

---

Z Katedry Fizjologii Roślin Wydziału Biologii i Nauk o Ziemi UMCS  
Kierownik: prof. dr Adam Paszewski  
i z Katedry Fizjologii Roślin Wydziału Rolniczego WSR w Lublinie  
Kierownik: prof. dr Anna Nowotny-Mleczyńska

Eugeniusz GAWROŃSKI

**Rozpuszczalne frakcje humusu ekskrementów dżdżownic**  
*Allolobophora caliginosa* S a v.

**Растворимые фракции гумуса экскрементов дождевых червей**  
*Allolobophora caliginosa* S a v.

**Soluble Fractions of the Humus of the Excreta**  
of *Allolobophora caliginosa* S a v.

"The generation of the humus-acids is probably hastened during the digestion of the many half-decayed leaves which worms consume".

(Karol Darwin, 1881, s. 309).

Dotychczasowe badania dotyczące wpływu dżdżownic na tworzenie się i zawartość różnych form humusu w glebie są fragmentaryczne i powierzchowne. Stan ten skłonił mnie do podjęcia badań w zakresie wymienionego problemu, tym bardziej że literatura krajowa nie zawiera takich opracowań.

Według ogólnie znanych poglądów, których wyrazicielem był przede wszystkim Darwin (4, 5), oddziaływanie dżdżownic na urodzajność gleby dokonuje się przez zmianę własności fizyko-chemicznych gleby na skutek ich działalności życiowej. Korzystne z punktu widzenia rolniczego zmiany w glebie zachodzą dzięki temu, że dżdżownice aktywnie uczestniczą w rozkładzie resztek roślinnych wprowadzonych do gleby i w produkcji humusu. Na tej podstawie twierdzi się, że jednym z efektów działalności życiowej dżdżownic jest wzrost zawartości humusu. Zagadnienie to było rozpatrywane przez wielu autorów z różnych punktów widzenia.

Już Darwin (5) i Müller (30) doszli do przekonania, że humus wytworzony przez dżdżownice wpływa korzystnie na polepszenie urodzajności gleby. Dzięki obecności dżdżownic w glebie struktura, wilgotność i aeracja gleby ulegają znacznej poprawie, a wytworzony przez dżdżownice humus stanowi źródło różnych składników odżywczych, które w procesie rozkładu z form niedostępnych stają się łatwo przyswajalne przez rośliny wyższe i mikroorganizmy.

Korzystny wpływ wydalin dżdżownic na kiełkowanie nasion oraz wzrost i wegetację roślin stwierdzili Hopp i Slater (18) Kollmannsperger (20, 21), Nielson (30) i Spannagel (39). Natomiast Bassalik (2) oraz Ruschmann (37) wykazali, że ekskrementy dżdżownic stanowią doskonale środowisko odżywcze dla mikroorganizmów glebowych.

Inni badacze stwierdzili, że zawartość różnych składników pokarmowych łatwo dostępnych roślinom jest wyższa w ekskrementach dżdżownic niż w samej glebie. Badania te wykonali: Puh (36), Lunt i Jacobson (26), Stöckli (41, 42, 43, 44), Shrikhande i Pathak (38), Ponomariewa (34, 35), Joshi i Kelkar (19), Nighawan i Kanwar (31) oraz Needham (29).

W ostatnich latach zagadnieniem wpływu humusu, wytworzonego przez dżdżownice i inną faunę glebową, na urodzajność gleby zajmowali się Kubiena (22, 23, 24), Franz (11, 12), Heuschen (16), Sekera (cyt. wg Franza (12, 13) i Stöckli (41, 42, 43, 44).

Badania nad tworzeniem się substancji humusowych z materiału roślinnego w przewodzie pokarmowym dżdżownic wykonywali: Kubiena (23), Laatsch (25), Franz i Leitenberger (10), Franz (11).

Zawartością humusu w ekskrementach dżdżownic w zależności od różnych czynników zajmowało się kilku autorów: Ponomariewa (34, 35) wykazała, że ekskrementy dżdżownic bytujących w średniozbielcowanej glebie darniowej, zawierały znacznie więcej humusu niż sama gleba, przy czym pokrycie roślinne wpływa na jego koncentrację. Franz i Leitenberger (10) stwierdzili, że dżdżownice karmione w warunkach laboratoryjnych świeżymi liśćmi koniczyny i traw, wytwarzały substancje humusowe (kwasy humusowe). Miyasaka (27) podaje, że substancje organiczne zawarte w ekskrementach dżdżownic są podobnej jakości, przy czym aktywność dżdżownic zależy ściśle od zawartości w środowisku materii organicznej. Drift (7) stwierdził intensywne przekształcanie „surowego” humusu przez dżdżownice *Lumbricus rubellus* Hoffmeister wprowadzone do gleby marglowej zmieszanej z igliwem jodłowym.

Należy podkreślić, że zwrócenie uwagi na różnicowanie humusu przez dżdżownice zawdzięczamy Darwinowi (5). Twierdził on, że dżdżownice wydzielają biogeny węglan wapnia, który zobojętnia kwasy humusowe. Dzięki temu dżdżownice przyczyniają się do akumulacji w ich wydalinach humusu związanego z wapniem.

Na podstawie wyżej przytoczonych przykładów z dostępnej literatury można wnosić, że ekskrementy dżdżownic różnią się od właściwej gleby aktywnością biologiczną, składem chemicznym, a przede wszystkim zawartością różnych form humusu. Jednakże, o ile mi wiadomo, nie wykonywano dotychczas ilościowych oznaczeń zawartości tego rodzaju humusu. W związku z tym nasuwa się pytanie, czy istotnie humus wytworzony przez dżdżownice jest podobny do substancji humusowych zawartych w samej glebie oraz w jakim stopniu dżdżownice mogą modyfikować skład humusu w glebie?

Punktem wyjścia w poszukiwaniach odpowiedzi na postawione wyżej kwestie była praca M. Harady z r. 1955 (14). Autor ten, badając rozmieszczenie humusu w różnych poziomach gleb, stwierdził, że połączenie Al, Fe, Mg oraz humiany alkaliczne i kwasy huminowe rozpuszczają się w roztworze 0,1 n boraksu, natomiast humian wapnia nie ulega rozpuszczeniu w tym roztworze. Jeśli glebę przed ekstrakcją roztworem boraksu poddano ługowaniu 5% roztworem alunu potasowego, wówczas humian wapnia rozpuszczał się. W ten sposób Harada (14), działając na glebę w odpowiedniej kolejności tymi dwoma roztworami, oznaczył cztery różne formy rozpuszczalnego humusu, z których jedna stanowiła formę związaną z wapniem.

W oparciu o kryteria ustalone przez Haradę (14) dla rozpuszczalności związków humusowych gleby wykonałem badania porównawcze nad rozpuszczalnością związków humusowych zawartych w ekskrementach dżdżownic i w glebie z różnych siedlisk naturalnych.

Dla dokładniejszej charakterystyki analizowanych gleb i ekskrementów dżdżownic oznaczałem obok rozpuszczalnego humusu zawartość popiołu, ubytek materii organicznej, zawartość azotu ogólnego, węgla organicznego oraz wapnia wymiennego.

#### BADANIA WŁASNE

##### Krótką charakterystyką siedlisk.

Badania obejmowały pięć, różnych pod względem pokrycia roślinnego i warunków glebowych naturalnych siedlisk, charakteryzujących się aktywną działalnością życiową dżdżownic.

I Siedlisko z roślinnością trawiastą. Znajdowało się ono w botanicznym ogródku doświadczalnym UMCS przy ul. Głowackie-



go 2 w Lublinie. Gleba siedliska wytworzona z głębokich lessów została w ostatnich latach sztucznie zmieniona na skutek wykopów. Powierzchnię gleby pokrywała darnź z dziko rosnącą roślinnością trawiastą.

II Siedlisko bez pokrycia roślinnego. Była to ścieżka posypana 2 cm warstwą miału węglowego, znajdująca się między poletkami z roślinnością trawiastą w wyżej wymienionym ogródku UMCS.

III Siedlisko z lucerną mieszańcową (*Medicago media* Pers). Siedlisko to było położone na polu uprawnym pod lasem Dąbrowa k. Lublina w rozwidleniu torów kolejowych rozchodzących się w kierunku Zemborzyc i Motycza. Gleba wytworzona z głębokich lessów, sztucznie zmieniona na skutek wykopów. Pokrycie roślinne stanowiła dwuletnia lucerna mieszańcowa. Danych o nawożeniu brak.

IV Siedlisko z lucerną chmielową (*Medicago lupulina* L.).

V Siedlisko z seradelą (*Ornithopus compressus* L.).

Siedliska IV i V położone były na terenie Rolniczego Zakładu Doświadczalnego Felin, należącego do Wyższej Szkoły Rolniczej w Lublinie. Były to poletka doświadczalne z pastewnymi roślinami motylkowymi. Szczegółowy opis gleb Zakładu Doświadczalnego Felin, a w tym gleb siedliska IV i V znajduje się w pracy Dobrzańskiego i Zawadzkiego (6). Są to gleby odbielicowywane, średniogłębokie, lekkie, gliniaste zalegające na piasku podścielonym marglem. Zawartość próchnicy w tych glebach jest niska. Nawożenie: w r. 1956 wapno palone w ilości od 15 do 20 q/ha; w r. 1957 obornik w ilości ok. 300 q/ha oraz nawozy mineralne (superfosfat 19,5% w ilości 2 q/ha, sól potasowa w ilości 1 q/ha, azotniak w ilości 1,5 q/ha). Rośliny wysiano na wiosnę w r. 1959. Po wyrośnięciu zasilono je pogłównie saletrą wapniową w ilości od 80 do 100 kg/ha.

### Materiał

Badanym materiałem były ekskrementy pozostawione przez dżdżownice na powierzchni gleby. Obok znalezionych ekskrementów, które zbierano tylko z powierzchni gleby, pobierano równocześnie próby samej gleby. Materiał we wszystkich siedliskach był zbierany każdego roku w pierwszej połowie lipca, podczas suchej słonecznej pogody w godzinach między 10 a 14. W siedlisku I i II materiał zbierano w r. 1957, w siedlisku III w r. 1958, a w siedlisku IV i V w r. 1959.

Zebrany materiał (ekskrementy i gleba) suszono w temperaturze pokojowej do stanu powietrznie suchego, następnie rozcierano w moździerzu porcelanowym i przesiewano przez sito o  $\Phi$  oczek 0,5 mm. Z przesianego materiału przygotowywano różnej wielkości odważki, zależnie od rodzaju wykonywanej analizy i zawartości w próbach oznaczanego składnika. Kontrolne próby gleby analizowane były w identyczny sposób jak ekskrementy.

## Metody

Zawartość różnych form rozpuszczalnego humusu w badanych ekskrementach dżdżownic i glebach oznaczano metodą Harady (15), którą zmodyfikowano i dostosowano do badań ekskrementów dżdżownic w sposób następujący:

1. Humus rozpuszczalny w 0,1 n roztworze boraksu. Ekstrakcja. Odważoną próbę powietrznie suchych ekskrementów dżdżownic w ilości 1 g przenoszono do 250 ml kolby stożkowej, dodawano 100 ml 0,1 n roztworu boraksu, mieszano i odstawiano na 30 min. Mieszanie powtarzano trzykrotnie co 10 min. Następnie mieszaninę łagodnie gotowano w ciągu 10 min. i po ostygnięciu przenoszono do 250 ml kolb miarowych, dopełniając roztworem boraksu do kreski. Mieszaninę wirowano porcjami (4 000 obrotów/min. w ciągu 20 min.). Po odwirowaniu płyn z nad osadu sączono przez zwilżoną rozpuszczalnikiem bibułę J.H.M.Nr OB,  $\Phi$  11 cm i przesącze łączono.

Oznaczanie rozpuszczalnego humusu. Przesącz w ilości 25 ml przenoszono do 500 ml kolby stożkowej, dodawano 100 ml wody destylowanej, 5 ml stężonego  $H_2SO_4$  i 25 ml 0,1 n  $KMnO_4$ . Całość ogrzewano na łaźni wodnej w ciągu 15 min. w tem.  $90^\circ$ . Po zdjęciu roztworu z łaźni dodawano nadmiar 0,2 n kwasu szczawowego i miareczkowano na gorąco (około  $65^\circ$ ) roztworem 0,1 n  $KMnO_4$ . Równocześnie oznaczano rozpuszczalny humus w odpowiedniej próbce gleby i nastawiano ślepą próbę z odczynnikami.

Ilość ml 0,1 n  $KMnO_4$  zużytego na miareczkowanie humusu przypadającą na 1 g suchej masy próby oznaczono symbolem Hb.

2. Humus rozpuszczalny w 5% roztworze alunu potasowego. Ekstrakcję humusu i oznaczanie wykonano w sposób podany w punkcie 1. Ilość ml 0,1 n  $KMnO_4$ , zużytego na miareczkowanie humusu rozpuszczalnego w tym roztworze, przypadającą na 1 g s.m. próby, oznaczono symbolem Ha.

3. Humus rozpuszczalny w 0,1 n roztworze boraksu po uprzednim ługowaniu 5% roztworem alunu potasowego. Do 500 ml kolby stożkowej odważano 1 g próby zalewano 100 ml 5% roztworem alunu i gotowano łagodnie 10 min. Po ostygnięciu dokładnie mieszano i całość przenoszono ilościowo do dwóch 50 ml próbek wirówkowych, wlewając do nich równe wagowo ilości mieszaniny. Po odwirowaniu płyn z nad osadu zbierano, a osad łączono i przemywano ponownie porcjami 50 ml 5% alunu. Czynność tę powtarzano pięciokrotnie (250 ml.). Ługowanie alunem trwało 3 godz. Następnie, po trzykrotnym kolejnym przemyciu wodą destylowaną i odwirowaniu pozostały osad przenoszono ilościowo do 250 ml kolby stożkowej i zadawano 100 ml 0,1 n roztworem boraksu. Dalsze postępowanie było analogiczne jak opisane w punkcie 1. Ilość ml 0,1 n  $KMnO_4$  zużytego na miareczkowanie zawartego w 1 g s.m. próby humusu ekstrahowanego tym sposobem oznaczono symbolem Hab.

4. Humus związany z wapniem. Na względną zawartość humusu związanego z wapniem składają się wartości  $Ha + Hab - Hb$ , natomiast wartości  $Ha + Hab$  stanowią kwasy huminowe i humiany łącznie z humianem wapnia. Stąd wyliczono względną ilość humianu wapnia wg następującego wzoru podanego przez Haradę (14):  $100(Ha + Hab - Hb):(Ha + Hab)$ . Wartość tę umownie oznaczono symbolem HCa. Oznaczenie humusu symbolami Ha, Hb, Hab, HCa podano wg Harady (14).

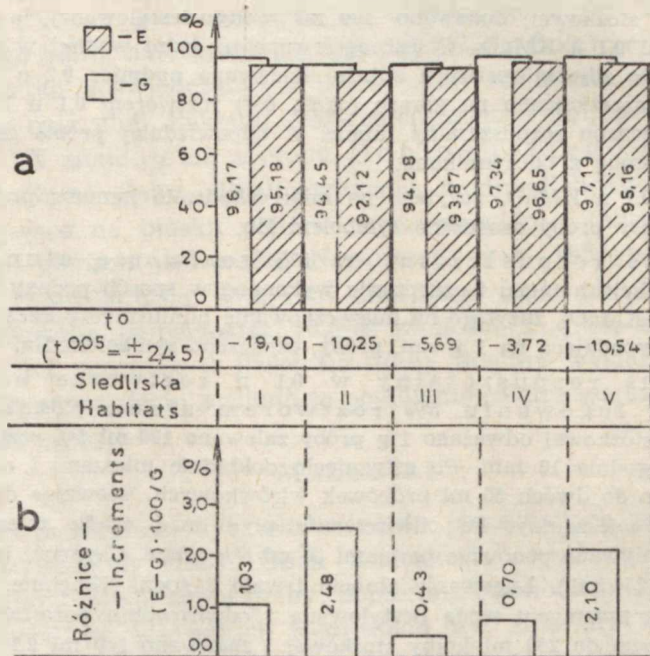
5. Humus rozpuszczalny w mieszaninie 0,1 n roztworów  $\text{NaHCO}_3$  i  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2:1). Postępowanie przy ekstrakcji i oznaczaniu było analogiczne jak w punkcie 1. Ilość 0,1 n  $\text{KMnO}_4$  zużytego na utlenienie humusu wyekstrahowanego tym sposobem, przypadającą na 1 g s. m. analizowanej próby oznaczono symbolem Hs.

Zawartość popiołu i materii organicznej oznaczono po wyprażeniu w ciągu 8 godz. w temp.  $650^\circ\text{C}$ . Węgiel organiczny oznaczono metodą Walkleya (wg Pipera, 35). Azot ogólny oznaczono metodą Kjeldahla. Wapń wymienny oznaczono metodą Pietierburgskiego (34).

Wyniki liczbowe opracowano statystycznie, stosując test Studenta (Fisher i Yates, 10).

#### OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Zawartość różnych form rozpuszczalnego humusu oraz innych składników oznaczonych w ekskrementach dżdżownic i w próbach gleb ilustrują wykresy (ryc. 1—10).



Ryc. 1. Popiół; a — zawartość popiołu w ekskrementach dżdżownic (E) i w glebie (G) w % s.m., b — różnica popiołu w glebie w stosunku do ekskrementów. Siedliska: I — roślinność trawiasta, II — gleba posypana miałem węglowym, III — lucerna mieszańcowa (*Medicago media* Pers.), IV — lucerna chmielowa (*Medicago lupulina* V — seradcla *Ornithopus compressus* L.).

Ash; a — content of ash in earthworm casts in the soil expressed as a percentage of dry weight, b — the increment of ash in the soil as compared with the excreta. E — wormcasts, G — soil. Habitats: I — grass plants, II — soil covered with fine coal, III — *Medicago media* Pers., IV — *Medicago lupulina* L., V — *Ornithopus compressus* L.

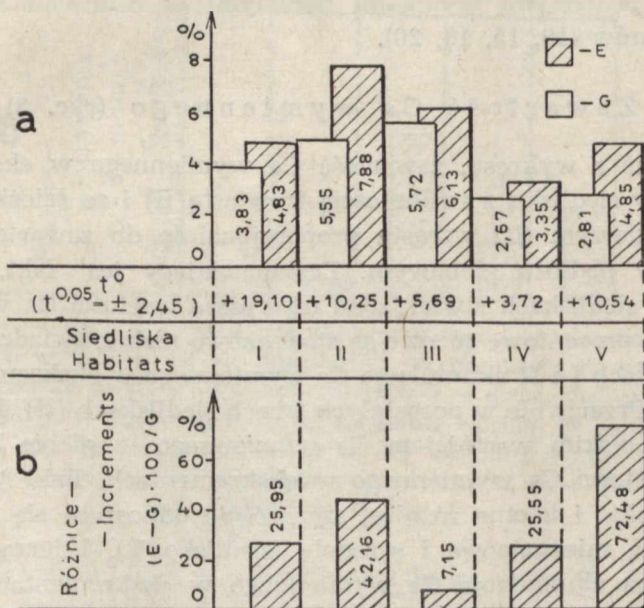


Zawartość popiołu (ryc. 1) i materii organicznej (ryc. 2).

Jak widać na wykresach (ryc. 1 i 2), zawartość popiołu w wydalinach dżdżownic w porównaniu z glebą jest znacznie niższa, natomiast substancji organicznej — wyższa. Różnice są statystycznie udowodnione.

Ekskrementy dżdżownic, pochodzące z siedliska II, w którym powierzchnia gleby była posypana miałem węglowym, wykazywały wysoką zawartość materii organicznej i odwrotnie, niską zawartość składników popielnych. Fakt ten wskazuje, że dżdżownice pochłaniały w dużej ilości miał węglowy. Wysoka zawartość popiołu była natomiast w ekskrementach i glebie z siedliska I, IV oraz V.

Wartości różnic popiołu w próbach gleby w porównaniu z popiołem z ekskrementów dżdżownic wahały się w granicach od 0,43 do 2,48‰. Najwyższe różnice popiołu stwierdzono w próbach gleby z siedliska II i IV, najniższe w siedlisku III. Porządek wartości materii organicznej w ekskrementach i popiołu w glebach, z wyjątkiem siedliska V, jest uderzająco podobny.



Ryc. 2. Substancja organiczna; a — zawartość substancji organicznej w ekskrementach dżdżownic i glebie w ‰ s.m., b — różnica substancji organicznej w ekskrementach w stosunku do gleby, E — ekskrementy, G — gleba, siedliska zob. ryc. 1  
Organic matter; a — content of organic matter in earthworm casts in the soil expressed as a percentage of dry weight, b — the increment of organic matter in the excreta as compared with the soil, E — wormcasts, G — soil, habitats as in Fig. 1

Wpływ dżdżownic na gromadzenie się materii organicznej w wydalinach dżdżownic daje się zauważyć w każdym z badanych siedlisk, jednakże wyraźniej zaznacza się on w siedlisku IV z lucerną chmielową (różnica 25,55%), a najwyraźniej w siedlisku V z seradłą (różnica 72,48%). Gleby tych siedlisk, jak widać na wykresie (ryc. 1 i 2), zawierają bardzo mało materii organicznej, natomiast ekskrementy zebrane z powierzchni tych gleb charakteryzują się wysoką jej zawartością.

Z tych danych wynika, że stosunkowo wysoka zawartość materii organicznej w glebie nie zawsze powoduje podwyższenie jej w wydalinach dżdżownic. Stan taki świadczyłby, że dżdżownice odżywiają się materiałem organicznym pobieranym selektywnie („select”) i dlatego w jednych siedliskach gromadzą w ekskrementach większe ilości materii organicznej, w innych mniejsze. Wydaje się, że zarówno pokrycie roślinne, jak też zawartość materii organicznej w samej glebie (czego jaskrawym przykładem jest gleba posypana miałem węglowym) mają duży wpływ na akumulację materii organicznej w ekskrementach dżdżownic.

Zawartość materii organicznej w wydalinach dżdżownic zgadza się na ogół z podobnymi wynikami podanymi w ostatnich latach przez innych autorów (10, 15, 18, 20).

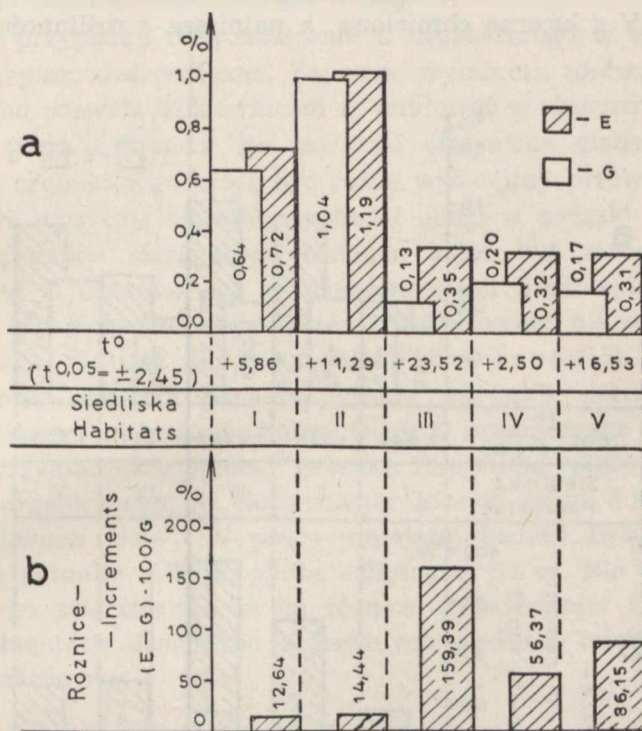
### Zawartość Ca wymiennego (ryc. 3)

Jak widać z wykresu, zawartość Ca wymiennego w ekskrementach dżdżownic w siedlisku z roślinnością trawiastą (I) i ze ścieżki posypanej miałem węglowym (II) wzrasta proporcjonalnie do zawartości Ca wymiennego w podłożu glebowym. Zastanawiający jest fakt, że chociaż w obu tych siedliskach stwierdzono najwyższe wartości Ca wymiennego, to jednak te procentowe różnice są stosunkowo niskie; świadczy to o tym, że w siedliskach I i II akumulacja Ca wymiennego w ekskrementach była minimalna. Przeciwnie w pozostałych trzech siedliskach (III, IV, V), gdzie stosunkowo niskim wartościom Ca wymiennego w glebie odpowiadają wysokie wartości Ca wymiennego w ekskrementach. Fakt ten ilustrują bardzo wysokie i istotne różnice, szczególnie odnoszące się do siedliska III z lucerną mieszańcową i seradłą (siedlisko V). Uderzający wpływ dżdżownic na akumulację Ca wymiennego w ekskrementach przejawiał się w siedlisku III z lucerną mieszańcową, gdzie różnica stanowiła ponad 159%, mimo że w porównaniu z innymi glebami w glebie tego siedliska było najmniej Ca wymiennego. Analogiczną zależność, choć znacznie słabszą, stwierdzono w siedliskach IV i V.

W związku z koncentracją w ekskrementach dżdżownic stosunkowo dużych ilości Ca wymiennego nasuwa się pytanie, z jakiego źródła mógł pochodzić wapń, skoro jego zawartość w podłożu glebowym była niska.



Być może Ca wymienny pochodził nie z gleby, ale z materiału roślinnego pobieranego przez dżdżownice. Za tego rodzaju poglądem przemawiają wyniki podane wcześniej przez Ponomariewą (34, 35). Jednakże są to na razie przypuszczenia wymagające eksperymentalnego udowodnienia.



Ryc. 3. Wapń wymienny; a — zawartość Ca wymiennego w ekskrementach dżdżownic i w glebie w % s.m., b — różnica Ca wymiennego w ekskrementach dżdżownic w stosunku do gleby, E — ekskrementy, G — gleba, siedliska zob. ryc. 1 Exchangeable Ca; a — the content of exchangeable calcium in earthworm casts and in the soil, expressed as a percentage of dry weight, b — the increment of exchangeable Ca in the excreta as compared with the soil, E — wormcasts, G — soil, habitats as in Fig. 1

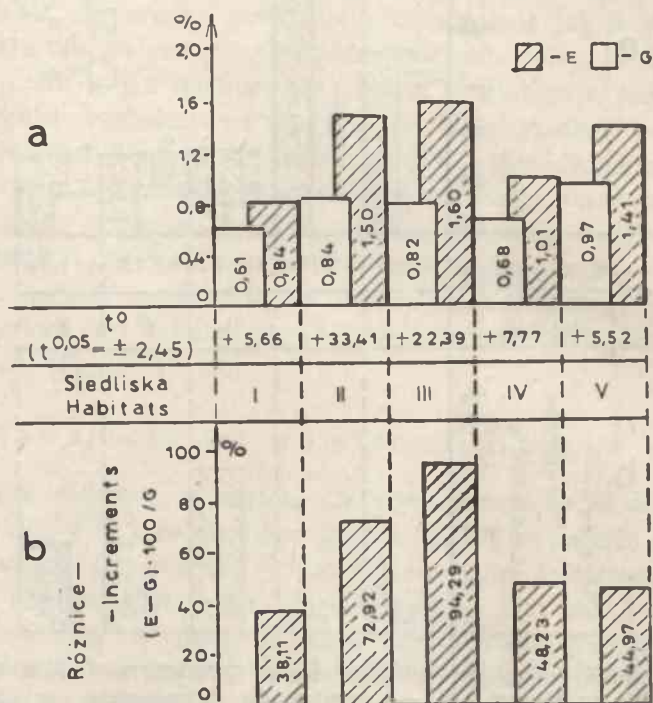
#### Zawartość C organicznego (ryc. 4)

W glebach badanych siedlisk wartości C organicznego wahały się w granicach od 0,61 do 0,97% s. m., natomiast w ekskrementach dżdżownic wartości te były znacznie wyższe i oscyływały między 0,84% a 1,60% s. m.

Najwięcej C organicznego stwierdzono w glebie z siedliska V z seradłą. Średnią wartość C organicznego zawierały gleby siedliska II, posypanego miałem węglowym, siedliska III i siedliska IV.

Najmniej C organicznego było w glebie siedliska I z roślinnością trawiastą. Najwięcej C organicznego znaleziono w ekskrementach dżdżownic z siedliska III, z siedliska II posypanego miałem węglowym i z siedliska V.

Nieco niższe wartości C organicznego stwierdzono w ekskrementach z siedliska IV z lucerną chmielową, a najniższe z roślinnością trawiastą (siedlisko I).



Ryc. 4. Węgiel organiczny; a — zawartość C organicznego w ekskrementach dżdżownic i w glebie w % s.m., b — różnica C organicznego w ekskrementach dżdżownic w stosunku do gleby, E — ekskrementy, G — gleba, siedliska zob. ryc. 1

Organic carbon; a — content of organic carbon in earthworm casts and in the soil expressed as a percentage of dry weight, b — the increment of organic carbon in the excreta as compared with the soil, E — wormcasts, G — soil, habitats as in Fig. 1

Najwyższą wartością różnicy C organicznego w stosunku do zawartości C organicznego w glebie charakteryzowały się ekskrementy z siedliska III, nieco niższą ekskrementy z siedliska II posypanego miałem węglowym i wreszcie najniższą wartość różnic C organicznego wykazywały ekskrementy z siedlisk IV, V oraz I.

Porównując wartości ilustrujące zawartość C organicznego w glebach badanych siedlisk z odpowiadającymi im wartościami C organicznego w ekskrementach, nie znajdujemy wyraźnej zależności między tymi wynikami. Wartości różnic C organicznego w ekskrementach nie są proporcjonalne do ilości C organicznego w glebie.

W tym przypadku nagromadzenie C organicznego w ekskrementach należy przypisać dżdżownikom. Zapewne wybiórcza zdolność w pobieraniu pokarmu pozwala dżdżownikom akumulować w ekskrementach więcej C organicznego niż może go zawierać otaczająca gleba. Prócz tego, źródłem C organicznego mogą być różne wydzieliny przewodu pokarmowego, które wysycają trawiony materiał ubogi w związki węglowe. Konieczne są dalsze szczegółowe badania, które być może wyjaśniłyby pochodzenie C organicznego w ekskrementach dżdżownic. Wyższą zawartość C organicznego w ekskrementach dżdżownic niż w glebie stwierdzili Finck (8) oraz Hassan, Habib i Issa (15).

Ci ostatni wykazali ponadto, że nie wszystkie gatunki dżdżownic mają jednakową zdolność do koncentracji C organicznego w ekskrementach. Na przykład ekskrementy gatunku *Pheretima californica* zawierały więcej C organicznego niż ekskrementy *Eisenia rosea* Sav. i *Allolobophora caliginosa* Sav. W pracy niniejszej badane były ekskrementy dżdżownic gatunku *Allolobophora caliginosa* Sav. Nie ma zatem poważniejszego zastrzeżenia, że na różnice w zawartości C organicznego w ekskrementach dżdżownic z badanych siedlisk, miały wpływ inne gatunki dżdżownic.

#### Zawartość N ogólnego (ryc. 5).

Wartości N ogólnego w glebach badanych siedlisk wahały się od 0,18 do 0,30‰ s. m., natomiast w ekskrementach od 0,23 do 0,42‰ s.m.

Różnice między zawartością N ogólnego w glebach a zawartością N ogólnego w ekskrementach były istotne.

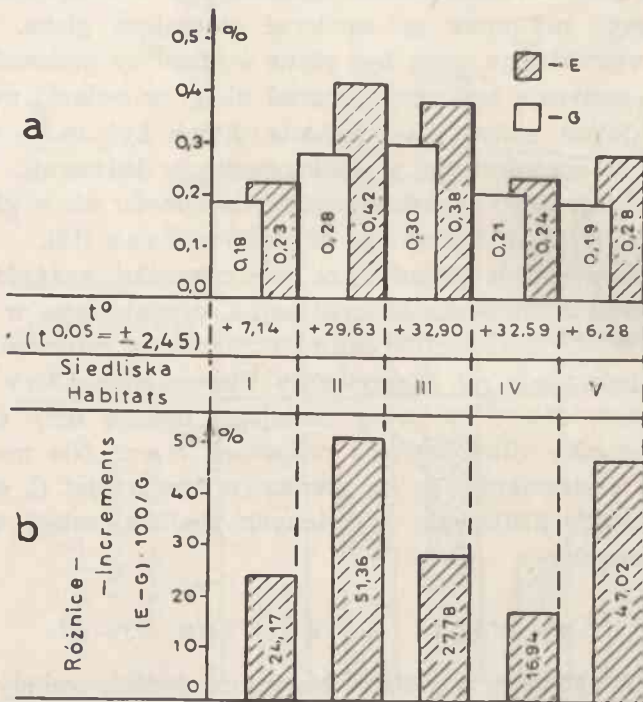
Wysoką procentową zawartość N ogólnego stwierdzono w glebie i ekskrementach z siedliska II posypanego miałem węglowym i z siedliska III z lucerną mieszańcową. W pozostałych siedliskach wartości N ogólnego były znacznie niższe. Najuboższe w azot były próby gleby i ekskrementów dżdżownic z siedliska V z seradela.

Jak widać na wykresie (ryc. 5) najwyższą różnicę procentową N ogólnego w stosunku do gleby wykazywały ekskrementy z siedliska II, posypanego miałem węglowym. Można przypuszczać, że odgrywa tu rolę wysoka zdolność sorpcyjna miału węglowego w stosunku do związków amonowych. Średnie wartości różnic wykazywały ekskrementy z siedli-



ska I z roślinnością trawiastą i z siedliska III. Najniższą wartość różnic N ogólnego stwierdzono w ekskrementach spod lucerny chmielowej (siedlisko IV).

Porównując zawartość N ogólnego w glebach z zawartością N w ekskrementach, nie stwierdza się tu bliższej współzależności między tymi wynikami. Wyższe wartości N ogólnego w ekskrementach nie zawsze odpowiadają wyższym wartościom N ogólnego w glebie. Byłoby to



Ryc. 5. Azot ogólny; a — zawartość N ogólnego w ekskrementach dżdżownic i w glebie w % s.m., b — różnica N ogólnego w ekskrementach dżdżownic w stosunku do gleby, E — ekskrementy, G — gleba, siedliska zob. ryc. 1

Total nitrogen; a — content of total nitrogen in earthworm casts and in the soil expressed as a percentage of dry weight, b — the increment of total nitrogen in the excreta as compared with the soil, E — wormcasts, G — soil, habitats as in Fig. 1

dowodem, że dżdżownice w sposób decydujący wpływają na zmiany zawartości N ogólnego w ekskrementach i w całej glebie oraz, że zmiany są zależne od szczątków pokrycia roślinnego, które służą za pokarm dżdżownicom. Za tego rodzaju wnioskiem przemawiają, jak się wydaje, wyniki badań innych autorów (1, 3, 8, 19, 26, 29).

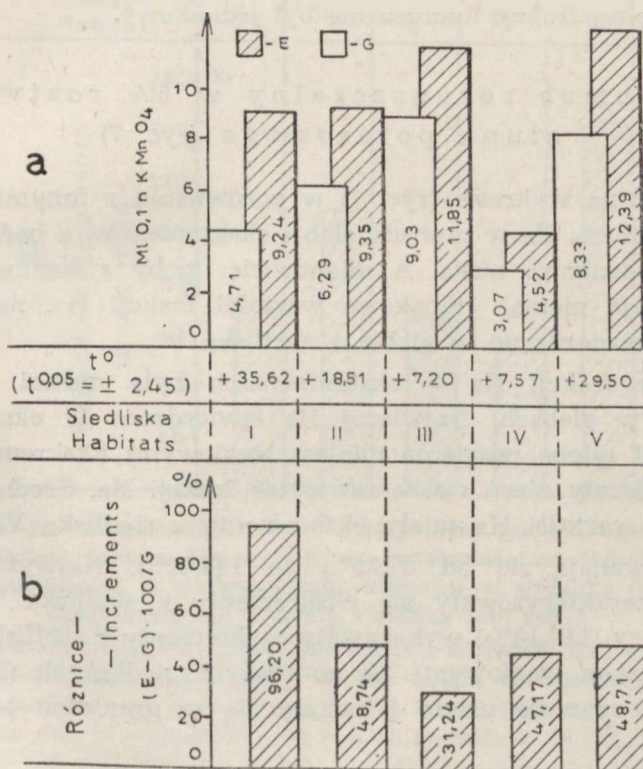
## ZAWARTOŚĆ HUMUSU W EKSKREMENTACH DŹDŻOWNIC I W GLEBIE

Hs — humus rozpuszczalny w mieszaninie 0,1 n roztworów  $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$  w stosunku 2:1 (ryc. 6)

Wyniki przytoczone na wykresie (ryc. 6) wskazują, że zawartość Hs w próbach gleb i ekskrementów w każdym z badanych siedlisk jest różna.

Najwyższą zawartość Hs wykazuje gleba z siedliska III. Nieco niższą zawartością Hs charakteryzuje się gleba z siedliska V, następnie z siedliska II i I. Najniższą zawartość Hs stwierdzono w glebie z siedliska IV.

Zawartość Hs w ekskrementach była najwyższa w siedlisku V i III, nieco niższa w siedlisku I i II, a najniższa w ekskrementach z siedliska IV.



Ryc. 6. Humus — Hs (rozpuszczalny w 0,1 n  $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2:1)); a — względna zawartość humusu-Hs w 1 g s.m. ekskrementów dżdżownic i gleby, b — różnica humusu-Hs w ekskrementach dżdżownic w stosunku do gleby, E — ekskrementy, G — gleba, siedliska zob. ryc. 1

Hs (humus soluble in 0.1 N  $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2:1)); a — relative content of Hs-Humus in 1 g of dry weight of earthworm casts and of the soil, b — the increment of Hs-Humus in the excreta as compared with the soil, E — wormcasts, G — soil, habitats as in Fig. 1

Wartości różnic wahały się w granicach od 31,24<sup>o</sup>/<sub>o</sub> do 96,26<sup>o</sup>/<sub>o</sub>. I tak: w ekskrementach z siedliska II stwierdzono najwyższą różnicę (96,20<sup>o</sup>/<sub>o</sub>); w siedliskach II, IV i V różnice miały średnie wartości (IV — 47,17<sup>o</sup>/<sub>o</sub>; V — 48,71<sup>o</sup>/<sub>o</sub>; II — 48,74<sup>o</sup>/<sub>o</sub>). Najniższą wartość różnicy Hs stwierdzono w ekskrementach z siedliska III (31,24<sup>o</sup>/<sub>o</sub>).

Jest rzeczą zastanawiającą, że choć najwięcej humusu rozpuszczalnego w mieszaninie 0,1 n roztworów NaHCO<sub>3</sub>/Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> zawierały próby gleby i ekskrementów z siedliska II i siedliska V, to jednak różnice są w tym przypadku stosunkowo niskie w porównaniu z dwukrotnie wyższą różnicą stwierdzoną w siedlisku I. Wzrost wartości Hs w glebie nie zawsze odpowiada wzrostowi Hs w ekskrementach. Stąd należałoby przypuszczać, że w poszczególnych siedliskach wpływ dżdżownic na tworzenie się tej frakcji humusu nie był jednakowy.

#### Ha — humus rozpuszczalny w 5<sup>o</sup>/<sub>o</sub> roztworze ałunu potasowego (ryc. 7)

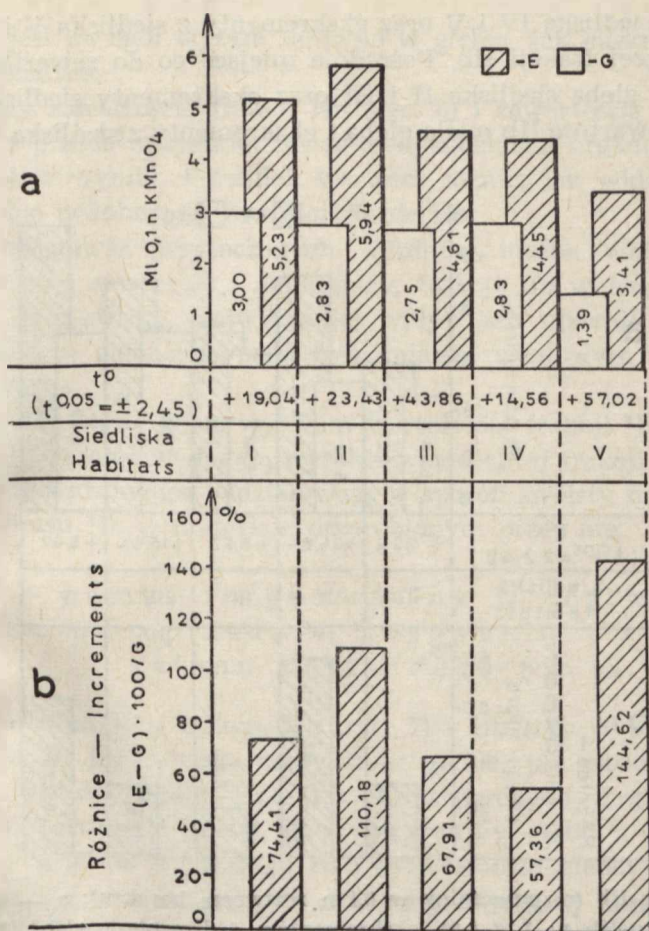
Jak widać na wykresie (ryc. 7) w porównaniu z innymi frakcjami, zawartość humusu Ha w próbach gleb i ekskrementów z badanych siedlisk była stosunkowo niska. A mianowicie: gleby z siedlisk I, II, III i IV wykazują niemal jednakowe wartości frakcji Ha, najniższą zaś wartość Ha stwierdzono w glebie z siedliska V.

Zawartość frakcji Ha w ekskrementach była niemal dwukrotnie wyższa niż w glebach. Najwięcej Ha stwierdzono w ekskrementach z siedliska II (gleba posypana miałem węglowym) Ekskrementy z siedliska I zawierały nieco niższą zawartość frakcji Ha. Średnie i niemal równe sobie wartości Ha miały ekskrementy z siedliska V.

Różnice wahały się od 57,36<sup>o</sup>/<sub>o</sub> do 144,62<sup>o</sup>/<sub>o</sub>. Najwyższą różnicą (144,62<sup>o</sup>/<sub>o</sub>) charakteryzowały się ekskrementy z siedliska V. Wartość średnią różnicy (110,18<sup>o</sup>/<sub>o</sub>) wykazywały ekskrementy z siedliska II (gleba posypana miałem węglowym). W pozostałych siedliskach (I, III i IV) różnice były znacznie niższe i wahały się w granicach od 57,36 do 74,42<sup>o</sup>/<sub>o</sub>.

Wysokie wartości różnic Ha w ekskrementach w stosunku do gleb świadczą o tym, że we wszystkich badanych siedliskach dżdżownice przyczyniały się do zwiększania zawartości humusu rozpuszczalnego w ałunie, przy czym najwyraźniej wpływ ten uwidocznił się w siedlisku V pod seradelą. Stwierdzenie tego faktu, jak się wydaje, może mieć podstawowe znaczenie w ocenie wpływu dżdżownic na tworzenie się różnych form rozpuszczalnego humusu.





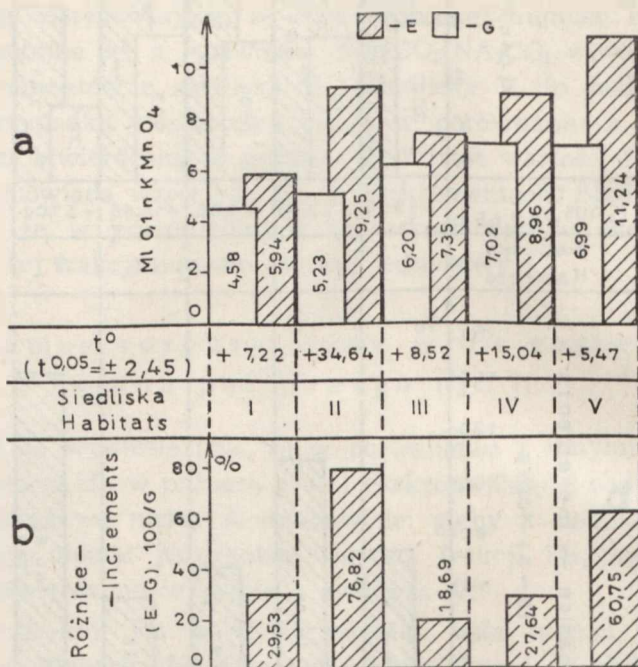
Ryc. 7. Humus-Ha (rozpuszczalny w 5% roztworze alunu potasowego); a — względna zawartość humusu-Ha w 1 g s.m. ekskrementów dżdżownic i gleby, b — różnica humusu-Ha w ekskrementach dżdżownic w stosunku do gleby, E — ekskrementy, G — gleba, siedliska zob. ryc. 1

Humus-potash alum (soluble in 5 per cent solution of potash alum); a — relative content of humus-potash alum in 1 g of dry weight of wormcasts and of the soil, b — the increment of humus-potash alum in the excreta as compared with the soil, E — wormcasts, G — soil, habitats as in Fig. 1

Hb — humus rozpuszczalny w roztworze 0,1 n boraksu (ryc. 8)

Jak widać na wykresie (ryc. 8), badane siedliska różnią się między sobą wyraźnie zawartością frakcji humusu Hb. Obserwuje się przy tym znacznie wyższą zawartość frakcji Hb w ekskrementach niż w samej glebie.

Gleba z siedliska IV i V oraz ekskrementy z siedliska V i II wykazywały najwięcej frakcji Hb. Pośrednie miejsce co do zawartości humusu Hb zajmuje gleba siedliska II i III oraz ekskrementy siedliska III i IV. Najniższą zawartość Hb miała gleba i ekskrementy z siedliska I.



Ryc. 8. Humus-Hb (rozpuszczalny w 0,1 n roztworze boraksu); a — względna zawartość humusu-Hb w 1 g s.m. ekskrementów dżdżownic i gleby, b — różnica humusu-Hb w ekskrementach dżdżownic w stosunku do gleby, E — ekskrementy, G — gleba, siedliska zob. ryc. 1

Humus-borax solution (soluble in 0.1 N of borax solution); a — relative content of humus-borax solution in 1 g of dry weight of earthworm casts and of the soil, b — the increment of humus-borax solution in the excreta as compared with the soil, E — wormcasts, G — soil, habitats as in Fig. 1

Różnice między zawartością humusu Hb w ekskrementach i w glebie ilustrują najwyraźniej następujące dane: w siedlisku II zawartość frakcji Hb w ekskrementach była wyższa niż w glebie o 76,82<sup>o</sup>/; nieco niższą różnicę stwierdzono w siedlisku V (60,75<sup>o</sup>/); średnią wartość miały różnice siedlisk I (29,53<sup>o</sup>/) i IV (27,64<sup>o</sup>/); najniższą wartość różnicy stwierdzono w siedlisku III (18,69<sup>o</sup>/). Należy dodać, że różnice te były w każdym z badanych siedlisk istotne, co potwierdzają dane statystyczne.

W porównaniu z zawartością frakcji Ha (ryc. 7) zawartość frakcji Hb

(ryc. 8) jest na ogół wyższa zarówno w glebie, jak ekskrementach z badanych siedlisk.

Między zawartością frakcji Hb (ryc. 8) i zawartością C organicznego (ryc. 4), a przede wszystkim zawartością substancji organicznej obserwuje się podobne wyniki. Porządek wartości różnic, jak widać na wykresie, jest bardzo podobny do wartości różnic Hb.

Na podstawie przytoczonych wyników można wnosić, że wpływ dżdżownic na zawartość i akumulację frakcji Hb w ekskrementach był zależny od siedliska. Najwyraźniej wpływ ten ujawnił się w siedlisku II, w którym gleba posypana była miałem węglowym i w siedlisku V z seradelą.

Ponieważ stosunkowo wysokim wartościom frakcji Hb w ekskrementach nie zawsze odpowiadają wysokie wartości tej frakcji w glebie, wskazuje to, że dżdżownice oddziałują w sposób swoisty na zmianę zawartości humusu Hb w materiale przerobionym przez nie.

Hab — humus rozpuszczalny w roztworze 0,1 n boraksu po uprzednim ługowaniu 5% roztworem ałunu potasowego (ryc. 9.)

W porównaniu z frakcją Ha (ryc. 7) i Hb (ryc. 8) zawartość frakcji Hab (ryc. 9) jest wyższa zarówno w glebie, jak ekskrementach. Najwyższe wartości frakcji Hab (ryc. 9) stwierdzono w glebie z siedliska III i IV. Średnie wartości Hab wykazywały gleby z siedliska V i I. Najmniej zasobne we frakcję Hab było podłoże glebowe z siedliska II.

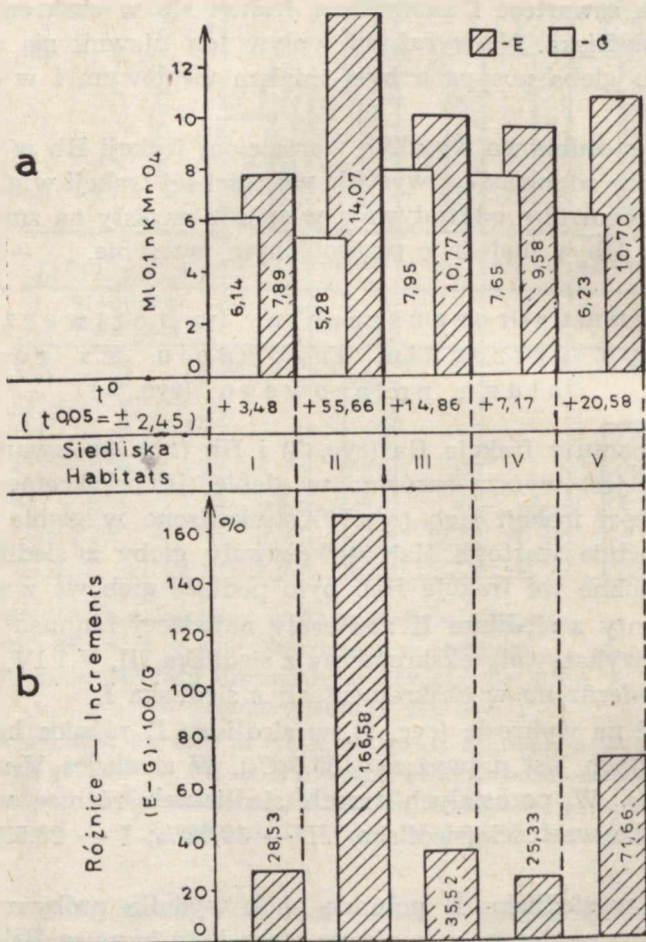
Ekskrementy z siedliska II zawierały najwięcej humusu Hab. Średnie wartości wykazywały ekskrementy z siedliska III, V i IV, a najniższą zawartość stwierdzono w ekskrementach z siedliska I.

Jak widać na wykresie (ryc. 9), w siedlisku II różnica humusu Hab w ekskrementach jest najwyższa (166,58%). W siedlisku V różnica wynosiła 71,66%. W pozostałych trzech siedliskach różnice wykazywały znacznie niższe wartości (siedlisko III — 35,52%; I — 28,53% i IV — 25,33%).

Ponieważ w siedlisku II pobrane obok wydaliny próby miału zmieszanego z glebą zawierały stosunkowo niską ilość humusu Hab, a ekskrementy z tego samego siedliska charakteryzowały się najwyższą zawartością Hab, nasuwa się przypuszczenie, że podczas przejścia miału węglowego przez przewód pokarmowy dżdżownic mogły być z niego uwalniane związki humusowe, które wpłynęły na zwyczajną zawartość humusu Hab w ekskrementach. Uderzająco podobną różnicą Hab, chociaż o znacznie niższej wartości, charakteryzuje się siedlisko V z seradelą. W tym przypadku stosunkowo wysoką zawartość humusu Hab w ekskrementach



można tłumaczyć bezpośrednim udziałem dżdżownic w wytwarzaniu z resztek roślinnych tego rodzaju humusu. Być może, dżdżownice w siedlisku z seradłą (siedlisko V) miały bardziej sprzyjające warunki do koncentracji w ekskrementach humusu Hab zawartego w samej glebie. W związku z tym, że frakcja Hab, jak wykazał Harada (14), zawiera kwasy huminowe i alkaliczne humiany, a przede wszystkim rozpuszczalny humian wapnia, pozostaje do wyjaśnienia zasadnicze py-



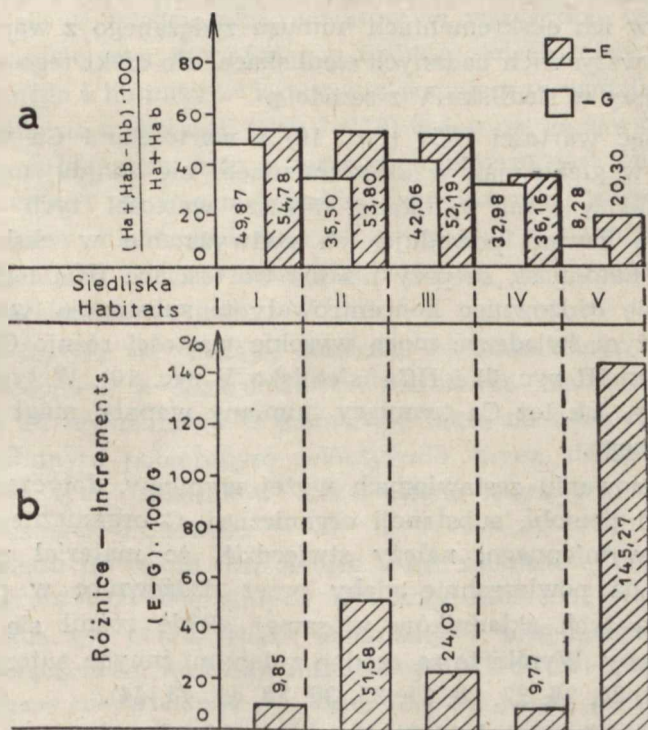
Ryc. 9. Humus-Hab (rozpuszczalny w 0,1 n boraksie po uprzednim ługowaniu 5% alunem potasowym); a — względna zawartość humusu-Hab w 1 g s.m. ekskrementów dżdżownic i gleby, b — różnica humusu-Hab w ekskrementach dżdżownic w stosunku do gleby, E — ekskrementy, G — gleba, siedliska zob. ryc. 1

Humus-Hab (soluble in 0.1 N of borax treated previously with 5% potash alum); a — relative content of humus-Hab in 1 g of dry weight of earthworm casts and of the soil, b — the increment of humus-Hab in the excreta as compared with the soil, E — wormcasts, G — soil, habitats as in Fig. 1

tanie, z jakiego źródła czerpany jest wapń wchodzący w skład frakcji Hab. Zastosowanie nowoczesnych metod izotopowych przyczyniłoby się niewątpliwie do rozstrzygnięcia tego zagadnienia i rzuciłoby nowe światło na rolę dżdżownic w tworzeniu mineralno-organicznych związków humusowych.

### HCa — humus związany z wapniem (ryc. 10)

Zawartość HCa, jak wynika z danych na wykresie (ryc. 10), jest wyższa w ekskrementach niż w samej glebie we wszystkich badanych siedliskach. Szczególnie wysoką zawartością HCa charakteryzuje się gleba z siedliska I pod roślinnością trawiastą i z siedliska III z lucerną mieszańcową, średnie wartości HCa zawierały gleby z siedliska II (gleba posypana miałem węglowym, i siedliska IV.



Ryc. 10. Humian wapnia-HCa; a — względna zawartość HCa w 1 g s. m. ekskrementów dżdżownic i gleby, b — różnica HCa w ekskrementach dżdżownic w stosunku do gleby, E — ekskrementy, G — gleba, siedliska zob. ryc. 1

Calcium humate HCa; a — relative content of HCa in 1 g of dry weight of earthworm casts and of the soil, b — the increment of HCa in the excreta as compared with the soil, E — wormcasts, G — soil habitats as in Fig. 1

Na specjalną uwagę zasługuje fakt, że wartości HCa dotyczące gleby z siedliska I, II, i IV wielokrotnie przewyższają wartości HCa gleby z siedliska V. Należy przy tym zaznaczyć, że wartości HCa gleby z siedliska I przewyższają aż sześciokrotnie wartości HCa gleby z siedliska V z seradelą (ryc. 10).

Najwyższą zawartość HCa w ekskrementach dżdżownic stwierdzono w siedliskach I, II i III. Średnią z siedliska IV, a najniższą z siedliska V.

Zawartość HCa w ekskrementach z siedliska V była wyższa o 145,27% od zawartości HCa w glebie pochodzącej z tego samego siedliska. Podobną, chociaż znacznie mniejszą, zależność stwierdzono w siedlisku II, gdzie różnica HCa w ekskrementach była wyższa o 51,78% od ilości HCa w glebie. W siedlisku II różnica HCa wynosiła 24,09%. Najniższe wartości różnic HCa stwierdzono w siedlisku I (9,85%) i w siedlisku IV (9,77%).

Jak wynika z przytoczonych danych (ryc. 10) wpływ dżdżownic na akumulację w ich ekskrementach humusu związanego z wapniem przejawiał się we wszystkich badanych siedliskach, ale efekt tego wpływu był najwyraźniejszy w siedlisku V z seradelą.

Porównując wartości HCa (ryc. 10) z wartościami Ca wymiennego (ryc. 3) tak w glebie, jak w ekskrementach, nie znajdujemy wyraźnej zależności między tymi wynikami. Wyższe wartości tych składników w glebie nie zawsze powodują ich podwyższenie w ekskrementach. Stwierdzono natomiast, że przy niskich wartościach HCa i Ca wymiennego w glebie dżdżownice koncentrowały te substancje w większych ilościach o czym świadczyć mogą wysokie wartości różnic Ca wymiennego (siedlisko III ryc. 3) i HCa (siedlisko V ryc. 10). W tym wypadku Ca wymienny, jak też Ca tworzący humiany wapnia, mógł być pochodzenia roślinnego.

W podsumowaniu zestawionych wyżej wyników, dotyczących analizy zawartości popiołu, substancji organicznej, C organicznego, N ogólnego i Ca wymiennego, należy stwierdzić, że materiał przerobiony i wydalony na powierzchnię gleby przez dżdżownice w porównaniu z zawartością tych składników w samej glebie różnił się w sposób istotny od gleby. Wyniki te są zgodne z danymi innych autorów (1, 3, 8, 10, 15, 18, 19, 20, 26, 27, 29, 31, 35, 36, 38, 41, 43, 44).

We wszystkich siedliskach dżdżownice oddziaływały w sposób decydujący i swoisty na zawartość różnych form rozpuszczalnego humusu w przerobionym przez siebie materiale. Obok bezpośredniego wpływu dżdżownic na zawartość różnych form rozpuszczalnego humusu w ekskrementach, stwierdza się tu niewątpliwie wpływ składu gleby, jej pokrycia roślinnego i resztek roślinnych, służących dżdżownicom za



pokarm. Zapewne i inne czynniki siedliskowe odgrywają w tym zjawisku pewną, choć nieznaną dotychczas, rolę.

Według Darwina (5) dżdżownice mogą akumulować humus w przerobionym materiale dzięki temu, że odżywiają się na wpół rozłożonymi szczątkami roślinnymi, które są zasobne w kwasy humusowe. Nasuwa się pytanie, jaką rolę w tym procesie odgrywa sama gleba. W świetle wyników moich badań wydaje się, że ekskrementy dżdżownic nie są jednorodne z glebą co do składu i zawartości różnych form rozpuszczalnego humusu.

Prócz tego wyniki badań wskazują, że ekskrementy dżdżownic są wzbogacone przede wszystkim w humus rozpuszczalny w 5% roztworze alunu (ryc. 7).

Zmiany zachodzące w zawartości różnych form rozpuszczalnego humusu i różnych składników pokarmowych łatwo dostępnych roślinom zaznaczyły się w składzie ekskrementów ze wszystkich badanych siedlisk. Ujawnia się to najwyraźniej w rozbieżnościach między zawartością Ca wymiennego i humusu związanego z wapniem w wydalinach. Wyniki przedstawione na wykresach (ryc. 3 i 10) wskazują, że zawartość humusu związanego z wapniem oraz wapnia wymiennego jest istotnie wyższa w ekskrementach niż w samej glebie. Jednakże nie stwierdzono prostej zależności Ca wymiennego i humusu związanego z wapniem (zawartego w ekskrementach) od ich zawartości w samej glebie bez względu na pochodzenie siedliskowe gleby.

Wyniki te, jak się wydaje, dowodzą, że akumulacja humusu związanego z wapniem w ekskrementach dżdżownic nie zależy tylko od zawartości Ca wymiennego w glebie, ale także od zawartości Ca w pokarmie roślinnym pobieranym selektywnie przez dżdżownice. Zatem koncentracja tych składników może ulegać znacznym wahaniom pod wpływem samych dżdżownic.

Ze względu na to, że dżdżownice mają zdolność akumulacji w specjalnych gruczołach wapiennych (gruczoły Morrena) węglanu wapnia i wydzielania go, przeto wapń uwalniany z biogenego  $\text{CaCO}_3$  może tworzyć połączenia z kwasami humusowymi (Darwin 5).

Dotychczas nie wiadomo, w jakim stopniu wapń, pochodzący z wytwarzanego biogenicie przez dżdżownice  $\text{CaCO}_3$ , zobojętnia kwasy humusowe, a w jakim stopniu kwasy te są zobojętniane przez wolny wapń, znajdujący się w treści pokarmowej. Brak tych danych nie pozwala na razie wyjaśnić następującej kwestii: czy wzrost zawartości humusu związanego z wapniem w ekskrementach dżdżownic powstaje kosztem uwolnienia Ca z biogenego  $\text{CaCO}_3$ , czy też kosztem wapnia znajdującego się

w przetrawionym pokarmie. Jednakże nie pomniejsza to w niczym znaczenia faktu, że na wzrost tych składników w materiale przerobionym przez dżdżownice decydujący wpływ mają one same.

Ze względów praktycznych zastosowanie do ekstrakcji gleby i wydaliny dżdżownic roztworów 5% ałunu potasowego i 0,1 n boraksu jest korzystniejsze, bowiem pozwala na wyekstrahowanie większej ilości różnych związków humusowych niż przy zastosowaniu do ekstrakcji mieszaniny 0,1 n roztworów  $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2:1).

Należy podkreślić, że badania nad rozpuszczalnością humusu związanego z wapniem wykonał już w r. 1826 Sprengel (40). Stwierdził on, że połączenia kwasów humusowych z wapniem (humiany wapnia) są trudno rozpuszczalne w wodzie. Jednakże, o ile mi wiadomo, dotychczas nie wykonywano ilościowych oznaczeń tego rodzaju humusu w ekskrementach dżdżownic, chociaż od czasów Darwina (5) wiadano o udziale dżdżownic w wytwarzaniu humusu związanego z wapniem. Praca niniejsza brak ten częściowo uzupełnia.

Pytanie, jakie gatunki dżdżownic w badanych siedliskach biorą czynny udział w produkcji humusu jest osobnym zagadnieniem i będzie omówione oddzielnie. Dotychczas przeprowadzone przeze mnie badania i obserwacje wykazały, że najbardziej aktywne w wytwarzaniu humusu w glebach okolic Lublina są dżdżownice *Allolobophora caliginosa* S a v. (praca w przygotowaniu do druku).

Należy dodać, że rola dżdżownic oprócz bezpośredniego udziału w spulchnianiu gleby, rozkładzie materii organicznej i produkcji różnych form humusu polega na tym, że koncentrują one w ekskrementach lokalizowanych punktowo na powierzchni i w głębi gleby, korzystne dla wzrostu i wegetacji roślin składniki mineralne i organiczne. Składniki te znajdują się w samej glebie i w materiale roślinnym, który służy dżdżownicom za pokarm, lecz w bardzo niskich stężeniach i być może w formie mało dostępnej roślinom.

Zapoczątkowane w pracy niniejszej badania zamierzam kontynuować i pogłębić w ściśle kontrolowanych warunkach. Możliwe, że wyjaśnią one zauważone sprzeczności w dotychczasowych badaniach.

Panu Prof. Dr. Adamowi Paszewskiemu kierownikowi Katedry Fizjologii Roślin UMCS składam gorące podziękowanie za zainteresowanie mnie tym problemem.

Kierownikowi Katedry Fizjologii Roślin WSR w Lublinie Pani Prof. Dr. Annie Nowotny-Mieczyskiej wyrażam głęboką wdzięczność i podziękowanie za umożliwienie wykonania pracy oraz za życzliwe i cenne uwagi krytyczne przy opracowywaniu wyników.

## WNIOSKI

1. Na podstawie wykonanych analiz stwierdziłem, że:

a) zawartość rozpuszczalnego humusu w roztworach 0,1 n boraksu, 5% ałunu potasowego, 0,1 n boraksu po uprzednim ługowaniu 5% roztworem ałunu, w mieszaninie 0,1 n roztworów  $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2:1) oraz humusu związanego z wapniem była wyższa w ekskrementach dżdżownic niż w samej glebie; różnice są statystycznie udowodnione (ryc. 6—10);

b) we wszystkich badanych siedliskach dżdżownice przyczyniały się do wzbogacenia materiału przerobionego przez nie przede wszystkim we frakcję humusu rozpuszczalnego w 5% ałunie (ryc. 7);

c) przy niskiej zawartości Ca wymiennego i humusu związanego z wapniem w samej glebie dżdżownice koncentrowały większe ilości tych składników w ekskrementach; Ca wymienny mógł być uwalniany z resztek trawionego materiału roślinnego i dzięki temu jego akumulacja w wydalinach uległa podwyższeniu;

d) materiał przerobiony przez dżdżownice pod względem zawartości różnych form rozpuszczalnego humusu nie był jednorodny z glebą; dżdżownice wpływały na skład i zawartość humusu w glebie.

2. Ekskrementy dżdżownic w porównaniu z glebą zawierają stosunkowo mniej popiołu, a więcej substancji organicznej, C organicznego, N ogólnego i Ca wymiennego (ryc. 1—5).

3. Wydaliny dżdżownic pochodzące z siedliska, w którym gleba posypana była miazem węglowym w porównaniu z ekskrementami pochodzącymi z innych siedlisk wykazują wysoką zawartość wszystkich frakcji rozpuszczalnego humusu, N ogólnego, C organicznego, Ca wymiennego i substancji organicznej, a mniejszą popiołu. Wyższa koncentracja analizowanych składników w ekskrementach mogła być wywołana silnymi własnościami sorbcyjnymi miazgu węglowego oraz procesami trawiennymi, dzięki którym z pochłoniętego przez dżdżownice miazgu węglowego uwolnione zostały związki humusowe i inne składniki.

4. Zastosowanie metody Harady (15) do badań nad rozpuszczalnymi formami humusu, zawartymi w ekskrementach dżdżownic, pozwala na określenie zmian zachodzących pod wpływem dżdżownic w śladzie i zawartości humusu znajdującego się w samej glebie.

5. Zastosowanie do ekstrakcji wydalin dżdżownic i gleby roztworów 5% ałunu potasowego i 0,1 n boraksu jest korzystniejsze, bowiem umożliwia otrzymanie większej ilości związków humusowych, niż stosowanie mieszaniny 0,1 n roztworów  $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2:1).



## PIŚMIENICTWO

1. Barley K. P., Jennings A. C.: Earthworm and Soil Fertility III. The Influence of Earthworm on the Availability of Nitrogen. Aust. J. Agric. Res., 10, 3 1959.
2. Bassalik K.: Über Silikatersetzung durch Bodenbakterien. Über die Tätigkeit der Regenwürmer in Beziehung zu der Bodenbakterien. Ztschr. f. Gärungsphysiologie, 2, 1913.
3. Cohen S. and Lewis H. B.: The Nitrogen Metabolism of the Earthworm. J. Biol. Chem., 180, 1949.
4. Darwin C.: On the Formation of Vegetable Mould., Trans. Geol. Soc. (2) 9, London 1837.
5. Darwin C.: The Formation of Vegetable Mould, through the Action of Worms, with Observation on Their Habits. I-st Ed. (John Murray), London 1881.
6. Dobrzański B. i Zawadzki S.: Gleby Zakładu Naukowo-Doświadczalnego Felin. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio E, vol. VI 1951, 7, Lublin 1952.
7. Drift J. Van der.: Invloed van wormen op humusvorming (Influence of Earthworm on Humus Formation). Tuinbouw. Onderz. Jversl., 1954.
8. Finck A.: Ökologische und bodenkundliche Studien über die Leistungen der Regenwürmer für die Bodenfruchtbarkeit. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk., 58, 1952.
9. Fisher and Yates.: „Statistical Tables”, Olives and Bayl, London 1957.
10. Franz H., Leitenberger L.: Biologisch chemische Untersuchungen über Humusbildung durch Bodentiere., Österr. Zool. Ztschr., I, 5, 1948.
11. Franz H.: Neue Forschungen über den Rotteprozess von Stalmist und Kompost. Veröffent. Bundesanst. Alp. Land. Admont, 2, 114, 1950.
12. Franz H.: Die Bedeutung der Kleintiere für die Humusbildung. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk., 69., 1955.
13. Franz H.: Aufgaben der Bodenzologie im Rahmen der Bodenwissenschaften und Voraussetzungen für ihre Erfüllung. VIe. Congr. Internat. Sc. Sol. C. III, 14, Paris 1956.
14. Harada M.: Characteristics of the Humus in Soil Types. Part 1. Solubility of Humus. Soil and Plant Food. 1, 1, 1955.
15. Hassan A. A. G., Habib A., Issa G. I.: The Relationship between Earthworms and Soil Fertility. Ann. Agric. Sci. Cairo, 1, 1956.
16. Heuschen J.: Regenwurm und Bodenfruchtbarkeit. Mitt. Deutsch. Landwirtschafts-Ges., 71 48, 1956.
17. Hopp H., Slater C. S.: The Effect of Earthworms on the Productivity of Agricultural Soil., J. Agric. Res., 78, 1949.
18. Jeanson C., Luusinang.: Étude expérimentale de l'action de *Lumbricus herculeus* (Savigny) (Oligochète lumbricide) sur la stabilité structural des terres., C. R. Acad. Paris, 250, 1960.
19. Joshi N. V., Kelkar B. V.: The Role of Earthworms in Soil Fertility. Indian J. Agric. Sci., 22, 1952
20. Kollmannsperger F.: Über die Bedeutung der Regenwürmer für die Fruchtbarkeit des Bodens. Decheniana, 105/106, 1952.
21. Kollmannsperger F.: Lumbriciden in humiden und ariden Gebieten und ihre Bedeutung für die Fruchtbarkeit den Bodens. VIe Congr. Internat. Sc. Sol., C., III, 49, Paris 1956.

22. Kubiena W. L.: Beiträge zur Bodenentwicklungslehre: Entwicklung und Systematik der Rendzinen. *Bodenk. Pfl. Ernähr.*, 29, 1943.
23. Kubiena W. L.: Die mikroskopische Bodenuntersuchung. *Ztschr. Weltforst-wirtsch.*, 10, 1943.
24. Kubiena W. L.: Animal Activity in Soil as a Decisive Factor in Establishment of Humus Forms. *Soil Zoology. Proc. Nottingham Sch. Agric. Sci.*, 1955.
25. Laatsch W.: Untersuchungen über die Bildung und Anreicherung von Humusstoffen. *Beitr. z. Agrarwiss.*, 3, 1948.
26. Lunt H. A., Jacobson H. G.: The Chemical Composition of Earthworm Casts. *Soil Sci.*, 58, 1944.
27. Miyasaka M.: The Formation of a Granular Structure by the Earthworm. *J. Agric. Engng Soc. Japan.* 26, 1959.
28. Müller P. E.: Studien über die Natürlichen Humusformen. Berlin 1887.
29. Needham A. E.: Components of Nitrogenous Excreta in the Earthworms *Lumbricus terrestris* L. and *Eisenia foetida* (Savigny). *J. Exp. Biol.*, 34, 4, 1957.
30. Nielson R. L.: Recent Research Work. Earthworms. *N. Z. J. Agric.* 86, 1953.
31. Nighawan S. D., Kanwar J. S.: Physico-Chemical Properties of Earthworms Castings. *Indian J. Agric. Sci.*, 22, 1952.
32. Pietierburgskij: Praktikum po agrochimii. Sjelchozgiz, Moskwa 1952.
33. Piper C. S.: Analiza gleby i roślin. PWN, Warszawa 1957.
34. Ponomariewa S. I.: Rol doźdiewych czerwiej w sozdanii procznoej struktury w trawopolnych siewooborotach. *Poczwowiedienije*, 8, 1950.
35. Ponomariewa S. I.: Wlijanie żizniediejatielnosti doźdiewych czerwiej na sozdanije ustojczivoj struktury diernowo-podzolistoj poczwy. *Trudy Poczv. Inst. Dokucajewa*, 41, 1953.
36. Puh P. C.: Beneficial Influence of Earthworms on some Chemical Properties of the Soil. *Contr. Biol. Lab. Sci. Soc. China (Zool.)*, 15, 1941.
37. Ruschmann G.: Über Antibiosen und Symbiosen von Bodenorganismen und ihre Bedeutung für die Bodenfruchtbarkeit. *Regenwurmsymbiosen und Antibiosen. Z. Acker. u. Pflanzenbau*, 96, 1953.
38. Shrikhande J. G., Pathak A. N.: Earthworms and Insects in Relation to Soil Fertility. *Curr. Sci.*, 17, 1948.
39. Spannagel G.: Modellversuch mit Regenwürmer zur Frage der Bodenbildung und Bodenfruchtbarkeitssteigerung. *Zschr. f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk.*, 64, 1954.
40. Sprengel C.: Über Pflanzenhumus, Humussäure und Humussäure Salze. *Kastners Arch. Ges. Naturlehre*, 8, 1826.
41. Stöckli A.: Der Einfluss der Mikroflora und Fauna auf die Beschaffenheit des Bodens. *Ztschr., f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk.*, 45, 1949.
42. Stöckli A.: Die Ernährung der Pflanze in ihrer Abhängigkeit von der Kleinlebewelt des Bodens. *Ztschr., f. Pfl.-ern., Düng. Bodenk.*, 48, 1950.
43. Stöckli A.: Die Metazoenfauna von Wiesen und Ackerböden aus der Umgebung von Zürich *Landw. Jb. Schweiz*, 6, 1957.
44. Stöckli A.: Die Regenwurmart in landwirtschaftlich genutzten Böden des schweizerischen Mittellandes. *Landw. Jb. Schweiz*, 7, 1958.

## РЕЗЮМЕ

В данной работе изложены результаты исследований содержания различных форм растворимого гумуса в экскрементах дождевых червей и в почве из пяти участков, характеризующихся различным почвенным и растительным покровом в районе гор. Люблина. Результаты этих исследований показаны на графиках (рис. 1—10) и сводятся к следующим заключениям:

1. На основании проведенных анализов установлено, что:
  - а) содержание растворимого гумуса в следующих растворах: 0,1 н борацит, 5% квасцы, 0,1 н борацит после предварительного подщелачивания 5%-ным раствором квасцов, в смеси 0,1 н растворов  $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2:1) а также гумуса, связанного с кальцием было выше в экскрементах дождевых червей чем в самой почве. Различия статистически оправданы (рис. 6—10),
  - б) во всех исследованных местообитаниях дождевые черви способствовали обогащению перерабатываемого ими материала в гумусные фракции, (растворимые в 5%-ом р-ре квасцов (рис. 7),
  - в) Найдено, что при низком содержании обменного кальция и связанного с кальцием в самой почве гумуса, дождевые черви накапливали большие количества этих компонентов в экскрементах. Обменный калиций мог освобождаться из остатков переваривающегося растительного материала и благодаря этому его накопление в экскрементах повысилось,
  - г) переработанный дождевыми червями материал по своему содержанию различных форм растворимого гумуса отличается от почвы. Дождевые черви влияют на состав и содержание гумуса в почве.

2. Констатируется, что экскременты дождевых червей по сравнению с почвой содержат относительно мало золы и больше органического вещества, органического углерода, общего азота и обменного кальция (рис. 1—5).

3. Экскременты дождевых червей, собранные в местах где почва была покрыта угольной пылью по сравнению с экскрементами из других местообитаний, имеют высокое содержание всех фракций растворимого гумуса, общего азота, органического углерода, обменного кальция, органического вещества и меньше золы.

Более высокое содержание анализируемых компонентов экскрементов могло обуславливаться сильными сорбционными способностями угольной пыли а также пищеварительными процессами, благодаря которым из поглощенной дождевыми червями угольной пыли освободились гумусовые и другие соединения.



4. Применение метода Харада 15) в исследованиях над растворимыми формами гумуса в экскрементах дождевых червей позволяет определить изменения, происходящие под влиянием дождевых червей в составе и содержании гумуса, находящегося в самой почве.

5. Найдено, что применение для экстрагирования гумуса из экскрементов и почвы 5%-ого раствора калиевых квасцов и 0,1 n борацита дает лучшие результаты, т.к. делает возможным получение большего числа различных гумусовых соединений по сравнению с экстрагированием смесью 0,1 n  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2 : 1).

## SUMMARY

The content of various kinds of soluble humus in the excreta of *Allolobophora caliginosa* S a v. and in different soils was investigated. The soils were from 5 different habitats in the environs of Lublin with different plants growing in them. The results of the studies are shown in Figs. 1—10 and may be summarized as follows.

1. On the basis of the analyses performed it was found that:

a. The content of humus soluble in 0.1 N solution of borax, 5 per cent solution of potash alum, 0.1 N solution of borax treated previously with 5 per cent solution of alum, a mixture composed of 0.1 N solution of  $\text{NaHCO}_3$  + 0.1 N solution of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2 : 1) was higher in the earthworm casts than in the soil. The content of humus bound with calcium was also higher. The results were significant (Figs. 6—10).

b. In all the habitats examined the earthworm casts contained higher amounts of fraction of humus soluble in 5 per cent solution of alum (Fig. 7).

c. If the contents of exchangeable calcium and humus bound with calcium were low in the soil, the wormcasts contained more of these components. Exchangeable calcium may be free from the rest of the digested material and for this reason their accumulation in the excreta is increased.

d. The material digested is not homogenous with the soil as far as the content of the soluble humus is concerned. Earthworms influence the composition and the content of humus in the soil.

2. It was ascertained that the earthworm casts contain less ash than the soil and more organic matter, organic carbon, total nitrogen and exchangeable calcium (Figs. 1—5).

3. A comparison of earthworm casts, derived from habitats in which the soil was covered with fine coal with excreta from other habitats examined, shows that the content of all fractions of soluble humus,

total nitrogen, organic carbon, exchangeable calcium and organic matter increases, and that of ash decreases. Higher concentrations of the compounds examined in the excreta may be caused by the strong absorption qualities of fine coal and the digestive process by which humus components and other compounds were released from the fine coal consumed by the earthworms.

5. The application of Harada's method (15) in the investigations into the soluble forms of humus contained in wormcasts makes it possible to estimate the changes in the composition and the content of humus in the soil brought about by earthworms.

5. It was ascertained that the application of 5 per cent potash alum and 0.1 N of solution of borax for the extraction of wormcasts and samples of soil is more useful than the application of the extraction of a mixture composed of 0.1 N solution of  $\text{NaHCO}_3$  + 0.1 N solution of  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (2 : 1), as the first method ensures a larger amount of various humus compounds.

ANNALES  
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA  
LUBLIN—POLONIA

VOL. XIV

SECTIO C

1959

1. K. Strawiński: Badania nad *Hemiptera-Heteroptera* w projektowanym rezerwacie stepowym koło Gródka (pow. hrubieszowski).  
A Faunistic Survey of *Hemiptera-Heteroptera* Occurring in the „Steppe” Reservation near Gródek.
2. Z. Cmoluch: Ryjkowce (*Curculionidae*, *Coleoptera*) z terenów Nadleśnictwa Janów Lubelski.  
A Faunistic Survey of *Curculionidae* (*Coleoptera*) Found in the Forest in the Environs of Janów Lubelski.
3. K. Sęczkowska: *Thysanoptera* projektowanego rezerwatu stepowego koło Gródka (powiat Hrubieszów).  
A Faunistic Survey of *Thysanoptera* Occurring in the Proposed „Steppe” Reservation near Gródek.
4. A. Cmoluchowa: Nowe stanowiska *Megalotomus junceus* Scop. (*Heteroptera-Coreidae*) w Polsce.  
New Occurrences of *Megalotomus junceus* Scop. (*Heteroptera-Coreidae*) in Poland.
5. M. A. Alikhan: Population Estimation Techniques Studies on the Black Bean Aphid, *Aphis fabae* Scop.  
Badania techniczne nad metodą oszacowania wielkości populacji gatunku *Aphis fabae* Scop.
6. J. Fedorko: Próba wyszukania powiązań biocenotycznych między *Heteroptera* a środowiskiem leśnym.  
An Attempt to Find the Relationship between the Occurrence of *Heteroptera* and Forest Habitats.
7. Cz. Kowalczyk: Materiały do fauny widłonogów (*Copepoda*) Pojezierza Łęczyńsko-Włodawskiego.  
Survey of the *Copepoda* Fauna of the Landlake between Łęczna and Włodawa.
8. W. Stojalowska: Analiza wędrówki *Strongylosoma pallipes* (Olivier) (*Diplopoda*).  
An Analysis of the Migration of *Strongylosoma pallipes* (Olivier) (*Diplopoda*).
9. R. Gieryng: The Central Nervous System of *Leptinotarsa decemlineata* (Say) with Special Consideration of the Brain.  
Centralny układ nerwowy *Leptinotarsa decemlineata* (Say) ze szczególnym uwzględnieniem mózgu.
10. H. Jarnicka: On the Structure of the Brain in some *Diptera*.  
O budowie mózgu u niektórych *Diptera*.
11. W. Juszczyk: Rozwój narządu rozrodczego samicy żaby trawnej (*Rana temporaria* L.) w cyklu rocznym.  
The Development of the Reproductive Organs of the Female Common Frog (*Rana temporaria* L.) in the Yearly Cycle.



12. W. Anasiewicz i B. Mieczulski: Obserwacje nad wzrostem młodych zaskrońców (*Natrix natrix* L.) wylęgłych i hodowanych w warunkach terrariowych.  
Observations on the Growth Rate of *Natrix natrix* L. Hatched and Reared under Artificial Conditions.
13. K. Modrzewska: Morfologia ucha zewnętrznego.  
Morphology of the External Ear.
14. D. Fijałkowski: Rezerwat leśny „Bachus” koło Chełma.  
Das Waldreservat „Bachus” bei Chełm.
15. D. Fijałkowski: Kłoc wiewiórczy *Cladium mariscus* (L.) Pohl. w województwie lubelskim.  
Binsen-Schneide *Cladium mariscus* (L.) Pohl. in der Wojewodschaft Lublin.
16. K. Izdebski: Analiza biometryczna drzewostanów w rezerwacie leśnym na Bukowej Górze pod Zwierzyniec.  
Biometric Analysis of the Trees in the Forest Reservation on the Bukowa Góra near Zwierzyniec.
17. K. Kozak: Stanowiska zimoziołu północnego (*Linnaea borealis* L.) na Roztoczu Środkowym.  
Standorte der *Linnaea borealis* L. im Hügelland des mittleren Roztocze.
18. Z. Wierzchowski i M. Bubiec: Karotenoidy owoców berberysu zwyczajnego.  
Carotenoids of the Berries of *Berberis vulgaris*.
19. E. Gawroński: Efekt mitogenetyczny drożdży *Saccharomyces cerevisiae* Hansen rasy piekarnianej „AS”.  
A Mitogenetic Effect of the Yeast *Saccharomyces cerevisiae* Hansen, the Strain of Baker's Yeast, „AS”.
20. A. Paszewski: Influence of an Enzyme Extract from the Larvae of *Galleria mellonella* together with Penicillin or Sulphathiazole on the Growth of *Mycobacterium tuberculosis* 607.  
Wpływ wyciągu enzymatycznego z larw *Galleria mellonella* oraz penicyliny względnie sulfatiazolu na wzrost prątków *Mycobacterium tuberculosis* 607.

UNIWERSYTET MARII CURIE-SKŁODOWSKIEJ

BIURO WYDAWNICTWA

LUBLIN

Plac Litewski 5

POLOGNE

Adresse: