



## Biotechnologia rozkładu materii organicznej z udziałem dżdżownic (*Oligochaeta: Lumbricidae*)

IV konferencja „Ekologiczne i gospodarcze znaczenie dżdżownic”  
(Rzeszów, 13-14 października 2000 r.)\*

Nakładem Wydawnictwa Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie wydany został kolejny zbiór prac i artykułów prezentowanych podczas obrad IV konferencji „Ekologiczne i gospodarcze znaczenie dżdżownic”. Podobnie jak trzy poprzednie, także i obecne spotkanie zorganizowane zostało przez dr Joannę Kostecką z Zakładu Przyrodniczych Podstaw Produkcji Rolniczej Wydziału Ekonomii Akademii Rolniczej w Krakowie, Filia w Rzeszowie. Przedstawione zostały na nim m.in. wyniki kolejnych badań doświadczalnych i prac wdrożeniowych dotyczących zastosowania wermikultur dżdżownic *Eisenia fetida* (Annelida, *Oligochaeta: Lumbricidae*) w rozkładzie materii organicznej, zwłaszcza utylizacji osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków oraz odpadów z produkcji rolniczej, właściwości i wykorzystanie kompostu produkowanego przy udziale dżdżownic (tzw. wermikompostu) w rolnictwie oraz prób zastosowania tych zwierząt w monitorowaniu stanu środowiska glebowego.

\* Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, red. J. Kostecka, 372, sesja naukowa 75, Rzeszów 2001, ss. 292, ISSN 1233-4189.

Informacje na temat poprzednich konferencji „Ekologiczne i gospodarcze znaczenie dżdżownic”, które odbyły się w Rzeszowie w latach 1994, 1996, i 1998 przedstawiono na łamach „Biotechnologii” w 1996 r. (nr 1 [32], 183-186), 1998 r. (nr 3 [42], 164-171) i 1999 r. (nr 3 [46], 185-194).

Wermikultura jest hodowlą zagęszczonych populacji dżdżownic w warunkach utworzonych i kontrolowanych przez człowieka. Kompostowanie przy udziale wermikultur jest powszechnie stosowanym sposobem przetwarzania odpadów organicznych przed wykorzystaniem ich jako nawozu organicznego. Podczas tego procesu zmienia się m.in. skład jakościowy i ilościowy związków zawierających azot i węgiel oraz skład mikrobiologiczny przerabianego substratu organiczno-mineralnego. Metoda ta jest przydatna zwłaszcza w przypadku utylizacji osadów ściekowych z biologicznych oczyszczalni ścieków.

Mikroflora biomasy przeznaczonej do kompostowania składa się głównie z mikroorganizmów żyjących w stabilizowanych tlenowo osadach ściekowych, z mikroflory pochodzenia jelitowego oraz mikroorganizmów żyjących w dodawanych do masy kompostowej (złoża) substratach organicznych (np. słoma, obornik).

Mikroflorę osadu nadmiernego stanowią głównie bakterie, grzyby, pierwotniaki (*Protozoa*) i wrotki (*Rotifera*), przy dominacji tlenowych kultur bakterii. Bakterie i grzyby stanowią jednak wtórną mikroflorę w porównaniu ze specyficzną mikroflorą pochodzenia jelitowego i kałowego, obecną w surowych ściekach poddawanych biologicznemu oczyszczaniu. Ocenia się, że w 1 g s.m. osadów ściekowych ogólna liczba mikroorganizmów waha się od  $7,2 \times 10^8$  do ponad  $4 \times 10^9$ . W przypadku obornika, podstawowego substratu w procesach wermikompostowania, w zależności od gatunku hodowanych zwierząt, ich wieku i stanu zdrowia oraz od jakości pasz liczba mikroorganizmów może wahać się od kilku do kilkudziesięciu miliardów komórek w 1 g treści pokarmowej jelit. Wraz z kałem dostają się do obornika także bakterie z rodzaju *Clostridium* rozkładające celulozę. Spośród bakterii gnilnych pochodzących z kału w oborniku występują także organizmy tlenowe, np. *Bacillus mycoides* oraz względnie beztlenowe *Escherichia coli*. Wraz z dodatkiem siewki słomy do osadów ściekowych lub do obornika zostają wprowadzone nowe mikroorganizmy występujące tylko na słomie. W 1 g suchej słomy zbożowej może występować ok.  $50 \times 10^6$  bakterii (najczęściej tlenowych),  $15 \times 10^6$  promieniowców i  $3 \times 10^6$  grzybów. W świeżym oborniku liczba mikroorganizmów w 1 g s.m. może wahać się od ok.  $1,9 \times 10^9$  do ok.  $5 \times 10^9$  w przeliczeniu na 1 g suchej masy (paciorkowce – 45%, *Escherichia coli* – 20%, bakterie termofilne – 5-10%, niewielkie ilości grzybów i drożdży).

Proces kompostowania w warunkach naturalnych kontrolowany jest w dużej mierze przez temperaturę. Zalecana optymalna temperatura złoża winna kształtować się w granicach 50-60°C. Wysoka temperatura niszczy nasiona chwastów i bakterie chorobotwórcze. Przykładowo zarazki pryszczycy powodujące pomór świń giną już przy 45°C, a gruźlicy i salmonelli przy 55°C. Formy wegetatywne *Clostridium perfringens* są niszczone w złożu przy temperaturze 50-60°C. Formy przetrwalnikowe można zniszczyć poprzez obniżenie temperatury poniżej 37°C (najlepiej do 20°C) w celu pobudzenia ich przejścia w stan wegetatywny, w którym zginą przy ponownym wzroście temperatury do 50-60°C. Przy temperaturze przekraczającej 60°C proces przemian biochemicznych ulega spowolnieniu; przy temperaturze 65°C prak-

tycznie ustaje. W kompostowanej biomacie może występować całkowity zanik grzybów, natomiast kolonie bakterii mogą zostać zredukowane wyłącznie do form *Clostridium*. Poniżej 30°C rozpoczynana się faza dojrzałości humusowej (faza końcowej dojrzałości kompostu). Okres ten charakteryzuje się biologicznym dojrzewaniem kompostu w warunkach tlenowych, które zachodzi nie tylko dzięki procesom humusotwórczym w wyniku działalności mikroorganizmów, ale również dzięki mikrofaunie pochodzenia glebowego (pierwotniaki [*Protozoa*], nicienie [*Nematoda*], wrotki [*Rotatoria*], niesporczaki [*Tardigrada*], roztocze [*Acarina*] i skoczogonki [*Collembola*]). Dżdżownice unikają wchodzenia w przyzmy kompostu przy temperaturze nagrzania wyższej od 23°C.

Wysoka zawartość materii organicznej (powyżej 30%) oraz znaczne ilości bakterii i pierwotniaków w osadzie ściekowym stanowią o jego dużej atrakcyjności jako pokarmu dla dżdżownic. Ze względu na zawartość różnych substancji chemicznych sam osad często jest toksyczny dla tych zwierząt. Niezbędne jest dlatego wspomaganie procesów wermikompostowania osadów ściekowych przez dodatek materii organicznej, będącej czynnikiem kształtującym przebieg tego procesu w osadach ściekowych. Znaczny (około 50%) dodatek różnych substancji organicznych do osadów ściekowych (np. słoma żytnia, papier, trociny świerkowe i sosnowe, liście drzew liściastych) wpływa stymulująco na rozmnażanie się dżdżownic, głównie poprzez zwiększenie w podłożu zawartości węgla wykorzystywanego do tworzenia osłonek kokonów jajowych.

Kompostowanie osadów ściekowych z dodatkiem różnych materiałów organicznych, a szczególnie w warunkach wermikultury poprawia strukturę tych materiałów. Wpływa istotnie na kształtowanie się struktury gruzełkowatej, która jednak w przypadku dużej wilgotności gleby w okresie zimowym częściowo ulega zniszczeniu. Nie powoduje natomiast wyraźnego zróżnicowania w ich składzie chemicznym; większy wpływ ma pochodzenie osadu. Wykorzystanie osadów ściekowych ścieków technologicznych z przemysłu drobiarskiego w wermikulturach musi być poprzedzone wstępnym kompostowaniem osadów z materiałami organicznymi, poprawiającymi strukturę osadu i jego natlenienie. Umożliwia to redukcję poziomu zawartości amoniaku do stężenia akceptowanego przez dżdżownice *E. fetida*. Korzystne z rolniczego punktu widzenia właściwości chemiczne kompostowanych osadów ulegają zróżnicowaniu w zależności od sposobu przygotowania odpadów do podawania dżdżownicom (np. zmiany zawartości nie tylko makroelementów, ale także mikroelementów [Fe, Mn, Cu, Zn]). Istotnym czynnikiem dla prawidłowego przebiegu procesu jest także częsta kontrola pH osadu podawanego dżdżownicom i jego korekta, np. przez wapnowanie.

Obecność metali ciężkich hamuje wzrost i rozmnażanie dżdżownic. Tempo akumulacji metali w tkankach dżdżownic jest uzależnione nie tylko od ich koncentracji w podłożu, ale także od rodzaju związku chemicznego, pojemności wymiennej jonów (CEC) i pH. Kiedy pH albo CEC są obniżone, koncentracja metali w tkankach dżdżownic wzrasta. Jeżeli mechanizmy adaptacji dżdżownic do podwyższonych po-

ziomów metali ciężkich w substracie, polegające na unikaniu zjadania skażonego pokarmu, sprawnego pobierania i usuwania metali lub ich detoksykacji na poziomie komórkowym, okazały się nie wystarczające, można polepszyć warunki kompostowania w vermikulturze przez „rozcieńczanie” osadów ściekowych celulozą, prowadząc jednocześnie regularną kontrolę pH.

Badając zawartość mobilnych form metali ciężkich w kompostach produkowanych z osadów z oczyszczalni ścieków komunalnych i przemysłowych wykazano, że proces ten przebiegający w warunkach vermikultury obniża udział form mobilnych cynku, niklu i chromu w całkowitej zawartości metali. Dodatek do kompostowanych odpadów komunalnych substancji przyspieszającej proces kompostowania (np. Compostin) oraz zasiedlenie przygotowanych materiałów odpadowych dżdżownicami szybciej uwalniało formy przyswajalne kadmu niż wyłączne kompostowanie. Kompostowanie osadów ściekowych z różnymi dodatkami (słoma, trociny i karton) nie miało natomiast wpływu na mobilność miedzi, kadmu i ołowiu, która uzależniona jest głównie od pochodzenia osadu. Wykazano także, że wprowadzenie do gleby kompostu z vermikultur powoduje istotne zmiany we wroście przyswajalnego fosforu, przy małym zróżnicowaniu, a nawet obniżeniu zasobności potasu oraz wzrost pojemności sorpcyjnej. W czasie mineralizacji kompostów z vermikultur w utworach piaszczystych następują zmiany zawartości przyswajalnych form fosforu. Proces mineralizacji vermikompostów z wydzieleniem przyswajalnych form fosforu przebiegał najintensywniej w piasku słabo gliniastym. Największy procentowy udział fosforu przyswajalnego w ogólnej zawartości fosforu występował w kompoście otrzymanym z obornika, a najmniejszy dla kompostu powstałego z mieszaniny osadu ściekowego, trocin i odpadów przemysłu mięsnego.

W kompostowaniu osadów ściekowych przy udziale dżdżownic *E. fetida* istotną sprawą jest sanitacja osadów, zwłaszcza likwidacja jaj pasożytów jelitowych oraz grzybów. Dżdżownice mogą być bowiem żywicielem rezerwuarnym robaka (glisty) *Ascaris suum* (*Nemathelminthes*, *Nematoda*) i mieć tym samym bardzo istotny udział w szerzeniu się glistnicy świń. Wykazano, że w kompostach wytwarzanych przy udziale dżdżownic w czasie od 50 do nawet 200 grubościennych jaj tego pasożyta nie ginęły. Nie jest dlatego wskazane przetwarzanie nadmiernego osadu czynnego stabilizowanego w warunkach tlenowych, zawierający żywe jaja robaków z rodzaju *Ascaris* sp., *Trichuris* sp. i *Toxocara* sp.

Przetwarzanie osadu ściekowego przez dżdżownice znacznie poprawia nie tylko fizyczne i chemiczne właściwości osadu, sprzyja procesowi mineralizacji i dostępności składników pokarmowych dla mikroorganizmów, ale ma także dodatni wpływ na wzrost liczebności grzybów w stosunku do obiektów z nawożeniem mineralnym i nie przetworzonym osadem ściekowym. Rodzaj zastosowanego materiału organicznego (osad, kompost, kompost z vermikultur) do nawożenia gleby lekko wyraźnie decydował o składzie gatunkowym i liczebności zbiorowisk grzybów w glebie. Wykazano, że w przypadku bardzo licznego występowania grzybów z rodzaju *Penicillium* mogą one mieć jednak niekorzystny wpływ na kiełkowanie nasion i wzrost

roślin. Liczne gatunki z rodzaju *Penicillium* takie jak *P. janthinellum*, *P. notatum*, *P. variable* i *P. velutinum* wytwarzają antybiotyki oraz mikotoksyny gromadzące się w glebie. Kompost powstały z miejskich odpadów organicznych dodany do gleby może hamować rozwój niektórych gatunków grzybów, ze względu na wprowadzenie do podłoża z tym substratem metabolitów wtórnych.

W glebie silnie porażonej przez *Plasmodiophora brassicae* kompost z wermikultur nie wykazał działania ochronnego przed tym patogenem, zarówno w stosunku do kiełkujących nasion, jak i do rozwijających się sadzonek kapusty głowiastej. Na poletkach doświadczalnych, na których zastosowano kompost z wermikultur, porażenie spowodowane kiłą kapusty było większe niż na poletkach nawożonych mineralnie. Infekcję sadzonek oraz szkodliwość kiły kapusty nieznacznie ograniczyło przedsiewne zaprawianie nasion i sadzonek zaprawą Funaben T. Zastosowanie kompostu z wermikultur zmniejszyło natomiast wyraźnie porażenie porów przez *Puccinia pori*.

Duża aktywność dżdżownic w środowisku glebowym ma zdecydowanie korzystny wpływ na kształtowanie się populacji mikroorganizmów w glebie zasiedlonej przez te zwierzęta. Odchody dżdżownic (tzw. koprolity) z silnie rozłożoną substancją organiczną zawierają więcej azotu i innych pierwiastków biogennych oraz mają korzystne właściwości fizyczne. Są zatem doskonałym podłożem do rozwoju różnych grup mikroorganizmów saprofitycznych. W prowadzonych badaniach mikroflory gleby i koprolitów dżdżownic w warunkach laboratoryjnych wykazano, że liczebność bakterii, promieniowców i grzybów była zróżnicowana w zależności od podłoża. Nie wykazano istnienia stałych i zdecydowanych różnic między ilością mikroorganizmów zasiedlających glebę i koprolity dżdżownic. Brak wyraźnego i ukierunkowanego wpływu dżdżownic na mikroorganizmy gleb może świadczyć z kolei o braku ich wybiórczości pokarmowej dla tego rodzaju pokarmu. Porównując skład mikroorganizmów w koprolitach świeżych i przetrzymywanych przez 20 dni na powierzchni gleby zauważono, że drobnoustroje tworzące *mycelium* dominowały w koprolitach wysuszonych; w koprolitach świeżych było ich najmniej. Ogólna liczba bakterii była bardzo zbliżona w odchodach o różnym wieku, natomiast mikroorganizmów wytwarzających przetrwalniki było zdecydowanie więcej w koprolitach świeżych.

Dużo większa odporność na działanie wody koprolitów starych w stosunku do świeżych wskazuje, że cząstki organiczno-mineralne w tych koprolitach mogą być przerośnięte i zlepione ponownie przez *mycelium* wyrosłe z zarodników tych drobnoustrojów, które nie uległy strawieniu w przewodzie pokarmowym dżdżownic. Zjawisko to ma bardzo duże znaczenie w tworzeniu struktury gruzelkowej gleb mineralnych oraz dla ochrony przed erozją wodną w glebach o dużej ilości cząstek spławialnych.

Aktywność biologiczna i mikroorganizmów zależy od rodzaju materiału organicznego użytego do przetwarzania przy udziale dżdżownicy *E. fetida*. Wodne wyciągi sporządzone z wermikompostów, wyprodukowanych na bazie różnych materiałów organicznych, charakteryzowały się różną aktywnością w stosunku do bada-

nych grzybów. Najbardziej wrażliwym na wyciągi z kompostów z wermikultur okazały się gatunki *Fusarium culmorum* i *F. avenaceum*.

Wyraźny jest wpływ kompostu wytworzonego z osadów ściekowych w wermikulturze na poprawę jakości próchnicy, w tym ilościowy udział kwasów huminowych. Szczególnie korzystny wpływ na jakość substancji organicznej ujawnił się w glebie nawożonej tego typu kompostem w dawkach  $30-150 \text{ Mg} \times \text{ha}^{-1}$ . W glebie lekkiej pod wpływem nawożenia kompostem otrzymanym na bazie osadu ściekowego w wermikulturach stwierdzono istotny wzrost zawartości węgla organicznego i azotu ogólnego. Nawożenie istotnie wpłynęło na jakość substancji organicznej ocenianej na podstawie jej podatności na utlenianie. W glebie nawożonej tego typu kompostu notowano spadek udziału utleniających C-frakcji; istotny wpływ na wzrost udziału frakcji odpornych na rozkład oksydacyjny ujawnił się już przy dawce  $30 \text{ Mg} \times \text{ha}^{-1}$ .

Wiele przeprowadzonych badań dotyczyło określenia wpływu kompostów z wermikultur na plonowanie roślin uprawnych. Na uprawach grochu nawożenie tym kompostem na ogół miało korzystny wpływ na plonowanie. Plon z obiektów nawożonych powierzchniowo wzrastał w miarę powiększania dawek kompostu (do  $33,3 \text{ dt} \times \text{ha}^{-1}$  przy dawce  $4000 \text{ kg} \times \text{ha}^{-1}$ ). Efektywność plonotwórcza kompostu stosowanego rzędowo wraz z siewem nasion, była czterokrotnie większa w porównaniu z nawożeniem powierzchniowym. Specyficzna mikroflora kompostu z wermikultur oraz jej pochodne, stymuluje początkowo otoczenie, a następnie rozwój młodej rośliny. Może o tym świadczyć zaobserwowany w doświadczeniach wzrost liczby brodawek na korzeniach grochu. Przypuszcza się, że tego typu kompost stanowi skuteczną barierę dla niektórych szkodliwych substancji i bakterii chorobotwórczych, tworząc wokół systemu korzeniowego osłonę biologiczną. Wzrost dawki kompostu z wermikultur w podłożu wpływał korzystnie na plonowanie nasion fasoli szparagowej oraz na rozwój niektórych cech morfologicznych decydujących o wielkości plonu. Wzrastająca zawartość kompostu w podłożu miała wyraźny wpływ na większą liczbę strąków zawiązywanych na roślinie oraz liczbę wydawanych nasion. Fasola uprawiana na podłożach zawierających 30 i 50% kompostu wykształcała więcej strąków. Rośliny z podłoża o wysokim udziale kompostu wydawały poza tym nasiona o większej masie.

W przypadku wzrostu i rozwoju rzepaku ozimego kompost z wermikultur, stosowany w dawce  $3 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$ , wykazał podobną skuteczność jak obornik. Kompost stosowany w dawce  $3 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$  w pierwszym terminie aplikacji (w fazie 2-3 liści) zwiększył wyraźnie suchą masę rozet i części podziemnej rzepaku w okresie jesienno-wiosennym, wpłynął korzystnie na liczbę rozgałęzień przed zbiorem, niezależnie od poziomu nawożenia azotem. Obornik wykazał nieco lepszą efektywność niż kompost z wermikultur, niezależnie od terminu stosowania, natomiast wśród dawek kompostu efektywniejsza była dawka większa, tj.  $9 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$ . Analizując działanie nawozów organicznych (obornika i kompostu z wermikultur) stwierdzono ich większą efektywność na obiektach nie nawożonych azotem mineralnym w okresie jesienno-wiosennym. Podobne wyniki uzyskano w badaniach nad ziemniakiem oraz kukurydzą.

W przypadku porów nawożenie kompostem z wermikultur miało dodatni wpływ na wartość podstawowych cech użytkowych (powierzchnię asymilacyjną części konsumpcyjnej [cebuli] i części zielonej liści, a także długość i szerokość liści), w porównaniu do efektów uzyskanych po zastosowaniu nawożenia mineralnego. Nawożenie kompostem spowodowało obfity rozwój systemu korzeniowego porów. Plony porów w obiektach nawożonych kompostem i nawozami mineralnymi były wyższe niż plony w obiekcie kontrolnym. Korzystny wpływ organicznego nawożenia wermikompostem polegał także na zwiększeniu długości i masy całych roślin oraz masy i długości części konsumpcyjnej.

W uprawie buraka cukrowego zasobność gleby w makroelementy (N, K, P, Ca, Mg) w okresie od przyorania nawozów organicznych do zbioru buraków, była niższa po zastosowaniu kompostu z wermikultur w dawce  $10 \text{ dm}^3 \times \text{ha}^{-1}$  niż po oborniku w dawce  $30 \text{ dm}^3 \times \text{ha}^{-1}$ ). Poza tym produktywność  $1 \text{ kg}$  nawozów mineralnych (NPK) była większa na poletkach nawożonych kompostem niż obornikiem, zarówno bez, jak i z nawożeniem azotowym.

Najwyższą wartość energetyczną, wynikającą z większej zawartości tłuszczu, stwierdzono w uprawach kapusty nawożonej świeżo wyprodukowanym kompostem z wermikultur. W przypadku plonu bulw ziemniaka zastosowanie w ziemniakach kompostu produkowanego w wermikulturze z obornika w dawce  $2 \text{ t} \times \text{ha}^{-1}$  pogłównie na redliny lub wodnego ekstraktu tego samego kompostu dolistnie było natomiast mało efektywne w kształtowaniu plonu bulw. Wysoką efektywność plonotwórczą badanego ekstraktu stwierdzono jedynie w latach o korzystnym uwilgotnieniu. Wykazano, że wzrost dawki kompostu z wermikultury w podłożu wpływa natomiast niekorzystnie na wschody papryki słodkiej, natomiast doglebowe dokarmianie płynnym kompostem dodatkowo oddziałuje na rozwój cech morfologicznych, kształtujących plon owoców. Rosnące dawki kompostu powodowały nie tylko zahamowanie wschodów, ale i powstawanie deformacji siewek; siewki rosnące na kompoście z wermikultur były dwukrotnie mniejsze w porównaniu do standardu. Podobne zjawisko obserwowano również w badaniach nad wschodami buraka ćwikłowego, fasoli szparagowej, ogórka i sałaty. Wysokość rozsady i liczba zawiązanych liści była większa u roślin dokarmianych płynnym kompostem z wermikultur oraz płynnym nawozem mineralnym w stosunku do kontroli, którą stanowiły rośliny podlewane wodą. Ponadto u wszystkich roślin dokarmianych płynnym kompostem obserwowano szybszy rozwój części generatywnych.

Tryb życia i budowa ciała pozwalają na stosowanie dżdżownic jako bioindykatorów skażenia środowiska związkami chemicznymi, np. badania akumulacji kadmu i ołowiu w ciele dżdżownic w środowisku podlegającym wysokiemu skażeniu komunikacyjnemu. Istotne różnice w koncentracji metali pomiędzy dżdżownicami odłowionymi w środowisku silnie skażonym zanieczyszczeniami komunikacyjnymi i kontrolą świadczą wyraźnie o ich akumulacji w tkankach ciała. W większości badań nad bioakumulacją metali ciężkich stosuje się oznaczanie ich koncentracji jedynie w tkankach ciała, usuwając treść przewodu pokarmowego mechanicznie lub po-

przez chów na czystych pożywkach. Istotne zmniejszenie koncentracji ołowiu i kadmu u osobników chowanych na pożywce sztucznej wskazuje na funkcjonowanie aktywnych mechanizmów ograniczających absorpcję metali ciężkich z przewodu pokarmowego i umożliwiających ich eliminację z organizmu nawet w krótkim czasie. Zwrócić należy uwagę, że dżdżownice występujące w pobliżu dróg o dużym nasileniu ruchu stanowią źródło intoksykacji metalami ciężkimi zwierząt z wyższych poziomów sieci troficznych (ssaki owadożerne [*Insectivora*], ptaki wróblowate [*Passeriformes*]). W związku z tym, że drapieżniki zjadają dżdżownice wraz z treścią ich przewodów pokarmowych, może mieć to znaczenie dla określania faktycznego przepływu metali przez łańcuchy pokarmowe. Wysoki poziom skażeń komunikacyjnych nie wpływa na zmniejszenie biomasy i zagęszczenia synurbijnych populacji dżdżownic. W ocenie stopnia skażenia środowiska (np. w immunotoksykologii) użyteczne są także badania celomocytów dżdżownic – komórek płynu jamy ciała o wielu rozmaitych funkcjach (m.in. wykrywanie antygenów obcych i fagocytoza). Stwierdzono m.in. ujemne działanie jonów kadmu, ołowiu oraz zwłaszcza miedzi na aktywność tych komórek. Wrażliwość celomocytów na metale ciężkie jest zależna od temperatury inkubacji.

Wskazano także na potencjalny udział i znaczenie wermikultur w programach gospodarki odpadami w gminie. Gmina realizuje zadania związane z racjonalnym gospodarowaniem odpadami komunalnymi według przyjętego programu ochrony środowiska. W programie gospodarki odpadami zawarte winno być przedstawienie szeregu zagadnień, a mianowicie: określenie ilości i rodzajów odpadów z uwzględnieniem odpadów niebezpiecznych i organicznych, określenie miejsca powstawania odpadów, sposoby zagospodarowania odpadów, w tym poprzez kompostowanie, sposoby usuwania odpadów, miejsca gromadzenia, przechowywania i transportu odpadów oraz minimalizacja ilości odpadów. Na zakończenie winno być podane programowanie, składające się z kilku etapów działań, tj. analizy stanu istniejącego, prognoz, koncepcji techniczno-organizacyjnej nowego systemu gospodarowania odpadami, studium wykonalności, oceny marginesu ryzyka zamierzeń inwestycyjnych i organizacyjnych, programu edukacji, syntezy opracowań kończących poszczególne etapy, dyskusji, a także inicjatyw racjonalnego gospodarowania odpadami na danym terenie. Najbardziej pracochłonnym i kosztownym etapem realizacji procesu programowania jest analiza stanu istniejącego, w tym szczególnie: ocena ilościowa, morfologiczna, frakcyjna i jakościowa odpadów (właściwości), uwzględniająca liczbę mieszkańców (wytwórców odpadów) i infrastruktury technicznej zamieszkiwanych środowisk. Programy gospodarki odpadami pozwalają na uzyskanie licznych korzyści m.in. ekonomicznych i społecznych (wykształcanie się proekologicznych postaw mieszkańców) oraz stymulują powstawanie rynku utylizacyjnego.

Opracowanie wieloletniego, kompleksowego programu gospodarki odpadami i wynikającego z niego planu przedsięwzięć inwestycyjnych i organizacyjnych wraz z harmonogramem działań – jest pierwszym etapem w całokształcie zamierzeń związanych z przebudową systemu gospodarki odpadami komunalnymi na danym



terenie. Celem tych przedsięwzięć jest dostosowanie gospodarki odpadami do wymogów nowej polityki ekologicznej naszego państwa zgodnej z wymogami Unii Europejskiej.

Wdrożenie kompostowania, a w jego ramach wermikultur poprzez programy gospodarki odpadami jest możliwe, jednak bez wątplenia będzie to skala lokalna, ograniczona do indywidualnych rozwiązań u określonych producentów odpadów (gospodarstwa domowe, ogrody [działki], specjalistyczne gospodarstwa rolnicze [ekologiczne, agroturystyczne]). Wermikultury (wytwarzanie kompostu), jako specyficzna biotechnologia, mogą być także sprzężone z innymi rozwiązaniami związanymi z utylizacją odpadów organicznych (komunalnych), przemysłu rolno-spożywczego, osady ściekowe z indywidualnych i grupowych oczyszczalni ścieków. Chociaż rozwiązania indywidualne z zastosowaniem wermikultur nie rozwiążą problemu utylizacji wszystkich odpadów organicznych, to jednak poprzez ich masowe zastosowanie u indywidualnych wytwórców odpadów można uzyskać znaczący efekt w utylizacji części odpadów organicznych i wytworzenia dużej ilości wysokiej jakości kompostu wprowadzonego do gleby. Wermikultury mogą dlatego mieć znaczenie uzupełniające w kompleksowych sprzężonych biotechnologiach utylizacji odpadów organicznych pochodzenia komunalnego.

*Krzysztof Kasprzak*