

# MOŻLIWOŚCI WYKORZYSTANIA CZERWONEJ KRZYŻÓWKI KALIFORNIJSKIEJ (*EISENIA FOETIDA* SAV.) DO UTYLIZACJI ODPADÓW ORGANICZNYCH POCHODZENIA PRZEMYSŁOWEGO

Małgorzata Anna Józwiak\*, Przemysław Rybiński\*\*

**Józwiak M.A., Rybiński P., 2009:** Możliwości wykorzystania czerwonej krzyżówki kalifornijskiej (*Eisenia foetida* Sav.) do utylizacji odpadów organicznych pochodzenia przemysłowego (*Possible uses of red hybrid of California (Eisenia foetida Sav.) for industrial organic wastes utilization*), Monitoring Środowiska Przyrodniczego, Nr 10, s. 29-34, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, Kielce.

**Zarys treści:** W niniejszej pracy przedstawiono metodykę badań wykorzystania czerwonej krzyżówki kalifornijskiej *Eisenia foetida* Sav. do utylizacji odpadów organicznych pochodzenia przemysłowego. Odpadem są zużyte opony samochodowe, które po odpowiednim przygotowaniu zadawane są w różnych ilościach do trzech pojemników zawierających wermikompost.

**Słowa kluczowe:** odpady organiczne, dżdżownice, bioutylizacja, wermikompost

**Key words:** organic wastes, earthworms, bioutilization, vermicompost

\*Małgorzata Anna Józwiak, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Samodzielny Zakład Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, malgorzata.jozwiak@vp.pl

\*\*Przemysław Rybiński, Uniwersytet Humanistyczno-Przyrodniczy Jana Kochanowskiego, Samodzielny Zakład Ochrony i Kształtowania Środowiska, ul. Świętokrzyska 15, 25-406 Kielce, przemyslaw.rybinski@ujk.edu.pl

## 1. Wprowadzenie

Zużyte opony samochodowe stanowią istotny problem środowiskowy na całym świecie. Różnorodnym próby ich unieszkodliwiania, prowadzone ze zmiennym powodzeniem, polegające na ich utylizacji lub recyklingu tylko w części stanowią rozwiązanie problemu.

Zapasy wykorzystanych i zużytych opon na świecie sięgają 10 mln ton. W krajach Unii Europejskiej gromadzonych jest rocznie ok. 2,6 mln ton, w krajach Ameryki Północnej 2,5 mln ton, a w samej tylko Japonii 1 mln ton rocznie (Chen, Qian 2003, Rodriguez, Laresgoiti 2001). W Polsce, według szacunków Instytutu Przemysłu Gumowego, powstaje rocznie około 140 tyś ton opon.

Jedną z metod utylizacji opon stosowaną w kraju jest ich spalanie. Przykładowo Cementownia Góraźdze

przyjmuje 12 tys ton tego materiału. Decyzją wojewody Świętokrzyskiego cementownia Małogoszcz otrzymała zgodę na 30 tyś ton spalanych rocznie opon jako paliwa alternatywnego (Mokrzycki 2001), co w dalszym ciągu nie rozwiązuje problemów środowiskowych. Wprawdzie spalanie opon daje bardzo wysokie wartości energetyczne (7500 kcal/KG), ale przy ich utylizacji uwalniane są duże ilości CO<sub>2</sub> emitowanego do atmosfery.

Inną metodą utylizacji opon samochodowych, coraz powszechniej stosowaną w krajach Europy Zachodniej, jest wykorzystywanie ich do modyfikacji drogowych betonów asfaltowych. Komponowanie składu asfaltu drogowego z miałem lub granulatem gumowym poprawia jakość materiału, ale potrzebne do tego ilości opon stanowią jedynie 20% udziału wyprodukowanego asfaltu (Kalabińska i wsp. 1998, Radziszewski i wsp. 2001).

Rozdrobiony materiał pochodzący z opon, chipy (kawałki opon o wielkościach 10-50 mm), ścier gumowy (1-40 mm) i granulaty (1-10 mm) znalazł także zastosowanie w utwardzaniu i uzupełnianiu nasypów drogowych. Wprowadzanie w takiej postaci gumy do środowiska glebowego związane jest z jego zanieczyszczeniem, co nie pozostaje obojętne dla flory i fauny glebowej (Gondek, Filipek-Mazur 1999). Niekorzystny wpływ na podłoże glebowe wynika ze składu chemicznego opon. W skład mieszanki gumowej oprócz kauczuku wchodzi: napelnicze, głównie sadze, na powierzchni których zaadsorbowane są pewne ilości WWA, substancje siecujące zaliczane w większości przypadków do grupy substancji szkodliwych, drażniących oraz plastyfikatory, np. oleje parafinowe czy naftenowe, które w trakcie składowania wyrobów gumowych migrują na ich powierzchnię, a następnie łatwo przedostają się do wód powierzchniowych czy gleb, powodując ich skażenie. Należy również wyraźnie zaznaczyć, iż aktywatorami procesu wulkanizacji są tlenki metali, których oddziaływanie na środowisko naturalne nie jest brane pod uwagę.

Wobec coraz częściej pojawiających się informacji o wprowadzaniu do podłoża glebowego zmielonych odpadów opon samochodowych należy zadać pytanie: jaki to ma wpływ na środowisko glebowe i co można zrobić, aby ten materiał mógł być przez środowisko „skonsumowany”?

Do metod, które są najbardziej bezpieczne i nie naruszają stanu równowagi w ekosystemach należą metody biologiczne. Polegają one na wykorzystaniu organizmów żywych, charakterystycznych dla danego biotopu. Przeprowadzone dotychczas badania wskazują, że organizmami pedofauny o stosunkowo dużym stopniu tolerancji na wysokie stężenia zanieczyszczeń np. niektórych metali oraz zdolnościami kumulowania ich

w organizmie są dżdżownice (Filipek-Mazur, Gondek, 1999). Duże zdolności przystosowawcze dżdżownic powodują, że ich siedliskiem mogą być biotopy w znacznym stopniu zmienione przez człowieka (Curry 1998).

Hodowle zagęszczonych populacji dżdżownic odgrywają istotną rolę w utylizacji różnego typu odpadów organicznych. Badania Neuhausera i wsp. (1988), Edwardsa, Bohlena (1996) pozwoliły na ocenę wpływu dżdżownic na skład chemiczny osadów ściekowych i wpływ osadów na przeżywalność, rozwój i rozmnażanie badanych populacji dżdżownic, dowodząc, że istnieje możliwość biotransformacji osadów ściekowych w wermikulturach. Badania nad wykorzystaniem dżdżownic do wermikompostowania osadów ściekowych w warunkach polskich wykonywano wielokrotnie (Kostecka 1998a). Innowacyjność proponowanej przez autorów metody polega na podjęciu próby wprowadzenia hodowli populacji *Eisenia foetida* Sav. do łoża hodowlanych zawierających wermikompost z domieszką ścieru gumowego.

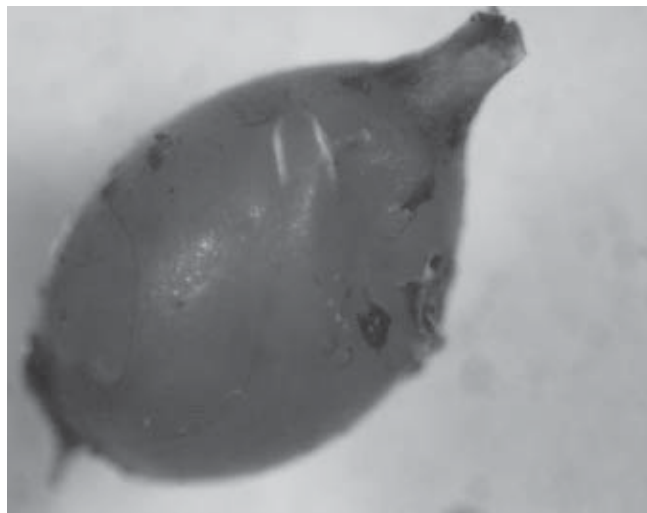
## 2. Materiały i metody

Do przeprowadzenia badań wykorzystywane są *Eisenia foetida* Sav. Do uzasadnienia wyboru gatunku dżdżownicy posłużyły wyniki otrzymane przez Kosteczką (1995) i Kalisza (2000), którzy wykazali, że jedna dżdżownica jest w stanie dziennie przetworzyć kilka razy więcej materii organicznej niż masa jej ciała.

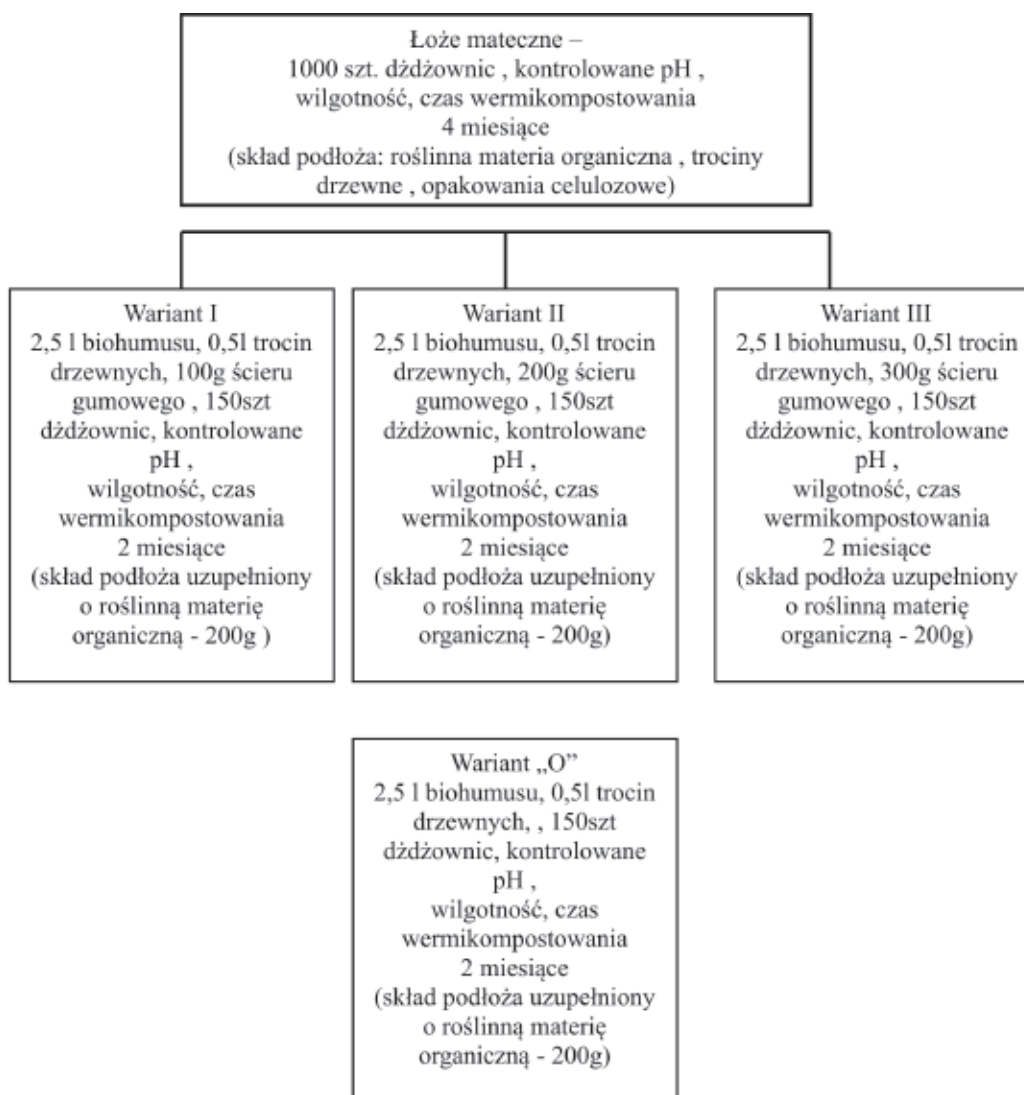
Czerwona krzyżówka kalifornijska wyhodowana została w latach 50. przez hodowców amerykańskich, a zmodyfikowane i uzupełnione doświadczenia pochodzą z hodowli włoskich i francuskich. Jest obupłciowa, ale o typie hermafrodytyzmu zależnego, co wymaga partnera do procesu zapłodnienia. Dojrzały osobnik



Fot. 1. „Amfora” kokon jajowy pusty  
Phot. 1. Amphora egg cocoon is empty



Fot. 2. Kokon z widocznymi formami młodocianymi  
Phot. 2. Cocoon with visible young forms



osiąga długość do 8 cm i charakteryzuje się czerwo-brunatnym wybarwieniem. U dojrzałych form, na metamerycznych segmentach ciała pojawia się clitellium (siodelko) pełniące funkcje rozrodcze (Fot. 3). Zapłodnione jaja otoczone kokonem zsuwają się z ciała dżdżownicy i rozwijają się w ziemi, złożone w amforowatej kapsule. Wyklucie młodych następuje po 14-21 dniach inkubacji. Całe ciało każdego osobnika pokryte jest komórkami światłoczułymi, co powoduje dużą wrażliwość na promienie świetlne i efektywne drażnienie podłoża. *Eisenia foetida* (hybryda kalifornijska) w stosunku do *Lumbricus terrestris* L. (dżdżownicy ziemnej – pospolitej w Polsce) żyje czterokrotnie dłużej (ok. 16 lat) i jest wielokrotnie bardziej rozrodcza (12 razy). Cechy te miały również wpływ na decyzję o wyborze badanego gatunku.

*Eisenia foetida* waży około 1 grama i z pobranej ilości materii organicznej 60% wydala, pozostałą część zużywa na procesy metaboliczne. Istotnym warunkiem biotopowym determinującym optymalną żywotność i rozrodczość zwierzęcia jest pH gleby oraz

dostępność celulozy poprawiającej w sposób istotny przyrost biomasy dżdżownic (Kostecka 2000).

Tabela 1. Cechy podłoża  
Table 1. Characteristics of substratum

pH w/in H <sub>2</sub> O	Wilgotność Humidity	C : N	Temperatura Temperature
6,1± 0,5	76%	16±2	14°C

Uzyskane warunki hodowli wykazywały dużą zgodność z wymaganiami hybrydy kalifornijskiej i opisywanymi w hodowlach Kalemby (1998a) i Zajonca (1992).

Tabela 2. Wymagania dżdżownicy *Eisenia foetida* w stosunku do wybranych cech podłoża  
Table 2. *Eisenia foetida* requirements in relation to some substratum characteristics

pH w/in H <sub>2</sub> O	Stężenie soli g NaCl dm <sup>3</sup> Salinity	C : N
6,8 – 7,2	do 3	około 20

Za Zajonc 1992, Kalemby 1998 (After Zajonc 1992, Kalemby 1998)

Tabela 3. Charakterystyka stanu populacji dżdżownic z łoża matecznego  
 Table 3. Characteristics of earthworm population at the beginning of the research

Liczba osobników dojrzałych (wykształcone clitelium) <i>The number of adults (developed clitelium)</i>	Liczba wybarwionych stadiów młodocianych (bez clitelium) <i>The number of coloured stages of young forms (without clitelium)</i>	Liczba niewybarwionych stadiów młodocianych <i>The number of colourless stages of young forms.</i>	Liczba kokonów jajowych <i>The numbers of eggs cocoons</i>
1237 (±20)	1486(±20)	1115(±20)	1365(±20)

Próbką kontrolną do badań jest łoże dżdżownic z wermikompostem wytworzonym na bazie materii organicznej pochodzącej z pozostałości roślinnej ogrodu przydomowego z dodatkiem trocin drzewnych i celulozowych opakowań. Proces wermikompostowania przeprowadzono w pojemniku z PCV o pojemności 50 l z 1000 dżdżownicami.

Przed rozpoczęciem eksperymentu określono cechy podłoża przeznaczonego do hodowli dżdżownic. Określono w nim pH metodą potencjometryczną, wilgotność metodą wagową, zawartość C org. i N całkow. przy użyciu IL550 TOC-TN oraz temperaturę (Tab. 1).

Po upływie 4 miesięcy z łoża matecznego wybrano 10 dżdżownic, które po uśpieniu octanem etylu umyły i zmineralizowano w  $T = 500^{\circ}\text{C}$  celem określenia składu chemicznego. W tak przygotowanej próbce oznaczono C, N, H, O. Następnie z łoża matecznego wydzielono materiał, który podzielony na cztery części: próbkę kontrolną i trzy próbki wariantowe.

Przygotowanie próbek wariantowych polegało na dodawaniu mieszanki kauczukowej (ścieru gumowego) w zmiennej ilości.

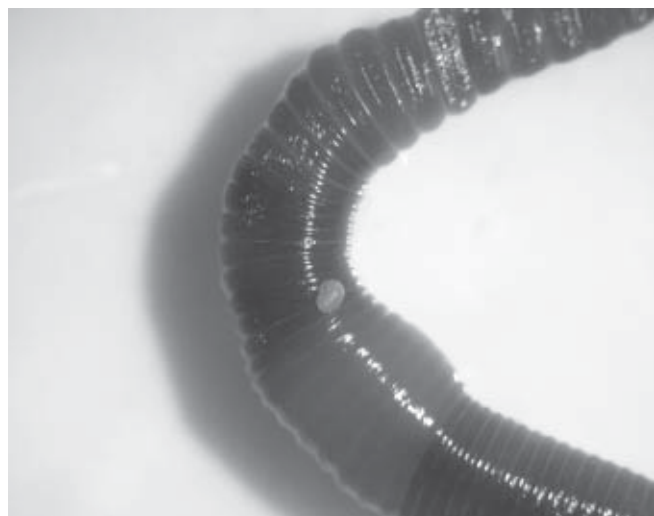
Mieszanki kauczukowe sporządzano metodą konwencjonalną za pomocą walcarki laboratoryjnej o wymiarach walców  $100 \times 200$  mm, w temperaturze walców  $22-27^{\circ}\text{C}$ , przy prędkości walca przedniego  $V_p=20$  obr./min i frykcji 1:1,1. Mieszanie odbywało się w czasie koniecznym do całkowitego wymieszania wszystkich

składników i trwało, zależnie od składu mieszanki, od 5 do 30 minut. Mieszanki po sporządzeniu przechowywane były przez okres 24 godzin w temperaturze pokojowej.

Wulkanizację mieszanek gumowych prowadzono w formach stalowych, umieszczonych między ogrzewanymi elektrycznie półkami prasy hydraulicznej. Do form wkładano odważoną wcześniej porcję mieszanki, obłożoną z dwóch stron folią teflonową, ze względu na adhezję mieszanki do metalu. Temperatura wulkanizacji wynosiła  $160^{\circ}\text{C}$ , a ciśnienie na półkach prasy około 15 MPa. Czasy wulkanizacji wyznaczano na podstawie krzywych reometrycznych. W skład mieszanek kauczukowych wchodziły: kauczuk butadienowy 100 phr, tlenek cynku 5 phr, DCP (dicumyl peroxide) 0,2 phr oraz kauczuk butadienowo-akrylonitrylowy 100 phr, tlenek cynku 5 phr, DCP 0,2 phr.

Próbki podlegające stałej kontroli warunków przebiegu eksperymentu pozostawione są na okres 2 miesięcy. Następnie zostanie dokonana analiza porównawcza w stosunku do łoża matecznego (Tab. 3):

- właściwości powstałego wermikompostu,
- stanu populacji dżdżownic biotransferujących bioluminescencję z dodatkiem ściery gumowego,
- potencjalnych zmian w budowie morfologicznej dżdżownic,
- liczebności populacji z uwzględnieniem fazy dojrzałości płciowej i nie wybarwionych stadiów młodocianych,



Fot. 3. Clitelium na ciele postaci dojrzałej płciowo  
 Phot. 3. Visible clitelium at adult forms



Fot. 4. Niewybarwione stadium młodociane  
 Phot. 4. Colourless stage of young forms



- liczebności kokonów jajowych (Fot. 1),
- liczebności rozwijających się jaj wewnątrz kokonów (Fot. 2),
- analiza chemiczna, po uprzednim zmineralizowaniu w T=500°C,
- analiza statystyczna uzyskanych wyników. (Fot. 1-4 zob. także kolorowa wkładka.)

### 3. Zakończenie

Wermikompostowanie związków organicznych, do których zalicza się kauczuk będący istotnym komponentem opon samochodowych, jest sposobem na ograniczenie ilości odpadów organicznych na składowiskach. Kompostowniki z zagęszczonymi populacjami dżdżownicy kalifornijskiej, w których w sposób bezreszkowy utylizowany jest ścier gumowy, mogą mieć znaczenie ekologiczne i ekonomiczne. Badania prowadzone w Samodzielnym Zakładzie Ochrony i Kształtowania Środowiska mają charakter eksperymentalny. Zaproponowana metoda badawcza nie jest znana w literaturze. Hodowle populacji *Eisenia foetida* na materiale organicznym pochodzącym z odpadów przemysłowych mogą upowszechnić naturalną metodę zapobiegania degradacji gleb i recyklingu odpadów organicznych. Badania prowadzone za granicą (Mori, Kurichara 1979, Hartenstein i wsp. 1980) udowodniły możliwości biotransformacji w wermikulturach prowadzonych na osadach ściekowych. Badania polskie natomiast (Staliński, Litwa 2001) wykazały duży zakres tolerancji różnych gatunków dżdżownic na środowisko poddane wysokiemu skażeniu komunikacyjnemu, w tym Pb i Cd, badanemu w aglomeracjach miejskich.

Produkt działalności dżdżownicy kalifornijskiej – biohumus, posiada walory przekraczające walory kompostu czy obornika. W 1 g biohumusu powstałego z odchodów hybrydy kalifornijskiej można stwierdzić do 2000 miliardów kolonii bakterii, podczas gdy obornik stosowany w uprawach ekologicznych zawiera ich od 50-300 milionów. Innym istotnym czynnikiem wpływającym na walory biohumusu jest jego obojętność chemiczna, co z kolei ma wpływ na odporność roślin na czynniki chorobotwórcze, przyspiesza kiełkowanie nasion, skraca okres wegetacji i poprawia jakość plonów (Błazej, Kostecka 1998).

### 4. Literatura

- Błazej J., Kostecka J., 1998:** *Badania nad zdrowotnością ziemiaków uprawianych na wermikompoście* – Zeszyty Nauk. AR Kraków, 58: 85-90
- Curry J. P., 1998:** *Factors affecting earthworm abundance in soils*. W: C. A. Edwards (ed.). *Earthworm ecology*. St. Lucie Press, Boca Raton, Florida: 37-64.
- Chen F., Qian J., 2003:** *Waste Management*, 23: 463-46.
- Edwards C.A., Bohlen P.J., 1996:** *Biology and Ecology of Earthworms*. Chapman & Hall, London.
- Filipek-Mazur B., Mazur K., Gondek K., 1999:** *Akumulacja metali ciężkich przez dżdżownicę Eisenia foetida z kompostowanych osadów ściekowych*. Folia Univ. Agr. Stetinensis, 200, Agricultura, 77: 99-104.
- Hartenstein R., Neuhauser E., Collier J., 1980:** *Accumulation of heavy metals in earthworms*. C. J. Environ. Qual., 9, 23-26.
- Kalabińska M., Piłat J., Radziszewski P., 1998:** *Możliwości wykorzystania odpadów gumowych ze zużytych opon samochodowych do modyfikacji drogowych betonów asfaltowych*. IV Międzynarodowa Konferencja „Trwałe i bezpieczne nawierzchnie drogowe” Warszawa.
- Kalembasa D., 1998:** *Wpływ stężenia Pb, Cd i Ni w podłożu na wzrost i rozwój dżdżownic Eisenia foetida (Sav.)*. Zesz. Nauk. AR. Kraków 334, ser. Sesja Naukowa 58: 121-124
- Kalisz L., Kaźmierczyk M., Sałbut J., Nechay A., Szyprowska E., 2000:** *Wykorzystanie dżdżownic do przetwarzania osadów stabilizowanych tlenowo*. Monografia Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Kostecka J., 1995:** *Wermikultura jako sposób na rozwiązanie problemu zagospodarowania osadów ściekowych w oczyszczalniach ścieków*. I Międzynarodowa Konferencja Naukowo-Techniczna. Częstochowa: 294-303.
- Kostecka J., 1998a:** *Wermikultura w Polsce w świetle prowadzonych obecnie badań*. Postępy Nauk Rolniczych 5: 57-66.
- Kostecka J., 1998b:** *Zmiany w populacjach Eisenia foetida (Sav.) na wybranych podłożach organicznych*, Zesz. Nauk. AR 329, Sesja Naukowa 53: 91-98.
- Kostecka J., 2000:** *Badania nad wermikompostowaniem odpadów organicznych*. Zesz. Nauk. AR Kraków, Ser. Rozprawy 268, ss. 88.
- Mokrzycki E., Uliasz-Bocheńczyk A., Sarna M., 2001:** *Wykorzystanie paliw alternatywnych w Lafarge Cement Polska*. IV Szkoła Gospodarki Odpadami, Ryto.
- Mori T., Kurichara Y., 1979:** *Accumulation of heavy metals in earthworms Eisenia foetida grown in composted sewage sludge*. Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. IV (Biol.), 37: 289-297.

POSSIBLE USES OF RED HYBRYD  
OF CALIFORNIA (*EISENIA FOETIDA* SAV.)  
FOR INDUSTRIAL ORGANIC WASTES UTILIZATION

- Neuhauser E.F., Lehr R.C., Malecki M.R., 1988:** *The potential of earthworms for managing sewage sludge.* W: C.E. Edwards, E.I. Neuhauser (red.) Earthworms and waste management. SPB, Acad. Publ. The Netherlands: 9-20.
- Rodriguez L.M., Laresgoiti M.L., 2001:** Fuel Processing Technology, 72: 9-22
- Radziszewski P., Kalabińska M., Pilat J., 2001:** *Wykorzystanie mialu gumowego ze zużytych opon samochodowych do modyfikacji asfaltów drogowych.* Elastomery 5, 4.
- Staliński J., Litwa M., 2001:** *Akumulacja kadmu i ołowiu w ciele dżdżownic w środowisku podlegającym wysokiemu skażeniu komunikacyjnemu.* Zeszyty Nauk. AR Kraków 372, 75: 118-124.
- Zajonc I., 1992:** *Chov žížal a výroba vermikompostu.* Animapress. Dusan Barlik, Povoda. Okres Dunajská Streda.

**Summary**

Used tyres are one of the most significant environmental problems in the world. One of the methods of utilization is the use of ground material from tyres to harden and supplement the hard shoulders of the roads.

Mixing the rubber in such a form with the soil leads to soil pollution which has a negative influence on plants and soil organism (Filipek-Mazur, Gondek 1999).

This negative influence stems from the chemical composition of the tyres. This mixture consists of rubber, different fillings, mainly soot, on the surface of which there is some amount of PAH, netted substances which belong to toxic, irritant substances and hardening substances, for example: paraffin oil or kerosene oil. They migrate on the surface of rubber products while they are being stored, and then easily get into the surface water or into the soil causing pollution.

In the article bioutilization of the tyre material with the use of Red hybrid of California is presented. This method consists in creating vermicompost and putting a definite number of Red hybrid of California into it, preparing rubber mixture of ground tyre material which is added into the vermicompost during different trails.



Ryc. 2. Rozmieszczenie ewaporometru na Stacji PB (M500) i deszczomierza (D1) nad jeziorem Łękuk  
Fig. 2. Distribution of the evaporimeter in the PB Station (M500) and the rain gauge (D1) on the Łękuk lake

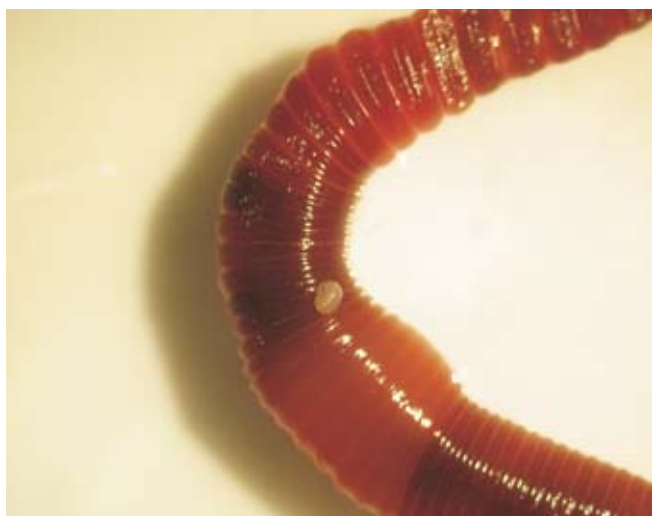
Małgorzata Anna Józwiak, Przemysław Rybiński



Fot. 1. „Amfora” kokon jajowy pusty  
Phot. 1. Amphora egg cocoon is empty



Fot. 2. Kokon z widocznymi formami młodocianymi  
Phot. 2. Cocoon with visible young forms



Fot. 3. Clitellum na ciele postaci dojrzałej pociwo  
Phot. 3. Visible clitellum at adult forms



Fot. 4. Niewybarwione stadium młodociane  
Phot. 4. Colourless stage of young forms