

Ocena wzrostu i rozrodu dżdżownic hodowanych na kompostach z miejskich odpadów komunalnych i innych podłożach organicznych

Jolanta Hempel-Zawitkowska¹

Jan Roman Starck²

Alicja Senatorska-Wiśnioch²

Brygida Okruszko²

Zuzanna Kędzierska¹

Katedra Zoologii¹

Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych²

SGGW

Warszawa

1. Wprowadzenie

Opady organiczne powstające w toku procesów produkcyjnych w rolnictwie i różnych gałęziach przemysłu, a zwłaszcza przemysłu rolno-spożywczego, jak również śmieci i ścieki komunalne oraz odpady z gospodarstw rolniczych i ogrodniczych stanowią nie w pełni wykorzystane zasoby materii organicznej. Problem ten powinien być rozpatrywany w powiązaniu ze zjawiskami zachodzącymi w strefie produkcyjnej i konsumpcji, gdzie powstają odpady. Nie może on być też rozpatrywany w oderwaniu od środowiska, do którego wracają. Te wzajemne zależności pomiędzy odpadami, strefą produkcji oraz konsumpcji z jednej strony, a środowiskiem przyrodniczym z drugiej, można rozpatrywać jako koncepcję gospodarki bezodpadowej.

W wielu krajach prowadzone są na szeroką skalę zakrojone badania nad wykorzystaniem dżdżownicy *Eisenia fetida* do utylizacji odpadów organicznych jako kompostu koprolirowego (1,2,3,4,5,6) zaś biomasy dżdżownic jako komponentu paszowego w żywieniu zwierząt gospodarskich (7,8,9), bądź też surowca dla przemysłu farmaceutycznego. Zagadnienia te zostały szeroko omówione w pracy Kasprzaka (10).

Mimo że w niektórych krajach istnieją już fabryki wermikompostu (11), w Polsce technologia ta nie została jeszcze opracowana, a gromadzone substancje odpadowe są wykorzystywane w niewielkim stopniu i stanowią zagrożenie sanitarne.

Celem pracy była ocena wzrostu i rozrodu dżdżownic hodowanych na kompostach z miejskich odpadów organicznych w stosunku do innych podłoży,

a także zmiany zachodzące pod wpływem działania dżdżownic w zawartości dostępnych form składników mineralnych w podłożach hodowlanych. W testowanych kompostach określiliśmy te składniki mineralne, które mają duże znaczenie pod względem wartości nawozowej wermikompostu.

2. Materiały i metody

Doświadczenia przeprowadzono według następującego schematu:

I. Na wybranych podłożach prowadzono hodowlę dżdżownic. Dżdżownice użyte do badań pochodziły z fermy hodowlanej Instytutu Genetyki i Hodowli Zwierząt Polskiej Akademii Nauk w Jastrzębcu i miały wykształcone siodelka. Hodowane były w pudełkach plastikowych o wymiarach: 11x16x7 cm, z pokrywkami umożliwiającymi wymianę powietrza. Temperatura pomieszczenia wynosiła około 20°C. W każdym pudełku hodowanym umieszczono po 10 dżdżownic, które ważono na początku doświadczenia oraz trzykrotnie w czasie jego trwania. Jednocześnie liczono i usuwano z każdej hodowli kokony.

Do hodowli użyto dwóch rodzajów podłoży umieszczając w każdym pudełku po 0,5 dm³ podłoża.

1. Podłoża kontrolne w postaci sztucznej gleby (12) o stosunku wagowym suchej masy: 10% torfu wysokiego — przesianego przez sito o oczkach 3 mm, 20% glinki kaolinowej, 69,5% piasku drobnoziarnistego — wyprażonego i przesianego oraz 0,5% CaO, dodanego po nawilżeniu, dla uzyskania pH około 7. Podłoże nawilżano do zawartości wody wynoszącej 55%. Jako pokarm stosowano następujące substancje organiczne: odchody krowie, owcze, królicze i amarantus (część nadziemna bez nasion). Były one wysuszone, zmielone i dodane do podłoża w ilości 3% suchej masy. Hodowle prowadzone były w trzech powtórzeniach dla każdego rodzaju podłoża, od 14 grudnia 1992 r. do 1 marca 1993 r. (75 dni). Pokarmu dodawano trzykrotnie w czasie trwania doświadczenia.

2. Komposty z odpadów miejskich z warszawskiej kompostowni w Radiowie (R) kompostowane metodą Muto oraz osady z oczyszczalni ścieków miejskich w Ełku (E). Poddano je najpierw próbie testowej w kwietniu 1993 r., określającej czy są one akceptowane przez dżdżownice (tab. 1). Hodowle na kompostach prowadzono w pięciu powtórzeniach.

II. Wykonano oznaczenia zawartości składników mineralnych w podłożach przerebobionych przez dżdżownice i w podłożach kontrolnych bez dżdżownic. Zawartość N-NH₄, N-NO₃, P, K, Ca i Na oznaczono w wyciągu 0,03 M kwasu octowego. Azot amonowy i azotanowy oznaczono za pomocą metody Bremnera w modyfikacji Starcka (13), fosfor kolorymetrycznie z metawanadanem amonowym, K, Ca i Na na fotometrze płomieniowym firmy Zeiss. Ponadto oznaczono stężenie soli konduktometrycznie wyrażając w g KCl/dm³, a pH w wodzie (14).

Analizę statystyczną jednoczynnikową uzyskanych wyników przeprowadzono z zastosowaniem programu Anova-1. Najmniejszą istotną różnicę obliczono dla poziomu ufności 0,05.

TABELA 1
PRÓBA TESTOWA NA PRZEŻYWAŁNOŚĆ DŹDŻOWNIC W KOMPOSTACH Z RADIOWA I ELKU

Kompost z osadów z oczyszczalni ścieków z Radiowa		
Przeżywalność dżdżownic	Kompost	Próba testowa
1 R	pięciomiesięczny (z listopada 92r.)	pozytywna
2 R	trzymiesięczny (ze stycznia 93r.)	negatywna
3 R	jednomiesięczny (z marca 93r.)	pozytywna
4 R	świeży (z kwietnia 93r.)	negatywna
Kompost z osadów z oczyszczalni ścieków w Elku		
1 E	osad + kora 1:1 obj. (dwuletni)	pozytywna*
2 E	osad z poletek sześćioletni	pozytywna*
3 E	osad świeży (jednomiesięczny) po odwirowaniu przemarznięty	negatywna

* podłoża w których były składane kokony

3. Wyniki

3.1. Podłoża ze sztucznej gleby

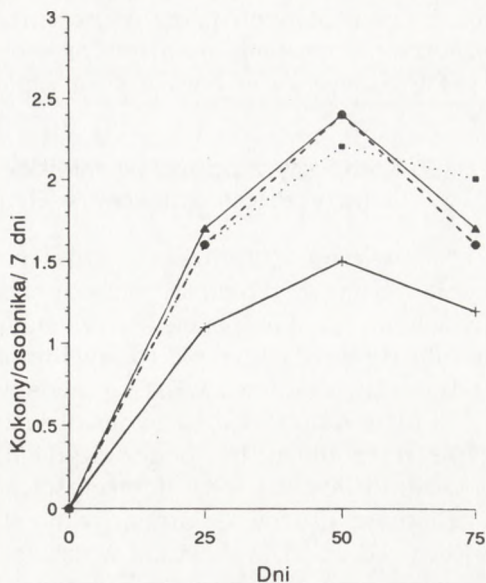
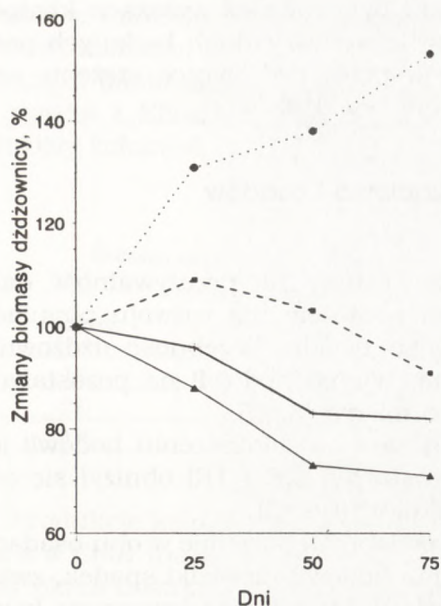
Na wszystkich podłożach do końca doświadczenia liczebność dżdżownic nie uległa zmianie. Ich biomasa nieznacznie obniżyła się, z wyjątkiem podłoża z odchodami króliczymi, gdzie wzrastała i na końcu doświadczenia była większa o 50 % od biomasy początkowej (tab. 2, rys. 1).

TABELA 2
ŚREDNIA BIOMASA DŹDŻOWNIC W mg HODOWANYCH NA SZTUCZNEJ GLEBIE Z DODATKAMI

Podłoże	Okresy doświadczenia			
	0 (pocz.)	25 dni	50 dni	75 dni
odchody krowie	657	580	477	463
odchody owcze	580	557	483	473
odchody królicze	413	540	570	633
amarantus	527	573	543	480

Produkcja kokonów we wszystkich podłożach z odchodami krowimi, króliczymi i amarantusem wahała się od 1,1 do 2,4 na 1 osobnika na tydzień (różnice nieistotne), wykazując pod koniec doświadczenia niewielki spadek (rys. 2).

Na podstawie uzyskanych wyników z przeprowadzonych analiz chemicznych (tab. 3) wykazano, że zawartość azotu amonowego była wyższa w podłożach przerobionych przez dżdżownice, gdy dodano odchody królicze i amarantus, natomiast niższa po dodaniu odchodów krowich i owczych. Zawartość azotu azotanowego była we wszystkich podłożach przerobionych przez dżdżownice znacznie wyższa; podłoża bez dżdżownic zawierały jedynie śladowe jego ilości.



Rys. 1. Biomasa dżdżownic hodowanych w sztucznej glebie z dodatkami odchodów: krowich, owczych, króliczych i rośliny amarantus.

Rys. 2. Liczba kokonów złożonych przez dżdżownice hodowane w sztucznej glebie z dodatkami — jak na rys. 1.

TABELA 3
ZMIANY ZAWARTOŚCI DOSTĘPNYCH FORM SKŁADNIKÓW MINERALNYCH
W SZTUCZNEJ GLEBIE Z DODATKAMI MATERII ORGANICZNEJ
POD WPLYWEM DZIAŁALNOŚCI DŹDŻOWNIC

Sztuczna gleba z dodatkami		N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Na	pH	Stężenie soli g KCl/dm ³
		mg na dm ³ podłoża							
odchody krowie	A	24	21	47	210	1400	90	7,5	0,9
	B	śl.	śl.	52	150	700	70	6,0	0,8
odchody owcze	A	21	220	169	275	1300	95	6,4	2,3
	B	17	śl.	112	200	700	80	6,1	1,1
odchody królicze	A	18	171	127	450	635	125	5,8	1,8
	B	52	śl.	82	450	550	125	6,0	1,1
amarantus	A	7,0	171	108	1050	1600	50	8,3	3,6
	B	63	śl.	77	850	1200	75	7,2	2,7

A — podłoże przerobione przez dżdżownice

B — podłoże nie przerobione przez dżdżownice

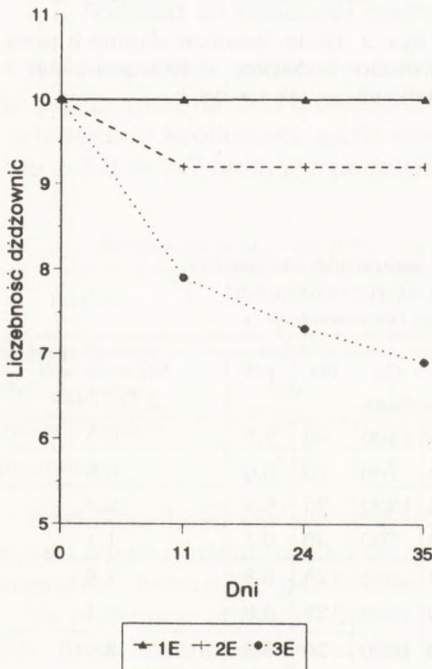
Zawartość potasu, fosforu, wapnia i sodu była również wyższa w kompostach przerobionych przez dżdżownice. Prawie we wszystkich badanych podłożach (z wyjątkiem jednego) przerobionych przez dżdżownice stężenie soli i pH było wyższe w porównaniu z podłożami bez dżdżownic.

3.2. Komposty z odpadów miejskich z Radiowa i osadów z oczyszczalni ścieków w Ełku

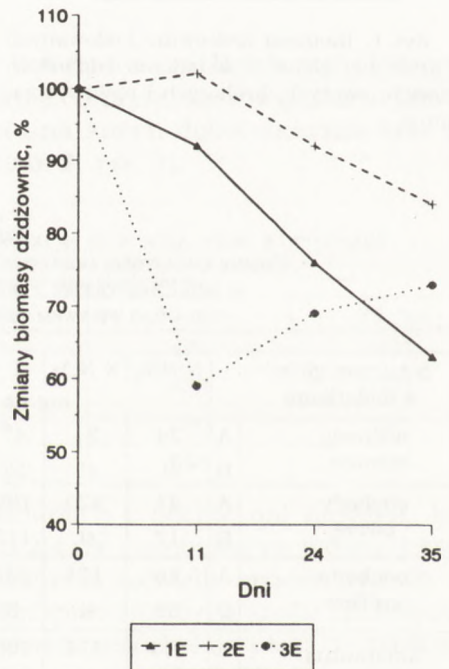
Nie wszystkie komposty, których próba testowa na przeżywalność dała wynik pozytywny okazały się odpowiednim podłożem dla rozwoju populacji dżdżownic. W kompoście 3R w ciągu dwóch tygodni liczebność dżdżownic spadła do 1/3 i podłoże to wyeliminowano. Wyniki hodowli na pozostałych podłożach z Radiowa i Ełku przedstawiono na rys. 3,4,5.

Stan liczebności dżdżownic pozostał ten sam po zakończeniu hodowli jedynie na podłożu 1E, podczas gdy na pozostałych (2E i 1R) obniżył się odpowiednio do 92 i 69% liczebności początkowej (rys. 3).

Biomasa dżdżownic utrzymywała się na podobnym poziomie w obu osadach z Ełku (1E i 2E), wykazując w czasie trwania hodowli niewielki spadek, związany zapewne z produkcją kokonów. Jedynie dżdżownice hodowane na kom-



Rys. 3. Liczebność dżdżownic hodowanych w kompostach z Ełku — 1E i 2E oraz z Radiowa — 1R.



Rys. 4. Biomasa dżdżownic hodowanych w kompostach 1E, 2E, 1R.

poście z Radiowa (1R) w ciągu pierwszych jedenastu dni hodowli wykazały spadek biomasy, który mógł wynikać z powolnej adaptacji do tego środowiska, po czym biomasa ich wzrastała nieznacznie i dorównała biomase dżdżownic z osadów z Ełku. Mogło to wynikać stąd, że dżdżownice na podłożu 1R nie składały kokonów, kumulując całą wyprodukowaną masę w ciele (tab. 4, rys. 4).

TABELA 4
ŚREDNIA BIOMASA DŻDŻOWNIC W mg HODOWANYCH NA KOMPOSTACH Z EŁKU I RADIOWA

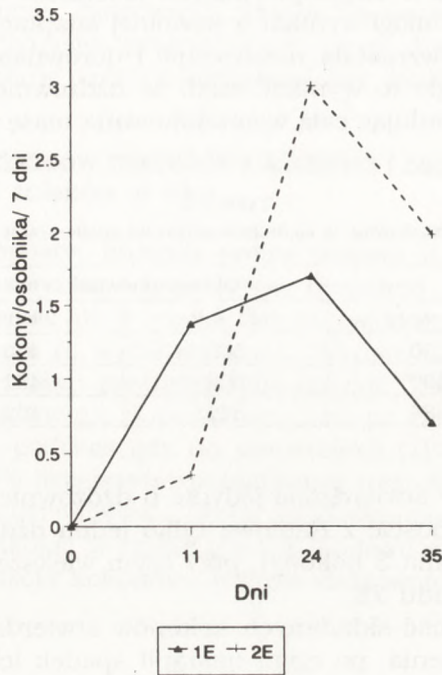
Podłoże	Okresy doświadczenia			
	0 (pocz.)	11 dni	24 dni	35 dni
1E	550	506	420	346
2E	490	502	452	410
1R	584	342	402	410

Produkcję kokonów stwierdzono jedynie u dżdżownic hodowanych na osadach z Ełku (na kompoście z Radiowa tylko jedna dżdżownica złożyła przez cały okres doświadczenia 3 kokony), przy czym większą rozrodczość wykazywały dżdżownice z osadu 2E.

Największą liczebność składanych kokonów stwierdzono w okresie od 11 do 24 dnia doświadczenia, po czym nastąpił spadek ich produkcji (rys. 5).

Z porównania obu rodzajów podłoży — kompostów z odpadów miejskich oraz podłoża kontrolnego — sztucznej gleby, nie wynikają zasadnicze różnice w dynamice zmian biomasy, ani też w produkcji kokonów (z wyjątkiem podłoża z odchodami owczymi). Stwierdzono jednak, że spadek produkcji kokonów nastąpił wcześniej w kompostach z Ełku, niż w sztucznej glebie. Należy przypuszczać, że przyczyną tego było wyczerpywanie się składników pokarmowych w kompostach w czasie trwania doświadczenia, do czego prawdopodobnie nie dochodziło w sztucznej glebie, gdyż pokarm był uzupełniany.

Zawartości azotu amonowego były niskie i nie różniły się istotnie pomiędzy badanymi kombinacjami, poza świeżym kompostem z Radiowa, na którym dżdżownice zginęły (tab. 5).



Rys. 5. Liczba kokonów złożonych przez dżdżownice hodowane w kompostach 1E, 2E, 1R.

TABELA 5

ZMIANY W ZAWARTOŚCI DOSTĘPNYCH FORM SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W KOMPOSTACH Z ODPADÓW MIEJSKICH POD WPLYWEM DZIAŁALNOŚCI DŹDŻOWNIC

Rodzaj kompostu		N-NH ₄	N-NO ₃	P	K	Ca	Na	pH	stężenie soli g KCl/dm ³
z Radiowa pięciomiesięczny	A	30	513	40	2090	2970	1240	8,2	5,5
	B	44	408	49	1785	3716	1115	8,0	7,1
z osadu oczyszczalni w Ełku i kory	A	20	495	90	260	2450	244	7,1	2,3
	B	26	205	63	259	2499	150	6,6	1,7
z osadu oczyszczalni w Ełku sześcioletni	A	31	788	56	204	2770	248	6,5	3,3
	B	25	360	47	194	2955	132	6,7	2,2
z Radiowa świeży	B	161	194	49	1505	3050	1459	7,9	6,7
kora sosnowa		4	49	15	77	706	38	5,0	0,2
NIR		54	238	21	584	1021	306	0,5	1,0

A — podłoże przerobione przez dżdżownice

B — podłoże nie przerobione przez dżdżownice

Zawartości azotu azotanowego były znacznie wyższe w kompostach przerobionych przez dżdżownice w porównaniu z kompostami bez dżdżownic. Również zawartości fosforu, potasu i sodu były wyższe w kompostach przerobionych przez dżdżownice, ale różnice najczęściej okazały się nieistotne. W większości przypadków pod wpływem działalności dżdżownic w badanych podłożach wzrastało pH i stężenie soli.

4. Dyskusja

Nasze wyniki hodowli dżdżownic w kompostach, w porównaniu z hodowlą w podłożu kontrolnym, tj. sztucznej glebie z pokarmem, są bardzo zbliżone zarówno pod względem biomasy jak i rozrodczości. Produkcja kokonów w temperaturze 20°C wynosiła w sztucznej glebie od 1,1 do 2,4 kokona na osobnika na tydzień. Z prezentowanych w literaturze danych wynika, że nawet w podobnych warunkach środowiskowych (temperatura, podłoże), tempo składania kokonów osiągało różne wartości w poszczególnych doświadczeniach. W dwóch doświadczeniach wykonanych przez Ventera i współ. (4,15) na obroniku krowim i w temperaturze 25°C (optymalnej według autorów) wynosiło średnio 2,1 oraz 2,4. Van Gestel i in. (12) prowadzący hodowlę w sztucznej glebie z dodatkiem odchodów krowich i w temperaturze 20°C (ich zdaniem korzystniejszej dla rozrodu) stwierdzili produkcję kokonów wynoszącą 1,35 kokona na osobnika na tydzień. Natomiast według Hartensteina i współ. (15) produkcja kokonów na nawozie końskim w temperaturze 25°C wynosiła 4–5 kokonów na osobnika na tydzień, ale były to osobniki o największej aktywności rozrodczej, przypadającej na 9–12 tydzień życia.

Dane te wskazują na duże różnice w produkcji kokonów, wynikające z wielu trudnych do zdefiniowania czynników, tak biologicznych jak i środowiskowych. Nasze wyniki mieszczą się w zakresie przeciętnych wartości. Produkcja kokonów w kompoście 2E po 25. dniach wynosiła 3 kokony na osobnika na tydzień, podczas gdy w kompoście 1E była podobna do wartości z hodowli na sztucznej glebie i wynosiła około 2. Różnice w ilości kokonów pomiędzy hodowanymi kompostami okazały się jednak nieistotne.

Z przeprowadzonych wcześniej badań (17,18) wynika, że komposty z odpadów miejskich nadają się do hodowli dżdżownic dopiero po kilkumiesięcznym okresie dojrzwania, w czasie którego, dzięki procesom fermentacyjnym, dochodzi przypuszczalnie do neutralizacji toksycznych substancji. Według naszych spostrzeżeń okres ten może zmieniać się w zależności od co najmniej dwóch czynników: różnic w składzie odpadów oraz od temperatury (pory roku) w czasie kompostowania odpadów. Przeprowadzone przez nas w kwietniu próby testowe na przydatność do hodowli kompostów z Radiowa wykazały, że dżdżownice natychmiast ginęły w kompoście ze stycznia (składowanym przez 3 miesiące), podczas gdy w kompoście z marca (składowanym 2 miesiące) — przeżywają. Okazało się jednak w trakcie prowadzenia badań, że w kompoście z listopada poprzedniego roku (sześciomiesięcznym) dżdżownice

nie rozmnażały się. Dobre wyniki hodowli uzyskano w kompostach z Elku — znacznie starszych, w których zarówno biomasa, jak i rozrodczość dżdżownic nie różniły się zasadniczo od tych jakie uzyskano w podłożu kontrolnym — sztucznej glebie z dodatkiem pokarmu.

Czas dojrzewania kompostów może być skrócony przez mieszanie ich z innym neutralnym podłożem, zwłaszcza mającym zdolności absorbowania toksyn. Próby przeprowadzone przez nas (dane nie publikowane) wykazały, że dodanie do jednomiesięcznego, wrześnieowego kompostu z Radiowa sztucznej gleby w proporcjach 1:1 powoduje nie tylko przeżywanie dżdżownic, ale również po 35. dniach przebywania w takim podłożu, rozpoczęcie składania kokonów.

W sztucznej glebie z dodatkiem odchodów krowich, owczych, króliczych i amarantusa wzrastała zawartość azotu azotanowego oraz dostępnych form potasu, wapnia i sodu po przerobieniu tych podłoży przez *Eisenia fetida*. Należy przypuszczać, że pod wpływem dżdżownic następuje uaktywnienie mikroorganizmów odpowiedzialnych za procesy mineralizacji materii organicznej, a zwłaszcza znaczne przyspieszenie procesu nityfikacji.

Haimi i Huta (19) stwierdzili także wzrost zawartości azotu azotanowego w mieszaninie kory i osadów wód ściekowych pod wpływem działalności dżdżownic. Również Hand i współ. (2) wykazali znaczny wzrost zawartości azotanów w mieszaninie resztek roślinnych i gnojowicy po przerobieniu przez *Eisenia fetida*. Podobnie Engelstad (20) znalazł większą ilość azotanów po przerobieniu resztek roślinnych z ogrodu przez dżdżownice. Uzyskane przez nas wyniki z przeprowadzonych doświadczeń wskazują na przyspieszenie procesu nityfikacji po zastosowaniu dżdżownic w końcowym etapie przy przeróbce odpadów komunalnych i osadów ściekowych na komposty, wymaga to jednak dalszych szczegółowych badań. Haimi i Huta (19) stwierdzili większe wydzielanie CO₂ z mieszaniny kory i osadów wód ściekowych po wprowadzeniu do nich dżdżownic, co również świadczy o przyspieszeniu rozkładu materii organicznej.

Literatura

1. Pussard M., Fayolle L., Rouelle J., (1986), *Revue Horticole*, 268, 17 – 21.
2. Hand P., Hayes W. A., Frankland J. C., Satchell J. E., (1988), *Pedobiologia*, 31, 199 – 209.
3. Huhta V., Haimi J., (1988), *Earthworms in wastes and environmental management*, Edwards and Neuhauser ed. Academic Publishing, Haga, 65 – 69.
4. Venter J. M., Reinecke A. J., (1988), *S. Afr. J. Zool.*, 23, 3, 161 – 165.
5. Haimi J., (1990), *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 27/4, 415 – 421.
6. Reeh U., (1992), *Soil. Biol. Bioch.*, 24, 1327 – 1331.
7. Valasquez B. L., Herrera C. G., Ibanez B. I., (1986), *Earthworm Meal. Alimentos*, Chile, 11/1, 15 – 21.
8. Valasquez B. I., Herrera C. C., Ibanez B. I., (1986), *Earthworm Meal. Alimentos*, Chile, 11/4, 9 – 13.
9. Reinecke A. J., Hayes J. P., Cilliers S. C., (1991), *S. Afr. J. Animal Sci.*, 21/2, 99 – 103.
10. Kasprzak K., (1990), *Biotechnologia*, 1(7), 39 – 48.

11. Bouché M. B., (1993), *Sovadec Technologie*, Montelimar, France.
12. van Gestel C. A. E., van Breemen E. M., Baerselman R., (1992), *Pedologia*, 36, 109 - 120.
13. Starck J. R., (1969), *Biul. Inf. Torf*, 4/23/69, 15 - 20.
14. Nowosielski O., (1988), *Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie*, PWRiL, Warszawa.
15. Venter J. M., Reinecke A. J., (1987), *Rev. Ecol. Biol. Sol.*, 24/2, 157 - 170.
16. Hartenstein R., Neuhauser E. F., Kaplan D. L., (1979), *Oecologia (Berl.)*, 43, 329 - 340.
17. Rouelle J., Pussard M., Randriamamonjizaka J. L., Loquet M., Vincelas M., (1985), *Bull. Ecol.*, 16/1, 83 - 88.
18. Mitchell M. M., Mulligan R. M., Hertenstein E., Neuhauser E., (1977), *Compost Sci.*, 7/8, 28 - 32.
19. Haimi J., Huta V., (1987), *Pedologia*, 30, 137 - 144.
20. Engelstad F., (1991), *Biol. Fertil. Soils*, 12, 137 - 140.

**Estimation of growth and reproductiveness
of earthworms *Eisenia fetida* (Sav) raised on composts
of town wastes and other organic substrates**

Summary

Changes of number, biomass and reproductiveness of *Eisenia fetida* on compost of town wastes and other substrates were investigated. Also, the composition of the available mineral elements was determined in substrates with and without earthworms. Wormworked materials had higher content of N, K and in most cases P, Ca and Na. For few month fresh compost of town wastes was toxic for earthworms.

Key words:

town wastes, vermicompost, *Eisenia fetida*, mineral elements.

Adres dla korespondencji:

Jolanta Hempel-Zawitkowska, Katedra Zoologii, SGGW,
ul. Nowoursynowska 166, 02-766 Warszawa.