

**ULOGA I ZNAČAJ GUJAVICA IZ PORODICA LUMBRICIDAE I
ENCHYTRAEIDAE U EKOSUSTAVIMA TLA**Maja ČAČIJA¹, Anita ŠTIVIČIĆ², Dinka GRUBIŠIĆ¹, Ivan JURAN¹¹Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Zavod za poljoprivrednu zoologiju,
Svetošimunska cesta 25, 10 000 Zagreb²Agencija za plaćanja u poljoprivredi, ribarstvu i ruralnom razvoju, Ulica grada
Vukovara 269 d, 10 000 Zagreb

mcacija@agr.hr

Prihvaćeno: 5-07-2021

SAŽETAK

Gujavice se smatraju jednim od najvažnijih skupina životinja koje žive u tlu. Vrste iz porodice Lumbricidae karakterizira uočljiv zadebljali prsten na kolutičavom tijelu, dok su vrste iz porodice Enchytraeidae manje i najčešće prozirne. Gujavice imaju razne važne uloge u ekosustavima. Značajno modificiraju fizička, kemijska i biološka svojstva tla. Svojim načinom hranjenja pospješuju miješanje i inkorporiranje organskih ostataka u tlo te njihovu razgradnju, čime utječu na kruženje hranjivih tvari i njihovu dostupnost drugim organizmima. Ukopavanjem u tlo potiču drenažu, prozračivanje i razvoj strukture tla. Svime time mogu utjecati na stanište i aktivnosti drugih organizama unutar ekosustava tla. Gujavice stoga često nazivaju „inženjerima ekosustava“ jer svojom aktivnošću uvelike pridonose plodnosti tla.

Ključne riječi: gujavice, Lumbricidae, Enchytraeidae, plodnost tla

**THE ROLE AND IMPACT OF THE EARTHWORMS FAMILIES LUMBRICIDAE AND
ENCHYTRAEIDAE IN SOIL ECOSYSTEMS****SUMMARY**

Earthworms are considered to be one of the most important groups of animals that live in the soil. Species from the family Lumbricidae are characterized by a noticeable thickened ring on the annular body, while species from the family Enchytraeidae are smaller and most often transparent. Earthworms play a variety of important roles in ecosystems. They significantly modify the physical, chemical and biological properties of the soil. With their way of feeding, they promote the mixing and incorporation of organic residues into the soil and their decomposition, thus affecting the circulation of nutrients

and their availability to other organisms. By burying into the soil, they promote drainage, aeration and development of soil structure. All of these can affect the habitat and activities of other organisms within the soil ecosystem. Earthworms are therefore often called "ecosystem engineers" because their activity significantly contributes to soil fertility.

Key words: earthworms, Lumbricidae, Enchytraeidae, soil fertility

UVOD

Fauna tla, uz ostale grupe beskralješnjaka mezofaune i makrofaune, obuhvaća oko 100 000 vrsta praživotinja, 500 000 vrsta nematoda i oko 3000 vrsta gujavica. S obzirom na veliki utjecaj na strukturu, kemijske značajke i distribuciju hranjiva u tlu gujavice su jedna od najvažnijih skupina životinja koje žive u tlu. Gujavice svojom aktivnošću znatno poboljšavaju strukturu i plodnost tla u različitim staništima. Najčešća staništa u kojima se pojavljuju jesu šume, livade, travnjaci te obrađivana tla, a ključna su komponenta u ukupnoj biomasi faune tla jer svojom aktivnošću utječu na fizikalne i biološke procese u tlu (Edwards, 2004). Zbog probave organsko-mineralnog materijala u tlu gujavice povećavaju poroznost i prozračnost tla, a stvaranjem mikroagregata i makroagregata poboljšavaju njegovu strukturnu stabilnost (Đerđ, 2018). Glavni čimbenici koji utječu na brojnost i distribuciju gujavica u profilu tla jesu vlaga tla te količina i kakvoća organskog materijala koji je izravno povezan s vrstom staništa. Brojnost gujavica u različitim tipovima staništa znatno se razlikuje i iznosi od 10 jedinka/m² do nekoliko stotina jedinka/m², a rijetko prelazi 400 jedinka/m² (Lee, 1985). Zahvati u intenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji kao što su oranje, različite druge operacije obrade tla, primjena mineralnih gnojiva i sredstava za zaštitu bilja znatno utječu na smanjenje populacije gujavica u tlu. Na parcelama gdje se uzgajaju poljoprivredne kulture broj gujavica obično iznosi od 70 do 80 jedinka/m² (Paoletti i sur., 1998). Gujavice iz najznačajnijih porodica Lumbricidae i Enchytraeidae pripadaju carstvu Animalia (životinje), koljenu Annelida (kolutićavci), razredu Clitellata (pojasnici) te podrazredu Oligochaeta (mnogokolutićavci), (Rota, 2020a i 2020b).

PORODICA LUMBRICIDAE

Porodica Lumbricidae relativno je velika holoarktička porodica s većinom terestričkih gujavica koje čine oko 670 vrsta raspoređenih u 63 roda (Blakemore, 2006). Većina vrsta unutar ove porodice hemerofili su, što znači da mogu tolerirati ometanja koja se događaju zbog obrade tla. Gujavice iz porodice Lumbricidae ubrajaju se u koljeno Annelida (kolutićavci), razred Clitellata (pojasnici) i podrazred Oligochaeta (malokolutićavci), (Rota, 2020a).

Vrste iz porodice Lumbricidae imaju izduženo i cilindrično tijelo koje je podijeljeno u brojne segmente te imaju glatku kožu. Veličina malih

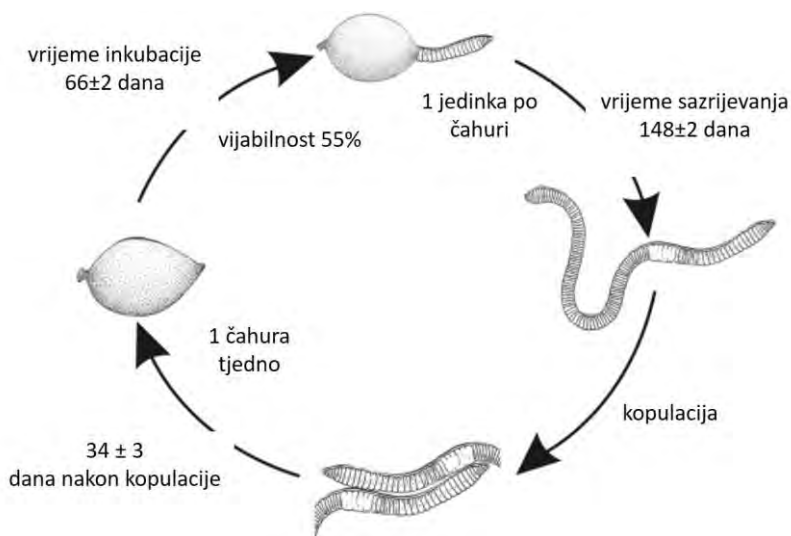
srednjoeuropskih vrsta varira između 1 i 2 cm, dok su velike vrste dugačke 30 do 40 cm. Odrasle jedinke imaju upadljiv klitelum ili zadebljali pojas na prednjem dijelu tijela koji je gotovo uvijek različit po strukturi i boji od ostalih dijelova epiderme. Klitelum je dio žlijezde koja se nalazi na epidermi i koja je odgovorna za formiranje čahura. Unutar čahure nalazi se jedno ili više jaja koja su zaštićena mukopolisaharidnom kožom. Osim brojnih vaskularnih, živčanih, dišnih i probavnih organa, unutrašnjost tijela gujavice podsjeća na cijev koja počinje u ustima, a slijedi ih jednjak, ždrijelo, želudac, prednje, srednje i stražnje crijevo te anus. Crijevo ima karakteristični zalistak koji značajno povećava površinu crijeva od vrste do vrste.

Probavni sustav gujavica podsjeća na ravnu cijev koja povezuje usta s anusom. Podijeljen je u nekoliko dijelova, a sastoji se od usta, ždrijela, jednjaka, voljke, mišićnog želuca, crijeva i anusa. Usta sadrže mesnati režanj (prostomium) koji čini viseću ovalnu gornju usnicu i koristi kao taktilno i kemijsko-osjetilna sonda pri ishrani, a pri mirovanju kao poklopac koji zatvara usta i ulaz u usnu šupljinu. Ždrijelo služi za uvlačenje hrane. Ono se sastoji od stanica koje luče sluz koja olakšava prolazak hrane u probavni sustav. Ždrijelo također luči enzim proteazu koji razgrađuje proteine. Nakon ždrijela dolazi jednjak koji je obložen kalciferinim žlijezdama koje su važne za metabolizam kalcija te za izbacivanje metala iz tijela. Voljka je organ povezan s jednjakom i služi za skladištenje hrane prije negoli ju mišićni želudac ne primi. Mišićni želudac samljevenu hranu prazni u crijevu gdje završava probava, a korisni se nutrijenti apsorbiraju u krvotok (Anonymous, 2020, Rota, 2020a).

Jedinke gujavica sadrže reproduktivne organe obaju spolova što ih čini hermafroditima. Reproductivni organi smješteni su između 9. i 15. kolutića. Kopulacija gujavica započinje kada se dvije jedinke vertikalno spoje na prednjim dijelovima tijela te nakon toga izmjenjuju muške spolne produkte (slika 1). Muški spolni produkti pohranjuju se zatim u sjemenim spremištima. Nakon kopulacije klitelum postaje intenzivno obojen. Nakon nekoliko dana ili tjedana na području intenzivno obojenog kliteluma počinje se stvarati sluz koja poput prstena okružuje tijelo gujavice. Tada gujavica kretanjem skida prsten sa svog tijela te u isto vrijeme ubacuje vlastite jajne stanice i spermije druge gujavice u sluzavu tvorbu. Kada gujavica završi svoje izvlačenje iz sluzi, vrhovi se nastale čahure zatvaraju i ostaju u tlu gdje će se razviti embrij novih gujavica (Đerđ, 2018).

Broj jaja unutar jedne čahure razlikuje se od vrste do vrste, a može biti od 1 do 20, dok se najčešće pojavljuje samo jedno. Čahure oblikom podsjećaju na limun (slika 1), ali i to može ovisiti o vrsti. Vrijeme koje je potrebno da se iz čahure razvije nova gujavica vezano je specifično za vrstu, ali ovisi i o okolišnim uvjetima. Ličinke koje se izlegu iz čahure izgledom podsjećaju na male gujavice, samo su manje i bljeđe boje. Lako se mogu zamijeniti s vrstama iz porodice Enchytraeidae koje su male, segmentirane gujavice usko povezane s

porodicom Lumbricidae. Nešto starije ličinke sve više podsjećaju na odrasle gujavice, ali im nedostaje klitelum (Anonymous, 2020).



Slika 1. Životni ciklus gujavica iz porodice Lumbricidae prikazan na primjeru vrste *Octodrilus complanatus* (Dugès, 1828) (izvor: Monroy i sur., 2007.)

Figure 1 Life cycle of the family Lumbricidae based on the life cycle of *Octodrilus complanatus* (Dugès, 1828) (source: Monroy i sur., 2007)

Prema literaturnim navodima Darwina (1881), gujavice pripadaju jednoj od najvažnijih skupini faune tla zbog svog snažnog utjecaja na svojstva i strukturu tla. Mogu se pronaći u gotovo cijelom svijetu, no rjeđe u područjima gdje prevladavaju ekstremne temperature poput pustinja ili ledenjaka. Brojnost gujavica varira od <math><10</math> gujavica po

Abiotički i biotički čimbenici također utječu i na okomitu distribuciju gujavica u tlu. Tijekom nepovoljnih uvjeta vlažnosti i temperature tla gujavice migriraju dublje u tlo. Aktivnost gujavica najveća je tijekom proljeća i jeseni. U uvjetima niskih temperatura njihova je aktivnost ograničena te potom odlaze u stanje

hibernacije. Slično je i s visokom temperaturom. U uvjetima viših temperatura gujavice smanjuju aktivnost ili ulaze u dijapauzu (Havaluk, 2013). Prema Bouchéovoj klasifikaciji (1977), vrste iz porodice Lumbricidae mogu se podijeliti u tri glavne ekološke kategorije: epigejne, endogejne i anecične gujavice. Glavni princip ove klasifikacije temelji se na ponašanju ove porodice gujavica u dubini tla gdje provode većinu svog života (tablica 1).

Tablica 1. Ekološke kategorije gujavica iz porodice Lumbricidae
Table 1 Earthworms ecotypes of the Lumbricidae family

| Kategorija | Opis |
|--------------------|---|
| Epigejne gujavice | -žive iznad mineralnog sloja tla, -tamno pigmentirane, malih dimenzija, -hrane se raspadnutim ili neraspadnutim lišćem i organskom tvari i -vrlo su mobilne. |
| Endogejne gujavice | -kopaju vodoravne hodnike na dubini do 15 cm od površine tla koji se ne razdražuju, -nepigmentirane i -sporo se kreću. |
| Anecične gujavice | -žive u permanentnim okomitim hodnicima u mineralnom sloju tla, do 3 m dubine, -tamne boje, pigmentirane na dorzalnoj strani. |

Edwards (2004) navodi kako se veličina gujavica kreće od nekoliko milimetara do dva metra s masom od nekoliko miligrama do gotovo jednog kilograma. Livadna i šumska staništa područja su s najvećim populacijama gujavica, dok su poljoprivredna zemljišta područja s najmanjoj gustoćom njihove naseljenosti.

ULOGA GUJAVICA IZ PORODICE LUMBRICIDAE

Budući da gujavice mijenjaju strukturu svog okoliša, nazivaju se još i inženjerima ekosustava. Različiti tipovi gujavica mogu u tlu raditi horizontalne ili vertikalne hodnike, dublje ili pliće. Takvi hodnici u tlu stvaraju pore kroz koje mogu prolaziti voda i kisik, a ugljikov dioksid može izaći van iz tla. Izmet samih gujavica također je vrlo važan jer obogaćuje sastav tla te poboljšava njegovu strukturu. Gujavice iz porodice Lumbricidae imaju važnu ulogu u razlaganju mrtve organske tvari, a taj se proces naziva proces razgradnje mrtve organske tvari. Razgradnjom se otpuštaju hranjiva koja su zatočena u mrtvim biljnim i životinjskim tkivima koja nakon razgradnje kroz tijela gujavice postaju lako dostupna za živuće biljke. Gujavice su također odgovorne za miješanje slojeva tla i inkorporaciju organske tvari u tlo. Charles Darwin opisao je gujavice kao prirodne plugove jer prirodno miješaju tlo s organskom tvari. Osim što imaju koristan izravan utjecaj na plodnost tla, gujavice imaju pozitivan utjecaj na

saprofitne bakterije i gljive u tlu koje su također bitan dio faune tla (The Earthworm Society of Britain, 2020).

Scheu (2003) te Mora i sur. (2005) navode kako gujavice imaju važnu ulogu u opskrbi tla hranjivim tvarima (N, P, K, i Ca) proizvodnjom biostruktura (agregata tla i pora) u tlu i/ili na površini tla utječući na njegova fizička svojstva, kruženje hranjivih tvari te rast biljaka. Učinak gujavica na dinamiku organske tvari varira ovisno o vremenskoj i prostornoj skali (Mora i sur., 2005). Fonte i sur. (2007) navode kako gujavice povećavaju inkorporaciju ugljika iz pokrovnog dijela biljnih ostataka na tlu u makroagregate, ali i u mikroagregate koji su formirani unutar sami makroagregata tla. Gujavice stoga stabiliziraju i akumuliraju organsku tvar u tlu povećanim prijenosom organskih molekula ugljika i dušika u agregate tla (Grdiša i sur., 2013). Gujavice povećavaju mineralizaciju dušika izravnim i neizravnim učincima na mikrobnu zajednicu. Istraživanja su pokazala da je količina dušika dostupna biljkama u tlu više proizvedena aktivnošću gujavica nego ukupnim unosom anorganskog i organskog gnojiva te recikliranih biljnih ostataka u tlo (Bhadoria i Ramakrishan, 1996). Još jedna važna uloga gujavica u tlu je povećanje pH-vrijednosti tla. Postma-Blaauw i sur. (2006) navode kako utjecaj gujavica na kruženje dušika u tlu ovisi o vrsti usjeva te vrsti (mineralno/organsko) primijenjenog gnojiva. Gujavice mogu povećati i dostupnost hranjivih tvari u tlu sa smanjenim čovjekovim utjecajem na obradu tla i gnojidbu (Brown i sur., 1998; Cortez i Hameed, 2001), a zajednica gujavica u kultiviranim tlima može igrati važnu ulogu u dinamici proizvodnje organske tvari u tlu putem procesa mineralizacije i humifikacije (Lavelle i Martin, 1992). Lachnicht i sur. (1997) te Desjardins i sur. (2003) tvrde da gujavice negativno utječu na sadržaj ugljika u tlu, dok Gilot (1997) tvrdi suprotno. Mikroorganizmi u tlu primarno su odgovorni za transformaciju organskih molekula u tlu pa je njihova aktivnost stoga ključni faktor u dinamici organske tvari u tlu (Coq i sur., 2007). Osim toga Aira i sur. (2008), nakon kratke 72-satne izloženosti populaciji gujavice *Eisenia fetida* (Savigny, 1826), ustanovili su promjenu u populaciji gljiva i bakterivornih zajednica nematoda te biokemijskih svojstava organskog supstrata. Kalcij i mineralizacija dušika povećavala se povećanjem populacije gujavice, kao i mikrobna metabolička aktivnost (Coq i sur., 2007). Epigejne gujavice mogu se izravno hraniti mikroorganizmima ili ostatkom biljnog materijala i naseliti površinski organski sloj tla. Sampedro i sur. (2008) navode kako gujavice imaju važan utjecaj na procese razgradnje tla. Gujavice modificiraju razgradnju gljiva u šumskim tlima (McLean i Parkinson, 2000), a učinci gujavica na mikrobnu biomasu i aktivnost ovise o kondiciji tla (Shaw i Pawluk, 1986; Wolters i Joergensen, 1992). McLean i sur. (2006) navode kako su invazivne gujavice smanjile mikrobnu biomasu na površini tla s visokim sadržajem organskog ugljika te povećale mikrobnu biomasu u dubljim mineralnim tlima. Veliki broj anečićnih gujavica vrste *Metaphire guillelmi* (Michaelsen 1895) smanjuje mikrobnu biomasu ugljika, dušika i fosfora nakon 24 sata, iz čega se može

zaključiti da su se gujavice koristile mikroorganizmima kao sekundarnim izvorom hrane (Zhang i sur., 2000). Morris (1985) navodi kako gujavice proizvode veliku količinu crijevne sluzi koja se sastoji od glukoproteina i malih glukozidnih i proteinskih molekula. Mikroorganizmi ulaskom u probavni sustav gujavice konzumiraju dušične spojeve u sluzi što uvelike povećava njihovu aktivnost (Zhang i sur., 2000). Biološka razgradnja organske tvari provodi se kroz razne biokemijske procese u kojima enzimi imaju ključnu ulogu (Garcia i sur. 1992). Glavni sastojci organske tvari kao što su celuloza, hemiceluloza, lignin i proteini razgrađuju se pomoću specifičnih enzima. Gujavice fragmentiraju supstrat u procesu hranjenja i tako povećavaju površinu za daljnju kolonizaciju mikroba. Pojačana mikrobna aktivnost ubrzava proces razgradnje što dovodi do humifikacije oksidirajući tako nestabilnu organsku tvar u stabilnije oblike. Procesi humifikacije ubrzavaju se i pojačavaju ne samo usitnjavanjem čestica organske tvari, već i znatno povećanim mikrobnim aktivnostima unutar crijeva gujavica te prozračivanjem i okretanjem čestica organske tvari pri kretanju i hranjenju gujavica (Lemtiri, 2014). Prisutnost gujavica, bez obzira na ekološku kategoriju, povećava količinu anorganskog dušika u tlu (Cortez i sur., 2000), a povećanje ukupne količine dušika u tlu može biti posljedica oslobađanja dušičnih metaboličkih proizvoda koji se stvaraju kroz izlučevine (mokraću i mukoproteine) kod vrste *Eudrilus eugeniae* (Kinberg, 1867), (Padmavathiamma i sur., 2008). Gujavice mogu utjecati na rast biljaka promicanjem dostupnosti dušika u tlu (Li i sur., 2002; Oritz-Ceballos i sur., 2007). Lee (1985) smatra kako je moguće da sluz koja se izlučuje iz crijevnog epitela gujavica daje izvor energije koji potiče biološku fiksaciju dušika. Gujavice su vrlo važni dekompozitori, odnosno razlagači koji doprinose kružnim procesima hranjivih tvari koje uključuju dušik (Lavelle i Martin, 1992), fosfor (Chapuis – Lardy i sur., 1998) i ugljik (Lee, 1985., Lavelle i Martin, 1992., Zhang i Hendrix, 1995., Curry i sur., 2007). Bohlen i sur. (1997) te Ketterings i sur. (1997) tvrde da se gujavice hrane organskim materijalima s niskim omjerom ugljika i dušika (C:N) ostavljajući za sobom skup organskog materijala s višim omjerom C : N. Prema Havaluk (2013) gujavica iz porodice Lumbricidae u tlu utječu na fermentaciju, razgradnju i unos organske tvari u tlo, utječu na raspoloživost hranjivih tvari biljkama, na fiksaciju dušika. Edwards i Bohlen (1996) navode kako gujavice utječu na formiranje slojeva tla i na omjer ugljika i dušika u tlu te na druge mikroorganizme u tlu. One ovise o njihovoj prisutnosti jer su im izvor hranjivih tvari. Zajedno s mikroorganizmima, gujavice povećavaju mikrobnu aktivnost razlažući organsku tvar. Svojim kretanjem utječu i na širenje mikroorganizama kroz čitav profil tla. Gujavice imaju veliki utjecaj na plodnost, strukturu i produktivnost tla. Svojim prodiranjem povećavaju poroznost tla, a svojim ekskrementima unutar hodnika obogaćuju tlo organskom tvari. Miješajući različite slojeve tla, gujavice oslobađaju hranjive tvari u dostupnom obliku za biljke. Svojom aktivnošću, gujavice mijenjaju teksturu tla te tako povećavaju njegovu otpornost na fizikalni utjecaj

vode, što u konačnici dovodi do smanjene mogućnosti pojave erozije tla. Indikatori su onečišćenja nekog područja, a mogu se koristiti kao proteinska hrana za životinje ili kao medij za rast biljaka (Edwards i Bohlen, 1996).

VRSTE IZ PORODICE LUMBRICIDAE PRISUTNE U HRVATSKOJ

U tablici 2 prikazane su prisutne vrste gujavica iz porodice Lumbricidae prema Hackenberger Kutuzović i Hackenberger Kutuzović (2013).

Tablica 2. Vrste iz porodice Lumbricidae, prema ekološkim skupinama i pripadajućim staništima, ustanovljene u Hrvatskoj

Table 2. Earthworms species of the family Lumbricidae, according to ectypes and habitats, recorded in Croatia

| Rod | Vrsta | Ekološka kategorija | Stanište |
|--|---|---------------------|---|
| <i>Allolobophora</i> Eisen, 1874 | <i>A. altimontana</i> Mršić, 1982 | Endogejna | Planinske livade i travnjaci, pronađena samo iznad 600 m nadmorske visine. |
| | <i>A. chlorotica chlorotica</i> (Savigny, 1826) | Endogejna | Vrtovi, pašnjaci, kultivirana zemljišta, šume, poplavna područja i područja u blizini svježe vode. Veća gustoća populacije u vlažnim, organski bogatim tlima. |
| | <i>A. leoni</i> Michaelsen, 1891 | Endogejna | Vlažne livade, šume i poplavna područja |
| | <i>A. sturanyi sturanyi</i> Rosa, 1895 | Endogejna | Livade i okolne šume |
| <i>Allolobophoridella</i> Mršić, 1990 | <i>A. eiseni</i> (Levinsen, 1884) | Epigejna | Ispod trulih trupaca, lišća i mahovine. Velika gustoća populacije nalazi se u kiselom i vlažnom tlu. |
| <i>Aporrectodea</i> Örley, 1885 | <i>A. caliginosa</i> (Savigny, 1826) | Endogejna | Pašnjaci, obrađivana tla, vrtovi, šume |
| | <i>A. dubiosa</i> (Örley, 1881) | Endogejna | Blato, poplavna područja, močvare, vlažne livade |
| | <i>A. georgii</i> (Michaelsen, 1890) | Endogejna | Vlažna tla, poplavna područja, vlažne livade |
| | <i>A. handlirschi</i> (Rosa, 1897) | Endogejna | Više nadmorske visine, planinske listopadne i mješovite šume |
| | <i>A. jassyensis</i> (Michaelsen, 1891) | Endogejna | Šume, livade i kultivirana zemljišta |
| | <i>A. pannoniella</i> Mršić, 1987 | Endogejna | Bukove šume |
| | <i>A. papukiana</i> Mršić, 1987 | Endogejna | Bukove šume |

| | | | |
|------------------------------------|---|---------------|---|
| | <i>A. rosea</i> (Savigny, 1826) | Endogejna | Pašnjaci, vrtovi, livade i šume. |
| | <i>A. sineporis</i> (Omodeo, 1952) | Epigejna | Šumska tla |
| | <i>A. smaragdina</i> (Rosa, 1892) | Endogejna | Vlažna šumska i livadna tla |
| | <i>A. trapezoides</i> (Dugès, 1828) | Endogejna | Pašnjaci, antropogena tla, vrtovi, šume |
| <i>Bimastos</i> Moore, 1893 | <i>B. parvus</i> (Eisen, 1874) | Epi-endogejna | Pošumljena područja, vrtovi, ispod trupaca, staništa s visokim udjelom organske tvari |
| <i>Dendrobaena</i> Eisen, 1873 | <i>D. alpina alpina</i> (Rosa, 1884) | Epigejna | Subalpski ili planinski pojas šume jele ili mješovitih bukovo-jelovih šuma |
| | <i>D. attemsi</i> (Michaelsen, 1902) | Epigejna | Šume, livade, otpalo lišće, kiselkasto pjeskovita tla |
| | <i>D. bokakotorensis</i> Šapkarev, 1975 | Epigejna | Šume, livade |
| | <i>D. byblica</i> Rosa, 1894 | Epigejna | Šumska tla, livade i riječne obale |
| | <i>D. cognettii</i> (Michaelsen, 1903) | Epigejna | Vlažne lokacije bogate organskom tvari |
| | <i>D. ganglbaueri</i> (Rosa, 1894) | Epigejna | Vlažne šume, livade i riječne obale |
| | <i>D. ilyrica</i> (Cognetti, 1906) | Epigejna | Šumska tla |
| | <i>D. octaedra</i> (Savigny, 1826) | Epigejna | Šume, livade |
| | <i>D. papukiana</i> Mršić, 1988 | Epigejna | Šume, livade |
| | <i>D. veneta veneta</i> (Rosa, 1886) | Epigejna | Komposti, balege |
| <i>Dendrodilus</i> Omodeo, 1956 | <i>D. rubidus rubidus</i> (Savigny, 1826) | Epigejna | Šume, ispod otpalog lišća, ispod trulih trupaca |
| | <i>D. rubidus subrubicundus</i> (Eisen, 1873) | Epigejna | Vlažna tla, riječne obale, kanalizacijski mulj, u balegama |
| <i>Eisenia</i> Malm, 1877 | <i>E. andrei</i> Bouché, 1972 | Epigejna | U kompostima i balegama |
| | <i>E. fetida</i> (Savigny, 1826) | Epigejna | U kompostima i balegama |
| | <i>E. lucens</i> (Waga, 1857) | Epigejna | Pod korom trulih trupaca i pod slojevima otpalog lišća, na višim uzvisinama |
| | <i>E. spelaea</i> (Rosa, 1901) | Epigejna | Potopljena staništa oko rijeka |
| <i>Eiseniella</i> Michaelsen, 1900 | <i>E. tetraedra</i> (Savigny, 1826) | Epigejna | Vlažna staništa, rijeke, potoci |
| <i>Fitzingeria</i> Zicsi, 1978 | <i>F. platyura depressa</i> (Rosa, 1893) | Anecična | Vlažna šumska staništa, riječne obale, livade |

| | | | |
|--|---|---|---|
| <i>Helodrilus</i> Hoffmeister, 1845 | <i>H. jadronensis</i> Šapkarev, 1989 | Endogejna | Vlažna tla u blizini rijeke Jadro |
| <i>Lumbricus</i> Linnaeus, 1758 | <i>L. castaneus</i> (Savigny, 1826) | Epigejna | Vlažna tla bogata organskom tvari |
| | <i>L. meliboeus</i> Rosa, 1884 | Između anecičnog i epigejskog tipa | Planinska vrsta, higrofilna tla bogata organskom tvari |
| | <i>L. polyphemus</i> (Fitzinger, 1833) | Anecična | Šume i kultivirana tla |
| | <i>L. rubellus</i> Hoffmeister, 1843 | Epigejna | Šume i kultivirana tla, livade i pašnjaci |
| | <i>L. terrestris</i> Linnaeus, 1758 | Anecična | Kultivirana tla, pašnjaci, livade |
| <i>Murchieona</i> Gates, 1978 | <i>M. minuscula</i> (Rosa, 1905) | Endogejna | Mediteranske šume i travnjaci |
| <i>Octodriloides</i> Zicsi, 1986 | <i>O. bolei</i> Mršić, 1987 | Endogejna | Šume |
| | <i>O. janetscheki</i> (Zicsi, 1970) | Endogejna | Šume |
| | <i>O. kamnensis</i> (Baldasseroni, 1919) | Endogejna | Šume i travnjaci |
| | <i>O. kovacevici</i> (Zicsi, 1970) | Endogejna | Listopadne šume i travnjaci u blizini |
| | <i>O. poklonensis</i> Mršić, 1991 | Endogejna | Šume |
| <i>Octodrilus</i> Omodeo, 1956 | <i>O. bretscheri</i> Zicsi, 1969 | Endogejna | Travnjaci |
| | <i>O. complanatus</i> (Dugès, 1828) | Anecična | Listopadne šume, vlažna neutralna tla |
| | <i>O. croaticus</i> (Rosa, 1895) | Endogejna | Planinski travnjaci |
| | <i>O. istrianus</i> Mršić, 1991 | Anecična | Suhi travnjaci, nasadi masline |
| | <i>O. kvarnerus</i> Mršić, 1987 | Endogejna | Suhi travnjaci |
| | <i>O. lissaensis</i> (Michaelsen, 1891) | Endogejna | Livade, pašnjaci, kultivirana tla |
| | <i>O. mimus</i> (Rosa, 1889) | Između endogejnog i anecičkog tipa | Travnjaci |
| | <i>O. pseudolissaensis</i> Mršić, 1991 | Endogejna | Livade, pašnjaci, kultivirana tla |
| | <i>O. pseudotranspadanus</i> (Zicsi, 1971) | Endogejna | Livade, listopadne šume |
| | <i>O. pseudozirianus</i> Mršić, 1991 | Endogejna | Travnjaci |
| | <i>O. rucneri</i> (Plisko & Zicsi, 1970) | Anecična | Suhi travnjaci, nasadi maslina |
| | <i>O. slovenicus</i> | Anecična | Suhi travnjaci, nasadi maslina |

| | | | |
|---------------------------------|--|-----------|---|
| | (Karaman, 1972) | | |
| | <i>O. tergestinus</i> (Michaelsen, 1910) | Anecična | Suhi travnjaci, livade |
| | <i>O. transpadanus</i> (Rosa, 1884) | Endogejna | Travnjaci, bukove šume |
| | <i>O. velebiticus</i> Mršić, 1991 | Endogejna | Travnjaci, listopadne šume |
| <i>Octolasion</i> Örley, 1885 | <i>O. cyaneum</i> (Savigny, 1826) | Endogejna | Nema specifičnog tipa tla koje preferira |
| | <i>O. lacteum</i> (Örley, 1881) | Endogejna | Nema specifičnog tipa tla koje preferira |
| <i>Perelia</i> Easton, 1983 | <i>P. biokovica</i> (Mršić, 1985) | Endogejna | Suhi travnjaci |
| | <i>P. nematogena</i> (Rosa, 1903) | Endogejna | Travnjaci |
| <i>Proctodrilus</i> Zicsi, 1985 | <i>P. antipai</i> (Michaelsen, 1891) | Endogejna | Vlažna, glinovita tla s vapnenastim supstratom. Travnjaci i listopadne šume |
| | <i>P. tuberculatus</i> (Černosvitov, 1935) | Endogejna | Vlažna, glinovita tla. Travnjaci i listopadna šuma |

Trenutna fauna gujavica iz porodice Lumbricidae u Hrvatskoj sadrži 68 vrsta unutar 17 rodova. Rod *Octodrilus* obuhvaća ukupno 15 vrsta, što ga čini najbrojnijim rodом u Hrvatskoj. Najčešće i široko rasprostranjene gujavice iz ove porodice u Hrvatskoj jesu: *A. rosea*, *O. lacteum*, *L. rubellus*, *D. rubidus rubidus* i *E. tetraedra* (Hackenberger Kutuzović i Hackenberger Kutuzović, 2013).

PORODICA ENCHYTRAEIDAE

Enchytraeidae druga je važna porodica gujavica koje se pojavljuju također kao korisna fauna tla. Gujavice iz te porodice malih su dimenzija, prozirne, a često se, pogrešno, nazivaju i crvima (slika 2). Sama porodica ima oko 600 različitih vrsta unutar 28 rodova. U tlu je pronađeno ukupno 19 vrsta ovih gujavica, dok se ostale najčešće nalaze u morskim i slatkovodnim staništima (Dash, 1990; van Vliet, 2000). Smatra se da su gujavice iz ove porodice nastale u hladnijim uvjetima gdje su vlagu nalazile u šumskim tlima bogatim organskom tvari. Danas se većina vrsta unutar ove porodice može pronaći po cijelom svijetu od subartika do tropskih regija.



Slika 2. Gujavica iz porodice Enchytraeidae (izvor: Alchetron, 2020.)

Figure 2 Earthworm of the family Enchytraeidae (source: Alchetron, 2020)

Gujavice iz porodice Enchytraeidae ubrajaju se u koljeno Annelida (kolutičavci), razred Clitellata (pojasnici) i podrazred Oligochaeta (malokolutičavci), (Rota, 2020b).

Gujavice iz ove porodice najčešće su dugačke 10 do 20 mm i anatomski su vrlo slične gujavicama iz porodice Lumbricidae. Sadrže sete (čekinje) i klitelum na 12. i 13. segmentu tijela. Hermafroditi su. Čahure mogu sadržavati jedno ili više jaja. Razvoj novih jedinka traje od 65 do 120 dana, ovisno o vrsti i okolišnim čimbenicima poput temperature (van Vliet, 2000). Enchytraeide također pokazuju aseksualne strategije partenogeneze i fragmentacije koje im povećavaju vjerojatnost kolonizacije novih staništa (Dózsa-Farkas, 1996). Bell (1959), Christensen (1959), Nielsen i Christensen (1963), Bouguenec i Giani (1987), Nakamura (1993) te Dózsa-Farkas (1995) navode kako je samo kod osam vrsta gujavica iz porodice Enchytraeidae do sada uočena aseksualna reprodukcija fragmentacijom i naknadnom regeneracijom.

Enchytraeidae unose mineralne i organske čestice u tlo, iako su tipično manjih dimenzija nego gujavice iz porodice Lumbricidae. Mnogi su znanstvenici primijetili da su fino podijeljeni biljni materijali, često obogaćeni hifama gljiva i bakterijama, glavni dio njihove prehrane. Mikrobna tkiva dio su prehrane jer im nedostaju crijevni enzimi koji bi pomogli u probavi teže probavljivih organskih tvari (van Vliet, 2000). Didden (1990, 1993) navodi kako se Enchytraeidae pretežno hrane gljivama u obradivim tlima. Preostali dijelovi organske tvari nakon procesa gutanja, probave i asimilacije postaju dijelom sporog kruženja organske tvari u tlu. Zachariae (1964) i Rusek (1985) navode kako Enchytraeidae vjerojatno prerađuju veće fekalne ostatke drugih gujavica i ostalih članova makrofaune.

Gustoća populacije vrste iz porodice Enchytraeidae kreće se od <1000 jedinka na m² na intenzivno obrađivanom poljoprivrednom tlu u Japanu do >140 000 na m² na tresetištu u Ujedinjenom Kraljevstvu (Coleman i Wall, 2007). U suptropskom klimatu gustoća naseljenosti ovih gujavica kreće se od 4000 do 14 000 jedinka na m² na poljoprivrednim zemljištima u Piedmontu (SAD), dok je veća gustoća (20 000 do 30 000 jedinka na m²) pronađeno u površinskim slojevima listopadnog šumskog tla južnog Apalačkog gorja u Sjevernoj Karolini (van Vliet i sur., 1995).

Okomita raspodjela gujavica iz ove porodice ovisi o horizontima organske tvari u tlu. Do 90 % populacije može se pojaviti u gornjim slojevima šumskih i poljoprivrednih zemljišta na kojima se tlo ne obrađuje (Davidson i sur., 2002). Sezonski trend gustoće populacije ovih gujavica povezan je s temperaturnim i vodnim režimima tla (van Vliet, 2000).

Gujavice iz porodice Enchytraeidae imaju značajan utjecaj na dinamiku organske tvari u tlu i na fizičku strukturu tla. Na razgradnju biljnih ostataka i mineralizaciju hranjivih sastojaka utječu prvenstveno interakcije mikrobnih zajednica tla. Wolters (1988) navodi kako je utjecaj ovih gujavica na dinamiku organske tvari u tlu neto rezultat pojačanja i inhibicije mikrobne aktivnosti ovisno o strukturi tla i gustoći naseljenosti živih organizama. Enchytraeidae utječu na strukturu tla stvaranjem fekalnih peleta koje, ovisno o raspodjeli veličine organizama, mogu poboljšati stabilnost agregata u frakciji veličine od 600 do 1000 μm. U šumskim se tlima te pelete uglavnom sastoje od sitnih čestica humusa, ali u mineralnim tlima organska tvar i mineralne čestice mogu se miješati u fekalne pelete ilovaste strukture (Coleman i Wall, 2007).

ZAKLJUČAK

Gujavice iz opisanih porodica Lumbricidae i Enchytraeidae vrlo su važan i koristan dio faune tla. Svojom aktivnošću i prehranom obogaćuju tlo organskom tvari, koaliraju s ostalim korisnim mikroorganizmima u tlu, utječu na poroznost, strukturu te plodnost tla. Vrlo su važni u ekosustavu tla jer prirodno miješaju tlo s organskom tvari. Iako su pripadnici obiju porodica hermafroditi, i u jednoj i u drugoj porodici uočena je pojava aseksualne reprodukcije fragmentacijom te naknadnom regeneracijom što im omogućuje nesmetano održavanje vrste. Trenutna fauna gujavica iz porodice Lumbricidae u Hrvatskoj sadrži 68 vrsta unutar 17 rodova. Najbrojniji rod iz porodice Lumbricidae u Hrvatskoj je *Octodrilus* koji obuhvaća ukupno 15 vrsta, Najčešće i široko rasprostranjene gujavice iz porodice Lumbricidae u Hrvatskoj jesu: *A. rosea*, *O. lacteum*, *L. rubellus*, *D. rubidus rubidus* i *E. tetraedra* (Hackenberger Kutuzović i Hackenberger Kutuzović, 2013). Ne postoje relevantni literaturni podatci za broj i prisutnost gujavica iz porodice Enchytraeidae u Hrvatskoj.

LITERATURA

AIRA, M., SAMPEDRO, L., MONROY, F., DOMINGUEZ, J. (2008). Detritivorous earthworms directly modify the structure, thus altering the functioning of a microdecomposer food web. *Soil. Biol. Biochem.*, Vol. 40, 10: 2511-2516.

ALCHETRON, (2020). Enchytraeidae, <https://alchetron.com/Enchytraeidae> (pristupljeno: 28. 09. 2020.)

ANONYMOUS, (2020). The Earthworm Society of Britain. <https://www.earthwormsoc.org.uk/> (pristupljeno: 22.09.2020.)

BELL, A.W. (1959). *Enchytraeus fragmentosus*, a new species of naturally fragmenting oligochaete worm. *Science* Vol. 129: 1278.

BHADAURIA, T., RAMAKRISHAN, P.S. (1996). Role of earthworms in nitrogen cycling during the cropping phase of shifting agriculture (Jhum) in north-east India. *Biol. Fertil. Soil.*, Vol. 22: 350-354.

BLAKEMORE, R.J. (2006). Cosmopolitan earthworms – an eco-taxonomic guide to the peregrine species of the world, Japan, *VermEcology*

BOHLEN, P.J., PARMELEE, R.W., MCCARTNEY, D.A., EDWARDS, C.A. (1997). Earthworms effects on carbon and nitrogen dynamics of surface litter in corn agroecosystems. *Ecol. Appl.*, Vol. 7, 4: 1341-1349.

BOUCHÉ, M.B. (1977). Strategies Lombriciennes. *Soil Organisms as Components of Ecosystems. Ecol. Bull.*, Vol. 25: 122-132.

BOUGUENEC, V., GIANI, N. (1987). Deux nouvelles especes d'*Enchytraeus* (*Oligochaeta, Enchytraeidae*) et redescription d'*E. bigeminus* Niel. & Chr. Remarques sur le genre *Enchytraeus*. *Ann Limnol*, Vol. 23: 9–22.

BROWN, G.G., HENDRIX, P.F., BEARE, M.H. (1998). Earthworms (*Lumbricus rubellus*) and the fate of 15N in surface-applied sorghum residues. *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 30: 1701-1705.

CHAPUIS-LARDY, L., BROSSARD, M., LAVELLE, P., SCHOULLER, E. (1998). Phosphorus transformations in a ferralsol through ingestion by *Pontoscolex corethrurus*, a geophagous earthworm. *Eur. J. Soil Biol.*, Vol. 34, 2: 61-67.

CHRISTENSEN, B. (1959) Asexual reproduction in the *Enchytraeidae* (Olig.). *Nature*, Vol. 184: 1159–1160.

COLEMAN, D.C., WALL, D.H. (2007). *Fauna: The Engine for Microbial Activity and Transport*. U: *Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry* (P. A. Eldor ur.). Academic Press, pp 163-191.

COQ, S., BARTHÉS, B.G., OLIVER, R., RABARY, B., BLANCHART, E. (2007). Earthworm activity affects soil aggregation and organic matter dynamics according to the quality and localization of crop residues – an experimental study (Madagascar). *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 39, 8: 2119-2128.

CORTEZ, J., BILLES, G., BOUCHÉ, M.B. (2000). Effect of climate, soil type and earthworm activity on nitrogen transfer from a nitrogen-15-labelled decomposing material under field conditions. *Biol. Fertil. Soils*, Vol. 30, 4: 318-327.

CORTEZ, J., HAMEED, R.H. (2001). Simultaneous effects of plants and earthworms on mineralization of 15N-labelled organic compounds adsorbed onto soil size fractions. *Biol. Fertil. Soil*, Vol. 33: 218-225.

CURRY, J.P., SCHMIDT, O. (2007). The feeding ecology of earthworms – a review. *Pedobiologia*, Vol. 50, 4: 463-477.

DARWIN, C. R. (1881). The Formation of Vegetable Mould Through the Action of Worms with Observations on their habits. *Nature*, Vol. 24: 553-556.

DASH, M.C. (1990). Oligochaeta: Encytraeidae. U: *Soil Biology Guide* (D. L. Dindal ur.). Wiley, pp 311-340.

DAVIDSON, D.A., BRUNEAU, P.M.C., GRIEVE, I.C., YOUNG, I.M. (2002). Impacts of fauna on an upland grassland soil as determined by micromorphological analysis. *Appl. Soil. Ecol.*, Vol. 20: 133-143.

DESJARDINS, T., CHARPENTIER, F., PASHANASI, B., PANDO-BAHUON, A., LAVELLE, P., MARIOTTI, A. (2003). Effects of earthworm inoculation on soil organic matter dynamics of a cultivated ultisol. *Pedobiologia*, Vol. 47, 5-6: 835-841.

DIAZ COSIN, D. J., NOVO M., FERNANDEZ, R. (2011). Reproduction of Earthworms: Sexual Selection and Parthenogenesis. U: *Biology of Earthworms* (A. Karaca ur.). Springer-Verlag, pp 69–86.

DIDDEN, W.A.M. (1990). Involvement of Enchytraeidae (Oligochaeta) in soil structure evolution in agricultural fields. *Biol. Fertil. Soils*, Vol. 9: 152-158.

DIDDEN, W.A.M. (1993). Ecology of Enchytraeidae. *Pedobiologia*, Vol. 37: 2-29.

DÓZSA-FARKAS, K. (1996). Reproduction strategies in some enchytraeid species. U: *Newsletter on Enchytraeidae* (E. Loránd ur.). Budapest, pp. 25-33.

DÓZSA-FARKAS, K. (1995). *Enchytraeus dudichi* sp. n., a new fragmenting *Enchytraeus* species from Iran (Enchytraeidae, Oligochaeta). *Opusc. Zool. Budapest*, Vol. 27–28: 41–44.

ĐERĐ, T. (2018). Životni ciklus gujavice *Aporrectodea dubiosa* (Örley, 1881). Završni rad. Odjel za biologiju Osijek.

EDWARDS, C. A. (2004). *Earthworm Ecology*, Boca Raton, CRC Press

EDWARDS, C. A., BOHLEN, P. J. (1996). *Biology and ecology of earthworm*, London, Chapman and Hall

FONTE, S.J., KONG, A.Y.Y., VAN KESSE, L C., HENDRIX, P.F., SIX, J. (2007). Influence of earthworm activity on aggregate-associated carbon and nitrogen dynamics differs with agroecosystem management. *Soil Biol. Biochem.* Vol, 39: 1014-1022.

GARCIA, C., HERNÁNDEZ, T., COSTA, F., CECCANTI, B., CIARDI, C. (1992). Changes in ATP content, enzyme activity and inorganic nitrogen species during composting of organic wastes. *Can. J. Soil Sci.*, Vol. 72, 3: 243-253.

GILOT, C. (1997). Effects of a tropical geophageous earthworm, *Millsonia anomala* (Megascolecidae), on soil characteristics and production of a yam crop in Ivory Coast. *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 29, 3-4: 353-359.

GRDIŠA, M., GRŠIĆ, K, GRDIŠA, M.D. (2013). Earthworms – role in soil fertility to the use in medicine and as a food. *Invertebrate Survival Journal*, Vol. 10: 38-45.

HACKENBERGER KUTUZOVIĆ, D., HACKENBERGER KUTUZOVIĆ, B. (2013). Checklist of earthworm fauna of Croatia (Oligochaeta: Lumbricidae). *Zootaxa*, Vol. 3710, 1: 001-030.

HAVALUK, T. (2013). Zoogeografska analiza rasprostranjenosti gujavica (*Lumbricidae*) na području Hrvatske. Diplomski rad. Odjel za biologiju Osijek.

KETTERINGS, Q.M., BLAIR, J.M., MARINISSEN, J.C.Y. (1997). Effects of earthworms on soil aggregate stability and carbon and nitrogen storage in a legume cover crop agroecosystem. *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 29, 3-4: 401-408.

LACHNIGHT, S.L., PARMELEE, R.W., MCCARTNEY, D., ALLEN, M. (1997). Characteristics of macroporosity in a reduced tillage agroecosystem with manipulated

earthworm populations: implications for infiltration and nutrient transport. *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 29, 3-4: 493-498.

LAVELLE, P., MARTIN, A. (1992). Small-scale and large-scale effects of endogeic earthworms on soil organic matter dynamics in soils of the humid tropics. *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 24, 12: 1491-1498.

LEE, K.E. (1985). *Earthworms: their ecology and relationships with soil and land use*, New York, Academic Press Inc.

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. *Botechnolo. Agron. Soc. Environ.*, Vol. 18, 1: 121-133.

LI, X., FISK, M.C., FAHEY, T.J., BOHLEN, P.J. (2002). Influence of earthworm invasion on soil microbial biomass activity in a northern hardwood forest. *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 34, 12: 1929-1937.

MCLEAN, M.A., MIGGE-KLEIAN, S., PARKINSON, D. (2006). Earthworm invasions of ecosystems devoid of earthworms: effects on soil microbes. *Biol. Invasions*, Vol. 8, 6: 1257-1273.

MCLEAN, M.A., PARKINSON, D. (2000). Field evidence of the effects of the epigeic earthworm *Dendrobaena octaedra* on the microfungus community in pine forest floor. *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 32, 3: 1671-1681.

MONROY, F., AIRA, M., GAGO, J.A., DOMINGEZ, J. (2017). Life cycle of the earthworm *Octodrilus complanatus* (Oligocheta, Lumbricidae). *Ann. Biol. And Path.*, Vol. 330, 5: 389-391.

MORA, P., MIAMBI, E., JIMÉNEZ, J.J., DECAËNS, ROULAND, C. (2005). Functional complement of biogenic structures produced by earthworms, termites and ants in the neotropical savannas. *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 37: 1043-1048.

MORRIS, G.M. (1985). Secretory cells in the clitellar epithelium of *Eisenia fetida* (Annelida, Oligochaeta): a histochemical and ultrastructural study. *J. Morphol.*, Vol. 185, 1: 89-100.

NAKAMURA, Y. (1993). A new fragmenting enchytraeid species, *Enchytraeus japonensis* from a cropped Kuroboku soil in Fukushima, Northern Japan. *Edaphologia*, Vol. 50: 37-39.

NIELSEN, C.O., CHRISTENSEN, B. (1963). The Enchytraeidae, critical revision and taxonomy of European species. *Natura Jutlandica*, Vol. 10: 1-23.

ORTIZ-CEBALLOS, A.I., PENA-CABRIALES, J.J., FRAGOSO, C., BROWN, G.G. (2007). Mycorrhizal colonization and nitrogen uptake by maize: combined effect of tropical earthworms and velvetbean mulch. *Biol. Fertil. Soils*, Vol. 44, 1: 181-186.

PADMAVATHIAMMA, P.K., LI, L.Y., KUMARI, U.R. (2008). An experimental study of vermi-biowaste composting for agricultural soil improvement. *Bioresour. Technol.*, Vol. 99, 6: 1672-1681.

PAOLETTI, M.G., SOMMAGGIO, D., FAVRETTO, M.R., PETRUZZELLI, G., PEZZATOSSA, B., BARBAFIERI, M. (1998). Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in different inpur orchards. *Appl. Soil Ecol.*, Vol. 10: 137-150.

POSTMA-BLAAUW, M.B., BLOEM, J., FABER, J.H., VAN GROENIGEN J.W., DE GOEDE R.G.M., BRUSSAARD, L. (2006). Earthworm species composition affects the soil bacterial community and net nitrogen mineralization. *Pedobiologia*, Vol. 50: 243-256.

- ROTA, E. (2020a). Lumbricidae. Fauna europea. https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/a8480c54-4ebf-47f8-88ea-5fb747c701e3#synonymy (pristupljeno: 23.09.2020.)
- ROTA, E. (2020b). Enchytraeidae. Fauna europea. https://fauna-eu.org/cdm_dataportal/taxon/915045c5-67d0-4155-8e8a-6498ddaaf561. (pristupljeno: 27.09.2020.)
- RUSEK, J. (1985). Soil microstructures – contributions on specific soil organisms. *Quaest. Entomol.*, Vol. 21: 497-514.
- SAMPEDRO, L., DOMINGUEZ, J. (2008). Stable isotope natural abundance (d13C and d15N) of the earthworm *Eisenia fetida* and other soil fauna living in two different vermicomposting environments. *Appl. Soil Ecol.*, Vol. 38, 2: 91-99.
- SCHEU, S. (2013). Effects of earthworms on plant growth: patterns and perspectives. *Pedobiologia*, Vol. 47: 846-856.
- SHAW, C., PAWLUK, S. (1986). Faecal microbiology of *Octolasion tyrtaeum*, *Aporrectodea turgida* and *Lumbricus terrestris* and its relation to the carbon budgets of three artificial soils. *Pedobiologia*, Vol. 29, 6: 377-389.
- van VLIET, P.C.J. (2000). Enchytraeids. U: *Handbook of Soil Science*. (M. Summer ur.). Boca Raton. CRC Press, pp 70-77.
- van VLIET, P.C.J., BEARE, M.H., COLEMAN, D.C. (1995). Population dynamics and functional roles of Enchytraeidae (Oligochaeta) in hardwood forest and agricultural systems. *Plant Soil*, Vol. 170: 199-207.
- WOLTERS, V. (1988). Effects of *Mesenchytraeus glandulosus* (Oligochaeta, Enchytraeidae) on decomposition processes. *Pedobiologia*, Vol. 32: 387-398.
- WOLTERS, V., JOERGENSEN, R.G. (1992). Microbial carbon turnover in beech forest soils worked by *Aporrectodea caliginosa* (Savigny) (Oligochaeta, Lumbricidae). *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 24, 2: 171-177.
- ZACHARIAE, G. (1964). Welche Bedeutung haben Enchyträus in Waldboden? U: *Soil Micromorphology*. Amsterdam. Elsevier pp 57-68.
- ZHANG, B.G., LI, G.T., SHEN, T.S., WANG, J.K. (2000). Changes in microbial biomass C, N, and P and enzyme activities in soil incubated with the earthworms *Metaphire guillelmi* or *Eisenia fetida*. *Soil Biol. Biochem.*, Vol. 32, 14: 2055-2062.
- ZHANG, Q.L., HENDRIX, P.F. (1995). Earthworm (*Lumbricus rubellus* and *Aporrectodea caliginosa*) effects on carbon flux in soil. *Soil Sci. Soc. Am.*, Vol. 59, 3: 816-823.