

Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe na zajednicu nematoda u kukuruzu

Ljubek, Nikolina

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:151:105739>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-04**



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

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Nikolina Ljubek, apsolvant

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer: Zaštita bilja

UTJECAJ NAVODNJAVANJA I GNOJIDBE NA

ZAJEDNICU NEMATODA U KUKURUZU

Diplomski rad

Osijek, 2014.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Nikolina Ljubek, apsolvant

Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo

Smjer: Zaštita bilja

UTJECAJ NAVODNJAVANJA I GNOJIDBE NA

ZAJEDNICU NEMATODA U KUKURUZU

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. Prof. dr. sc. Marija Ivezić, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Mirjana Brmež, mentor
3. Doc. dr. sc. Ivana Majić, član

Osijek, 2014.

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD..... | 1 |
| 1.1. KUKURUZ..... | 3 |
| 1.2. SISTEMATIKA NEMATODA..... | 4 |
| 1.3. NEMATODE U POLJOPRIVREDNOJ PROIZVODNJI..... | 8 |
| 1.3.1. NEMATODE KAO BIOINDIKATORI..... | 8 |
| 1.3.2. ENTOMOPATOGENE NEMATODE..... | 9 |
| 1.3.3. FITOPARAZITNE NEMATODE..... | 11 |
| 1.4. TROFIČKE ILI HRANIDBENE GRUPE NEMATODA..... | 13 |
| 1.4.4. C-P GRUPE NEMATODA..... | 16 |
| 1.5. CILJ ISTRAŽIVANJA..... | 17 |
| 2. PREGLED LITERATURE..... | 18 |
| 3. MATERIJAL I METODE..... | 21 |
| 3.1. INDEKS ZRELOSTI TLA (MI)..... | 24 |
| 3.2. BILJNOPARAZITSKI INDEKS (PPI)..... | 24 |
| 3.3. ODNOS PPI/MI..... | 25 |
| 4. REZULTATI..... | 26 |
| 4.1. ANALIZA UKUPNE BROJNOSTI..... | 26 |
| 4.2. ANALIZA BROJA RODOVA..... | 27 |
| 4.3. ANALIZA TROFIČKIH GRUPA NEMATODA..... | 30 |
| 4.4. ANALIZA INDEKSA UZNEMIRENJA..... | 32 |
| 5. RASPRAVA..... | 34 |
| 6. ZAKLJUČAK..... | 37 |
| 7. POPIS LITERATURE..... | 38 |
| 8. SAŽETAK..... | 47 |
| 9. SUMMARY..... | 48 |
| 10. POPIS TABLICA..... | 49 |
| 11. POPIS SLIKA..... | 49 |
| 12. POPIS GRAFIKONA..... | 49 |
| TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA | |
| BASIC DOCUMENTATION CARD | |

1. UVOD

Nematode (oblici, crvi) su životinje za koje se smatra da su jedne od najstarijih, najbrojnijih i najraznovrsnijih vrsta životinja na Zemlji. Procjenjuje se da su nastanile Zemlju prije više od milijun godina (Wang i sur., 1999.). Obzirom na mali broj pronađenih fosilnih ostataka nematoda (22 vrste iz 11 rodova), ali i njihovu mikroskopsku veličinu te njihovog tijela meke građe, smatra se da su nematode nastale prije 400 milijuna godina prije, tzv. „Velške eksplozije“ („*Cambrian explosion*“) i utvrđene su kod beskralješnjaka koji se mogu fosilizirati (Poinar, 1983.).

Danas se zna da su se nematode uspješno prilagodile gotovo svim uvjetima života. Naseljavaju morske, slatkovodne i kopnene ekosustave, ali čak ih se može pronaći i u polarnim krajevima, npr. nematode zauzimaju oko 90% svih oblika života na dnu oceana (<http://en.wikipedia.org/wiki/Nematode>).

Ovisno o vrsti, nematode mogu biti korisne ili štetne. U poljoprivredi mogu uzrokovati razna oštećenja i virusna oboljenja na biljkama (npr. *Anquina tritici* Steinb., *Xiphinema index* Thorne te rodovi *Meloydoginespp.*, *Pratylenchusspp.* i sl.), a ostale vrste mogu biti korisne kao što su, npr. entomopatogene nematode (*Steinernemaspp.* i *Heterorhabditisspp.*) (Poljoprivredna enciklopedija, 1970.).

Kod životinja i ljudi uzrokuju razne bolesti te se smatra da su oko 60% nematoda paraziti na čovjeku (npr. vrsta *Trichinella spiralis* Owen uzrokuje bolest trihinelozu, *Ascaris lumbricoides* L. uzrokuje čovječju glistu, *Ancylostoma duodenale* L. uzrokuje bolest rudarsku glistu i sl.) (Poljoprivredna enciklopedija, 1970.).

Zastupljenost pojedinih vrsta nematoda u tlu, ali i ukupna brojnost, varira i može se kretati 1-10 milijuna/m² (Sohlenius, 1980). Nematode su dobri bioindikator jer prve reagiraju na bilo koje promjene u tlu, kao npr. razna onečišćenja, kruženje hranjiva, biljni pokrivač i sl. (Brmež, 2004.).

Ovim radom objasniti će se utjecaj navodnjavanja i gnojidbe kukuruza na stanje zajednice nematoda u tlu.

1.1. KUKURUZ

Kukuruz (lat. *Zea mays*L.) (Slika 1.) jest biljka koja potječe iz Srednje Amerike. Uz pšenicu i rižu, jedna je od najvažnijih žitarica na svijetu te se uzgaja u gotovo svim klimatskim uvjetima. Ekonomski značaj kukuruza je vrlo velik jer gotovo svi dijelovi kukuruza mogu poslužiti za preradu. Korijen kukuruza, koji ostaje u tlu, obogaćuje tlo organskim tvarima, potiče mikrobiološku aktivnost tla i popravlja samu strukturu tla. Svi ostali dijelovi kukuruza, kao što je već spomenuto, mogu se koristiti za ljudsku prehranu (proizvodnja kruha i sl.) te za industrijsku preradu (kozmetički i farmaceutski proizvodi, u ljekarničke svrhe, za pripravke sokova i napitaka te za kemijske proizvode, tekstilne proizvode i sl.). Stabljike s listovima i klipovima služe za prehranu životinja u zelenom stanju ili za silažu. Zbog toga, glavna namijena uzgoja kukuruza, jest upravo u stočarstvu, i služi za ishranu stoke.



Slika 1. Kukuruz (lat. *Zea mays*L.) hibrid Ossk 617

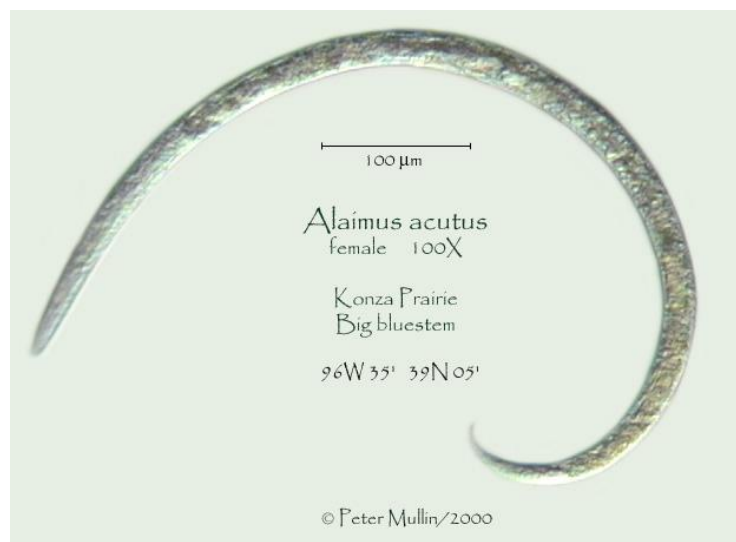
Izvor: http://www.agroklub.com/upload/slike/oglasnik/3244_1.jpg

Prilikom uzgoja kukuruza, jedne od najvažnijih mjera njege usjeva, upravo su gnojidba i navodnjavanje. Gnojidba se vrši pred osnovnu obradu tla, pri predsjetvenoj obradi, prilikom sjetve i tokom vegetacije. Osnovna gnojiva su NPK. Navodnjavanje kukuruza vrši se ako ima nedovoljnih količina vode u ljetnim mjesecima. Najosjetljiviji na nedostatak vode je u fazama metličanja pa do završetka nadolijevanja zrna (tada kukuruz troši i $\frac{2}{3}$ ukupne količine vode) (Poljoprivredna enciklopedija, 1970.).

Razlikuje se nekoliko botaničkih podvrsta i to: tvrdunac, zuban, šećerac, mekunac, voskovac i kokavac. U poljoprivrednoj se proizvodnji najviše upotrebljavaju zuban i tvrdunac. Sjemenskog se kukuruza godišnje zasije 452.000.000 ha, dok prosječan prinos iznosi 3,4 t ha⁻¹. Ovisno o hibridu i uvjetima uzgoja, po ha se sije 15 do 20 kg sjemena. U Hrvatskoj se ostvaruje prosječan prinos kukuruza od 4,7 t ha⁻¹, a sije se oko 500.000 ha godišnje (Kolak, 1994.).

1.2. SISTEMATIKA NEMATODA

Obzirom na sistematsku klasifikaciju, nematode (Slika 2.) pripadaju: carstvu životinja - *Animalia*, koljenu *Nematode* (ovom koljenu je naziv dao Nathan Cobb 1919.), razredu *Secernentea(Phasmida)* - predstavnici ovog razreda uglavnom su fitoparazitne nematode koje žive u vlažnom tlu; i razredu *Adenophorea (Aphasmida)* - predstavnici su slobodnoživuće nematode, najčešće žive u morima i rijeđe su paraziti (Oštrec, 1998.).



Slika 2. Ženka *Alaimus acutus* Thorne (Mullin, P., 2000.)

Izvor: <http://nematode.unl.edu/alacut1.jpg>

U većini staništa predstavljaju najbrojniju grupu životinja jer naseljavaju gotovo sva staništa, čak i ona koja su nepovoljna za druge vrste organizama. Determinirano je preko 80.000 vrsta nematoda od kojih su njih preko 18.000 paraziti (<http://www.wisegeek.com/what-are-nematodes.htm>).

Nematode imaju jednostavnu građu tijela koje je nesegmentirano i oblo. Često se za nematode koristi fraza „cijev unutar cijevi“ zbog njihove građe tijela (Brusca i Brusca, 1990.). Tijelo im može biti raznih oblika: limunastog, nitastog, crvolikog, vretenastog, kruškolikog i drugog oblika tijela. Obzirom da nemaju pigmente, boja im je pretežno mliječno – bijela do žuta. Sitnih su dimenzija i vidljive su samo pod mikroskopom (u prosjeku dosežu 0,5 – 2 mm dužine – to su uglavnom fitoparazitne nematode, osim što nekoliko vrsta roda *Longidorus* prelaze 10 mm dužine). Postoje i puno veće vrste, a jedna od najpoznatijih jest *Placentonema gigantissima* (parazit placente kitova) koja doseže dužinu i do 8 m (<http://nematode.unl.edu/wormgen.htm>).

Kod tijela nematoda razlikuju se tri osnovna dijela: prednji, srednji i stražnji dio koji nije međusobno odvojen jasnim granicama.

- **Prednji dio** – obuhvaća glavu, odnosno glavnu čahuru s usnim ustrojem. Obzirom na način ishrane nematoda, razlikuje se i usni ustroj, pomoću kojega se nematode mogu identificirati (npr. fitoparazitne nematode imaju usni ustroj u obliku bodlje,

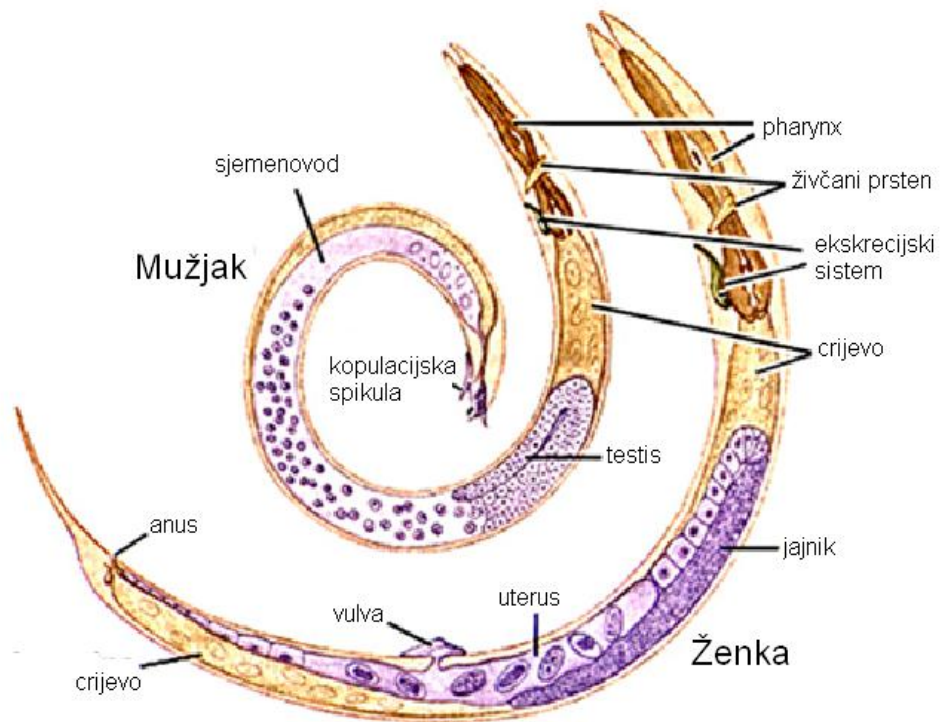
odnosno stiletu pomoću kojeg probijaju tkivo biljaka i sišu sokove, dok npr. kod predatora usni je ustroj karakteriziran „zubima“, odnosno „kukama“ i sl.). Osim usnog ustroja, na glavi se nalaze i osjetilni organi koji služe za kemijske, svjetlosne i mehaničke podražaje.

- **Srednji dio** – jest najduži dio tijela nematoda. Počinje iza glave nematoda, a završava kod analnog otvora – kloake. U ovom se dijelu tijela nalaze jednjak, crijeva, probavni i reproduktivni organi, a na kraju se nalazi analni otvor.
- **Stražnji ili repni dio** – počinje iza analnog otvora. Može se razlikovati po dužini i širini, ovisno o vrsti, a katkada može imati i izraštaje.

Tijelo nematoda se također sastoji od tri osnovna sloja, i to: kutikule, epiderme i mišića.

- **Kutikula** – savitljiva je, odnosno fleksibilna i čvrsta. Uloga joj je da štiti tijelo nematode, da služi kao potpora mišićima i omogućava lakše kretanje, ali i da tijelu daje čvrstoću.
- **Epiderma** – nalazi se odmah ispod kutikule. Također je čvrsta i savitljiva. Uloga joj je da vezuje trbušno, leđno i oba bočna zadebljanja. U epidermi se nalazi i **živčani sustav** koji je po građi složeniji od onog kod plosnatih crva te je vrpčast. Živčani sustav sastoji od ganglijskih tijela.
- **Mišići** – nalaze se odmah ispod epiderme te su uzdužno poravnati unutar tijela kako bi nematodama omogućili da se savijaju sa jedne strane na drugu, tj. da imaju sposobnost vijuganja jer nematode nisu sposobne da se podižu ili pužu kao neke druge životinje. Mišići se aktiviraju pomoću dva živca koja se nalaze s trbušne (ventralne) i leđne (dorzalne) strane tijela.
- **Probavni sustav** – započinje usnim ustrojem, a završava analnim otvorom (kloakom). Sustav se dijeli na prednje, srednje i stražnje crijevo. Prednje i stražnje crijevo su obloženi kutikulom.

- **Krvni sustav** – nematodama krv slobodno kola po tijelu jer imaju otvoren i jednostavan krvni sustav.
- **Respiratorni sustav** – nematode dišu preko cijele površine kože jer dišu pomoću pora koje se nalaze na površini kože.
- **Ekskrecijski sustav** – ekskrecijski je kanal u obliku cjevčica koje su žljezdanog porijekla. Nalazi se s obje strane tijela. Nematodama služi za izbacivanje i reguliranje otpadaka i suvišnih hranjivih tvari.
- **Reproduktivni sustav** – ženke i mužjaci (Slika 3.) se razlikuju. Ženke po građi tijela mogu biti cistolike ili crvolike. Ženski se reproduktivni sustav sastoji od jednog ili dva jajnika, sjemenske posude, vulve i maternice. Jajnici proizvode oogonije iz kojih se kasnije razvijaju jajne stanice. Neke nematode su viviparne (rađaju žive ličinke), dok većina njih proizvodi jajašca (oviparne su). Unutar jajašca razvija se zigota iz koje se kasnije razvijaju ličinke. Ličinke prolaze kroz četiri razvojne faze. U zadnjoj, četvrtoj fazi razvoja, ličinke liče odraslima, osim što im nije u potpunosti razvijen epidermijski sloj, a reproduktivni se sustav sastoji od samo nekoliko stanica. Katkada dolazi i do pojave hermafroditizma. Mužjaci su crvoliki i uvijek su manji od ženki (spolni dimorfizam). Zadnji dio tijela im je povijen kako bi se prihvatili za ženku i izvršili kopulaciju.



Slika 3. Poprečni presjek mužjaka i ženke nematode

Izvor: <http://sharonapbio-taxonomy.wikispaces.com>

- **Anabioza ili kriptobioza**–jest pojava nekih vrsta nematoda da su u nepovoljnim uvjetima (ekstremne vrućine, hladnoće, suše i sl.) sposobne zaustaviti sve životne procese, a kada dođu povoljni uvjeti, normalno se vraćaju u život.
- **Anoksibioza** – jest sposobnost nekih vrsta nematoda da prijeđu u stanje mirovanja kada su smanjene količine kisika.

1.3.NEMATODE U POLJOPRIVREDNOJ PROIZVODNJI

Nematode naseljavaju gotovo svaki tip tla. U 1 cm³ tla brojnost nematoda može se kretati od 1000 do 10000 jedinki. Najviše nematoda ima u sloju tla od 0 – 20 cm (www.agr.unizg.hr). Tako se, obzirom na način ishrane, razlikuju: saprofagi, bakterivore, fungivore, omnivore i biljni paraziti, odnosno fitoparazitne nematode. Fitoparazitne nematode uzrokuju razna oštećenja na biljkama, dok se entomopatogene nematode koriste kao biološko sredstvo zaštite jer one imaju sposobnost parazitirati štetne kukce, ali i druge štetne nematode. Nematode također i izvrsno služe kao bioindikatori jer reagiraju i osjetljive su i na najmanje promjene u tlu (www.organicgardening.com).

1.3.1. NEMATODE KAO BIOINDIKATORI

Bioindikatori su organizmi (neke vrste životinja i biljaka) koji služe za dokazivanje promjene u agrolinijskim osobinama tla, ali i bilo koje promjene u tlu. Nematode su jedne od posebno pogodnih organizama, odnosno bioindikatora, za razliku od drugih vrsta organizama u tlu zbog slijedećih osobina (Freckman 1988.): pojavljuju se u velikome broju, opna nematoda je u stalnom kontaktu s otopinama u kapilarnoj vodi tla te ih je moguće svrstavati po različitim kriterijima, kao npr. vrijeme reprodukcije, c-p grupe, trofičke (hranidbene) grupe i sl., lako se determiniraju i uzorkuju, uzorkovanje je moguće u svim sezonama jervelik broj vrsta podnosi anaerobne uvjete, vrste nematoda su raznolike i prisutne su u svim uvjetima, zbog proučavanja se mogu dehidrirati ili zamrznuti, većina se vrsta „lako uzgaja“ u laboratorijima u svrhu istraživanja i sl.

Tlo je neophodno za razvoj, uzgoj i njegu raznoraznih poljoprivrednih kultura, a osim toga, zdravo tlo pospješuje i čuva kvalitetu okoliša te zdravlje životinja i biljaka, ali i samog čovjeka (Brmež, 2004.). U današnje vrijeme, napretkom industrije, ubrzanim tempom života, nebrigom i neracionalnom upotrebom i korištenjem pesticida, neodgovornom i lošom obradom tla, gnojdbom, navodnjavanjem i sl., negativno se utječe i znatno se smanjuje kvaliteta i struktura tla. Neke su vrste nematoda važne za preradu organskih tvari u elemente koji su neophodni za rast i razvoj biljaka, dok je kvaliteta, struktura i plodnost tla važna za razvoj nematoda.

Pojedine grupe nematoda, točnije trofičke grupe, dobri su indikatori uznemirenosti tla prilikom, npr. promjena u načinu poljoprivredne proizvodnje (Wasilewska, 1997.). Klimatski i ekološki čimbenici, vegetacija i kultivacija od jednake su važnosti za raznolikost vrsta nematoda (Yeates, 1982.).

Godišnja doba također utječu na brojnost nematoda u tlu. Tako je utvrđeno da je najmanja brojnost nematoda u periodu od studenog do siječnja, a najveća brojnost nematoda je u periodu od travnja do rujna (Yeates, 1982.).

Dokazano je kako su varijacije unutar rodova nematoda, unatoč geografskim razlikama lokaliteta istraživanja, više vezane uz godišnja doba nego uz sam lokalitet (Powers i McSorley, 1994.).

1.3.2. ENTOMOPATOGENE NEMATODE

Fitoparazitne nematode smatraju se velikim štetnicima u poljoprivrednoj proizvodnji jer uzrokuju razna oboljenja na biljkama i uvelike smanjuju prinose. Međutim, postoje i nematode koje su čovjeku izuzetno korisne. Već su u 17. stoljeću (Smart, 1995.) Lister (1671.) i Aldrovani (1623.) u kukcima pronašli dugačke „crve“ (Poinar, 1975., cit., Petersen, 1995.). To su entomopatogene nematode.

Postoj nekoliko vrsta entomopatogenih nematoda (Slika 4.) koje su svrstane u devet porodica. Samo su tri porodice (*Heterorhabditidae*, *Steinernematidae* i *Mermithidae*) štetne za neke vrste kukaca (Oštrec, 2001.).

Entomopatogene nematode, odnosno njihove infektivne ličinke, ulaze u tijelo štetnog kukca preko otvora na tijelu kukca (usta, dišnice, analni otvor). Neko se vrijeme infektivne ličinke zadržavaju u tijelu štetnog kukca, a nakon toga izađu iz tijela na način da probiju tijelo kukca. Ponekad dolazi do simbioze entomopatogenih nematoda (*Heterorhabditis* i *Steinernema*) sa bakterijama (*Photorhabdus* i *Xenorhabdus*) i samim time brže, bolje i efikasnije unište štetnog kukca.



Slika 4. Entomopatogene nematode na kukcu

Izvor: <https://encrypted-tbn3.gstatic.com>

Webster (1972.), Silva i sur. (1995.), Schroeder i sur. (1996.), Gaugler (1992.), Petersen (1995.), ali i brojni drugi autori, bavili su se tematikom entomopatogenih nematoda. Došli su do zaključka da su ove nematode pokazale jako dobre rezultate kao biološko sredstvo za suzbijanje raznih štetnih insekata, a to su pokazali i brojni poljski i laboratorijski pokusi.

Ove se nematode mogu koristiti kao biološko sredstvo suzbijanja raznih štetnika jer nisu opasne za druge korisne organizme niti za okoliš. Mogu se same obnavljati, lako se ispuštaju u prirodu, lako se uzgajaju „*in vitro*“ (izvan živog organizma) ili „*in vivo*“ (unutar živog organizma) te osiguravaju suzbijanje kroz duže vremensko razdoblje (Oštrec, 2001.).

Zbog ograničavanja upotrebe kemijskih pesticida, npr. zbog rezistentnosti, ali i zbog visoke učinkovitosti entomopatogenih nematoda u odnosu na kemijska sredstva, svakako će se povećati upotreba entomopatogenih nematoda (Smart, 1995.) u suzbijanju štetnih kukaca.

1.3.3. FITOPARAZITNE NEMATODE

Fitoparazitne nematode vrlo su štetne za poljoprivrednu proizvodnju. Hrane se biljnim skovima, probijajući biljno tkivo pomoću stileta. Dok sisaju biljne sokove, u biljku mogu ispuštati razne viruse, a jednom kada je biljka zaražena, ostaje zaražena čitav život. Npr. nematoda *Xiphinema index* Thorne and Allen može zaraziti vinovu lozu vrlo štetnim virusom GFLV- virus (Grapevine Fanleaf Virus), odnosno virusom lepezastog lista vinove loze (Ivić i Fazinić, 2011.). Također, druge fitoparazitne nematode mogu zaraziti biljke NEPO i TOBRA virusima (Chen i sur., 2004.).

Obzirom na način prodiranja fitoparazitnih nematoda u biljke, razlikuju se:

- a.) **endoparazitne nematode** – ulaze potpuno u biljku, cijelim tijelom (kreću se kroz biljku, razmnožavaju se u biljci i sl.), unutar biljke se zadržavaju određeni dio života, a dok žive u biljci, nalaze se unutar nje te potpuno probijaju biljno tkivo.
- b.) **ektoparazitne ili egzoparazitne nematode** - pomoću stileta probijaju biljno tkivo te crpe sokove iz nje, a na biljci se zadržavaju samo dok se njome hrane.
- c.) **semiendoparazitne nematode** – zadržavaju se u biljci samo dok se njome hrane, a u biljku prodiru samo prednjim dijelom tijela. (www.agrif.bg.ac.rs)

Također postoje i slijedeće vrste nematoda, obzirom na prodiranje u biljke:

- **sedentorne vrste nematoda** - to su, npr. ženke *Heterodera spp.* i *Meloydogine spp.* koje nakon prodiranja u biljno tkivo gube moć kretanja i ostaju na jednome mjestu.
- **migratorne vrste nematoda** – su one vrste nematoda koje se mogu slobodno kretati oko korijenovog sustava ili unutar biljke. (www.agrif.bg.ac.rs)

Cistolike nematode uglavnom napadaju korijenje biljaka (npr., vrsta *Globodera rostochiensis* Wall. – zlatnožuta krumpirova cistolika nematoda (Slika 5.) i zbog toga mogu smanjiti prinose biljaka, npr. krumpira i to čak oko 80 – 90% (Ostojić, 2011).



Slika 5. Zlatnožuta krumpirova cistolika nematoda *Globodera rostochiensis* Wall.

Izvor: <http://www.forestryimages.org/images/768x512/1356143.jpg>

Crvolike nematode, kao npr., *Ditylenchus spp.*, *Pratylenchus spp.* te rodovi *Xiphinema* i *Longidorus* uzrokuju vrlo velika oštećenja u poljoprivrednoj proizvodnji (ratarstvo, voćarstvo, vinogradarstvo, hortikultura i sl.). Jedne od najčešćih mjera suzbijanja fitoparazitnih nematoda su upotreba otpornih sorata biljaka, vođenje računa o plodoredu i kemijskih sredstava – nematocida. (www.agrif.bg.ac.rs)

1.4. TROFIČKE ILI HRANIDBENE GRUPE NEMATODA

Obzirom na način ishrane, moguće je izvršiti klasifikaciju trofičkih grupa nematoda, što pomaže ekolozima da lakše razumiju mjesta na kojima se nematode nalaze u hranidbenom lancu (Brmež, 2004.).

Razlikuje se petnaest različitih trofičkih grupa (Yeates i sur., 1993.), ali opće je prihvaćeno prvih pet trofičkih grupa za ekološka istraživanja.

Kada se omnivore, fungivore i predatori, koje su manje zastupljene u tlima, pojave u većem broju u odnosu na biljne parazite i bakterivore, koje su više zastupljenije u tlima, dolazi do veće bioraznolikosti zajednice (Wasilewska, 1979.). Fitoparazitne nematode i bakterivore imaju najveću brojnost u tlu (McSorley, 1997.; Brmež, 2004.).

Isti način ishrane imaju nematode koje pripadaju jednoj porodici ili rodu, ali kod nekih rodova fungivora postoje vrste koje vrše oštećenja hraneći se unutar biljnih tkiva. Najčešće fungivore na našim područjima su, npr. vrste u okviru roda *Aphelenchus*, *Aphelenchoides* i *Ditylenchus* te postoje i fitoparazitne vrste nematoda koje pripadaju rodu *Ditylenchus* kao što je npr. vrsta *Ditylenchus dispaci* – stabljikina nematoda. Kod omnivora to nije pravilo jer se one mogu hraniti sa raznovrsnom hranom, odnosno, uglavnom su fitoparaziti, ali, ovisno o raspoloživosti hrane i stanju tla, mogu se hraniti i bakterijama te gljivama (Brmež, 2003.).

Podjela najzastupljenijih trofičkih grupa i njihove karakteristike nalaze se u tablici 1. (McSorley, 1997.; Brmež, 2004.; De Goede, 1993.; Weiss i Larkin, 1991.; Li i sur., 2007.; Karanja i sur., 2010.).

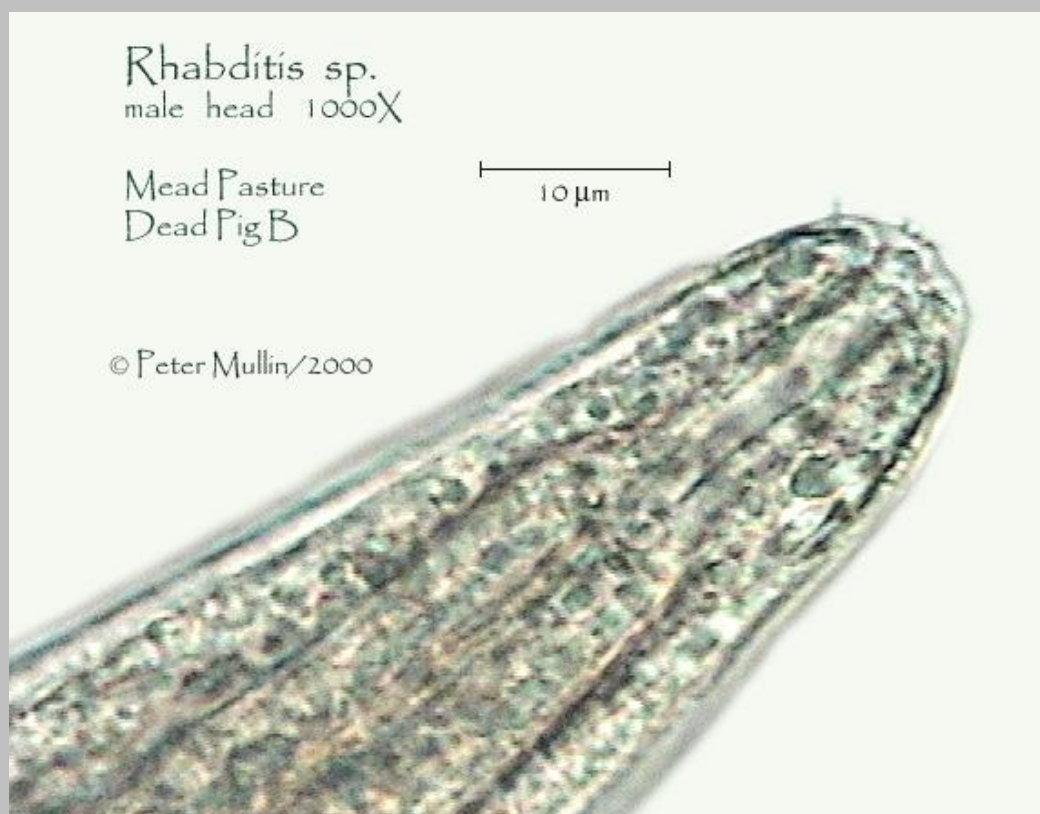
Tablica 1. Najzastupljenije trofičke grupe i njihove karakteristike

TROFIČKE GRUPE

KARAKTERISTIKE TROFIČKIH GRUPA

BAKTERIVORE

- usni im ustroj služi za probavu bakterija i u vidu je prazne šupljine;
- na glavi često imaju razne izraštaje (veće ili manje) te se zbog njih mogu lako determinirati;
- najbrojnije su na mjestima s povećanom količinom organske tvari, ali su i korisne prilikom razgradnje organske tvari u tlu;
- koristiti se mogu kao izvrsni bioindikator zagađenja tla od, npr. teških metala;
- predstavnici ove grupe su: *Rhabditis*, *Eucephalobus*, *Plectus*, *Eumonhystera*, *Amphidellusi* dr.



Slika 6. Glava mužjaka vrste *Rhabditis* (Mullin, P., 2000.)

Izvor: <http://nematode.unl.edu/rhabtis6.jpg>

FUNGIVORE

- hrane se saprofitskim i parazitskim gljivama i to na način da stiletom probijaju hife gljiva;
- nematode reda *Aphelenchida* koriste se kao izvrsni bioindikatori kiselosti tla jer je njihova velika brojnost povezana s povećanjem kiselosti u tlu;
- predstavnici su: *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, *Coslenchus*, *Ditylenchus*, *Dipterophora*, *Filenchus*, *Thyolaimphorus* i dr.

OMNIVORE

- hrane se raznom vrstom hrane;
- neke od njih mogu biti prijenosnici virusnih oboljenja (npr. vrsta *Xiphinema index*);
- njihovo prisutstvo u tlu ukazuje se na stabilan ekosustav;
- predstavnici su: *Xiphinema*, *Apocerlaimellus*, *Enchodelus*, *Tylencholaimellus*, *Paravulvulus*, *Prodorylaimus*, *Axonchium* i dr.

**PREDATORI
(KARNIVORE)**

- hrane se drugim nematodama, njihovim jajašcima, ali i drugim sitnijim organizmima;
- unutar usnog ustroja imaju izraštaj u vidu zuba zbog čega je vrlo prepoznatljiv i karakterističan;
- ako u tlu ima predatora veće brojnosti, znači da je ekosustav stabilan;
- predstavnici su: *Clarkus*, *Prionchulus*, *Mononchus*, *Mylonchulus*, *Anathonchus* i dr.

FITOPARAZITNE**NEMATODE
(HERBIVORE)**

- razlikuju se: ektoparaziti (koji se nalaze u tlu i hrane se na površini korijenja) te endoparaziti (koji veći dio života provedu u biljnom tkivu u koje prodiru);
 - hrane se višim biljkama, a usni ustroj im je u vidu hitiniziranog bodeža, odnosno stileta, npr. kod *Tylenchidae* je stomatostilet, dok je kod, npr. *Dorylaimidae* odontostilet;
 - fitoparazitne nematode pomoću stileta probijaju biljno tkivo te sišu biljne sokove;
 - predstavnici su: nematode reda *Tylenchida*, rodovi redova *Dorylamida* i *Aphelenchida*.
-

1.4.1. C-P GRUPE NEMATODA

Rodovi i vrste nematoda unutar porodice imaju istu c-p vrijednost (Brmež, 2004.). C-P grupa dijeli nematode prema skali (od 1 do 5), po Bongersu (1990.), te klasificira „kolonizere“ (eng., *colonizers*) i „perzistere“ (eng., *persisters*). Prvoj c-p grupi pripadaju kolonizeri, a c-p grupama od 4 do 5 pripadaju perzisteri (Bongers i Ferris, 1999.). Ostale grupe su prijelazne.

Karakteristike kolonizera i perzistera prikazani su u tablici 2.

Tablica 2. Karakteristike kolonizera i perzistera

| | |
|-------------------|--|
| KOLONIZERI | <ul style="list-style-type: none">• javljaju se u ranim fazama sukcesije te u vrlo nestabilnim i uznemirenim sredinama;• tolerantni su na razna oštećenja, npr. povišenu količinu nitrata iz gnojiva u tlu ili povećanu količinu teških metala u tlu (Ferris i Tenuta, 2004.);• često su viviparni i daju velik broj sitnih jaja, a imaju i krupne gonade te daju velik broj generacija godišnje;• predstavnici su: <i>Rhabditidae</i>, <i>Diploscapteridae</i> te <i>Diplogasteridae</i> i <i>Panagrolamidae</i>. |
| PERZISTERI | <ul style="list-style-type: none">• u stabilnim ekosustavima obitavaju perzisteri koji su vrlo osjetljivi na uznemirenja (Ferris i sur., 2004.; Bongers i Ferris, 1999.);• ne pripadaju grupi dominantnih nematoda u tlu;• brojnost im je dosta ujednačena tokom godine;• životni vijek im je dug dok je broj generacija godišnje mali;• daju krupna jaja i na tijelu imaju nekoliko krupnih gonada;• predstavnici su: <i>Aporcelaimidae</i>, <i>Prismatolaimidae</i>, <i>Diphtherophoridae</i>, <i>Nyngolaimidae</i> i <i>Belonidiridae</i> (Brmež, 2004.; Benković-Lačić i Brmež, 2013.). |

1.5. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj ovog istraživanja jest utvrditi stanje zajednice nematoda te promjene koje se reflektiraju u zajednici nematoda pod utjecajem navodnjavanja i gnojidbe kod uzgoja kukuruza.

2. PREGLED LITERATURE

Brojnim se istraživanjima i ispitivanjima pokazalo da su nematode dobri pokazatelji uznemirenja u ekosustavima. Zajednice nematoda imaju razne hranidbene navike (Yeates i sur., 1993.) i uglavnom su predatori i omnivore najosjetljiviji na promjene u ekosustavima. Također, zajednice nematoda koje žive u tlu imaju značajnu ulogu zbog svog hranidbenog ciklusa (posebno slobodnoživuće nematode) te su upravo zbog tih osobina idealne za analiziranje i monitoringa ekosustava te su izvrsne kao pokazatelji raznih procesa u tlu (Bongers, 1990., 1994.; Neher, 2001.; Zullini, 1982., 1976.; Weiss i Larkin, 1991.; Bongers i Ferris, 1999.; Brmež i sur., 2007.; Ekschmitt i sur., 2001.; Sohlenius i Wasilewska, 1984.; i dr.). Kada su uvjeti okoliša narušeni, kao npr. globalne klimatske promjene, koje u zadnjim desetljećima utječu na režime vode iz tla, to je također i od presudnog značaja za opstanak nematoda (Vago i sur., 2006.). Različitost u uvjetima agroekosustava održavaju strukturu zajednice nematoda (Ivezić i sur., 2000.; Brmež, 2007.) i to: obradom tla (Freckman i Ettema, 1993.), zagađenjem rijeka (Zullini, 1976.) i zagađenjem zraka (Zullini i Peretti, 1986.) te organskim dodavanjem (Goede, 1993.) ali i spojevima teških metala (Korthals, 1997.) te ostalih praćenja, odnosno monitoringa okoliša (Bongers i Ferris, 1999.).

Sohlenius i Wasilewska (1984.) izvršili pokuse na običnom boru (*Pinus sylvestris* L.) kako bi utvrdili utjecaj navodnjavanja i gnojidbe na zajednicu nematoda. Došli su do zaključka da se kombiniranjem navodnjavanja i gnojidbe (prvenstveno dodavanjem dušika) smanjuje brojnost fungivora i omnivora, dok brojnost bakterivora raste.

Bošnjak i sur. (2011.) utvrdili su da se pod utjecajem gnojidbe, poboljšivača tla, obrade tla, toksičnih elemenata i drugih antropogenih utjecaja, mijenja i zajednica nematoda. Zbog toga se nematode kao bioindikatori koriste u svrhu povećanja znanja o funkcioniranju i osjetljivosti ekosustava tla jer će ga se samim time duže očuvati ekološki čistim, a cilj je očuvanje okoliša i biološka produktivnost tla.

Varga (2011.) ispituje zajednice nematoda u paprici pod utjecajem primjene gnojidbe cinkom i fosforom. Kod većeg uznemirenja utvrđen je rast ukupne brojnosti nematoda što je posljedica povećanja brojnosti kolonizera, dok se bogatstvo rodova smanjivalo kod većeg uznemirenja zajednica. Rodovi nematoda koji nisu pokazali osjetljivost na prisutstvo cinka i fosfora bili su: *Rhabditis*, *Acrobeloides*, *Eucephalobus*, *Plectus*, *Tylenchus*,

Pratylenchus, *Paratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Ditylenchus*, *Dipterophora*, *Prodorylaimus* i dr. Rodovi *Panagrolaimus* i *Microdorylaimus* bili su prisutni samo u kontrolnim posudama. Općenito, omnivore su se pokazale kao vrlo osjetljive na uznemirenja te je njihova brojnost smanjena kod svakog uznemirenja za 50% u odnosu na kontrolu.

Bongers i Ferris (1999.) istraživanjima zaključuju da uznemirenjem tla unosom organskih gnojiva povećava se broj kolonizera koji pripadaju c-p 1 grupi nematoda i njihova je dominantnost visoka tokom naredna dva do tri tjedna, a nakon tog perioda, dominantnost im opada te raste dominantnost nematoda koje pripadaju c-p 2 grupi.

Duvnjak (2004.) je vršila ispitivanje apliciranja KAN-a u tlo. Utvrdilo se slijedeće: zajednice nematoda u tlu pokazale su značajne razlike između broja rodova u svakom razdoblju uzorkovanja, a ukupan broj nematoda nije se razlikovao između tretmana. Broj nematoda bio je sličan u svim razdobljima uzorkovanja. Broj rodova smanjivao se tijekom razdoblja uzorkovanja kako se povećavalo uznemirenje tla. Neki su rodovi nematoda pokazali toleranciju bez povećanja u brojkama (*Tylencholaimellus*, *Clarkus*, *Mylonchulus*) dok su neki rodovi smanjivali broj ili nestali s povećanjem kemijskih poremećaja tla (*Alaimus*, *Discolaimus*). Trofičke grupe pokazale su slične obrasce u svim razdobljima uzorkovanja (bakterivore, omnivore, biljni paraziti i predatori). Zajednice nematoda pokazale su obilježja dobrih pokazatelja kemijskih promjena u tlu, posebno u broju rodova, MI i PPI/MI.

Wei i sur. (2012.) ispitivali su utjecaj navodnjavanja i gnojidbe (dušikom i amonijakom) na travnjaku (u Mongoliji) na zajednicu nematoda. Znanstvenici su došli do zaključka da povećanjem količine dušika u tlu uvelike mijenja sastav tla i funkcioniranje zajednice nematoda. Nematode su predložene kao korisni bioindikatori za promjenu u funkcioniranju ekosustava tla obogaćivanjem tla dušikom. Došlo je do povećanja MI te fungivora, bakterivora i omnivora. Također je došlo i do povećanja broja fitoparazitnih nematoda koje su oštetili korijenje. Fitoparazitnim nematodama izrazito je smetala povećana koncentracija amonijaka. Koncentracija amonijaka potisnula je razvoj fitoparazitnih nematoda. Razvoj bakterivora rastao je isključivo s porastom količine dušika.

Gruzdeva i sur. (2007.) tijekom šest godina postavili su poljski pokus s različitim tretmanima NPK gnojidbe. Došli su do zaključka da kod tretmana sa 180 kg ha⁻¹ ima

najznačajnijih promjena u broju i strukturi zajednice nematoda. Količina prisutne organske tvari u tlu može se procijeniti prema trofičkoj grupi dominantne zajednice nematoda.

Benković-Lačić i sur. (2013.) istražili su utjecaj organskih i anorganskih gnojiva na zajednice nematoda u kukuruzu. Promjene u strukturi zajednice nematoda dogodile su se i kod dodatka organskih i anorganskih gnojiva u tlo, a najveće uznemirenje na zajednici nematoda bilo je utvrđeno u tretmanu s mineralnim gnojivom. Ove su promjene bile značajne u pružanju informacija o procesima u tlu i održavanju razlike u ekosustavu tla.

Freckman i sur. (1987.) izvršili su jednogodišnje ispitivanje u pustinji Chihuahuan. Ispitivao se utjecaj navodnjavanja na zajednicu nematoda. Ukupna gustoća pojedinih trofičkih grupa nije se znatno razlikovala prije navodnjavanja i poslije navodnjavanja. Najviše su bile prisutne bakterivore i fungivore (oko 95%) u svim tretmanima.

Jozić (2011.) je ispitala utjecaj organske i mineralne gnojidbe na zajednicu nematoda u voćnjaku. Rezultati su bili slijedeći: kod organske gnojidbe ukupna brojnost nematoda i broj rodova bili su veći u odnosu na mineralnu gnojidbu u oba tretmana (organska i mineralna gnojidba). Utvrđena je najveća brojnost fitoparazitnih nematoda i bakterivora, a najmanju brojnost imali su predatori i omnivore. Unosom mineralnih gnojiva u tlo, zajednice nematoda bile su više u odnosu na zajednicu nematoda u tlu gdje je primjenjeno organsko gnojivo.

3. MATERIJAL I METODE

Pokus je postavljen 2013.godine na osječkom Poljoprivrednom Institutu na usjevu kukuruza sorte OSSK 617.

Pokus je postavljen u tri tretmana navodnjavanja i tri tretmana gnojidbe, što je vidljivo u tablici 3.

Tablica 3.Tretmani navodnjavanja i gnojidbe pokusa

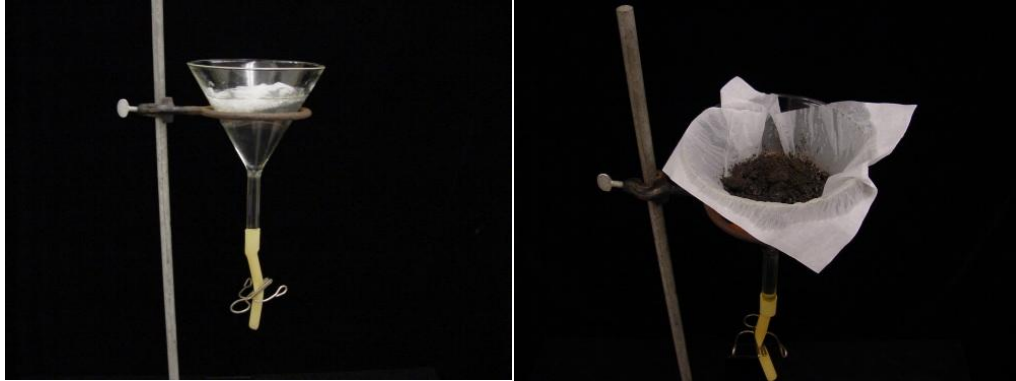
| Navodnjavanje (A) | Gnojidba (B) |
|----------------------------------|----------------------|
| A1 kontrola (bez navodnjavanja) | B1 (kontrola) 0 kg N |
| A2 navodnjavanje (60 – 100% PVK) | B2 100 kg N |
| A3 navodnjavanje (80 – 100% PVK) | B3 200 kg N |

Uzorci su se uzimali u jesen 2013. godine na dubini tla od 30 – 35 cm pomoću nematoloških sondi nakon čega su odnešeni na Poljoprivredni fakultet te su čuvani u hladnjaku, na + 4 C°, kako bi se sačuvali sve do trenutka izdvajanja nematoda iz tla.

Analiziranje tla izvršeno je u Laboratoriju za entomologiju i nematologiju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku. Ekstrakcija, odnosno izdvajanje nematoda iz tla izvršilo se, tzv. „metodom lijevka“, a to je Baermannova metoda lijevka (Baermann, 1917.) koja je modificirana. Ova metoda ekstrakcije nematoda iz tla jest jedna od najučinkovitijih metoda te se pomoću nje dobivaju najčišći uzorci (Prot i sur., 1993.; Zec, 2012.).

Kod ovakvog načina izdvajanja nematoda iz tla potreban je lijevak, sito, filter papir, gaza ili papirnati ubrus, gumena cijevčica, stezaljka za gumenu cijevčicu te stalak ili držač lijevka. Postupak ekstrakcije nematoda iz uzoraka tla je slijedeći: na donji dio lijevka stavi se gumena cijevčica kojoj se otvor na dnu zatvori pomoću stezaljke. Lijevak se stavlja na držač ili stalak (slika 7.). U lijevak se stavi sito te gaza (može se koristiti i filter papir ili ubrus papir) kako bi se spriječio prolazak tla. Zatim se u lijevak stavlja uzorak tla (slika 8.) koji se prelije vodom i tako se ostavi u trajanju od 24h. Na ovaj se način nematode

izdvajaju iz tla te prolaze kroz gazu i sito te se sedimentiraju pri dnu gumene cijevčice, dok uzorak tla ostaje pri vrhu sita.



Slika 7. i 8. Pribor za izdvajanje nematoda iz tla „metodom lijevka“

Izvor: <http://www.plantpath.iastate.edu/tylkalab/files/Step%201%20%20empty%20Baermann%20funnel%200apparatus.preview.JPG>, <http://www.plantpath.iastate.edu/tylkalab/files/Step%207%20-%20completed%20Baermann%20funnel%20set%20up.preview.JPG>

Nakon izdvajanja nematoda iz tla „metodom lijevka“, izvršio se pregled, prebrojavanje i determinacija nematoda pod mikroskopom (Slika 9.). Koristili su se slijedeći ključevi: Andrassy, 1984., 1988., 1993.; Bongers, 1994.; Zullini, 1982.; te May i Lion, 1975. Zajednica nematoda determinirana je do roda.



Slika 9. i 10. Mikroskop pomoću kojeg se vrše pregledi i determinacija nematoda te laboratorijski pribor koji služi za analiziranje nematoda

Izvor: Brmež, M.

Analiziranje rezultata obuhvaćalo je ukupnu brojnost nematoda po uzorku, analizu trofičkih grupa i broja rodova, a određeni su i slijedeći parametri: MI i PPI te odnos između PPI/MI.

3.1. INDEKS ZRELOSTI TLA – *MATURITY INDEX (MI)*

Značajan napredak u tumačenju odnosa između zajednica nematoda i ekološke funkcije tla jest razvoj indeksa zrelosti tla – MI (Neher i sur., 2005.). Do formiranja MI dovela je c-p klasifikacija. MI predstavlja prosjek distribucije učestalosti c-p grupa ili srednju vrijednost, a ta se vrijednost kreće od 1.0 do 5.0. Fitoparazitne nematode isključene su iz izračuna MI jer je gustoća i pojavnost ovih nematoda u velikoj mjeri određena biljkom domaćinom i njenom energijom rasta te strukturom zajednice (Bongers i Ferris, 1999.). Vrijednosti MI mogu se kretati u rasponu manjim od 2.0 (za ona tla koja su pogođena raznim onečišćenjima) pa do onih u rasponu 4.0 do 5.0 (tla bez onečišćenja). Ako su MI vrijednosti niže, znači da je veća prisutnost kolonizera koji se javljaju u ranim fazama sukcesije (Benković-Lačić i Brmež, 2013.).

MI indeks izračunava se uz pomoć slijedeće formule:

$$MI = \frac{\sum [v(i) \times f(i)]}{\sum f(i)}$$

$v(i)$ - vrijednost c-p grupe;

$f(i)$ – brojnost iste c-p grupe u uzorku;

f i – brojnost svih nematoda u uzorku.

3.2. BILJNOPARAZITSKI INDEKS – *PLANT PARASITIC INDEX (PPI)*

Za fitoparazitne nematode računa se biljnoparazitski indeks –PPI po Bongersu (1990.). Kod računanja ovog indeksa isključene su sve porodice nematoda za koje se računa MI. Ne postoje fitoparazitne nematode c-p grupe 1 jer njihov životni ciklus u potpunosti ovisi o prisutnosti viših biljaka u tlu, a također se i hrane njihovim korijenjem. PPI se računa na isti način kao i MI samo za fitoparazitne nematode. Jedina razlika kod računanja jest ta da se vrijednost c-p grupa i ukupnog broja nematoda odnose samo na fitoparazitne nematode.

Srednju vrijednost c-p grupa predstavlja PPI i ta se vrijednost kreće od 2.0 do 5.0 (jer je najmanja grupa kod fitoparazitnih nematoda upravo c-p grupa 2, odnosno vrijednost 2.0 (Benković-Lačić i Brmež, 2013.). Za razliku od MI, poželjnije su niže vrijednosti PPI jer to ukazuje na veću brojnost manje opasnih fitoparazitnih nematoda.

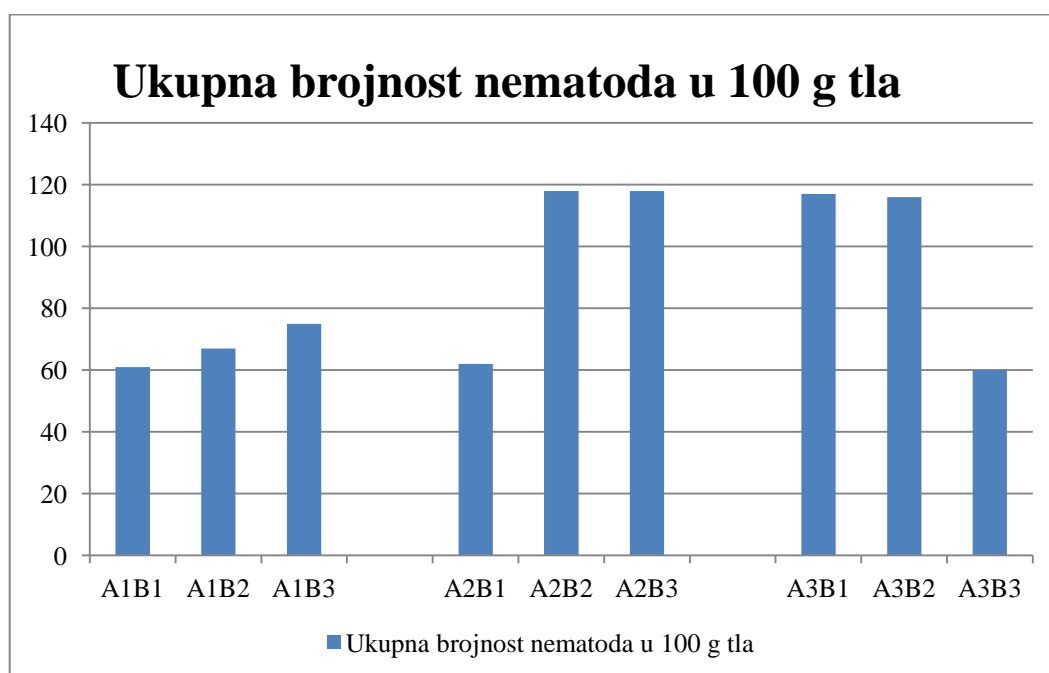
3.3. ODNOS BILJNOPARAZITSKOG INDEKSA I INDEKSA ZRELOSTI TLA (PPI/MI)

Odnos između PPI/MI jest važan pokazatelj stanja i promjena unutar zajednice nematoda u tlu (Brmež, 2004.), a samim time može biti i dobar pokazatelj kod uznemirenja ekosustava. Kod ne uznemiravanih i stabilnih ekosustava vrijednost PPI/MI ne prelazi 0.9, ali ako je ekosustav uznemiren ili onečišćen (npr. gnojidbom) vrijednost ovog indeksa može rasti i do 1.6, ali i više (Bongers i sur., 1997.).

4. REZULTATI

4.1. ANALIZA UKUPNE BROJNOSTI NEMATODA

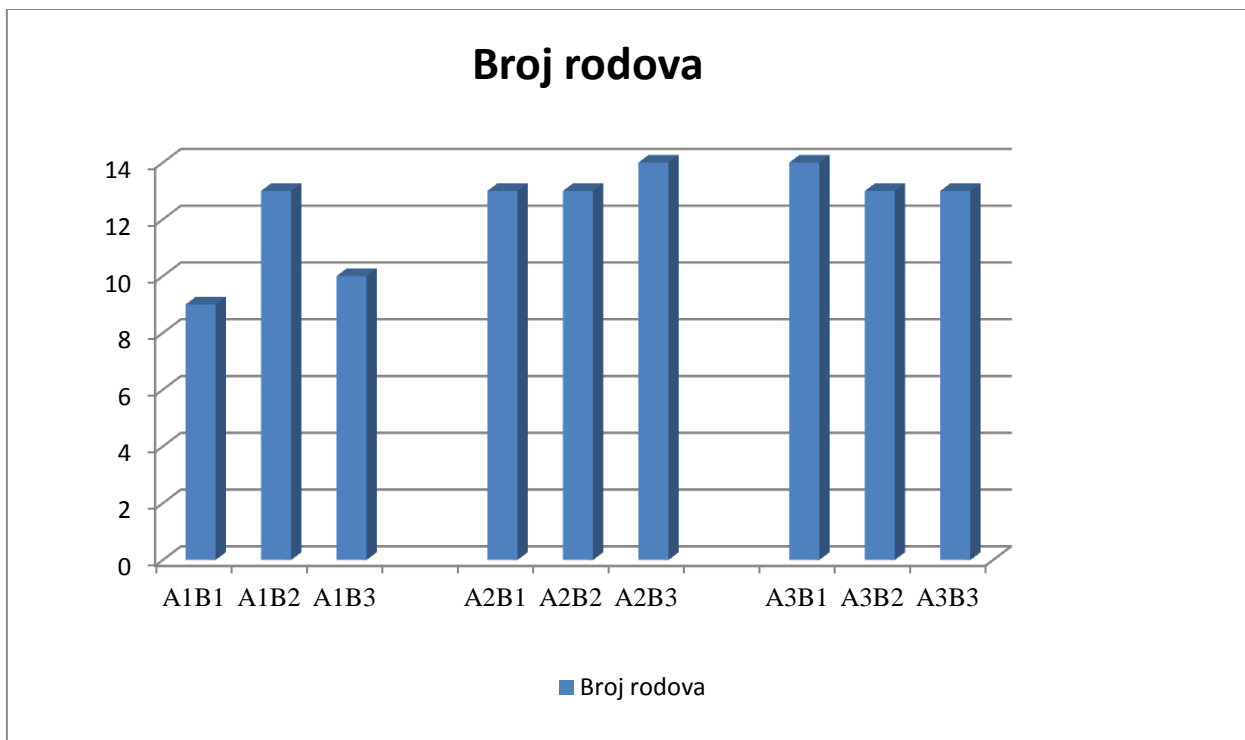
Iz analize ukupne brojnosti nematoda vidljivo je da se kod svih devet ispitanih uzoraka, ukupna brojnost nematoda, kretala od 60 nematoda/100 g tla u uzorku A3B3, u kojemu se izvršilo navodnjavanje do 80-100% PVK i gnojidba s 200 kg N, pa do 118 nematoda/100 g tla u uzorku A2B2, u kojemu se izvršilo navodnjavanje do 60-100% PVK i gnojidba s 100 kg N, ali i u uzorku A2B3, u kojemu se izvršilo navodnjavanje do 60-100% PVK i gnojidba s 200 kg N.



Grafikon 1. Ukupna brojnost nematoda u uzorcima tla

4.2. ANALIZA BROJA RODOVA

Broj rodova po uzorcima kretao se od 9 do 14 što je prikazano grafikonom 2. Analizom rodova utvrđeno je ukupno 22 roda nematoda koji su vidljivi u tablici 4.



Grafikon 2. Analiza broja rodova u uzorcima tla

Iz grafikona 2. vidljivo je da su najveći broj rodova imali uzorci A2B3 (navodnjavanje do 60-80% PVK i gnojidba s 200 kg N) i A3B1 (navodnjavanje do 80-100% PVK), sveukupno 14 rodova nematoda. Najmanju brojnost imao je uzorak A1B1 (kontrola), sveukupno 9 rodova nematoda.

Obzirom na gnojidbu, najmanju brojnost rodova nematoda imao je uzorak A1B1 (kontrola), dok su najveću brojnost nematoda imali uzorci A2B3 (sveukupno 14 rodova) i A3B3 (sveukupno 13 rodova). U oba uzorka izvršila se gnojidba s 200 kg N.

Tablica 4. Utvrđeni rodovi nematoda i njihova prisutnost u pojedinim tretmanima

| | A1B1 | A1B2 | A1B3 | A2B1 | A2B2 | A2B3 | A3B1 | A3B2 | A3B3 |
|-------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| BACTERIVORE | | | | | | | | | |
| <i>Panagrolaimus</i> | - | - | - | - | - | - | + | - | - |
| <i>Rhabditis</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Monhystera</i> | - | - | - | - | + | + | + | - | - |
| <i>Acrobeloides</i> | + | + | + | - | + | + | + | + | + |
| <i>Eucephalobus</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Heterocephalobus</i> | + | - | + | + | + | + | + | + | - |
| <i>Plectus</i> | - | - | - | - | + | + | + | - | - |
| <i>Alaimus</i> | - | + | - | - | - | - | - | + | + |
| <i>Eumonhystera</i> | - | - | - | - | - | + | - | - | - |
| | | | | | | | | | |
| FITOPARAZITNE | | | | | | | | | |
| <i>Tylenchus</i> | - | + | - | + | + | + | + | + | + |
| <i>Filenchus</i> | - | - | - | + | - | + | + | - | + |
| <i>Pratylenchus</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Tylenchorhynchus</i> | - | + | - | + | - | - | - | - | + |
| <i>Paratylenchus</i> | - | + | - | + | - | - | + | + | + |
| | | | | | | | | | |
| FUNGIVORE | | | | | | | | | |
| <i>Aphelenchus</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | + |
| <i>Ditylenchus</i> | + | + | + | + | + | + | + | - | + |
| <i>Apelenchoides</i> | + | + | + | + | + | + | + | + | - |
| | | | | | | | | | |
| OMNIVORE | | | | | | | | | |
| <i>Eudorylaimus</i> | - | - | - | + | + | - | - | + | - |
| <i>Pungentus</i> | - | + | - | - | - | - | - | - | + |
| <i>Dorylaimellus</i> | - | - | + | - | - | - | - | - | + |
| <i>Microdorylaimus</i> | + | - | + | + | - | - | - | + | - |
| <i>Mesodorylaimus</i> | - | + | - | - | + | + | - | + | - |

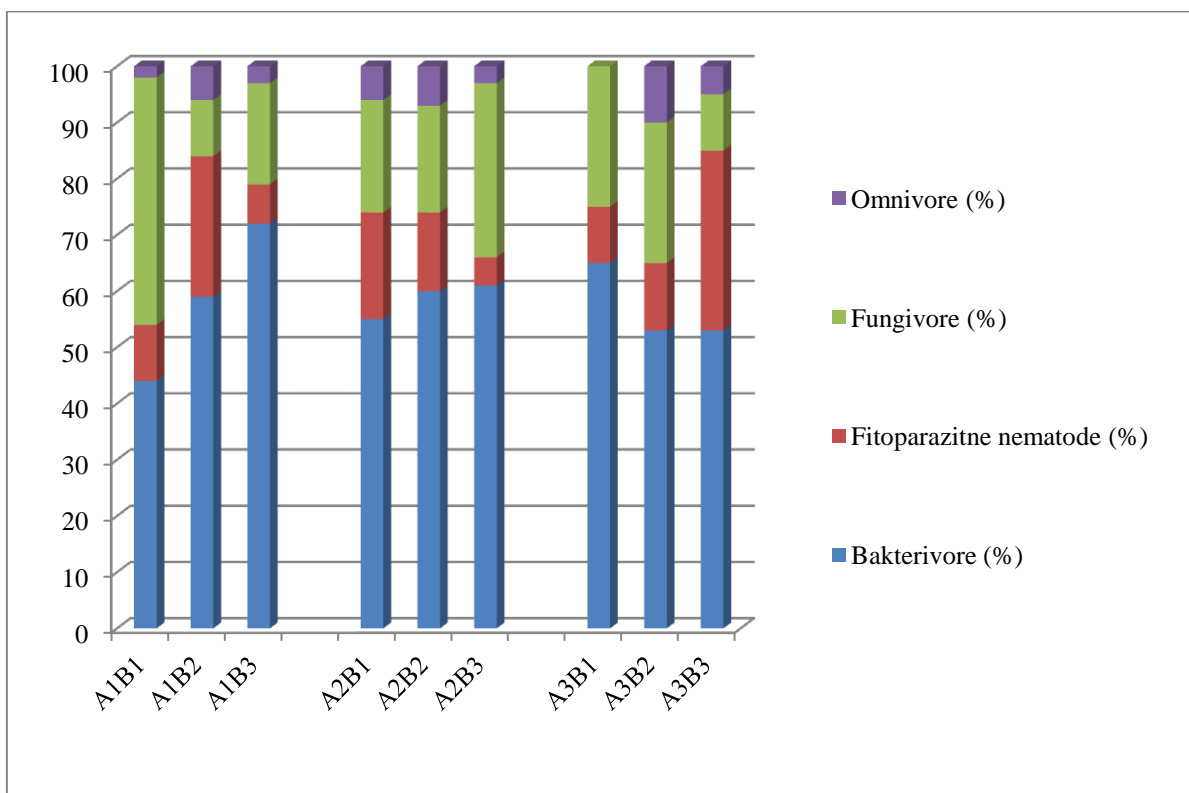
Iz tablice 4. vidljivo je da su u svim uzorcima tla utvrđeni slijedeći rodovi nematoda: *Rhabditis* i *Eucephalobus* (bakterivore), *Pratylenchus* (fitoparazitne nematode) i *Aphelenchus* (fungivora) što znači da su ovi rodovi bili najzastupljeniji u uzorcima tla. U uzorcima tla nije utvrđen niti jedan rod predatora.

Iz grafikona 2. i tablice 3. vidljivo je da su uzorci A2B2 i A2B3 imali najveći broj rodova, dok je uzorak A3B1 imao najmanji broj rodova. Uzorak A2B2 bio je navodnjavan do 60 – 100% PVK i izvršena je gnojidba s 100 kg N. Uzorak A2B3 također je navodnjavan do 60 – 100% PVK, a gnojidba se izvršila s 200 kg N. Uzorak A3B1 bio je navodnjavan do 80 – 100% PVK.

Iz svega navedenog može se zaključiti da je povećanje navodnjavanja i gnojidbe, povećalo brojnost rodova nematoda.

4.3. ANALIZA TROFIČKIH GRUPA NEMATODA

U radu je već spomenuto da se kod trofičkih grupa nematoda ispituje prvih pet najzastupljenijih grupa, a to su: bakterivore, fungivore, biljni paraziti (fitoparazitne nematode), omnivore te predatori. Rezultati istraživanja vidljivi su u grafikonu 3.



Grafikon 3. Trofičke ili hranidbene grupe nematoda u uzorcima tla

Iz grafikona 3. vidljivo je da su najzastupljenije trofičke grupe bakterivore i fungivore, dok su najmanje zastupljene omnivore, a u uzorcima tla nije utvrđen niti jedan predator. Bakterivore prve reagiraju na promjene u ekosustavu.

Najveći broj bakterivora imao je uzorak A1B3 (ukupno 72 u 100 g tla). Najmanji broj bakterivora imao je uzorak A1B1 (ukupno 44 u 100 g tla).

Najveći broj fitoparazitnih nematoda zapažen je kod uzorka A3B3 (ukupno 32 u 100 g tla) gdje se vršilo navodnjavanje do 80 - 100% PVK, a gnojidba s 200 kg N.

Najmanji broj fitoparazitnih nematoda utvrđen je u uzorku A2B3 gdje se vršilo navodnjavanje do 60 – 100% PVK, a gnojidba s 200 kg N.

Najveći broj fungivora utvrđen je u uzorku A1B1, a najmanji broj fungivora utvrđen je u uzorcima A1B2 i A3B3 (navodnjavanje se vršilo do 80 – 100% PVK i gnojidba s 200 kg N).

Najveći broj omnivora utvrđen je u uzorku A3B2 (u kojemu se vršilo navodnjavanje do 80 – 100% PVK, a gnojidba s 100 kg N. U uzorku A3B1 (u kojemu se isto vršilo navodnjavanje do 80 – 100% PVK) nije utvrđena niti jedna omnivora.

4.4. ANALIZA INDEKSA UZNEMIRENJA

Analiza indeksa uznemirenja izvršila se upotrebom, odnosno, izračunavanjem slijedećih parametara: indeksa zrelosti tla (MI), biljnoparazitski indeks (PPI) te odnos PPI/MI. Rezultati izračuna vidljivi su u tablici 5.

Tablica 5. Vrijednosti MI, PPI i odnos PPI/MI

| UZORAK | MI | PPI | PPI/MI |
|--------|------|------|--------|
| A1B1 | 1,76 | 3 | 1,7 |
| A1B2 | 2 | 2,5 | 1,25 |
| A1B3 | 1,77 | 3 | 1,7 |
| | | | |
| A2B1 | 1,75 | 2,7 | 1,54 |
| A2B2 | 1,79 | 2,62 | 1,46 |
| A2B3 | 1,73 | 2,25 | 1,3 |
| | | | |
| A3B1 | 1,64 | 2,4 | 1,46 |
| A3B2 | 1,92 | 2,75 | 1,43 |
| A3B3 | 1,85 | 2,84 | 1,53 |

MI se izračunavao samo za slijedeće c-p grupe nematoda: bakterivore, fungivore i omnivore jer u uzorcima nije bio utvrđen niti jedan predator. Najveća vrijednost MI utvrđena je u uzorku A1B2 (iznosila je 2,0) u kojemu se vršila gnojidba s 200 kg N. Najmanja vrijednost MI utvrđena je u uzorku A3B1 (iznosila je 1,64) u kojemu se je izvršilo navodnjavanje do 80 – 100% PVK.

Vrijednost PPI izračunava se samo za fitoparazitne nematode. Utvrđeno je slijedeće: najveća vrijednost PPI utvrđena je u uzorcima A1B1 (kontrola) i A1B3 (gnojidba s 200 kg N). Vrijednost PPI u oba uzorka iznosila je 3,0. Najmanju vrijednost PPI imao je uzorak A2B3 (iznosio je 2,25) u kojemu se vršilo navodnjavanje do 60 – 100% PVK i gnojidba s 200 kg N.

Odnos PPI/MI ukazuje na uznemirenost zajednice nematoda u tlu, ali i na uznemirenost i onečišćenje ekosustava. Što je ovaj pokazatelj bliži vrijednosti 1, znači da je i uznemirenje i onečišćenje manje.

Iz izračuna odnosa PPI/MI vidljivo je slijedeće: najveću uznemirenost pokazali su uzorci A1B1 (kontrola) i A1B3 (odnos PPI/MI iznosio je 1,7) u kojemu se vršilo navodnjavanje do 80 – 100% te gnojidba s 100 kg N, a najmanju uznemirenost pokazao je uzorak A1B2 (odnos PPI/MI iznosio je 1,25) u kojemu se vršila gnojidba s 100 kg N.

Iz svega navedenog, vidljivo je da je za zajednicu nematoda najidealnije bilo optimalno navodnjavanje i gnojidba s 100 N.

5. RASPRAVA

- **Ukupna brojnost nematoda**

Nakon obrađenih rezultata, vidljivo je da je najveća ukupna brojnost nematoda u 100 g tla bila u uzorku u kojemu se vršilo navodnjavanje do 60 – 100% PVK i gnojidba s 100 i 200 kg N. Najmanji broj nematoda bio je 60 i to kada se vršilo navodnjavanje do 80 – 100% PVK i gnojidba sa 200 kg N. Iz svega navedenog, zaključuje se da je prilikom najvećeg navodnjavanja i gnojidbe, utvrđena najveća ukupna brojnost nematoda.

Najveću brojnost imale su nematode iz grupe bakterivora i fungivora, dok predatori nisu uopće utvrđeni u uzorcima tla. Predatori ukazuju na stabilan ekosustav, a također i omnivore. Bakterivore pokazuju da je došlo do uznemirenja ekosustava, dok fungivore najčešće naseljavaju kisela tla.

- **Ukupan broj rodova nematoda**

U svim uzorcima utvrđeni su slijedeći rodovi: *Rhabditis* i *Eucephalobus* (bakterivore), *Pratylenchus* (fitoparazitna nematoda) i *Aphelenchus* (fungivora) što znači da su ovi rodovi bili najzastupljeniji u uzorcima tla. .

Brojni su znanstvenici utvrdili da se povećanjem navodnjavanja i gnojidbe, povećava i brojnost rodova nematoda.

Tako su, npr. istraživanjem kojeg su izvršili Wei i sur. (2012.) utvrdili povećanje brojnosti slijedećih rodova nematoda: fungivora, omnivora i bakterivora. Također su utvrdili da se porastom količine dušika, povećava i brojnost bakterivora.

Freckman i sur. (1988.) ispitali su kako na zajednicu nematoda utječe navodnjavanje i došli su do zaključka da povećanjem navodnjavanja, dolazi do povećanja brojnosti fungivora i bakterivora (oko 95% u svim tretmanima).

Brmež (1999., 2004.) dolazi do sličnih zaključaka prilikom ispitivanja utjecaja navodnjavanja i gnojidbe na zajednice nematoda na oranicama. Brojnost rodova nematoda povećavala se kako se povećavalo navodnjavanje i gnojidba.

- **Trofičke ili hranidbene grupe nematoda**

Već je spomenuto da su u ispitivanim uzorcima tla najzastupljenije slijedeće trofičke grupe nematoda: bakterivore i fungivore, ali i fitoparazitne nematode, iako u manjoj količini nego prethodne dvije trofičke grupe. Najmanju zastupljenost imale su omnivore. U uzorcima nije utvrđen niti jedan predator. Svi rezultati vidljivi su u tablici 6.

Najmanji broj bakterivora utvrđen je u kontrolnom uzorku A1B1 (nije se vršilo navodnjavanje, niti gnojidba), dok je najveći broj bakterivora utvrđen u uzorku A3B1 (u kojemu se izvršilo navodnjavanje do 80 – 100% PVK). Iz ovih podataka je također vidljivo da je povećanjem navodnjavanja i gnojidbe, povećavala se brojnost bakterivora.

Najmanji broj fitoparazitnih nematoda utvrđen je u uzorcima u kojima se vršila maksimalna gnojidba s 200 kg N, dok je najveći broj fitoparazitnih nematoda rastao u uzorcima u kojima se izvršilo navodnjavanje do 80-100% PVK. I ovaj podatak ukazuje da se povećanjem navodnjavanja, povećava i brojnost fitoparazitnih nematoda.

Utvrđeno je da su fungivore imale podjednaku brojnost u svim uzorcima, odnosno, njihova brojnost je bila dosta ujednačena bez obzira na smanjivanje ili povećanje navodnjavanja i gnojidbe.

Brojnost omnivora bila je najmanja u odnosu na ostale trofičke grupe nematoda. Niti jedna omnivora nije utvrđena u uzorku A3B1 (u kojemu se vršilo navodnjavanje do 80-100% PVK, bez gnojidbe), a najveća brojnost utvrđena je u uzorku A3B3 (u kojemu se izvršilo navodnjavanje do 80-100% PVK i gnojidba s 100 kg N). Ovaj podatak ukazuje da povećanjem gnojidbe raste brojnost omnivora. Međutim, omnivore su inače manje zastupljene u kultiviranim tlima.

- **Uznemirenost tla**

Što je vrijednost MI bliža vrijednosti 5, znači da je sredina za zajednicu nematoda bolja jer je čista i bez onečišćenja. U izračunima, najveća vrijednost MI iznosila je 2,0 (u uzorku A1B2 – gnojidba s 200 kg N), a najmanja vrijednost MI iznosila je 1,64 (u uzorku A3B1 – navodnjavanje do 80-100% PVK). Iz svega navedenog, vidljivo je da je za zajednicu nematoda bila idealna gnojidba s 200 kg N.

Vrijednost PPI bila je najveća u uzorku gdje se izvršavalo maksimalno navodnjavanje do 80-100% PVK (u uzorku A1B3). Najmanja vrijednost PPI bila je u uzorku u kojemu se vršilo navodnjavanje do 60-100% PVK i gnojidba s 200 kg N (u uzorku A2B3), što je ujedno i najbolji rezultat što se tiče fitoparazitnih nematoda.

Kod neuznemirenih i stabilnih ekosustava, odnos PPI/MI ne prelazi vrijednost 0,9, ali ako je ekosustav uznemiren, vrijednost PPI/MI može biti vrijednosti 1,6, ali i više. Kod izračunavanja odnosa PPI/MI vidljivo je da je najveća vrijednost, koja je iznosila 1,7, bila u uzorku u kojemu se izvršila maksimalna gnojidba s 200 kg N (uzorak A1B3). Najmanja vrijednost odnosa PPI/MI iznosila je 1,25 i to u uzorku kod kojega je vršena gnojidba s 100 kg N (uzorak A1B2).

Iz svega navedenog, može se zaključiti da, veće uznemirenje ekosustava, uzrokuje povećanje gnojidbe, ali također ima znatan utjecaj na povećanje brojnosti nematoda u tlu.

6. ZAKLJUČAK

Ovim istraživanjem izvršilo se je ispitivanje promjena zajednice nematoda u tlu kod uzgoja kukuruza pod utjecajem navodnjavanja i gnojidbe.

Rezultati istraživanja bili su slijedeći:

- Ukupna brojnost nematoda kretala se od 60 nematoda/100 g tla (uzorak A3B3) pa do 118 nematoda/100 g tla (uzorak A2B2). Broj rodova u uzorcima kretao se od 9 do 14, a analizom rodova utvrđeno je ukupno 22 roda nematoda. Navodnjavanje i gnojidba utjecali su na povećanje brojnosti rodova nematoda u odnosu na kontrolu. U svim uzorcima tla utvrđeni su slijedeći rodovi nematoda: *Rhabditis* i *Eucephalobus* (bakterivore), *Pratylenchus* (fitoparazitna nematoda) i *Aphelenchus* (fungivora) što znači da su ovi rodovi bili najzastupljeniji u uzorcima tla.
- Najzastupljenije trofičke ili hranidbene grupe nematoda u uzorcima tla bile su bakterivore i fungivore, dok su najmanje zastupljene bile omnivore. U uzorcima nije utvrđen niti jedan predator. Brojnost bakterivora i fungivora povećavala se kako se povećavalo navodnjavanje i gnojidba. Fitoparazitne nematode također su imale veću brojnost povećanjem navodnjavanja.
- Najmanju vrijednost MI (1,64) imao je uzorak A3B1. Najveću vrijednost PPI (3,0) imao je uzorak A1B3, dok je najmanja vrijednost PPI (2,25) imao uzorak A2B3. Odnos PPI/MI uglavnom je kod svih uzoraka bio podjednak. Najmanju vrijednost odnosa PPI/MI imao je uzorak A1B2 (1,25), dok je najveću uznemirenost pokazao uzorak A1B3 (odnos PPI/MI iznosio je 1,7).

Iz svega navedenog se može zaključiti kako navodnjavanje i gnojidba mijenjaju strukturu zajednice nematoda. Navodnjavanje i gnojidba povoljno utječu na broj rodova, odnosno raznolikost rodova u tlu.

7. POPIS LITERATURE

1. Andrassy, J. (1984.): Klasse nematoda. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart. pp. 509.
2. Andrassy, J. (1988.): The superfamily Dorylamoidea (Nematoda) – a review of Family Dorylaimidae. Opus. Zoologica Budapest 23: 3-63.
3. Andrassy, J. (1993.): A taxonomic survey of family Mononchidae (Nematoda). Acta Zoologica Hungaricae. 39: 13-60.
4. Baermann, G. (1917.): Eine einfache Methode zur Auffindung von Ankylostomum (Nematoden) Larven in Erdproben. Petoemboekan. pp. 41-47.
5. Benković-Lačić, T., Brmež, M. (2013.): Nematode – bioindikator promjena u agroekosustavu. Agronomski glasnik. 1/2013: 43-52
6. Benković-Lačić, T., Brmež, M., Ivezić, M., Raspudić, E., Pribetić, D., Lončarić, Z., Grubišić, D. (2013.): Influence of organic and inorganic fertilizers on nematode communities in cornfield. Bulgarian Journal of Agricultural Science. 19(2): 235 – 240.
7. Bongers, T. (1990.): The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. Oecologia 83(1): 14-19.
8. Bongers, T. (1994.): De Nematoden van Nederland. KNNV-bibliotheekuitgave 46. Pirola, Schoorl. pp.408.
9. Bongers, T., Muelen, H., Korthals, G.V. (1997): Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasitic index under enriched nutrient conditions. Applied Soil Ecology. 6: 195-199.
10. Bongers, T. and Bongers, M. (1998.): Functional diversity of nematodes. Applied Soil Ecology 10(3):239-251.

11. Bongers, T. and Ferris H. (1999.): Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution* 14(6): 224-228.
12. Brmež, M. (1999.): Nematode kao bioindikatori stanja agroekosustava. Magistarski rad. pp. 61.
13. Brmež, M. (2004.): Zajednice nematoda kao bioindikatori promjena u agroekosustavu. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. p.p. 100
14. Brmež, M., Ivezić, M., Raspudić, E., Majić, I. (2004.): Dinamika populacije nematoda u pšenici. *Agriculture* 10(2):5-9.
15. Brmež, M., Ivezić, M., Raspudić, E., Tripar, V., Baličević, R. (2007.): Nematode communities as bioindicators of antropogenic influence in agroecosystems. *Cereal Research Communications* (35)2: 297-300.
16. Brusca, R. C., Brusca, G. J. (1994.): *Invertebrates*. Sinauer Associates. Sunderland. MA.
17. Bošnjak, A., Benković-Lačić, T., Brmež, M., Ivezić, M., Raspudić, E., Majić, I., Sarajlić, A. (2011.): Nematode kao bioindikatori zdravlja tla. Proceeding & abstracts of the 4th international scientific/professional conference *Agriculture in nature and environment protection*. Stipešević, B., Sorić, R. (ur.) – Vukovar. Osječki list d.o.o., Osijek. 221 – 225.
18. Chandler, A.C. (1961.): *Introduction to Parasitology*. John Riley and Sons. New York.
19. Chen, Z. X., Dickson, D. W. (2004.): Nematode Morphology, Physiology and Ecology. *Nematology: Advances and Perspectives*. Vol. 1. CABI: Wallingford. pp. 134.

20. Cobb, N. (1918.): Estimating the nema population of soil U.S. Department of Agriculture, Bar. Plant. Industry. Agr. Tech. Cir. 1:1-48.
21. De Goede, R.G.M. (1993.): Terrestrial nematodes in a changing environment. Agricultural University. Department of Nematology. Wageningen. Netherlands.
22. Duvnjak, I. (2004.): Dinamika populacije nematoda u pšenici. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku.
23. Ekschmitt, K., Bakonyi, G., Bongers, M., Bongers, T., Boström, S., Dogan, H., Harrison, A., Nagy, P., O'Donnell, A.G., Papatheodorou, E.M., Sohlenius B., Stamouf, G.P. and Wolters V. (2001.): Nematode community structure as indicator of soil functioning in European grassland soils. *European Journal of Soil Biology* 37(4):263-268.
24. Ferris, H. (1999.): Nematode community structures as a bioindicator in enviromental monitoring. *Trends In Ecology and Evolution*. 14(6): 224-228.
25. Ferris, H., Bongers, T., De Goede, R. (2004.): Nematode faunal analyses to assess food web enrichment and connectance. *Nematology Monograophs & Perspectives* 2:503-510.
26. Ferris, H., Bongers, T. (2009.): Indices developed specifically for analysis of nematode assemblages. U: Wilson, M.J. and Kakouli-Duarte, T. (ur.): *Nematodes as environmental indicators*. CABI Publishing. 124-145.
27. Freckman, D.W. and Ettema C.H. (1993.): Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 45(3-4):239-261.
28. Freckman, D. W., Whitford, W. G., Steinberger, Y. (1987.): Effect of irrigation on nematode population dynamics and activity in desert Soils. 3: 3-10.

29. Gaugler, R. (1992.): Nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and heterorhabditidae). Department of Entomology Rutgers University. New Brinswick. New Jersey (in press.).
30. Gruzdeva, L.I., Matveeva, E.M., Kovalenko, T.E. (2007.): Changes in Soil Nematode Communities under the Impact of Fertilizers. *Eurasian Soil Science* 40(6):681-693.
31. Hickman, C.P., Brusca, G.J. (1994.): *Animal Diversity*. Wm. C. Brown. Dubuque.
32. Ivezić, M., Raspudić, E., Brmež, M. (2000.): Structure of nematode communities in different agroecosystem in Croatia. *Helminthologia*. 37(3): 165-169.
33. Ivezić, M. (2008.): *Entomologija: kukci i ostali štetnici u ratarstvu*. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek. pp. 202.
34. Ivić, D., Fazinić, T. (2011.): *Gospodarski značajni virusi vinove loze*. Hrvatski centar za poljoprivredu, hranu i selo. Zagreb. pp. 7.
35. Jozić, R. (2011.): *Nematode kao bioindikator organske i mineralne gnojidbe u voćnjaku na području Slavonskog Broda*. Završni rad.
36. Kolak, I. (1994.): *Sjemenarstvo ratarskih i krmnih kultura*. Nakladni zavod Globus. Zagreb. pp. 203.
37. Lee, D. L., Atkinson, H.J. (1976.): *Physiology of Nematodes* (2nd ed.). Columbia University Press. New York.
38. Li, Y., Feng, J., Chen, J, Wu, J. (2007.): Original vegetation type affects soil nematode communities. *Applied Soil Ecology* 35:68-78.
39. May, W.F., Yon, H. H. (1975.): *Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes*. Cornell University Press. London. pp. 219.

40. McSorley, R. (1997.): Soil Inhabiting Nematodes, Phylum Nematoda. University of Florida. Institute of Food and Agriculture Sciences.
41. McSorley, R. (2003.): Adaptions of Nematodes to Environmental Extremes. Florida Entomologist 86(2):138-142.
42. Neher, D. A. (2001.): Soli community composition and ecosystem process: Comparing agricultural ecosystems with natural ecosystems. Agroforestry Systems. 45: 159- 185.
43. Neher, D. A. (2001.): Role of Nematodes in Soil Health and Their Use as Indicators. Journal of Nematology 33(4):161–168.
44. Neher, D.A. and Barbercheck, M.E. (1999.): Diversity and Function of Soil Mesofauna. U: Collins. W.W. and Qualset, C.O. (ur.): Biodiversity in agroecosystems. CRC Press. 27-47.
45. Olsen, O.W. (1974.): Animal parasites: their life cycles and ecology. General Publishing Company. Canada.
46. Oštrec, Lj. (1998.): Zoologija: Štetne i korisne životinje u poljoprivredi. Zrinski. Čakovec. pp. 232.
47. Oštrec, Lj. (2001.): Biološko suzbijanje štetnih insekata entomopatogenim nematodama. Agriculturae Conspectus Scientificus. Vol 66. No 3: 179- 185.
48. Ostojić, I. (2011.): Krumpirove cistolike nematode *Globodera rostochiensis* Woll. i *Globodera pallida* Stone. Agronomski i prehrambeno – tehnološki fakultet. Sveučilište u Mostaru. pp. 1-9.
49. Petersen, J. J. (1995.): Nematodes as Biological Control Agents: Mermithidae. Parasitology. 24: 307-344.

50. Poinar, G. O. (1975.): Description and biology of a new insect parasitic Rhabditid, *Heterorhabditis bacteriophora* n.gen., n.sp. (Rhabditida; Heterorhabditidae n.fam.). *Nematologica*. 21: 463-470.
51. Poinar, G. O. (1983.): *The Natural History of Nematodes*. Prentice Hall. England.
52. Poinar, G. O., Acra, A., Acra, F. (1994.): Earliest fossil nematode (Mermithidae) in cretaceous Lebanese amber. *Fundamental and Applied Nematology*. 17: 475-477.
53. Poljoprivredna enciklopedija (1970.). 2 Krm-Proi. Jugoslavenski leksikografski savez. Zagreb. pp. 53-55. pp. 306-307.
54. Prot, J. C., Gergon, E. B., Matias, D. M. (1993.): Influence of extraction procedures from root samples on the recovery and infectivity of *Pratylenchus zeae* and *Hirschmanniella oryzae*. *Nematologica mediterranea*. 21: 133-137.
55. Schroeder, P. C., Ferguson, C. S., Stelton, A. M., Wilssy, W. T., Hoffman, P. M., Petzoldt, C. (1996.): Greenhouse and Field Evaluations of Entomopathogenic Nematodes (Nematoda: Heterorhabditidae and Steinernematidae) for control of Cabbage Maggot (Diptera: Anthomyiidae) on Cabbage. *Journal of Economic Entomology*. Vol 89. No. 5: 1109-1115.
56. Seinhorst, J.W. (1956.): The quantitative extraction of nematode from soil. *Nematologica* 3.
57. Silva, F. A., Zalom, F. G., Hom, A., Hendricks, L. (1995.): Dormant season application of *Steinernema carpocapse* (Rhabditia: Steinernematidae) and *Heterorhabditis* sp. (Rhabditia: Heterorhabditidae) on almond for control of overwintering *Amielois transitella* and *Anarsia lineatella* (Lepidoptera: Gelechiidae). *Florida Entomologist*.
58. Smart, G. C. (1995): Entomopathogenic Nematodes for the Biological Control of Insects. *Journal of Nematology*. 27(45): 529-534.

59. Sohlenius, B. (1980.): Abundance, biomass and contribution to energy flow by soil nematodes in terrestrial ecosystem. *Oikos*. 34: 186 – 194.
60. Sohlenius, B., Wasilewska, L. (1984.): Influence of irrigation and fertilization on the nematode community in a Swedish pine forest soil. *Journal of Applied Ecology*. 21: 327-342.
61. Vago, K., Dobo, E., Singh, M. K. (2006): Predicting the biogeochemical phenomenon of drought and climate variability. *Cereal Research Communications* 34(1(I)): 93-96.
62. Varga, I. (2011.): Utjecaj fosfora i cinka na zajednicu nematoda u tlu. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku. p.p. 40.
63. 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 through Ammonium Suppression. www.plosone.org
64. Wang, D. Y., Kumar, C. S., Hodges, B. S. (1999.): Divergence time estimates for the early history of animal phyla and the origin of plants, animals and fungi. *Proc. Biol. Soc.* 22; 266(1415): 163–171.
65. Wasilewska, L. (1979.): The structure and function of soils nematodes communities in natural ecosystems and agroecosystems. *Polish Ecological Studies*. 5: 97-145.
66. Wasilewska, L. (1998.): Changes in the proportions of groups of bacterivorous soil nematodes with different life strategies in relation to environmental conditions. *Applied Soil Ecology* 9(1-3):215-220.
67. Webster, J. M. (1972.) : Nematodes and Biological Control Nematode Parasites of Insect Pests. *Economic nematology*. London. 483-492.

68. Weiss, B., Larkin, O. (1991.): Influence of sewage sludge and heavy metals on nematodes in an arable soil. *Biology and Fertility of Soils*. 12(1): 5-9.
69. Yeates, G.W., T. Bongers, R.G.M. de Goede, D.W. Freckman and S.S. Georgieva (1993.): Feeding habits in nematode families and genera on outline for soil ecologist. *Journal of Nematology* 25: 315
70. Yeates, G.W., Bongers, T. R., De Goede, G. M., Freckman, D. W., and Georgieva, S.S. (1993.): Feeding Habits in Soil Nematode Families and Genera — An Outline for Soil Ecologists. *Journal of Nematology* 25(3): 315–331.
71. Yeates, G. W. (2003.): Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspect. *Biology and Fertility of Soils*. 37: 199-210.
72. Yeates, G.W., Ferris, H., Moens, T. and Van der Putten, W.H. (2009.): *The Role of Nematode in Ecosystems*. U: Wilson, M.J. and Kakouli-Duarte, T. (ur.): *Nematodes as environmental indicators*. CABI 331. Publishing.
73. Zec, M. (2012.): *Usporedba učinkovitosti različitih metoda izdvajanja nematoda iz tla (A comparison of different extraction methods of nematodes from soil)*. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku.
74. Zullini, A. (1976.): Nematodes as Indicators of River Pollution. *Nematol. medit.* 4:13 -22.
75. Zullini, A. (1982.): *Nematodi (Nematoda)*. Consiglio Nazionale delle Ricerche. Italy. p.p. 117.
76. Zullini, A. and Peretti, E. (1986.): Lead Pollution and moss-inhabiting nematodes of an industrial area. *Water, Air and Soil Pollution* 27:403-410.

OSTALE INTERNET STRANICE:

- <http://en.wikipedia.org/wiki/Nematode> (25.02.2014.)
- http://en.wikipedia.org/wiki/Biological_pest_control (25.02.2014.)
- <http://nematode.unl.edu/wormgen.htm> (25.02.2014.)
- <http://www.organicgardening.com/learn-and-grow/nematodes> (26.02.2014.)
- <http://animaldiversity.ummz.umich.edu/accounts/Nematoda/> (26.02.2014.)
- <http://hrcak.srce.hr/12451> (26.02.2014.)
- http://hrcak.srce.hr/index.php?show=clanak&id_clanak_jezik=160003
(26.02.2014.)

8. SAŽETAK

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi stanje zajednice nematoda pod utjecajem navodnjavanja i gnojidbe kod uzgoja kukuruza. Istraživanje je uključilo praćenje broja rodova nematoda, promjene u ukupnoj brojnosti rodova, promjene trofičkih grupa i promjene indeksa uznemirenja tla MI, PPI i odnos PPI/MI.

Nakon izdvajanja nematoda iz tla tzv. „metodom lijevka“, izvršio se pregled, prebrojavanje i determinacija pod mikroskopom. Ukupna brojnost nematoda u uzorcima tla kretala se od 60-118 nematoda/100 g tla. Analizom broja rodova utvrđeno je ukupno 22 roda. Kod svih su uzoraka utvrđeni slijedeći rodovi: *Rhabditis* i *Eucephalobus* (bakterivore), *Pratylenchus* (fitoparazitna nematoda) i *Aphelenchus* (fungivora) što znači da su ovi rodovi bili najzastupljeniji u uzorcima tla. U uzorcima tla najzastupljenije subile slijedeće trofičke grupe nematoda: bakterivore i fungivore, ali i fitoparazitne nematode iako u manjoj količini nego prethodne dvije trofičke grupe. Najmanju zastupljenost imale su omnivore. MI se u većini uzoraka kretao od 1,64- 2,0. Vrijednost PPI u uzorcima kretao se od 2,25 – 3. Vrijednosti odnosa PPI/MI kretao se od 1,25 – 1,7 što znači da na povećanje brojnosti nematoda u tlu znatno utječe uznemirenje ekosustava (gnojidba). Brojnost nematoda povećavala se povećanjem navodnjavanja i gnojidbe.

Ključne riječi: zajednica nematoda, navodnjavanje, gnojidba, indeksi uznemirenja, trofičke grupe

9. SUMMARY

The aim of this study was to determine the state of nematode communities affected by irrigation and fertilization in maize production. The study included monitoring the number of nematode genera, changes in the total number of genera, changes in feeding groups and change of soil disturbance measured by MI , PPI and PPI/MI.

After extracting nematodes from soil particles with „bottle techniques“ nematodes were determined to genus level. The total number of nematodes in the soil samples ranged from 60-118 nematodes/100 g of soil. 22 genera were found. Following genera were present in all samples: *Rhabditis* and *Eucephalobus* (bacterivores), *Pratylenchus* (herbivores) and *Aphelenchus* (fungivores) which means that these families were most numerous in the soil samples. The most common feeding groups of nematodes were bacterivores and fungivores feeders, and herbivores group of nematodes, although in smaller quantities than the previous two feeding groups. The lowest number occurred in omnivores feeders group. MI in most samples ranged from 1,64 to 2,0. The value of the PPI in the samples ranged from 2,25 to 3,0. Values PPI/MI ranged from 1,25 to 1,7 nematodes in the soil were affected by fertilizations and irrigation. The total number of nematodes increased with increasing irrigation and fertilization .

Keywords: nematode communities, irrigation, fertilization, disturbance indexes, feeding groups

10. POPIS TABLICA

| | |
|--|----|
| TABLICA 1. Najzastupljenije trofičke grupe i njihove karakteristike..... | 14 |
| TABLICA 2. Karakteristike kolonizera i perzistera..... | 16 |
| TABLICA 3. Tretmani navodnjavanja i gnojidbe pokusa..... | 21 |
| TABLICA 4. Utvrđeni rodovi nematoda i njihova prisutnost u pojedinim tretmanima..... | 28 |
| TABLICA 5. Vrijednosti MI, PPI i odnos PPI/MI..... | 32 |

11. POPIS SLIKA

| | |
|---|----|
| Slika 1. Kukuruz (lat. <i>Zea mays</i> L.) hibrid Oskk 617..... | 2 |
| Slika 2. Ženka <i>Alaimus acutus</i> Thorne..... | 4 |
| Slika 3. Poprečni presjek mužjaka i ženke nematode..... | 7 |
| Slika 4. Entomopatogene nematode na kukcu..... | 10 |
| Slika 5. Zlatnožuta krumpirova nematoda <i>Globodera rostochiensis</i> Wall. | 12 |
| Slika 6. Glava mužjaka vrste <i>Rhabditis</i> (Mullin, P., 2000.)..... | 14 |
| Slika 7. i 8. Pribor za izdvajanje nematoda iz tla „metodom lijevka“..... | 22 |
| Slika 9. i 10. Mikroskop pomoću kojeg se vrše pregledi i determinacija nematoda te laboratorijski pribor koji služi za analiziranje nematoda (Brmež, M.)..... | 23 |

12. POPIS GRAFIKONA

| | |
|--|----|
| Grafikon 1. Ukupna brojnost nematoda u uzorcima tla..... | 26 |
| Grafikon 2. Analiza broja rodova u uzorcima tla..... | 27 |
| Grafikon 3. Trofičke ili hranidbene grupe nematoda u uzorcima tla..... | 30 |

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Diplomski rad

Sveučilišni diplomski studij, smjer Zaštita bilja

Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe na zajednicu nematoda u kukuruзу

Nikolina Ljubek

Sažetak: Utjecaj navodnjavanja i gnojidbe na zajednicu nematoda u kukuruзу

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi stanje zajednice nematoda pod utjecajem navodnjavanja i gnojidbe kod uzgoja kukuruза. Istraživanje je uključilo praćenje broja rodova nematoda, promjene u ukupnoj brojnosti rodova, promjene trofičkih grupa i promjene indeksa uznemirenja tla MI, PPI i odnos PPI/MI.

Nakon izdvajanja nematoda iz tla tzv. „metodom lijevka“, izvršio se pregled, prebrojavanje i determinacija pod mikroskopom. Ukupna brojnost nematoda u uzorcima tla kretala se od 60-118 nematoda/100 g tla. Analizom broja rodova utvrđeno je ukupno 22 roda. Kod svih su uzoraka utvrđeni slijedeći rodovi: *Rhabditis* i *Eucephalobus* (bakterivore), *Pratylenchus* (fitoparazitna nematoda) i *Aphelenchus* (fungivora) što znači da su ovi rodovi bili najzastupljeniji u uzorcima tla. U uzorcima tla najzastupljenije su bile slijedeće trofičke grupe nematoda: bakterivore i fungivore, ali i fitoparazitne nematode iako u manjoj količini nego prethodne dvije trofičke grupe. Najmanju zastupljenost imale su omnivore. MI se u većini uzoraka kretao od 1,64 do 2,0. Vrijednost PPI u uzorcima kretao se od 2,25 – 3,0. Vrijednosti odnosa PPI/MI kretao se od 1,25 – 1,7 što znači da na povećanje brojnosti nematoda u tlu znatno utječe uznemirenje ekosustava (gnojidba). Brojnost nematoda povećavala se povećanjem navodnjavanja i gnojidbe.

Ključne riječi: zajednica nematoda, navodnjavanje, gnojidba, indeksi uznemirenja, trofičke grupe

Rad je izraden pri: Poljoprivredni fakultet u Osijeku

Mentor: Prof. dr .sc. Mirjana Brmež

Broj stranica: 49

Broj grafikona i slika: 13 (10 slika i 3 grafikona)

Broj tablica: 5

Broj literaturnih navoda: 76

Broj priloga:

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: zajednica nematoda, navodnjavanje, gnojidba, indeksi uznemirenja, trofičke grupe

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. Prof. dr. sc. Marija Ivezić, predsjednik

2. Prof. dr. sc. Mirjana Brmež, mentor

3. Doc. dr. sc. Ivana Majić, 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

Faculty of Agriculture

Graduate thesis

University Graduate Studies, Plant production, course Plant Protection

Impact of irrigation and fertilization on nematode communities in corn

Nikolina Ljubek

Abstract: Impact of irrigation and fertilization on nematode communities in corn

The aim of this study was to determine the state of nematode communities affected by irrigation and fertilization in maize production. The study included monitoring the number of nematode genera, changes in the total number of genera, changes in feeding groups and change of soil disturbance measured by MI, PPI and PPI/MI. After extracting nematodes from soil particles with „bottle techniques“ nematodes were determined to genus level. The total number of nematodes in the soil samples ranged from 60-118 nematodes/100 g of soil. 22 genera were found. Following genera were present in all samples: *Rhabditis* and *Eucephalobus* (bacterivores), *Pratylenchus* (herbivores) and *Aphelenchus* (fungivores) which means that these families were most numerous in the soil samples. The most common feeding groups of nematodes were bacterivores and fungivores feeders, and herbivores group of nematodes, although in smaller quantities than the previous two feeding groups. The lowest number occurred in omnivores feeders group. MI are in most samples ranged from 1,64 to 2,0. The value of the PPI in the samples ranged from 2,25 to 3,0. Values PPI/MI ranged from 1,25 to 1,7. Nematodes in the soil were affected by fertilizations and irrigation. The total number of nematodes increased with increasing irrigation and fertilization.

Keywords: nematode communities, irrigation, fertilization, disturbances indexes, feeding groups

Thesis performed at: Faculty of Agriculture in Osijek

Mentor: Prof. dr. sc. Mirjana Brmež

Number of pages: 49

Number of figures: 13 (10 pictures and 3 graphs)

Number of tables: 5

Number of references: 76

Number of appendices:

Original in: Croatian

Key words: nematode communities, irrigation, fertilization, disturbance indexes, feeding groups.

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. Prof. dr. sc. Marija Ivezić, predsjednik
2. Prof. dr. sc. Mirjana Brmež, mentor
3. Doc. dr. sc. Ivana Majić, član

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

*Zahvalila bih se voditeljici, prof. dr. sc. Mirjani Brmež
na vremenu, sugestijama i svestranoj pomoći
prilikom pisanja ovog rada.*

*Puno hvala i članovima povjerenstva, prof. dr. sc. Mariji
Ivezić i doc. dr. sc. Ivani Majić na sugestijama prilikom
pisanja rada, ali i na susretljivosti,
velikodušnosti i stečenim znanjima tijekom studiranja.*

Mojoj najdražoj obitelji, hvala na razumijevanju.

Hvala svim kolegama, posebno Saneli i Dariu.

*Posvećujem ovaj rad mojoj prerano
preminuloj majci Vesni.*

Nikolina Ljubek