

# Bioraznolikost rodova nematoda u nasadu oraha i pšenice na dva lokaliteta

---

Župan, David Alexander

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:151:423030>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-09-21**



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**

David Alexander Župan

Diplomski sveučilišni studij Ekološka poljoprivreda

**BIORAZNOLIKOST RODOVA NEMATODA U NASADU ORAHA I PŠENICE NA DVA  
LOKALITETA**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

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

David Alexander Župan

Diplomski sveučilišni studij Ekološka poljoprivreda

**BIORAZNOLIKOST RODOVA NEMATODA U NASADU ORAHA I PŠENICE NA DVA  
LOKALITETA**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2021.**

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

David Alexander Župan

Diplomski sveučilišni studij Ekološka poljoprivreda

**BIORAZNOLIKOST RODOVA NEMATODA U NASADU ORAHA I PŠENICE NA DVA  
LOKALITETA**

**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

**Osijek, 2021.**

## Sadržaj

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 2. PREGLED LITERATURE.....  | 3  |
| 2.1. Nematode.....  | 3  |
| 2.1.1. Sistematika .....  | 3  |
| 2.1.2. Morfologija .....  | 3  |
| 2.1.3. Trofičke grupe.....  | 5  |
| 2.1.4. C – p grupe i nematološki indexi .....                                   | 8  |
| 3. MATERIJAL I METODE .....   | 9  |
| 3.1. Eksperimentalni materijal i poljski pokusi .....                           | 9  |
| 3.2. Uzimanje uzoraka i izdvajanje nematoda iz tla za nematološke analize ..... | 11 |
| 3.3. Analiziranje rezultata.....  | 13 |
| 4. REZULTATI.....   | 15 |
| 4.1. Rezultati brojnosti i bioraznolikosti rodova nematoda .....                | 15 |
| 4.2. Rezultati zastupljenosti trofičkih grupa .....                             | 17 |
| 4.3. Rezultati indeksa uznemirenja i indeksa hranidbenog lanaca.....            | 21 |
| 5. RASPRAVA.....  | 23 |
| 5.1. Analiza brojnosti i bioraznolikosti rodova nematoda .....                  | 23 |
| 5.2. Analiza zastupljenosti trofičkih grupa .....                               | 24 |
| 5.3. Analiza indeksa uznemirenja i indeksa hranidbenog lanaca .....             | 24 |
| 6. ZAKLJUČAK .....  | 26 |
| 7. LITERATURA .....   | 27 |
| 8. SAŽETAK.....   | 30 |
| 9. SUMMARY .....  | 31 |
| 10. POPIS TABLICA .....   | 32 |
| 12. POPIS GRAFIKONA .....   | 34 |
| 13. TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA  |    |
| 14. BASIC DOCUMENTATION CARD  |    |

## 1. UVOD

Nematode ili oblići su najbrojnija i najrazličitija skupina višestaničnih organizama na Zemlji (Yeates, 2003.). Četiri petine višestaničnih organizama na Zemlji pripada upravo nematodama (Bongers i Ferris 1999.). Procjena nekoliko autora je da bi na svijetu moglo biti prisutno od 40.000 do čak 10.000.000 vrsta nematoda (Blaxter, 1998.; Yeates i Boag, 2006.). Većinom su nematode mikroskopskih veličina, te su u prosijeku kraće od jednog milimetra, ali također postoje i nematode, životinjski paraziti, koji mogu biti veliki i do nekoliko metara. Prema obliku tijela koji podsjeća na konac, je ova najbrojnija skupina višestaničnih organizama i dobila ime koje dolazi od grčkih riječi nema, nematos – nit, konac i eidos – slično (Siddiqi, 2000.).

Nematode mogu živjeti u raznim životnim uvjetima, te su pronađene u gotovo svakom dijelu litosfere. Pronađene su u morima, slatkim vodama, na kopnu, tropskoj, polarnoj klimi (Borgonie i sur., 2011.). Otkrivene su i na velikim dubinama u Južnoafričkoj Republici u rudnicima zlata koji se nalazi na dubinama od 900 do 3600 metara ispod površine Zemlje (Drake, 2011.).

Voda u tlu omogućava život nematoda, odnosno one žive u filmu vode koji se nalazi oko čestica tla. Nematode u tlu su izuzetno važne za mnoštvo bioloških procesa, ponajprije za razgradnju organskih na mineralne tvari te na manje složene organske tvari koje na taj način opskrbljuju biljke veoma važnim hranjivim tvarima koje joj omogućavaju rast (Ingham i sur., 1985.; Ferris i sur., 1998.).

Iako je velik broj nematoda koristan u poljoprivrednoj biljnoj proizvodnji, postoje i vrste ovih organizama koje nazivamo biljnoparazitne nematode, one izazivaju izravne i neizravne štete na biljkama, prenose virusna oboljenja s biljke na biljku, te stvaraju oštećenja na biljkama koja olakšavaju ulazak bakterija i gljivica. Nematode biljni paraziti se dijele na endoparazite i ektoparazite. Ektoparaziti se u biljku ubušuju stiletom i ostatak tijela im ostaje van biljke, a endoparazitne nematode u potpunosti ulaze u biljku te se tu hrane i razmnožavaju (Brmež, 2004.).

Sva zbivanja koja se odvijaju u tlu uvelike utječu na zajednicu nematoda (onečišćenja tla, kruženje hranjiva u tlu, biljni pokrivač, itd.) te ovi organizmi prvi reagiraju na promjene u tlu. Kako su nematode toliko brojne i prisutne u gotovo svim tlima, često se koriste za ekološku procjenu kvalitete tla. Pripadaju mnoštvu trofičkih grupa, te ih možemo razvrstavati na velik broj kriterija (c-p grupe, dužina života i sl.), lako ih je uzorkovati i identificirati, a kako se mogu uzorkovati tokom cijele godine u svim godišnjim dobima možemo reći da reflektiraju stanje pojedinih ekosustava. (Brmež,

2004.).

Jedan od osnovnih preduvjeta za kvalitetnu i uspješnu poljoprivrednu proizvodnju je zdravlje tla. Zdravim tlima se nazivaju ona tla koja mogu prevladati nepovoljne utjecaje, bilo da su ti utjecaji izazvani klimatskim prilikama ili onečišćenja izazvana antropogenim aktivnostima. Organizmi koji kvalitetno reflektiraju zdravlje tla, a prilično su jednostavni za proučavanje, s velikom brojnošću, aktivni tokom cijele godine, te su zastupljeni u svim tlima na zemlji su nematode, upravo zbog toga ih ekolozi koriste za istraživanja zdravlja tla. Nematode pronalazimo kao slobodno živuće vrste ili vrste koje parazitiraju biljke, ljude i životinje (Olsen 1974.).

Čak 65% nematoda u tlu je usko povezano s godišnjom količinom padalina, a 58% nematoda povezano je s temperaturom (Neilsen i sur. 2014.).

Na području Osijeka je od 1901. godine zabilježeno 15 ekstremnih godina, a čak 9 ekstremnih godina zabilježeno je u posljednjih 20 godina (2000, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2014) (izvor: DHMZ). Klimatološki stres se očituje na prinosima i kvaliteti poljoprivrednih proizvoda, kao i smanjenju organizama u tlu i na biološku raznolikost.

Temperaturne promjene i količina padalina uveliko utječu na svojstva tla kao što su stabilnost strukturnog agregata, sposobnost zadržavanja vode, kationski izmjenjivački kapacitet te sadržaj ukupnih tvari u tlu. U poljoprivrednoj proizvodnji se klimatske promjene reflektiraju kroz tlo i biljku. U tlu se smanjuje sadržaj organskih tvari i usvajanje hranjiva, a biljke se porastu temperature suprotstavljaju povećanim disanjem te većom produkcijom CO<sub>2</sub>.

Značajno područje poljoprivrednih zemljišta, oko 160 milijuna hektara, je u nekom obliku agrošumarske zajednice nastale pod utjecajima čovjeka. Potencijal agrošumarske zajednice doprinosi poboljšanju proizvodnje hrane, prihoda, stanovanja, zdravstva, potreba za energijom i zaštite okoliša. Drveće najčešće putem korijena i njegovih izlučevina obogaćuje organsku tvar tla (Bertin i sur., 2003.). Izlučevine iz korijena veliki su potencijal za mnoge organizme koji su uključeni u biološku aktivnost i plodnost tla. Drveće akumulira ugljik u tlo, te time smanjuje emisiju stakleničkih plinova povezanu s klimatskim promjenama i globalnim zatopljenjem. Drvenaste kulture također pozitivno djeluju na mikroklimu, oscilaciju temperature i vlage, brzinu vjetra, retenciju vode, iskoristivosti hranjiva te biološku raznolikost unutar proizvodne površine (Quinkenstein i sur, 2009).

Cilj ovog diplomskog rada je utvrditi bioraznolikost rodova i stupanj uznemirenja zajednica nematoda u pšenici te konsocijaciji pšenice i oraha.

## 2. PREGLED LITERATURE

### 2.1. Nematode

#### 2.1.1. Sistematika

- Carstvo: Animalia
- Koljeno: Nematelminthes (Aschelminthes) – Oblenjaci
- Razred: Nematoda – Oblici
- Podrazred: Secernentea (Phasmidia)  
Adenophorea (Aphasmidia)

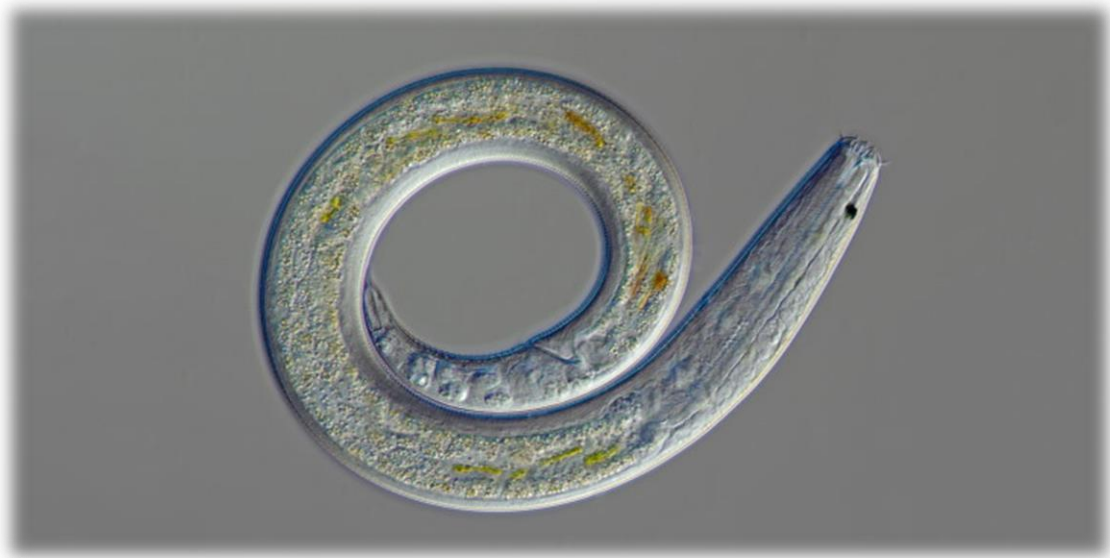
Za podjelu nematoda u dva podrazreda važan je položaj komoreceptora fasmida koji se nalazi u blizini analnog otvora, te su prema tom osnovnom obilježju i podijeljene (Habdija i sur., 2004.).

Secernentea (Phasmidia) na repu ima bradavičaste komoreceptore fazmide (Phasmids), po kojem je i dobio ime (Oštrec, 1988.). Karakterizira ih prilagođenost vlažnijim staništima, a manji broj čine slobodnoživuće nematode koje su prilagođene životu u vodi (Clark, 1994.). Adenophorea (Aphasmidia) na prednjem dijelu glave ima jedan par kutikularnih jamica koji služe kao komoreceptori. Na stražnjem dijelu tijela nedostaje im fazmid. Većinom nastanjuju vodeni okoliš, te su uglavnom slobodnoživući oblici.

#### 2.1.2. Morfologija

Nematode imaju tijelo koje je valjkasto i crvoliko (Slika 1.), oblik tijela također može biti i limunast, kruškolik, končaste forme, cilindričan, okrugli ili vretenast. Boja tijela je blijedo žuta do mliječno bijela, ovisi o sadržaju probavnog trakta. Duljina tijela najčešće varira od 400  $\mu\text{m}$  do 5 mm, širina tijela se kreće od 15 do 20  $\mu\text{m}$ , većina je mikroskopskih veličina, ali ima i mnogo većih vrsta koje najčešće parazitiraju ljude i životinje tako npr. postoje *Placentonema gigantissima* (paraziti placente kitova) koji dosežu i do 8 metara. Tijelo nematoda sastoji se od kutikule, epiderme te uzdužnih mišićnih vlakana. Imaju razvijen živčani sustav sa živčanim prstenom u predjelu ždrijela, ali nemaju razvijen dišni sustav i krvotok, te se disanje odvija preko kutikule, dišu cijelim tijelom te im potrebe za kisikom ovise o okolnoj temperaturi. Nematode se razmnožavaju spolno. Razdvojena su spola, ali mogu biti hermafroditi (Oštrec, 1998.). Često su oviparne dok su rijetko viviparne, također je moguća partenogeneza.





*Slika 1. Tijelo nematode*

(Izvor: <https://www.earthlife.net/inverts/nematoda.html>.)

Tijelo nematoda anatomski se raščlanjuje na prednji dio, srednji dio te stražnji dio.

Prednji dio započinje glavom na kojoj se nalazi usni ustroj koji se razlikuje od roda do roda, ovisno o načinu ishrane. Usta imaju tri ili šest usana, zubi se nalaze s unutrašnje strane, a najčešće ih imaju predatori (Barnes, 1982.). Fitoparazitne nematode u usnoj šupljini imaju poseban hitiniziran organ kojeg nazivamo koplje, bodlja ili stilet pomoću kojeg se hrane zabijajući ga u biljno tkivo. Neke nematode prilikom ubušivanja u tkivo biljke koja je zaražena virusom i same postaju virulentne te tako prenose virusna oboljenja. Na glavi nematode se često nalaze osjetni organi koji su oblika četina, papila, amfida ili pigmentnih čašica. Na prednjem dijelu nalazi se i središte živčanog sustava, živčani prsten koji nematodama služi kao mozak iz kojeg se granaju živčana vlakna (Barnes, 1982.). Tijelo nematoda je bilateralno simetrično dok je sama glava radijalno simetrična.

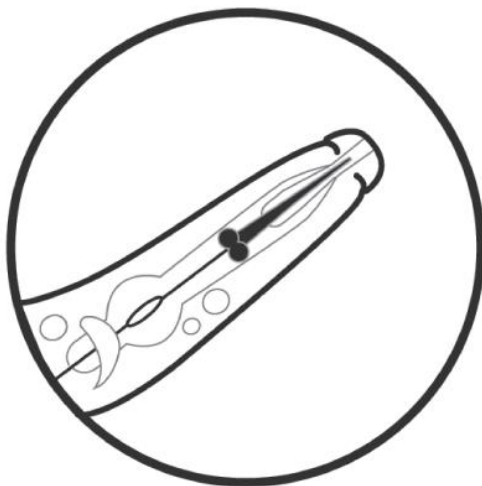
Srednji dio tijela sadrži većinu organa, reproduktivne organe i probavni sustav, i većinu živčanih vlakana. Reproductivni organi kod ženki nematoda su jajovodi i maternica. Reproductivni organi kod mužjaka, ovisno o vrsti nematoda su spikula ili bursa. Neke nematode mogu biti i hermafroditi. Probavni sustav je u obliku cijevi, a sastoji se od prednjeg crijeva koje započinje usnim ustrojem te se preko jednjaka nastavlja na srednje crijevo, koje se proteže cijelom dužinom nematode do stražnjeg crijeva, koje je relativno kratko, a završava analnim otvorom nematode, nakon kojeg se nastavlja stražni dio tijela koji završava repom.

Rep može biti izdužen, ovalan šiljast i imati različite izraštaje (Ivezić, 2014.). Oblik repa je važna odrednica prilikom determinacije vrsta (Oštrec, 1998.).

### 2.1.3. Trofičke grupe

Nematode se prema načinu ishrane dijele na trofičke grupe, do danas je klasificirano ukupno 15 trofičkih grupa (Yeats i sur., 1993.), od kojih je prihvaćena podjela na 5 grupa koje su u našim tlima najzastupljenije, a to su herbivore (biljnoparazitne nematode), bakterivore, fungivore, omnivore i predatori (McSorley, 1997.; Neher i Barbercheck, 1999.). Nematode istog roda ili porodice najčešće pripadaju istoj trofičkoj grupi, ima i iznimaka, pa tako neke vrste roda fitoparazitnih nematoda često pripadaju fungivorama (Brmež, 2004.).

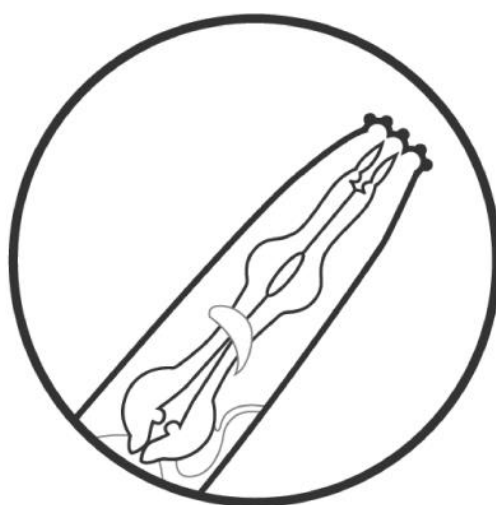
**Biljni paraziti** – ova grupa nematoda (Slika 2.) hrani se višim biljkama, koriste stilet (odontostilet ili stomatostilet) pomoću kojega probijaju biljno tkivo te se tako hrane istovremeno ispuštajući sekret. Osim što čine izravnu štetu na biljci, često su i prijenosnici virusa između biljaka. Dijelimo ih prema načinu ishrane na ektoparazite (na površini biljke), endoparazite (unutar biljke) semiendoparazite (jedan dio životnog ciklusa unutar biljke). Herbivore su najviše istražene radi njihove važnosti u poljoprivredi (Brezovac, 2010.). Predstavnici herbivora su porodice *Meloidogynidae*, *Parathylenchidae*, *Tylenchidae*, *Pratylenchidae* i dr. (Yeates i sur., 1993.; Oštrec, 1998.).



Slika 2. Usni ustroj biljno parazitne nematode

(Izvor: <https://www.cambridge.org/core/books/soil-fauna-assemblages/soil-and-its-fauna/333FC65E280BD586EAC7D233F5F31C3C>.)

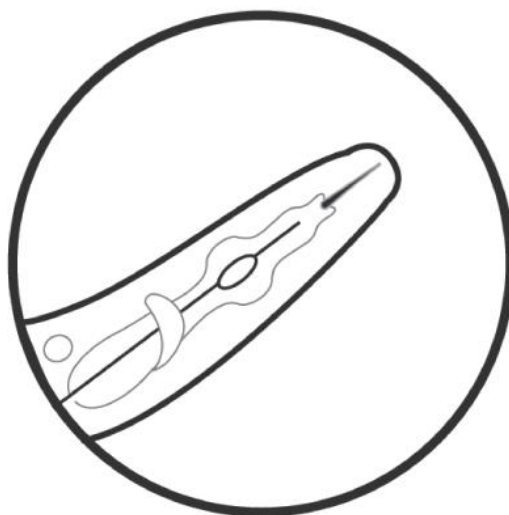
**Bakterivore** – nematode iz ove grupe (Slika 3.) se hrane bakterijama, pa ih tako nalazimo na mjestima sa većom količinom organske tvari u tlu gdje je velika bakterijska aktivnost. Usni ustroj bakterivora je prazna šupljina koja služi za probavu bakterija. Pomoću izraštaja na glavi koji služe za hvatanje bakterija lako ih identificiramo (Nikolas, 1984.). Bakterivore koristimo kao indikatore onečišćenja od teških metala (Yeates i sur., 1993.), također najbrže reagiraju na promjene u tlu, izazvane npr. dodavanjem dušika (De Goede i sur., 1993.). Bakterivore su najbrojnija trofička grupa u ekološkoj poljoprivredi (Yeates i sur., 1997.). Predstavnici bakterivora su porodice *Cephalobidae*, *Rhabditidae*, *Panagrolaimidae*, *Teratocephalidae*, *Alaimidae*, *Plectidae* i dr. (Brmež, 2004.).



*Slika 3. Usni ustroj bakterivore*

(Izvor: <https://www.cambridge.org/core/books/soil-fauna-assemblages/soil-and-its-fauna/333FC65E280BD586EAC7D233F5F31C3C>.)

**Fungivore** – ova grupa nematoda (Slika 4.) se hrani parazitskim i saprofitskim gljivama uz pomoć stileta ili odontostileta s kojim probijaju hife i spore gljiva. U većem broju žive u kiselim tlima te se upotrebljavaju kao bioindikator kiselosti tla. Fungivore su korisne tlima upravo zato što se hrane gljivama koje sadrže visok postotak proteina kojeg ove nematode metaboličkim procesima pretvaraju u dušik dostupan višim biljkama (Benković-Lačić, 2012.). Predstavnici fungivora su porodice, *Tylencholaimidae*, *Aphelenchidae*, *Aphelenchoididae*, *Tylenchidae* i dr. (Benković – Lačić, 2012.).



*Slika 4. Usni ustroj fungivore*

(Izvor: <https://www.cambridge.org/core/books/soil-fauna-assemblages/soil-and-its-fauna/333FC65E280BD586EAC7D233F5F31C3C>.)

**Omnivore** - nematode iz ove grupe (Slika 5.) se hrane širokim spektrom hrane. Imaju dug životni ciklus te su to uglavnom veće nematode. Omnivore ukazuju na stabilan eko sustav, a njihova povećana brojnost ukazuje nam zdravo tlo, ne javljaju se u tlima gdje je došlo do uznemirenja ili gdje je tlo onečišćeno. Predstavnici omnivora su porodice, *Dorylaimidae*, *Eudorylamus*, *Mesodorylamus*, *Tylencholaimidae* i dr. (Benković – Lačić, 2012.).



*Slika 5. Usni ustroj omnivore*

(Izvor: <https://www.cambridge.org/core/books/soil-fauna-assemblages/soil-and-its-fauna/333FC65E280BD586EAC7D233F5F31C3C>.)

**Predatori** – ova grupa nematoda (Slika 6.) se hrani drugim nematodama, nematodinim jajašcima i njima sličnim organizmima sličnih veličina. Predatori su poput omnivora veće nematode s relativno velikim usnim ustrojem u kojem se najčešće nalazi zub uz pomoć kojega konzumiraju svoj plijen. Kategoriziramo ih u tri grupe: predatori koji gutaju cijeli plijen, predatori koji probadaju te isisavaju svoj plijen i predatori koji presijecaju i isisavaju sadržaj plijena. (Bilgrami i Gaugler, 2004.). Pokazatelji su stabilnog ekosustava. Predstavnici predatora su porodice *Anatonchida*, *Monochida* i dr. (Benković – Lačić, 2012.).



*Slika 6. Usni ustroj predatora*

(Izvor: <https://www.cambridge.org/core/books/soil-fauna-assemblages/soil-and-its-fauna/333FC65E280BD586EAC7D233F5F31C3C>.)

#### **2.1.4. C – p grupe i nematološki indexi**

Nematode možemo razlikovati i prema sposobnosti reprodukcije, tolerantnosti na razna onečišćenja i duljini životnog ciklusa te su prema tome i podijeljene u 5 c-p grupa. Kolonizer - perzister (c-p) grupe su rangirane na skali od 1 do 5, nematode iz grupe 1 pripadaju kolonizerima, nematode iz grupe 5 perzisterima, ostale su prijelazne (Bongers i Ferris, 1999.).

C-p grupe služe za izračunavanje indeksa uznemirenja i zrelosti tla, kategorizirao ih je Bongers (1990.). Grupi kolonizera pripadaju nematode koje se lako prilagođavaju uznemirenim i obogaćenim sredinama. Perzisterima pripadaju nematode čija prisutnost u određenim tlima upućuje na stabilne ekosustave sa složenim hranidbenim lancem (Đuričković, 2016.).

### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Eksperimentalni materijal i poljski pokusi

Uzorci tla za potrebe ovog diplomskog rada uzimani su na dva lokaliteta. Prvi lokalitet se nalazi u Osječko-baranjskoj županiji, lokalitet je u vlasništvu OPG-a „Jela Paponja“ iz Đakova, dok se drugi lokalitet nalazi u Vukovarsko-srijemskoj županiji i u vlasništvu je OPG-a „Zubo“ iz Ivankova. Na oba lokaliteta primjenjuju se principi ekološke poljoprivrede. Uzorci tla prikupljeni su s dvije parcele, tj. dva tretmana svakog od lokaliteta. Na prvoj parceli nalazila se poljoprivredna kultura, pšenica, a na drugoj parceli nalazi se trajni nasad oraha, sa usijanom poljoprivrednom kulturom (pšenicom) između redova.

Trajni nasadi koji su bili promatrani su s cijepljenim orasima, a plodored u trajnim nasadima i na poljoprivrednoj površini bio je ujednačen na oba lokaliteta.

Na lokalitetu Đakovo uzorci tla za nematološke analize uzeti su s dvije parcele: prva parcela veličine 1.05 ha predstavljala je kontrolu, posijana je samo poljoprivredna kultura (pšenica), a na drugoj parceli veličine 1.35 ha nalazi se trajni nasad oraha starosti 9 godina, u redove između oraha usijana je poljoprivredna kultura (pšenica) u širini od 6 metara (Slika 7.)



*Slika 7. Prvi lokalitet trajni nasad oraha 9 godina starosti*

*(Izvor: Josipa Puškarić.)*

Na drugom lokalitetu smo također promatrali dvije parcele. Prva parcela veličine 34.26 ha na kojoj je posijana samo poljoprivredna kultura (pšenica) predstavljala je kontrolu, na drugoj parceli nalazi se trajni nasad oraha starosti tri godine, veličina nasada je 1.35 ha, a između četiri reda oraha usijana je poljoprivredna kultura (pšenica) u širini od 8 metara (Slika 8.)



*Slika 8. Trajni nasad oraha 3 godina starosti  
(Izvor: Josipa Puškarić)*

### 3.2. Uzimanje uzoraka i izdvajanje nematoda iz tla za nematološke analize

Uzorci tla uzeti su nematološkom sondom na dubini oraničnog sloja (0 – 30 cm). Sa svake pokusne površine i sa svakog od tretmana uzeti su uzorci u četiri ponavljanja. Zatim su uzorci dostavljeni na analizu u Laboratorij za nematologiju, Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, gdje su nematode ekstrahirane, odnosno izdvajane iz tla, pomoću Baermannove metode lijevka (Baermann, 1917., Van Bezooijen, 2006.)

Laboratorijski pribor koji se koristi u ovoj metodi izdvajanja je sljedeći: lijevak, filter papir, sito, gumena cjevčica, stezaljka za gumenu cjevčicu i stezaljka ili držač lijevka (Slika 9).



*Slika 9. Lijeveci za izdvajanje nematoda Baermannovom metodom*

*(Izvor: David Alexander Župan)*

Postupak ekstrakcije nematoda iz uzorka tla: na donji dio lijevka postavi se gumena cjevčica, donji dio cjevčice zatvori se pomoću stezaljke, zatim se lijevak postavlja na stalak te se napuni vodom. U lijevak se postavi sito i filter papir, koji sprječava prolazak tla, a nematodama omogućava nesmetan prolazak kroz vodu. Uzorak tla potrebno je usitniti te odvagati 100 grama tla (Slika 10.), koje se ravnomjerno rasporede u sito s filter papirom (Slika 11.) te se sve prelije vodom toliko da voda prekriva tlo na situ. Uzorak se na Baermannovom lijevku ostavlja u laboratoriju 24 (do 48) sata, za to vrijeme nematode se odvajaju iz tla, prolaze kroz sito i filter papir te sedimentiraju na dno gumene cjevčice zbog gravitacije. Nakon 24 sata otpustimo stezaljku s dna cjevčice i dio vode s nematodama ispustimo u staklenu posudu te je uzorak spreman za prebrojavanje i determinaciju nematoda.





*Slika 10. Odvajanje 100 grama tla za izdvajanje nematoda  
(Izvor: David Alexander Župan)*



*Slika 11. Sito s filter papirom  
(Izvor: David Alexander Župan)*



*Slika 12. Prebrojavanje i determinacija nematoda pomoću mikroskopa  
(Izvor: David Alexander Župan)*

U svakom uzorku determinirano je pod mikroskopom (Slika 12.) minimalno 100 nematoda do roda (odnosno sve, ako ih je bilo manje od 100 u uzorku). Za determinaciju nematoda do roda su korišteni sljedeći ključevi: Bongers, 1994; Mai i Lyon, 1975; Hunt, 1993; Siddiqi, 2000. i Andrassy, 1984.; 1988.; 1993.

### **3.3. Analiziranje rezultata**

Analiziranje rezultata obuhvaćalo je analizu bioraznolikosti rodova nematoda, omjer trofičkih grupa, (Yeats i sur., 1993.), analizu ineksa uznemirenja zajednice nematoda (Tablica 1.)

Tablica 1: Nematološki indeksi upotrebljeni u istraživanju

| INDEKSI   | FORMILA   |
|---|---|
| MI - Maturity indeks<br>(Bongers, 1990.)                | $MI = \frac{\sum [V(i) * f(i)]}{\sum f(i)}$                   |
| MI (2-5)- Maturity index 2-5<br>(Bongers, 1990.)        | $MI(2-5) = \frac{\sum [V(i) * f(i)] (bez\ cp\ 1)}{\sum f(i)}$ |
| PPI – Plant parasitic indeks<br>(Bongers, 1990.)        | $PPI = \frac{\sum [V(i) * f(i)]}{\sum f(i)}$                  |
| PPI/MI<br>(Bongers i sur., 1997.)                       | $\frac{PPI}{MI}$  |
| EI – Indeks obogaćenja tla<br>(Ferris i sur., 2001.)    | $EI = 100 * \frac{e}{(e+b)}$                                  |
| SI – Indeks strukture tla<br>(Ferris i sur., 2001.)     | $SI = 100 * \frac{s}{(s+b)}$                                  |
| CI – Indeks puteva razgradnje<br>(Ferris i sur., 2001.) | $CI = 100 * \frac{Fu_2 * W_2}{Ba_1 W_1 + Fu_2 W_2}$           |

$v(i)$  – c-p vrijednost porodice

$f(i)$  - frekvencija pojavnosti nematoda

$n$  – ukupan broj jedinki

$p_i$  – udio trofičke grupe  $i$  i proporcionalno ukupnoj zajednici nematode

$S$  – broj trofičkih grupa

$e$  – broj bakterivora (c-p 1) fungivora (c-p 2)

$b$  – sve nematode iz grupe c-p 2

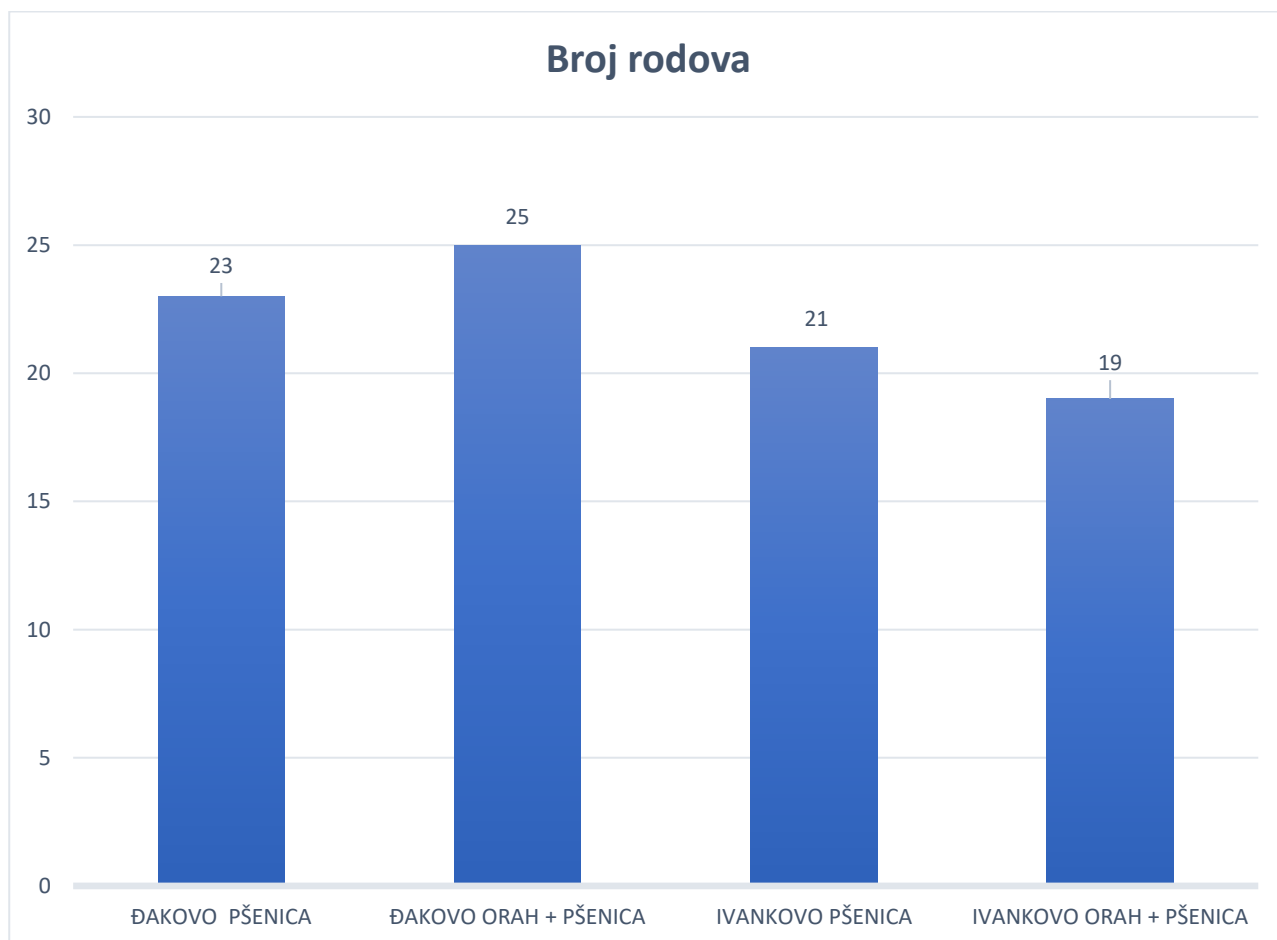
$s$  – sve nematode iz grupe c-p 3-5

## 4. REZULTATI

### 4.1. Rezultati brojnosti i bioraznolikosti rodova nematoda

Cjelokupnim istraživanjem na sva četiri uzorka utvrđeno je ukupno 36 različitih rodova nematoda, od čega je najzastupljenija trofička grupa bakterivora kod kojih je pronađeno 13 rodova, po sedam rodova imaju grupe biljni paraziti i omnivore, šest rodova utvrđeno je iz grupe fungivore dok su kod trofičke grupe predatora utvrđena tri roda grupe.

Broj rodova po uzorcima se kretao od 19 u uzorku tla uzetom u nasadu oraha u Ivankovu, do 25 u uzorku tla iz Đakova uzetom u nasadu oraha.



Grafikon 1. Broj rodova nematoda u uzorcima tla

U tablici 2. su prikazani svi rodovi utvrđeni u tlima po pojedinoj lokaciji.

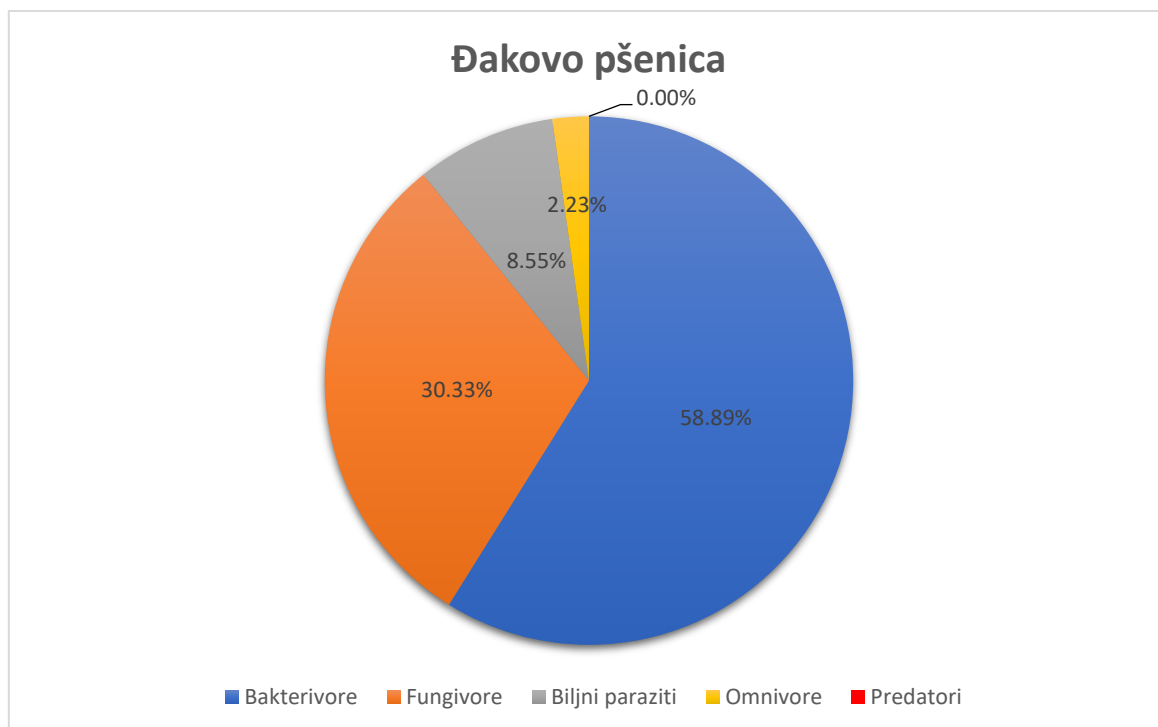
Tablica 2. Utvrđeni rodovi nematoda po tretmanima i lokalitetima

| Rod nematoda              | c-p grupa | ĐAKOVO PŠENICA | ĐAKOVO ORAH + PŠENICA | IVANKOVO PŠENICA | IVANKOVO ORAH + PŠENICA |
|---------------------------|-----------|----------------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| <b>BAKTERIVORE</b>        |           |                |                       |                  |                         |
| <i>Acrobeloides</i>       | 2         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Acrolobus</i>          | 2         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Cephalobus</i>         | 2         |                |                       | +                |                         |
| <i>Chiloplacus</i>        | 2         |                | +                     | +                |                         |
| <i>Diploscapter</i>       | 1         | +              |                       |                  |                         |
| <i>Drilocephalobus</i>    | 2         | +              | +                     |                  | +                       |
| <i>Eucephalobus</i>       | 2         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Heterocephalobus</i>   | 2         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Metateratocephalus</i> | 3         | +              |                       |                  |                         |
| <i>Panagrolaimus</i>      | 1         | +              | +                     | +                |                         |
| <i>Panagrobellus</i>      | 1         | +              |                       |                  |                         |
| <i>Rhabditis</i>          | 1         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Teratocephalus</i>     | 3         | +              | +                     |                  |                         |
| <b>FUNGIVORE</b>          |           |                |                       |                  |                         |
| <i>Aphelenchoides</i>     | 2         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Aphelenchus</i>        | 2         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Diphtherophora</i>     | 3         |                | +                     |                  |                         |
| <i>Ditylenchus</i>        | 2         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Filenchus</i>          | 2         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Tylencholaimellus</i>  | 4         | +              |                       | +                |                         |
| <b>BILJNI PARAZITI</b>    |           |                |                       |                  |                         |
| <i>Malenchus</i>          | 2         | +              | +                     |                  | +                       |
| <i>Paratylenchus</i>      | 2         |                | +                     |                  | +                       |
| <i>Pratylenchus</i>       | 3         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Tylenchorhynchus</i>   | 3         | +              | +                     | +                | +                       |
| <i>Tylenchus</i>          | 2         | +              | +                     | +                | +                       |

| <b>OMNIVORE</b>        |   |   |   |   |   |
|------------------------|---|---|---|---|---|
| <i>Apocerlaimellus</i> | 5 | + | + | + | + |
| <i>Eudorylaimus</i>    | 4 | + | + | + | + |
| <i>Mesodorylaimus</i>  | 5 | + | + | + |   |
| <i>Prodorylaimus</i>   | 5 |   | + |   |   |
| <i>Pungentus</i>       | 4 |   | + |   | + |
| <b>PREDATORI</b>       |   |   |   |   |   |
| <i>Anatonchus</i>      | 4 |   | + |   |   |
| <i>Clarkus</i>         | 4 |   |   | + |   |
| <i>Mylonchulus</i>     | 4 |   |   | + | + |

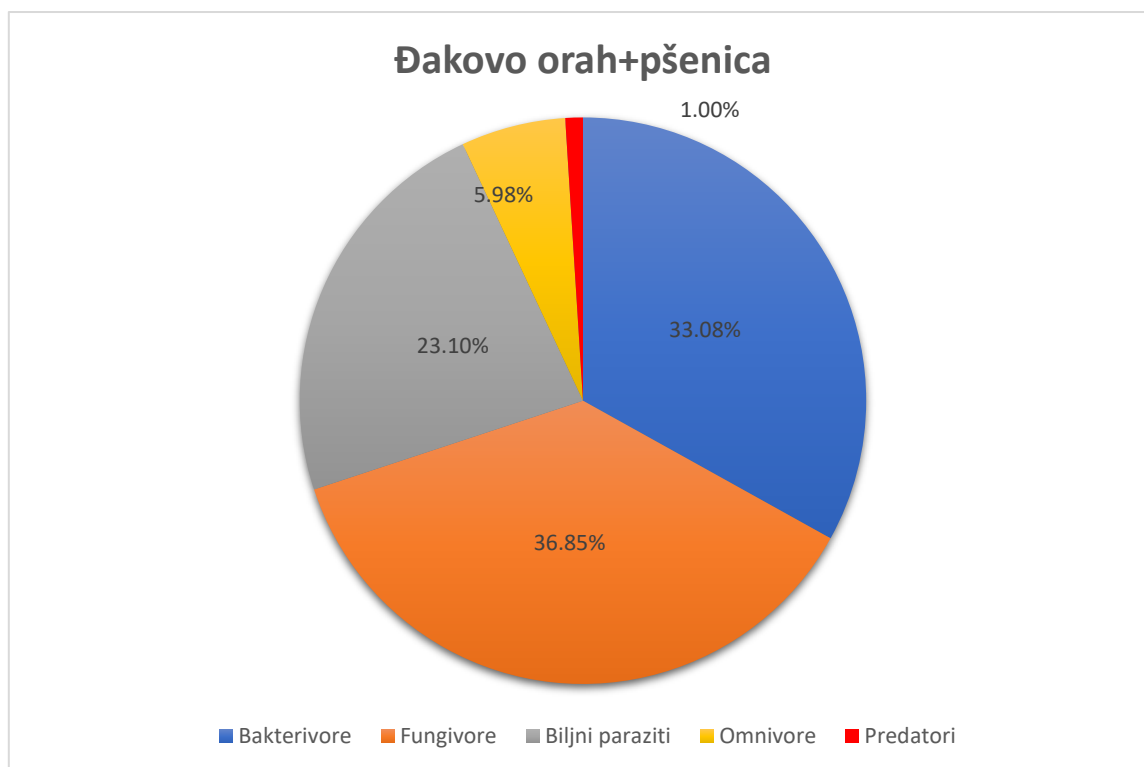
#### 4.2. Rezultati zastupljenosti trofičkih grupa

Grafikonima (Grafikon 2.-5.) prikazana je zastupljenost pojedinih trofičkih grupa nematoda na četiri lokacije. Zastupljenost je prikazana u postotcima.



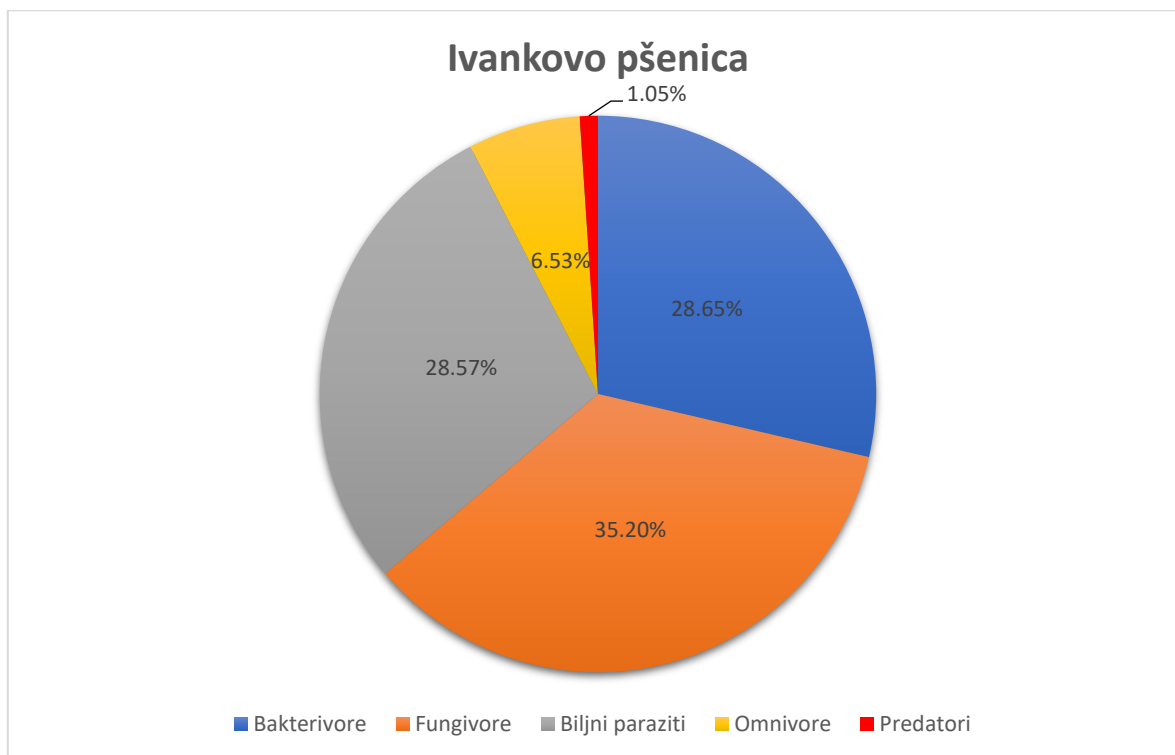
Grafikon 2. Zastupljenost trofičkih grupa (Đakovo, pšenica)

U grafikonu 2. vidljivo je da su na lokaciji Đakovo gdje je posijana poljoprivredna kultura pšenica, najbrojnije bakterivore 58,89%, visoka prisutnost ove grupe nematoda ukazuje na dobru mikrobiološku aktivnost tla, kod bakterivora je utvrđeno 11 različitih rodova. Rodovi *Panagrobellus* i *Diploscapter* su utvrđeni samo na ovoj lokaciji. Fungivore su zastupljene sa 30,33%, a utvrđeno je 5 različitih rodova nematoda, biljni paraziti 8,55% sa 4 različita roda, omnivore 2,23% s 3 različita roda, predatori nisu utvrđeni na ovoj lokaciji.



Grafikon 3. Zastupljenost trofičkih grupa (Đakovo orah + pšenica)

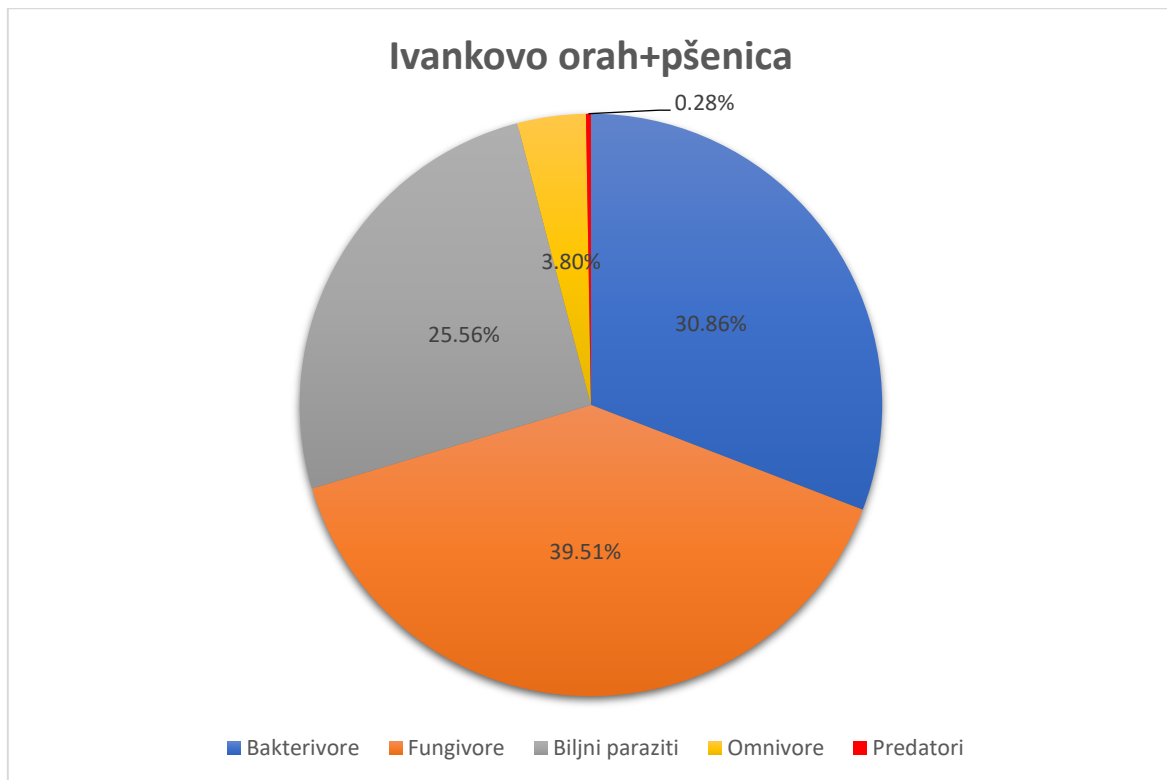
Grafikon 3. pokazuje kako su na drugoj lokaciji u Đakovu u trajnom nasadu oraha sa usijanom pšenicom između redova najzastupljenije fungivore 36,85%, kod kojih je utvrđeno 5 različitih rodova, slijede bakterivore 33,08% sa 9 različitih rodova, biljni paraziti 23,10% s 5 različitih rodova, omnivore 5,98% kod kojih je također pronađeno 5 različitih rodova, i predatori kod kojih je utvrđen rod *Anatonchus*. 1%.



Grafikon 4. Zastupljenost trofičkih grupa (Ivankovo pšenica)

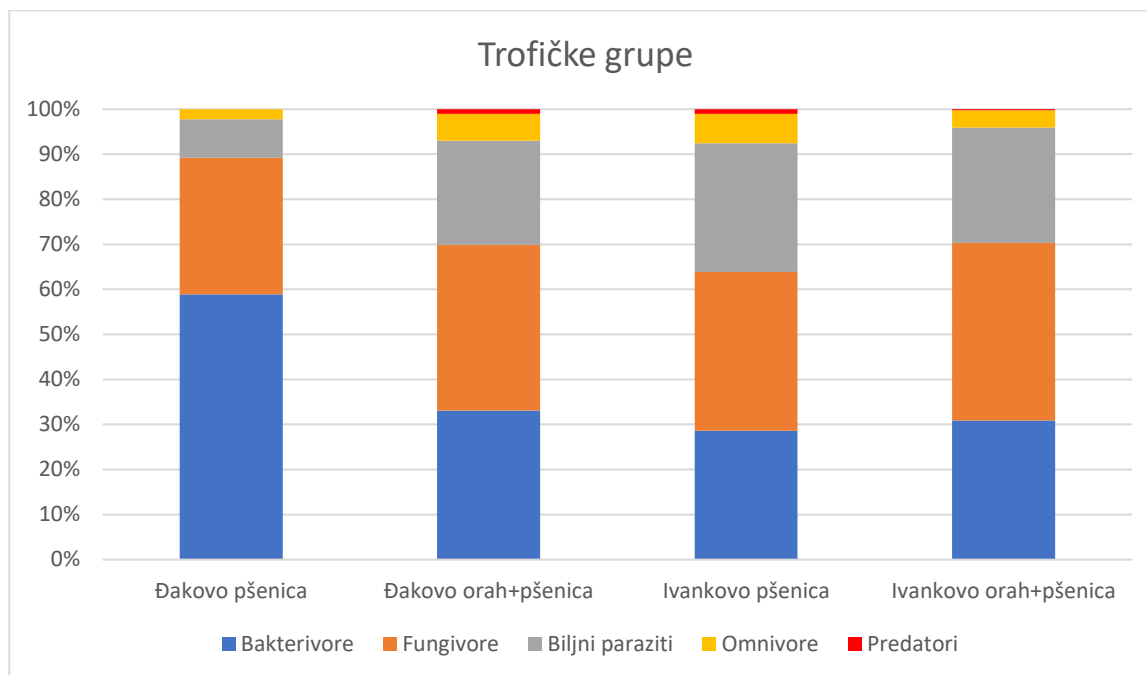
Grafikon 4. nam pokazuje da su na lokaciji Ivankovo na posijanoj poljoprivrednoj kulturi pšenici najbrojnije fungivore (35,20%) s 5 različitih rodova, 28,65% zastupljenosti imaju bakterivore s 8 različitih rodova, 28,57% biljni paraziti kod kojih su utvrđena 3 različita roda, omnivore 6,53% s 3 različita roda, i 1,05% predatora s dva roda *Clarkus* i *Mylonchulus*.





Grafikon 5. Zastupljenost trofičkih grupa (Ivankovo orah + pšenica)

Grafikon 5. pokazuje nam da su na lokaciji u Ivankovu u trajnom nasadu oraha s usijanom pšenicom između redova najzastupljenije fungivore 39,5%, s 4 različito utvrđena roda, bakterivore 30,86%, s 6 različitih rodova, biljni paraziti 25,56%, s 5 različitih rodova, omnivore 3,80%, s 3 različita roda, zastupljenost predatora je 0,28, s rodom *Mylonchulus*.



Grafikon 6. Zastupljenost trofičkih grupa na svim tretmanima i lokalitetima

Grafikon 6. pokazuje kako su bakterivore bile najzastupljenije samo na lokalitetu Đakovo koja je bila pod tretmanom pšenice, dok su se na ostalim tretmanima po broju zastupljenosti pojavljivale iza fungivora koje su podjednako zastupljene u svim tretmanima. Biljni paraziti su najmanje zastupljeni na lokalitetu Đakovo pod tretmanom pšenice dok su na ostalim lokalitetima i tretmanima podjednako zastupljeni. Predatori se uopće ne pojavljuju u Đakovu na tretmanu pšenice, a na ostalim lokalitetima i tretmanima su zastupljeni u najmanjem broju.

#### 4.3. Rezultati indeksa uznemirenja i indeksa hranidbenog lanaca

Tablica 3. prikazuje izračunate indekse uznemirenja na dva lokaliteta i dva tretmana, analiza se provodila izračunavanjem sljedećih parametara: MI – indeks zrelosti tla, MI 2-5 – indeks zrelosti tla u koji se ne ubrajaju nematode iz c-p grupe 1, PPI – biljnoparazitski indeks, odnos PPI/MI. Najveće vrijednosti MI (2,24), MI 2-5 (2,34) i PPI (2,94) utvrđene su na lokaciji Ivankovo pšenica, na lokaciji Đakovo pšenica utvrđene su najmanje vrijednosti MI (1,83), MI 2-5 (2,13) PPI (2,19). Prema podacima iz

Tablice 3. odnos PPI/MI na svim lokacijama prelazi 0,9 te ukazuje na uznemirenja u tlu.

Tablica 3. Rezultati indeksa uznemirenja

| Indeks uznemirenja | Đakovo pšenica | Đakovo orah + pšenica | Ivankovo pšenica | Ivankovo orah + pšenica |
|--------------------|----------------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| MI                 | 1,83           | 2,08                  | 2,24             | 2                       |
| MI 2-5             | 2,13           | 2,21                  | 2,34             | 2,18                    |
| PPI                | 2,19           | 2,35                  | 2,94             | 2,81                    |
| PPI/MI             | 1,19           | 1,13                  | 1,34             | 1,41                    |

Tablica 4. pokazuje da je vrijednost indeksa obogaćenja tla (EI) najveća na lokaciji Đakovo u tretmanu pšenica (64,06), a najniža na lokaciji Ivankovo pšenica (49,75). Vrijednost indeksa strukture tla (SI) najveća je na lokaciji Ivankovo pšenica (38,28), a najniža na lokaciji Đakovo pšenica (19,16). Vrijednost indeksa puteva razgradnje (CL) najviša je na lokaciji Ivankovo pšenica (64,67), najniža na lokaciji Đakovo pšenica (28,72).

Tablica 4. Rezultati indeksa hranidbenog lanaca

| Indeks hranidbenog lanca | Đakovo pšenica | Đakovo orah + pšenica | Ivankovo pšenica | Ivankovo orah + pšenica |
|--------------------------|----------------|-----------------------|------------------|-------------------------|
| EI                       | 64,06          | 53,86                 | 49,75            | 57,24                   |
| SI                       | 19,16          | 30,52                 | 38,28            | 27,97                   |
| CI                       | 28,72          | 49,65                 | 64,677           | 52,542                  |

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Analiza brojnosti i bioraznolikosti rodova nematoda

Istraživanjem bioraznolikosti nematoda koje je provedeno 2017. godine na dva lokaliteta u dva nasada, Đakovo pšenica i Đakovo trajni nasad oraha u konsocijaciji s kulturom pšenice, te Ivankovo pšenica i Ivankovo trajni nasad oraha u konsocijaciji s kulturom pšenice. Ukupno je utvrđeno 36 različitih rodova nematoda.

Najveća bioraznolikost rodova utvrđena je u tlu na lokaciju Đakovo u konsocijaciji oraha i pšenice (25 rodova nematoda). Najveća bioraznolikost rodova utvrđena je kod bakterivora (9), fungivora, biljni paraziti i omnivore imali su po 5 različitih rodova, a kod predatora je utvrđen jedan rod *Anatonchus*. Slične rezultate utvrdila je Siber (2017.), proučavajući zajednice nematoda u različitim kulturama (povrće i ljekovito bilje) utvrdila je najveću bioraznolikost u grupi bakterivora, i to 17 različitih rodova, doke je među fungivorama i biljnim parazitima bilo šest rodova, te najmanja brojnost omnivora i predatora.

Na lokaciji Đakovo pšenica utvrđena su 23 različita roda nematoda, kod bakterivora je utvrđeno 11 različitih rodova, fungivore 5 rodova, biljni paraziti 4 roda, omnivore 3 roda, kod predatora nije utvrđen ni jedan rod.

Na lokaciji Ivankovo pšenica determiniran je 21 različiti rod nematoda. Bakterivore 8 rodova, fungivore 5 rodova, biljni paraziti i omnivore po tri različita roda, predatori dva roda.

Najmanja bioraznolikost rodova je utvrđena na lokaciji Ivankovo u nasadu oraha sa usijanom pšenicom (19 rodova nematoda). Kod bakterivora je utvrđeno 6 različitih rodova, biljni paraziti 5 rodova, fungivore 4 roda, omnivore 3 roda i kod predatora je utvrđen jedan rod nematoda *Mylonchulus*.

Zajednički rodovi nematoda utvrđeni na svim uzorcima su bakterivore: *Acrobeloides*, *Acrolobus*, *Eucephalobus*, *Heterocephalobus*, *Rhabditis*. Fungivore: *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Ditylenchus*, *Filenchus*. Biljni paraziti: *Pratylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Tylenchus*. Omnivore: *Apocerlaimellus* i *Eudorylaimus*, Siber, 2017. je u svom istraživanju u povrću i ljekovitom bilju također utvrdila slijedeće rodove u svim tretmanima: *Eucephalobus*, *Rhabditis*, *Aphelenchus*, *Aphelenchoides*, i *Ditylenchus*. Tenematode su vrlo raširene i prisutne u gotovo svim kulturama i tipovima tala.

Rodovi nematoda utvrđeni samo u jednom uzorku tla, bakterivore: *Cephalobus* (Ivankovo pšenica), *Metateratocephalus* (Đakovo pšenica), *Panagrobellus* (Đakovo pšenica), *Diploscapter* (Đakovo pšenica). Fungivore: *Diphtherophora*. Omnivore: *Prodorylaimus* (Đakovo orah+pšenica). Predatori:

*Anatonchus* (Đakovo orah+pšenica) i *Clarkus* (Ivankovo pšenica).

## 5.2. Analiza zastupljenosti trofičkih grupa

Analiza zastupljenosti trofičkih grupa pokazuje da su u ovom istraživanju bakterivore bile najzastupljenije samo na lokaciji Đakovo na poljoprivrednoj kulturi pšenici, na ostalim lokalitetima i tretmanima zastupljene su u manjem broju. Prisutnost bakterivora u tlu znači i dobru mikrobiološku aktivnost tla, ali također bakterivore pripadaju skupini nematoda iz nižih C-P grupa koje prve reagiraju na promjene u tlu i pojavljuju se na uznemirenim tlima. Wei i sur. (2012.) su utvrdili da se porastom količine dušika u tlu povećava i brojnost bakterivora.

Na ostalim tretmanima najzastupljenije su fungivore, koje su zastupljene u velikom broju. Ruess i sur. (1993.) utvrdili su da se porastom kiselosti tla povećava i broj fungivora, te nam ovi rezultati pokazuju da je tlo na oba lokaliteta i oba tretmana zakiseljeno.

Biljni paraziti su na sve četiri lokacije zastupljene u manjem broju, najviše ih se pojavljuje na lokaciji Ivankovo pšenica (28,57%), a najmanje na lokaciji Đakovo pšenica (8,55%).

Omnivore su na dva lokaliteta i dva tretmana zastupljene u malom postotku, predatori se u Đakovu na tretmanu pšenice uopće ne pojavljuju, a na ostalim lokacijama su zastupljeni u najmanjem broju. Visoka brojnost omnivora i predatora je pokazatelj ekološki čistog i neuznemirenog tla, a u ovom istraživanju utvrđen je značajan udio omnivora, što ukazuje na stabilan ekosustav. Velik broj istraživanja (Yeates i Bird, 1994.; Okada i Harada, 2007.) dokazuje da se brojnost predatora i omnivora smanjuje nakon mineralne i organske gnojidbe, te bilo kojeg drugog kemijskog uznemiravanja tla.

## 5.3. Analiza indeksa uznemirenja i indeksa hranidbenog lanaca

Analizom indeksa uznemirenja možemo vidjeti kako je MI najniži na uzorku tla s lokacije Đakovo pšenica, to pokazuje da je zajednica nematoda na toj lokaciji najuznemirenija. Bongers i sur. (1997.) zaključuju da je uznemirenje tla jedan od razloga smanjene vrijednosti ovog indeksa zbog osjetljivosti na promjene u tlu. Promatrajući indeks MI (2-5) kada izuzmemo nematode iz C-P grupe 1, možemo uvidjeti kako je također najniži na lokaciji Đakovo pšenica, što pokazuje kako nije bio prisutan velik broj perzistera na ovoj lokaciji. Vrijednost PPI indeksa je na sve četiri lokacije podjednaka, kretala se od 2,19 do 2,94, zbog manje zastupljenosti biljnih parazita. Odnos PPI/MI na ispitanim uzorcima sa svih lokacija prelazi 0,9 što je pokazatelj da je tlo na sva četiri uzorka uznemireno. Brmež (2004.) navodi da je PPI/MI indeks važan pokazatelj stanja i promjena u zajednici nematoda, te ukazuje na uznemirenje ekosustava.

Analizom indeksa hranidbenog lanca je vidljivo da je najviša vrijednost indeksa obogaćenja tla (EI) na lokaciji Đakovo pšenica (64,06), a najniža na lokaciji Ivankovo pšenica (49,75) Indeks strukture

tla (SI) je najviši na lokaciji Ivankovo pšenica (38,28), a najniži na lokaciji Đakovo pšenica (19,16). Indeks puteva razgradnje (CI) je također najviši na lokaciji Ivankovo pšenica (64,67), a najniži na lokaciji Đakovo pšenica (28,72). Ako CI vrijednost prelazi 50 % tada su u tlu prisutne fungivore, a njihova prisutnost ukazuje na kiselo tlo u kojem nisu povoljni uvjeti za rast biljke, a otežano je i usvajanje hranjiva (Ferris i sur., 2001.). Samo na lokalitetu Đakovo u tretmanu pšenice vrijednost ne prelazi 50%, na toj lokaciji jedino nisu najzastupljenije fungivore.

## 6. ZAKLJUČAK

U istraživanju bioraznolikosti i stupnju uznemirenja zajednica nematoda analizirana je zajednica nematoda na dva lokaliteta u dva tretmana, analizirani su broj rodova nematoda, zastupljenost trofičkih grupa, indekse uznemirenja i indekse hranidbenog lanca.

U cjelokupnom istraživanju je ukupno utvrđeno 36 različitih rodova nematoda. Broj rodova po uzorcima tla se kretao od 19 u nasadu oraha s pšenicom u Ivankovu do 25 u nasadu oraha s pšenicom u Đakovu. Najveći broj rodova u svim uzorcima imale su bakterivore, što je pokazatelj dobre mikrobiološke aktivnosti tla, ali većina bakterivora pripadaju u nižu skupinu C-P grupa, a niže skupine C-P grupa se pojavljuju u uznemirenim tlima i prve reagiraju na promjene tla.

Kod trofičkih grupa je vidljivo da su fungivore najzastupljenije na lokalitetu Đakovo u konsocijaciji oraha i pšenice, te u Ivankovu također u konsocijaciji oraha i pšenice. Na lokalitetu Đakovo pšenica su druge po zastupljenosti, što je pokazatelj moguće zakiseljenosti tla na svim lokalitetima. Omnivore i predatori se u sva četiri uzorka pojavljuju u malom broju, ili se (predatori) uopće ne pojavljuju, što je pokazatelj uznemirenja tla.

Promatrajući MI i MI (2-5) indekse uočeno je kako su vrijednosti niske što nam također ukazuje na uznemirenje u tlu. PPI/MI 0,9 što je također pokazatelj uznemirenja tla.

Indeksi puteva razgradnje nam također dokazuju da je tlo na lokaciji Đakovo u konsocijaciji oraha i pšenice, te u Ivankovu zakiseljeno jer su vrijednosti (CI) 50 % ili više, kod ta tri uzorka su također najzastupljenije fungivore, dok su na lokalitetu Đakovo u nasadu pšenice, najzastupljenije bakterivore, a vrijednost (CI) je 29%.

Najveća bioraznolikost rodova nematoda utvrđena je u konsocijaciji oraha i pšenice što ukazuje kako bioraznolikost iznad površine tla povoljno djeluje na bioraznolikost ispod površine tla.

## 7. LITERATURA

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. Barnes, R.D. (1982.): Invertebrate zoology. Philadelphia, PA: Holt-Saunders Internacional: pp. 288-307.
6. Benković-Lačić, T. (2012.): Nematode kao bioindikatori ekološkog stanja tla. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
7. Bertin, C., Yang, X.H., Weston, L.A. (2003): The role of root exudates and allelochemicals in the rhizosphere. Plant Soil 256: 67-83.
8. Bilgrami, A. & Gaugler, R., (2004.): Nematode Behavior; Department of Entomology, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey, USA.
9. Blaxter, M.L. (1998.): *Caenorhabditis elegans* is a nematode. Science, 282: 2041 – 2046.
10. Bongers, T. (1990.): The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. Oecologia, 83:14-19.
11. Bongers, T. (1994.): De Nematoden van Nederland. Stichting Uitgeverij van de Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht, Nederland, pp. 408.
12. Bongers, T., H. van der Meulen, H., Korthals, G. (1997.): Inverse relationship between the nematode maturity index and plant parasite index under enriched nutrient conditions. Applied Soil Ecology 6 (2): 195-199.
13. Bongers, T. & Ferris H. (1999.): Nematode community structure as a bioindicator in environmental monitoring. Trends in Ecology and Evolution 14 (6): 224-228. Borgonie, G., García-Moyano, A.,
14. 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.
15. Brezovac, G. (2010.): Utjecaj teških metala i gnojidba na zajednicu nematoda u salati 2010. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku.
16. Brmež, M. (2004.): Nematode kao bioindikatori promjena u agroekosustavu. Doktorska disertacija. Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
17. Clark, W.C. (1994.): Origins of the parasitic habit in the Nematoda. International Journal for Parasitology, 24(8): 1117-1129.



18. De Goede, R.G.M. (1993.): Terrestrial nematodes in a changing environment. Agricultural University. Department of Nematology. Wageningen. Netherlands.
19. Drake, N. (2011.): Subterranean worms from hell: Nature News, Nature News.
20. Đuričković, J. (2016.): Utjecaj kulture na zastupljenost rodova i trofičkih grupa nematoda. Diplomski rad. Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Sveučilište J. J. Strossmayera u Osijeku.
21. 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.
22. 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.
23. Habdija, I., Habdija, B. P., Radanović, I., Vidaković, J., Kučinić, M., Špoljar, M., Matohičkin, R., Miliša, M. (2004.): Protista – Protozoa i Metazoa – Invertebrata – Funkcionalna građa i praktikum, Knjiga 3, prvo izdanje, Meridijani, Samobor, 2004. p.p 397.
24. Hunt, D.J. (1993): Aphelenchida, Longidoridae and Trichodoridae – Their systematics and bionomics. CAB INT. Wallingford, UK. pp. 352.
25. Ingham, R.E., Trofymow, J.A., Coleman, D.C. (1985.): Interaction of bacteria, fungi and their nematode grazers: Effects on nutrient cycling and plant growth. *Ecological Monographs* 55: 119-140.
26. Ivezić, M. (2014.): Fitonematologija. Poljoprivredni fakultet Osijek. pp. 109.
27. Mai, W.F. & Lyon, H.H. (1975): Pictorial key to genera of plant-parasitic nematodes. Cornell University Press. London. pp. 219.
28. McSorley, R. (1997.): Soil Inhabiting Nematodes, Phylum Nematoda. University of Florida. Institute of Food and Agriculture Sciences. <http://edis.ifas.ufl.edu/pdffiles/IN/IN13800.pdf>
29. Neher, D.A. & 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.
30. Neilsen, U.N., Ayres, E., Wall, D.H., Li, G., Bardgett, R.D., Wu, T., Garey, J.R. (2014): Global-scale patterns of assemblage structure of soil nematodes in relation to climate and ecosystem properties. *Global ecology and biogeography: A Journal of Macroecology*, DOI: 10.1111/geb.12177.
31. Nicholas, W. L. (1984). *The Biology of Free-living Nematodes*. Second Edition. Oxford: Clarendon Press, 219 pp.
32. Okada, H., Harada, H. (2007.): Effect of tillage and fertilizer on nematode communities in a Japanese soybean field. *Applied Soil Ecology*, 35: 582-598.
33. Olsen, O.W. (1974.): *Animal parasites: their life cycles and ecology*. General Publishing Company. Canada.
34. Oštrec, Lj. (1998.): *Zoologija: Štetne i korisne životinje u poljoprivredi*. Zrinski. Čakovec, pp.

35. Quinkenstein, A., Wöllecke, J., Böhm, C., Grünewald, H., Freese, D., Schneider, B.U., Hüttl, R.F. (2009): Ecological benefits of the agroforestry-system Alley Cropping in sensitive regions of Europe. *Environmental Science and Policy*, 12(8): 1112–1121.
36. Ruess, L., Funke, W., Breunig, A. (1993.): Influence of experimental acidification on nematode, bacteria and fungi: Soil microcosms and field experiments. *Zool. Jb. Syst.* 120: 189-199.
37. Siber, T. (2017.): Struktura zajednice nematoda u raznim kulturama na eko imanju Vilin šapat u Požeškom Markovcu 2015. godine. Diplomski rad, Poljoprivredni fakultet u Osijeku. Osijek.
38. Siddiqi, M.R. (2000.): *Tylenchida: parasites of plants and insects*. CABI Publishing, Wallingford, UK, pp. 833.
39. Van Bezooijen, J. (2006.): *Methodes and techniques for nematology*, Wageningen, 2 – 92.
40. 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. *Global change biology* 19: p.p. 3688-3697.
41. 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.
42. Yeates, G.W., Bird, A.F. (1994.): Some observations on the influence of agricultural practices on the nematode faunas of some South Australian soil. *Fundamental and Applied Nematology*, 17: 133-145.
43. Yeates, G.W., Bardget, R.D., Cook, R., Hobbs, P.J., Bowling, P.J., Potter, J.F. (1997.): Faunal and microbial diversity in three Welsh grassland soils under conventional and organic management regimes. *Journal of Applied Ecology*, 34: 453 - 470.
44. Yeates, G. (2003.): Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biology and Fertility of Soils* 37, 199-210.
45. Yeates, G.W., Boag, B. (2006.): Female size shows similar trends in all clades of the Phylum Nematoda. *Journal of Nematology*, 8: 111 - 127.

#### Internet izvori:

1. [https://meteo.hr/klima.php?section=klima\\_podaci&param=k2\\_1](https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci&param=k2_1)

## 8. SAŽETAK

Cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi bioraznolikost rodova i stupanj uznemirenja zajednice nematoda u nasadu pšenice i konsocijaciji pšenice i oraha na dva lokaliteta. Istraživanje je provedeno 2017. godine na dva lokaliteta, uzorci tla uzeti su s dvije parcele svakog od lokaliteta, Đakovo pšenica i Đakovo trajni nasad oraha s usijanom kulturom pšenice, te Ivankovo pšenica i Ivankovo trajni nasad oraha s usijanom kulturom pšenicom. Ukupno je utvrđeno 36 različitih rodova nematoda, broj rodova po uzorcima tla se kretao od 19 do 25. Najveći broj rodova je utvrđen u uzorku tla iz Đakova uzetom u konsocijaciji oraha i pšenice. Od trofičkih grupa najzastupljenije su bile fungivore i bakterivore, dok su se omnivore i predatori pojavljivali u malim brojevima. Rezultati indeksa uznemirenja MI i MI (2-5) najniži su na lokaciji Đakovo pšenica, što pokazuje kako je zajednica nematoda najuznemirenija na ovoj lokaciji. PPI indeks je na sva četiri ispitana uzorka tla bio podjednak zbog manje zastupljenosti parazita. PPI/MI nam pokazuje da je tlo na sve četiri lokacije uznemireno. Indeks hranidbenog lanca (EI) ima najveću vrijednost na lokaciji Đakovo pšenica, a najnižu na lokaciji Ivankovo pšenica. Indeks strukture tla (SI) je najviši na lokaciji Ivankovo pšenica, a najniži na lokaciji Đakovo pšenica. Indeks puteva razgradnje (CI) je samo na lokaciji Đakovo pšenica niži od 50%, što pokazuje da jedino na toj lokaciji tlo nije zakiseljeno.

Ključne riječi: nematode, tlo, trofičke grupe, indeksi uznemirenja, bioraznolikost.

## 9. SUMMARY

The aim of this thesis was to determine the biodiversity of genera and the degree of disturbance of the nematode community in the wheat plantation and the consociation of wheat and walnuts in two localities. The survey was conducted in 2017 at two sites, soil samples were taken from two plots of each site, Đakovo wheat and Đakovo perennial walnut plantation with wheat, and Ivankovo wheat and Ivankovo perennial walnut plantation with wheat. A total of 36 different genera of nematodes were identified, the number of genera per soil sample ranged from 19 to 25. The largest number of genera was found in the soil sample from Đakovo taken in the consociation of walnuts and wheat. Of the trophic groups, fungi and bacterivore were the most common, while omnivores and predators appeared in small numbers. The results of the MI and MI (2-5) disturbance index are the lowest at the Đakovo wheat location, which shows that the nematode community is the most disturbed at this location. The PPI index was the same on all four examined soil samples due to the lower presence of parasites. PPI / MI shows us that the ground at all four locations is disturbed. The food chain index (EI) has the highest value at the location of Đakovo wheat, and the lowest at the location Ivankovo wheat. The index of soil structure (SI) is the highest at the location of Ivankovo wheat, and the lowest at the location of Đakovo wheat. The degradation path index (CI) is lower than 50% only at the Đakovo wheat location, which shows that only at that location the soil is not acidified.

Key words: nematodes, soil, trophic groups, disturbance indices, biodiversity.

## 10. POPIS TABLICA

|  |    |
|--|----|
| Tablica 1. Nematološki indeksi upotrebljeni u istraživanju .....       | 14 |
| Tablica 2. Utvrđeni rodovi nematoda po tretmanima i lokalitetima ..... | 16 |
| Tablica 3. Rezultati indeksa uznemirenja .....                         | 22 |
| Tablica 4. Rezultati indeksa hranidbenog lanaca .....                  | 22 |

## 11. POPIS SLIKA

|   |    |
|---|----|
| Slika 1. Tijelo nematode.....   | 4  |
| Slika 2. Usni ustroj biljno parazitne nematode .....                    | 5  |
| Slika 3. Usni ustroj bakterivore.....                                   | 6  |
| Slika 4. Usni ustroj fungivore .....                                    | 7  |
| Slika 5. Usni ustroj omnivore .....                                     | 7  |
| Slika 6. Usni ustroj predatora.....                                     | 8  |
| Slika 7. Prvi lokalitet trajni nasad oraha 9 godina starosti.....       | 9  |
| Slika 8. Trajni nasad oraha 3 godina starosti .....                     | 10 |
| Slika 9. Lijeenci za izdvajanje nematoda Baermannovom metodom.....      | 11 |
| Slika 10. Odvajanje 100 grama tla za izdvajanje nematoda .....          | 12 |
| Slika 11. Sito s filter papirom .....                                   | 12 |
| Slika 12. Prebrojavanje i determinacija nematoda pomoću mikroskopa..... | 13 |

## 12. POPIS GRAFIKONA

|  |    |
|--|----|
| Grafikon 1. Broj rodova nematoda u uzorcima tla.....                             | 15 |
| Grafikon 2. Zastupljenost trofičkih grupa (Đakovo, pšenica) .....                | 17 |
| Grafikon 3. Zastupljenost trofičkih grupa (Đakovo orah + pšenica) .....          | 18 |
| Grafikon 4. Zastupljenost trofičkih grupa (Ivankovo pšenica) .....               | 19 |
| Grafikon 5. Zastupljenost trofičkih grupa (Ivankovo orah + pšenica).....         | 20 |
| Grafikon 6. Zastupljenost trofičkih grupa na svim tretmanima i lokalitetima..... | 21 |

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku

Diplomski rad

Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

Sveučilišni diplomski studij, smjer Ekološka poljoprivreda

Bioraznolikost rodova nematoda u nasadu oraha i pšenice na dva lokaliteta

David Alexander Župan

Cilj ovog diplomskog rada bio je utvrditi bioraznolikost rodova i stupanj uznemirenja zajednice nematoda u nasadu pšenice i konsocijaciji pšenice i oraha na dva lokaliteta. Istraživanje je provedeno 2017. godine na dva lokaliteta, uzorci tla uzeti su sa dvije parcele svakog od lokaliteta, Đakovo pšenica i Đakovo trajni nasad oraha s usijanom kulturom pšenicom, te Ivankovo pšenica i Ivankovo trajni nasad oraha s usijanom kulturom pšenicom. Ukupno je utvrđeno 36 različitih rodova nematoda, broj rodova po uzorcima tla se kretao od 19 do 25. Najveći broj rodova je utvrđen u uzorku tla iz Đakova uzetom u konsocijaciji oraha i pšenice. Od trofičkih grupa najzastupljenije su bile fungivore i bakterivore, dok su se omnivore i predatori pojavljivali u malim brojevima. Rezultati indeksa uznemirenja MI i MI (2-5) najniži su na lokaciji Đakovo pšenica, što pokazuje kako je zajednica nematoda najuznemirenija na ovoj lokaciji. PPI indeks je na sva četiri ispitana uzorka tla bio podjednak zbog manje zastupljenosti parazita. PPI/MI nam pokazuje da je tlo na sve četiri lokacije uznemireno. Indeks hranidbenog lanca (EI) ima najveću vrijednost na lokaciji Đakovo pšenica, a najnižu na lokaciji Ivankovo pšenica. Indeks strukture tla (SI) je najviši na lokaciji Ivankovo pšenica, a najniži na lokaciji Đakovo pšenica. Indeks puteva razgradnje (CI) je samo na lokaciji Đakovo pšenica niži od 50%, što pokazuje da jedino na toj lokaciji tlo nije zakiseljeno.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** prof. dr. sc. Mirjana Brmež

**Broj stranica:** 36

**Broja tablica:** 4

**Broj slika:** 12

**Broj literaturnih navoda:** 45

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** nematode, tlo, trofičke grupe, indeksi uznemirenja, bioraznolikost.

**Datum obrane:** 09.07.2021.

**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

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera Osijek, Kralja Petra Svačića 1d, Osijek



## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Graduate thesis**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**  
**Graduate Studies, Ecological agriculture**

Biodiversity of nematods in walnuts nursery and wheat at two sites.

David Alexander Župan

The aim of this thesis was to determine the biodiversity of genera and the degree of disturbance of the nematode community in the wheat plantation and the consociation of wheat and walnuts in two localities. The survey was conducted in 2017 at two sites, soil samples were taken from two plots of each site, Đakovo wheat and Đakovo perennial walnut plantation with wheat, and Ivankovo wheat and Ivankovo perennial walnut plantation with wheat. A total of 36 different genera of nematodes were identified, the number of genera per soil sample ranged from 19 to 25. The largest number of genera was found in the soil sample from Đakovo taken in the consociation of walnuts and wheat. Of the trophic groups, fungi and bacterivore were the most common, while omnivores and predators appeared in small numbers. The results of the MI and MI (2-5) disturbance index are the lowest at the Đakovo wheat location, which shows that the nematode community is the most disturbed at this location. The PPI index was the same on all four examined soil samples due to the lower presence of parasites. PPI / MI shows us that the ground at all four locations is disturbed. The food chain index (EI) has the highest value at the location of Đakovo wheat, and the lowest at the location of Ivankovo wheat. The index of soil structure (SI) is the highest at the location of Ivankovo wheat, and the lowest at the location of Đakovo wheat. The degradation path index (CI) is lower than 50% only at the Đakovo wheat location, which shows that only at that location the soil is not acidified.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** prof. dr. sc. Mirjana Brmež

**Number of pages:** 36

**Number of figures:** 12

**Number of tables:** 4

**Number of references:** 45

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** nematodes, soil, trophic groups, disturbance indices, biodiversity.

**Thesis defended on date:** 09.07.2021.

### **Reviewers:**

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

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Kralja Petra Svačića 1d, 31 000 Osijek, Croatia.

