

## Sprawozdania



## II krajowa konferencja „Ekologiczne i gospodarcze znaczenie dżdżownic” (Rzeszów, 11-12 październik 1996 r.)

**N**akładem Wydawnictwa Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie wydany został zbiór prac i artykułów [*Biotechnologia rozkładu materii organicznej z udziałem dżdżownic (Oligochaeta: Lumbricidae)*], II krajowa konferencja „Ekologiczne i gospodarcze znaczenie dżdżownic” (Rzeszów, 11-12 październik 1996), pod redakcją J. Kosteckiej, *Zeszyty Naukowe, Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja, 310, sesja naukowa 47, Rzeszów, 1996, ss. 181*], które były prezentowane podczas obrad drugiej krajowej konferencji.

Podobnie jak pierwsza konferencja\* także i to spotkanie zorganizowane zostało przez Zakład Przyrodniczych Podstaw Produkcji Rolniczej Wydziału

---

\* Informacja o materiałach I krajowej konferencji „Ekologiczne i gospodarcze znaczenie dżdżownic”, która odbyła się w Rzeszowie w 1994 r., przedstawiono na łamach „Biotechnologii”, (1996), 1(32), 183-186.

Ekonomii Akademii Rolniczej w Krakowie Filia w Rzeszowie. Podczas obrad konferencji przedstawione zostały m.in. wyniki kolejnych badań doświadczalnych i prac wdrożeniowych dotyczących zastosowania dżdżownic (*Annelida, Oligochaeta: Lumbricidae*) w biotechnologii rozkładu materii organicznej, zwłaszcza utylizacji organicznych odpadów komunalnych i rolniczych.

W 1995 r. na terenie Polski powstało około 15 mln ton odpadów komunalnych (niecałe 11% wszystkich wytworzonych odpadów). Potencjał unieszkodliwiania odpadów komunalnych jest w Polsce bardzo niski; obecnie nie więcej niż 1,5% odpadów jest degradowanych przez obróbkę termiczną lub przez kompostowanie. Powoduje to konieczność rozbudowy składowisk odpadów i ujemne oddziaływanie składowanych odpadów na środowisko. Składowanie to ostatni stopień w gospodarce odpadami. Jednocześnie prowadzona profilaktyka, redukcja, wielokrotny użytek i wykorzystanie surowców wtórnych mogą ograniczyć strumień odpadów do takiego poziomu, że energia niezbędna do likwidacji odpadów zostanie ograniczona do minimum. Spowoduje to tym samym ograniczenie kosztów gospodarki odpadowej. Do roku 2000 właściwości technologiczne odpadów komunalnych w naszym kraju nie zmieniają się istotnie, chociaż obserwuje się stały wzrost zawartości tworzyw sztucznych i związany z tym pewien wzrost wartości opałowej tego typu odpadów. W porównaniu do odpadów komunalnych gromadzonych w krajach zachodnich odpady komunalne w Polsce charakteryzują się wyraźnie zwiększoną zawartością substancji organicznych pochodzenia spożywczego, wyższą wilgotnością i gorszymi właściwościami paliwowymi. Wysoka zawartość stopniowo rozkładalnych składników organicznych oraz niska wartość opałowa sprawiają, że krajowe odpady komunalne nadają się bardziej do unieszkodliwiania metodami biologicznymi (kompostowanie) niż termicznymi.

Biochemiczna przeróbka w formie kompostowania oraz w mniejszym zakresie jako fermentacja metanowa należą do metod o intensywnej technologii znajdujących coraz szersze zastosowanie w technice unieszkodliwiania odpadów. W 1995 r. nastąpił wzrost w naszym kraju wydajności kompostowni odpadów komunalnych o 25 tys. t x rok<sup>-1</sup>. Zaplanowane do zrealizowania przed rokiem 2000 zadania inwestycyjne dotyczące gospodarki odpadami komunalnymi obejmują m.in. budowę 10 kompostowni odpadów komunalnych o wydajności 100 t x doba<sup>-1</sup> każda. W metodzie kompostowania stawia się ostre kryteria dotyczące jakości odpadów oraz wymaga się rozwiązania problemu zagospodarowania wytworzonego kompostu, a w przypadku fermentacji metanowej również biogazu. Zastosowanie tego typu biotechnologii wiąże się również z koniecznością unieszkodliwiania pozostałości po przygotowaniu kompostowanej biomasy i dlatego niezbędne jest uzupełnienie tej metody składowiskiem lub połączenie ze spalaniem odsiewów oraz składowaniem popiołów i żużla. W kompostowaniu niezbędna jest profilaktyka zapobiegająca wprowadzaniu materiałów, które nie nadają się do przerobu przez kompostowanie i nie mogą być ponownie wykorzystane, nawet jako surowce wtórne (np. opakowania wielowarstwowe). Niezbędne jest także zapobieganie używaniu szkodliwych substancji (np. polichlorowane bifenyle lub policykliczne węglowodory aromatyczne), które później stają się odpadami.

Kompostowanie jako proces biochemiczny wymaga zapewnienia mikroorganizmom rozkładającym materię organiczną odpowiednich ilości substratów niezbędnych dla ich metabolizmu. Bilansowaniem w kompostowanej masie odpadów są objęte następujące składniki: węgiel, azot, fosfor, mikroelementy, ilość tlenu, zawartość wody, ilość ciepła wydzielanego w procesie, substancje balastowe nie podlegające biochemicznemu rozkładowi. Istotnym i koniecznym warunkiem kompostowania jest odpowiednia wilgotność masy kompostowej, bowiem mikroorganizmy procesu kompostowania metabolizują substraty głównie w postaci zhydrolizowanych związków pokarmowych. Dla prawidłowego przebiegu procesu kompostowania istotny jest odpowiedni stosunek zawartości węgla do zawartości azotu oraz fosforu i potasu. Optymalne stosunki pomiędzy C, N i P zapewniające właściwy przebieg kompostowania wynoszą  $C : N = 17-30 : 12$  oraz  $C : P = 100 : 1$ . Większe odstępstwa od podanych wartości powodują znaczne zahamowanie procesu.

Kompostowanie chociaż nie rozwiązuje problemu unieszkodliwiania odpadów komunalnych, to jednak stymuluje wprowadzanie coraz bardziej wyszukanych metod selekcji odpadów i to głównie w miejscu ich powstawania. Zmniejsza także wyraźnie ilość odpadów na składowisku i przedłuża jego okres eksploatacji, eliminuje powstawanie na wysypisku metanu oraz umożliwia odzyskanie substancji organicznych wykorzystywanych po przetworzeniu do nawożenia gleb.

Należy jednak zwrócić uwagę, że kompostownie, podobnie jak inne zakłady związane z gospodarczym wykorzystaniem, składowaniem lub unieszkodliwianiem odpadów, są traktowane także jako inwestycje mogące pogorszyć stan środowiska. Dotyczy to zwłaszcza kompostowni opartych na poletkach osadowych oczyszczalni ścieków lub położonych na terenach szczególnie chronionych.

Największą grupę (80-90%) wśród odpadów komunalnych stanowią odpady domowe (pokonsumpcyjne), które ze względu na swój skład chemiczny (uwodnienie 56,9-80,2%, związki mineralne 6,7-35,3%, tłuszcze 2,2-25,7% białka 7,8-26,7%, węglowodany 12,7-48,8%) wraz z odpadami pochodzącymi z infrastruktury miejskiej stwarzają największe zagrożenie dla środowiska. Do ich rozkładu stosować można w warunkach przydomowych technologie kompostowania z wykorzystaniem dżdżownic *Eisenia fetida* (*Oligochaeta: Lumbricidae*). Skarmianie dżdżownicami odpadów organicznych z gospodarstwa rolniczego lub kuchni indywidualnego gospodarstwa domowego pozwala obniżyć koszty prowadzenia hodowli dżdżownic (tzw. wermikultury) i ogranicza ilość i uciążliwość odpadów. Odpady z gotowanych posiłków domowych są przetwarzane przez dżdżownice w bardzo szybkim tempie, natomiast utylizacja odpadów roślinnych z gospodarstwa rolniczego wymaga dłuższego czasu. Doświadczalnie wykazano, że kompost (tzw. wermikompost) otrzymywany z tego typu odpadów charakteryzuje się pH zbliżonym do obojętnego. W stosunku do podłoża wyjściowego, którego pH wynosiło 9,0 nastąpił spadek odczynu na korzystny dla roślin pH 6,5. Wykazano występowanie wyraźnej mineralizacji podłoża ( $C : N = 9,5$ ), zmianę struktury odpadu na wyraźnie granulowaną i sypką oraz zanik uciążliwego zapachu rozkładających się odpadów organicznych.

Skład chemiczny wermikompostu był także korzystny dla uprawy roślin (znaczna zawartość fosforu i potasu, mniejsza azotu, wapnia i magnezu). Podobnie bogaty w składniki pokarmowe był wermikompost otrzymany z obornika bydłęcego i odpadów roślinnych z gospodarstwa rolniczego.

Jakość wermikompostu w dużym stopniu zależy od zasiedlającej go mikroflory. Takie czynniki jak długotrwałe przechowywanie, sterylizacja, czy dodatek świeżej materii organicznej, które oddziałują na populacje mikroorganizmów, wpływają również na odporność tego substratu. Wermikompost jest nawozem uniwersalnym, co podkreślają np. właściciele działek zwracając uwagę na otrzymywanie przy stosowaniu tego nawozu w uprawach zdrowszych roślin (warzywa, kwiaty) i wyższych plonów. Szczególnie korzystny jest wpływ w uprawach warzyw. W doświadczeniach polowych wykazano, że wermikomposty działają lepiej od obornika na wzrost plonów zarówno świeżej, jak i suchej masy korzeni i liści buraków pastewnych. W porównaniu do nawożenia mineralnego stosowanie wermikompostu zapewnia uzyskanie plonów ogórków i pomidorów o lepszym smaku i biochemicznej wartości pokarmowej (m.in. niskie zawartości azotanów i metali ciężkich).

Nawożenie wermikompostem nie obniża wartości jadalnej ziemniaków i zwiększa udział w plonie bulw frakcji konsumpcyjnej. Zawartość azotanów, ołowiu, kadmu i niklu w bulwach uzyskanych w doświadczeniu polowym z wykorzystaniem nawożenia wermikompostem była niższa niż przy nawożeniu mineralnym. Zwraca się uwagę na większą zdrowotność bulw, zarówno w trakcie zbioru, jak i po okresie ich przechowywania (np. mniejsza częstotliwość występowania porażenia przez grzyb *Phytophthora infestans*). Dodatek wermikompostu do podłoża nie sterylizowanych ogranicza porażenie pomidorów przez grzyb zgniliznę pierścieniową (*Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*). Efekt ochronny wzrasta w miarę zwiększania udziału tego substratu w podłożu uprawianych pomidorów, a rośliny rosnące na samym wermikompoście nie są porażane. Długotrwałe przechowywanie wermikompostu znacznie ogranicza jego odporność w stosunku do *P. nicotianae*; dodatek tego substratu do podłoża może stymulować nawet porażenie. Odporność wermikompostu nie jest bowiem stabilna. Długotrwałe przechowywanie wermikompostu powoduje obniżenie liczebności mikroflory i zmianę składu mikrobiologicznego. Niektóre procesy wpływające na mikroflorę mogą w znacznym stopniu zmniejszać jego ochronne właściwości. We wcześniejszych badaniach wykazano dodatni wpływ wermikompostu na ograniczenie fuzaryjnego wędnięcia (*Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*) pomidorów uprawianych pod osłonami oraz porażenia kapusty przez *Plasmodiophora brassicae*.

Jakość kompostu otrzymywanego z odpadów komunalnych jest najczęściej stale nie zadowalająca, głównie ze względu na ponadnormatywne zawartości metali ciężkich i niepełną skuteczność wprowadzanej segregacji odpadów. Zanieczyszczenie gleby metalami ciężkimi może zakłócać prawidłowe jej funkcjonowanie poprzez wpływ na strukturę zoocenozy i zmiany populacyjne poszczególnych gatunków glebowych bezkręgowców. Także dżdżownice są wrażliwe na podwyższoną zawartość tych pierwiastków, które mogą powodować ich śmierć, wpływać na wolniejsze przyrosty biomasy osobników

oraz liczbę składanych kokonów. Doświadczalnie stwierdzono, że najwyższą dla dżdżownic toksyczność wykazują jony miedzi, następnie cynku i ołowiu. Ujemne oddziaływanie metali ciężkich na rozrodczość populacji dżdżownic związane jest głównie z obniżaniem się ich liczebności przez eliminację z populacji osobników dorosłych, zdolnych do składania kokonów. Letalne stężenia metali wywołują charakterystyczne zmiany morfologiczne ciała dżdżownic. W testach bibułowych wykazano częste powstawanie zgrubień wra skórno-mięśniowego i przekrwionych pęcherzy. Wpływ jonów miedzi i cynku przejawia się zwłaszcza powstawaniem przewężeń ciała i jego widocznym sztywnieniem oraz zmniejszaniem się biomasy osobników. Pod wpływem jonów ołowiu ciało dżdżownicy jest widocznie nabiegłe krwią oraz powstają na jego długości liczne zgrubienia i przewężenia, w których wór skórno-mięśniowy pęka i ciało rozpada się na fragmenty. Nie stwierdzono wyraźnej regularności w oddziaływaniu różnych metali ciężkich na liczbę składanych kokonów jajowych u osobników, które przeżywają.

Jednym z mechanizmów adaptacji do środowiska skażonego metalami ciężkimi może być unikanie zjadania skażonego pokarmu. Doświadczalnie najsilniejszą wybiórczość pokarmową dżdżownic stwierdzono w stosunku do liści skażonych chlorkiem miedzi i kadmu. Występują także wyraźne różnice w ilości pobieranego przez dżdżownice pokarmu zawierającego jony metali ciężkich oraz wyraźne obniżenie masy ciała osobników. Zjawisko to może mieć znaczne konsekwencje dla populacji dżdżownic zamieszkujących tereny skażone metalami ciężkimi, np. zdegradowane gleby terenów przemysłowych i miejskich (trawniki uliczne). Unikanie skażonego siedliska i pokarmu jest w tym przypadku przykładem przystosowania na poziomie behawioralnym, a nie fizjologicznym, jak np. regulacja pobierania i usuwania metali lub zmiany cyklu życiowego.

Kompostowanie osadów może być skutecznym rozwiązaniem gospodarki osadowej małych oczyszczalni zastępującym procesy fermentacji metanowej i końcowego odwadniania osadów. Surowy osad o zawartości 60-70% substancji organicznej oraz 3-5% azotu w suchej masie jest materiałem aktywnym biologicznie i zasobnym energetycznie, co umożliwia uzyskanie wysokich temperatur w procesie kompostowania (ponad 338°K). Aby jednak zapewnić długi okres utrzymywania wysokich temperatur bez nadmiernych strat azotu niezbędne jest wzbogacenie osadu w dodatkowe źródło węgla organicznego, najczęściej przez dodatek trocin, pyłów drzewnych lub odpadów komunalnych. Dla osadu o uwodnieniu 75% objętościowy stosunek składników osad : trociny : recyrkulat wynosi 1 : 0,25 : 12,5, a w przypadku wykorzystania wyłącznie odpadów drzewnych stosunek osad : trociny wynosi 1 : 1,5. Kompostować można również osad przefermentowany, jednak jest on uboższy w substancje organiczną, która jest ponadto trudniej rozkładalna niż w osadzie surowym. Zaletą kompostowania osadów przefermentowanych jest natomiast mniejsza uciążliwość zapachowa osadów oraz mniejsze zagrożenie sanitarne dla obsługi kompostowni.

Możliwość wykorzystania osadów ściekowych do nawożenia gleb użytkowanych rolniczo, zwłaszcza osadów pochodzących z dużych i średniej wiel-

kości oczyszczalni ścieków, jest obecnie ograniczona. Spowodowane to jest przede wszystkim nadmierną zawartością w tych osadach metali ciężkich i znacznym skażeniem biologicznym osadu. Nie wyklucza to jednak innych sposobów wykorzystania osadów, np. do rekultywacji gruntów, do użyczenia gleb przeznaczonych do użytkowania nierolniczego, czy agrotechnicznego przetwarzania osadów ściekowych na kompost. Osady z oczyszczalni mechaniczno-biologicznych w naszym kraju charakteryzuje następująca zawartość substancji nawozowych: azot ogólny ( $N_{og.}$ ) 0,8–16,9% s.m., fosfor ( $P_2O_5$ ) 0,5–7,0% s.m. potas ( $K_2O$ ) 0,05–0,7% s.m.

Agrotechniczne przetwarzanie osadów ściekowych na kompost roślinny, tj. stosowanie osadów ściekowych do intensywnej produkcji zielonej masy przerabianej na kompost polegać może na roślinnym odwadnianiu i kompostowaniu osadu w użytkowych lagunach, roślinnym odwadnianiu i kompostowaniu osadu w użytkowych lagunach, roślinnym odwadnianiu i kompostowaniu osadu na poletkach, roślinnym odwadnianiu i kompostowaniu osadu mazistego, roślinnym kompostowaniu osadu na mineralnym gruncie, roślinnym kompostowaniu osadu na poletkach lub na roślinnym kompostowaniu na urządzonym placu z kontrolowanym odprowadzaniem odpadowych ścieków. Uprawę roślin przeznaczonych na kompost prowadzi się przez wiele lat na wyznaczonym gruncie, do którego wprowadza się corocznie lub rzadziej osad ściekowy. Odpowiednie do tego celu są poeksploatacyjne składowiska odpadów mineralnych wymagające biologicznego zagospodarowania (np. paleniskowe, górnicze, poflotacyjne, chemiczne). Osady ściekowe pod pewnymi warunkami mogą być także wykorzystywane do produkcji wermikompostu. W przeprowadzonych badaniach osadów ściekowych z kilku miast Polski wykazano, że osady z dużych oczyszczalni ścieków komunalnych są na ogół nieprzydatne do produkcji kompostu. Istnieją duże różnice w zawartości dostępnych form składników mineralnych i metali ciężkich między różnymi podłożami zawierającymi osady ściekowe, najwięcej jest cynku, mniej miedzi i ołowiu, najmniej kadmu. Ich zmieszanie z korą sosnową w stosunku wagowym 1:1 poprawia warunki wzrostu *Eisenia fetida*, ale nie stwarza warunków korzystnych dla ich rozmnażania. Doświadczalnie wykazano, że kompostowanie osadów pościekowych z małej mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Choszcznie, przy udziale *Eisenia fetida*, jest możliwe tylko po dodaniu do nich celulozy (trociny świerkowe lub słoma w ilości 25-50% objętości podłoża) ułatwiających poprzez zwiększenie atrakcyjności pokarmu zbiałczanie amoniaku uszkadzającego nabłonek dżdżownic. Dżdżownice nie wpłynęły natomiast korzystnie na zmianę miana coli ( $10^{-6}$ ). W wyniku działalności dżdżownic masa przerabianego podłoża maleje o około 40%, natomiast szybkość tej zmiany zależy od biomasy dżdżownic. Orientacyjnie przyjmuje się, że jedna tona biomasy dżdżownic w ciągu pięciu dni przerabia jedną tonę osadu w ekskrementy. Przekompostowanie osadu ściekowego przy udziale dżdżownic zwiększyło pojemność sorpcyjną uzyskiwanego wermikompostu, ale jego oddziaływanie na pojemność sorpcyjną użyźnianej gleby lekkiej było istotnie mniejsze niż osadu przefermentowanego. Zwiększenie dawki wermikompostu powodowało istotny wzrost pojemności sorpcyjnej, ale w sto-

sunku do osadu wpływ ten był mniej intensywny. Do produkcji wermikompostu mogą być wykorzystywane także osady z biologicznej oczyszczalni ścieków garbarskich (osad z dodatkiem torfu, liści drzew lub trocin) pod warunkiem zmniejszenia w nich zawartości chromu poniżej 1000 ppm w suchej masie.

Dżdżownice uważane są za dobre bioindykatory stanu środowiska, np. dla ocen intensywności skażenia gleb metalami ciężkimi, pestycydami, substancjami ropopochodnymi. Testy oparte są zwykle na określeniu procentu śmiertelności, wpływu na wielkość biomasy oraz rozmnażanie się osobników dojrzałych, umieszczonych na sztucznym podłożu o określonym składzie zawierającym toksyczne substancje w różnych stężeniach. Przykładem mogą być testy opracowane przez OECD (zgodnie z instrukcją 207 i normą ISO/DIS 11268-2) dla testowania letalnych i subletalnych efektów działania pestycydów. Doświadczalnie wykazano, że np. benomyl obniża niezależnie od dawki (5-40 mg/kg s.m. podłoża) biomasę dżdżownic o około 60%. Spadek produkcji kokonów i biomasy może być podobny przy małych dawkach różnych preparatów, np. benomyl i paration.

Zastosowania metod kompostowania odpadów komunalnych powoduje zmienne właściwości sanitarne kompostu. Natomiast w zależności od rodzaju przerabianych odpadów powstają komposty o różnych charakterystykach nawozowych i różnej zawartości metali ciężkich. Rozwijane metody kompostowania segregowanych i frakcjonowanych odpadów komunalnych w bioreaktorach, wykorzystujących w rozkładzie mikrobiologicznym wspomaganie rozkładu przy udziale dżdżownic *Eisenia fetida*, pozwala na uzyskanie wermikompostu o stosunkowo stałych właściwościach. Wprowadzanie *E. fetida* do technologii kompostowania odpadów komunalnych może mieć miejsce zwłaszcza w kompostowaniach polowo-pryzmowych o różnym stopniu wstępnego przygotowania kompostowanych odpadów i sterowania procesem, w warunkach otwartych i sztucznych w bioreaktorach. We wszystkich tych metodach *E. fetida* nie może być jednak wprowadzana do tych etapów procesu technologicznego, w których — w wyniku fermentacji — powstaje wysoka temperatura kompostowanej masy (do 60-70°C). Przy kompostowaniu odpadów komunalnych decydujące znaczenie dla możliwości zastosowania *E. fetida* stwarza wprowadzenie ich do procesu technologicznego kompostowania odpadów sortowanych w fazie wstępnego przygotowania i przeróbki oraz w końcowej fazie dojrzewania, co pozwala na wzbogacenie kompostu w nowe właściwości biologiczne. Podstawą dla szerokiego wprowadzania *E. fetida* do technologii kompostowania odpadów komunalnych będą czynniki ekonomiczne oraz jakość otrzymywanego kompostu, który musi być zgodnie z normą głównie bezpieczny pod względem sanitarnym, zawierać niewielkie ilości metali ciężkich, nie wydzielać zapachu oraz nie zawierać nierozłożonych substancji obcych (szkło, plastik, papier).

Istnieje potrzeba rozszerzenia działań inwestycyjnych na terenach wiejskich w zakresie gospodarki odpadami. Główna uwaga winna być skoncentrowana na utylizacji organicznych odpadów rolniczych i osadów ściekowych, które stanowią, obok odpadów komunalnych, nie tylko poważny ładunek

zanieczyszczeń dla środowiska, ale wyraźną już barierę prawidłowego rozwoju jednostek osadniczych. Technologia skojarzonego kompostowania odpadów rolniczych z uwodnionymi osadami ściekowymi jest optymalnym rozwiązaniem problemu organicznych odpadów z terenów wiejskich. Ocenia się, że metoda ta jest szczególnie przydatna dla małych i średnich jednostek osadniczych i to nie tylko jako kompostownie przyzmo, ale także z zastosowaniem innych urządzeń technicznych (komory reakcyjne, bioreaktory).

*Krzysztof Kasprzak*