 18.	Shema pokusa	26

## Prilog 2. Popis grafikona

Broj	Naziv grafikona	Broj stranice
Grafikon 1.	Oštećenje od gusjenica na tretmanima s kalcizacijom u odnosu na masu klipa	27
Grafikon 2.	Broj gusjenica na tretmanima s kalcizacijom u odnosu na masu klipa	28
Grafikon 3.	Oštećenje od gusjenica pod standardnom obradom tla i konzervacijskom sustavu – plitkom.	29
Grafikon 4.	Broj gusjenica na standardnoj obradi tla i konzervacijskom sustavu – plitkom.	29
Grafikon 5.	Oštećenje od gusjenica pod primjenom biougljena, PP, PP + GeO <sub>2</sub> i biougljena + N	30
Grafikon 6.	Broj gusjenica pod primjenom biougljena primjenom biougljena, PP, PP + GeO <sub>2</sub> i biougljena + N.	31



Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

Diplomski rad

Andreas Horvatović

### Utjecaj obrade tla i gnojidbe na zarazu kukuruza kukuruznim moljcem

**Sažetak:** Kukuruz (*Zea mays* L.) je najvažnija prosolika žitarica i najraširenija poljoprivredna kultura u svijetu. Cilj ovog rada je utvrditi utjecaj obrade tla i gnojidbe na zarazu kukuruza kukuruznim moljcem. Pokus je postavljen u jesen 2020. godine na pokusnim parcelama u Čačincima u istočnoj Hrvatskoj na tipu tla Stagnosol. U istraživanje su uključeni različiti tretmani obrade tla, kalcizacije i gnojidbe. Pokus je postavljen u tri ponavljanja. Tretmani pokusa su: tretman A (obrada tla): standardna obrada (ST) i konzervacijski sustav-plitki (CTS); tretman B (kalcizacija): s kalcizacijom i bez kalcizacije; tretman C (gnojidba): gnojidba prema preporuci (I), gnojidba prema preporuci + Geo2 (II), biougljen (III), biougljen + gnojidba prema preporuci (IV). Disekcija kukruza obavljena je u jesen te su očitani sljedeći parametri: dužina oštećenja stabljike (cm), broj gusjenica u stabljici, dužina oštećenja drške klipa kukuruza (cm), broj gusjenica u dršci klipa kukuruza te masa klipa za svaku biljku pojedinačno. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u dužini oštećenja stabljike kukuruza od gusjenica kukuruznog moljca između parcela s kalcijem i bez kalcija. Na parcelama s kalcijem utvrđeno je 47 % manje oštećenje drške klipa u odnosu na parcele bez kalcija. Također je i broj gusjenica u dršci klipa na parcelama s kalcijem bio 50 % niži u odnosu na parcele bez kalcija. Kod konzervacijskog sustava – plitkog, oštećenje drške klipa je bilo veće za 15 % u odnosu na standardnu obradu, no unatoč većim oštećenjima zabilježena je veća masa klipa na konzervacijskom sustavu plitkom u odnosu na standardnu gnojidbu za 4 %. Na tretmanu gnojidbe s biougljenom + gnojidbe prema preporuci postignuta najveća masa klipa (196,12). Uzimajući u obzir dosadašnja istraživanja kod zaštite kukuruza od kukuruznog moljca bitno je uzeti u obzir sve čimbenike te je moguće iskombinirati različite sustave obrade tla i gnojidbe gdje će se maksimalno očuvati plodnost tla, postići zadovoljavajući prinos i zaraza štetnikom svesti na minimum.

**Ključne riječi:** kukuruz, kukuruzni moljac, gusjenica, obrada tla, gnojidba, kalcizacija, biougljen

45 stranica, 18 slika, 6 grafikona, 43 literaturnih navoda

Diplomski rad je pohranjen: u Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku i u digitalnom repozitoriju završnih i diplomskih radova Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Vladimira Preloga 1

Andreas Horvatović

### **Effect of tillage and fertilization on maize susceptibility to the european corn borer**

**Summary:** Maize (*Zea mays* L.) is the most important cereal and the most widespread agricultural crop in the world. The aim of this research is to determine the influence of tillage and fertilization on the european corn borer appearance (ECB). Field experiment was set up in the fall of 2020 at the experimental station in Čačinci in eastern Croatia on the Stagnosol soil type. Various tillage treatments, calcification and fertilization were included in the research. The experiment was set up in three repetitions. The experimental treatments are: treatment A (tillage): standard tillage (ST) and conservation system-shallow (CTS); treatment B (liming): with and without liming; treatment C (fertilization): fertilization according to recommendation (I), fertilization according to recommendation + Geo2 (II), biochar (III), biochar + fertilization according to recommendation (IV). Dissection was made in October with the following parameters: tunnel length of maize stem (cm), number of larvae in the stem, ear shank damage (cm), number of larvae in ear shank and ear weight (g). There were no statistically significant differences in the tunnel length caused by ECB larvae between plots with liming and without liming. On liming treatment, 47% less ear shank damage was recorded compared to the plots without liming. Also, the number of larvae in ear on liming treatment was 50% lower compared to the plots without liming. Conservation system – shallow show 15% higher ear shank damage compared to the standard tillage, but despite of that recorded ear weight was higher by 4%. There were also no statistically significant differences in the number of larvae between standard and conservation tillage. The obtained results indicate that fertilization treatment with biochar + fertilization according to the recommendation, had the highest ear weight (196.12). It is possible to combine different systems of tillage and fertilization where the fertility of the soil will be preserved to the maximum, a satisfactory yield will be achieved and pest infestation will be reduced to a minimum.

**Keywords:** corn, european corn borer, caterpillar, tillage, fertilization, calcification, biochar

45 pages, 18 pictures, 6 chart, 43 references

Thesis is archived in Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek and in digital repository of the Faculty, Vladimira Preloga 1