Utjecaj nadzemnog štetnika (Ostrinia nubilalis Hübner) na nematofaunu tla u kukuruzu

Prpić, Maja

Master's thesis / Diplomski rad

2014

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

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:922137

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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

Maja Prpić

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer: Zaštita bilja

UTJECAJ NADZEMNOG ŠTETNIKA (*Ostrinia nubilalis* Hübner) NA NEMATOFAUNU TLA U KUKURUZU

Diplomski rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Maja Prpić

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer: Zaštita bilja

UTJECAJ NADZEMNOG ŠTETNIKA (*Ostrinia nubilalis* Hübner) NA NEMATOFAUNU TLA U KUKURUZU

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Marija Ivezić, predsjednik
2. doc. dr. sc. Ivana Majić, mentor
3. prof. dr. sc. Emilija Raspudić, član
4. prof. dr. sc. Mirjana Brmež, član

Osijek, 2014.

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Pregled literature 3

2.1. Značaj kukuruznog moljca (*Ostrinia nubilalis* Hübner) u Republici Hrvatskoj 3

2.2. Zajednica nematoda u tlu 4

2.3. Interakcija nadzemnih i podzemnih organizama 5

2.3.1. Interakcija kukaca i nematoda 7

3. Materijal i metode 9

3.1. Uzorkovanje i analiza tla 9

3.2. Disekcija stabljika kukuruza 10

3.3. Statistička analiza rezultata 10

4. Rezultati i rasprava 11

5. Zaključak 29

6. Popis literature 31

7. Sažetak 35

8. Summary 36

9. Popis tablica 37

10. Popis slika 38

11. Popis grafikona 39

Temeljna dokumentacijska kartica

Basic documentation card

1. Uvod

Kukuruz (*Zea mays* L.) je kultura koja se u Hrvatskoj uzgaja na površini oko 300 000 ha, prosječnog prinosa oko 7 t ha^{-1} (Raspudić i sur., 2013.). Uzgajaju se brojni hibridi, čiji se broj povećava iz godine u godinu. Hibrid OsSK 552 (FAO 580) (Slika 1.) odlikuje se visokom energijom klijanja sjemena, prilagodljivošću različitim uvjetima proizvodnje, posebno na sušu, te hranjivom vrijednosti zrna. Koristi se za proizvodnju silaže klipa i zrna, silaže cijele biljke, berbu u klipu, a u istočnoj Hrvatskoj i za proizvodnju suhog zrna (www.poljinos.hr).



Slika 1. – Kukuruz (*Z. mays* L.), hibrid OsSK 552
izvor: www.poljinos.hr

Jedan od najznačajnijih štetnika kukuruza, proširen na svim područjima uzgoja pa tako i u istočnoj Hrvatskoj, je kukuruzni moljac (*Ostrinia nubilalis* Hübner) (Slika 2. i 3.). Kukuruzni moljac je stalan štetnik koji ima dvije generacije u istočnoj Hrvatskoj. Kako bi se utvrdili pragovi štetnosti obavlja se praćenje leta, utvrđivanje intenziteta napada, dužine oštećenja stabljike, broj rupa u stabljici i gusjenica. Intenzitet napada kukuruznog moljca u istočnoj Hrvatskoj prati se od 1971. godine (Ivezić i Raspudić, 1997.). Godine 2001. Ivezić i Raspudić iznose da je prosječni intenzitet napada unazad deset godina iznosio 51,67%. Praćenjem štetnika 2008. godine utvrđen od intenzitet napada od 100%, te 2009. godine 91% (Raspudić i sur., 2010.). Iako kukuruzni moljac napada kukuruz i u plodoredu i u monokulturi, plodored se preporuča kao mjera preventive, posebno u integriranoj poljoprivredi.



Slika 2. – Gusjenica kukuruznog moljca (*O. nubilalis* Hübner)
izvor: Majić, I., 2008.



Slika 3. – Imago kukuruznog moljca (*O. nubilalis* Hübner)
izvor: Sarajlić, A., 2013.

Zajednica nematoda u tlu predstavlja najbrojniju i općeprisutnu skupinu višestaničnih životinja u okolišu (Ferris i sur., 2000.). Za život nematoda u tlu neophodna je vlaga u tlu, jer se kretanje odvija kroz film vode koji okružuje čestice tla. Na brojnost nematoda u tlu utječu razni čimbenici kao što su način života nematoda, pokretljivost, sposobnost reprodukcije, biljni pokrov, količina organske tvari u tlu, dostupnost hrane, temperatura tla, aeriranost i slično (Brmež, 2004.). Mogu se podijeliti u najmanje pet trofičkih grupa, a najpoznatija je skupina koja u parazitskim odnosima s biljkom uzrokuje štete na uzgajanim kulturama. Štete se očituju u vidu smanjenog usvajanja vode i hraniva, smanjenog rasta biljke, te smanjene kvalitete i kvantiteta prinosa. Biljno parazitne nematode ovise o razvoju biljke domaćina. Unatoč tome, mnoge zajednice nematoda imaju beneficijalnu ulogu u ekosustavu djelujući pozitivno na rast i metaboličku aktivnost mikroorganizama, te na dekompoziciju i mineralizaciju hranjivih tvari (Nehrer, 2001.). Karakteristike koje posjeduju čine ih dobrim bioindikatorima, jer reagiraju i na najmanje promjene u tlu. Ovisno o uznemirenosti tla (antropološki utjecaj) očituju se promjene u populaciji nematoda, te su u konačnici vidljive i ekološke promjene (Porazinska, 1999.).

U posljednje vrijeme provode se istraživanja interakcije zajednice nematoda i drugih živih organizama, pa tako postoji preko 3000 zabilježenih parazitskih i simbiotičkih povezanosti nematoda i kukaca (Giblin-Davis, 1993.).

Cilj ovog istraživanja je utvrditi utjecaj intenziteta napada kukuruznog moljca (*O. nubilalis* Hübner) na nematofaunu tla u kukuruzu kod različitih uvjeta gnojidbe i navodnjavanja.

2. Pregled literature

2.1. Značaj kukuruznog moljca (*O. nubilalis* Hübner) u Republici Hrvatskoj

Brojnim je istraživanjima utvrđeno da je kukuruzni moljac (*O. nubilalis* Hübner) jedan od najznačajnijih štetnika na kukuruzu u Republici Hrvatskoj.

Ivezić i Raspudić (2001.) su utvrdile prosječni napad kukuruznog moljca, u vremenskom periodu 1991. – 2001. godine, od 51.5%. Obavljena su tri različita načina kontroliranja kukuruznog moljca. Prvi način kontroliranja podrazumijevao je upotrebu sredstva Biobit XL, na bazi *Bacillus thuringiensis* Berliner, a intenzitet napada smanjen je za 46%. Drugi način je bila provjera tolerantnosti hibrida, gdje su utvrđeni nekoliko hibrida tolerantni na kukuruznog moljca. Treći je način obuhvaćao GM hibride, gdje je utvrđeno manji broj gusjenica i manje oštećenje stabljike. Nepotpuno rješenje u kontroli kukuruznog moljca, podrazumijevalo je daljnja istraživanja.

Raspudić i sur. (2010.) utvrđivali su štete na kukuruzu od kukuruznog moljca u plodoredu i monokulturi. Istraživanja su provedena tijekom 2008. i 2009. godine, na četiri hibrida (Os 499, OsSK 596, OsSK 602 i OsSK 617). Pratio se let moljca pomoću svjetlosnih lampi, te se obavljala disekcija stabljike u rujnu. Nakon usporedbe podataka, zaključili su da kukuruzni moljac napada kukuruz svake godine, a da plodored i monokultura nemaju statistički značajan utjecaj na intenzitet napada, što ukazuje na osjetljivost hibrida kukuruza prema kukuruznom moljcu.

Raspudić i sur. (2013.) obavili su istraživanje u trajanju od dvije godine s ciljem utvrđivanja uspješnosti kemijskog tretiranja sjemenskog kukuruza protiv gusjenica kukuruznog moljca na različitim hibridima kukuruza. Primjenjivana su kemijska sredstva s djelatnom tvari dimetoat, uz dodavanje sumpora. Praćena je biologija štetnika, te obavljena disekcija stabljika kukuruza. Utvrdili su da je kemijska zaštita učinkovita, te preporučili vizualno praćenje štetnika u polju.

Bažok i sur. (2009.) obavili su istraživanje u trajanju tri godine na području sjevernozapadne Hrvatske. Cilj je bio utvrditi najatraktivnije feromone za praćenje kukuruznog moljca, optimalno vrijeme primjene insekticida i efikasnost odabranih insekticida protiv kukuruznog moljca. Između primjenjivanih feromona, E, Z i E/Z („Isagro“), zaključili su da je feromon E najatraktivniji. Primjenjivani su insekticidi na osnovi *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki* (*Btk*), regulatori rasta kukaca, spinosad i klasični kemijski

insekticidi. Učinkovitim su se pokazali spinosad, *Btk* i regulatori rasta kukaca, dok se efikasnost klasičnih kemijskih insekticida mijenjala ovisno o godini. Primjenom u optimalno vrijeme dovoljna je samo jedna aplikacija insekticida.

2.2. Zajednica nematoda u tlu

Zajednica nematoda u tlu najbrojnija je i općeprisutna fauna tla. Posjeduju karakteristike koje ih čine dobrim bioindikatorima, pa se prateći njihovu dinamiku mogu utvrditi i najmanje promjene u tlu.

Brmež i sur. (2004.) pratili su dinamiku populacije nematoda u ozimoj pšenici tijekom 2000. i 2001. godine. Praćena je dinamika ukupnog broja nematoda, ukupnog broja bakterivora, te određeni broj rodova biljnih parazita. Najveća brojnost biljnih parazita utvrđena je u jesen, dok se tijekom zime broj smanjio. Utvrđeno je da populacija nematoda raste tijekom vegetacije, a da su najbrojnija trofička grupa krajem vegetacije bakterivore. Bakterivore se pojavljuju odmah nakon gnojidbe, odnosno uznemiravanja zajednice.

Porazinska i sur. (1999.) proučavali su zajednicu nematoda, tri godine u različitim poljoprivrednim uvjetima. U istraživanju se proučavao utjecaj gnojidbe, navodnjavanja i malča. Utvrđen je sporadični utjecaj gnojidbe i navodnjavanja na neke nematode, te konzistentan i povremeno značajan utjecaj malča na mnoge bakterivore, fungivore, biljno parazitne i omnivore. Unos gnojiva uzrokovao je povećanje populacije bakterivora, te također i fungivora, rodova *Aphelenchus* i *Aphelenchoides.* To objašnjavanju činjenicom da je primjenjivani malč imao visoku inicijalnu bakterijsku i gljivičnu populaciju. Spominju i istraživanje Wasilewska i Bienkowski (1985.) u kojem su objasnili inače sporiji porast populacije fungivora, kao rezultat i sporijeg porasta gljivične populacije u odnosu na bakterijsku, te na bakterivore. Zaključuju da su zajednice nematoda korisne u razumijevanju statusa i procesa ekosustava.

Ferris i sur. (2004.) su testirali hipotezu da će upravljanje hranivima u tlu u jesen povećati populaciju bakterivora i fungivora u proljeće. Hranivo u tlu manipulirano je navodnjavanjem u kasno ljeto i pružanjem izvora ugljika. Time su povećali populacije bakterivora i fungivora, a veća biološka aktivnost u tlu povećala je i koncentraciju mineralnog dušika dostupnog sljedećem usjevu. Utvrdili su da i bakterivore i fungivore sudjeluju u mineralizaciji dušika u tlu, premda bakterivore više. Zaključuju da su obje trofičke grupe važne i da doprinose otpuštanju imobiliziranog dušika do barem polovice vegetacije.

Wei i sur. (2012.) su proučavali regulaciju zajednice nematoda unošenjem dušika, te njihovu privremenu dinamiku. Proučavali su rezultate u kolovozu i rujnu, te utvrdili značajnu redukciju ukupne populacije, taksonomske različitosti i trofičkih grupa nematoda (biljnih parazita, fungivora, omnivora i predatora) u kolovozu, ali i porast u rujnu. Ističu da je amonijev kation toksičan za brojne organizme i pretpostavili su da je uzrok smanjenja populacije biljnih parazita način njihove ishrane. Biljke usvajaju dušik direktno iz tla kao amonijev kaotion i akumuliraju ga u korijenu, stabljici i lišću, a on može biti toksičan za biljne parazite jer se hrane biljnim sokovima koji su puni amonijevog kationa.

2.3. Interakcija nadzemnih i podzemnih organizama

Nadzemni i podzemni dijelovi biljaka uvelike ovise jedno o drugima zbog opskrbe vodom i hranivima, pa su zbog toga i nadzemni dijelovi i korijen jednako važni za preživljavanje biljke. No, i jedni i drugi su u stalnoj opasnosti od napada štetnika. Nadzemni se štetnici lakše uočavaju, dok podzemni, koji za svoj rast i razvoj koriste korijenovo tkivo, mogu predstavljati veći problem. Često je biljka medij multitrofičke interakcije nadzemnih i podzemnih organizama, što je predmet raznih istraživanja.

Pineda i sur. (2010.) proučavali su interakciju između korisnih podzemnih mikroorganizama i nadzemnih kukaca. Pojedini mikroorganizmi u tlu, kao što su mikorizne gljive i rizobakterije mogu pomoći biljci prilikom abiotskog i biotskog stresa. Oni imaju pozitivan utjecaj na rast i razvoj biljke, što se očituje kroz dva mehanizma djelovanja: promicanje rasta biljke i inducirana sistemična otpornost. Preko biljke su u interakciji s nadzemnim kukcima (biljnim štetnicima, prirodnim neprijateljima i oprašivačima), a često imaju negativan utjecaj na biljne parazite. Korisni podzemni mikroorganizmi mogu inducirati sistemičnu otpornost, ali istovremeno i dovesti do povećanog rasta biljka, koje pri tome postaju privlačne određenim biljnim štetnicima. Pozitivan ili negativan utjecaj na nadzemne štetnike ovisi o interakciji tih efekata, ali i o ostalim biotskim i abiotskim čimbenicima. Glavni oblik neizravne obrane biljke, je otpuštanje hlapivih organskih spojeva koji privlače prirodne neprijatelje štetnika. Pretpostavljaju da će mali broj i mlađi stadiji nadzemnih štetnika imati pozitivan utjecaj na mikroorganizme, dok će veći broj i stariji stadiji nadzemnih štetnika imati negativan utjecaj na mikroorganizme. Nadzemni štetnici utječu na podzemne mikroorganizme promjenama u lokaciji hraniva, širokim spektrom induciranih obrana i korijenovim eksudatima.

Van Dam i sur. (2003.) također spominju inducirane sistemične reakcije kod biljaka koje nastaju prilikom napada nadzemnih organizama, a imaju utjecaj na podzemne organizme koji se hrane na istoj biljci. Navode da bi biljka mogla povećati svoju otpornost ako obrani korijen od podzemnih štetnika. Najučinkovitiji mehanizam obrane korijena su inducirane reakcije, jer se one događaju samo onda kada je biljka napadnuta. Takva strategija čuva limitirane resurse, ali i reducira negativne efekte, kao što je autotoksičnost ili povećanje atraktivnosti biljke drugim biljnim parazitima. Istraživanja su pokazala da se u slučaju sistemičnih reakcija, prenose signalni spojevi kroz biljku, do dijelova koji nisu napadnuti. Signalne komponente prenose se, prilikom napada nadzemnih štetnika, iz nadzemnih dijelova u korijen, gdje zatim povećavaju produkciju sekundarnih metabolita. Utvrđeno je da salicilna kiselina, jasminova kiselina i etilen sudjeluju u interakciji nadzemnih i podzemnih štetnika, te biljnim reakcijama protiv biljnih parazita i patogena.

Jasminovu kiselinu i etilen spominju i Erb i sur. (2009.) koji u istraživanju ističu da biljke posjeduju imunološki sustav koji im može pružiti zaštitu, te da dominantnu ulogu u regulaciji obrambenih reakcija imaju upravo jasminova kiselina i etilen. Istraživanjem su utvrdili da je zaraza korijenovim štetnikom kukuruznom zlaticom (*Diabrotica virgifera virgifera*) inducirala nadzemnu otpornost protiv štetnika *Spodoptera littoralis* i patogena *Setosphaeria turcica.* Povećala se sistemična produkcija obrambenih metabolita, a spominju i apscisinsku kiselinu (ABA) koja je imala ulogu sistemično transportiranog signala od korijena do stabljike.

Blossey i Hunt-Joshi (2003.) provjeravaju točnost modela utjecaja koji su iznijeli Masters i sur. (1993.), prema kojem bi podzemni šetnici trebali pozitivno utjecati na nadzemne, dok bi nadzemni imali negativne utjecaje na podzemne štetnike. To objašnjavaju činjenicom da podzemni štetnici, hraneći se na korijenu, uzrokuju stres kod biljke u vidu uzimanja vode i hraniva, te stvaraju simptome slične suši. To rezultira povećanjem koncentracije topljivih amino kiselina i ugljikohidrata u lisnoj masi, te ta hraniva postaju dostupna nadzemnim štetnicima i na taj način se povećava njihova aktivnost. S druge strane, nadzemni štetnici hraneći se nadzemnim dijelovima, smanjuju porast biljke, a time i ograničavaju kvalitetu i kvantitetu podzemnih dijelovi, a time i aktivnost podzemnih štetnika. Zaključuju da je takav model interakcije moguć samo kod ranih stadija biljaka koje nesmetano rastu ili u slučaju podzemnih štetnika kod jednogodišnjih biljaka.

2.3.1. Interakcija kukaca i nematoda

Van Tol i sur. (2001.) prikazali su interakciju između ličinke pipe (*Otiorhynchus sulcatus*) i entomopatogene nematode (*Heterorhabditis magidis*), na korijenu četinjače (*Thuja occidentalis*). Prilikom napada ličinke pipe, korijen otpušta eksudate koje privlače entomopatogene nematode, odnosno kemikalije koje signaliziraju prisustvo štetnika njihovim prirodnim neprijateljima. Zaključuju kako bi takva saznanja mogla biti osnova za ostvarivanje biološke kontrole štetnika u tlu.

Fu i sur. (2001.) proučavali su reakcije nematoda u tlu na različite intenzitete napada nadzemnih štetnika. Testirali su hipotezu da manji intenzitet napada nadzemnih štetnika pogoduje aktivnosti nematoda u tlu, dok viši intenzitet napada nadzemnih štetnika djeluje negativno na aktivnost nematoda u tlu. Postavili su istraživanje na biljkama kukuruza (*Z. mays* L.), pri klasičnoj obradi i bez obrade tla, uvođenjem nadzemnog štetnika skakavca. Različit intenzitet napada ostvarili su uvođenjem različitog broja skakavaca po biljkama. Visoki intenzitet podrazumijevao je četiri para skakavaca (četiri ženke i četiri mužjaka), niski intenzitet dva para skakavaca (dvije ženke i dva mužjaka), te kontrola biljake bez skakavaca. Hranjenje skakavaca trajalo je dva sata. Nisu uspjeli dokazati hipotezu. U uvjetima bez obrade tla, 24 sata nakon tretmana visokog intenziteta štetnika, povećao se broj bakterivora i fungivora (u odnosu na kontrolu). Broj ostalih trofičkih grupa nije se mijenjao. Također ističu da se reakcije nematoda na napad štetnika u uvjetima klasične obrade tla nisu mogle proučavati, zbog niskog intenziteta hranjenja skakavaca na tim biljkama. Navode da su Holland i sur. (1996.) ustanovili da nadzemni štetnici mogu povećavati protok ugljika u podzemnim dijelovima biljke (korijen, korijenovi eksudati i sl.), te time povećavati resurse dostupne mikrobiološkoj populaciji u tlu. S obzirom na dobivene rezultate, zaključuju da povećanje mikrobiološke aktivnosti, aktivnosti nematoda, povećanje korijenovih eksudata nakon što je biljka napadnuta, upućuju na to da su korijenova biomasa i eksudati od veće značajnosti za organizme u tlu u uvjetima bez obrade tla, nego pri klasičnoj obradi tla.

Tiwari i sur. (2009) proveli su istraživanje u trajanju 2004.-2009. godine o međusobnom utjecaju nadzemnog štetnika kukuruznog moljca (*O. nubilalis* Hübner) i podzemnog štetnika nematode korijenovih kvržica (*Meloidogyne incognita* Chitwood) na tri razvojna stadija kukuruza (*Z. mays* L.). Istraživali su utjecaj nadzemnog štetnika kukuruznog moljca na brojnost ličinki i jaja nematoda u korijenu. Utvrdili su vrlo značajnu negativnu korelaciju između ličinki i jaja nematoda u korijenu i dužine oštećenja stabljike od kukuruznog moljca. Broj ličinki i jaja se smanjivao povećanjem broja ličinki kukuruznog

moljca po biljci. Njihovi se rezultati djelomično poklapaju sa modelom Masters i sur. (1993.) prema koje bi nadzemni štetnici trebali negativno utjecati na podzemne štetnike. Iznose da je kukuruzni moljac najvjerojatnije oštećenjem stabljike reducirao vaskularne veze te time utjecao na prijenos vode, hraniva i produkte fotosinteze, što je utjecalo na kvalitetu i kvantitetu korijenove biomase. Nisu utvrdili značajan utjecaj podzemnog štetnika (*M. incognita* Chitwood) na nadzemnog štetnika (*O. nubilalis* Hübner).

Soler i sur. (2012.) istražili su procese i mehanizme multitrofičke interakcije korijenovih i nadzemnih štetnika. Navode da je prethodnim istraživanjima, Bezemer i sur. (2005.) i Kaplan i sur. (2011.), utvrđeno da nematode u tlu mogu utjecati na nadzemne štetnike putem utjecaja na biljku na kojoj se oboje hrane. Predlažu tri mehanizma utjecaja nematoda na nadzemne štetnike: obrambeni signali, kompeticija za asimilate u floemu i reduciranje koncentracije amino kiselina u floemu. Prvi mehanizam objašnjavaju provedenim istraživanjima Li i sur. (2006.) i Bhattarai i sur. (2007.), na biljaka porodice Solanaceae, gdje obrambeni gen uzrokuje otpornost i prema podzemnom štetniku (korijenovim nematodama) i nadzemnom štetniku (lisnim ušima). Drugi mehanizam objašnjavaju istraživanjem Kaplan i sur. (2011.) koji navode da su nadzemni štetnici, koji se hrane iz floema biljke, i nematode u kompeticiji za asimilate. Ukoliko bi nematode u većoj brojnosti od nadzemnog štetnika napale korijen biljke, crpile bi većinu asimilata, što ih čini potencijalnim kompetitorima nadzemnih štetnika. Treći mehanizam objašnjavaju istraživanjem Bezemer i sur. (2005.) koji su utvrdili da je koncentracija amino kiselina u floemu biljaka napadnutih nematodama u korijenu bila manja u odnosu na biljke bez nematoda, te da je to korelirano s reduciranom aktivnosti lisnih uši.

3. Materijal i metode

Na Poljoprivrednom institutu u Osijeku, 2013. godine, provedeno je istraživanje. Uzimani su uzorci tla i obavljena je disekcija stabljike kukuruza kod hibrida OsSK 552 iz četiri različita tretmana navodnjavanja i gnojidbe, što je prikazano u Tablici 1.

Tablica 1. Tretmani navodnjavanja i gnojidbe

oznaka tretmana	navodnjavanje (A) i gnojidba (B)
Kontrola	bez navodnjavanja, 0 kg N ha^{-1}
A1B3	bez navodnjavanja, 200 kg N ha^{-1}
A3B1	navodnjavanje 80-100% PVK, 0 kg N ha^{-1}
A3B3	navodnjavanje 80-100% PVK, 200 kg N ha^{-1}

3.1. Uzorkovanje i analiza tla

Uzorci tla uzimani su u tri ponavljanja iz svakog tretmana, odnosno njih dvanaest, u srpnju i rujnu 2013. godine. Kako bi uzorci bili reprezentativni, uzimali su se sondama do dubine oko 30 cm, hodajući cik-cak u redovima kukuruza. Tlo se stavljalo u plastične vrećice s oznakama tretmana. Uzorci su odneseni na Poljoprivredni fakultet u Osijeku, gdje su se čuvali u hladnjaku na +4°C, do trenutka analiziranja. Analiziranje uzoraka obavljeno je u Laboratoriju za entomologiju i nematologiju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. Prvo je obavljeno usitnjavanje i prosijavanje zemlje, te uzimanje reprezentativnih 100 ml tla od svakog uzorka. Nakon toga slijedila je ekstrakcija nematoda iz svakog uzorka. Izdvajanje nematoda obavilo se „metodom lijevka“, odnosno Baermannovom metodom (Slika 4.), (Bearmann, 1917.). Potreban je lijevak, stalak za lijevak, gumena cijev, stezaljka za gumenu cijev, sito, filter papir ili papirnata maramica i posuda. Lijevak, na čijem je kraju pričvršćena gumena cijev, pričvrsti se na stalak. Kraj gumene cijevi zatvori se stezaljkom. U lijevak se stavi sito, na njega filter papir ili papirnata maramica, te se u to stavlja uzorak 100 ml tla. Pažljivo se prelije vodom i ostavi na 24 sata. Na taj način se nematode izdvajaju iz tla, te se preko papirnate maramice ili filter papira i sita, talože pri dnu gumene cijevi. Nakon sedimentacije otpušta se voda iz gumene cijevi u posudu ili staklenu čašu. Izvršeno je prebrojavanje nematoda pod binokularom, određivanje trofičkih grupa te determinacija biljno parazitnih i fungivornih nematoda do roda (Bongers, 1994.).



Slika 4. – „Metoda lijevaka“, Baermannova metoda

izvor: Majić, I., 2013.

3.2. Disekcija stabljika kukuruza

Disekcija stabljika kukuruza obavljena je u rujnu 2013. godine. Slučajnim odabirom uzeto je 30 biljaka po tretmanu (10 biljaka po ponavljanju). Određen je broj gusjenica po stabljici i klipu, njihov smjer kretanja, broj rupa i dužina oštećenja stabljike (cm), te masa klipa.

3.3. Statistička analiza rezultata

Za statističku obradu podataka koristio se statistički paket SAS/STAT (SAS Institute Inc., 2000.). Od deskriptivne statistike, utvrđene su srednje vrijednosti, koeficijent varijabilnosti, standardna devijacija, minimum, maksimum i *skewness*. Analiza varijance utvrđena je za sve ispitivane parametre kod svih tretmana. Proc Univariate analiza, odnosno Kolmogorov – Smirnov test ukazao je na potrebu za transformiranjem vrijednosti nematoda prije analize varijance. Vrijednosti su logaritmirane kao log(n+1). Utvrđen je korelacijski koeficijent (Pearsons) između ispitivanih parametara intenziteta napada kukuruznog moljca i zajednice nematoda u tlu. Razlike srednjih vrijednosti i korelacije testirane su Tukey testom ($P<0,05$; $P<0,01$). Zastupljenost rodova nematoda, te dinamika populacije nematoda prikazana je grafički. Wasilewska indeks se koristio za prikaz korisnosti zajednice nematoda u tlu ($WI = \frac{B+F}{BP}$) (Wasilewksa, 1994.).

4. Rezultati i rasprava

Statistički obrađenim podacima prikazana je deskriptivna statistika za broj gusjenica kukuruznog moljca, dužinu oštećenja stabljike, ukupnu brojnost nematoda, te trofičke grupe nematoda.

Tablica 2. Deskriptivna statistika za broj gusjenica kukuruznog moljca u stabljici

Tretman	$\bar{x}$	SD±	min	max	CV	Skewness
Kontrola	1,10	0,92	0,00	4,00	83,90	1,20
A1B3	1,20	1,27	0,00	4,00	105,86	0,89
A3B1	1,47	0,97	0,00	3,00	66,35	-0,14
A3B3	1,97	1,63	0,00	6,00	82,84	0,77

U Tablici 2. vidljivo je da je najveći prosječni broj gusjenica kukuruznog moljca po stabljici utvrđen u tretmanu A3B3, odnosno pri navodnjavanju 80-100% PVK i gnojidbi 200 kg N ha^{-1} (1,97), a najmanji u tretmanu kontrole (1,10). Oba tretmana imaju približno isti koeficijent varijacije od 83,90% i 82,84%. Najveći koeficijent varijacije utvrđen je u tretmanu A1B3, odnosno bez navodnjavanja i pri gnojidbi 200kg N ha^{-1} (105,86%), a najmanji u tretmanu A3B1, navodnjavanja 80-100% PVK i bez gnojidbe (66,35%). Visoki koeficijent varijacije ukazuje na veći biološki varijabilitet i neujednačenost populacije uz veće otklone od prosječnih vrijednosti.

Skewness je većinom pozitivan, osim u tretmanu A3B1 (-0,14). Time je distribucija pozitivno asimetrična, odnosno duži rep krivulje je na desnoj strani.

S povećanjem gnojidbe i uvođenjem navodnjavanja broj gusjenica po stabljici se povećava.

Tablica 3. Deskriptivna statistika za oštećenje stabljike (cm) po stabljici od kukuruznog moljca

Tretman	$\bar{x}$	SD±	min	max	CV	Skewness
Kontrola	24,23	12,03	5,00	49,00	49,64	0,09
A1B3	56,37	34,29	17,00	160,00	60,84	1,38
A3B1	33,27	17,84	4,00	78,00	53,64	0,74
A3B3	46,40	22,69	10,00	102,00	48,91	0,72

U Tablici 3. vidljivo je da je u tretmanu A1B3, odnosno bez navodnjavanja i pri gnojidbi 200 kg N ha^{-1} utvrđeno najveće prosječno oštećenje stabljike od kukuruznog moljca (56,37), najveća minimalna vrijednosti (17,00), najveća maksimalna vrijednosti (160,00), te najveći

koeficijent varijabilnosti (60,84%) i Skewness (1,38). Najmanje vrijednosti utvrđene su u tretmanu kontrole, dok su vrijednosti tretmana A3B1, navodnjavanja 80-100% PVK i bez gnojidbe, i A3B3, navodnjavanja 80-100% PVK i gnojidbi 200kg N ha^{-1}, poprilično slične. Distribucija je pozitivno asimetrična.

Gnojidba na tlima s puno organske tvari i dobrom mikrobiološkom aktivnosti tla, može pogodovati otpornosti i vitalnosti biljaka. No često upotreba neorganskih gnojiva uzrokuje povećanje hranjivih elemenata u biljci i sekundarnih komponenata, ali i neuravnoteženost drugih elementa što može biti uzrokom manje otpornosti biljke i time većeg oštećenja biljke od strane štetnika. Na osnovi te hipoteze provedena su istraživanja o povezanosti povećane gnojidbe dušikom i povećane ishrane i oštećenja biljke od strane štetnika (Altieri i Nicholls, 2003.). U ovom istraživanju najveće je oštećenje zabilježeno u tretmanu s gnojidbom, A1B3 (56,37), što ukazuje na veći afinitet za ishranom gusjenice kukuruznog moljca u ovom tretmanu u odnosu na kontrolu. Na ovaj zaključak ukazuje i činjenica da je najveća brojnost gusjenica (Tablica 2.) utvrđena u tretmanu s navodnjavanjem i gnojidbom (A3B3), dok u istom tretmanu nisu utvrđena najveća oštećenja.

Tablica 4. Deskriptivna statistika za ukupnu brojnost nematoda u tlu

Tretman	$\bar{x}$	SD±	min	max	CV	Skewness
Kontrola	148,33	48,34	60,00	200,00	32,59	-1,38
A1B3	203,33	87,33	140,00	360,00	42,95	1,47
A3B1	173,33	44,57	110,00	240,00	25,71	0,16
A3B3	285,00	94,60	140,00	420,00	33,19	-0,18

U Tablici 4. vidljivo je da je u tretmanu A3B3, navodnjavanja 80-100% PVK i gnojidbi 200 kg N ha^{-1}, utvrđen najveći prosječni broj nematoda (285,00), te najveći maksimalni broj nematoda (420,00). Slične su vrijednosti utvrđene u tretmanu A1B3, bez navodnjavanja i pri gnojidbi 200kg N ha^{-1}. Iako su najmanje vrijednosti utvrđene u tretmanu kontrole, gdje je bilo prosječno 148,33 i maksimalno 200,00 nematoda, tretman A3B1, navodnjavanja 80-100% PVK i bez gnojidbe, ima prilično slične vrijednosti. U tretmanima A1B3 i A3B1 utvrđena je pozitivna asimetrična distribucija, a u tretmanu kontrole i A3B3 negativna asimetrična distribucija.

Brojnost nematoda povećavala se povećanjem gnojidbe.

Veći broj nematoda u tretmanu A1B3 može biti rezultat povećanja najbrojnije populacije nematoda prisutnih u tlu, bakterivora. S obzirom da bakterivore i fungivore sudjeluju u mineralizaciji dušika u tlu, za očekivati je da će se njihov broj, u tretmanima uznemirenja tla,

povećati. Bakterivore, u odnosu na fungivore, više doprinose mineralizaciji dušika te pojedine bakterivorne populacije pokazuju veće oportunističko ponašanje na povećanje resursa, u odnosu na druge nematode (Ferris i sur., 2004.) O tome govore i rezultati provedenih istraživanja Porazinska i sur. (1999.) koji su utvrdili da unos gnojiva uzrokuje brzo povećanje prvo bakterijske populacije, a zatim i bakterivornih nematoda. Ubrzo nakon nestanka lako dostupnog hraniva, bakterije i zatim populacija bakterivornih nematode spušta se na prijašnju razinu ili čak manje. Ferris i sur. (2004.) također su utvrdili da i fungivore doprinose mineralizaciji dušika, ali u manjoj količini, te da su one indikatori procesa gljivične razgradnje organske tvari. Takvi rezultati nisu dobiveni u istraživanju Wei i sur. (2012.), u kojem je utvrđen negativan utjecaj gnojidbe dušikom na ukupnu populaciju nematoda, te negativne korelacije dušika sa svim trofičkim grupama. Kao razlog navode toksičnost dušika za brojne organizme i način ishrane nematoda.

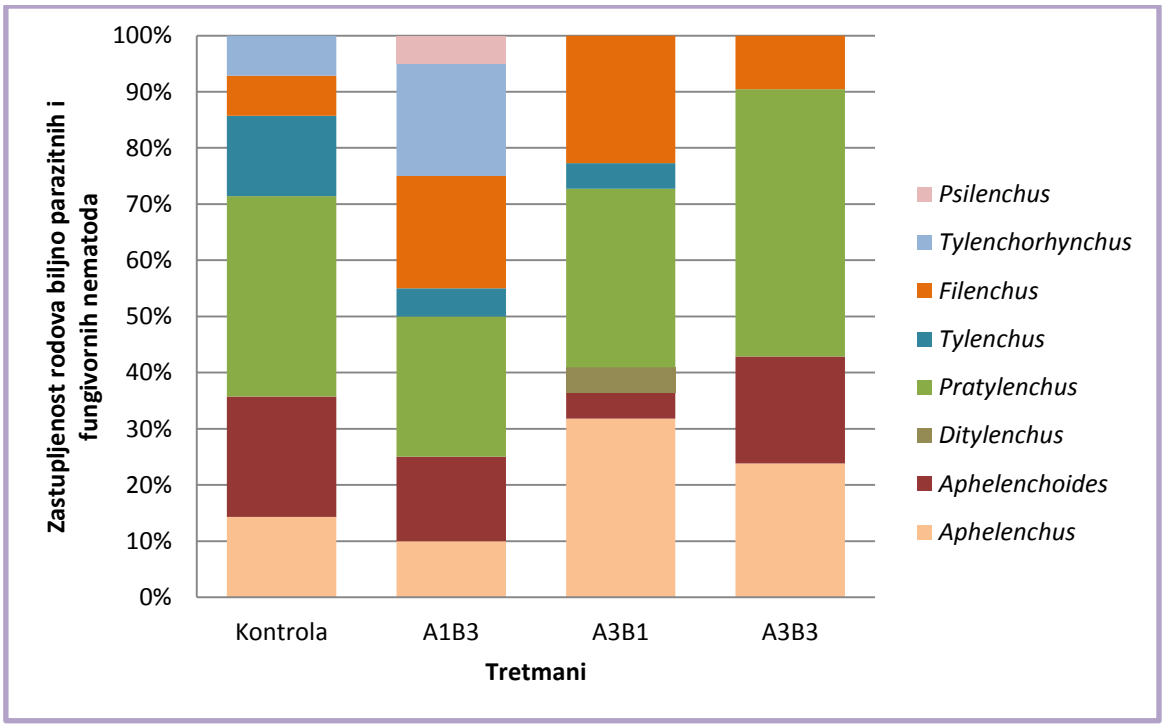
Tablica 5. Deskriptivna statistika za trofičke grupe nematoda u tlu

Trofička grupa	Tretman	$\bar{x}$	SD±	min	max	CV	Skewness
Bakterivore	Kontrola	71,67	24,01	50,00	110,00	33,51	0,88
	A1B3	116,67	53,17	60,00	180,00	45,57	0,17
	A3B1	78,33	19,41	50,00	100,00	24,78	-0,64
	A3B3	133,33	73,67	60,00	260,00	55,25	1,07
Fungivore	Kontrola	21,67	25,63	0,00	70,00	118,27	1,76
	A1B3	23,33	20,66	0,00	60,00	88,53	1,17
	A3B1	10,00	0,00	10,00	10,00	0,00	0,00
	A3B3	20,00	8,94	10,00	30,00	44,72	0,00
Biljni paraziti	Kontrola	38,33	20,41	0,00	60,00	53,25	-1,57
	A1B3	46,67	17,51	20,00	70,00	37,53	-0,25
	A3B1	71,67	20,41	40,00	100,00	28,48	-0,33
	A3B3	110,00	40,00	50,00	170,00	36,36	0,00
Omnivore	Kontrola	15,00	17,61	0,00	40,00	117,38	0,49
	A1B3	16,67	19,66	0,00	50,00	117,98	1,17
	A3B1	13,33	10,33	0,00	30,00	77,46	0,67
	A3B3	21,67	11,69	10,00	40,00	53,96	0,67
Predatori	Kontrola	1,67	4,08	0,00	10,00	244,95	2,45
	A1B3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	A3B1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	A3B3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

U Tablici 5. vidljivo je da je u uzorcima tla utvrđeno najviše bakterivora i to u tretmanu A3B3, navodnjavanja 80-100% PVK i gnojidbi 200 kg N ha^{-1}, gdje je bilo 133,33 nematoda 100 ml^{-1} tla, te zatim biljnih parazita kojih je u tretmanu A3B3 bilo 110,00 nematoda 100 ml^{-1}

tla. Najmanje je bilo prisutnih predatora i to samo u tretmanu kontrole, gdje ih je utvrđeno 1,67 nematoda 100 ml^{-1} tla. Koeficijenti varijacije su uglavnom visoki za sve trofičke grupe. Najmanji su utvrđeni u tretmanu A3B1, navodnjavanja 80-100% PVK i bez gnojidbe, kod bakterivora (24,78%) i biljnih parazita (28,48%). Za razliku od ostalih trofičkih grupa, na koje je više utjecala povećana gnojidba, na biljne parazite više je utjecalo navodnjavanje. O tome govore razlike prosječnih vrijednosti između dva tretmana promjene navodnjavanja i gnojidbe. U tretmanu A1B3, gdje se povećava samo gnojidba, prosječna vrijednost je 46,67, dok je u tretmanu A3B1, gdje se povećava samo navodnjavanje, 71,67 nematoda 100 ml^{-1} tla.

Na Grafikonu 1. vidljivo je da je u srpnju 2013.godine u uzorcima tla utvrđeno ukupno šest rodova biljno parazitnih i dva roda fungivornih nematoda, a to su *Psilenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Filenchus*, *Tylenchus*, *Pratylenchus*, *Ditylenchus*, *Aphelenchoides* i *Aphelenchus.*



Grafikon 1. Zastupljenost rodova biljno parazitnih i fungivornih nematoda po tretmanima u srpnju 2013.godine

U uzorcima tretmana kontrole najviše je bio prisutan rod *Pratylenchus* (35,71%), zatim rod *Aphelenchoides* (21,43%), *Aphelenchus* (14,28%), *Tylenchus* (14,28%) i najmanje rodovi *Tylenchorhynchus* (7,14%) i *Filenchus* (7,14%).

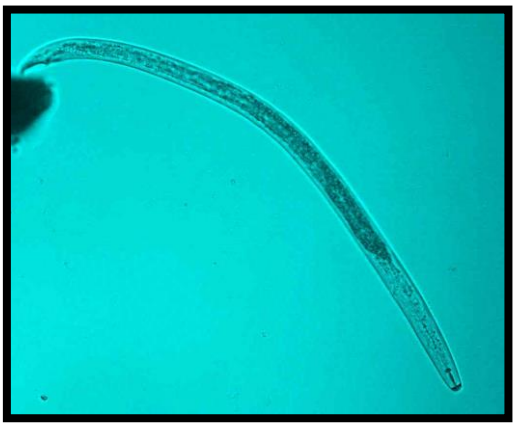
U uzorcima tretmana A1B3, bez navodnjavanja i povećanoj gnojidbi na 200 kg N ha^{-1}, utvrđeno je sedam rodova nematoda. Najbrojniji je bio rod *Pratylenchus* (25,00%), zatim u jednakom postotku rodovi *Tylenchorhynchus* i *Filenchus* (20,00%), zatim rodovi *Aphelenchoides* (15,00%), *Aphelenchus* (10,00%) i najmanje rodova *Psilenchus* (5,00%) i *Tylenchus* (5,00%).

U uzorcima tretmana A3B1, pri navodnjavanju 80-100% PVK i bez gnojidbe, utvrđeno je šest rodova nematoda. Najbrojniji su bili rodovi *Pratylenchus* (31,82%) i *Aphelenchus* (31,28%), zatim *Filenchus* (22,73%) i najmanje rodova *Tylenchus*, *Ditylenchus* i *Aphelenchoides*, jednake zastupljenosti (4,54%).

U uzorcima tretmana A3B3, pri navodnjavanju 80-100% i gnojidbi 200 kg N ha^{-1}, utvrđeno je četiri roda nematoda. Najbrojniji je bio rod *Pratylenchus* (47,62%), zatim podjednako rodovi *Aphelenchus* (23,81%) i *Aphelencoides* (19,05%), te najmanje rod *Filenchus* (9,52%).

Najveća raznolikost rodova utvrđena je u uzorcima tretmana A1B3, bez navodnjavanja i gnojidbom 200 kg N ha^{-1}, a najmanja u uzorcima tretmana A3B3, pri navodnjavanju 80-100% PVK i gnojidbi 200 kg N ha^{-1}. Uvođenjem navodnjavanja smanjila se raznolikost biljno parazitnih i fungivornih nematoda.

Pratylenchus (Slika 5. i 6.) je najbrojniji rod u uzorcima sva četiri tretmana, zatim rod *Aphelenchus*, podjednako rodovi *Aphelenchoides* i *Filenchus*, te rod *Tylenchorhynchus*. Najmanje je bilo prisutno nematoda iz rodova *Psilenchus* i *Ditylenchus*.

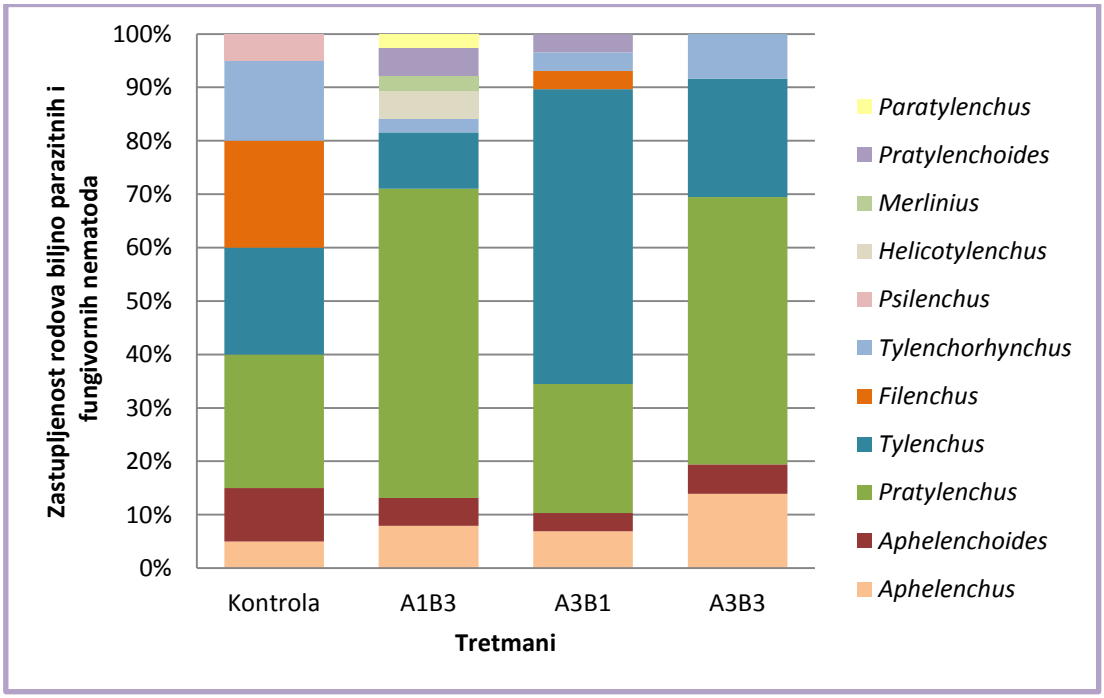


Slika 5. – *Pratylenchus* sp. mužjak
izvor: Majić, I., 2013.



Slika 6. – *Pratylenchus* sp. ženka
izvor: Majić, I., 2013.

Na Grafikonu 2. vidljivo je da je u rujnu 2013. godine u uzorcima tla utvrđeno ukupno devet rodova biljno parazitnih i dva roda fungivornih nematoda, a to su *Paratylenchus*, *Pratylenchoides*, *Merlinius*, *Helicotylenchus*, *Psilenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Filenchus*, *Tylenchus*, *Pratylenchus*, *Aphelenchoides* i *Aphelenchus*.



Grafikon 2. Zastupljenost rodova biljno parazitnih i fungivornih nematoda po tretmanima u rujnu 2013.godine

U uzorcima iz tretmana kontrole utvrđeno je sedam rodova nematoda. Najbrojniji je bio rod *Pratylenchus* (25,00%), zatim *Tylenchus* (20,00%), *Filenchus* (20,00%), *Tylenchorhynchus* (15%), nešto manje rod *Aphelenchoides* (20%) i najmanje nematoda rodova *Psilenchus* (5,00%) i *Aphelenchus* (5,00%).

U uzorcima tretmana A1B3, bez navodnjavanja i povećanoj gnojidbi na 200 kg N ha^{-1}, utvrđeno je devet rodova nematoda. Najbrojniji je bio rod *Pratylenchus* (57,89%), zatim podjednako rodovi *Tylenchus* (10,53%) i *Aphelenchus* (7,89%), zatim rodovi *Aphelenchoides* (5,26%), *Helicotylenchus* (5,26%) i *Pratylenchoides* (5,26%), a najmanje je nematoda rodova *Paratylenchus* (2,63%), *Merlinius* (2,63%) i *Tylenchorhynchus* (2,63%).

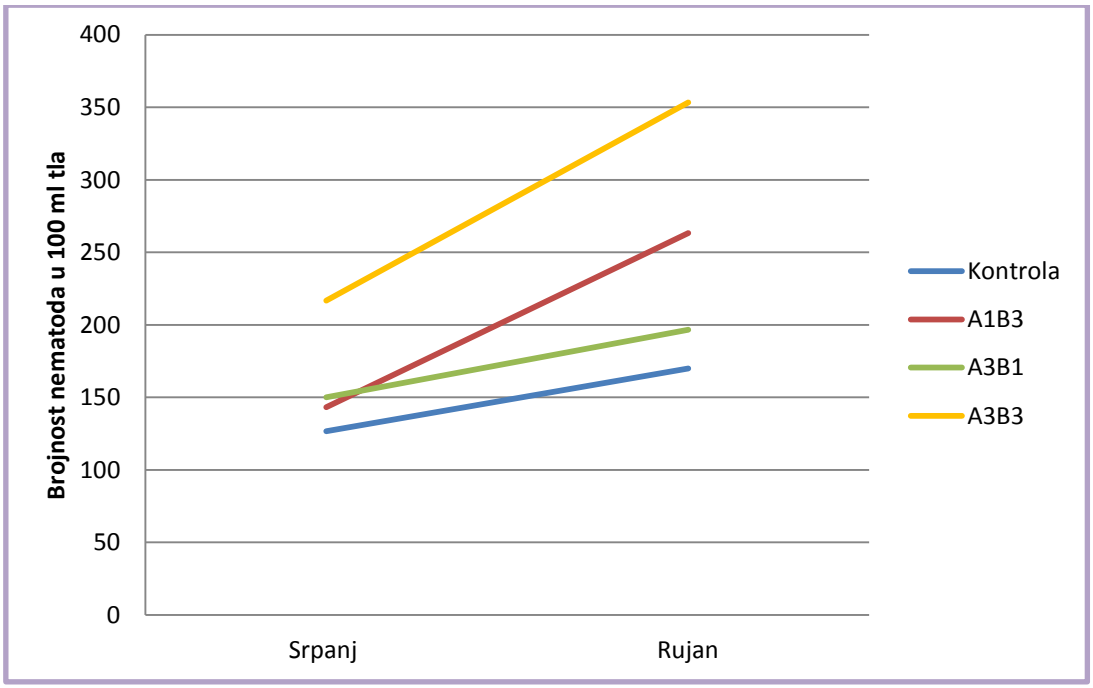
U uzorcima tretmana A3B1, pri navodnjavanju 80-100% PVK i bez gnojidbe, utvrđeno je sedam rodova nematoda. Najbrojniji je bio rod *Tylenchus* (55,17%), zatim rod *Pratylenchus* (24,14%). U manjoj populaciji utvrđeni su rodovi *Aphelenchus* (6,89%), *Aphelenchoides* (3,45%), *Pratylenchoides* (3,45%), *Tylenchorhynchus* (3,45%) i *Filenchus* (3,45%).

U uzorcima tretmana A3B3, pri navodnjavanju 80-100% i gnojidbi 200 kg N ha^{-1}, utvrđeno je pet rodova nematoda. Najbrojniji je bio rod *Pratylenchus* (45%), zatim rod *Tylenchus* (20%). U podjednakoj populaciji utvrđeni su rodovi *Aphelenchus* (12,5%) i *Tylenchorhynchus* (7,5%), a najmanje je bilo roda *Aphelenchoides* (5,00%).

Kao i u uzorcima iz srpnja, najveća raznolikost rodova utvrđena je u uzorcima tretmana A1B3, bez navodnjavanja i gnojidbom 200 kg N ha^{-1}, a najmanja u uzorcima tretmana A3B3, pri navodnjavanju 80-100% PVK i gnojidbi 200 kg N ha^{-1}. Također je i najbrojnija populacija nematoda bila roda *Pratylenchus*, zatim rod *Tylenchus*, a najmanje je nematoda roda *Merlinius*.

U uzorcima uzetim u rujnu utvrđena je veća raznolikost rodova nematoda (11 naspram 8 utvrđenih rodova u srpnju), te izostanak roda *Ditylenchus* koji je bio prisutan u srpnju. Utvrđena je i veća populacija roda *Tylenchus* u rujnu u odnosu na srpanj.

Dinamika ukupne populacije nematode, po tretmanima, u srpnju i rujnu prikazana je u grafikonu 3.

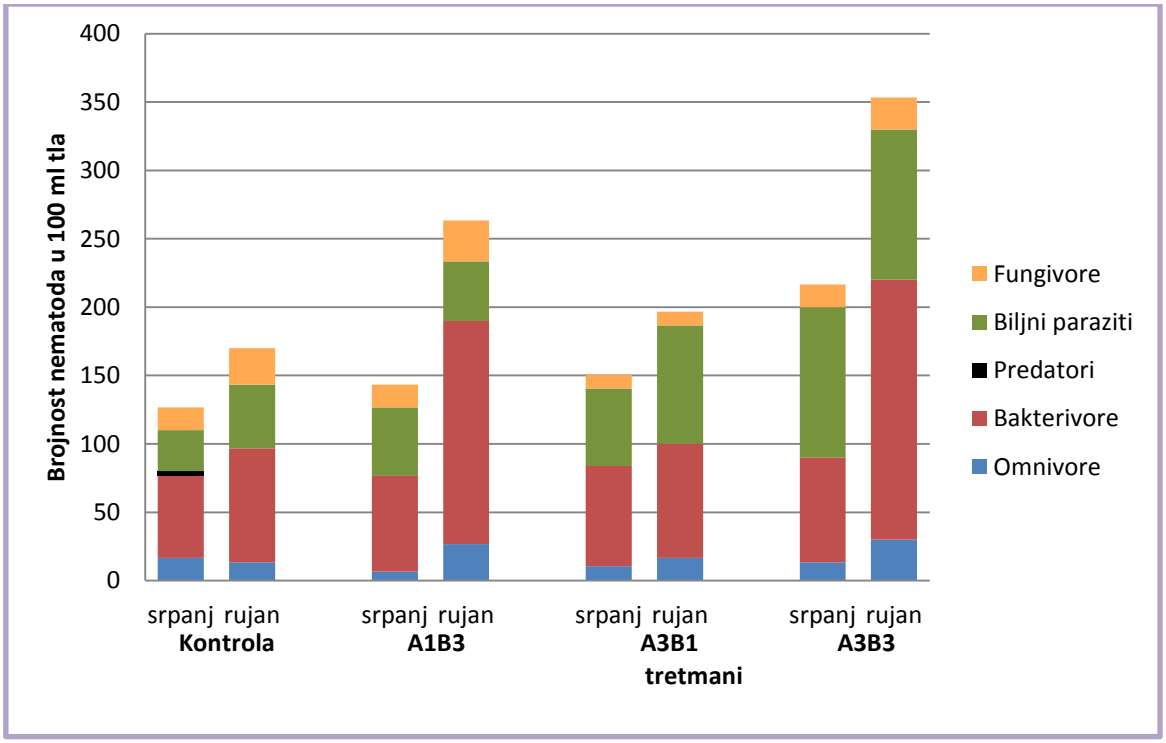


Grafikon 3. Populacija nematoda u 2013.godini po tretmanima

U srpnju je ukupna brojnost nematoda bila najmanja u uzorcima kontrole, gdje je utvrđeno 126,67 nematoda 100 ml^{-1} tla. Uzorcima iz tretmana A1B3, bez navodnjavanja i pri gnojidbi 200 kg N ha^{-1}, utvrđeno je 143,33 nematoda 100 ml^{-1} tla, a iz tretmana A3B1, navodnjavanja

80-100% i gnojidbe 200kg N ha^{-1}, 150,00 nematoda 100 ml^{-1} tla. Najveća populacija nematoda utvrđena je u uzorcima iz tretmana A3B3, pri navodnjavanju 80-100% i gnojidbi 200 kg N ha^{-1}, 216,67 nematoda u 100 ml^{-1} tla. Rezultati pokazuju da se povećanjem navodnjavanja i gnojidbe povećava i brojnost nematoda.

U rujnu je također najmanja brojnost utvrđena u uzorcima iz kontrole, gdje je utvrđeno 170,00 i najveća u uzorcima tretmana A3B3, 353,33 nematoda 100 ml^{-1} tla U uzorku iz tretmana A1B3 prisutna je veća populacija nematoda, 263,33 nematoda 100 ml^{-1} tla, nego u uzorku tretmana A3B1, 196,67 nematoda 100 ml^{-1} tla. Ti rezultati govore da u uvjetima gnojidbe 200 kg N ha^{-1}, bez povećanja navodnjavanja, je bilo više nematoda nego u uvjetima bez gnojidbe i s navodnjavanjem 80-100% PVK. Povećanjem gnojidbe povećava se i brojnost nematoda.



Grafikon 4. Trofičke grupe nematoda u 2013. godini po tretmanima

Dinamika trofičkih grupa nematoda, po tretmanima, u srpnju i rujnu prikazana je grafikonom 4. Vidljivo je da su bakterivore najviše prisutna grupa, a zatim i biljni paraziti. Najveća promjena u zastupljenosti populacije bakterivora vidi se u tretmanu A3B3, navodnjavanja 80-100% i gnojidbe 200 kg N ha^{-1}. U tom tretmanu ih je u srpnju bilo 76,67 nematoda 100 ml^{-1} tla, dok se u rujnu vrijednost povećala na 190,00 nematoda 100 ml^{-1} tla. Populacija biljnih parazita u tom tretmanu nije se mijenjala i u oba mjeseca iznosi 110,00 nematoda 100 ml^{-1} tla. Populacija bakterivora povećala se u rujnu, u odnosu na srpanj, i u tretmanu A1B3, bez

navodnjavanja i gnojidba 200kg N ha^{-1}, sa 70,00 na 163,33 nematoda 100 ml^{-1} tla. Broj biljnih parazita povećao se s 56,67 u srpnju na 86,67 nematoda 100 ml^{-1} tla u rujnu, u tretmanu A3B1, navodnjavanja 80-100% PVK. Iz rezultata se vidi da gnojidba ima utjecaj na bakterivore, dok na biljne parazite utjecaj ima navodnjavanje.

U uzorcima uzetim rujnu je utvrđena sveukupno veća brojnost nematoda u odnosu na srpanj, jer se krajem vegetacije stječu povoljniji uvjeti za razvoj najbrojnijih trofičkih grupa nematoda, biljnih parazita i bakterivora. Osim korijena, koji je biomasom veći u rujnu, time omogućavajući dodatni prostor i izvor hrane za biljno parazitne nematode, u rujnu su iznimno povoljni i agroklimatski uvjeti vlažnosti i temperature tla.

Tablica 6. Razlike između tretmana kontrole, navodnjavanja i gnojidbe za srednje vrijednosti broja gusjenica po stabljici, oštećenja stabljike od kukuruznog moljca i mase klipa

Tretman	Gusjenice (broj stabljika $^{-1}$)	Oštećenje stabljike (cm)	Masa klipa (g)
Kontrola	1,10 b	24,23 c	196,00 b
A1B3	1,20 ab	56,37 a	200,53 b
A3B1	1,47 ab	33,27 bc	299,53 a
A3B3	1,97 a	46,40 ab	329,93 a

Vrijednosti označene različitim slovima statistički značajno razlikuju na razini $P < 0,05$ prema Tukey testu.

Utjecaj tretmana na broj gusjenica, oštećenje stabljike, te masu klipa (Tablica 6.) statistički je značajan. Statistički značajno se razlikuju tretman kontrole i tretman navodnjavanja i gnojidbe (A3B3) i kod broja gusjenica i kod oštećenja stabljike. Oštećenje stabljike u tretmanu kontrole statistički se značajno razlikuje od ostalih tretmana, što odgovara kao rezultat i najmanjeg broja utvrđenih gusjenica upravo u tretmanu kontrole. Masa klipa je bila manja u tretmanima kontrole i A1B3, bez navodnjavanja i pri gnojidbi 200 kg N ha^{-1}, u odnosu na tretmane gdje je povećano navodnjavanje, te navodnjavanje i gnojidba i statistički se značajno razlikuje od tih tretmana, A3B1 i A3B3.

Utjecaj tretmana na rodove nematoda (Tablica 7.) nije statistički značajan, iako razlike postoje i vidljivo je da se najveći broj pojavljuje u tretmanu A3B3, navodnjavanja 80-100% PVK i gnojidbi 200 kg N ha^{-1}, a potom u tretmanu A1B3, bez navodnjavanja i pri gnojidbi 200 kg N ha^{-1}.

Tablica 7. Razlike između tretmana kontrole, navodnjavanja i gnojidbe za srednje vrijednosti rodova biljno parazitnih i fungivornih nematoda

Rod	Tretman			
	Kontrola	A1B3	A3B1	A3B3
Aphelenchus	15,00 a	11,67 a	5,00 a	13,33 a
Aphelenchoides	6,67 a	11,67 a	5,00 a	6,67 a
Ditylenchus	1,67 a	1,67 a	0,00 a	0,00 a
Pratylenchus	20,00 a	25,00 a	20,00 a	66,67 a
Tylenchus	5,00 a	1,67 a	33,33 a	20,00 a
Filenchus	10,00 a	10,00 a	8,33 a	0,00 a
Tylenchorhynchus	1,67 a	6,67 a	6,67 a	6,67 a
Psilenchus	0,00 a	1,67 a	1,67 a	0,00 a
Helicothylenchus	0,00 a	0,00 a	0,00 a	3,33 a
Merlinius	0,00 a	0,00 a	0,00 a	1,67 a
Pratylenchoides	0,00 a	0,00 a	1,67 a	6,67 a
Paratylenchus	0,00 a	0,00 a	0 a	5,00 a

Vrijednosti označene različitim slovima statistički značajno razlikuju na razini $P < 0,05$ prema Tukey testu.

Tablica 8. Razlike između tretmana kontrole, navodnjavanja i gnojidbe za srednje vrijednosti trofičkih grupa, ukupne brojnosti nematoda i ekološki indeks zajednice nematoda

Trofička grupa	Tretman			
	Kontrola	A1B3	A3B1	A3B3
Bakterivore	71,67 b	116,67 b	78,33 b	133,33 a
Fungivore	21,67 a	23,33 a	10,00 a	20,00 a
Biljni paraziti	38,33 a	46,67 a	71,67 a	110,00 a
Omnivore	15,00 a	16,67 a	13,33 a	21,67 a
Predatori	1,67 a	0,00 a	0,00 a	0,00 a
Ukupna brojnost	148,33 b	203,33 b	173,33 ab	285,00 a
B+F/BP	2,44	3,00	1,23	1,39

Vrijednosti označene različitim slovima statistički značajno razlikuju na razini $P < 0,05$ prema Tukey testu.

Utjecaj tretmana na trofičke grupe (Tablica 8.) statistički je značajan samo kod bakterivora, kod kojih se broj u tretmanu A3B3, navodnjavanja 80-100% PVK i gnojidbi 200 kg N ha^{-1} (133,33 nematoda 100 ml^{-1} tla) statistički značajno razlikuje od ostalih tretmana. Kod ostalih trofičkih grupa postoje razlike između tretmana, vidljivo je da su najveće prosječne vrijednosti kod tretmana A3B3, ali to nije statistički značajno. Ukupna brojnost zajednice nematoda statistički se značajno razlikuje između tretmana navodnjavanja i gnojidbe (285 nematoda 100 ml^{-1} tla) i kontrole (148,33 nematoda 100 ml^{-1} tla). Wasilewska indeks (Tablica

8.), najveći je u tretmanu A1B3 (3,00), zatim u kontroli (2,44), tretmanu A3B3 (1,39), a najmanji je u tretmanu A3B1 (1,23) (Wasilewska, 1994.). U tretmanu s gnojidbom i u kontroli najveća je vrijednost WI, što ukazuje na veću korisnost zajednice u ovim tretmanima.

Tablica 9. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli u tretmanu kontrole

	MK	DO	UG	UN	BP	B	*Pratylenchus*
MK	1,00	-0,12	0,45 **	0,52	0,69	0,48	-0,98
DO	-0,12	1,00	-0,08	-0,92	-0,99	-0,91	0,91
UG	0,45 **	-0,08	1,00	0,08	0,30	0,04	-0,78
UN	0,52	-0,92	0,08	1,00	0,98	1,00 *	-0,69
BP	0,69	-0,99	0,30	0,98	1,00	0,97	-0,83
B	0,48	-0,91	0,04	1,00*	0,97	1,00	-0,66
Pratylenchus	-0,98	0,91	-0,78	-0,69	-0,83	-0,66	1,00

MK – masa klipa; DO – dužina oštećenja stabljike; UG – ukupna brojnost gusjenica; UN – ukupna brojnost nematoda; BP – biljni paraziti, B - bakterivore
* značajnost na razini 5% vjerojatnosti ($P \leq 0,05$)
** značajnost na razini 1% vjerojatnosti ($P \leq 0,01$)

Tablica 9. prikazuje korelacijske koeficijente između ispitivanih varijabli u tretmanu kontrole, gdje je vidljivo da nema puno statistički značajnih utjecaja između varijabli. Statistički je vrlo značajan utjecaj između ukupne brojnosti gusjenica i mase klipa, gdje je utvrđena srednje jaka pozitivna korelacija (0,45). Osim toga utvrđena je jaka pozitivna korelacija između ukupne brojnosti nematode i bakterivora (1,00), koja je statistički značajna. Iako ne statistički značajna, utvrđena je vrlo jaka negativna korelacija između dužine oštećenja stabljike i ukupne brojnosti nematoda (-0,92), biljno parazitnih nematoda (-0,99), te bakterivora (-0,91) i vrlo jaka pozitivna korelacija između dužine oštećenja stabljike i *Pratylenchus* (0,91).

Tablica 10. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli u tretmanu A1B3

	MK	DO	UG	UN	BP	B	*Pratylenchus*
MK	1,00	0,40 *	-0,09	0,55	-0,07	0,70	-0,83
DO	0,40 *	1,00	0,04	-1,00 *	-0,76	-0,99	0,94
UG	-0,09	0,04	1,00	0,92	0,50	0,98	-1,00 **
UN	0,55	-1,00 *	0,92	1,00	0,79	0,98	-0,92
BP	-0,07	-0,76	0,50	0,79	1,00	0,66	-0,50
B	0,70	-0,99	0,98	0,98	0,66	1,00	-0,98
Pratylenchus	-0,83	0,94	-1,00 **	-0,92	-0,50	-0,98	1,00

MK – masa klipa; DO – dužina oštećenja stabljike; UG – ukupna brojnost gusjenica; UN – ukupna brojnost nematoda; BP – biljni paraziti, B - bakterivore
* značajnost na razini 5% vjerojatnosti ($P \leq 0,05$)
** značajnost na razini 1% vjerojatnosti ($P \leq 0,01$)

Tablica 10. prikazuje korelacijske koeficijente između ispitivanih varijabli u tretmanu bez navodnjavanja i gnojidbe 200 kg N ha^{-1}. U ovom tretmanu utvrđene su statistički značajne korelacije između dužine oštećenja stabljike i dvije varijable. Između dužine oštećenja stabljike i mase klipa utvrđena je srednje jaka pozitivne korelacije (0,40), te između dužine oštećenja stabljike i ukupne brojnosti nematode jaka negativna korelacija (-1,00). Osim toga vrlo značajna korelacija utvrđena je između ukupne brojnosti gusjenica i *Pratylenchus*, jake negativne korelacije (-1,00). I u ovom tretmanu utvrđena je, iako ne statistički značajna, jaka negativna korelacija između dužine oštećenja i biljno parazitnih nematoda (-0,76), te dužine oštećenja i bakterivora (-0,99), te jaka pozitivna korelacija između dužine oštećenja i *Pratylenchus* (0,99). Statistički neznačajno, ali vrlo jako pozitivno su korelirani ukupan broj nematoda i ukupan broj gusjenica (0,92), te bakterivore i ukupan broj gusjenica (0,98), srednje jako pozitivno korelirani biljni paraziti i ukupan broj gusjenica (0,50).

Tablica 11. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli u tretmanu A3B1

	MK	DO	UG	UN	BP	B	*Pratylenchus*
MK	1,00	-0,20	0,06	0,90	0,81	1,00 **	0,45
DO	-0,20	1,00	0,54 **	-0,76	-0,63	-0,97	-0,21
UG	0,06	0,54 **	1,00	0,35	0,16	0,72	-0,30
UN	0,90	-0,76	0,35	1,00	0,98	0,90	0,79
BP	0,81	-0,63	0,16	0,98	1,00	0,80	0,89
B	1,00 **	-0,97	0,72	0,90	0,80	1,00	0,44
Pratylenchus	0,45	-0,21	-0,30	0,79	0,89	0,44	1,00

MK – masa klipa; DO – dužina oštećenja stabljike; UG – ukupna brojnost gusjenica; UN – ukupna brojnost nematoda; BP – biljni paraziti, B - bakterivore
* značajnost na razini 5% vjerojatnosti ($P \leq 0,05$)
** značajnost na razini 1% vjerojatnosti ($P \leq 0,01$)

Tablica 11. prikazuje korelacijske koeficijente između ispitivanih varijabli u tretmanu navodnjavanja 80-100% PVK i bez gnojidbe. U ovom tretmanu utvrđene su statistički vrlo značajne korelacije između mase klipa i bakterivora (1,00), te dužine oštećenja i ukupne brojnosti gusjenica (0,54). Dužina oštećenja negativno je korelirana, statistički neznačajno, sa ukupnim brojem nematoda (-0,76), biljno parazitnim nematodama (-0,63), bakterivorama (-0,97) i rodom *Pratylenchus* (-0,21). Ukupan broj nematoda, bakterivore i biljni paraziti su u pozitivno, statistički neznačajnoj korelaciji s ukupnim brojem gusjenica.

Tablica 12. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli u tretmanu A3B3

	MK	DO	UG	UN	BP	B	*Pratylenchus*
MK	1,00	0,42 *	0,41 *	-0,68	-0,95	-0,46	-0,10
DO	0,42 *	1,00	0,35	-0,95	-0,68	-0,83	0,39
UG	0,41*	0,35	1,00	0,50	1,00	0,25	0,32
UN	-0,68	-0,95	0,50	1,00	0,42	0,96	-0,66
BP	-0,95	-0,68	1,00	0,42	1,00	0,16	0,41
B	-0,46	-0,83	0,25	0,96	0,16	1,00	-0,83
Pratylenchus	-0,10	0,39	0,32	-0,66	0,41	-0,83	1,00

MK – masa klipa; DO – dužina oštećenja stabljike; UG – ukupna brojnost gusjenica; UN – ukupna brojnost nematoda; BP – biljni paraziti, B - bakterivore
* značajnost na razini 5% vjerojatnosti ($P \leq 0,05$)
** značajnost na razini 1% vjerojatnosti ($P \leq 0,01$)

Tablica 12. prikazuje korelacijske koeficijente između ispitivanih varijabli u tretmanu navodnjavanja 80-100% i gnojidbe 200 kg N/ha. U ovom tretmanu utvrđene su statistički značajne korelacije između mase klipa i dužine oštećenja stabljike (0,42) i približno iste, statistički značajne korelacije između mase klipa i ukupne brojnosti gusjenica (0,41).

U svim tretmanima utvrđena je, iako ne statistički značajna, negativna korelacija između ukupnog broja nematoda, biljnih parazita, te bakterivora i dužine oštećenja stabljike. *Pratylenchus* je jedino u tretmanu navodnjavanja, A3B1, bio negativno koreliran s dužinom oštećenja, ali slabo i statistički neznačajno. Iako su s dužinom oštećenja stabljike negativno korelirani, ukupan broj nematoda, biljno parazitne nematoda i bakterivore su u pozitivnoj korelaciji s ukupnim brojem gusjenica. Iako korelacije nisu statistički značajne, temelj su pretpostavke da bi povećan broj gusjenica kukuruznog moljca uzrokovao povećanje ukupnog broja, broja biljno parazitnih i bakterivornih nematoda, ali da bi povećana ishrana gusjenica, odnosno oštećenje stabljike, dovelo do smanjenja ukupnog broja, broja biljno parazitnih i bakterivornih nematoda. Za razliku od ostalih biljno parazitnih nematoda, najznačajniji rod *Pratylenchus* je u pozitivnoj korelaciji s dužinom oštećenja stabljike, izuzev tretmana povećanog navodnjavanja. Iako korelacije nisu statistički značajne, može se pretpostaviti da će prilikom većeg oštećenja stabljike, biti veća brojnost roda *Pratylenchus*. Iako će povećana ishrana gusjenica pozitivno utjecati na *Pratylenchus*, veći broj gusjenica imat će negativan utjecaj. *Pratylenchus* će imati negativan utjecaj na masu klipa, izuzev tretmana navodnjavanja (A3B1), a u tom tretmanu utvrđena je i statistički veća masa klipa, te deskriptivnom statistikom manji broj nematoda 100 ml^{-1} tla.

Tablica 13. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli neovisno o tretmanu

	MK	DO	UG	UN	BP	B	*Pratylenchus*
MK	1,00	0,35 **	0,20 *	0,66 *	0,71 **	0,48	0,72 **
DO	0,35 **	1,00	0,39 **	-0,42	-0,06	-0,57 *	0,37
UG	0,20 *	0,39 **	1,00	0,03	0,29	-0,09	-0,18
UN	0,66 *	-0,42	0,03	1,00	0,82 **	0,92 **	0,55
BP	0,71 **	-0,06	0,29	0,82 **	1,00	0,56	0,72 **
B	0,48	-0,57 *	-0,09	0,92 **	0,56	1,00	0,32
Pratylenchus	0,72 **	0,37	-0,18	0,55	0,72 **	0,32	1,00

MK – masa klipa; DO – dužina oštećenja stabljike; UG – ukupna brojnost gusjenica; UN – ukupna brojnost nematoda; BP – biljni paraziti, B - bakterivore
* značajnost na razini 5% vjerojatnosti ($P \leq 0,05$)
** značajnost na razini 1% vjerojatnosti ($P \leq 0,01$)

Tablica 13. prikazuje korelacijske koeficijente između ispitivanih varijabli neovisno o tretmanima, te je vidljivo puno više statistički značajnih korelacija. Statistički vrlo značajna korelacija utvrđena je između mase klipa i dužine oštećenja (0,35), mase klipa i biljnih parazita (0,71), mase klipa i *Pratylenchus* (0,72), dužine oštećenja i ukupne brojnosti gusjenica (0,39), ukupne brojnosti nematode i biljnih parazita (0,82), ukupne brojnosti nematode i bakterivora (0,92), *Pratylenchus* i mase klipa (0,72), te *Pratylenchus* i biljnih parazita (0,72). Vidljivo je da je masa klipa u statistički značajnoj korelaciji sa gotovo svim ispitivanim varijablama, izuzev bakterivora. Jaka pozitivna statistički značajna korelacija utvrđena je između ukupnog broja nematoda i mase klipa (0,66) što govori da se povećanjem broja zajednice povećava masa klipa, ali također i povećanjem broja biljno parazitnih nematoda i najznačajnijeg roda *Pratylenchus*. Dužina oštećenja stabljike i ukupan broj gusjenica kukuruznog moljca nemaju statistički značajan utjecaj na nematode u tlu, ali bi povećano oštećenje moglo dovesti do smanjenja brojnosti zajednice, te će statistički vjerojatno dovesti do smanjenja bakterivora. Povećanjem oštećenja mogla bi se povećati brojnost roda *Pratylenchus*, a taj zaključak potvrđuju i provjere po tretmanima.

Tablica 14. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli ovisno samo o navodnjavanju: bez navodnjavanja

	MK	DO	UG	UN	BP	B	*Pratylenchus*
MK	1,00	0,16	0,13	0,50	0,46	0,50	-0,59
DO	0,16	1,00	0,04	-0,35	0,16	-0,59	0,93 **
UG	0,13	0,04	1,00	0,54	0,75	0,34	-0,05
UN	0,50	-0,35	0,54	1,00	0,78	0,94 **	-0,20
BP	0,46	0,16	0,75	0,78	1,00	0,56	0,29
B	0,50	-0,59	0,34	0,94 **	0,56	1,00	-0,44
Pratylenchus	-0,59	0,93 **	-0,05	-0,20	0,29	-0,44	1,00

MK – masa klipa; DO – dužina oštećenja stabljike; UG – ukupna brojnost gusjenica; UN – ukupna brojnost nematoda; BP – biljni paraziti, B - bakterivore
* značajnost na razini 5% vjerojatnosti ($P \leq 0,05$)
** značajnost na razini 1% vjerojatnosti ($P \leq 0,01$)

Tablica 15. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli ovisno samo o navodnjavanju: navodnjavanje 80-100% PVK

	MK	DO	UG	UN	BP	B	*Pratylenchus*
MK	1,00	0,10	0,06	0,18	0,53	-0,10	0,42
DO	0,10	1,00	0,47 **	-0,87 *	0,52	-0,86 *	0,15
UG	0,06	0,47 **	1,00	-0,07	0,24	-0,18	0,05
UN	0,18	-0,87 *	-0,07	1,00	0,69	0,91 *	0,13
BP	0,53	0,52	0,24	0,69	1,00	0,33	0,76
B	-0,10	-0,86 *	-0,18	0,91 *	0,33	1,00	-0,27
Pratylenchus	0,42	0,15	0,05	0,13	0,76	-0,27	1,00

MK – masa klipa; DO – dužina oštećenja stabljike; UG – ukupna brojnost gusjenica; UN – ukupna brojnost nematoda; BP – biljni paraziti, B - bakterivore
* značajnost na razini 5% vjerojatnosti ($P \leq 0,05$)
** značajnost na razini 1% vjerojatnosti ($P \leq 0,01$)

Tablice 14. i 15. prikazuju korelacijske koeficijente između ispitivanih varijabli ovisno samo o navodnjavanju. Utvrđena je promjena statističkih značajnosti korelacija između dužine oštećenja stabljike i dviju varijabli, ukupnog broja gusjenica i ukupnog broja nematoda. U uvjetima bez navodnjavanja povećanje oštećenja stabljike dovest će do povećanja brojnosti roda *Pratylenchus,* a to bi moglo negativno utjecati na masu klipa.

Povećanjem navodnjavanja utvrđena je srednje jaka pozitivna, statistički vrlo značajna korelacija između dužine oštećenja stabljike i ukupnog broja gusjenica (0,47), te jaka negativna, statistički značajna korelacija između dužine oštećenja stabljike i ukupnog broja nematoda (-0,87). Deskriptivnom statistikom nije utvrđeno povećanje brojnosti nematoda u uvjetima navodnjavanja, pa bi u takvim uvjetima povećanje oštećenja stabljike moglo imati dodatno negativan utjecaj na nematode u tlu. Na biljne parazite je poticajno djelovalo

navodnjavanje, pa bi i povećano oštećenje stabljike u takvim uvjetima moglo dodatno dovesti do povećanja broja biljno parazitnih nematoda, ali smanjenja bakterivnornih.

Tablica 16. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli ovisno samo o gnojidbi: gnojidba 0 kg N ha^{-1}

	MK	DO	UG	UN	BP	B	*Pratylenchus*
MK	1,00	0,24	0,31 *	0,77	0,85 *	0,46	0,66
DO	0,24	1,00	0,49 **	-0,18	0,13	-0,65	0,68
UG	0,31 *	0,49 **	1,00	0,37	0,40	0,29	0,14
UN	0,77	-0,18	0,37	1,00	0,94 **	0,81 *	0,59
BP	0,85 *	0,13	0,40	0,94 **	1,00	0,56	0,80
B	0,46	-0,65	0,29	0,81 *	0,56	1,00	0,05
Pratylenchus	0,66	0,68	0,14	0,59	0,80	0,05	1,00

MK – masa klipa; DO – dužina oštećenja stabljike; UG – ukupna brojnost gusjenica; UN – ukupna brojnost nematoda; BP – biljni paraziti, B - bakterivore
* značajnost na razini 5% vjerojatnosti ($P \leq 0,05$)
** značajnost na razini 1% vjerojatnosti ($P \leq 0,01$)

Tablica 17. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli ovisno samo o gnojidbi: gnojidba 200 kg N ha^{-1}

	MK	DO	UG	UN	BP	B	*Pratylenchus*
MK	1,00	0,45 **	0,07	0,84 *	0,62	0,84 *	0,86 *
DO	0,45 **	1,00	0,21	-0,82 *	-0,78	-0,82 *	-0,35
UG	0,07	0,21	1,00	-0,46	-0,13	-0,50	-0,69
UN	0,84 *	-0,82 *	-0,46	1,00	0,81 *	0,99 **	0,69
BP	0,62	-0,78	-0,13	0,81 *	1,00	0,75	0,74
B	0,84 *	-0,82*	-0,50	0,99 **	0,75	1,00	0,67
Pratylenchus	0,86 *	-0,35	-0,69	0,69	0,74	0,67	1,00

MK – masa klipa; DO – dužina oštećenja stabljike; UG – ukupna brojnost gusjenica; UN – ukupna brojnost nematoda; BP – biljni paraziti, B - bakterivore
* značajnost na razini 5% vjerojatnosti ($P \leq 0,05$)
** značajnost na razini 1% vjerojatnosti ($P \leq 0,01$)

Tablice 16. i 17. prikazuju korelacijske koeficijente između ispitivanih varijabli ovisno samo o gnojidbi. Vidljiva je promjena značajnosti korelacija ukupne brojnosti gusjenica i mase klipa, te dužine oštećenja. Dok je u tretmanima bez gnojidbe, korelacija između ukupne brojnosti gusjenica i mase klipa bila statistički značajna (0,31), te ukupne brojnosti gusjenica i dužine oštećenja vrlo značajna (0,49), kod povećane gnojidbe te značajnosti nema iako korelacija ostaje pozitivna. Pri gnojidbi, dolazi do statistički značajne korelacije između ukupne brojnosti nematoda i mase klipa (0,84). Gnojidba utječe i na povećanje bakterivora, a one su u ovim uvjetima u statistički značajnoj pozitivnoj korelaciji sa masom klipa (0,84), isto

kao i rod *Pratylenchus* (0,86). Između ukupne brojnosti nematode i dužine oštećenja, u uvjetima gnojidbe, utvrđena je značajna vrlo jaka negativna korelacija (-0,82).

Ukupna brojnost gusjenica kod većine je tretmana bila u pozitivnoj korelaciji s dužinom oštećenja stabljike, osim u tretmanu kontrole (Tablica 9.). Statistički je vrlo značajna bila u tretmanu A3B1 (Tablica 11.) gdje je iznosila 0,54, te neovisno o tretmanu (Tablica 12.) gdje je iznosila 0,39. Statističku značajnost u korelaciji u tretmanu A3B1 potvrđuju i rezultati ovisni samo o navodnjavanju i samo o gnojidbi. Tako je, statistički vrlo značajna korelacija bila u tretmanima ovisno samo o navodnjavanju 80-100% PVK (Tablica 15.) gdje je korelacija 0,47, te u tretmanima bez gnojidbe (Tablica 16.) gdje je korelacija 0,49. Pozitivna, srednje jaka i statistički vrlo značajna korelaciji između dužine oštećenja i ukupnog broja gusjenica u stabljici dokazana je i u prethodnim istraživanjima (Raspudić i sur., 2013.)

Ukupna brojnost nematoda kod svih je tretmana bila u negativnoj korelaciji s dužinom oštećenja stabljike, a statistički se značajnom pokazala u tretmanima povećane gnojidbe. Tako je u tretmanu A1B3 (Tablica 10.) iznosila -1,00, u tretmanima ovisno samo o navodnjavanja, pri povećanom navodnjavanju (Tablica 15.) iznosila -0,87, te u tretmanima ovisno samo o gnojidbi, pri povećanoj gnojidbi (Tablica 17.) iznosila -0,82. U ovakvim uvjetima, povećanog navodnjavanja i gnojidbe deskriptivnom je statistikom utvrđena najveća populacija nematoda, dok u istom tretmanu nije utvrđeno najveće oštećenje stabljike od kukuruznog moljca. Utvrđena značajna negativna korelacija između nematoda i dužine oštećenja stabljike, podudara se sa rezultatima istraživanja Tiwari i sur. (2009.) koji su utvrdili značajnu negativnu korelaciju između ličinki i jaja nematoda korijenovih kvržica (*M. incognita* Chitwood) i dužine oštećenja kukuruznog moljca. Povećanjem broja ličinki kukuruznog moljca smanjivao se broj jaja i ličinki nematoda korijenovih kvržica. Uzrok tome je ili smanjena korijenova biomasa, uslijed premještanja rezervnih hraniva zbog defolijacije biljke, prekinute vaskularne veze i time smanjena kvaliteta i masa korijenove biomase ili sekundarni obrambeni mehanizmi. Nisu utvrdili značajan utjecaj nematoda na kukuruznog moljca. Suprotno tomu, Fu i sur. (2001.), na istraživanju na kukuruzu, utvrdili su da je veći intenzitet napada nadzemnog štetnika skakavca uzrokovao povećanje broja fungivora i bakterivora, te ^{14}C aktivnosti nematoda u tlu.

Ukupna brojnost nematoda i ukupna brojnost gusjenica su većinom u pozitivnoj korelaciji. Statistički nije utvrđena značajnost, no u tretmanu bez navodnjavanja i povećane gnojidbe

utvrđena je jaka pozitivna korelacija između ove dvije varijable. Ali u istom tretmanu je populacija roda *Pratylenchus* negativno korelirana s ukupnim brojem gusjenica. Uvjeti bez navodnjavanja mogli bi uzrokovati pozitivnu korelaciju između gusjenica i nematoda, izuzev roda *Pratylenchus.* U uvjetima bez navodnjavanja, a također i bez gnojidbe nematode i gusjenice bi mogle pozitivno utjecati jedne na druge, te bi se povećanjem broja jednih mogao povećavati i broj drugih. No, to je također moguće i zbog nepovoljnih uvjeta za razvoj biljke. Ipak, uvjeti samo povećane gnojidbe pokazuju negativnu korelaciju između gusjenica i nematoda. Negativnoj korelaciji između gusjenica i nematoda, doprinose i rezultati deskriptivne statistike gdje je vidljivo da u tretmanu bez navodnjavanja i povećane gnojidbe nije utvrđeno najviše gusjenica, dok se broj nematoda povećao. U istom tretmanu utvrđeno je i povećanje brojnosti roda *Pratylenchus.* U uvjetima gnojidbe, prema tome, moglo bi doći do povećanja brojnosti nematoda što bi negativno djelovalo na ukupnu brojnost gusjenica. No, isto tako, ishrana gusjenica povećana je u uvjetima gnojidbe i statistički je utvrđeno da će negativno utjecati na ukupnu brojnost i brojnost biljno parazitnih nematoda.

5. Zaključak

Broj gusjenica kukuruznog moljca (*O. nubilalis* Hübner) u stabljici kukuruza povećavao se navodnjavanjem i gnojidbom, u odnosu na kontrolu. Prosječno najviše ih je utvrđeno u tretmanu A3B3, pri navodnjavanju 80-100% PVK i gnojidbi 200 kg N ha^{-1} (1,97 gusjenica $stabljika^{-1}$). Usporedbom tretmana A1B3, gdje se povećala samo gnojidba (1,20 gusjenica $stabljika^{-1}$) i tretmana A3B1, gdje se povećalo samo navodnjavanje (1,47 gusjenica $stabljika^{-1}$) vidljiv je utjecaj povećanja navodnjavanja na povećanje brojnosti gusjenica u stabljici kukuruza.

Najveće oštećenje stabljike (cm) od kukuruznog moljca utvrđeno je u tretmanu A1B3 (56,37 cm $stabljika^{-1}$), bez navodnjavanja i gnojidba 200 kg N ha^{-1}, dok se u tretmanima smanjene gnojidbe smanjivalo i oštećenje. Time se zaključuje da je na oštećenje stabljike od kukuruznog moljca veći utjecaj imala gnojidba, odnosno da će gusjenice u uvjetima povećane gnojidbe pokazati veći afinitet za ishranom. Mogući razlog tome je što povećana gnojidba dušikom uzrokuje povećanje koncentracije hranjivih elemenata u biljnim dijelovima te time čini biljku privlačnijom nadzemnim štetnicima. Osim toga, povećan unos dušika neorganskim gnojivima mogao bi uzrokovati neuravnoteženost drugih elemenata i smanjivati otpornost biljke, te u konačnici uzrokovati veće oštećenje biljke od strane nadzemnih štetnika.

Iako je najveća ukupna brojnost nematoda (285,00 nematoda 100 ml^{-1} tla) utvrđena je u tretmanu A3B3, pri navodnjavanju 80-100% PVK i gnojidbi 200 kg N ha^{-1}, povećanje broja nematoda utvrđeno je i u tretmanu A1B3, pri povećanoj gnojidbi (203,33 nematoda 100 ml^{-1} tla). Usporedbom rezultata tretmana samo povećane gnojidbe i samo povećanog navodnjavanja, zaključuje se da će gnojidba utjecat na povećanje brojnosti nematoda. To može biti rezultat povećanja najbrojnije populacije nematoda u tlu, bakterivora, jer je utvrđeno da bakterivore i fungivore doprinose mineralizaciji dušika, pa je za očekivati da će se njihov broj povećavati prilikom povećanja gnojidbe. U uvjetima navodnjavanja povećavala se brojnost biljno parazitnih nematoda.

Sveukupno veća brojnost nematoda, ali i veća raznolikost rodova utvrđena je u rujnu (11) u odnosu na srpanj (8). Najbrojniji rod u oba mjeseca bio je *Pratylenchus*. U srpnju je utvrđena veća populacija rodova *Aphelenchus* i *Aphelenchoides*, dok se u rujnu njihova populacija smanjila, a povećala populacija roda *Tylenchus*.

Utvrđene su statistički značajne razlike između tretmana kontrole, navodnjavanja i gnojidbe za broj gusjenica po stabljici, oštećenje stabljike od kukuruznog moljca i masu klipa, no ne i za rodove nematoda. Samo kod bakterivora je utvrđena statistički značajna razlika

tretmana A3B3, navodnjavanje 80-100% PVK i gnojidba 200 kg N ha^{-1}, u odnosu na ostale tretmane.

Dobiveni rezultati pokazuju uglavnom pozitivnu korelaciju između ukupnog broja gusjenica i dužine oštećenja stabljike. S obzirom da je utvrđen utjecaj navodnjavanja na broj gusjenica, očekivano je, u takvim uvjetima utvrđena statistički značajna pozitivna korelacija između broja gusjenica i dužine oštećenja.

U uvjetima povećane gnojidbe (A1B3) utvrđena je statistički značajna negativna korelacija između ukupnog broja nematoda i dužine oštećenja stabljike (-1,00), te roda *Pratylenchus* i ukupnog broja gusjenica (-1,00). Ispitivanjem varijabli ovisno samo o povećanoj gnojidbi (200 kg N ha^{-1}) također je utvrđena statistički značajna negativna korelacija između ukupnog broja nematoda i dužine oštećenja stabljike (-0,82). Slični rezultati dobiveni su i u ispitivanju varijabli ovisno samo o povećanom navodnjavanju (80-100% PVK).

Rezultati pokazuju većinom jaku negativnu korelaciju između ukupnog broja nematoda i dužine oštećenja stabljike od kukuruznog moljca, u svim tretmanima, statistički značajnu u tretmanu povećane gnojidbe, ali pozitivnu, no ne i statistički značajnu, korelaciju između ukupnog broja gusjenica i ukupnog broja nematoda. Sukladno tome možemo zaključiti da će nadzemni štetnik (*O. nubilalis* Hübner) imati negativan utjecaj na nematofaunu tla, odnosno da će se povećanjem oštećenja stabljike od kukuruznog moljca smanjivati ukupan broj nematoda u tlu.

6. Popis literature

Altieri, M.A., Nicholls, C.I. (2003) : Soil fertility management and insect pests: harmonizing soil and plant health in agroecosystems, Soil & Tillage Research 72: 203-211

Baermann, G. (1917.): Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum - (Nematoden) - Larven in Erdproben. Tijdschrift voor Diergeneeskunde, 57: 131–137

Bažok, R., Igrc Barčić, J., Kos, T., Gotlin Čuljak, T., Šilović, M., Jelovčan, S., Kozina, A. (2009): Monitoring and efficacy of selected insecticides for European corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübn., Lepidoptera: Crambidae) control, Jurnal of Pest Science, 82, 4: 311-319

Blossey, B., Hunt-Joshi, T.R. (2003.): Belowground herbivory by insects: Influence on plants and aboveground herbivores, Annual Review of Entomology 48: 521–547

Bongers, T. (1994.): De nematoden van Nederland. KNNV: Utrecht.: 408

Brmež, M., Ivezić, M., Raspudić, E., Majić, I. (2004) : Dinamika polulacije nematoda u pšenici, Poljoprivreda 10 (2): 5-9

Erb, M., Flors, V., Karlen, D., de Lange, E., Planchamp, C., D'Alessandro, M., Turlings, T.C.J., Ton, J. (2009.): Signal signature of aboveground-induced resistance upon belowground herbivory in maize, The Plant Journal 59: 292-302

Ferris, H., Bongers, T., Goede, R.G.M. (2000.): A framework for soil food web diagnostics : extension oft the nematode faunal analysis concept, Applied Soil Ecology 10: 13-29

Ferris, H., Venette, R.C., Scow, K.M. (2004.): Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations od their nitrogen mineralisation function, Applied Soil Ecology 25: 19-35

Fu, S., Kisselle, K.W., Coleman, D.C., Hendrix, P.F., Crossley Jr, D.A. (2001): Short-term impact of aboveground herbivory (grasshopper) on the abundance and ^{14}C activity of soil

nematodes in conventional tillage and no-tillage agroecosystem, Soil Biology & Biochemistry 33: 1253-1258

Giblin-Davis, R.M. (1993): Interaction of nematodes with insects, Nematode Interactions 1993: 302-344

Ivezić, M., Raspudić, E. (1997) : Intensity of attack of the corn borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) on the territory of Barana in the period 1971-1990. Natura croatica, Vol. 6, No 1.: 137-142

Ivezić, M., Raspudić, E. (2001): The European Corn Borer (*Ostrinia nubilalis* Hübner) review of results from Croatia, Poljoprivreda 7 (1): 15-17

Nehrer, D.A. (2001): Role of Nematodes in Soil Health and Their Use as Indicators, Journal of Nematology 33 (4): 161-168. 2001.

Pineda, A., Zheng, S., van Loon, J.J.A., Pieterse, C.M.J., Dicke, M. (2010.): Helping plants to deal with insects: the role of beneficial soil-borne microbes, Trend in Plant Science 15: 507-514

Porazinska, D.L., Duncan, L.W., McSorley, R., Graham, J.H. (1999.): Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices, Applied Soil Ecology 13: 69-86

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 15.-19. veljače 2010., Zbornik radova 901-905

Raspudić, E., Sarajlić, A., Ivezić, M., Majić, Brmež, M., I., Gumze, A. (2013): Učinkovitost kemijskog suzbijanja kukuruznog moljca u sjemenskom kukuruzu, Poljoprivreda 19 (1): 11-15

Soler, R., Van der Putten, W.H., Harvey, J.A., Vet, L.E.M., Dicke, M., Bezemer, T.M. (2012): Root herbivore effects on aboveground multitrophic interactions: Patterns, processes and mechanisms, Journal of Chemical Ecology 38: 755-767

Tiwari, S., Youngman, R.R., Lewis, E.E., Eisenback, J.D. (2009): European corn borer (Lepidoptera: Crambidae) stalk tunneling on root-knot nematode (Tylenchida: Heteroderidae) fitness on corn, Journal of Chemical Ecology 102 (2): 602-609

Van Dam, N.M., Harvey, J.A., Wackers, F.L., Bezzemer, T.M., Van der Putten, W.H., Vet, L.E.M., (2003.): Interactions between aboveground and belowground induced responses against phytophages, Basic and Applied Ecology 4: 63-77

Van Tol, R.W.H.M., Van der Sommen, A.T.L., Boff, M.I.C., Van Bezooijen, J., Sabells, M.W., Smits, H. (2001.): Plants protect their roots by alerting the enemies of grubs, Ecology Letters 4: 292-294

Wasilewska, L. (1994.): The effect of age of meadows on succession and diversity in soil nematode communities. Pedobiologia, 38: 1–11

Wei, C., Zheng, H., Li, Q., Lu, X., Yu, Q., Zhang, H., Chen, Q., He, N., Kardol, P., Liang, W., Han, X. (2012.): Nitrogen Addition Regulates Soil Nematode Community Composition throught Ammonium Suppresion, www.plosone.org

***

Horvat, D.: Predavanja iz biometrike i ekonometrije, Lekcija 4 – Mjere varijacije http://www.pfos.hr/~bioinfo/Biometrika/L4.pdf (26.5.2014.)

Poljoprivredni institut Osijek (2014): OS hibridi kukuruza, Katalog 2014. http://www.poljinos.hr/pdf/katalog_OS_HIBRIDI_KUKURUZA_2014.pdf (29.5.2014.)

***

http://mathworld.wolfram.com/Skewness.html (26.5.2014.)

http://www.pfos.hr/~bioinfo (26.5.2014.)

http://www.plosone.org (26.5.2014.)

http://www.poljinos.hr (29.5.2014.)

http:// www.insectimages.org (9.6.2014.)

7. Sažetak

Provedeno je istraživanje na pokusu kukuruza, te je utvrđivan utjecaj nadzemnog štetnika (*O. nubilalis* Hübner) na nematofaunu tla u kukuruzu. Istraživanje je obavljeno na hibridu OsSK 552, u četiri različita tretmana navodnjavanja i gnojidbe, u srpnju i rujnu 2013. godine u Osijeku. Utvrđen je broj gusjenica kukuruznog moljca, dužina oštećenja stabljike od kukuruznog moljca po stabljici, masa klipa kukuruza, ukupna brojnost nematoda u tlu, brojnost trofičkih grupa nematoda, te zastupljenost rodova biljno parazitnih i fungivornih nematoda. Na broj gusjenica veći je utjecaj imalo navodnjavanje, a na dužinu oštećenja i broj nematoda gnojidba. U interakciji nadzemnog štetnika i nematoda u tlu, rezultatima je utvrđena statistički značajna negativna korelacija između dužine oštećenja stabljike od kukuruznog moljca i ukupnog broja nematoda u tlu, te se zaključuje da će nadzemni štetnik (*O. nubilalis* Hübner) negativno utjecati na nematofaunu tla. Povećanjem oštećenja stabljike od kukuruznog moljca smanjivat će se ukupna brojnost nematoda u tlu.

8. Summary

The research was conducted on the maize experiment and the effect of the aboveground pest (*O. nubilalis* Hübner) on soil nematofauna in maize was out to determin. The research was preformed on hybrid OsSK 552, on four different treatment of irrigation and fertilization, in July and September 2013, in Osijek. European corn borer larvae number, stalk tunneling of corn borer per stalk, corncob mass, total number of soil nematodes, nematodes trophic groups number, representation of plant parasitic and mycophagous nematodes gender was determined. Irrigation had bigger effect on corn borer larvae number, fertilization had bigger effect on stalk tunneling and nematodes number. In interaction between abovegroung pest and soil nematodes communities, results show significant negative corelation between stalk tunneling and total nematodes number and it is concluded that aboveground pest (*O. nubilalis* Hübner) will negatively effect on soil nematofauna. Increased stalk tunneling will reduce total number of soil nematodes.

9. Popis tablica

Tablica 1. Tretmani navodnjavanja i gnojidbe

Tablica 2. Deskriptivna statistika za broj gusjenica kukuruznog moljca u stabljici

Tablica 3. Deskriptivna statistika za oštećenje stabljike (cm) po stabljici od kukuruznog moljca

Tablica 4. Deskriptivna statistika za ukupnu brojnost nematoda u tlu

Tablica 5. Deskriptivna statistika za trofičke grupe nematoda u tlu

Tablica 6. Razlike između tretmana kontrole, navodnjavanja i gnojidbe za srednje vrijednosti broja gusjenica po stabljici, oštećenja stabljike od kukuruznog moljca i mase klipa

Tablica 7. Razlike između tretmana kontrole, navodnjavanja i gnojidbe za srednje vrijednosti rodova nematoda

Tablica 8. Razlike između tretmana kontrole, navodnjavanja i gnojidbe za srednje vrijednosti trofičkih grupa, ukupne brojnosti nematoda i ekološki indeks zajednice nematoda

Tablica 9. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli u tretmanu kontrole

Tablica 10. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli u tretmanu A1B3

Tablica 11. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli u tretmanu A3B1

Tablica 12. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli u tretmanu A3B3

Tablica 13. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli neovisno o tretmanu

Tablica 14. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli ovisno samo o navodnjavanju: bez navodnjavanja

Tablica 15. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli ovisno samo o navodnjavanju: navodnjavanje 80-100% PVK

Tablica 16. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli ovisno samo o gnojidbi: gnojidba 0 kg N ha^{-1}

Tablica 17. Korelacijski koeficijenti između ispitivanih varijabli ovisno samo o gnojidbi: gnojidba 200 kg N ha^{-1}

10. Popis slika

Slika 1. Kukuruz (*Z. mays* L.), hibrid OsSK 552
Slika 2. Gusjenica kukuruznog moljca (*O. nubilalis* Hübner)
Slika 3. Imago kukuruznog moljca (*O. nubilalis* Hübner)
Slika 4. „Metoda lijevaka“, Baermannova metoda
Slika 5. Pratylenchus sp. mužjak
Slika 6. Pratylenchus sp. ženka

11. Popis grafikona

Grafikon 1. Zastupljenost rodova biljno parazitnih i fungivornih nematoda po tretmanima u srpnju 2013.godine

Grafikon 2. Zastupljenost rodova biljno parazitnih i fungivornih nematoda po tretmanima u rujnu 2013.godine

Grafikon 3. Populacija nematoda u 2013.godini po tretmanima

Grafikon 4. Trofičke grupe nematoda u 2013. godini po tretmanima

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku **Diplomski rad**
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Sveučilišni diplomski studij, smjer Zaštita bilja

Utjecaj nadzemnog štetnika (*Ostrinia nubilalis* Hübner) na nematofaunu tla u kukuruzu

Maja Prpić

Sažetak: Provedeno je istraživanje na pokusu kukuruza, te je utvrđivan utjecaj nadzemnog štetnika (*O. nubilalis* Hübner) na nematofaunu tla u kukuruzu. Istraživanje je obavljeno na hibridu OsSK 552, u četiri različita tretmana navodnjavanja i gnojidbe, u srpnju i rujnu 2013. godine u Osijeku. Utvrđen je broj gusjenica kukuruznog moljca, dužina oštećenja stabljike od kukuruznog moljca po stabljici, masa klipa kukuruza, ukupna brojnost nematoda u tlu, brojnost trofičkih grupa nematoda, te zastupljenost rodova biljno parazitnih i fungivornih nematoda. Na broj gusjenica veći je utjecaj imalo navodnjavanje, a na dužinu oštećenja i broj nematoda gnojidba. U interakciji između nadzemnog štetnika i zajednice nemadota u tlu, rezultatima je utvrđena statistički značajna negativna korelacija između dužine oštećenja stabljike od kukuruznog moljca i ukupnog broja nematoda u tlu, te se zaključuje da će nadzemni štetnik (*O. nubilalis* Hübner) negativno utjecati na nematofaunu tla. Povećanjem oštećenja stabljike od kukuruznog moljca smanjivat će se ukupna brojnost nematoda u tlu.

Rad je izrađen pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: doc. dr. sc. Ivana Majić

Broj stranica: 39
Broj grafikona i slika: 4 grafikona, 6 slika
Broj tablica: 17
Broj literaturnih navoda: 24
Broj priloga: -
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: interakcija, *Ostrinia nubilalis*, zajednica nematoda, kukuruz

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Marija Ivezić, predsjednik
2. doc. dr. sc. Ivana Majić, mentor
3. prof. dr. sc. Emilija Raspudić, član
4. prof. dr. sc. Mirjana Brmež, 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 in Osijek
University Graduate Studies, Plant production, course Plant Protection

Effect of aboveground pest (*Ostrinia nubilalis* Hübner) on soil nematofauna in maize

Maja Prpić

Abstract: The research was conducted on the maize experiment and the effect of the aboveground pest (*O. nubilalis* Hübner) on soil nematofauna in maize was out to determin. The research was preformed on hybrid OsSK 552, on four different treatment of irrigation and fertilization, in July and September 2013, in Osijek. Corn borer larvae number, stalk tunneling of corn borer per stalk, corncob mass, total number of soil nematodes, nematodes trophic groups number, representation of plant parasitic and mycophagous nematodes gender was determined. Irrigation had bigger effect on corn borer larvae number, fertilization had bigger effect on stalk tunneling and nematodes number. In interaction between abovegroung pest and soil nematodes community, results show significant negative corelation between stalk tunneling and total nematodes number and it is concluded that aboveground pest (*O. nubilalis* Hübner) will negatively effect on soil nematofauna. Increased stalk tunneling will reduce total number of soil nematodes.
.

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: PhD Ivana Majić, assistant professor

Number of pages: 39
Number of figures: 4 graphs, 6 pictures
Number of tables: 17
Number of references: 24
Number of appendices: -
Original in: Croatian

Key words: interaction, *Ostrinia nubilalis,* nematodes community, maize

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. PhD Marija Ivezić, full professor - chair
2. PhD Ivana Majić, assistant professor - mentor
3. PhD Emilija Raspudić, full professor - member
4. PhD Mirjana Brmež, full professor – member

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