

*Yuri Chigarev, Rafał Nowowiejski, Jan Bronisław Dawidowski, Bernard Olejnik*  
*Instytut Inżynierii Rolniczej*  
*Akademia Rolnicza w Szczecinie*

## **BADANIA NA OCENĄ ENERGETYCZNYCH PARAMETRÓW DŹDŻOWNIC**

### **Streszczenie**

Istnieje sporo modeli matematycznych rozpatrujących oddziaływanie kół pojazdów i sprzętu rolniczego na glebę. W badaniach tych gleba jest traktowana jako środowisko nieożywione. Jednakże gleba zawiera dwa podsystemy – ożywiony i nieożywiony. Przykładem składnika tego drugiego są dżdżownice. W artykule przedstawiono w jaki sposób zwiększenie stanu zagęszczenia gleby, wpływa na parametry życiowe dżdżownicy. W badaniach wyznaczono energię dżdżownicy, podczas pracy polegającej na przemieszczeniu przez nią cząstki gleby i ściskania sprężyny. Wykazano, że decydujące znaczenie na pracę dżdżownicy ma zagęszczenie gleby. Zwiększanie nacisków powodowało zmiany w zagęszczeniu otoczenia pracy zwierzęcia. Im większa siła została przyłożona tym dłuższy czas reakcji dżdżownicy.

**Słowa kluczowe:** dżdżownica, zagęszczenie gleby, energia, model, gęstość, sprężyna, praca, siła

### **Wstęp**

Darwin już w 1881 twierdził iż „Pług jest jednym z najstarszych i najcenniejszych wynalazków człowieka; na długo jednak przed pojawieniem się istot ludzkich ziemia była regularnie orana przez dżdżownice. Wątpliwe wydaje się istnienie wielu innych zwierząt, które odegrały w historii świata równie ważną rolę”. Sens powyższego w dalszym ciągu jest aktualny, a nawet nabiera na znaczeniu, wobec wzrastającego zainteresowania proekologiczną gospodarką rolną. W gospodarce takiej zasadniczą rolę przypisuje się życiu biologicznemu gleby, którego ważnym elementem są właśnie dżdżownice. Zwierzęta te należą bowiem do naturalnych melioratorów gleby, gdyż w korzystnym, także z rolniczego punktu widzenia, kierunku, oddziałują one na jej właściwości fizyczne i biochemiczne.

W pracy przedstawiono w jaki sposób zmiana stanu zagęszczenia gleby wpływa na parametry energetyczne (życiowe) dżdżownicy. Sprawdzone czy możliwa jest

praca dżdżownicy przy dużym zagęszczeniu gleby. W tym celu przeprowadzono szereg badań teoretycznych i doświadczalnych w warunkach laboratoryjnych. Glebę zagęszczano w stalowych pierścieniach. Próby przeprowadzano na glinie lekkiej, każdą próbkę traktowano indywidualnie i obciążano zmiennym naciskiem.

Cel badań zawiera się w stworzeniu modelu matematycznej ruchu dżdżownicy w glebie w warunkach jej obciążenia siłami mechanicznymi od kół maszyn i pojazdów rolniczych oraz uwzględniającego wpływ warunków glebowych na energię dżdżownicy. W pracy postawione następujące pytania:

1. stworzenie modelu matematycznego obciążenie grudki gleby siłami mechanicznymi, pochodzącymi od obciążenia maszynami rolniczymi, za pomocą którego możemy określić energię dżdżownic przy przemieszczaniu tej grudki,
2. przeprowadzenie prób w celu określenia energetycznych parametrów dżdżownic (siła nacisku na grudkę i sprężynę, praca wykonana przez dżdżownicę na pewnej odległości) oraz wytrzymałość dżdżownic w zależności od ich masy i gęstości gleby.

### Mechanika poruszania się dżdżownicy w glebie

Przebieg procesu wydłużania dżdżownicy związany jest z jej energią wewnętrzną, którą można określić pracą konieczną dla przemieszczenia pewnej masy na odległość  $\Delta l$  pod działaniem siły  $F$  (Chigarev i inni, 2004). Zależność  $F$  od  $\Delta l$  może być prostoliniowa i wtedy praca  $W$  będzie równa polu trójkąta OAB (rys. 1).

$$W = \frac{1}{2} F \Delta l \quad (1)$$

Można przyjąć, że praca dżdżownicy konieczna jest do przemieszczenia cząsteczki gleby. Dla jej przesunięcia siłą  $F$  możemy napisać wzór

$$\tau = c + \sigma \operatorname{tg} \varphi \quad (2)$$

gdzie:

$$\tau = \frac{F}{s}; \quad \sigma = \frac{P}{s}$$

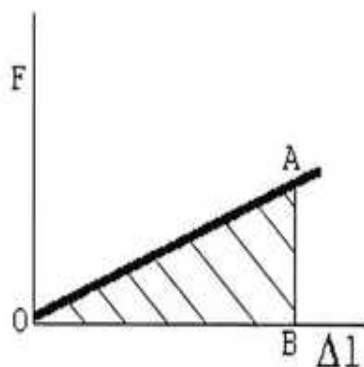
$s$  – pole kontaktu grudki gleby z podłożem

$c$  i  $\operatorname{tg} \varphi$  – parametry właściwości gleby,

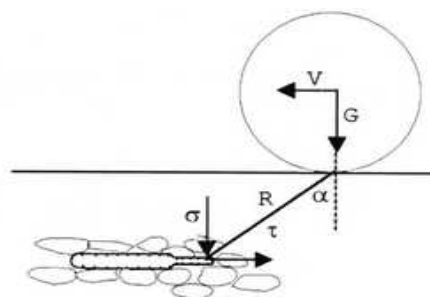
$P$  – normalna siła wypadkowa działająca na grudkę gleby pod wpływem nacisku na glebę siły  $G$  (rys. 2)

$\tau$  – naprężenia styczne, konieczne dla przesunięcia grudki gleby

$\sigma$  – naprężenie normalne działające na cząstkę gleby ze strony innych cząstek które znajdują się pod obciążeniem od maszyn rolniczych.



Rys. 1. Zależność siły wywieranej przez dżdżownicę od jej wydłużenia  
 Fig. 1. The dependence of force exerted by earthworm on its extension



Rys. 2. Obciążenie wywierane przez koło pojazdu rolniczego  
 Fig. 2. Load exerted by the wheel of agricultural vehicle

W przypadku schematu jak na rysunku 2 mamy według wzoru Boussinesqu'a

$$\sigma = \frac{3}{2} \cdot \frac{G \cos^2 \alpha}{\pi R^2} ; \quad (3)$$

gdzie:

$R$  – odległość od punktu przyłożenia obciążenia do danej cząstki gleby.

Możemy wtedy otrzymać wzór określający naprężenie styczne  $\tau$  w zależności od właściwości gleb –  $\operatorname{tg} \varphi$  (współczynnik tarcia) i  $c$  (współczynnik spójności),  $\phi$  – kąt tarcia

$$\tau = c + \frac{3}{2} \frac{G \cos^2 \alpha}{\pi R^2} \operatorname{tg} \varphi . \quad (4)$$

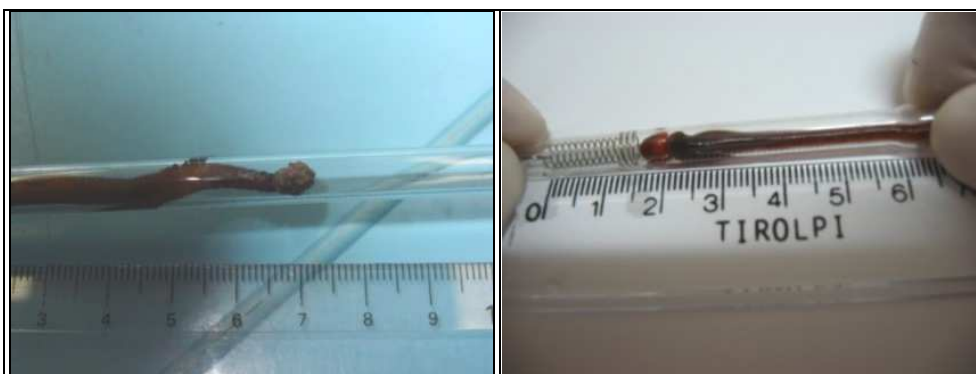
Wtedy praca dżdżownicy w glebie na drodze  $L$  można wyrazić wzorem

$$W = F \cdot L = c \cdot s \cdot L + \frac{3}{2} \frac{G \cdot s \cdot \cos^2 \alpha}{\pi R^2} \operatorname{tg} \varphi \cdot L \quad (5)$$

### Badania doświadczalne

Dla określenia w jaki sposób zmiana stanu zagęszczenia gleby wpływa na przemieszczanie się (parametry energetyczne) dżdżownicy wykonano cykl badań

laboratoryjnych. W pierwszym (jesień) jak i drugim (wiosna) badaniu wykorzystano metodę jednoosiowego nacisku na glebę ograniczoną cylindrem, przez którego podstawę musiała się dżdżownica wydostać na zewnątrz. Badanie trzecie realizowane było laboratoryjną metodą szklanej rurki i cząstki gleby przepychanej przez dżdżownicę (rys. 3). Doświadczenie czwarte wykonano przy pomocy szklanej rurki, w której dżdżownica ścisnęła sprężynę (rys. 4). W próbie tej określano maksymalną energię dżdżownicy.



Rys.3. Pokonywanie drogi przez dżdżownicę  
Fig. 3. Covering the path by an earthworm

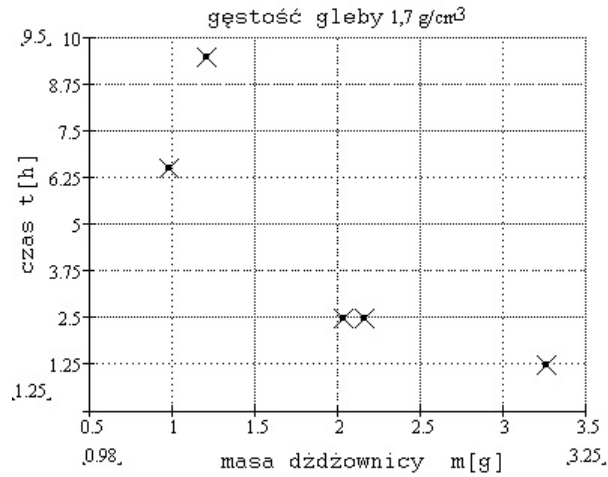
Rys. 4. Rozpoczęcie próby  
Fig. 4. Start of the test

### Opis przebiegu doświadczeń 1 i 2

Do badania przygotowano dwadzieścia identycznych cylindrów. Każdy z nich napełniono glebą tak, aby masa gleby nie przekroczyła 85 g. Podczas napełniania cylindra gleba była wstępnie rozprowadzana w cylindrze, aby zapobiec nierównomiernemu rozłożeniu się gleby. Podczas badań glebę w cylindrach poddawano naciskom o różnych wartościach. Uzyskano dwadzieścia prób z czterema poziomami zagęszczenia symulującego stan gleby po przejeździe maszyny.

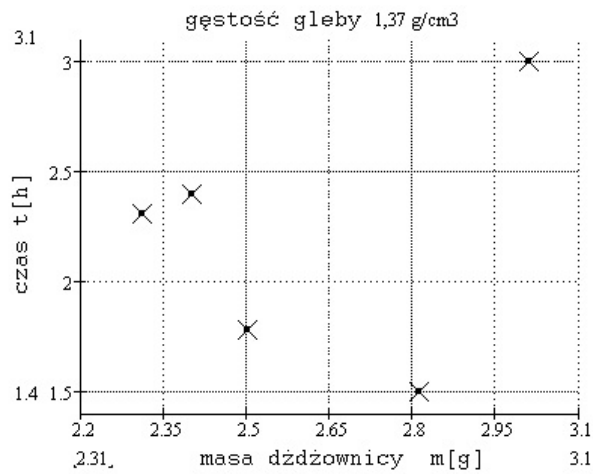
### Wyniki badań i ich analiza

Analiza prób symulujących nacisk koła na glebę pozwoliła ustalić czas i prędkość poruszania się dżdżownicy. Zgodnie z wykresami czas pracy dżdżownicy rozkłada się równomiernie w zależności od gęstości gleby. Po uwzględnieniu masy dżdżownicy możemy stwierdzić dużą zależność pracy od gęstości gleby (rys. 5, 6, 7). W obydwu doświadczeniach posłużono się tą samą metodą do określenia czasu pracy dżdżownicy. Różnica pomiędzy nimi dotyczyła jedynie pór roku.



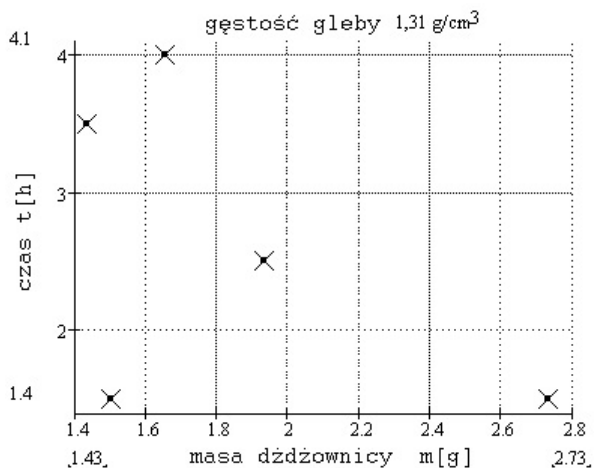
Rys. 5. Czas pracy dżdżownicy [t] do wagi dżdżownicy przy gęstości  $\rho = 1,7 \text{ [g/cm}^3\text{]}$

Fig. 5. Work period [t] to earthworm's mass at density  $\rho = 1.7 \text{ [g/cm}^3\text{]}$



Rys. 6. Czas pracy dżdżownicy [t] do wagi dżdżownicy przy gęstości  $\rho = 1,37 \text{ [g/cm}^3\text{]}$

Fig. 6. Work period [t] to earthworm's mass at density  $\rho = 1.37 \text{ [g/cm}^3\text{]}$



Rys. 7. Czas pracy dżdżownicy [t] do wagi dżdżownicy przy gęstości  $\rho = 1,31 \text{ [g/cm}^3\text{]}$

Fig. 7. Work period [t] to earthworm's mass at density  $\rho = 1.31 \text{ [g/cm}^3\text{]}$

## Wnioski

Przeprowadzenie powyższego badania pozwoliło na wyprowadzenie następujących wniosków:

1. Decydujący wpływ na czas pracy dżdżownicy ma masa badanego osobnika oraz gęstość gleby w której podejmuje on pracę.
2. Okres wiosenny sprzyja pracy zwierzęcia i zasadniczo wpływa dodatnio na jego aktywność glebową, przeciwnie niż ma to miejsce w okresie jesiennym.
3. Okres przedzimowy wyklucza aktywną pracę dżdżownicy w dążeniu do wyjścia na powierzchnię gleby w cylindrze (trwałość pracy może dochodzić do 24 godzin), a w niektórych przypadkach prowadzi do śmierci zwierzęcia.

## Opis przebiegu doświadczenia 3

Badanie to miało na celu określenie energii dżdżownicy (rys. 3). Polegało ono na pomiarze czasu przemieszczania przez dżdżownicę w szklanej rurce grudki gleby o znanej masie na odcinku 10 cm.

## Wyniki badania

Wyznaczono energię kinetyczną dżdżownicy, przy przesunięciu cząstki gleby w próbie, na drodze 10 cm. Wyznaczono także prędkość ruchu dżdżownicy w próbie. Określono siłę i moc konieczną do przesunięcia cząstki gleby.

Energię dżdżownicy określono z wzoru

$$\frac{m_g V^2}{2} = A$$

gdzie:

- $m_g$  – masa grudki gleby,
- $V$  – prędkość grudki na odcinku  $L = 10$  cm.

Siłę  $F$  i moc dżdżownicy  $N_d$  przy przesuwaniu cząstki gleby określono z wzorów:

$$F = \frac{m_g V^2}{2L}; \quad N = \frac{A}{t}$$

Stwierdzono że masa dżdżownicy ma wpływ na siłę, moc oraz energię kinetyczną dżdżownicy.

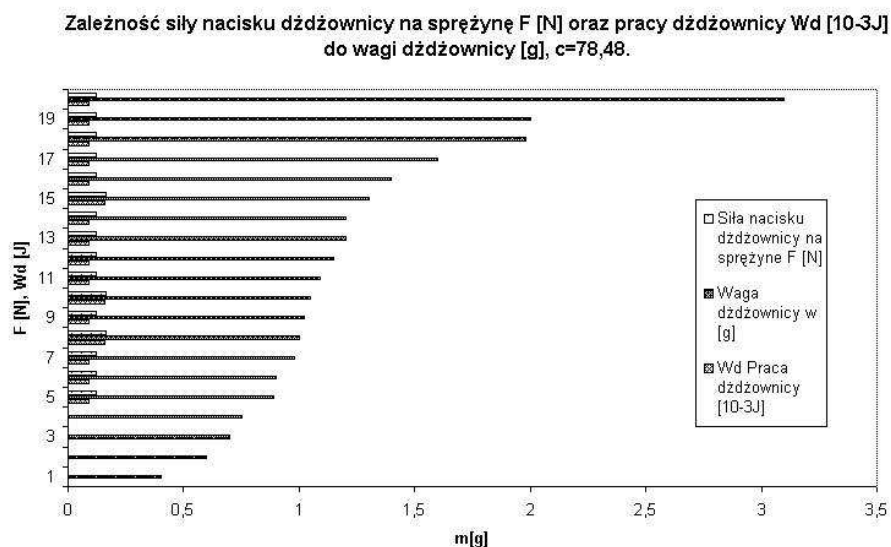
## Wyznaczenie maksymalnej siły i pracy dżdżownicy w próbie ze sprężyną

Przy pomocy szklanej rurki oraz dwóch sprężyn, linijki oraz kulki poliuretanowej imitującej grudkę ziemi, przeprowadzono doświadczenie celem którego było określenie energii dżdżownicy potrzebnej do poruszania się w glebie przy uwzględnieniu małej porowatości gleby i dużej gęstości. Określono maksymalną siłę dżdżownicy potrzebną do poruszania się jej pomiędzy cząstkami gleby.

## Wyniki badania

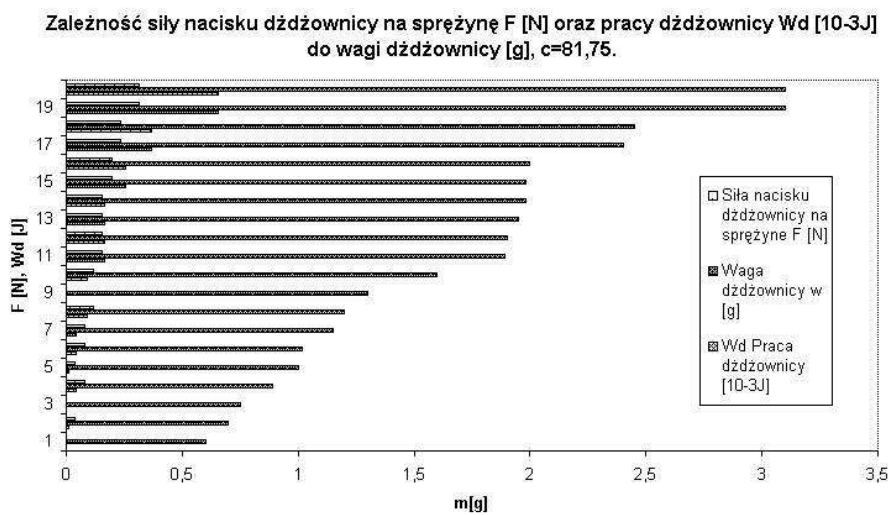
Na początku wykonano badanie doświadczalne w celu określenia maksymalnej energii dżdżownicy przy jej nacisku na sprężynę. Wyznaczono energię dżdżownicy potrzebną do ściskania sprężyny na różne odległości.

Analizując rysunek 8 i 9 dochodzimy do wniosku, że siła nacisku dżdżownicy zależna jest całkowicie od masy zwierzęcia zarówno w próbie ze sprężyną o niższej wartości współczynnika sprężystości  $c = 78,48$ , jak i w próbie ze sprężyną o wartości wyższej  $c = 81,75$ . Praca dżdżownicy uzależniona jest tak jak i siła od masy zwierzęcia.



Rys. 8. Określenie siły  $F$  [N], oraz pracy dżdżownicy przy zastosowaniu sprężyny o współczynniku sprężystości  $c = 78,48$

Fig. 8. The qualification of force  $F$  [N], as well as the earthworm's work using the spring with the elasticity coefficient of  $c = 78,48$



Rys. 9. Określenie siły  $F$  [N], oraz pracy dżdżownicy przy zastosowaniu sprężyny o współczynniku sprężystości  $c = 81,75$

Fig. 9. The qualification of force  $F$  [N], as well as the earthworm's work using the spring with the elasticity coefficient of  $c = 81,75$



## **Wnioski**

Przeprowadzenie powyższego badania pozwoliło na wyprowadzenie następujących wniosków:

1. Masa dżdżownicy ma istotny wpływ na siłę dżdżownicy poruszającej się w glebie.
2. Masa dżdżownicy uwarunkowuje pracę dżdżownicy. Im większa masa tym większą pracę wykonuje zwierzę.

## **Bibliografia**

Chigarev Yu. Dawidowski Jan B. Nowowiejski R. Opracowanie modelu agroekosystemu z uwzględnieniem ożywionych i nieożywionych składników gleby. XII International Scientific Conference. Agricultural Engineering and the Environment. Międzyzdroje - Poland, May, 2004, s. 243-244.

## **INVESTIGATION ON ESTIMATING ENERGETISTIC PARAMETERS OF EARTHWORMS**

### **Summary**

There are exists quite a lot of mathematical models considering the influence of the wheels of agricultural vehicles and equipment onto soil. In these investigations the soil is treated as inanimate environment. Yet soil contains two subsystems – lively and inanimate ones. The earthworms are the example of component of the latter. How the increase of the state of soil compaction influences earthworm's life parameters is presented in the paper. While investigating the earthworm's energy in terms of the work depending on dislocation of the soil particle and squeezing the spring was stated. It was shown that decisive meaning on earthworm's work had the state of soil compaction. Increasing the pressure caused changes in compaction of the animal's surroundings. The larger force was applied, the longer time of the earthworm's reaction was.

**Key words:** earthworm, soil compaction, energy, model, soil density, spring