

ZYGMENT BROGOWSKI, JÓZEF CHOJNICKI

Rozmieszczenie materii organicznej i azotu we frakcjach granulometrycznych poziomów genetycznych gleby brunatnej wyługowanej Lasu Kabackiego

Distribution of organic matter and nitrogen in the particle size fractions of genetic horizons in Dystric Cambisols in the Kabacki Forest

ABSTRACT

Brogowski Z., Chojnicki J. 2013. Rozmieszczenie materii organicznej i azotu we frakcjach granulometrycznych poziomów genetycznych gleby brunatnej wyługowanej Lasu Kabackiego. Sylwan 157 (6): 470-480.

Organic matter and nitrogen content was analysed in genetic horizons of Dystric Cambisols in the Kabacki Forest (Warsaw, central Poland). Particle size fractions in investigated soil indicated the following contribution in binding of organic matter: 0.1-0.02 mm – 7.6%, 0.02-0.01 mm – 13.2%, 0.01-0.005 mm – 18.8%, 0.005-0.002 mm – 21.9% and <0.002 mm – 37.8%. Sand fractions with 1-0.1 mm particles accumulate only 0.7% of the total organic matter content. Nitrogen showed similar distribution among the particular fractions. Horizons A and ABbr to the depth of 25 cm accumulate 75.8% organic matter, horizons located at the depth of 25-100 cm - 14.6%, whereas the parent rock lying at 100-125 cm on poorly permeable glacial till gathers 9.9% of the total organic matter accumulated in the entire profile. The leaching pedogenetic process and the particle size diameter significantly influenced the translocation of organic matter and nitrogen in the studied soil profile.

KEY WORDS

soil organic matter, nitrogen, granulometric fractions

ADDRESSES

Zygmunt Brogowski
Józef Chojnicki – e-mail: jozef_chojnicki@sggw.pl

Katedra Nauk o Środowisku Glebowym; SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159/37;
02-776 Warszawa

Wstęp

Zainteresowanie gleboznawców występowaniem i przemianami związków węgla i azotu w glebach wynika z dwóch powodów. Po pierwsze, materia organiczna ma istotny wpływ na żyzność gleb (szczególnie tych wytworzonych z piasków), natomiast azot jest dla roślin bardzo ważnym makroskładnikiem [Brożek 2007]. Po drugie, związki azotu podlegające dynamicznym przemianom i mobilności w środowisku glebowym [Michalzik, Matzner 1999] mogą oddziaływać negatywnie na środowisko, powodując między innymi nadmierną ich akumulację w roślinach oraz eutrofizację wód gruntowych i powierzchniowych [Kiepas-Kokot, Łysko 2011]. Z tych względów Komisja Europejska postuluje śledzenie zmian ilościowych i jakościowych materii organicznej w czasie i poszukiwanie przyczyn zmniejszania się jej zawartości w glebach krajów europejskich [Robert i in. 2004]. W ostatnich latach w krajach zachodniej Europy przeprowadzono wiele badań, dotyczących zawartości humusu zarówno w glebach jako całości, jak i w ich frakcjach granulometrycznych [Tiessen i in. 1984; Christensen 1985; Gregoricz i in. 1989; Christensen,

Olsen 1992; Guggenberger i in. 1994, 1995]. Również w polskiej literaturze ukazało się wiele prac na temat dystrybucji związków humusowych w poszczególnych frakcjach granulometrycznych [Czerwński 1963; Gedroic 1965; Sytek 1972, 1973; Brogowski i in. 1974, 1983, 1985, 1992; Brogowski, Kusińska 1975; Terelak 1987; Raczuk 1992; Okołowicz, Brogowski 1996; Brogowski, Okołowicz 2008; Brogowski, Chojnicki 2011].

Celem niniejszej pracy było zbadanie rozmieszczenia materii organicznej i azotu we frakcjach granulometrycznych, wydzielonych z poziomów genetycznych gleby brunatnej wylugowanej z obszaru Lasu Kabackiego oraz określenie mobilności związków węgla i azotu w profilu badanej gleby.

Materiał i metody

Prezentowane badania są kontynuacją wcześniejszych studiów prowadzonych w Lesie Kabackim przez gleboznawców i leśników ze Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie [Brogowski i in. 2003].

Wybrany do badań profil gleby brunatnej wylugowanej zlokalizowany był we wschodniej części Lasu Kabackiego. Był to reprezentatywny profil dla gleb objętych procesem brunatnienia, które podlegają procesowi ługowania oraz porośnięte są zespołem *Tilio-Carpinetum typicum*. Badaniami objęto ten typ gleb, ponieważ pokrywają one znaczną część tego kompleksu leśnego [Brogowski i in. 2003]. Ze względu na bardzo dużą pracochłonność analiz – szczególnie wydzielania frakcji granulometrycznych – badania przeprowadzono tylko w jednym profilu. Badany profil zbudowany jest z trzech różniących się petrograficznie warstw. Warstwa od 6 do 50 cm, w której występują poziomy A i Bbr, zbudowana jest z utworu eolicznego z dużym udziałem ziaren o średnicy od 0,1 do 0,02 mm (tab. 1). Od 50 do 130 cm występuje piasek fluwiogłacjalny luźny, a poniżej 130 cm glina zwałowa lekka z oznakami oglejenia.

Frakcje granulometryczne wydzielano metodą Atterberga [Soil... 1992] bez dodatku związku peptyzującego, natomiast równolegle wykonano analizę uziarnienia gleby z dodatkiem peptyzatora, aby upewnić się, czy w pełni zostały wydzielone poszczególne frakcje. Glebę gotowano w wodzie destylowanej i przed przeniesieniem do cylindra mieszano elektrycznym mieszadłem wirnikowym. Po każdym odsyfonowaniu frakcji ilastej (<0,002 mm średnicy ziaren), glebę ponownie gotowano i mieszano mieszadłem. Operację tę powtarzano tak długo, aż wydzielono całkowicie frakcję ilastą. Każdą frakcję wydzielano do pełnej jej zawartości w glebie. Wydzielenie frakcji w badanym profilu glebowym trwało 7 tygodni. Frakcje suszono w parownicach na łaźni wodnej i dosuszano w suszarce w temperaturze 80-90°C, a następnie ważono i porównywano ich zawartość z zawartością oznaczoną z dodatkiem peptyzatora. Uziarnienie zostało obliczone z ilości wydzielonych frakcji granulometrycznych po ich wysuszeniu i zważeniu.

Zawartość próchnicy w poszczególnych frakcjach i w glebie oznaczono metodą Tiurina, azot całkowity – metodą Kiejdahla, a pH – metoda elektrometryczną. Gęstość objętościową poszczególnych frakcji granulometrycznych, niezbędną do obliczenia bilansu materii organicznej i azotu we frakcjach, oznaczono metodą nasypową.

Wyniki

Frakcja <0,002 mm występuje w badanej glebie w niewielkiej ilości, a jej zawartość zmniejsza się w głąb profilu od 4,1% w poziomie A do 0,6% w najgłębszej warstwie skały macierzystej (tab. 1). Wagowo stanowi ona 25,7 kg/m². Zawartość materii organicznej w tej frakcji jest bardzo duża do 25 cm głębokości, zmniejsza się poniżej oraz wyraźnie zwiększa w najgłębszej warstwie skały macierzystej (tab. 2, ryc. 1). Takie rozmieszczenie materii organicznej spowodowane jest procesem

Tabela 1.

Skład granulometryczny [%] oraz pH analizowanej gleby
Granulometric composition and pH of soil

Poziom [cm]	Średnica frakcji [mm]										pH	
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002	H ₂ O	KCl	
A 6-10	9,1	32,0	23,2	9,5	11,8	5,8	2,7	1,8	4,1	3,9	3,5	
ABbr 10-25	10,7	36,8	22,3	8,3	12,0	3,6	1,8	1,6	2,9	4,1	3,7	
Bbr 25-50	8,7	42,9	20,5	6,1	12,5	4,2	1,8	1,5	1,8	4,4	3,9	
BbrC 50-75	7,5	59,5	24,2	2,6	1,6	0,8	0,4	0,6	2,8	4,5	4,0	
C 75-100	16,7	62,4	18,5	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3	1,3	4,6	4,2	
C 100-125	5,3	48,4	44,2	0,9	0,2	0,2	0,1	0,1	0,6	4,8	4,4	

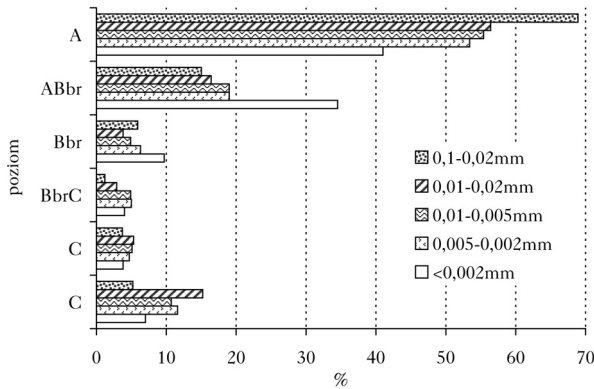
Tabela 2.

Zawartość [%] materii organicznej we frakcjach granulometrycznych i całkowitej masie gleby
Organic matter content [%] in granulometric fractions and in total mass of soil

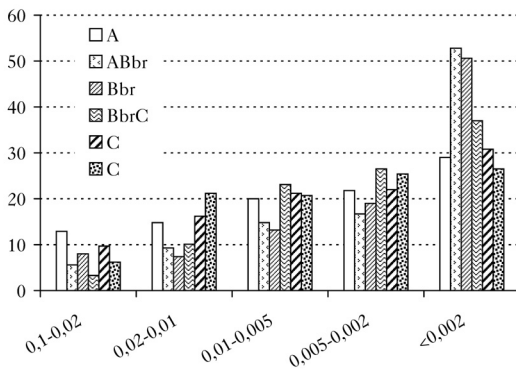
Poziom [cm]	Średnica frakcji [mm]										Suma		W glebie
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002				
A 6-10	0,16	0,10	0,74	3,91	5,30	10,57	14,27	15,52	20,70	71,27	3,34		
ABbr 10-25	0,03	ślad.	0,22	1,20	0,66	3,07	4,88	5,52	17,42	33,00	1,12		
Bbr 25-50	0,07	ślad.	0,10	0,36	0,41	0,71	1,27	1,83	4,87	9,62	0,28		
BbrC 50-75	ślad.	ślad.	ślad.	0,02	0,16	0,55	1,26	1,45	2,02	5,46	0,05		
C 75-100	ślad.	ślad.	ślad.	ślad.	0,60	1,00	1,31	1,36	1,90	6,17	0,03		
C 100-125	ślad.	ślad.	ślad.	ślad.	0,83	2,83	2,76	3,38	3,53	13,33	0,05		
Średnio 6-125	0,04	0,02	0,18	0,91	1,33	3,12	4,29	4,84	8,40	23,14	0,81		

ślad. – ilości śladowe; trace amounts

ługowania. Łatwo rozpuszczalne w wodzie kwasy fulwowe migrują i ulegają akumulacji w dolnej warstwie skały macierzystej, bezpośrednio zalegającej na trudno przepuszczalnej glinie. Główna masa materii organicznej występuje w powierzchniowych poziomach A i ABbr (75,5%), a pozostała część w głębszych poziomach do głębokości 125 cm (ryc. 1). Szereg malejącego udziału procentowego poszczególnych poziomów genetycznych w magazynowaniu materii organicznej jest następujący: A > ABbr > Bbr > C głębsza > BbrC > C płytsza (odpowiednio: 41,0 > 34,5 > 9,7 > 7,1 > 4,0 > 3,7% udziału). Natomiast biorąc pod uwagę całkowity zapas materii organicznej w badanym profilu, na frakcję ilastą przypada średnio 37,8%, przy wahaniami w poszczególnych poziomach od 26,5% w najgłębszej warstwie skały do 52,8% w poziomie ABbr (ryc. 2). Frakcja ilasta, mimo niewielkiej ilości, gromadzi 1,84 kg/m² materii organicznej do głębokości 125 cm (tab. 4). Rozmieszczenie zawartości całkowitego azotu we frakcji ilastej poziomów genetycznych badanej gleby jest podobne jak materii organicznej (tab. 3, ryc. 3). Największe nagromadzenie występuje do 25 cm głębokości i poniżej 100 cm (tab. 3). Omawiana frakcja odpowiada za akumulację średnio 36,6% azotu, przy wahaniami w poszczególnych poziomach genetycznych od 21,0 do 49,5% (ryc. 4). Frakcja ta odpowiada za akumulację średnio 108,1 g/m² azotu w profilu badanej gleby do głębokości 125 cm (tab. 5). Wartość C/N w tej frakcji waha się w poszczególnych poziomach genetycznych od 4,2 do 16,5 (tab. 5). Jego wartość zmniejsza się w głąb profilu, co może być spowodowane pionowym przemieszczaniem kwasów fulwowych w procesie ługowania, które są znacznie zasobniejsze w azot w porównaniu do niemobilnych kwasów huminowych, pozostających w górnej części profilu.



Ryc. 1. Udział [%] poziomów genetycznych w akumulacji materii organicznej przez określone frakcje
Contribution [%] of genetic horizons in accumulation of organic matter in individual fractions



Ryc. 2. Udział [%] poszczególnych frakcji granulometrycznych w akumulacji materii organicznej w glebie
Contribution [%] of granulometric fractions in accumulation of organic matter in soil

Tabela 3.

Zawartość [%] azotu we frakcjach granulometrycznych i całkowitej masie gleby
Nitrogen content [%] in granulometric fractions and total mass of soil

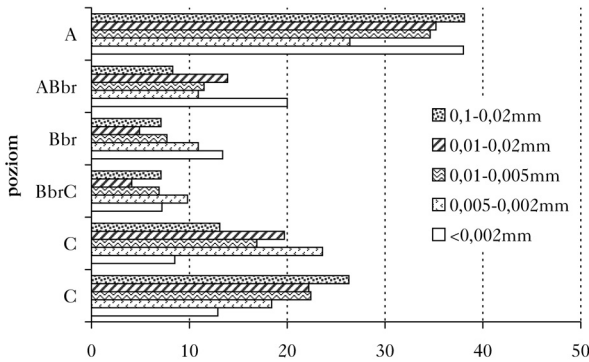
Poziom [cm]	Średnica frakcji [mm]											Suma	W glebie
	1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002				
A	6-10	śląd.	śląd.	0,03	0,14	0,18	0,43	0,45	0,46	1,16	2,85	0,131	
ABbr	10-25	śląd.	śląd.	0,01	0,03	0,04	0,17	0,15	0,19	0,61	1,20	0,055	
Bbr	25-50	śląd.	śląd.	0,01	0,03	0,03	0,06	0,10	0,19	0,41	0,83	0,022	
BbrC	50-75	śląd.	śląd.	śląd.	0,03	0,03	0,05	0,09	0,17	0,22	0,59	0,009	
C	75-100	śląd.	śląd.	śląd.	śląd.	0,11	0,24	0,22	0,41	0,26	1,24	0,007	
C	100-125	śląd.	śląd.	śląd.	śląd.	0,22	0,27	0,29	0,32	0,39	1,49	0,006	

śląd. – ilości ślądowe; trace amounts

Tabela 4.

Bilans frakcji granulometrycznych i materii organicznej (OM) w poziomach genetycznych gleby [kg/m²]
Balance of granulometric fractions and organic matter (OM) in genetic horizons of soil [kg/m²]

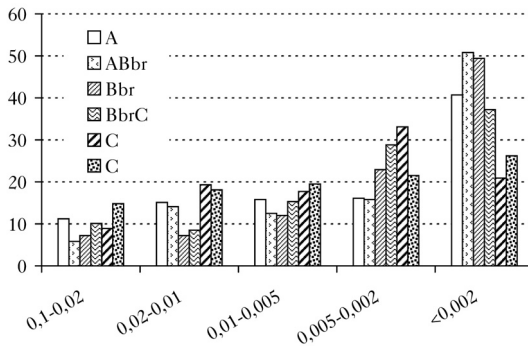
Poziom [cm]	Średnica frakcji [mm]											Suma	OM		
	1-0,1	0,1-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002									
A	6-10	44,7	0,14	12,9	0,60	3,1	0,33	1,4	0,20	0,9	0,14	1,9	0,40	64,9	1,81
ABbr	10-25	182,4	0,13	46,0	0,41	7,3	0,22	3,4	0,17	3,0	0,17	5,0	0,90	247,1	2,00
Bbr	25-50	314,4	0,11	70,0	0,27	14,3	0,10	5,7	0,08	4,6	0,08	5,2	0,25	414,2	0,89
BbrC	50-75	397,3	0,00	16,0	0,01	2,7	0,01	1,3	0,02	1,8	0,03	8,1	0,16	427,2	0,23
C	75-100	428,6	0,00	1,9	0,01	0,7	0,01	0,3	śląd.	0,9	0,01	3,8	0,07	436,2	0,10
C	100-125	421,9	0,00	4,2	0,01	0,7	0,02	0,3	0,01	0,3	0,01	1,7	0,06	429,1	0,11
Suma	6-125	1789,3	0,38	151,0	1,31	28,8	0,69	12,4	0,48	11,5	0,44	25,7	1,84	2018,7	5,14



Ryc. 3.

Udział [%] poziomów genetycznych w akumulacji azotu przez określone frakcje

Contribution [%] of genetic horizons in accumulation of nitrogen in individual fractions



Ryc. 2.

Udział [%] poszczególnych frakcji granulometrycznych w akumulacji azotu w glebie

Contribution [%] of granulometric fractions in accumulation of nitrogen in soil

Frakcja 0,002-0,005 mm stanowi w badanej glebie średnio zaledwie 1,0%, przy wahaniami w poszczególnych poziomach genetycznych od 0,1% w najgłębszej warstwie skały macierzystej do 1,8% w poziomie próchnicznym (tab. 1). Wagowo stanowi ona w całym profilu 11,5 kg/m² (tab. 4). Zawartość materii organicznej w poszczególnych poziomach genetycznych układa się podobnie jak we frakcji ilastej (tab. 2, ryc. 1). Frakcja ta akumuluje średnio 21,9% całkowitej ilości materii organicznej, przy zakresie wahań od 16,7% w poziomie ABbr do 26,5% w poziomie BbrC (ryc. 2). Azot całkowity jest rozmieszczony podobnie jak materia organiczna, jednak z wyraźnym zwiększeniem jego zawartości w skale macierzystej zalegającej poniżej 75 cm (tab. 3, ryc. 3). Frakcja ta odpowiada za magazynowanie średnio w profilu 23,4% całości azotu, przy najmniejszym udziale powierzchniowego poziomu A i największym płycej zalegającej skały macierzystej (ryc. 4). Wartość C/N w poziomach genetycznych tej frakcji waha się od 2,0 na głębokości 75-100 cm do 19,6 w poziomie próchnicznym A, co wskazuje na to, że poziomy powierzchniowe są stosunkowo ubogie w związki azotowe (tab. 5).

Zawartość frakcji 0,005-0,01 mm zmniejsza się w głąb profilu od 2,7% w poziomie A do sładowych ilości w skale macierzystej (tab. 1). Frakcja ta ma masę 12,4 kg/m² powierzchni profilu do głębokości 125 cm i akumuluje 0,48 kg/m² materii organicznej (tab. 4). Zawartość procentowa materii organicznej w tej frakcji jest zbliżona do tej we frakcji 0,005-0,002 mm zarówno pod względem ilościowym, jak i rozmieszczenia w poziomach genetycznych (tab. 2). Średnia zawartość w całym profilu wynosi 4,3% przy wahaniami od 14,3% w poziomie A do 1,3% w płytszej warstwie skały macierzystej. Frakcja ta odpowiada za zmagazynowanie w badanej glebie 19,0% całej ilości materii organicznej, przy wahaniami w poziomach genetycznych od 13,2 do 23,1% (ryc. 2). Zawartość całkowitego azotu jest wyraźnie zróżnicowana w poszczególnych poziomach

genetycznych. Najmniejsze jego ilości stwierdzono w środkowej części profilu na głębokości od 25 do 75 cm, natomiast powierzchniowy poziom A oraz skała macierzysta wykazały dwu-, a nawet trzykrotnie więcej tego składnika (tab. 3). W sumie frakcja ta magazynuje $19,9 \text{ g/m}^2$ powierzchni azotu w całym profilu (tab. 5), co stanowi średnio 15,7% całkowitej ilości azotu w tej glebie (ryc. 4). Wartość C/N zmniejsza się wyraźnie poniżej 25 cm głębokości (tab. 5).

Zawartość frakcji 0,01-0,02 mm zmniejsza się ilościowo w profilu wraz z głębokością od 5,8% w poziomie próchnicznym A do 0,2% w skale macierzystej (tab. 1). Z kolei jej masa do 125 cm głębokości wynosi $28,8 \text{ kg/m}^2$ powierzchni gleby oraz magazynuje $0,69 \text{ kg/m}^2$ materii organicznej (tab. 4). W tej frakcji uwidacznia się wyraźnie proces przemieszczania materii organicznej w głąb profilu glebowego (ryc. 1). Stąd największe zawartości materii organicznej występują w poziomach powierzchniowych oraz w skale macierzystej, a najmniejsze w środkowej części profilu. Potwierdza to także procentowy udział tej frakcji w akumulacji materii organicznej. W poziomie próchnicznym A na tę frakcję przypada zaledwie 14,8% całości materii organicznej, podczas gdy w skale macierzystej na głębokości 100-125 cm 21,2% (ryc. 2). W sumie frakcja ta akumuluje 13,2% materii organicznej w badanym profilu glebowym. Profilowe rozmieszczenie zawartości azotu w tej frakcji jest podobne jak w przypadku materii organicznej (ryc. 1 i 3). Największe jego zawartości stwierdzono w powierzchniowym poziomie próchnicznym i skale macierzystej, natomiast zdecydowanie mniejsze w środkowej części profilu. Wartość C/N zmniejszała się wraz z głębokością, mimo zróżnicowanych zawartości materii organicznej i azotu w poszczególnych poziomach genetycznych (tab. 5). Frakcja ta zakumulowała średnio 14,0% azotu występującego w badanym profilu w zakresie od 7,2% w środkowej części profilu do 19,9% w skale macierzystej (ryc. 4).

Frakcja 0,02-0,1 mm stanowi znaczną część badanej gleby (tab. 1). Jej ilość stopniowo maleje wraz z głębokością od 21,3% w poziomie próchnicznym A do około 1,1% w najgłębszej warstwie skały macierzystej. Masa tej frakcji w profilu do głębokości 125 cm wynosi $151,0 \text{ kg/m}^2$, w której zakumulowane jest 1,31 kg materii organicznej oraz 65,7 g azotu całkowitego (tab. 4 i 5). Główna masa materii organicznej w tej frakcji jest zakumulowana w poziomach powierzchniowych do głębokości 25 cm (tab. 2).

Tabela 5.

Zawartość $[\text{g/m}^2]$ azotu (N) oraz stosunek C/N we frakcjach granulometrycznych w różnych poziomach genetycznych gleby
Nitrogen (N) content $[\text{g/m}^2]$ and C/N value in granulometric fractions of soil genetic horizons

Poziom	Głębokość [cm]	Średnica frakcji [mm] – N					Średnica frakcji [mm] – C/N								
		1-0,1	0,1-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	Suma	0,1-0,02	0,02-0,01	0,01-0,005	0,005-0,002	<0,002	Średnia	W glebie	
A	6-10	4,6	20,9	13,6	6,3	4,1	22,0	71,5	24,3	14,3	18,4	19,6	10,4	17,4	25,5
ABbr	10-25	5,6	16,4	12,5	5,2	5,7	30,6	76,0	15,4	18,0	18,9	16,8	16,5	15,2	20,4
Bbr	25-50	8,6	21,0	8,6	5,7	8,9	21,3	74,1	7,4	6,8	7,4	5,0	6,9	6,7	12,7
BbrC	50-75	0,0	4,8	1,4	1,2	3,2	17,8	28,4	1,7	6,4	8,1	4,9	5,2	5,3	5,6
C	75-100	0,0	1,2	1,6	0,7	3,8	9,9	17,2	3,2	2,4	3,5	2,0	4,2	3,1	4,3
C	100-125	0,0	1,6	1,8	0,9	1,0	6,8	12,1	2,2	6,1	5,5	6,1	5,3	5,0	8,3

Jej zwiększone zawartości stwierdzono także we frakcji 0,05-0,02 mm, natomiast śladowe ilości w frakcji 0,1–0,05 mm w najgłębiej występującej skale macierzystej. Średni procentowy udział tej frakcji w magazynowaniu materii organicznej wynosił 7,6%, przy wahaniami w profilu od 3,3 do 12,9% (ryc. 2). Azot w tej frakcji występował we wszystkich poziomach genetycznych profilu glebowego, osiągając największe zawartości w powierzchniowym poziomie próchnicznym A i w najgłębszej warstwie skały macierzystej (tab. 3). Jej procentowy udział w akumulowaniu tego pierwiastka wynosił średnio 9,8%, przy zakresie od 6,2 do 15,1%. (ryc. 4). Znaczne wartości C/N stwierdzono w poziomie A i ABbr (odpowiednio 24,3 i 15,4), natomiast w głębszych poziomach osiągnęły wartości wyjątkowo nieduże (tab. 5).

Frakcje 0,1-1 mm występują w badanej glebie w dominującej ilości, a ich zawartość waha się od 64,2% w poziomie A do 97,6% w skale macierzystej (tab. 1). Mimo tak ogromnej ilości magazynują tylko 0,38 kg/m² materii organicznej (tab. 4). Występuje ona tylko do głębokości 50 cm, a w głębszych poziomach stwierdzono ilości śladowe (tab. 2). Prawdopodobnie są to niezhumifikowane szczątki obumarłych organizmów. Azot także występuje w ilościach śladowych (tab. 3).

Dyskusja

Dostająca się do gleb leśnych materia organiczna w zdecydowanej większości podlega procesowi mineralizacji (całkowitemu rozkładowi), a mniejsza jej część procesowi humifikacji, którego produktem jest próchnica. Powyższe przemiany oraz akumulacja zhumifikowanej części materii organicznej w postaci próchnicy mają miejsce przede wszystkim w powierzchniowym poziomie genetycznym gleb.

Rozmieszczenie materii organicznej we frakcjach granulometrycznych i poziomach genetycznych profilu glebowego zależy od szeregu czynników. Wiodącymi są uziarnienie gleby, zachodzący proces glebotwórczy, roślinność (uprawna, leśna, łąkowa) oraz sposób jej użytkowania. Pochodzenie gatunkowe resztek organicznych oraz właściwości i sposób użytkowania gleb decydują o intensywności procesu mineralizacji – rozkładzie materii organicznej i humifikacji – tworzeniu próchnicy glebowej [Christensen 1985; Christensen, Olsen 1992; Guggenberger i in. 1994, 1995].

Materia organiczna i azot zawarte w poszczególnych frakcjach badanej gleby brunatnej wykazały aktywny udział w procesie ługowania. Proces przemieszczania związków organicznych oraz azotu wyraźnie zaznaczył się we frakcjach 0,05-0,002 mm, natomiast nieco słabiej zachodził we frakcji >0,002 mm. Największa mobilność azotu wystąpiła we frakcji 0,05-0,02 mm, która zawierała więcej azotu w poziomie skały macierzystej na głębokości 100-125 cm niż w powierzchniowym poziomie próchnicznym. Migracji w profilu ulegają rozpuszczalne w każdym środowisku zasobne w azot kwasy fulwowe, natomiast nierozpuszczalne w kwaśnym środowisku kwasy huminowe pozostają w górnej części profilu [Sytek 1972, 1973]. Stwierdzenie translokacji materii organicznej i azotu, w przeciwieństwie do wcześniejszych badań [Brogowski i in. 1983, Brogowski, Okołowicz 2008; Brogowski, Chojnicki 2011], było możliwe dzięki niecałkowitości (nieciągłości litologicznej) badanej gleby. Jej profil do głębokości 130 cm wykazuje uziarnienie stosunkowo łatwo przepuszczalnych piasków podścielonych mało przepuszczalną gliną zwalową. Takie uziarnienie stwarzało odpowiednie warunki do przemieszczania materii organicznej i azotu oraz ich akumulowania w piasku bezpośrednio zalegającym na glinie.

Frakcja ilasta w poziomie próchnicznym badanej gleby akumuluje znacznie mniej materii organicznej niż w glebach uprawnych objętych tym samym procesem glebotwórczym, przy jednocześnie większej jej akumulacji w frakcjach piasku [Brogowski, Okołowicz 2008; Brogowski, Chojnicki 2011]. Wynikać to może z szybszej i pełniejszej mineralizacji i humifikacji obumarłych

organizmów żywych w glebach ornych z powodu ich większego napowietrzenia przez zabiegi uprawowe oraz mniejszą wartość C/N materii organicznej dostarczanej do gleb uprawnych. Podobne zależności wykazali także Guggenberger i in. [1994, 1995], którzy stwierdzili, że frakcja ilasta w glebach uprawnych odpowiada za 60% akumulacji materii organicznej, a w leśnych i łąkowych średnio tylko za 40% oraz że w glebach leśnych i łąkowych frakcje piasku w porównaniu do gleb uprawnych są o około 20% zasobniejsze w materię organiczną. Niestety, większość autorów prowadziła badania glebowej materii organicznej tylko w powierzchniowych poziomach próchnicznych [Tiessen i in. 1984; Christensen 1985, 1992; Oades i in. 1987; Guggenbergera i in. 1994, 1995; Christensen, Olsen 1998; Robert i in. 2004]. Stąd też trudno jest porównać uzyskane wyniki obejmujące również głębsze poziomy profilu glebowego. Z kolei polscy gleboznawcy badali zawartość materii organicznej we frakcjach granulometrycznych całych profili glebowych do 100-150 cm głębokości [Czerwiński 1963; Brogowski i in. 1974, 1983, 1985, 1992; Brogowski, Kusińska 1975; Raczuk 1992; Terelak 1987; Brogowski, Okołowicz 2008; Brogowski, Chojnicki 2011]. Z badań tych wynika, że niezależnie od formy użytkowania (gleby leśne czy uprawne) zawartość materii organicznej we frakcji ilastej była odwrotnie proporcjonalna do jej zawartości w glebie. Im mniejsza zawartość tej frakcji w glebie, tym więcej materii organicznej w niej zakumulowane [Czerwiński 1963; Brogowski i in. 1974, 1983, 1985, 1992; Raczuk 1992; Okołowicz, Brogowski 1996; Brogowski, Okołowicz 2008].

Stosunek węgla do azotu wykazał największe wartości w poziomach powierzchniowych i zmniejszał się we wszystkich frakcjach granulometrycznych w głąb profilu glebowego. Frakcje z tego samego poziomu genetycznego, niezależnie od średnicy ziaren, nie wykazały znacznego zróżnicowania wartości tego stosunku. Wartości C/N we wszystkich frakcjach w dwóch powierzchniowych poziomach badanej gleby były większe i mniej zróżnicowane niż w uprawnej glebie brunatnej [Brogowski, Okołowicz 2008]. Natomiast wartości C/N we frakcjach wszystkich poziomów genetycznych gleb bielcowych Kampinoskiego Parku Narodowego [Brogowski i in. 1983] okazały się znacznie większe i mniej zróżnicowane niż w badanej glebie. Szeroki stosunek C/N w wierzchnich poziomach, nawet we frakcji najdrobniejszej, świadczy o występowaniu zarówno resztek niezhumifikowanych, jak i kwasów huminowych. We wszystkich frakcjach głębszych poziomów raczej występowała zhumifikowana materia organiczna z dominującymi, jak wynika z badań Sytka [1972, 1973], mobilnymi kwasami fulwowymi. Natomiast trudny do wyjaśnienia jest fakt zwiększającej się wartości C/N w najgłębszej warstwie skały macierzystej zalegającej na glinie zwałowej. Być może oddziaływanie niektórych z obecnych w niej minerałów ilastych prowadzi do transformacji kwasów fulwowych w kwasy huminowe.

Wnioski

- ✦ Zawartość materii organicznej i azotu w badanych frakcjach granulometrycznych wzrastała wraz ze zmniejszaniem się średnicy ziaren we wszystkich poziomach genetycznych.
- ✦ Proces ługowania spowodował pionowe przemieszczenie materii organicznej i azotu we wszystkich frakcjach i ich akumulację w dolnej części profilu glebowego, co dodatkowo było zdezeterminowane głębiej zalegającą, mało przepuszczalną gliną zwałową.
- ✦ Zawartość materii organicznej i azotu we frakcjach granulometrycznych poziomów genetycznych zmniejszała się wraz z głębokością, natomiast w dolnej części profilu glebowego ponownie zwiększała się jako efekt procesu ługowania i niecałkowitości gleby.
- ✦ Wartości C/N zmniejszały się we wszystkich frakcjach granulometrycznych w głąb profilu glebowego. Frakcje z tego samego poziomu genetycznego, niezależnie od średnicy ziaren, nie wykazały znacznego zróżnicowania wartości tego stosunku.

Literatura

- Brogowski Z., Chojnicki J. 2011.** Rozmieszczenie związków organicznych i azotu we frakcjach granulometrycznych gleby piaskowej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 565: 25-36.
- Brogowski Z., Chojnicki J., Czarnowska K., Czerwiński Z., Czępińska-Kamińska D., Kępką M., Konecka-Betley K., Kusińska A., Okołowicz M., Praczyński J., Zagórski Z. 2003.** Środowisko przyrodnicze Lasu Kabackiego. *Wyd. SGGW, Warszawa.* 104-123.
- Brogowski Z., CRYLEWICZ M., PĘCZEK H. 1983.** Węgiel i azot we frakcjach mechanicznych gleb bielocowych Kampinoskiego Parku Narodowego. Wpływ działalności człowieka na środowisko glebowe KPN. *Wyd. SGGW.* 59-71.
- Brogowski Z., Dobrzański B., Konecka-Betley K. 1974.** The distribution of energetic compounds in mechanical particles of some soils. *Pol. J. of Soil Sci.* 7 (2): 99-107.
- Brogowski Z., Farida H. R., Kocooń J. 1992.** Ultrastructure of clay grains and humus and nitrogen content in soil fractions of north-east Sahara. *Pol. J. of Soil Sci.* 25 (1): 101-111.
- Brogowski Z., Kusińska A. 1975.** Rozmieszczenie związków organicznych we frakcjach mechanicznych gleb wytworzonych z glin zwałowych. *Rocz. Nauk Rol. Ser. A* 101: 167-173.
- Brogowski Z., Okołowicz M. 2008.** Bilans węgla organicznego i azotu we frakcjach granulometrycznych gleby aluwialnej. *Rocz. Gleb.* 59 (3/4): 41-50.
- Brogowski Z., Okołowicz M., Pęczek H. 1985.** Węgiel i azot we frakcjach granulometrycznych gleb piaskowych. *Rocz. Gleb.* 36 (2): 21-28.
- Brożek S. 2007.** Liczbowa wycena „jakości” gleb – narzędzie w diagnozowaniu siedlisk leśnych. *Sylwan* 151 (2): 35-42.
- Christensen B. T. 1985.** Carbon and nitrogen in particle size fractions isolated from Danish arable soils by ultrasonic dispersion and gravity sedimentation. *Acta Agric. Scandinavica* 35: 175-187.
- Christensen B. T. 1992.** Physical fractionation of soil and organic matter in primary particle size and density separates. *Advance in Soil Sci.* 20: 1-90.
- Christensen B. T., Olsen J. E. 1998.** Nitrogen mineralization potential of organomineral size separates from soils with annual straw incorporation. *European J. of Soil Sci.* 49: 25-36.
- Czerwiński Z. 1963.** Zawartość próchnicy, azotu ogólnego i minerałów ilastych w poszczególnych frakcjach mechanicznych gleby bielocowej piaskowej. *Zesz. Prob. Post. Nauk Rol.* 40 (A): 1-16.
- Gedroń B. 1965.** Zawartość węgla i azotu w niektórych frakcjach gleby piaszczystej. *Rocz. Gleb.* 15: 57-64.
- Gregorczyk E. G., Kochanowski G., Voroney R. P. 1989.** Carbon mineralization in soil-size fractions after Darius amounts of aggregate distribution. *Pol. J. of Soil Sci.* 40: 649-659.
- Guggenberger G., Christensen B. T., Zech W. 1994.** Land-use effects on the composition of organic matter in soil particle-size separates. I. Lignin and carbohydrate signature. *Europ. J. of Soil Sci.* 45: 449-458.
- Guggenberger G., Zech W., Hanmaier L., Christensen B. T. 1995.** Land-use effects on the composition of organic matter in particle-size separates of soil. II. CPMAS and solution ¹³C-NMR analysis. *Europ. J. of Soil Sci.* 46 (1): 147-158.
- Kiepas-Kokot A., Lysko A. 2011.** Presja azotogenna fermi nerek na las. *Sylwan* 155 (6): 429-434.
- Michalzik B., Matzner E. 1999.** Dynamics of dissolved organic nitrogen and carbon in a Central European Norway spruce ecosystem. *Europ. J. of Soil Sci.* 50: 579-590.
- Oades J. M., Vasalo A. M., Waters A. G., Wilson M. A. 1987.** Characterization of organic matter in particle-size and density fractions from red-brown earth by solid state. *Australian J. of Soil Sci. Research* 25: 71-82.
- Okołowicz M., Brogowski Z. 1996.** Związki energetyczne we frakcjach granulometrycznych niektórych gleb. *Rocz. Gleb.* 47, supl.: 31-41.
- Raczuk J. 1992.** Węgiel i azot we frakcjach granulometrycznych gleb piaskowych Wysoczyzny Siedleckiej i Równiny Łukowskiej. *Rocz. Gleb.* 43: 31-38.
- Robert M., Nortcliff S., Breure T., Marmo L. 2004.** Working Group on Organic Matter and Biodiversity. Draft Final Report UE Commission.
- Soil survey laboratory methods manual. 1992.** USDA Soil Survey Investigation Report 42.
- Sytek J. 1972.** Rozmieszczenie związków próchnicznych i organomineralnych w profilu oraz poszczególnych frakcjach mechanicznych niektórych gleb. *Rocz. Gleb.* 23 (1): 67-89.
- Sytek J. 1973.** Zawartość i formy występowania próchnicy w glebach pyłowych. Cz. II. Rozmieszczenie i skład próchnicy w poszczególnych frakcjach mechanicznych gleb oraz określenie form substancji organicznych, próchnico- ilastych w oparciu o analizę DTA-DTG. *Rocz. Gleb.* 24 (2): 158-186.
- Terelak H. 1987.** Zawartość węgla organicznego we glebach i frakcjach granulometrycznych gleb wytworzonych ze skał fliszowych. *Pam. Puławski.* 90: 27-36.
- Tiessen H., Stewart J. W. B., Hunt H. W. 1984.** Concepts of organic matter transformations in relation to organo-mineral particle-size fractions. *Plant and Soil.* 76: 287-295.

SUMMARY

Distribution of organic matter and nitrogen in the particle size fractions of genetic horizons in Dystric Cambisols in the Kabacki Forest

Hydrolysis and mineralization of dead organic matter introduced into soil, followed by its re-synthesis to humus compounds depend on the soil particle size composition. Therefore, the quantitative and qualitative distribution of organic compounds is strictly linked with the diameter of the particular fractions. The studied deposit is a leached brown soil, covered by the *Tilio-Carpinetum typicum* plant assemblage and developed from three geologically different deposits. The distribution of organic matter and nitrogen is unique in this soil. Eolian sands with significant admixture of the silt fraction occurring to the depth of 50 cm are underlain by fluvioglacial sands to the depth of 125 cm; below occurs poorly permeable glacial till. Such variable particle size composition influenced the distribution of organic matter in particular fractions in the profile. In the studied forest soil profile in horizons A and ABbr, the fractions store 75.8% of organic matter to the depth of 25 cm, 14.6% in the depth 25-100 cm, whereas the parent rock located at the depth of 100-125 cm on poorly permeable glacial till accumulates 9.9% of total organic matter, with 100% taken as the total organic matter content to the depth of 125 cm of the studied soil profile. Therefore, horizon 6-25 cm contains 3.5 parts of organic matter per 1 cm of the profile, horizon 25-100 cm contains only 0.2 parts, and horizon 100-125 cm contains 0.44 parts of organic matter (fig. 1). Based on the average values in the studied profile to the depth of 125 cm, the percentage contribution in the binding of organic matter for particular fractions is 7.6% for 0.1-0.02 mm particles, 13.2% for 0.02-0.01 mm particles, 18.8% for 0.01-0.005 particles, 21.9% for 0.005-0.002 particles and 37.8% for the clay fraction <0.002. Sand fraction with diameter 0.1-1 mm accumulates only 0.7% of the total organic matter in the studied soil. Nitrogen shows a similar distribution among the particular fractions (fig. 3 and 4). Pedogenic processes of browning and leaching significantly contributed to the translocation of organic matter and nitrogen in the profile.