

Bioraznolikost rodova i struktura trofičkih grupa nematoda u usjevu pšenice i začinske paprike u Širokom Polju

Đambić, Magdalena

Master's thesis / Diplomski rad

2021

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

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

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:701180>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-12-18**



Sveučilište Josipa Jurja
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet
agrobiotehničkih
znanosti Osijek**

Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Magdalena Đambić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**BIORAZNOLIKOST RODOVA I STRUKTURA TROFIČKIH GRUPA
NEMATODA U USJEVU PŠENICE I ZAČINSKE PAPIRIKE U ŠIROKOM POLJU**

Diplomski rad

Osijek, 2021.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Magdalena Đambić

Diplomski sveučilišni smjer Bilinogojstvo

Smjer Zaštita bilja

**BIORAZNOLIKOST RODOVA I STRUKTURA TROFIČKIH GRUPA
NEMATODA U USJEVU PŠENICE I ZAČINSKE PAPIRIKE U ŠIROKOM POLJU**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. prof. dr. sc. Emilija Raspudić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mirjana Brmež, mentor
3. prof. dr. sc. Karolina Vrandečić, član
4. prof. dr. sc. Jasenka Čosić, zamjenski član

Osijek, 2021.

SADRŽAJ

1. UVOD	1
1.1. Sistematika nematoda	2
1.2. Morfologija, biologija i ekologija nematoda	3
1.3. Trofičke grupe nematoda	6
1.4. C-p grupe nematoda	8
1.5. Cilj istraživanja	10
2. PREGLED LITERATURE	11
3. MATERIJAL I METODE	14
3.1. Uzorkovanje tla	14
3.2. Izdvajanje i analiza nematoda iz uzorka tla	14
3.3. Analiza rezultata indeksa uznemirenja	16
4. REZULTATI	18
4.1. Ukupna brojnost nematoda	18
4.2. Broj i bioraznolikost rodova	19
4.3. Rezultati udjela trofičkih grupa	21
4.4. Rezultati indeksa uznemirenja	23
5. RASPRAVA	24
5.1. Analiza ukupne brojnosti i broja rodova nematoda	24
5.2. Analiza trofičkih grupa	24
5.3. Analiza indeksa uznemirenja	25
6. ZAKLJUČAK	26
7. POPIS LITERATURE	27
8. SAŽETAK	33

9. SUMMARY	34
10. POPIS GRAFIKONA	35
11. POPIS TABLICA	36
12. POPIS SLIKA	37

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD

Nematode su organizmi za koje se procjenjuje kako su nastanile Zemlju prije više od milijun godina. Smatraju se jednim od najstarijih, najbrojnijih i najraznovrsnijih životinjskih vrsta na Zemlji (Wang i sur., 1999.). Nematode obitavaju u raznim životnim uvjetima na Zemlji te su pronađene u gotovo svakom dijelu litosfere – u morima, slatkim vodama, kopnu, tropskoj ili polarnoj klimi (Borgonie i sur., 2011.). Za njihov život nužna je voda (žive u filmu vode oko čestice tla), a bez prisustva vlage hranidba, kretanje i polaganje jaja su onemogućeni (Ivezić, 2014.).

Prema Ivezić (2014.) svaki cm^3 obradivog tla sadrži prosječno 20-30 različitih vrsta nematoda. U tlu se mogu pronaći biljni paraziti, fungivore, bakterivore, saprofagi, predatori i druge trofičke grupe, a gustoća populacije i zastupljenost vrsta određeni su klimatskim uvjetima, tipom tla te vegetacijom.

U staništima se nalaze kao slobodnoživuće vrste i vrste koje parazitiraju ljude, životinje i biljke (Olsen, 1974.). Osim štetnih vrsta, postoje i korisne, poput entomopatogenih nematoda (*Steinernema* spp. i *Heterorhabditi* spp.) koje mogu poslužiti kao biološka zaštita protiv štetočinja (Poljoprivredna enciklopedija, 1970.).

Nematode u tlu imaju izrazito važnu ulogu za mnoge biološke procese, prvenstveno za razgradnju organskih tvari na minerale i na manje složene organske tvari te na taj način opskrbljuju biljke važnim hranidbenim čimbenicima koji omogućavaju rast i razvoj biljke (Ingham i sur., 1985.; Ferris i sur., 1998.).

Od 70-ih godina prošlog stoljeća, nematode se koriste kao bioindikatori onečišćenja staništa, a istraživanja utemeljena na bioindikatorima doprinose su poboljšanju agroekosustava (Neher, 2001.). Mogućnost primjene nematode kao bioindikatora leži u njihovoj brznoj reakciji na promjene u tlu, osim toga pripadaju velikom broju trofičkih grupa, mogu se rangirati po velikom broju kriterija (c-p grupe, dužina života i sl.), lako se uzorkuju i identificiraju te se mogu uzorkovati u svim godišnjim dobima (Brmež, 2004.).

1.1. Sistematika nematoda

Nematode (Slika 1.) se svrstavaju u carstvo životinja - *Animalia*, koljeno *Nematode* (ovom koljenu je naziv dao Nathan Cobb 1919.), razredu *Secernentea* (*Phasmida*) čiji su predstavnici pretežno fitoparazitne nematode koje žive u vlažnom tlu; te razredu *Adenophorea* (*Aphasmida*) čiji su predstavnici slobodnoživuće nematode koje obitavaju u morima, a rjeđe su paraziti (Oštrec, 1998.).



Slika 1. Mikroskopski prikaz nematode

(Izvor: <http://tiny.cc/lbviuz>)

1.2. Morfologija, biologija i ekologija nematoda

Tijelo nematoda je bilateralno simetrično te ima više od dva sloja stanica, tkiva i organa. Može biti crvolikog, končastog, cilindričnog, cilindrično – končastog te cistolikog (samo ženke) oblika, a ciste se dijele na kruškolike, okrugle i limunaste (*Meloidgyne*, *Globodera*, *Heterodera*) (Ivezić, 2014.).

Nematode u tlu su najčešće duguljasti crvi čija je dužina pretežno do 2,5 mm (Nyle i Ray, 2009.). Većina nematode nije vidljiva prostim okom, odnosno mikroskopskih su veličina. Slobodnoživuće nematode dosežu i do 5 cm, dok nematode koje parazitiraju životinje mogu doseći i nekoliko metara (Ruppert i sur., 2004.).

Snažno, elastično tijelo zbog nedostatka pigmenta varira od mlječno bijele do žućkaste boje. Unutar tjelesne šupljine je tekućina pod pritsikom, a u njoj tjelesni organi (Ivezić, 2014.).

Kod tijela nematode razlikujemo tri dijela (Oštrec, 1998.):

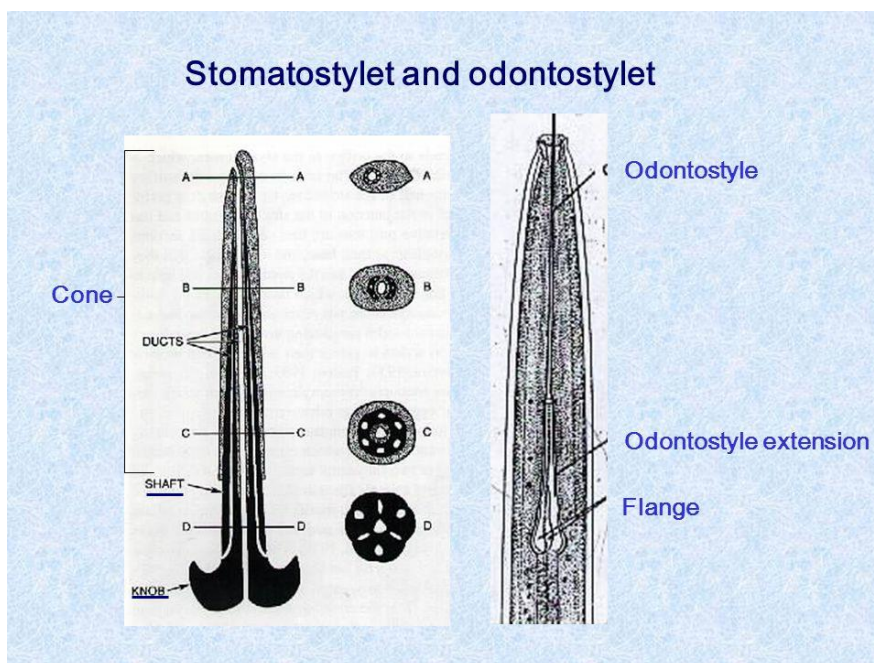
- a) Prednji dio, na kojem se nalazi glava,
- b) Srednji dio, gdje su smješteni reproduktivni i probavni organi te glavina primitivnog živčanog sustava,
- c) Stražnji dio, odnosno rep koji može biti različitog oblika, dužine i širine, a može imati i različite izraštaje što ga čini važnom značajkom prilikom determinacije vrste.

Tijelo nematode čine tri sloja: vanjska kutikula, unutrašnji dio hypoderm te unutrašnji dio mišića (Ivezić, 2014.).

Višeslojna kutikula, zbog nedostatka kostura i kružnog mišićnog sustava, sprječava deformacije prilikom stezanja uzdužnih mišića tijekom pokretanja. Također, kutikula ima ulogu i u disanju jer dišni organi nisu posebno razvijeni. Ispod epiderme, koju čini jedan sloj stanica, nalazi se sloj mišićnih stanica, a između ta dva sloja prožimaju se živčane stanice (Zec, 2012.).

Na prednjem dijelu tijela nalazi se radijalno simetrična glava na kojoj se uz usni ustroj mogu nalaziti osjetilne čekinje i čvrsti oklop. Osjetila su kružno poredana oko usta, a usta mogu imati tri ili šest usana. Kod predatora najčešće pronalazimo zube, koji se nalaze na unutrašnjim stranama (Barnes, 1980.). U usnoj šupljini fitoparazitnih nematoda smještena je hitinizirana bodlja ili stilet, koji služi za probijanje biljnog tkiva. Također, stilet je važan u sistematici jer se prema građi stileta međusobno razlikuju nematode. Razlikujemo pravi stilet

ili stomatostilet- posjeduje guke (Slika 2.), kojeg imaju fitoparazitne nematode i odontostilet, bez guka, a imaju ga omnivore. Stilet pokretnim čine mišići protraktor, koji ga pokreće izvan usnog ustroja, i retraktor, koji ga vraća u usnu šupljinu (Ivezić, 2014.).

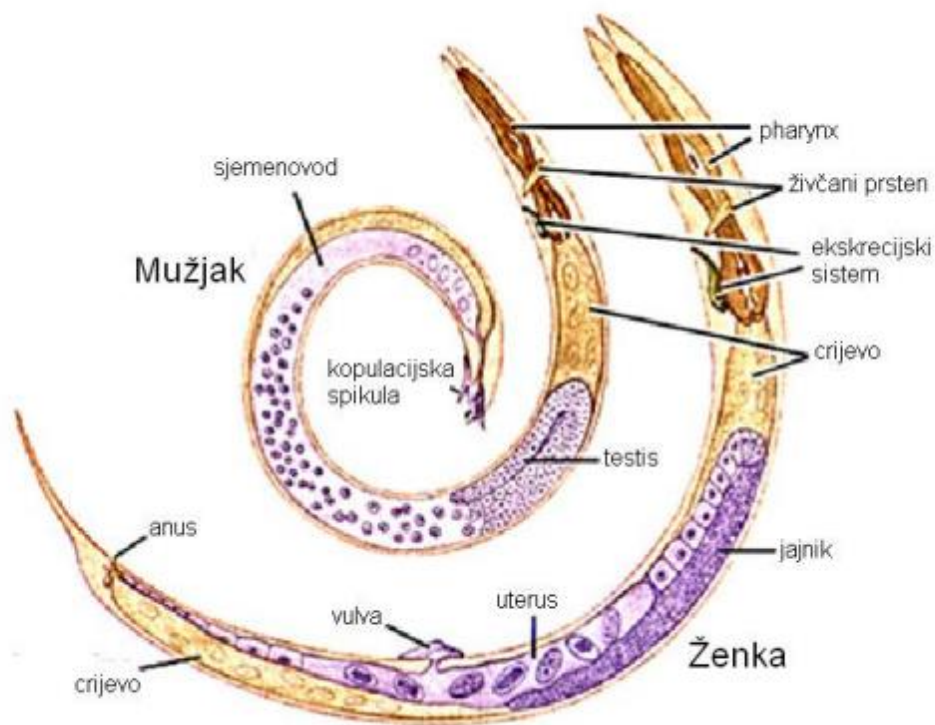


Slika 2. Stomatostilet i odontostilet

(Izvor: <https://slideplayer.com/slide/4315984/>)

Probavni sustav sastoji se od prednjega, srednjega i stražnjega crijeva. Prednje crijevo počinje usnim ustrojem te se nastavlja jednjakom (Ivezić, 2014.). Usna šupljina je obložena kutikulom koja je najčešće ojačana različitim strukturama te prelazi u mišićavo usno grlo, također obloženo kutikulom (Varga, 2011.). Fitoparazitne nematode imaju dužu žlijezdu jednjaka te veću mišićnu srednju jabučicu, koja rapidno pulsira za vrijeme ishrane staničnog sadržaja. Kardijalni prsten smješten je između jednjaka i prednjeg crijeva, a njegova funkcija je sprječavanje vraćanja hrane. Na jednjak se nastavlja srednje crijevo cijelom dužinom dijela nematode, dok je stražnje crijevo kratko i završava analnim otvorom (Ivezić, 2014.).

Razmnožavanje nematoda je spolno, razlučenoga su spola, a odnos spolova je uglavnom isti. Razmnožavaju se gamogenezom, no javlja se i partenogeneza, najčešće su oviparne, a neke vrste mogu biti i viviparne. Također se javlja spolni dimorfizam (Slika 3.), tj. mužjaci su puno manji od ženki te se kod odraslih oblika lako mogu razlikovati ženka i mužjak (Ivezić, 2014.).



Slika 3. Morfologija mužjaka i ženke nematode

(Izvor: <https://tinyurl.com/bej8rf7j>)

Živčani sustav sastavljen je od nekoliko stotina stanica i nekoliko osjetnih organa. Živci su uzajmno povezani s osjetnim organima i mišićima u tijelu (Ivezić, 2014.). Oni se na gornjoj strani tijela granaju iz kružnog živčanog prstena te imaju funkciju mozga (Barnes, 1980.). Osjetni organi smješteni su u prednjem dijelu tijela i oko vanjskih genitalija. Uz osjetne organe nalaze se još i dvije specijalne strukture, amphid, kod usnog ustroja, i phasmid u blizini anusa (Ivezić, 2014.).

Nematode nemaju posebno razvijen krvotok i organe za disanje. Disanje se obavlja kroz kožu te je ovisna o temperaturi, veličini te djelomično pritisku kisika, no neke vrste se mogu prilagoditi i na uvjete bez kisika (Ivezić, 2014.).

Životni ciklus nematoda je kratak. Fitoparazitne nematode najčešće žive 3 - 4 tjedna, a karakteristično je da mužjaci žive kraće od ženki.

U jajetu se razvija prvi stadij ličinki, a iz jajeta izlazi drugi stadij. Ličinke su identične odraslom obliku, a tijekom razvoja se presvlače. Prije pojave odraslog oblika, razvijaju se genitalije. Nakon polaganja jaja, ženke ugibaju.

Staništa nematoda su ekosustavi s određenom vlažnošću. Za njihovu aktivnost potreban je tanki sloj vode oko čestice tla. Gubitak vlage dovodi do stresnog stanja kod nematoda. No, neke vrste mogu preživjeti sušne uvjete te ponovno aktivirati kad nastanu povoljni uvjeti, tj. optimalna vlaga. Nematode također reagiraju na promjene temperature. Optimalne temperature za rast i razvoj kreću se od 5 do 30°C, a mnoge vrste prežive i vrlo niske temperature i do -40°C. U vlažnoj sredini na temperaturama od 40 do 50°C većina fitoparazitnih nematoda ugiba. Fizikalna struktura tla važna je u ekologiji nematoda jer struktura tla izravno utječe na kretanje nematode u filmu vode oko čestice tla (Ivezić, 2014.). U gornjim slojevima tla nalazi se veći broj nematoda nego u dubljim, a najveći broj nematoda nalazi se na dubini od 0-30 cm, tj. u oraničnom sloju. Također, nematode su zastupljenije na tlima bogatim humusom, dok se neke nematode nalaze samo u određenim slojevima koji zadovoljavaju njihove uvjete (Brmež, 2004.). Nematode u tlu adaptirane su na obilje kisika te je aeracija važna za njihovu aktivnost. Neke vrste anaerobne uvjete preživljavaju nekoliko tjedana, neke vrste ugibaju nakon nekoliko dana, a određene vrste, kao primjerice *Aphelenchus avenae*, preživljavaju samo u aerobnim uvjetima (Ivezić, 2014.).

1.3. Trofičke grupe nematoda

Prema načinu ishrane nematode se dijele na trofičke grupe, a do danas je utvrđeno 15 različitih trofičkih grupa (Yeates i sur., 1993.). Od ukupno 15 grupa, u istraživanjima se najčešće spominju herbivore (fitoparazitne ili biljno parazitne nematode), bakterivore, fungivore, omnivore i predatori, tj. trofičke grupe koje su najzastupljenije u tlima (McSorley, 1997.; Neher i Barbercheck, 1999.). U tlu su najbrojnije fitoparazitne nematode i bakterivore (Brmež, 2004.; McSorley, 1997.). Pojavom veće brojnosti omnivora, fungivora i predatora u odnosu na bakterivore i fitoparazitne nematode dolazi do veće bioraznolikosti zajednice (Wasilewska, 1979.). Najčešće nematode koje pripadaju istom rodu ili porodici pripadaju i istoj trofičkoj grupi, no ima i iznimaka, primjerice neke vrste unutar roda fitoparazitnih nematoda mogu pripadati fungivorima (Brmež, 2004.).

Karakteristike trofičkih grupa

- Fitoparazitne nematode

Fitoparazitne nematode stiletom probijaju biljno tkivo i sišu biljne sokove iz stanice, a hrane se na korijenju, izdancima i listovima viših biljaka. Vidljivi simptomi napada su zaostajanje u rastu i razvoju te pojava kloroze koji se lako mogu pripisati biotskim i abiotskim čimbenicima (Benković-Lačić, 2012.). Nematode se prema mjestu ishrane dijele na ektoparazite, endoparazite i semiendoparazite. Ektoparaziti se hrane na površini korijena ubušujući se stiletom te se razlikuju dva oblika - migratorni i sedentorni. Endoparaziti se cijeli ubušuju u korijen te se u njemu hrane, razmnožavaju i provode većinu svog života. Kod endoparazitizma javlja se sedentorni i migratorni oblik. Sedentorni oblik cijeli život provede u istoj stanici te se zbog hipertrofije korijenovih stanica javljaju specifični simptomi (*Meloidogyne* spp.). Migratorni oblik se kreće između stanica i isisava sadržaj stanice, a kao rezultat takvog djelovanja javljaju se nekrotične pjege (*Pratylenchus* spp.) (Yeats i sur., 1993.). Semiendoparazitni oblik jedan dio života provodi ubušen u biljku (Ivezić, 2014.).

Prema Brezovac (2010.), ova trofička grupa najviše je istražena zbog njihovog značaja u poljoprivrednoj proizvodnji. Do povećanja brojnosti fitoparazitnih nematode dolazi zbog prekomjerne primjene dušičnih gnojiva, agrarnih mjera te zagađenjem kiselim kišama i isušivanjem močvarnih tresetnih tala (Wasilewska, 1974.). Odnosno, može se reći da je povećanje njihove brojnosti pod antropogenim utjecajem.

- Bakterivore

Zbog hranidbe bakterijama bakterivore su najbrojnije na mjestima s dosta organske tvari, tj. ondje gdje je velika bakterijska aktivnost. Na glavi imaju izraštaje koji im služe za hvatanje bakterija te omogućavaju lakšu determinaciju (Nicholas, 1984.). Većina bakterivora su kolonizeri kratkog životnog vijeka koji se koriste kao bioindikatori zagađenja tla teškim metalima te najbrže reagiraju na promjene u tlu (Brezovac, 2010.). Osim što su bioindikatori, bakterivore imaju značajnu ulogu i na produktivnost usjeva zbog regulacije dušika. Također, sposobne su povratiti 30% - 60% probavljenih bakterija koje mogu biti žive i aktivne te se približno 40% njihove populacije nalazi u rizosferi (Freckman & Caswell, 1985.).

- Fungivore

Fungivore su slobodnoživuće nematode koje svojim stiletom probijaju hife i spore mnogih vrsta gljiva koje rastu u rizosferi – saprofitske, patogene i mikorizne. Povećanje njihove brojnosti ukazuje na povećanu kiselosti tla koja može, između ostalog, biti uzrokovana mineralnim gnojivima (Sohlenius i Wasilewska, 1974.). Sposobne su kontrolirati patogene gljivice. Osim toga, korisne su u tlu jer hraneći se gljivama svojim metaboličkim procesima pretvaraju proteine u dušik dostupan višim biljkama (Benković-Lačić, 2012.).

- Omnivore

Omnivore su slobodnoživuće nematode koje se mogu hraniti različitim organizmima u tlu. Relativno su velike i osjetljive na smetnje poput obrade tla. Također su osjetljive na zagađivače i prekomjerni unos dušičnih gnojiva. Prisutnost ove trofičke grupe ukazuje da je hranidbena mreža u tlu raznolika i relativno stabilna, dok je njihova odsutnost upozorenje da je biologija tla poremećena ili iscrpljena (<https://tinyurl.com/yuhzpnvy>).

- Predatori

Karakteristično za nematode ove trofičke grupe je da najčešće u usnoj šupljini imaju zub koji im služi za hranjenje drugim nematodama ili životinjama sličnih veličina. Prema tipu usnog ustroja i načinu ishrane dijele se u tri grupe: one koji probadaju i isisavaju svoj plijen, gutaju cijeli plijen te one koji presjecaju epidermu i usisavaju sadržaj organizama (Gaugler i Bilgrami, 2004.). I predatori su, poput omnivora, osjetljivi na poremećaje u tlu.

1.4. C-p grupe nematoda

Nematode se razlikuju prema dužini životnog ciklusa, reprodukcijskoj sposobnosti te tolerantnosti na razna uznemirenja. Prema navedenim karakteristikama Bongers (1990.) ih je svrstao u c-p grupe, tj. kolonizere i perzistere. Grupe su rangirane na skali od 1 do 5, gdje su u prvoj grupi smješteni kolonizeri, dok grupama 4-5 pripadaju perzisteri (Bongers i Ferris, 1999.). Kolonizeri su organizmi lako prilagodljivi uznemirenim tlima, dok perzisteri nisu prisutni u uznemirenim tlima te su oni pokazatelji stabilnog ekosustava (De Goede, 1993.).

Rodovi i vrste unutar porodice imaju istu c-p vrijednost stoga se nematode na razini porodice svrstavaju u jednu od c-p grupa (Benković-Lačić i Brmež, 2013.).

Karakteristike c-p grupa:

a) c-p 1 - Nematode ove grupe kratkog su životnog vijeka te ih karakteriziraju gonade koje proizvode veliki broj malih jajašaca (Bongers i Bongers, 1998.). Ovdje prvenstveno pripadaju bakterivore koje imaju veliku mikrobiološku aktivnost. Njihova brojnost ubrzano raste pri uznemirenju sredine, primjerice pri dodatku organskog gnojiva. Također su tolerantne na onečišćenja i produkte razgradnje organske tvari, a pri padu mikrobiološke biomase i aktivnosti u tlu dolazi do formiranja inaktivnog stadija „dauer larvae“ (Benković-Lačić i Brmež, 2013.).

b) c-p 2 - Ove nematode su kratkog životnog ciklusa s izraženom visokom stopom reprodukcije, no nižom nego kod nematoda iz c-p 1 grupe. Javljaju se u svim sredinama, tolerantne su na razna uznemirenja, iako ne formiraju inaktivni stadij „dauer larvae“ (Benković-Lačić i Brmež, 2013.).

c) c-p 3 - U odnosu na nematode iz c-p 2 grupe, ove nematode imaju duži životni ciklus i veću osjetljivost na razna uznemirenja (Benković-Lačić i Brmež, 2013.).

d) c-p 4 - Ovoj grupi pripadaju veći predatori, manje omnivore i neke bakterivore. Karakterizira ih dugi životni ciklus i propusnu kutikula koja im osigurava visoku osjetljivost na različita onečišćenja. Također, imaju gonade koje ne zauzimaju veliki dio tijela te produciraju manji broj većih jaja (Benković-Lačić i Brmež, 2013.).

e) c-p 5 - Nematode ove grupe vrlo su osjetljiva na uznemirenja i onečišćenja. Imaju mali broj generacija godišnje i dugi životni ciklus te su kao takvi pokazatelji stabilnog ekosustava. Zbog mogućeg opstanka samo u ekološki čistom tlu, ovoj grupi pripadaju velike omnivore i veliki predatori (Benković-Lačić i Brmež, 2013.).

1.5. Cilj istraživanja

Cilj diplomskog rada je utvrditi bioraznolikost rodova nematoda i strukturu trofičkih grupa u usjevima pšenice i začinske paprike kroz analizu ukupne brojnosti nematoda, broj rodova i trofičkih grupa te izračunati indekse uznemirenja.

2. PREGLED LITERATURE

Ferris i sur. (2000.) smatraju zajednice nematode u tlu najbojnijom skupinom višestaničnih životinja u okolišu. Nematode, zbog svoje velike prilagodljivosti raznim ekološkim uvjetima, predstavljaju dominantnu skupinu mikrofaune. Obitavaju u različitim staništima: u tlu, morima, slatkim vodama te ekstremnim uvjetima poput tropa ili polarnih područja (Ax, 2003.; McSorley, 2003.).

Zbog svojih karakteristika te reakcije i na najmanje promjene u tlu, nematode su dobri bioindikatori. Ovisno o ekološkim promjenama i antropološkim utjecajima dolazi do promjena u populaciji nematoda (Porazinska i sur., 1999.).

Za proučavanje i korištenje nematoda kao bioindikatora, potrebno ih je izdvojiti iz tla, a zatim i determinirati. Za izvajanje nematode najčešće se koriste Baermannova metoda lijevaka, Cobova metoda sita i Seinhorstova metoda boca, a najučinkovitijom se smatra Bearmanova metoda lijevaka zbog dobivanja najčišćih uzoraka (Zec, 2012.; Prot i sur., 1993.).

U istraživanjima koja nematode koriste kao bioindikatore, dovoljna je determinacija do roda zbog njihovih sličnih životnih navika unutar jedne porodice ili roda (Yeates, 2003.).

Pošto su se nematode pokazale kao iznimno dobri bioindikatori, radi što lakše interpretacije rezultata, osmišljeni su brojni indeksi. Najčešće se koriste Maturity index (MI), biljnoparazitni indeks (PPI), MI (2-5), PPI/MI, indeks obogaćenja (Enrichment index EI), strukturni indeks (Structure index SI), temeljni indeks (Basaal index BI) i Channel index (CI). Maturity index raspoređuje nematode prema c-p skali od 1 do 5 te se može bazirati na razini porodica, a ne roda i vrsta (Bongers, 1990.; Bongers i sur. 1991.). U raznim provedenim istraživanjima s porastom uzemirenja raste vrijednost PPI te reagira suprotno od vrijednosti MMI, a vrijednost PPI može i ne mora biti u pozitivnoj korelaciji s vrijednostima MI (Bongers, 1990.; Bongers i Bongers, 1998., Ferris i sur., 2001.; Neher i Campbell, 1994.).

Poljoprivrednom praksom te primjenom različitih agrotehničkih zahvata dolazi do povećanja mikrobiološke aktivnosti. Na taj način osiguravaju se izvori hrane za primarne kolonizere što je vidljivo u nižim vrijednostima MI, a nakon toga slijedi postupno povećanje vrijednosti MI kroz vremensku sukcesiju (Ettema i Bongers, 1993.; Yeates, 1998.).

Kao pomoć pri analiziranju c-p grupa, De Goede i sur. su 1993. pomoću c-p trokuta osmisli grafički prikaz zajednice nematode. Grafički prikaz pokazuje koja je grupa u porastu, a koja u padu te su na taj način mogli vidjeti da li su zajednice nematode u stresnim ili oporavljajućim uvjetima.

Zbog načina života fitoparazitnih nematoda koji ovisi o višim biljkama i razlikuje se od načina života neparazita, Bongers i sur. (1996.) izostavili su fitoparazitne nematode kod izračunavanja MI te oformili novi indeks MI 2-5. Za fitoparazitne nematode formirana je posebna c-p skala na kojoj je izostavljena c-p grupa 1. Biljnoparazitski indeks ili Plant Parasitic Index (PPI) zasnovan je za izračunavanje srednje vrijednosti frekvencija pojedinih grupa, dok je Maturity Index (MI) prvobitno namijenjen za praćenje sukcesije. Pri sukcesiji se prvo pojavljuje c-p grupa 1, tj. kolonizeri, a zatim ostale grupe, što rezultira povećanjem vrijednosti MI (Ettema i Bongers, 1993.).

Pod utjecajem gnojidbe, poboljšivača tla, obrade tla, toksičnih elemenata i drugih antropogenih utjecaja dolazi i do promjene zajednica nematoda (Bošnjak i sur., 2011.).

Brmež (2004.) navodi kako gnojidba ima značajnu ulogu u poljoprivredi te uz utjecaj na produktivnost usjeva, utječe i na zajednicu nematoda u agroekosustavu.

U kiselim tlima ili kod poremećaja izazvanih teškim metalima smanjuje se broj omnivora, predatora i bakterivora te povećava brojnost fungivora (Bongers i Bongers, 1998.).

Ferris i sur. (1996.) navode da se povećanjem brojnosti bakterivora i fungivora u tlu povećava i mineralizacija u tlu te bi zbog toga poljoprivreda u cilju trebala imati povećanje slobodno živućih nematoda, a smanjenje populacije fitoparazitnih nematoda.

Na tlima tretiranim organskim gnojivima dolazi do povećanja broja bakterivora (*Cephalobidae* i *Rhabditiae*), dok se njihova brojnost smanjuje dodatkom umjetnih gnojiva (Bulluck i sur., 2002.; Garcia – Alvarez i sur., 2004.).

Regulaciju zajednice nematode unošenjem dušika i njihovu privremenu dinamiku proučavao je Wei sa suradnicima (2012.). Istaknuli su toksičnost amonijevog kationa za brojne organizme te pretpostavili da je način ishrane uzrok smanjenja populacije fitoparazita. Biljke usvajaju dušik iz tla u obliku amonijevog kationa, a on može biti toksičan za biljne parazite jer se hrane biljnim sokovima. Također, utvrdili su smanjenje ukupne populacije, rodova i trofičkih grupa (fitoparazita, fungivora, omnivora i predatora) u kolovozu i porast u rujnu.

Ferris i sur. (1996.) analizirali su nematode u tlu pri konvencionalnom i ekološkom uzgoju te su zaključili da brojnost bakterivora varira s obzirom na način proizvodnje. U početnom stadiju rasta i razvoja, kada su biljke bile izložene nedostatku dušika, brojnost bakterivora je bila najniža, a pri povećanju izvora hrane, najbržu rekaciju je imala skupina nematode iz c-p grupe 1, tj. *Rhabditidae*. S povećanjem opskrbljenosti tla dušikom, povećavala se i brojnost bakterivora.

Varga (2011.) je provela istraživanje utjecaja gnojidbe paprike cinkom i fosforom. Istraživanjem je dokazala kako je pri većem uznemirenju došlo do povećanja ukupne brojnosti nematode kao posljedica povećanja brojnosti kolonizera te je istovremeno došlo do smanjenja broja rodova. Također, omnivore su pokazale veliku osjetljivost na uznemirenje, a pri svakom uznemirenju brojnost im je smanjena za 50%. Rodovi *Rhabditis*, *Acrobeloides*, *Eucephalobus*, *Plectus*, *Tylenchus*, *Pratylenchus*, *Paratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Ditylenchus*, *Dipterophora*, *Prodorylaimus* i dr. nisu pokazali osjetljivost na cink i fosfor, dok su rodovi *Panagrolaimus* i *Microdorylaimus* bili prisutni samo u kontrolnim posudama.

Brmež je zajedno sa suradnicima (2004.) tijekom 2000. i 2001. godine pratila dinamiku nematode u ozimoj pšenici. Popraćena je dinamika ukupnog broja nematode, ukupnog broja bakterivora i određeni broj rodova fitoparazita. U jesen je utvrđena najveća brojnost fitoparazita, a brojnost se smanjivala tijekom zime. Uočen je rast populacije nematoda tijekom vegetacije, a najbrojnije krajem vegetacije su bile bakterivore koje se pojavljuju odmah nakon gnojidbe, tj. uznemirenja.

3. MATERIJAL I METODE

3.1. Uzorkovanje tla

Uzorci za potrebe ovoga rada uzeti su 26. svibnja 2021. godine u Širokom Polju. Uzeta su 4 uzorka, dva iz usjeva ozime pšenice (*Triticum aestivum* L.) i dva iz začinske paprike (*Capsicum annum* L.).

Uzorci su uzeti pomoću ašova na dubini od 0 – 25 cm. Spremljeni u najlonske vrećice i označeni, odmah nakon uzorkovanja, dostavljeni su u Laboratorij za entomologiju i nematologiju, Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek. Također, istoga dana uslijedio je i postupak izdavanja nematoda iz uzoraka tla.

3.2. Izdvajanje i analiza nematoda iz uzoraka tla

Postupak se započinje prosijavanjem uzorka tla kroz sito, a potom se od prosijanog uzorka odvaže 100 g (Slika 4.). Iz pripremljenog uzorka nematode su izdvojene Baermannovom metodom lijevka (Slika 5.). Za primjenu ove metode potreban je stalak za lijevak, lijevak, sito, filter papir, gumena cijevčica i stezaljka za cijevčicu. Aparat je sastavljen od stalka na čijem vrhu je učvršćen lijevak. Unutar lijevka se nalazi sito sa filter papirom, a na krajevima lijevka je gumena cijevčica pričvršćena stezaljkom. Na sito se stavlja odvagani uzorak i ispunjava vodom do ruba lijevka, odnosno dok voda ne prekrije uzorak. Nakon 24 sata ispušta se 5-10 ml suspenzije s nematodama te slijedi pregled, prebrojavanje i determinacija pomoću svjetlosnog mikroskopa. Izdvojene nematode su determinirane do roda pomoću ključeva Andrassy, 1984., 1988., 1993.; Bongers, 1994.; Hunt, 1993.; Mai i Lyon, 1975.



Slika 4. Priprema i vaganje uzorka

(Foto: Đambić, M.)



Slika 5. Izdvajanje nematoda Baermannovom metodom lijevka

(Foto: Đambić, M.)

3.3. Analiza rezultata indeksa uznemirenja

Nakon determinacije, analiza rezultata obuhvaćala je utvrđivanje ukupne brojnosti nematoda, broj rodova, pripadnost trofičkim i c-p grupama te su određeni MI, PPI i PPI/MI indeksi. U nastavku teksta su opisani najznačajni indeksi.

a) Indeks zrelosti tla – Maturity index (MI)

Za formiranje Maturity indeksa zaslužna je c-p klasifikacija. Maturity indeks predstavlja prosjek distribucije učestalosti c-p grupa, a uključuje sve trofičke grupe osim fitoparazitnih nematoda. Fitoparazitne nematode su isključene jer njihova brojnost ovisi o prisutnosti i stanju biljke kojom se hrane. U stabilnijim ekosustavima više je perzistera, dok je u uznemirenim sredinama veća brojnost kolonizera. Vrijednosti MI kreću se od 1.0 do 5.0. Za tla pogođena onečišćenjima vrijednosti MI mogu se kretati u rasponu manjem od 2.0, dok se za tla bez onečišćenja vrijednosti kreću u rasponu od 4.0 do 5.0. Niže vrijednosti MI ukazuju na veću prisutnost kolonizera koji se javljaju u ranim fazama sukcesije (Benković-Lačić i Brmež, 2013.; Bongers i Ferris, 1999.).

Izračunava se po formuli (Bongers, 1990.):

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

Gdje je:

$v(i)$ – vrijednost c – p grupe

$f(i)$ – frekvencija te grupe u uzorku

b) Biljnoparazitski indeks – Plant Parasitic Index (PPI)

Biljno parazitni indeks izračunava se na isti način kao i Maturity Index, ali obuhvaća samo fitoparazitne nematode (Ivezić, 2014.). Zbog životnog ciklusa koji u potpunosti ovisi o višim biljkama, nematode c-p 1 grupe ne postoje (Bongers, 1990.). PPI predstavlja srednju vrijednost c-p grupa te se kreće od 2.0 do 5.0 (Benković-Lačić i Brmež, 2013.).

Izračunava se po formuli (Bongers, 1990):

$$PPI = \frac{\sum[v(i)*f(i)]}{n} \quad n - \text{ukupan broj fitoparazitnih nematoda}$$

c) Odnos biljnoparazitskog indeksa i indeksa zrelosti tla (PPI/MI)

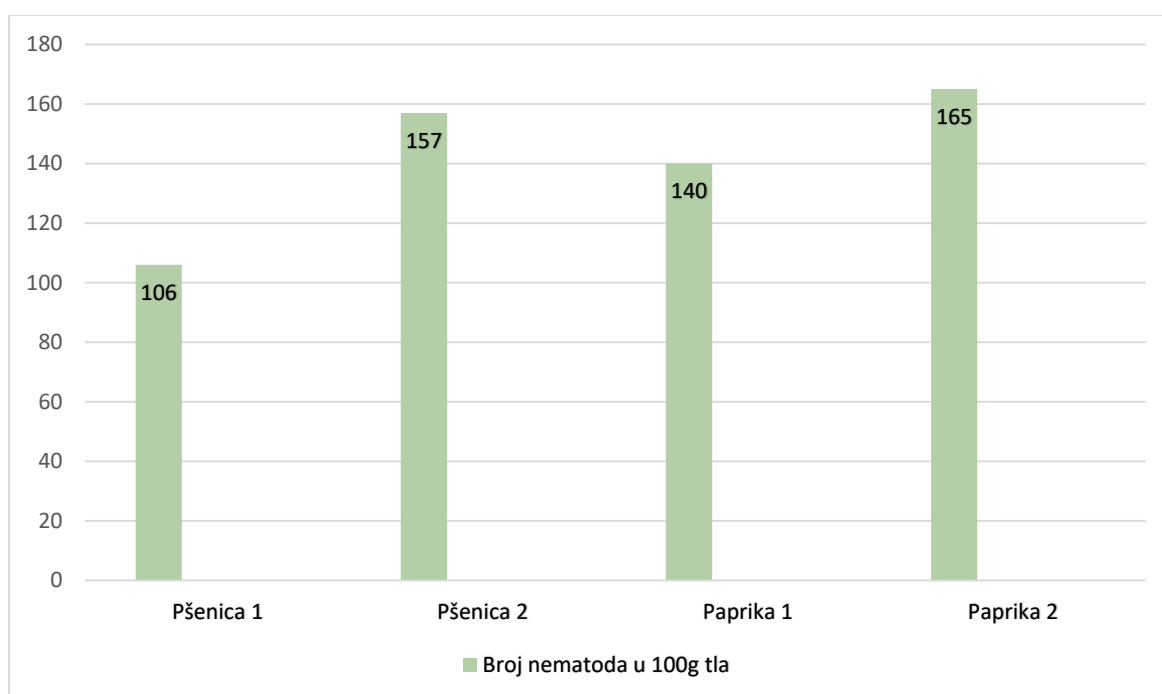
Prema Brmež (2004.) odnos biljnoparazitskog indeksa i indeksa zrelosti značajan je pokazatelj stanja i promjena unutar zajednice nematoda u tlu. Kod uznemirenih ili onečišćenih sredina vrijednost PPI može rasti i više od 1.6, dok kod neuznemirenih i stabilnih ekosustava ne prelazi 0.9 (Bongers i sur., 1997.).

4. REZULTATI

Nakon istraživanja na četiri uzorka tla, dva iz pšenice i dva iz začinske paprike, utvrđena je ukupna brojnost nematoda po uzorku. Nematode su determinirane do roda i raspoređene po trofičkim grupama te su izračunati indeksi uznemirenja.

4.1. Ukupna brojnost nematoda

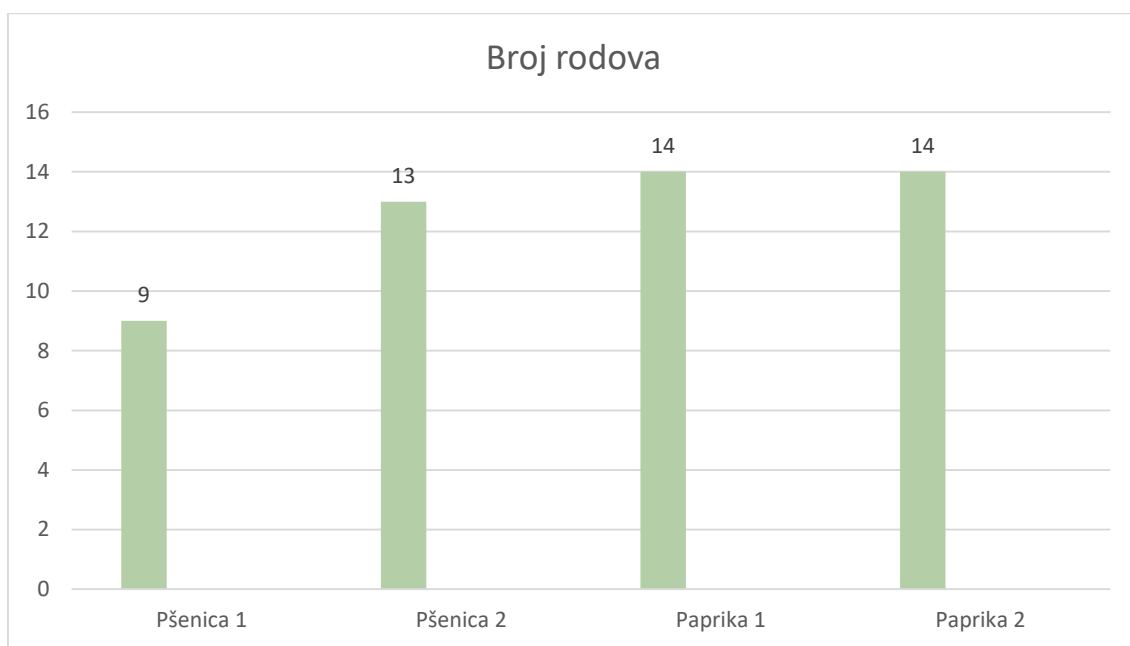
Ukupna brojnost nematoda (Grafikon 1.) po uzorcima se kretala od 106 do 165 nematoda u 100 g tla, što je relativno mala brojnost.



Grafikon 1. Ukupna brojnost nematoda u uzorcima

4.2. Broj i bioraznolikost rodova

Broj rodova u uzorcima kretao se od 9 do 14 te je prikazan grafikonom 2.



Grafikon 2. Broj rodova nematoda u uzorcima

U sva četiri uzorka ukupno je utvrđeno 18 različitih rodova nematoda, od čega je osam rodova pripadalo bakterivorama, tri fungivorama, pet biljnim parazitima, jedan omnivorama te jedan predatorima. Utvrđeni rodovi po pojedinim uzorcima prikazani su u Tablici 1.

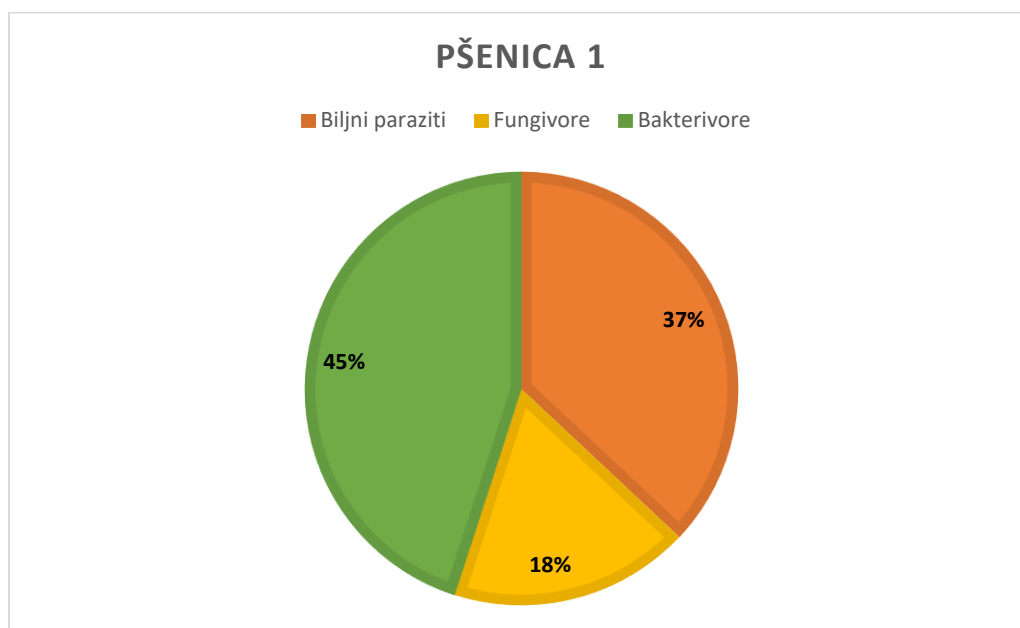
uzorak tla rod nematoda	c-p grupa	Pšenica 1	Pšenica 2	Paprika 1	Paprika 2
Bakterivore					
<i>Acrobeloides</i>	2	+	+	+	+
<i>Eucephalobus</i>	2	+	+	+	+
<i>Heterocephalobus</i>	2		+	+	+
<i>Panagrolaimus</i>	1		+		
<i>Rhabditis</i>	1	+	+	+	+
<i>Teratocephalus</i>	3			+	+
<i>Monhystera</i>	2			+	+
<i>Plectus</i>	2				+
Fungivore					
<i>Aphelenchoides</i>	2	+	+	+	+
<i>Aphelenchus</i>	2			+	+
<i>Ditylenchus</i>	2		+	+	+
Biljni paraziti					
<i>Helicotylenchus</i>	0	+	+		
<i>Paratylenchus</i>	0	+	+		
<i>Pratylenchus</i>	0	+	+	+	+
<i>Tylenchorhynchus</i>	0	+	+	+	+
<i>Tylenchus</i>	0	+	+	+	+
Omnivore					
<i>Eudorylaimus</i>	4			+	+
Predatori					
<i>Clarkus</i>	4			+	
Ukupan broj rodova		9	13	14	14

Tablica 1. Utvrđeni rodovi u pojedinim uzorcima

4.3. Rezultati udjela trofičkih grupa

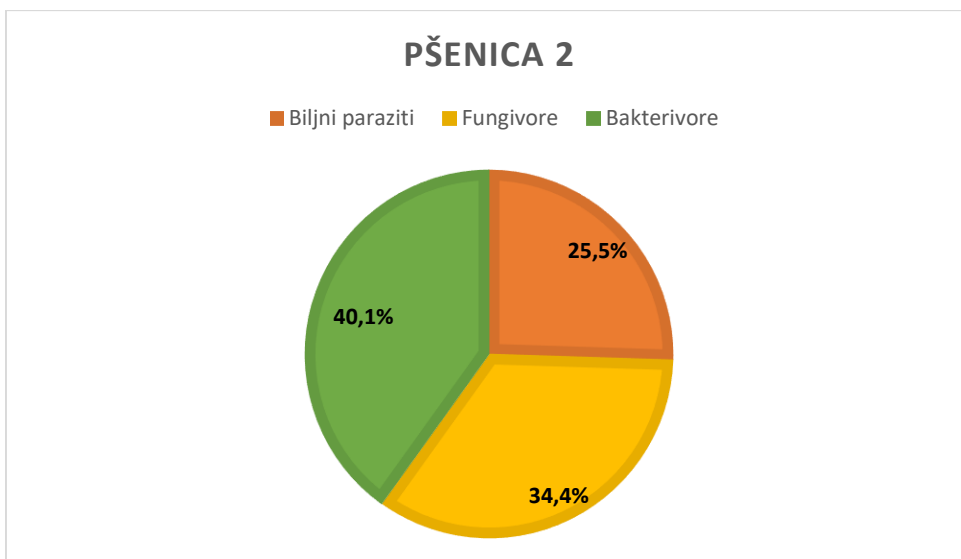
U sva četiri uzorka tla od trofičkih grupa najzastupljenije su bakterivore i biljni paraziti što je grafički prikazano u Grafikonima 3., 4., 5. i 6.

U uzorku pšenica 1 (Grafikon 3.) najdominantnija je trofička grupa bakterivora unutar koje su nematode bile raspoređene unutar tri roda. Zatim ih slijede biljni paraziti s pet rodova i fungivore s jednim rodnom. Trofičke grupe omnivora i predatora nisu bile zastupljene.



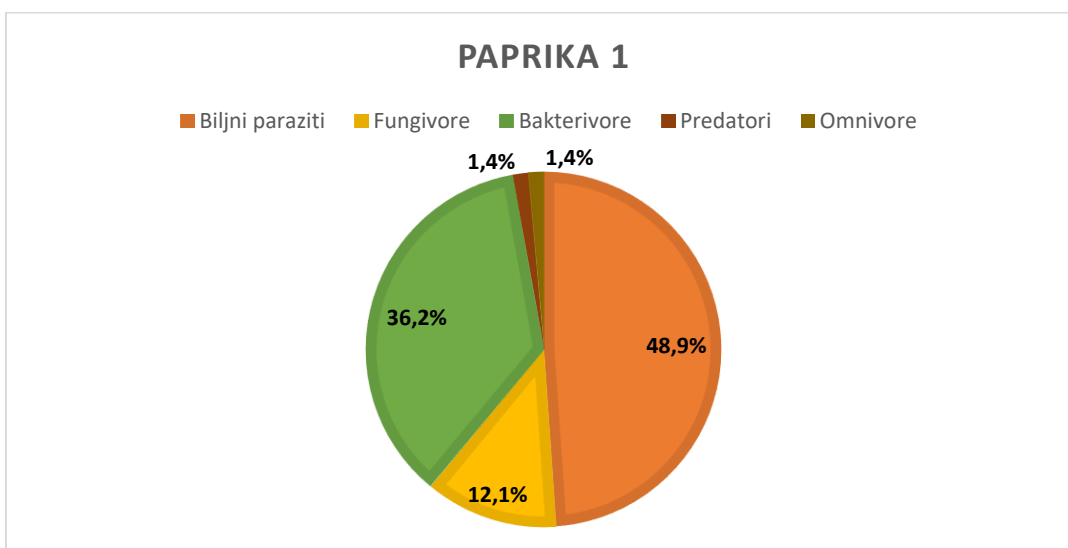
Grafikon 3. Zastupljenost trofičkih grupa u uzorku pšenica 1

Iz Grafikona 4. vidljivo je kako su u uzorku pšenica 2 kao i u prethodnom uzorku najzastupljenije bakterivore s pet rodova, a slijede ih fungivore s dva roda i biljni paraziti s pet rodova. Trofičke grupe predatora i omnivora također ni u ovom uzorku pšenice nisu utvrđene.



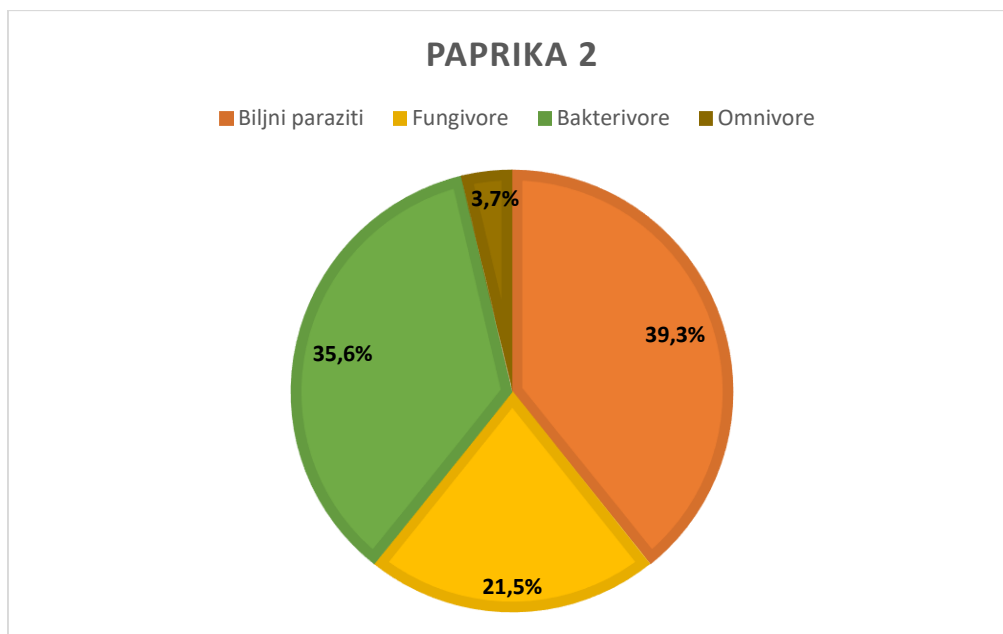
Grafikon 4. Zastupljenost trofičkih grupa u uzorku pšenica 2

U uzorku tla paprika 1 (Grafikon 5.) najzastupljenija je trofička grupa biljnih parazita te je u njoj raspoređeno 3 roda, sa šest rodova slijedi trofička grupa bakterivora te fungivore s tri roda. Predatori i omnivore bili su zastupljeni u vrlo malom postotku, s po jednim rodom nematoda.



Grafikon 5. Zastupljenost trofičkih grupa u uzorku paprika 1

U Grafikonu 6. prikazana je struktura zajednice nematode iz uzorka paprika 2. Najzastupljenije su nematode iz grupe biljnih parazita s tri roda, u samo malo manjem postotku slijede ih bakterivore sa sedam rodova i fungivore s tri roda. Omnivore su i u ovome uzorku zastupljene u malom postotku s jednim rodom, a predotri nisu utvrđeni.



Grafikon 6. Zastupljenost trofičkih grupa u uzorku paprika 2

4.4. Rezultati indeksa uznemirenja

Analiza indeksa uznemirenja izračunata je upotrebom indeksa zrelosti tla (MI), biljnoparazitskog indeksa (PPI) te odnosa PPI/MI. Dobiveni rezultati prikazani su u Tablici 2.

Tablica 2. Vrijednosti indeksa uznemirenja

Uzorak \ Indeks	Pšenica 1	Pšenica 2	Prosječna vrijednost	Paprika 1	Paprika 2	Prosječna vrijednost
MI	1,75	1,63	1,69	1,96	1,96	1,96
PPI	2,66	2,60	2,63	2,83	2,83	2,83
PPI/MI	1,52	1,60	1,56	1,44	1,44	1,44

5. RASPRAVA

5.1. Analiza ukupne brojnosti i broja rodova nematoda

U ispitivanim uzorcima utvrđena je mala brojnost nematoda. Najmanje nematoda bilo je u uzorku pšenica 1 (106 nematoda / 100g tla), a najviše u uzorku paprika 2 (165 nematoda / 100g tla). Razlog male brojnosti nematoda u začinskoj paprici može ležati u njezinom početnom stadiju razvoja, odnosno 12 dana prije uzorkovanja paprika je tek presađena na njivu. Također, pri raznim antropološkim utjecajima dolazi i do promjene zajednica nematoda (Bošnjak i sur., 2011.).

U ispitivanju je utvrđeno ukupno 18 rodova nematoda, a sedam rodova bilo je zajedničko svim uzorcima. Najveća bioraznolikost rodova bila je u uzorcima paprike (14 rodova), zatim u uzorku pšenica 2 (12 rodova), dok je najmanja bioraznolikost bila u uzorku pšenica 1 (9 rodova). Prema Brmež (1999.), bioraznolikost je veća u prirodnim staništima, neometanim antropogenim utjecajima. Slično tvrdi i Thomas (1978.) koji je proučavajući zajednice nematoda u kukuruzu pod sedam različitih načina obrade utvrdio najveću brojnost rodova u neobrađenom tlu, a najmanju u tlu preoranom u proljeće i jesen.

Zajednički rodovi u sva četiri uzorka bili su:

bakterivore – *Acrobeloides*, *Eucephalobus*, *Rhabditis*

fungivore - *Aphelenchoides*

biljni paraziti – *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus*

5.2. Analiza trofičkih grupa

Pri ispitivanju strukture zajednice nematoda u četiri uzorka utvrđena je prisutnost pet različitih trofičkih grupa nematoda. Svih pet trofičkih grupa utvrđeno je samo u uzorku paprika 1, u uzorcima paprika 2 utvrđene su sve trofičke grupe osim predatora, a u uzorcima pšenice utvrđene su samo trofičke grupe biljnih parazita, bakterivora i fungivora.

U uzorcima pšenice najzastupljenija je bila trofička grupa bakterivora. Wei i sur. (2012.) navode kako se porastom količine dušika povećava i brojnost bakterivora. Slijede trofičke grupe biljnih parazita i fungivora te su fungivore od svih uzoraka bile najzastupljenije u uzorku pšenica 2. Prema Ruess i sur. (1993) do povećanja broja fungivora, naročito roda

Aphelenchoides, dolazi pri povećanju kiselosti tla. Trofičke grupe omnivora i predatora nisu bile utvrđene u uzorcima pšenice.

U uzorcima začinske paprika najdominantnija je bila trofička grupa biljnih parazita, u malo manjem postotku je slijede bakterivore, a zatim fungivore. I u drugim istraživanjima također je utvrđena dominantnost biljnih parazita, a kao i u ovome ispitivanju, slijedile su ih bakterivore i fungivore (Ivezić i sur., 2000.; Brmež i sur., 2007.). Omnivore su bile prisutne u jako malom postotku, dok su predatori, također u malom postotku utvrđeni samo u uzorku paprika 1.

Neutvrđenost omnivora i predatora ili njihova prisutnost u vrlo malom postotku, ukazuju na uznemirenost tla. Moguće posljedice uznemirenja u pšenici su česte intervencije prilikom provođenja prihrane i zaštite usjeva, dok razlog male brojnosti omnivora i predatora u začinskoj paprici može biti posljedica nedavnog presađivanja presadnica.

5.3. Analiza indeksa uznemirenja

Veće vrijednost MI (što bliža vrijednosti 5) ukazuju na sredinu bez onečišćenja, a niže vrijednosti MI ukazuju na prisutnost kolonizera. U oba uzorka začinske paprike MI vrijednost iznosila je 1,96, dok su MI vrijednosti u pšenici još niže (1,75 i 1,63). Niske MI vrijednosti ukazuju na veću prisutnost c-p grupa 1-2, tj. kolonizera koji su lako prilagodljivi uznemirenim tlama.

Vrijednosti PPI kretale su se od 2,60 do 2,83. Za ovaj indeks poželjne su niže vrijednosti jer one ukazuju na manju zastupljenost biljnoparazitnih nematoda.

Prema Brmež (2004.) PPI/MI je važan pokazatelj stanja, promjena unutar zajednice nematoda i razine uznemirenja ekosustava. Vrijednost PPI/MI kretale su se u rasponu od 1,44 do 1,60. Bongers sa suradnicima (1997.) navodi kako kod neuznemirenih i stabilnih ekosustava vrijednost PPI/MI ne prelazi 0,9, no kod uznemirenih sredina može rasti i više od 1,6. U provedenom istraživanju poželjnije vrijednosti PPI/MI utvrđene su u paprici u odnosu na pšenicu.

6. ZAKLJUČAK

Istraživanjem provedenim u usjevima pšenice i začinske paprike na lokaciji Široko Polje u 2021. godini analizirana je zajednica nematoda u pšenici i začinskoj paprici kroz ukupnu brojnost, broj rodova i zastupljenost trofičkih grupa.

Ukupna brojnost nematoda je mala i kretala se u rasponu od 106 do 165 nematoda/100g tla. Najmanja brojnost utvrđena je u uzorku pšenica 1, a najveća u uzorku paprika 2.

Utvrđeno je ukupno 18 rodova nematoda, a sedam rodova bilo je zajedničko svim uzorcima. Rodovi *Acrobeloides*, *Eucephalobus*, *Rhabditis*, *Aphelenchoides*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus* i *Tylenchus* bili su prisutni u sva četiri uzorka. Najveća bioraznolikost rodova bila je u uzorcima paprike (14 rodova), zatim slijedi uzorak pšenica 2 (13 rodova), dok je najmanja bioraznolikost bila u uzorku pšenica 1 (9 rodova).

U uzorcima pšenice najzastupljenija je bila trofička grupa bakterivora, zatim slijede trofičke grupe biljnih parazita i fungivora te su fungivore od svih uzoraka bile najzastupljenije u uzorku pšenica 2. Trofičke grupe omnivora i predatora nisu bile zastupljene u uzorcima pšenice.

U uzorcima začinske paprika najdominantnija je bila trofička grupa biljnih parazita, u malo manjem postotku je slijede bakterivore, a zatim fungivore. Omnivore su bile prisutne u jako malom postotku, dok su predatori, također u malom postotku utvrđeni samo u uzorku paprika 1.

U uzorcima začinske paprike MI vrijednost iznosila je 1,96, a MI vrijednosti u pšenici bile su još niže (1,75 i 1,63). Niske MI vrijednosti ukazuju na veću prisutnost c-p grupa 1-2, tj. kolonizera koji su lako prilagodljivi uznemirenim sredinama. Vrijednosti PPI kretale su se od 2,60 do 2,83 te su za ovaj indeks poželjne su niže vrijednosti, dok su se vrijednost PPI/MI kretale u rasponu od 1,44 do 1,60. Izračunati indeksi ukazuju na uznemirenu sredinu i nestabilan ekosustav u tretmanima pšenice u odnosu na tretmane paprike.

7. POPIS LITERATURE

1. Andrassy, J. (1993.): A taxonomic survey of Family Mononchidae (Nematoda). *Acta Zoologica Hungarica*, 39: 13 – 60.
2. Andrassy, J. (1984.): *Klasse nematoda*. Gustav Fisher Verlag. Stuttgart, pp. 509.
3. Andrassy, J. (1988.): The superfamily Dorylamoidea (Nematoda) – review of Family Dorylaimidae. *Opus. Zoologica Budapest*, 23: 3 – 63.
4. Ax, P. (2003.): *Multicellular Animals: Order in Nature – System Made by Man*. VOLUME III. Springer – Verlag. Heidelberg, Berlin.
5. Barnes, R.G. (1980.): *Invertebrate zoology*, Philadelphia: Sanders College.
6. Benković-Lačić, T. (2012.): *Nematode kao bioindikatori ekološkog stanja tla*. Doktorska disertacija, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. pp. 126.
7. Benković-Lačić, T., Brmež, M. (2013.): *Nematode – bioindikatori promjena u agroekosustavu*. *Agronomski glasnik*. 1/2013: 43-5.
8. 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.
9. Bongers, T. (1990.): The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83 (1): 14 – 19.
10. Bongers, T. (1994.): *De Nematoden van Nederland*. KNNV-bibliotheekuitgave 46. Pirola, Schoorl. pp. 408.
11. Bongers, T., Alkemade, R., Yeates, G. W. (1991.): Interpretation of disturbance-induced maturity decrease in marine nematode assemblages by means of the maturity index. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 76: 135-142.
12. Bongers, T. and Bongers, M. (1998.): Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* 10 (3): 239 - 251.
13. Bongers, T. and Ferris H. (1999.): Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. *Trends in Ecology & Evolution* 14 (6): 224 - 228.

14. Bongers, T., Meulen, H., Korthals, G. V. (1997.): Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions. *Applied Soil Ecology* 6: 195-199.
15. Bongers, T., Meulen, H. & Korthals, G. (1996.): The relation between the maturity index and plant parasite index under enriched conditions. *Applied Soil Ecology* 6: 195-199.
16. Borgonie, G., García-Moyano, A., Litthauer, D., Bert, W., Bester, A., van Heerden, E., Möller, C., Erasmus, M., Onstott, T. C. (2011): Nematoda from the terrestrial deep subsurface of South Africa. *Nature* 474 (7349): 79–82.
17. Bošnjak, A., Benković-Lačić, T., Brmež, M., Ivezić, M., Raspudić, E., Majić, I., Sarajlić, A. (2011.): Nematode kao bioindikator 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. Brezovac, G. (2010.): Utjecaj teških metala i gnojidba na zajednicu nematoda u salati 2010. Diplomski rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku.
19. Brmež, M. (1999.): Nematode kao bioindikator stanja agroekosustava. Magistarski rad. pp. 61.
20. Brmež, M. (2004.): Nematode kao bioindikator promjena u agroekosustavu. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek.
21. Brmež, M., Ivezić, M., Raspudić, E., Majić, I. (2004.): Dinamika populacije nematoda u pšenici. *Agriculture* 10 (2): 5-9.
22. 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.
23. Bulluck, L. R., Barker, K. R., Ristaino, J. B. (2002.): Influence of organic and synthetic soil fertility amendments on nematode trophic groups and community dynamics under tomatoes. *Applied Soil Ecology*, 21: 233-250.

24. De Goede, R.G.M. (1993.): Terrestrial nematodes in a changing environment. Agricultural University. Department of Nematology. Wageningen. Netherlands.
25. Ettema, C.H., Bongers, T. (1993.): Characterization of nematode colonization and succession in disturbed soil using the maturity indeks. *Biology and Fertility of Soils*, 16: 79- 85.
26. 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.
27. Ferris, H., Bongers, T., de Goede, R.G.M. (2001.): A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, 18: 13–29.
28. Ferris, H., Venette, R.C., Lau, S.S. (1996.): Dynamics of nematode communities in tomatoes grown in conventional and organic farming systems, and their impact on soil fertility. *Applied Soil Ecology*, 3: 161 – 175.
29. Ferris, H., Venette, R.C., van der Meulen, H.R., Lau S.S. (1998.): Nitrogen Mineralization by bacterial-feeding Nematodes: Verification and Measurement. *Plant and Soil*, 203 (2): 159-171.
30. Freckman, D. W. & Caswell, E. P. (1985.): The ecology of nematodes in agroecosystem. *Annual Review of Phytopathology*, 23: 275-9.
31. García-Álvarez, A., Arias, M., Díez-Rojo, M. A., Bello, A. (2004.): Effect of agricultural management on soil nematode trophic structure in a Mediterranean cereal system. *Applied Soil Ecology*, 27: 197–210.
32. Gaugler, R., A. & Bilgrami A.L. (2004.): Nematode behavior. Rutgers University. Department of Entomology. New Brunswick. New Jersey, USA. pp. 2- 3.
33. Hunt, D. J. (1993.): Aphelenchida, Longidoridae and Trichodoridae – Their systematics and bionomics. CAB INT. Wallingford, UK. pp. 352.
34. Ingham, R.E., Trofymow, J.A., Ingham, E.R., Coleman, D.C. (1985.): Interaction of bacteria, fungi and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs* 55, 119-140.

35. Ivezić, M. (2014.): Fitonematologija. Poljoprivredni fakultet Osijek.
36. Ivezić, M., Raspudić, E., Brmež, M. (2000.): Structure of nematode communities in different agroecosystem in Croatia. *Helminthologia*, 37(3): 165-169.
37. Mai, W.F., Lyon, H.H. (1975.): Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Cornell University Press. London. pp. 219.
38. McSorley, R. (2003.): Adaptions of Nematodes to Environmental Extremes. *Florida Entomologist* 86 (2): 138-142.
39. McSorley, R. (1997.): Soil Inhabiting Nematodes, Phylum Nematoda. University of Florida. Institute of Food and Agriculture Sciences.
40. Neher D. (2001.): Role of nematodes in soil helth and their use as indicators. *Journal of Nematology*, 33: 161-168.
41. 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.
42. Neher, D.A., Campbell, C.L. (1994.): Nematode communities and microbial biomass in soil with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology*, 1: 17-28.
43. Nicholas, W. L. (1984). *The Biology of Free-living Nematodes*. Second Edition. Oxford: Clarendon Press, 219 pp.
44. Nyle, C. Brady, & Ray, R. Weil. (2009): *Elements of the Nature and Properties of Soils* (3rd Edition). Prentice Hall.
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. *Poljoprivredna enciklopedija* (1970.): 2 Krm-Proi. Jugoslavenski leksikografski savez. Zagreb. pp. 53-55. pp. 306-307.
48. Porazinska, D.L., Duncan, L. W., MySorley, R., Graham, J. H. (1999.): Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural menagement practices. *Applied Soil Ecology*, 13: 69-86.

49. Prot, J. C., Gergon, E. B., Matias, D. M. (1993.): Influence of extraction procedures from root samples on the recovery and infectivity of *Pratylenchus zae* and *Hirschmanniella oryzae*. *Nematologica mediterranea*. 21: 133-137.
50. Ruess, L., Funke, W. & Breunig, A. (1993.): Influence of experimental Acidification on Nematodes, Bacteria and Fungi: Soil Microcosms and Field Experiments. *Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik, Ökologie und Geographie der Tiere*. 120: 189-199.
51. Ruppert, E. E., Fox, R. S., Barnes, R.D. (2004): *Invertebrate Zoology: A Functional Evolutionary Approach* (7. ed.). Belmont, Kalifornija: Brooks/Cole.
52. Sohlenius, B., Wailewska, L. (1984.): Influence of irrigation and fertilization on the nematode community in a Swedish pine forest soil. *Journal of Applied Ecology*. 21: 327-342.
53. Thomas, S. H. (1978.): Population densities of nematodes under seven tillage regimes. *Journal of Nematology*. 10: 25-27.
54. Varga, I. (2011.): Utjecaj fosfora i cinka na zajednicu nematoda u tlu. Diplomski rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku. pp. 5-10.
55. Wang, D., 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. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*. 22; 266 (1415): 163 – 171.
56. Wasilewska, L.(1974.): Rola wskaźnikowa wszystkozernej grupy nicieni Glebowych. *Wiadomości Ekologiczne*. 20: 385–390.
57. Wasilewska, L. (1979.): The structure and function of soils nematodes communities in natural ecosystems and agroecosystems. *Polish Ecological Studies*. 5: 97-145.
58. 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. *PLoS ONE* 7(8): <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043384>
59. Yeates, G.W. (2003.): Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biology and Fertility of Soils* 37 (4): 199-210.

60. Yeates, G.W. (1998.): Feeding in free – living soil nematodes: a functional approach, in *The Physiology and Biochemistry of Free – living and Plant – parasitic Nematodes*, CAB International. pp. 245 – 269.
61. 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).
62. Zec, M. (2012.): Usporedba učinkovitosti različitih metoda izdvajanja nematoda iz tla. Diplomski rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku.

Internetski izvori:

- <https://tinyurl.com/yuhzpnyv> (pristup 12.8.2021.)
- <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0043384> (pristup 12.8.2021.)
- <http://tiny.cc/lbviuz> (pristup 6.9.2021.)
- <https://slideplayer.com/slide/4315984/> (pristup 6.9.2021.)
- <https://tinyurl.com/bej8rf7j> (pristup 6.9.2021.)

8. SAŽETAK

Cilj ovog rada bio je utvrditi bioraznolikost rodova i strukturu trofičkih grupa nematoda u pšenici i začinskoj paprici. Uzeta su četiri uzorka, dva iz usjeva pšenice i dva iz usjeva začinske paprike, na lokaciji Široko Polje u 2021. godini. Utvrđen je ukupan broj nematoda, broj i bioraznolikost rodova, trofičke grupe nematoda te su izračunati nematološki indeksi (MI, PPI, PPI/MI). Uzorci su uzeti pomoću ašova te je iz svakog uzorka izdvojeno 100 g tla. Iz pripremljenog uzorka nematode su izdvojene Baermannovom metodom lijevka, zatim su prebrojene i determinirane pod mikroskopom. Ukupna brojnost nematoda kretala se od 106 – 165, što ukazuje na malu brojnost. Ukupno je utvrđeno 18 rodova nematoda, od čega je osam rodova pripadalo bakterivorama, tri fungivorama, pet biljnim parazitima, jedan omnivorama i jedan predatorima. Rodovi *Acrobeloides*, *Eucephalobus*, *Rhabditis*, *Aphelenchoides*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus* i *Tylenchus* bili su prisutni u sva četiri uzorka. U uzorcima pšenice najdominantnije su bile nematode trofičke grupe bakterivora, a u začinskoj paprici biljnih parazita. Najmanje su bile zastupljene nematode trofičke grupe omnivora te predatora, koje nisu bile utvrđene u pšenici niti sa jednom jedinkom, a predatori su utvrđeni samo u jednom uzorku začinske paprike. MI vrijednosti kretale su se od 1,63 do 1,96 što ukazuje na prisutnost kolonizera, tj. c-p grupa 1 i 2. Vrijednosti PPI kretale su se od 2,60 do 2,83, a PPI/MI u rasponu od 1,44 do 1,60. Izračunati indeksi ukazuju na uznemirenu sredinu i nestabilan ekosustav u tretmanu pšenice u odnosu na tretman paprike.

Ključne riječi: nematode, pšenica, začinska paprika, trofičke grupe, c-p grupe

9. SUMMARY

The aim of this study was to determine the biodiversity of nematode genera and the structure of trophic groups of nematodes in soil under wheat and spicy pepper. Four samples were taken, two from wheat and two from pepper crops, at Široko Polje in 2021. The study determined the total number of nematodes, the number and biodiversity of genera, trophic groups of nematodes and calculated nematological indexes (MI, PPI, PPI / MI). Samples were taken using ashes and 100 g of soil was extracted from each sample. From the prepared sample, the nematodes were isolated by the Baermann funnel method, then counted and determined under a microscope. The total number of nematodes ranged from 106 - 165, which indicates a low-abundances. A total of 18 nematode genera were identified, of which eight genera belonged to bacterivorous, three to fungivorous, five to plant parasitic nematodes, one to omnivorous and one to predators. The genera *Acrobeloides*, *Eucephalobus*, *Rhabditis*, *Aphelenchoides*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus* and *Tylenchus* were present in all four samples. In wheat samples, the most dominant were nematodes of the trophic group of bacterivorous and in the pepper of plant parasitic nematodes. Nematodes of the trophic group of omnivorous and predators were represented the least and were not found in wheat with any individual and predators were found in only one sample of pepper. MI values ranged from 1,63 to 1,96 indicating the presence of colonizers, i.e. c-p groups 1 and 2. PPI values ranged from 2,60 to 2,83 and PPI / MI ranged from 1,44 to 1,60. The calculated indexes indicate a disturbed environment and an unstable ecosystem in the treatment of wheat in relation to the treatment of pepper.

Key words: nematodes, wheat, pepper, trophic groups, c-p groups

10. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Ukupna brojnost nematoda u uzorcima	18
Grafikon 2. Broj rodova nematoda u uzorcima	19
Grafikon 3. Zastupljenost trofičkih grupa u uzorku pšenica 1	21
Grafikon 4. Zastupljenost trofičkih grupa u uzorku pšenica 2	22
Grafikon 5. Zastupljenost trofičkih grupa u uzorku paprika 1	22
Grafikon 6. Zastupljenost trofičkih grupa u uzorku paprika 2	23

11. POPIS TABLICA

Tablica 1. Utvrđeni rodovi u pojedinim uzorcima 20

Tablica 2. Vrijednosti indeksa uznemirenja 23

12. POPIS SLIKA

Slika 1. Mikroskopski prikaz nematode (Izvor: http://tiny.cc/lbviuz)	2
Slika 2. Stomatostilet i odontostilet (Izvor: https://slideplayer.com/slide/4315984/)	4
Slika 3. Morfologija mužjaka i ženke nematode (Izvor: https://tinyurl.com/bej8rf7j)	5
Slika 4. Priprema i vaganje uzorka (Foto: Đambić, M.)	15
Slika 5. Izdvajanje nematoda Baermannovom metodom lijevka (Foto: Đambić, M.)	15

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo, smjer Zaštita bilja

BIORAZNOLIKOST RODOVA I STRUKTURA TROFIČKIH GRUPA NEMATODA U USJEVU PŠENICE I ZAČINSKE PAPRIKE U ŠIROKOM POLJU

Magdalena Đambić

Sažetak: Cilj ovog rada bio je utvrditi bioraznolikost rodova i strukturu trofičkih grupa nematoda u pšenici i začinskoj paprici. Uzeta su četiri uzorka, dva iz usjeva pšenice i dva iz usjeva začinske paprike, na lokaciji Široko Polje u 2021. godini. Utvrđen je ukupan broj nematoda, broj i bioraznolikost rodova, trofičke grupe nematoda te su izračunati nematološki indeksi (MI, PPI, PPI/MI). Uzorci su uzeti pomoću ašova te je iz svakog uzorka izdvojeno 100 g tla. Iz pripremljenog uzorka nematode su izdvojene Baermannovom metodom lijevka, zatim su prebrojene i determinirane pod mikroskopom. Ukupna brojnost nematoda kretala se od 106 – 165, što ukazuje na malu brojnost. Ukupno je utvrđeno 18 rodova nematoda, od čega je osam rodova pripadalo bakterivorama, tri fungivorama, pet biljnim parazitima, jedan omnivorama i jedan predatorima. Rodovi *Acrobeloides*, *Eucephalobus*, *Rhabditis*, *Aphelenchoides*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus* i *Tylenchus* bili su prisutni u sva četiri uzorka. U uzorcima pšenice najdominantnije su bile nematode trofičke grupe bakterivora, a u začinskoj paprici biljnih parazita. Najmanje su bile zastupljene nematode trofičke grupe omnivora te predatora, koje nisu bile utvrđene u pšenici niti sa jednom jedinkom, a predatori su utvrđeni samo u jednom uzorku začinske paprike. MI vrijednosti kretale su se od 1,63 do 1,96 što ukazuje na prisutnost kolonizera, tj. c-p grupa 1 i 2. Vrijednosti PPI kretale su se od 2,60 do 2,83, a PPI/MI u rasponu od 1,44 do 1,60. Izračunati indeksi ukazuju na uznemirenu sredinu i nestabilan ekosustav u tretmanu pšenice u odnosu na tretman paprike.

Rad je izrađen pri: Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Mirjana Brmež

Broj stranica: 37

Broj grafikona i slika: 11

Broj tablica: 2

Broj literaturnih navoda: 67

Broj priloga: 0

Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: nematode, pšenica, začinska paprika, trofičke grupe, c-p grupe

Datum obrane:

Stručno povjerenstvo za obranu:

1. prof. dr. sc. Emilija Raspudić, predsjednik
2. prof. dr. sc. Mirjana Brmež, mentor
3. prof. dr. sc. Karolina Vrandečić, član
4. prof. dr. sc. Jasenka Ćosić, zamjenski član

Rad je pohranjen u: Knjižnici Fakulteta agrobiotehničkih znanosti u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek

Graduate thesis

Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

University Graduate Studies, Plant production, course Plant Protection

BIODIVERSITY OF NEMATODE GENERA AND TROPHIC STRUCTURE IN WHEAT CROP AND SPICY PEPPER IN ŠIROKO POLJE

Magdalena Đambić

Abstract: The aim of this study was to determine the biodiversity of nematode genera and the structure of trophic groups of nematodes in soil under wheat and spicy pepper. Four samples were taken, two from wheat and two from pepper crops, at Široko Polje in 2021. The study determined the total number of nematodes, the number and biodiversity of genera, trophic groups of nematodes and calculated nematological indexes (MI, PPI, PPI / MI). Samples were taken using ashes and 100 g of soil was extracted from each sample. From the prepared sample, the nematodes were isolated by the Baermann funnel method, then counted and determined under a microscope. The total number of nematodes ranged from 106 - 165, which indicates a low-abundances. A total of 18 nematode genera were identified, of which eight genera belonged to bacterivorous, three to fungivorous, five to plant parasitic nematodes, one to omnivorous and one to predators. The genera *Acrobeloides*, *Eucephalobus*, *Rhabditis*, *Aphelenchoides*, *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus* and *Tylenchus* were present in all four samples. In wheat samples, the most dominant were nematodes of the trophic group of bacterivorous and in the pepper of plant parasitic nematodes. Nematodes of the trophic group of omnivorous and predators were represented the least and were not found in wheat with any individual and predators were found in only one sample of pepper. MI values ranged from 1,63 to 1,96 indicating the presence of colonizers, i.e. c-p groups 1 and 2. PPI values ranged from 2,60 to 2,83 and PPI / MI ranged from 1,44 to 1,60. The calculated indexes indicate a disturbed environment and an unstable ecosystem in the treatment of wheat in relation to the treatment of pepper.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: prof. dr. sc. Mirjana Brmež

Number of pages: 37

Number of figures: 11

Number of tables: 2

Number of references: 67

Number of appendices: 0

Original in: Croatian

Key words: nematodes, wheat, pepper, trophic groups, c-p groups

Thesis defended on date:

Reviewers:

1. PhD Professor Emilija Raspudić, president
2. PhD Professor Mirjana Brmež, supervisor
3. PhD Professor Karolina Vrandečić, member
4. PhD Professor Jasenka Čosić, alternate member

Thesis deposited at: Library of Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.