

## **JOANNA KOSTECKA, ANNA MAZUR, WOJCIECH GÓRECKI**

Zakład Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej  
Uniwersytet Rzeszowski, e-mail: [jkosteck@univ.rzeszow.pl](mailto:jkosteck@univ.rzeszow.pl)

### **WERMIKOMPOSTOWANIE ODPADÓW CELULOZY Z UDZIAŁEM DŹDŻOWNIC *EISENIA FETIDA* (SAV.) I *DENDROBAENA VENETA* (ROSA)**

*Dżdżownice unieszkodliwiają odpady organiczne wytwarzając z nich nawóz, zwany wermikompostem. Celem prezentowanej pracy było wermikompostowanie odpadów celulozy z udziałem dwóch gatunków dżdżownic Eisenia fetida (Sav.) i Dendrobaena veneta (Rosa). W trakcie wermikompostowania obserwowano wpływ tego procesu na cechy ich populacji. Badano przeżywalność, dynamikę zmian biomasy, struktury wiekowej oraz rozmnażania. Określono także cechy uzyskanego wermikompostu.*

**Słowa kluczowe:** dżdżownice, *Eisenia fetida* (Sav.), *Dendrobaena veneta* (Rosa), celuloza, wermikompostowanie

#### **I. WSTĘP**

Działalność dżdżownic umożliwia i przyspiesza powtórne włączanie pierwiastków do cyklu obiegu materii. Dzięki tej zdolności (realizowanej we współpracy z mikroorganizmami) dżdżownice zaczęły być wykorzystywane w masowych hodowlach stanowiących proces biotechnologiczny nazwany wermikulturą [5,7,9]. Realizując swoje funkcje życiowe w zagęszczonych populacjach, dżdżownice unieszkodliwiają odpady organiczne wytwarzając z nich nawóz, zwany wermikompostem. Wermikompost może być produkowany z wielu odpadów i w zależności od swoich cech stanowić nawóz naturalny stosowany min. w produkcji żywności wysokiej jakości [8].

Celem pracy było wermikompostowanie odpadów celulozy z udziałem dwóch gatunków dżdżownic *Eisenia fetida* (Sav.) i *Dendrobaena veneta* (Rosa). W trakcie wermikompostowania obserwowano wpływ tego procesu na cechy ich populacji. Badano przeżywalność, dynamikę zmian biomasy, struktury wiekowej oraz rozmnażania. Określono także cechy uzyskanego wermikompostu.

#### **II. MATERIAŁ I METODY**

Badania prowadzono w laboratorium Zakładu Biologicznych Podstaw Rolnictwa i Edukacji Środowiskowej Uniwersytetu Rzeszowskiego w temperaturze 20±5°C. Schemat

---

\* *Pracę recenzował:* prof. dr hab. Krzysztof Kasprzak, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

doświadczenia przedstawiono w tabeli 1. Wermikompostowano odpad celulozowy (opakowania po jajkach), który wcześniej rozdrobiono na fragmenty około 1 cm i dokładnie namoczono w wodzie wodociągowej o temperaturze 23°C i pH 7,6.

**Tabela 1 – Table 1**

Schemat doświadczenia  
Pattern of the experiment

Próby Samples	Gatunek Species	Średnia biomasa Mean biomass [g]	Cechy podłoża i karmienia Substratum and feeding characteristic
badawcze testing <b>E<sub>1-5</sub></b>	<i>E. fetida</i>	0,7199±0,0131	rozdrobniona i uwilgotniona celuloza / <i>grained and humid cellulose</i> [250 ml / 221g] *
kontrola control <b>K<sub>E</sub></b>		0,7004±0,1659	1/5 rozdrobnionej i uwilgotnionej masy celulozowej oraz 4/5 ziemi ogrodniczej / <i>1/5 of grained and humid cellulose and 4/5 of garden soil</i> <sup>A</sup> [250 ml / 221g] *
badawcze testing <b>D<sub>1-5</sub></b>	<i>D. veneta</i>	1,9442±0,0257	rozdrobniona i uwilgotniona celuloza / <i>grained and humid cellulose</i> [500 ml / 442g] **
kontrola control <b>K<sub>D</sub></b>		1,9350±0,2815	1/5 rozdrobnionej i uwilgotnionej masy celulozowej oraz 4/5 ziemi ogrodniczej / <i>1/5 of grained and humid cellulose and 4/5 of garden soil</i> <sup>A</sup> [500 ml / 442g] **

<sup>A</sup> – pH 5,5-6,5; 1,0-2,0 mg NaCl / l; 200-450 mg N / l; 200-400 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / l; 300-500 mgK<sub>2</sub>O

\*dodatek sacharozy 2-krotnie: na początku badań oraz pod koniec czwartego miesiąca, około 2g / *twice addition of saccharose: at the beginning of experiment and toward the end of fourth mont, about 2g*

\*\*dodatek sacharozy 2-krotnie: na początku badań oraz pod koniec czwartego miesiąca, około 4g / *twice addition of saccharose: at the beginning of experiment and toward the end of fourth mont, about 4g*

W związku z różnicą rozmiaru dżdżownic obu gatunków użyto pojemników o różnej objętości: 450 ml dla *E. fetida* i 900 ml dla *D. veneta*. Do wszystkich wprowadzono po 10 dojrzałych dżdżownic o znanej biomacie. Pojemniki regularnie zraszano tą samą objętością wody wodociągowej o temperaturze 23°C i pH 7,6 (po 50 ml dla E<sub>1-5</sub> i K<sub>E</sub> oraz 100 ml dla D<sub>1-5</sub> i K<sub>D</sub>). Celem poprawy warunków pokarmowych, do pojemników badawczych i kontroli dwukrotnie dodano węglowodany w postaci sacharozy (tab. 1).

Dżdżownice ważono (dotyczy biomasy mokrej) raz w tygodniu o tej samej porze (rano), określając także ich przeżywalność i cechy dojrzałości. Liczono również odnajdywane kokony, które usuwano z doświadczenia.

Na potrzeby badań stworzono 3 stopniową skalę do oceny kondycji dżdżownic: bardzo dobra, dobra oraz słaba. Stan dojrzałości (strukturę wiekową) osobników oceniano na podstawie obecności siodełka *clitellum* (osobnik dojrzały - d), widoczności wzgórków dojrzałości *tuberculae pubertatis* (osobnik przed dojrzały ze wzgórkami dojrzałości - w), oraz całkowitego zaniku siodełka (osobnik niedojrzały - n) [4].

W wyprodukowanych wermikompostach: pH w wodzie określano metodą potencjometryczną, a stężenie soli - metodą konduktometryczną (w g NaCl dm<sup>-3</sup>). Zawartość azotu ogólnego zbadano metodą Kjeldahla, a fosforu metodą wanadowo-molibdenową. Poziom potasu, wapnia i magnezu (mg · dm<sup>-3</sup>) analizowano metodą ASA.

### III. WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Wyniki przeprowadzonych obserwacji oraz inne badania [1,2,3] wskazują, że funkcje życiowe dżdżownic przebywających w odpadzie celulozy, mogą powodować jego

przekształcenie w celulozowy wermikompost, a ten - zgodnie z oznaczeniami właściwości składu, może stanowić dodatek do podłoża dla roślin (tab. 2).

**Tabela 2 – Table 2**

Cechy uzyskanych wermikompostów i skład optymalny dla roślin (w świeżej masie, przy wilgotności wermikompostów 70%) / *Vermicompost's characteristics and optimal composition for plants (fresh matter and 70% of humidity)*

Cechy i skład wermikompostów <i>Characteristic and composition of vermicompost</i>	Pochodzenie wermikompostu / <i>Origin of vermicompost</i>				Optymalny dla roślin poziom składników* <i>Optimal nutrients level for plants*</i>
	K <sub>E</sub>	E <sub>1-5</sub>	K <sub>D</sub>	D <sub>1-5</sub>	
pH w H <sub>2</sub> O	7,8±0,0	7,9±0,1	7,7±0,0	7,9±0,2	6,0-7,5
Stężenie soli / <i>Salt concentration</i> [g NaCl · dm <sup>-3</sup> ]	0,7±0,0	0,8±0,0	1,0±0,0	1,2±0,2	około / <i>about</i> 1,0
N-NO <sub>3</sub> [mg·dm <sup>-3</sup> ]	2,0±0,0	5,2±1,8	2,0±0,0	6,8±1,5	50-120
P [mg·dm <sup>-3</sup> ]	37,0±2,8	55,2±4,2	60,0±2,8	89,8±29,7	40-80
K [mg·dm <sup>-3</sup> ]	211,0±0,0	68,2±6,8	235,0±0,0	94,0±8,6	125-250
Ca [mg·dm <sup>-3</sup> ]	2131,0±14,1	3831±337	3013,0±10	4370±121	1000-2000
Mg [mg·dm <sup>-3</sup> ]	253,0±0,7	164±11	250,5±0,7	230,6±10,3	60-120

K<sub>E</sub>; E<sub>1-5</sub>; K<sub>D</sub>; D<sub>1-5</sub>; jak w tabeli 1 / *as in table 1*

\*za / *after* Kostecka (2000)

Uzyskane wermikomposty zawierały bardzo niewiele przyswajalnego dla roślin azotu, były natomiast bardzo bogate w przyswajalny wapń i magnez, choć znacznie uboższe w potas i fosfor. Zasolenie podłoża wynosiło średnio 0,7-1,2 g NaCl dm<sup>-3</sup>, co mieści się w zakresie optymalnego dla roślin stężenia soli, gdy zbyt wysokie zasolenie jest czynnikiem niekorzystnym dla ich prawidłowego wzrostu i rozwoju.

W kontekście przyjętego celu badań, analizowano także dynamikę zmian biomasy i rozmnażania dżdźownic. Na odpadzie z celulozy z niewielkim dodatkiem sacharozy osobniki traciły masę szybciej niż w pojemnikach kontrolnych (tab. 3, rys. 1).

**Tabela 3 – Table 3**

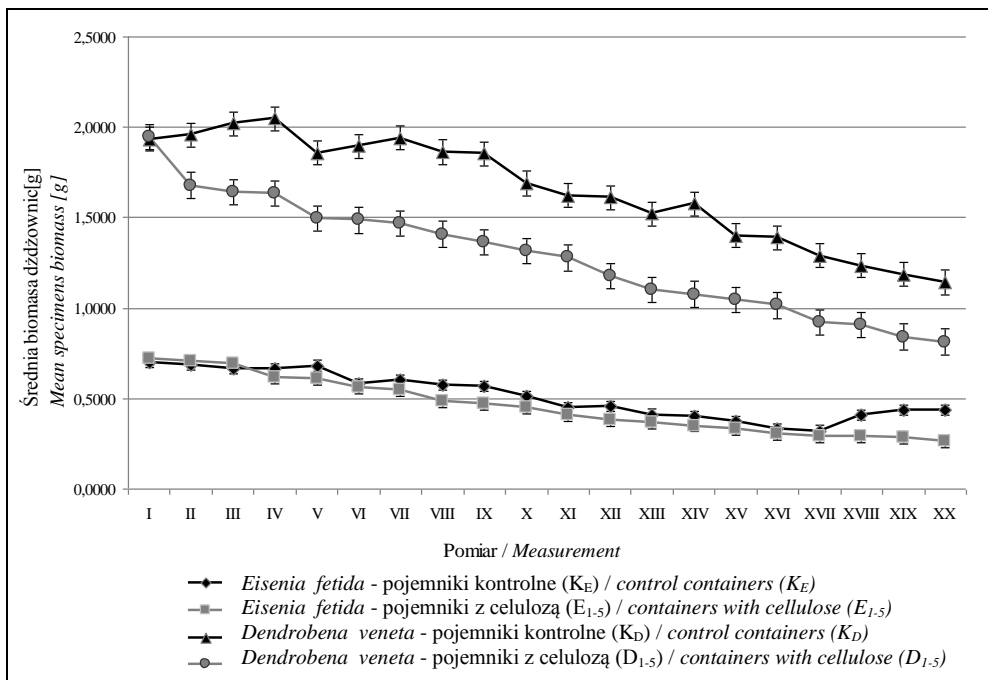
Spadki biomasy *E. fetida* (Sav.) i *D. veneta* (Rosa) w trakcie badań (biomasa mokra)  
*Biomass decreases of E. fetida (Sav.) and D. veneta (Rosa) in the experiment (wet biomass)*

Gatunek <i>Species</i>	Pojemniki <i>Containers</i>	Średni spadek biomasy <i>Mean biomass decrease</i> [%]	Procent spadku biomasy w stosunku do biomasy początkowej / <i>Percentage of the biomass decrease as regards to the primary biomass</i> [%]
<i>E. fetida</i>	E <sub>1-5</sub>	5,1 ± 3,4	63
	K <sub>E</sub>	2,1 ± 9,1	38
<i>D. veneta</i>	D <sub>1-5</sub>	4,4 ± 3,4	58
	K <sub>D</sub>	2,6 ± 4,5	41

K<sub>E</sub>; E<sub>1-5</sub>; K<sub>D</sub>; D<sub>1-5</sub>; jak w tabeli 1 / *as in table 1*

Przyczyną obserwowanego zjawiska była najprawdopodobniej niska zasobność celulozowego podłoża w składniki odżywcze dla dżdźownic i przegęszczenie. Tylko dwukrotny dodatek sacharozy (patrz tab. 1) nie zabezpieczał wszystkich osobników.

Porównując warunki i wyniki obecnego doświadczenia z przeprowadzonym w roku 2004 [7] (hodowano 20 osobników *E. fetida* o średniej biomasie  $0,310 \pm 0,071$  g w 1000 ml odpadów celulozy) gdy po podobnym okresie badań, stwierdzano przyrost ich biomasy o 11%, należy podkreślić, że dysponowały one wówczas ponad dwukrotnie większą objętością podłoża i pokarmu. W obecnym doświadczeniu – 450 ml celulozy przekształcało 10 osobników, ale o znacznie wyższej masie startowej ( $0,719 \pm 0,013$  g) (w związku z tym także o większych wymaganiach pokarmowych). Obecne warunki, najprawdopodobniej obok niedoboru składników odżywczych, włączały także stresującą konkurencję wewnątrz gatunkową. Utworzony w tych warunkach na celulozie łańcuch troficzny (z pierwotniaków i bakterii) mógł być bardzo ubogi i nie zabezpieczał potrzeb dżdżownic.



**Rys. 1:** Zmiany średniej biomasy (biomasa mokra) *E. fetida* i *D. veneta*  
**Fig. 1:** Changes of mean biomass (wet biomass) of *E. fetida* and *D. veneta*

Co ciekawe, w warunkach obecnego doświadczenia, dżdżownice *E. fetida* podejmowały nieco intensywniejszą kopulację (odnajdywano tu średnio  $7 \pm 3$  kokonów na pojedynczą dżdżownicę, gdy w doświadczeniu z roku 2004 *E. fetida* nie rozmnażała się (stwierdzano jedynie pojedyncze kokony). Obecne rozmnażanie *E. fetida* w czystej celulozie mogło być porównane z kontrolą gdzie było bardziej intensywne ( $16 \pm 5$  kokona na osobnika) (tab. 4).

Inną strategię zauważono u przedstawicieli *D. veneta*; w czystej celulozie złożyły –  $2 \pm 1$ , kokonów a w kontroli odnajdywano ich znacznie więcej  $24 \pm 9$  na dżdżownicę (tab. 4).

Przeprowadzone badania pozwoliły także obserwować wpływ warunków doświadczenia na drugorzędowe cechy płciowe osobników (rys. 2). Do doświadczenia wprowadzono dżdżownice z wyraźnie zaznaczonym siodełkiem. W miarę postępu czasu, w podłożach z celulozą obserwowano stopniową utratę oznak dojrzałości dżdżownic, aż do pojawienia się osobników niedojrzałych.

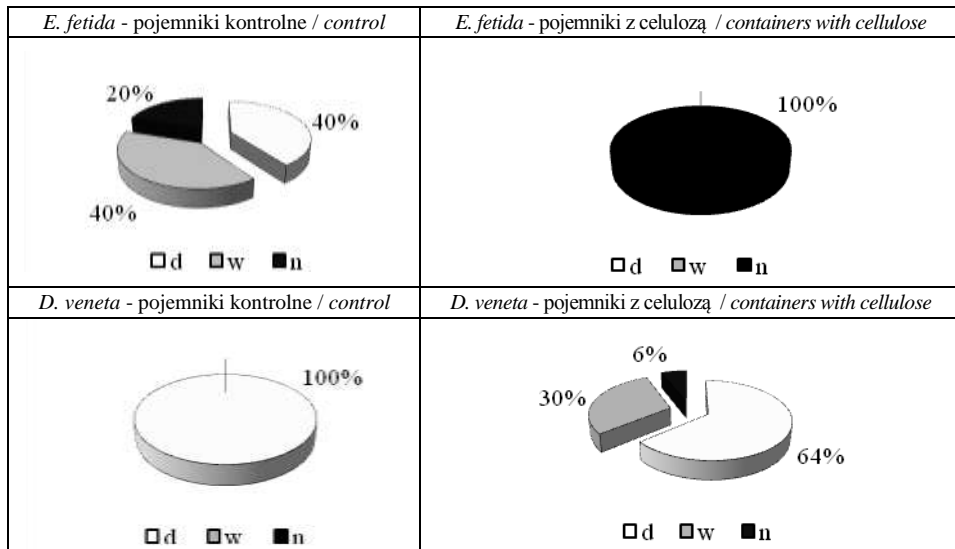
**Tabela 4 – Table 4**

Liczba kokonów złożonych przez dżdżownice w warunkach prowadzonego doświadczenia  
*Number of cocoons laid by earthworms in experiment conditions*

Gatunek <i>Species</i>	Pojemniki <i>Containers</i>	Średnia liczba kokonów na dżdżownicę [szt.] <i>Mean number of cocoon per earthworm [item]</i>	
<i>E. fetida</i>	E <sub>1-5</sub>	7 ± 3	1:2,3
	K <sub>E</sub>	16 ± 5	
<i>D. veneta</i>	D <sub>1-5</sub>	2 ± 1	1: 12
	K <sub>D</sub>	24 ± 9	

K<sub>E</sub>; E<sub>1-5</sub>; K<sub>D</sub>; D<sub>1-5</sub>; jak w tabeli 1 / *as in table 1*

Na końcu badań, w przypadku *D. veneta* znacznie mniej osobników utraciło siodelka (odnaleziono 64% osobników dojrzałych). Wzgórki dojrzałości posiadało 30% a nieliczne osobniki (6%) utraciły dojrzałość całkowicie. Rozmnażające się intensywniej *E. fetida* wyczerpały swój potencjał rozrodczy, tracąc dojrzałość.



**Rys. 2:** Struktura płciowa *E. fetida* i *D. veneta* po zakończeniu badań [%]

**Fig. 2:** Gender structure of *E. fetida* and *D. veneta* at the end of experiment [%]

Tak jak w przypadku oznak dojrzałości płciowej, prowadzone doświadczenie pozwoliło obserwować zmiany kondycji osobników. Do doświadczenia wprowadzono wszystkie osobniki w kondycji bardzo dobrej, tzn. były one jędrne, ruchliwe, w pełni wybarwione i reagowały na bodźce środowiskowe (w momencie stresowym wyrzucały celomocyty).

Pierwsze negatywne zmiany kondycji w czystej celulozie zaobserwowano wcześniej u *E. fetida*, a w ostatnim pomiarze zaledwie 4% z nich reprezentowało tam bardzo dobrą kondycję. Kondycję dżdżownic *D. veneta* oceniono tu jako lepszą. Na końcu doświadczenia najwięcej osobników (70%) posiadało kondycję dobrą, słabą zaobserwowano u 24%. Bardzo dobra kondycja w odpadzie z celulozy cechowała jednak tylko 6% dżdżownic tego gatunku. Tracąc kondycję dżdżownice traciły jędrność, były mniej ruchliwe, barwa ich ciała zmieniła się na siną. Nie stwierdzano u nich także wyrzucania celomocytów.

W kontroli dżdżownica *E. fetida* zachowała 40% osobników dojrzałych, a *D. veneta* 100%.

#### IV. WNIOSKI

1. Odpady z czystej celulozy, mogą być unieszkodliwiane w wermikulturze i stanowią materiał zabezpieczający przeżywalność zarówno dla dżdżownic z gatunku *Eisenia fetida* (Sav.) jak i *Dendrobena veneta* (Rosa).
2. W warunkach doświadczenia prowadzonego na odpadzie celulozy, biomasa badanych populacji dżdżownic stopniowo malała, ale oba gatunki dżdżownic złożyły kokony (*Eisenia fetida* rozmnażała się znacznie intensywniej).
3. *Dendrobena veneta* w podłożu z celulozy zachowywała lepszą kondycję, ale nie rozmnażała się.

#### V. LITERATURA

1. Butt K.R.: Utylisation of solid paper-mill sludge and spent brewery yeast as a feed for soil-dwelling earthworms. *Biores. Technol.* 44. s. 105-107. 1993.
2. Elvira C., Goicoechea M., Sampedro L., Mato S., Nogales R.: Bioconversion of solid paper-pulp mill sludge by earthworms. *Biores. Technol.* 57. s. 173-177. 1996.
3. Elvira C., Sampedro L., Dominguez J., Mato S.: Vermicomposting of wastewater sludge from paper-pulp industry with nitrogen rich materials. *Soil Biol. Biochem.* 29. s. 759-763. 1997.
4. Kasprzak K.: Skąposzczety glebowe III. Rodzina Dżdżownice (*Lumbricidae*). Klucz do oznaczania bezkręgowców Polski. PWN. Warszawa. ss. 187. 1986.
5. Kostecka J.: Badania nad wermikompostowaniem odpadów organicznych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie. Ser. Rozprawy.* 268. ss. 88. 2000.
6. Kostecka J.: Zmiany wybranych cech dżdżownic *Eisenia fetida* (Sav.) w odpadach z celulozy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 498. s. 119-125. 2004.
7. Kostecka J.: Selected aspects of the significance of earthworms in the context of sustainable waste management. In: *Contemporary Problems of Management and Environmental Protection*. W. Sądej (ed.) *Sevages and waste materials in environment*. Olsztyn. s. 153-171. 2009.
8. Kostecka J., Błażej J.: Growing plants on vermicompost as a way to produce high quality foods. *Bull. of the Polish Acad. of Scien. Biol. Scien.* vol. 48. 1. s. 1-10. 2000.
9. Zabłocki Z., Kiepas-Kokot A., Turoczy J.: Skojarzone wermikompostowanie przemysłowych i komunalnych osadów ściekowych. *Zesz. Nauk. AR w Krakowie.* 334. s. 109-116. 1998.

#### VERMICOMPOSTING OF CELLULOSE WASTE USING EISENIA FETIDA (SAV.) AND DENDROBAENA VENETA (ROSA) EARTHWORMS

##### Summary

*Earthworms are able to neutralise organic waste by producing a fertilizer called vermicompost. The aim of this study was to vermicompost cellulose waste by two species of earthworms: Eisenia fetida (Sav.) and Dendrobena veneta (Rosa). During vermicomposting the influence of this process on populations of earthworms was observed. In the investigation survival rate, dynamics changes of biomass, gender structure and reproduction were checked. The properties of the vermicompost obtained was also defined.*

**Key words:** earthworms, *Eisenia fetida*, *Dendrobena veneta*, cellulose, vermicompost