



**УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ**

**Јована Секулић**

**ФАУНИСТИЧКА И ЕКОТОКСИКОЛОШКА СТУДИЈА  
LUMBRICIDAE (ANNELIDA: OLIGOSCHAETA) ЦЕНТРАЛНЕ СРБИЈЕ**

**Докторска дисертација**

**Проф. др Мирјана Стојановић Петровић, ментор**

**Крагујевац, 2017. година**

<b>I Аутор</b>
Име и презиме: <b>Јована Секулић</b>
Датум и место рођења: <b>3.10.1984. године, Крагујевац, Република Србија</b>
Садашње запошљење: <b>Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет, Институт за биологију и екологију, звање истраживач-сарадник</b>
<b>II Докторска дисертација</b>
Наслов: <b>Фаунистичка и екотоксиколошка студија Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta) централне Србије</b>
Број страница: <b>162</b>
Број слика: <b>слика-34, табела-24, графика-19</b>
Број библиографских података: <b>254</b>
Установа и место где је рад израђен: <b>Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет</b>
Научна област (УДК): <b>595.142:502/504(497.11) (Зоологија, кишне глисте, екотоксикологија, Србија)</b>
Ментор: <b>Проф. др Мирјана Стојановић Петровић, Универзитет у Крагујевцу, Природно-математички факултет</b>
<b>III Оцена и одбрана</b>
Датум пријаве теме: <b>15.06.2016. године</b>
Број одлуке и датум прихватања докторске дисертације:
Комисија за оцену подобности теме и кандидата: <ul style="list-style-type: none"> <li>1. <b>др Мирјана Стојановић Петровић, ванредни професор</b> Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област Екологија, биогеографија и заштита животне средине;</li> <li>2. <b>др Снежана Пешић, доцент</b> Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, ужа научна област Екологија, биогеографија и заштита животне средине;</li> <li>3. <b>др Иво Караман, редовни професор</b> Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду, ужа научна област Зоологија.</li> </ul>
Комисија за преглед и одбрану докторске дисертације: <div style="text-align: right; margin-right: 100px;"> <p>_____ <b>Проф. др Иво Караман, редовни професор,</b> (председник комисије) Природно-математички факултет, Универзитет у Новом Саду, ужа научна област Зоологија;</p> <p>_____ <b>Проф. др Драга Граора, ванредни професор</b> Пољопривредни факултет, Универзитет у Београду, уже научне области Ентомологија и Пољопривредна зоологија;</p> <p>_____ <b>др Тања Тракић, научни сарадник</b> Природно-математички факултет, Универзитет у Крагујевцу, ужа научна област Биологија.</p> </div>
Датум одбране докторске дисертације:

*Mojoj majci*

## **Захвалница**

*Експериментални део ове дисертације је урађен у Лабораторији за зоологију на Институту за биологију и екологију Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу.*

*Највећу захвалност дугујем мојој менторки, проф. др Мирјани Стојановић Петровић, ванредном професору Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, на указаном поверењу и прилици да се бавим научно-истраживачким радом, на великој подршци, на огромном знању које ми је пренела и на пажљивом и стрпљивом усмеравању у раду. Највише јој се захваљујем на дивном пријатељском односу током свих ових година.*

*Посебну захвалност дугујем проф. др Иви Караману, редовном професору Природно-математичког факултета Универзитета у Новом Саду и проф. др Драги Граори, ванредном професору Пољопривредног факултета Универзитета у Београду, на конструктивним саветима и предлозима током писања докторске дисертације који су знатно помогли и унапредили изглед овог рада.*

*Захваљујем се колегиници др Тањи Тракић, научном сараднику Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, на прегледу и оцени рукописа, и на позитивном ставу и пријатељском односу од почетка наше сарадње.*

*Посебну захвалност дугујем проф. др Снежани Марковић, доценту Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, која је препознала мој ентузијазам и љубав према науци и пружила ми шансу, што је резултирало мојим учешћем на пројекту Преклиничка испитивања биоактивних супстанци, чији је она руководилац.*

*Захваљујем се и проф. др Дарку Грујичићу, доценту Природно-математичког факултета Универзитета у Крагујевцу, на подршци и практичним саветима током израде докторске дисертације.*

*Желим да се захвалим колегама и професорима са Природно-математичког факултета у Крагујевцу, као и свима онима чија је несебична помоћ мени значила много.*

*Огромну захвалност дугујем својим родитељима, сестри Јелени и њеној породици, родитељима мог супруга, мом супругу и деци, на великом разумевању и подршци, али пре свега на конкретним стварима које су учинили да успешно овај рад приведем крају.*

*Посебно бих се захвалила супругу Марку који је током целог процеса докторских студија и израде докторске дисертације веровао у мене и био моја највећа подршка и ослонац да истрајем.*

*На крају, али и најбитније, желим да се захвалим својој деци Милицы, Анђелији и Петру, који су били дивни и пуни разумевања за мој рад. Они су моја највећа мотивација.*

**Крагујевац, 6.03.2017. године**

**Јована Секулић**



## Фаунистичка и екотоксиколошка студија Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta) централне Србије

### Резиме:

Резултати презентовани у овом раду представљају допринос познавању биодиверзитета лумбрицида централне Србије. Такође резултати су дали увид у, први пут код нас рађена, екотоксиколошка испитивања на овим организмима. Обављена су комплексна фаунистичка истраживања лумбрицидне фауне на подручју централне Србије и обједињени су сви доступни литературни и теренски подаци. Теренским радом на овој студији, на истраживаним локалитетима, у 160 сакупљених узорака (2190 јединки), регистровано је 16 таксона. Током ранијих истраживања утврђено је присуство 44 таксона. Нашим истраживањима утврђено је присуство три таксона који раније нису била констатована на просторима централне Србије, тако да данас фауна лумбрицида овог простора броји 47 таксона. Од укупног броја врста које су констатоване на територији Србије, скоро 60% врста је пронађено у централној Србији.

По први пут у централној Србији су регистроване три врсте: *Allolobophora parva*, *Aporrectodea cernicensis* (по други пут регистрована на територији Републике Србије) и *Lumbricus castaneus*. Иако перегрина врста, *A. parva* је регистрована први пут у Србији, што је од изузетног фаунистичког значаја.

По први пут, у нашим истраживањима *Allolobophora serbica* је пронађена у новом биотопу, шумском, и то и у пролећној и у јесењој сезони.

Да би се зоогеографски што јасније схватила структура лумбрицидне фауне централног дела Србије, неопходно је било извршити категоризацију. Наша анализа је показала да највећи број врста припада перегриним врстама (38,30%). Ендемичних врста има 19,15%. Затим следе транс-егејске врсте (12,77%), централно-европске (10,64%), алпско-балканске (10,64%), и нешто мање приближно медитеранске (4,26%) и атланско-медитеранске (2,13%).

Истраживања која су спроведена у оквиру екотоксиколошког дела заснована су на хипотези да пестициди у животној средини поред циљаних организама утичу и на нециљане организме, што се кроз ланце исхране одражава и на више трофичке нивое, а у крајњем исходу и на човека. Лабораторијски тестови су спроведени на основу смерница OECD-а. У овим тестовима токсичности користили смо врсту *Eisenia fetida*, као тест организам, коју смо излагали, у вештачком тест земљишту, различитим концентрацијама испитиваних пестицида, заснованим на препорученим пољопривредним дозама. Тестирани су пестициди који су локално највише у употреби, међу којима је и биорационални инсектицид Ласер (спиносад) који се по први пут испитивао на врсти *E. fetida*. Сваки од пестицида показао је другачији степен токсичности, а једино је у

контролним третманима било 100% преживелих кишних глиста евидентираних до краја експеримента.

Пиретроиди су познати по домино ефекту и изразитој почетној ефикасности. У нашим експериментима смо већ у првој недељи забележили смртност глиста у свим концентрацијама. Ипак, израчунате  $LC_{50}$  вредности су биле више од највише концентрације. Од свих коришћених пиретроида (Ципкорд, Талстар, Ласер), Ласер се показао као еколошки најбезбеднији.

Резултати токсиколошких истраживања показују да су глисте на основу крајњих тачака као што су раст и репродукција веома осетљиве на испитиване хербициде (Тербис, Калисто, Еквив, Аденго). Без обзира, што не утичу на морталитет, утичу на сублеталне крајње тачке, које су знатно осетљивији параметри за процену, што у дужем временском интервалу, значи утицај на саму популацију глиста.

Лимацид Гардена је еколошки безбедан, без било каквог утицаја на морталитет или раст врсте *E. fetida*.

Мешавине инсектицида у пољопривредној пракси постају све популарнији за употребу због своје високе ефикасности и брзе акције. Према нашим резултатима, инсектицид Галитион показује токсичност чак и при ниским дозама, упркос чињеници што је  $LC_{50}$  вредност много већа од највеће концентрације коју смо користи у експерименту. Конзул је имао утицај на параметре животног циклуса (опстанак, раст, производња кокона и излегање малолетника). Овакви резултати су у складу са чињеницом да овај инсектицид не делује брзо, веома је упоран и има дуг период преживљавања у земљишту.

Резултати ове студије указују на могућност коришћења лумбрицида за рано упозорење на земљишну контаминацију, али и наглашавају идеју да употреба хемијских супстанци мора бити спроведена са максималном одговорношћу.

## Faunistic and ecotoxicological studies Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta) of Central Serbia

### Summary:

The results presented in this paper is contribution to the knowledge of biodiversity Lumbricidae central Serbia. Also, the results were gave an insight into ecotoxicological testing on earthworm which is the first of that kind investigations in our country. The complex faunistic research of earthworm fauna in the area of central Serbia was performed and all available literature data and field data are summarized. Based on field work in the investigated area have been registered 16 taxa in 160 samples (2190 individuals). In previous studies revealed the presence of 44 taxa. Our research has revealed the presence of three taxa that have never been ascertained on the territory of central Serbia. Therefore, today Lumbricidae fauna of this area consists of 47 taxa. Of the total number of earthworm species that are found in the territory of Serbia, almost 60% of the species is found in the area of central Serbia.

Three species are registered for the first time in central Serbia: *Allolobophora parva*, *Aporrectodea cemernicensis* (registered on the territory of the Republic of Serbia only in eastern and central Serbia) and *Lumbricus castaneus*. Also, it is interesting that peregrina species *A. parva* is registered for the first time in Serbia, which is of great faunal significance.

For the first time, in our research, *Allolobophora serbica* is found in a new biotope, forest, both in the spring and the autumn seasons.

In order to better understand the zoogeographical structure of Lumbricidae from the central part of Serbia, categorization was required. Our analysis showed that most of them are Peregrine species (38,30%). The percent of endemic species is 19,15%, followed by Trans - Aegean (13,77%), Central-European (10,64%), Balkanic-Alpine (10,64%), and a little less Circum-Mediterranean (4,26%) and Atlantic-Mediterranean (2,13%).

Researches conducted in the framework of ecotoxicology part are based on the hypothesis that pesticides in the environment have impact, not only to the target organisms, but also to the non-target organisms, which through food chains may produce damages to higher trophic levels, and ultimately to the man. The laboratory test was conducted according to the OECD guidelines. To assess the toxic effects of pesticides on non-target organism, we exposed the earthworm *Eisenia fetida* to artificial soil supplemented with different concentrations of the examined pesticides based on the recommended agricultural doses. The tested pesticides that are mostly used locally, including the insecticide Laser (spinosad). This is the first report about effects of spinosad on the life-cycle parameters on non-target organism, earthworm *E. fetida*. Each of used pesticide showed a different degree of toxicity. Only in the control treatment was 100% survival of the earthworms recorded until the end of experiments.

Pyrethroids are known by knock-down effect and expressed initial efficacy. In the first weeks, we have immediately recorded mortality of earthworms in all concentrations. However, the LC<sub>50</sub> values were higher than the highest concentrations which we used in the experiment. Of

all the used pyrethroids (Cipkord, Talstar, Laser), Laser has proven to be as environmentally safest.

Based on the endpoints such as growth and reproduction, the results of toxicological research show that the earthworms are very sensitive to the tested herbicide (Terbis, Callisto, Ekvip, Adengo). Regardless, it does not affect mortality, affecting sublethal endpoints, which are much more sensitive parameters for assessing, which a longer time interval means the impact on itself population of earthworms.

Limacide Gardena is ecologically safe, without any impact on mortality and growth of *E. fetida*.

Mixtures of insecticides in agricultural practices are becoming increasingly popular for use due to their high efficiency and fast action. According to our results, insecticide Galition shows toxicity even at low doses, despite the fact that the LC<sub>50</sub> value is much greater than the maximum concentrations that we used in the experiment. The Consul had an impact on the parameters of the life cycle (survival, growth, cocoon production and hatching of juveniles). These results are consistent with the fact that this insecticide does not act quickly, it is very persistent and has a long period of survival in the soil.

The results of this study indicate the possibility of using Lumbricidae for early warning of soil contamination, but also emphasize the idea that the use of chemical substances should be carried out with maximum responsibility.

# Садржај

<b>1. УВОД</b>	<b>1</b>
1.1. Преглед досадашњих истраживања кишних глиста на територији централне Србије	3
1.2. Екологија и значај Lumbricidae	5
1.3. Еколошка класификација Lumbricidae	6
1.4. Анатомско-морфолошке карактеристике Lumbricidae	9
1.5. Таксономска припадност врсте <i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	14
1.6. Конвенционална и органска пољопривреда	16
1.7. Екотоксикологија	18
1.8. Пестициди	20
1.8.2. Кретање пестицида у окружењу .....	22
1.8.3. Инсектициди .....	24
1.8.4. Хербициди .....	28
1.8.5. Лимациди .....	33
<b>2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА</b>	<b>35</b>
<b>3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ</b>	<b>37</b>
3.1. Методологија теренског рада	37
3.1.1. Истраживано подручје .....	38
3.1.2. Индекси фаунистичких истраживања .....	40
3.2. Методологија лабораторијског рада	44
3.2.1. Пестициди .....	44
3.2.2. Тест организам .....	44
3.2.3. Вештачко тест земљиште .....	45
3.2.4. Принципи теста .....	45

3.2.5. Статистичке анализе .....	46
----------------------------------	----

## **4. РЕЗУЛТАТИ** **48**

### **4.1. Преглед фауне Lumbricidae централне Србије** **48**

4.1.1. Род <i>Allolobophora</i> Eisen, 1874 .....	50
4.1.2. Род <i>Aporrectodea</i> Örley, 1885 .....	55
4.1.3. Род <i>Dendrodrilus</i> Omodeo, 1956 .....	60
4.1.4. Род <i>Eisenia</i> Malm, 1877 .....	61
4.1.5. Род <i>Eiseniella</i> Michaelsen, 1900 .....	64
4.1.6. Род <i>Lumbricus</i> Linnaeus, 1758 .....	65
4.1.7. Род <i>Octolasion</i> Örley, 1885 .....	67
4.1.8. Род <i>Proctodrilus</i> Zicsi, 1985 .....	69

### **4.2. Квалитативно-квантитативни састав лумбрицида у истраживаним екосистемима** **73**

### **4.3. Ефекти пестицида на врсту *Eisenia fetida* (Savigny 1826) у лабораторијским условима** **85**

4.3.1. Ефекти појединачних пестицида на врсту <i>Eisenia fetida</i> у лабораторијским условима .....	85
4.3.2. Ефекти пестицида са две активне материје на врсту <i>Eisenia fetida</i> у лабораторијским условима .....	95
4.3.3. Ефекти пестицида на врсту <i>Eisenia fetida</i> који су коришћени и на пољу и у лабораторији .....	99

## **5. ДИСКУСИЈА** **108**

### **5.1. Зоогеографска анализа лумбрицида централне Србије** **108**

### **5.2. Анализа структуре лумбрицидних заједница** **113**

5.2.1. Структура заједница лумбрицида по градијенту интензитета пољопривредне искоришћености земљишта .....	113
5.2.2. Структура заједница лумбрицида по сезонама .....	118

### **5.3. Екотоксиколошка анализа** **123**

5.3.1. Анализа ефеката појединачних пестицида на врсту <i>Eisenia fetida</i> у лабораторијским условима .....	123
5.3.2. Анализа ефеката пестицида са две активне материје на врсту <i>Eisenia fetida</i> у лабораторијским условима .....	127

5.3.3. Анализа ефеката пестицида на врсту *Eisenia fetida* који су коришћени и на пољу и у лабораторији ..... 129

**5. ЗАКЉУЧЦИ** **133**

**6. ЛИТЕРАТУРА** **138**

**Додатак** **160**

## 1. УВОД

Чарлс Дарвин је у својој књизи "Формирање биљног отпада кроз акцију глиста" (1881) сажео своје закључке о глистама, које је донео после 40 година посматрања и експерименталног рада. Он је у овој књизи изразио мишљење да су глисте одиграле веома важну улогу у историји света. Његови позитивни аспекти о глистама довели су до великог пораста у истраживањима морфологије, хистологије и номенклатуре глиста крајем XIX и почетком XX века (Edwards, 2004).

Прва кишна глиста која је описана била је *Lumbricus terrestris* Linnaeus, 1758. Следећи рад који је описивао нову врсту лумбрицида публикован је тек 1826, а до 70-тих година XIX века знало се за око 100 врста (Csuzdi, 2012). Према најновијим подацима до сада је описано 670 лумбрицидних врста (Blackmore, 2004).

Балканско полуострво један је од 153 центара светског биодиверзитета, а Србија, као део Балканског полуострва један је од 6 центара европског биодиверзитета. Специфичан географски положај на линији сучељавања средњоевропских и медитеранских утицаја, бурна геотектонска динамика и разноликост геолошких, геоморфолошких, хидролошких, климатских и педолошких одлика, произвели су да Србија представља подручје изузетног генетичког, специјског и екосистемског диверзитета.

Србију карактерише велико богатство и диверзитет лумбрицидне фауне. Први подаци о кишним глистама Србије потичу са почетка XX века (Cognetti, 1906). Та



истраживања су била веома оскудна и тек половином XX века појављује се већи број саопштења о лумбрицидама Србије, где се и дају описи нових врста (Remy, 1953; Pop, 1968; Šarkarev, 1977; Zicsi и Šarkarev, 1982; Karaman, 1983). Према најновијим истраживањима лумбрицидне фауне на подручју Србије (Stojanović и сар. 2008) утврђено је присуство 71 врсте и 8 подврста. У односу на укупан број кишних глиста на подручју Балкана у Србији се налази 34,18% ендема (Trakić и сар., 2016).

Лумбрициде су једне од најважнијих макробескичмењачких група живог света земљишта. Називају их "еколошким инжењерима" јер доприносе сложеним процесима разградње органске материје и утичу на аерацију, водени транспорт и структуру земљишта. Посебно су осетљиве на хемикалије, јер за разлику од многих других земљишних организама имају танку кутикулу која их штити. Такође, битна су карика у ланцима исхране.

Земљиште је хетерогена мешавина абиотичких и биотичких компоненти, укључујући и веома сложене земљишне организме. Основне функције земљишта зависе од њиховог структурног и функционалног интегритета. Познато је да се абиотички (физички и хемијски) параметри користе за процену квалитета животне средине, па и земљишта. Међутим, овај индиректни приступ није довољан, и постаје све јасније да је неопходно укључити и биолошке компоненте јер земља је динамичан ентитет (Blair и сар., 1996), тако да је мониторинг популација кишних глиста важан и користан показатељ квалитета земљишта.

После неколико деценија неприкосновених успеха, пољопривреда се сада суочава са важним глобалним проблемима. Велико повећање продуктивности у развијеним земљама је праћено озбиљним исцрпљивањем "квалитетног земљишта" у смислу отпора ерозије, органских садржаја, концентрације тешких метала и остатака пестицида. У контексту повећања људске популације, посебно у земљама у развоју, ова деградација земљишта резултат је многих друштвених и еколошких проблема (Eswaran, 1994; FAO, 2000). Карактеристике које су заједничке за све врсте деградације земљишта представљају значајан пад органских резерви, деградација структуре тла и тешко осиромашење земљишта бескичмењачким заједницама, а посебно глистама (Decaëns и сар., 1994; Lavelle и сар., 1994). Доприноси глиста плодности земљишта су описани у неколико стотина

чланака и књига (Lee, 1985; Edwards и Bohlen, 1996; Lavelle и Spain, 2001) и оне се могу сматрати биолошким ресурсима за пољопривредне системе.

## **1.1. Преглед досадашњих истраживања кишних глиста на територији централне Србије**

Прва истраживања лумбрицида централне Србије<sup>1</sup> спроведена су од стране Karaman (1972, 1983, 1987) и Šarkareva (1980, 1982). Проучавајући кишне глисте тадашње Југославије, односно Србије, забележили су осам таксона за територију коју покрива ова дисертација. Šarkarev (1988) у раду "Допринос познавању фауне кишних глиста Србије, Југославије" наводи 16 таксона, односно 14 врста, док Mršić (1991) у оквиру своје студије "Монографија кишних глиста (Lumbricidae) Балкана" наводи налазе за пет врста за просторе централне Србије од којих су две врсте по први пут забележене у овом подручју. Истраживања фауне лумбрицида централне Србије су интензивирани 90-их година од стране већег броја аутора (Karaman и Stojanović, 1993, 1994a, 1994b, 1995, 1996a, 1996b, 1998, 2002a, 2002b, 2003; Karaman, Stojanović и Pešić, 1998; Stojanović, 1989, 1996; Šarkarev, 2002; Stojanović и Karaman, 2005, 2007; Stojanović и сар., 2008). У том периоду регистровано је 38 таксона од којих 22 по први пут у централној Србији. У Табели 1, дат је приказ лумбрицидних врста које су констатоване на територији централне Србије до 2008. године (све до наших истраживања).

---

<sup>1</sup> У овој студији истраживања смо ограничили на шире просторе Шумадије које због географског положаја у Србији водимо под називом централна Србија. Територија обухвата просторе између Панонске низије на северу, долине Велике Мораве на истоку, планина Јелица, Столови, Гоч и Јастребац на југу и реке Колубаре на западу.

**Табела 1.** Листа установљених лумбрицида на територији централне Србије до 2008. год.

Врсте	Šapkarev, 1988	Mršić, 1991	Stojanović, 1996; Stojanović и Karaman, 2005, 2007; Stojanović и ср., 2008
<i>Allolobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	+		+
<i>Allolobophora dofleini</i> (Ude, 1922)			+
<i>Allolobophora kosowensis</i> Karaman, 1968			+
<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	+		+
<i>Allolobophora paratuleskovi</i> Šapkarev, 1975			+
<i>Allolobophora serbica</i> (Šapkarev, 1977)			+
<i>Allolobophora spasienjakaramani</i> (Blakemore, 2004)			+
<i>Apporectodea caliginosa</i> (Savigny, 1828)	+		+
<i>Aporrectodea dubiosa</i> (Oerley, 1881)	+		
<i>Aporrectodea georgii</i> (Michaelsen, 1890)			+
<i>Aporrectodea handlirschi</i> (Rosa, 1897)			+
<i>Aporrectodea jassyensis</i> (Michaelsen, 1891)	+		+
<i>Apporectodea macvensis</i> (Šapkarev, 1986)			+
<i>Apporectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	+	+	+
<i>Aporrectodea sineporis</i> (Omodeo, 1952)			+
<i>Aporrectodea smaragdina</i> (Rosa, 1892)			+
<i>Apporectodea trapezoids</i> (Duges, 1828)	+		+
<i>Dendrobaena alpina</i> (Rosa, 1844)			+
<i>Dendrobaena attemsi</i> (Michaelsen, 1902)			+
<i>Dendrobaena byblica</i> (Rosa, 1893)			+
<i>Dendrobaena hortensis</i> (Michaelsen, 1980)			+
<i>Dendrobaena jastrebensis</i> Mršić, Šapkarev, 1987			+
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)			+
<i>Dendrobaena serbica</i> Karaman, 1973		+	+
<i>Dendrobaena vejdoskyi</i> (Černosvitov, 1935)			+
<i>Dendrobaena veneta</i> (Rosa, 1886)			+
<i>Dendrodrilus rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826)			+
<i>Dendrodrilus rubidus subrubicunda</i> (Eisen, 1874)	+		+
<i>Dendrodrilus rubidus tenuis</i> (Eisen, 1874)			+
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	+		+
<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)			+
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	+		+
<i>Fitzingeria platyura platyura</i> (Fitzinger, 1833)			+
<i>Helodrilus cernosvitovianus</i> (Zicsi, 1967)			+
<i>Lumbricus polyphemus</i> (Fitzinger, 1833)		+	+
<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	+		+
<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus, 1758	+	+	+
<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)			+
<i>Octolasion lacteum</i> (Oerley, 1881)	+	+	+
<i>Octodrilus complanatus</i> (Duges, 1828)			+
<i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884)	+		+
<i>Proctodrilus antipae</i> (Michaelsen, 1891)			+
<i>Proctodrilus tuberculatus</i> (Černosvitov, 1935)			+
<i>Proctodrilus opistoductus</i> Zicsi, 1985		+	

## 1.2. Екологија и значај Lumbricidae

Фактори средине који имају доминантан утицај на развој лумбрицида су влага, температура и рН, поред ресурса какви су количина хране и њен квалитет. Влажност земљишта утиче на обиље, активност и на географску дистрибуцију кишних глиста. Глисте имају тенденцију да копају дубље или чак да иду у дијапаузу током периода дуготрајних суша. Током кишних периода се појављују и на површини да би избегле дављење. Температура и рН вредности земљишта су ограничавајући фактори за кишне глисте. Температура земљишта утиче на сезонске активности, док рН вредност утиче на дистрибуцију.

Тип земљишта у многоме доприноси распрострањењу лумбрицидне фауне (Stojanović, 1996; Csuzdi и Zicsi, 2003). Поред састава и особина геолошке подлоге (топлота, влажност, експозиција, нагиб, итд.), исто тако и геоморфолошки и рељефни облици имају пресудан значај у распрострањењу лумбрицидних врста.

У оквиру типа станишта, варијације које се јављају у земљишним климатским факторима (због нагиба, аспекта, дистрибуције величина земљишних честица и карактеристика дренаже) доводе до разлика у активностима глиста али и њиховом обиљу. Шумско станиште има релативно ублажену климу земљишта у односу на више изложене пашњаке и пољопривредна земљишта. Код травнатих станишта, режими температуре и влаге су екстремнији и могу да наглашавају ефекте падина, особине земљишта и друге карактеристике локације. Пољопривредно земљиште има дуге периоде огољеног тла што може додатно да интензивира утицај временских прилика на опстанак лумбрицидних популација.




Извори хране за кишне глисте су све врсте органске материје, која може повећати киселост земљишта или има висок однос угљеника и азота. Недостатак органске материје је генерално један од кључних ограничавајућих фактора за опстанак кишних глиста. Чињеница да је већина пољопривредних земљишта осиромашена органском материјом, објашњава смањено квантитативно и квалитативно присуство глиста у пољопривредним земљиштима или недавно напуштеним усевима (Peijnenburg и Vijver, 2009).

Лумбрициде имају важну улогу у процесу формирања земљишта, првенствено кроз активности и конзумирању органске материје, фрагментацији и мешању минералних честица тла. Током исхране, оне такође унапређују обим микробиолошке активности. Различите врсте не утичу на формирање земљишта на исти начин због веома различитих образаца понашања. Крећући се кроз земљу узимају земљиште богато угљеником и биљну материју, а затим обрађени материјал, биљне и земљишне остатке избацују и стварају тзв. агрегате. Агрегат је, према Kavadir и Пау (2011) мешавина глине, муља и песка са органским и неорганским материјама које се налазе у земљишту. Такође, могу утицати на физичка својства земљишта. Стварајући велике поре смањује се густина земљишта, а ово повећава дренажу и аерацију, повећава плодност земљишта, рециклира хранљиве материје при чему се стварају бољи услови за раст корена биљке. Убрзавањем распада биљног материјала, лумбрициде убрзавају процес којим се хранљиве материје рециклирају назад до биљке. Кишне глисте су стога суштински део функционисања земљишта (Peijnenburg и Vijver, 2009).

### **1.3. Еколошка класификација Lumbricidae**

Лумбрициде нису хомогени ентитет. Оне обухватају неколико функционалних група и свака се јасно разликује по екологији и утицају на животну средину (Bouché, 1977). Тренутна класификација заснована на локацији у профилу тла и начину исхране су и даље превише опште да опишу велику разноликост функција. У Табели 2 је дат преглед три основне еколошке групе лумбрицида.

Табела 2. Типови Lumbricidae

Групе	Епигеичне	Ендогеичне	Анецичне
	Површинске, у зони лишћа	Плитко-копајуће, праве хоризонталне ходнике	Дубоко-копајуће, праве вертикалне ходнике
Представници			
Примери	<i>Eisenia fetida</i> <i>Lumbricus rubellus</i>	<i>Octolasion lacteum</i> <i>Allolobophora caliginosa</i>	<i>Lumbricus terrestris</i> <i>Allolobophora longa</i>
Боја	Смеђе-црвена	Бледа	Црвенкасто-браон, тамна глава
Станиште	У површинским слојевима, посебно у пашњацима, шумама и компосту	Горњи слој тла (5-40 cm), хумусно минерално земљиште Углавном хоризонтални, нестабилни ходници Јувенили се углавном могу наћи у горњим слојевима у сплету корења	Сви земљишни слојеви, 3-4 m дубине Читав свој живот проводе у вертикалним стабилним ходницима Важни у пољопривредним земљиштима
Величина	Дужине 2-6 cm	Дужине до 18 cm	Дужине 15-45 cm
Исхрана	Хране се деловима биљака на површини земљишта	Хране се деловима биљака који се налазе у горњим слојевима	Увлаче веће делове биљака у своје ходнике
Репродукција	Снажна 100 кокона по години	Ограничена 8-12 кокона по години	Ограничена 8-12 кокона по години
Животни век	1-2 године	3-5 година	4-8 година
Осетљивост на светлост	Слаба	Висока	Средња

Епигеичне врсте су врсте глиста које живе на површини земљишта (Bouche, 1977) и еквивалент су групи "становници стеље" (Lee, 1985). Трагају за храном богатом органском материјом и ретко кад одлазе у дубље слојеве. Њихова типична станишта су стеља или стајњаци због чега имају слаб директан ефекат на структуру земљишта. То су мале, равномерно пигментисане врсте са великом стопом репродукције, што представља адаптацију на екстремно променљиве услове станишта на површини земљишта. Када су присутни нестабилни услови средине или када је храна ограничена, епигеичне врсте се тешко могу наћи, упркос њиховој великој репродуктивној способности. Оне су црвенкасто-браон боје и малих димензија, обично мање од 7,5 cm када су зреле. Неке од врста које припадају овој групи су *Lumbricus rubellus*, *Eisenia fetida*, *Eisenia andrei*, *Dendrobaena rubida*, *Eiseniella tetraedra*.

Ендогеичне врсте су врсте глиста које живе у дубљим минералним земљишним хоризонтима или испод зоне интензивног развоја корена (Bouche, 1977) и еквивалент су групи "која се храни испод површине" (Lee, 1985). Ендогеичне врсте се јасно разликују од епигеичних и анецичних по светло сивој пигментацији коже. *Allolobophora caliginosa*, *Aporrectodea rosea* и *Octolasion tyrteum* су типични представници ове групе.

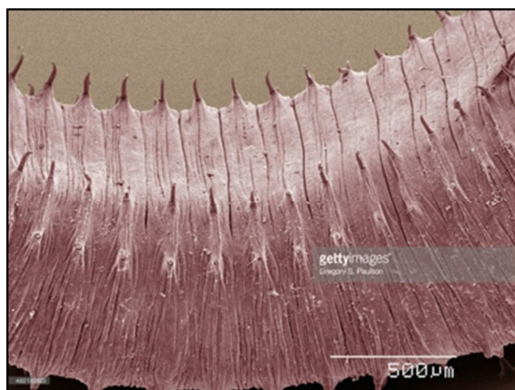
Анецичне врсте су врсте глиста које живе дубоко у земљишту. Оне су у стању да копају дубоке рупе и да се хране органским остацима који се налазе на површини земљишта. Они су црвенкасто-браон боје и веће су од представника друге две групе. Анецичне врсте су врло важни посредници у декомпозицији органских материја, кружењу нутријената и формирању земљишта, убрзавајући педолошке процесе у земљишту. Одрасли су обично дугачки од 12,5 до 20 cm (Žukov и сар., 2007). Врсте као што су *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea trapezoids* и *Allolobophora longa* се налазе у оквиру ове групе.

## 1.4. Анатомско-морфолошке карактеристике Lumbricidae

Кишне глисте спадају у ред Oligochaeta, који укључује више од 8000 врста које су груписане у око 800 родова. Могу се наћи у многим регионима света, осим оних са екстремним климатским условима, као што су пустиње и области које су под сталним снегом и ледом. Неки родови и врсте, нарочито оне које припадају лумбрицидама, су изузетно широко распрострањене.

У зависности од врсте, одрасла кишна глиста може бити од 10 mm дуга и 1 mm широка до 3 m дуга и преко 25 mm широка (Blakemore, 2012). Основни облик тела кишних глиста је цилиндричан и оно је подељено у низ сегмената. Дорзалне поре и нефридиопоре излучују течност која влажи и штити површину тела, што омогућава глистама да дишу. Осим на првом и задњем сегменту, сваки сегмент носи парне чекиње које се називају бочне хете (Sims и Gerard, 1985) (Слика 1a). У зависности од врсте (Edwards и Bohlen, 1996), могу имати четири пара хета на сваком сегменту или више од осам тако да понекад формирају комплетан круг око сегмента (Sims и Gerard, 1985). Улога хета је у локомоцији и копулацији. На првом сегменту се налази усни отвор, а меснати део првог сегмента назива се простомијум (Слика 1б) и он затвара усни отвор када глиста мирује. Простомијум такође има чулну улогу, пре свега хемијску и на њему нема хета. Начин повезивања перистомијума и простомијума је једна од систематских карактеристика, па се тако разликују неколико типова простомијума: епилобичан, пролобичан, танилобичан и зиголобичан (према Mršiću, 1991).





а)



б)

**Слика 1.** а) Хете кишне глисте; б) Простомијум (први сегмент) кишне глисте  
(Извор: Paulson c1999-2017; Science Photo Library c1999-2017, 26.01.2017.)

Одрасле глисте развијају појас попут жлезданог задебљања, који се назива клителум, и који покрива неколико сегмената на предњем делу тела. Ово је део репродуктивног система и има улогу у производњи кокона (чахура). На клителуму или ван њега, са обе стране, јављају се структуре у виду жлезданих отока које се називају туберкуле пубертатис. Облик и локација ових творевина су кључне карактеристике које се користе за идентификацију зрелих глиста. Постериорни део тела је најчешће цилиндричан као и остатак тела, али у зависности од врсте, такође може бити четвороугаони, осмоугаони, трапезоидни или спљоштен. Последњи сегмент се зове перипрокт на коме се налази анални отвор у виду кратког вертикалног прореза.

Телесни зид је сложене грађе и на његовој површини се налази кутикула која је танка, безћелијска, прозирна и безбојна. Испод кутикуле је епидермис, који је грађен од једног слоја различитих ћелија. Најзаступљеније су потпорне ћелије, али и фоторецепторне ћелије којих највише има на предњим сегментима. Испод коже је нервно ткиво, и два слоја мишића и то танак спољашњи слој кружних мишића, и много дебљи унутрашњи слој уздужних мишића (Edwards и Bohlen, 1996). На слој уздужних мишића са унутрашње стране налаже перитонеум (једноћелијски епител који облаже целом), који је испуњен целомском течношћу (Edwards и Bohlen, 1996). Сегменти су одвојени једни од других попречним преградним зидом који се назива септум (Sims и Gerard, 1985). Они су

перфорирани, тако да омогућавају целомској течности да прође између сегмената (Edwards и Bohlen, 1996) (Слика 2).

Кишне глисте немају очи, али реагују на спољашње надражаје. Поседују фоторецепторне ћелије које су дистрибуиране у већини делова епидермиса, али су више концентрисане на дорзалној и латералним странама. Релативно мали број се јавља на вентралној површини првог сегмента. Најбројније су у простомијуму и густина им се смањује у прва три сегмента. Позитивно су геотаксичне. Хемијска чула су им добро развијена што им помаже у откривању хране. У кожи су многобројни нервни завршеци са улогом чула додира.

Цревни систем кишних глиста је равна цев која се простире од уста до ануса. Диференциран је у усну шупљину, ждрело, једњак, вољку, желудац и црево (Edwards и Bohlen, 1996). Ждрело делује као усисна пумпа, а ждрелне жлезде луче слуз. Храна из ждрела прелази у једњак. На спољашњој страни једњака су Моренове (кречне) жлезде које луче аморфне, кречне честице које неутралишу хумусне киселине у храни. Ове честице утичу на регулисање рН и катјона у крви, као и на стабилност целомске течности. На једњак се наставља желудац, где јаке мишићне контракције међу храну заједно са минералним честицама које су унете заједно са храном. У цреву се, уз помоћ ензима завршава варење хране. На цреву се налази дорзално уздужно улегнуће у виду жлеба (*typhlosolis*) и служи да се повећа апсорпциона површина црева (Blesić, 2002).

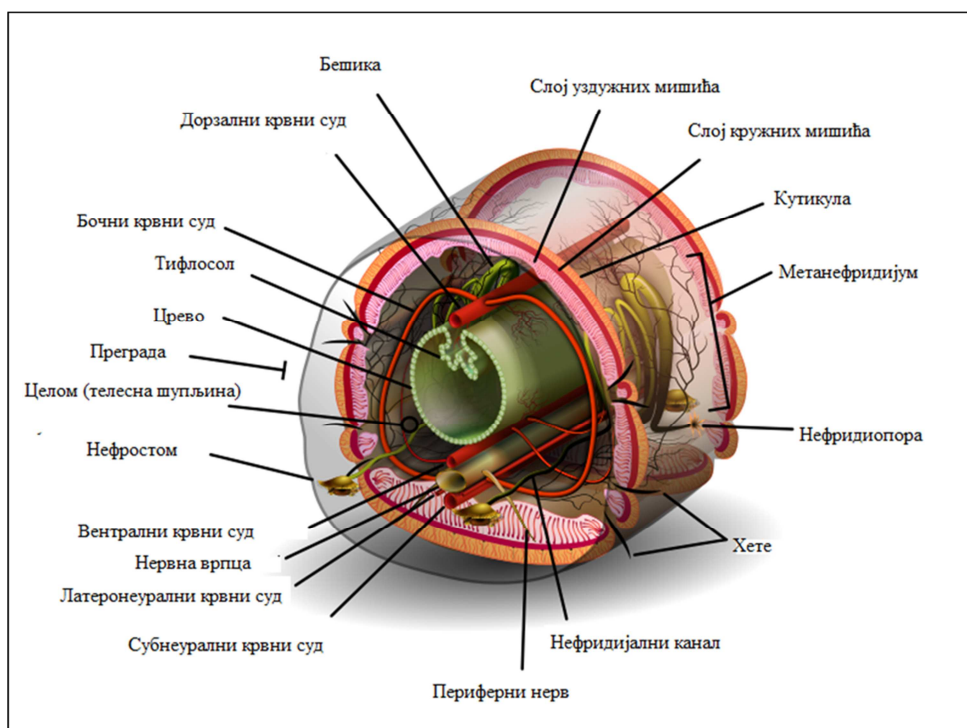
Кишне глисте имају двојни систем циркулације у којима и целомска течност и затворени циркулаторни систем носе храну, продукте метаболизма и гасове. Затворени циркулаторни систем има пет главних крвних судова: дорзални крвни суд, који се налази изнад дигестивног тракта; вентрални суд, који се налази испод дигестивног тракта; субнеурални суд, који се налази испод вентралне нервне врпце и два латеронеурална суда која се налазе са обе стране нервне врпце (Sims и Gerard, 1985) (Слика 2). У дорзалном суду крв тече ка напред, док у остала четири уздужна суда крв тече уназад. Ови судови су у сваком сегменту повезани прстенастим комисурама које се називају лажна срца. Крв се састоји од амебоидних зрнаца и хемоглобина растворених у плазми. Други циркулаторни систем потиче од ћелија дигестивног система које чине целом.

Глисте немају посебне дисајне органе. Гасови се размењују путем влажне коже и капилара, где се кисеоник користи из хемоглобина који је растворен у крвној плазми а

угљен диоксид се ослобађа. Вода, као и соли, се такође могу излучити преко коже активним транспортом.

Нервни систем кишних глиста састоји се из три дела и то: централног нервног система, периферног нервног система и симпатичког нервног система. Централни нервни систем се састоји из церебралне ганглије или супра-ждрелне ганглије, суб-ждрелне ганглије, околождрелних конектива и вентралне нервне врпце, а ово значи да се формира нервни прстен око ждрела (Слика 2). Периферни нервни систем је изграђен од нерава који настају од ганглија. Симпатички нервни систем се састоји од нервних плексуса у епидермису и дигестивном тракту.

Екскреторни систем садржи пар нефридија у сваком сегменту, осим у прва три и у последњем (Farabee, 2012). Постоје три врсте нефридија: интегументалне, септалне и ждрелне. Метанефридија се састоји од левкастог нефростома који се отвара у целом. Од њега полази канал у наредни сегмент и отвара се вентролатерално, нефридиопором у спољашњу средину (Слика 2).



**Слика 2.** Грађа једног сегмента кишне глисте

(Извор: Wikipedia-Earthworm, 26.01.2017., модификовано)

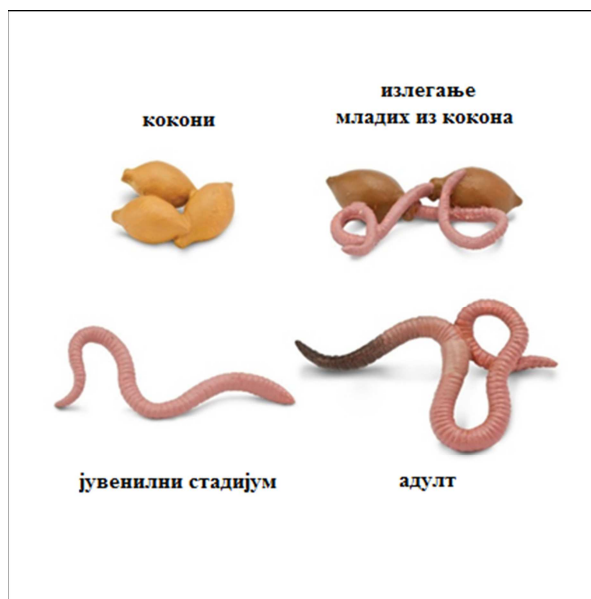
Глисте су хермафродити, тј. оне имају и мушке и женске полне органе. Полни органи се налазе у сегментима од 9. до 15. Глисте имају један или два пара тестиса у којима се одиграва процес сперматогенезе, док сперматозоиди одлазе у семене кесице. Одатле преко парних семевода (*vas deferens*) доспевају у спољашњу средину преко поре на 15. сегменту.

Јајници (оваријуми) су парни органи причвршћени на предњем зиду 13. сегмента. Од јајника полазе јајоводи који се отварају са сваке стране на 14. сегменту. Већина врста као део женског полног система има и семепријемнике који примају сперматозоиде друге јединке за време копулације, присутних са једним или више парова на сегментима око 9. и 10. (у зависности од врсте).

Копулација и репродукција су одвојени процеси код глиста. Копулација код кишних глиста се одвија контактом две полно зреле јединке у антипаралелном положају. Ово је процес који се одиграва у току целе године на површини или у земљишту. При копулацији две јединке се обавијају у заједнички омотач од слузи коју лучи клителум и поред слузи се причвршћују специјалним хетама које се забадају у телесни зид друге јединке. Јединке су окренуте у супротним правцима и долази до размене сперматозоида. После копулације, јединке се одвоје и свака образује серију кокона. Пре него што почне одбацивање кокона преко предњег дела тела, у њега се полажу јајне ћелије, албумин као и сперматозоиди и овде се врши њихово спајање. Излегле јединке се појављују као мале, али потпуно формиране глисте, које немају своје сексуалне структуре, и оне развијају око 60-ог до 90-ог дана. Оне постижу пуну величину за око годину дана (Слика 3). Просечан животни век у пољским условима процењује се на четири до осам година, а за већину вртних сорти од једне до две године. Неке врсте могу партеногенетски, без парења, произвести коконе, што повећава могућност њиховог ширења на друге локације (Edwards, 2004).

Активност глиста у великој мери се разликује између две сезоне у умереним регионима, где су глисте активне углавном у пролеће и јесен. Током зиме, они продиру дубље у тло, где су много више заштићене од штетних ниских температура. У сувом летњем периоду, оне се укопавају дубље у земљу, а понекад и изграде ћелије од слузи у којима су оне склупчане док еколошки услови поново постану повољни. Иако кокони могу бити произведени у скоро свако доба године, производња је обично сезонска. У

умереним регионима, највише кокона се производи у пролеће или почетком лета, и нешто мање у јесен. Број кокона је у опсегу од 1 до 20 по парењу, у зависности од врсте.



**Слика 3.** Животни циклус кишне глисте  
(Извор: Lamkins-life cycle worm, 26.01.2017., модификовано)

## 1.5. Таксономска припадност врсте *Eisenia fetida* (Savigny, 1826)

ph.: Annelida (de Lamarck, 1803)

supercl.: Clitelata (Michaelsen, 1919)

cl.: Oligochaeta (Grube, 1850)

o.: Haplotaxida

subo.: Lumbricina

superfam.: Lumbricoidea

fam.: Lumbricidae (Rafinesque-Schmaltz, 1815)

subfam.: Lumbricinae

genus: *Eisenia*

syn: *Enterion fetidum*, Savigny, 1826

*Eisenia fetida* (Savigny, 1826)

(*foetida*: Michaelsen, 1900 (illegal emendation); *semifasciatus* Burmeister, 1835; *cannularis* Templeton, 1836; *olidus* Hoffmeister, 1842; *luteus* Blanchard, 1849; *rubofasciatus* Baird, 1873; *annulatus* Hutton, 1877; *ruber* Boeck, 1892; *costatus* Grube, 1892; *fetida fimetoria* Örley, 1881; *nordenskiöldi caucasica* Michaelsen, 1902; *fetida attica* Tzelepe, 1943; *fasciata* Backlund, 1948; *fetida andrei* Bouché, 1972 *Eisenia fetida fetida*, Bouche, 1972) (Blakemore, 2008).

*Eisenia fetida*, калифорнијска црвена глиста, је палеарктичка врста, ретка изнад 1000 m надморске висине. Данас је широко распрострањена и у другим температурним регионима света, обично на култивисаном земљишту. У тропима се појављује спорадично, са малом густином популације, вероватно као последица континуиране ре-интродукције (Sims и Gerard, 1985). Станиште врсте у природи је трула вегетација, пре свега влажна стеља и трули пањеви у шумским екосистемима, као и култивисано земљиште које је богато органском материјом, али и гомиле стајњака на фармама или пољу (Sims и Gerard, 1985; Edwards, 2004).

### 1.5.1. *Eisenia fetida* као тест организам

Употреба лумбрицида у програмима за процену ризика је двострука. Осим њихове заштите као корисних организама, користе се и за добијање информација о квалитету животне средине. Општи циљ је да се изведе "прихватљива" концентрација посебних токсиканата у земљишту. Због тога се користе као сензитивни показатељи.

Иако не постоји јединствена врста кишних глиста која је осетљива на све врсте хемикалија, врста *E. fetida* се узима као стандардни тест организам у екотоксиколошким тестовима. *E. fetida* није типична за пољопривредне површине, али се често налази у земљиштима која су богата органским материјама. Због њихове способности биоакумулације органских и неорганских једињења и велике осетљивости на хемикалије, ова врста кишних глиста се препоручује од стране Организације за економску сарадњу и развој (Organisation for Economic Co-operation and Development - OECD) за лабораторијска испитивања. Релативно кратак животни циклус, висока продукција кокона, континуирани узгој и лако гајење у лабораторијским условима омогућило им је да буду одговарајући модел организми. Уједно, због своје космополитске дистрибуције користи се и у

умереним и у тропским регионима у екотоксиколошким студијама (Jänsch и сар., 2005; Garcia, 2004).

Постоји обиље података на располагању о тестовима на врсти *E. fetida* који процењују токсичност, репродукцију и биоакумулативност у лабораторијским условима различитих органских и неорганских једињења (нпр. Marquenie и сар., 1987, Neuhauser и сар., 1985a, 1985b, 1985c; Stafford и Edwards, 1985; Stenersen, 1979; Beyer и сар., 1985; Bouwan и Reinecke, 1987; Hartenstein и сар., 1980a, 1980b; Inglesfield, 1984). Када се упореде подаци за четири врсте глиста (укључујући и *E. fetida*) о њиховој осетљивости на десет органских једињења (што представља шест класа хемикалија), утврђено је да иако осетљивост различитих врста може да варира, избор тест врста глиста није значајно утицао на укупну процену токсичности хемијских једињења (Neuhauser и сар., 1985a)

## 1.6. Конвенционална и органска пољопривреда

Дугорочни циљ одрживе пољопривреде је да обезбеди довољно стабилну производњу квалитетне хране и биљних производа за другу техничку намену, уз очување основних природних ресурса и енергије, заштиту животне средине, као и истовремену економску ефикасност, односно профитабилност и побољшање живота појединца и шире заједнице.

Конвенционална (индустријска) пољопривреда има задатак да обезбеди максималну производњу у погледу квантитета и квалитета. За те сврхе човек користи бројне, врло интензивне агротехничке и зоотехничке мере, које понекад стварају нове проблеме са којима се човечанство, а нарочито развијене земље, суочавају у све оштријој форми и где поред очекиваних позитивних, имају многе дугорочне негативне ефекте у агроекосистемима.

Прекомерна примена агрохемикалија може да проузрокује најразличитије поремећаје у биолошкој равнотежи агроекосистема и шире. Ово доводи до угрожавања здравља људи и животиња, било посредним или непосредним путем. Хранива имају веома широк спектар дејства на животну средину, с тим да могу утицати позитивно и негативно на особине ваздуха, воде и земљишта.

Данас је очигледно да конвенционални (индустријски) начини пољопривредне производње, поред обезбеђивања довољно хране и других различитих производа, доводи и до низа негативних, поред социјалних и економских, и еколошких последица. Појављују се бројне "еколошке болести" повезане са оваквим начином пољопривредне производње, сматра Altieri (1995). По њему, оне се могу груписати у две категорије: "болести биотопа" и "болести биоценозе". Под првим појмом подразумевају се: емисије гасова у ваздуху и води; остаци пестицида и тешких метала у води, земљишту и ваздуху; деградација физичких особина земљишта (збијеност, ерозија водом и ветром), хемијских особина (смањење садржаја хумуса, закишељавање), деградација биолошких особина земљишта која се огледа у нарушеном односу и броју појединих група микроорганизама; загађење површинских и подземних вода, губитак пољопривредног земљишта убрзаном урбанизацијом и слично. У другу категорију спадају: губитак генетичких ресурса гајених и дивљих биљака и животиња, елиминација природних непријатеља, појачан напад штеточина и њихова отпорност на пестициде, хемијско загађење и уништавање природних механизма контроле. Деградација природних ресурса није само еколошки, већ социјални и политичко-економски проблем.

Потреба за што здравијом средином и бројне негативности које су проузроковане садашњом конвенционалном пољопривредом довеле су до алтернативних праваца развоја пољопривреде међу којима су еколошки системи као што је органска пољопривреда. Органска пољопривреда у себи обједињује принципе екологије и пољопривреде и обезбеђује одрживост и ефикасност агроекосистема. Заснива се на етичким принципима као што су здравље, екологија, праведност и нега уз ефикасно решавање еколошких проблема, а све за бољи квалитет живота људи и развој руралне економије.



## **1.7. Екотоксикологија**

Утицаји људских активности су од индустријске револуције у XVIII веку постали константни. Раст људске популације и технолошки развој узрокују негативне ефекте на животну средину. Загађивачи завршавају у земљишту, где потенцијално токсична једињења долазе у директан контакт са глином и органским материјалом, који имају висок капацитет везивања хемијских једињења и супстанци (Bollag и сар., 1992). Многи организми који живе у тлу, укључујући и корисну земљишну фауну, су тако рутински изложени високим нивоима загађења.

У копненим екосистема бескичмењаци и микроорганизми учествују у низу биолошких и биохемијских процеса и играју важну улогу у циклусима угљеника, азота, фосфора, сумпора и разлагању органске материје. Њихова трансформација (углавном минерализација) органског материјала је важна за екосистеме, а посебно за пољопривреду, јер је кружење хемијских елемената значајно за прехранбене потребе биљака. Антропогени утицаји, као што је коришћење пестицида, могу да контаминирају тло и на тај начин доведу до еколошке неравнотеже у заједници земљишних организама што може накнадно угрозити одрживост система (Cortet и сар., 1999).

Проучавање токсичних ефеката које хемијске супстанце могу имати на живе организме је циљ мултидисциплинарне области екотоксикологије, науке која укључује елементе екологије, токсикологија и хемије (Römbke и Moltmann, 1996). Екотоксиколошки тестови омогућавају да се спозна пут загађивача кроз окружење и да се схвате интеракције загађивача и животне средине (Holloway и сар., 1997).

Први истраживачи токсикологије били су лекари и алхемичари. Тако је швајцарски лекар Парацелзус (Paracelsus) (1493-1541) уочио да поједине хемијске материје прописане пацијентима у малим концентрацијама имају лековито деловање, док веће концентрације имају токсичне ефекте. На основу опажања и истраживања је формулисао однос доза-ефекат. Значајан допринос овом подручју науке дао је и шпански лекар Матеу Орфила (Mattieu Orfila) (1787- 1853). На основу истраживања је објавио исцрпан чланак о токсичности природних супстанци у којем је одређен однос између токсичних симптома уочених код пацијената и хемијског садржаја у ткивима. У истом је раздобљу француски

физиолог Клод Бернар (Claude Bernard) (1813-1878) истраживао токсичне ефекте на животињама спроводећи експерименте у контролисаним условима. Теорије и сазнања ових истраживача су допринела оснивању токсикологије а касније и екотоксикологија као науке.

Средином XIX века, брзим развојем хемијске индустрије, учесталом употребом природних хемијских супстанци и производњом синтетичких једињења долази до истовремене потребе за истраживањем учинака ових супстанци на живот и околину, а тиме и до убрзаног развоја екотоксикологија као мултидисциплинарне науке.

Рене Трухаут (Rene Truhaut) је 1969. године први употребио термин "екотоксикологија", и дефинисао је као научну дисциплину која описује токсичне ефекте различитих хемијских агенаса на живе организме, посебно на људе (Truhaut, 1977). Екотоксикологија је тако спој две различите врсте истраживања: истраживање о природном окружењу и истраживање о интеракцијама токсичних хемијских супстанци са индивидуалним живим организмима. Другим речима, екотоксикологија је мултидисциплинарна наука која има за циљ разумевање порекла и крајње тачке хемијских производа у окружењу (Connell и сар., 1999). Данашња екотоксикологија обухвата разне научне принципе и методе које могу да идентификују и процене утицаје различитих супстанци (Markert и сар., 2003). Она је еволуирала у предиктивну науку која има за циљ да предвиди ефекте потенцијалних токсичних агенаса на природне екосистеме и нециљане организме (Hoffman и сар., 2003).

Екотоксикологија земљишта је дефинисана као подобласт екотоксикологије која користи тестове који проучавају, процењују и квантификују ефекте отровних материја на диверзитет и функције код биљака и животиња земљишта (Garcia, 2004). Осим мерења релевантних параметара и испуњавање захтева заштите животне средине, ефикасни тестови токсичности би требало да буду брзи, једноставани и примењиви. Екотоксични тестови могу да се сврстају у погледу времена излагања (акутни или хронични), посматраног ефекта (морталитет, смањен раст или промене у репродукцији) или ефективном одговору (летални или сублетални) (Karapen и Itävaara, 2001). Подаци добијени у лабораторијским тестирањима токсичности се користе да се: предвиди потенцијални утицај пестицида на популације глиста у пољопривредном земљишту; процени потенцијална опасност од индустријских хемикалија за копнене екосистеме и да

се установе "безбедне" вредности за индустријске хемикалије и пестициде у копненим екосистемима.

Екотоксикологија земљишта је еволуирала у правцу све прецизније квантитативне или квалитативне процене утицаја загађујућих материја у земљишту, као што је назначено од стране бројних регулаторних агенција широм света као део њихових напора да се одреде прихватљиве концентрације загађујућих материја у земљишту, да се ограничи њихово излагање и да се заштити живи свет земљишта (Shugart, 2009).

Глисте играју виталну улогу у земљишним екосистемима и њихово присуство одржава земљишта здравим. Њихов допринос сложеним процесима, као што су разлагања, кружење хранљивих материја и формирање земљишта је веома важно, па је због тога присуство глиста веома корисно, пре свега за агроекосистеме (Edwards и Fletcher, 1988; Lavelle, 1988; Lavelle и сар., 1997; Edwards, 1998; Eriksen-Hamel и Whalen, 2007). Као главне компоненте екосистема тла, оне су подложне ксенобиотицима попут пестицида и ефекат се може видети на нивоу врсте, популације па чак и на нивоу заједнице (Edwards и Bohlen, 1992). Kennel (1972, 1990) је први известио да смањење разлагања у воћњацима може указивати на ефекте пестицида на кишне глисте. Од тада, глисте се користе у екотоксиколошким судијама и ствара се база података о ефектима пестицида на глисте (Spurgeon и сар., 2003; Frampton и сар., 2006), варирајући од биомаркера (Van Gestel и Weeks 2004; Rodriguez-Castellanos и Sanchez-Hernandez, 2007) до ефеката у пољима (Förster и сар., 2006; Reinecke и Reinecke, 2007; Casabé и сар., 2007).

## 1.8. Пестициди

Пестициди (lat. *pestis*-куга, *occidere*-убити) су хемијске материје синтетичког или биолошког порекла које служе за сузбијање, одбијање, регулисање раста, уопштено за контролу нежељених учинака циљаних организама. Употреба пестицида има широку примену у пољопривредној производњи, шумарству и јавном здравству. Пестициди су производи хемијског или биолошког порекла који су намењени заштити економски значајних биљака и животиња од корова, болести, штетних инсеката и уопште од других

штетних организама. Под штетношћу се подразумева економска штета у пољопривреди и индустрији – смањење приноса или количине и квалитета произведене хране. Свако коришћење пестицида са собом носи негативне последице на екосистем у коме се примењује и на околне екосистеме. Смањење употребе пестицида је један од темеља одрживе пољопривреде и идеја одрживог развоја.

Употреба пестицида се вишеструко увећала од 1950. године и сада се, према неким проценама, годишње потроши око 2,5 милиона тона пестицида (Stepić, 2010). Асортиман препарата који се користе у пољопривреди се стално мења, систематски обнавља, слабо ефективне материје се замењују ефикаснијим и мање опасним по околину. Хемикалије различитих структура, које се данас користе као пестициди, поседују и различите физичке и токсиколошке особине, због чега се појављује све више проблема због њихове постојаности у земљишту и уопште у биосфери. Нагомилавање остатака пестицида у земљишту и воденим екосистемима сматра се озбиљним проблемом. Поред тога, честа употреба истог једињења доводи до појаве резистентности организама на одређени пестицид. Имајући у виду да многе хемикалије имају универзално деловање, тј. да делују неселективно, њихово деловање може да буде како корисно, тако и штетно. Као резултат тога, долази до угинућа нециљаних и корисних организама, а може и да се наруши равнотежа у екосистему. Због тога се данас истраживања усмеравају ка селективнијој употреби пестицида и препарата који се користе у мањој количини по јединици површине. Приоритет је да се смањи употреба пестицида и да се високо ризичне активне материје замене мање ризичним, са посебним нагласком на заштити животне средине (Minić, 1994).

### **1.8.1. Историјат развоја пестицида**

Развој савремених пестицида почео је 1940. године, када се Европа суочила са несташицом хране. Тек крајем шездесетих година прошлог века, када је Рејчел Карсон (Rachel Carson) објавила књигу *Silent spring* (1962), почело се озбиљније размишљати о овим једињењима, њиховој емисији у околину, о токсичним ефектима на људе и друге нециљане организме. Пестициди се могу класификовати на различите начине. Зависно од циљне групе на коју делују, пестициди се могу поделити на инсектициде, хербициде, акарициде, родентициде, лимациде, авициде, фунгициде итд. Нешто сложенија подела је

на основу хемијске структуре и механизма токсичног деловања. Термин механизам токсичног деловања односи се на кључне процесе којим пестициди доводе до сублеталних и леталних учинака. Најважније групе пестицида с обзиром на хемијску грађу и механизам токсичног деловања обухватају органофосфатна, карбамидна, пиретроидна и органохлорна једињења (Stepić, 2010).

Средином XIX века почиње систематско изучавање примене хемикалија за заштиту биља. Бакарне соли арсенасте киселине (Париско зелено) користиле су се као инсектицид, водоник-цијанид је први пут 1877. године употребљен као фумигант а једињења сумпора су коришћена за сузбијање гљивичних обољења биљака. Бакар (II)-сулфат је 1896. године први пут употребљен за селективно уништавање корова у усевима житарица (Ware, 1994). Модерна ера синтетских органских пестицида почиње око 1930. године. Испитивања у области медицинске и војне примене довела су до открића великог броја нових пестицида који су и данас у употреби. Први органски пестицид пронашао је Schrader 1938. године, а само годину дана касније у Швајцарској је откривен инсектицид DDT [1,1,1-trihlor-2,2-bis(p-hloro-fenil)etan]. Он је убрзо постао најшире коришћен пестицид у свету али је 1960. године утврђено да је штетан за птице и да изазива негативне ефекте и код других животиња и човека. Његова је употреба забрањена у већини земаља, али се још увек користи у неким земљама у развоју за сузбијање инсеката проузроковача маларије и других тропских болести. EPA је 1978. године објавила први попис пестицида којима се ограничава употреба (Ware, 1994). Број једињења која имају особине пестицида се стално повећава. Према подацима које издаје EPA, 1991. године било је регистровано 681 пестицидних активних материја (Ware, 1991), док је 2009. године регистровано чак 1436 пестицидних активних материја (Tomlin, 2009). У Републици Србији регистровано је укупно 698 препарата пестицида на бази 198 активних материја (Janjić, 2008).

### 1.8.2. Кретање пестицида у окружењу

Уласком у околину пестициди се распоређују између четири главне компоненте: воде, ваздуха, земљишта и живих организама, и тако пролазе кроз различите процесе. Три процеса су основна: адсорпција, транслокација и разградња (Слика 4). Адсорпција је примарни процес којим земљиште задржава пестициде и дефинише се као везивање

пестицида за честице тла. Количина пестицида која се адсорбује за честице тла зависи од врсте пестицида, хемијских својстава пестицида (растворљивости у води, поларности), количини влаге у земљишту, рН тла, текстури тла. За већину пестицида садржај органске материје је најважније својство које контролише степен адсорпције. Степен адсорпције је већи што је већа количина органске материје. Постоји више начина транслокације пестицида у околини као нпр. испаравање (кретање ваздухом), кретање водом по површини тла, кретање водом и дислоцирање хемијских компоненти кроз земљу, кретање пестицида кроз биљке и животиње.

Три су основна начина разградње пестицида: биолошка (разградња уз помоћ микроорганизама), хемијска (разградња хемијским реакцијама, као што су хидролиза и редокс реакције) и фотохемијска (разградња ултравиолетним или видљивим светлом). (Томашевић, 2010).



Слика 4. Главни физичко-хемијски и биолошки процеси индуковани од стране пестицида (модификовано према Köhne и сар., 2009)

### 1.8.3. Инсектициди

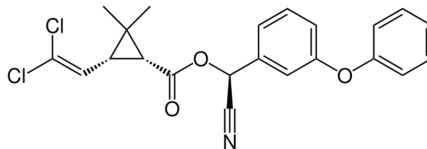
Инсектициди су група пестицида, који се користе за сузбијање штетних врста инсеката. То су хемијска једињења, која су сачињена од отровне супстанце, носача те супстанце (талк, каолин, вода) и помоћне материје (које обезбеђују делотворност). Инсектициди својим дејством оштећују површинске мишићне и нервне ћелије инсеката изазивајући укоченост или парализу организма и на крају смрт. Такође могу механички затварати дисајне отворе на површини тела, разарати цревни канал, заустављати развиће или преображај и друго.

Међу инсектицидима који се користе у пољопривредној пракси, органофосфорни инсектициди и синтетички пиретроиди су најчешће коришћени (Espinoza-Navarro и Bustos-Obregón, 2004). Поред пољопривреде, користе се у ветеринарској пракси као и за кућну употребу. Синтетички пиретроиди, међутим, постају све важнији, док је употреба органофосфорних инсектицида драстично умањена због забране употребе скоро свих производа који садрже активне материје хлорпирифос и диазинон. Као примарна замена, употреба синтетичких пиретроида драстично се повећава последњих година (Wang и сар., 2009). Синтетичке пиретроиде су људи створили, и они су аналози пиретринима који су природне инсектицидне материје које се налазе у пиретруму, екстракту цветова биљака *Chrysanthemum cinerariaefolium* и *Chrysanthemum coccineum*. Пиретроиди су њихови синтетички аналози и деривати, и чине скуп од око 1000 различитих комбинација чија је токсичност већа од токсичности пиретрина са дужом перзистенцијом. Пиретроиди су познати по домино ефекту и изразитој почетној ефикасности. Пиретроидна једињења испољавају своје дејство на нервне мембране изменом натријумових и калијумових канала, што резултира деполаризацијом мембране (Hodgson и Levi, 1997).

Органофосфорни инсектициди немају тако брзу активност, али су веома перзистентни (што је један од разлога за њихову забрану у већини земаља). Органофосфорна једињења су инхибитори активности ацетилхолинестеразе (AChE) у синапсама централног нервног система инсеката.

## Ципкорд

Ципкорд је инсектицид са широким спектром деловања за сузбијање штетних врста инсеката. Активна материја је циперметрин (Слика 5). Као и остали инсектициди из групе пиретроида, узрокује поремећај у протоку нервних импулса, услед чега као крајња последица настаје угинуће третираних јединки. Овај инсектицид делује и контактним путем на покретне стадијуме инсеката. Циперметрин, молекулске формуле  $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$ , назив по IUPAC номенклатури (RS)- $\alpha$ -цијано-3-феноксibenзил /1RS/-cis-trans-3-(2,2-дихлорвинил)-2,2-диметилциклопропан карбоксилат, делује на инсекте контактном и дигестивно. Користи се у засадима јабуке, крушке, винове лозе против *Cydia pomonella*, *Psylla pyri*, *Lobesia botrana*, *Eupoecillia ambiguella*, као и у разним усевима против *Trialeurodes vaporariorum*, *Leptinotarsa decemlineata*, *Mamestra spp.*, *Pieris brassica*, *Autographa gamma*.

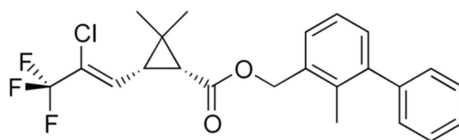


Слика 5. Структурна формула циперметрина

## Талстар

Талстар је инсектицид и акарицид широког спектра деловања. Активна материја је бифентрин (Слика 6). Као и остали инсектициди из групе пиретроида и ово једињење делује на централни и периферни нервни систем инсеката изазивајући на тај начин поремећаје у протоку нервних импулса и парализу. Бифентрин, молекулске формуле  $C_{23}H_{22}ClF_3O_2$ , назив по IUPAC номенклатури 2-метил-бифенил-3-ил-метил-(Z)-(1RS, 3RS)-3-(2-хлор-3,3,3-трифлуорпроп-1-фенил)-2-2-диметил-циклопропан-карбоксилат, делује на инсекте контактном, дигестивно и инхалационо. Широки спектар деловања се огледа у томе што се примењује у засадима воћа, поврћа, у различитим усевима, као и за разне украсне и индустријске биљке. Тако да делује на велики број инсеката из редова Coleoptera, Diptera, Heteroptera, Homoptera, Lepidoptera, Orthoptera.

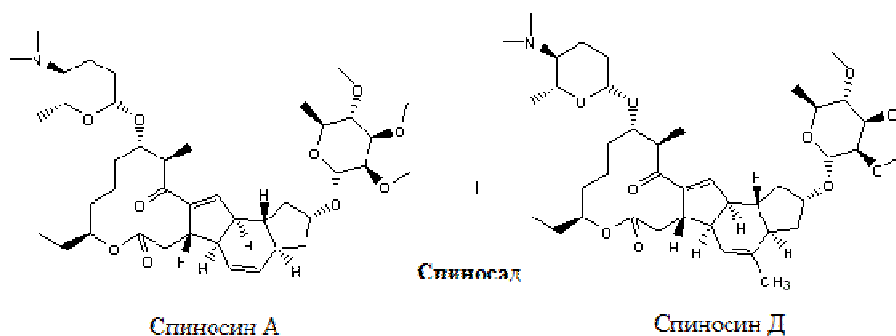




Слика 6. Структурна формула бифентрина

## Ласер

Ласер је контактни и дигестивни инсектицид широког спектра деловања, за сузбијање штеточина у воћарству, повртарству и шумарству. Активна материја је спиносид. Спиносид припада биорационалним инсектицидима (Benamú и сар., 2013), неуротоксичним са другачијим начином деловања од осталих синтетичких пиретроида. Произведен је ферментацијом од стране земљишне актиномицете *Saccharopolyspora spinose* Mertz и Yao. Спиносид је природни смеша две активне компоненте, спиносина А и спиносина Д (Слика 7). Спиносид, молекулске формуле  $C_{42}H_{67}NO_9$ , делује на све развојне фазе штеточина из редова *Lepidoptera*, *Diptera*, *Thysanoptera*, *Coleoptera*, у различитим засадима.



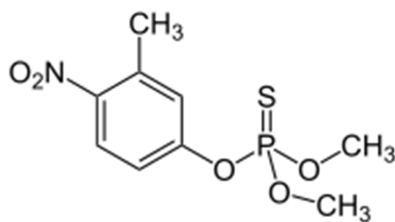
Слика 7. Структурна формула спиносада

## Галитион

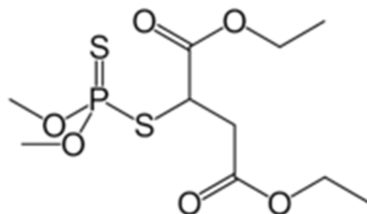
Галитион је препарат за сузбијање земљишних штеточина у ратарству и повртарству, а примењује се и у комуналној хигијени. Спада у групу органофосфорних једињења. Његове активне материје су фенитротион (Слика 8) и малатион (Слика 9).

Фенитротион, молекулске формуле  $C_9H_{12}NO_5PS$ , назив по IUPAC номенклатури О, О-диметил О- (3-метил-4-нитрофенил) фосфоротиоатних, делује на инсекте контактано и дигестивно са брзим почетним деловањем и релативно дугим резидуалним дејством. Користи се против инсеката из фамилије Curculionidae и то *Bothynoderes punctiventris* и *Tanymecus dilaticollis*, затим против штеточина у земљишту - *Psalidium maxillosum*, *Lema melanopus*, *Gonioctena fornicate*, *Phyllotreta sp.*, *Frankliniella occidentalis*, као и у засадима јабуке и крушке против *Cydia pomonella*, Vespidae.

Малатион, молекулске формуле  $C_{10}H_{19}O_6PS_2$ , назив по IUPAC номенклатури О,О-диметил-С (1,2-дикарбоксиетил) дитиофосфат, је инсектицид и акарицид. Користи се за контролу штетних инсеката на воћу и поврћу, као и за запрашивање комараца, мува, бубашваба, ваши и животињских паразита.



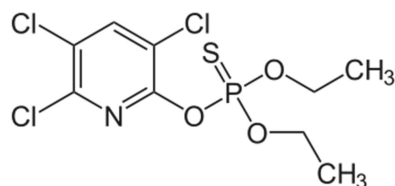
Слика 8. Структурна формула фенитротиона



Слика 9. Структурна формула малатиона

## Конзул

Конзул је препарат широког спектра деловања за сузбијање штеточина у воћарству и ратарству. Активне материје су хлорпирифос (органофосфатно једињење, Слика 10) и циперметрин (пиретроидно једињење, Слика 5). Хлорпирифос, молекулске формуле  $C_9H_{11}Cl_3NO_3PS$ , назив по IUPAC номенклатури О,О-диетил-О-3,5,6-трихлор-2-пиридинил фосфоротиоат, делује на инсекте контактано, инхалационо и дигестивно. Користи се у засадима јабуке и крушке против *Cydia pomonella*, *Aphis pomi*, *Dysaphis pyri*, *Anuraphis farfarae*, *Dysaphis plantaginae*, као и у усевима шећерне репе и уљане репице против *Botynoderes punctiventris*, *Mamestra brassicae*, *Mamestra oleracea*. О циперметрину је већ било речи. Различити механизми деловања активних материја, хлорпирифоса и циперметрина, доприносе високој ефикасности у сузбијању широког спектра штетних инсеката у различитим развојним стадијумима.



Слика 10. Структурна формула хлорпирифоса

### 1.8.4. Хербициди

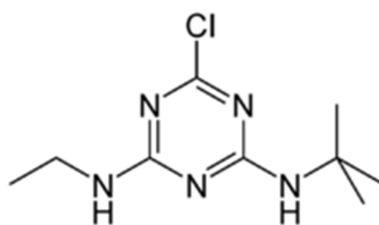
Хербициди су група пестицида, који се користе за сузбијање коровских биљака. Селективност хербицида у одређеним усевима дефинисана је механизмом њиховог деловања, брзином метаболизма, дозом и начином њихове примене. Примењени у одговарајућим усевима и засадима, у право време, у одговарајућој дози и одговарајућим условима спољашње средине, селективни хербициди су веома делотворни за гајене биљке и не угрожавају их.

Након примене, хербицид у биљку може доспети на два начина, путем листа или путем корена. Када хербицид доспе у биљку, он је способан да заустави или успори неки од, за раст и развој, пресудних физиолошких процеса биљке. За разумевање механизма

деловања хербицида потребно је добро познавати биохемијске процесе у биљци јер су они јако сложени, и ефекат истих хербицида се може испољавати на више различитих места у биљци. Поремећај једне активности води до поремећаја читавог низа процеса, па механизме деловања хербицида можемо поделити у шест основних група, а то су: инхибиција фотосинтезе, биосинтезе протеина, липида и аминокиселина, инхибиција деобе ћелија и инхибиција активности ауксина.

## Тербис

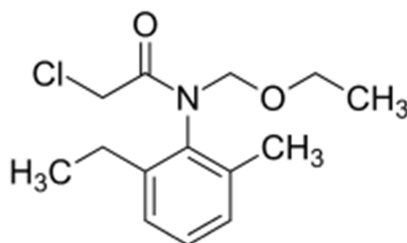
Тербис спада у групу с-триазина, који су једна врло важна, али у последње време доста оспоравана група хербицида. Тербис има широку примену у пољопривреди за контролу траве и корова у различитим културама. Суштински делује као инхибитор фотосинтезе, образује хербицидни филм који спречава клијање и ницање корова али се усваја и преко листа корова. Активна материја је тербутилазин (Слика 11). Тербутилазин, молекулске формуле  $C_9H_{16}ClN_5$ , назив по IUPAC номенклатури  $N^2$ -терц-бутил-6-хлоро- $N^4$ -етил-1,3,5-триазин-2,4-диамин, делује на једногодишње усколисне коровске врсте - *Echinochloa crus-galli*, *Sorghum halepense*, *Poa sp.* и једногодишње широколисне коровске врсте - *Amaranthus retroflexus*, *Chenopodium album*, *Galinsoga parviflora*, *Solanum nigrum*, *Polygonum lapathifolium*, *Plantago major*, *Sinapis arvensis*, *Capsella bursa-pastoris*, *Stelaria media*, *Veronica sp.*



Слика 11. Структурна формула тербутилазина

## Ацетохлор

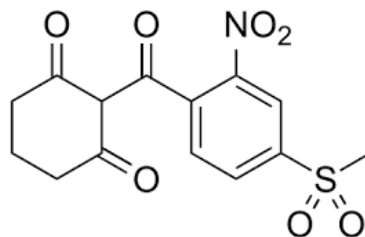
Ацетохлор је селективан хербицид за примену преко земљишта. Примарно се усваја изданком, а секундарно кореном биљака које ничу. Креће се навише и инхибира деобу ћелија. образује хербицидни филм који спречава клијање и ницање корова. Активна материја је ацетохлор (Слика 12) Ацетохлор, молекулске формуле  $C_{14}H_{20}ClNO_2$ , назив по IUPAC номенклатури 2-хлоро-N-(етоксиметил)-N-(2-етил-6-метилфенил) ацетамид, успешно сузбија једногодишње травне корове - *Digitaria sanguinalis*, *Echinochloa crus galli*, *Panicum miliaceum* и широколисне корове - *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiflora*, *Datura stramonium*, *Plantago lanceolata*.



Слика 12. Структурна формула ацетохлор

## Калисто

Калисто је селективни земљишни и фолијарни хербицид. Лако се усваја преко лишћа, изданака и корена и транслоцира кроз биљку ксилемом и флоемом. Сузбија корове тако што спречава синтезу аминокиселина. Активна материја је мезотрион (Слика 13). Мезотрион, молекулске формуле  $C_{14}H_{13}NO_7S$ , назив по IUPAC номенклатури 2-(4-(4-метил-2-нитробензоил)циклохексан-1,3-дион), успешно сузбија једногодишње и вишегодишње коровске врсте - *Ambrosia artemisifolia*, *Bilderdykia convolvulus*, *Polygonum aviculare*, *Polygonum lapathifolium*, *Polygonum persicaria*, *Solanum nigrum*, *Xanthium strumarium*, *Amaranthus retroflexus*, *Datura strumarium*, *Solanum nigrum*, *Chenopodium album*, *Helianthus annuus*, *Cirsium arvense*.

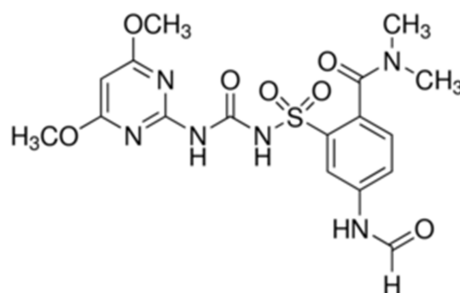


Слика 13. Структурна формула мезотриона

## Еквип

Еквип је селективни транслокациони хербицид. Активна материја је форамсулфурон (Слика 14). Форамсулфурон (молекулске формуле  $C_{17}H_{20}N_6O_7S$ , назив по IUPAC номенклатури 1-(4,6-диметоксипиримидин-2-ил)-3-(2-диметилкарбамоил-5-формамидофенил-сулфонил) уреа) зауставља синтезу ензима ацетолатат-синтетазе (АЛС) што изазива блокаду синтезе аминокиселина неопходних за деобу ћелија меристема коровских биљака. Намењен за сузбијање вишегодишњих и једногодишњих усколисних корова - *Sorghum halepense*, *Echinochloa crus-galli*, *Panicum capillare*, *Setaria glauca*, *Sorghum halepense* и неких широколисних једногодишњих корова у раном стадијуму пораста - *Abitilon theophrasti*, *Amaranthus blitoides*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Datura stramonium*, *Helianthus annus*, *Solanum nigrum*, *Stachys annua*.

Изоксадифен-етил је протектант, који делује тако што убрзава разградњу форамсулфурона у меристему кукуруза, док се разградња не одвија у коровским биљкама.

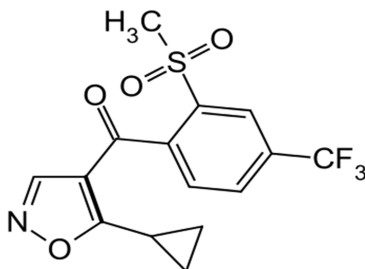


Слика 14. Структурна формула форамсулфурона

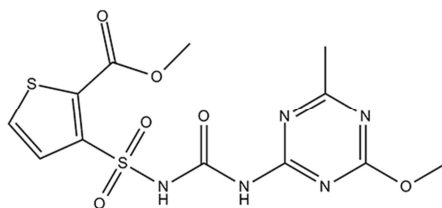
## Аденго

Аденго је селективни транслокациони хербицид. Аденго садржи две активне материје различитог механизма деловања и то изоксафлутол (Слика 15) и тиенкарбазон (Слика 16). После примене овог хербицида, коровске биљке усвајају активни део двојачо - и листом и кореном. Изоксафлутол (молекулске формуле  $C_{15}H_{12}F_3NO_4S$ , назив по IUPAC номенклатури 5-циклопропил-1,2-оксазол-4-ил- $\alpha$ ,  $\alpha$ ,  $\alpha$ -трифлуор-2-мезил-ро-толилкетон) припада групи која доводи до спречавања стварања каротеноида што се испољава карактеристичним симптомом промене боје листа из зелене у белу, уз постепено увенуће. Тиенкарбазон-метил (молекулске формуле  $C_{12}H_{14}N_4O_7S_2$ , назив по IUPAC номенклатури) припада групи тзв. АЈС инхибитора. Крећући се по усвајању и ксилемом и флоемом, тиенкарбазон-метил доспева до тачака пораста где спречава стварање ензима (АЈС) који има кључну улогу у деоби ћелија меристемског ткива. На овај начин, престаје раст коровских биљака, оне се суше и одумиру. Аденго је хербицид за сузбијање једногодишњих усколисних корова - *Abutilon theophrasti*, *Amaranthus retroflexus*, *Ambrosia artemisiifolia*, *Chenopodium album*, *Chenopodium hybridum*, *Datura stramonium*, *Hibiscus trionum*, *Polygonum lapathifolium*, *Polygonum convolvulus*, *Sinapis arvensis*, *Solanum nigrum*, *Xanthium strumarium* и широколисних корова *Setaria* spp., *Sorghum halepense*, *Echinochloa crus-galli* у усеву кукуруза.

Ципросулфамид, као протектант, делује тако што убрзава разградњу активних материја у гајеној биљци, спречавајући евентуално штетно деловање. Усваја се кореном и листом и показује потпуну системичност.



Слика 15. Структурна формула изоксафлутола



Слика 16. Структурна формула тиенкарбазон-метил

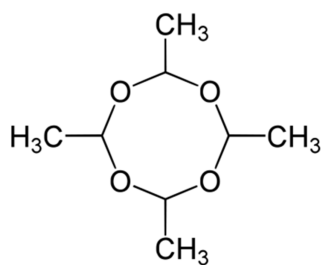
### 1.8.5. Лимациди

Лимациди су средства за сузбијање пужева, а секундарна употреба овог пестицида је у контроли риба, пијавица и жаба. У већини случајева, лимациди продиру у тело пужева кроз кожу или током исхране заједно са храном.

#### Гардена

Гардена је лимацид нове генерације који се примењује као мамац у контроли пужева голаћа и пужева у широком спектру пољопривредних и хортикултурних усева, као и у контроли пужева у индивидуалним домаћинствима. Активна маерија је металдехид, полимер ацеталдехида (Слика 17). Металдехид, молекулске формуле  $C_8H_{16}O_4$ , назив по ИУРАС номенклатури 2,4,6,8 тетраметил-1,3,5,7-тетраоксициклооктан, који код пужева испољава своју активност одмах након директног уношења у организам, чинећи их тромим и повећавајући им секрецију слузи што доводи до дехидратације, конвулзије, парализе и, на крају, њихове смрти (RCS, 1987). Гардене је нова генерација молусцида који се користи у расадницима, баштама и повртњацима против пужева *Arion lusitanicus*, *Deroceras agreste*, *Helix pomatia*.





**Слика 17.** Структурна формула металдехида

## **2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА**

Суштина студије ове дисертације јесте комплексно истраживање фауне кишних глиста централне Србије са екотоксиколошког и фаунистичког аспекта.

Фаунистичка истраживања односе се на квалитативни и квантитативни састав истражене фауне, односно биодиверзитет лумбрицида централне Србије, а на основу укупних литературних података и сопствених са анализираних локалитета. Узимајући у обзир чињеницу да је Балканско полуострво један од најважнијих центара биодиверзитета у Европи, врло комплексног састава и генезе, сваки нови податак доприноси разумевању овог феномена.

Истраживања која су спроведена у оквиру екотоксиколошког дела дисертације заснована су на хипотези да пестициди у животној средини поред циљаних организама утичу и на нециљане организме, што се кроз ланце исхране одражава и на више трофичке нивое, а у крајњем исходу и на човека.

Циљеви истраживања ове дисертације су:

- Анализа свих досадашњих истраживања кишних глиста из фам. Lumbricidae (Annelida) на подручју централне Србије као и утврђивање коначне листе лумбрицида централне Србије на основу резултата добијених у току дисертације и њихова зоогеографска анализа према зоогеографским типовима коју предлажу Csuzdi и Zicsi (2003);
- Утврђивање квантитативне структуре лумбрицида израчунавањем бројности, доминантности, фреквентности као и диверзитета у примарним и секундарним екосистемима (шуме и ливаде);
- Утврђивање квалитативно-квантитативне структуре Lumbricidae (Annelida) у различитим антропогеним екосистемима (органским и конвенционалним) централне Србије;
- Израчунавање  $\alpha$  диверзитета применом различитих индекса: Shannon-Weaver, Evennes, Simpsonov, Margalef;
- Утврђивање структуре заједница лумбрицида на основу индекса Jaccard и IndVal;
- Утицај изабраних инсектицида (Ципкорд, Талстар, Ласер) на тест организам *E. fetida* у лабораторијским условима кроз анализу крајњих тачака као што су морталитет, раст и репродуктивна способност;
- Утицај изабраних хербицида (Тербис, Ацетохлор, Аденго, Еквип, Калисто) на тест организам *E. fetida* у лабораторијским условима кроз анализу крајњих тачака као што су морталитет, раст и репродуктивна способност;
- Утицај изабраног лимацида (Гардена) на тест организам *E. fetida* у лабораторијским условима кроз анализу крајњих тачака као што су морталитет, раст и репродуктивна способност;
- Утицај смеше две активне материје (Галатион, Конзул) на тест организам *E. fetida* у лабораторијским условима кроз анализу крајњих тачака као што су морталитет, раст и репродуктивна способност;
- Поређење пестицида из различитих хемијских група и са различитим начином деловања и одређивање степена њихове токсичности на основу реактивности тест организма;
- Приказ утицаја пестицида коришћених на пољу и у лабораторији

## 3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДЕ

### 3.1. Методологија теренског рада

Материјал за фаунистичко проучавање лумбрицида прикупљен је из централног дела Србије у периоду од 2014. до 2016. године, током пролећа и јесени. Глисте су узорковане из примарних и секундарних екосистема (шуме и ливаде) и различитих антропогених екосистема (органиска и конвенционална пољопривредна поља). Теренска истраживања су одрађена према стандардима које прописије ISO 2361 (The International Organization for Standardization), под насловом - Узимање узорака земљишних бескичмењака, део 1. Са сваког пољопривредног поља је узето по 16 узорака, осам централних и осам периферијских. Из примарних и секундарних екосистема узето је по осам узорака. Материјал је сакупљен прекопавањем и претраживањем, уз помоћ ашов-лопате одрађених пробних површина. Животиње су ручно сортиране, а затим су фиксиране у 96%-ом алкохолу, са етикетом на којој су обележени неопходни подаци. Након завршетка процеса узорковања, ископано и испитано земљиште се враћало на оригинално узорковане парцеле. После теренског рада, обављен је и лабораторијски рад

који подразумевао квантитативно–квалитативну анализу. Лумбрицидна фауна идентификована је уз помоћ серије кључева за детерминацију: Mršić (1991), Csuzdi и Zicsi, (2003) и Blekmoг (2004) за родове, а за идентификацију до нивоа врсте коришћени су: Šarkarev (1978), Zicsi (1982), Mršić (1991), Csuzdi и Zicsi (2003).

### 3.1.1. Истраживано подручје

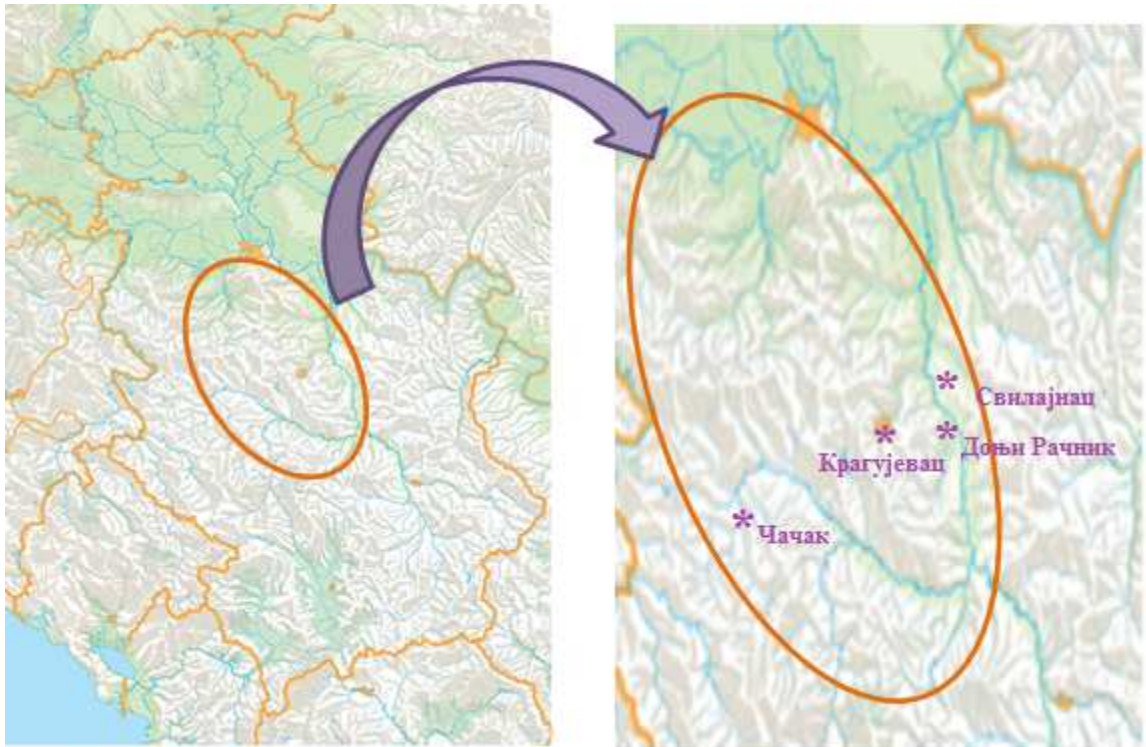
Овом студијом је обухваћено подручје између Панонске низије на северу, долине Велике Мораве на истоку, планина Јелица, Столови, Гоч и Јастребац на југу и реке Колубаре на западу, које смо због географског положаја у Републици Србији означили као централна Србија.

Специфична геоморфологија централне Србије условила је врло разноврсне климатске и педолошке услове, односно разноврсност станишта и живог света. Богатство живог света је такође условљено јужним положајем Балканског полуострва, што значи оптимални климатски услови као и релативно миран развој током геолошке историје (Stojanović, 1996).

У рељефу централне Србије доминирају мреже пространих речних долина, између којих се издижу изоловане острвске планине, висине до 1200 m. Ове планине су раније издвајане као прелазна зона родопских планина, а у новије време се прикључују Динаридима. Међутим, оне се разликују и од родопских и од динарских планина. Њихова језгра се састоје од гранита и шкриљаца, по чему би припадале родопској маси, али се састоје и од кречњака, лапорца, пешчара, конгломерата и других млађих стена, а на више места серпетинских маса и еруптивних стена. Према Цвијићу (1922), оне нису динарске ни по саставу, ни по правцу бора, као ни по времену главног убирања, али, не припадају ни родопској маси, иако са њом имају извесне сродности.

У централној Србији влада изразито умерено-континентална клима, која је веома специфична, пре свега због пространства овог подручја и разликама у надморској висини (100-1200 m ), тако да постоје знатне микроклиматске разлике.

Материјал за ово истраживање је прикупљен са подручја централне Србије и то из следећих локалитета: Прњавор (44°05'20''СГШ; 21°01'18''ИГД), Доњи Рачник (44°03'14''СГШ; 21°10'26''ИГД), Свилајнац (44°13'28''СГШ; 21°11'30''ИГД) и Слатина код Чачка (43°57'20''СГШ; 20°23'14''ИГД) (Слика 18).



Слика 18. Мапа истраживаног подручја и локалитети

На локалитету у Свилајнцу истраживано је конвенционално поље које се налази на земљишту које је карактеристично за равнице, а припада типу гајњача или такозваном браон шумском земљишту. На овом пољу гајен је кукуруз, уз коришћење свих агротехничких мера, пре свега хербицида Ацетохлора, Еквипа, Аденга и Калиста.

На локалитету у Чачку истраживано је органско поље које се такође налази на земљишту које је карактеристично за равнице, а припада типу смонице. На овом пољу гајена је пшеница, без коришћења пестицидних средстава.

На локалитетима у Прњавору и Доњем Рачнику, истраживане су шуме, које представљају заједнице сладуна и цера (*Querceto confertae-cerris*) и мезофилне ливаде (*Trifolium-Cynosuretum cristati*).

### 3.1.2. Индекси фаунистичких истраживања

Лумбрициде имају једну од најважнијих улога у фауни земљишта у процесима педогенезе и одржавања његове плодности. Уз то, оне су врло осетљиве на све промене у земљишту (микроклиматске, хемијске или антропогене) при чему врло брзо долази до промена у њиховом животном циклусу (опстанак, промене у биомаси, дужина периода инкубације кокона, развој индивидуа од јувенилног до адултног стадијума, дужина репродуктивног циклуса итд.), што се јасно одражава на биодиверзитет популација али и степен угрожености присутних врста. Тиме су се показале као одлични биоиндикатори стања земљишне фауне и самог тла.

Поред густине популације, као једне од основних структурних карактеристика, за анализу структуре лумбрицидне заједнице користили смо и релативне бројне односе појединих популација. Израчунавањем релативне бројне заступљености (изражене у процентима) може се одредити степен доминатности за сваку врсту.

*Доминантност* (D) - представља процентуалну заступљеност врсте и показује улогу одређене популације у фауни. Израчунава се према следећој формули (Haydeman, 1953):

$$D = \frac{D_1}{\sum D_2} \times 100\%$$

D<sub>1</sub>- број јединки једне врсте

D<sub>2</sub>- укупан број јединки

За одређивање степена доминатности користили смо категоризацију коју даје Zajonc (1981):

✓ еудоминантне	75 – 100%
✓ доминантне	50 – 74%
✓ субдоминантне	25 – 49%
✓ рецендентне	10 – 24%
✓ субрецендентне	0 – 9%

Едификаторским врстама називају се доминантне врсте којом својом бројношћу и активношћу дају обележје лумбрицидној заједници у неком биотопу.

*Фреквентност (учесталост) (F)* - представља процентуалну заступљеност врсте у узорцима са једног истог биотопа. Учесталост зависи од бројности врсте као и од њене просторне и временске дистрибуције у биотопу. Другим речима, фреквентност показује степен везаности врсте за одређен биотоп. Израчунава се према следећој формули:

$$F = \frac{F_1}{\Sigma F_2} \times 100\%$$

$F_1$  - број узорака у којима се појављује једна врста у датом биотопу

$F_2$  - укупан број узорака

За одређивање степена учесталости користили смо категоризацију коју даје Tichler (1949):

✓ <i>еукоњантне врсте</i>	75 – 100 %
✓ <i>коњантне врсте</i>	50 – 74 %
✓ <i>акцесорне (пратеће) врсте</i>	25 – 49 %
✓ <i>акцидентне (случајне) врсте</i>	0 – 24 %

Диверзитет се, као облик разноврсности, састоји из два фактора: броја присутних врста (богатство врста) и дистрибуције јединки међу врстама (равномерност или уједначеност и неравномерност врста). Whittaker (1972) разликује три врсте различитости и то: алфа ( $\alpha$ ), бета ( $\beta$ ) и гама ( $\gamma$ ) диверзитет. У овом раду смо користили алфа ( $\alpha$ ) диверзитет, који представља разноврсност унутар одређене области или екосистема. Један од индекса за анализу  $\alpha$  диверзитета је информациони индекс (Shannon-Weaver, 1963):

$$H_i = -\Sigma \left( \frac{N_i}{N} \right) \ln \left( \frac{N_i}{N} \right)$$

$N_i$  - укупан број јединки једне врсте

$N$  - укупан број јединки свих врста



Вредности информационог индекса сврстане су у три категорије (Stojanović, 1996):

- ✓ *ниске*            0 – 0,549
- ✓ *средње*          0,550 – 0,999
- ✓ *високе*            изнад 1

Симпсонов (Simpsonov) индекс диверзитета израчунава се по обрасцу (Pielou, 1969):

$$1-D = 1 - \sum_{i=1}^S \left[ \frac{n(n-1)}{N(N-1)} \right]$$

$n_i$  – број јединки врсте  $i$  који је избројан у узорку

$N$  – укупан број јединки у узорку =  $\sum n_i$

$S$  – број врста

Вредности Симпсоновог индекса се налазе у распону од 0 до 1.

Маргалевов (Margalef) индекс је индекс диверзитета који поред бројности узима у обзир и богатство врста у једној фаунистичкој скупини. Израчунава се по следећој формули (Margalef, 1951):

$$M = \frac{S-1}{\log_2 N}$$

$S$  – број врста

$N$  – број индивидуа

За одређивање разноврсности једне фауне се, поред индекса биодиверзитета, користи и индекс равномерности или уједначености (Evennes, Pielou, 1966), који показује степен равномерности дистрибуције присутних индивидуа у фауни. Израчунава се према следећој формули:

$$e = \frac{H_i}{\log_e S}$$

$S$  - број врста

$H_i$  - информациони индекс

Вредности индекса равномерности су сврстане у три категорије (Stojanović, 1996):

- ✓ *ниске*            0 – 0,399
- ✓ *средње*        0,400 – 0,899
- ✓ *високе*         изнад 0,900

Жакардова (Jaccard) дистанца представља допуну Жакардовом индексу и израчунава се према следећој формули:

$$D = 1 - S_j$$

$S_j$  - је индекс сличности и спада у бинарне коефицијенте сличности, који се користе када су доступни само подаци о присуству/одсуству врста у заједници. Израчунава се према следећој формули:

$$S_{j(A,B)} = |A \cap B| / |A \cup B|$$

$A \cap B$  – број проба где се врсте А и В заједно јављају

$A \cup B$  – укупан број проба где се јављају врсте и А и В

Вредности Жакардове дистанце се налазе у распону од 0 до 1.

Индикаторске врсте за одређени биотоп су детерминисане коришћењем композитног индекса (IndVal). Ово је индекс који показује повезаност између врсте и локалитета, а израчунава се према следећој формули:

$$\text{IndVal} = A_{ij} \cdot B_{ij} \cdot 100\%$$

$A_{ij}$  – однос броја индивидуа врсте  $i$  и укупног броја индивидуа у локалитету  $j$

$B_{ij}$  – број узорака у локалитету  $j$  које садрже врсту  $i$

За овај индекс, ниво прага је 25%, према Dufrêne и Legendre (1997).

## 3.2. Методологија лабораторијског рада

Експерименти су извођени у Лабораторији за зоологију на Природно-математичком факултету, Универзитета у Крагујевцу. Реализација је вршена на основу OECD правилника број 222 (2004). Ова смерница је дизајнирана за процену ефеката хемикалија у земљишту на субхроничне крајње тачке код кишних глиста врсте *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) и *Eisenia andrei* (Andre, 1963).

### 3.2.1. Пестициди

Пестициди коришћени у овим експериментима су инсектициди, хербициди и лимацид, чије су карактеристике дате у Табели 3. Коришћене су различите концентрације пестицида које су засноване на њиховим препорученим пољопривредним дозама (RAD) (Табела 3). Количина пестицида је израчуната на основу укупне површине експерименталне кутије (100 cm<sup>2</sup>). У контролним третманима, уместо пестицида, коришћена је дестилована вода. Свака концентрација и контрола су рађене у четири понављања.

Раствор тест супстанце у дестилованој води припремао се непосредно пре почетка експеримента у количини довољној за сва понављања једне концентрације. Наношење супстанци је спроведено у облику раствора који се мешао са земљиштем. Затим се додавала дестилована вода у количини која је била потребна да се достигне оптимална влажност земљишта.

### 3.2.2. Тест организам

Експерименти су извођени на терестричној врсти малочекињастих црва, *Eisenia fetida* (Oligochaeta). Култура глиста набављена је од локалног добављача калифорнијске црвене глисте, а додатно је детерминисана у Лабораторији за зоологију на Институту за биологију и екологију на Природно математичком факултету у Крагујевцу.

Адултне глисте, старости између два месеца и године, са развијеним клителумом су коришћене у експериментима. Глисте су биране из синхронизованих култура, релативно

хомогене старосне структуре. Одабране глисте су пре коришћена аклиматизоване током 24h у вештачком земљишту које ће се користити и за експерименте. Током овог периода глисте су нахрањене храном која се користила и током експеримената.

Након периода аклиматизације, из јединствене културе, насумичним избором, узимане су полно зреле јединке (јединке које су имале видљив клителум) и то по 10 јединки за сваку концентрацију. Пре смештања у кутију са вештачким земљиштем свака група од по 10 јединки је измерена. Пре мерења, глисте су опране дестилованом водом (како би избациле стомачни садржај) и сушене су на филтер папиру.

### 3.2.3. Вештачко тест земљиште

Вештачко земљиште које се користило у експериментима је следећег састава (на основу сувих тежина):

- 70% кварцног песка (осушеног на ваздуху), са више од 50% честица величине од 50 до 200 микрона,
- 20% каолинит глине,
- 10% сфагнум тресета (рН вредности од 5,5 до 6,0; без видљивих биљних остатака, сув без измерене влаге);
- 0,3-1,0% калцијум карбоната ( $\text{CaCO}_3$ , прах) да се добије почетна рН вредност од  $6,0 \pm 0,5$ .

Сви састојци земљишта су помешани ручно у великој посуди у добро проветреном простору, одакле је касније узимана потребна количина земљишта (500 g) за сваку кутију. Суво вештачко земљиште је навлажено додавањем довољне количине дестиловане воде, а то значи супстрат који нема сталну или слободну воду када се компримује у руци. Садржај влаге и вредности рН земљишта су се одређивали недељно.

### 3.2.4. Принципи теста

Глисте су пране, сушене на филтер папиру и мерене, а затим стављане на површину тест земљишта које се налазило у експерименталним пластичним кутијама (10,5×9,6×7 cm). Кутије су имале поклопце који су били перфорирани, како би могли да обезбеде размену гасова између подлоге и атмосфере, да омогуће приступ светлости а

уједно и да спрече бекство глиста. Током тестирања температура је износила  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ . Експеримент се изводио у контролисаним светлосним условима – 16h светлости и 8h таме. Осветљење у периоду светлости је било у интервалу од 400-800 lux.

Глисте су храњене са 5 g коњског или крављег стајског ђубрива, навлаженог са око 5 ml дестиловане воде, које је претходно било суво и ситно уситњено. Храњење је вршено једном недељно током целокупног трајања експеримента. Ако би храна остала на површини до следећег храњења, следећи пут је количина хране била смањена, како не би дошло до развоја гљива и плесни.

Сваки експеримент је трајао осам недеља. Морталитет и раст (тежина) су праћени недељно. Свака јединка која није била пронађена током процене, сматрала се угнулом. Такође, јединка се сматрала угнулом и ако није реаговала на боцкања у предњем делу тела. Тежина се мерила помоћу електричне ваге. Тежине глиста за сваку концентрацију током периода изложености су коришћене за израчунавање инхибиције раста, према следећој формули (Shi и сар., 2007):

$$\text{GIn} = \frac{W_0 - W_t}{W_0} \times 100\%;$$

где је GIn инхибиција раста за концентрацију n,  $W_0$  је почетна тежина и  $W_t$  је тежина након t дана излагања.

Након четири недеље излагања, пратили су се и ефекти на репродукцију, односно број кокона, а на крају експеримента и број излеглих малолетних глиста.

### 3.2.5. Статистичке анализе

За статистичку обраду података коришћен је програм CalcuSyn, уз помоћ кога су израчунате  $LC_{50}$  вредности (концентрација која је летална за 50% популације) са 95% интервалом поверења. Поред овог програма, коришћен је и SPSS софтвера (SPSS 16.0 за Windows). Shapiro-Wilk-ов тест је коришћен како би се обезбедила претпоставка нормалне расподеле. Једносмерне ANOVA ( $p < 0.05$ ) или Kruskal-Wallis H тест је коришћен како би се прорачунала процена ефекта тест супстанце на раст и репродукцију. За поређење средњих вредности употребљен је Dunnett-ов тест. Подаци су представљени као средња вредност  $\pm$  стандардна девијација (SD).

Табела 3. Карактеристике и концентрације коришћених пестицида

Пестициди	Назив препарата	Активна материја	Садржај активне материје	Препоручена пољопривредна доза	Коришћене концентрације у експериментима	Произвођач
Инсектициди	Галитион	Фенитратион и малатион	$47 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ $+3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$	$40 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$	1/4RAD, 1/2RAD, RAD, 2×RAD, 4×RAD	Галеника-Фитофармација
	Ципкорд	Циперметрин	$200 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$2 \text{ ml}/100\text{m}^2$	1/4RAD, 1/2RAD, RAD, 2×RAD, 4×RAD	Галеника-Фитофармација
	Конзул	Хлорпирифос и циперметрин	$500 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1} +$ $50 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$1 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$	1/4RAD, 1/2RAD, RAD, 2×RAD, 4×RAD	Галеника-Фитофармација
	Талстар	Бифентрин	$100 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$3 \text{ ml}/100\text{m}^2$	1/4RAD, 1/2RAD, RAD, 2×RAD, 4×RAD	Галеника-Фитофармација
	Ласер	Спиносад	$240 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$2 \text{ ml}/100\text{m}^2$	1/4RAD, 1/2RAD, RAD, 2×RAD, 4×RAD	Dow AgroSciences
Хербициди	Тербис	Тербутилазин	$500 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$	1/4RAD, 1/2RAD, RAD, 2×RAD, 4×RAD	Агромаркет
	Ацетохлор	Ацетохлор	$900 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$2 \text{ l} \cdot \text{ha}^{-1}$	1/2RAD, RAD, 2×RAD, 10×RAD, 100×RAD	Агромаркет
	Аденго	Изоксафлутол и тиенкарбазон	$225 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1} +$ $90 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$4 \text{ ml}/100\text{m}^2$	1/2RAD, RAD, 2×RAD, 10×RAD, 100×RAD	Bayer Crop Science
	Еквип	Форамсулфурон	$22,5 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$20 \text{ ml}/100\text{m}^2$	1/2RAD, RAD, 2×RAD, 10×RAD, 100×RAD	Bayer Crop Science
	Калисто	Мезотрион	$480 \text{ g} \cdot \text{l}^{-1}$	$2 \text{ ml}/100\text{m}^2$	1/2RAD, RAD, 2×RAD, 10×RAD, 100×RAD	Агромаркет
Лимацид	Гардена	Металдехид	$50 \text{ g}/\text{kg}$	$60 \text{ g} /100\text{m}^2$	1/4RAD, 1/2RAD, RAD, 2×RAD, 4×RAD	Агромаркет

RAD (енг. *Recommended agricultural dose*) – препоручена пољопривредна доза

## 4. Резултати

### 4.1. Преглед фауне Lumbricidae централне Србије

На простору централне Србије до сада су регистроване 44 врсте кишних глиста из 12 родова: *Allolobophora*, *Aporrectodea*, *Dendrobaena*, *Dendrodrilus*, *Eisenia*, *Eiseniella*, *Fitzingeria*, *Helodrilus*, *Lumbricus*, *Octolasion*, *Octodrilus*, *Proctodrilus*. Током наших истраживања, у оквиру 8 родова, забележено је 16 врста из фамилије Lumbricidae од којих је врста *Allolobophora parva* први пут констатована у фауни Србије док су врсте *Aporrectodea semernicensis* и *Lumbricus castaneus* први пут пронађене на подручју централне Србије.

**Род *Allolobophora* Eisen, 1874**

- *Allolobophora leoni* Michaelsen, 1891
- *Allolobophora parva* (Eisen, 1874)
- *Allolobophora serbica* (Šapkarev, 1977)
- *Allolobophora spasenijakaramani* (Blakemore, 2004)

**Род *Aporrectodea* Örley, 1885**

- *Aporrectodea cemernicensis* Mršić, 1991
- *Aporrectodea jassyensis* (Michaelsen, 1891)
- *Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826)
- *Aporrectodea trapezoides* (Duges, 1826)

**Род *Dendrodrilus* Omodeo, 1956**

- *Dendrodrilus rubidus tenuis* (Eisen, 1874)

**Род *Eisenia* Malm, 1877**

- *Eisenia fetida* (Savigny, 1826)
- *Eisenia lucens* (Waga, 1857)

**Род *Eiseniella* Michaelsen, 1900**

- *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826)

**Род *Lumbricus* Linnaeus, 1758**

- *Lumbricus castaneus* (Savigny, 1826)
- *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843

**Род *Octolasion* Örley, 1885**

- *Octolasion lacteum* (Örley, 1881)

**Род *Proctodrilus* Zicsi, 1985**

- *Proctodrilus antipai* (Michaelsen, 1891)



#### 4.1.1. Род *Allolobophora* Eisen, 1874

##### *Allolobophora leoni* Michaelsen, 1891

*Allolobophora leoni* Michaelsen, 1891: 15.

*Alpodinaridella (Panoniona) leoni*: Šapkarev, 1988: 19.

*Pannoniona leoni*: Mršić, 1991: 227

*Allolobophora leoni*: Stojanović, 1996: 39.

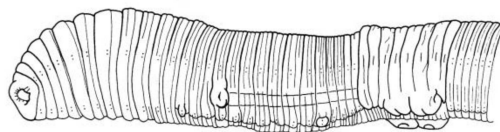
*Aporrectodea leoni*: Stojanović и Karaman, 2007: 23.

*Panoniona leoni*: Milutinović и cap., 2010: 630.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 88 до 149 mm, ширине је од 5 до 6,5 mm, састављено од 149 до 180 сегмената. Боје је тамнобеле до сиве.

Простомијум је проепилобичан. Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 4/5. Мушки полни отвори се налазе на 15. сегменту, на малим жлезданим пољима. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су уско парне ( $aa > bc$ ;  $ab = cd$ ;  $bc = 2ab$ ;  $dd = 2aa$ ). Хете  $ab$  су на жлезданим брадавичастим испупчењима, на сегментима од 11 до 13, 16, 17. Клителум се налази на сегментима од 25,  $\frac{1}{2}$  25, 26 до 34, а туберкула пубертатис на 30. и 32. Сегменту (Слика 19).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је смештен у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 18. сегменту. Бочна срца су у сегментима од 7. до 11. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у 10. сегменту, са латералним избочинама. Семене кесе су у 11. и 12. сегменту. Семепријамници су у 10. и 11. сегменту, чији се отвори налазе у интерсегменталној бразди 9/10 и 10/11.



Слика 19. Предњи део тела врсте *Allolobophora leoni*  
(Извор: Milutinović, 2014)

**Екологија:** Ендогеична врста (Bouche, 1971, 1975, 1977), преферира глиновита земљишта (Csuzdi и Zicsi, 2003). Како наводи Zajonas (1970) ова врста се најчешће појављује у плављеним ливадама, док Zicsi (1963) истиче њен значај у стварању хумуса у оваквим подручјима. На подручју уже Србије је често присутна свуда осим у четинарским шумама (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2010) док је у централној Србији пронађена у свим рађеним локалитетима. Највећа густина популације утврђена је у органском пољу као доминантна и еуконстантна (Табела 8), затим у секундарним екосистемима као субдоминантна и еуконстантна (Табела 10) и у конвенционалном пољу као субдоминантна и константна (Табела 7). У примарним екосистемима је забележена као субрецидентна и акцидентна (Табела 9).

**Дистрибуција у Србији:** Централна Србија (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2010), источна Србија (Stojanović, 1996), западна Србија (Milutinović и сар., 2013a).

**Зоогеографски тип:** Транс-егејска врста (Csuzdi и сар., 2011), распрострањена у свим републикама бивше Југославије, Бугарској, Италији, Мађарској, Молдавији, Румунији, Словачкој, Украјини.

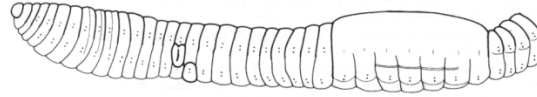
### ***Allolobophora parva* (Eisen, 1874)**

*Allolobophora parva* Eisen, 1874: 31(2):4.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 32 до 38 mm, састављено од 59 до 98 сегмената. Боје је црвенкасте.

Простомијум је епилобичан 1/2 до 2/3. Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 5/6. Мушки полни отвори се налазе на 15. сегменту, на малим жлезданим пољима. Клителум се налази на сегментима од 23, 24, 25, 26 до 31, 32, 33, а туберкула пубертатис на 24, 25, 26, 27 до 29, 30. сегмента или је нема (Слика 20).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у 10. и 11. сегменту. Уздужна мускулатура је билатерално симетрична.



**Слика 20.** Предњи део тела врсте *Allolobophora parva*  
(Извор: Mršić, 1991)

**Екологија:** Епигеична врста, која насељава шумска станишта, баште и сва места која су богата органском материјом (Hackenberger Kutuzović и Hackenberger Kutuzović, 2013). У централној Србији је пронађен само један примерак у храстовој шуми (Табела 9).

**Дистрибуција у Србији:** Први пут пронађена у нашим истраживањима, централна Србија (Прњавор).

**Зоогеографски тип:** Перегринна врста (Hackenberger Kutuzović и Hackenberger Kutuzović, 2013).

### *Allolobophora serbica* (Šapkarev, 1977)

*Eophila serbica* Šapkarev, 1977: 93.

*Serbiona serbica*: Mršić 1991: 195; Stojanović и сар. 2008: 60.

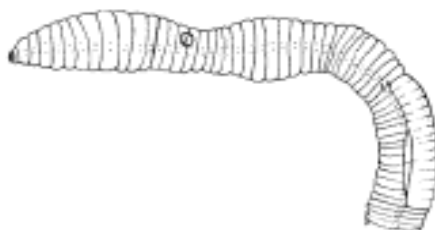
*Allolobophora serbica*: Stojanović 1996: 53; Csuzdi 2012: 97–99.

*Allolobophora serbica*: Trakić и сар. 2016: 257.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 125 до 132 mm, ширине је од 4 до 6 mm, састављено од 268 до 322 сегмената. Боје је најчешће у свим нијансама тамно браон.

Простомијум је епилобичан затворен (1/3). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 10/11 или 11/12. Мушки полни отвори су јасно изражени на 15. сегменту, на жлезданом пољу које прелази и на 16. сегмент. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су уско парне ( $aa > bc$ ;  $ab = cd$ ;  $dd > 1/2U$ ). Хете *a* и *b* су увек на жлезданим брадавичастим испупчењима на сегментима 16., 17., 47. или на сегментима од 49. до 55. Клителум се налази на сегментима од 39., 40. до 53., а туберкула пубертатис од 44., 45., до 51., 52 сегменту (Слика 21).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац је у сегментима од 17. до 19. Бочна срца су у сегментима од 6. до 11. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у 10. сегменту. Семене кесе су од 9. до 12. сегмента. Семепријамници су у 10. и 11. сегменту, чији се отвори налазе у интерсегменталној бразди 10/11, 11/12.



**Слика 21.** Предњи део тела врсте *Allolobophora serbica*  
(Извор: Stojanović, 1996)

**Екологија:** Спада у облике који живе у зони кореновог система. Према оскудним подацима из литературе ова врста је до сада пронађена једино у пашњацима (Šarkarev, 1977), долинским ливадама (Стојановић, 1996) и обалама река (Stojanović и Karaman 2003; Milutinović и сар. 2010). На подручју централне Србије пронађена је у хрстовој шуми земљишта, типа гајњаче и то као субрецентна и акцидентна (Табела 9).

**Дистрибуција у Србији:** Ниш (Šarkarev 1977; Mršić 1991); Жагубица, обронци Гледића (Stojanović 1996); Расина (Stojanović и Karaman 2003, 2007; Stojanović и сар. 2008; Milutinović и сар. 2010).

**Зоогеографски тип:** Ендем, распрострањена само у Србији (Trakić и сар., 2016).

### ***Allolobophora spasenijakaramani* (Blakemore, 2004)**

*Allolobophora robusta serbica* Karaman, 1983: 51.

*Serbiona robusta serbica*: Stojanović и сар. 2008: 60; Stojanović и Karaman, 2007: 23; Milutinović и сар. 2010: 629.

*Allolobophora spasenijakaramani*: Csuzdi 2012: 97–99.

*Allolobophora spasenijakaramani*: Trakić и сар. 2016: 257.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 145 до 280 mm, ширине је од 8 до 12 mm, састављено од 258 до 344 сегмената. Боје је најчешће у свим нијансама тамно сиве.

Простомијум је епилобичан затворен. Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 13/14 или 15/16. Мушки полни отвори су јасно изражени на 15. сегменту. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су уско парне. Клителум се налази на сегментима од ½ 36, 36., ½ 37., 37., 38. до 51., 56., 57., 58., 63., а туберкула пубертатис од 40., 44., 45., 46., 47. до 50., 53., 54., ½ 56., 56., 57. Сегменту (Слика 22).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац је у 17. и ½ 18. И 18. сегменту. Бочна срца су у сегментима од 6. до 11. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у 10. сегменту. Семене кесе су од 9. до 12. сегмента. Семепријамници су у 9. и 10. сегменту, чији се отвори налазе у интерсегменталној бразди 10/11, 11/12.



**Слика 22.** Предњи део тела врсте *Allobophora spasenijakaramani* (Извор: Karaman, 1983)

**Екологија:** Спада у облике који насељавају дубље слојеве земље. Најгушће популације су на седиментној подлози и на надморским висинама изнад 800 m (Стојановић, 1996). Такође насељава и пашњаке, ливаде и вртове (Stojanović и Karaman 2003). У нашим истраживањима је пронађена у примарним и секундарним екосистемима као субрецентна и акцидентна (Табеле 9 и 10).

**Дистрибуција у Србији:** Сисевац, Кучај, Ртањ (Karaman 1987; Mršić 1991); Гледићке планине, Крагујевац, Брзан, Гоч, Ниш, Краљево, Алексинац, Јухор (Stojanović и Karaman 2003, 2007; Stojanović и сар. 2008; Milutinović и сар. 2010); Бабин зуб (Stojanović и сар. 2013).

**Зоогеографски тип:** Ендем, распрострањена само у Србији (Trakić и сар., 2016).

**Напомене:** Ова врста је описана са локалитета Крагујевац (Шумадија), 1983. године од стране професорке Спасеније Караман, као подврста *Allolobophora robusta serbica* (Karaman, 1983). Касније је Мршић пребацује у род *Serbiona* (Mršić, 1991). Blakmore (2004) даје нови назив овој подврсти *Serbiona robusta spasienijakaramani*. Stojanović и сар. (2013) поново враћају ову подврсту у род *Allolobophora*. Међутим, због присуства јасних таксономских разлика у дужини клителума и броју пубертатних жлезда у односу на подврсту *Allolobophora robusta robusta*, Csuzdi (2012) предлаже да *Allolobophora robusta spasienijakaramani* може да егзистира као засебна врста под називом *Allolobophora spasienijakaramani* и тако је и наводи у попису званичне базе података.

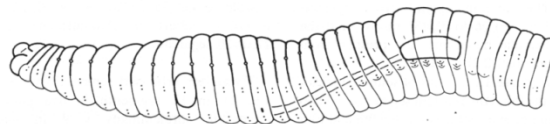
#### 4.1.2. Род *Aporrectodea* Örley, 1885

##### *Aporrectodea cemernicensis* Mršić, 1991

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 46 до 56 mm, састављено од 99 до 115 сегмената. Тело је без пигмената.

Простомијум је епилобичан 1/2. Прва дорзална пора је невидљива. Хете *ab* су на сегментима 11 и 12 или 9 или 12. Клителум се налази на сегментима од 24, 25 до 30, 31, а туберкула пубертатис од 25, 26 до 28, 1/2 29 сегмента (Слика 23).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац је у 17. и 18. сегменту. Нефридијални мехур је закачен. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у 10. и 11. сегменту, са латералним избочинама у 10. сегменту. Поседују три пара семених кеса у 9., 11. и 12. сегменту и два пара семепријемника у 10. и 11. сегменту, чији се отвори налазе у бразди 9/10 и 10/11.



Слика 23. Предњи део тела врсте *Aporrectodea cemernicensis* (Извор: Mršić, 1991)

**Екологија:** Према врло оскудним литературним подацима ова врста је пронађена у пашњацима (Mršić 1991).

**Дистрибуција у Србији:** Први пут пронађена у Србији у месту Голубиње у Бердапу (Szederjesi, 2013). У нашим истраживањима је пронађена у храстовој шуми, тип земљишта смоница и то као субрецидентна и акцидентна (Табела 9).

**Зоогеографски тип:** Широки ендем Балкана (Тракић и сар., 2016), распрострањена у Србији и Босни и Херцеговини.

### ***Aporrectodea jassyensis* (Michaelsen, 1891)**

*Allolobophora jassyensis orientalis* Michaelsen, 1891: 15.

*Aporrectodea (Aporrectodea) jassyensis*: Šapkarev, 1988: 21.

*Allolobophora jassiensis*: Stojanović, 1996: 35.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 50 до 80 mm, ширине је од 2,5 до 5 mm, састављено од 95 до 148 сегмената. Тело је без пигмената.

Простомијум је епилобичан (1/3-1/2). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 4/5. Мушки полни отвори се налазе на 15. сегменту, на израженим жлезданим пољима који захватају и суседне сегменте 14. и 16. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су уско парне ( $aa > 2bc$ ;  $dd = 1/2U$ ). Хете  $ab$  су на сегментима од 10., 11., 13., 27 до 10., 11., 13., 27. и 28. Клителум се налази на сегментима од 1/2 28., 28., 29 до 35., а туберкула пубертатис од 31., 32. до 34., 1/2 35., 35 (Слика 24).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 18. сегменту. Бочна срца су у сегментима од 7. до 11. Нефридијални мехур је закачен. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у 10. сегменту, са латералним избочинама. Поседују четири пара семених кеса у 9. до 12. сегмента и два пара семепријемника у 10. и 11. сегменту, чији се отвори налазе у бразди 9/10 и 10/11.



**Слика 24.** Предњи део тела врсте *Aporrectodea jassyensis*  
(Извор: Stojanović, 1996)

**Екологија:** Ово је врста која живи у површинском слоју, у зони кореновог система. Према литературним подацима, ова врста је често присутна у влажним и плављеним ливдама (Veneš, 1961; Zajonc, 1981) и листопадним шумама (Zaraževskij, 1957; Malevič, 1954a). У централној Србији је пронађена само на једном локалитету, на конвенционалном пољу и то као субрецидентна и акцидентна (Табела 7).

**Дистрибуција у Србији:** Јагодина, Лапово (Šapkarev, 1988), источна и југоисточна Србија (Стојановић, 1996).

**Зоогеографски тип:** Транс-егејска врста (Csuzdi и сар., 2011), распрострањена у свим републикама бивше Југославије, Албанији, Аустрији, Бугарској, Грчкој, Италији, Мађарској, Молдавији, Румунији, централном делу Русије, Словачкој, европском делу Турске, Украјини, Швајцарској, Северној Африци.

### ***Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826)**

*Enterion roseum* Savigny, 1826: 182.

*Allolobophora rosea* f. typical: Šapkarev, 1972: 78.

*Aporrectodea (Aporrectodea) rosea*: Šapkarev, 1988: 20.

*Aporrectodea (Aporrectodea) rosea rosea*: Mršić, 1991: 296.

*Allolobophora rosea*: Stojanović, 1996: 44.

*Aporrectodea rosea*: Stojanović и Karaman, 2007: 23; Milutinović и сар., 2010: 629.

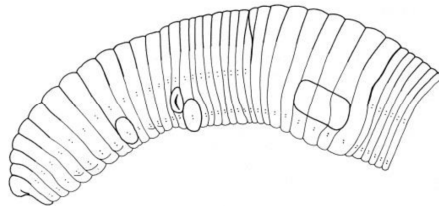
**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 49 до 125 mm, ширине је од 2,5 до 5 mm, састављено од 98 до 180 сегмената. Боје је беличасторозе или без пигмената.

Простомијум је епилобичан, отворен или затворен (1/3-2/3). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 4/5. Мушки полни отвори се налазе на 15. сегменту, на



израженим жлезданим пољима који захватају и суседне сегменте 14. и 16. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су уско парне ( $aa=2ab$ ;  $dd=1/2U$ ). Хете  $ab$  су на жлезданим брадавичастим испупчењима на сегментима од 9., 11., 12., 24. до 33. Клителум се налази на сегментима од 24., 25., 26 до 32., 33., а туберкула пубертатис од 29. до 31 (Слика 25).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 18. сегменту. Бочна срца су у сегментима од 7. до 11. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су на 10. сегменту. Семене кесе су у сегментима од 9. до 12. Семепријамници су у 10. и 11. сегменту, чији се отвори налазе у интерсегменталној бразди 9/10 и 10/11.



**Слика 25.** Предњи део тела врсте *Aporrectodea rosea*  
(Извор: Milutinović, 2014)

**Екологија:** Ендогеична врста (Bauer и сар., 1998; Zicsi и сар., 2011), заступљена у култивисаном земљишту, шумама и планинским пашњацима (Milutinović и сар., 2010). Ова врста је заступљена у свим истраживаним биотопима на свим локалитетима. Анализа доминатности показала се да је ова врста субдоминатна у конвенционалном пољу, примарним и секундарним екосистемима, а субрецидентна у органском пољу. Анализа учесталости показује да је ова врста еуконстантна у примарним и секундарним екосистемима (шуме и ливаде), док је у конвенционалном пољу акцесорна, а у органском пољу акцидентна врста (Табеле 7, 8, 9 и 10). За разлику од осталих врста, има велику способност преживљавања неповољних климатско-еколошких услова.

**Дистрибуција у Србији:** Широм Србије (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2010; Milutinović и сар., 2015a).

**Зоогеографски тип:** Перегринна врста (Csuzdi и сар., 2011).

***Aporrectodea trapezoides* (Duges, 1826)**

*Lumbricus trapezoides* Duges, 1828: 289.

*Aporrectodea (Aporrectodea) caliginosa trapezoides*: Šapkarev, 1988: 20.

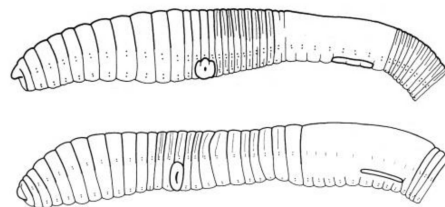
*Allolobophora caliginosa trapezoides*: Stojanović, 1996: 24.

*Aporrectodea caliginosa trapezoides*: Stojanović и Karaman, 2007: 23; Milutinović и сар. 2010: 629.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 59 до 164 mm, ширине је од 4 до 6 mm, састављено од 102 до 188 сегмената. Боје је најчешће у свим нијансама тамносиве до браонкасте.

Простомијум је епилобичан, затворен (1/2). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 8/9 или 9/10. Мушки полни отвори су велики и налазе се између чекиња *b* и *c*, на 14., 15. или 16. сегменту, на добро израженом жлезданом пољу. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете *ab* су увек на жлезданом брадавичастим испупчењима на сегментима 9., 10., 11., 30., 32. и 33., ређе се налазе и на 34. сегменту. Клителум је седластог облика и налази се на сегментима од 26., 27. до 34., а туберкула пубертатис се налази од 31. до 33. сегмента у облику гребена (Слика 26).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17., 1/2 18. и 18. сегменту. Бочна срца су у сегментима од 7. до 12. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су на 10. сегменту. Семене кесе су у сегментима од 9. до 12. Семепријамници су у 9. и 10. или ређе у 10. и 11. сегменту, чији се отвори налазе у интерсегменталној бразди 9/10, 10/11 на линијама чекиња *cd*.



**Слика 26.** Предњи део тела врсте *Aporrectodea trapezoides*  
(Извор: Milutinović, 2014)

**Екологија:** Ендогеична врста, заступљена у шумама и култивисаном земљишту (Milutinović и сар., 2010). Према литературним подацима ова врста показује велики афинитет према влажном земљишту, богатом органским материјалом, чија је рН вредност 4,8-7,5. Најчешћа је у земљиштима лакшег механичког састава на песковитој подлози, док је на каменитој ретко заступљена. Будући да има добро развијене кречњачке жлезде може да опстане и у киселим земљиштима (Stojanović, 1996). Ова врста се појављује у примарним екосистемима као субрецидентна и акцидентна врста, а у секундарним екосистемима као рецидентна и акцесорна (Табеле 9 и 10).

**Дистрибуција у Србији:** Централна (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2010), источна (Stojanović, 1996) и западна Србија (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2015a)

**Зоогеографски тип:** Перегринна врста (Csuzdi и Zicsi, 2003).

#### 4.1.3. Род *Dendrodrilus* Omodeo, 1956

##### *Dendrodrilus rubidus tenuis* (Eisen, 1874)

*Allolobophora tenuis* Eisen, 1874: 31(2): 4.

*Dendrodrilus rubidus tenuis*: Stojanović, 1996: 76.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 14 до 56 mm, ширине је од 2 до 3 mm, састављено од 44 до 123 сегмената. Боје је најчешће љубичасто црвене.

Простомијум је епилобичан (1/2 до 2/3). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 5/6. Мушки полни отвори су јасно уочљиви на 15. сегменту. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су широко парне ( $bc > cd > ab$ ). Хете на 16. сегменту су на жлезданим брадавицама. Клителум се налази на сегментима од 25., 26., 27. до 30., 31., ½ 32., и 32., а туберкула пубертатис од 29. до 30. или је одсутна (Слика 27).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 18. сегменту. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у сегментима 10. И 11. Семене кесе су у сегментима 11. и 12. и без семепријамника.



Слика 27. Предњи део тела врсте *Dendrodrilus rubidus tenuis*

(Извор: Stojanović, 1996)

**Екологија:** Ова врста је најчешће заступљена у земљишту које је богато органским материјама (чешће испод трулог пања, ређе у ђубришту) (Šapkarev, 1978; Plisko, 1973; Mršić, 1988; Zraževskij, 1957; Zajonc, 1981). У централној Србији је пронађена на једном локалитету, у храстовој шуми и то као субрецидентна и акцидентна (Табела 9).

**Дистрибуција у Србији:** Западна и централна Србија (Stojanović, 1996).

**Зоогеографски тип:** Перегринна врста (Stojanović, 1996).

#### 4.1.4. Род *Eisenia* Malm, 1877

##### *Eisenia fetida* (Savigny, 1826)

*Enterion fetidum* Savigny, 1826: 182.

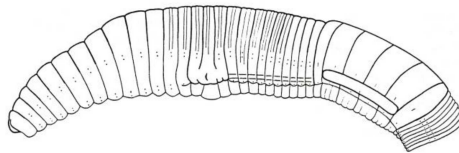
*Eisenia foetida*: Šapkarev, 1972: 76; Šapkarev, 1988: 19; Stojanović, 1996: 82.

*Eisenia fetida*: Mršić, 1991: 497.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 45 до 103 mm, ширине је од 2 до 4 mm, састављено од 60 до 115 сегмената. Боје је најчешће тамноцрвене.

Простомијум је епилобичан (1/2). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 4/5. Мушки полни отвори су јасно уочљиви на 15. сегменту, на жлезданом пољу. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су уско парне ( $aa=bc$ ;  $ab=cd$ ;  $dd=1/2U$ ). Хете на 12. сегменту, као и на клителуму су на жлезданим брадавицама. Клителум је прстенаст и налази на сегментима од 25., 26., 27. до 31. и 32., а туберкула пубертатис од 28., 1/2 28. до 30., 1/2 31. и 31 (Слика 28).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 18. сегменту. Бочна срца су у сегментима од 7 до 12. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у сегментима од 10. до 13. Семене кесе су у сегментима од 9. до 12. Семепријамници су у 9. и 10. сегменту.



**Слика 28.** Предњи део тела врсте *Eisenia fetida*  
(Извор: Milutinović, 2014)

**Екологија:** Епигеична врста (Butt и Lowe, 2011; Szederjesi, 2013), заступљена у баштама и земљиштима богатим органским материјалом (Stojanović, 1996), испод коре дрвећа (Perel, 1997). За ову врсту је карактеристично да се појављује у огромном броју на ђубришту. Ова врста је на подручју централне Србије пронађена само на једном локалитету, у конвенционалном пољу и то као субрецидентна и акцидентна врста (Табела 7).

**Дистрибуција у Србији:** Широм Србије (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2015а).

**Зоогеографски тип:** Перегринна врста (Csuzdi и сар., 2011). Претпоставља се да је њено природно станиште Кавказ у Русији (Perel, 1979).

### ***Eisenia lucens* (Waga, 1857)**

*Lumbricus lucens* Waga, 1857: 161-227.

*Eisenia lucens*: Mršić, 1991: 500; Šarkarev, 1972: 76; Stojanović, 1996: 84; Stojanović и Karaman, 2007: 23; Milutinović и сар., 2010: 630.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 84 до 170 mm, ширине је од 4 до 6 mm, састављено од 80 до 110 сегмената. Боје је најчешће тамноцрвене са пурпурним пругама на дорзалној страни тела.

Простомијум је епилобичан (1/2). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 4/5. Мушки полни отвори су јасно уочљиви на 15. сегменту, на жлезданом пољу. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете уско парне ( $aa=$  или  $<bc$ ;  $ab=cd$ ;  $dd<1/2U$ ). Хете на 10. и 12., као и на 14. и 16. сегменту су на жлезданим брадавицама. Клителум је прстенаст и налази се на сегментима од 26., 27. до 33. и 34, а туберкула пубертатис од 28.,  $\frac{1}{2}$  28. до 32. и 32 (Слика 29).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 19. сегменту. Бочна срца су у сегменту 12. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у сегментима од 11. до 13. Семене кесе су у сегментима од 9. до 12. Семепријамници су у 9. и 10. сегменту.



Слика 29. Предњи део тела врсте *Eisenia lucens*

(Извор: Stojanović, 1996)

**Екологија:** Епигеична врста (Mihailova, 1966; Zicsi и сар., 2011), често присутна у буковим, мешовитим и листопадним шумама, на већим надморским висинама (Szederjesi, 2011; Karaman и Stojanović, 1995). Mršić (1979) наводи да се ова врста сусреће у Алпима у близини планинских извора, док је у Динарском субалпском подручју присутна само у стељи, полураспаднутим и распаднутим пањевима. Ова врста је на подручју централне Србије пронађена у конвенционалном пољу као рецедентна и акцесорна врста (Табела 7), док је у примарном екосистему пронађена као субрецидентна и акцидентна врста (Табела 9).

**Дистрибуција у Србији:** Широм Србије (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2015a).

**Зоогеографски тип:** Централно-европски тип дистрибуције (Csuzdi и сар., 2011), обухвата Пиринеје и Централну Европу од Алпа до Балканског полуострва, распрострањена у свим републикама бивше Југославије, Аустрији, Бугарској, Мађарској, Пољској, Румунији, Словачкој, Украјни, Француској, Шпанији.

#### 4.1.5. Род *Eiseniella* Michaelsen, 1900

##### *Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826)

*Enterion tetraedrum* Savigny, 1826: 184.

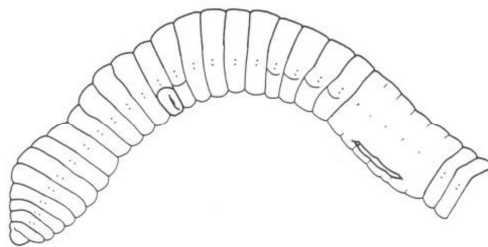
*Eiseniella tetraedra* Šapkarev, 1972: 75.

*Eiseniella tetraedra tetraedra*: Šapkarev, 1988: 21; Stojanović, 1996: 86.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 30 до 92 mm, ширине је од 2 до 4 mm, састављено од 69 до 88 сегмената. Боје је најчешће сивкасто (жућкасто) браон.

Простомијум је епилобичан, отворен (1/2). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 4/5. Мушки полни отвори су јасно уочљиви на 13. сегменту, на жлезданом пољу. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су уско парне ( $aa=cd$ ;  $aa=bc$ ;  $dd=2bc$ ). Клителум се налази на сегментима од 22., 23. до 26., 27., а туберкула пубертатис од 23. до 25., 26 (Слика 30).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. сегменту. Бочна срца су у сегментима од 7. до 12. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у сегменту 10. Семене кесе су у сегментима од 9. до 12. Семепријамници су у 10. и 11. сегменту чији се отвори налазе у интерсегменталној бразди 9/10, 10/11.



Слика 30. Предњи део тела врсте *Eiseniella tetraedra*  
(Извор: Milutinović, 2014)

**Екологија:** Епигеична врста (Szederjesi, 2013) налази се у влажном земљишту, испод камења и поред река (Milutinović и сар., 2010). Посебно јој одговарају влажна земљишта на серпентинској подлози и на надморској висини изнад 800m (Stojanović, 1996). У централној Србији је нађена само у храстовој шуми и то као субрецидентна и акцидентна врста (Табела 9).

**Дистрибуција у Србији:** Централна (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2010), источна Србија (Stojanović, 1996), западна Србија (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2015a).

**Зоогеографски тип:** Перегрина врста (Csuzdi и сар., 2011).

#### 4.1.6. Род *Lumbricus* Linnaeus, 1758

##### *Lumbricus castaneus* (Savigny, 1826)

*Enterion castaneum* Savigny, 1826: 180.

*Lumbricus castaneus*: Stojanović, 1996: 95.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 24 до 70 mm, ширине је од 3,5 до 4 mm, састављено од 50 до 105 сегмената. Боје је најчешће браон-љубичасте или тамноцрвене (са јако преливајућим бојама).

Простомијум је танилобичан. Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 5/6, 6/7 и 7/8. Мушки полни отвори су јасно уочљиви на 15. сегменту, без жлезданог поља. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете уско парне ( $aa=bc$ ;  $dd=1/2U$ ). Хете  $a$  и  $b$  су на жлезданим брадавичастим испупчењима на сегментима 9 и 10 или 10 и 11. Клителум се налази на сегментима од 28. до 33., а туберкула пубертатис од 29. до 32.,  $1/n$  33 (Слика 31).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 19. сегменту. Последњи пар езофагалног срца завршава се у сегменту 11. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у сегментима од 10. до 12. Семене кесе су у сегментима 9., 11. и 12. Поседују два пара семепријемника у 9. и 10. сегменту.





Слика 31. Предњи део тела врсте *Lumbricus castaneus*

(Извор: Stojanović, 1996)

**Екологија:** Према литературним подацима (Šapkarev, 1978), ова врста је често присутна у планинским подручјима. У централној Србији је пронађена само на конвенционалном пољу и то као субрецидентна и акцидентна врста (Табела 7).

**Дистрибуција у Србији:** Златибор, Јабланица, Кукавица (Stojanović, 1996).

**Зоогеографски тип:** Перегринна врста (Stojanović, 1996).

### *Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843

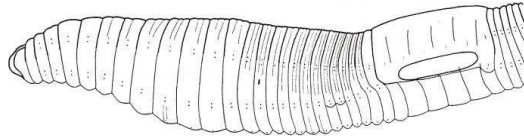
*Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843: 187.

*Lumbricus rubellus*: Šapkarev, 1972: 82; Šapkarev, 1988: 21; Mršić, 1991: 474; Stojanović, 1996: 99; Stojanović и Karaman, 2007: 23; Milutinović и сар., 2010: 630.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 60 до 128 mm, ширине је од 3,5 до 6 mm, састављено од 89 до 138 сегмената. Боје је најчешће тамноцрвене.

Простомијум је танилобичан. Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 7/8 (ређе 5/6 или 6/7). Мушки полни отвори су слобо уочљиви на 15. сегменту, без жлезданог поља. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су уско парне ( $aa < bc$ ;  $ab > cd$ ;  $dd = 1/2U$ ). Клителум се налази на сегментима од 26., 27. до 32., а туберкула пубертатис од 27.,  $1/2$  27., 28 до 31,  $1/2$  32. и 32 (Слика 32).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 18. сегменту. Бочна срца су у сегментима од 6. до 11. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у сегментима 10., 11. и 12. Семене кесе су у сегментима 9., 11. и 12. Семепријамници су у сегментима 9. и 10.



**Слика 32.** Предњи део тела врсте *Lumbricus rubellus*  
(Извор: Milutinović, 2014)

**Екологија:** Епи-ендогеична врста (Szederjesi, 2013), налази се у шумама, култивисаном земљишту, на ливадама, поред река и потока (Milutinović и сар., 2010). Овој врсти посебно одговарају дистрични камбисоли рендзине, на серпентинској подлози на надморској висини од 500-800m (Stojanović, 1996). На подручју централне Србије је широко заступљена, регистрована је на свим локалитетима, осим у конвенционалном пољу. Када је доминантност у питању ова врста је рецедентна, а када је у питању учесталост ова врста је константна у примарним екосистемима, акцесорна у секундарним екосистемима и акцидентна у органском пољу (Табеле 8, 9 и 10).

**Дистрибуција у Србији:** Широм Србије (Šapkarev, 1980; Mršić, 1991; Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2010; Milutinović и сар., 2015a).

**Зоогеографски тип:** Перегрина врста (Csuzdi и сар., 2011).

#### 4.1.7. Род *Octolasion* Örley, 1885

##### *Octolasion lacteum* (Örley, 1881)

*Lumbricus terrestris* var. *lacteus* Orley, 1881: 584.

*Octolasion lacteum*: Šapkarev, 1988: 19; Stojanović 1996: 106.

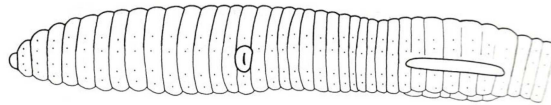
*Octolasion lacteum*: Mršić 1991: 347.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 40 до 212 mm, ширине је од 3 до 8 mm, састављено од 127 до 302 сегмента. Боје је најчешће млечнобеле, а ређе тамносиве.

Простомијум је епилобичан, отворен (1/2-2/3). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди 8/9-11/12. Мушки полни отвори су на 15. сегменту, или слабо

уочљиви или јасно уочљиви на жлезданом пољу. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су у предњем (предклитералном) делу тела уско парне ( $aa=1 \frac{2}{3}bc$ ;  $bc>ab>cd$ ;  $dd>1/2U$ ) а у задњем (постклитералном) делу широко парне ( $aa>ab>bc>cd$ ;  $dd<1/2U$ ). Клителум се налази на сегментима од 30. до 35., а туберкула пубертатис од  $\frac{1}{2}$  30., 31. до 34.,  $\frac{1}{2}$  35 (Слика 33).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 18. Бочна срца су у сегментима од 7. до 12. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у сегменту 10. Семене кесе су у сегментима од 9. до 12. Семепријамници су у сегментима 10. и 11., чији се отвори налазе у интерсегменталној бразди 9/10, 10/11.



**Слика 33.** Предњи део тела врсте *Octolasion lacteum*  
(Извор: Milutinović, 2014)

**Екологија:** Ендогеична врста (Pop и Pop, 2004; Zicsi и сар., 2011), заступљена у култивисаном земљишту али и у влажним шумским и ливадским земљиштима богатим кречњаком (Milutinović и сар., 2010). Zicsi (1959) наводи да је ова врста индикатор земљишта богатог калцијумом али само уколико се налази у дубљим слојевима али не и уколико се налази у површинским слојевима (Stojanović, 1996). На подручју централне Србије је пронађена у примарним и секундарним екосистемима, и то као субдоминантна и константна и субрецендна и акцидентна врста (Табеле 9 и 10).

**Дистрибуција у Србији:** Широм Србије (Stojanović, 1996; Milutinović и сар., 2010; Milutinović и сар., 2015a).

**Зоогеографски тип:** Перегринна врста (Csuzdi и сар., 2011).

#### 4.1.8. Род *Proctodrilus* Zicsi, 1985

##### *Proctodrilus antipai* (Michaelsen, 1891)

*Allolobophora antipae* Michaelsen, 1891: 16.

*Proctodrilus antipae*: Stojanović, 1996: 113.

*Proctodrilus antipae antipae*: Milutinović и сар., 2010: 631.

**Спољашње морфолошке карактеристике:** Тело је дуго од 24 до 68 mm, ширине је од 2 до 3 mm, састављено од 98 до 106 сегмента. Боје је у сиво белим нијансама.

Простомијум је епилобичан отворен ( $1/3-1/2$ ). Прва дорзална пора је на интерсегменталној бразди  $4/5$ . Мушки полни отвори су на 15. сегменту, око којих се налази жлездано поље, које заузима сегменте од 14. до 16. Женски полни отвори су на 14. сегменту. Хете су уско парне ( $aa > bc$ ;  $dd = 1/2U$ ). Хете  $a$  и  $b$  су на жлезданим брадавичастим испупчењима на сегментима 10 и 12, као и на клитералним сегментима. Клителум се налази на сегментима од 25., 26., 27. до 33., а туберкула пубертатис од 30. до 31 (Слика 34).

**Унутрашње морфолошке карактеристике:** Жлездани желудац је у сегментима 15 и 16, а мускуларни желудац у 17. и 18. Бочна срца су у сегментима од 7. до 11. Моренове жлезде (кречњачке жлезде) су у сегментима од 10. до 13. Поседују два пара семених кеса у сегментима 11 и 12. Поседују два пара семепријемника у 10. и 11. сегменту, чији се отвори налази у бразди  $9/10$  и  $10/11$ .



Слика 34. Предњи део тела врсте *Proctodrilus antipai*

(Извор: Stojanović, 1996)

**Екологија:** Ово је врста која живи у површинском слоју земље, у зони стеље. Према литературним наводима (Černosvitov, 1935; Šapkarev, 1978; Plisko, 1973; Zajonc,

1975; Zicsi, 1984) ова врста се сусреће у нижим пределима, у земљишту које је богато органским материјалом. Преферира кречњачка земљишта. Често је присутна у култивисаним биотопима али и у листопадним шумама. У централној Србији је пронађена у конвенционалном и органском пољу и то као субрецидентна и акцидентна врста (Табеле 7 и 8).

**Дистрибуција у Србији:** Централна и Јужна Србија (Stojanović, 1996).

**Зоогеографски тип:** Углавном централно-европски тип (Csuzdi и сар., 2011), распрострањена у свим републикама бивше Југославије, Аустрији, Белгији, Бугарској, Грчкој, Италији, Корзици, Мађарској, Молдавији, Немачкој, Пољској, Румунији, Словачкој, Украјини, Холандији, Чешкој, Швајцарској, Северној Африци.

Теренским радом на овој студији, на истраживаним локалитетима централне Србије, у 160 сакупљених узорака (2190 јединки), регистровано је 16 таксона (Додатак 1). Нашим истраживањима утврђено је присуство три таксона који раније нису била констатована на просторима централне Србије, тако да данас фауна лумбрицида овог простора броји 47 таксона. У Табели 4 дата је коначна листа лумбрицида овог подручја са типом зоогеографске дистрибуције.

**Табела 4.** Коначна листа Lumbricidae централне Србије и зоогеографски типови

Врсте	Šapkarev, 1982, 1988, 1989	Mršić, 1991	Stojanović, 1996; Stojanović и Karaman, 2007; Stojanović и сар., 2008	Наши подаци	Зоогеографски типови
<i>Allolobophora chlorotica</i> (Savigny, 1826)	+		+		Перегрини
<i>Allolobophora dofleini</i> (Ude, 1922)			+		Ендем
<i>Allolobophora kosowensis</i> Karaman, 1968			+		Ендем
<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	+		+	+	Транс-егејска
<i>Allolobophora paratuleskovi</i> Šapkarev, 1975			+		Ендем
<i>Allolobophora parva</i> (Eisen, 1874)				+	Перегрини
<i>Allolobophora serbica</i> (Šapkarev, 1977)			+	+	Ендем
<i>Allolobophora spasijakaramani</i> (Blakemore, 2004)			+	+	Ендем
<i>Apporectodea caliginosa</i> (Savigny, 1828)	+		+		Перегрини
<i>Aporrectodea cemernicensis</i> Mršić, 1991				+	Ендем
<i>Aporrectodea dubiosa</i> (Oerley, 1881)	+				Транс-егејска
<i>Aporrectodea georgii</i> (Michaelsen, 1890)			+		Атланско-медиџеранска
<i>Aporrectodea handlirschi</i> (Rosa, 1897)			+		Транс-егејска
<i>Aporrectodea jassyensis</i> (Michaelsen, 1891)	+		+	+	Транс-егејска
<i>Apporectodea macvensis</i> (Šapkarev, 1986)			+		Ендем
<i>Apporectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	+	+	+	+	Перегрини
<i>Apporectodea sineporis</i> (Omodeo, 1952)			+		Алпско-балканска
<i>Aporrectodea smaragdina</i> (Rosa, 1892)			+		Централно-европска
<i>Apporectodea trapezoids</i> (Duges, 1828)	+		+	+	Перегрини
<i>Dendrobaena alpina</i> (Rosa, 1844)			+		Алпско-балканска
<i>Dendrobaena attemsi</i> (Michaelsen, 1902)			+		Алпско-балканска
<i>Dendrobaena byblica</i> (Rosa, 1893)			+		Приближно медиџеранска
<i>Dendrobaena hortensis</i> (Michaelsen, 1890)			+		Перегрини

<i>Dendrobaena jastrebensis</i> Mršić, Šapkarev, 1987			+	Ендем
<i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826)			+	Перегринна
<i>Dendrobaena serbica</i> Karaman, 1973		+	+	Ендем
<i>Dendrobaena vejdvoskyi</i> (Cernosvitov, 1935)			+	Алпско-балканска
<i>Dendrobaena veneta</i> (Rosa, 1885)			+	Перегринна
<i>Dendrodriulus rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826)			+	Перегринна
<i>Dendrodriulus rubidus subrubicunda</i> (Eisen, 1874)	+		+	Перегринна
<i>Dendrodriulus rubidus tenuis</i> (Eisen, 1874)			+	Перегринна
<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	+		+	Перегринна
<i>Eisenia lucens</i> (Wage, 1857)			+	Перегринна
<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	+		+	Централно-европска
<i>Fitzingeria platyura platyura</i> (Fitzinger, 1833)			+	Перегринна
<i>Helodrilus cernosvitovianus</i> (Zicsi, 1967)			+	Централно-европска
<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny, 1826)			+	?
<i>Lumbricus polyphemus</i> (Fitzinger, 1833)		+	+	Перегринна
<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	+		+	Централно-европска
<i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus, 1758	+	+	+	Перегринна
<i>Octolasion cyaneum</i> (Savigny, 1826)			+	Перегринна
<i>Octolasion lacteum</i> (Oerley, 1881)	+	+	+	Перегринна
<i>Octodrilus complanatus</i> (Duges, 1828)			+	Приближно медитеранска
<i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884)	+		+	Транс-егејска
<i>Proctodrilus antipae</i> (Michaelsen, 1891)			+	Централно-европска
<i>Proctodrilus tuberculatus</i> (Cernosvitov, 1935)			+	Транс-егејска
<i>Proctodrilus opistoductus</i> Zicsi, 1985		+	+	Алпско-балканска

## 4.2. Квалитативно-квантитативни састав лумбрицида у истраживаним екосистемима

Наши резултати показују да сваки истраживани екосистем има другачији квалитативни и квантитативни састав врста. Према врсти географске дистрибуције, 9 врста су перегрине, транс-егејском типу и централно-европском типу припадају по две врсте, док су три врсте из категорије ендема (*Allolobophora serbica*, *Allolobophora spasenijakaramani*, *Aporrectodea cemernicensis*). Највеће богатство врста је регистровано у примарним екосистемима, са 12 врста. Највећи број регистрованих врста ових екосистема припада родовима *Allolobophora* и *Aporrectodea* (по 4 таксона). Две врсте су заједничке за све екосистеме и то су: *Allolobophora leoni* и *Aporrectodea rosea*, али је њихова бројност различита (Табела 5), док је врста *Lumbricus rubellus* пронађена на три локалитета (није констатована у ковенционалном пољу).



**Табела 5.** Листа просечних вредности лумбрицидних врста нађених у истраживаним екосистемима

Бр.	Врсте	Еколошке категорије	Вештачки екосистеми		Природни екосистеми	
			КП	ОП	Шуме	Ливаде
1.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	Ендогеична	9	28,52	0,78	36,33
2.	<i>Allolobophora parva</i> (Eisen, 1874)	Епигеична			0,39	
3.	<i>Allolobophora serbica</i> (Šapkarev, 1977)	Ендогеична			1,56	
4.	<i>Allolobophora spasenijakaramani</i> (Blakemore, 2004)	Анецична			0,39	0,39
5.	<i>Aporrectodea cemernicensis</i> Mršić, 1991	Ендогеична			0,39	
6.	<i>Aporrectodea jassyensis</i> (Michaelsen, 1891)	Ендогеична	0,20			
7.	<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	Ендогеична	6,26	1,17	41,80	22,65
8.	<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Duges, 1826)	Ендогеична			2,34	9,39
9.	<i>Dendrodrilus rubidus tenuis</i> (Eisen, 1874)	Епигеична			0,78	
10.	<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	Епигеична	0,20			
11.	<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)	Епигеична	5,27		0,39	
12.	<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	Епигеична			0,39	
13.	<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny, 1826)	Епигеична	0,20			
14.	<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	Епигеична		6,64	17,98	9,77
15.	<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881)	Епигеична			23,43	3,51
16.	<i>Proctodrilus antipai</i> (Michaelsen, 1891)	Ендогеична	1,37	3,52		

КП – конвенционално поље; ОП – органско поље

Број сакупљених адултних јединки у конвенционалном пољу по проби је био мањи у односу на органско поље. Такође, у секундарним екосистемима број адултних јединки је био мањи у односу на примарне екосистеме (Табела 6). Током пролећа је сакупљено 149,61 адултних јединки по проби, а током јесени 147,64 јединке по проби. Највећа густина адулта је била током јесење сезоне 2016. године у примарним екосистемима (46,48 јединки), а најмања током јесење сезоне 2014. године у конвенционалном пољу (7,03 јединке) (Табела 6).

Број јувенилних јединки у конвенционалном пољу по проби је био мањи у односу на органско поље. Такође, у примарним екосистемима број јувенилних јединки је био мањи у односу на секундарне екосистеме (Табела 6). Током пролећа је сакупљено 197,27 јувенилних јединки по проби, а током јесени 360,94 јединки по проби. Највећа густина јувенила је била током јесење сезоне 2016. године у секундарним екосистемима (142,97

јединки), а најмања током пролећа 2015. године у конвенционалном пољу (7,42 јединке) (Табела 6).

Број јувенилних јединки је био већи у односу на број адулта у свим екосистемима, осим у примарним екосистемима (Табела 6). Однос јувенила и адулта је био највећи у органском пољу током јесени (5,06), а најмањи у примарним екосистемима током јесени (0,76) (Табела 6).

У органском пољу и секундарним екосистемима, у свим сезонама, највећу густину је имала врста *A. leoni* (Табела 8 и Табела 10), као и у конвенционалном пољу, осим јесење сезоне 2015. године, када је највећу густину имала врста *Eisenia lucens* (Табела 7). У конвенционалном пољу, током пролећа 2015. године поред *A. leoni*, исте вредности за густину има и врста *Ap. rosea*. У примарним екосистемима, највећу густину је имала врста *Ap. rosea*, док је у јесењој сезони то врста *Octolasion lacteum* (Табела 9).

Врста *A. leoni* је најдоминантнија и најфреквентнија у органском пољу и у секундарним екосистемима (Табела 8 и Табела 10), као и у конвенционалном пољу у сезони јесен 2014. године и пролеће 2015. године (Табела 7). Врста *Ap. rosea* најдоминантнија и најфреквентнија у конвенционалном пољу у сезони пролеће 2014. и 2015. године и у примарним екосистемима у сезони пролеће 2016. године. *E. lucens* је најдоминантнија у конвенционалном пољу у сезони јесен 2015. године, док је најфреквентнија *A. leoni* (Табела 7). *O. lacteum* је најдоминантнија и најфреквентнија у примарним екосистемима у сезони јесен 2016. године (Табела 9).

Према класификацији еколошких категорија, 8 врста су епигеичне, 7 врста су ендегичне и само једна врста је анецична. Иако бројније, епигеичне врсте су представљене малим бројем јединки (Табела 5).

**Табела 6.** Просечна бројност различитих стадијума лумбрицида по сезонама

	ПРОЛЕЋЕ						ЈЕСЕН					
	2014.		2015.		2016.		2014.		2015.		2016.	
	КП	ОП	КП	ОП	Шуме	Ливаде	КП	ОП	КП	ОП	Шуме	Ливаде
Адулти	8,2	26,17	9,77	23,44	44,14	37,89	7,03	21,09	19,92	8,98	46,48	44,14
Јувенили	28,91	33,2	7,42	24,61	41,41	61,72	25	60,16	32,42	65,23	35,16	142,97
Укупно	37,11	59,37	17,19	48,05	85,55	99,61	32,03	81,25	52,34	74,21	81,64	187,11
Ј/А	3,52	1,27	0,76	1,05	0,93	1,63	3,56	2,85	1,63	7,26	0,76	3,24
К.с.	4	4	6	4	6	5	3	4	4	4	10	5

КП – конвенционално поље; ОП – органско поље; Ј/А-однос јувенилних и адултних стадијума; К.с.-квантитативни састав

Табела 7. Структура лумбрицидне фауне на конвенционалном пољу

Биотоп	Сезона/година	Врста	N	Густина	D%	F%	Јувенилне јединке
Конвенционално поље	Пролеће 2014.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	6	2,34	28,57%	31,25%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	10	3,91	47,62%	37,5%	
		<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)	4	1,56	19,05%	18,75%	
		<i>Lumbricus castaneus</i> (Savigny, 1826)	1	0,39	4,76%	6,25%	
		Σ	21	8,2	100%	93,75%	
	Јесен 2014.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	13	5,08	72,22%	62,5%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	2	0,78	11,11%	12,5%	
		<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)	3	1,17	16,67%	18,75%	
		Σ	18	7,03	100%	93,75%	
	Пролеће 2015.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	10	3,91	40%	62,5%	
		<i>Aporrectodea jassyensis</i> (Michaelsen, 1891)	1	0,39	4%	6,25%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	10	3,91	40%	50%	
		<i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826)	1	0,39	4%	6,25%	
		<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)	1	0,39	4%	6,25%	
		<i>Proctodrilus antipai</i> (Michaelsen, 1891)	2	0,78	8%	6,25%	
		Σ	25	9,77	100%	137,5%	
	Јесен 2015.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	17	6,64	33,33%	68,75%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	10	3,91	19,61%	43,75%	
		<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)	19	7,42	37,26%	56,25%	
		<i>Proctodrilus antipai</i> (Michaelsen, 1891)	5	1,95	9,80%	18,75%	
Σ		51	19,92	100%	187,5%	32,42	

Табела 8. Структура лумбрицидне фауне на органском пољу

Биотоп	Сезона/година	Врста	N	Густина	D%	F%	Јувенилне јединке
Органско поље	Пролеће 2014.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	36	14,06	53,73%	81,25%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	2	0,78	2,99%	12,5%	
		<i>Lumbricus rubellus Hoffmeister, 1843</i>	20	7,81	29,85%	31,25%	
		<i>Proctodrilus antipai</i> (Michaelsen, 1891)	9	3,52	13,43%	37,5%	
		Σ	67	26,17	100%	162,5%	
	Јесен 2014.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	42	16,41	77,78%	93,75%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	2	0,78	3,70%	12,5%	
		<i>Lumbricus rubellus Hoffmeister, 1843</i>	7	2,73	12,96%	31,25%	
		<i>Proctodrilus antipai</i> (Michaelsen, 1891)	3	1,17	5,56%	18,75%	
		Σ	54	21,09	100%	156,25%	
	Пролеће 2015.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	49	19,14	81,67%	100%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	1	0,39	1,67%	6,25%	
		<i>Lumbricus rubellus Hoffmeister, 1843</i>	6	2,35	10%	25%	
		<i>Proctodrilus antipai</i> (Michaelsen, 1891)	4	1,56	6,67%	25%	
		Σ	60	23,44	100%	156,25%	
	Јесен 2015.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	19	7,42	82,61%	56,25%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	1	0,39	4,35%	6,25%	
		<i>Lumbricus rubellus Hoffmeister, 1843</i>	1	0,39	4,35%	6,25%	
		<i>Proctodrilus antipai</i> (Michaelsen, 1891)	2	0,78	8,70%	12,5%	
		Σ	23	8,98	100%	81,25%	

Табела 9. Структура лумбрицидне фауне у примарним екосистемима (шуме)

Биотоп	Сезона/година	Врста	N	Густина	D%	F%	Јувенилне јединке
Примарни екосистем (шуме)	Пролеће 2016.	<i>Allolobophora serbica</i> (Šapkarev, 1977)	2	0,78	1,77%	12,5%	
		<i>Allolobophora spasenijakaramani</i> (Blakemore, 2004)	1	0,39	0,88%	6,25%	
		<i>Aporrectodea cemernicensis</i> Mršić, 1991	1	0,39	0,88%	6,25%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	62	24,22	54,87%	93,75%	
		<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	41	16,02	36,28%	93,75%	
		<i>Octolasion lacteum</i> (Öerley, 1881)	6	2,34	5,32%	37,5%	
		Σ	113	44,14	100%	249,5%	
	Јесен 2016.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	2	0,78	1,68%	6,25%	
		<i>Allolobophora parva</i> (Eisen, 1874)	1	0,39	0,84%	6,25%	
		<i>Allolobophora serbica</i> (Šapkarev, 1977)	2	0,78	1,68%	12,5%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	45	17,58	37,82%	75%	
		<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Duges, 1826)	6	2,34	5,04%	12,5%	
		<i>Dendrodrilus rubidus tenuis</i> (Eisen, 1874)	2	0,78	1,68%	12,5%	
		<i>Eisenia lucens</i> (Waga, 1857)	1	0,39	0,84%	6,25%	
		<i>Eiseniella tetraedra</i> (Savigny, 1826)	1	0,39	0,84%	6,25%	
		<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	5	1,96	4,20%	25%	
		<i>Octolasion lacteum</i> (Öerley, 1881)	54	21,09	45,38%	93,75%	
	Σ	119	46,48	100%	256,25%	35,16	

**Табела 10.** Структура лумбрицидне фауне у секундарним екосистемима (ливаде)

Биотоп	Сезона/година	Врста	N	Густина	D%	F%	Јувенилне јединке
Секундарни екосистем (ливаде)	Пролеће 2016.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	47	18,36	48,45%	100%	
		<i>Allolobophora spasenijakaramani</i> (Blakemore, 2004)	1	0,39	1,04 %	6,25%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	22	8,59	22,68%	81,25%	
		<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	24	9,38	24,74%	81,25%	
		<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881)	3	1,17	3,09%	18,75%	
		Σ	97	37,89	100%	287,5%	
	Јесен 2016.	<i>Allolobophora leoni</i> (Michaelsen, 1891)	46	17,97	40,71%	93,75%	
		<i>Aporrectodea rosea</i> (Savigny, 1826)	36	14,06	31,86%	81,25%	
		<i>Aporrectodea trapezoides</i> (Duges, 1826)	24	9,39	21,24%	62,5%	
		<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843	1	0,39	0,88%	6,25%	
		<i>Octolasion lacteum</i> (Örley, 1881)	6	2,34	5,31%	18,75%	
		Σ	113	44,14	100%	262,5%	

Истраживање богатства лумбрицида захтева основно разумевање абундантности, дистрибуције и броја присутних врста. Будући да су истражени различити екосистеми са подручја централне Србије, ми смо извршили анализу уз помоћ индекса биодиверзитета који представљају математичку меру за разноврсност врста у заједници (Shannon-Weaver, Evennes, Simpsonov, Margalef), индекса различитости (Jaccard) и композитног индекса (IndVal).

Највећа вредност информационог индекса ( $H_i$ ) у конвенционалном пољу је израчуната за сезону пролеће 2015. године, док је Симпсонов индекс ( $S$ ) показао већу разноврсност током јесени 2015. године. Такође, индекс уједначености ( $e$ ) има највећу вредност током јесени 2015. године. Маргалевов индекс ( $M$ ) има највећу вредност у сезони пролеће 2015. У конвенционалном пољу информациони индекси имају високе вредности, осим сезоне јесен 2014. године, где је вредност овог индекса средња. Вредности индекса уједначености су високе. Симпсонов индекс је ближи 1, осим у сезони јесен 2014, што показује заједницу са више врста али са ниском абундантношћу (Табела 11).

У органском пољу у сезони пролеће 2014. године израчунате су највеће вредности за информациони индекс ( $H_i$ ), Симпсонов индекс ( $S$ ), као и за индекс уједначености ( $e$ ). Највећа вредност за Маргалевов индекс је израчуната за јесен 2015. године. У органском пољу информациони индекси имају средње вредности, осим сезоне пролеће 2014. године, где је вредност овог индекса висока. Вредности индекса уједначености су високе. Симпсонов индекс је ближи 0, осим у сезони пролеће 2014, што показује заједницу са мање врста од којих је једна јасно доминантна (Табела 11).

У примарним и секундарним екосистемима вредности свих индекса су веће током јесење сезоне у односу на пролећну, осим Маргалевовог индекса ( $M$ ), чија је вредност већа у пролећној сезони у секундарним екосистемима. Информациони индекси имају високе вредности, као и индекси уједначености. Симпсонов индекс је ближи 1, што показује заједницу са више врста али са ниском абундантношћу (Табела 12).



**Табела 11.** Вредности коришћених индекса за агроекосистеме током сезона

	Пролеће 2014.				Јесен 2014.				Пролеће 2015.				Јесен 2015.			
	Hi	e	S	M	Hi	e	S	M	Hi	e	S	M	Hi	e	S	M
Конвенционално поље	<b>1,18</b>	<b>1,96</b>	<b>0,69</b>	<b>0,47</b>	<b>0,77</b>	<b>1,61</b>	<b>0,46</b>	<b>0,37</b>	<b>1,33</b>	<b>1,71</b>	<b>0,70</b>	<b>0,66</b>	<b>1,29</b>	<b>2,14</b>	<b>0,72</b>	<b>0,20</b>
Органско поље	<b>1,07</b>	<b>1,78</b>	<b>0,61</b>	<b>0,15</b>	<b>0,74</b>	<b>1,23</b>	<b>0,38</b>	<b>0,18</b>	<b>0,65</b>	<b>1,08</b>	<b>0,32</b>	<b>0,17</b>	<b>0,63</b>	<b>1,05</b>	<b>0,32</b>	<b>0,43</b>

Hi-информациони индекс; e-индекс уједначености; S-Симсонов индекс; M-Маргалевов индекс

**Табела 12.** Вредности коришћених индекса за природне екосистеме током сезона

	Пролеће 2016.				Јесен 2016.			
	Hi	e	S	M	Hi	e	S	M
Примарни екосистеми (шуме)	<b>1,01</b>	<b>1,30</b>	<b>0,57</b>	<b>0,15</b>	<b>1,34</b>	<b>1,34</b>	<b>0,65</b>	<b>0,25</b>
Секундарни екосистеми (ливаде)	<b>1,20</b>	<b>1,72</b>	<b>0,66</b>	<b>0,14</b>	<b>1,26</b>	<b>1,80</b>	<b>0,70</b>	<b>0,12</b>

Hi-информациони индекс; e-индекс уједначености; S-Симсонов индекс; M-Маргалевов индекс

За одређивање индикаторских врста коришћен је композитни индекс (IndVal) (Табела 13). Врста *A. leoni* је индикаторска врста ( $\text{IndVal} \geq 25\%$ ) у свим екосистемима, осим шумском., као и у конвенционалном пољу током пролећа 2014. године и током јесени 2015. године. *Aporrectodea rosea* је индикаторска врста у примарним екосистемима током обе сезоне, као и у секундарним екосистемима током јесени 2016. године. У примарним екосистемима током пролећа 2016. године индикаторска врста је и *L. rubellus*, а током јесени 2016. године индикаторска врста је и *O. lacteum*. Тако да, примарни екосистеми (током обе сезоне) и секундарни екосистеми током јесење сезоне 2016. године имају по две индикаторске врсте (Табела 13).

У конвенционалном пољу највећа вредност Жакардове дистанце је била 0,50, у сезони пролеће 2015. године, између врста *Proctodrilus antipai* и *E. lucens*. У органском пољу највећа вредност Жакардове дистанце је била 0,68, у сезони пролеће 2014. године, између врста *P. antipai* и *A. leoni*. У примарним екосистемима највећа вредност Жакардове дистанце је била 0,53, у сезони пролеће 2016. године, између врста *Ap. rosea* и *L. rubellus*, затим 0,59, у сезони јесен 2016. године, између врста *Ap. rosea* и *O. lacteum*. У секундарним екосистемима у сезони пролеће 2016. године, највећа вредност Жакардове дистанце је била 0,54, између врста *Ap. rosea* и *L. rubellus*, и 0,55, између врсте *A. leoni* са врстама *Ap. rosea* и *L. rubellus*. У сезони пролеће 2016. године, највећа вредност Жакардове дистанце је била 0,54, између врста *A. leoni* и *Ap. rosea*.

Табела 13. Вредности IndVal

Врсте	Пролеће 2014.		Јесен 2014.		Пролеће 2015.		Јесен 2015.		Пролеће 2016.		Јесен 2016.	
	КП	ОП	КП	ОП	КП	ОП	КП	ОП	Шуме	Ливаде	Шуме	Ливаде
<i>A. leoni</i>	8,93	43,66	45,14	72,92	25	81,67	22,92	46,47		48,45	0,11	38,16
<i>A. parva</i>											0,05	
<i>A. serbica</i>									0,22		0,21	
<i>A. spasienjakaramani</i>									0,06	0,06		
<i>Ap. cemernicensis</i>									0,06			
<i>Ap. jassyensis</i>					0,25							
<i>Ap. rosea</i>	17,86	0,37	1,39	0,46	2,5	0,42	8,58	0,27	51,44	18,43	28,36	25,88
<i>Ap. trapezoides</i>											0,63	13,27
<i>D. rubidus tenuis</i>											0,21	
<i>E. fetida</i>					0,25							
<i>E. lucens</i>	3,57		3,13		0,25		20,96				0,05	
<i>E. tetraedra</i>											0,05	
<i>L. castaneus</i>	0,30											
<i>L. rubellus</i>		9,33		4,05		0,42		0,27	34,02	20,10	1,05	0,06
<i>O. lacteum</i>									1,33	0,58	42,54	1,00
<i>P. antipai</i>		5,04		1,04	0,5	0,42	1,84	1,09				

КП – конвенционално поље; ОП – органско поље

### 4.3. Ефекти пестицида на врсту *Eisenia fetida* (Savigny 1826) у лабораторијским условима

Сваки од пестицида, који је процењиван коришћењем вештачког тест земљишта, показао је другачији степен токсичности на врсту *E. fetida*. Једино је у контролним третманима било 100% преживелих кишних глиста евидентираних до краја експеримената.

#### 4.3.1. Ефекти појединачних пестицида на врсту *Eisenia fetida* у лабораторијским условима

##### Ципкорд (активна материја: циперметрин)

У прве две недеље није било смртности ни у једној концентрацији, тако да је израчунана  $LC_{50}$  вредност износила  $3,12 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , што је више од највише концентрације која је коришћена.

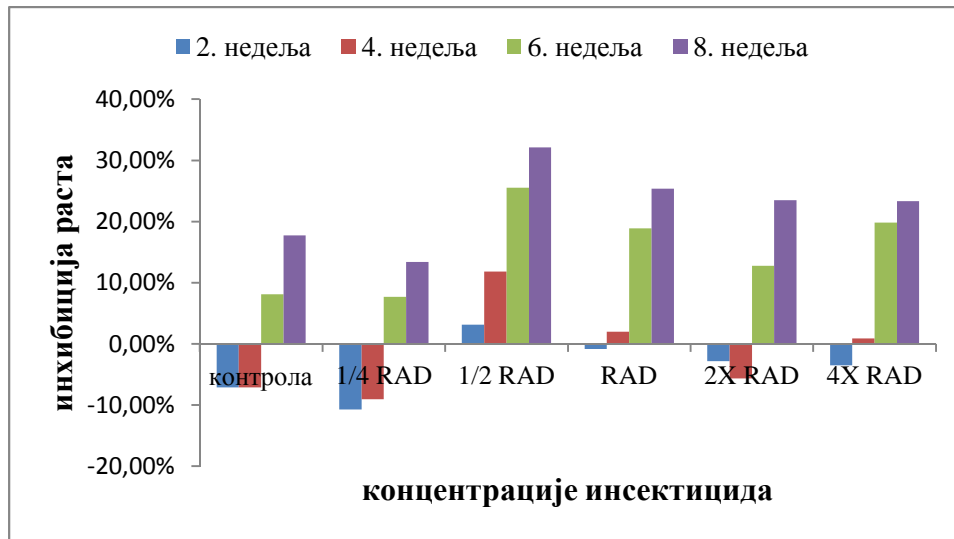
Током прве две недеље, у свим третираним групама, дошло је до пораста тежине кишних глиста, у поређењу са њиховим почетним тежинама у тим истим третманима. Све до шесте недеље није било статистички значајне разлике између третмана и контроле. У шестој недељи, где је средња тежина била између 275 mg и 308 mg, постојала је статистички значајна разлика ( $p < 0,05$ ) између концентрација RAD, 2X RAD и 4X RAD и контроле. Након осам недеља, глисте су имале просечну тежину између 258 mg и 270 mg. Статистичке анализе су показале значајну разлику у свим концентрацијама, осим у најнижој концентрацији (1/4 RAD) у поређењу са контролом (Табела 14).

**Табела 14.** Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Ципкорду током осам недеља

Ципкорд	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	395±21	423±21	423±22	363±33	325±17
1/4 RAD	298±36	330±41	325±57	275±70	258±59
1/2 RAD	380±42	368±57	335±66	283±66	258±54 <sup>a</sup>
RAD	355±19	358±51	348±38	288±25 <sup>a</sup>	265±31 <sup>a</sup>
2X RAD	353±30	363±32	373±15	308±13 <sup>a</sup>	270±29 <sup>a</sup>
4X RAD	343±32	355±33	340±29	275±31 <sup>a</sup>	263±49 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

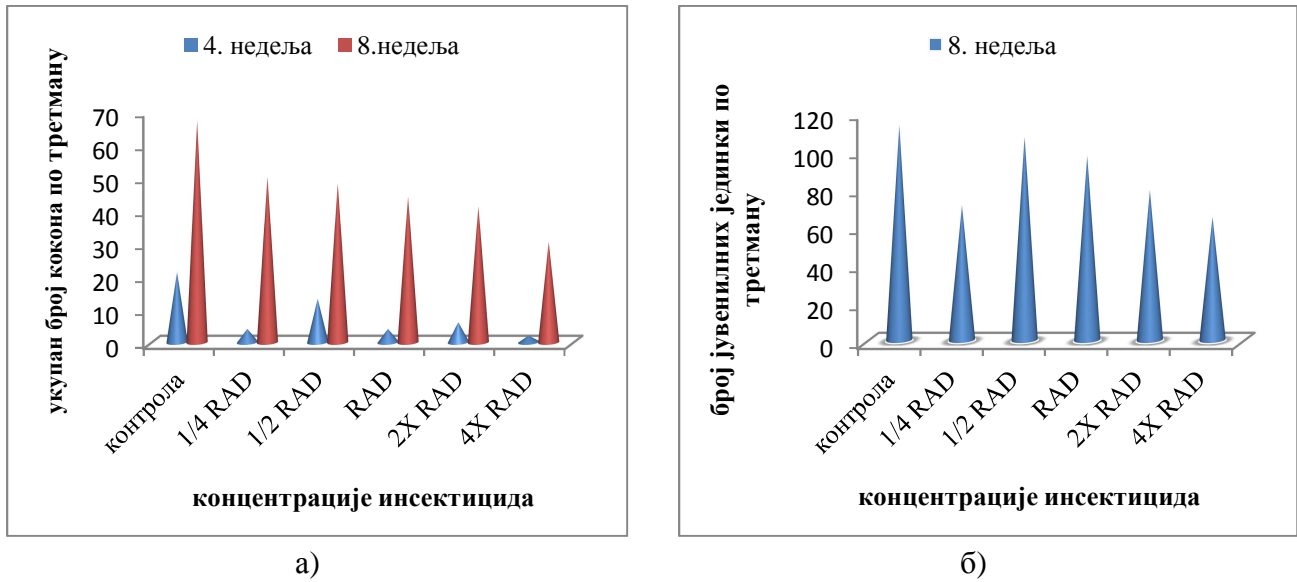
У контроли, инхибиција раста је била негативна током прве четири недеље, а након тога је била позитивна. У другим концентрацијама, јављају се и позитивне и негативне инхибиције раста, али нигде не постоје статистички значајне разлике (График 1).



**График 1.** Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Ципкорда.

Производња кокона била је значајно ( $p < 0,05$ ) мања код 1/4 RAD, RAD, 2X RAD и 4X RAD у односу на контролу после четири недеље. Након још четири недеље, запажа се раст у продукцији кокона. Тако да, након осам недеља не постоји статистички значајна

разлика између контроле и било које концентрације (График 2а). Када су у питању излегле глисте, нема статистички значајних разлика (График 2б).



**График 2.** а) Продукција кокона и б) број излеглих јединки након излагања различитим концентрацијама Ципкорда

### Талстар (активна материја: бифентрин)

Након излагања од 7 дана, морталитет се јавља у свим концентрацијама, а ситуација се битније не мења до краја експеримента. После 28 дана излагања, израчуната  $LC_{50}$  вредност је износила  $8,83 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Вредност је већа од највеће концентрације која је коришћена.

Тежине глиста које су третиране овим инсектицидом се крећу од 375 mg до 283 mg. Једина значајна разлика ( $p < 0,05$ ) пронађена је код највиших концентрација у шестој и осмој недељи (Табела 15).

Табела 15. Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Талстару током осам недеља

Талстар	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	330±32	330±35	300±24	295±17	305±21
1/4 RAD	320±14	333±17	315±13	293±22	298±15
1/2 RAD	343±29	325±65	293±39	315±24	288±51
RAD	320±29	325±13	300±8	303±17	283±38
2X RAD	308±25	325±21	298±22	293±13	305±38
4X RAD	375±64	333±22	310±26	308±40 <sup>a</sup>	310±28 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

Инхибиција раста била је у контроли и у свим концентрацијама позитивна што значи да су глисте губиле на тежини. Изузетак су прве две недеље у концентрацијама 1/4 RAD, RAD и 2X RAD када је инхибиција раста била негативна (График 3). Статистичка анализа је показала значајност само у највишој концентрацији.

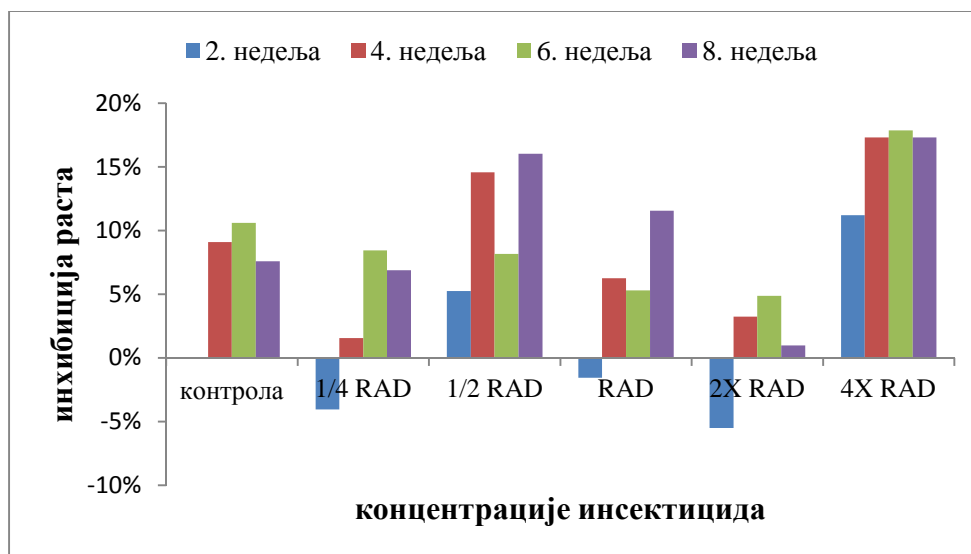
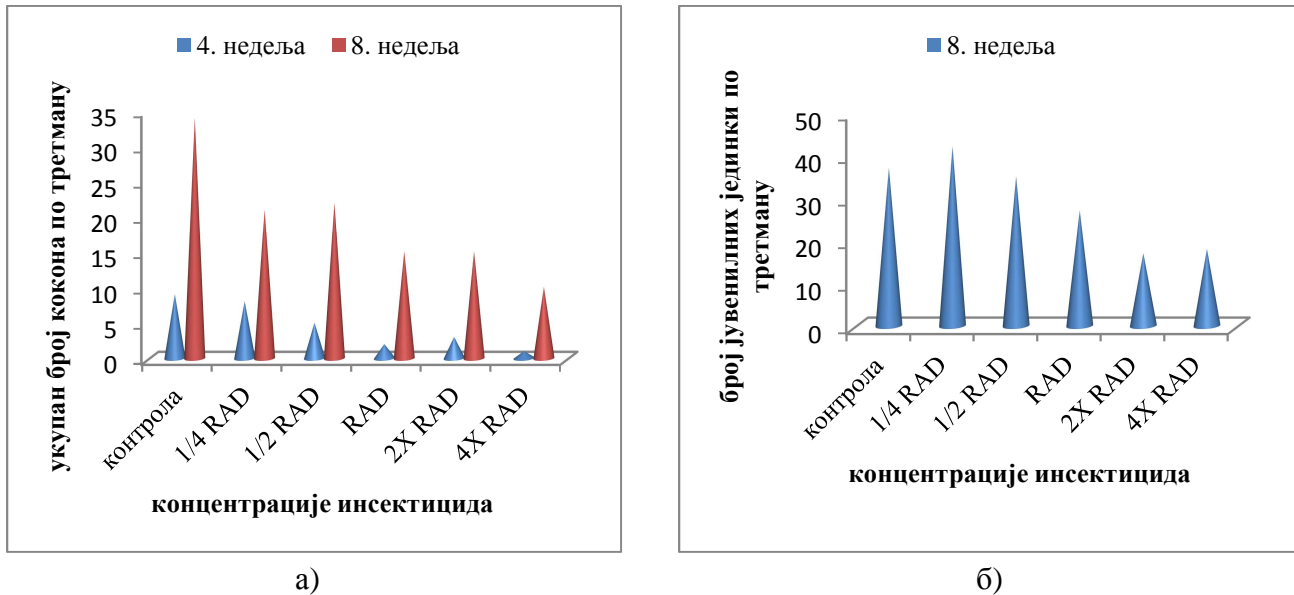


График 3. Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Талстара.

Производња кокона била је значајно ( $p < 0,05$ ) мања код RAD и 4X RAD у односу на контролу после четири недеље и RAD, 2X RAD и 4X RAD након осам недеља, (График

4а). Када су у питању излегле глисте, статистички значајне разлике су уочене између контроле и 2X RAD, 4X RAD (График 4б).



**График 4.** а) Продукција кокона и б) број излеглих јединки након излагања различитим концентрацијама Галстара

### Ласер 240 SC (активна материја: спиносад)

У првој недељи смртност се јавља у највећој концентрацији. У четвртој недељи број угуинулих јединки у овој концентрацији се незнатно повећава и ситуација остаје непромењена до краја експеримента. Дакле,  $LC_{50}$  вредност ( $3,62 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) је много већа од највеће концентрације која је коришћена (4X RAD).

За 1/4 RAD, 1/2 RAD и RAD, уочено је да се повећава тежина глиста по третману током прве две недеље, у поређењу са њиховим почетним тежинама у тим истим третманима. Када је реч о већим концентрацијама, смањење тежине је забележено већ у првој недељи. Током прве две недеље није било статистички значајне разлике између третмана и контроле. За четири недеље, где је средња тежина била између 345 mg и 400 mg, постојала је статистички значајна разлика ( $p < 0,05$ ) између 4X RAD и контроле. Кишне глисте третиране овим инсектицидом имале су средњу тежину између 283 mg и 343 mg после шест недеља (Табела 16). Ефекти инсектицида били су значајни ( $p < 0,05$ ) у RAD, 2X RAD и 4X RAD. Након осам недеља, глисте су имале просечну тежину између



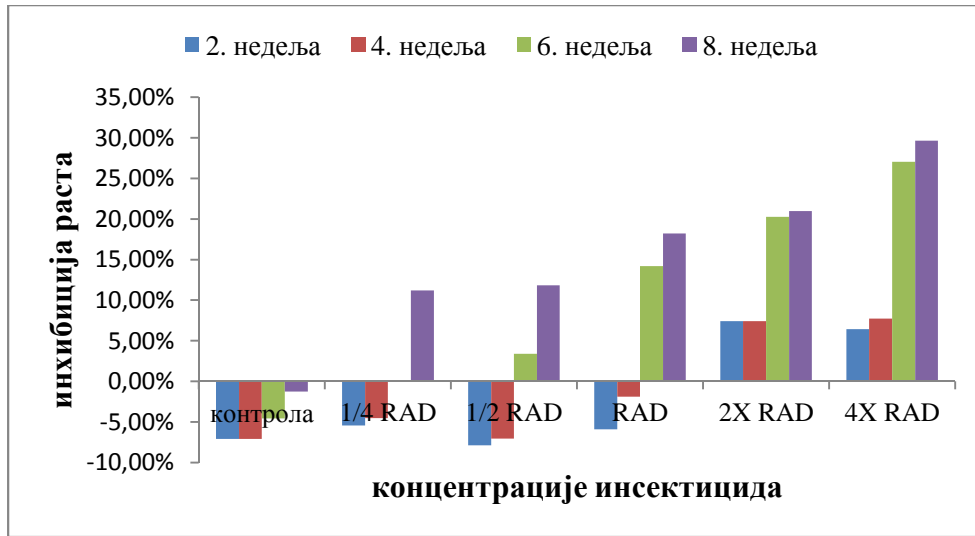
273 mg и 320 mg. Статистичке анализе су показале значајну разлику у свим концентрацијама, осим у најнижој концентрацији (1/4 RAD), у поређењу са контролом (Табела 16).

**Табела 16.** Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Ласеру током осам недеља

Ласер 240 SC	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	395±21	423±21	423±22	413±33	400±17
1/4 RAD	330±55	348±48	345±57	330±42	293±25
1/2 RAD	355±48	383±39	380±14	343±39	313±26 <sup>a</sup>
RAD	373±39	395±26	380±36	320±47 <sup>a</sup>	305±21 <sup>a</sup>
2X RAD	405±39	375±33	375±26	323±30 <sup>a</sup>	320±22 <sup>a</sup>
4X RAD	388±56	363±57	358±50 <sup>a</sup>	283±61 <sup>a</sup>	273±48 <sup>a</sup>

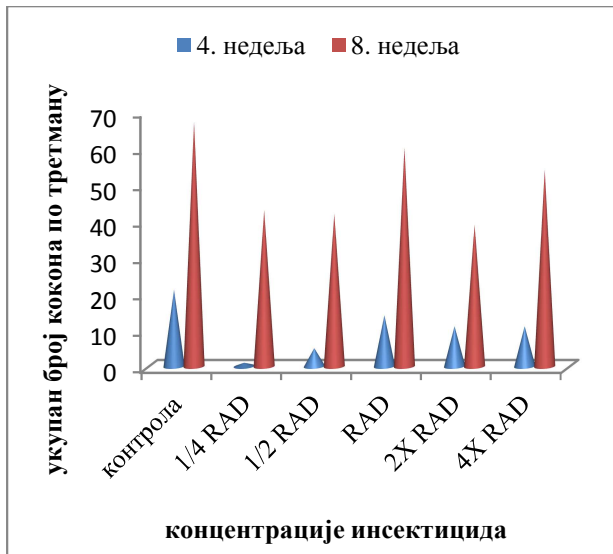
<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

Инхибиција раста била је негативна у контроли што значи да су глисте добиле на тежини. Такође, негативна инхибиција раста забележена је у 1/4 RAD, 1/2 RAD и RAD током четири недеље експеримента. Позитивна инхибиција раста је забележена у свим осталим недељама и концентрацијама. Статистичка анализа је показала значајну разлику у 2X RAD и 4X RAD (График 5).

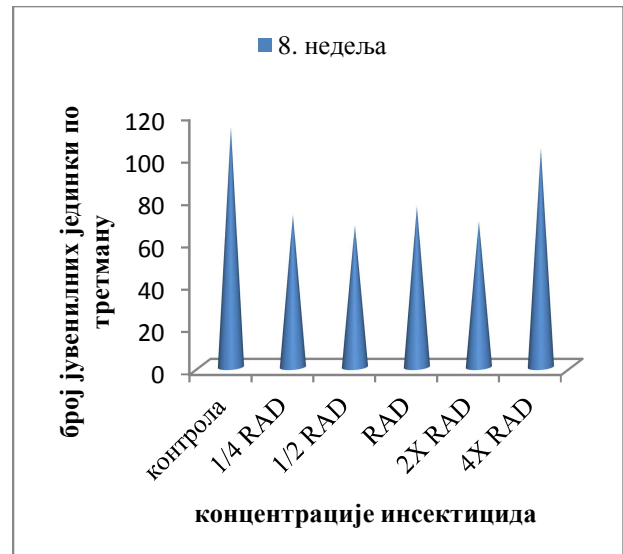


**График 5.** Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Ласера.

Резултати продукције кокона и излеглих младих приказани су на Графику ба и бб. Статистички анализе, ових параметара, показале су да не постоје значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између контроле и третмана.



а)



б)

**График 6.** а) Продукција кокона и б) број излеглих јединки након излагања различитим концентрацијама Ласера

**Тербис (активна материја: тербутилазин)**

Смртност глиста се повећавала са повећавањем концентрација, као и са временом излагања. Вредност  $LC_{50}$  за 14 дана је износила  $1,26 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , што је близу вредности препоручене пољопривредне дозе.

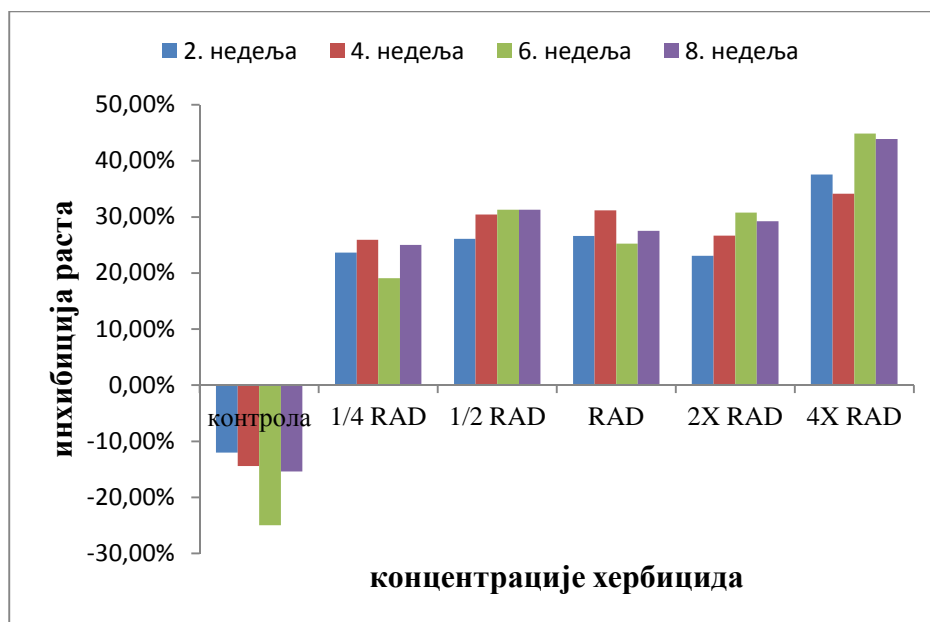
У случају Тербиса, смањење тежине је забележено већ у првој недељи. Током осам недеља експеримента, глисте које су третиране овим хербицидом имале су средњу биомасу између 230 mg и 112,5 mg. Статистичке анализе су показале значајну разлику у свим концентрацијама и у свим недеља, у поређењу са контролом (Табела 17). Другим речима, тежина је опадала са растућим концентрацијама и са временом. Глисте су губиле тежину чак и у концентрацијама које су знатно ниже од препоручених.

**Табела 17.** Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Тербису током осам недеља

Тербис	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	207,5±5	232,5±10	237,5±10	260±14	240±18
1/4 RAD	220±18	167,5±10 <sup>a</sup>	162,5±17 <sup>a</sup>	177,5±15 <sup>a</sup>	165±1 <sup>a</sup>
1/2 RAD	230±14	170±12 <sup>a</sup>	160±8 <sup>a</sup>	157,5±19 <sup>a</sup>	157,5±17 <sup>a</sup>
RAD	217,5±22	160±8 <sup>a</sup>	150±8 <sup>a</sup>	162,5±10 <sup>a</sup>	157,5±10 <sup>a</sup>
2X RAD	195±17	150±18 <sup>a</sup>	142,5±15 <sup>a</sup>	135±13 <sup>a</sup>	137,5±15 <sup>a</sup>
4X RAD	205±39	127,5±22 <sup>a</sup>	135±17 <sup>a</sup>	112,5±22 <sup>a</sup>	115±10 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

Инхибиција раста је била негативана у контроли, што значи да су глисте добијале на тежини. Насупрот томе, у свим осталим концентрацијама и недељама, инхибиције раста биле су позитивне, што значи да су глисте губиле тежину (График 7). Статистичка анализа је показала значајност у свим концентрацијама.



**График 7.** Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Тербиса.

### Гардена (активна материја: металдехид)

Смртност није била забележена у најнижој концентрацији (1/4 RAD) након 7 и 14 дана излагања, нити је било смртности у највишој концентрацији (4X RAD) након 7 дана излагања. Вредност  $LC_{50}$  за 14 дана је износила  $43,66 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , што је више од највише концентрације коју смо користили у експерименту.

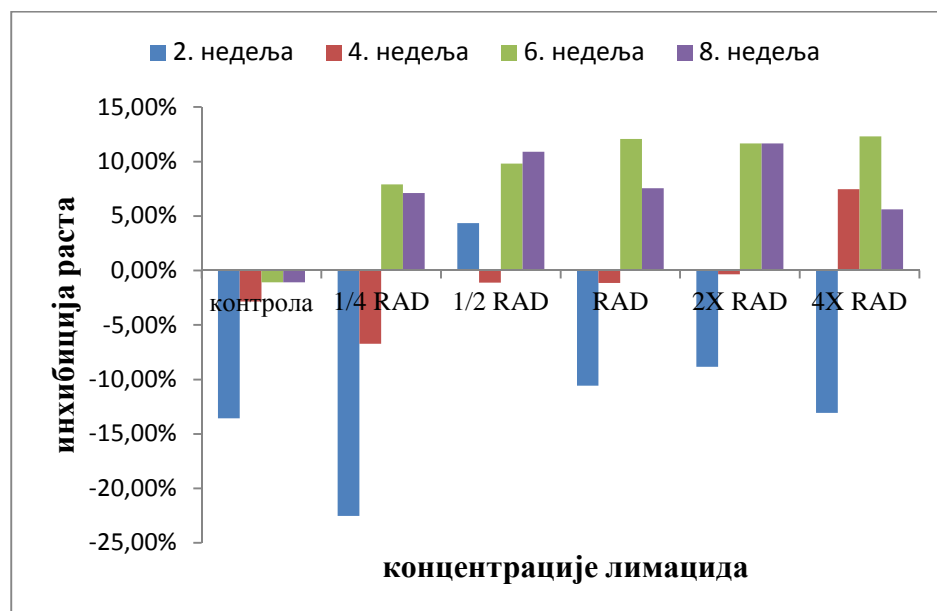
Тежина глиста које су третиране овим лимацидом се кретала од 310 mg до 232,5 mg. Једина статистичка значајност је пронађена за другу недељу у концентрацији која је била четири пута већа од препоручене, када је тежина била 302,5 mg. Већ у следећој недељи није било никакве статистичке значајности (Табела 18). Ово се може објаснити брзим нестајањем из земљишта након деградације у једињења ( $DT_{50}$ , 4,5-5,1 дана), што је главна одлика овог лимацида.

**Табела 18.** Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Гардени током осам недеља

Гардена	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	280±26	317,5±34	287,5±29	282,5±26	282,5±17
1/4 RAD	252,5±46	310±18	270±37	232,5±10	235±13
1/2 RAD	275±45	262,5±41	277,5±20	247,5±13	245±17
RAD	265±39	292,5±51	267,5±20	232,5±22	245±30
2X RAD	282,5±45	307,5±55	282,5±39	250±41	250±29
4X RAD	267,5±38	302,5±17 <sup>a</sup>	282,5±39	250±41	252,5±17

<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

У контроли, инхибиција раста је била негативна и тежина је незнатно опала. У другим концентрацијама, јављају се и позитивне и негативне инхибиције раста, али нигде не постоје статистички значајне разлике (График 8).



**График 8.** Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Гардене.

### 4.3.2. Ефекти пестицида са две активне материје на врсту *Eisenia fetida* у лабораторијским условима

#### Галатион (активне материје: фенитратион и малатион)

Смртност није била забележена на најнижој концентрацији (1/4 RAD) након 7 и 14 дана излагања, нити је било смртности у највишој концентрацији (4X RAD) након 7 дана излагања. Вредност  $LC_{50}$  за 14 дана је износила  $368,25 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , што је више од највише концентрације која је коришћена у експерименту.

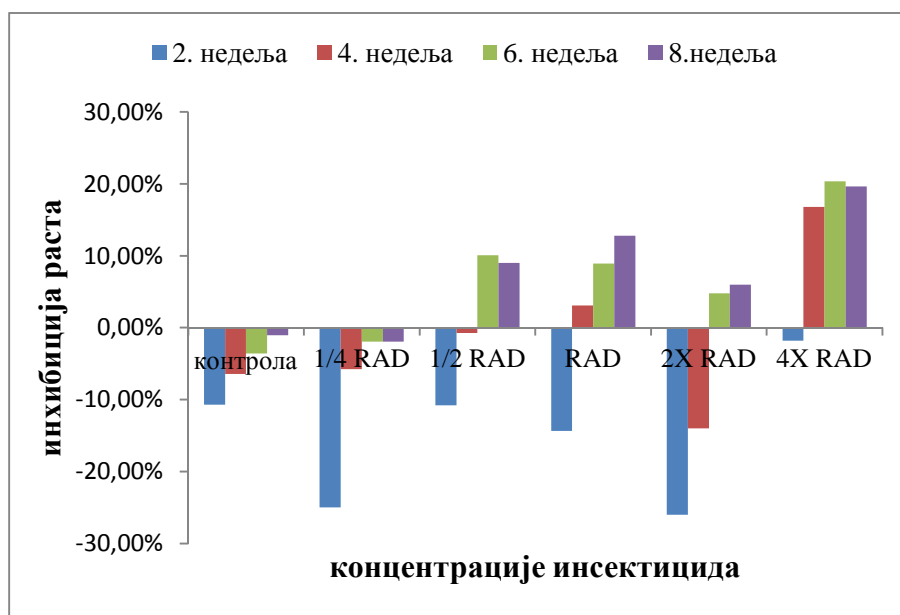
Када је тежина у питању, забележен је пораст тежине глиста по третману током прве две недеље, у поређењу са њиховом иницијалном тежином у истим третманима. Након примене Галатиона, средње биомасе су биле у распону од 280 mg за RAD и 325 mg за 1/4 RAD за другу недељу и 233 mg за 4X RAD и 280 mg за 1/2 RAD за четврту недељу (Табела 19). Статистичке анализе показују да нема значајних разлика ( $p < 0,05$ ) у променама биомасе између контроле и третмана. Глисте третиране овим инсектицидом имале су биомасе између 265 mg и 223 mg током шесте недеље (Табела 19). Ефекти инсектицида били су значајни ( $p < 0,05$ ) у RAD, 2X RAD, 4X RAD. За осму недељу, где је средња вредност биомаса између 265 mg и 225 mg, такође је постојала статистички значајна разлика ( $p < 0,05$ ) између ових доза и контроле (Табела 19).

**Табела 19.** Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Галатиону током осам недеља

Галатион	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	280±26	310±18	298±28	290±24	283±29
1/4 RAD	260±35	325±25	275±17	265±13	265±17
1/2 RAD	278±26	308±34	280±29	255±17	255±17
RAD	258±25	280±24	250±18	235±13 <sup>a</sup>	225±10 <sup>a</sup>
2X RAD	250±22	293±13	265±6	238±13 <sup>a</sup>	235±10 <sup>a</sup>
4X RAD	280±34	285±30	233±61	223±33 <sup>a</sup>	225±35 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

Инхибиција раста је негативна у контроли, што значи да су глисте добијале на тежини. Негативна инхибиција раста забележена је у најнижим концентрацијама, као и у свим осталим концентрацијама током друге недеље. Током четврте недеље, инхибиција раста је била негативна у концентрацијама 1/2 RAD и 2X RAD. Позитивна инхибиција раста је забележена у свим осталим недељама и концентрацијама. Статистички значајне разлике постоје у највећој концентрацији у шестој и осмој недељи (График 9).



**График 9.** Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Галатиона.

### Конзул (активне материје: хлорпирифос и циперметрин)

Примена Конзула, није показала велико смањење броја глисте, тако да до треће недеље излагања, смртност није забележена у било којој од концентрација. После 28 дана излагања, израчуната  $LC_{50}$  вредност је износила  $4,88 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Вредност је већа од највеће концентрације која је коришћена.

Током прве четири недеље, тежине кишних глиста које су третиране концентрацијом 1/4 RAD, су незнатно расле. Након две недеље излагања, средње биомасе

тежине глиста су биле у распону од 398 mg до 330 mg (Табела 20). Статистичке анализе су показале значајну разлику између контроле и концентрација 2X RAD и 4X RAD. Кишне глисте имале су средње тежине између 413 mg и 333 mg након процене после четврте недеље и средње тежине између 368 mg и 305 mg након шесте недеље (Табела 20). Ефекти су значајни ( $p < 0,05$ ) за 2X RAD и 4X RAD. Након осам недеља, где је средња тежина била између 313 mg и 265 mg, постојала је статистички значајна разлика ( $p < 0,05$ ) између ових доза и контроле (Табела 20).

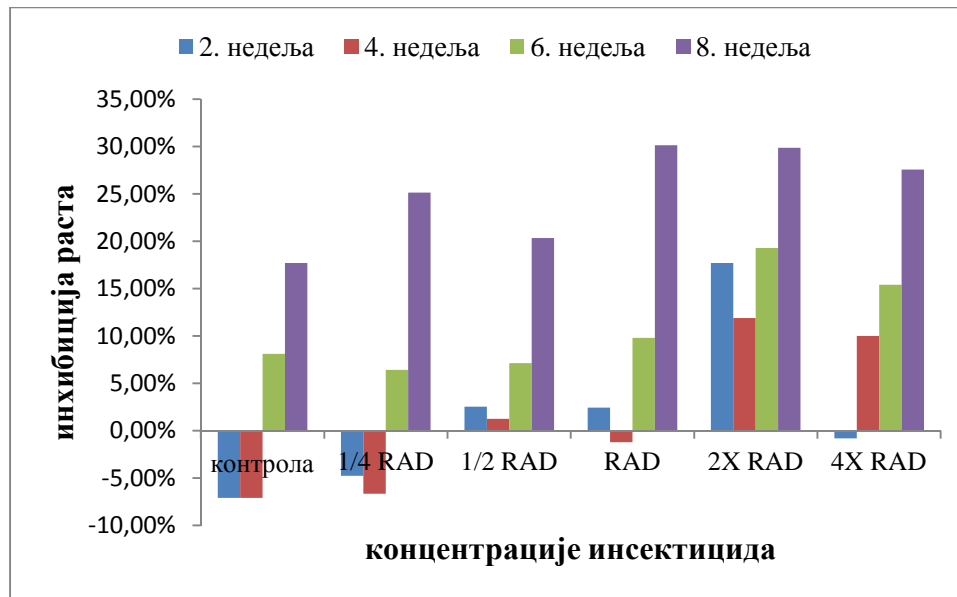
**Табела 20.** Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Конзулу током осам недеља

Конзул	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	395±21	423±21	423±22	363±33	325±17
1/4 RAD	358±52	375±42	383±39	335±45	268±21
1/2 RAD	393±32	383±33	388±17	365±21	313±36
RAD	408±54	398±17	413±22	368±28	285±45
2X RAD	378±38	330±12 <sup>a</sup>	333±19 <sup>a</sup>	305±24 <sup>a</sup>	265±19 <sup>a</sup>
4X RAD	370±63	373±33 <sup>a</sup>	333±43 <sup>a</sup>	313±40 <sup>a</sup>	268±17 <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

Инхибиција раста за Конзул је била и позитивна и негативна, али нигде не постоје статистички значајне разлике (График 10).





**График 10.** Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Конзула.

Производња кокона била је значајно ( $p < 0,05$ ) мања код RAD, 2X RAD и 4X RAD у односу на контролу после четири недеље и 4X RAD после осам недеља (График 11а). Што се тиче излеглих глиста, статистички значајне разлике су уочене између контроле и RAD, 2X RAD и 4X RAD (График 11б).

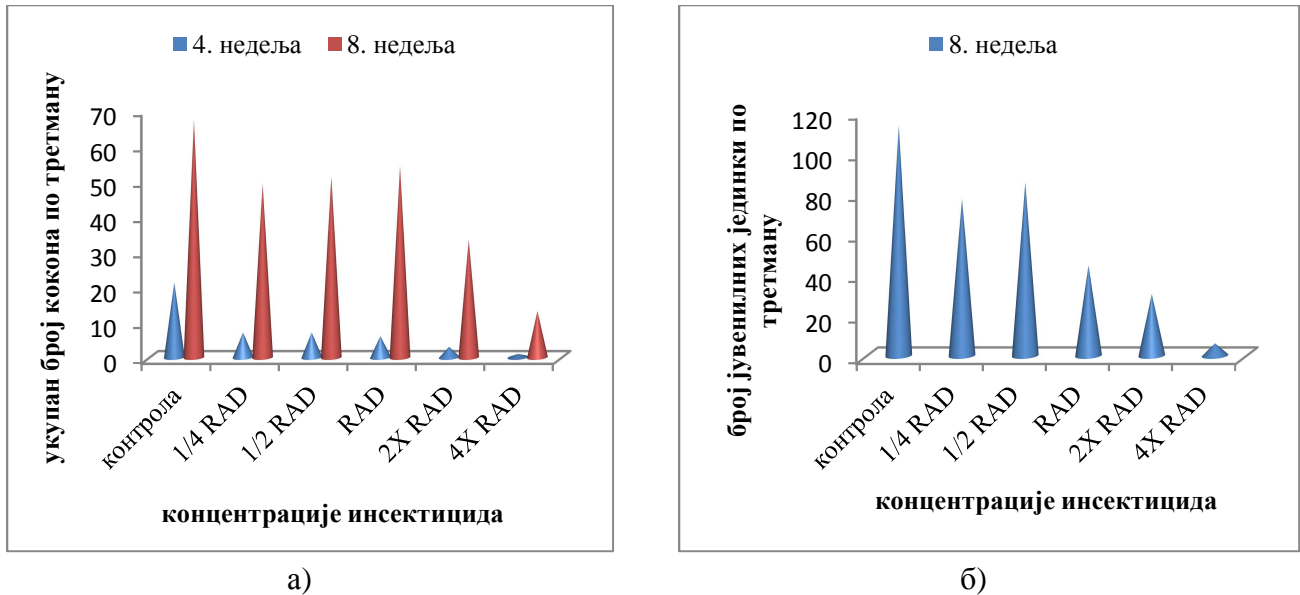


График 11. а) Продукција кокона и б) број излеглих јединки након излагања различитим концентрацијама Конзула

### 4.3.3. Ефекти пестицида на врсту *Eisenia fetida* који су коришћени и на пољу и у лабораторији

#### Ацетохлор (активна материја: ацетохлор)

Током прве недеље излагања, смртност се јавља у концентрацијама које су веће од препоручених и таква ситуација остаје до краја експеримента. Израчуната  $LC_{50}$  вредност је износила  $156,77 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , што је три пута већа концентрација од 10X RAD.

Тежине кишних глиста које су третиране овим хербицидом су биле у константном опадању, у поређењу са њиховом иницијалном тежином у истим третманима. Након две недеље излагања, средње тежине глиста су биле у распону од 273 mg до 18 mg (Табела 21). Статистичке анализе су показале значајну разлику између контроле и концентрација 10X RAD и 100X RAD. Кишне глисте имале су средње тежине између 248 mg и 15 mg током четврте недеље. Статистички значајна разлика постоји ( $p < 0,05$ ) између свих концентрација и контроле, осим најниже концентрације. Након шесте и осме недеље, где је средња тежина била између 238 mg и 13 mg, као и 230 mg и 10 mg, постојала је статистички значајна разлика ( $p < 0,05$ ) између свих концентрација и контроле (Табела 21).

Табела 21. Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Ацетохлору током осам недеља

Ацетохлор	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	280±26	310±18	298±28	290±24	283±29
1/2 RAD	258±17	243±1	240±9	223±13 <sup>a</sup>	210±8 <sup>a</sup>
RAD	275±26	255±17	235±13 <sup>a</sup>	238±13 <sup>a</sup>	218±10 <sup>a</sup>
2X RAD	290±22	273±26	248±17 <sup>a</sup>	235±17 <sup>a</sup>	230±22 <sup>a</sup>
10X RAD	258±51	205±40 <sup>a</sup>	193±22 <sup>a</sup>	185±17 <sup>a</sup>	180±18 <sup>a</sup>
100X RAD	205±52	18±29 <sup>a</sup>	15±30 <sup>a</sup>	13±25 <sup>a</sup>	10±20 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

Инхибиција раста је негативна у контроли, што значи да су глисте добијале на тежини. У свим осталим концентрацијама инхибиција раста је била позитивна (График 12). Смањење тежине се показало да је дозно зависно током периода излагања од осам недеља. Статистичке анализе су показале значајну разлику у свим концентрацијама и у свим недеља, у поређењу са контролом.

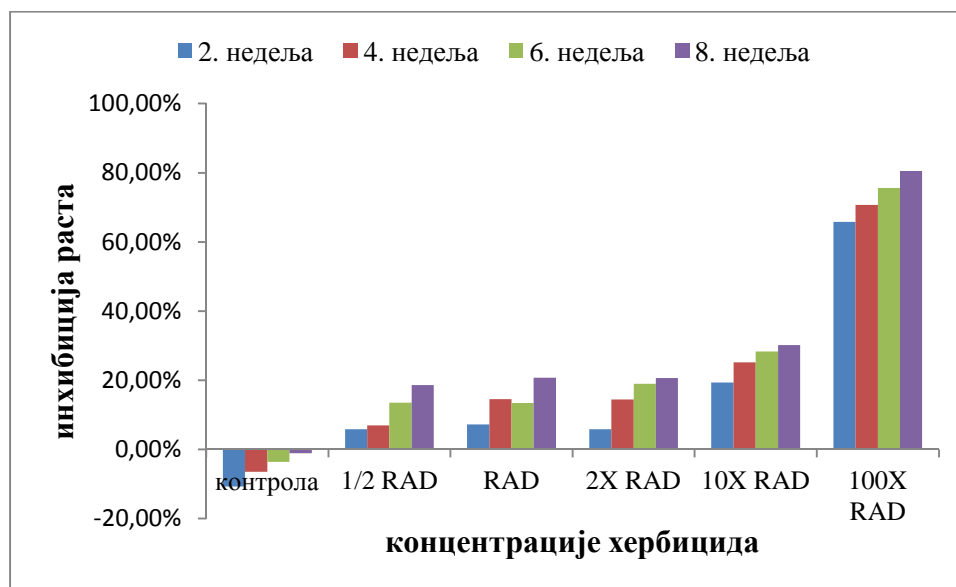
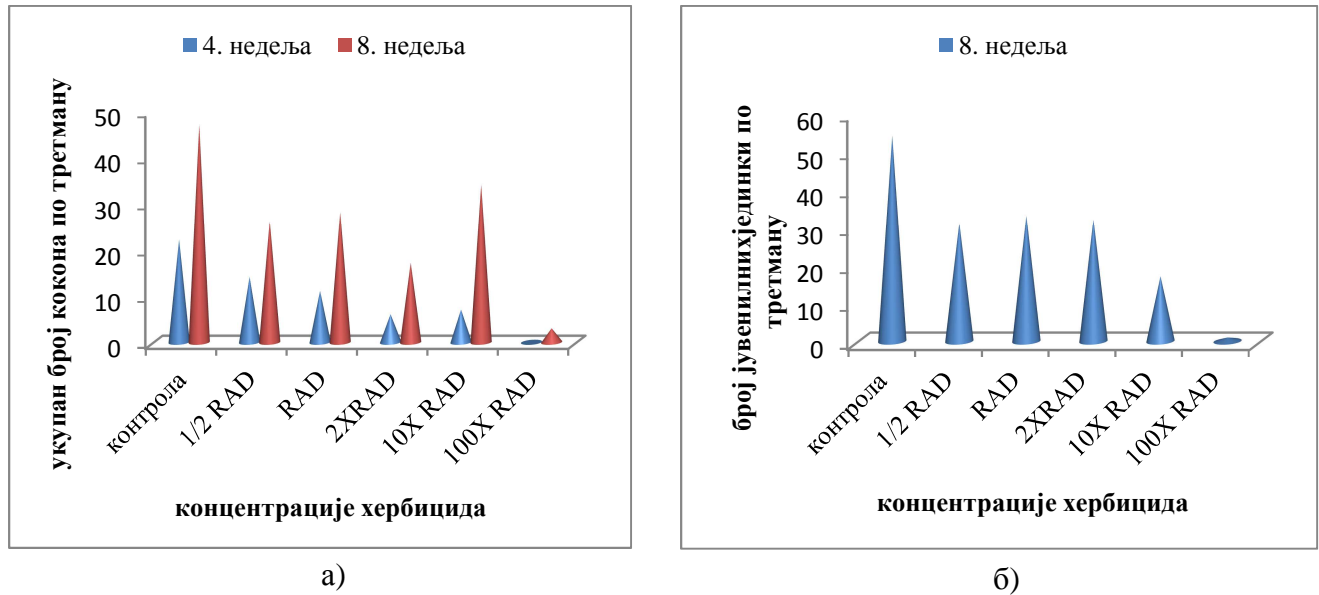


График 12. Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Ацетохлора.

Производња кокона била је значајно ( $p < 0,05$ ) мања код 2X RAD, 10X RAD и 100X RAD у односу на контролу после четири недеље и контроле и 100X RAD након осам

недеља (График 13а). Када су у питању излегле глисте, статистички значајне разлике су уочене између контроле и 2X RAD, 10X RAD и 100X RAD (График 13б).



**График 13.** а) Продукција кокона и б) број излеглих јединки након излагања различитим концентрацијама Ацетохлора

### Калисто (активна материја: мезотрион)

Смртност се јавила већ у току прве недеље и повећавала се са проласком времена. Израчуната  $LC_{50}$  вредност је износила  $17,99 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , што је мало нижа концентрација од 100X RAD.

У случају Калиста, само у најнижој концентрацији у првој недељи, тежина је незнатно порасла. У свим осталима концентрацијама регистровано је смањење тежине већ од прве недеље. Статистичке анализе су показале значајну разлику ( $p < 0,05$ ) у свим концентрацијама и у свим недеља, у поређењу са контролом (Табела 22). Другим речима, тежина је опадала са растућим концентрацијама и са временом. Глисте су губиле тежину чак и у концентрацији која је нижа од препоручене.

Табела 22. Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Калисту током осам недеља

Калисто	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	395±21	423±21	423±22	363±33	325±17
1/2 RAD	380±45	285±48 <sup>a</sup>	212±48 <sup>a</sup>	160±32 <sup>a</sup>	100±67 <sup>a</sup>
RAD	403±63	318±57 <sup>a</sup>	233±22 <sup>a</sup>	173±35 <sup>a</sup>	138±67 <sup>a</sup>
2X RAD	390±55	358±103 <sup>a</sup>	250±90 <sup>a</sup>	178±102 <sup>a</sup>	98±112 <sup>a</sup>
10X RAD	353±68	255±87 <sup>a</sup>	183±68 <sup>a</sup>	113±39 <sup>a</sup>	75±57 <sup>a</sup>
100X RAD	298±22	185±51 <sup>a</sup>	45±53 <sup>a</sup>	13±25 <sup>a</sup>	0,05±0,1 <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

Инхибиција раста је у контроли током прве четири недеље била негативна, што значи да су глисте добијале на тежини, док је током задње четири недеље, била позитивна. Такође, у свим концентрацијама и током свих недеља инхибиција раста је била позитивна (глисте су губиле тежину). Статистичке анализе су показале значајну разлику ( $p < 0,05$ ) у свим концентрацијама и у свим недеља, у поређењу са контролом (График 14).

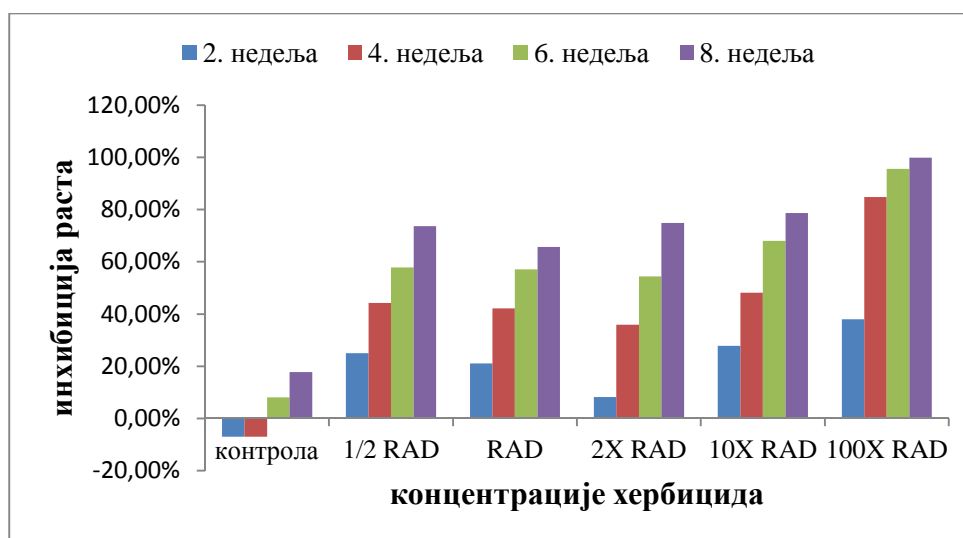


График 14. Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Калиста.

Производња кокона била је значајно ( $p < 0,05$ ) мања у свим концентрацијама у односу на контролу после четири недеље и после осам недеља (График 15а). Између ова два периода није забележен пораст у производњи кокона, осим у 1/2 RAD. Када су у питању излегле глисте, статистички значајне разлике су уочене између контроле и свих концентрација (График 15б).

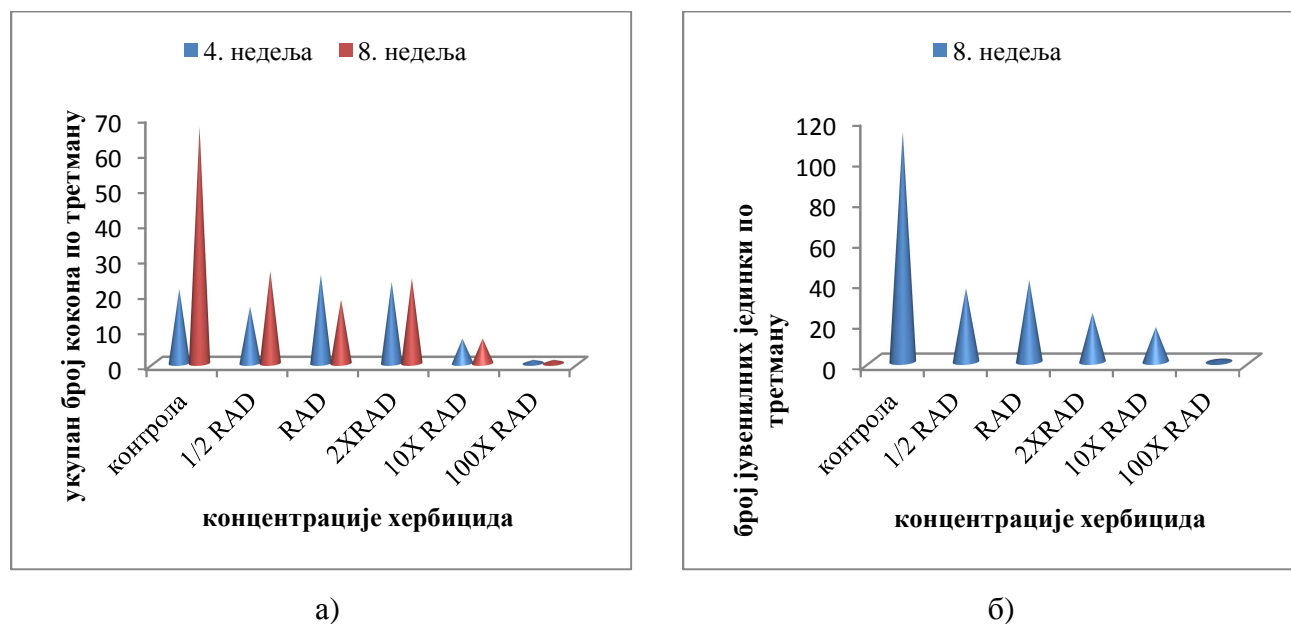


График 15. а) Продукција кокона и б) број излеглих јединки након излагања различитим концентрацијама Калиста

### Еквип (активна материја: форамсулфурон)

У првој недељи смртност се јавља у највећој концентрацији, у којој је број јединки знатно редукован, док у осталим концентрацијама смртност није забележена. Од друге недеље смртност је забележена и у другим концентрацијама, без већих промена до краја експеримента. Израчуната  $LC_{50}$  вредност је износила  $2,81 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , што је мало виша концентрација од 10X RAD.

Тежине кишних глиста које су третиране овим хербицидом су биле у константном опадању у поређењу са њиховом иницијалном тежином у истим третманима. Након две недеље излагања, средње тежине глиста су биле у распону од 313 mg до 40 mg (Табела 23). Статистичке анализе су показале значајну разлику између контроле и концентрација 2X

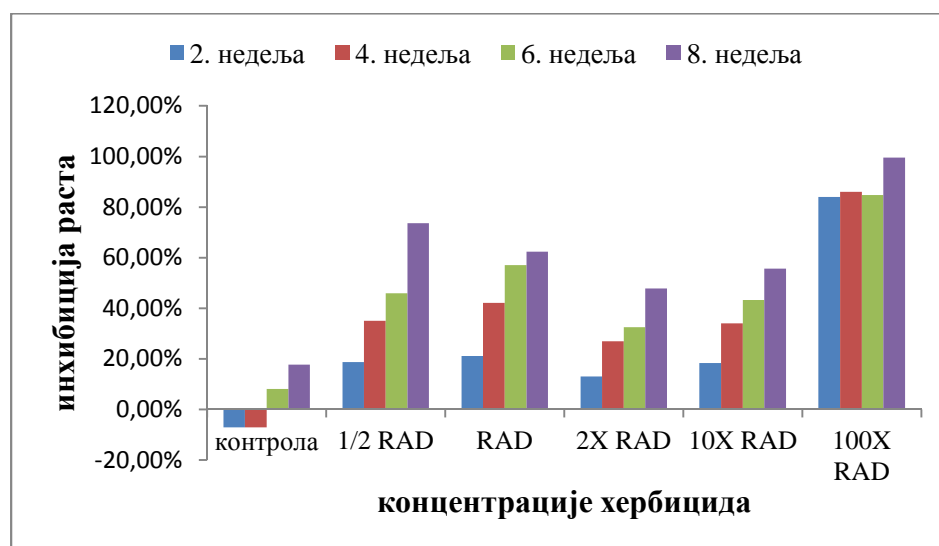
RAD, 10X RAD и 100X RAD. У четвртој, шестој и осмој недељи, статистичка анализа је показала значајну разлику ( $p < 0,05$ ) у свим концентрацијама у односу на иницијалне тежине.

**Табела 23.** Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Еквипу током осам недеља

Еквип	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	395±21	423±21	423±22	363±33	325±17
1/2 RAD	385±31	313±25	250±41 <sup>a</sup>	208±49 <sup>a</sup>	145±38 <sup>a</sup>
RAD	395±21	373±39	293±49 <sup>a</sup>	238±48 <sup>a</sup>	153±57 <sup>a</sup>
2X RAD	360±35	313±34 <sup>a</sup>	263±48 <sup>a</sup>	243±136 <sup>a</sup>	188±63 <sup>a</sup>
10X RAD	300±0	245±19 <sup>a</sup>	198±33 <sup>a</sup>	170±8 <sup>a</sup>	133±33 <sup>a</sup>
100X RAD	250±41	40±46 <sup>a</sup>	35±41 <sup>a</sup>	38±33 <sup>a</sup>	1±1 <sup>a</sup>

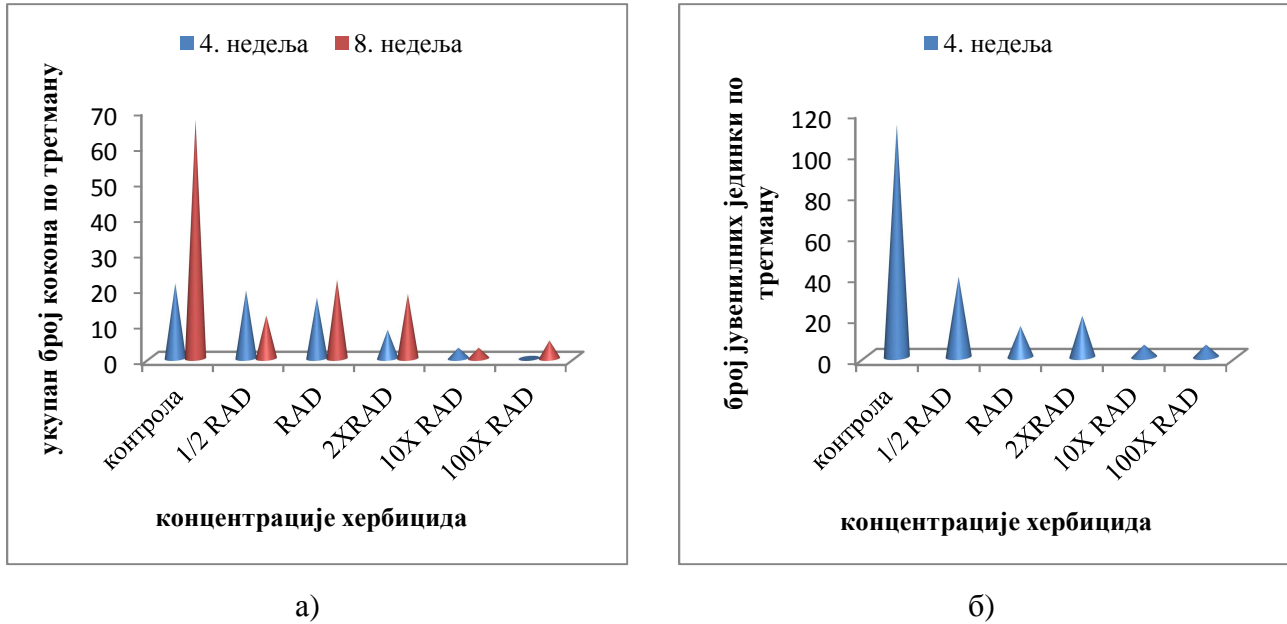
<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0,05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

Инхибиција раста је у контроли током прве четири недеље била негативна, што значи да су глисте добијале на тежини, док је током задње четири недеље, била позитивна. Такође, у свим концентрацијама и током свих недеља инхибиција раста је била позитивна (глисте су губиле тежину). Статистичке анализе су показале значајну разлику ( $p < 0,05$ ) у свим концентрацијама и у свим недељама (График 16).



**График 16.** Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Еквипа.

Производња кокона била је значајно ( $p < 0,05$ ) мања код 100X RAD у односу на контролу после четири недеље и контроле и свих концентрација након осам недеља (График 17а). Када су у питању излеглие глисте, статистички значајне разлике су уочене између контроле и свих концентрација (График 17б).



**График 17.** а) Продукција кокона и б) број излеглих јединки након излагања различитим концентрацијама Еквипа

#### Аденго (активна матрија: изоксафлутол и тиенкарбазон)

Током прве недеље није било смртности ни у једној концентрацији. Од друге недеље па до краја осме недеље смртност се стално повећавала. Израчуната  $LC_{50}$  вредност је износила  $1,58 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , што је дупло већа концентрација од 2X RAD.

У случају Аденга, у свим концентрацијама регистровано је смањење тежине већ од прве недеље. Статистичке анализе су показале значајну разлику ( $p < 0,05$ ) у свим концентрацијама и у свим недеља, у поређењу са контролом (Табела 24).

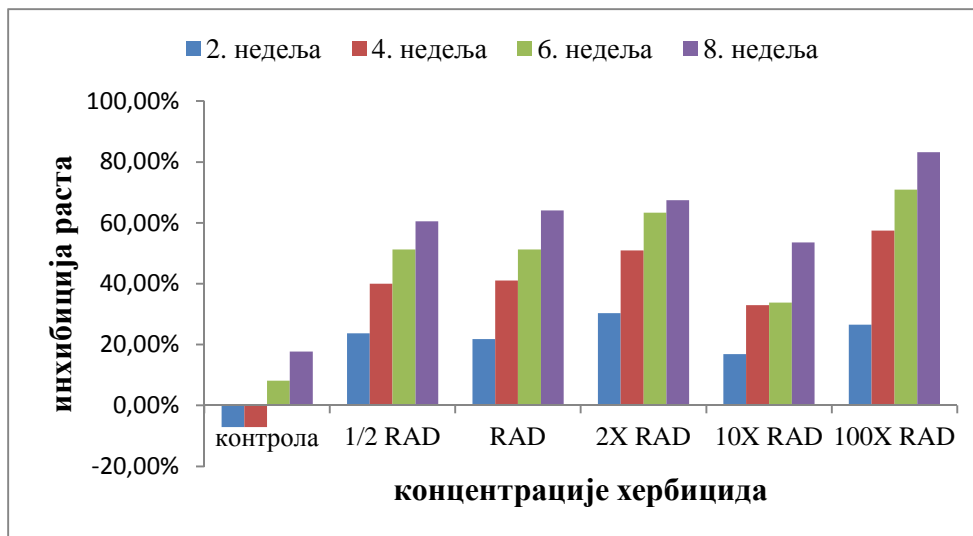


**Табела 24.** Раст врсте *Eisenia fetida* изложене Аденгу током осам недеља

Аденго	Средња тежина по глисти (mg)				
	0 недеља	2 недеља	4 недеља	6 недеља	8 недеља
Контрола	395±21	423±21	423±22	363±33	325±17
1/2 RAD	400±36	305±54 <sup>a</sup>	240±36 <sup>a</sup>	195±26 <sup>a</sup>	158±43 <sup>a</sup>
RAD	390±14	305±24 <sup>a</sup>	230±29 <sup>a</sup>	190±29 <sup>a</sup>	140±14 <sup>a</sup>
2X RAD	363±42	253±35 <sup>a</sup>	178±44 <sup>a</sup>	133±66 <sup>a</sup>	118±96 <sup>a</sup>
10X RAD	355±54	295±48 <sup>a</sup>	238±69 <sup>a</sup>	235±58 <sup>a</sup>	165±17 <sup>a</sup>
100X RAD	388±47	285±62 <sup>a</sup>	165±10 <sup>a</sup>	113±38 <sup>a</sup>	65±37 <sup>a</sup>

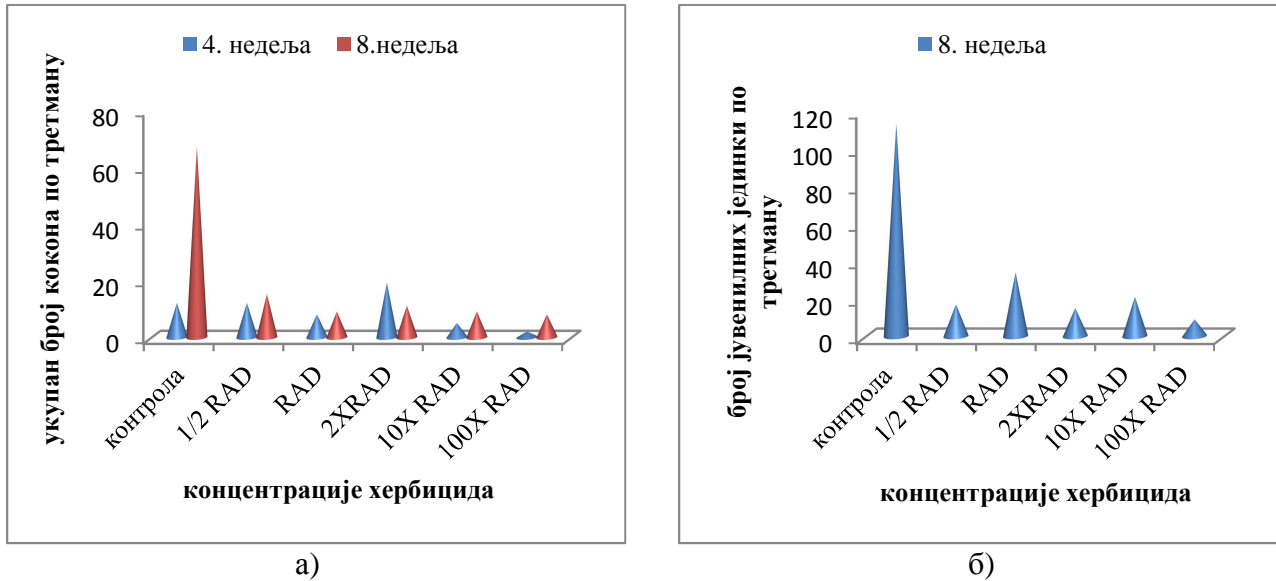
<sup>a</sup> Значајне разлике ( $p < 0.05$ ) између третмана и контроле које су означене за сваку недељу.

Инхибиција раста је у контроли током прве четири недеље била негативна, што значи да су глисте добијале на тежини, док је током задње четири недеље, била позитивна. Такође, у свим концентрацијама и током свих недеља инхибиција раста је била позитивна (глисте су губиле тежину). Статистичке анализе су показале значајну разлику ( $p < 0,05$ ) у свим концентрацијама и у свим недеља, у поређењу са контролом (График 18).



**График 18.** Стопе инхибиције раста врсте *Eisenia fetida* након излагања различитим концентрацијама Аденга.

Производња кокона била је значајно ( $p < 0,05$ ) мања код 10X RAD и 100X RAD у односу на контролу после четири недеље. Иако је до осме недеље забележен благ пораст у производњи кокона, након осме недеље статистичка анализа је показала значајне разлике између свих концентрација и контроле (График 19а). Када су у питању излегле глисте, статистички значајне разлике су уочене између контроле и свих концентрација (График 19б).



**График 19.** а) Продукција кокона и б) број излеглих јединки након излагања различитим концентрацијама Аденга

## 5. ДИСКУСИЈА

### 5.1. Зоогеографска анализа лумбрицида централне Србије

Имајући у виду да се релативно мали број студија бавио биогеографијом лумбрицида централне Србије (Stojanović и Karaman, 2005; Milutinović и сар., 2010), ми смо на основу коначне листе (Табела 4) сумирали биогеографске податке за лумбрициде из пописа. Коришћена је категоризација лумбрицидних врста на основу њиховог географског распрострањења коју су предложили Csuzdi и Zicsi (2003), Pop и сар., (2010), Csuzdi и сар., (2011). Наша анализа је показала да највећи број врста припада перепатричним врстама (38,30%). Ендемичних врста има 19,15%. Затим следе транс-егејске врсте (12,77%), централно-европске (10,64%), алпско-балканске (10,64%), и нешто мање приближно медитеранске (4,26%) и атланско-медитеранске (2,13%).

У области дистрибуције ендемичних врста лумбрицида Csuzdi и Zicsi (2003) су издвојили четири велике биогеографске категорије: Француско-Иберијску, Егејску, Туранску и северно-америчку. Територија централне Србије припада Егејској подкатегорији. Степен ендемизма кишних глиста у централној Србији је релативно висок. Скоро петина до сада регистрованих ендемичних таксона централне Србије припада роду *Allolobophora* (5 таксона), а мање учешће узимају родови *Aporrectodea* (2 таксон) и

*Dendrobaena* (2 таксон). Сви ендеми припадају групи широких ендема Балканског полуострва како су их дефинисали Csuzdi и Zicsi (2003). Међу њима је шест ендемита Србије.

*Allolobophora dofleini* припада архаичној групи рода чији се центар развоја налази на српско-вардарској и родопској тектонској плочи (Stojanović и Karaman, 2007). Широко је распрострањена у централним и јужним деловима Балкана и то: у Македонији (Šapkarev, 1978), Грчкој (Zicsi и Michalis, 1981) и у јужним, централним и западним деловима Србије (Zicsi, 1972; Šapkarev, 1980; Karaman и Stojanović, 1994; Stojanović и сар., 2008; Milutinović, 2014, Milutinović и сар., 2010, 2015a).

*Allolobophora kosowensis* је искључиво ендем Србије. Описана је са локалитета Приштина (Karaman, 1968), а дистрибуирана је још на следећим локалитетима: Приштина, Урошевац (Šapkarev 1972; Mršić 1991; Milutinović и сар., 2015b); Тутин (Šapkarev 1980; Mršić 1991; Milutinović и сар., 2015b); Редајна, Ракита, Видлич планина, Врапча, Личје (Šapkarev 1988; Mršić 1991; Milutinović и сар., 2015b); Крагујевац, Лиса планина (Сјеница), Житорађа, Врање, Видојевица (Stojanović 1996; Stojanović и Karaman 2007; Stojanović и сар., 2008); Гоч (Stojanović и Karaman 2005; Stojanović и Karaman 2007; Stojanović и сар., 2008; Milutinović и сар., 2010); Пећ, Косовска Митровица, Гоч, Крагујевац (Milutinović и сар., 2015b). С обзиром да је *A. kosowensis* врста која живи дубоко у земљи, може се наћи у различитим биотопима. На основу података о дистрибуцији ове врсте, са сигурношћу се може закључити да брдско планинско подручје Србије има најважнију улогу за њену дистрибуцију, тако да долина реке Велике Мораве указује на једини могући миграторни пут ове врсте према северу до најсеверније тачке њеног распрострањена (Панчево, обод Панонског басена) (Milutinović и сар., 2015b).

*Allolobophora paratuleskovi* је до сада пронађена само у Србији. Описана је са локалитета Рашка (Šapkarev, 1975). Њена карактеристична станишта су ливаде. Дистрибуција ове врсте захвата шире просторе Србије, позната са међусобно јако удаљених локалитета: Рашка, Нови Пазар (Mršić, 1991); Крагујевац (Stojanović, 1996; Stojanović и Karaman, 2003; Milutinović и сар., 2010); Зајечар (Stojanović и Karaman, 2007; Stojanović и сар., 2008).

Осим у Србији, *Allolobophora serbica* је ендемична врста, која није позната са других делова Балканског полуострва (Trakić и сар., 2016). Описана је у роду *Eophila* (*E.*

*serbica* Šarkarev, 1977) са локалитета Ниш. Њена карактеристична станишта су речне обале и пашњаци (Trakić и сар., 2016). По први пут, у нашим истраживањима ова врста је пронађена у шумском биотопу и то и у пролећној и у јесењој сезони. Дистрибуција ове врсте захвата и просторе источне и централне Србије, Ниш (Šarkarev, 1977; Mršić, 1991); Жагубица, обронци Гледића (Stojanović, 1996); Расина (Stojanović и Karaman, 2003, 2007; Stojanović и сар., 2008; Milutinović и сар., 2010), Рачник.

*Allolobophora spasienjakkaramani* припада архаичној групи чији центар развоја мора да се налази на српско-македонској тектонској плочи која представља појас дуж правца север-југ, дуж долина река Велике Мораве и Јужне Мораве, западног дела Републике Македоније и северне Грчке (Mršić, 1991). До сада, ова врста је пронађена на 12 локација на Балканском полуострву и то: Сисевац, Кучајске планине, Ртањ (Karaman, 1987; Mršić, 1991); Гледићке планине, Крагујевац, Брзан, Гоч, Ниш, Краљево, Алексинац, Јухор планина (Stojanović и Karaman 2003, 2007; Stojanović и сар., 2008; Milutinović и сар., 2010); Бабин зуб (Stojanović и сар., 2013). Сматра се да је њена граница на северу река Дунав (Trakić и сар., 2016).

*Aporrectodea ceternicensis* је врста која је описана у Босни и Херцеговини од стране Мршића, а 2006. године је први пут пронађена у Србији, у месту Голубиње, у Ђердапској клисури (Szederjesi, 2013). У нашим истраживањима је пронађена у централној Србији и то у шумском екосистему, што је друго налазиште на подручју Србије. Једино познато налазиште ове врсте ван Србије је планина Чемерница у Босни и Херцеговини.

*Aporrectodea macvensis* је до сада пронађена само на територији Србије. Њена карактеристична станишта су влажне ливаде. Распрострањење ове врсте обухвата западну Србију (Бања Ковиљача: Mršić, 1991; Šarkarev, 2002; Тара, Перућац, Митровац: Milutinović, 2014; Milutinović и сар 2015а), централну Србију (Смедерево: Stojanović и сар. 2008). Такође, један локалитет се налази на граници између Панонског басена и Балканског полуострва (Панчево) (Stojanović и Milutinović, 2014; Milutinović и сар., 2015а).

*Dendrobaena jastrebensis* је ендем који је регистрован у фауни Србије и на једном локалитету у Црној Гори, на Биоградској Гори (Stojanović и Karaman, 2003). У Србији је дистрибуирана у централној (Mršić и Šarkarev 1987; Stojanović и сар., 2008) и југоисточној

Србији (Stojanović и сар., 2013). Њена карактеристична станишта су речне обале, пашњаци и шумска земљишта.

*Dendrobaena serbica* је ендем који је регистрован у фауни Србије и до сада је пронађена на три локалитета: Чакор (Karaman, 1973; Mršić, 1991), Ниш (Šarkarev, 1980; Mršić, 1991) и Крагујевац (Stojanović и сар., 2008). Њена станишта су пашњаци и ливаде.

Поред ендемичних, фауну централне Србије насељава фауна кишних глиста сврстаних у шест зоогеографских категорија. Један од најзаступљенијих зоогеографских типова централне Србије је широко распрострањена перегрина група којој припадају врсте из родова *Allolobophora*, *Aporrectodea*, *Dendrobaena*, *Dendrodrilus*, *Eiseniella*, *Lumbricus*, *Octolasion*, *Octodrilus* и *Eisenia*. *Eisenia fetida* није типична врста за пољопривредна поља, али се често може наћи у стаништима која су богата органском материјом. Иако је перегрина врста, *Allolobophora parva* је по први пут пронађена на територији Србије. На Балкану је присутна у Словенији, Хрватској, Босни и Бугарској (Mršić, 1991). Њена станишта су шуме и баште, односно места богата органском материјом (Hackenberger Kutuzović и Hackenberger Kutuzović, 2013). У Србији је пронађена у храстовој шуми (Прњавор), током јесени 2016. године. Перегрина врста *Lumbricus castaneus* је до сада пронађена у источној (Mršić, 1991) и западној Србији (Stojanović, 1996). Нашим истраживањима је по први пут забележена у централној Србији. Њена станишта су влажна земљишта богата органским материјама, углавном шуме. Ми смо је пронашли у конвенционалном пољу, током пролећа 2014. године.

Транс-егејска група је ширег распрострањења (*Allolobophora leoni*, *Aporrectodea dubiosa*, *Aporrectodea handlirschi*, *Aporrectodea jassyensis*, *Octodrilus transpadanus*, *Proctodrilus tuberculatus*) са опсегом дистрибуције од Италије до Турске (Mısırhoğlu, 2008; Csuzdi и сар., 2011).

Централно-европском типу дистрибуције припадају врсте *Aporrectodea smaragdina*, *Fitzingeria platyura platyura*, *Lumbricus polyphemus*, *Proctodrilus antipai* и *Eisenia lucens*. Врста *E. lucens* која се јавља у централној Европи од Алпа до Балкана, присутна је и изван овог подручја, на Пиринејским планинама.

Четири врсте централне Србије припадају алпско-балканском типу дистрибуције (*Aporrectodea sineporis*, *Dendrobaena alpina*, *Dendrobaena attemsi* и *Proctodrilus opistoductus*). Csuzdi и Zicsi (2003) су *Ap. sineporis* сматрали типичном јужно-алпском

врстом. На основу каснијих налаза у Србији (Stojanović и Karaman, 2005) и Хрватској и њене шире дистрибуције на Балкану, сматрали су да се боље уклапа у илирски тип дистрибуције. Међутим, њено распрострањење је у Хрватској, у континенталном делу, на северној граници Балкана (Szederjesi, 2013), док је у Србији бројна у централној и источној Србији, на обронцима карпатско-балканског ланца. Стога, на основу досадашњих истраживања ову врсту можемо да убројимо у алпско-балкански зоогеографски тип. На основу бројних налазишта на Балканском полуострву, овом типу припада и *Dendrobaena vej dovskyi* која је некада убрајана у источно-алпски елемент. Врсту *P. opistoductus*, Csuzdi (2011) сматра централно-европском. Међутим, како је ова врста широко распрострањена и у алпским подручјима у Аустрији и Словенији, у Карпато-балканском делу Румуније, јужној и источној Србији и Бугарској морала би се третирати као алпско-балканска врста.

У зоогеографској дистрибуцији централне Србије присутне су и врсте које имају приближно медитерански тип распрострањења (*Dendrobaena byblica*, *Octodrilus complanatus*), као и *Aporrectodea georgii* која има атланско-медитерански тип дистрибуције. Врста *Helodrilus cernovitianus* и даље има нејасан тип дистрибуције. Ова врста је описана у Мађарској (Zicsi 1967; Csuzdi и Zicsi, 2003; Szederjesi и сар., 2014), а касније је пронађена у Украјни (Perel, 1964; Perel 1976; Blakemore, 2007; Szederjesi и сар., 2014), Грчкој (Zicsi и Michalis 1981; Szederjesi и сар., 2014), Пољској (Rosen и Kostecka 1988; Kostecka и Skoczen, 1993, 1997; Szederjesi и сар., 2014), Молдавији (Fedorovich, 1991) и Србији (Mršić 1991, Karaman и Stojanović, 2002, Stojanović и Karaman, 2005 Milutinović, 2010; Szederjesi и сар., 2014). Због овако разбијеног ареала немогуће је за сада одредити ком типу зоогеографске дистрибуције припада ова врста (Csuzdi и Zicsi, 2003; Csuzdi и сар., 2011; Szederjesi, 2013).

На овако комплексну зоогеографију кишних глиста утицала је геоморфологија централне Србије која се током геолошке историје формирала под утицајем разноврсних климатских и едафских промена. Такође, током последњег леденог доба Балканско полуострво је било рефугијум за многе животињске врсте Европе, што је утицало на велику биолошку разноврсност на овом простору и висок степен ендемизма, укључујући и лумбрициде. Сви ови фактори су условили бројност и разноврсност зоогеографских типова на овом подручју.

## 5.2. Анализа структуре лумбрицидних заједница

### 5.2.1. Структура заједница лумбрицида по градијенту интензитета пољопривредне искоришћености земљишта

Најважнији фактори који могу да лимитирају популације кишних глиста су извори хране, влажност, температура, и физичке и хемијске карактеристике земљишта као што су рН, органска материја, садржај макронутритијената (Satchell, 1967; Lee, 1985; Curry, 2004). С друге стране, на популацију глиста утичу не само климатски фактори и особине земљишта, већ и на директан или индиректан начин, врста вегетацијског покривача (Mather и Christensen, 1988). Такође, због тесне везе кишних глиста и подлоге (Paoletti, 1999), модерна пољопривредна пракса може да модификује физичке и хемијске особине земљишта тако да изазове промене у густини и саставу заједница глиста (Curry и сар., 2002).

У оквиру агроекосистема, истраживана су конвенционална и органска поља. У конвенционалном пољу нађено је седам врста лумбрицида (Табела 7). Доминантне врсте у конвенционалном пољу (*A. leoni* и *Ap. rosea*) у исто време имају и високе вредности за учесталост (Табела 7). Ово су врсте које имају највећи праг толеранције. Оне су способне да преживе неповољне климатско-еколошке услове, какви су и владали на овом локалитету (суша, високе темпаратуре, колебање рН вредности). Према наводима неких аутора ове врсте могу да опстану при влажности од 22% (Šarkarev, 1978; Zicsi, 1958), а како се зна да глисте умиру при влажности испод 20%, онда је и јасно да ове врсте имају изузетну способност преживљавања.

У органском пољу пронађене су четири врсте (Табела 8). Доминантне врсте у органском пољу (*A. leoni* и *L. rubellus*) у исто време имају и високе вредности за учесталост (Табела 8), осим у 2015. години када је најучесталија врста *P. antipai*. Ово је врста која се сусреће у нижим пределима и често је присутна у култивисаним биотопима. Присуство *L. rubellus* као доминантне врсте указује да се ради о влажном биотопу са довољно органског материјала.



Док су у органском пољу родови подједнако заступљени (са по једном врстом), у конвенционалном пољу су највише заступљене врсте из родова *Apporectodea* и *Eisenia*. Врсте из рода *Apporectodea* могу дубље да продру у земљу, за разлику од других ендегичних врста и да на тај начин избегну утицаје конвенционалне пољопривредне праксе (Berry и Karlen, 1993; Sims и Gerard, 1999).

Иако је бројност кишних глиста већа у органском пољу у односу на конвенционално поље (Табела 6), диверзитет је мањи (Табела 11). Ипак, мора се узети у обзир чињеница да су на конвенционалном пољу пронађене чак три врсте само са по једним примерком (Табела 7). Наши резултати, за сличне вредности индекса између ова два система, су у складу са резултатима које су дали Pelosi и сар. (2009). До сличних резултата, да не постоји разлика између абундансе, биомасе и састава заједнице лумбрицида, између конвенционалног и органског пољопривредног система су дошли, и Nuutinen и Naukka (1990), као и Tarrant и сар. (1997). Аутори су ове резултате објаснили краткотрајним мониторингом. Према њима, пре него што се да неки закључак, потребна су истраживања од најмање 15 година. Друга могућност је да више остатака усева остаје у земљишту у конвенционалним пољима јер су приноси углавном већи него у органској пољопривреди. Тако да је већа количина органске материје доступна глистама у конвенционалним пољима (Pelosi и сар., 2009). Према Edwards и Bohlen (1996b), најважнији фактор који утиче на популацију глиста је удео садног материјала који се врати у земљу. Са друге стране, постоје и докази из упоредних студија који указују на општи тренд веће бројности лумбрицида на органским агроекосистемима у односу на конвенционалне (Hole и сар., 2005). До истих резултата су дошли и многи други аутори (Gerhardt, 1997; Brooks и сар., 1995; Liebig и Doran, 1999; Berry и Karlen, 1993; Pfiffner и Mäder, 1997). Важно је напоменути да неки аутори закључују да овакви резултати нису увек повезани са не коришћењем пестицида јер је ово вероватно резултат употребе стајњака у органским системима.

Број јувенилних јединки, као и однос између јувенила и адулта, је био нижи у конвенционалном пољу у односу на органско поље. Ово са једне стране може да значи да коришћење пестицида може негативно да утиче на јувенилне стадијуме, који се јављају близу површине земљишта и на тај начин су изложени највећем ризику од негативног утицаја пестицида (Pfiffner и Mäder, 1997), али и механичке обраде земљишта (Edwards и

Lofty, 1982; Fraser и сар., 1996). А са друге стране, може да значи да је ослабљена репродуктивна способност глиста у конвенционалном пољу због примене мноштва хемијских средстава (Yasmin и D'Souza, 2010; Pelosi, 2013 ).

У заједницама кишних глиста у обрадивим земљиштима често доминирају ендегичне врсте (Ernst и Emmerling, 2009; De Oliveira и сар., 2012). У нашим истраживањима, анализа еколошких категорија је показала да, у конвенционалном пољу доминирају ендегичне врсте (*A. leoni*, *Ap. rosea*, *Ap. jassyensis* и *P. antipai*). Епигеичне врсте (*E. fetida*, *E. lucens* и *L. castaneus*) су мање бројне и пронађене су само у по једном примерку (осим *E. lucens*). Епигеичне врсте могу бити у мањем броју присутне због примене хемијских средстава (Pelosi, 2013), али и процеса орања, које механички директно утиче на животиње (Edwards, 1983; Lofs-Holmin, 1983). Такође, ови облици су директно изложени предаторима. Употребом пестицида се индиректно мењају услови живота. Ове промене укључују уништавање канала које глисте копају, губитак органске материје, и промене у физичким условима земљишта као што су садржај воде и температура (Chan, 2001; Edwards и Bohlen, 1996). Према Culy и Berry (1995) и другим ауторима (Edwards и Bohlen, 1996; Lofs-Holmin, 1981; Römbke и сар., 2004; Tu и сар., 2011; Van Gestel, 1992), глисте које се хране на или близу површине земљишта су више погођене ефектима пестицида него оне врсте глиста које се хране у дубљим слојевима земљишта (Pelosi, 2013). Такође, у органском пољу доминирају ендегичне врсте (*A. leoni*, *Ap. rosea* и *P. antipai*), а само једна врста (*L. rubellus*) је представник епигеичних врста. Не треба да изненађује присуство шумске врсте *L. rubellus*, јер се поред овог поља налази листопадна шума. Овакав однос еколошких категорија је у складу са претходним истраживањем које су спровели Pelosi и сар. (2009).

У оквиру природних екосистема, истраживани су примарни екосистеми (шуме) и секундарни екосистеми (ливаде). Шуме које су истраживане представљају заједнице сладуна и цера (*Querceto confertae-cerris*), а земљиште је по типу гајњача и смоница. У шумском екосистему пронађена је разноврсна лумбрицидна фауна. Укупно је пронађено 12 врста (Табела 9), од којих су три ендемичне врсте. Међутим, чињенице да је едификаторска врста *Ap. rosea*, и да се ради о проређеним и деградираним шумама на ограниченим површинама, указују да су ове шуме под јаким антропогеним утицајем. Учесталост врста *Ap. rosea*, *L. rubellus* и *O. lacteum* је јако велика, чак 93,75%.

Лумбрицидна фауна мезофилних ливада броји неколико космополитских врста па је прилично једнолична (Табела 10). Један од разлога јесте и близина околних агроекосистема. Оно што је вредно поменути је да је у овом екосистему пронађена једна ендемична врста (*A. spasiijakaramani*).

У примарним екосистемима, најзаступљенији род је *Allolobophora* (Табела 9), са чак четири врсте, од којих су две ендемичне (*A. serbica* и *A. spasiijakaramani*). Једна врста из овог рода *A. parva* је први пут пронађена на територији Србије. У секундарним екосистемима најзаступљенија су два рода са по две врсте и то *Allolobophora* и *Aporrectodea* (Табела 10).

Занимљиво је, да иако је бројност већа, као и број пронађених врста у примарним екосистемима у односу на секундарне екосистеме (Табела 6), диверзитет је мањи (Табела 12). Највероватнији објашњење за такву ситуацију су равномерност и уједначеност услова за живот у ливадама што потврђује већи индекс равномерности. У шумским екосистемима због непланског искривања нема уједначености земљишних услова а тиме ни равномерног распрострањења животиња што је лимитирајуће утицало на богатство и диверзитет лумбрицидних популација. Ипак, мора се узети у обзир чињеница да је у шумама пронађено чак пет врста само са по једним примерком (Табела 9). У шумским екосистемима пронађене су три ендемичне врсте (од којих једна први пут у шумском биотопу, а једна врста која је по други пут пронађена у Србији) и једна врста која је нова у фауни лумбрицида Србије. Шумско станиште има релативно ублажену климу земљишта у односу на више изложене ливаде. Са друге стране, доминантна врста као и мали број пронађених примерака за чак пет врста, указују на процесе деградације. Такође, мора се узети у обзир чињеница да се шуме у централној Србији налазе у фрагментима окружене агроекосистемима.

Број јувенилних јединки, као и однос јувенила и адулата је мањи у примарним екосистемима, за разлику од секундарних екосистема. Већа количина органске материје која се налази у шумама, може да доведе до бржег раста глиста, па самим тим и до мање бројности јувенилних стадијума (Kalu и сар., 2015).

Анализом еколошких категорија утврђено је да је у шумском екосистему шест врста епигеично, пет ендегично и једна врста је анегична. Без обзира што су процеси деградације евидентни, фауна лумбрицида је разноврсна. Климатско-еколошки услови у

земљишту и стељи су повољно утицали што је условило појаву ретких врста. Земљиште је влажно и богато органским материјалом, стеља је обилна, а процеси хумификације су изражени, због чега врсте које живе у стељи чине језгро животних облика у овом екосистему. У секундарним екосистемима, од пет космополитских врста три су ендегичне, а две су епигеичне. Једна врста која је ендем је анецична (*A. spasenijakaramani*). Овакав однос указује да се у овим биотопима ипак одвијају неповољни процеси као последица деградације и исушивања.

IndVal метод се успешно примењује за детекцију индикаторских врста (Bullinger-Weber и сар., 2012; Koné и сар., 2012). У конвенционалном и органском пољу индикаторска врста је *A. leoni*. У шумском екосистему су то *Ap. rosea*, *L. rubellus* и *O. lacteum*, док су на ливадама то *A. leoni* и *Ap. rosea*.

Коегзистенција врста зависи од интерспецијских разлика у коришћењу трофичких ресурса у земљишту (Desaëns и сар., 2011). Ова особина разликује врсте не само између еколошких категорија, већ и унутар њих. Бољи увид у парове врста који коегзистирају заједно у овом истраживању је постигнуто коришћењем Жакардове дистанце. Резултати су показали да је у конвенционалном пољу најнижа вредност ове дистанце била између врста *P. antipai*, која је ендегична и *E. lucens*, која је епигеична. У органском пољу најнижа вредност Жакардове дистанце је била између врста *P. antipai* и *A. leoni*, које су обе ендегичне. У примарним екосистемима најнижа вредност Жакардове дистанце је била између ендегичне и епигеичних врста и то: *Ap. rosea* и *L. rubellus* и између врста *Ap. rosea* и *O. lacteum*. У секундарним екосистемима у сезони пролеће 2016. године, најнижа вредност Жакардове дистанце је била 0,54, између врста *Ap. rosea* и *L. rubellus*, и 0,55, између врсте *A. leoni* са врстама *Ap. rosea* и *L. rubellus*. У сезони пролеће 2016. године, најнижа вредност Жакардове дистанце је била 0,54, између врста *A. leoni* и *Ap. rosea*.

Конкуренцију између врста у пољу је веома тешко открити (Curry, 2004), а асоцијације између две или више врста у заједници лумбрицида могу бити повремене или могу зависити од сличности између врста по питању еколошких захтева (Edwards и Bohlen, 1996).

### 5.2.2. Структура заједница лумбрицида по сезонама

Клима утиче на глисте директно, на њихову биологију и животне процесе и индиректно кроз ефекте на њихово станиште и залихе хране. Температура може бити фактор од примарне важности у одређивању састава и структуре заједница лумбрицида (Lavelle 1983; Lavelle и сар., 1998, 1999). Високе температуре су често повезане са недостатком влаге, што је већи ограничавајући фактор за глисте од саме температуре. Утицај климе, углавном температуре и падавина, у испитиваним подручјима су видљиви када се анализирају узорци по сезонама.

Пољопривредно земљиште има дуге периоде огољене земље што може додатно да интензивира утицај временских прилика на распрострањење лумбрицидних популација. Добијени резултати пролећног и јесењег испитивања у конвенционалном пољу указују да је већи број врста пронађен током пролећне сезоне, у односу на јесењу сезону (Табела 6), и у току 2014. и у току 2015. године. Међутим, када је у питању бројност адулта ова правилност не важи за 2015. годину. Током пролећа 2014. године, *Ap. rosea*, врста са великим прагом толеранције за смањену влажност и повишену температуру, најзаступљенија је и појављује се као најбројнија субдоминантна и акцесорна врста у конвенционалном пољу. *Ap. rosea* и *A. leoni* се појављују као најбројније врсте са највишим нивоом доминантности (субдоминанте) и фреквентности (константне) у односу на остале регистроване врсте које су субрецендентне и случајне, током пролећа 2015. године. У јесен 2014. године регистрована је највећа бројност врсте *A. leoni*, као доминантне и константне врсте у конвенционалном пољу, док у јесен 2015. *A. leoni* и *E. lucens* су субдоминантне и константне врсте.

Током 2014. године, бројност јувенила је била већа у пролеће, док је током 2015. године бројност била већа у јесен. Једно од могућих објашњења су повољнији климатски услови који су владали у том периоду. Јувенилни стадијуми не могу да се одбране од исушивања тако што ће да се помере дубље у земљу и да постану неактивни и зато током суша страдају (Gerard, 1967).

Када су у питању еколошке категорије, у конвенционалном пољу је током пролећа било више ендегичних врста, него епигеичних, док су током јесење сезоне еколошке категорије биле подједнако заступљене. Са повећањем температуре, ендегичне врсте су

фаворизоване, јер могу да искористе ресурсе лошијег квалитета кроз ефикасније дигестивне процесе који се односе на мутуалистичке интеракције са микрофлором унесеном заједно са земљиштем (Edwards, 2004).

Врсте које присуствују у одређеном станишту, рефлектују неке од карактеристика тог станишта, и означене су као биоиндикатори (Stork и Samways, 1995). Резултати IndVal индекса указују на то да је индикаторска врста у обе сезоне (изузев у пролеће 2014.) била *A. leoni*.

Утврдити који од параметара највише утиче на асоцијативност је комплексан задатак (Hackenberger Kutuzović и Hackenberger Kutuzović, 2014). Компетиција за храну је генерално важан фактор за одређивање популација глиста, али мало је информација о природи ових односа и о учесталости јављања. Доступни подаци указују да интерспецијска конкуренција је минимизирана кроз различитост ниша (Edwards, 2004). Да би се постигао бољи увид у парове који се јављају заједно, коришћена је Жакардова дистанца, која је израчуната за сваки пар врста који се јављао заједно. Током 2014. године у обе сезоне, вредности Жакардове дистанце су биле јако високе, као и током јесени 2015. године, што указује на неповезаност врста у овом биотопу. Најниже вредности Жакардове дистанце биле су у пролеће 2015. године и то између врста *P. antipai* (ендогеична врста) и *E. lucens* (епигеична врста). Ове две врсте су коегзистирале заједно и током јесени исте године али у малом броју проба па је вредност Жакардове дистанце била знатно виша.

Индекси диверзитета су већи током пролећних сезона у односу на јесење сезоне, изузев индекса уједначености који је имао веће вредности у јесен 2015. године него у пролеће исте године.

На основу свега наведеног у конвенционалном пољу, јасно је да је у пролећном аспекту и 2014. и 2015. године, била богатија и разноврснија лумбрицидна фауна него у јесен 2014. и 2015. године. Индикаторска врста током јесени 2014. и пролећа 2015. године је била *A. leoni*, врста карактеристична за влажна земљишта, док за пролеће 2014. и јесен 2015. године *A. leoni* није индикаторска. Лумбрицидна насеља конвенционалног поља су оскудна и разбијена. Од максимално шест врста (пролеће 2015.), три је регистровано само са једним примерком, док је само три врсте регистровано у јесен 2014. године. Истовремено се појављују *P. antipai* (ендогеична врста) и *E. lucens* (епигеична врста) и то само у једној сезони (пролеће 2015.).

Добијени резултати пролећног и јесењег испитивања у органском пољу указују да је број врста исти у свим сезонама и током 2014. и током 2015. године (Табела 6). Очекивано, бројност адулта је већа током пролећних сезона у односу на јесење. Током свих сезона и у 2014. и у 2015. години, најбројнија је врста *A. leoni*, која се јавља као еудоминантна и еуконстантна, осим у сезони пролеће 2014. године, где је доминантна. *P. antipai* је у пролећним сезонама била пратећа и рецендентна.

И 2014. и 2015. године, бројност јувенилних стадијума је већа током јесени у односу на пролеће. Према Scheu (1992) и Pižl (1992), климатски услови имају већи ефекат на епигеичне у односу на ендегеичне врсте и зато су оне угроженије. У органском пољу, током свих сезона, заступљеније су ендегеичне врсте у односу на епигеичне (3:1), што јасно указује на повољније климатско-педолошке услове у дубљим слојевима земље.

Метода одређивања индикаторске врсте указује на еколошке односе у заједници и посебно је корисна за заједнице које нису довољно проучаване или у њихов састав улазе ретке врсте које је тешко проучавати (Urban и сар., 2012). У органском пољу, резултати IndVal индекса указују на то да је индикаторска врста у обе сезоне била *A. leoni*, што значи да се током сезона у ове две године услови нису битније мењали.

У органском пољу, током обе сезоне у 2015. години и током јесени 2014. године, израчунате вредности Жакардове дистанце су биле јако високе. Најнижа израчуната вредност је била током пролећа 2014. године и то између две ендегеичне врсте, *A. leoni* и *P. antipai*. Ове две врсте су коегзистирале заједно и током читавог периода истраживања, али у малом броју проба, што су и високе вредности Жакардове дистанце потврдиле.

Индекси биодиверзитета су били већи током пролећних сезона у односу на јесење, осим Маргалефовог индекса.

Када је у питању органско поље, добили смо очекиване резултате, где су пролећне сезоне биле са већим богатством и диверзитетом врста у односу на јесење сезоне. Као и у конвенционалном пољу, тако и у органском, популације лумбрицида су сиромашне, неасоцијативне и разбијене. Ипак, варијације климатских услова током истраживања нису битно утицале на резултате о чему сведочи и индикаторска врста (*A. leoni*) која је иста током сезона и година. Присутно је по четири врсте у свакој сезони, а само у пролеће 2014. године запажено је истовремено појављивање две ендегеичне врсте, *A. leoni* и *P. antipai*.

Шуме, као примарни екосистеми, имају тенденцију да садрже већи број врста у односу на друге екосистеме, јер су сложенији и имају више ниша које омогућавају постојање неких врста са специфичним захтевима (Smith и сар., 2008). У истраженим шумама централне Србије пронађен је већи број врста током јесење сезоне, у односу на пролећну (Табела 5). Иста је ситуација и када је бројност адулта у питању. Током пролећне сезоне *Ap. rosea* се јавља као доминантна и као еуконстантна врста, која сведочи о сувим условима станишта, док је током јесени најбројнији *O. lacteum*, као субдоминантна и еуконстантна врста, у односу на остале регистроване врсте које су субрецендентне и случајне. Без обзира на овакво стање, током пролећне сезоне су пронађене три ендемичне врсте, док је у јесен регистрована само једна ендемична врста која се јавља и у пролеће. Бројност јувенилних стадијума је била већа током пролећне сезоне (Табела 6).

Када су у питању еколошке категорије, у примарним екосистемима је током пролећа било више ендемичних врста, него епигеичних и анецичних, док су током јесење сезоне преовладале епигеичне врсте. И ова чињеница иде у прилог да су током јесење сезоне били повољнији климатски услови који су погодовали епигеичним врстама.

У примарним екосистемима, индикторске врсте током пролећа су биле *Ap. rosea* и *L. rubellus*, а током јесени *Ap. rosea* и *O. lacteum*. Ипак, изразито присуство *Ap. rosea* указује на то да су истражене шуме девастиране, земљиште суво а стеља оскудна, поготово у пролећној сезони када је *Ap. rosea* била бројнија у односу на јесењи аспект.

Вредности Жакардове дистанце су биле ниже током пролећа између врста *Ap. rosea* и *L. rubellus*, него у јесен између врста *Ap. rosea* и *O. lacteum*. Интересантна је чињеница да ове врсте не само да су биле индикаторске, већ су и коегзистирале заједно, а у питању су врсте из различитих еколошких категорија.

Индекси биодиверзитета су били нижи у пролећној сезони у односу на јесењу.

Сезонски фактори играју важну улогу у саставу и величини популација лумбрицида али они не утичу подједнако на све еколошке категорије лумбрицида. Пошто су температура и влажност два параметра која имају највећи утицај на лумбрициде, онда се епигеичне врсте сматрају осетљивијим у односу на ендемичне и анецичне врсте (Mongroу и сар., 2006). У складу са овим су и наши резултати где током јесење сезоне (када су били погоднији климатски услови) преовлађују епигеичне врсте. Ипак, обилнија



стеља као и обиље зељастих биљака допринеле су и богатијим прехранбеним јесењим условима што је имало за последицу и појаву врста које преферирају хумусом богатија земљишта (*D. rubidus tenuis*, *Ap. trapezoides*, *E. lucens*, *A. parva*). Када се томе дода и влажан и кишовит касно јесењи период јасно је да је и влажност била повољнија на шта указује присуство *E. tetraedra* и *A. leoni*.

Када су у питању секундарни екосистеми, исти број врста је пронађен током обе сезоне (Табела 6), али је током пролећа пронађена једна ендемична врста. Када је бројност адулата у питању, већи број је пронађен током јесење сезоне у односу на пролећну (Табела 6). У обе сезоне, најбројнија врста је била *A. leoni*, као субдоминантна и еуконстантна.

Бројност јувенилних стадијума је била већа током јесење сезоне и то више него дупло (Табела 6), што се може приписати повољнијим климатским условима.

Током пролећа 2016. године подједнако су биле заступљене епигеичне и ендегеичне врсте, а анецичне су имале једног представника. Током јесење сезоне било је више ендегеичних врста. Као и на већини ливада (Desaëns и сар., 1997; 2008), ендегеичне врсте су биле доминантне како по броју врста тако и по изобиљу.

На основу израчунатог IndVal индекса, током пролећа индикаторска врста је била *A. leoni*, а током јесени то су биле *A. leoni* и *Ap. rosea*.

Израчунате вредности за Жакардову дистанцу су биле ниже током пролећа између врста *Ap. rosea* и *L. rubellus*, него у јесен између врста *A. leoni* и *Ap. rosea*.

Индекси биодиверзитета су приближних вредности у обе сезоне.

У условима релативно топлог и сувог пролећа и кишовите и прохладне јесени у 2016. години, истраживања шумских и ливадских екосистема резултирала су присуством нешто квантитативно бројније и разноврсније лумбрицидне фауне у шумским (10 врста) и ливадским (5 врста) екосистемима у јесењој сезони., док је у пролеће у шумама забележено шест врста а у ливадама пет. Међутим, пролећни аспект истраживања је значајнији када је у питању присуство ретких врста. У шумама су присутне две индикаторске врсте и у пролеће (*Ap. rosea* и *L. rubellus*) и у јесен (*Ap. rosea* и *O. lacteum*) док у ливадама у пролеће је *A. leoni* а у јесен *A. leoni* и *Ap. rosea*. Иако индекси диверзитета нису изразито високи ипак лумбрицидне популације нису разбијене. У шумама се истовремено појављују *Ap. rosea* и *L. rubellus* у пролеће, а у јесен *Ap. rosea* и *O. lacteum*. Ове врсте су уједно и индикаторске врсте. У ливадама је у пролеће забележено

истовремено појављивање врста *Ap. rosea* и *L. rubellus*, а у јесен врста *Ap. rosea* и *A. leoni*. Вредности композитног индекса су показале да је *A. leoni* индикаторска врста за овај екосистем.

### 5.3. Екотоксиколошка анализа

Пошто глисте имају значајну улогу у педогенези, а такође доприносе и квалитету земљишта, веома је важно да се проучавају сублетални ефекти загађивача који могу имати утицаја на њихову активност (Sapowicz и Berard, 2006). Сазнања о односима између морталитета, бројности и репродуктивне способности и употребе пестицида и даље су недостижна, и мало се зна о утицају нових пестицида на глисте користећи стандардне методе тестирања као што је описано у смерницама OECD-а (Wang и сар., 2012а).

#### 5.3.1. Анализа ефеката појединачних пестицида на врсту *Eisenia fetida* у лабораторијским условима

Wang и сар. (2012а) су тестирали 24 врсте инсектицида на врсти *Eisenia fetida*, користећи стандардне процедуре OECD 222, где је између осталих коришћен и циперметрин. На основу акутне токсичности за 48 h, циперметрин је окарактерисан као веома токсичан, док су на основу хроничних тестова закључили да је знатно мање токсичан него што су то првобитно закључили. Овакви резултати указују да ниво токсичности не зависи само од природе супстанце, већ и од теста који се примењује, што су потврдили и резултати истраживања која је спровео Heimbach (2006). На основу LC<sub>50</sub> вредности за 96 h, Gupta и сар. (2011) су оценили да је циперметрин средње токсичан. Међутим, они нису могли да добију LT<sub>50</sub> вредности за 96 h, што су објаснили његовом брзом фотохемијском разградњом (Saha и Kaviraj, 2008). Zhou и сар. (2008) су истраживали утицај ципеметрина на смртност, раст и размножавање адултних и јувенилних глиста. Резултати указују да акутна токсичност циперметрина нема већег значаја ни за један од стадијума, за разлику од хроничних тестова, у којима јединке имају мању масу. Такође, у тестовима хроничне токсичности продукција кокона је значајно

смањена при концентрацијама већим од 10 mg/kg, као и излегање јувенилних јединки. У овим тестовима адултне јединке показују мању осетљивост на циперметрин у поређењу са јувенилним јединкама. Осетљивост на циперметрин међу различитим врстама глиста није иста. Врста *Eisenia crypticus* је далеко више осетљивија од врсте *Eisenia fetida*. Интерспецијске разлике се огледају у разликама у систему детоксикације (Hartnik и сар., 2008). Познато је да одговор у акутним тестовима може бити јачи код организама који ефикасно метаболишу токсиканте, али их не екскретују, па неки од метаболита могу изазвати сублеталне одговоре (Roex и сар., 2000).

Пиретроиди су познати по домино ефекту и изразитој почетној ефикасности (Janjić, 2005). У нашим експериментима смо под утицајем Талстара већ у првој недељи забележили смртност глиста у свим концентрацијама. Талстар није имао значајан утицај на промене у тежини, осим у шестој и осмој недељи у највећој концентрацији. Ипак, имао је утицај на производњу кокона и излегле јувенилне јединке, чак и код препоручене дозе. Репродукција може бити инхибирана или заустављена у концентрацијама полутаната које су далеко испод одређених смртоносних концентрација (Neuhauser и сар., 1985b). Тако да, према Zhou и сар. (2007) параметри за репродукцију су јасно осетљивије тест крајње тачке у односу на друге, за процену ризика. Stäbler (2002) је користио студију 56 дана репродукције где је излагао утицају бифентрина врсту *E. fetida*. Истраживање је показало да је 56-одневни NOEC за репродукцију  $2,13 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  у условима тестирања и исправљени 56-одневни NOEC за репродукцију у стандардном европском земљишту једнак је  $0,7242 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Наши резултати подржавају ове резултате. Бројне студије су показале утицај бифентрина на бескичмењачке врсте. Утврђено је да је бифентрин веома токсичан за пчеле (Dai и сар., 2010) и токсичан за *Daphnia magna* (Wang и сар. 2009). Међутим, пиретроиди су мање токсични за сисаре у односу на бескичмењаке због више телесне температуре сисара, њихове веће величине тела и мање осетљивости локација јонског канала (Bradberry и сар., 2005).

Када је у питању Ласер, није било значајне смртности и  $LC_{50}$  за четири недеље је далеко већи него највећа концентрација која је коришћена. Према нашим резултатима, који су дати у Табели 16, за RAD и за ниже концентрације од препоручене, примећено је да су глисте добијале на тежини током прве две недеље, док је при вишим концентрацијама одмах дошло до смањења тежине. Статистичке анализе су показале

значајну разлику између контроле и концентрација које су веће од препоручених, осим за шесту и осму недељу, када је статистички значајна разлика забележена и на нижим концентрацијама. Слични подаци добијени су и за инхибицију раста (График 5). Ови резултати су у складу са изјавом Yasmin и D'Souza (2010). Они су истакли да је губитак тежине показатељ физиолошког стреса, који зависи од концентрације пестицида и времена експозиције. Када је реч о резултатима продукције кокона и излеглих јувенилних јединки, није било статистички значајних разлика између контроле и било ког третмана. Често, крајње тачке, као што су раст и размножавање се посматрају одвојено. Међутим, према Jager и сар. (2006) те крајње тачке су уско повезане. Заправо, у нашој студији спиносад не утиче на тежину, на тај начин да се смањи формирање кокона, без обзира што, према Jager и сар. (2006) репродукција обично почиње са одређеном минималном величином тела. Са протоком времена број формираних кокона је порастао, што значи да спиносад није утицао на квалитет јајних ћелија и број излеглих.

Међу пестицидима који се користе у пољопривредној пракси, органофосфатни инсектициди и синтетички пиретроиди су најчешће коришћени (Espinoza-Navarro и Bustos-Obregón, 2004). Поред пољопривреде, користе се и у ветеринарској пракси као и у кућној употреби. Синтетички пиретроиди, међутим, постају све важнији, док је употреба органофосфатних инсектицида драстично умањена због забране употребе скоро свих производа који садрже хлорпирифос и диазинон. Као примарна замена, употреба синтетичких пиретроида драстично се повећава последњих година (Wang и сар., 2009). Синтетички пиретроиди су као и спиносад неуротоксични, али се разликују у механизму деловања. Пиретроиди су модулатори натријумових канала и тако проузрокују брзу парализу и смрт инсеката (Santos и сар., 2007), док је спиносад алостерични модулатор никотинско ацетилхоличних рецептора (nAChR), који је нов и јединствен међу познатим производима за контролу инсеката (Thompson и сар., 2000). До сада, вештачки синтетисани пиретроиди су се показали као изузетно токсични за нециљане организме, нарочито за кишне глисте. Wang и сар. (2012) су приказали резултате токсичности четири врсте ових инсектицида на врсти *E. fetida* и то: цихалотрин, циперметрин, фенпропатрин и ламбда-цихалотрин. Циперметрин се такође показао као токсичан за тропску врсту кишне глисте *Perionyx excavates* (Gupta и сар., 2010). За разлику од пиретроида, на основу наших резултата, као и резултата студије коју су спровели Karanjkar и Naik (2010), спиносад није

токсичан за кишне глисте. Утврђено је да није токсичан за птице, релативно ниске токсичности за сисаре и само мало до умерено токсичан за водене организме. Поред тога, хронични токсиколошки тестови код сисара су показали да спиносад није канцероген, тератоген, мутаген или неуротоксичан (Thompson и сар., 2000). Поред тога, доказано је да је спиносад безбедан за многе корисне инсекте (Schoonover и Larson, 1995). Такође се показао као веома добар инсектицид у борби против штеточина, посебно против инсеката из редова Lepidoptera, Diptera и Thysanoptera и неких врста Coleoptera и Orthoptera (Thompson и сар., 2000). Исти аутори дају упоредне податке о циперметрину и спиносаду, где се јасно види нижа активност спиносада код важних корисних инсеката, али се вредности генерално поклапају у смислу штетних инсеката. Наши резултати као и позитивне карактеристике ове хемијске супстанце као што су: јединствена структура и начина деловања, брза разградња, ефикасност против штеточина, безбедан за корисне организме (Thompson и сар., 2000), дају предност спиносаду у односу на друге пиретроиде, нарочито циперметрин.

У нашој студији, вредност  $LC_{50}$  и резултати за Тербис, дати у Табели 17 и Графику 7, показују да је овај пестицид врло отрован. На пример, смањење тежине је примећено одмах. Naque и Ebing (1983) сматрају да је губитак тежине важан критеријум за одређивање сублеталних ефеката. Mosleh и сар. (2003b) претпостављају да губитак тежине може указивати на смањени унос хране, чиме глисте регулисано узимају и пестициде и тиме долази до инхибиције раста. Ова стратегија се обично користи да би се спречило тровање организма тешким металима и пестицидима (Ribeiro и сар., 2001). Ово може бити резултат и мобилизације енергије за одбрану организма против пестицида тако да енергија за раст више није доступна (2003). Velki (2009) је проучавала смешу тербутилазина са пиримифос-метилом, и њени резултати су показали значајне хистолошке промене, као што је некроза на мишићним ћелијама, деформације на кружним и уздужним мишићима и ерозија ткива, остављајући укупну штету на телесни зид. Са друге стране, слабо до умерене концентрације хербицида тербутилазина индуковале су физиолошке промене код *Lumbricus terrestris*, *E. fetida* и *Eisenia andrei* (Viswanathan, 1997), а такође је имао утицај на репродуктивне процесе, дисање и излучивање.

Brackenbury и Appleton (1997) проучавали су утицај природних молусцида из биљак *Apodytes dimidiata* (Icacinaceae) на врсту *E. fetida*. Њихови резултати су показали

да водени екстракти *A. dimidiata*, уколико се апсорбује кроз кожу, неће изазвати било какав акутни токсични ефекти на *E. fetida*. Значајно смањење биомасе је забележено само при високим концентрацијама. Међутим, они су такође добили резултате да је биомаса повећана у природном тлу, али ово земљиште се не може користити јер је тешко за стандардизацију. Што се тиче лимацида Гардене, наши резултати показују да није отрован у лабораторијским условима, чак и при дозама које су четири пута веће од препоручене. Edwards и сар. (2009) су користили OECD токсичан тест, док су Langan и Shaw (2006) користили Даниелову левак технику, и излагали су *L. terrestris* утицају металдехида (0.1-10.000 mg·kg<sup>-1</sup>). Иако су концентрације у оба ова рада значајно веће у поређењу са нашим концентрацијама, јасно је показано да металдехид није имао никакав утицај на глисте и да то није утицало на бројност, чак и при највећим концентрацијама.

### **5.3.2. Анализа ефеката пестицида са две активне материје на врсту *Eisenia fetida* у лабораторијским условима**

Познато је да мешовити инсектициди изазивају синергичке ефекте на циљне, али и на корисне организме (Clark и сар., 2002; Ahmad и сар., 2009). Експерименти са појединачним инсектицидима не показују реално стање у земљишту у коме се налази више различитих и мешовитих инсектицида (Zhou и сар., 2011). Мешавине инсектицида у пољопривредној пракси постају све популарнији за употребу због своје високе ефикасности и брзе акције (Wang и сар., 2012b).

Према нашим резултатима, инсектицид Галитион показује релативну токсичност чак и при ниским дозама, упркос чињеници што је LC<sub>50</sub> вредност много већа од највеће концентрације коју смо користи у експерименту. Други аутори су показали токсичност активних супстанци које чине Галитион у много већим концентрацијама од наших. Wang и сар. (2012a) су истраживали, између осталих, и четири врсте органофосфорних пестицида и утврдили су да је фенитроотион највише отрован, а у односу на 24 пестицида која су испитивана, а која припадају различитим групама, показана је средња токсичност фенитроотиона. Roberts и Dorough (1984) су добили резултате где је малатион био умерено токсичан или релативно нетоксичан за сисаре, али са друге стране, изузетно или врло токсични за кишне глисте. У студији Espinoza-Navarro и Bustos-Obregon (2005), глисте

које су третиране малатионом показале су значајно смањење телесне тежине које је било дозно зависно. Они су такође, у својим експериментима показали негативан утицај малатиона на мушке репродуктивне органе, мењајући ћелијску пролиферацију, а такође су утврдили да утиче и на ДНК структуру сперматогонија (Espinoza-Navarro и Bustos-Obregon, 2004), док су Bansibal и Rai (2010) показали да малатион изазива различите хистопатолошке промене.

Wang и сар. (2012a) су проучавали хроничну токсичност различитих типова инсектицида, укључујући фенитроцион, и закључили су да је умерено отрован. Са друге стране, органофосфорни инсектициди су инхибитори активности ацетилхолинестеразе (AChE) у синапсама централног нервног система инсеката (Kwong, 2002; Kavitha и Venkateswara Rao, 2007; Carmo, 2010). Wang и сар. (2012a) сматрају да токсичност органофосфорних инсектицида на кишне глисте зависи од параметара који се процењују. Тако, органофосфати показују висок степен токсичности, када је у питању инхибиција AChE и изазивају физиолошка оштећења (Wang и сар., 2012a; Espinoza-Navarro и Bustos-Obregon, 2004; Reddy и Rao, 2008; Bansibal и Rai, 2010; Rao и сар., 2003), али у другим случајевима показују мању токсичност (Wang и сар., 2012a). Wang и сар. (2012) закључују да већина органофосфата обично нису веома токсични за кишне глисте. Наши резултати подржавају ове закључке.

Frampton и сар. (2006) сматрају да акутна смртност није најосетљивија крајња тачка. LC<sub>50</sub> вредност за инсектицид Конзул је много већа од највеће концентрације коју смо користили у експерименту. Али, овај инсектицид је имао утицај на параметре животног циклуса (опстанак, раст, производњу кокона и излегле јувенилне јединке). Овакви резултати су у складу са чињеницом да овај инсектицид не делује брзо, веома је упоран и има дуг период преживљавања у земљишту. Други аутори су показали токсичност појединих компоненти овог инсектицида у много већим концентрацијама него што су наше. Mostert и сар. (2000) су закључили да хлорпирифос има веће негативне ефекте на глисте од других инсектицида (цифлутрин, карбарил, фипронил, имидаклоприд) у погледу морталитета и биомасе. Booth и O'Halloran (2001) и Mosleh и сар. (2003) приметили су смањење стопе раста код глиста врсте *Aporrectodea caliginosa*. Употреба хлорпирифоса у препорученим пољопривредним дозама може изазвати застој у расту јувенилних јединки и пад производње кокона код врсте *A. caliginosa* (Alshawish и сар.

2004; Booth и O'Halloran 2001; Booth и сар. 2000b), што је и у складу са нашим резултатима. Такође је показано да су хлорпирифос и циперметрин токсични за тропску врсту глисте *Perionyx excavates* (De Silva и сар., 2010; Gupta и сар., 2010). На основу вредности 96h LC<sub>50</sub>, хлорпирифос је показао умерену токсичност на *E. fetida* (Gupta и сар., 2011). Исти аутори су закључили да је пиретроидни инсектицид циперметрин такође умерено отрован. Резултати Wang и сар. (2012a) су показали да је токсичност циперметрин на *E. fetida* најнижа у вештачком тест земљишту, док су веома токсични за *E. fetida* у тестовима контакт токсичности. Они су објаснили чињеницу да се пиретроиди лакше апсорбују кроз кожу него преко стомака. Zhou и сар. (2011) су закључили да мешавина хлорпирифоса и циперметрина изазива веће ефекте на смртност, раст и размножавање него појединачне компоненте овог пестицида. LC<sub>50</sub> вредност за 14 дана мешавине ових пестицида била је далеко мања него њихове вредности када су пестициди одвојено употребљавани, што значи да је мешавина више токсична (Zhou и сар., 2011). Такође су закључили, да ефективна доза мешовитих пестицида ремети нормалне процесе раста и репродукције на нижим концентрацијама него када се одвојено употребљавају, посебно у репродукцији.

### **5.3.3. Анализа ефеката пестицида на врсту *Eisenia fetida* који су коришћени и на пољу и у лабораторији**

Пестициди који су употребљавани на конвенционалном пољу и у лабораторији су заправо хербициди Ацетохлор, Калисто, Еквип и Аденго. Хербициди су далеко најпримењенија врста пестицида (Short и Colborn, 1999; Muthukaruppan и сар., 2005). Негативан утицај хербицида на глисте веома је важна тема с обзиром да употреба ових једињења расте из године у годину (Zhou и сар., 2006).

Израчуната LC<sub>50</sub> вредност за Ацетохлор је износила 156,77 mg·kg<sup>-1</sup>. Ово је мало више од 145,3 mg·kg<sup>-1</sup> које су добили Хiao и сар. (2006) и 155,8 mg·kg<sup>-1</sup> које су добили Liang и Zhou (2003). У студији коју су спровели Wang и сар. (2012b), ацетохлор се показао као веома токсичан у контакт филтер папир тесту. Наши резултати за раст и репродукцију су у складу са резултатима Хiao и сар. (2006). У концентрацијама 5-10 mg·kg<sup>-1</sup>, стопа раста



је значајно опадала у поређењу са контролом након 30 дана излагања, док у овим концентрацијама репродукција није била погођена.

У студији коју су спровели Wang и сар. (2012b), Калисто је на основу контакт филтер папир теста означен као средње токсичан. У нашим резултатима, израчуната  $LC_{50}$  вредност је била мало нижа од највише концентрације коју смо користили. Остали параметри су се показали као веома осетљиви, у свим концентрацијама овог хербицида. Kreutz и сар., (2008) су израчунали  $LC_{50}$  за врсту *Rhardia quelen* (сом) за многе пестициде, укључујући и мезотрион. Студија је показала да мезотрион поседује вишу стопу леталног дејства него остали пестициди. Упоредну студију за четири врсте хербицида урадили су Joly и сар. (2013). Они су између осталих испитивли и Калисто, као комерцијалну формулу и мезотрион као чисту активну супстанцу на врсти *Vibrio fischeri* (биолуминисцентна бактерија). Дошли су до закључка да је комерцијална формула токсичнија од чисте активне материје, што значи да су адитиви који се додају формулисаној једињењу одговорни за токсичност. Villa и сар. (2012) су доказали да је једна компонента овог пестицида изазива токсичност код врсте *V. fischeri*.

Еквив се у нашим истраживањима показао као токсичан, док подаци EFSA (2016) указују да има утицај на репродукцију код врсте *E. fetida* у концентрацијама које су веће од препоручених. Нисмо пронашли податке да је Аденго до сада испитиван на неком организму, али је од четири хербицида која су коришћена и на пољу имао највећи утицај на морталитет, односно имао је најнижу израчунату  $LC_{50}$  вредност. Калисто је био хербицид који је показао најјачи утицај на раст и репродуктивну способност глиста (Табела 22 и График 15). Статистички значајне разлике су се појавиле већ у почетним недељама у свим концентрацијама, чак и у мањим од препоручених. Иста ситуација је била и када је у питању инхибиција раста. Калисто је утицао и на производњу кокона и после четврте и после осме недеље, као и на излегле јувениле. У лабораторијским испитивањима разградње мезотриона под разним условима дошло се до сазнања да се мезотрион разграђује под дејством сунчеве светлости и радом микроорганизама у земљишту. Секундарна једињења која су настала распадањем мезотриона показала су се као стабилнија него сам мезотрион. Иако је мезотрион лако разградљив, секундарни метаболити при разградњи делују токсично на животну средину.

О томе како су ови пестициди утицали на квантитативни и квалитативни састав лумбрицида на терену смо разматрали у поглаљима 4 и 5.2.1. овог рада.

Постоје многе разлике између лабораторијских и теренских истраживања, па се поставља питање да ли су резултати лабораторијских испитивања у стању да предвиде ефекте на терену. Разлике између лабораторијских и теренских истраживања према Van Gestel- у (1992) су следеће:

- У лабораторији се тестира само једна или неколико врста организама, углавном гајене у културама и изабране на основу лакоће култивисања и руковања, док су у пољима присутне различите врсте.

- У лабораторијским истраживањима сви тест организми су исте старости и здравственог стања, док су у пољу организми различите старосне структуре и показују велике варијације у физичком стању.

- Лабораторијски тестови се спроводе под оптималним условима (температура, рН земљишта, влага итд), док су на терену еколошки услови веома колебљиви.

- У лабораторији тест хемикалије се мешају хомогено кроз земљу и само једна хемикалија се тестира у исто време, док на терену дистрибуција хемикалија је увек нехомогена и организми могу бити изложени мешавини хемикалија.

- Организми на терену могу да пате од других фактора стреса, као што су предаторство и конкуренција.

- У пољу биолошка доступност хемикалија може бити нижа него у лабораторијским тестирањима.

- Теренска истраживања су прилично скупа, а резултати су често у сенци природних варијација и утицаја променљивог стања животне средине. Са практичне тачке гледишта, немогуће је тестирати све хемикалије на терену. Лабораторијски тестови су зато потребни да се стекне увид у потенцијални ризик хемикалија на екосистеме.

У теренским истраживањима, износ од примењене дозе пестицида који ће достићи површину земљишта ће варирати у зависности од начина примене, усева, као и доба године. На терену, излагање глиста пестицидима јако зависи од степена таложења пестицида на површини земљишта, на понашање пестицида у земљишту, од вертикалне дистрибуције глиста у земљишту. Рад на овим аспектима може понудити добре

могућности за побољшање процене ефеката пестицида на популације глиста (Van Gestel, 1992)

Упоредни подаци које је дао Van Gestel (1992) за четири врсте пестицида који су највише тестирани (беномил, карбендазим, карбофуран и карбарил) за поље и лабораторију указују на то да су резултати токсичности пестицида на глисте са терена у сагласности са резултатима из лабораторијских студија. Van Straalen и Denneman (1989) сматрају да ће организми у пољу да реагују слично као организми у лабораторијским студијама. Ови резултати су у сагласности са Heimbach (1992, 1993) који је показао високе корелације између утицаја пестицида на глисте у тестовима са вештачким земљиштем и експериментима на терену. И Dean-Ross (1983) је показао да постоји веза између лабораторијских и теренских резултата помоћу врсте *Lumbricus terrestris*.

Подаци лабораторијских испитивања токсичности се често користе за предвиђање потенцијалног утицаја пестицида на популације глиста у пољопривредном земљишту као и да се успоставе безбедне вредности пестицида у земљишним екосистемима (Booth, 2000). Информације о хроничним ефектима могу бити важне за разумевање података из теренских тестова, који нормално показују велику варијабилност и стога их је тешко тумачити (Kula и Kокта, 1992).

## 5. ЗАКЉУЧЦИ

Резимирајући резултате ове екотоксиколошке и фаунистичке студије могу се извести следећи закључци:

Специфична геоморфологија централне Србије условила је врло разноврсне климатске и педолошке услове, односно разноврсност живог света. Богатство фауне централне Србије условљено је јужним положајем Балканског полуострва, што значи оптимални климатски услови као и релативно миран развој током новије геолошке историје.

Од укупног броја врста које су констатоване на територији Србије, близу 60% врста је пронађено у централној Србији.

Током наших истраживања прикупљено је 2190 јединки из 160 узорака са четири локалитета.

Регистровано је 16 врста лумбрицида, од којих су три врсте по први пут пронађене у централном делу Србије (*Allolobophora parva*, *Aporrectodea cemernicensis* и *Lumbricus castaneus*), чиме је листа лумбрицида овог подручја проширена на 47 таксона.

Иако перегрина врста, *Allolobophora parva* је по први пут пронађена не само за истраживани регион већ и за целу територију Србије.

Ендемична врста *Aporrectodea cemernicensis* је по први пут пронађена у централној Србији што је друго налазиште за целокупну територију Србије.

На простору централне Србије, како смо је овде дефинисали, до сада је регистровано девет ендемичних врста (*Allolobophora dofleini*, *Allolobophora kosowensis*, *Allolobophora paratuleskovi*, *Allolobophora serbica*, *Allolobophora spasienskijakaramani*, *Aporrectodea cemernicensis*, *Aporrectodea macvensis*, *Dendrobaena jastrebensis* и *Dendrobaena serbica*). По први пут, у нашим истраживањима *Allolobophora serbica* је пронађена у новом типу биотопа, шумском, и то и у пролећној и у јесењој сезони.

Осим ендемичних врста (19,15%), фауну централне Србије карактерише присуство и других зоогеографских категорија. Наша анализа је показала да највећи број врста припада перигриним врстама (38,30%), а затим следе транс-егејске врсте (12,77%), централно-европске (10,64%), алпско-балканске (10,64%), и нешто мање приближно медитеранске (4,26%) и атланско-медитеранске (2,13%).

У циљу сагледавања структуре лумбрицидне фауне централне Србије, коришћени су индекси биодиверзитета који представљају математичку меру за разноврсност врста у заједници (Shannon-Weaver, Evennes, Simpsonov, Margalef), индекс различитости (Jaccard) и композитни индекс (IndVal).

Највеће богатство врста је установљено у примарним екосистемима (12 врста), а најмање у органском пољу (4 врсте). Највећа густина адулта је била током јесење сезоне 2016. године у примарним екосистемима (46,48 јединки), а најмања током јесење сезоне 2014. године у конвенционалном пољу (7,03 јединке). Највећа густина јувенила је била током јесење сезоне 2016. године у секундарним екосистемима (142,97 јединки), а најмања током пролећа 2015. године у конвенционалном пољу (7,42 јединке).

У конвенционалном пољу, у пролећном аспекту и 2014. и 2015. године лумбрицидна фауна је била богатија и разноврснија него у јесен 2014. и 2015. године. Индикаторска врста током јесени 2014. и пролећа 2015. године је била *A. leoni*, врста карактеристична за влажна земљишта, док током пролећне сезоне 2014. и јесење сезоне 2015. године, *A. leoni* није била индикаторска. Лумбрицидна насеља конвенционалног поља су оскудна и разбијена. Од максимално шест врста (пролеће 2015.) три је регистровано само са једним примерком, док је само три врсте регистровано у јесен 2014. Истовремено се појављују *P. antipai* (ендогеична врста) и *E. lucens* (епигеична врста) и то у само у једној сезони (пролеће 2015.).

Када је у питању органско поље, пролећне сезоне су биле са већим богатством и диверзитетом врста у односу на јесење. Као и у конвенционалном пољу, тако и у органском, популације лумбрицида су сиромашне, неасоцијативне и разбијене. Ипак, варијације климатских услова током истраживања нису битно утицале на резултате о чему сведочи и индикаторска врста (*A. leoni*) која је иста током сезона и година. Присутно је по четири врсте у свакој сезони, а само у пролеће 2014. године запажено је истовремено појављивање две ендегичне врсте, *A. leoni* и *P. antipai*.

У условима релативно топлог и сувог пролећа и кишовите и прохладне јесени у 2016. години, истраживања шумских и ливадских екосистема резултирала су присуством нешто квантитативно бројније и разноврсније лумбрицидне фауне у шумским (10 врста) и ливадским (5 врста) екосистемима у јесењој сезони, док је у пролеће у шумама забележено шест врста а у ливадама пет. Међутим, пролећни аспект истраживања је значајнији када је у питању присуство ретких врста. У шумама су присутне две индикаторске врсте и у пролеће (*Ap. rosea* и *L. rubellus*) и у јесен (*Ap. rosea* и *O. lacteum*) док у ливадама у пролеће је *A. leoni* а у јесен *A. leoni* и *Ap. rosea*. Иако индекси диверзитета нису изразито високи ипак лумбрицидне популације нису разбијене. У шумама се истовремено појављују *Ap. rosea* и *L. rubellus* у пролеће, а у јесен *Ap. rosea* и *O. lacteum*. У ливадама је у пролеће забележено истовремено појављивање врста *Ap. rosea* и *L. rubellus*, а у јесен у врста *Ap. rosea* и *A. leoni*.

Физички и хемијски параметри који се користе да би се проценио квалитет земљишта, нису довољни јер биодиверзитет земљишта, као и биолошки квалитет земљишта могу бити само ефективно процењени применом биолошких параметара. Живи организми пружају најбољи одраз стварног стања екосистема и промена у њима.

Екотоксиколошка испитивања у овом раду су спроведена на основу смерница ОЕСД-а, а тестирани су пестициди који су локално највише у употреби, међу којима је и биорационални инсектицид Ласер (спиносад) који се по први пут испитивао на врсти *E. fetida*.

Сваки од пестицида, који је процењиван коришћењем вештачког тест земљишта, показао је другачији степен токсичности на врсту *E. fetida*. Једино је у контролним третманима било 100% преживелих кишних глиста евидентираних до краја експеримената.

Ципкорд је утицао на тежину глиста и у дози која је била мања од препоручене у задњој недељи експеримента. Такође је утицао на производњу кокона након четири недеље. Није имао утицај на излегле јувениле.

Талстар није имао утицај на тежину, али је имао утицај на производњу кокона и излегле младе, чак и при препорученим пољопривредним дозама.

Када је у питању Ласер, није било значајне смртности, нити промене у тежини, нити утицај на репродуктивну способност.

Пиретроиди су познати по домино ефекту и изразитој почетној ефикасности. У нашим експериментима смо већ у првој недељи забележили смртност глиста у свим концентрацијама. Ипак, израчунате  $LC_{50}$  вредности су биле више од највише концентрације. Од свих коришћених пиретроида, Ласер се показао као еколошки најбезбеднији.

Резултати за Тербис показују да је овај пестицид врло отрован. Смањење тежине је примећено одмах, а статистички значајне разлике су постојале и при концентрацијама које су ниже од препоручених. Израчуната  $LC_{50}$  вредност је мало већа од препоручене пољопривредне дозе.

Ацетохлор је хербицид који је имао утицај на раст глиста. Када је у питању инхибиција раста, статистичке анализе су показале значајну разлику у свим концентрацијама и у свим недеља, у поређењу са контролом. На репродуктивну способност тест организма, ацетохлор је имао утицај у концентрацијама које су веће од препоручене.

Калисто није имао утицај на морталитет, али је имао великог утицаја на раст и репродуктивну способност глиста. Када су у питању ова два параметра, статистичка анализа је показала значајност у свим недељама и у свим концентрацијама.

Еквип је имао утицај на тежину, од четврте недеље чак и у дозама које су ниже од препоручених. Инхибиција раста је била статистички значајна у свим концентрацијама. У осмој недељи је овај хербицид имао велики утицај на производњу кокона и излегле младе.

Аденго је хербицид који је имао најнижу израчунату  $LC_{50}$  вредност од свих хербицида, иако је била већа од препоручене дозе. Статистичке анализе су показале значајност у свим концентрацијама када је у питању раст, инхибиција раста, као репродуктивна способност за осму недељу.

Резултати токсиколошких истраживања показују да су глисте на основу крајњих тачака као што су раст и репродукција веома осетљиве на испитиване хербициде. Без обзира, што не утичу на морталитет, утичу на сублеталне крајње тачке, које су знатно осетљивији параметри за процену, што у дужем временском интервалу, значи утицај на саму популацију глиста.

Лимацид Гардена је еколошки безбедан, без било каквог утицаја на морталитет или раст врсте *E. fetida*.

Мешавине инсектицида у пољопривредној пракси постају све популарније за употребу због своје високе ефикасности и брзог деловања. Према нашим резултатима, инсектицид Галитион показује токсичност чак и при ниским дозама, упркос чињеници што је  $LC_{50}$  вредност много већа од највеће концентрације коју смо користи у експерименту. Конзул је имао утицај на параметре животног циклуса (опстанак, раст, производња кокона и излегање малолетника). Овакви резултати су у складу са чињеницом да је овај инсектицид веома перзистентан.

Резултати ове студије указују на могућност коришћења лумбрицида за рано упозорење на земљишну контаминацију, али и наглашавају идеју да употреба хемијских супстанци мора бити спроведена са максималном одговорношћу.



## 6. ЛИТЕРАТУРА

- Ahmad, M., Saleem, M.A., Sayyed, A.H. (2009) Efficacy of insecticide mixtures against pyrethroid- and organophosphate- resistant populations of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pest Management Science*, 65: 266–274.
- Alshawish, S.A., Mohamed, A.I, Nair, G. (2004) Prolonged toxicity of sub-lethal dosages of chemical pesticides on the body mass and cocoons of *Aporrectodea caliginosa* (Savigny 1826) (Oligochaeta: Lumbricidae) inhabiting Benghazi, Libya. *Proceedings of the National Academy of Sciences India Section B: Biological Sciences*, 74: 123-133.
- Altieri, M.A. (1995) *Agroecology: The science of sustainable agriculture*. Westview Press, Boulder, CO. Revised and expanded edition.
- Bansiwal, K., Rai, N. (2010) Assessment of malathion toxicity in certain organs of earthworm, *Eisenia foetida*. *Bioscan*, 5 (3): 473-476.
- Bauer, R., Kuper, K., Muller, H.W. (1998) Characterization of the lumbricid fauna in alluvial soils in the Danube River flood-plain area east of Vienna. *Linzer biologische Beiträge*, Linz, 30: 11-20.
- Beneš, J. (1961) K poznani žižal (Lumbricidae) Vihorlatu. *Biologia*. Bratislava. 16: 195-201.

- Berry, E.C., Karlen, D.L. (1993) Comparisons of alternative farming systems. II. Earthworm population density and species diversity. *American Journal of Alternative Agriculture*, 8: 21–26.
- Beyer, W.N., Cromartie, E., Moment, G.B. (1985) Accumulation of methylmercury in the earthworm, *Eisenia fetida*, and its effect on regeneration. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 35: 157-162.
- Blair, J.M., Bohlen, P.J., Freckman, D.W. (1996) Soil invertebrates as indicators of soil quality, in *Methods for Assessing Soil Quality*, Doran, J.W., Jones, A.J., Eds., Soil Science Society of America Special Publication 49, Madison, WI, pp. 273-291.
- Blakemore, R. (2004) A provisional list of valid names of Lumbricoidea (Oligochaeta) after Easton, 1983. Editorial Complutense, Madrid, Spain: Universidad Complutense, pp. 75-120.
- Blakemore, R. (2012) *Cosmopolitan earthworms – an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world*. (5th Ed). Yokohama, Japan: VermEcology So(i)lutions.
- Blesić, B. (2002) *Articulata*. Prirodno-matematički fakultet, Univerzitet u Kragujevcu.
- Bollag, J.M., Myers, C.J., Minard, R.D. (1992) Biological and chemical interactions of pesticides with soil organic-matter. *Science of the Total Environment*, 123: 205-217.
- Booth, L.H., Hodge, S., O'Halloran K. (2000) Use of cholinesterase in *Aporrectodea caliginosa* (Oligochaeta; Lumbricidae) to detect organophosphate contamination: Comparison of laboratory tests, mesocosms, and field studies. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19 (2): 417–422.
- Booth, L.H., O'Halloran, K. (2001) A comparison of biomarker responses in the earthworm *Aporrectodea caliginosa* to the organophosphorus insecticide diazinon and chlorpyrifos.
- Bouché, M.B. (1971) Relations entre les structures spatiales et fonctionnelles des ecosystems, illustre´es par le role pédobiologique des vers de terre. In: Pesson, P. (Ed.), *La Vie dans les Sols, Aspects Nouveaux, Études Experimentales*. Gauthier-Villars, Paris, pp. 187-209.
- Bouché, M. B. (1975) La reproduction de *Spermophorodrilus albanianus* nov. gen. nov. sp. (Lumbricidae) xplique-t-elle la fonction des spermatophores? *Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Systematik. Geographie und Biologie der Tiere*, 102: 1-11.

- Bouché, M.B. (1977) Strategies lombriciennes. *Ecological Bulletin Stockholm*, 25: 122-132.
- Bouwman, H., Reinecke, A.J. (1987) Effects of carbofuran on the earthworm, *Eisenia fetida*, using a defined medium. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 38: 171-178.
- Brackenbury, T.D., Appleton, C.C. (1997) Acute toxicity evaluation of the plant molluscicide, *Apodytes dimidiata* (Icacinaceae) to *Eisenia fetida* (Oligochaeta) and *Oreochromis mossambicus* (Cichlidae) in South Africa. *Acta Tropica*, 63: 1-14.
- Brooks, D., Bater, J., Jones, H., Shah, P.A. (1995) Invertebrate and weed seed food-sources for birds in organic and conventional farming systems. BTO Report No. 154, BTO, Thetford.
- Bullinger-Weber, G., Guenat, C., Salomé, C., Gobat, J.M., Le Bayon, R.C. (2012) Impact of flood deposits on earthworm communities in alder forests from a subalpine floodplain (Kandersteg, Switzerland). *European Journal of Soil Biology*, 49: 5-11.
- Butt, K.R., Lowe, C.N. (2011) Controlled cultivation of endogeic and anecic earthworms. In: A. Karaca (Ed.), *Biology of Earthworms*, Springer, Berlin, pp. 107-121.
- Capowiez, Y., Berard, A. (2006) Assessment of the effects of imidacloprid on the behavior of two earthworm species (*Aporrectodea nocturna* and *Allolobophora icterica*) using 2D terraria. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 64: 198-206.
- Carmo, E.L., Bueno, A.F., Bueno, R.C.O.F. (2010) Pesticide selectivity for the insect egg parasitoid *Telenomus remus*. *Biocontrol*, 50: 455-464.
- Casabé, N., Piola, L., Fuchs, J., Oneto, M.L., Pamparato, L., Basack, S., Giménez, R., Massaro, R., Papa, J.C., Kesten, E. (2007) Ecotoxicological assessment of the effects of glyphosate and chlorpyrifos in an Argentine soya field. *Journal of Soils and Sediments*, 7: 232-239.
- Chan, K.Y. (2001) An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity: implications for functioning in soils. *Soil and Tillage Research*, 57: 179-191.
- Clark, Y.J., Lydy, M.J., Zhu, K.Y. (2002) Effects of atrazine and cyanazine on chlorpyrifos toxicity in *Chironomus tentans* (Diptera: Chironomidae). *Environmental Toxicology and Chemistry*, 21: 598-603.

- Cognetti de Martiis, L. (1906) Nuovi dati sui Lumbricidi dell Europa orientale. Bollentino dei Musei di Zoologiaed Anatomia Comparata della Reale Universita di Torino, 21: 1-18.
- Connell, D.W., Lam, P., Richardson, B., Wu, R. (1999) Introduction to Ecotoxicology: An introduction to electronic and ionic materials (Vol. 4), Blackwell Publishing Ltd., ISBN 063203852-7, London, U.K.
- Cortet, J., Gomot-De Vaufleury, A., Poinso-Balaguer, N., Gomot, L., Texier, C., Cluzeau, D. (1999) The use of invertebrate soil fauna in monitoring pollutant effects. European Journal of Soil Biology, 35 (3): 115-134.
- Csuzdi, Cs. (2012) Earthworm species, a searchable database. Opuscula Zoologica, Budapest, 43(1): 97-99.
- Csuzdi, Cs., Zicsi, A. (2003) Earthworms of Hungary, Pedozoologica Hungarica No1, Hungary Natural History Museum and Hungary Academy of Sciences, Budapest.
- Csuzdi, Cs., Pop, V.V., Pop, A. A. (2011) The earthworm fauna of the Carpathian Basin with new records and description of three new species (Oligochaeta: Lumbricidae). Zoologischer Anzeiger, 250: 2–18.
- Culy, M.D., Berry, E.C. (1995) Toxicity of soil-applied granular insecticides to earth-worm populations in cornfields. Down Earth, 50: 20–25.
- Curry, J.P. (1994) Grassland Invertebrates. Chapman & Hall, London, 437 pp.
- Curry, J.P. (2004) Factors affecting the abundance of earthworms in soils, in: Edwards, C.A. (Ed.), Earthworm Ecology, CRC press, Boca Raton, , pp. 91-114.
- Curry, J.P., Byrne, D., Schmidt, O. (2002) Intensive cultivation can drastically reduce earthworm populations in arable land. European Journal of Soil Biology, 38: 127–130.
- Cvijić, J. (1922) Balkansko poluostrvo i južnoslovenske zemlje. Beograd.
- Černosvitov, L. (1935) Monografie československych destovek. Archiv pro prirod. vyzkum. Česh. Pracha. S. 5-86.
- Dai, P.L., Wang, Q., Sun, J.H., Liu, F., Wang, X., Wu, Y.Y., Zhou, T. (2010) Effects of sublethal concentrations of bifenthrin and deltamethrin on fecundity, growth, and development of the honeybee *Apis mellifera ligustica*. Environmental Toxicology and Chemistry, 29: 644–649.

- Darwin, C. (1881) The formation of vegetable mould through the action of worms with observations on their habits, Murray, London.
- De Oliveira, T., Bertrand, M., Roger-Estrade, J. (2012) Short-term effects of ploughing on the abundance and dynamics of two endogeic earthworm species in organic cropping systems in northern France. *Soil and Tillage Research*, 119: 76–84.
- De Silva, P.M.C.S., Pathiratne, A., van Gestel, C.A.M. (2010) Toxicity of chlorpyrifos, carbofuran, mancozeb and their formulations to the tropical earthworm *Perionyx excavates*. *Applied Soil Ecology*, 44: 56–60.
- Dean-Ross, D. (1983) Methods for the assessment of the toxicity of environmental chemicals to earthworms. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 3: 48–59.
- Decaëns, T., Dutoit, T., Alard, D. (1997) Earthworm community characteristics during afforestation of abandoned chalk grasslands (Upper Normandy, France). *European Journal of Soil Biology*, 33: 1-11.
- Decaëns, T., Lavelle, P., Jimenez Jaen, J.J., Escobar, G., Rippstein, G. (1994) Impact of land management on soil macrofauna in the Oriental Llanos of Colombia, *European Journal of Soil Biology*, 30: 157-168.
- Decaëns, T., Margerie, P., Aubert, M., Hedde, M., Bureau, F. (2008) Assembly rules within earthworm communities in north-western France a regional analysis. *Applied Soil Ecology*, 39: 321-335.
- Decaëns, T., Margerie, P., Renault, J., Bureau, F., Aubert, M., Hedde, M. (2011) Niche overlap and species assemblage dynamics in an ageing pasture gradient in north-western France. *Acta Oecologica*, 37: 212-219.
- Dufrêne, M., Legendre, P. (1997) Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs*, 67: 345-366.
- Edwards, C.A. (1983) Earthworm ecology in cultivated soils, in *Earthworm Ecology - from Darwin to vermiculture*, Satchel, J.E., Ed., Chapman & Hall, London, pp. 123-137.
- Edwards, C.A. (1998) *Earthworm Ecology*. St. Lucie Press, New York.
- Edwards, C.A. (2004) The importance of earthworms as key representatives of the soil fauna. In: Edwards, C. (Ed.), *Earthworm Ecology*. , 2nd ed. CRC Press, Boca Raton.
- Edwards, C.A., Bohlen, P.J. (1992). The effects of toxic chemicals on earthworms. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 125, 23–99.

- Edwards, C.A., Bohlen, P.J. (1996) The influence of environmental factors on earthworms. In: Edwards, C.A., Bohlen, P.J. (eds.). *Biology and ecology of earthworms*. 3rd ed. London: Chapman and Hall. pp. 134-162.
- Edwards, C.A., Lofty, J.R. (1982) The effect of direct drilling and minimal cultivation on earthworm populations. *Journal of Applied Ecology*, 19: 723–734.
- Edwards, C.A., Fletcher, K.E., (1988) Interactions between earthworms and microorganisms in organic-matter breakdown. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 24: 235–247.
- Edwards, C.A., Norman, A.Q., Marcus, V.B., Brandon, L., Ahmed, A. (2009) The relative toxicity of metaldehyde and iron phosphate-based molluscicides to earthworms. *Crop Protection*, 28: 289-294.
- EFSA (2016) Peer review of the pesticide risk assessment of the active substance foramsulfuron. European Food Safety Authority (EFSA). *EFSA Journal*, 14 (3) DOI: 10.2903/j.efsa.2016.4421.
- Eriksen-Hamel, N.S., Whalen, J.K. (2007) Impacts of earthworms on soil nutrients and plant growth in soybean and maize agroecosystems. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 120: 442–448.
- Ernst, G., Emmerling, C. (2009) Impact of five different tillage systems on soil organic carbon content and the density, biomass, and community composition of earthworms after a ten year period. *European Journal of Soil Biology*, 45: 247–251.
- Espinoza-Navarro, O., Bustos-Obregon E. (2004) Sublethal doses of malathion alter male reproductive parameters of *Eisenia foetida*. *International Journal of Morphology*, 22: 297-302.
- Espinoza-Navarro, O., Bustos-Obregon, E. (2005) Effect of malathion on the male reproductive organs of earthworms, *Eisenia foetida*. *Asian Journal of Andrology*, 7: 97-101.
- Eswaran, F. (1994) Soil resilience and sustainable land management in the context of Agenda 21, in *Soil Resilience and Sustainable Land Use*, Greenland, D.J., Szabolcs, I., Eds., CAB International, Wallingford, U.K.
- FAO (2000) *La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture*. FAO (Rome), vol. 32, 497 pp.

- Förster, B., Garcia, M., Francimari, O., Römbke, J. (2006) Effects of carbendazim and lambda-cyhalothrin on soil invertebrates and leaf litter decomposition in semi-field and field tests under tropical conditions (Amazonia, Brazil). *European Journal of Soil Biology*, 42: 171-179.
- Frampton, G.K., Jänsch, S., Scott-Fordsman, J.J., Römbke, J., Van den Brink, P.J. (2006) Effects of pesticides on soil invertebrates in laboratory studies: A review and analysis using species sensitivity distributions. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 25: 2480–2489.
- Fraser, P.M., Williams, P.H., Haynes, R.J. (1996) Earthworm species, population size and biomass under different cropping systems across the Canterbury Plains, New Zealand. *Applied of Soil Ecology*, 3: 49–57.
- Garcia, M.V.B. (2004) Effects of pesticides on soil fauna: development of ecotoxicological test methods for tropical regions. *Ecology and Development Series*, vol. 19. University of Bonn, Germany.
- Gerard, B.M. (1967) Factors affecting earthworms in pastures. *Journal of Animal Ecology*, 36: 235-252.
- Gerhardt, R.A. (1997) A comparative analysis of the effects of organic and conventional farming systems on soil structure. *Biological Agriculture and Horticulture*, 14: 139–157.
- Gupta, R.D., Chakravorty, P.P., Kaviraj, A. (2010) Studies on relative toxicities of six insecticides on epigeic earthworm, *Perionyx excavatus*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 85: 83–86.
- Gupta, R.D., Chakravorty, P.P., Kaviraj, A. (2011) Susceptibility of epigeic earthworm *Eisenia fetida* to agricultural application of six insecticides. *Chemosphere*, 84: 724–726.
- Hackenberger Kutuzović, D., Hackenberger Kutuzović, B. (2013) Checklist of the earthworm fauna of Croatia (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zootaxa*, 3710 (1): 001–030.
- Hackenberger Kutuzović, D., Hackenberger Kutuzović, B. (2014) Earthworm community structure in grassland habitats differentiated by climate type during two consecutive seasons. *European Journal of Soil Biology*, 61: 27-34.

- Haque, A., Ebing, W. (1983) Toxicity determination of pesticides to earthworms in the soil substrate. *Z. Pflanzenkrank Pflanzenschutz*, 90: 395-408.
- Hartenstein, R., Neuhauser, E.F., Collier, J. (1980a) Accumulation of heavy metals in the earthworm, *Eisenia fetida*. *Journal of Environmental Quality*, 9: 23-26.
- Hartenstein, R., Neuhauser, E.F., Easton, E.G. (1980b) Growth and fecundity of F2 *Eisenia foetida* derived from F1S, both reared in isolation from birth. *Megadrilogica*, 3: 185-187.
- Hartenstein, R., Neuhauser, E.F., Kaplan, D.L. (1979) Reproductive potential of the earthworm *Eisenia foetida*. *Oecologia*, 43: 329-340.
- Hartnik, T., Sverdrup, L.E., Jensen, J. (2008) Toxicity of the pesticide alpha-cypermethrin to four soil nontarget invertebrates and implications for risk assessment. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 27(6): 1408–1415.
- Heimbach, F. (1992) Effects of pesticides on earthworm populations: Comparison of results from laboratory and field tests. In Greig-Smith PW, Becker H, Edwards PJ, Heimbach F, eds, *Ecotoxicology of Earthworms*. Intercept, Andover, pp 100–106.
- Heimbach, F. (1993) Use of laboratory toxicity tests for the hazard assessment of chemicals to earthworms representing the soil fauna. In Eijsackers HJP, Hamers T, eds, *Integrated Soil and Sediment Research: A Basis for Proper Protection*. Kluwer, Dordrecht, The Netherlands, pp 299–302.
- Heimbach, F. (2006) Correlations between three methods for determining the toxicity of chemicals to earthworms. *Pest Management Science*, 15(6): 605–611.
- Hoffman, D.J., Rattner, B.A., Burton, G.A., Cairns, J. (2003) *Handbook of Ecotoxicology* (Vol. 2), Blackwell Scientific Publications, London, UK.
- Hole, D.G., Perkins, A.J., Wilson, J.D., Alexander, I.H., Grice, P.V., Evans, A.D. (2005) Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122: 113–130.
- Holloway, G.J., Crocker, H.J., Callaghan, A. (1997) The effects of novel and stressful environments on trait distribution. *Functional Ecology*, 11 (5): 579-584.
- Inglesfield, C. (1984) Toxicity of pyrethroid insecticides cypermethrin and WL85871 to the earthworm, *Eisenia fetida* Savigny. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 33: 568-570.



- ISO 2361-Soil quality — Sampling of soil invertebrates — Part 1: Hand-sorting and formalin extraction of earthworms, 2005.
- Jagera, T., Reinecke, S.A., Reinecke, A.J. (2006) Using process-based modelling to analyse earthworm life cycles. *Soil Biology & Biochemistry*, 38: 1–6.
- Janjić, V. (2005) Fitofarmacija. Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd.
- Janjić, V., Elezović, I. (priređivači) Pesticidi u poljoprivredi i šumarstvu u Srbiji 2008., 16. izmenjeno i dopunjeno izdanje, Društvo za zaštitu bilja Srbije, Beograd, 2008.
- Jänsch, S., Amorim, M.J., Römbke, J. (2005) Identification of the ecological requirements of important terrestrial ecotoxicological test species. *Environmental Reviews*, 13: 51–83.
- Joly, P., Bonnemoy, F., Charvy, J.C., Bohatier, J., Mallet C. (2013) Toxicity assessment of the maize herbicides S-metolachlor, benoxacor, mesotrione and nicosulfuron, and their corresponding commercial formulations, alone and in mixtures, using the Microtox test. *Chemosphere*, 93: 2444–2450.
- Kalu, S., Koirala, M., Khadaka, U.R. (2015) Earthworm population in relation to different land use and soil characteristics. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, 7 (5): 124-131.
- Kapanen, A., Itävaara, M. (2001) Ecotoxicity tests for compost applications. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 49 (1): 1-16.
- Karaman, S. (1968) Uber eine neue Regenwurm Art aus Serbian, *Allolobophora kosowensis* n.sp. *Zoologischer Anzeiger*, 181: 50–53.
- Karaman, S. (1972) Beitrag zur Kenntnis der Oligochaetenfauna Jugoslawiens. *Biloški Vestnik*, 20: 95-105.
- Karaman, S. (1983) The third contribution to the knowledge of the earthworms of Serbia. *Simpozijum o fauni Srbije*, 51-53.
- Karaman, S. (1987) The fourth contribution to the knowledge of the earthworms of Serbia. *Biosistematika*, 13 (1): 69-72.
- Karaman, S., Stojanović, M. (1993) Autekološka analiza lumbricida (Oligochaeta) okoline Kragujevca. *Zbornik radova PMF. Kragujevac*, 15: 106-115.
- Karaman, S., Stojanović, M. (1994) Kišne gliste južne Srbije. III Simpozijum o flori Jugoistočne Srbije, Pirot, 185-193.

- Karaman, S., Stojanović, M. (1995) Contribution to the knowledge on the earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) in Montenegro. Archives of Biological Sciences, 47 (3–4): 139–143.
- Karaman, S., Stojanović, M. (1996a) Diverzitet faune kišnih glista Jugoslavije sa posebnim pregledom vrsta od međunarodnog značaja. Biodiverzitet Jugoslavije, 285–291.
- Karaman, S., Stojanović, M. (1996b) New earthworm (Oligochaeta, Lumbricidae) records from Serbia (Yugoslavia). Bios, Greece, 4: 7-13.
- Karaman S., Stojanović M. (2002) Treći prilog poznavanja kišnih glista (Oligochaeta, Lumbricidae) južne i jugoistočne Srbije. 7. Simpozijum o flori jugoistočne Srbije i susednih područja, Dimitrovgrad. Proceeding, 223-225.
- Karaman, S., Stojanović, M., Pešić, S. (1998) Promene biodiverziteta lumbricidne faune (Oligochaeta: Lumbricidae) u uslovima sukcesivne smene dolinskih livada Kragujevačke kotline. Ekologija, 33: 85-88.
- Karanjkar A.S., Naik, R.L. (2010) Acute toxicity: novel mode of pesticides on earthworm. International Journal of Plant Protection, 2: 182-185.
- Kavadir, Y., Ilay, R. (2011) Earthworms and soil structure. Pages 39-50 in Karaca, A. editor. Biology of earthworms. Springer, Berlin, Germany.
- Kavitha, P., Venkateswara Rao, J. (2007) Oxidative stress and locomotor behavior response as biomarkers for assessing recovery status of mosquito fish (*Gambusia affinis*) after lethal effect of an organophosphate pesticide, monochrotophos. Pesticide Biochemistry and Physiology, 87: 182-188.
- Kennel, W. (1972) Schadpilze als Objekte integrierter Pflanzenschutzmassnahmen im Obstbau. Z. Pflanzenkrankh. Pflanzenpath. Pflanzenschutz, 79: 400-406.
- Kennel, W. (1990) The role of the earthworm *Lumbricus terrestris* in integrated fruit production. Acta Horticulturae, 285: 149-156.
- Kohné, A.W., Edoukou, E.F., Orendo-Smith, R., Tondoh, J.E. (2012) Earthworms in *Chromolaena odorata* (L.) King and Robinson (Asteraceae) fallows along a chronosequence: changes in community structure and identification of persistent and indicator species. Pedobiologia, 55: 193-201.

- Kreutz, L.C., Barcellos, L.J.G., Silva, T.O., Anziliero, D., Martins, D., Lorenson, M., Silva, L.B.D. (2008) Acute toxicity test of agricultural pesticides on silver catfish (*Rhamdia quelen*) fingerlings. *Ciência Rural*, 38 (4): 1050-1055.
- Kula, H., Kokta, C. (1992) Side effects of selected pesticides on earthworms under laboratory and field conditions. *Soil Biology and Biochemistry*, 24 (12): 1711-1714.
- Kwong, T.C. (2002) Organophosphate pesticides: biochemistry and clinical toxicology. *Therapeutic Drug Monitoring*, 24: 144-149.
- Lamkins (2017) [citirano 26.01.2017]. <https://www.lamkins.com.sg/life-cycle-worm-p-4155.html>.
- Langan, A.M., Shaw, E.M. (2006) Responses of the earthworm *Lumbricus terrestris* (L) to iron phosphate and metaldehyde slug pellets. *Applied Soil Ecology*, 34: 184-189.
- Lavelle, P. (1983) The structure of earthworm communities. In :Earthworm Ecology. Ed. J. Satchell. Chapman and Hall, London. pp. 449-466.
- Lavelle, P. (1988) Earthworm activities and the soil system. *Biology and Fertility of Soils*, 6: 237–251.
- Lavelle, P., Bignell, D., Lepage, M., Wolters, V., Roger, P., Ineson, P., Heal, O.W., Dhillion, S. (1997) Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *European Journal of Soil Biology*, 33: 159–193.
- Lavelle, P., Brussard, L., Hendrix, P. (1999) Earthworm management in tropical agroecosystems, CABI Wallingford, Oxford, U.K.
- Lavelle, P., Dangerfield, M., Fragoso, C., Eschenbrenner, V., Lopez-Hernandez, D., Pashanasi, B., Brussaard, L. (1994) The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility, in the biological management of tropical soil, Swift, M.J., Woormer, P., Eds., John Wiley Sayce, New York, pp. 137-169.
- Lavelle, P., Pashanasi, B., Charpentier, F., Gilot, C., Rossi J.P., Derouard, L., Andre, J., Ponge, J.F., Bernier, F. (1998) Large-scale effects of earthworms on soil organic matter and nutrient dynamics. In: C.A. Edwards (Ed.), *Earthworm Ecology*, second ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, pp. 103-122.
- Lavelle, P., Spain, A.V. (2001) *Soil Ecology*, Kluwer Scientific, Amsterdam.
- Lee, K.E. (1985) *Earthworms: Their ecology and relationships with soils and land use*, Academic Press, New York.

- Liang, J.D., Zhou, Q.X. (2003) Single and binary-combined toxicity of methamidophos, acetochlor and copper acting on earthworms *Eisenia fetida*. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 71 (6): 1158–1166.
- Liebig, M.A., Doran, J.W. (1999) Impact of organic production practices on soil quality indicators. *Journal of Environmental Quality*, 28: 1601–1609.
- Lofs-Holmin, A. (1981) Influence in field experiments of benomyl and carbendazim on earthworms (Lumbricide) in relation to soil texture. *Swedish Journal of Agricultural Research*, 11: 141–147.
- Lofs-Holmin, A. (1983) Earthworm population dynamics in different agricultural rotations, in *Earthworm Ecology - from Darwin to Vermiculture*, Satchell, J.E., Ed., Chapman & Hall, London, pp. 151-160.
- Margalef, R. (1951) Diversidad de especies en las comunidades naturales. *P. Inst. Biol. Apl.* 9: 5-27.
- Markert, B.A., Breure, A.M., Zechmeister, H.G. (2003) *Bioindicators & Biomonitors: Principles, Concepts and Applications. Trace Metals and other Contaminants in the Environment*, (Vol. 6), Elsevier Science Ltd, Ann Arbor, Michigan.
- Marquenie, J.M., Simmers, J.W., Kay, S.H. (1987) Preliminary assessment of bioaccumulation of metals and organic contaminants at the times beach confined disposal Site, Buffalo, NY. Final Report, Miscellaneous Paper EL-87-6, US Dept Army, Corps of Engineers, Waterways Experiment Station, Vicksburg, MS.
- Mather, G., Christensen. O. (1988) Surface movements of earthworms in agricultural land. *Pedobiologia*, 32: 399-405.
- Mihailova, P. (1966) Dzdovni cervi Lumbricidae (Oligochaeta) v Trakija. *Fauna na Trakja, Bulgarian Academy of Science, Sofia*, 3: 181-200.
- Milutinović, T. (2014) *Zoogeografija, diverzitet i konzervacioni status Lumbricidae (Annelida) zapadne Srbije. Doktorska disertacija, Univerzitet u Krgujevcu, Srbija.*
- Milutinović, T., Avramović, A., Pešić, S., Blesić, B., Stojanović, M., Bogdanović, A.M. (2010) Contribution to the knowledge of pedofauna in Šumadija (Central part of Serbia). *Second Balkan conference on biology Plovdiv 50 years university of Plovdiv*, pp. 628–635.

- Milutinović, T., Milanović, J., Stojanović, M. (2015a) Application of species richness estimators for the assessment of earthworm diversity. *Journal of Natural History*, 49 (5–8): 273–283.
- Milutinović, T., Milanović, J., Stojanović, M. (2015b) Threat status and distribution of the endemic species *Allolobophora kosowensis kosowensis* Karaman, 1968 (Oligochaeta, Lumbricidae) in the Balkans. *Journal of Natural History*, 49 (5–8): 471–481.
- Minić, D.J. Hemija pesticida, Panda graf, Beograd, 1994.
- Monroy, F., Aira, M., Dominguez, J., Velando, A. (2006) Seasonal population dynamics of *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (Oligochaeta, Lumbricidae) in the field. *Comptes Rendus Biologies*, 329: 912-915.
- Mosleh, Y.Y., Ismail, S.M.M., Ahmed, M.T., Ahmed, Y.M. (2003a) Comparative toxicity and biochemical responses of certain pesticides to the mature earthworm *Aporrectodea caliginosa* under laboratory conditions. *Environmental Toxicology*, 18: 338-346.
- Mosleh, Y.Y., Parise-Palacios, S., Couderchet, M., Vernet, G. (2003b) Acute and sublethal effects of two insecticides on earthworms (*Lumbricus terrestris* L.) under laboratory conditions. *Environmental Toxicology*, 18: 1-8.
- Mostert, M.A., Schoeman, A.S., van der Merwe, M. (2000) The toxicity of five insecticides to earthworms of the *Pheretima* group, using an artificial soil test. *Pest Management Science*, 56: 1093-1097.
- Mršić, N. (1991) Monograph on earthworms (Lumbricidae) of the Balkans I-II, Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana.
- Mršić, N., Šapkarev, J. (1987) Survey of the earthworms (Lumbricidae) of Serbia in a restricted sense and description of new taxa. *Bioloski vestnik Lubljana*, 35: 67-86.
- Muller, P.E. (1878) Studier over Skovjord I. Om Bogemuld od Bogemor paa Sand og Ler, *Tidsskrift SkogBruk*, 3: 1-124.
- Muthukaruppan, G., Janardhanan, S., Vijayalakshmi, G.S. (2005) Sublethal toxicity of the herbicide butachlor on the earthworm *Perionyx sansibaricus* and its histological changes. *Journal of Soils and Sediments*, 5: 82–86.
- Neuhauser, E.F., Durkin, P.R., Malecki, M.R., Anatra, M. (1985a) Comparative toxicity of ten organic chemicals to four earthworm species. *Comparative Biochemistry and Physiology. C: Toxicology and Pharmacology*, 83C: 197-200.

- Neuhauser, E.F., Loehr, R.C., Malecki, M.R., Milligan, D.L., Durkin, P.R. (1985b) The toxicity of selected organic chemicals to the earthworm *Eisenia fetida*. *Journal of Environmental Quality*, 9: 23-26.
- Neuhauser, E.F., Loehr, R.C., Milligan, D.L., Malecki, M.R. (1985c) Toxicity of metals to the earthworm *Eisenia fetida*. *Biology and Fertility of Soils*, 1: 149-152.
- Nuutinen, V., Haukka, J. (1990) Conventional and organic cropping systems at Suitia. VII: Earthworms. *Journal of Agricultural Science in Finland*, 62: 357–367.
- OECD, 2004. OECD Guideline for Testing of Chemicals No. 222, Earthworm Reproduction Test (*Eisenia fetida/Eisenia andrei*). OECD, Paris, France.
- Paoletti, M.G. (1999) The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 74: 137–155.
- Paulson G.S. (c1999-2017). Coloured SEM of earthworm. [citirano 26.01.2017]. <http://www.gettyimages.com/detail/photo/coloured-sem-of-earthworm-royalty-free-image/482182623>.
- Peijnenburg, W.J.G.M., Vijver, M.G. (2009) Earthworms and their use in eco(toxico)logical modeling. Devillers, J. (ed.), *Ecotoxicology Modeling, Emerging Topics in Ecotoxicology: Principles, Approaches and Perspectives 2*.
- Pelosi, C., Bertrand, M., Roger-Estrade, J. (2009) Earthworm community in conventional, organic and direct seeding with living mulch cropping systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 29: 287–295.
- Pelosi, C., Toutous, L., Chiron, F., Dubs, F., Hedde, M., Muratet, A., Ponge, J.F., Salmon, S., Makowski, D. (2013) Reduction of pesticide use can increase earthworm populations in wheat crops in a European temperate region. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 181: 223–230.
- Perel, T.S. (1964) Rasprostranenie doždovych červej (Lumbricidae) v ravninych lesach evropejskoj časti SSSR. *Pedobiologija*, 4: 92-110.
- Perel, T.S. (1979) Range and regularities in the distribution of earthworms of the USSR fauna. Nauka, Moscow pp. 272.
- Perel, T.S. (1997) The earthworms of the fauna of Russia. Nauka Moscow, pp. 97.
- Pérez-Losada, M., Eiroa, J., Mato, S., Domínguez, J. (2005) Phylogenetic species delimitation of the earthworms *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) and *Eisenia andrei*

- (Bouché, 1972) (Oligochaeta, Lumbricidae) based on mitochondrial and nuclear DNA sequences. *Pedobiologia*, 49: 317-324.
- Pfiffner, L., Mäder, P., (1997) Effects of biodynamic, organic and conventional production systems on earthworm populations. *Biological Agriculture and Horticulture*, 15: 2–10.
- Pielou, E. C. (1966) The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology*, 13: 131-144.
- Pielou, E.C. (1969) An introduction to mathematical ecology. Wiley, New York, 286 p.
- Pižl, V. (1992) Succession of earthworm populations in abandoned fields. *Soil Biology and Biochemistry*, 24: 1623-1628.
- Plisko, J. (1973) Fauna Lumbriciae Polse. Polska Akademija nauk. Instytut zoologiczny, 7-156.
- Pop, A.A., Pop, V.V., Csuzdi, Cs. (2010) Significance of the Apuseni Mountains (the Carpathians) in the origin and distribution of Central European earthworm fauna (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zoology in Middle East*, 2: 89-110.
- Pop, V. (1968) Les lumbricides cavernicoles de la collection biospeologia. *Archives de Zoologie Experimentale et Generale*, 109: 229-256.
- Pop, V.V., Pop, A.A. (2004) A comprehensive study of the taxonomy and ecology of the lumbricid earthworm genus *Octodrilus* from the Carpathians. In: Edwards, C.A. (Ed.), *Earthworm Ecology* second edition, CRC Press, Boca Raton, pp. 115–141.
- Ramanathan, V., Crutzen, P.J., Kiehl, J.T., Rosenfeld, D. (2001) Aerosols, climate and the hydrological cycle. *Science*, 294 (5549): 2119-2124.
- Rao, J.V., Pavan, Y.S., Madhavendra, S.S. (2003) Toxic effects of chlorpyrifos on morphology and acetylcholinesterase activity in the earthworm, *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 54: 296-301.
- Reddy, N.C., Rao, J.V. (2008) Biological response of earthworm, *Eisenia foetida* (Savigny) to an organophosphorous pesticide, profenofos. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 71: 574-582.
- Reinecke, S.A., Reinecke, A.J. (2007) The impact of organophosphate pesticides in orchards on earthworms in the Western Cape, South Africa. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 66: 244-251.

- Remy, P. (1953) Description des grottes Yugoslaves. Glasnik Prirodnjačkog Muzeja Srbije. Beograd, 5-6.
- Ribeiro, S., Sousa, J.P., Nogueira, A.J.A., Soares, A.M.V.M. (2001) Effect of endosulfan and parathion on energy reserves and physiological parameters of the terrestrial isopod *Porcellio dilatatus*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 49: 131-138.
- Roberts, B.L., Dorough, H.W. (1984) Relative toxicities of chemicals to the earthworm *Eisenia foetida*, Environmental Toxicology and Chemistry, 3: 67-78.
- Rodriguez-Castellanos, L., Sanchez-Hernandez, J.C. (2007) Earthworm biomarkers of pesticide contamination: current status and perspectives. Journal of Pesticide Science, 32: 360–371.
- Roex, E.W.M, van Gestel, C.A., van Wezel, A.P., van Straalen, N.M. (2000) Ratios between acute aquatic toxicity and effects on population growth rates in relation to toxicant mode of action. Environmental Toxicology and Chemistry, 19(3): 685-693.
- Römbke, J., Moltmann, J.F. (1996) Applied Ecotoxicology. CRC Lewis, Boca Raton, FL.
- Römbke, J., van Gestel, C.A.M., Jones, S.E., Koolhaas, J.E., Rodrigues, J.M.L., Moser, T. (2004) Ring-testing and field-validation of a Terrestrial Model Ecosystem (TME) – an instrument for testing potentially harmful substances: effects of carbendazim on earthworms. Ecotoxicology, 13: 105–118.
- Saha, S., Kaviraj, A. (2008). Acute toxicity of synthetic pyrethroid cypermethrin to some freshwater organisms. Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 80: 49-52.
- Santos, M.A.T., Areas, M.A., Reyes, F.G.R. (2007) Piretróides – uma visão geral. Alim. Nutr. 18, 339–349.
- Satchell, J.E. (1967) Lumbricidae. In: Burges, A. and F. Raw (eds.). Soil Biology. Academic Press. New York, NY. pp. 259-322.
- Scheu, S. (1992) Changes in the lumbricid coenosis during secondary succession from a wheat field to a beechwood on limestone. Soil Biology and Biochemistry, 24: 1641-1646.
- Schoonover, J.R., Larson, L.L. (1995) Laboratory activity of spinosad on non-target beneficial arthropods, 1994. Arthropod Management Tests, 20: 357.
- Science Photo Library (c1999-2017). [citirano 26.01.2017].



<http://www.gettyimages.com/detail/photo/earthworm-sem-high-res-stock-photography/123777743>

- Seeber, J., Seeber, G.U.H., Langel, R., Scheu, S., Meyer, E. (2008) The effect of macro-invertebrates and plant litter of different quality on the release of N from litter to plant on alpine pastureland. *Biology and Fertility of Soils*, 44: 783–790.
- Shi, Y., Shi, Y., Wang, X., Lu, Y., Yan, S. (2007) Comparative effects of lindane and deltamethrin on mortality, growth, and cellulose activity in earthworms (*Eisenia fetida*). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 89: 31-38.
- Short, P., Colborn, T. (1999) Pesticide use in the US and policy implications: a focus on herbicides. *Toxicology and Industrial Health*, 15: 240–275.
- Shugart, L.R. (2009) Emerging topics in ecotoxicology: Principles, approaches and perspectives. Springer Science+Business Media, LLC., Oak Ridge, TN.
- Sims, R.W., Gerard, B. (1985) Earthworms: Keys and notes for the identification and study of the species. London: Published for The Linnean Society of London and the Estuarine and Brackish-Water Sciences Association by E. J. Brill/Dr. W. Backhuys.
- Sims, R.W., Gerard, B.M. (1999) Earthworms, FSC Publications, London.
- Smith, R.G., McSwiney, C.P., Stuart Grandy, A., Suwanwaree, P., Snider, R.M., Robertson, G.P. (2008) Diversity and abundance of earthworms across an agricultural land-use intensity gradient. *Soil and Tillage Research*, 100: 83-88.
- Spurgeon, D.J., Weeks, J.M., van Gestel, C.A.M. (2003) A summary of eleven years progress in earthworm ecotoxicology. *Pedobiologia*, 47: 588-606.
- Stäbler, D. (2002) Talstar 8SC assessment of effects on reproduction and growth on *Eisenia foetida* in artificial soil. GAB Biotechnologies – Germany, document No. 20021228/01-NREf.
- Stafford, E.A., Edwards, C.A. (1985) Comparison of heavy metal uptake by *Eisenia fetida* with that of other earthworms. Final Technical Report, Contract No. DAJA 45-84-C-0027, Rothamsted Experimental Station, Harpenden, Herts, United Kingdom.
- Stenersen, J. (1979) Action of pesticides on earthworms, Part I: The toxicity of cholinesterase-inhibiting insecticides to earthworms as evaluated by laboratory test. *Pest Management Science*, 10: 66-74.

- Stepić, S. (2010) Promjene toksičnih učinaka smjesa pesticida na molekularne markere izloženosti kompostne gujavice (*Eisenia andrei*). Doktorski rad Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Institut Ruđer Bošković Zagreb, Sveučilišni poslijediplomski interdisciplinarni studij Zaštita prirode i okoliša.
- Stojanović, M. (1989) Istraživanja kišnih glista okoline Kragujevca. III Simpozijum o fauni SR Srbije. Zbornik rezimea. Beograd. 23.
- Stojanović, M. (1996) Faunističko ekološka studija Lumbricida (Oligochaeta) Srbije, Doktorska disertacija, Univerzitet u Kragujevacu, Srbija.
- Stojanović, M., Karaman, S. (2003) Second contribution to the knowledge on the earthworms (Lumbricidae) in Montenegro. Archives of Biological Sciences, 55 (1-2): 55-58.
- Stojanović, M., Karaman, S. (2005) Distribution of two species for the earthworm fauna of Šumadija in the Balkans and neighbouring territories. Archives of Biological Sciences, 57: 133-137.
- Stojanović, M., Karaman, S. (2007) Distribution of endemic species from the earthworm genus *Serbiona* (Oligochaeta, Lumbricidae) in Serbia. Archives of Biological Sciences, 59 (2): 23–24.
- Stojanović, M., Milutinović, T. (2014) The earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) of the Pannonian region of Serbia, Vojvodina Province: Zoogeography and Diversity. North-Western Journal of Zoology, 10 (2): 305–313.
- Stojanović, M., Milutinović, T., Karaman, S. (2008) Earthworm (Lumbricidae) diversity in the Central Balkans: An evaluation of their conservation status, European Journal of Soil Biology, 44: 57-64.
- Stojanović, M., Tsekova, R., Pešić, S., Milanović, J., Milutinović, T. (2013) Diversity and a biogeographical review of the earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) of the Balkan Mountains (Stara Planina Mountains) in Serbia and Bulgaria. Turkish Journal of Zoology, 37: 635-642.
- Stork, N.E., Samways, M.J. (1995) Inventorying and monitoring of biodiversity, in Global Biodiversity Assessment (Heywood, V.H., ed.), Cambridge University Press, pp. 453–543.
- Szederjesi, T. (2013) New earthworm records from the former Yugoslav countries (Oligochaeta, Lumbricidae). Opuscula Zoologica, Budapest, 44: 61-67.

- Szederjesi, T., Pavliček, T., Coşkun, Y., Csuzdi, C. (2014) New earthworm records from Turkey, with description of three new species (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zootaxa*, 3764 (5): 555–570.
- Šapkarev, J. (1972) Beiträge zur Kenntnis der Lumbricidenfauna Griechenlands. *Macedonian Academy of Sciences and Arts*, 4: 31–36.
- Šapkarev, J. (1975) Neuere Angaben zur Kenntnis der Regewürmer (Oligochaeta: Lumbricidae) aus Montenegro, Jugoslawien. *Godišen Zbornik PMF*, 27: 28–38.
- Šapkarev, J. (1977) New earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) of Yugoslavia, *Macedonian Academy of Sciences and Arts*, 9(2): 89–98.
- Šapkarev, J. (1978) Kišne gliste Jugoslavije. Sadašnja taksonomska proučenost i njihova dalja istraživanja, *Biosistematika*, 4: 293–304.
- Šapkarev, J. (1980) Prilog poznavanju kišnih glista (Lumbricidae) SR Srbije. *Zbornik radova faune Srbije*, 1: 165–179.
- Šapkarev, J. (1988) Contribution to the knowledge of the earthworm fauna of Serbia, Yugoslavia (Lumbricids of Šumadija). *Fragmenta Balcanica*, 5 (14): 17–24.
- Šapkarev, J. (2002) Rasprostranjenje kišnih glista središnje Srbije. *Zbornik radova SANU*, 307–318.
- Tarrant, K.A., Field, S.A., Langton, S.D., Hart, A.D.M. (1997) Effects on earthworm populations of reducing pesticide use in arable crop rotations. *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 657–661.
- Thompson, G.D., Dutton, R., Sparks, T.C. (2000) Spinosad – a case study: an example from a natural products discovery programme. *Pest Management Science*, 56: 696–702.
- Tomašević, A. (2010) Prilog proučavanju mehanizma fotodegradacije karbamatnih pesticida. Univerzitet u Beogradu, Tehnološko-metalurški fakultet. *Doktorska disertacija*, Beograd.
- Tomlin, C.D.S. (2009) (Ed.), *The Pesticide Manual*, 15th Ed., BCPC, Hampshire.
- Trakić, T., Valchovski, H., Stojanović, M. (2016) Endemic earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) of the Balkan Peninsula: a review. *Zootaxa*, 4189 (2): 251–274.
- Truhaut, R. (1977) Ecotoxicology: objectives, principles and perspectives. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 1 (2): 151–173.
- Tu, C., Wang, Y., Duan, W., Hertl, P., Tradway, L., Brandenburg, R., Lee, D., Snell, M., Hu, S. (2011) Effects of fungicides and insecticides on feeding behavior and community

- dynamics of earthworms: Implications for casting control in turfgrass systems. *Applied Soil Ecology*, 47: 31–36.
- Urban, N.A., Swihart, R.K., Malloy, M.C., Dunning J.B. (2012) Improving selection of indicator species when detection is imperfect. *Ecological Indicators*, 15: 188–197.
- Van Gestel, C.A.M. (1992) Validation of earthworm toxicity tests by comparison with field studies: a review of benomyl, carbendazim, carbofuran, and carbaryl. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 23: 221–236.
- Van Gestel, C.A.M., Weeks, J. (2004) Recommendations of the 3rd International Workshop on Earthworm Ecotoxicology, Aarhus, Denmark, August 2001. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57: 100–105.
- Van Straalen, N.M., Denneman, C.A.J. (1989) Ecotoxicological evaluation of soil quality criteria. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 18: 241–251.
- Velki, M. (2009) Effects of pirimiphos-methyl and its mixtures with bentazon, metolachlor, malathion, terbutilazin and temephos on histological changes of body wall of earthworm *Eisenia andrei*, DDD and ZUPP, Zadar.
- Villa, S., Migliorati, S., Monti, G.S., Vighi, M. (2012) Toxicity on the luminescent bacterium *Vibrio fischeri* (Beijerinck). II: Response to complex mixtures of heterogeneous chemicals at low levels of individual components. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 86: 93–100.
- Viswanathan, R. (1997) Physiological basis in the assessment of ecotoxicity of pesticides to soil organisms. *Chemosphere*, 35: 323–334.
- Wang, C., Chen, F., Zhang, Q., Fang, Z. (2009) Chronic toxicity and cytotoxicity of synthetic pyrethroid insecticide cis-bifenthrin. *Journal of Environmental Sciences*, 21: 1710–1715.
- Wang, Y., Cang, T., Zhao, X., Yu, R., Chen, L., Wu, C., Wang, Q. (2012a) Comparative acute toxicity of twenty-four insecticides to earthworm, *Eisenia fetida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 79: 122–128.
- Wang, Y., Wu, S., Chen, L., Wu, C., Yu, R., Wang, Q., Zhao, X. (2012b): Toxicity assessment of 45 pesticides to the epigeic earthworm *Eisenia fetida*. *Chemosphere*, 88 (4): 484–491.
- Ware, G.W. (1991) *Fundamentals of Pesticides, A Self-Instruction Guide*, 3th Ed., Thomson Publications, Fresno.

- Ware, G.W. (1994) *The Pesticide Book*, 4th Ed., Thomson Publications, Fresno.
- Weaver, W., Shannon, C.E. (1963) *The mathematical theory of communication*. Univ. of Illinois Press. ISBN 0-252-72548-4.
- Whittaker, R. H. (1972) Evolution and measurement of species diversity. *Taxon*, 21 (2/3): 213-251.
- Wikipedia, The Free Encyclopedia, "Earthworm" [citirano 9. 03. 2017].  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Earthworm>.
- Xiao, N., Jing, B., Ge, F., Liu, X. (2006) The fate of herbicide acetochlor and its toxicity to *Eisenia fetida* under laboratory conditions. *Chemosphere*, 62: 1366–1373.
- Yasmin, S., D'Souza, D. (2010) Effects of pesticides on the growth and reproduction of earthworm: a review. *Applied and Environmental Soil Science*, 2010: 1-9.
- Zajonc, I. (1970) Synuzie dazdoviek (Lumbricidae) na lukach Karpatskej oblasti Āeskoslovenska. *Biologicke Prase Edicia Slovenskej Akademie Vied*, XVI/8. S. 5-98.
- Zajonc, I. (1975) Variations in meadow associations of earthworms caused by the influence of nitrogen fertilizers and liquid- manure irrigation. *Acad. Publi. House Czech. Acad. of Sciences Praga*.
- Zajonc, I. (1981) Daždovsky (Oligochaeta: Lumbricidae) Slovenska. *Slov. Akad. Vied, Bratislava*, 27 (1): 5-134.
- Zhou, Q.X., Zhang, Q.R., Liang, J.D. (2006) Toxic effects of acetochlor and methamidophos on earthworm *Eisenia fetida* in phaiozem, northeast China. *Journal of Environmental Sciences*, 18: 741–745.
- Zhou, S., Duan, C., Fu, H., Chen, Y., Wang, X., Yu, Z. (2007) Toxicity assessment for chlorpyrifos-contaminated soil with three different earthworm test methods. *Journal of Environmental Sciences*, 19: 854-858.
- Zhou, S., Duan, C., Wang, X., Michelle, W.H.G., Yu, Z., Fu, H. (2008) Assessing cypermethrin-contaminated soil with three different earthworm test methods. *Journal of Environmental Sciences*, 20: 1381-1385.
- Zhou, S., Duan, C., Michelle, W.H.G., Yang, F., Wang, X. (2011) Individual and combined toxic effects of cypermethrin and chlorpyrifos on earthworm. *Journal of Environmental Sciences*, 23: 676-680.

- Zicsi, A. (1958) Freilandsuntersuchungen zur Kenntnis der empfindlichkeit einiger Lumbriciden-Arten gegen Trockenperioden. Acta Zool Acad Scien Hung T III, F 3-4: 369-383.
- Zicsi, A. (1963) Beobachtungen über die Lebensweise des Regenwurmes *Allolobophora dubiosa* (Örley 1880). Acta Zoologica Hungarica, 9: 219-236.
- Zicsi, A. (1967) Beiträge zur Kenntnis der Ungarischen Lumbriciden Fauna. V. Acta Zoologica Hungaria, 13: 245-252.
- Zicsi, A. (1972): Ein neuer Wiederfund von *Allolobophora dofleini* Ude 1922. Annales Universitatis Scientiarum Budapestinensis, 14: 241-245.
- Zicsi, A. (1982) Revision zweier Bretscherischen Regenwurm-Arten (Oligochaeta: Lumbricidae). Revue suisse de Zoologie, 89: 553-565.
- Zicsi, A., Michalis, K. (1981) Übersicht der Regenwürmer Fauna Griechenlands (Oligochaeta, Lumbricidae). Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 27: 239-264.
- Zicsi, A., Šapkarev, J. (1982) Eine neue Cernovitovia-Art aus Jugoslawien (Oligochaeta: Lumbricidae). Acta Zoologica Hungarica, 28: 181-182.
- Zicsi, A., Szlavecz, K., Csuzdi Cs. (2011) Leaf litter acceptance and cast deposition by peregrine and endemic European lumbricids (Oligochaeta: Lumbricidae). Pedobiologia, 54: 145-152.
- Zrazevskij, A. (1957) Doždevyje červi kak faktor plodorodija lesnych počv. AN. Ukr. SSR, Kijev, 269 pp.
- Жуков, О.В., Пахомов, О.С., Кунах, О.М. (2007) Біологічне різноманіття України. Дніпропетровська область. Дощові черв'яки (Lumbricidae). Дніпропетровського Видавництва ДНУ.с.374.

**Додатак 1. Листа сакупљених лумбрицида на истраживаним локалитетима**

*Allolobophora leoni* (Michaelsen, 1891)

Локалитети: 36 инд., органско поље, Чачак, 8.06.2014.; 6 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 13.06.2014.; 42 инд., органско поље, Чачак, 6.11.2014.; 13 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 7.11.2014.; 49 инд., органско поље, Чачак, 13.05.2015.; 10 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 22.05.2015.; 19 инд., органско поље, Чачак, 28.10.2015.; 17 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 30.10.2015.; 30 инд., ливада, Прњавор, 29.05.2016.; 17 инд., ливада, Доњи Рачник, 4.06.2016.; 35 инд., ливада, Прњавор, 30.09.2016.; 2 инд., храстова шума, Прњавор, 30.09.2016.; 11 инд., ливада, Доњи Рачник, 15.10.2016.

*Allolobophora parva* (Eisen, 1874)

Локалитети: 1 инд., храстова шума, Прњавор, 30.09.2016.

*Allolobophora serbica* (Šarkarev, 1977)

Локалитети: 2 инд., храстова шума, Доњи Рачник, 4.06.2016.; 2 инд., храстова шума, Доњи Рачник, 15.10.2016.

*Allolobophora spasenijakaramani* Karaman, 1983

Локалитети: 1 инд., ливада, Прњавор, 29.05.2016.; 1 инд., храстова шума, Прњавор, 29.05.2016.

*Aporrectodea cemernicensis* Mršić, 1991

Локалитети: 1 инд., храстова шума, Прњавор, 29.05.2016.

*Aporrectodea jassyensis* (Michaelsen, 1891)

Локалитети: 1 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 22.05.2015.

*Aporrectodea rosea* (Savigny, 1826)

Локалитети: 2 инд., органско поље, Чачак, 8.06.2014.; 10 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 13.06.2014.; 2 инд., органско поље, Чачак, 6.11.2014.; 2 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 7.11.2014.; 1 инд., органско поље, Чачак, 13.05.2015.; 10 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 22.05.2015.; 1 инд., органско поље, Чачак, 28.10.2015.; 10 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 30.10.2015.; 11 инд., ливада, Прњавор, 29.05.2016.; 17 инд., храстова шума, Прњавор, 29.06.2016.; 11 инд., ливада, Доњи Рачник, 4.06.2016.; 45 инд., храстова шума, Доњи Рачник, 4.06.2016.; 26 инд., ливада, Прњавор, 30.09.2016.; 26 инд., храстова шума, Прњавор, 30.09.2016.; 10 инд., ливада, Доњи Рачник, 15.10.2016.; 19 инд., храстова шума, Доњи Рачник, 15.10.2016.

*Aporrectodea trapezoides* (Duges, 1826)

Локалитети: 4 инд., ливада, Прњавор, 30.09.2016.; 5 инд., храстова шума, Прњавор, 30.09.2016.; 20 инд., ливада, Доњи Рачник, 15.10.2016.; 1 инд., храстова шума, Доњи Рачник, 15.10.2016.

*Dendrodrilus rubidus tenuis* (Eisen, 1874)

Локалитети: 2 инд., храстова шума, Прњавор, 30.09.2016.

*Eisenia fetida* (Savigny, 1826)

Локалитети: 1 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 22.05.2015.

*Eisenia lucens* (Waga, 1857)

Локалитети: 4 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 13.06.2014.; 3 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 7.11.2014.; 1 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 22.05.2015.; 19 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 30.10.2015.; 1 инд., храстова шума, Прњавор, 30.09.2016.

*Eiseniella tetraedra* (Savigny, 1826)

Локалитети: 1 инд., храстова шума, Прњавор, 30.09.2016.



*Lumbricus castaneus* (Savigny, 1826)

Локалитети: 1 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 13.06.2014.

*Lumbricus rubellus* Hoffmeister, 1843

Локалитети: 20 инд., органско поље, Чачак, 8.06.2014.; 7 инд., органско поље, Чачак, 6.11.2014.; 6 инд., органско поље, Чачак, 13.05.2015.; 1 инд., органско поље, Чачак, 28.10.2015.; 7 инд., ливада, Прњавор, 29.05.2016.; 23 инд., храстова шума, Прњавор, 29.06.2016.; 17 инд., ливада, Доњи Рачник, 4.06.2016.; 18 инд., храстова шума, Доњи Рачник, 4.06.2016.; 26 инд., ливада, Прњавор, 30.09.2016.; 4 инд., храстова шума, Прњавор, 30.09.2016.; 1 инд., ливада, Доњи Рачник, 15.10.2016.; 1 инд., храстова шума, Доњи Рачник, 15.10.2016.

*Octolasion lacteum* (Öerley, 1881)

Локалитети: 1 инд., ливада, Прњавор, 29.05.2016.; 1 инд., храстова шума, Прњавор, 29.06.2016.; 2 инд., ливада, Доњи Рачник, 4.06.2016.; 5 инд., храстова шума, Доњи Рачник, 4.06.2016.; 1 инд., ливада, Прњавор, 30.09.2016.; 19 инд., храстова шума, Прњавор, 30.09.2016.; 5 инд., ливада, Доњи Рачник, 15.10.2016.; 35 инд., храстова шума, Доњи Рачник, 15.10.2016.

*Proctodrilus antipai* (Michaelsen, 1891)

Локалитети: 9 инд., органско поље, Чачак, 8.06.2014.; 3 инд., органско поље, Чачак, 6.11.2014.; 4 инд., органско поље, Чачак, 13.05.2015.; 5 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 22.05.2015.; 2 инд., органско поље, Чачак, 28.10.2015.; 17 инд., конвенционално поље, Свилајнац, 30.10.2015.



УНИВЕРЗИТЕТ У КРАГУЈЕВЦУ  
ПРИРОДНО-МАТЕМАТИЧКИ ФАКУЛТЕТ  
ИНСТИТУТ ЗА БИОЛОГИЈУ И ЕКОЛОГИЈУ

Радоја Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија



КЉУЧНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

Редни број	
Тип записа	Текстуални штампани материјал
Врста рада	Докторска дисертација
Аутор	Јована Секулић
Ментор	Проф. др Мирјана Стојановић Петровић
Наслов рада	Фаунистичка и екотоксиколошка студија Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta) централне Србије
Језик публикације	Српски (ћирилица)
Језик извода	Српски
Земља публикавања	Србија
Година публикације	2017.
Издавач	Ауторски репринт
Место и адреса	Радоја Домановића 12 34000 Крагујевац, Србија
Научна област	Биологија
Научна дисциплина	Екологија, биогеографија и заштита животне средине
Предметна одредница/кључне речи	Зоологија, кишне глисте, екотоксикологија, Србија
Чува се	У библиотеци Природно-математичког факултета у Крагујевцу, Р. Домановића 12, 34000 Крагујевац, Србија
Важна напомена	

## Извод

Резултати презентовани у овом раду представљају допринос познавању биодиверзитета лумбрицида централне Србије. Такође резултати су дали увид у, први пут код нас рађена, екотоксиколошка испитивања на овим организмима. Обављена су комплексна фаунистичка истраживања лумбрицидне фауне на подручју централне Србије и обједињени су сви доступни литературни и теренски подаци. Теренским радом на овој студији, на истраживаним локалитетима, у 160 сакупљених узорака (2190 јединки), регистровано је 16 таксона. Током ранијих истраживања утврђено је присуство 44 таксона. Нашим истраживањима утврђено је присуство три таксона који раније нису била констатована на просторима централне Србије, тако да данас фауна лумбрицида овог простора броји 47 таксона. Од укупног броја врста које су констатоване на територији Србије, близу 60% врста је пронађено у централној Србији.

По први пут у централној Србији су регистроване три врсте: *Allolobophora parva*, *Aporrectodea cernicensis* (по други пут регистрована на територији Републике Србије) и *Lumbricus castaneus*. Иако перегрина врста, *A. parva* је регистрована први пут у Србији, што је од изузетног фаунистичког значаја.

По први пут, у нашим истраживањима *Allolobophora serbica* је пронађена у новом типу биотопа, шумском, и то и у пролећној и у јесењој сезони.

Да би се зоогеографски што јасније схватила структура лумбрицидне фауне централног дела Србије, неопходно је било извршити категоризацију. Наша анализа је показала да највећи број врста припада перегриним врстама (38,30%). Ендемичних врста има 19,15%. Затим следе транс-егејске врсте (12,77%), централно-европске (10,64%), алпско-балканске (10,64%), и нешто мање приближно медитеранске (4,26%) и атланско-медитеранске (2,13%).

Истраживања која су спроведена у оквиру екотоксиколошког дела заснована су на хипотези да пестициди у животној средини поред циљаних организама утичу и на нециљане организме, што се кроз ланце исхране одражава и на више трофичке нивое, а у крајњем исходу и на човека. Лабораторијски тестови су спроведени на основу смерница OECD-а. У овим тестовима токсичности користили смо врсту *Eisenia fetida*, као тест организам, коју смо излагали, у вештачком тест земљишту, различитим концентрацијама испитиваних пестицида, заснованим на препорученим пољопривредним дозама. Тестирани су пестициди који су локално највише у употреби, међу којима је и биорационални инсектицид Ласер (спиносад) који се по први пут испитивао на врсти *E. fetida*. Сваки од пестицида показао је другачији степен токсичности, а једино је у контролним третманима било 100% преживелих кишних глиста евидентираних до краја експеримента.

Пиретроиди су познати по домино ефекту и изразитој почетној ефикасности. У нашим експериментима смо већ у првој недељи забележили смртност глиста у свим концентрацијама. Ипак, израчунате LC<sub>50</sub> вредности су биле више од највише концентрације. Од свих коришћених пиретроида (Ципкорд, Талстар, Ласер), Ласер се

показао као еколошки најбезбеднији.

Резултати токсиколошких истраживања показују да су глисте на основу крајњих тачака као што су раст и репродукција веома осетљиве на испитиване хербициде (Тербис, Калисто, Еквип, Аденго). Без обзира, што не утичу на морталитет, утичу на сублеталне крајње тачке, које су знатно осетљивији параметри за процену, што у дужем временском интервалу, значи утицај на саму популацију глиста.

Лимацид Гардена је еколошки безбедан, без било каквог утицаја на морталитет или раст врсте *E. fetida*.

Мешавине инсектицида у пољопривредној пракси постају све популарнији за употребу због своје високе ефикасности и брзе акције. Према нашим резултатима, инсектицид Галитион показује токсичност чак и при ниским дозама, упркос чињеници што је  $LC_{50}$  вредност много већа од највеће концентрације коју смо користи у експерименту. Конзул је имао утицај на параметре животног циклуса (опстанак, раст, производња кокона и излегање малолетника). Овакви резултати су у складу са чињеницом да овај инсектицид не делује брзо, веома је упоран и има дуг период преживљавања у земљишту.

Резултати ове студије указују на могућност коришћења лумбрицида за рано упозорење на земљишну контаминацију, али и наглашавају идеју да употреба хемијских супстанци мора бити спроведена са максималном одговорношћу.

<b>Датум прихватања теме од стране ННВ</b>	
<b>Датум одбране</b>	
<b>Чланови комисије</b>	<b>Проф. др Иво Караман, редовни професор, председник комисије</b> <b>Проф. др Драга Граора, ванредни професор</b> <b>научни сарадник др Тања Тракић</b>



**UNIVERSITY OF KRAGUJEVAC**  
**FACULTY OF SCIENCE**  
**DEPARTMENT FOR BIOLOGY AND ECOLOGY**

Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac



**KEY WORDS DOKUMENTATION**

<b>Accession number</b>	
<b>Type of record</b>	<b>Textual material, printed</b>
<b>Contents code</b>	<b>PhD thesis</b>
<b>Author</b>	<b>Jovana Sekulić</b>
<b>Mentor</b>	<b>Prof. dr Mirjana Stojanović Petrović</b>
<b>Title</b>	<b>Faunistic and ecotoxicological studies Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta) of Central Serbia</b>
<b>Language of text</b>	<b>Serbian (Roman) (scr)</b>
<b>Language of abstract</b>	<b>Serbian (Roman) / English</b>
<b>Country of publication</b>	<b>Serbia</b>
<b>Publication year</b>	<b>2014.</b>
<b>Publisher</b>	<b>Copyright reprint</b>
<b>Publisher place</b>	<b>Radoja Domanovića 12 34000 Kragujevac, Serbia</b>
<b>Scientific field</b>	<b>Biology</b>
<b>Scientific discipline</b>	<b>Ecology, biogeography and environmental protection</b>
<b>Key words</b>	<b>Zoology, earthworms, ecotoxicology, Serbia</b>
<b>Holding data</b>	<b>In library of Faculty of Science, Kragujevac 34000 Kragujevac, Serbia, R. Domanovića 12</b>
<b>Note</b>	

## Abstract

The results presented in this paper is contribution to the knowledge of biodiversity Lumbricidae central Serbia. Also, the results were gave an insight into ecotoxicological testing on earthworm which is the first of that kind investigations in our country. The complex faunistic research of earthworm fauna in the area of central Serbia was performed and all available literature data and field data are summarized. Based on field work in the investigated area have been registered 16 taxa in 160 samples (2190 individuals). In previous studies revealed the presence of 44 taxa. Our research has revealed the presence of three taxa that have never been ascertained on the territory of central Serbia. Therefore, today Lumbricidae fauna of this area consists of 47 taxa. Of the total number of earthworm species that are found in the territory of Serbia, almost 60% of the species is found in the area of central Serbia.

Three species are registered for the first time in central Serbia: *Allolobophora parva*, *Aporrectodea cemernicensis* (registered on the territory of the Republic of Serbia only in eastern and central Serbia) and *Lumbricus castaneus*. Also, it is interesting that peregrina species *A. parva* is registered for the first time in Serbia, which is of great faunal significance.

For the first time, in our research, *Allolobophora serbica* is found in a new biotope, forest, both in the spring and the autumn seasons.

In order to better understand the zoogeographical structure of Lumbricidae from the central part of Serbia, categorization was required. Our analysis showed that most of them are Peregrine species (38,30 %). The percent of endemic species is 19,15 %, followed by Trans - Aegean (12,77 %), Central-European (10,64%), Balkanic-Alpine (10,64%), and a little less Circum-Mediterranean (4,26%) and Atlantic-Mediterranean (2,13%).

Researches conducted in the framework of ecotoxicology part are based on the hypothesis that pesticides in the environment have impact, not only to the target organisms, but also to the non-target organisms, which through food chains may produce damages to higher trophic levels, and ultimately to the man. The laboratory test was conducted according to the OECD guidelines. To assess the toxic effects of pesticides on non-target organism, we exposed the earthworm *Eisenia fetida* to artificial soil supplemented with different concentrations of the examined pesticides based on the recommended agricultural doses. The tested pesticides that are mostly used locally, including the insecticide Laser (spinosad). This is the first report about effects of spinosad on the life-cycle parameters on non-target organism, earthworm *E. fetida*. Each of used pesticide showed a different degree of toxicity. Only in the control treatment was 100% survival of the earthworms recorded until the end of experiments.

Pyrethroids are known by knock-down effect and expressed initial efficacy. In the first weeks, we have immediately recorded mortality of earthworms in all concentrations. However, the LC<sub>50</sub> values were higher than the highest concentrations which we used in the experiment. Of all the used pyrethroids (Cipkord, Talstar, Laser), Laser has proven to be as environmentally safest.

Based on the endpoints such as growth and reproduction, the results of toxicological research show that the earthworms are very sensitive to the tested herbicide (Terbis, Callisto, Ekvip, Adengo). Regardless, it does not affect mortality, affecting sublethal endpoints, which are much more sensitive parameters for assessing, which a longer time interval means the

impact on itself population of earthworms.

Limacide Gardena is ecologically safe, without any impact on mortality and growth of *E. fetida*.

Mixtures of insecticides in agricultural practices are becoming increasingly popular for use due to their high efficiency and fast action. According to our results, insecticide Galition shows toxicity even at low doses, despite the fact that the LC<sub>50</sub> value is much greater than the maximum concentrations that we used in the experiment. The Consul had an impact on the parameters of the life cycle (survival, growth, cocoon production and hatching of juveniles). These results are consistent with the fact that this insecticide does not act quickly, it is very persistent and has a long period of survival in the soil.

The results of this study indicate the possibility of using Lumbricidae for early warning of soil contamination, but also emphasize the idea that the use of chemical substances should be carried out with maximum responsibility.

<b>Accepted by Scientific Board on</b>	
<b>Defended on</b>	
<b>Commission</b>	<b>Prof. dr Ivo Karaman, President of the Commission Prof. dr Draga Graora Research Associate dr Tanja Trakić</b>

**ИЗЈАВА АУТОРА О ОРИГИНАЛНОСТИ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ја, **Јована Секулић**, изјављујем да докторска дисертација под насловом:

**Фаунистичка и екотоксиколошка студија Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta) централне Србије** која је одбрањена на **Природно-математичком факултету** Универзитета у Крагујевцу представља *оригинално ауторско дело* настало као резултат *сопственог истраживачког рада*.

Овом Изјавом такође потврђујем:

- да сам *једини аутор* наведене докторске дисертације,
- да у наведеној докторској дисертацији *нисам извршила повреду* ауторског нити другог права интелектуалне својине других лица,
- да умножени примерак докторске дисертације у штампаној и електронској форми у чијем се прилогу налази ова Изјава садржи докторску дисертацију истоветну одбрањеној докторској дисертацији.

У Крагујевцу, 13.03.2017. године,

  
\_\_\_\_\_ потпис аутора



**ИЗЈАВА АУТОРА О ИСКОРИШЋАВАЊУ ДОКТОРСКЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ**

Ја, **Јована Секулић**,

дозвољавам

не дозвољавам

Универзитетској библиотеци у Крагујевцу да начини два трајна умножена примерка у електронској форми докторске дисертације под насловом:

**Фаунистичка и екотоксиколошка студија Lumbricidae (Annelida: Oligochaeta) централне Србије** која је одбрањена на **Природно-математичком факултету**, Универзитета у Крагујевцу, и то у целини, као и да по један примерак тако умножене докторске дисертације учини трајно доступним јавности путем дигиталног репозиторијума Универзитета у Крагујевцу и централног репозиторијума надлежног министарства, тако да припадници јавности могу начинити трајне умножене примерке у електронској форми наведене докторске дисертације путем *преузимања*.

Овом Изјавом такође

дозвољавам

не дозвољавам<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Уколико аутор изабере да не дозволи припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци, то не искључује право припадника јавности да наведену докторску дисертацију користе у складу са одредбама Закона о ауторском и сродним правима.

припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима

утврђеним једном од следећих *Creative Commons* лиценци:

- 1) Ауторство
- 2) Ауторство - делити под истим условима
- 3) Ауторство - без прерада
- 4) Ауторство - некомерцијално
- ⑤ Ауторство - некомерцијално - делити под истим условима
- 6) Ауторство - некомерцијално - без прерада<sup>2</sup>

У Крагујевцу, 13.03.2017. године,

  
\_\_\_\_\_

потпис аутора

---

<sup>2</sup> Молимо ауторе који су изабрали да дозволе припадницима јавности да тако доступну докторску дисертацију користе под условима утврђеним једном од *Creative Commons* лиценци да заокруже једну од понуђених лиценци. Детаљан садржај наведених лиценци доступан је на: <http://creativecommons.org/rs/>



Contents lists available at ScienceDirect

## European Journal of Soil Biology

journal homepage: <http://www.elsevier.com/locate/ejsobi>

## Original article

# Effects of three pesticides on the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny 1826) under laboratory conditions: Assessment of mortality, biomass and growth inhibition



Milanović Jovana, Milutinović Tanja, Stojanović Mirjana\*

Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science, University of Kragujevac, Radoja Domanovića 12, 34000 Kragujevac, Serbia

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 20 September 2013

Received in revised form

6 March 2014

Accepted 19 March 2014

Available online 5 April 2014

Handling editor: Stefan Schrader

## Keywords:

OECD guidelines

Earthworm

Insecticide

Herbicide

Limacide

## ABSTRACT

To assess the toxic effects of three pesticides on non-target organism, we exposed the earthworm *Eisenia fetida* (Savigny 1826) to artificial soil supplemented with different concentrations of the examined pesticides based on the recommended agricultural doses (RAD). Their commercial formulations are: Galition G-5 (insecticide: active ingredient, a.i., malathion and fenitrothion), Terbis (herbicide: a.i. terbuthylazine), and Gardena (limacide: a.i. metaldehyde). The laboratory test was conducted according to the OECD guidelines. Mortality, biomass, and growth inhibition were chosen as toxic endpoints. No death was recorded at the lowest concentration (1/4 RAD) of the insecticide or the limacide after 7- and 14-day exposures, nor was it recorded at the highest concentration (4× RAD) of the insecticide or the limacide after 7-day exposure. Triazine herbicide Terbis was found the most toxic and ecologically dangerous to *E. fetida*, because its LC<sub>50</sub> value (1.26 mg kg<sup>-1</sup>) was very close to the respective RAD and the growth inhibition in all concentrations was significantly positive. Although *E. fetida* was found susceptible to the organophosphorus insecticide Galition, due to the significant positive growth inhibition at the highest concentration, the value of LC<sub>50</sub> was higher than its RAD. On the other hand, metaldehyde limacide Gardena was found ecologically safe because the LC<sub>50</sub> value was higher than its RAD and weight was not significantly changed.

© 2014 Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

## 1. Introduction

In recent years, the widespread use of pesticides led to a large success in the development of agricultural production. Nevertheless, many pesticides are toxic not only to the target species, but also to non-target organisms, mainly due to physiological similarities between them [1–3]. Besides the beneficial effects causing pesticides, the assessment of the risks associated with their use is done on many soil and aquatic organisms [4]. Among soil organisms, earthworms are particularly used as objects in the assessments of risk because they play an important role in metabolism, fertility, and structure of soils in general and also because they are more than 80% of the total biomass of soil invertebrates. Although bioaccumulation of pesticides in earthworms may have no effect on earthworms themselves, it can cause damage to the higher trophic levels [3,5–7]. On the other hand, due to the importance of earthworms for the protection of natural environments [8–10] they are

taken as suitable bioindicators of chemical contamination of the soil in terrestrial ecosystems [10–12]. For the reason of its easy handling and maintenance under laboratory conditions, the species *Eisenia fetida* is taken as the standard test organisms in ecotoxicological tests. *E. fetida* is not typical in agricultural fields, but it is often found in areas that are rich in organic matter. Because of their ability to bioaccumulate organic and inorganic compounds, high level sensitivity to chemicals and easy breeding, these earthworms are recommended by the Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) for laboratory testing.

Since earthworms have a significant role in the soil and also contribute to a greater extent to the quality of the soil, it is very important to study the sublethal effects of pollutants which may affect their activity [13]. Relationships between mortality and the number of earthworms and use of pesticides are still elusive, and little is known about the impact of novel pesticides on earthworms using the standard test method as described in the guidelines of the OECD [3].

Although numerous ecotoxicity studies have been carried out in recent years using earthworms, they are mostly focused on conventional insecticides and herbicides categories [14–17].

\* Corresponding author. Tel.: +381 34 336 223; fax: +381 34 335 04.  
E-mail address: [mirast@kg.ac.rs](mailto:mirast@kg.ac.rs) (S. Mirjana).

## Threat status and distribution of the endemic species *Allolobophora kosowensis kosowensis* Karaman, 1968 (Oligochaeta: Lumbricidae) in the Balkans

Tanja Milutinović\*, Jovana Milanović and Mirjana Stojanović

Faculty of Science, Institute of Biology and Ecology, University of Kragujevac, 34000 Kragujevac, Serbia

(Received 30 October 2012; final version received 25 February 2013)

*Allolobophora kosowensis kosowensis* Karaman, 1968 is an earthworm species exclusively endemic to the state of Serbia. Although it was described almost half a century ago, there are fewer than 20 known locations. The aim of this paper is to present the data from our own collecting and, by analysing the whole list of records, to trace a synthetic outline of the distribution and threat status of *A. kosowensis kosowensis* in the Balkans. Despite intensive faunistic investigations in Serbia, it was only registered in the Vojvodina Province 5 years ago. Nevertheless, this represents a considerable range extension for *A. kosowensis kosowensis*, defining at the same time the northernmost point of its occurrence in the Balkans. The analysis based on the IUCN 2011 Red List Categories shows that *A. kosowensis kosowensis* has an Endangered status (B2b (ii, iii, iv, v) c (ii, iii, iv, iv)) in the Balkans.

**Keywords:** *Allolobophora kosowensis kosowensis*; earthworms; the Balkans; IUCN Red List; threat status

### Introduction

Endemic species are more exposed to threats, so the biological features of rare or endemic taxa have been the subject of special attention for conservation investigations. It is clear that precise evaluation of the conservation status of a particular species is a necessary condition to successfully prevent its extinction. An important tool for this purpose is the determination of the degree of threat to taxa to which a special significance is attributed. The position of Serbia contributes to the considerable biodiversity of earthworms within its territory. Of 79 registered earthworms in Serbia, 34 species (43.1%) have been identified as endemic (Stojanović et al. 2008).

*Allolobophora kosowensis kosowensis* is a restricted Balkan endemic subspecies, distributed in a small part of the Peninsula, in the state of Serbia. It is an exclusively Serbian endemic. It was first described from the southern part of Serbia (Karaman 1968). Since then, it has been discovered in several localities in the southern, south-eastern, central and southwestern parts of Serbia (Šapkarev 1972, 1989; Karaman and Stojanovic 1996; Stojanovic 1996; Stojanovic and Karaman 2005, 2007, Stojanović et al. 2008).

---

\*Corresponding author. Email: tmlutinovic@kg.ac.rs

Views and opinions expressed in this article represent those of the authors, and do not necessarily represent the view, opinion, or policy of the Editors of the Journal or its publishers.



**NORTH – WESTERN JOURNAL OF ZOOLOGY**  
*(International journal of zoology and animal ecology)*

# ACCEPTED PAPER

**- Online until proofing -**

Authors:

Title: Distribution and threat status of endemic earthworm *Allolobophora dofleini* (Oligochaeta, Lumbricida) on the Balkan Peninsula

Journal: North-Western Journal of Zoology

Article number: e161804

Status: awaiting English spelling editing  
awaiting proofing

How to cite:

Stojanović M., Sekulić J., Trakić T. (2016): Distribution and threat status of endemic earthworm *Allolobophora dofleini* (Oligochaeta, Lumbricida) on the Balkan Peninsula. North-Western Journal of Zoology (2016): e161804

Date published: <2016-06-26>

1           DISTRIBUTION AND THREAT STATUS OF ENDEMIC EARTHWORM  
2           *ALLOLOBOPHORA DOFLEINI* (OLIGOCHAETA, LUMBRICIDA) ON  
3           THE BALKAN PENINSULA

4  
5           Mirjana STOJANOVIĆ, Jovana SEKULIĆ and Tanja TRAKIĆ \*

6  
7           Institute of Biology and Ecology, Faculty of Science, University of Kragujevac, 34000  
8           Kragujevac, Serbia

9           \*Corresponding author, Tanja TRAKIĆ, e-mail address: tmilutinovic@kg.ac.rs

10  
11   **Abstract.** The objective of this paper is to analyze the whole list of records in order to  
12   present a general overview of distribution and threat status of *Allolobophora dofleini* on the  
13   Balkan Peninsula. *All. dofleini* belongs to the widespread endemite on the Balkan Peninsula.  
14   During the last 30 years this species has been recorded from many localities in Macedonia  
15   and southeastern part of Serbia, while it sporadically presents in northern Greece. Until the  
16   present, the northernmost finding of the species has been in the central part of Serbia, while  
17   the southernmost point is in northern Greece. After the investigation in last ten years *All.*  
18   *dofleini* recorded in the Dinaric part of western Serbia. Mitrovac (National park Tara) is the  
19   westernmost locality reported so far, extending its known distribution area more than 150 km  
20   to the west. Its area of occupancy is around 200km<sup>2</sup>. According to the IUCN (2011) Red List  
21   Categories analysis, the conservation status of *All. dofleini* in the Balkan Peninsula is  
22   Endangered (EN) (B2 b (ii; iv; v); c (ii; iv)). However, the conservation analysis still requires  
23   some decisions based on the study of future research and, therefore, our status assessment  
24   must be viewed as a working hypothesis based on the best available information.

25



# 12<sup>th</sup> ICZEGAR ABSTRACTS

12<sup>TH</sup> INTERNATIONAL CONGRESS  
ON THE ZOOGEOGRAPHY AND ECOLOGY OF GREECE  
AND ADJACENT REGIONS

International Congress on the  
Zoogeography, Ecology and Evolution of  
Southeastern Europe and the Eastern  
Mediterranean



Athens, 18 – 22 June 2012

Published by the HELLENIC ZOOLOGICAL SOCIETY, 2012

**THREAT STATUS AND DISTRIBUTION OF ENDEMIC SPECIES  
ALLOLOBOPHORA KOSOWENSIS KOSOWENSIS KARAMAN, 1968  
(OLIGOCHAETA, LUMBRICIDAE) ON THE BALKANS**

Tanja Milutinović\*, Jovana Milanović & Mirjana Stojanović

Faculty of Science, Institute of Biology and Ecology, University of Kragujevac, 34000  
Kragujevac, Serbia. Email: tmilutinovic@kg.ac.rs

*Allolobophora kosowensis kosowensis* Karaman, 1968 is an exclusively endemic earthworm species for the State of Serbia (central part of the Balkans). Although it was described over half a century ago, there are less than twenty known locations. *A. kosowensis kosowensis* was discovered in Kosovo (Pristina, 1968), and after 20 years, it was recorded again in only few localities in southern Serbia and recently in central Serbia with a low number of individuals. The aim of this paper is to present the data from our own collecting and, by analyzing the whole list of records, to trace a synthetic outline of distribution and threat status of *A. kosowensis kosowensis* in the Balkans. Additional data on its distribution are presented, based on fieldwork conducted in the last ten years. In spite of intensive faunistic investigation in Serbia, only one exemplar has been registered (Pancevo, Voivodina Province - 5 years ago). Nevertheless, this represents a considerable range extension for this species, while this is the northernmost point of occurrence in the Balkans. Its known area of occupancy is around 100 km<sup>2</sup>. The analysis based on the IUCN (2011) Red List Categories shows that *A. kosowensis kosowensis* belongs to the Endangered category [B2b(ii-v)c(ii-iv)] in the Balkans.