



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**

Департман за ратарство и повртарство



Анђела Кујунџић

дипл инж. пољопривреде

УТИЦАЈ КИШНИХ ГЛИСТА НА СВОЈСТВА ЗЕМЉИШТА И ПРИНОС КУКУРУЗА

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2025.



**УНИВЕРЗИТЕТ У НОВОМ САДУ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ**



Департман за ратарство и повртарство

Кандидат:

Дипл инж. Анђела Кујунџић

Ментор:

Проф. др Срђан Шеремешкић

**УТИЦАЈ КИШНИХ ГЛИСТА НА СВОЈСТВА
ЗЕМЉИШТА И ПРИНОС КУКУРУЗА**

МАСТЕР РАД

Нови Сад, 2025.

КОМИСИЈА ЗА ОЦЕНУ И ОДБРАНУ МАСТЕР РАДА:

Проф. др Срђан Шеремешкић, редовни професор

Ужа научна област: Ратарство и повртарство

Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

-Ментор-

Проф. др Ђорђе Крстић, редовни професор

Ужа научна област: Ратарство и повртарство

Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

-Председник комисије-

Проф. др Александра Петровић, ванредни професор

Ужа научна област: Фитомедицина и заштита животне средине

Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет

-Члан комисије-

Захвалница

Искрену и дубоку захвалност дугујем свом ментору, проф. др Срђану Шеремешићу, на непресушној подрици, стрпљењу и стручном усмеравању током израде овог мастер рада. Његови савети, знање и спремност да помогне у сваком кораку представљали су непроцењив ослонац.

Уз велико поштовање, захваљујем се и члановима комисије проф. др Ђорђу Крстићу и проф. др Александри Петровић, на пруженим сугестијама, конструктивним коментарима и свему што сам током студија имала прилику да научим од њих.

Посебну захвалност упућујем др Бојану Војнову, чија су посвећеност и стручно вођење били пресудни у реализацији практичног дела истраживања. Његов ангажман, приступачност и несебична помоћ умногоме су допринели квалитету овог мастер рада.

Од срца се захваљујем својој породици, пријатељима и колегама на охрабрењу, разумевању и безусловној подрици током студија.

Анђела Кујунџић

САДРЖАЈ

1. УВОД	1
1.1. УЛОГА И ЗНАЧАЈ ГЛИСТА	2
1.2. УТИЦАЈ ЧОВЕКА И ПОЉОПРИВРЕДНЕ ПРАКСЕ НА ЖИВОТ У ЗЕМЉИШТУ	4
1.3. ПРИРОДНИ И АНТРОПОГЕНИ МЕХАНИЗМИ ОБНОВЕ ЗЕМЉИШТА	6
1.4. ГЛОБАЛНИ И РЕГИОНАЛНИ ЗНАЧАЈ ГЛИСТА У ПРОИЗВОДЊИ ХРАНЕ И ОДРЖИВОМ УПРАВЉАЊУ ЗЕМЉИШТЕМ	9
1.5. ГЛИСТЕ У АГРОЕКОСИСТЕМИМА СРБИЈЕ	10
2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА	11
3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА	12
3.1. ПОСТАВЉАЊЕ ПОЉСКОГ ОГЛЕДА	13
3.2. МЕРЕЊЕ И АНАЛИЗА ПАРАМЕТАРА	14
3.3. СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА	15
4. РЕЗУЛТАТИ СА ДИСКУСИЈОМ	16
4.1. АНАЛИЗА ФИЗИЧКИХ ОСОБИНА ЗЕМЉИШТА	16
4.1.1. Температура земљишта	16
4.1.2. Влага земљишта	17
4.2. АНАЛИЗА ХЕМИЈСКИХ ОСОБИНА ЗЕМЉИШТА	19
4.2.1. рН, органска материја и приступачни азот	19
4.2.2. Гломалин и микроелементи	20
4.3. АНАЛИЗА БИОЛОШКЕ АКТИВНОСТИ ЗЕМЉИШТА	22
4.3.1. Бројност кишних глиста у мају и октобру	22
4.3.2. Маса кишних глиста у мају и октобру	24
4.3.3. Број површинских хумки глиста након бербе кукуруза	26
4.4. АНАЛИЗА МОРФОЛОШКИХ СВОЈСТАВА И ПРИНОСА КУКУРУЗА	27
4.4.1. Број биљака кукуруза по ha	27
4.4.2. Принос кукуруза	29
4.4.3. Висина биљака кукуруза	30
4.4.4. Број редова зрна на клипу кукуруза	32
4.4.5. Влажност зрна при жетви	33
4.4.6. Хектолитарска маса	35
4.4.7. Маса хиљаду зрна	36
4.4.8. Маса зрна по биљци	38
5. ЗАКЉУЧАК	40
6. ЛИТЕРАТУРА	41

УТИЦАЈ КИШНИХ ГЛИСТА НА СВОЈСТВА ЗЕМЉИШТА И ПРИНОС КУКУРУЗА

РЕЗИМЕ

Истраживање је имало за циљ да утврди утицај кишних глиста (*Lumbricus terrestris*) на биолошка и хемијска својства земљишта и принос кукуруза у системима конзервацијске обраде и орања. Конзервацијска обрада је обезбедила повољније услове за развој глиста, што је резултовало већом бројношћу, масом и значајно већим бројем хумки. У третманима са глистама утврђене су више вредности минералног азота, растворљивог органског угљеника и гломалина, док су узорци пореклом из „гнезда“ глиста представљали жаришта највеће биолошке и хемијске активности. Температура и влажност земљишта нису показале значајне разлике између система обраде. Већина компоненти приноса није реаговала значајно, осим већег броја редова зрна под утицајем глиста и веће масе хиљаду зрна под конзервацијском обрадом. Резултати указују да је утицај глиста израженији у побољшању својстава земљишта него у непосредном утицају на показатеље приноса кукуруза.

Кључне речи: кишне глисте, конзервацијска обрада, својства земљишта, кукуруз, принос

THE EFFECTS OF EARTHWORMS ON SOIL PROPERTIES AND MAIZE YIELD

SUMMARY

This study examined the influence of earthworms (*Lumbricus terrestris*) on soil biological and chemical properties and maize yield under conservation tillage and conventional plowing. Conservation tillage significantly enhanced earthworm abundance, biomass, and midden formation, indicating more favorable habitat conditions. Treatments with earthworms showed higher levels of mineral nitrogen, dissolved organic carbon, and glomalin, while middens contained the highest nutrient concentrations, highlighting the ecological role of earthworms in improving soil fertility. Soil temperature and moisture showed no major differences between tillage systems. Most yield components were not significantly affected, except for an increased number of kernel rows under earthworm presence and a higher thousand-kernel weight in conservation tillage. Overall, earthworms had a stronger impact on improving soil quality than on increasing maize yield within a single growing season, suggesting their greater long-term potential in sustainable soil management.

Keywords: earthworms, conservation tillage, soil properties, maize, yield

1. УВОД

Земљиште представља основни и незаменљив природни ресурс који омогућава опстанак свих копнених екосистема. Оно обезбеђује простор, хранљиве материје и воду за биљке, регулише проток енергије и материје у природи и представља један од најсложенијих „биолошких“ система на Земљи. Као динамичан природни комплекс, земљиште се састоји од минералне фракције, органске материје, воде, ваздуха и богатог живог света, чија интеракција условљава његову плодност и отпорност према спољашњим утицајима (АЗЖС, 2018; АЗЖС, 2020).

Иако се често посматра као физичко-хемијски супстрат, земљиште је заправо живи екосистем у којем микроорганизми, гљиве, инсекти, глисте и други организми учествују у разградњи органске материје, формирању хумуса, кружењу хранљивих материја и очувању структуре земљишта (Lavelle and Spain, 2001).

Током последњих деценија земљишни екосистеми су изложени значајним притисцима. Интензивна пољопривреда, често превртање ораничног слоја, монокултура, употреба хемијских средстава и смањен унос органске материје довели су до деградације структуре земљишта, губитка хумуса, ерозије и збијања земљишта (Curry, 2004). Као последица, смањена је активност земљишних организама, укључујући глисте, што директно утиче на плодност, способност земљишта за задржавање воде и отпорност усева на стрес. Стога се, према FAO (2017), концепт „живог земљишта“ све више истиче као основа одрживе пољопривреде. Очување биолошке активности земљишта препознато је као кључни предуслов за дугорочну продуктивност и отпорност агроекосистема на климатске промене. У том контексту, кишне глисте се издвајају као најважнији показатељи здравог земљишта, јер њихов број, разноврсност и активност директно одражавају стање биолошке равнотеже (Arunachalama and Entoori, 2022).

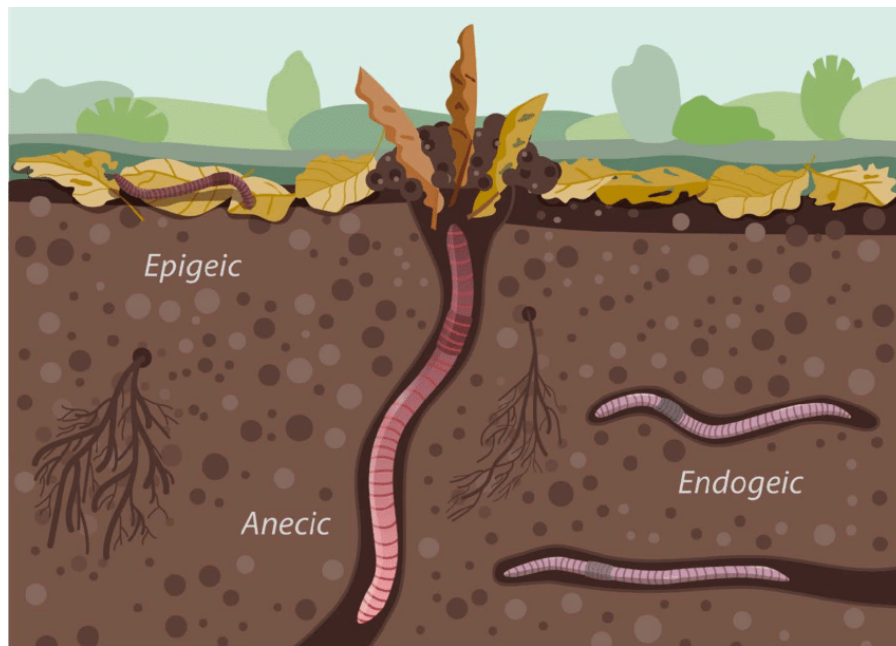
1.1. УЛОГА И ЗНАЧАЈ ГЛИСТА

Глисте су једни од најзначајнијих представника макрофауне земљишта и често се називају „еколошким инжењерима“ због своје способности да, кроз кретање, исхрану и стварање каналића, мењају физичке, хемијске и биолошке карактеристике земљишта (Arunachalama and Entoori, 2022). Њихове активности директно утичу на пропусност, порозност, влажност и аерацију земљишта, а преко пробавног процеса и излучивања измета (тзв. *casts*) доприносе стварању стабилних структурних агрегата и хумуса. Ови агрегати имају повећану способност задржавања воде и хранљивих материја, што побољшава структуру и отпорност земљишта на ерозију (Lentiri *et al.*, 2014).

Различите врсте глиста насељавају различите слојеве земљишта и имају различите еколошке функције. Према Sims и Gerard (1999), глисте се сврставају у три основне еколошке групе (слика 1):

- 1) Епигејске врсте - живе у површинском слоју земљишта, хране се свежом органском материјом и веома су осетљиве на промене микроклиме.
- 2) Ендогејске врсте - насељавају минерални слој, где копају хоризонталне каналиће и хране се делимично разложеним биљним материјалом.
- 3) Анецијске врсте - граде дубоке, вертикалне ходнике који повезују површину са дубљим слојевима земљишта, чиме обезбеђују проток воде, ваздуха и хранљивих материја између различитих хоризоната.

Свака од ових група има своју специфичну улогу: епигејске убрзавају разградњу биљних остатака, ендогејске учествују у мешању и стабилизацији земљишта, док анецијске побољшавају дренажу и инфилтрацију воде. Њихово заједничко деловање одржава равнотежу свих процеса у земљишту (Thakuria *et al.*, 2010; Lee, 1985).



Слика 1. Еколошке групе глиста и њихова улога у различитим слојевима земљишта (Извор: Eisenhauer and Eisenhauer, 2020)

Глисте својом активношћу такође повећавају микробиолошку активност - број и делатност бактерија и гљива након проласка кроз њихова црева могу бити и неколико пута већи (Arunachalama and Entoori, 2022). Поред тога, њихови ходници повећавају аерацију и стварају микроклиматске услове који погодују развоју кореновог система биљака, чиме посредно утичу на приносе и стабилност усева (Reynolds, 1994).

Због своје осетљивости на промене у структури, влажности, рН и садржају органске материје, глисте се сматрају поузданим биоиндикаторима квалитета земљишта. Њихова бројност, биомаса и разноврсност одражавају биолошко и хемијско стање земљишта - што је већи број глиста, то је земљиште здравије и плодније (Frund *et al.*, 2010).

Историјски гледано, интересовање за глисте у науци постоји више од једног века. Још у XIX веку Чарлс Дарвин је први научно указао на њихов значај у формирању земљишта, у свом делу *The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms* (1881). Дарвин је доказао да глисте имају пресудан утицај на стварање плодног површинског слоја и да њихова активност обликује пејзаж више него деловање било које друге животињске групе (Feller *et al.*, 2003). Његови радови поставили су темеље савремене педобиологије и агроекологије. Данас се та традиција наставља кроз

савремена истраживања која испитују везу између биолошке активности земљишта и одрживости производних система.

Глисте, дакле, нису само један од елемената биодиверзитета - оне су основни механизам живота у земљишту. Њихова улога у побољшању структуре, плодности и биолошке активности чини их незаменљивим савезницима у очувању и обнови здравља земљишта. Где год има глиста, има и живота, а са њима - и потенцијала за одрживу пољопривреду и стабилност екосистема.

1.2. УТИЦАЈ ЧОВЕКА И ПОЉОПРИВРЕДНЕ ПРАКСЕ НА ЖИВОТ У ЗЕМЉИШТУ

Током последњег века, антропогене активности, као што су интензивна пољопривреда, индустријализација и урбанизација, значајно су промениле физичку и биолошку структуру земљишта. Оно што је некада био сложени, саморегулишући екосистем, све више постаје производни супстрат - простор из којег човек извлачи ресурсе без разумевања биолошких процеса који га одржавају живим (FAO, 2020).

Највећи утицај на деградацију земљишта има конвенционална пољопривредна пракса, заснована на дубокој обради, монокултури и прекомерној употреби минералних ђубрива и пестицида (FAO, 2020). Иако су ове технологије омогућиле брз пораст приноса током „зелене револуције“, оне су истовремено довеле до нарушавања природних процеса који одржавају плодност земљишта:

1) Обрада земљишта

Један од најдеструктивнијих фактора је честа и дубока механичка обрада земљишта. Тешке пољопривредне машине разбијају агрегатну структуру и уништавају ходнике које формирају глисте и друга макрофауна. Збијање земљишта резултира смањеном порозношћу, лошијом аерацијом и мањом инфилтрацијом воде. Као последица, смањује се активност глиста, јер оне захтевају стабилну структуру и довољан садржај кисеоника у земљишту (Crittenden *et al.*, 2014). У поређењу са земљиштима под редукованом или без обраде, класично орање доводи до значајног смањења бројности и биомасе глиста, при чему су популације у просеку више него двоструко мање (Briones and Schmidt, 2017).

2) Употреба пестицида и минералних ђубрива

Поред физичког уништавања станишта, значајан утицај има и употреба пестицида и минералних ђубрива. Многи инсектициди и фунгициди имају токсично дејство на глисте, нарочито органофосфати, карбамати и синтетички пиретроиди. Поред директног леталног ефекта, ове супстанце ремеће репродукцију и понашање глиста - смањују њихову покретљивост и активност храњења (Pelosi *et al.*, 2014). Дугорочно, ови утицаји доводе до смањења популације и губитка биолошке разноврсности у земљишту (Sekulić *et al.*, 2023).

Употреба минералних ђубрива често доводи до закишељавања земљишта, што негативно утиче на глисте јер им је потребан неутралан до слабо алкални рН за оптимално функционисање. Смањење рН вредности испод 5,5 може драстично ограничити њихово размножавање и активност, што резултира успоравањем разградње органске материје (Rayela *et al.*, 2025).

3) Монокултура

Конвенционалне пољопривредне праксе често подразумевају и монокултуру - узгој једне културе на истој површини током више година. Такви системи производе ограничен спектар биљних остатака, што доводи до смањења разноврсности и количине органске хране за глисте. Недостатак разноврсних извора органске материје сиромашни микробну заједницу, која представља основну храну за глисте, па се формира зачарани круг деградације: мање микроба - мање глиста - слабија разградња - мање хранљивих материја за биљке (Xu *et al.*, 2025; FAO, 2020).

4) Жетвени остаци

Савремена пољопривреда често уклања или спаљује жетвене остатке уместо да их заорава. Тиме се прекида природни циклус угљеника, јер се органска материја не враћа у земљиште као храну за микробе и глисте. Уклањање жетвених остатака доводи до смањења садржаја органског угљеника, деградације структуре земљишта, повећања ерозије и смањења биолошке продуктивности земљишта (Blanco-Canqui and Lal, 2009). Подаци FAO (2015) такође указују да је у многим деловима Европе током последњих деценија дошло до значајног пада садржаја органске материје у обрадивим земљиштима, што се доводи у везу са интензивним управљањем и недовољним враћањем биљних остатака у земљиште.

У савременим условима деградација земљишта све више добија карактер глобалне кризе. Око 40% светске копнене површине већ је деградирано, што угрожава продуктивност, биолошку разноврсност и отпорност екосистема. Овај процес се додатно убрзава интензивним пољопривредним праксама, прекомерном експлоатацијом ресурса и климатским променама, услед чега земљиште све више губи своју природну способност обнове и постаје зависно од спољних уноса хранљивих материја (Lal, 2020; FAO, 2024).

Проблем деградације земљишта није само агрономски већ и друштвени. Смањење биолошке активности у земљишту утиче на доступност хране, квалитет воде и климатску стабилност. Без здравог земљишта нема ни стабилних екосистема, ни сигурне производње хране. У том контексту, очување популације глиста није питање само научног интереса већ и приоритет одрживог развоја. Њихов нестанак из пољопривредних система упозорава да човек губи контакт са природним процесима који одржавају живот.

1.3. ПРИРОДНИ И АНТРОПОГЕНИ МЕХАНИЗМИ ОБНОВЕ ЗЕМЉИШТА

Последњих деценија све је јасније да деградација земљишта не може бити решена већом употребом минералних ђубрива или пестицида, већ само повратком биолошким принципима који одржавају живот у њему. То је суштина концепта одрживе и регенеративне пољопривреде, чији је циљ не само да се спречи даље нарушавање, већ и да се поврати природна равнотежа и биолошка функција земљишта (Lal, 2020).

Одржива пољопривреда подразумева систем управљања који омогућава производњу хране уз очување природних ресурса - земљишта, воде и биодиверзитета. Регенеративна пољопривреда иде корак даље: она има за циљ да обнови изгубљене биолошке функције и створи услове у којима земљиште постаје саморегулишући екосистем, сличан природним шумама и ливадама. Тај модел не инсистира на максималним приносима по сваку цену, већ на дугорочној стабилности и здрављу система као целине (Reganold and Wachter, 2016).

Неки од кључних принципа за обнову земљишта су:

1) Редукована или конзервацијска обрада земљишта

За разлику од дубоког орања, ова метода минимизује механичке поремећаје и задржава биљне остатке на површини, чиме се ствара микроклима погодна за развој глиста и микроорганизама. Подаци показују да се након неколико година примене редуковане обраде број глиста може повећати и до четири пута у односу на конвенционално обрађивана земљишта (Crittenden *et al.*, 2014). Биљни остаци који остају на површини представљају извор хране, док каналићи које глисте формирају побољшавају структуру, водни режим и аерацију земљишта.

2) Плдоред и покровни усеви

Плдоред спречава исцрпљивање истих хранљивих елемената, док покровни усеви штите земљиште од ерозије и губитка влаге, обогаћујући га органском материјом. Такви системи обезбеђују континуирани доток хране за глисте и микроорганизме, а самим тим и стабилнију биолошку равнотежу (Rodríguez *et al.*, 2020). У системима са добро осмишљеним плдоредом број глиста и биолошка активност могу бити и неколико пута већи него у монокултурама.

3) Заоравање органске материје и примена компоста

За разлику од спаљивања жетвених остатака, заоравање враћа у земљиште угљеник и хранљиве материје, чиме се подстиче развој микрофлоре и микрофауне (Blanco-Canqui and Lal, 2009). Глисте посебно реагују на повећан садржај органског угљеника – применом компоста и других органских материја значајно се повећава њихова бројност и биомаса. Компост истовремено побољшава структуру и задржавање влаге у земљишту, чиме се стварају стабилнији услови станишта (Lemtiri *et al.*, 2014).

4) Примена биолошких ђубрива и микробиолошких препарата

Све више пажње посвећује се и биођубривима и микробиолошким препаратима, који обогаћују земљиште корисним микроорганизмима и стимулишу симбиотске односе у ризосфери. Такви препарати подржавају активност глиста, које зависе од микробиолошке разноврсности (Vessey, 2003).

У комбинацији са редукованом обрадом, ови приступи чине основу савремених програма као што су *FAO Soil Partnership* и *EU Soil Mission* (FAO, 2020).

Истраживања показују да прелазак са конвенционалне на регенеративну пољопривреду може довести до вишеструког повећања популације и биомасе глиста (Crittenden *et al.*, 2014).

Да бисмо разумели зашто ове праксе функционишу, потребно је погледати како природа то чини сама. У природним екосистемима као што су шуме и ливаде, земљиште је аутономни и саморегулишући систем. Органска материја се непрестано рециклира, биолошка активност је стална, а све компоненте - од глиста до биљака - делују у затвореном кругу. Површински органски слој обезбеђује храну за микроорганизме и глисте, који материју постепено враћају у дубље слојеве, стварајући хумус и стабилне агрегате (Edwards, 2004). У тим системима нема отпада - свака мртва материја постаје подлога за нови живот.

Структура природног земљишта гради се одозго на доле, захваљујући раду глиста и микроорганизама који уносе органску материју у дубље хоризонте. Глисте у природним екосистемима могу прерадити и до 400 тона земљишта по хектару годишње, чиме директно учествују у одржавању плодности (Pelosi *et al.*, 2024).

Оно што природа показује јесте да стабилност настаје кроз разноврсност и сарадњу, а не контролу. Различите биљке, коренови системи и микроорганизми заједно граде мрежу која обезбеђује сталан прилив органске материје. Коренови ексудати хране микробе, микроби хране глисте, а глисте стварају хумус који опет храни биљке. Тај затворени циклус представља идеалан модел који би требало да се поново постепено успостави. У супротности с тим, модерни агроекосистеми често нарушавају природну равнотежу. Орање разара структуру, спаљивање жетвених остатака прекида ток органске материје, а хемијска средства убијају организме који одржавају живот.

Зато се све више наглашава да решење деградације није у технологији, већ у разумевању природе. Природни екосистеми показују да је равнотежа могућа без интервенције, ако се енергија и материја слободно крећу кроз биолошке циклусе.

1.4. ГЛОБАЛНИ И РЕГИОНАЛНИ ЗНАЧАЈ ГЛИСТА У ПРОИЗВОДЊИ ХРАНЕ И ОДРЖИВОМ УПРАВЉАЊУ ЗЕМЉИШТЕМ

Глисте представљају један од најважнијих биолошких механизма у пољопривредним екосистемима и често се описују као природни посредници између биљног и микробиолошког света. Истраживања последњих деценија показују да присуство стабилних популација глиста значајно повећава приносе гајених усева, нарочито у системима са смањеном употребом минералних ђубрива. Према Fonte и сарадницима (2023), глисте доприносе са чак 6,5% глобалне производње житарица (пшеница, кукуруз, пиринач, јечам) и 2,3% производње махунарки, што одговара више од 140 милиона тона хране годишње. Највећи ефекат уочен је у регионима са нижим интензитетом механизације и ограниченом употребом хемијских средстава, што потврђује да биолошка активност може делимично надокнадити дефицит примене технологије. Осим на принос, глисте утичу и на квалитет биљака, повећавајући садржај азота и лако приступачних облика фосфора у зони корена (Bertrand *et al.*, 2015).

У истраживањима у којима је анализиран њихов утицај на масу корена, варијанте са већим бројем глиста имале су бржи раст кореновог система, виши степен искоришћености влаге и повећану отпорност усева на сушу и стресне услове (Bertrand *et al.*, 2015). Ови ефекти су посебно изражени код пшенице и кукуруза, где глисте убрзавају разградњу жетвених остатака и доприносе бољем снабдевању биљака азотом у критичним фазама раста (Lal, 2020).

Поред директног утицаја на принос, глисте имају и значајну климатску и еколошку функцију. Њихова активност поспешује стварање хумуса и стабилних органо-минералних комплекса, чиме се повећава складиштење угљеника у земљишту (FAO, 2020). Пораст садржаја органског угљеника у земљишту за 0,4% годишње - колико је дефинисано иницијативом „4 *per 1000*“ — могуће је постићи управо кроз систематско подстицање биолошке активности, укључујући и популације глиста (Minasny *et al.*, 2017).

1.5. ГЛИСТЕ У АГРОЕКОСИСТЕМИМА СРБИЈЕ

Интензивна пољопривредна производња у Србији, уз ограничену примену органских материја и преовлађујућу употребу класичних система обраде, довела је до смањења биолошке активности земљишта и деградације његове структуре. Истраживања спроведена на огледним пољима Института за ратарство и повртарство у Новом Саду показују да класична обрада земљишта узрокује значајно мању бројност глиста у односу на системе редуковане или конзервацијске обраде, као и да увођење органских материја и међуусава има позитиван ефекат на биолошку активност земљишта (Sekulić *et al.*, 2022; Popović *et al.*, 2022; Шеремешкић и сар., 2022).

Најчешће аутохтоне врсте глиста у пољопривредним земљиштима Србије укључују *Lumbricus terrestris*, *Aporrectodea caliginosa* и *Allolobophora chlorotica*. Ове врсте имају различите еколошке улоге у регулацији водног режима и хумусних процеса (Стојановић-Петровић и сар., 2020). Њихова бројност расте у условима редуковане обраде, употребе органских ђубрива и покровних усева, што истиче важност биолошки заснованих агротехничких метода за очување плодности земљишта (Crittenden *et al.*, 2014; Rodríguez *et al.*, 2020).

Подаци Агенције за заштиту животне средине показују да су деградациони процеси, као што су ерозија и губитак органске материје, присутни на више од 80% пољопривредних површина у Србији (АЗЖС, 2018). Ово наглашава важност увођења мера које подстичу биолошку регенерацију земљишта, као што је повећање популација глиста.

Сагледавањем улоге глиста у очувању плодности и структуре земљишта, као и њиховог значаја у пољопривредним системима Србије, постаје јасно да се биолошка активност земљишта може посматрати као основни показатељ његовог стања и потенцијала за обнову. Та сазнања представљају теоријски оквир за наредни, практични део рада, у којем ће бити размотрени различити аспекти утицаја агротехничких поступака на биолошке и физичке карактеристике земљишта.

2. ЦИЉ ИСТРАЖИВАЊА

Циљ истраживања у оквиру овог мастер рада био је да се испита утицај уношења кишних глиста - *Lumbricus terrestris*, на физичка, хемијска и биолошка својства земљишта, као и да се утврди у којој мери присуство глиста може допринети побољшању квалитета земљишта и производног потенцијала кукуруза, укључујући принос и морфолошка својства кукуруза (*Zea mays L.*), у условима два система обраде - класичне (орање) и конзервацијске обраде.

3. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Експериментално истраживање је спроведено на огледном пољу „Римски Шанчеви“ Института за ратарство и повртарство у Новом Саду, на вишегодишнем огледу „Плодореџи“, током вегетационог периода 2021-2022. године (Слика 2). Ово истраживање је део међународног пројекта “Earthworm enhancement of *Lumbricus terrestris* in long-term soil tillage trials in Hungary, Austria and Serbia”, реализованог у сарадњи Института за ратарство и повртарство у Новом Саду са партнерским институцијама из Мађарске и Аустрије.



Слика 2: Експериментални оглед „Плодореџи“ (фото: Шеремешки С.)

Локалитет се налази на равничарском подручју са умерено континенталном климом, просечном годишњом количином падавина од око 620 mm и средњом годишњом температуром ваздуха од 12,8°C.

Земљиште на коме је спроведено истраживање је чернозем иловасте текстуре, са садржајем органске материје од око 2,8%. Земљиште се одликује стабилном структуром, добром водопрпусношћу и високим пољопривредним потенцијалом.

Ћубрење је изведено у складу са резултатима агрохемијске анализе и потребама гајене биљне врсте.

3.1. ПОСТАВЉАЊЕ ПОЉСКОГ ОГЛЕДА

Оглед је постављен у оквиру тропољног плодореда (кукуруз – соја – пшеница) као двофакторијални експеримент:

- 1) **Фактор А – Врста обраде земљишта** - Испитивана су два система обраде земљишта:
 - класична обрада - орање плугом на дубини од 27–30 cm,
 - конзервацијска обрада - плитка обрада након уситњавања жетвених остатака и директна сетва помоћу сејалице *Vaderstad Tempo 6*.
- 2) **Фактор Б – Уношење глиста** - За потребе испитивања утицаја уношења глиста врсте *Lumbricus terrestris*, део парцеле под кукурузом (*Zea mays L.*) је ограђен пластичним фолијама укопаним у земљиште, како би се спречила миграција јединки глиста ван оградe (Слика 3):
 - глисте – унос у густини од 14 јединки по m²
 - контрола – без додатног уношења глиста



Слика 3: Дрвени оквир за обележавање парцеле и укопавање пластичне фолије у земљиште
(фото: Шеремешкић С.)

Парцелице (ограђени простори са унетим глистама) биле су димензија 3 × 2,5 m, са по три понављања у сваком систему обраде. Укупно је било 12 парцелица – шест у систему орања (три са глистама и три контролне) и шест у систему конзервацијске обраде (три са глистама и три контролне). У мају, након сетве кукуруза хибрида

NS4010, у ограђеном делу парцеле унесена је врста *Lumbricus terrestris* (Слика 4) у густини од 14 јединки по m^2 , а за испитивање глиста коришћен је протокол за праћење активности глиста и земљишта на малим парцелама (Euteneuer and Butt, 2025).



Слика 4: Три парцелице са глистама и три контролне парцелице; *Lumbricus terrestris* (фото Шеремешкић С.)

Све стандардне агротехничке мере у производњи кукуруза спровођене су у складу са препорукама Института за ратарство и повртарство (Слика 5).



Слика 5: Кукуруз на ограђеним парцелицама (фото: Шеремешкић)

3.2. МЕРЕЊЕ И АНАЛИЗА ПАРАМЕТАРА

Након бербе кукуруза узимани су узорци земљишта за физичке, хемијске и биолошке анализе.

- 1) Физичке анализе обухватиле су мерења влажности и температуре.
- 2) Хемијске анализе изведене су стандардним поступцима за утврђивање рН вредности, гломалина, садржаја органске материје и макроелемената.
 - Мерење рНСаCl₂ извршено је применом екстракције са 0,01 mol L⁻¹ СаCl₂ у односу земљиште : екстракт 1:10 (w/v), односно 4 g свежег земљишта (≤ 5 mm) на 40 mL екстракционог раствора (Houba *et al.*, 2000).
 - Лако екстрактивни гломалин (EEG) анализиран је према методологији Wright и Upadhyaya (2004). Укратко, 1,00 g ваздушно-сувог земљишта (< 2 mm) екстраховано је са 8 mL натријум-цитрата (20 mmol L⁻¹, рН 7,0 за EEG; 50 mmol L⁻¹, рН 8,0 за TG).
 - Садржај приступачног фосфора (PM3), калијума (KM3), калцијума (CaM3) и магнезијума (MgM3) у земљишту одређен је коришћењем Mehlich 3 екстракционог раствора (Mehlich, 1984).
- 3) Биолошка активност земљишта одређивана је на основу бројности глиста и активности микроорганизама, што је омогућило процену утицаја глиста на биолошку регенерацију земљишта.
- 4) Мерења морфолошких својстава и приноса кукуруза
 Поред анализа земљишта, спроведена су и испитивања морфолошких својстава кукуруза, која су обухватала мерења:
 - броја биљака,
 - броја редова зрна по клипу,
 - влажности зрна при жетви,
 - масе 1000 зрна,
 - масе зрна по биљци,
 - укупног приноса по парцели.

3.3. СТАТИСТИЧКА ОБРАДА ПОДАТАКА

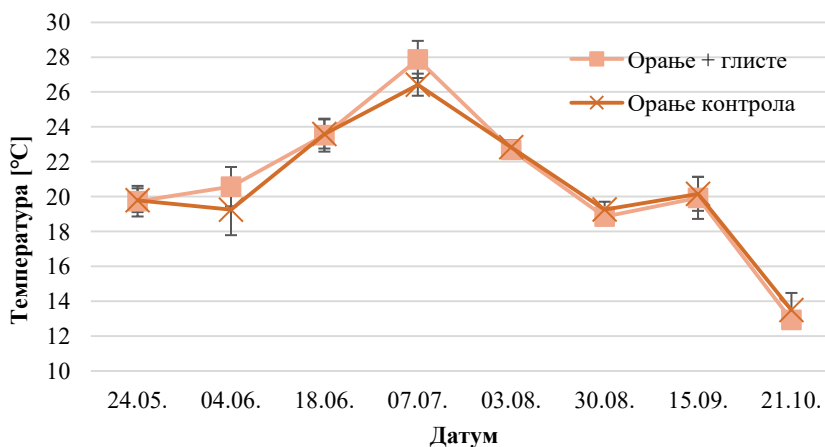
За статистичку анализу података примењена је анализа варијансе (ANOVA) ради утврђивања значајности разлика између третмана и система обраде земљишта. Графички прикази и табеларна обрада резултата изведени су у програмима Microsoft Excel и Statistica 13.0. Значајност разлика између средњих вредности испитиваних параметара тестирана је на нивоу значајности $p < 0,05$.

4. РЕЗУЛТАТИ СА ДИСКУСИЈОМ

4.1. АНАЛИЗА ФИЗИЧКИХ ОСОБИНА ЗЕМЉИШТА

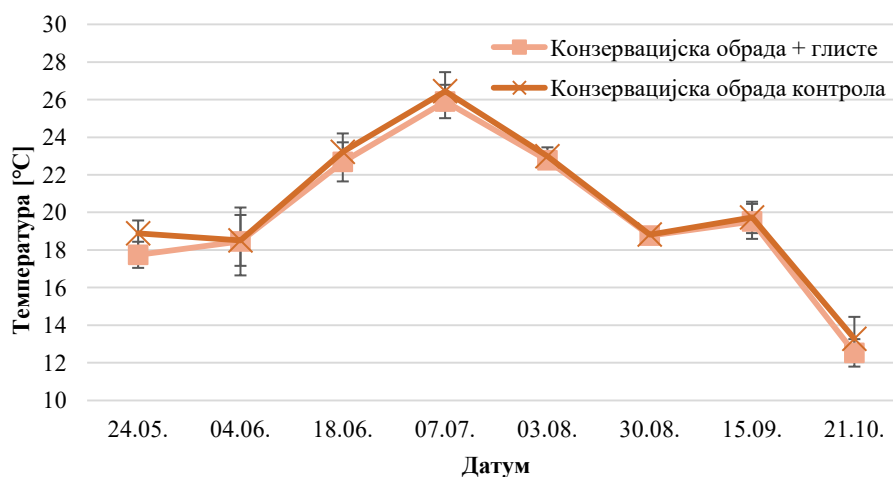
4.1.1. Температура земљишта

Резултати мерења температуре површинског слоја земљишта показали су јасну сезонску динамику у оба система обраде (Графикон 1; Графикон 2). Вредности су постепено расле од краја маја до почетка јула, када је достигнут максимум од око 26–28 °С, након чега је уследио континуиран пад температуре. Готово идентичан случај је у третманима са и без глиста, што указује да присуство *Lumbricus terrestris* није имало значајан утицај на температуру у површинском слоју земљишта.



Графикон 1: Температура земљишта од маја до октобра у систему конвенционалне обраде (орање)

Између система обраде такође није било већих разлика, али су у појединим терминима нешто више вредности забележене на парцелама са орањем, што је очекивано, јер орање доводи до бржег загревања земљишта услед његове откритивености и боље аерације (Gałęzewski *et al.*, 2023).

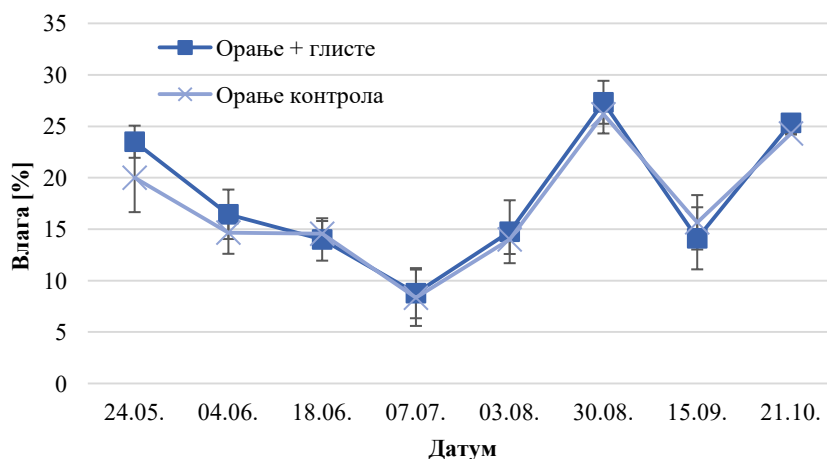


Графикон 2: Температура земљишта од маја до октобра у систему конзервацијске обраде

Насупрот томе, у конзервацијској обради се остављају биљни остаци на површини, што делимично ублажава осцилације температуре и одржава стабилнију микроклиму (Busari *et al.*, 2015). Нешто веће разлике између парцела са додавањем глиста и без њега, забележено је код орања. Такође можемо констатовати да је земљиште на конзервацијској обради у почетку било нешто хладније у поређењу са орањем што је могло утицати на почетни пораст и уједначеност усева кукуруза.

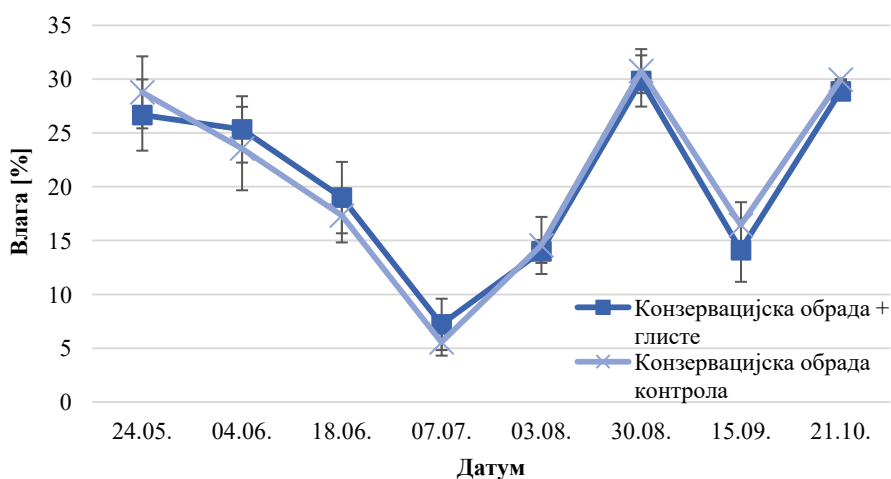
4.1.2. Влага земљишта

Утврђене су значајне варијације влажности земљишта у директној вези са количином падавина и стадијумима развоја усева (Графикон 3, Графикон 4). Најниже вредности су измерене у јулу ($\approx 5-9\%$), што се поклапа са периодом високих температура и највеће потрошње воде кукуруза. Крајем августа и у октобру влажност се значајно повећала ($\approx 26-31\%$), услед обилнијих падавина.



Графикон 3: Влажност земљишта од маја до октобра у систему конвенционалне обраде (орање)

Разлике између третмана са глистама и контроле биле су мале у оба система обраде, а трендови су се кретали скоро исто. У конзервацијској обради вредности су биле нешто више у првом делу сезоне, што је у складу са очекивањима, јер жетвени остаци на површини смањују евапорацију и побољшавају водни биланс (Busari *et al.*, 2015). Разлике у резултатима са и без додавања глиста нису биле довољно велике да укажу на јасан ефекат присуства глиста током једне вегетационе сезоне.



Графикон 4: Влажност земљишта од маја до октобра у систему конзервацијске обраде

4.2. АНАЛИЗА ХЕМИЈСКИХ ОСОБИНА ЗЕМЉИШТА

4.2.1. рН, органска материја и приступачни азот

1) рН вредност

Хемијска анализа земљишта је показала да је рН вредност у свим третманима била благо алкална (7,21–7,72), без већих разлика између система обраде или присуства глиста (Табела 1). Нешто ниже рН вредности у материјалу површинских хумки указују на интензивнију разградњу органске материје и појачану микробиолошку активност глиста.

2) Концентрације нитратног азота (N-NO_3)

Концентрације нитратног азота (N-NO_3) биле су више под конзервацијском обрадом, нарочито у дубљем слоју земљишта, што одражава повољније услове за минерализацију органске материје. Присуство глиста додатно је повећавало количине нитрата у оба система, а највише вредности забележене су у површинским хумкама (до 37,8 mg/kg), које представљају изразито биолошки активне микро зоне.

3) Концентрације амонијумског азота (N-NH_4)

Амонијачни азот (N-NH_4) био је низак у свим узорцима, што је карактеристично за добро аерисана земљишта. Присутно благо повећање NH_4 у систему орања може се довести у везу са јачом аерацијом и бржом трансформацијом азота, док су већи резултати у површинским хумкама глиста повезани са појачаним процесима разградње органских остатака.

4) Концентрације растворљивог органског угљеника (DOC)

Највеће концентрације DOC-а утврђене су у хумкама глиста (до 47,6 mg/kg), што потврђује њихову улогу као „жаришта“ микробиолошке активности.

У целини, резултати показују да активности глиста, нарочито у условима конзервацијске обраде, повећавају доступност минералног азота и растворљивог органског угљеника, док је рН вредност земљишта стабилна у свим третманима.

Табела 1: Вредности рН, садржаја приступачног азота и растворљивог органског угљеника (DOC) након бербе кукуруза

Систем обраде	Дубина земљишта (cm)	Спецификација узорка	pH (CaCl ₂)	N-NO ₃ (mg/kg)	N-NH ₄ (mg/kg)	DOC (mg/kg)
Конзервацијска	0–30	Глисте	7,61	15,8	0,95	18,1
Конзервацијска	30–60	Глисте	7,66	24,8	0,50	16,5
Конзервацијска	0–30	Контрола	7,64	8,09	0,78	18,0
Конзервацијска	30–60	Контрола	7,72	11,6	0,64	19,3
Орање	0–30	Глисте	7,66	8,98	1,09	23,5
Орање	30–60	Глисте	7,67	13,0	1,54	15,3
Орање	0–30	Контрола	7,69	5,99	1,32	15,7
Орање	30–60	Контрола	7,70	9,63	1,51	15,6
Конзервацијска I	–	Површинске хумке (надземни део)	7,39	37,8	1,98	47,6
Конзервацијска II	–	Површинске хумке (подземни део)	7,21	14,0	1,17	26,0
Орање III	–	Површинске хумке (надземни део)	7,52	8,23	1,31	34,1
Орање IV	–	Површинске хумке (подземни део)	7,50	9,30	1,72	21,9

4.2.2. Гломалин и микроелементи

1) Концентрације лако екстрактивног гломалина (EEG)

Концентрације EEG-а биле су више под конзервацијском обрадом него под орањем, нарочито у третманима са глистама, у површинском слоју (0–30 cm) (Табела 2). Овај образац указује на појачану биолошку активност и производњу гломалина - гликопротеина који луче арбускуларне микоризне гљиве и који представља један од кључних индикатора стабилности земљишних агрегата и активности микробиома (Wright and Upadhyaya, 2004). Због тога су највише концентрације гломалина забележене у површинским хумкама под конзервацијском обрадом (до 1048 mg/kg), где је активност глиста и микроорганизама најинтензивнија (Meng *et al.*, 2022; Muchane *et al.*, 2019).

2) Концентрације калијума (K), магнезијума (Mg) и сумпора (S)

Концентрације калијума и магнезијума биле су умерено више под конзервацијском обрадом, док су вредности сумпора углавном биле веће у систему са орањем.

Присуство глиста није значајно изменило садржај К, Mg и S у околном земљишту, али су резултати из површинских хумки глиста показали вишеструко веће концентрације, нарочито калијума (до 384 mg/kg), што указује на интензивну акумулацију хранљивих елемената.

Резултати показују да глисте, а нарочито њихове надземне и подземне хумке, значајно повећавају количину лабилне органске материје (гломалин) и хранљивих елемената, што доприноси стварању биолошки активних, плодних зона у земљишту.

Табела 2: Садржај лако приступачног гломалина (EEG) и лако приступачних макроелемената након бербе кукуруза

Систем обраде	Дубина земљишта (cm)	Спецификација узорка	EEG ¹ (mg/kg)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Mg (mg/kg)	S (mg/kg)
Конзервацијска	0–30	Глисте	549	na ¹	114	167	1,21
Конзервацијска	30–60	Глисте	371	na	61,3	178	1,56
Конзервацијска	0–30	Контрола	471	na	142	149	1,22
Конзервацијска	30–60	Контрола	311	na	32,6	153	1,32
Орање	0–30	Глисте	458	na	92,5	116	1,81
Орање	30–60	Глисте	367	na	61,3	114	1,80
Орање	0–30	Контрола	424	na	94,3	116	1,23
Орање	30–60	Контрола	287	na	41,6	116	2,23
Конзервацијска I	–	Површинске хумке (надземни део)	1048	3,99	384	230	3,36
Конзервацијска II	–	Површинске хумке (подземни део)	714	1,30	263	186	1,18
Орање III	–	Површинске хумке (надземни део)	591	na	278	126	1,20
Орање IV	–	Површинске хумке (подземни део)	501	na	121	111	1,11

¹na – вредност ван границе детекције

4.3. АНАЛИЗА БИОЛОШКЕ АКТИВНОСТИ ЗЕМЉИШТА

4.3.1. Бројност кишних глиста у мају и октобру

Анализа варијансе броја глиста показала је да је у оба термина узорковања (мај и октобар) доминантан и статистички високо значајан фактор био систем обраде земљишта (фактор А). У мају је утврђен врло висок ниво значајности ($F = 20,928$; $p = 0,0011$), при чему је систем конзервацијске обраде допринео са 52,86% укупне варијабилности овог параметра (Табела 3). Сличан образац је утврђен и у октобру (Табела 4), где је систем обраде имао највећи удео у објашњењу варијабилности (70,50%) уз статистички високу значајност ($F = 15,416$; $p = 0,0026$).

Фактор В (две категорије глиста – ограђено/контрола), као и интеракција $A \times B$, нису били статистички значајни ни у мају ни у октобру ($F < 0,1$; $p > 0,80$), што указује да је варијабилност бројности глиста у највећој мери зависила од система обраде земљишта.

Табела 3: Анализа варијансе бројности глиста (мај)

Извор варијације	Степени слободе	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	2	72,1666	31,70%	36,0833	6,275	-
А (систем обраде)	1	120,3333	52,86%	120,3333	20,928**	0,0011
В (глисте)	1	0,3333	0,15%	0,3333	0,058 ^{нз}	0,8086
А×В	1	0,3334	0,15%	0,3334	0,058 ^{нз}	0,8086
Порешка	6	34,5000	15,15%	5,7500	-	-
Тотал	11	227,6666	100%	-	-	-

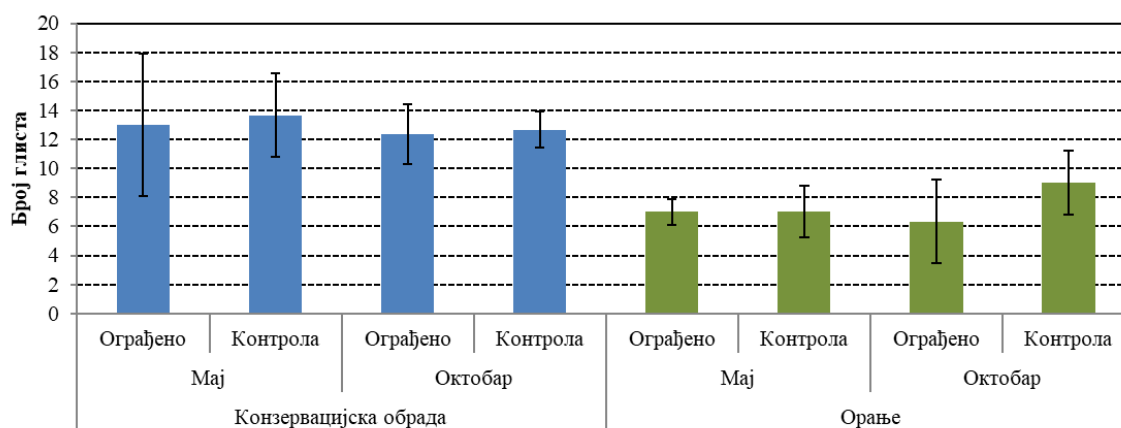
¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Табела 4: Анализа варијансе бројности глиста (октобар)

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	2	3,1666	1,85%	1,5833	0,203	-
A (систем обраде)	1	120,3333	70,50%	120,3333	15,416**	0,0026
B (глисте)	1	0,0000	0,00%	0,0000	0,000 ^{нз}	-
A×B	1	0,3334	0,20%	0,3334	0,043 ^{нз}	0,8334
Порешка	6	46,8334	27,45%	7,8056	-	-
Тотал	11	170,6666	100%	-	-	-

¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Како је приказано на графикону бр. 5, бројност глиста је у оба термина узорковања била знатно већа у систему конзервацијске обраде у односу на класично орање. У мају су вредности под конзервацијском обрадом износиле око 13–14 јединки по 30 × 30 см, док су под орањем биле упола мање (7–8). Сличан образац задржан је и у октобру, уз благо смањење бројности у свим третманима, што је уобичајена сезонска динамика популација глиста у нашим агроеколошким условима.



Графикон 5: Број глиста у мају и октобру

Ефекат уношења *Lumbricus terrestris* није био статистички значајан, али је присутан благ пораст бројности глиста, посебно под орањем. Из ових резултата се може констатовати да је систем обраде био доминантан фактор у односу на време узорковања.

Ови резултати су у складу са бројним литературним навођењима која указују да редукована обрада и „no-till“ системи обезбеђују боље услове за преживљавање и

активност глиста, укључујући већу стабилност структуре земљишта и очување органских остатака (Crittenden *et al.*, 2014; Briones and Schmidt, 2017).

Систем конзервацијске обраде земљишта има изразито позитиван утицај на бројност глиста, док класична обрада доводи до значајног смањења популације. Ови налази потврђују да глисте представљају осетљив и поуздан индикатор биолошке активности земљишта и да се њихова бројност може сматрати значајним параметром у процени одрживости пољопривредних система.

4.3.2. Маса кишних глиста у мају и октобру

Анализа варијансе показала је да је систем обраде земљишта (фактор А) имао статистички значајан утицај на масу глиста и у мају и у октобру. У мају је систем обраде учествовао са 62,77% укупне варијабилности и био статистички значајан ($F = 10,395$; $p = 0,0080$) (Табела 5). У октобру је ефекат био још израженији, уз 83,15% укупне варијације и веома високу статистичку значајност ($F = 62,929$; $p < 0,001$) (Табела 6).

Фактор В (ограђено/контрола), као и интеракција А×В, нису били статистички значајни у мају ($p > 0,94$), док је интеракција показала граничну вредност значајности у октобру ($F = 4,346$; $p = 0,0589$), али недовољну да се тумачи као релевантан фактор. Ово упућује на то да су разлике у маси глиста настале искључиво као последица система обраде земљишта.

Табела 5: Анализа варијансе масе глиста (мај)

Извор варијације	Степени слобде	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	2	0,2481	0,95%	0,1241	0,079	-
А (систем обраде)	1	16,4268	62,77%	16,4268	10,395*	0,0080
В (глисте)	1	0,0056	0,02%	0,0056	0,004 ^{нз}	0,9494
А×В	1	0,0048	0,02%	0,0048	0,003 ^{нз}	0,9562
Порешка	6	9,4817	36,25%	1,5803	-	-
Тотал	11	26,1671	100%	-	-	-

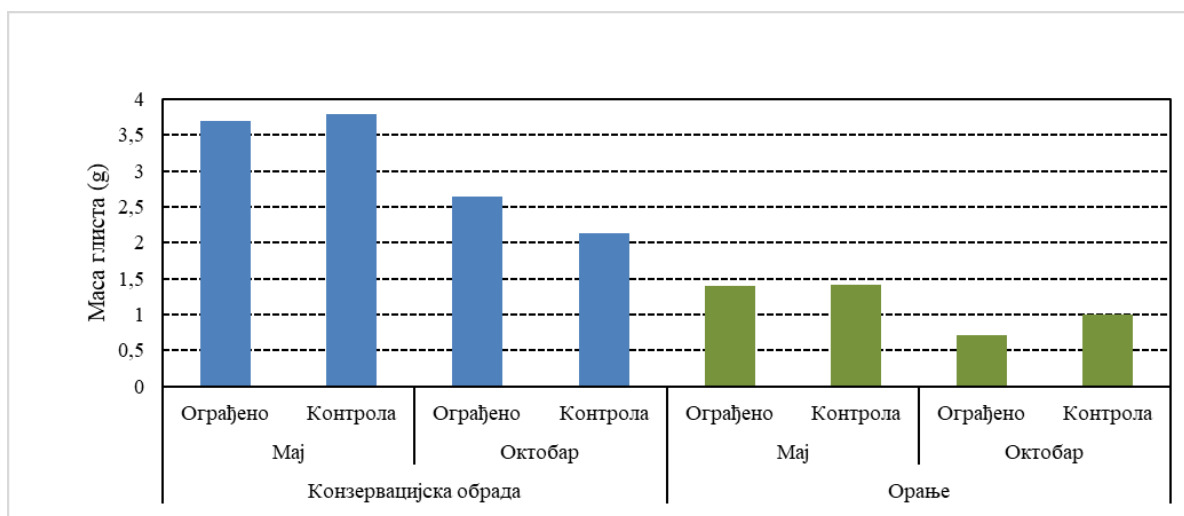
¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Табела 6: Анализа варијансе масе глиста (октобар)

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	2	0,2259	2,68%	0,1129	1,014	-
A (систем обраде)	1	7,0074	83,15%	7,0074	62,929**	<0,001
B (глисте)	1	0,0397	0,47%	0,0397	0,356 ^{нз}	0,5685
A×B	1	0,4840	5,74%	0,4840	4,346 ^{нз}	0,0589
Порешка	6	0,6681	7,93%	0,1114	-	-
Тотал	11	8,4251	100%	-	-	-

¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Маса глиста је у оба термина узорковања била значајно већа под конзервацијском обрадом него под орањем (Графикон 6). У мају су вредности у конзервацијској обради износиле приближно 3,7–3,8 g, док су под орањем биле око 1,4 g. У октобру је дошло до очекиваног сезонског пада масе код свих третмана, али су вредности под конзервацијском обрадом остале вишеструко више (2,2–2,6 g) у односу на орање (0,7–1,0 g).



Графикон 6: Маса глиста у мају и октобру

Интродукција *Lumbricus terrestris* није статистички утицала на масу глиста, што указује да је тип обраде земљишта био доминантан фактор као и код бројности глиста. Ови резултати су у складу са ранијим налазима да редукована обрада резултира бољим условима за преживљавање и активност глиста (Crittenden *et al.*, 2014; Briones and Schmidt, 2017).

4.3.3. Број површинских хумки глиста након бербе кукуруза

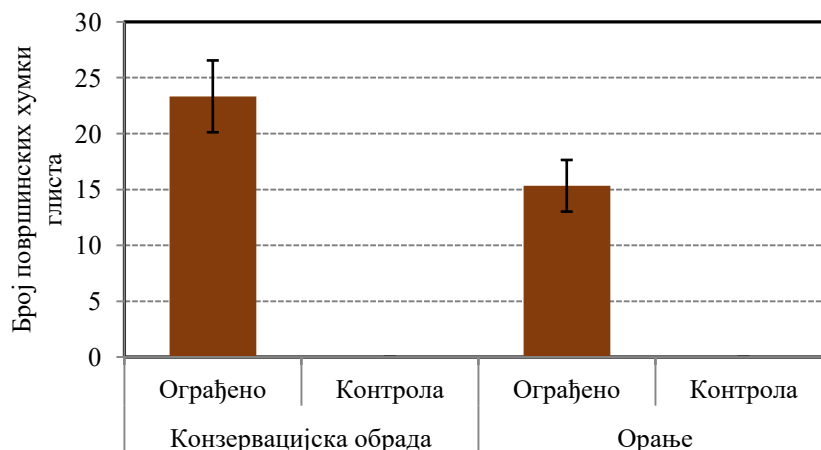
Анализа варијансе показала је да је систем обраде земљишта са додатим глистама (фактор А) имао статистички значајан утицај на број хумки које формира врста *Lumbricus terrestris* ($F = 9,143$; $p = 0,0291$). Овај фактор је одговоран за 75,39% укупне варијабилности овог параметра, што указује да је тип обраде земљишта био доминантан услов који одређује број површинских хумки глиста (Табела 7).

Табела 7: Анализа варијансе површинских хумки глиста након бербе кукуруза

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	2	10,3333	8,12%	5,1666	0,492	-
А (систем обраде + глисте)	1	95,9999	75,39%	95,9999	9,143*	0,0291
Погрешка	2	21,0001	16,49%	10,5000	-	-
Тотал	5	127,3333	100%	-	-	-

¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ¹¹³ није статистички значајно

Број хумки глиста био је знатно већи под системом конзервацијске обраде (≈ 23) него под класичним орањем (≈ 15) (Графикон 7). Ови резултати су у складу са биологијом глиста - *Lumbricus terrestris*, које формирају стабилне, дуготрајне вертикалне канале и избацују органски измет на површину у виду кућица (хумки). На контроли нису забележе хумке јер није ни било глиста - *Lumbricus terrestris*, које због услова које постоје на ораницама (интензивне обраде) веома тешко могу да успоставе стабилне колоније. Овакав резултат представља и индиректан доказ негативног утицаја пољопривреде на њихову бројност иако као аутохтоне врсте оне насељавају природне екосистеме.



Графикон 7: Број површинских хумки глиста након бербе кукуруза

Поређењем оба система обраде јасно се уочава да конзервацијска обрада ствара услове који омогућавају већу активност глиста, што се огледа у знатно већем броју кућица (Thakuria *et al.*, 2010; Reynolds, 1994). Насупрот томе, класична обрада доводи до смањења овог параметра услед интензивног механичког поремећаја, прекидања вертикалних канала и уклањања органских остатака са површине.

4.4. АНАЛИЗА МОРФОЛОШКИХ СВОЈСТАВА И ПРИНОСА КУКУРУЗА

4.4.1. Број биљака кукуруза по ha

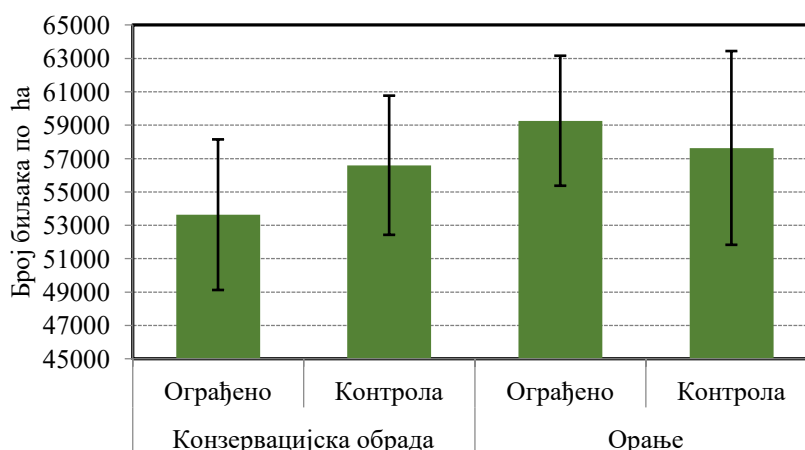
Анализом варијансе утврђено је да је систем обраде земљишта (фактор А) имао статистички значајан утицај на број биљака по јединици површине ($F = 5,743$; $p = 0,0208$), при чему је учествовао са 11,85% укупне варијабилности (Табела 8). Фактор В (ограђено/контрола), као и интеракција $A \times B$, нису били статистички значајни ($p > 0,10$), што указује да утицај глиста и њихове интеракције са системом обраде нису имали мерљив ефекат на број изниклих и преживелих биљака.

Табела 8: Анализа варијансе броја биљака кукуруза по ha

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	8	154,5000	32,54%	19,3125	1,972	-
A (систем обраде)	1	56,2500	11,85%	56,2500	5,743*	0,0208
B (глисте)	1	2,2500	0,47%	2,2500	0,230 ^{нз}	0,6396
A×B	1	26,6944	5,62%	26,6944	2,726 ^{нз}	0,1040
Порешка	24	235,0556	49,51%	9,7940	-	-
Тотал	35	474,7500	100%	-	-	-

¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Вредности овог параметра су се кретале у опсегу од око 54.000–59.000 биљака/ ha , при чему су нешто више вредности забележене у систему орања (Графикон 8). Овај тренд може се објаснити растреситијом и хомогенијим површинским слојем земљишта који ствара орање, што побољшава контакт семена са земљиштем и обезбеђује равномерније ницање (Blunk *et al.*, 2021). Супротно томе, конзервацијска обрада често доводи до нешто хладнијег и влажнијег површинског слоја земљишта, што у раној фази може успорити клијање и умањити густину биљног склопа (Obia *et al.*, 2020).



Графикон 8: Број биљака по ha

Присуство глиста није утицало на проценат ницања у почетним фазама развоја. Ово је у складу са постојећом литературом да позитивни ефекти глиста на биљну продуктивност углавном постају изражени у каснијим фазама раста, кроз побољшање структуре земљишта, аерације и доступности нутријената, а не директно путем утицаја на клијање (Van Groenigen *et al.*, 2014).

Број биљака у овом истраживању није параметар који одражава значајне разлике између система обраде или утицаја глиста, јер је варијабилност мала и у оквирима уобичајених агрономских осцилација.

4.4.2. Принос кукуруза

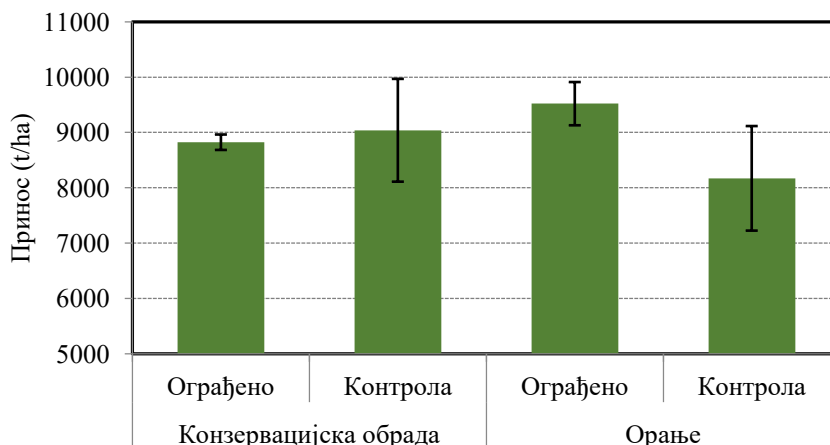
Анализа варијансе показала је да систем обраде (фактор А) није имао статистички значајан утицај на принос кукуруза ($p = 0,7861$), што указује да просечни приноси под конзервацијском обрадом и орањем нису показивали статистички значајне разлике (Табела 9). Ефекат уношења глиста (фактор В) такође није био статистички значајан ($p = 0,0977$), али је био близу границе значајности, што упућује на потенцијални тренд позитивног утицаја који није достигао потребни ниво статистичке поузданости. С друге стране, интеракција А×В била је статистички значајна ($F = 6,136$; $p = 0,0294$), што значи да је ефекат присуства глиста на принос зависио од система обраде. Другим речима, утицај глиста није био једнак у конзервацијској обради и под орањем, већ је већи или повољнији у једном од ова два система.

Табела 9: Анализа варијансе приноса кукуруза

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	2	2 058 560,0000	30,80%	1 029 280,0000	3,433	-
А (систем обраде)	1	22 144,0000	0,33%	22 144,0000	0,074 ^{нз}	0,7861
В (глисте)	1	964 309,3125	14,43%	964 309,3125	3,216 ^{нз}	0,0977
А×В	1	1 839 829,5000	27,53%	1 839 829,5000	6,136*	0,0294
Порешка	6	1 799 061,2500	26,90%	299 843,5313	-	-
Тотал	11	6 683 904,0000	100%	-	-	-

¹ **F-pr.** – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Приноси кукуруза били су између 8000 и 9500 kg/ha у свим третманима, без значајних разлика између система обраде (Графикон 9). Ипак, интеракција А×В показује важан образац: ефекат глиста зависио је од типа обраде земљишта.



Графикон 9: Принос кукуруза (t/ha)

У систему орања, присуство глиста довело је до највишег приноса у огледу (око 9500 kg/ha), док је на контролној парцели принос био осетно нижи (приближно 8200 kg/ha), што указује да глисте могу компензовати механички поремећај земљишта кроз побољшање његове структуре, аерације и динамике хранљивих материја (Arunachalama and Entoori, 2022). У конзервацијској обради разлике су биле мање изражене (8800–9000 kg/ha), што је у складу са претпоставком да овај систем већ обезбеђује услове повољне за коришћење органске материје и природну активност глиста. Овакви резултати подударни су са налазима да позитиван утицај глиста на принос највише долази до изражаја у условима појачаног стреса или нарушене структуре земљишта (Van Groenigen *et al.*, 2014), док је под минималним поремећајем њихов допринос мање изражен јер систем већ функционише на вишем нивоу биолошке активности и ефикасности.

Закључно, принос кукуруза није директно зависио од система обраде, нити од самог присуства глиста, али је значајан ефекат интеракције указао да глисте могу имати важну улогу у побољшању приноса у условима класичне обраде, где је њихово деловање најпотребније.

4.4.3. Висина биљака кукуруза

Анализа варијансе за висину биљака показала је да ниједан од испитиваних фактора није имао статистички значајан утицај на висину биљака (Табела 10). Ни систем обраде ($F = 2,133$; $p = 0,1496$), ни утицај глиста ($F = 2,545$; $p = 0,1159$), као ни њихова интеракција $A \times B$ ($F = 0,849$; $p = 0,6340$), нису довели до разлика које би се могле

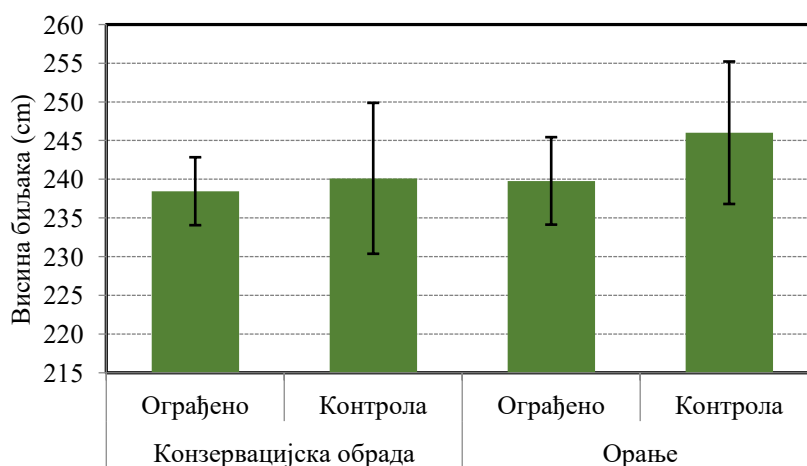
сматрати статистички значајним. Ово указује да су се све уочене варијације у висини биљака налазиле у границама природне варијабилности биљака.

Табела 10: Анализа варијансе висине биљака кукуруза

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	8	529,0000	24,57%	66,1250	1,202	-
A (систем обраде)	1	117,3056	5,45%	117,3056	2,133 ^{нз}	0,1496
B (глисте)	1	139,9722	6,50%	139,9722	2,545 ^{нз}	0,1159
A×B	1	46,6944	2,17%	46,6944	0,849 ^{нз}	0,6340
Порешка	24	1319,7778	61,31%	54,9907	-	-
Тотал	35	2152,7500	100%	-	-	-

¹ **F-pr.** – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Висина биљака се кретала у релативно уском опсегу, од приближно 235 до 245 cm, без јасних разлика између система конзервацијске обраде и орања (Графикон 10). Запажена је благо већа просечна висина на контролним парцелама под орањем, али ова разлика није статистички значајна и може се сматрати делом уобичајених осцилација у расту биљака.



Графикон 10: Висина биљака кукуруза (cm)

Присуство глиста није имало значајан утицај на висину биљака у раној и средњој фази развоја, што је у складу са сазнањима да позитивни ефекти земљишне фауне на биљке најчешће постају изражени у каснијим фазама, кроз побољшање структуре земљишта, водног режима и доступности хранљивих материја (Van Groenigen *et al.*, 2014; Bertrand *et al.*, 2015).

4.4.4. Број редова зрна на клипу кукуруза

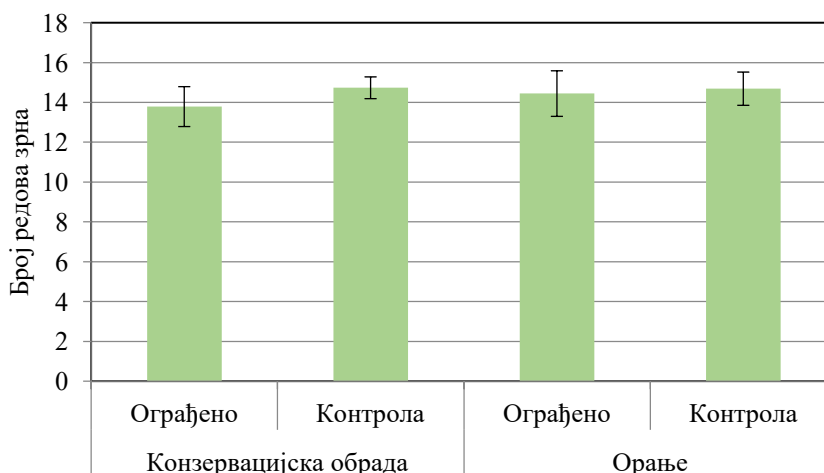
Анализа варијансе показала је да систем обраде није имао статистички значајан утицај на број редова зрна на клипу ($F = 1,994$; $p = 0,1635$). Интеракција $A \times B$ такође није била статистички значајна ($F = 2,619$; $p = 0,1109$). С друге стране, фактор глиста (B) имао је статистички значајан утицај ($F = 7,625$; $p = 0,0089$), што указује да је уношење глиста довело до повећања броја редова зрна независно од система обраде (Табела 11).

Табела 11: Анализа варијансе броја редова зрна на клипу кукуруза

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	8	16,4170	51,99%	2,0521	4,903	-
A (систем обраде)	1	0,8345	2,64%	0,8345	1,994 ^{нз}	0,1635
B (глисте)	1	3,1912	10,11%	3,1912	7,625*	0,0089
A×B	1	1,0961	3,47%	1,0961	2,619 ^{нз}	0,1109
Порешка	24	10,0452	31,79%	0,4185	-	-
Тотал	35	31,5840	100%	-	-	-

¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Број редова зрна кретао се између 14,0 и 14,7, уз релативно мале разлике између система конзервацијске обраде и орања (Графикон 11). Међутим, статистичка анализа показала је да је присуство глиста имало значајан ефекат: у ограђеним парцелама просечан број редова био је већи него у контролним, без обзира на тип обраде земљишта.



Графикон 11: Број редова зрна на клипу

Овај резултат је у складу са познатим механизмима деловања анецијских глиста, које побољшавају физичка својства земљишта, као што су аерација и инфилтрација воде, и доприносе ефикаснијој минерализацији органске материје (Arunachalam and Entoori, 2022). Боља структура земљишта и већа доступност хранљивих материја могу позитивно утицати на формирање клипа и повећање броја редова као једне од кључних компоненти приноса (Ortez *et al.*, 2022).

Иако систем обраде није показао значајан утицај, добијени резултати указују да у одређеним случајевима додавање глиста у земљиште може имати директан позитиван ефекат на компоненте приноса које се формирају у ранијим фазама развоја клипа.

4.4.5. Влажност зрна при жетви

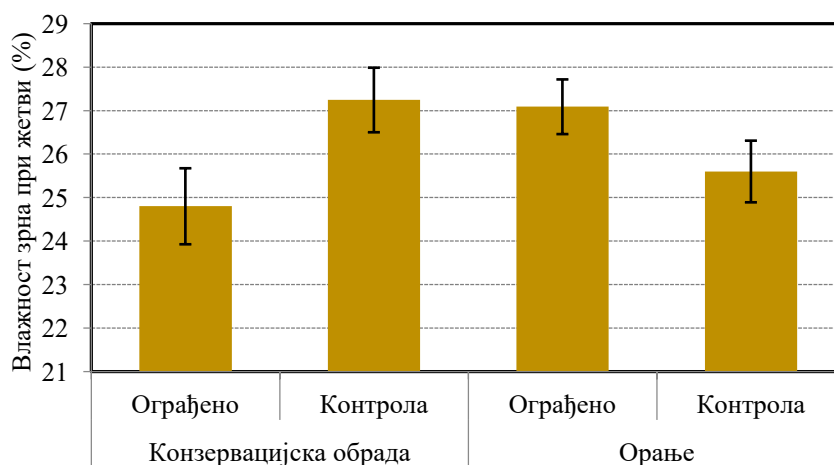
Анализа варијансе показала је да ни систем обраде ($F = 0,153$; $p = 0,6999$), ни присуство глиста ($F = 0,336$; $p = 0,5726$) нису имали статистички значајан самосталан утицај на влажност зрна при жетви (Табела 12). Међутим, интеракција $A \times B$ била је статистички значајна ($F = 5,681$; $p = 0,0215$), што указује да се ефекат глиста разликовао у зависности од система обраде земљишта.

Табела 12: Анализа варијансе влажности зрна кукуруза при жетви

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	8	25,8633	12,27%	3,2329	0,528	-
A (систем обраде)	1	0,9392	0,45%	0,9392	0,153 ^{нз}	0,6999
B (глисте)	1	2,0590	0,98%	2,0590	0,336 ^{нз}	0,5726
A×B	1	34,8056	16,52%	34,8056	5,681*	0,0215
Порешка	24	147,0497	69,80%	6,1271	-	-
Тотал	35	210,7168	100%	-	-	-

¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Влажност зрна при жетви је била у опсегу од приближно 24,8% до 27,3% (Графикон 12). Иако појединачни фактори нису били статистички значајни, значајна интеракција A×B указује да је утицај глиста био различит у два система обраде. Берба је за потребе огледа обављена ручно, неколико дана пре жетве комбајном, како би се омогућило несметано узорковање у условима велике производне парцеле.



Графикон 12: Влажност зрна кукуруза при жетви (%)

Под конзервацијском обрадом присуство глиста довело је до смањења влажности зрна у односу на контролу, док је под орањем њихово присуство резултирало вишим вредностима влажности у поређењу са контролом. Овај контраст може се тумачити различитим механизмима деловања глиста у два система обраде. Под конзервацијском обрадом, глисте могу побољшати аерацију и водни режим у површинском слоју, што може убрзати физиолошко сазревање клипа и последично смањити влажност зрна. Насупрот томе, под орањем, где је структура земљишта

нарушенија, повећана активност глиста може довести до локалног задржавања влаге и споријег опадања влажности зрна у завршној фази вегетације (Van Groenigen *et al.*, 2014; Arunachalama and Entoori, 2022).

Иако ове разлике нису велике, оне показују да интеракција биолошких и механичких процеса у земљишту може утицати на физиолошке параметре биљака, укључујући динамику сушења зрна у периоду сазревања.

4.4.6. Хектолитарска маса

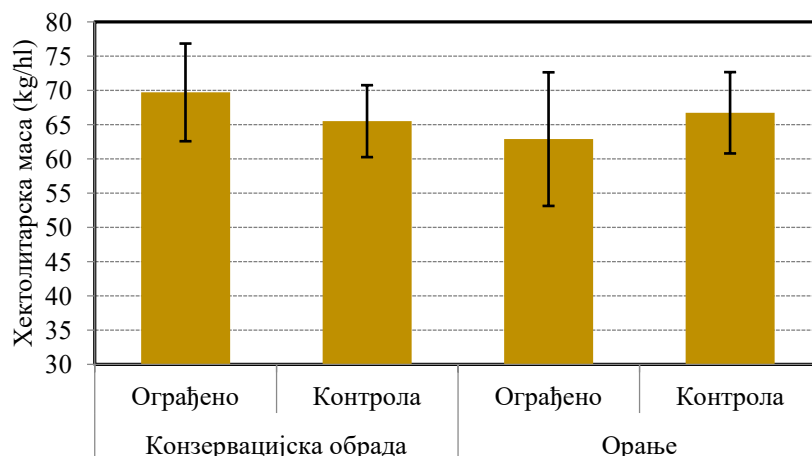
Анализа варијансе показала је да ниједан од испитиваних фактора није имао статистички значајан утицај на хектолитарску масу (Табела 13). Ни систем обраде ($F = 1,179$; $p = 0,2849$), ни присуство глиста ($F = 0,005$; $p = 0,9423$), као ни интеракција $A \times B$ ($F = 2,433$; $p = 0,1241$), нису довели до разлика које би се могле сматрати статистички значајним. Већи део варијабилности потицао је од природних осцилација унутар парцела, што је уобичајено за овај параметар. Такође видимо значајан удео недефинисаних ефеката на ово својство услед великог варирања које је постајало између понављања.

Табела 13: Анализа варијансе хектолитарске масе кукуруза

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	8	233,8594	12,39%	29,2324	0,488	-
A (систем обраде)	1	70,5608	3,74%	70,5608	1,179 ^{нз}	0,2849
B (глисте)	1	0,2830	0,01%	0,2830	0,005 ^{нз}	0,9423
A×B	1	145,6059	7,72%	145,6059	2,433 ^{нз}	0,1241
Порешка	24	1436,4097	76,14%	59,8504	-	-
Тотал	35	1886,7188	100%	-	-	-

¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Хектолитарска маса кретала се у опсегу од приближно 63 до 69 kg/hl (Графикон 13). Највише вредности забележене су у ограђеним парцелама под конзервацијском обрадом, док су најниже вредности утврђене на ограђеним парцелама под орањем. Ипак, разлике између третмана биле су мале и нису статистички значајне.



Графикон 13: Хектолитарска маса зрна кукуруза (kg/hl)

Присуство глиста није имало мерљив утицај на хектолитарску масу у овом огледу. Овај параметар најчешће зависи од генотипа, услова наливања зрна и влаге у току сазревања, док фактори који утичу на структуру земљишта имају ограничен директан ефекат (Ortez *et al.*, 2022).

Резултати указују да ни систем обраде нити уношење глиста нису значајно утицали на густину зрна у овим условима, што показује да је хектолитарска маса у великој мери стабилан параметар мање осетљив на агротехничке интервенције.

4.4.7. Маса хиљаду зрна

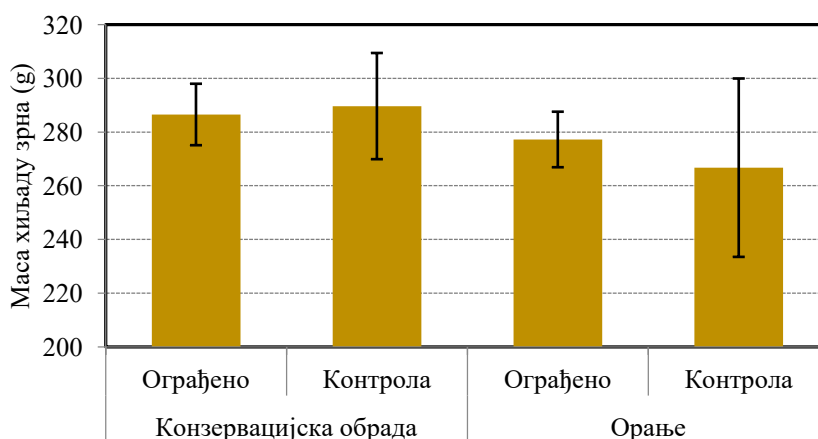
Анализа варијансе показала је да систем обраде има статистички значајан утицај на масу хиљаду зрна ($F = 5,217$; $p = 0,0269$). Присуство глиста није имало значајан утицај ($F = 0,275$; $p = 0,6094$), нити је интеракција $A \times B$ била статистички значајна ($F = 0,931$; $p = 0,6570$) (Табела 14). Ово указује да је разлика у маси хиљаду зрна последица искључиво различитих система обраде земљишта, док глисте нису имале директан ефекат.

Табела 14: Анализа варијансе масе хиљаду зрна кукуруза

Извор варијације	Степени слободe	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	8	3088,5000	18,47%	386,0625	0,861	-
A (систем обраде)	1	2338,0833	13,98%	2338,0833	5,217*	0,0269
B (глисте)	1	123,1944	0,74%	123,1944	0,275 ^{нз}	0,6094
A×B	1	417,4723	2,50%	417,4723	0,931 ^{нз}	0,6570
Порешка	24	10756,7500	64,33%	448,1979	-	-
Тотал	35	16724,0000	100%	-	-	-

¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Маса хиљаду зрна кретала се у опсегу од приближно 268 g до 290 g (Графикон 14). Вредности су биле веће у оба третмана под конзервацијском обрадом, док је најнижа маса хиљаду зрна забележена у контролним парцелама под орањем (≈ 268 g). Ова разлика је у складу са статистички значајним ефектом система обраде.



Графикон 14: Маса хиљаду зрна кукуруза (g)

Конзервацијска обрада задржава већу количину органске материје у површинском слоју, побољшава водни капацитет и смањује губитак влаге, што може допринети бољем наливу зрна и повећању масе хиљаду зрна (Crittenden *et al.*, 2014; Briones and Schmidt, 2017). Насупрот томе, класично орање узрокује већи поремећај структуре земљишта, бржу минерализацију органске материје и могуће мању доступност влаге током критичних фаза испуњавања зрна, што може довести до нешто нижих вредности овог параметра.

Присуство глиста није показало значајан директан ефекат, што је очекивано јер маса хиљаду зрна најчешће зависи од услова током наливања зрна, а мање од параметара који доминантно утичу на структуру земљишта у дужем временском оквиру.

4.4.8. Маса зрна по биљци

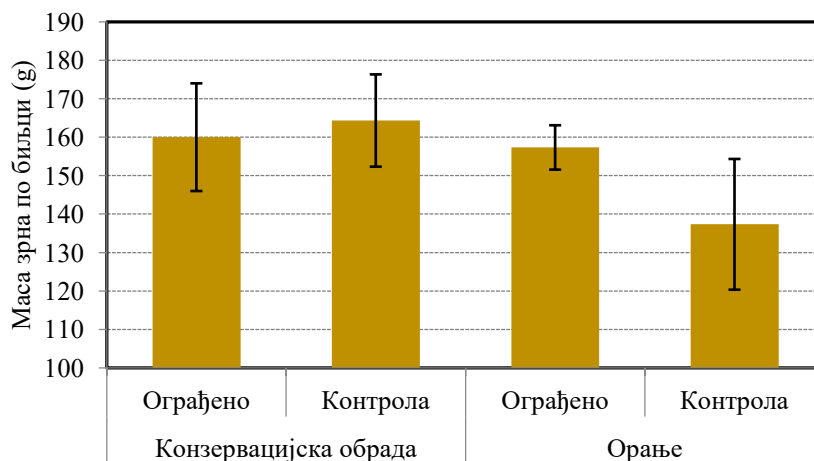
Анализа варијансе показала је да ниједан од испитиваних фактора није имао статистички значајан утицај на масу зрна по биљци (Табела 15). Ни систем обраде ($F = 2,239$; $p = 0,1602$), ни присуство глиста ($F = 0,625$; $p = 0,5488$), као ни интеракција $A \times B$ ($F = 1,507$; $p = 0,2441$), нису довели до значајних разлика. Ово указује да су све разлике уочене на графикону одраз природне варијабилности биљака, а не ефеката третмана.

Табела 15: Анализа варијансе масе зрна по биљци кукуруза

Извор варијације	Степени слободе	Суме квадрата	Суме кв. (%)	Средина квадрата	F-однос (F-тест)	F-pr. ¹
Понављања	2	891,5000	22,58%	445,7500	1,512	-
A (систем обраде)	1	660,0833	16,72%	660,0833	2,239 ^{нз}	0,1602
B (глисте)	1	184,0833	4,66%	184,0833	0,625 ^{нз}	0,5488
A×B	1	444,0834	11,25%	444,0834	1,507 ^{нз}	0,2441
Порешка	6	1768,5000	44,79%	294,7500	-	-
Тотал	11	3948,2500	100%	-	-	-

¹ F-pr. – вероватноћа (значајност) F-теста: * значајно на прагу 0,05; ** значајно на прагу 0,01; ^{нз} није статистички значајно

Према подацима приказаним на графикону бр. 15, маса зрна по биљци кретала се у распону од око 47 g до 58 g. Највише вредности забележене су у контролним парцелама под конзервацијском обрадом (≈ 56 – 58 g), док су најниже вредности утврђене у контролним парцелама под орањем (≈ 48 g). У третманима са глистама, обе обраде постигле су средње вредности (≈ 52 – 54 g).



Графикон 15: Маса зрна по биљци кукуруза (g)

Иако овај образац визуелно указује на нешто повољније резултате под конзервацијском обрадом, статистичка анализа показује да разлике нису значајне. Маса зрна по биљци често зависи од више међусобно повезаних приносних параметара (број редова, број зрна, маса хиљаду зрна) и осетљива је на услове наливања зрна, доступност воде и нутријената у критичним фазама. У овом огледу, ни систем обраде ни уношење глиста нису довели до промена које би биле довољно изражене да пређу праг статистичке значајности.

5. ЗАКЉУЧАК

На основу резултата истраживања могу се извести следећи закључци:

- Физички параметри земљишта нису показали изражене разлике између система обраде. Температура је пратила сезонску динамику, док је влажност била благо стабилнија под конзервацијском обрадом, без значајног утицаја глиста током једне сезоне.
- Хемијска својства земљишта су такође била боља под конзервацијском обрадом. Вредности N-NO₃, DOC и гломалина биле су више у третманима са глистама, а највеће у хумкама глиста. Ово потврђује значај глиста у побољшању хемијских и биолошких функција земљишта.
- Конзервацијска обрада земљишта показала се као знатно повољнија за развој и активност кишних глиста у односу на орање. Бројност, маса глиста и број хумки били су већи у овом систему, што указује да редукована обрада земљишта омогућава стабилније услове и интензивнију биолошку активност.
- Код приносних параметара кукуруза није утврђен статистички значајан ефекат система обраде или присуства глиста, изузев повећања броја редова зрна на клипу у третманима са глистама и веће масе хиљаду зрна под конзервацијском обрадом. Значајна интеракција А×В код приноса указала је да глисте под орањем могу делимично ублажити негативан утицај интензивне обраде.

Активност кишних глиста је важан фактор у очувању и унапређењу плодности земљишта, а системи конзервацијске обраде су најповољнији за њихов развој. Иако њихов директан утицај на принос кукуруза током једне вегетације није био доминантан, резултати указују да дугорочно комбиновање биолошких и конзервацијских мера може довести до побољшања структуре земљишта, већег садржаја органске материје, боље доступности хранљивих елемената и стабилније производње у условима климатских промена.

6. ЛИТЕРАТУРА

- Arunachalama, A., Entoori, K. (2022): Role of earthworms in soil fertility and its impact on agriculture: A review. *International Journal of Fauna and Biological Studies*, 9(3), 55-63.
- Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., de Oliveira, T., Roger-Estrade, J. (2015): Earthworm services for cropping systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 187, 327-340.
- Blanco-Canqui, H., Lal, R. (2009): Crop residue removal impacts on soil productivity and environmental quality. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 28(3), 139-163.
- Blunk, S., Bussell, J., Sparkes, D., Heer, M., Mooney, S., Sturrock, C. (2021): The effects of tillage on seed-soil contact and seedling establishment. *Soil and Tillage Research*. 206. 104757.
- Briones, M. J. I., Schmidt, O. (2017): Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure: a global meta-analysis. *Global Change Biology*, 23(10), 4396-4419.
- Busari, M.A., Kukal, S.S., Kaur, A., Bhatt, R., Dulazi, A.A. (2015): Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research*, 3(2), 119-129.
- Crittenden, S. J., Eswaramurthy, T., de Goede, R. G. M., Brussaard, L., Pulleman, M. M. (2014): Effect of tillage on earthworms over short- and medium-term in conventional and organic farming. *Applied Soil Ecology*, 83, 140-148.
- Curry, J. P. (2004): Factors affecting the abundance of earthworms in soils. In Edwards, C. A. (Ed.), *Earthworm Ecology*, 91-113. Boca Raton: CRC Press.
- Edwards, C. A. (2004): *Earthworm Ecology* (2nd ed.). Boca Raton: CRC Press.
- Eisenhauer, N., Eisenhauer, E. (2020): The “intestines of the soil”: the taxonomic and functional diversity of earthworms – a review for young ecologists.
- Euteneuer, P., Butt, K. (2025): Potential protocol for earthworm monitoring under adverse soil conditions or in small plots. *Applied Soil Ecology*. 206, 105828.
- FAO (2015): *Regional Assessment of Soil Changes in Europe and Eurasia*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2017): *The Status of the World's Soil Resources: Main Report*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2020): *State of Knowledge of Soil Biodiversity: Status, Challenges and Potentialities*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (2024): *Desertification and Drought Day 2024: United for Land – Our Legacy, Our Future*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Feller, C., Blanchart, E., Bernoux, M., Lal, R., Manlay, R. J. (2003): Charles Darwin, earthworms and the natural sciences: Various lessons from past to future. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 97(1-3), 29-49.
- Fonte, S. J., et al. (2023): Earthworms increase global food production by affecting soil fertility and crop yields. *Nature Communications*, 14, 5674.
- Frund H. C., U. Graefe U., Tischer S. (2010): *Earthworms as Bioindicators of Soil Quality*.

- Gałęzewski, L., Jaskulska, I., Kotwica, K., Lewandowski, Ł. (2023): The Dynamics of Soil Moisture and Temperature - Strip-Till vs. Plowing - A Case Study. *Agronomy*, 13(1), 83.
- Houba, V., Temminghoff, E., Gaikhorst, G., Van Vark, W. (2000): Soil analysis procedures using 0.01 M calcium chloride as extraction reagent. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 31, 1299-1396.
- Lal, R. (2020): Soil organic matter and sustainable agriculture. *Journal of Soil and Water Conservation*, 75(2), 27A-35A.
- Lavelle, P., Decaëns, T., Aubert, M., Barot, S., Blouin, M., Bureau, F., Rossi, J. P. (2006): Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*, 42(1), S3-S15.
- Lavelle, P., Spain, A. V. (2001): *Soil Ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.
- Lee, K. E. (1985): *Earthworms: Their Ecology and Relationships with Soils and Land Use*. Sydney: Academic Press.
- Lemtiri, A., Colinet, G., Alabi, T., Cluzeau, D., Zirbes, L., Haubruge, É., Francis, F. (2014): Impacts of earthworms on soil components and dynamics: A review. *Biotechnology, Agronomy, Society and Environment*, 18(1), 111-123.
- Meng, L., Srivastava, A., Kuča, K., & Wu, Q. (2022): Earthworm (*Pheretima guillelmi*)-mycorrhizal fungi (*Funneliformis mosseae*) association mediates rhizosphere responses in white clover. *Applied Soil Ecology*.
- Minasny, B., Malone, B.P., McBratney, A.B., Angers, D.A., Arrouays, D., *et al.* (2017): Soil carbon 4 per mille. *Geoderma*, 292, 59-86.
- Muchane, M., Pulleman, M., Vanlauwe, B., Jefwa, J., & Kuyper, T. (2019): Impact of arbuscular mycorrhizal fungi and earthworms on soil aggregate stability, glomalin, and performance of pigeonpea, *Cajanus cajan*. *Soil Research*.
- Obia, A., Cornelissen, G., Martinsen, V., Botnen Smebye, A., Mulder, J. (2020): Conservation tillage and biochar improve soil water content and moderate soil temperature in a tropical Acrisol. *Soil and Tillage Research*. 197, 104521.
- Ortez, O.A., McMechan, A.J., Hoegemeyer, T., Ciampitti, I.A., Nielsen, R.L., Thomison, P.R., Abendroth, L.J., Elmore, R.W. (2022): Conditions potentially affecting corn ear formation, yield, and abnormal ears: A review. *Crop Management*.
- Pelosi C., Barot S., Capowiez Y., Hedde M., Vandenbulcke F. (2014): Pesticides and earthworms. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34, 199-228.
- Pelosi, C., Petit-Dit-Grezeriat, L., Ratsiatosika, O., Blanchart, E. (2024): Earthworm Contributions to Agricultural Sustainability. In: Kooch, Y., Kuzyakov, Y. (eds) *Earthworms and Ecological Processes*. Springer, Cham.
- Popović, F., Stojanović, M., Radosavljević, S., Trakić, T., Sekulić, J. (2022): Earthworm community structure along altitudinal gradients on the western slopes of Kopaonik Mountain in Serbia. *Turkish Journal of Zoology* 46 (1): 103-114.
- Rayela, R. N. E., Fetiza, A. P. S., Estorico, G. C. (2025): The Impact of Soil pH on Earthworm Diversity and Abundance: A Systematic Review of Soil Acidity and its Effects on Vermicommunities. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*. 488-494.
- Reganold, J. P., Wachter, J. M. (2016): Organic agriculture in the twenty-first century. *Nature Plants*, 2(2), 15221.
- Reynolds, J.W. (1994): Earthworms of the world. *Global Biodiversity* 4(1): 11-16.

- Rodríguez, M. P., Domínguez, A., Moreira Ferroni, M., Wall, L. G., Bedano, J. C. (2020): The diversification and intensification of crop rotations under no-till promote earthworm abundance and biomass. *Agronomy*, 10(7), 919.
- Sekulić, J., Milovac, Ž., Marjanović-Jeromela, A., Bajagić, M., Trakić, T., Popović, F. (2023): Effect of single and mixture of insecticides on earthworms: results from field and laboratory experiments. *Zemdirbyste-Agriculture*, 110(2), 129-138.
- Sekulić, J.M., Milenković, S.N., Stojanović, M.M., Popović, F., Trakić, T. (2022): Species richness and community structure of earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) in natural and agricultural ecosystems. *Biologia* 77, 2115-2124.
- Sims, R. W., Gerard, B. M. (1999): *Earthworms: Notes for the identification of British species*. London: The Linnean Society of London.
- Singh, J., Kaur, A., Vig, A. P. (2016): Role of earthworms in soil health and environment. *Applied and Environmental Soil Science*, 2016, 1-9.
- Thakuria, D., Schmidt, O., Finan, D., Egan, D., Doohan, F. M. (2010): Gut wall bacteria of earthworms: a natural selection process. *ISME J.* 4, 357-366.
- Van Groenigen, J. W., Lubbers, I. M., Vos, H. M. J., Brown, G. G., Deyn, G. B., van Groenigen, K. J. (2014): Earthworms increase plant production: A meta-analysis. *Scientific Reports*, 4, 6365.
- Vessey, J. K. (2003): Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571-586.
- Wright, S., Upadhyaya, A. (2004): A survey of soils for aggregate stability and glomalin, a glycoprotein produced by hyphae of arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant and Soil*, 198, 97-107.
- Xu, W., Zhao, Z., Gao, J., Ma, Q., Zhang, F., Li, H., Xie, H. (2025): The temporal dynamics of soil properties and microbial community structure under Capsicum monoculture. *European Journal of Soil Biology*, 127, 103780.
- Агенција за заштиту животне средине (АЗЖС) (2018): Извештај о стању земљишта у Републици Србији за 2016–2017. годину. Министарство заштите животне средине Републике Србије, Београд.
- Агенција за заштиту животне средине. (2020): Извештај о стању земљишта у Републици Србији 2018-2019 - Индикаторски приказ. Министарство заштите животне средине Републике Србије, Београд.
- Стојадиновић-Петровић, М., Тракић, Т., Секулић, Ј. (2020): Фауна Балкана (књ. 4). Нови Сад: Универзитет у Новом Саду, Природно-математички факултет, Департман за биологију и екологију.
- Шеремешкић, С., Euteneuer, P., Kulhánek, M., Simon, B., Манојловић, М., Војнов, Б., Рајковић, М. (2022): Ефекат кишних глиста на структуру и стабилност структурних агрегата у производњи кукуруза. Књига сажетака, Симпозијум „Zemljište u doba precizne poljoprivrede i informacionih tehnologija“ - SoilAgroIT 2022, Нови Сад, 82-83.