

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN — POLONIA

VOL. XVII, 9

SECTIO C

1962

Z Katedry Fizjologii Roślin Wydziału Rolniczego WSR w Lublinie
Kierownik: prof. dr Anna Nowotny-Mięczyńska

Eugeniusz GAWROŃSKI

Własności optyczne frakcji humusu z ekskrementów dżdżownic

Allolobophora caliginosa S a v.

**Оптические свойства гумусовых фракций из экскрементов дожде-
вых червей *Allolobophora caliginosa* S a v.**

**Optical Properties of the Humus Fractions of the Excrements
of the Earthworm *Allolobophora caliginosa* S a v.**

WSTĘP

Wielu badaczy stwierdziło, że zabarwienie roztworów substancji humusowych (pochodzących z różnych gleb, torfów i węgla) może być z wielkim pożytkiem wykorzystane jako jedna z ważniejszych cech przydatnych do charakterystyki budowy chemicznej, pochodzenia, a także badania procesów biogenezy tych substancji (3, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31).

Stwierdzono na przykład, że intensywność i odcień barwy kwasów huminowych, stanowiących jedną z ważniejszych frakcji humusu, w ściśle określonych warunkach zależy między innymi od bogactwa grup chromoforowych (głównie C = i N =), utlenienia (19), zawartości N (28), a także od stopnia dojrzałości oraz nasilenia karbonizacji wyjściowego materiału organicznego (19, 20, 29, 31).

Jednakże mimo licznych publikacji, jakie dotychczas ukazały się na ten temat, nie spotkałem w dostępnej mi literaturze podobnych opracowań poświęconych specjalnie własnościom optycznym różnych frakcji humusu pochodzącego z wydalin dżdżownic.

W moich doświadczeniach związanych z poprzednią pracą (11) zauważono, że różne frakcje humusu z ekskrementów dżdżownic były intensywniej zabarwione od frakcji humusu otrzymanych w taki sam sposób

z gleby, w której te dżdżownice bytowały. W związku z tą luźną obserwacją nasunęło się pytanie, czy intensywniejsze zabarwienie różnych frakcji humusu (a przede wszystkim kwasu huminowego) z ekskrementów dżdżownic było spowodowane wyższą koncentracją tych substancji, czy też odmienną budową i składem chemicznym? Przypuszczając, że własności optyczne kwasów huminowych mogą pozostawać w przyczynowym związku z poziomem C i N w tych kwasach, podjęto w tym przedmiocie badania.

Niniejsza praca poświęcona jest analizie absorpcji światła widzialnego o różnej długości fali, przechodzącego przez alkaliczne ekstrakty substancji humusowych. Badano roztwory kwasów huminowych z ekskrementów dżdżownic *Allolobophora caliginosa* S a v. i z samej gleby. Poszukiwano także związku między własnościami optycznymi a poziomem C i N w tychże kwasach huminowych.

CZĘŚĆ DOSWIADCZALNA

A. MATERIAŁ I METODY

Obiektem badań były:

1. Ekskreментy dżdżownic *Allolobophora caliginosa* S a v. oraz próby gleby, w której te dżdżownice bytowały. Materiał wyjściowy pochodził z siedliska naturalnego pod dziko rosnącą roślinnością trawiastą (ogródek botaniczny UMCS w Lublinie przy ul. Głowackiego 2). Sposób zbierania i przygotowania materiału do analiz materiału wyjściowego był taki sam, jak w poprzedniej pracy (11).

2. Ekstrakty substancji humusowych (wyjściowe wyciągi) otrzymano według metody Evansa i Russela (6) mieszaniną 0,1 n roztworów $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1).

3. Preparaty kwasów huminowych (KH)* otrzymano według metody Evansa i Russela (6). Bituminy usunięto metodą Okuda i Hori (23). Dodatkowe oczyszczenie i odmineralizowanie KH przeprowadzono na kolumnach z żywicznymi wymiennicami jonowymi (6). Metoda ta wydaje się o tyle korzystniejsza od metody Simona (24), że unika się działania hydrolitycznego kwasu na substancje próchniczne podczas długotrwałej dekalcytacji materiału wyjściowego 1 n roztworem HCl.

Roztwory KH do pomiarów fotometrycznych sporządzono następująco: odważki KHE i KHG w ilości 24 mg rozpuszczano w 100 ml mieszaniny 0,1 n roztworów $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1) i natychmiast mierzono ekstynkcję.

* KH — kwas huminowy, KHE — kwas huminowy otrzymany z ekskrementów dżdżownic, KHG — kwas huminowy otrzymany z gleby.

Oznaczenia fotometryczne barwnych wyjściowych wyciągów substancji humusowych i roztworów KH wykonano w świetle widzialnym fotometrem wizualnym (Zeiss—Pulfrich), wzorując się na metodzie Kononowej i Bielczykowej (19) i uwzględniając nowsze opracowania metodyczne (8, 20, 28). Stosowano kiuwety 1 cm. Temperatura pomiaru 20°C. Stężenie roztworów przed oznaczeniem współczynników ekstynkcji wyrównano pod względem zawartości węgla utleniającego (12) lub suchej masy organicznej (w przypadku KH). Jako roztworu kompensacyjnego używano mieszaniny 0,1 n roztworów $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1). Materiał liczbowy opracowano statystycznie stosując sprawdzian t Studenta dla prób niezależnych (7).

B. WYNIKI

1. Skład chemiczny materiału wyjściowego

Wyniki dotyczące analizy materiału wyjściowego podano w tab. 1. Jak widać, wydaliny dżdżownic *Allolobophora caliginosa* Sav. różnią się od gleby, w której te dżdżownice bytowały, zarówno pod względem zawartości składników mineralnych, jak i organicznych. Zawartość składników popielnych była wyższa w glebie, natomiast zawartość Ca wymiennego, C organicznego, N ogólnego, a także różnych frakcji humusu była wyższa w ekskrementach dżdżownic.

2. Własności optyczne

a) Własności optyczne ekstraktów wyjściowych substancji humusowych. W próbnym doświadczeniu oznaczono współczynniki ekstynkcji wyjściowych roztworów substancji humusowych zaraz po ekstrakcji. Wyniki podano w tab. 2.

Jak widać, roztwory wyjściowe wykazują wyraźne różnice własności optycznych. Wyciąg substancji humusowych otrzymany z ekskrementów dżdżownic charakteryzuje się wyższymi wartościami współczynników ekstynkcji, a zatem silniej absorbował światło niż roztwór z gleby.

b) Własności optyczne KHE i KHG. Wyjściowe ekstrakty zawierały nie tylko kwasy huminowe, ale również inne składniki humusu, a nawet różne związki organiczne i mineralne, które przechodziły do roztworu i mogły interferować z substancjami humusowymi. Z tego też względu do badań własności optycznych samych kwasów huminowych używano dość dobrze oczyszczone z wszelkich domieszek organicznych i odmineralizowane preparaty tych kwasów. W tab. 3 i na ryc. 1

Tab. 1. Procentowa zawartość analizowanych składników w ekskrementach dżdżownic w odniesieniu do 100% zawartości tychże składników w glebie
Content of the analysed components in the excrements of earthworms as percentage of their content in the soil

Analizowany składnik Component	Zawartość w % do s. m Content in per- centage of dry mass	t° ($t^{0,05} = \pm 2,447$)
Popiół Ashes	99,0	- 19,10
Materia organiczna Organic matter	125,9	+ 19,10
Ca wymienny Exchangeable Ca	112,5	+ 5,86
C organiczny Organic C	137,5	+ 5,66
N ogólny Total N	122,2	+ 7,14
Humus rozpuszczalny w 5% roztworze alunu potasowego Humus soluble in 5% solution of po- tassium alum	174,4	+ 19,04
Humus rozpuszczalny w 0,1 n roztworze boraksu Humus soluble in 0.1 n solution of borax	129,5	+ 7,22
Humus rozpuszczalny w 0,1 n roztworze boraksu po uprzednim ługowaniu 5% roztworem alunu potasowego Humus soluble in 0.1 n solution of borax after leaching with 5% solution of potassium alum	128,5	+ 3,48
Humus rozpuszczalny w mieszaninie 0,1 n roztworów $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1) Humus soluble in mixture of 0.1 n so- lutions of $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1)	196,2	+ 35,62
Humus związany z wapniem Humus bound with calcium	109,8	-

Tab. 2. Własności optyczne wyjściowych wyciągów substancji humusowych z ekskrementów dżdżownic i z gleby
Optical properties of initial extracts of humus substances from the excrements of earthworms and from the soil

Filtr Filter	λ	Wyciąg z ekskrementów dżdżownic Extract from excrements				Wyciąg z gleby Extract from the soil of earthworms			
		Ekstynkacja Extinction	log K	$\Delta \log K^*$	$Q_{4/6}^{**}$	Ekstynkacja Extinction	log K	$\Delta \log K^*$	$Q_{4/6}^{**}$
S 42	428	0,603				0,515			
S 47	465	0,446	- 0,351			0,350	- 0,458		
S 50	496	0,320				0,255			
S 53	533	0,241				0,200			
S 57	574	0,153		0,697	4,95	0,125		0,668	4,67
S 61	619	0,121				0,100			
S 66	665	0,090	- 1,048			0,075	- 1,126		
S 72	726	0,067				0,056			
S 75	750	0,069				0,045			

* $\Delta \log K$ wyliczono (wzorem Kumada (20), z zamianą filtrów 400 na 465 i 600 na 665) z równania: $\log K_{465} - \log K_{665} = \Delta \log K$

$\Delta \log K$ was calculated (by means of the formula of Kumada, 1955, the filters having been changed from 400 to 465 and from 600 to 665) from the equation: $\log K_{465} - \log K_{665} = \Delta \log K$

** Wartości barwnych współczynników $Q_{4/6}$ obliczono za przykładem Scheffera (28), zamieniając filtry 474 na 465 i 666 na 665 oraz dzieląc wartość ekstynkcji przy 465 m μ przez wartość ekstynkcji przy 665 m μ

The values of the colour coefficients $Q_{4/6}$ were calculated according to Scheffer, 1954, the filters having been changed from 474 to 465 and from 666 to 665, by dividing the value of extinction at 465 m μ by the value of extinction at 665 m μ

podano wartości współczynników ekstynkcji KHE i KHG przy różnych długościach fal świetlnych.

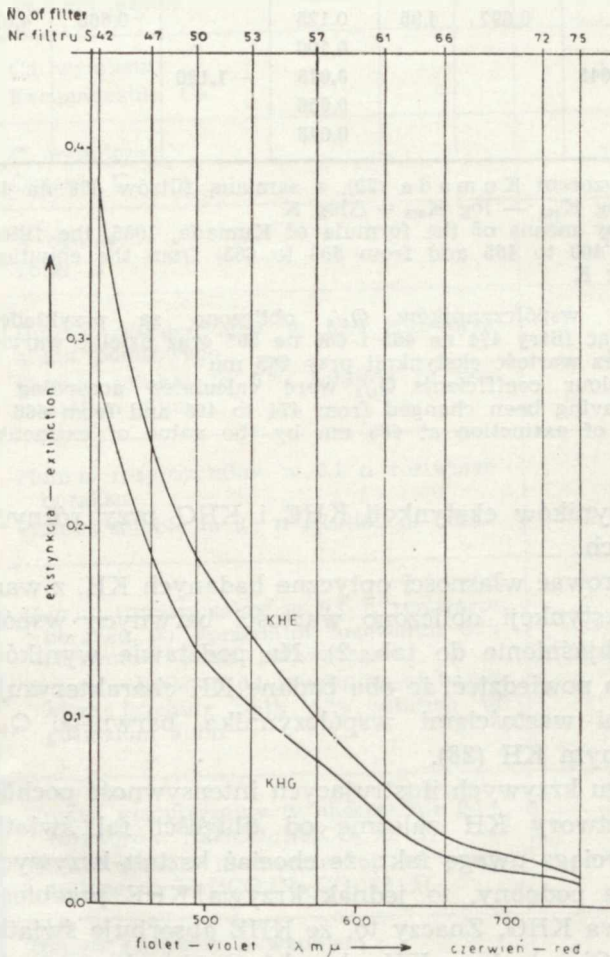
Aby dokładniej zilustrować własności optyczne badanych KH, z wartości współczynników ekstynkcji obliczono wartości barwnych współczynników $Q_{4/6}$ (patrz objaśnienie do tab. 2). Na podstawie wyników podanych w tab. 3 można powiedzieć, że oba badane KH charakteryzują się stosunkowo wysokimi wartościami współczynnika barwnego $Q_{4/6}$ odpowiadającymi brunatnym KH (28).

Przy analizie przebiegu krzywych ilustrujących intensywność pochłaniania światła przez roztwory KH zależnie od długości fal światła widzialnego (ryc. 1), przyciąga uwagę fakt, że chociaż kształt krzywych jest uderzająco do siebie podobny, to jednak krzywa KHE przebiega znacznie wyżej niż krzywa KHG. Znaczy to, że KHE absorbuje światło intensywniej od KHG. Oba badane KH charakteryzują się tym, że

Tab. 3. Własności optyczne KHE i KHG
Optical properties of KHE and KHG

Rodzaj kwasu huminowego Kind of humic acid	Filtr Filter		Ekstynkcja Extinction	log K	$\Delta \log K^*$	Q_{46}^{**}
	nr	λ				
KHE	S 47	465	0,243	- 0,612	0,814	6,50
	S 66	665	0,037	- 1,426		
KHG	S 47	465	0,185	- 0,733	0,854	7,11
	S 66	665	0,026	- 1,587		

*, ** Objaśnienia patrz tab. 2.

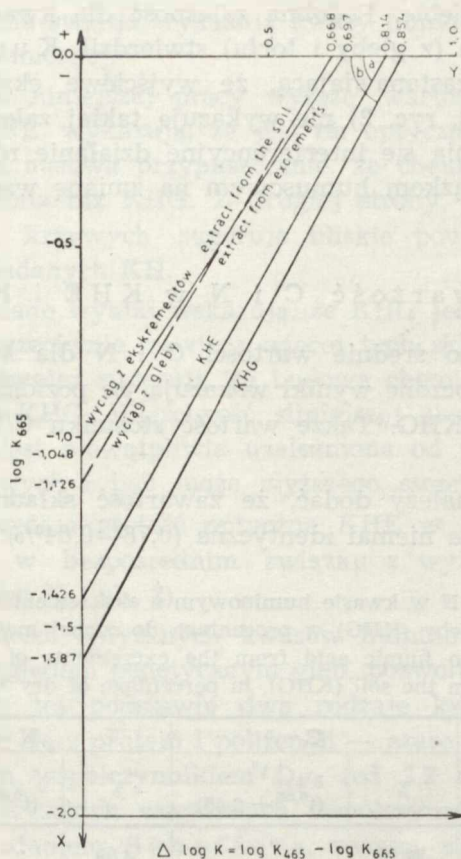


Ryc. 1. Wartość współczynników ekstynkcji światła widzialnego kwasu huminowego z ekskrementów dżdżownic (KHE) i z gleby (KHG); roztwór 24 mg (KHE lub KHG) w 100 ml 0,1 n $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1)

Values of the coefficient of extinction of visible light by humic acid from the excrements of earthworms (KHE) and from the soil (KHG); solution of 24 mg (KHE or KHG) in 100 ml 0.1 n $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1)

w kierunku krótszych fal wykazują intensywniejszą absorpcję światła, a w kierunku dłuższych fal słabszą. Maksimum absorpcji przypada w zakresie widma niebiesko-fioletowego. Należy podkreślić, że wyniki te są zupełnie zgodne z danymi uzyskanymi wcześniej przez innych autorów dla KH pochodzących z różnych materiałów wyjściowych (różnych gleb, torfów i węgla, 19, 20, 28, 31).

Z kolei przedstawiając na osi współrzędnych x intensywność



Ryc. 2. Absorpcja światła przez ekstrakty wyjściowe substancji humusowych i kwasy huminowe z ekskrementów dżdżownic (KHE) i z gleby (KHG); ekstrakty wyjściowe wyrównane pod względem zawartości substancji humusowych; roztwory kwasów huminowych przygotowano rozpuszczając 24 mg KHE lub KHG w 100 ml 0.1 n $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1)

Absorption of light by initial extracts of the humus substances and by humic acids from excrements of earthworms (KHE) and from the soil (KHG); initial extracts have been equalized with regard to their content of humus substance; solutions of humic acids were prepared by diluting 24 mg of KHE or KHG in 100 ml of 0.1 n $\text{NaHCO}_3/\text{Na}_2\text{CO}_3$ (2:1)

absorpcji światła w postaci logarytmu z ekstynkcji ($\log K$) przy 665 mm, a na osi y wartości $\Delta \log K$ (patrz objaśnienia do tab. 2) otrzymano odwrócenie wartości stosunku. Na wykresie (ryc. 2) widać, że większa zdolność absorpcji światła przez KHE wyraża się zmniejszeniem nachylenia krzywej do osi przedstawiającej wartości $\Delta \log K$ ($\angle a < \angle b$). Punkty ilustrujące wartości $\log = K_{665}$ są bardziej oddalone od siebie, natomiast punkty odpowiadające wartościom $\Delta \log K$ są przybliżone do siebie. Podobną zależność dla kwasów huminowych różnego pochodzenia (z gleby i torfu) stwierdził K u m a d a (20). Jest rzeczą ciekawą i zastanawiającą, że wyjściowe ekstrakty substancji humusowych (tab. 2, ryc. 2) nie wykazują takiej zależności. Być może w ten sposób ujawnia się interferencyjne działanie różnych substancji towarzyszących związkom humusowym na zmianę wartości współczynników ekstynkcji.

3. Zawartość C i N w KHE i KHG

W tab. 4 podano średnie wartości C i N dla każdego składnika z 4 oznaczeń. Przytoczone wyniki wskazują, że poziom C i N jest wyższy w KHE niż w KHG. Także wartość stosunku C/N jest różna dla obu badanych KH.

Na marginesie należy dodać, że zawartość składników popielnych w badanych KH była niemal identyczna (0,78—0,84%).

Tab. 4. Zawartość C i N w kwasie huminowym z ekskrementów dżdżownic (KHE) i z gleby (KHG) w procentach do suchej masy
Content of C and N in humic acid from the excrements of earthworms (KHE) and from the soil (KHG), in percentage of dry mass

Rodzaj kwasu huminowego Kind of humic acid	C		N		C/N
	%	t° ($t^{0,05} \pm 2,45$)	%	t° ($t^{0,05} \pm 2,45$)	
KHE	71,79	3,05	4,89	6,76	14,7
KHG	68,59		3,74		18,3

DYSKUSJA

Spośród nowszych publikacji dotyczących badań własności optycznych kwasów huminowych na specjalną uwagę zasługują prace K o n o n o w e j i B i e l c z y k o w e j (19), W e l t e (31), S c h e f f e r a (28) oraz K u m a d a (20). Zdaniem cytowanych autorów intensywność barwy roztworów KH zależy między innymi od nasilenia karbonizacji wyjścio-

wych związków humusowych, które w procesie humifikacji ulegają stopniowemu ciemnieniu. W procesie tym obserwuje się przejście barw, począwszy od żółtej, poprzez czerwonobrazową, ciemnobrazową, aż do czarnobrazowej. Karbonizacja według K u m a d a (20) miałaby najintensywniej przebiegać w początkowym okresie humifikacji i dlatego wraz z rozwojem humifikacji barwa KH w tym okresie ulega szybkiej zmianie. Według K o n o n o w e j i B i e l c z y k o w e j (19) silniejszy stopień pochłaniania światła wykazują kwasy huminowe o bardziej złożonej budowie chemicznej.

Stwierdzone w niniejszej pracy wyższe wartości współczynników ekstynkcji dla KHE wykazują, że jest on optycznie gęstszy od KHG (ryc. 1). Fakt ten nasuwa przypuszczenie, że chemiczna budowa KHE jest bardziej złożona niż KHG. Z drugiej strony, uderzająco podobny do siebie kształt krzywych sugeruje bliskie powinowactwo budowy chemicznej obu badanych KH.

Z kolei otrzymane wyniki wskazują, że KHG jest uboższy w C i N, natomiast KHE przeciwnie, zawiera więcej tych składników. Te cechy, moim zdaniem, również sugerują, że budowa chemiczna KHE jest bardziej złożona niż KHG. Właściwość silniejszej absorpcji światła, jaką wykazuje KHE, jest niewątpliwie uzależniona od większego bogactwa grup chromoforowych i być może wyższego stopnia utlenienia.

Stosunkowo wyższa gęstość optyczna KHE w porównaniu z KHG pozostaje zatem w bezpośrednim związku z wyższym poziomem C, a przede wszystkim N (tab. 2).

Badania własności optycznych kwasów huminowych, pochodzących z różnych pod względem genetycznym gleb, pozwoliły S c h e f f e r o w i (28) wyróżnić na tej podstawie dwa rodzaje kwasów huminowych: pierwsze tworzące się z protein i polifenoli — szare KH, które charakteryzują się niskim współczynnikiem $Q_{4/6}$ (od 2,2 do 2,8) i drugie — brunatne KH o wysokich wartościach współczynników $Q_{4/6}$ (około 5). Te drugie KH, zdaniem S c h e f f e r a, tworzą się z węglowodanów. Ponieważ otrzymane wartości $Q_{4/6}$ (tab. 2) dla KHE i KHG są wyższe od 5, na tej podstawie można by je zakwalifikować do typu brunatnych KH.

Warto jednak zwrócić uwagę na to, że chociaż wartości współczynników ekstynkcji KHG są niższe od wartości współczynników ekstynkcji KHE, to jednak KHG wykazuje cechy wybitnie brunatnych KH, bowiem jego współczynnik barwny $Q_{4/6}$ jest wyższy od współczynnika barwnego $Q_{4/6}$ KHE. Podobieństwo KHE jest zatem bliższe szarym KH.

Z zestawień faktów podanych przez S c h e f f e r a (28) z danymi uzyskanymi w niniejszej pracy wynika, że intensywniejsze pochła-

nianie światła przez KHE zależy niewątpliwie od wyższej zawartości C i N. W związku z tym nasuwa się zasadnicze pytanie, z jakiego źródła pochodzi wyższa zawartość C i N w KHE? Istnieje tu kilka możliwych interpretacji.

1. Wyższy poziom C i N w KHE może pochodzić z zasobnych w te składniki metabolitów lub wydzielanych przez organy trawienne dżdżownic różnych substancji organicznych, które wchodzi łatwo w reakcję z kwasami huminowymi, znajdującymi się w treści pokarmowej, wzbogacając je w C i N. Być może w ten sposób N uwolniony podczas rozkładu związków białkowych w procesach trawiennych jest częściowo akumulowany w kwasie huminowym. Wydaje się, że tego rodzaju tłumaczenie nie pozostawałoby w sprzeczności z wynikami przytoczonych wyżej badań Scheffera (28), tym bardziej że Cohen i Lewis (2) wykazali obecność niebiałkowego N w wydalinach dżdżownic, który był wydzielany w postaci amoniaku razem z małymi ilościami mocznika i kwasu moczowego. Zwiększenie różnych form N w wydalinach dżdżownic wykazali ostatnio Needham (21) oraz Barley i Jennings (1), a także i ja to stwierdziłem (11). Możliwe jest zatem, że N uwalniany w procesie trawienia łatwo wnika do cząstek KH. Na razie są to jednak tylko przypuszczenia, brak jest bowiem na to bezpośredniego dowodu i dlatego kwestia ta wymaga osobnego wyjaśnienia przez zastosowanie N znaczonego w dostarczonym dżdżownikom pokarmie.

2. Dżdżownice wybiórczo pobierają pokarm zasobniejszy w C i N. Ten punkt widzenia byłby zgodny z badaniami Dungere (4, 5), który stwierdził, że w przewodzie pokarmowym niektórych zwierząt glebowych, odżywiających się liśćmi, następuje niewielkie zwiększenie lub zmniejszenie zawartości KH, w zależności od większego lub mniejszego procentu N w pokarmie.

Przytoczone w niniejszej pracy wyniki wykazują niezbicie, że ekstrakty dżdżownic różniły się od samej gleby zawartością składników mineralnych i organicznych oraz zawartością różnych frakcji humusu rozpuszczalnego (tab. 1). Wydaje się zatem prawdopodobne przypuszczenie, że na kształtowanie się odrębnych właściwości optycznych kwasów huminowych, otrzymanych z materiału przerobionego przez dżdżownice, miały niewątpliwie wpływ takie czynniki, jak materiał wyjściowy (gleba i resztki roślin) oraz różne warunki i procesy biogenezy, a przede wszystkim same dżdżownice. W ten sposób wyniki niniejszej pracy rzucają nieco jaśniejsze światło na kwestię udziału dżdżownic *A. caliginosa* Sav. w procesie humifikacji, a w związku z tym na zmiany, jakie pod ich wpływem dokonują się w składzie

chemicznym, biogenezie, a być może także w aktywności biologicznej substancji humusowych w glebie.

Czy badane KH powstały z protein i polifenoli lub węglowodanów oraz, czy KHE jest genetycznie młodszy od KHG, otrzymane wyniki nie dają na te pytania wiążącej odpowiedzi. Wysokie wartości barwnych współczynników $Q_{4/6}$ przemawiają bowiem dość przekonująco na korzyść węglowodanowego pochodzenia KHE, natomiast stosunkowo wysoki poziom N należałoby przypisać raczej przewodze komponentów białkowych.

Podsumowując wyniki badań nasuwa się następujący ogólny wniosek: nagromadzeniu różnych frakcji rozpuszczalnego humusu w materiale przerobionym przez dżdżownice towarzyszy wzrost gęstości optycznej oraz zawartości C i N w kwasie huminowym otrzymanym z tego materiału.

Wydaje się, że drugi wniosek, iż dżdżownice dzięki swej działalności życiowej mogą dokonywać niejako regeneracji substancji humusowych w glebie, nie powinien budzić specjalnych zastrzeżeń.

Na marginesie pragnę zaznaczyć, że brak odpowiedniej aparatury nie pozwolił mi dokonać analizy własności optycznych badanych KH w świetle ultrafioletowym i podczerwieni. W związku z tym zdaję sobie w pełni sprawę, że stosowana wizualna metoda oznaczania ekstynkcji w świetle widzialnym nie spełniła wyczerpująco zamierzonego celu, ze względu na jej subiektywność i ograniczone możliwości wykorzystania spektrum. Bardziej obiektywne wyniki można by uzyskać stosując spektrofotometr samoczynnie rejestrujący nasilenie absorpcji światła widzialnego, ultrafioletu i podczerwieni (np. spektrofotometru Beckmana). Zaplanowane tego rodzaju badania są w toku.

Pani Prof. Dr Annie Nowotny - Mieczyskiej składam podziękowanie za umożliwienie mi wykonania niniejszej pracy, zainteresowanie się jej przebiegiem oraz za cenne uwagi krytyczne.

WNIOSKI

1. Nagromadzeniu różnych frakcji rozpuszczalnego humusu w materiale przerobionym przez dżdżownice *A. caliginosa* S a v. towarzyszy wzrost gęstości optycznej oraz zawartości C i N w kwasie huminowym otrzymanym z tego materiału.

2. Analizowane ekskrementy dżdżownic *A. caliginosa* S a v. charakteryzowały się wyższą zawartością substancji organicznej, C i N, substancji humusowych oraz Ca wymiennego i niższą zawartością popiołu niż sama gleba (tab. 1).

3. Dżdżownice *A. caliginosa* S a v. przyczyniają się do podwyż-

szenia poziomu C i N w przerobionym i wydalonym przez nie materiale oraz w zawartym w nim kwasie huminowym.

4. Intensywniejszą zdolność absorpcji światła przez kwas huminowy (KHE) z ekskrementów dżdżownic *A. caliginosa* Sav. należy tłumaczyć bardziej złożoną budową chemiczną, wyższym poziomem C i N, niższym stopniem dojrzałości od kwasu huminowego z gleby (KHG). Pod względem genetycznym KHE był przypuszczalnie młodszy od KHG.

5. Prawdopodobnie dżdżownice *A. caliginosa* Sav. dzięki swej działalności życiowej mogą dokonywać niejako regeneracji substancji humusowych w samej glebie.

PISMIENNICTWO

1. Barley K. P., Jennings A. C.: Earthworms and Soil Fertility. III. The Influence of Earthworms on the Availability of Nitrogen. Austral. Agric. Res., 10, 3, 1959.
2. Cohen S., Lewis H. B.: The Nitrogen Metabolism of the Earthworm. J. Biol.-Chem., 180, 1949.
3. Delorez J., De Leenheer L.: Essai de la caractérisation de la matière organique dans différents types de sols de Belgique. VI-e Congrès Internat. Sc. Sol., B, II—36, Paris 1956.
4. Dunger W.: Über die Veränderung des Fallaubes im Darm von Bodentieren. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. u. Bodenkunde, 82, 2/3, 1958.
5. Dunger W.: Zu einigen Fragen der Leistung der Bodentiere bei der Umsetzung organischer Substanz. Zbl. Bakt., 113, 1960.
6. Evans L. T., Russel E. W.: The Absorption of Humic Acid and Fulvic Acid by Clays. J. Soil Sci., 10, 1, 1959.
7. Fisher R. A., Yates F.: Statistical Tables. Olives and Bayl, London 1957.
8. Freytag H. E.: Über die Verwendungsmöglichkeit des Pulfrich-Photometers in der Humusforschung zur Aufnahme typischer Farbkurven. Ztschr. f. Pfl.-ern. Düng. u. Bodenkunde, 64, 1954.
9. Frömel W.: Über Absorptionsspektren von Huminsäuren in Lösungen. Bodenkunde u. Pflanzenernährung, 6, 1/2, 1938.
10. Frömel W.: Über Absorptionsspektren von Huminsäuren. Bodenkunde u. Pflanzenernährung, 11, 1948.
11. Gawroński E.: Rozpuszczalne frakcje humusu ekskrementów dżdżownic *Allolobophora caliginosa* Sav. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, sectio C, vol. XV, 12, Lublin 1960.
12. Harada M.: Some Characteristics of the Humus in Soil Types. Part 1. Solubility of Humus. Soil and Plant Food, 1, 1, 1955.
13. Hock A.: Farbentiefen und Farbentonwerte als charakteristische Kennzeichen für Humusform und Humustyp nach neuen Verfahren. Bodenkunde u. Pflanzenernährung, 2 (47), 5 (50), 1936/37.
14. Janeković Gj., Resulović H., Sestić S.: Kolorimetrijsko određivanje humusa. Zemljište i biljka, 7, 1/3, 1958.

15. Kobo K.: Microbial Studies on the Humification Process. Part 1. Effects of Microbes on the Transformation of Soil Humus. Soil and Plant Food, 1, 1, 1955.
16. Kobo K., Takai Y.: Microbial Studies on the Humification Processes. Part 2. On the Aerobic Decomposition of the Fresh Plant Residue in the Case of Single Inoculation. Soil and Plant Food, 1, 1, 1955.
17. Kobo K., Tatsukawa R., Oba Y.: The Nitrogen Distribution of Soil Organic Matter and its Relation to the Type of Humus. VI-e Congrès Internat. Sc. Sol., v. B., II—12, Paris 1956.
18. Kobo K., Tatsukawa R.: On the Coloured Material of Fulvic Acid. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. u. Bodenkunde, 84, 1/3, 1959.
19. Kononowa M. M., Bielczykowa N. P.: Opyt charakteristiki prirody poczwicznych guminowych kislot s pomoszcziju spektrofotometrii. Dokł. Akad. Nauk, SSSR, 72, 1, 1950.
20. Kumada K.: Absorption Spectra of Humic Acid. Soil and Plant Food, 1, 1, 1955.
21. Needham A. E.: Components of Nitrogenous Excreta in the Earthworms *Lumbricus terrestris* L. and *Eisenia foetida* (Savigny). J. Exp. Biol., 34, 4, 1957.
22. Odén S.: Die Huminsäuren. Chemische, physikalische und bodenkundliche Forschungen. Kolloidchemische Beihefte, 11, 1919.
23. Okuda A., Hori S.: Identification of Aminoacid in Humic Acid. Soil and Plant Food, 1, 1, 1955.
24. Simon K.: Über die Herstellung von Humusextrakten mit neutralen Mitteln. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. u. Bodenkunde, 14, 4/5, 1929.
25. Simon K.: Über die Vermeidung alkalischer Wirkung bei Darstellung und Reinigung von Huminsäuren. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. u. Bodenkunde, A 18, 5/6, 1930.
26. Simon K.: Beiträge zur unterscheidenden Charakterisierung von Huminsäuren und Alkalilöslichen Ligninen. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. u. Bodenkunde, A 27, 129, 1932.
27. Simon K., Speichermann H.: Beiträge zur Humusuntersuchungsmethodik. Bodenkunde u. Pflanzenernährung, 8, 129, 1938.
28. Scheffer F.: Neuere Erkenntnisse in der Humusforschung. V-e Congrès Internat. Sc. Sol, Léopoldville, I, 1954.
29. Springer U.: Der heutige Stand der Humusuntersuchungsmethodik. Ztschr. Bodenkunde u. Pflanzenernährung, 6 (51), 5/6, 1938.
30. Trocmé E., Barbier G.: Propriétés colloïdales des acides humiques d'origine diverse. Annal. Agron., 3, 1947.
31. Welte E.: Über die Entstehung von Huminsäuren und Wege ihrer Reindarstellung. Ztschr. f. Pfl.-ern., Düng. u. Bodenkunde, 56 (101), 1/3, 1952.

РЕЗЮМЕ

Целью настоящей работы было изучение оптических свойств щелочных экстрактов перегнойного вещества и гуминовых веществ, полученных из ekskrementов дождевых червей *Allolobophora cali-*

ginosa S a v. а также из почвы, в которой они обитали. Кроме того с целью выяснения связи между оптическими свойствами и уровнем С и N в гуминовых кислотах определялось содержание С и N в этих препаратах гуминовых кислот.

Дополнением к этим исследованиям был анализ исходного материала (экскрементов и почвы) на содержание золы, органического вещества, обменного кальция, органического углерода и общего азота, а также анализ 5-ти различных фракций растворимого гумуса.

Полученные результаты позволяют сделать следующие заключения:

1. Накопление различных фракций растворимого гумуса в материале, переработанном дождевыми червями *A. caliginosa* S a v. сопровождается увеличением оптической плотности, а также содержания С и N гуминовой кислоты, полученной из этого материала.

2. Анализируемые экскременты дождевых червей *A. caliginosa* S a v. характеризовались более высоким содержанием органического вещества, С и N, гуминовых веществ, а также обменного кальция и более низким содержанием золы по сравнению с почвой (табл. 1).

3. Дождевые черви *A. caliginosa* S a v. обуславливают увеличение уровня С и N в переработанном и выделенном ими материале, а также в содержащейся в нем гуминовой кислоте.

4. Более высокая способность к поглощению света гуминовой кислотой из экскрементов дождевых червей (ГКЭ) *A. caliginosa* S a v. объясняется более сложным химическим строением, более высоким содержанием С и N, более низкой степенью зрелости по сравнению с гуминовой кислотой из почвы (ГКП).

В генетическом отношении ГКЭ видимо моложе по сравнению с ГКП.

5. Дождевые черви *A. caliginosa* S a v. вероятно благодаря своей жизненной деятельности могут производить регенерацию гумуса а почве.

S U M M A R Y

The purpose of the present work was to investigate by determination of alkaline extracts humus substances and humic acids obtained from the excrements of the earthworm *Allolobophora caliginosa* S a v. and from the soil in which the earthworms were living. To find a possible correlation between the optical properties and the C and N level in the humic acids, the content of C and N was also determined in the preparations of these acids.

The investigations were completed by analysing the materials (excrements and soil) with regard to the content of ashes, organic substance, exchangeable Ca, organic C, total N, and 5 different fractions of soluble humus.

The results obtained by the author make it possible to arrive at the following conclusions:

1. The accumulation of the different fractions of soluble humus in the material digested by the earthworm *A. caliginosa* Sav. is accompanied by an increase in the optimal density and in the C and N content in humic acid obtained from this material.

2. The analysed excrements of the earthworm *A. caliginosa* Sav. were characterized by a higher content of organic substance, C and N, humus substances and exchangeable Ca, and by a lower content of ashes than what was found for the soil alone (Table 1).

3. The earthworms *A. caliginosa* Sav. increase the C and N level in the digested and eliminated material and in humic acid contained there.

4. The increased ability to absorb light observed in the humic acid (KHE)* derived from the excrements of *A. caliginosa* Sav. can be explained by a more complex chemical structure, a higher C and N level and a degree of maturity lower than that of the humic acid of the soil (KHG). From the genetic point of view, KHE was probably younger than KHG.

5. It is possible that *A. caliginosa* Sav. can by its biological activity regenerate the humus substance in the soil.

* KHE — humic acid obtained from the excrements of earthworms, KHG — humic acid obtained from the soil.

BRANIS
LUBIN
1962

