



## V Konferencja „Ekologiczne i gospodarcze znaczenie dżdżownic”

(Rzeszów, 25-26 września 2003 r.)

W ciągu ostatnich 10 lat już po raz piąty odbyła się konferencja naukowa na temat „Ekologia i gospodarcze znaczenie dżdżownic”<sup>1</sup>, tradycyjnie już zorganizowana przez Zakład Przyrodniczych Podstaw Produkcji Rolniczej Uniwersytetu Rzeszowskiego (dawniej Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie Filia w Rzeszowie). Konferencja była jednym z wielu spotkań naukowych, które odbyły się w Rzeszowie w jubileuszowym roku 30-lecia akademickich studiów ekologiczno-rolniczych prowadzonych w tym mieście. W trakcie obrad konferencji zaprezentowano 32 prace 61 autorów<sup>2</sup>. Wiele z przedstawionych wystąpień poświęconych było także szeroko rozumianej biotechnologii rozkładu odpadów organicznych przy udziale kontrolowanych wermikultur *Eisenia fetida* (Annelida, Oligochaeta: Lumbricidae), wpływu wermikompostu na zmiany jakości gleby oraz wielkość plonowania i zdrowotność uprawianych roślin, a także fizjologii tych zwierząt i badaniom populacyjnym.

Szczególnie rozwijane są badania dotyczące przetwarzania odpadów organicznych w wermikulturach, zwłaszcza osadów ściekowych. Pełne zagospodarowanie osadów ściekowych z mechaniczno-biologicznych oczyszczalni ścieków jest nadal dość kłopotliwe ze względów technologicznych, organizacyjnych i eko-

<sup>1</sup> Informacje na temat poprzednich konferencji „Ekologiczne i gospodarcze znaczenie dżdżownic”, które odbyły się w Rzeszowie w latach 1994, 1996, 1998, 2000 przedstawiono na łamach „Biotechnologii” 1996, 1 (32), 183-186; 1998, 3 (42), 164-171; 1999, 3 (46), 185-194; 2001, 4 (55), 228-236.

<sup>2</sup> Red. Kostecka J., Kaniuczak J., (2003), Materiały V Krajowej Konferencji Naukowej „Ekologiczne i gospodarcze znaczenie dżdżownic” (Rzeszów, 25-26 września 2003 r.). Zeszyty Naukowe Południowo-Wschodniego Oddziału Polskiego Towarzystwa Inżynierii Ekologicznej i Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego, Rzeszów, 4, 73.

nomicznych. Na ogół względy natury technicznej i sanitarnej ograniczają możliwości bezpośredniego przyrodniczego wykorzystania osadów, bez uprzedniego uzdatniania, np. poprzez stabilizację tlenową lub beztlenową, względnie kompostowanie. Zasobne w substancje organiczne i mineralne składniki pokarmowe komunalne osady ściekowe są przed wprowadzaniem do gleby najczęściej kompostowane z różnymi dodatkami organicznymi o charakterze strukturotwórczym. Jedną z metod przerobu osadów ściekowych jest ich przetwarzanie na kompost przy udziale zagęszczonych populacji *Eisenia fetida*. Korzyści wynikające z prowadzenia wermikultur na osadach ściekowych związane są głównie z przewagą w kompostowanej biomase reakcji tlenowych nad beztlenowymi, znaczną mineralizacją substancji organicznych, utratą uciążliwych ze względów sanitarnych właściwości zapachowych, poprawą struktury mechanicznej osadu, obniżeniem zawartości związków azotu i metali ciężkich, wzrostem zawartości dostępnych dla roślin form makroelementów (P, K, Ca, Mg), obniżeniem objętości wyjściowej osadu (o 50-80%) oraz obniżeniem skażeń mikroorganizmami patogennymi (badania na terenie miejskiej oczyszczalni ścieków w Kluczborku). Skład chemiczny otrzymanego kompostu w dużym stopniu zależy od rodzaju organicznych dodatków wprowadzanych do osadów w procesie kompostowania. Wykazano, np. że najwyższe koncentracje azotu, fosforu, potasu, magnezu, miedzi, cynku i kadmu występowały w kompostowanym osadzie ściekowym z dodatkiem słomy, natomiast wapnia, ołowiu i niklu – z dodatkiem liści (komunalna oczyszczalnia ścieków w Gryfinie).

Osady ściekowe i wytworzone z nich wermikomposty charakteryzują się na ogół dobrymi właściwościami nawozowymi. Są źródłem substancji organicznej i wielu składników pokarmowych. Możliwość wykorzystania ich w rolnictwie zależy jednak od ich właściwości sanitarno-higienicznych oraz od zawartości metali ciężkich, np. kadmu. Całkowita zawartość metali ciężkich jest podstawowym kryterium pozwalającym na rolnicze zagospodarowanie osadów ściekowych. Pełna kontrola oddziaływania zastosowanych materiałów na środowisko jest możliwa dopiero na podstawie oceny łatwości ich przechodzenia do roztworu glebowego w dłuższych okresach, np. ocena zmian udziału form kadmu w glebach pobranych po 2, 4 i 6 latach od wprowadzenia do gleby osadu ściekowego oraz wermikompostu. Dodanie do osadu węgla brunatnego i poddanie tego materiału wermikompostowaniu prowadzi do ograniczenia mobilności kadmu, wyrażonej znacznie niższym udziałem frakcji labilnych rozpuszczalnych w wodzie. Stwierdzone różnice zarówno w całkowitej zawartości kadmu w glebach, jak również w udziale poszczególnych frakcji tego metalu w czasie, wskazują na znacznie wolniejszy przebieg procesu uwalniania tego metalu z fazy stałej do roztworu glebowego z wermikompostu niż z osadu.

Wermikompost wyprodukowany z osadu ściekowego zawierającego kadm nie jest całkowicie pozbawiony tego pierwiastka. Chociaż jego zawartość w wyprodukowanym kompoście jest wyraźnie mniejsza, to jednak stosowanie wzrastających w trakcie nawożenia dawek wermikompostu powoduje również wzrost kadmu w uprawianych roślinach.

Osobniki różnych gatunków *Lumbricidae* są tolerancyjne w stosunku do wysokich stężeń niektórych metali w podłożu oraz mają zdolność ich kumulowania w swoim organizmie. Przykładem jest wysoka akumulacja chromu w tkankach osobników *Eisenia fetida* żyjących w kompostach powstałych z osadów ścieków garbarskich. Zastosowanie do nawożenia wermikompostów wyprodukowanych z osadów ścieków garbarskich z dodatkami powoduje istotne obniżenie zawartości ruchliwych form cynku, ołowiu i kadmu w glebie, a nie wpłynęło na zawartość ruchliwych form miedzi i chromu.

W przypadku zadziałania czynnika stresowego (np. skażenia metalami ciężkimi) reakcja organizmów może być behawioralna (unikanie czynnika stresowego), względnie organizmy wyginą lub przystosują się do życia w zmienionych warunkach na drodze aklimacji lub adaptacji. W przypadku chronicznego skażenia środowiska metalami ciężkimi można się spodziewać przystosowania adaptacyjnego.

Chociaż już dawno stwierdzono, że *Lumbricidae* mogą występować w środowiskach skażonych wysokimi dawkami metali ciężkich, a także, iż potrafią akumulować w swoich ciałach wysokie stężenia metali ciężkich, to jednak nie jest ostatecznie rozstrzygnięte, czy zaobserwowane przystosowania mają charakter adaptacyjny. Na podstawie badań populacji *Dendrobaena octaedra* obejmujących populację rodzicielską pochodzącą z terenu (stanowiskach w borach mieszanych (*Pino-Quercetum*): silnie zanieczyszczona metalami ciężkimi gleba lasu w okolicach Olkusza, umiarkowanie skażona gleba Puszczy Niepołomickiej i nieskażona gleba Puszczy Kampinoskiej) oraz pierwsze pokolenie hodowane w laboratorium wykazano, że masa ciała w terenie, jak się wydaje, jest cechą populacyjną i trwałe skażenie gleby w umiarkowanych dawkach nie wpływa na rozmiary tych zwierząt. Osobniki pochodzące z terenów skażonych miały natomiast wyższe stężenia kadmu w ciele.

Zwierzęta hodowane w glebie skażonej kadmem rozmnażały się mniej intensywnie. Kadm wpływał negatywnie na produkcję kokonów, alokację reprodukcyjną i wylęgalskość kokonów. Silniejszy negatywny wpływ kadmu na rozmnażanie zaobserwowano u populacji pochodzącej z terenu nieskażonego (Puszcza Kampinoska) niż skażonego (okolice Olkusza). Badane populacje różniły się przeżywalnością. Osobniki hodowane w glebie skażonej kadmem żyły istotnie krócej niż hodowane w czystej glebie. Dla pokolenia  $F_1$  w warunkach laboratoryjnych najwrażliwszym okresem w życiu jest pierwszych 5-7 miesięcy. W okresie tym występuje najwyższa śmiertelność osobników. Śmiertelność osobników hodowanych w glebie skażonej kadmem była istotnie wyższa niż hodowanych w czystej glebie. Kadm spowodował wyraźne przedłużenie okresu przedrodzicznego. Osobniki hodowane w glebie skażonej kadmem, niezależnie od akumulacji tego pierwiastka w tkankach, rozmnażają się później i przy niższej masie ciała.

Jednym z kryteriów przydatności nawozów organicznych do stosowania w uprawie roślin są zanieczyszczenia biologiczne. O ile w próbkach nawozów organicznych tylko sporadycznie stwierdza się obecność bakterii z rodzaju *Salmonella* (*Enterobacteriaceae*) o tyle jaja pasożytów jelitowych z rodzaju *Ascaris*, *Trichuris*

i *Toxocara* (*Nemathelminthes*, *Nematoda*) występują dość często w ilościach od kilkudziesięciu do kilkuset sztuk w 1000 g nawozu. Vermikomposty wytwarzane są obecnie głównie z obornika, osadów ściekowych oraz odpadów gospodarczych. Technologia przetwarzania tych odpadów na wermikompost, z uwagi na wymogi życiowe *Eisenia fetida*, jest procesem niskotemperaturowym, co nie pozwala na higienizację zanieczyszczonego surowca. O zanieczyszczeniu produktu (wermikompostu) decyduje zatem poziom zanieczyszczenia odpadu użytego do przetwarzania przez dżdżownice. Vermikomposty wytworzonych z obornika i osadów ściekowych nie są całkowicie wolne od zanieczyszczeń biologicznych. Nawet w wermikompostach będących już produktem handlowym występują ponadnormatywne ilości żywych jaj pasożytów jelitowych, co dyskwalifikuje możliwość ich wykorzystania do nawożenia roślin warzywnych, bez wyraźnego ostrzeżenia użytkownika o konieczności dokładnego mycia uzyskanych warzyw. Proces wytwarzania wermikompostów nie pozwala na ich higienizację i w związku z tym analiza zanieczyszczenia surowca powinna być kryterium jego przydatności do produkcji wermikompostów. Wyniki badań przeprowadzonych na próbkach wermikompostów dostępnych w handlu w formie 10-18% zawiesiny wskazują na zanieczyszczenie tego nawozu przez jaja pasożytów jelitowych w różnym stopniu (9-15 jaj/dm<sup>3</sup>). Obecność dominujących w nawozie jaj pasożytów (np. *Ascaris lumbricoides hominis*, *A.l. suis* lub *Trichocephalus suus*) uzależniona jest od rodzaju obornika, z którego wytworzono wermikompost. Mimo stosunkowo niskiej liczebności jaj pasożytów stwierdzanych w opakowaniu jednostkowym płynnych wermikompostów (dm<sup>3</sup>) to jednak po przeliczeniu na suchą masę nawozu poziom skażenia biologicznego wermikompostów może wielokrotnie przekraczać dopuszczalną normatywną wartość 10 jaj/kg s.m. nawozu.

Wśród fauny glebowej *Lumbricidae*, należąc do grupy *ecosystem engineers*, budują systemy korytarzy i modyfikują w znacznym stopniu strukturę gleby, mieszają jej warstwy i tworzą przestrzenie życiowe dla innych organizmów, co ma zasadnicze znaczenie dla rekultywacji tych terenów. Szczególnie wiele informacji o biologii gleby dostarczają badania wpływu aktywności *Lumbricidae* w zależności od stopnia antropopresji w ekosystemie. *Lumbricidae* poprzez znaczący udział w rozkładzie materii organicznej wywierają istotny wpływ na przebieg procesów glebowych. Oszacowanie jego intensywności możliwe jest m.in. poprzez ocenę wielkości produkcji koprolitów powierzchniowych, ilości wynoszonych wraz z nimi na powierzchnię gleby organicznego węgla i organicznego azotu oraz określenie stopnia rozbudowania systemu kanałów powstających w podobnych warunkach glebowych w zależności od sposobu użytkowania gruntu i stopnia zagęszczenia gleby w uprawach polowych. W uprawie tej wzrost gęstości objętościowej gleby przyczyniał się do ograniczenia powierzchni przekrojów kanałów i ich objętości. Wraz ze wzrostem zagęszczenia gleby, wydłuża się okres deponowania koprolitów powierzchniowych i istotnie wzrasta ich masa. W konsekwencji w najbardziej zagęszczonej glebie, nie tylko wynoszą w koprolitach większą ilość C<sub>org</sub> i N<sub>org</sub>, ale w większym stopniu zachowują ciągłość kanałów.

Ocena efektywności *Lumbricidae* w odtwarzaniu warunków glebowych jest szczególnie ważna w przypadku środowisk silnie zdegradowanych, np. na terenach po-przemysłowych w osadnikach byłych Krakowskich Zakładów Sodowych „Solvay” w Krakowie. W eksperymentach przeprowadzonych w osadnikach wykazano znaczącą rolę *Lumbricidae* w odtwarzaniu właściwej struktury gleb przemysłowo zdegradowanych i potwierdziły wybór *Eisenia fetida* jako gatunku odpowiedniego do introdukcji w nagromadzonych osadach (rozwój populacji inicjalnej i pojawiające się kolejne stadia rozwojowe, powstawanie licznych kanałów intensywnie wypełnionych koprolitami, wzbogacanie środowiska w mikroorganizmy).

Interesującym kierunkiem badawczym są badania dotyczące fizjologii dżdżownic oraz strategii życiowych i cech populacji w różnych warunkach środowiskowych, w tym funkcje na poziomie komórkowym w oparciu na badaniach w warunkach hodowli *in vitro* celomocytów *Lumbricidae*. Celomocyty (eleocyty oraz amebocyty hialinowe i granularne) biorą udział w licznych komórkowych mechanizmach odpornościowych (np. fagocytoza, enkapsulacja, odrzucanie przeszczepów, cytotoksyczność). Zarówno w warunkach naturalnych, jak i eksperymentalnych, komórki te zostają wyrzucone z jamy ciała (celomy) poprzez grzbietowe pory w ścianie ciała po spowodowaniu konwulsyjnych skurczów mięśni (np. niskim stężeniem etanolu lub 5V prądem elektrycznym). Po zakończeniu doświadczeń skład celomocytów, wśród których dominowały amebocyty hialinowe, różnił się znacznie od składu wyjściowego, kiedy połowę celomocytów stanowiły eleocyty.

Dla celów badawczych bardzo przydatne jest wyprowadzenie *in vitro* linii komórkowych celomocytów, jednak – jak dotąd – długotrwałe utrzymanie tych komórek w takich warunkach nastęrcza duże trudności. Przyczyną niepowodzeń może być naturalna flora bakteryjna obecna w jamie ciała osobników *Lumbricidae* pochodzących ze środowiska naturalnego, co wykazano w warunkach eksperymentalnych hodowli celomocytów *Dendrobaena veneta*. Wyjściowa populacja celomocytów *D. veneta* zawiera zarówno amebocyty i eleocyty. Ich proporcja zmienia się na korzyść amebocytów w trakcie kolejnego pozyskiwania celomocytów metodą nieinwazyjną od tego samego okazu. W trakcie hodowli *in vitro* stopniowo dominują komórki o morfologii eleocytów. Stanowią one zdecydowaną większość w hodowlach kilkumiesięcznych. Przyjęto następującą technologię założenia i prowadzenia hodowli. Celomocyty pozyskiwano przez rozcięcie ściany ciała osobników *Lumbricidae* po uprzednim znieczuleniu na lodzie. Po odwirowaniu płynu celomatycznego pelet komórek zawieszano w medium hodowlanym L-15 (Sigma). Celomocyty hodowano w sterylnych płytkach 24-dółkowych, w medium L-15 zawierającym 10% FBS (Sigma), NaHCO<sub>3</sub>, HEPES (Sigma), 2-merkaptoetanol (Sigma) oraz antybiotyki – 1% streptomycyna/penicylina (Sigma) i 0,001% środek bakteriostatyczny thiomersal (Merck). Płytki inkubowano w 22°C, w atmosferze 5% CO<sub>2</sub>; medium zmieniano co 5 dni.

Współczesne rolnictwo wymusza na produkcji roślinnej efektywne gospodarowanie, co powoduje m.in. skracanie zmianowań, stosowanie racjonalnego i przyjaznego środowisku nawożenia oraz ochrony roślin. Uproszczone, ale efektywne oko-

powo-zbożowe zmianowania tracą ochronną rolę płodozmianu, powodując degradację gleby i wywołują różne formy jej zmęczenia. Niezmiernie ważnym zagadnieniem staje się w takiej sytuacji właściwe nawożenie, stosowane nie tylko pod konkretną roślinę, ale rozumiane w aspekcie płodozmianowym.

Dużym zainteresowaniem od lat cieszą się badania dotyczące oddziaływania wermikompostu na plony różnych roślin. Najczęściej dodawany jest do podłoża w postaci oczyszczonego i częściowo odwodnionego substratu. Tak zastosowany wermikompost wpływa korzystnie na poprawę cech jakościowych gleb, wcześniejsze i lepsze ukorzenianie się roślin, przyspieszanie ich wzrostu i rozwoju, a także na wielkość i jakość plonu. W obrocie handlowym spotyka się również inną formę użytkową wermikompostu – wodny ekstrakt (nazwa handlowa „Biohumus”), stosowany po rozcieńczeniu dolistnie lub doglebowo. Obserwowano korzystny wpływ pogłównego nawożenia doglebowego na wielkość plonu ogólnego różnych odmian papryki słodkiej, który był do 30% wyższy od plonu ogólnego uzyskanego w kontroli. Wodny ekstrakt wermikompostu można polecać do pogłównego nawożenia papryki uprawianej w gruncie w nieogrzewanych tunelach foliowych, ponieważ wpływa on na szybszy rozwój części generatywnych roślin, wzrost plonu oraz na lepszą jego jakość w porównaniu do mineralnego preparatu wieloskładnikowego.

Zagęszczenie populacji *Lumbricidae* zmienia się wyraźnie pod wpływem nawożenia. Na polach odłogowanych o glebie płowej, na których nie prowadzi się zabiegów agrotechnicznych, populacje *Lumbricidae* są liczniejsze w porównaniu z populacjami występującymi na polach z klasycznym płodozmianem. Zwłaszcza wieloletnie (30 lat) nawożenie wyłącznie obornikiem wpływa istotnie na zwiększenie liczebności populacji *Lumbricidae*. Istotnie mniejsze zagęszczenie populacji występuje natomiast w warunkach nawożenia gnojowicą.

W literaturze naukowej dość często podejmuje się problem wpływu nawożenia wermikompostem oraz nawożenia mineralnego azotowego na warunki siedliskowe. Rzadziej natomiast spotyka się w pracach interesujący z punktu widzenia rolnika efekt współdziałania tych nawozów. Brak jest opracowań podejmujących problem następczego oddziaływania nawożenia wermikompostem na warunki siedliskowe zwłaszcza na tle zróżnicowanych dawek azotu.

Nie jest dotąd w pełni ostatecznie wyjaśnione znaczenie wermikompostu jako środka ochrony roślin, np. w ograniczaniu rozwoju patogennych grzybów. Przy dokonanej ocenie działania wodnych wyciągów sporządzonych z różnych rodzajów wermikompostów na wzrost i rozwój grzybni fitopatogenów siewek wykazano, że wpływ wodnych wyciągów z wermikompostu na rozwój grzybów zgorzelowych gleby może mieć znaczenie na kształtowanie się zbiorowisk grzybów glebowych. Może też mieć ochronne działanie w stosunku do patogenów roślin oraz zwiększać aktywność biologiczną gleby.

Przeprowadzając testy na grzybach *Alternaria altemata*, *Fusarium oxysporum*, *F. culmorum*, *F. solani*, *Rhizoctonia solani*, *Botrytis cinerea* w badaniach *in vitro* stwierdzono, że wyciągi sporządzone z różnych rodzajów wermikompostów (wyproduk-

wanych na bazie różnych odpadów organicznych: obornika bydlęcego, bydlęcego z dodatkiem końskiego, oraz owczego wzbogaconego zielonką pokrzywy, siemieniem lnianym i celulozą) charakteryzowały się różną aktywnością w stosunku do testowanych grzybów. Ich oddziaływanie zależało również od wrażliwości grzyba. Gatunkami, które najbardziej reagowały na wszystkie badane wyciągi były *Alternaria alternata* i *Fusarium culmorum*. Najsilniejsze działanie inhibicyjne w odniesieniu do wymienionych gatunków wykazywały wyciągi z wermikompostu wyprodukowanego z obornika bydlęcego, owczego z siemieniem lnianym i owczego z zielem pokrzywy, a w przypadku *F. culmorum* również z owczego. Spośród badanych wyciągów najbardziej aktywny był wyciąg z wermikompostu bydlęcego, który hamował rozwój grzybni *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, *Fusarium culmorum* i *F. solani*. Wszystkie badane wyciągi hamowały rozwój testowanych grzybów do czwartego dnia inkubacji, lecz ich aktywność zależała od rodzaju komponentów użytych do produkcji wermikompostu. Najsilniejsze właściwości antygrzybowe w stosunku do *Alternaria alternata*, *Botrytis cinerea*, *Fusarium culmorum* i *F. solani* wykazywał wyciąg z wermikompostu bydlęcego oraz wyciąg z wermikompostu owczego z dodatkiem ziela pokrzywy w odniesieniu do *F. culmorum*, *F. solani* i *A. alternaria*.

Wyciągi z wermikompostu nie są jednak – jak dotąd – wymienione w załączniku do Obwieszczenia Ministra Rolnictwa i Rozwoju wsi z 3 czerwca 2003 r. w sprawie wykazu środków ochrony roślin dopuszczonych do obrotu i stosowania (MP, nr 38, poz. 562). Nie we wszystkich bowiem badaniach w pełni potwierdza się pozytywny wpływ wermikompostu na zdrowotność roślin. W badaniach wpływu wermikompostu na zdrowotność i masę siewek roślin strączkowych wykazano natomiast, że podanie tego nawozu do podłoża (torf) ograniczało wschody fasoli i grochu. Nie stwierdzono także korzystnego wpływu wermikompostów na zdrowotność siewek tych roślin.

Mimo dużego zainteresowania naukowego i komercyjnego hodowlami *Lumbricidae* to jednak te ostatnie nie odniosły oczekiwanych sukcesów ekonomicznych. Firmy zajmujące się wermikulturą i produkcją wermikompostu podjęły działania gospodarcze na niezwykle wąskim i wyspecjalizowanym wycinku rynku. Zdecydowana większość producentów wermikompostów nie wykorzystała różnych nadarzających się okazji i trendów panujących na rynku po to, aby się rozwijać. Głównym ich celem było jak najszybsze zwiększanie zysku, co szybko doprowadziło do poważnych niepowodzeń, głównie natury finansowej. W rezultacie następowała zmiana profilu działalności i rezygnacja z dotychczasowego celu podstawowego prowadzonej działalności, którym była wermikultura.

Krzysztof Kasprzak