

**ROZWÓJ POPULACJI KOMPOSTOWCA RÓŻOWEGO
(*EISENIA FETIDA* SAV.), *RED HYBRYD OF CALIFORNIA*)
NA GLEBACH ZANIECZYSZCZONYCH ODCIEKAMI KOMUNALNYMI**

**GROWTH OF REDWARMS POPULATION
(*EISENIA FETIDA* SAV.), *RED HYBRYD OF CALIFORNIA*)
ON SOILS POLLUTED BY LEACHATES
FROM MUNICIPAL SOLID WASTE LANDFILLS**

Maciej Małopolski

ABSTRACT

The permanent problem which can be found in municipal solid waste landfills is the occurrence of leachates as a result of decomposition of the organic matter. The leachates contain a huge number of toxic compounds including heavy metals which, soaking into soil, make it agriculturally useless and limit the range of plant species. Permeating into the soil toxins change permanently its chemical composition, eliminate a lot of species from the soil fauna and hinder microflora development, which consequently hinders the normal development of soil formation. As the consequence, there is a necessity of the soil remediation to reinstate its utility. In the conducted research the redworm (*Eisenia fetida* Sav.) was used. The redworm husbandry was carried out on the three types of substrates. The first one was a reference sample, the second one with 200 ml of the leachate and the third one with 400 ml of the leachate. At the beginning of the research, each of the samples were full of 20 sexually mature redworms. The reason for the statistical analysis was to determine the influence of the leachate concentration on the population dynamics and to assess the usefulness of redworms for the reinstating agricultural value of the soil polluted by leachates. The received findings showed great adaptabilities of the redworms to chemically changed soil life conditions. The increase in adults was noticed (from 20 organisms which were used in the experiment to 228 after 3 months of its performing) and also presence of 36 young forms, and 12 cocoons were stated. *Eisenia fetida* should be applied to purify polluted soil as it is a specific, natural and pollution-resistant organism for this biotope, which can be proved by the increase in the population and its great fertility in spite of the toxic environment.

Słowa kluczowe: populacja, odcieki, remediacja, edafon

Key words: population, drains, remediation, soil life

Maciej Małopolski, I Ogólnokształcące Liceum Akademickie im Janiny Kossakowskiej-Dębickiej w Kielcach, e-mail: badger@onet.pl

Wprowadzenie

Siedemdziesiąt procent substancji organicznych trafiających na składowiska odpadów komunalnych ulega rozkładowi mikrobiologicznemu. W wyniku tego rozkładu 10% materiału biologicznego opuszcza składowisko pod postacią odcieków. Część powstałych odcieków odprowadzana jest do oczyszczalni, gdzie jest

bezpiecznie zagospodarowana. Ilość odcieków utylizowanych w oczyszczalniach stanowi jedynie około 0,4% (Surmacz-Górska 2001). Część jednak przenika do gleb. Powstałe odcieki zawierają bardzo duże ilości związków toksycznych, w tym metali ciężkich, które przenikając do gleby, wpływają na jej bezużyteczność rolniczą oraz ograniczają różnorodność gatunkową roślin. Przenikanie toksyn do gruntu trwale zmienia skład

chemiczny gleby, eliminuje wiele gatunków pedofauny, hamuje rozwój mikroflory, co w konsekwencji uniemożliwia prawidłowy przebieg procesów glebotwórczych (Szyc 2003).

Określenie ilości przenikających odcieków zależy od rodzaju odpadów, stopnia ich rozdrobnienia, wieku składowiska, ilości wód opadowych, ukształtowania terenu, kierunku spływu wód opadowych oraz składu gatunkowego roślinności porastającej powierzchnię składowiska (Kulikowska i in. 2007). Toksyczność odcieków jest tak duża, że udział bakterii glebowych i grzybów saprofitycznych w procesach glebotwórczych zostaje poważnie ograniczony. Do metod stosowanych w remediacji gleb zanieczyszczonych substancjami toksycznymi, które są najbardziej bezpieczne, stosuje się metody biologiczne. Nie naruszają one stanu równowagi w ekosystemach. Polegają na wykorzystaniu organizmów żywych, charakterystycznych dla danego biotopu. Przeprowadzone dotychczas badania wskazują, że organizmami pedofauny o stosunkowo dużym stopniu tolerancji na wysokie stężenia zanieczyszczeń, np. niektórych metali, oraz zdolnościami kumulowania ich w organizmie są dżdżownice (Mazur, Filipek-Mazur 1999, Józwiak 2014). Duże zdolności przystosowawcze dżdżownic powodują, że ich siedliskiem mogą być biotopy w znacznym stopniu zmienione przez człowieka (Curry 1998).

Organizmem, który może w znacznym stopniu przyczynić się do przywracania zanieczyszczonym glebom ich wartości rolniczych może być zastosowanie czerwonej krzyżówki kalifornijskiej (*Eisenia fetida* Sav.), kompostowca różowego, dżdżownicy odpornej na toksyny środowiskowe (Józwiak, Rybiński 2009).

Za przydatnością kompostowca różowego w procesach zooremediacji gleb zanieczyszczonych, oprócz odporności na toksyny świadczy również duża płodność dżdżownicy gwarantująca intensywny przyrost osobników w remediowanym podłożu oraz długowieczność tego organizmu. Zastosowanie organizmów żywych w procesach oczyszczania środowiska niesie ze sobą korzyści wynikające z rezygnacji w zastosowaniu środków chemicznych, wprowadzenie których mogło by naruszyć równowagę ekosystemową.

Celem badań było określenie przydatności kompostowca różowego do remediacji gleby zanieczyszczonej chemicznymi odciekami, pochodzącymi ze składowisk odpadów komunalnych.

Charakterystyka obiektu badań

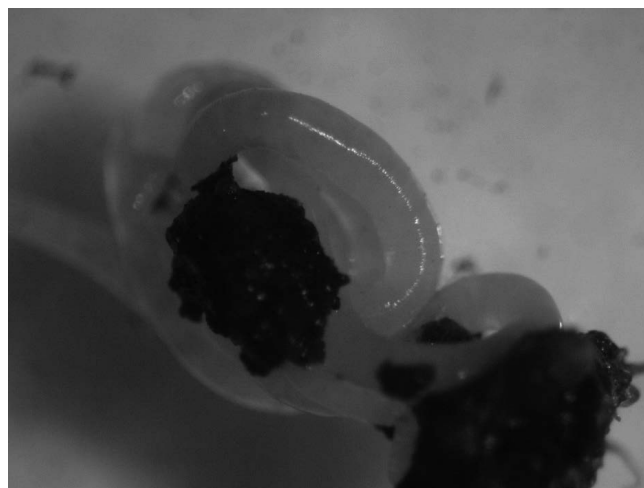
Systematyka klasyfikuje czerwoną hybrydę kalifornijską do typu – pierścienic, gromady – siodełkowców,

podgromady – skąposzczetów, rzędu – *Haplotaxida*, rodziny – dżdżownicowatych, rodzaju – *Eisenia*, gatunku – kompostowiec różowy (*Eisenia fetida*).

Kompostowca różowego otrzymano w wyniku krzyżówek genetycznych w laboratoriach Kalifornii. Celem manipulacji genetycznych było zwiększenie płodności pierścienicy, wydłużenie czasu życia zwierzęcia oraz zwiększenie odporności na zanieczyszczenia środowiskowe. W efekcie krzyżówek genetycznych otrzymano hybrydę kalifornijską żyjącą 5-krotnie dłużej od dżdżownicy ziemnej (15–16 lat), 3-krotnie płodniejszą (z 2 do 6 larw w kokonie) (Monroy i in. 2006) oraz bardzo odporną na toksyczne zmiany składu chemicznego gleby. Postacie dorosłe są brunatnoczerwone, wykształcają siodełko (*clitellium*), z rzędem szczecinek pokrywających ciało i mierzące do 10 cm (fot. 1). Stadia larwalne są jasne, niewybarwione, o długości do 2 cm (fot. 2). Kokony budowane z ce-

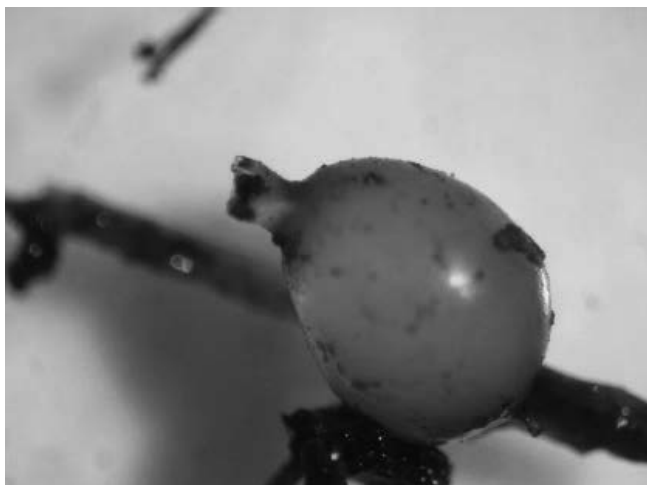


Fot. 1. Postać dorosła z widocznym *clitellium* (Fot. M.A. Józwiak)



Fot. 2. Stadium młodociane (Fot. M.A. Józwiak)

lulozy przypominają ampulki, na jednym z końców pozostawiony jest otwór, przez który larwa opuszcza osłonę (fot. 3).



Fot. 3. Kokon jajowy (Fot. M.A. Józwiak)

Dżdżownice kalifornijskie są obojnakami – każdy osobnik posiada gamety męskie i żeńskie. Podczas kopulacji dwa osobniki wymieniają między sobą gamety. Po kilku dniach siodełko wytwarza stwardniałą, błoniastą mufkę wypełnioną gęstą cieczą. Mufka przesuwa się ruchami ciała, pobiera dojrzałe jaja, po dotarciu do zbiorników nasiennych pobierane są plemniki. Powstaje kokon, gdzie następuje zapłodnienie (Wesołowski 2008). Dżdżownica odgrywa istotną rolę w ekosystemie, wpływając na kwasowość środowiska. Pokarm miesza w przewodzie pokarmowym z węglanami wapnia – wydzielina gruczołów Morena, neutralizująca kwasy humusowe (Błaszak 2009). W optymalnych warunkach żyje 16 lat i zwiększa swoją populację w ciągu roku 21-krotnie. Każda dżdżownica pobiera dziennie ilość pokarmu odpowiadającą wielkości jej wagi ciała, wydała w postaci koprolitów 50% tego, co pochłonie. Żyje gromadnie.

Metoda badań

W celu realizacji badań w 2016 roku w pojemnikach polietylenowych założono hodowlę kompostowca różowego (fot. 4). Założone hodowle zarówno dla próbki kontrolnej, jak i dwóch badawczych zachowywały te same warunki, tj. temperaturę 10–12°C, pH 7,1, wilgotność 85%. Podłożem była ziemia próchnicza o zawartości w mg/l: chlorki – 150, azot – 170, bor – 3,35, fosfor – 670, mangan – 49,2, potas – 1280, miedź – 1,72, wapń – 770, cynk – 48,8, magnez – 490, żelazo – 176,4. W każdej próbce umieszczono 20 sztuk

dojrzałych płciowo dżdżownic, a następnie do próbek badawczych dodano odpowiednio po 200 ml i 400 ml odcieków pochodzących z dzikiego składowiska odpadów komunalnych. Podczas przebiegu doświadczenia dodawano do hodowli bibułę laboratoryjną celem dostarczenia dżdżownicom celulozy niezbędnej do budowy kokonów. Szacowanie liczebności populacji odbyło się dwukrotnie. Pierwszy termin po trzech miesiącach trwania doświadczenia (2.02.2016 r.), drugi po kolejnych trzech miesiącach (18.05.2016 r.). Każdorazowo określano liczebność populacji próbki kontrolnej, próbki z 200 ml odcieków i próbki z 400 ml odcieków.



Fot. 4. Łoża *Eisenii fetida* Sav. w czasie prowadzonych badań (fot. M. Małopolski)

Do badania wpływu odcieków na procesy rozrodcze w analizowanych populacjach posłużono się współczynnikiem urodzeń (R), określającym całkowitą liczbę urodzonych osobników do całkowitej wielkości populacji. Obliczono go według wzoru:

$$R = \frac{b}{N}$$

gdzie:

b – liczba potomstwa (osobniki niewybarwione), N – przeciętna wielkość populacji (osobniki wybarwione i niewybarwione).

W cyklu trzymiesięcznym wyliczono wartość N według wzoru:

$$N = \frac{N_0 + N_t}{2}$$

gdzie:

N_0 – liczebność początkowa, N_t – liczebność końcowa (po upływie czasu t) (Banaszak, Wiśniewski 2004).

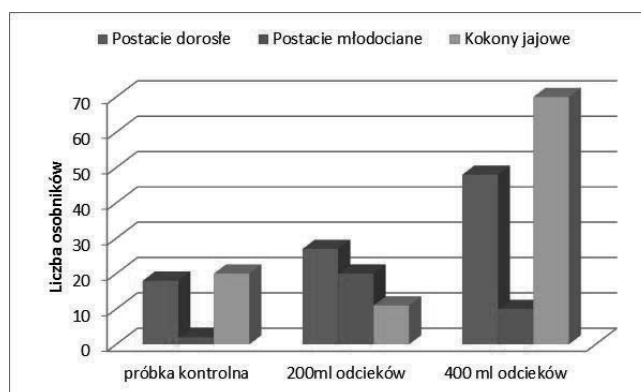
Wyniki

Przeprowadzone badania pozwoliły na stwierdzenie, że liczebność populacji każdego stadium rozwojowego notowanego w próbie kontrolnej rośnie w każdym terminie pomiarów z wyjątkiem ilości postaci dorosłych w terminie 2.02.2016 r., kiedy odnotowano spadek w stosunku do ilości z dnia rozpoczęcia badań. Największe zmiany w liczebności populacji stwierdzono wśród postaci dorosłych i wyniosły one odpowiednio 140 osobników w terminie 18.05.2016 r. w hodowli z 200 ml odcieków i 228 osobników w terminie 18.05 w hodowli z 400 ml odcieków (tab. 1).

Tabela 1. Liczebność populacji postaci dorosłych, młodocianych i kokonów w dwóch terminach pomiarów

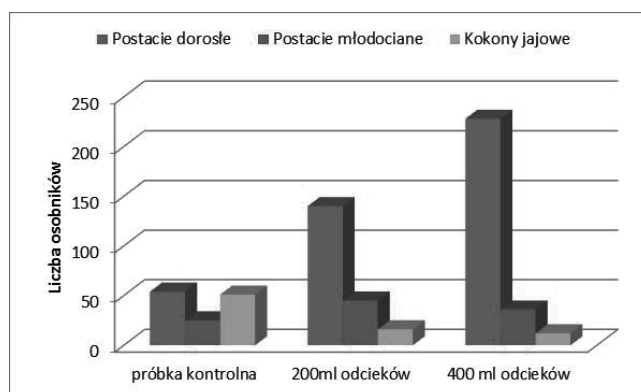
| Rodzaj próbki | Postacie dorosłe | Postacie młodociane | Kokony jajowe |
|---|------------------|---------------------|---------------|
| Rozpoczęcie badań 3.11 2015 r. | 20 | 0 | 0 |
| Łoże kontrolne Termin I (2.02 2016 r.) | 18 | 2 | 20 |
| Łoże z dodatkiem 200 ml odcieków Termin I (2.02 2016 r.) | 27 | 20 | 11 |
| Łoże z dodatkiem 400 ml odcieków Termin I (2.02 2016 r.) | 48 | 10 | 70 |
| Łoże kontrolne Termin II (18.05. 2016 r.) | 54 | 25 | 51 |
| Łoże z dodatkiem 200 ml odcieków Termin II (18.05. 2016 r.) | 140 | 45 | 16 |
| Łoże z dodatkiem 400 ml odcieków Termin II (18.05. 2016 r.) | 228 | 36 | 12 |

Analiza liczebności populacji stadiów rozwojowych w I terminie (2.02.2016r.) wskazuje, że największy wzrost liczebności odnotowano w przypadku kokonów jajowych i postaci dorosłych w próbce zawierającej dodatek 400 ml odcieków. Najmniej osobników stwierdzono w przypadku postaci młodocianych w próbce kontrolnej (ryc. 1).



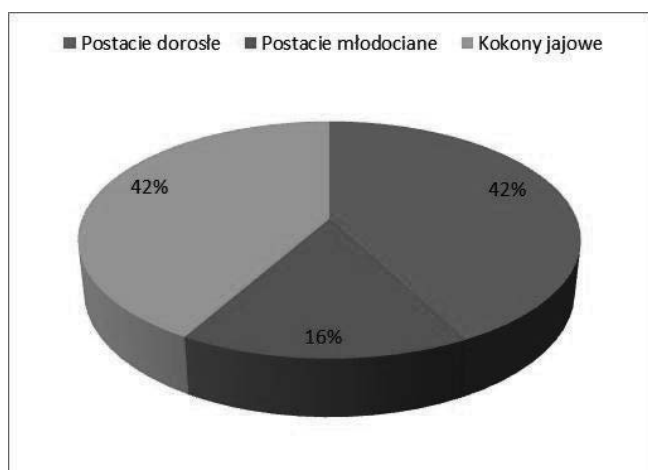
Ryc. 1. Liczebność osobników stwierdzonych w terminie 2.02.2016 r.

W II terminie (18.05.2016 r.) największy wzrost liczebności stwierdzono w przypadku kohorty postaci dorosłych w próbce z dodatkiem 400 ml odcieków i jednocześnie najmniejszą ilość kokonów jajowych (ryc. 2).

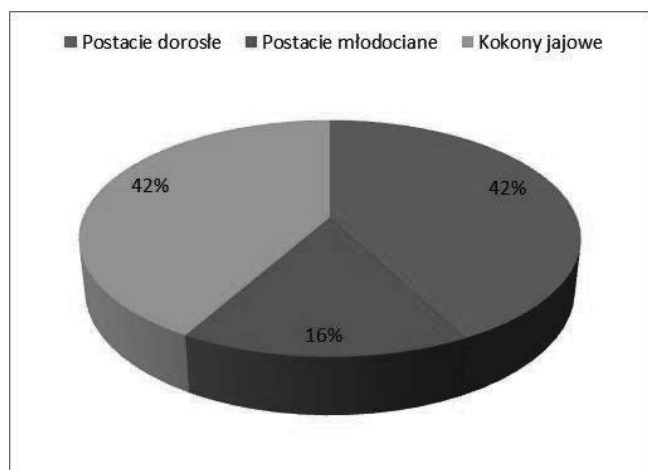


Ryc. 2. Liczebność osobników stwierdzonych w terminie 18.05.2016 r.

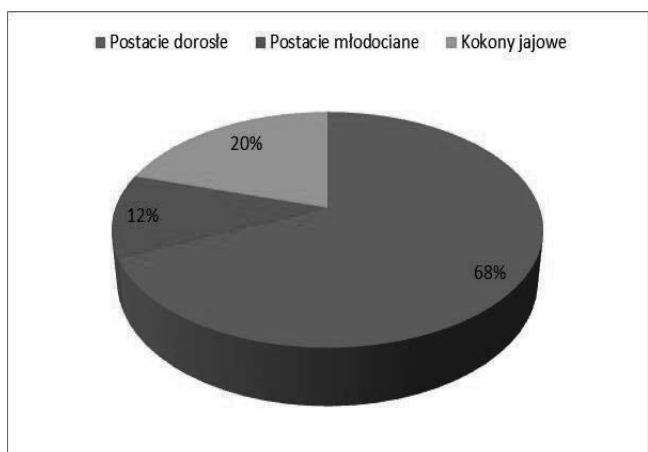
Analiza zmiennej liczebności badanych stadiów rozwojowych w dwóch terminach pozwoliła na stwierdzenie, że procentowy udział dojrzałych płciowo osobników w próbach badawczych w obydwu terminach pomiarów w stosunku do procentowego udziału form młodocianych, niedojrzałych płciowo i kokonów jajowych zarówno w hodowli z 200 ml, jak i 400 ml odcieków jest największy (ryc. 3–5).



Ryc. 3. Procentowy udział stadiów rozwojowych *Eisenia fetida* w próbce kontrolnej w okresie przyjętym do badań



Ryc. 4. Procentowy udział stadiów rozwojowych *Eisenia fetida* w próbce z dodatkiem 200 ml odcieków w okresie przyjętym do badań



Ryc. 5. Procentowy udział stadiów rozwojowych *Eisenia fetida* w próbce z dodatkiem 400 ml odcieków w okresie przyjętym do badań

Najmniejszy procentowy udział w obu próbkach zanotowano w odniesieniu do osobników młodocianych.

Zgodnie założeniami metodycznymi dla każdej próby wyliczono współczynnik urodzeń R oraz przeciętną wielkość populacji N (osobniki dojrzałe i niedojrzałe płciowo). Wartość współczynników przedstawia się następująco:

W I terminie (2.02.2016 r.)

dla próby kontrolnej $R = 0,1$; $N = 20$

dla próby z 200 ml odcieków $R = 0,29$; $N = 29$

dla próby z 400 ml odcieków $R = 0,59$; $N = 69$

W II terminie (18.05.2016 r.)

dla próby kontrolnej $R = 0,32$; $N = 49,5$

dla próby z 200 ml odcieków $R = 0,24$; $N = 102,5$

dla próby z 400 ml odcieków $R = 0,14$; $N = 142$

Wskaźnik urodzeń w próbce kontrolnej rośnie (od 0,1 do 0,32), w próbach z 200 ml i 400 ml odcieków spada w obu terminach pomiaru kolejno (R z 0,29 do 0,24; z 0,59 do 0,14). Przeciętna wielkość populacji rośnie w każdej próbce i kolejnych terminach pomiarów (N z 20 do 142).

Zakończenie

Ilość produkowanych odpadów komunalnych powoduje powiększanie się liczby ich składowisk, także tych niekontrolowanych. Podczas zalegania odpadów i ich rozkładu powstają odcieki, które przenikają do podłoża. Zanieczyszczone w ten sposób gleby przestają być użyteczne rolniczo i stanowią zagrożenie dla środowiska.

Toksyczność odcieków wpływa również na skład gatunkowy fauny glebowej. Organizmy bardziej wrażliwe giną lub wynoszą się z zanieczyszczonego biotopu. Szanse na przeżycie i rozród mają gatunki zdolne do adaptacji w zmienionych warunkach. Z przeprowadzonych badań wynika, że do tych gatunków zaliczyć można kompostowca różowego.

Literatura

- Banaszak J., Wiśniewski H., 2004: Podstawy ekologii. Wydawnictwo Adam Marszałek, Toruń, ISBN: 83-7322-888-8.
- Błaszak C. (red.), 2009: Zoologia: bezkręgowce. T. 1. Warszawa: PWN, ss. 645.
- Curry J.P., 1998: Factors affecting earthworm abundance in soils. Earthworm ecology. C.A.Edwards (ed) ST. Lucie Press, Boca Raton: 37-64.
- Jóźwiak M.A., 2014: Wykorzystanie organizmów wskaź-

- nikowych w bioindykacji środowisk lądowych i wodnych, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce, ss. 281.
- Jóźwiak M.A., Rybiński P., 2009: Możliwości wykorzystania czerwonej krzyżówki kalifornijskiej (*Eisenia fetida* Sav.) do utylizacji odpadów organicznych pochodzenia przemysłowego, *Monitoring Środowiska Przyrodniczego*, 10.
- Kulikowska D., Klimiuk E., Drzewicki A., 2007: BOD5 and COD removal and sludge production SBR working with or without anoxic phase, *Bioresource Technology* 98: 1426–1432.
- Mazur K., Flipek-Mazur B. 1999: The use of organic fertilizers in Poland and agricultural usability of alternative (unconventional) fertilizer. *Sbornik Konf. „Racionalni pouziti hnojiv”*, CZU v Praze: 68–72.
- Monroy F., Aira M., Domínguez J., Velando A., 2006: Seasonal population dynamics of *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) (*Oligochaeta, Lumbricidae*) in the field, *C.R. Biologies* 329: 912–915.
- Wesołowski A., 2008: Gąsienice do roboty! „Recykling”. 2(86): 22–23.
- Surmacz-Górska J., 2001: Degradacja związków organicznych zawartych w odciekach z wysypisk, *Monografie Komitetu Inżynierii Środowiska PAN*, vol. 5.
- Szyc J., 2003: Ocieki ze składowisk odpadów komunalnych, *Monografia*. Wyd. Naukowe Gabriel Borowski, Warszawa.

STRESZCZENIE

Stałym problemem występującym na wysypiskach odpadów komunalnych jest powstawanie odcieków, będących wynikiem rozkładu dostarczonej i rozkładanej materii organicznej. Powstałe ocieki zawierają bardzo duże ilości związków toksycznych, w tym metali ciężkich, które przenikając do gleby, wpływają na jej bezużyteczność rolniczą oraz ograniczają różnorodność gatunkową roślin. Przenikanie toksyn do gruntu trwale zmienia skład chemiczny gleby, eliminuje wiele gatunków pedofauny, hamuje rozwój mikroflory, co w konsekwencji uniemożliwia prawidłowy przebieg procesów glebotwórczych. Zachodzi zatem konieczność remediacji gleby w celu przywrócenia jej wartości użytkowych, rolniczych. W przeprowadzonych badaniach zastosowano kompostowca różowego (*Eisenia fetida* Sav.). Hodowlę dżdżownicy prowadzono na trzech typach łoży. Pierwsze jako próbka odniesienia, drugie z zawartością 200 ml odcieków, trzecie z zawartością 400 ml odcieków. Każde z łoży w momencie rozpoczęcia badań zadano dwudziestoma dojrzałymi płciowo dżdżownicami. Analiza liczebności populacji miała na celu określenie wpływu koncentracji odcieków na dynamikę liczebności populacji i na tej podstawie określenie przydatności kompostowca różowego

w przywracaniu wartości rolniczych glebom zanieczyszczonym odciekami. Otrzymane wyniki wykazały bardzo duże zdolności adaptacyjne dżdżownicy do zmienionych chemicznie warunków edaficznych. Odnotowano wzrost liczebności postaci dorosłych (z 20 osobników rozpoczynających przebieg eksperymentu do 228 po trzech miesiącach trwania eksperymentu) oraz stwierdzono obecność 36 form młodocianych i 12 kokonów jajowych. *Eisenia fetida* powinna znaleźć zastosowanie w oczyszczaniu gleb zanieczyszczonych chemicznie, ponieważ jest organizmem charakterystycznym i naturalnym dla tego biotopu, odpornym na zanieczyszczenia, o czym świadczy wzrost liczebności populacji i zachowanie dużej płodności mimo toksyczności środowiska.