

Uzgoj Crvene kalifornijske gujavice (*Lumbricus rubellus*)

Kokić, Ante

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:057260>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-04-02**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

UZGOJ CRVENE KALIFORNIJSKE GUJAVICE
(*Lumbricus rubellus*)

ZAVRŠNI RAD

Ante Kokić

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Preddiplomski studij :

Agroekologija

UZGOJ CRVENE KALIFORNIJSKE GUJAVICE

(Lumbricus rubellus)

ZAVRŠNI RAD

Ante Kokić

Mentor : prof. dr. sc. Tea Tomljanović

Zagreb, rujan, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Ante Kokić**, JMBAG 0053219399, izjavljujem da sam samostalno izradila/izradio završni rad pod naslovom:

UZGOJ CRVENE KALIFORNIJSKE GUJAVICE (*Lumbricus rubellus*)

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica/jedini autor ovoga završnog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj završni rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga završnog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata/upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta / studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI ZAVRŠNOG RADA

Završni rad studenta/ice **Ante Kokić**, JMBAG 0053219399, naslova

UZGOJ CRVENE KALIFORNIJSKE GUJAVICE (*Lumbricus rubellus*)

mentor je ocijenio ocjenom _____.

Završni rad obranjen je dana _____ pred povjerenstvom koje je prezentaciju ocijenilo ocjenom _____, te je student/ica postigao/la ukupnu ocjenu¹ _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

1. prof.dr.sc. Tea Tomljanović mentor

2. _____ član

3. _____ član

¹ Ocjenu završnog rada čine ocjena rada koju daje mentor (2/3 ocjene) i prosječna ocjena prezentacije koju daju članovi povjerenstva (1/3 ocjene).

Sadržaj

Sažetak.....	7
1. Uvod	9
2. Sistematika	10
3. Anatomija	11
4. Unutarnja građa.....	12
4.1 Općenito.....	12
4.2 Probavni sustav.....	13
4.3 Krvožilni/optjecajni sustav.....	14
4.4 Sustav za izlučivanje.....	15
4.5 Živčani sustav.....	17
4.5.1 Središnji živčani sustav (CNS).....	17
4.5.2 Periferni živčani sustav.....	18
4.6 Osjetilni sustav.....	19
4.6.1 Fotopercepcija.....	19
4.6.2 Epidermalni osjetilni organ.....	19
4.6.3 Kretanje gujavica.....	19
5. Sposobnost regeneracije gujavica.....	20
6. Životni ciklus gujavica.....	24
7. Uloga gujavica u biokemijskim procesima tla.....	25
8. Razmnožavanje gujavica.....	27
9. Uzgoj gujavica.....	28
9.1 Općenito o uzgoju gujavica.....	28
9.2 Lumbrikultura.....	29
9.3 Vrste sustava lumbrikompostiranja.....	33
9.3.1 Primarna i sekundarna lumbrikultura.....	35
9.4 Završni proizvodi lumbrikulture.....	36
9.5 Okolišni uvjeti za ugoj crvenih kalifornijskih gujavica.....	37
9.5.1 Temperatura.....	37
9.5.2 Vlaga.....	37
9.5.3 Omjer ugljika i dušika (C:N).....	37

9.5.4 pH vrijednost.....	37
9.6 Primjena lumbrihumusa i koristi lumbrikulture.....	38
9.6.1 Prednosti lumbrikulture.....	38
10. Zaključak.....	39
11. Popis literature.....	40

Sažetak

Završnog rada studenta **Ante Kokića**, naslova

UZGOJ CRVENE KALIFORNIJSKE GUJAVICE (*Lumbricus rubellus*)

Rad proučava morfologiju i anatomiju crvenih kalifornijskih gujavica, te sustave njihova uzgoja u lumbrikulturi. Gujovice su životinje iz koljena kolutićavaca. Igraju ključnu ulogu u održavanju plodnosti tla i prirodnom procesu razgradnje organske tvari. Promatrana vrsta jedna je od najčešće korištenih u lumbrikulturi zbog svojih povoljnih karakteristika u obradi organske tvari i brzog rasta biomase čime se osigurava stabilnost uzgojne populacije i povećana profitabilnost. Lumbrikultura je savršena akcesorna djelatnost za mnoga poljoprivredna gospodarstva i postrojenja koja proizvode velike količine organskog otpada. Pruža održivo ekološki prihvatljivo rješenje za preradu biootpada i stvara visoko kvalitetan proizvod u obliku lumbric humusa istovremeno smanjujući rastuće troškove odvoza i zbrinjavanja otpada.

Ključne riječi: lumbrikultura, humus, plodnost tla

Summary

Of the final work - student Ante Kokić, entitled

Breeding of red wiggler earthworms (*Lumbricus rubellus*)

This work studies the morphological and anatomical traits of red wiggler earthworms, as well as the types of systems used in their vermicomposting production. Earthworms are animals belonging to the annelid phylum. They play a crucial role in maintaining soil fertility. The observed species is one of the most commonly used species in vermicomposting, due to its favourable organic matter processing abilities and rapid population biomass growth which can make their breeding highly profitable. Vermicomposting is a perfect accessory discipline for many agricultural holdings and any business subjects that produce significant amounts of organic waste. Vermicomposting offers an eco – friendly solution for bio waste management, producing a highly valuable product in the shape of lumbri humus, whilst simultaneously greatly lowering the ever increasing costs of waste management and transport.

Keywords: vermicomposting, humus, soil fertility

1. Uvod

Gujavice (*Lumbricidae*) su životinje iz koljena kolutićavaca (*Annelida*) . Spadaju u podrazred maločetinaša (*Oligochaeta*).

Gujavice su skupina životinja koja igra ključnu ulogu u svakom ekosustavu. Ove beskralježnjake možemo pronaći na raznim staništima. Preko šuma i pašnjaka, do poljoprivrednih površina i vrtova. Važnost gujavica i njihovo pozitivno djelovanje na plodnost tla prepoznato je još u starom vijeku. Zbog njihove značajnosti u održavanju same strukture i plodnosti tla, često se nazivaju i „inženjerima ekoloških sustava“. O tome koliko važnu ulogu gujavice imaju u plodnosti tla svjedoči činjenica kako se nekada sama plodnost tla računala i predviđala prema brojnosti gujavica na određenoj površini tla.

Gujavice su građom i fiziologijom relativno jednostavne životinje, podrazred dijele s pijavicama. Tijelo im je duguljasto i segmentirano (kolutićavo). U svakom kolutiću pojavljuju se isti organi (krvne žile, organi za izlučivanje, gangliji itd.). Tijelo im je bilateralno simetrično i na površini prekrivenom jednoslojnim epitelom i kutikulom. Kutikula je porozna kako bi se kroz nju mogao lučiti sekret koji vlaži površinu tla, što gujavicama omogućuje lakše kretanje kroz tlo i izmjenu plinova preko površine tijela gdje se kisik veže direktno na hemoglobin. Apsorpcija vode i mineralnih tvari se također može odvijati kožom putem aktivnog transporta.

Gujavice su jedna od najrasprostranjenijih životinjskih vrsta na svijetu. Predstavljaju integralan dio staništa svakog kontinenta izuzev Antarktike. Mogu se pronaći na gotovo svakom kopnenom biotopu osim u pustinjama i područjima permafrosta. Gdje nema gujavica, nema ni mikrobne aktivnosti tla.

Ovaj rad proučava crvene kalifornijske gujavice (*Lumbricus rubellus*) fokusirajući se na tematiku njihova uzgoja i značaj u poljoprivrednoj proizvodnji. Crvene kalifornijske gujavice su podvrsta običnih gujavica (*Lumbricus terrestris*). Karakterizira ih specifično crvenkasto – smeđe do blago ljubičasto dorsalno obojenje dok im je ventralni dio blijedog izgleda. Dužina odrasle jedinice je najčešće između 25 i 105 milimetara. Tijelo im sadrži između 95 i 120 odvojenih segmenata. Anatomski nema bitnih razlika u odnosu na ostale vrste gujavica.

Crvene kalifornijske gujavice (*Lumbricus rubellus*) ističu se od ostalih vrsta gujavica svojim povoljnim uzgojnim svojstvima, te kao takve prednjače i jedna su od najznačajnijih vrsta u lumbrikulturi odnosno proizvodnji lumbrihumusa. Tehnologija uzgoja crvene kalifornijske gujavice podrazumijeva korištenje organskog otpada kao temeljnog supstrata za uzgoj od kojeg se djelovanjem gujavica dobiva visoko kvalitetno organsko gnojivo (lumbrihumus) koje svojom primjenom može uvelike povećati prinose poljoprivrednih kultura. Zbog ove činjenice lumbrikultura je idealna potencijalna akcesorna djelatnost za mnoga poljoprivredna gospodarstva i dobar način za povećanje stupnja samo održivosti same poljoprivredne proizvodnje.

2. Sistematika

Gujavice su beskralješnjaci iz koljena kolutićavaca (*Annelida*). Glavna odlika vrsta koje pripadaju ovom koljenu jest segmentirana građa tijela.

Nadalje gujavice spadaju u razred pojasnika (*Clitellata*) koji dijele podrazred maločetinaša (*Oligochaeta*) i pijavica (*Hirudinea*) (Tablica 1.). Glavno obilježje životinja iz razreda pojasnika jest upravo prisutnost pojasa (kliteluma) smještenog kranijalno na tijelu.

Podrazred maločetinaša (*Oligochaeta*) gujavice dijele s raznim vrstama akvatičnih i kopnenih životinja poput crvene glibnjače (*Tubifex tubifex*) na području Hrvatske.

Točan broj vrsta gujavica nije poznat, međutim opisano je preko 7000 vrsta gujavica diljem svijeta. Gujavice obitavaju na raznim staništima i postoje značajne morfološke razlike između određenih vrsta. Primjerice, odrasle jedinke vrste *Chaetogaster annandalei* mogu biti manje od 0.5 mm, dok jedinke Australске vrste gujavice *Megascolides australis* mogu narasti preko 150 centimetara dužine (Novo i sur., 2010)

Tablica 1. Sistematska klasifikacija vrste *Lumbricus rubellus*

Carstvo	Animalia
Koljeno	Annelida
Razred	Clitellata
Podrazred	Oligochaeta
Porodica	Lumbricidae
Rod	<i>Lumbricus</i>
Vrsta	<i>Lumbricus rubellus</i>

3. Anatomija

Crvene kalifornijske gujavice (*Lumbricus rubellus*) podvrsta su „običnih“ gujavica (*Lumbricus terrestris*). Između različitih vrsta gujavica nema bitnih anatomskih razlika. Postoje određene morfološke razlike koje se prvenstveno odnose na veličinu i obojenje.

Što se tiče veličine, crvene kalifornijske gujavice sitnije su u prosjeku od običnih gujavica. Veličina gujavica primarno je uvjetovana njihovim staništem, prisustvom predatora i količinom dostupne hrane. Veličina crvene kalifornijske gujavice varira ovisno o prethodno navedenim parametrima, stoga je zabilježena prosječna veličina odraslih jedinki između 25 i 105 milimetara, dok obične gujavice (*Lumbricus terrestris*) (Slika 2) u prosjeku narastu između 150 i 250 milimetara. Valja napomenuti kako se dužina gujavice mjeri u svom naj rastegnutijem položaju tijela. Zabilježeni su određene jedinke pojedinih vrsta gujavica dužine od čak 2 metra i tjelesne mase preko kilograma. (Edwards, 2004).

Najizraženija morfološka razlika u odnosu na obične gujavice osim veličine je dakako obojenje tijela. Crvene kalifornijske gujavice prepoznatljive su po svojoj crvenkasto – smeđoj boji dorsalnog (leđnog) dijela tijela. Ventralni (trbušni) dio je u usporedbi blijed, sličan ostalim vrstama gujavica. Pojas (klitelum) je izrazito upečatljiv pošto je žarko crvene boje, svijetlije u odnosu na ostatak tijela (Slika 1).



Slika 1 (lijevo) i **Slika 2** (desno) Prikazuje morfološke razlike između crvene kalifornijske gujavice (*Lumbricus rubellus*) na slici lijevo i obične gujavice (*Lumbricus terrestris*) na slici desno. (Izvor: Google Images/Wiki.images)

Klitelum je zadebljani žljezdani i ne segmentirani dio gujavice. Uzdužno gledano uvijek je pomaknut u smjeru glave. Nalazi se između četrnaestog i sedamnaestog segmenta, ovisno o vrsti. Glavna uloga kliteluma je u reprodukciji. Luči viskoznu tekućinu koja tvori kokon za pohranu jajašaca. Kod gujavica klitelum postaje vidljiv tek kada jedinka dosegne stadij reproduktivne zrelosti. Veličina, izgled i boja kliteluma jedna je od glavnih morfoloških metoda diferencijacije vrsta gujavica.

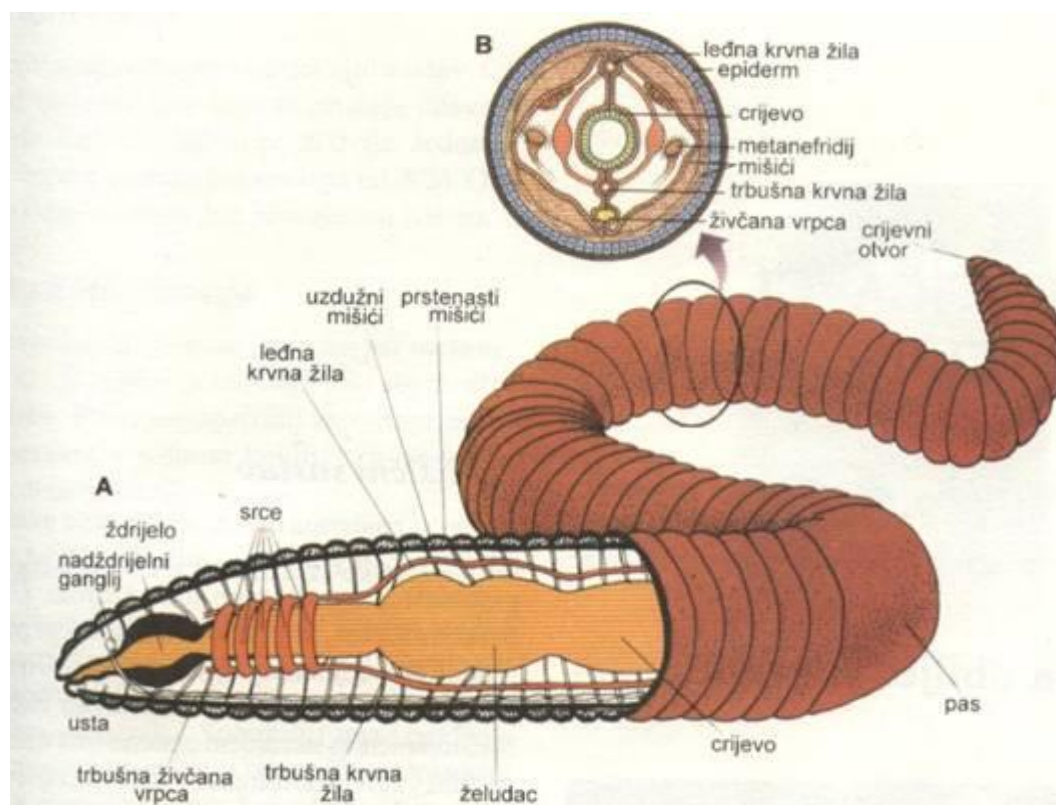
4. Unutarnja građa gujavice

4.1 Općenito

Tijelo gujavice podijeljeno je u segmente (kolutiće) kao i kod ostalih pripadnika koljena kolutičavaca (Annelida). Tijelo gujavica bilateralno je simetrično. Isti organi ponavljaju se u svakom kolutiću osim u prvom i zadnjem kolutiću. Gdje se nalaze diferencirani organi u obliku usnog otvora na prvom kolutiću i analnog otvora na zadnjem kolutiću (Omodeo, 2000).

Probavni sustav gujavica jest prohodan i sastoji se od usnog i analnog otvora te crijeva koje se proteže cijelom dužinom gujavice bez pravog želuca (Britannica, 2017). Krvožilni odnosno optjecajni sustav gujavica je zatvoren. Sastoji se od leđne i trbušne krvne žile koje se spajaju na bočnim dijelovima kolutića gdje se nalaze i metanefridije (žlijezde za izlučivanje), te rudimentarnog srca smještenog kranijalno. Živčani sustav gujavica jest ljestvičast. Izgrađen je od jednog para moždanih ganglija koji su smješteni iznad ždrijela na leđnoj (dorzalnoj) strani tijela gujavice u obliku nadždrijelnog ganglija koji se smatra pretečom pravog centralnog živčanog sustava (CNS-a) (Britannica, 2017).

Okoždrijelnim vrpčama su povezani s podždrijelnim ganglijima. Od tih se ganglija pružaju dvije živčane vrpce prema stražnjem dijelu tijela koje su povezane u svakom kolutiću što podsjeća na ljestve.



Slika 3 Prikazuje osnovnu unutarnju građu gujavice(A) i presjek građe kolutića gujavice(B) koji se ponavlja uzduž tijela.

(Izvor: pmf.unizg.hr.e-skola <https://e-skola.biol.pmf.unizg.hr/odgovori/odgovor431.htm>)

4.2 Probavni sustav

Probavni sustav gujavica sastoji se od dugog crijeva koje se proteže cijelom dužinom tijela od usnog otvora do analnog otvora (anusa), stoga se takav probavni sustav naziva prohodnim probavnim sustavom. Prednji dio crijeva gujavice diferenciran je na alimentarni trakt i popratne žlijezde koje se nalaze u ovojnici samog crijeva/trakta.

Alimentarni trakt sastoji se od usnog otvora, bukalne šupljine (dio crijeva, najčešće se nalazi u 1. i 2. kolutiću), farinksa (ždrijela koje se uglavnom proteže duž 4 kolutića), jednjaka, voljke, želuca (koji se ne može smatrati pravim želucem i nije prisutan kod svih vrsta) i crijeva. (Edwards i Bohlen, 1996)

Probavni proces počinje kada hrana uđe u usni otvor. Važno je napomenuti kako se gujavice uglavnom hrane tako što „pasivno“ gutaju hranu u pokretu. Ždrijelo (farinks) pritom djeluje kao mišićno sisalo koje uvlači hranu. U isto vrijeme žlijezde ždrijela luče sluzavu tvar koja pomaže u probavnom procesu. Nakon ždrijela hrana završava u jednjaku gdje se uz pomoć kalcijevih spojeva regulira razina pH i mineralnih tvari u probavi. Dalje hrana prolazi kroz voljku i završava u želucu gdje dolazi do mehaničkog usitnjavanja hrane uz pomoć mišićnih kontrakcija i tvrdih čestica, najčešće sitnih progutanih kamenčića. Nakon želuca usitnjena masa prolazi kroz crijevo gdje se odvija daljnja razgradnja hranjivih tvari uz pomoć enzima: pepsina (razgrađuje proteine), amilaze (razgrađuje polisaharide), celulaze (razgrađuje celulozu) i lipaze koja razgrađuje masti (Hickman i sur., 1984).

Uz enzime gujavice u probavi koriste posebne aktivne tvari zvane drilodefenzini, koji sudjeluju u razgradnji biljnog materijala (Liebeke i sur., 2015).

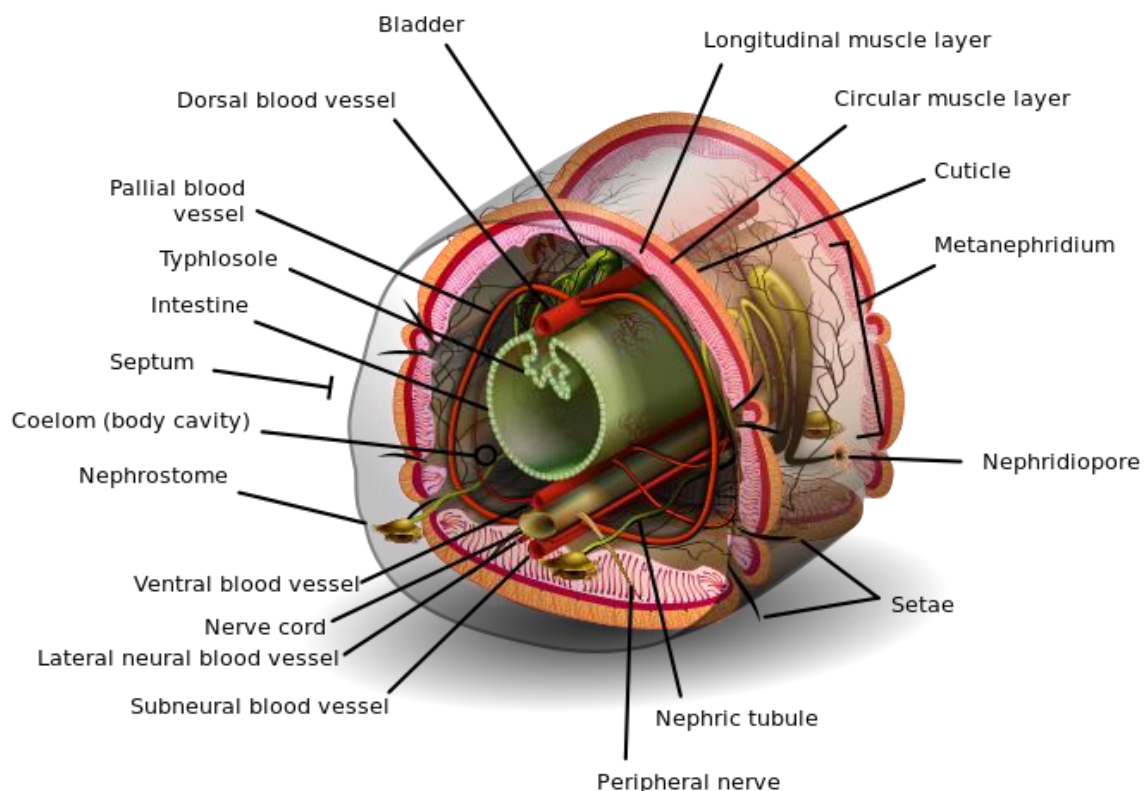
Za razliku od sisavaca, crijevo gujavica je ravno, stoga na sredini sadrži veliki nabor koji se naziva tifosol (Slika 4.). Tifosol povećava površinu crijeva i doprinosi apsorpciji hranjivih tvari. Crijevo gujavica obavijeno je vlastitim slojem kružnih mišića longitudinalnog rasporeda u odnosu na vanjske mišiće tijela. Ovi mišići djeluju u opreci s tjelesnim mišićima. Drugim riječima kada se vanjski mišići kontaktiraju, crijevni mišići se opuštaju i obratno.

4.3 Krvožilni/optjecajni sustav

Ulogu krvožilnog/optjecajnog sustava kod gujavica obavljaju i tjelesna (celomna) tekućina i zatvoreni krvožilni sustav. Oba sustava sudjeluju u prijenosu hranjivih tvari, otpada i plinova. Krvožilni sustav gujavica sastoji se od pet glavnih krvnih žila. Dorsalne krvne žile koja se proteže cijelom dužinom gujavice iznad crijeva, ventralne krvne žile koja se proteže duž tijela gujavice ispod crijeva, subneuralne krvne žile koja se nalazi ispod ventralne živčane vrpce i dvije lateroneuralne žile koje se nalaze s obje strane živčane vrpce. (Sims i Gerard, 1985).

Dorsalna žila ima mogućnost pulsiranja koje tjera krv prema prednjem dijelu tijela, pošto gujavice nemaju pravo mišićno srce. Ostale četiri žile prenose krv prema stražnjem dijelu gujavice. U predjelu od 7. do 11. kolutića nalazi se par takozvanih aortnih prstenova koje obavljaju funkciju srca zajedno sa spomenutom ventralnom žilom.

Krv gujavica sastoji se od ameboidinih stanica i hemoglobina otopljenog u plazmi. Sekundarni optjecajni sustav sastoji se od stanica probavnog trakta koje oblažu stjenku tjelesne šupljine (celoma). Kada stanice postanu zasićene, one otpuštaju razne tvari, po sastavnu primarno lipide u celomnu tekućinu gdje pomažu u transportu hranjivih tvari i imunskim procesima, posebice zarastanju rana. (Hickman i sur., 1984).



Slika 4 Prikazuje detaljnu unutarnju građu kolutića gujavice

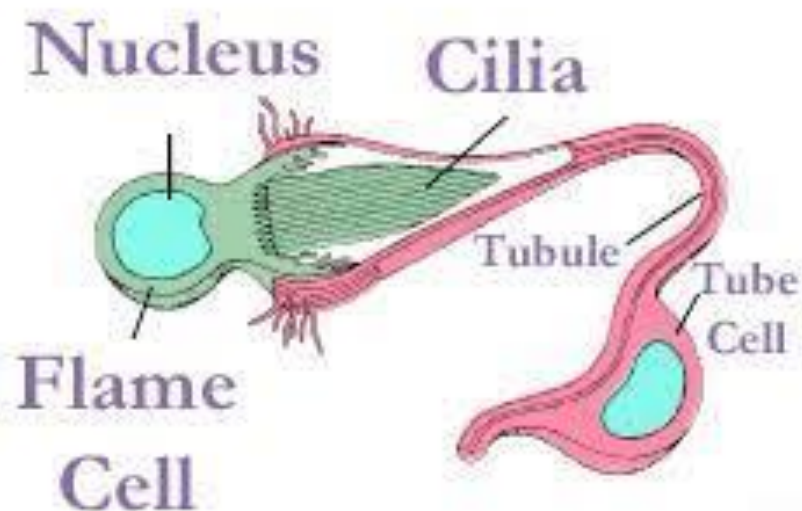
(Izvor: Wikipedia.images)

4.4 Sustav za izlučivanje

Metanefridije (*metanephridia*) su vrsta žlijezda za izlučivanje koju nalazimo kod beskralježnjaka iz koljena kolutičavaca (*Annelida*), nekih vrsta mekušaca (*Mollusca*) i člankonožaca (*Arthropoda*). Većina beskralježnjaka ima sustav za izlučivanje sastavljen od nefridija, koje se dalje mogu podijeliti na protonefridije (plamene stanice) i metanefridije. Do diferencijacije između ova dva sustava dolazi ovisno o vrsti i građi optjecajnog sustava kod životinje, odnosno načina na koji su evolucijski nastali.

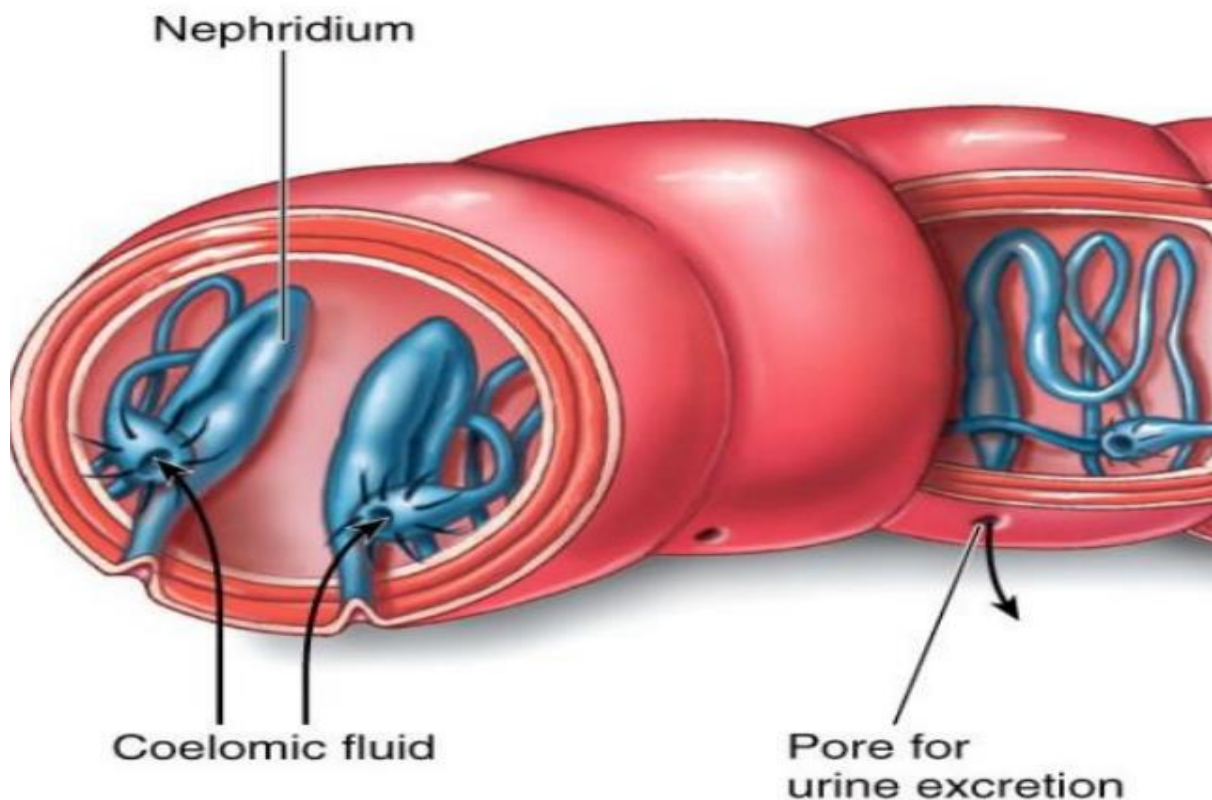
Protonefridije nastaju uvijanjem epiderma prema unutra (centripetalno). To su cjevčice koje na vrhu zatvara vršna ili terminalna stanica. Iz te vršne stanice raste mnogo cilija (dlačica) koje reguliraju protok tekućine. Protonefridije nalazimo kod plošnjaka (*Platodes*), oblenjaka (*Aschelminthes*), vrpčara (*Nemertina*), nekih kolutičavaca i njihovih ličinki (*Annelida*), te ličinki mekušaca (*Mollusca*) (Matoničkin i Erben, 2010).

Metanefridije ili otvoreni nefridiji nastaju izvrtanjem mezodermalnih stjenki tjelesne šupljine prema van (centrifugalno). Susrećemo ih kod mekušaca (*Mollusca*), lovkaša (*Tentaculata*), dok su vrlo karakteristični upravo za kolutičavce (*Annelida*). Otvaraju se širokim lijevkom ili nefrostomom u sekundarnu tjelesnu šupljinu koja je ispunjena celomskom (tjelesnom) tekućinom. Rub lijevka je obrastao cilijama (dlačicama) dok su izvodne cjevčice smotane u petlje i otvaraju se sa strane tijela rupicom ili nefridioporom. Svaki metanefridij prolazi kroz dva kolutića. U prednjem ima lijevak, a u sljedećem svijenu cjevčicu i otvor (Matoničkin i Erben, 2010).



Slika 5. Prikazuje građu protonefridije (plamene stanice)

(Izvor: <https://bs.wikipedia.org/wiki/Nemertea>)



Slika 6 Prikazuje građu i položaj metanefridija kod gujavice

(Izvor: Husković, 2020)

Glavna funkcija metanefridija jest izlučivanje otpada nastalog u metaboličkim procesima i regulacija svih vrsta tvari unutar tijela gujavice (Britannica, 2017).

Hine (2015) Navodi kako su metanefridije sustavi žlijezda koje ispunjavaju funkciju sličnu funkciji bubrega kod drugih životinja. Osim evolucijski, razlikuju se od protonefridija svojom građom. Za razliku od protonefridija, metanefridije nemaju plamene stanice i otvorene su izravno u tjelesnu šupljinu (celom). Tokom procesa izlučivanja stanice stijenke metanefridija vrše resorpciju hranjivih tvari koje su još uvijek sadržane u tekućini, a nisu apsorbirane u probavnom procesu.

Strukturno gledano, metanefridije su cjevčice otvorene na oba kraja, građene od tubula. Kraj koji se nalazi unutar tjelesne šupljine naziva se nefrostom i tvori strukturu sličnu strukturi lijevka. Nefrostom je okružen s nekoliko cilija koje usmjeravaju protok otpadnih tvari iz celoma. Drugi kraj metanefridija naziva se nefridoporom i nalazi se na vanjskoj strani gujavice. Veličina nephridopora može se mijenjati djelovanjem mjehurića kako bi se ubrzao ili usporio proces izlučivanja.

4.5 Živčani sustav

Živčani sustav gujavica prvenstveno se može podijeliti na centralni odnosno središnji živčani sustav (CNS) i periferni živčani sustav. Relativno su jasno odvojeni jedan od drugoga za razliku od živčanih sustava evolucijski jednostavnijih organizama.

4.5.1 Središnji živčani sustav (CNS)

Središnji živčani sustav sastoji se od mozga s dvije polutke (moždanog ganglija, odnosno supra – faringealnog ganglija (nadždrijelnog ganglija), sub – faringealnog ganglija (podždrijelnog ganglija) , cirkum – faringealnih poveznika (okoždrijelnih živaca) i ventralne živčane vrpce.

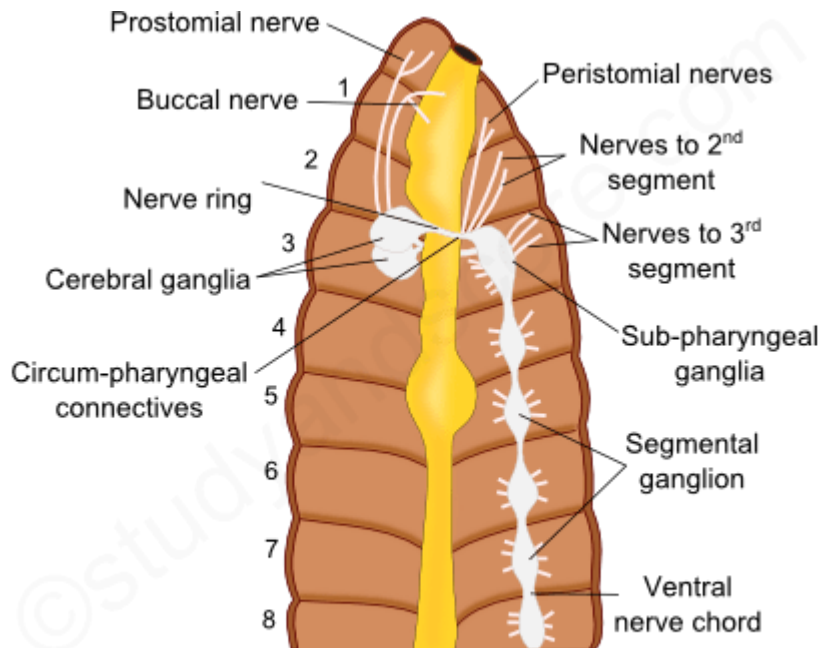
Moždani ganglij gujavica nalazi se na dorsalnoj strani alimentarnog trakta u trećem kolutiću. Parna struktura cirkum – faringealnih poveznika spajaju moždani ganglij sa sub – faringealnim ganglijem (nalazi se ispod farinksa). Zajedno tvore kružnu živčanu strukturu oko farinksa.

Ventralna živčana vrpca je struktura izgrađena od mnogo živčanih stanica i vlakana. Proteže se od sub – faringealnog ganglija ispod alimentarnog trakta sve do krajnjeg kaudalnog kolutića. Ventralna živčana vrpca ima proširenje (segmentnog ganglij) u svakom kolutiću. Također postoje tri aksona duž ventralne živčane vrpce koji služe kao mjesta grananja živaca : Medijalni akson i dva lateralna aksona. (Drewes i sur., 1978)

4.5.2 Periferni živčani sustav

Periferni živčani sustav gujavica sastoji se od :

Osam do deset živaca koji dolaze iz moždanog ganglija i inerviraju protostomij, bukalnu šupljinu i farinks. Tri para živaca koji dolaze iz sub- faringealnog ganglija i inerviraju drugi, treći i četvrti kolutić. Tri para živaca koji dolaze iz svakog segmentnog ganglija i inerviraju pojedine organe u svakom kolutiću.



NERVOUS SYSTEM OF PHERETIMA

©studyandscore.com

Slika 7 Prikazuje dijagram živčanog sustava gujavice

(Izvor: Google images)

4.6 Osjetilni sustav

4.6.1 Fotopercepcija

Gujavice nemaju prave oči pošto velik dio života provode pod zemljom, međutim potreban im je osnovan oblik fotopercepcije. Gujavice imaju specijalizirane stanice osjetljive na svjetlost koje se zovu svjetlosne stanice ili Hess stanice. To su stanice koje imaju intercelularnu šupljinu ispunjenu mikrovilima i senzornim cilijama (Röhlich i sur., 1970).

Foto osjetljive stanice nalaze se po cijelom tijelu gujavice, međutim najrasprostranjenije su na dorsalnoj (leđnoj) i bočnim stranama tijela. Najbrojnije su na prva tri kolutića.

4.6.2 Epidermalni osjetilni organ

Epidermalni receptori u velikom su broju raspodijeljeni po cijelom epidermu gujavice . Svaki receptor izgleda kao povišeni dio kutikule koji prekriva skupinu duguljastih osjetilnih stanica sa sitnim dlačicama. Svaka osjetilna stanica povezana je živčanim vlaknima. Epidermalni organi reagiraju primarno na taktilne podražaje, ali također imaju ulogu u termo percepciji. Gujavice su izrazito osjetljive na dodire i vibracije.

4.6.3 Kretanje gujavica

Brzina kretanja gujavica značajno se razlikuje između i unutar vrste. Veće jedinke najčešće se kreću brže od manjih jedinki. Gujavice se kreću puzanjem . Brzina puzanja proporcionalna je frekvenciji pokreta koje nazivamo kontrakcijama i ispruživanjima tijela. Ovaj način kretanja naziva se peristaltskim kretanjem pošto podsjeća na kretanje plimnih valova (Quillan, 2000).

Bitnu ulogu u kretanju gujavice imaju sićušne oštre strukture (setae) u obliku slova „S“ koje se nalaze na svakom kolutiću osim na prvom i na predjelu kliteluma. Omogućuju gujavici lakše prijanjanje i zakopavanje u tlo. Gujavice kopaju koristeći vlastito tijelo, snažnim mišićnim kontrakcijama povećavaju volumen tijela i tako stvaraju prostor. U ovom procesu bitnu ulogu također ima sluzavi ekskret koji luče gujavice. Brzina kopanja tunela ovisi o više faktora: veličini i vrsti gujavice, mehaničkom sastavu tla, vlazi i slično.

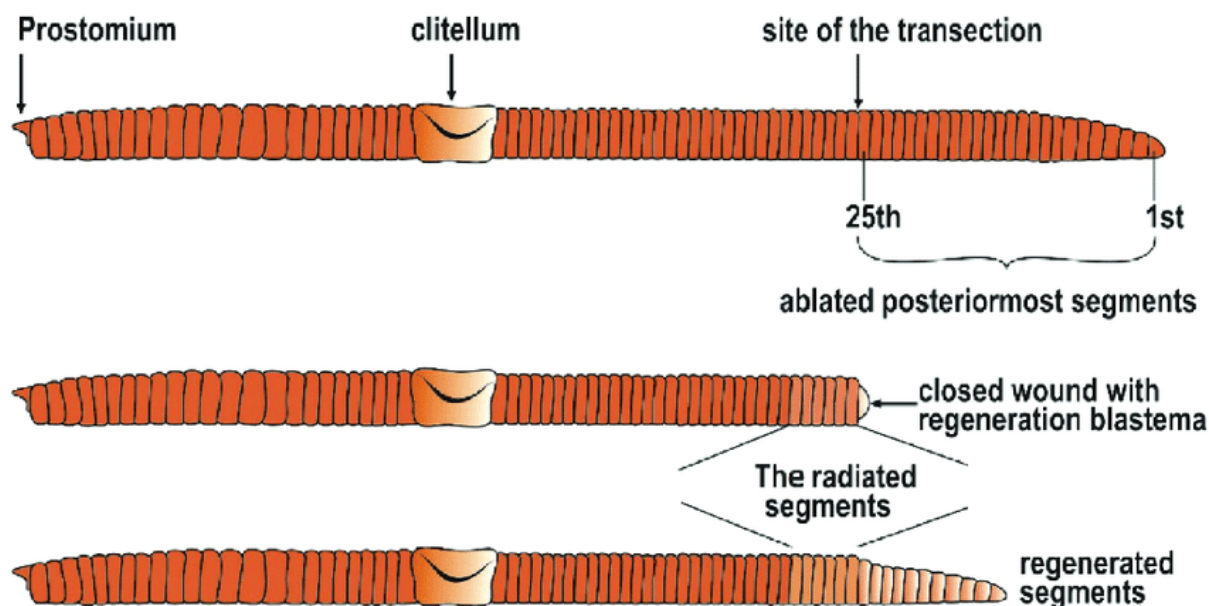
5. Sposobnost regeneracije gujavica

Sve vrste gujavica imaju neku vrstu sposobnosti obnavljanja odnosno regeneracije izgubljenih kolutića. Mjera sposobnosti regeneracije ovisna je o vrsti i dakako o razini oštećenja/gubitka dijela tijela. Promatrana vrsta *Lubricus rubellus* ima značajnu moć regeneracije u odnosu na većinu drugih vrsta.

Stephenson (1930) i G. E. Gates (1972) posvetili su najviše vremena proučavanju ove sposobnosti gujavica. Gates je u istraživanju dokazao kako određene vrste imaju sposobnost regenerirati cijelu jedinku nakon bisekcije tijela bez vidljivih posljedica.

Stephenson (1930) i G. E. Gates (1972) zaključili su kako sve vrste proučavanih gujavica imaju sposobnost regeneracije tijela iza 25. segmenta (Slika 8.)

Lako je primijetiti koje jedinke su nedavno regenerirale dio tijela pošto će na dijelu gdje je došlo do oštećenja postojati jasna razlika u debljini između starog i novo naraslog segmenta. Često postoji i jasna razlika u boji novog i starog tkiva. Novom tkivu nedostaje pigmentacije, stoga je regeneracija vrlo uočljiva kod obojenih vrsta poput crvene kalifornijske gujavice.



Slika 8 Prikazuje ilustraciju regeneracije segmenata gujavice

(Izvor: Abufadda, 2021)

6. Životni ciklus gujavica

Životni ciklus gujavice možemo podijeliti u 4. različite faze. Monroy i sur. (2007) primijetili su kako životni ciklus gujavice vrste *Octodrilus complanatus* traje u prosjeku oko 150 dana što je tipično za većinu vrsta gujavica, tako i *Lumbricus rubellus*. Pošto su gujavice hermafroditne životinje svaka jedinka prolazi iste životne faze i životni ciklus traje jednako u prosjeku za sve jedinke.

1. **Stadij jajašca** – Gujavice zaliježu jajašca u zaštitnim kapsulama koje se nazivaju kokonima. Jajašca su vrlo sitna i sferična (Slika 6.). Gujavice ih najčešće se zaliježu u tlu. Jajašce prolazi kroz dvije pod faze. Fazu inkubacije koja u prosjeku traje 20ak dana, nakon čega jajašce promijeni boju, najčešće potamni (Slika 7). 3-4 tjedna nakon toga mlade jedinke izlaze iz jajašca. Stadij jajašca u prosjeku traje 66 dana (Monroy i sur., 2007).
2. **Juvenilni stadij** – Tokom ove faze gujavice dobivaju na masi i dolazi do jasne diferencijacije kolutića što nije slučaj kod tek izlježenih jedinki. Gujavice se u ovom stadiju već mogu koristiti za proizvodnju lumbrihumusa pošto se hrane organskom tvari u povećanim količinama potrebnim za rast i razvoj. Ovaj stadij traje u prosjeku između 40 i 60 dana
3. **Adultni stadij** – Gujavice dostižu svoju konačnu veličinu i masu. Imaju potpuno razvijeni klitelum i ostale reproduktivne organe.
4. **Reprodukcija** – Završni stadij u životnom ciklusu gujavice. Odrasle jedinke sparuju se tako što se dodiruju ventralnim dijelovima tijela u čemu im pomaže klitelum. Dolazi do razmjene spermalnih stanica koje svaka jedinka sprema. Klitelum gujavice luči sluzavu tvar koja obavlja spermalne stanice i neoplođena jajašca pritom tvoreći kokon. Kokon se zaliježe u zemlju 30ak dana nakon sparivanja i izmjene genetskog materijala između gujavica. Dolazi do oplodnje i embrionalnog razvoja tokom faze inkubacije. Životni ciklus gujavice je zatvoren.

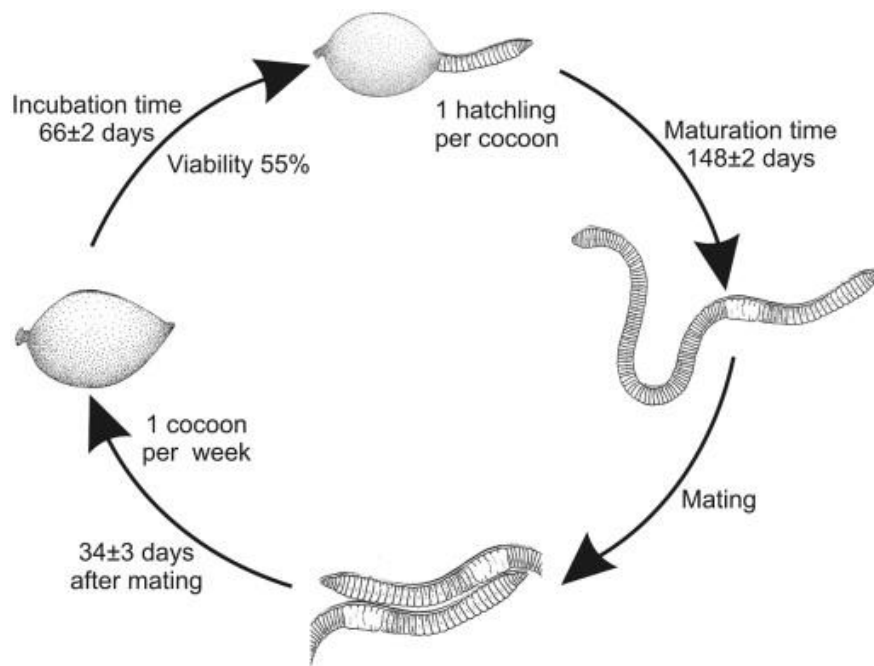


Slika 9 Jajašca (kokoni) gujovice u fazi inkubacije

(Izvor: Adobe stock images)



Slika 10 Jajašca (kokoni) gujovice koja su promijenila boju nakon završenog inkubacijskog perioda. (Izvor: Adobe stock images)



Slika 11 Prikazuje životni stadij gujavica i njihovo trajanje za vrstu *Octodrilus complanatus*
 (Izvor: Monroy i sur., 2007)

6. Životni ciklus gujavica

Okolišni čimbenici uvelike utječu na životni ciklus gujavica, posebice na rast i razvoj. Najznačajniji okolišni faktori za životni ciklus gujavica su mehanički sastav tla, temperatura i vlažnost. Podatci o reproduktivnoj biologiji i rastu gujavica važni su za uzgoj gujavica u svrhe vermikompostinga i provedbu znanstvenih istraživanja u sklopu kojih se ovi organizmi koriste kao modelni organizmi (Joshi i Dabral, 2008; Spurgeon, 1999).

Reinecke i Venter (1987) ; Röhlich i sur. (1970) u sklopu istraživanja odredili su najpovoljnije abiotičke čimbenike za pojedine vrste gujavica proučavajući brzinu rasta jedinki pritom kontrolirajući navedene abiotičke čimbenike (temperaturu, vlagu, mehanički sastav tla itd.) te su došli do zaključka kako su upravo vrste gujavice koje podnose najširi spektar abiotičkih čimbenika, odnosno odlikuju se visokim stupnjem prilagodljivosti na temperaturu (euritemnost), vlagu i nepovoljan mehanički sastav, najpogodnije za uzgoj u lumbriculturi.

Promatrana vrsta *Lumbricus Rubellus* pretežito žive u tlima bogatima organskom tvari. Preferiraju rastresito tlo zbog svoje relativno male veličine i mase, najčešće ih nalazimo u površinskom sloju bogatom svježom organskom tvari u obliku palog lišća i životinjskog fecesa. (Edwards, 1996).

Gujavice vrste *Lumbricus rubellus* podnose relativno širok raspon pH vrijednosti (5.5 - 8.7). Idealna temperatura za rast i razvoj ove vrste se pokazala oko 10 stupnjeva Celzijevih (Edwards, 1996).

7. Uloga gujavica u biokemijskim procesima tla

Gujavice svojom aktivnošću utječu na fizikalne i biološke procese u tlu i kao takve izrazito su bitan faktor u svakom ekosustavu. Gujavice selektivno probavljaju organski i mineralni materijal i svojim kretanjem proizvode strukture (pore i tunele) koji utječu na prozračnost i poroznost tla.

Keith i Robinson (2012) podijelili su gujavice u tri ekološke kategorije s obzirom na način života i morfološke karakteristike: epigejna, endogejna i anecična. (Tablica 2.)

Tablica 2. Značajke i podjela funkcionalnih skupina gujavica (Keith i Robinson, 2012).

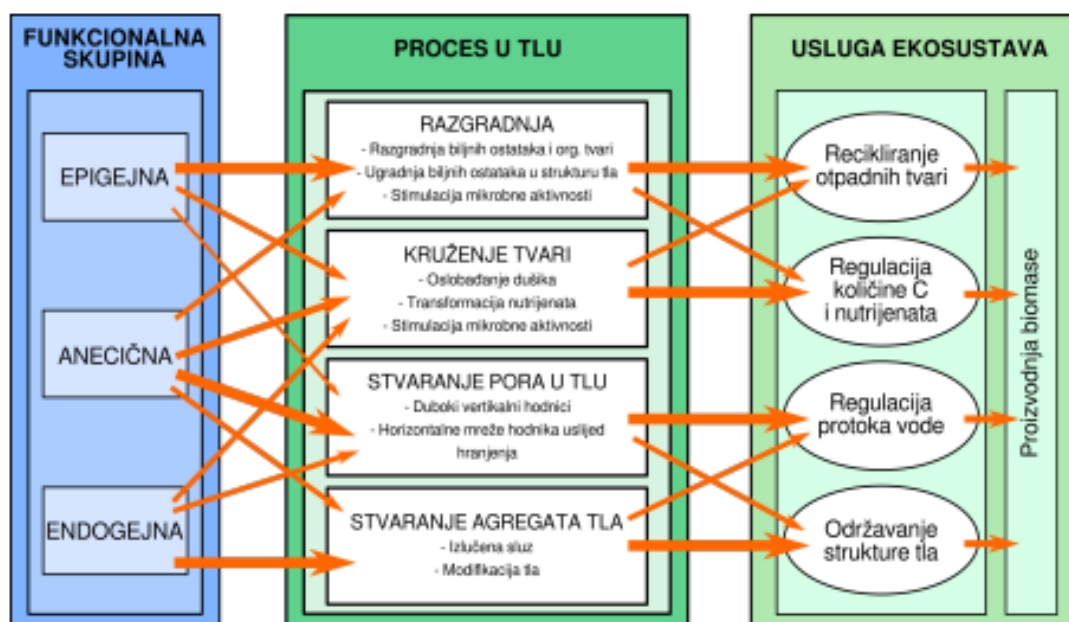
	Funkcionalna skupina		
	Epigejna	Anecična	Endogejna
Stanište	Površinski slojevi tla, ispod biljnih ostataka	Okomiti hodnici u mineralnom sloju tla	Vodoravni hodnici u mineralno/organskom sloju tla
Primarni izvor hrane	Biljni ostatci i druge organske tvari na površini	Biljni ostatci na površini	Geofagne vrste
Pigmentacija	Izrazito pigmentirane	Anterodorzalna pigmentacija	Bez pigmentacije

Na osnovu ove tablice vrlo jednostavno se može podijeliti većina vrsta gujavica, tako i vrstu *Lumbricus rubellus* koja pripada u skupinu epigejnih gujavica. Karakteristike na osnovu kojih je ova vrsta smještena u ovu skupinu su: izražena crvena pigmentacija, primarni izvor hrane predstavljaju palo lišće i ostali površinski organski materijal i činjenica da se pretežito nalaze u površinskom rastresitom sloju tla.

Većina vrsta koja živi u površinskom sloju odlikuje se izraženom pigmentacijom tijela koja primarno djeluje kao zaštita od UV zračenja koje predstavlja izrazitu opasnost za sve vrste gujavica zbog važnosti sluzavog ekskreta u kretanju.

Epigejne vrste gujavica u značajnoj mjeri pridonose razgradnji organske tvari na površini tla, posebice u mehaničkom usitnjavanju svježih biljnih ostataka.

Svojom aktivnošću pridonose transformaciji hranjivih tvari i stimuliraju mikrobnu aktivnost (Đerđ, 2018).



Slika 12 Prikazuje dijagram utjecaja funkcionalnih skupina gujavica na procese u tlu. Debljina tla prikazuje značaj funkcionalne skupine za navedeni proces u tlu (Deblja strelica označava veći značaj). (Prema Keith i Robinson, 2012).

(Izvor: Životni ciklus gujavice *Aporrectodea dubiosa*, Đerđ, 2018.)

Anecične vrste imaju najveći utjecaj na poroznost tla pošto vertikalni podzemni hodnici koje tvore dostižu dubine od čak 2 metra čime poboljšavaju prodiranje vode u tlo. Endogejne vrste imaju ključnu ulogu u stvaranju agregata tla zbog svoje geofagne prehrane. Tunele kopaju na dubini od 10 – 15 cm te imaju značajnu ulogu u miješanju površinskog sloja tla i obogaćivanju tla organskim tvarima (Keith i Robinson, 2012).

8. Razmnožavanje gujavica

Parenje (kopulacija) gujavica odvija se isključivo na površini tla, najčešće noću. Gujavice su hermafroditiski organizmi, što znači da jedinke posjeduju reproduktivne organe oba spola koji su smješteni unutar spolnih kolutića (9.-15. kolutić). Kopulacija i oplodnja su odvojeni procesi kod gujavica (Đerđ, 2018); (Edwards, 1996).

Gujavice imaju jedan do dva para testisa sa dva ili četiri para sjemenika koji proizvode, skladište i ispuštaju spermu putem muških pora na 15. kolutiću. Jajnici i jajovodi nalaze se u 13. kolutiću. Jajnici otpuštaju jaja kroz ženske pore koje se nalaze na 14. kolutiću. Spermalne vreće koje se nalaze u 9. i 10. kolutiću služe kao spremnici sperme prikupljene od drugih gujavica tokom kopulacije. Bitnu ulogu u razmnožavanju gujavica imaju seksualni feromoni pošto gujavice žive u okolini bez svjetla i rijetko dolazi do interakcije između jedinki. Feromoni potiču gujavice na izlazak na površinu kako bi došlo do kopulacije (Novo i sur., 2013).

Kopulacija počinje tako što se jedinke preklope ventralnom stranom na prednjim krajevima tijela pri čemu dolazi do razmjene sperme (Slika 12). Klitelum promijeni boju i postane crvenkast (Slika 12). Nakon parenja klitelum luči sluzavi ekskret koji obavije dio gujavice. Gujavica skida i rješava se sluzave tvorevine koja postaje kokona pritom ispuštajući svoja jajašca i spermu druge gujavice. Nakon otpuštanja, kokon se zatvara, dolazi do oplodnje i započinje embrionalni razvoj.



Slika 13 Prikazuje preklopljene gujavice tokom kopulacije

(Izvor: wiki.images)

9. Uzgoj gujavica

9.1 Općenito o uzgoju gujavica

Uzgoj gujavica možemo podijeliti u dvije kategorije. Uzgoj samih gujavica kao izvor hrane za životinje i uzgoj gujavica u svrhu proizvodnje lumbrihumusa odnosno u lumbrikulturi. Crvene kalifornijske gujavice zbog svojih izvrsnih karakteristika u obradi organskog materijala vrlo često se koriste u lumbrikulturi i proizvodnji lumbrihumusa. Rijeđe se koriste kao izvor hrane za životinje zbog svoje relativno male tjelesne mase, međutim nerijetko se koriste u ribolovu zbog svoje pokretljivosti i sposobnosti da dugo ostanu žive na udici i u vodi te na taj način čine dobar mamac. U lumbrikulturi uz vrstu *Lumbricus rubellus* često se koristi i vrste *Eisenia foetida*, *Eisenia hortensis*, *Eudrilus eugeniae*, *Perionyx excavatus*, *Lampito mauritii*. Međutim u našim predjelima najčešće se koriste upravo crvene kalifornijske gujavice i gnojske gujavice (*Eisenia foetida*). Pri biranju vrste u svrhu proizvodnje lumbrihumusa izrazito je bitno voditi računa o klimatskim uvjetima područja proizvodnje i invazivnosti određenih vrsta gujavica. Primjerice obična europska gujavica invazivna je vrsta u Sjevernoj Americi i izbjegava se njezin uzgoj zbog negativnih posljedica na autohtone vrste gujavica.



Slika 14 Gnojska gujavica (*Eisenia foetida*)

(Izvor: Wikipedia. Images)

9.2 Lumbrikultura

Lumbrihumus je naziv za proizvod nastao primarno djelovanjem gujavica. Sadrži ekskrement, odnosno izmet gujavica nastao nakon prerade organskih tvari u tijelu gujavice uz pomoć mikroorganizama. Prolaskom kroz probavni sustav gujavice, kompostni materijal dodatno se obogaćuje hranjivim tvarima, korisnim bakterijama, enzimima i hormonima. Osim lumbrihumusa koriste se i nazivi: vermikompost, glistenjak ili glisnjak i lumbrikompost. Svi nazivi odnose se na isti proizvod.

Metodom lumbrikompostiranja organski otpad obrađuje efikasnije i u kraćem vremenskom roku u odnosu na „obično“ kompostiranje. Nadalje, lumbrihumus sadrži manje razine kontaminanata zbog efikasnosti probavnog sustava gujavica koje apsorbiraju širok spektar štetnih elemenata, zbog čega se često koriste kao bio indikatori zagađenosti tla. Lumbrhumus također sadrži veći udio makro i mikronutijenata i djeluje kao regeneratorski tla. Određeni mikroelementi u lumbrihumusu djeluju kao biokatalizatori i potpomažu iskoristivost hranjivih tvari u svim vremenskim uvjetima.



Slika 15 Lumbrihumus s crvenim kalifornijskim gujavicama

(Izvor: Christophe Finot)

9.2 Lumbrikultura

Prednosti lumbrikulture su brojne. Najčešći način primjene lumbrikulture jest u obliku suplementarne djelatnosti na OPG-ovima i poljoprivrednim postrojenjima koja proizvode velike količine organskog otpada pogodnog za kompostiranje odnosno lumbrikompostiranje. Lumbrikultura predstavlja dobar način za povećanje iskoristivosti uloženog organskog materijala, maksimizirati održivost poljoprivrednog gospodarstva i općenito drastično smanjiti troškove odvoza i skladištenja otpada. Zbog ove činjenice lumbrikultura se sve više potiče i sufinancira.

Prema veličini proizvodnje razlikujemo uzgoj malih razmjera koji se prvenstveno odnosi na kućnu proizvodnju i proizvodnju na većini OPG-ova i veći komercijalni uzgoj u koji se svrstavaju postrojenja specijalizirana za lumbrikulturu i subjekte koji uz primarnu djelatnost, proizvode značajne količine lumbrihumusa. Bilo za vlastitu upotrebu ili za daljnju prodaju.

Lumbrikulturna proizvodnja također se može podijeliti na visoko tehnološku proizvodnju i nisko tehnološku odnosno proizvodnju uz uporabu rudimentalnih alata i načina uzgoja. Najveća razlika između ovih vrsta proizvodnje jest u efikasnosti sakupljanja lumbrihumusa. Najveći gubitci u lumbrikulturi događaju se prilikom odvajanja lumbrihumusa za daljnju uporabu od samih gujavica. U visoko tehnološkoj proizvodnji često se koriste takozvani „wigwam“ strojevi (Slika 15.) koji imaju mogućnost mehaničkog izdvajanja gujavica. Najčešće se koristi u hotelima/restoranima kako bi se ispunile norme za recikliranje biootpada u ugostiteljstvu. Sadrži 3m² proizvodnog prostora i ima kapacitet obrade 30ak kilograma organskog materijala dnevno. Nisko tehnološka proizvodnja zahtjeva značajno više rada kako bi se gujavice odvojile od lumbrihumusa. Postoje i spremnici za kućnu upotrebu (Slika 17) koji se sastoje od ladica u kojima se nalaze gujavice. Sustav može obraditi 3.5 kilograma organskog materijala dnevno, što ga čini idealnim za recikliranje biootpada u domaćinstvima. Velika prednost je laka



Slika 16 „Wigwam“ stroj za proizvodnju lumbrihumusa

(Izvor: <https://depts.washington.edu>)



Slika 17 Alat prilagođen za kućnu proizvodnju lumbrihumusa.

(Izvor: <https://depts.washington.edu>)



Slika 18 Prikazuje povišene kante za proizvodnju lumbrihumusa za kućnu upotrebu

(Izvor: www.naturalsuburbia.com)

9.3 Vrste sustava lumbrikompostiranja

Neovisno o veličini, mjestu, namjeni i alatima koji se koriste, postoje tri osnovna sustava proizvodnje lumbrihumusa. To su: proizvodnja u kantama, koritima (krevetima) i pokrivenim redovima. Eng. (*Bins, beds and windrows*). (Hamilton, 2017)

Kante za lumbrikulturu nalaze se u potpunosti iznad tla i dolaze u raznim veličinama i oblicima (Slika 17, Slika 18, Slika 19). Prednost ovog sustava proizvodnje jest lak transport i jednostavan pristup, međutim postoje i određeni nedostaci. Prvenstveno loša izolacija koja može uzrokovati nagle promjene temperature, stoga je kod ovakvog sustava uzgoja potrebno nadzirati temperaturu i po potrebi hladiti ili grijati kante. Preporuča se napraviti nekakvu vrstu termoizolacije u obliku stiropornih obloga i slično. (Hamilton, 2017)



Slika 19 Male kante za proizvodnju lumbrihumusa koje se nalaze neposredno ispod izvora organske tvari.

(Izvor: <https://depts.washington.edu>)

Korita za proizvodnju lumbrihumusa nastaju iskopavanjem kanala u tlu ili umetanjem metalnih okvira u tlo (Slika 20). Prednost ovakvog sustava uzgoja jest dobra izolacijska svojstva zemlje. Nedostatak predstavlja otežano uklanjanje i odvajanje lumbrihumusa. Često je potrebno i otkopavanje ukoliko se lumbrihumus pomiješa sa tlom.



Slika 20 Korita za proizvodnju lumbrihumusa od svinjskog gnojiva.

(Izvor: www.eXtension.org)

Sustav proizvodnje lumbrihumusa u prekrivenim redovima predstavlja kompromis između proizvodnje u kantama i u koritima. Organski materijal i gujavice nalaze se na površini tla (Slika 21.). Međutim za razliku od sustava proizvodnje u kantama, nedostatak izolacije nadoknađuje se velikom količinom organskog materijala koji se prekriva pritom čuvajući prirodnu toplinu otpuštenu mikrobiološkom aktivnošću. Ovaj sustav proizvodnje često se koristi na većim poljoprivrednim gospodarstvima koja se bave lumbriculturom kao suplementarnom aktivnošću pošto zahtjeva najmanja financijska i vremenska ulaganja. Prikupljanje je značajno jednostavnije nego kod sustava korita. (Hamilton, 2017)



Slika 21 Sustav proizvodnje lumbrihumusa u natkrivenim redovima

(Izvor: www.redwormcomposting.com)

9.3.1 Primarna i sekundarna lumbrikultura

Bitno je diferencirati između primarne i sekundarne lumbrikulture. Razlika je u organskom materijalu koji se daje gujavicama kao izvor hrane. Kod primarnog lumbrikompostiranja, sirova organska tvar (primjerice ljuške od jajeta odmah nakon razbijanja) daje se direktno gujavicama. Kod ove vrste uzgoja gustoća gujavice po jedinici površine izrazito je visoka jer svi nutrijenti sadržani u organskoj tvari služe kao izvor hrane. Nedostatak ovog načina uzgoja jest potreba za pažljivim doziranjem kako ne bi došlo do nakupljanja neiskorištene organske tvari bogate mikrobiološkom aktivnošću koja uzrokuje prekomjerno zagrijavanje odnosno fenomen poznat kao samo zagrijavanje lumbrikulture. (Hamilton, 2017)

Kod sekundarnog lumbrikompostiranja organska tvar prolazi proces kompostiranja uz pomoć mikrobiološke aktivnosti, tek nakon „predkompostiranja“ organska tvar dolazi na raspolaganje gujavicama čime se sprječava samo zagrijavanje. U sekundarnim oblicima lumbrikulture gustoća gujavica drastično je smanjena. (Hamilton, 2017)

9.4 Završni proizvodi lumbrikulture

Lumbrikultura kao djelatnost proizvodi dva primarna proizvoda, gujavice i lumbrihumus. Postoje razni korisni suplementarni proizvodi lumbrikulture poput toplinske energije biomase, kapaciteta za obradu otpada i tekućeg lumbrihumusa, međutim primarni produkti su ipak sama nastala biomasa gujavica i čvrsti lumbrihumus.

Crvene kalifornijske gujavice u idealnim uzgojnim uvjetima udvostručuju ukupnu biomasu svakih 60 dana. Čak 10% ukupnog broja gujavica može se izdvojiti iz uzgoja na tjednoj bazi bez da se ikada smanji ukupni broj jedinki. Drugim riječima, stopa održive zamjene populacije jest 10%/tjedno. (Hamilton, 2017)

U prosjeku kilogram crvenih kalifornijskih gujavica sadrži oko 2000 jedinki. Gujavice se najčešće prodaju po ukupnom broju jedinki ili po težini. Cijene značajno variraju ovisno o renomiranosti uzgajivača. Raspon je između 100 eura do 400 eura po kilogramu crvenih kalifornijskih gujavica. Ako se uzme u obzir prethodna činjenica o stopi zamjene populacije jasno je kako lumbrikultura može biti vrlo isplativa suplementarna ili primarna djelatnost. (Amazonstore, <https://www.memesworms.com/products/red-wiggler-worms?variant=31818556309635>)

Lumbrihumus se može podijeliti na izmet gujavica i preostali grubi organski materijal (malč). U praksi je gotovo nemoguće odvojiti ove dvije frakcije lumbrihumusa, međutim proizvođači ga često odvajaju na bazi veličine čestica. Izmet gujavica finije je strukture te se odvaja sitima od grubljeg malča, na taj način se i plasira na tržištu.

Tekući lumbrihumus je tekućina nastala kao nusprodukt aktivnosti gujavica. Cijedi se u spremnik pored kante ili korita (Slika 17, Slika 18). Tekući lumbrihumus bogat je hranjivim tvarima. Pogodna je za korištenje kao tekuće gnojivo ili baza za klijanje sadnica i slično. Često se naziva i čajem zbog svoje crvenkaste boje.

9.5 Okolišni uvjeti za uzgoj crvenih kalifornijskih gujavica

9.5.1 Temperatura

Optimalna temperatura za rast i razvoj crvene kalifornijske gujavice je između 19 i 29 stupnjeva Celzijevih. Mogu preživjeti temperature iznad 30 °C na kraće periode. Na temperaturi od 40°C dolazi do trajnih oštećenja i pomora gujavica. Crvene kalifornijske gujavice dobro podnose niske temperature, ali dolazi do značajnog pada aktivnosti. Preživljavaju dokle god temperature sredine biomase ne padaju ispod ništice. U stadiju kokona mogu preživjeti i duge periode temperature ispod 0 °C. Razvoj jajašaca počinje tek kada temperatura dosegne biološki minimum od 10 - 15°C (Edwards i Bohlen, 1996).

9.5.2 Vlaga

Vlaga je od ključne važnosti za preživljavanje gujavica. Optimalna razina vlage za maksimalni rast jest između 70 i 85%, što je značajno više od razine vlage u klasičnim kompostnim hrpama gdje udio vlage iznosi između 50 i 60% ovisno o vrsti organskog materijala i ostalim okolišnim čimbenicima. Crvene kalifornijske gujavice mogu preživjeti u vlagom zasićenim uvjetima na kraće vremenske periode (Edwards i sur., 1987).

9.5.3 Omjer ugljika i dušika (C:N)

Gujavice će iskoristiti bilo koji oblik organskog materijala, međutim uvijek preferiraju organski materijal s većim udjelom ugljika. Organski materijal poput gnojiva, kuhinjskog otpada, pokošene trave i slično, sadrži velik udio dušika. Spomenute izvore organskog materijala potrebno je razrijediti odnosno pomiješati s otpadom bogatijeg udjela ugljika. Primjerice papirom ili lišćem. Kako bi se osigurao optimalan rast gujavica udio ugljika i dušika (C:N) u hrani treba biti iznad 50. Pri nižim udjelima ugljika i dušika dolazi do povećane mikrobiološke aktivnosti i kompeticije između gujavica i dušičnih bakterija što može uzrokovati zagrijavanje biomase koje je štetno za gujavice. (Hamilton, 2017)

9.5.4 pH vrijednosti

Sve vrste gujavica koje se koriste u lumbrikulturi pa tako i crvene kalifornijske gujavice, najbolje se razvijaju i razmnožavaju pri uvjetima neutralne reakcije pH ~7. Ukoliko pH vrijednost kompostne mase padne ispod pH 5 ili dosegne pH 9 dolazi do masovnog uginuća gujavica. U nekim slučajevima ne idealne pH vrijednosti mogu biti poželjne ukoliko se to čini kontrolirano u cilju rješavanja nametnika pošto gujavice mogu preživjeti relativno širok spektar pH. (Hamilton, 2017)

9.6 Primjena lumbrihumusa i koristi lumbrikulture

Najčešća primjena lumbrihumusa je za obogaćivanje postojećeg tla. Lumbrihumus se miješa izravno sa zemljom ili vodom kako bi se dobio tekući lumbrihumus („čaj“) koji se koristi kao tekuće gnojivo. (Sherman, 2012).

9.6.1 Prednosti lumbrikulture

Prednosti lumbrikulture su brojne, od jasnih okolišnih benefita do potencijalnih ekonomskih benefita. Mogu se podijeliti u sljedeće kategorije ovisno o području povoljnog utjecaja.

Povoljni utjecaj na tlo

Poboljšava aeraciju, kapacitet tla za vodu i obogaćuje tlo uz pomoć mikroorganizama. Mikrobna aktivnost lumbrihumusa može biti i do 10 puta veća nego u običnom tlu prije nego što je probavljeno od strane gujavice. (Logsdon, 1994). Lumbrikulturna proizvodnja, posebice u sustavu uzgoja u koritima u tlu, privlači divlje gujavice i pasivno podiže njihovu populaciju što poboljšava svojstva okolnog tla.

Povoljni utjecaj na biljke

Aktivnost gujavica u tlu značajno ubrzava klijanje, rast biljaka i proizvodne prinose. Povoljni utjecaji na mehanička svojstva tla biljkama olakšavaju ukorjenjivanje.

Ekonomske prednosti

Lumbrikultura kao djelatnost koja se temelji na obradi i recikliranju biootpada uvelike smanjuje troškove skladištenja i odlaganja otpada i olakšava odvajanje ostalog otpada jer smanjuje postotak unakrsne kontaminacije uzrokovane nepravilnim odvajanjem. Velika prednost jest relativno niska barijera za početak bavljenja lumbrikulturom i potencijalno vrlo brzo vrijeme povrata početne investicije.

Okolišne prednosti

Pored prethodno spomenutog povoljnog utjecaja na tlo i biljke. Lumbrikultura ima pozitivan utjecaj na okoliš kao cjelinu. Smanjuje nepotrebno korištenje energije u odvozu i transportu otpada. Lumbrikulturna proizvodnja smanjuje otpuštanje stakleničkih plinova poput metana i dušikovog oksida nastalih na odlagalištima i u spalionicama biootpada. Aktivnost gujavica generalno ima pozitivan utjecaj na cijeli ekosustav.

10. Zaključak

Važnost gujavica očituje se u brojnim ekološkim i poljoprivrednim kontekstima. Kroz detaljan pregled njihove anatomije, životnog ciklusa, ponašanja i neosporivog pozitivnog utjecaja na živi i neživi svijet, naglašena je uloga crvenih kalifornijskih gujavica u obogaćivanju tla, održivoj poljoprivrednoj praksi i u rastućoj problematici gospodarenja otpadom.

Izvanredna sposobnost procesiranja organske tvari koju posjeduju crvene kalifornijske gujavice, pritom proizvodeći visoko kvalitetni lumbrihumus čini ih nezamjenjivima kada se govori o održivim načinima obrade i prenamjene organskog otpada, te održivoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Nadalje, analiza tehnika i sustava uzgoja demonstrirala je izvedivost uzgoja crvenih kalifornijskih gujavica, kako u malim razmjerima, tako i na industrijskoj razini. Implementacija ovih metoda nudi mogućnost značajnog smanjivanja onečišćenja okoliša, unaprjeđivanja zdravlja obrađivanog tla, istovremeno stvarajući vrijedan resurs koji doprinosi povećanju održivosti ranih sustava proizvodnje koji stvaraju velike količine organskog otpada.

Svijet se neminovno kreće u smjeru ekološki osvještenije i resursno učinkovitije budućnosti. Integracija lumbrikulture i samim time crvenih kalifornijskih gujavica u razne strategije upravljanja otpadom i poljoprivrednim resursima, kako na regionalnoj, tako i na globalnoj razini predstavlja pozitivan korak ka potpunoj energetskej i resursnoj održivosti.

Potrebna su daljnja istraživanja kako bi se detaljnije istražile specifičnosti i prednosti uzgoja crvenih kalifornijskih gujavica, njihovo ponašanje i interakcije s različitim ekosustavima što će nedvojbeno poboljšati razumijevanje i povećati korištenje ovih izvanrednih organizama.

11. Popis literature

Drewes C.D, Landa K.B, McFall J.L. (1978) Giant nerve fibre activity in intact, freely moving earthworms

Đerđ T. (2018) Životni ciklus gujavice *Aporrectodea dubiosa* (Örley, 1881) (Doktorska disertacija, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek. Department of biology).

Edwards C.A, Bohlen P.J. (1996) Biology and Ecology of Earthworms, 3rd ed. London, Chapman & Hall

Edwards, C. A. (2004) Earthworm Ecology, 2nd ed., Boca Raton, CRC Press

Edwards, C.A, Lofty J.R. (1972). Biology of earthworms. Halsted Press, New York, NY.

Gates G. E. (1953). On Regenerative Capacity of Earthworms of the Family Lumbricidae. The American Midland Naturalist. 50 (2nd ed): 414–419.

Gates G.E. (1972). Burmese earthworms: an introduction to the systematics and biology of Megadrile oligochaetes with special reference to Southeast Asia. Trans. Amer. Phil. Soc. 62: 1-326.

Hamilton D.W. (2017). The Basics of Vermicomposting. Oklahoma Cooperative Extension Service.

Hickman Jr. C, Roberts L.S, Hickman F.M. (1984). Integrated Principles of Zoology (7th ed.). Times Mirror/Mosby College Publishing. pp. 344–345.

Joshi B.D, Dabral P. (2008). Life cycle of earthworms *Drawida nepalensis*, *Metaphire houlletii* and *Perionyx excavatus* under laboratory controlled conditions. Life Science Journal, 5(4), 83-86.

Keith A.M, Robinson D.A. (2012) Earthworms as Natural Capital: Ecosystem Service Providers in Agricultural Soils, *Economology Journal* 2: 91–99.

Liebeke M, Strittmatter N, Fearn S, Morgan A.J, Kille P, Fuchser J, Wallis D, Palchykov V, Robertskön, J, Lahive E, Spurgeon D.J, McPhail D, Takats Z, Bundy J.G. (2015) Unique metabolites protect earthworms against plant polyphenols

Logsdon G. (1994). Worldwide progress in vermicomposting. *BioCycle*. 35 (10th ed.): 63.

Matoničkin I, Erben R. (2010). *Opća zoologija, Školska knjiga*.

Monroy F, Aira M, Gago J.A, Domínguez J. (2007). Life cycle of the earthworm *Octodrilus complanatus* (Oligochaeta, Lumbricidae). *Comptes Rendus Biologies*, 330(5), 389-391.

Novo M, Riesgo A, Fernández-Guerra A, Giribet G. (2013). Pheromone evolution, reproductive genes, and comparative transcriptomics in mediterranean earthworms (annelida, oligochaeta, hormogastridae). *Molecular biology and evolution*, 30(7), 1614-1629.

Novo M, Almodovar A, Fernandez R, Trigo D. (2010). Cryptic speciation of hormogastrid earthworms revealed by mitochondrial and nuclear data

Quillan K.J. (2000). Ontogenetic scaling of burrowing forces in the earthworm *Lumbricus terrestris*. *Journal of Experimental Biology*. 203 (Pt 18): 2757–2770.

Pietro O. (2000). Evolution and biogeography of megadriles (Annelida, Clitellata). *Italian Journal of Zoology*. **67–2** (2): 179–201.

Reinecke A.J, Venter J.M. (1987). The life-cycle of the compost worm *Eisenia fetida* (Oligochaeta). *African Zoology*, 23(3), 161-165

Röhlich P, Aros B, Virágh Sz. (1970). Fine structure of photoreceptor cells in the earthworm, *Lumbricus Terrestris*. *Zeitschrift für Zellforschung und Mikroskopische Anatomie*. 104 (3): 345–357.

Sims R.W, Gerard B.M. (1985) *Keys and Notes for the Identification and Study of the Species*, ed. 31

Sherman R. (2003). *Raising Earthworms Successfully*. Raleigh: North Carolina Cooperative Extension Service.

Spurgeon D.J, Hopkin S.P. (1999). Comparisons of metal accumulation and excretion kinetics in earthworms (*Eisenia fetida*) exposed to contaminated field and laboratory soils. *Appl. Soil Ecol.*, 11 (2-3): 227–243

Stephenson J. (1930) *The Oligochaeta*. 900-930

Popis korištenih poveznica

Amazon store : www.amazon.com

Lumbri.com portal : <http://www.lumbri.com.hr>

Meme's Worms : <https://www.memeworms.com/products/red-wiggler-worms>

North Carolina state University : <https://content.ces.ncsu.edu>

Oklahoma state university : <https://extension.okstate.edu/>

Research Gate: <https://www.researchgate.net>

Science direct : <https://www.sciencedirect.com>

Uncle Jim's worm farm : <https://unclejimswormfarm.com>

Wikipedia : www.wikipedia.com

Životopis

Datum i mjesto rođenja: Grad Zagreb, 10.6.2000.

Obrazovanje:

4. Gimnazija u Zagrebu. 2015. – 2019. Dvojezični program

Strani jezici : Engleski C2, Njemački A2, Talijanski B2, Francuski A2

Vještine:

Završio napredni tečaj engleskog jezika u The American Institute-u 2014. godine

Završio A2 stupanj Francuskog jezika u školi stranih jezika Medijana jezici 2013. godine

Elements of AI Online machine learning course 2022.

CS50 Harvard Computer Science online course 2022.

Posjeduje napredne vještine upravljanja računalom i služenja office računalnim programima. Cijeli život se aktivno bavi sportom, prvenstveno košarkom stoga je i izabran kao kapetan košarkaške ekipe Agronomskog fakulteta. Aktivno se bavi tenisom i šahom.