

CHARAKTERYSTYKA I ZMIANY JAKOŚCIOWE MATERII ORGANICZNEJ GLEB W WYNIKU ZALEWU WODĄ W DOŚWIADCZENIU LIZYMETRYCZNYM

Marcin BECHER, Dorota KALEMBASA, Krzysztof PAKUŁA

Akademia Podlaska w Siedlcach, Katedra Gleboznawstwa i Chemii Rolniczej

Słowa kluczowe: doświadczenie lizymetryczne, frakcje glebowej materii organicznej

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań jakości materii organicznej poziomów próchnicznych mady i hortisolu (pobranymi z dolin rzecznych Muchawki i Liwca) oraz jej zmian pod wpływem zalewania gleb wodą w lizymetrach (na okres 10 i 25 dni). Frakcjonowanie materii organicznej przeprowadzono metodą Shnitzera. W pracy podano zawartość węgla i azotu we frakcjach kwasów huminowych i fulwowych (wyekstrahowane za pomocą roztworu NaOH) i w poekstrakcyjnej pozostałości oraz stosunek węgla kwasów huminowych do węgla kwasów fulwowych. Zmierzone absorbancje w zakresie światła widzialnego przez roztwór kwasów huminowych i obliczono stosunek absorbancji A_{465} do A_{665} ($A_{4/6}$). W obydwu glebach zalanych wodą istotnie zwiększyła się ilość węgla i azotu należącego do frakcji kwasów huminowych i fulwowych oraz zmniejszyła się ilość tych pierwiastków w poekstrakcyjnej pozostałości; nieznacznie wzrosła wartość stosunku węgla kwasów huminowych do węgla kwasów fulwowych oraz iloraz wartości $A_{4/6}$ kwasów huminowych. Zmiany dotyczyły głównie 10-dniowego okresu zalania gleb wodą.

WSTĘP

Większość funkcji jakie pełni gleba w agroekosystemach w decydującym stopniu zależy od ilości i jakości zawartej w niej materii organicznej, a zwłaszcza jej specyficznej części – próchnicy glebowej [STEVENSON, 1985; DZIADOWIEC, 1993]. Całkowite zalanie gleb wodą (np. w czasie powodzi), przez odcięcie dostępu tlenu, wywołuje ilościową i jako-

ściową zmianę mikroorganizmów glebowych oraz modyfikuje właściwości glebowej materii organicznej, także na skutek wymywania i sedymentacji materiału „ex situ” [HUMPHREY, PLUTH, 1996; PAUL, CLARK, 1996; DAVIDSSON, STAHL, 2000]. Nasilenie przemian redukcyjnych w glebie zależy od długości trwania warunków beztlenowych, w tym – okresu po odpływie wód do czasu pełnej aeracji gleby [KLUDZE, DELAUNE, 1995].

Celem badań była charakterystyka materii organicznej poziomu próchnicznego mady i hortisolu oraz prześledzenie jej zmian pod wpływem krótko- (10 dni) i długotrwałego (25 dni) zalania gleb wodą w lizymetrach.

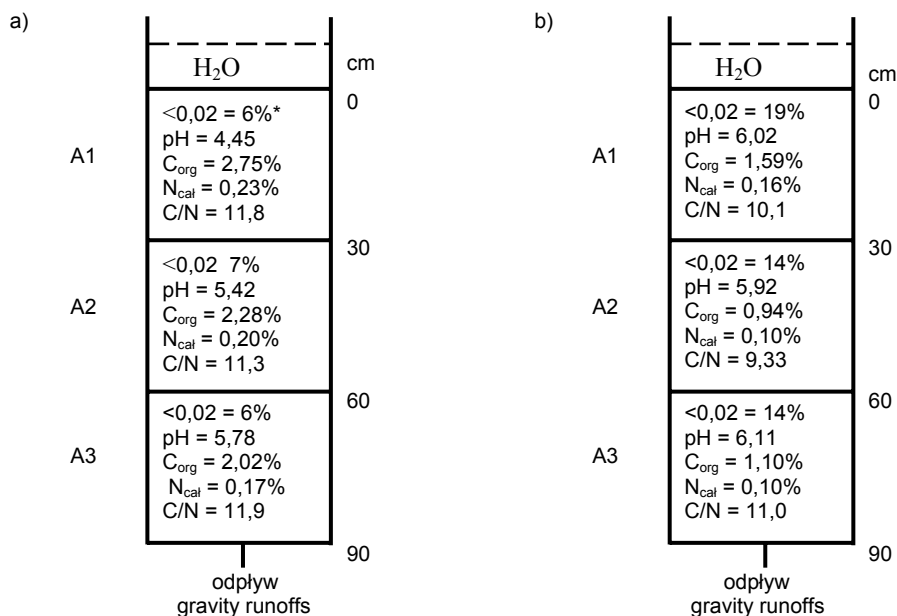
MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał glebowy z poziomów próchnicznych dwóch typów gleb: mady próchnicznej z tarasu zalewowego rzeki Muchawka (Sekuła koło Siedlec) i hortisolu z tarasu zalewowego rzeki Liwiec (Chodów koło Siedlec), umieszczono w lizymetrach (średnica 18 cm, wysokość 100 cm), w temperaturze pokojowej. Obydwie gleby charakteryzowały się dobrze wykształconym (o miąższości do 100 cm) poziomem próchnicznym, genetycznie związanym z akumulacyjnym wpływem rzeki i rozwojem roślinności w warunkach dużego uwilgotnienia (mada próchniczna) oraz intensywnym użytkowaniem ogrodniczo-kwiaciarskim (hortisol). Podstawowe właściwości gleb badano metodami powszechnie stosowanymi w laboratoriach gleboznawczych [MOCEK, DRZYMAŁA, MASZER, 2000].

Umieszczony w lizymetrach materiał glebowy (z 3 podpoziomów poziomu próchnicznego: A1, A2, A3), doprowadzono do stanu możliwie najbardziej zbliżonego do naturalnego (wg gęstości objętościowej, obliczonej na podstawie masy zagęszczanego przez ugniatanie materiału glebowego oraz objętości wypełnionego lizymetru). Wypełnione lizymetry całkowicie zalewano wodą dejonizowaną (do pełnej pojemności wodnej gleby, 5 cm powyżej poziomu materiału glebowego) na okres 10 i 25 dni (rys. 1). Przed zalaniem (termin 0, przed założeniem doświadczenia) i po wyznaczonych okresach zalewu (po swobodnym odpływie wody grawitacyjnej), z pobranych próbek glebowych, za pomocą 0,1 mol $\text{NaOH}\cdot\text{dm}^{-3}$, wydzielono substancje humusowe [DZIADOWIEC, GONET, 1999]. W otrzymanych roztworach substancji humusowych i kwasów fulwowych (po strąceniu kwasów huminowych) oznaczono:

- zawartość węgla organicznego, metodą oksydacyjno-miareczkową [KALEMBASA, 1991], z wyróżnieniem następujących frakcji: $C_{\text{kf}+\text{kh}}$ – węgiel wydzielony NaOH , C_{kf} – węgiel frakcji kwasów fulwowych, C_{kh} – węgiel frakcji kwasów huminowych (obliczony z różnicy: $C_{\text{kh}} = C_{\text{kf}+\text{kh}} - C_{\text{kf}}$), C_{poz} – ilość węgla pozostająca w glebie po ekstrakcji (obliczona z różnicy: $C_{\text{poz}} = C_{\text{org}} - C_{\text{kf}+\text{kh}}$);
- zawartość azotu, metodą Kjeldahla [KALEMBASA, 1995], z wyróżnieniem analogicznych frakcji ($N_{\text{kh}+\text{kf}}$, N_{kf} , N_{kh} , N_{poz}), jak w przypadku węgla.

W roztworze kwasów huminowych (2 mg kwasów na 10 cm^3 roztworu 0,05 mol $\text{NaHCO}_3\cdot\text{dm}^{-3}$) zmierzono absorbancję światła przy długości fali 465 i 665 (na spektrofotometrze Spekol 11) oraz obliczono iloraz barwy ($A_{4/6}$). Przed rozpuszczeniem kwasy huminowe oczyszczono metodą Shnitsera i przechowywano w ekzykatorze nad P_2O_5 .



Rys. 1. Schemat doświadczenia lizymetrycznego i wybrane właściwości badanych gleb;
a – mada, b – hortisol, * – frakcja granulometryczna $\varnothing < 0,02$ mm

Fig. 1. Scheme of lysimetric experiment and some properties of investigated soils;
a – Fluvisol; b – Hortic Anthrosol; * – grain size fraction $\varnothing < 0.02$ mm

W celu wykazania wpływu typu gleby oraz okresu zalewu gleb wodą na udział węgla i azotu w wyróżnionych frakcjach i na $A_{4/6}$, przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji. Istotność różnic między średnimi sprawdzono testem Tukeya.

WYNIKI I DYSKUSJA

Gleby użyte do badań różniły się udziałem węgla w wyróżnionych frakcjach materii organicznej (tab. 1, czas zalewu 0). Z mady próchnicznej wydzielono istotnie więcej węgla substancji humusowych ($C_{kf} + C_{kh}$) niż z hortisolu. Świadczyć to może o większym udziale w tej glebie wolnych substancji humusowych i związanych z bezkrzemianowymi formami R_2O_3 , a pośrednio także o większym stopniu humifikacji materii organicznej tej gleby [TURSKI, 1988; KALEMBASA, BECHER, 2006]. Istotnie mniejsza ilość węgla przechodząca do ekstrahenta z hortisolu mogła być spowodowana większym stopniem powiązania substancji humusowych z mineralnymi częściami tej gleby (związki kompleksowe i wewnątrzkompleksowe (chelaty) oraz argilaty – adsorpcyjne połączenia organiczno-mineralne) [DZIADOWIEC, 1993; STEVENSON, 1985]. Wskazywać na to może mniejsze zakwaszenie tej gleby i większa zawartość frakcji granulometrycznej o średnicy $< 0,02$ mm (rys. 1).

Mada próchniczna charakteryzowała się istotnie większym udziałem węgla frakcji kwasów fulwowych (C_{kf}) niż kwasów huminowych (C_{kh}). Konsekwencją tego były małe

Tabela 1. Udział węgla w wyróżnionych frakcjach glebowej materii organicznej (% C frakcji w C_{org} gleby), stosunek węgla kwasów huminowych do fulwowych oraz iloraz barwy kwasów huminowych (wartości średnie z 3 podpoziomów)

Table 1. Percentage share of carbon from particular fractions in the total soil organic matter content, $C_{kh} : C_{kf}$ ratio and the $A_{4/6}$ ratio of humic acids (mean values for 3 horizons)

Gleba Soil	Czas zalewu, dni Flooding time, days	C wydzielony 0,1 mol NaOH·dm ⁻³ C in 0.1 M NaOH			C_{poz}	$C_{kh} : C_{kf}$	$A_{4/6}$
		$C_{kf} + C_{kh}$	C_{kf}	C_{kh}			
		Mada	0	46,31			
Fluvisol	10	57,69	42,50	15,19	42,31	0,36	5,57
	25	58,78	43,34	15,44	41,22	0,36	5,81
Hortisol	0	24,21	9,85	14,36	75,79	1,46	5,08
Hortic Anthrosol	10	28,78	10,63	18,15	71,22	1,71	5,35
	25	30,06	11,40	18,66	69,94	1,64	5,43
Istotność wpływu Significance of the effect	typu gleby type of soil	**	**	**	**	**	*
	czasu zalewu (10 dni) time of flooding (10 days)	**	**	**	**	*	**
	czasu zalewu (25 dni) time of flooding (25 days)	**	**	**	**	*	**
	między 10- i 25-dniowym zalewem between 10 and 25 days of flooding	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	*

Objaśnienia: C_{kf} – węgiel frakcji kwasów fulwowych, C_{kh} – węgiel frakcji kwasów huminowych, C_{poz} – węgiel pozostający w glebie po ekstrakcji roztworami alkalicznymi, $A_{4/6}$ – iloraz absorbancji przy długości 465 i 665 nm, * – istotne przy $\alpha = 0,05$; ** – wysoko istotne przy $\alpha = 0,01$; n.i. – nieistotne.

Explanations: C_{kf} – carbon in fulvic acids fraction, C_{kh} – carbon in humic acids fraction, C_{poz} – residual carbon after alkaline extraction, $A_{4/6}$ – the ratio of absorbance at 465 nm to absorbance at 665 nm, * – significant at $\alpha = 0.05$; ** – highly significant at $\alpha = 0.01$; n.i. – not significant.

(poniżej 1) wartości stosunku $C_{kh}:C_{kf}$ w tej glebie. W hortisolu istotnie większe i korzystniejsze (dla gleb użytkowanych rolniczo) wartości tego stosunku mogły być spowodowane (w znacznym stopniu) wysoką kulturą rolną, związaną z intensywnym użytkowaniem (nażenie organiczne i mineralne) [DZIAMSKI, 2003; DĘBSKA, 2003].

Powszechnie uznaje się, iż węgiel pozostający w glebie po ekstrakcji roztworami alkalicznymi (C_{poz}) może wchodzić w skład humin bądź nieszumifikowanej materii organicznej [TURSKI, 1988; KALEMBASA, BECHER, 2006]. W badanych glebach znacznie mniej węgla po ekstrakcji pozostało w próbkach mady próchnicznej niż hortisolu.

Po 10 i 25 dniach zalewu w obydwu glebach stwierdzono istotnie więcej węgla należącego do kwasów fulwowych i huminowych, mniej w poekstrakcyjnej pozostałości oraz istotnie większe wartości stosunków węgla kwasów huminowych do węgla kwasów fulwowych. Różnice między 10- i 25-dniowym okresem zalewu wodą okazały się statystycznie nieistotne.

Wartości ilorazu absorbancji przy długości fali 465 i 665 nm ($A_{4/6}$) powyżej pięciu mogą wskazywać, iż kwasy huminowe tych gleb charakteryzowały się raczej niskim stopniem kondensacji centrów aromatycznych, a w ich budowie przeważały struktury alifatyczne nad cyklicznymi [CHEN, SENESI, SCHNITZER, 1977]. Zalanie gleby wodą mogło wpłynąć na właściwości kwasów huminowych, na co wskazują nieco wyższe (istotnie) wartości $A_{4/6}$ po 10- i 25-dniowym okresie zalewu. Analiza statystyczna wykazała istotne różnice wartości $A_{4/6}$ także między 10- i 25-dniowym zalaniem gleb wodą.

Stwierdzono zróżnicowany udział azotu w wydzielonych frakcjach materii organicznej z analizowanych gleb (tab. 2). Znacznie więcej azotu wydzielonego wodorotlenkiem sodu ($N_{kf} + N_{kh}$) stwierdzono w madzie niż w hortisolu. W madzie stwierdzono także większy udział azotu we frakcji kwasów huminowych (N_{kh}) niż fulwowych (N_{kf}). Pod wpływem zalewu obu badanych gleb wodą stwierdzono statystycznie istotne zwiększenie udziału azotu w omawianych frakcjach. W hortisolu zwiększył się udział N_{kf} nieco wyraźniej po 10 niż po 25 dniach zalewu. Udział azotu kwasów huminowych (N_{kh}) w tej glebie był mniej zróżnicowany; po 25 dniach zalewu gleb wodą zanotowano niewielkie zmniejszenie. Podobnie jak w przypadku węgla nie stwierdzono statystycznie istotnych różnic między 10- i 25-dniowym okresem zalewu gleb wodą. W porównaniu z węglem różnice w dystrybucji azotu w wyróżnionych frakcjach materii organicznej między glebami były nieco mniejsze. DROZD [1986] z gleb murszowych oraz KALEMBASA i BECHER [2006] z poziomów mineralnych gleb bielicoziemnych wydzielili (w 0,1 M NaOH·dm⁻³) więcej niż połowę zasobów azotu gleby, przy zróżnicowanym udziale tego pierwiastka we frakcji kwasów huminowych i fulwowych. W wydzielonych frakcjach próchnicy DĘBSKA [2004] oraz KALEMBASA i BECHER [2006] zanotowali istotne związki korelacyjne między zawartością w nich węgla i azotu. Potwierdzeniem zmian jakości materii organicznej po zalaniu badanych gleb wodą był stosunek C:N, obliczony dla wydzielonych frakcji ($C_{kh+kf} \cdot N_{kh+kf}$). Węższy stosunek zanotowano w przypadku hortisolu, co sugeruje większą podatność materii organicznej tej gleby na mineralizację.

Uzyskane w warunkach laboratoryjnych wyniki badań wskazują na możliwy kierunek transformacji materii organicznej w warunkach naturalnych pod wpływem stresu tlenowego, wywołanego całkowitym zalaniem gleb mineralnych wodą (np. podczas powodzi). W przeprowadzonym doświadczeniu lizymetrycznym najbardziej dynamiczne zmiany udziału węgla i azotu w wyróżnionych frakcjach materii organicznej oraz wartości $A_{4/6}$ za-

Tabela 2. Zawartość azotu (% N frakcji w $N_{\text{cał}}$ gleby) w wyróżnionych frakcjach glebowej materii organicznej oraz stosunek C:N w ekstrakcie alkalicznym (wartości średnie z 3 poziomów)

Table 2. Percentage share of nitrogen from particular fractions in the total soil N content and the C:N ratio in NaOH extract (mean values for 3 horizons)

Gleba Soil	Czas zalewu, dni Flooding time, days	N wydzielony 0,1 mol NaOH·dm ⁻³ N in 0.1 M NaOH			N _{poz}	C _{kh+kf} : N _{kh+kf}
		N _{kf} + N _{kh}	N _{kf}	N _{kh}		
Mada	0	45,40	17,83	27,56	54,60	11,82
Fluvisol	10	57,75	21,93	35,82	42,25	11,33
	25	66,14	22,68	43,46	33,86	11,34
Hortisol	0	36,41	18,15	18,26	63,59	6,57
Hortic Anthrosol	10	41,58	23,00	18,58	58,42	9,63
	25	39,03	21,94	17,09	60,97	8,49
Istotność wpływu Significance of the effect	typu gleby type of soil	**	*	**	**	**
	czasu zalewu (10 dni) time of flooding (10 days)	**	**	**	**	*
	czasu zalewu (25 dni) time of flooding (25 days)	**	**	**	**	*
	między 10 i 25 dniowym zalewem between 10 and 25 days of flooding	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.

Objaśnienia: N_{kf} – azot frakcji kwasów fulwowych, N_{kh} – azot frakcji kwasów huminowych, N_{poz} – azot pozostający w glebie po ekstrakcji roztworami alkalicznymi, pozostałe objaśnienia jak pod tabelą 1.

Explanations: N_{kf} – nitrogen from fulvic acids fraction, N_{kh} – nitrogen in humic acids fraction, N_{poz} – residual N remaining after alkaline extraction, other explanations as in Tab. 1.

chodziły podczas 10-dniowego okresu zalewu gleb wodą. Między 10- i 25-dniowym okresem nie zaobserwowano dużych różnic, a raczej „utrwalenie” zmian zachodzących w okresie 10-dniowym.

WNIOSKI

1. Zalanie warstwą wody o dużej miąższości poziomów próchnicznych mady i hortisolu w doświadczeniu lizymetrycznym zróżnicowało zawartość frakcji węgla i azotu, stosunki ich ilości oraz iloraz $A_{4/6}$, w porównaniu z obiektami wyjściowymi.

2. Największe (istotne) zmiany stwierdzono po 10-dniowym zalaniu wodą obydwu badanych gleb – zwiększyła się w nich zawartość C_{kf} (zwłaszcza w madzie) i C_{kh} , nieco rozszerzył się stosunek $C_{kh} : C_{kf}$ oraz iloraz $A_{4/6}$; zwiększyła się zawartość N_{kf} i przeważnie N_{kh} (zwłaszcza w madzie).

3. Doświadczenie lizymetryczne przeprowadzone w laboratorium sugeruje podobny kierunek transformacji materii organicznej w warunkach naturalnych, na skutek nagłego wystąpienia warunków beztlenowych w glebach mineralnych najczęściej dobrze natlenionych.

LITERATURA

- CHEN Y., SENESI N., SCHNITZER M., 1977. Information provided on humic substances by $E_{4/6}$ rations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 41 s. 352–358.
- DAVIDSSON T.E., STAHL M., 2000. The influence of organic carbon on nitrogen transformations in five wetland soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64 s. 1129–1136.
- DĘBSKA B., 2003. Rola resztek roślinnych w kształtowaniu żyzności gleb. W: *Substancje humusowe w glebach i nawozach*. Pr. zbior. Red. B. Dębska, S. Gonet. Wrocław: PTSH s. 105–120.
- DĘBSKA B., 2004. Właściwości substancji humusowych gleby nawożonej gnojowicą. *Rozpr. ATR Bydg.* nr 110 ss. 112.
- DROZD J., 1986. Zmiany zawartości azotu w związkach próchnicznych gleb murszowych wytworzonych w różnych warunkach hydrologicznych. *Rocz. Gleb.* 37 s. 195–203.
- DZIADOWIEC H., 1993. Ekologiczna rola próchnicy glebowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* z. 411 s. 269–282.
- DZIADOWIEC H., GONET S.S., 1999. Przewodnik metodyczny do badań materii organicznej gleb. *Pr. Kom. Nauk. PTG* nr 120 ss. 65.
- DZIAMSKI A., 2003. Wpływ nawożenia organicznego na zawartość i jakość próchnicy gleb. W: *Substancje humusowe w glebach i nawozach*. Pr. zbior. Red. B. Dębska, S. Gonet. Wrocław: PTSH s. 127–140.
- HUMPHREY W. D., PLUTH D., 1996. Net mineralization in natural and drained fen peatlands in Alberta. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60 s. 932–940.
- KALEMBASA D., BECHER M., 2006. Węgiel i azot w wydzielonych frakcjach materii organicznej leśnych gleb rdzawych i bielcowych Niziny Południowopodlaskiej. *Rocz. Gleb.* 57 3/4 s. 44–54.
- KALEMBASA S., 1991. Quick method of determination of organic carbon in soil. *Pol. J. Soil Sci.* 24/1 s. 17–22.
- KALEMBASA S., 1995. Zastosowanie izotopów ^{15}N i ^{13}N w badaniach gleboznawczych i chemiczno-rolniczych. Warszawa: WNT ss. 255.

- KLUDZE H.K., DELAUNE R.D., 1995. Gaseous exchange and wetland plant response to soil redox intensity and capacity. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59 s. 939–945.
- MOCEK A., DRZYMAŁA S., MASZNER P., 2000. *Geneza, analiza i klasyfikacja gleb*. Poznań: Wydaw. AR ss. 416.
- PAUL E.A., CLARK F.E., 1996. *Soil microbiology and biochemistry*. San Diego: Acad. Inc. ss. 340.
- STEVENSON F.J., 1985. *Geochemistry of soil humic substances*. W: *Humic substances in soil, sediment and water*. New York: John Wiley and Sons s. 13–53.
- TURSKI R., 1988. *Charakterystyka związków próchnicznych w glebach Polski*. Warszawa: PWN ss. 69.

Marcin BECHER, Dorota KALEMBASA, Krzysztof PAKUŁA

THE PROPERTIES AND QUALITATIVE CHANGES OF SOIL ORGANIC MATTER AFTER FLOODING IN A LYSIMETRIC EXPERIMENT

Key words: lysimetric experiment, soil organic matter fractions

S u m m a r y

This paper presents results of soil organic matter analyses of Fluvisol and Hortic Anthrosol humic horizons from the Muchawka and Liwiec river valleys flooded in lysimeters for 10 and 25 days. Organic matter was fractionated with the Shnitzer method. The content of carbon and nitrogen in humic acids, fulvic acids, and residual fraction and the ratio of humic to fulvic acids are given in this paper. Visible light absorbance by humic acids was measured spectrophotometrically and the ratio of A_{465} to A_{665} ($A_{4/6}$) was calculated. Carbon and nitrogen content in humic and fulvic acid fractions significantly increased in both soils after flooding. The content of the two elements decreased in post-extraction residuals. The ratio of humic to fulvic acids carbon slightly increased as did the $A_{4/6}$ ratio of humic acids. These changes pertained mainly to the 10-days long flooding period.

Recenzenci:

prof. dr hab. Jerzy Drozd

prof. dr hab. Barbara Sapek

Praca wpłynęła do Redakcji 28.01.2008 r.