

## **Przeobrażenia substancji organicznej w dawno odwodnionych murszach i czarnych ziemiach użytkowanych jako pola orne i łąki**

JAN WALCZYNA

Zakład Badań Biologiczno-Chemicznych IMUZ w Falentach

### 1. WSTĘP

Przeobrażenia gleb torfowych i zawartej w nich substancji organicznej, zachodzące w pierwszych kilku dziesiątkach lat po odwodnieniu torfowiska, były przedmiotem dość licznych badań [4, 5, 10, 11, 13, 15, 21, 26, 27, 31, 43]. Proces murszowy występujący w tych glebach został w znacznym stopniu poznany [20, 32-36]. Wiadomo, że po wielu latach po odwodnieniu gleby te zmniejszają swą miąższość i zanikają [17, 41]. Za jeden z głównych powodów osiadania i zanikania zmeliorowanych gleb organicznych uważane jest biologiczne utlenianie substancji organicznej [1, 16, 30, 42].

Celem niniejszych badań było poznanie intensywności mineralizacji organicznych związków węgla i azotu oraz stopnia przeobrażenia substancji organicznej w glebach powstałych z dawno odwodnionych torfowisk (przed 100 i więcej laty), użytkowanych równoległe jako pola orne i łąki.

### 2. WYBÓR OBIEKTÓW I METODYKA BADAŃ

Badaniami objęto gleby organiczne położone w dolinie Górnej Noteci i nad Kanałem Bydgoskim zmeliorowane w XIX wieku. Niektóre z tych gleb zostały opisane przez Roguskiego i Bieńkiewicza [41]. W historycznym ujęciu opis melioracji przeprowadzonych na wspomnianym odcinku rzeki Noteci, które rozpoczęto pod koniec XVIII wieku, podają ponadto Falkowski i Karłowska [9]. W tabeli 1 przedstawiono ogólną charakterystykę badanych gleb.

W celu porównania wyników do badań włączono glebę murszowo-torfową w Biebrzy zmeliorowaną w 1937 r., a wziętą pod uprawę polową 10 lat od czasu pobrania próbek oraz 2 czarne ziemie lekkie z obiektów: Radziejów i Falenty. Razem badaniami objęto gleby z 9 obiektów, po 2 gleby z każdego punktu, użytkowane co najmniej 30 lat, jedna jako

Tabela 1

Ogólna charakterystyka badanych gleb  
General characteristics of the soils investigated

Obiekt	Nazwa gleby	Pochodzenie gleby	Rok odwodnienia (orientacyjnie)	Obecna miąższość warstwy organicznej w cm
Biebrza	murszowo-torfowa	z torfu turzycowego	1937	120
Pawłówek	murszowo-torfowa	z torfu turzycowego	1870	95
Brzoza	murszowata	z torfu turzycowego	1855	27
Przyłęki	murszowata	z torfu	1855	22
Janowice	murszowo-mułowa	z torfu zamulonego	1870	85
Tarkowo	murszowo-mułowa	z torfu zamulonego	1880	23
Bachorze	czarna ziemia murszasta	z torfu zamulonego	1796	55
Radziejów	czarna ziemia	w procesie		50
Falenty	czarna ziemia	darniowo-glejowym		30

pole orne, a druga jako trwała łąka. Ze względu na zmienność glebową, wybierano bardzo starannie pary gleb użytkowane równolegle jako pola orne i łąki, najczęściej z punktów położonych obok siebie w odległości od kilku do kilkunastu metrów. Próbkę wszystkich gleb pobierano z głębokości 0-20 cm laską glebową (najmniej 30 ułkuć). Próbkę pobierano w czerwcu 1967 r. Świeże resztki roślin i korzenie oddzielono przy przesiewaniu gleby przez sito o średnicy oczek 1 mm. Część próbek przeznaczonych do badań biologicznych podsuszano do ok. 30% pojemności wodnej i przechowywano w lodówce w temperaturze 1-2°C, a resztę gleb wysuszono do stanu powietrznie suchego.

Jednocześnie z warstwy 7-15 cm pobrano próbki gleby metalowymi cylinderkami (100 cm<sup>3</sup>) do oznaczenia ciężaru objętościowego i całkowitej pojemności wodnej (w 4 powtórzeniach).

W przygotowanych próbkach gleb wykonano następujące oznaczenia, stosując metody podane w skrypcie IMUZ [51]:

- (1) popielność przez spalanie próbek w temperaturze 550°C,
- (2) pH w H<sub>2</sub>O i KCl potencjometrycznie,
- (3) CaCO<sub>3</sub> metodą Scheiblera,
- (4) N — ogólny metodą Kjeldahla,
- (5) C — organiczny przez suche spalanie.

Dla określenia intensywności mineralizacji substancji organicznej w glebach założono modelowe doświadczenie laboratoryjne [53]. W doświadczeniu tym kolby stożkowe z szeroką szyjką o pojemności 1 l napełniano glebą, którą nawilżano wodą destylowaną do ok. 60% całkowitej pojemności wodnej. Dla zapewnienia lepszej aeracji na dno kolby dawano warstwę żwiru grubości ok. 1,5 cm. Przez cały okres trwania do-

świadczenia przez gleby przepuszczano powoli powietrze z kompresora, oczyszczone z  $\text{CO}_2$  za pomocą stężonego  $\text{KOH}$ . Ilość powietrza przepływającego przez glebę w kolbie wynosiła ok. 50 ml/godz. Rurka doprowadzająca powietrze sięgała do dna kolby. Równomierność przepływu powietrza przez kolby regulowano mechanicznie za pomocą ściskaczy śrubowych i ciśnieniomierza rtęciowego. Gleby inkubowano w temperaturze  $25^\circ\text{C}$  ( $\pm 2^\circ\text{C}$ ) przez 360 dni. Wytworzony podczas inkubacji gleb  $\text{CO}_2$  absorbowano roztworami  $\text{KOH}$  znajdującymi się w odbieralnikach i oznaczano metodą Winkla a podaną przez Struszyńskiego [48]. W odpowiednich odstępach czasu pobierano próbki gleb z kolb i oznaczano ilości zmineralizowanego azotu, wytworzonego w formie  $\text{NH}_4$  i  $\text{NO}_3$  oraz pH w wodzie. Obie formy azotu oznaczano w 1% wyciągu  $\text{K}_2\text{SO}_4$  metodą destylacyjną z  $\text{MgO}$  podaną przez Bremnera [2].

Wyczerpującą analizę frakcjonowaną związków humusowych w glebach, łącznie z oznaczeniem frakcji hemiceluloz i celulozy, wykonano przy użyciu 0,1n  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  i 0,1n  $\text{NaOH}$  oraz  $\text{H}_2\text{SO}_4$  o odpowiednim stężeniu. Do ekstrakcji użyto naważek gleb w przeliczeniu na substancję organiczną, której stosunek do ekstrahenta wynosił 1 : 100. Frakcję hemiceluloz i celulozy wyekstrahowano zgodnie z metodą Ponomariewej [39]. Węgiel w roztworach oznaczano metodą Tiurina [52]. Przed analizą wydzielono z gleb bituminy mieszaniną alkoholu i benzenu o stosunku 1 : 1.

Hydrolizę związków azotowych w glebach wykonano za pomocą 6n  $\text{HCl}$  na wrzącej łaźni wodnej przez 18 godz., a rozdziału na 3 frakcje dokonano zgodnie z metodą Stewarta i wsp. [46]. Jest to metoda uproszczona, pozwalająca rozdzielić azot glebowy na kilka główniejszych frakcji: azot rozpuszczalny w kwasie i dający się oddestylować ługiem, azot rozpuszczalny nieoddestylowujący się i frakcję azotu nierozpuszczalnego. Do hydrolizy użyto 5 g naważek gleb i 60 ml 6n  $\text{HCl}$ . Wyniki podane w tabelach są średnimi z 2 równoległych oznaczeń. Przeprowadzono obliczenia statystyczne wyników ustalając związki korelacyjne i współczynniki regresji.

### 3. INTENSYWNOŚĆ MINERALIZACJI ORGANICZNYCH ZWIĄZKÓW WĘGLA I AZOTU W GLEBACH

#### a. NIEKTÓRE WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNO-CHEMICZNE BADANYCH GLEB

Wiele badanych gleb zawiera mniejszą lub większą ilość  $\text{CaCO}_3$  i w związku z tym odczyn ich jest słabo alkaliczny lub alkaliczny (tab. 2). Gleby z Brzozy i Przyłek, nie zawierające  $\text{CaCO}_3$ , mają odczyn zbliżony do obojętnego, a gleby z Biebrzy — słabo kwaśny.

Badane 4 podtypy gleb murszowych różnią się w dużym stopniu pod względem ciężaru objętościowego i zawartości substancji organicznej oraz N-ogólnego. Gleby murszowo-torfowe z Biebrzy, odwodnione przed 30 laty, posiadają małe ciężary objętościowe, natomiast zawierają dużo substancji organicznej i N-ogólnego, podanych w % s.m. gleby. Podobna

Właściwości fizyczno-chemiczne gleb — Physico-chemical properties of soils

Nr gleby	Obiekt	Użyt- kowa- nie	Ciężar objętoś- ciowy* g/cm <sup>3</sup>	pH		Substan- cja orga- niczna %	CaCO <sub>3</sub> %	C orga- niczny %	N ogólny %	C:N	W g/l gleby	
				w H <sub>2</sub> O	w KCl						C	N
1	Biebrza	a	0,245	5,5	5,1	85,99		47,48	4,05	11,8	117,0	9,92
2		b	0,243	5,3	4,9	87,06		49,57	4,07	12,2	115,5	9,48
3	Pawłówek	a	0,441	7,6	7,1	45,54	8,67	23,79	2,13	11,2	104,9	9,39
4		b	0,264	7,4	6,8	71,62	1,64	39,95	3,14	12,7	105,2	8,28
5	Brzoza	a	0,922	7,5	7,0	12,42		6,92	0,52	13,3	63,8	4,79
6		b	0,740	6,6	6,1	17,30		10,34	1,01	10,3	76,5	7,47
7	Przyłęki	a	0,951	7,4	7,0	9,78		5,25	0,49	10,7	49,2	4,65
8		b	0,819	6,5	6,0	17,44		10,82	1,11	9,7	88,6	9,09
9	Janowice	a	1,025	7,7	7,2	18,53	5,73	7,38	0,75	9,8	75,6	7,68
10		b	0,723	7,5	7,1	38,80	4,30	19,00	1,59	11,9	137,4	11,49
11	Tarkowo	a	1,210	7,7	7,2	8,85	2,21	4,21	0,42	10,0	50,9	5,08
12		b	0,914	7,5	7,1	12,52	0,78	7,06	0,61	11,5	64,5	5,57
13	Bachorze	a	0,992	7,8	7,4	8,10	22,98	4,42	0,36	12,3	43,8	3,57
14		b	0,922	7,7	7,2	17,84	35,41	8,07	0,81	10,0	74,4	7,74
15	Radziejów	a	1,523	8,1	7,5	5,02	6,32	2,11	0,18	11,4	32,1	2,74
16		b	1,584	8,1	7,5	5,36	7,80	2,19	0,19	11,5	34,7	3,01
17	Falenty	a	1,435	7,8	7,4	4,02	0,50	2,45	0,22	11,2	35,1	3,16
18		b	1,286	7,7	7,4	6,67	0,42	3,68	0,34	10,8	47,3	4,37

\* Ciężar objętościowy rzeczywisty obliczony po wysuszeniu gleby w 105°C.

a — gleby w użytkowaniu połowym, b — gleby w użytkowaniu łąkowym.



gleba z Pawłówka, odwodniona 100 lat temu, a zwłaszcza użytkowana polowo, ma wyższy ciężar objętościowy i mniejszą ilość substancji organicznej oraz N-ogólnego.

Gleby murszowate z Brzozy i z Przyłek, odwodnione około 115 lat temu, są bardzo podobne do siebie. Mają one dość wysokie ciężary objętościowe i nieduże ilości substancji organicznej i N-ogólnego. Natomiast pary gleb murszowo-mułowych z Janowic i Tarkowa, odwodnione w jednym czasie (przed ok. 100 laty), znacznie różnią się pod względem wyżej omawianych cech. Gleby z Janowic powstały z zamulonych torfów głębokich, a gleby z Tarkowa z torfów średnio głębokich. Te ostatnie są bardzo podobne do czarnych ziem, lecz zawierają pewne ilości niecałkowicie zhumifikowanej substancji organicznej.

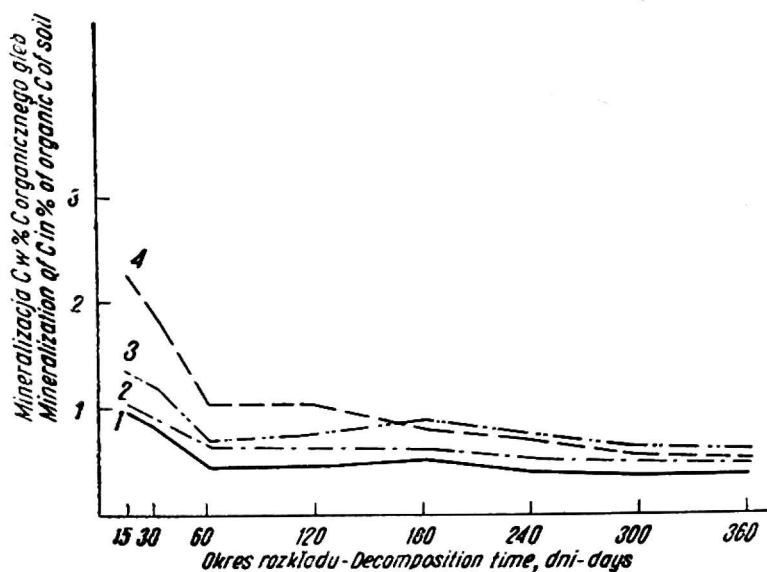
Czarne ziemie z Bachorzy, zmeliorowane ok. 170 lat temu, różnią się jeszcze dość znacznie od czarnych ziem z rejonu Kujaw i Falent. Mają one mniejsze ciężary objętościowe, a większą zawartość substancji organicznej i N-ogólnego. Niestety nie są znane wyżej omówione właściwości badanych gleb z okresu przed odwodnieniem, co bardzo utrudnia wnioskowanie. Biorąc jednak pod uwagę pochodzenie badanych gleb oraz porównując w nich zawartości C-organicznego i N-ogólnego wyrażone w % s.m. gleby i w jednostkach objętościowych (g/l) z podobnymi danymi w glebach murszowo-torfowych nr 1 i 2 z Biebrzy, zmeliorowanymi przed 30 laty (tab. 2) — uwidacznia się prawidłowość wskazująca, że w dawno odwodnionych glebach organicznych nastąpiły duże straty C-organicznego i N-ogólnego w wierzchniej 20 cm warstwie, spowodowane głównie mineralizacją. Straty te wyrażone w % s.m. gleby są kilkakrotnie, a w jednostkach objętościowych w g/l gleby — od 1,5 do ponad 2-krotne (z wyjątkiem gleb nr 3 i 4 oraz nr 10, w których są one mniejsze). Dane przedstawione w jednostce objętości gleby są najbardziej wiarygodne, ponieważ uwzględniają zagęszczenie gleby.

Duży wpływ na przeobrażanie się gleb organicznych po odwodnieniu ma rodzaj użytkowania. Pod wpływem długotrwałej uprawy polowej, w porównaniu do użytkowania łąkowego, straty C-organicznego i N-ogólnego w wierzchniej warstwie tych gleb, wyrażone w liczbach względnych (w % s.m. gleby), wynoszą od kilkunastu do ponad 50%. Ubytki te podane w g/l, w niektórych glebach są podobnego rzędu, a w innych nieco mniejsze. Natomiast w glebach murszowo-torfowych z Biebrzy i Pawłówka nastąpiło nawet nieznaczne zwiększenie C-organicznego i N-ogólnego pod wpływem uprawy, co można wytłumaczyć większym zagęszczeniem masy glebowej w glebach uprawnych w porównaniu z łąkowymi. We wszystkich badanych glebach użytkowanych polowo stwierdzono ponadto wyższe pH niż w tych samych glebach użytkowanych łąkowo (tab. 2). Można to wytłumaczyć lepszym wysyceniem kompleksu sorpcyjnego zasadami, których ilość zwiększa się w miarę wzrostu rozkładu torfu i zagęszczenia się masy tych gleb.

## b. MINERALIZACJA ORGANICZNYCH ZWIĄZKÓW WĘGLA W GLEBACH

Szczegółowe badania nad mineralizacją organicznej substancji torfowej w naturalnych warunkach siedliska są bardzo trudne do wykonania. Z tych powodów niniejsze badania przeprowadzono w oparciu o doświadczenie laboratoryjne, w którym starano się zachować identyczne warunki dla wszystkich gleb, optymalne pod względem natlenienia, uwilgotnienia i temperatury. Największa mineralizacja organicznych związków węglowych zachodziła w pierwszym okresie rozkładu gleb (tab. 3). Intensywność mineralizacji była także większa w pierwszym półroczu niż w drugim. Jednak różnice pomiędzy nimi są małe. Różnice w intensywności mineralizacji pomiędzy półroczami są największe w czarnych ziemiach. W glebach tych obserwowano też największą dynamikę mineralizacji organicznych związków węgla w pierwszym półroczu (rys 1), co prawdopodobnie wynikało z mniej dokładnego oddzielenia drobnych korzonków roślin, które mogły znajdować się w trwałych gruzełkach tych gleb.

Intensywność mineralizacji organicznych związków węglowych w okresie 1-360 dni jest różna przy porównaniu poszczególnych podtypów badanych gleb. Największą mineralizację C-organicznego (średnio) stwierdzono w czarnych ziemiach (nr 15 i 16 oraz 17 i 18) 6,10%, nieco mniejszą w glebach murszowo-mułowych — 4,75%, znacznie niższą w glebach murszowatych — 3,64%, a najmniejszą w glebach murszowo-torfowych — 2,93%. Widoczne jest to na rys. 1. Podane różnice w stopniu mineralizacji organicznych związków węgla w badanych glebach i jej dynamice są zaskakujące i niełatwe do wytłumaczenia. Wspomniane mniej dokładne oddzielenie drobnych korzonków w czarnych ziemiach nie tłumaczy tego w sposób dostateczny. W warunkach omawianego doświad-



Rys. 1. Mineralizacja C org. w różnych podtypach i typach gleb. 1 — gleby murszowo-torfowe, 2 — gleby murszowate, 3 — gleby murszowo-mułowe, 4 — czarne ziemie

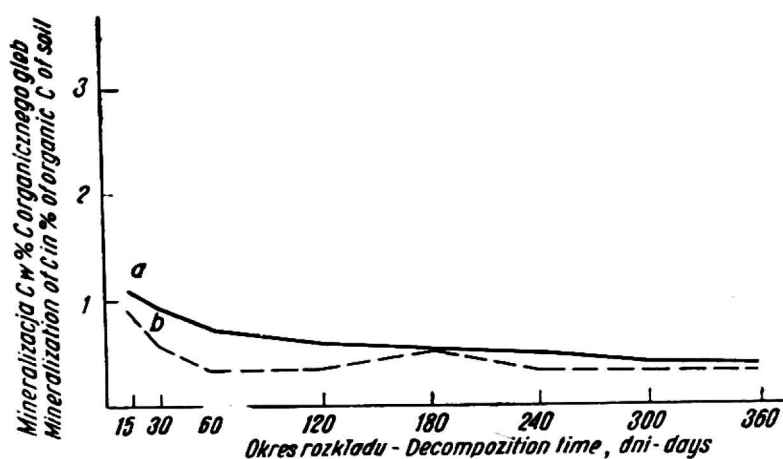
Fig. 1. C org. mineralization in particular subtypes and types of soil. 1 — muck-peat soils, 2 — mucky soils, 3 — muck-silt soils, 4 — black earths

Tabela 3

Wyniki mineralizacji substancji organicznej gleb w % C organicznego  
Results of mineralization of organic matter of soils in % of organic C

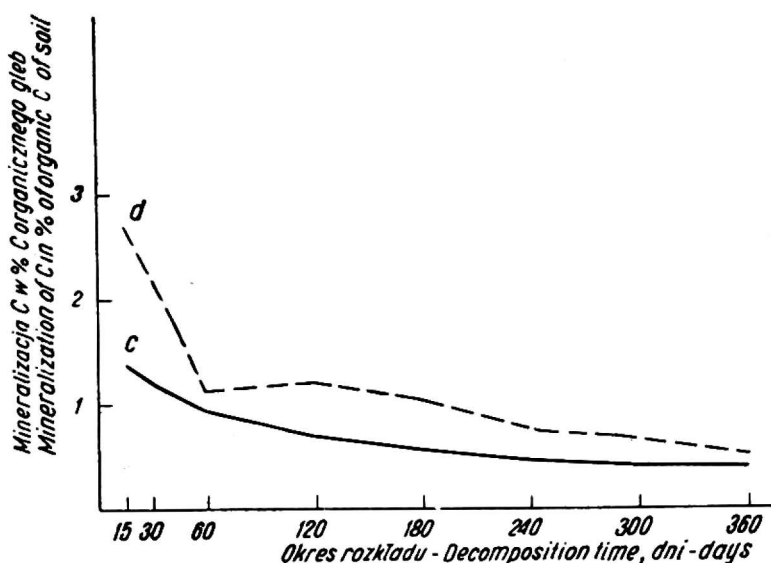
Nr gleby	Okres rozkładu w dniach										Sumy zmineralizowanego C w okresach (dni)			Zmineralizowa- ny C w okresie 1-360 dni
	1-15	16-30	31-60	suma po 60 dniach	61-120	121-180	181-240	241-300	301-360	1-180	181-360	1-360	w g/100 g gleby	w g/1 gleby
1	0,29	0,12	0,30	0,71	0,52	0,48	0,42	0,35	0,35	1,71	1,12	2,83	1,41	3,45
2	0,24	0,35	0,42	1,01	0,69	0,60	0,54	0,44	0,44	2,30	1,42	3,72	1,78	4,32
3	0,07	0,10	0,09	0,26	0,17	0,51	0,26	0,36	0,38	0,94	1,00	1,94	0,46	2,09
4	0,37	0,22	0,29	0,88	0,57	0,52	0,48	0,39	0,37	1,97	1,24	3,21	1,28	3,38
5	0,26	0,19	0,41	0,86	0,70	0,61	0,54	0,54	0,51	2,17	1,59	3,76	0,26	2,39
6	0,43	0,43	0,43	1,29	0,95	0,71	0,59	0,49	0,50	2,95	1,58	4,53	0,47	3,48
7	0,17	0,13	0,21	0,51	0,25	0,43	0,30	0,35	0,34	1,19	0,99	2,18	0,11	1,05
8	0,19	0,22	0,30	0,71	0,75	0,84	0,70	0,63	0,64	2,30	1,97	4,27	0,46	3,77
9	0,20	0,30	0,35	0,85	0,87	0,82	0,67	0,73	0,73	2,54	2,13	4,67	0,34	3,48
10	0,25	0,26	0,33	0,84	0,80	1,25	0,87	0,68	0,62	2,89	2,17	5,06	0,96	6,94
11	0,48	0,28	0,30	1,06	0,59	0,68	0,63	0,63	0,55	2,33	1,81	4,14	0,17	2,06
12	0,41	0,36	0,48	1,25	0,93	0,91	0,71	0,67	0,65	3,09	2,03	5,12	0,36	3,29
13	0,37	0,32	0,42	1,11	0,57	0,48	0,42	0,42	0,36	2,16	1,20	3,36	0,15	1,49
14	0,32	0,29	0,53	1,14	0,85	0,68	0,52	0,42	0,41	2,67	1,35	4,02	0,32	2,95
15	0,65	0,57	0,59	1,81	1,36	1,03	0,70	0,72	0,55	4,20	1,97	6,17	0,13	1,98
16	0,69	0,75	0,57	2,01	1,12	0,93	0,79	0,63	0,55	4,06	1,97	6,03	0,13	2,06
17	0,66	0,49	0,44	1,59	1,01	0,89	0,62	0,63	0,57	3,49	1,82	5,31	0,13	1,86
18	0,73	0,46	0,66	1,85	1,35	1,26	1,01	0,71	0,71	4,46	2,43	6,89	0,25	3,21

czenia, oprócz resztek roślinnych znacznemu rozkładowi podlegały prawdopodobnie także związki humusowe gleb. Stwierdzono następnie dość znaczne różnice w mineralizacji organicznych związków węglowych pomiędzy parami gleb murszowo-torfowych w różnym czasie odwodnionych (rys. 2). Para gleb nr 3 i 4, odwodniona 100 lat temu, odróżnia się o wiele mniejszą mineralizacją substancji organicznej od podobnej pary gleb nr 1 i 2, zmeliorowanej przed 30 laty. Dane te wskazują, że rozkład substancji organicznej i jej mineralizacja w glebach murszowo-torfowych jest stopniowo mniejsza w miarę upływu czasu po odwodnieniu torfowiska. Dość znaczne różnice w intensywności mineralizacji substancji organicznej były także pomiędzy czarnymi ziemiemi nr 13 i 14 powstałymi z torfów a pozostałymi glebami, należącymi do tego typu (rys. 3). Być może, że ma to związek z większą ilością  $\text{CaCO}_3$  w glebach nr 13 i 14.



Rys. 2. Mineralizacja C org. w glebach murszowo-torfowych. *a* — gleby nr 1 i 2 (charakterystyka w tab. 2), *b* — gleby nr 3 i 4 (charakterystyka w tab. 2)

Fig. 2. C org. mineralization in muck-peat soils. *a* — soils Nos. 1 and 2 (characteristics in Table 2), *b* — soils Nos. 3 and 4 (characteristics in Table 2)



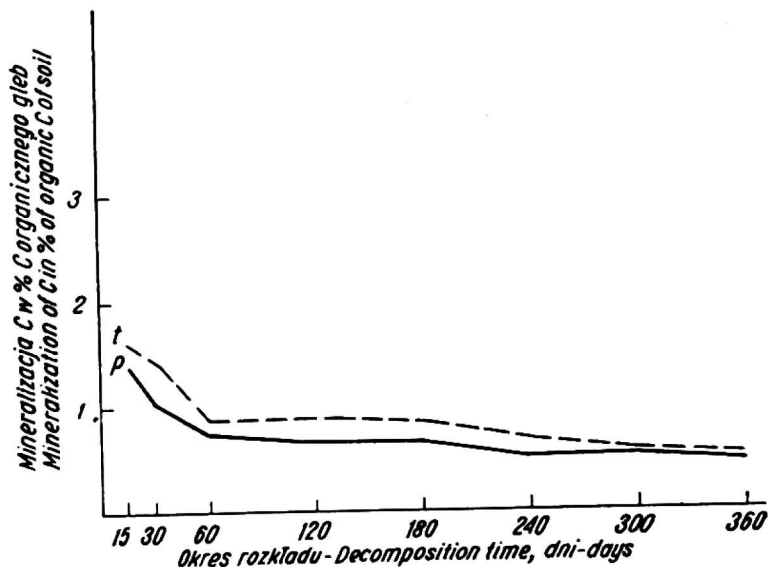
Rys. 3. Mineralizacja C org. w glebach typu czarne ziemi. *c* — gleby nr 13 i 14 (charakterystyka w tab. 2), *d* — gleby nr 15, 16, 17, 18 (charakterystyka w tab. 2)

Fig. 3. C org. mineralization in the soils of black earth type. *c* — soils Nos. 13 and 14 (characteristics in Table 2), *d* — soils Nos. 15, 16, 17, 18 (characteristics in Table 2)

Wyniki mineralizacji organicznych związków węgla, wyrażone w g/l gleby s.m. tab. 3), wskazują, że najwięcej węgla zostało zmineralizowanego w glebach murszowo-mułowych nr 9 i 10 (3,48-6,94), nieco mniej w glebach murszowo-torfowych nr 1 i 2 odwodnionych przed 30 laty (3,45-4,32), znacznie mniej w pozostałych glebach organicznych, a najmniej w czarnych ziemiach (1,49-3,21). W niektórych glebach organicznych zostało więc zmineralizowane ponad 2-krotnie więcej C-organicznego niż w czarnych ziemiach. Średnie liczby dla obu podtypów gleb wynoszą odpowiednio 3,31 i 2,26 g C/l s.m. gleby.

Rodzaj rolniczego użytkowania gleb organicznych po osuszeniu ma bardzo duży wpływ na mineralizację organicznych związków węgla. W okresie 360 dni w warunkach laboratoryjnych w uprawnych glebach organicznych zostało zmineralizowane średnio 3,25% C-organicznego, a w ich odpowiednikach użytkowanych łąkowo 4,32% (tab. 3). Średnie te, wyrażone w g C/l gleby wynoszą odpowiednio 2,42 i 4,19. A więc w tej samej jednostce objętości w glebach użytkowanych łąkowo zmineralizowało się prawie 2-krotnie więcej substancji organicznej niż w użytkowanych polowo. Dynamika mineralizacji związków węglowych także była znacznie szybsza w pierwszych glebach (rys. 4).

Podobne różnice występowały w czarnych ziemiach użytkowanych polowo i łąkowo, lecz są one na ogół mniejsze.



Rys. 4. Mineralizacja C org. w glebach organicznych w uprawie polowej i łąkowej. p — gleby w uprawie polowej, ł — gleby użytkowane jako łąki

Fig. 4. C org mineralization in organic soils in arable and grassland utilization. p — soils in arable cultivation, ł — soils utilizes as meadows

#### c. MINERALIZACJA ORGANICZNYCH ZWIĄZKÓW AZOTU W GLEBACH

Ze względu na możliwość zakwaszania gleb przez nagromadzające się azotany, systematycznie kontrolowano podczas inkubacji ich pH. Obniżanie się pH gleb było stopniowe i nieduże. Po 360 dniach inkubacji największe obniżenie pH miało miejsce w glebie nr 6 i wynosiło 0,6 jednostki. Zmiana odczynu gleb nie mogła więc hamować mineralizacji



Tabela 4

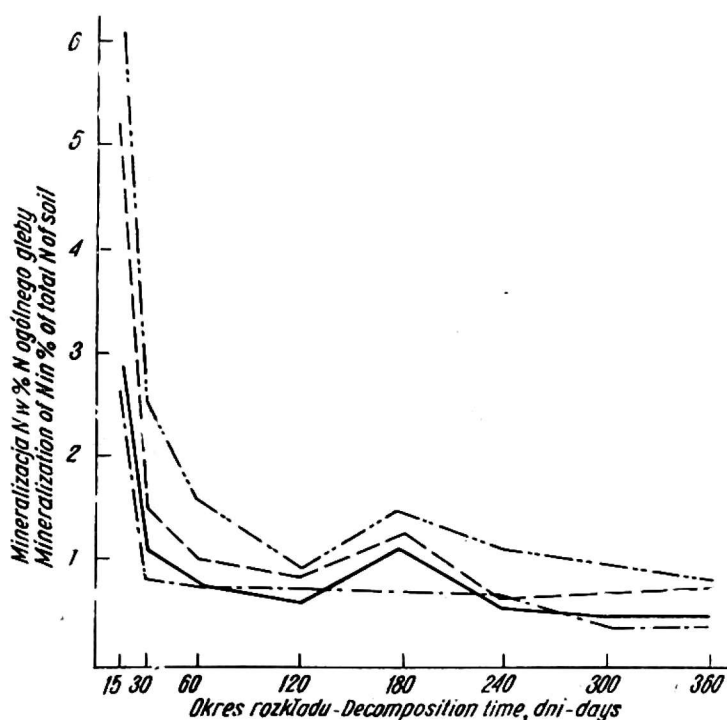
Wyniki nitryfikacji azotu podczas rozkładu gleb w mg N-NO<sub>3</sub>/100 g gleby s.m.  
Results of nitrogen nitrification during soil decomposition in mg N-NO<sub>3</sub>/100 g of soil d.m.

Nr gleby	Przed rozkładem	Okres rozkładu w dniach							Zmineralizowany N w okresie 360 dni	
		15	30	60	120	180	240	360	w % N ogól.	w mg/l gleby
1	5,17	39,42	51,34	56,38	86,20	104,00	115,97	170,40	4,18	417,4
2	5,24	18,64	45,93	48,93	58,10	123,80	156,05	201,60	4,79	489,8
3	4,17	17,16	22,12	17,15	27,50	60,70	59,00	77,80	3,65	243,0
4	4,73	21,35	27,03	39,49	53,70	83,60	83,86	98,54	3,13	260,1
5	1,00	5,60	6,39	8,80	12,80	13,20	22,19	25,50	4,90	235,1
6	2,05	8,03	7,80	9,60	18,00	25,60	33,39	41,70	4,13	308,5
7	1,01	3,15	2,95	4,72	9,30	9,00	15,57	19,69	4,02	187,2
8	1,46	5,10	6,38	9,57	14,00	17,80	25,29	32,54	2,93	266,5
9	1,17	11,46	8,85	8,16	16,26	28,70	53,02	65,56	8,70	671,9
10	1,24	18,02	17,04	22,29	32,07	57,60	74,35	131,40	8,26	950,0
11	0,58	7,12	5,16	10,50	8,30	16,00	21,06	19,92	4,74	241,0
12	0,72	10,25	8,56	8,76	13,70	37,20	39,35	37,39	6,13	341,7
13	0,86	4,69	4,64	7,03	7,60	11,00	12,75	19,82	5,50	196,6
14	0,88	4,26	8,53	8,31	10,20	17,00	19,64	29,53	3,64	272,2
15	ślady	2,32	3,31	3,64	5,00	8,78	8,76	12,42	6,90	189,1
16	ślady	1,51	3,85	3,51	6,50	8,53	9,93	11,11	5,86	175,9
17	0,57	7,02	6,08	5,35	7,80	10,70	12,06	15,88	7,21	227,8
18	ślady	3,60	3,86	6,31	8,40	11,69	14,81	22,71	6,68	292,0

substancji organicznej. Podczas inkubacji gleb badano przebieg procesów amonifikacji i nitryfikacji. Stwierdzono, że amonifikacja azotu zachodziła intensywnie łącznie z nagromadzeniem się  $N-NH_4$  w pierwszych kilku tygodniach podczas doświadczenia. Po 30 dniach aż do końca doświadczenia we wszystkich glebach ilości  $N-NH_4$  były bardzo małe, rzędu ułamków mg/100 g gleby. Natomiast w tym czasie występowała intensywna nitryfikacja azotu. Wytworzone ilości  $N-NO_3$  są więc miarą ilości azotu zmineralizowanego po 360 dniach trwania doświadczenia (tab. 4). W opisanych warunkach prowadzenia doświadczenia nie mogły następować straty  $N-NO_3$  na skutek denitryfikacji.

Najintensywniejsza mineralizacja organicznych związków azotu występowała w glebach murszowo-mułowych nr 9 i 10, w których zostało zmineralizowane średnio 8,48% N-ogólnego przez 360 dni (tab. 4). Znacznie mniejsza mineralizacja była w następnej parze gleb murszowo-mułowych ( $\bar{x} = 5,44\%$ ) i w czarnych ziemiach ( $\bar{x} = 5,97\%$ ), a najmniejsza w glebach murszowatych oraz murszowo-torfowych ( $\bar{x} = 3,96\%$ ). Stwierdzono także dość znaczne różnice w mineralizacji organicznych związków azotu w obrębie niektórych podtypów i typów glebowych. W glebach murszowo-torfowych nr 3 i 4, odwodnionych 100 lat temu, mineralizacja ta była mniejsza ( $\bar{x} = 3,39\%$ ) niż w glebach nr 1 i 2 zmeliorowanych przed 30 laty ( $\bar{x} = 4,49\%$ ). Podobne, dość duże różnice w mineralizacji organicznych związków azotu wystąpiły pomiędzy parami gleb murszowo-mułowych oraz czarnymi ziemiami wytworzonymi z torfu a pozostałymi glebami tego typu.

Dynamika mineralizacji organicznych związków azotu (rys. 5) w ba-



Rys. 5. Mineralizacja N w różnych typach gleb. Oznaczenia typów gleb jak na rys. 1

Fig. 5. N mineralization in different soil types. Denotation of soil types as in Fig. 1

danych glebach była podobna do mineralizacji organicznych związków węgla. W niektórych przypadkach była ona intensywniejsza. Interesujące jest to, że mineralizacja organicznych związków azotu i węgla, w glebach murszowo-mułowych i czarnych ziemiach zawierających nie-duże ilości N-ogólnego była intensywniejsza niż w pozostałych glebach organicznych, często bardzo zasobnych w azot. Porównując wyniki mineralizacji organicznych związków azotowych wyrażone w mg/l gleby s.m. (tab. 4) stwierdza się, że w określonej jednostce objętościowej gleby najwięcej azotu zostało zmineralizowane w glebach murszowo-mułowych nr 9 i 10 ( $\bar{x} = 811,0$  mg). Dużo mniej azotu zostało zmineralizowane w glebach murszowo-torfowych nr 1 i 2 ( $\bar{x} = 453,6$  mg) odwodnionych przed 30 laty, a znacznie mniej w podobnych glebach nr 3 i 4 ( $\bar{x} = 251,6$  mg) zmeliorowanych 100 lat temu. W glebach murszowatych mineralizacja azotu była mała ( $\bar{x} = 268,5$  mg), podobnie jak i w czarnych ziemiach ( $\bar{x} = 228,3$  mg).

Dość duży wpływ na mineralizację organicznych związków azotu ma rodzaj rolniczego użytkowania gleb. Stwierdzono większą procentowo mineralizację organicznych związków azotu we wszystkich glebach uprawnych niż w ich odpowiednikach użytkowanych łąkowo, z wyjątkiem 2 par gleb nr 1 i 2 oraz 11 i 12 (tab. 4). Wyniki te są potwierdzeniem, że w glebach użytkowanych łąkowo nagromadza się więcej prostszych związków organicznych nie zawierających azotu, przede wszystkim węglowodanów, które w warunkach laboratoryjnych były szybko rozkładane przez mikroorganizmy glebowe. Natomiast w glebach uprawnych w tym czasie zostało zmineralizowane więcej związków humusowych zasobnych w azot. Te same wyniki podane w mg/l gleby s.m. pokazują natomiast, że po 360 dniach rozkładu znacznie więcej organicznych związków azotu zostało zmineralizowane prawie we wszystkich glebach użytkowanych łąkowo niż w glebach będących w uprawie. Jest to związane z dużo większymi zawartościami substancji organicznej i N-ogólnego w tych pierwszych glebach.

#### d. STOSUNKI I ZALEŻNOŚCI MIĘDZY MINERALIZACJĄ ORGANICZNYCH ZWIĄZKÓW WĘGLA I AZOTU W GLEBACH

Przy obliczaniu stosunków i zależności korelacyjnych między mineralizacją organicznych związków C i N uwzględniano także azot wytworzony w formie amonowej po 15 i 30 dniach rozkładu. Stosunki zmineralizowanego C : N w pierwszym okresie rozkładu do 30 dni — są wąskie, po 60 dniach — znacznie poszerzają się i mniej więcej utrzymują na tym samym poziomie do końca doświadczenia (tab. 5). Na niskie stosunki C : N w początkowym okresie rozkładu miał prawdopodobnie wpływ azot mineralny w sporych ilościach nagromadzony w glebach przed inkubacją. Porównując stosunki zmineralizowanego C : N w badanych podtypach gleb murszowych i typie czarnych ziem stwierdzono,

że kształtują się one według następującego porządku: gleby murszowo-mułowe, murszowo-torfowe, murszowate, czarne ziemie. Średnie stosunki w obrębie zmineralizowanego C : N dla tych gleb odpowiednio wynoszą: 6,58, 7,75, 8,22 i 9,38. Stwierdzono następnie, że we wszystkich glebach uprawnych, z wyjątkiem gleb nr 15 i 16, były znacznie węższe stosunki zmineralizowanego C : N podczas całego okresu trwania doświadczenia niż w glebach użytkowanych łąkowo. Średni stosunek zmineralizowanego C : N dla gleb uprawnych wynosi 6,60, a dla gleb użytkowanych łąkowo 9,39.

Współczynniki korelacji pomiędzy ilościami zmineralizowanego węgla a ilościami zmineralizowanego azotu podczas inkubacji gleb są bardzo wysokie i udowodnione (tab. 5). Między mineralizującymi się związkami organicznymi węgla i azotu w glebach istnieje wysoka, prostolinijna zależność. Stopień mineralizacji substancji, organicznej gleb można więc ocenić zarówno za pomocą pomiarów ilości zmineralizowanego węgla, jak i azotu. Na podstawie obliczonych współczynników regresji (tab. 5) stwierdzono, że na 1 g zmineralizowanego azotu największe ilości węgla zostały zmineralizowane w glebach murszowatych ( $\bar{x} = 11,325$  g), nieco tylko mniejsze w czarnych ziemiach ( $\bar{x} = 11,079$  g), znacznie mniejsze w glebach murszowo-torfowych ( $\bar{x} = 9,943$  g), a najmniejsze w glebach murszowo-mułowych ( $\bar{x} = 7,122$  g). Natomiast na 1 g zmineralizowanego węgla najwięcej azotu zostało zmineralizowane w glebach murszowo-mułowych ( $\bar{x} = 0,123$  g), mniej w glebach murszowo-torfowych ( $\bar{x} = 0,100$  g), jeszcze mniej w glebach murszowatych ( $\bar{x} = 0,091$  g), a najmniej w czarnych ziemiach ( $\bar{x} = 0,080$  g). Największy więc rozkład organicznych związków węglowych, a najmniejszy azotowych, nastąpił w czarnych ziemiach. Odwrotnie było w glebach murszowo-mułowych, a gleby murszowo-torfowe zajmują miejsce pośrednie.

Współczynniki regresji z kolei wskazują, że w większości gleb uprawnych zmineralizowało się mniej organicznych związków węgla ( $\bar{x} = 8,606$  g) a więcej azotu ( $\bar{x} = 0,110$  g) niż w glebach użytkowanych łąkowo, dla których odpowiednie średnie współczynniki wynoszą 11,398 i 0,083 g. W kilku glebach użytkowanych jako pola orne i łąki współczynniki regresji były jednakowe lub nawet wykazywały zależności odwrotne.

#### 4. SKŁAD FRAKCYJNY ORGANICZNYCH ZWIĄZKÓW WĘGLOWYCH I AZOTOWYCH W GLEBACH

##### a. SKŁAD FRAKCYJNY ORGANICZNYCH ZWIĄZKÓW WĘGLOWYCH

Wyniki w tabeli 6 odpowiadają kolumnami kolejności ekstrakcji poszczególnych frakcji substancji organicznej z gleb. Stwierdzono nieduże ilości bitumin w badanych glebach. Stosując 5-krotną ekstrakcję pirofosforanem sodu o pH 7,0 wydzielono z gleb zaledwie po kilkanaście pro-



cent związków humusowych łatwo rozpuszczalnych, a maksymalnie 29,76% w przeliczeniu na C organiczny. Stwierdzono dość duże różnice w zawartości tych frakcji tylko w obrębie gleb murszowo-torfowych i murszowo-mułowych. W pierwszych z tych gleb nr 1 i 2, odwodnionych przed 30 laty, były małe ilości związków humusowych łatwo rozpuszczalnych w  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  (10,14-11,03% C-org.), podczas gdy w podobnych glebach nr 3 i 4, odwodnionych 100 lat temu, ilości ich były ponad 2-krotnie większe (20,2-29,76% C-org.).

Za pomocą hydrolizy gleb 1n  $\text{H}_2\text{SO}_4$  wydzielono tzw. frakcję hemiceluloz i dokonano jednocześnie dekalcytacji gleb, co było konieczne ze względu na dość duże zawartości  $\text{CaCO}_3$  w niektórych glebach. Wyekstrahowano w ten sposób znaczne ilości związków organicznych, wynoszące 12,27-23,33% C-organicznego. Nie były to wyłącznie hemicelulozy. Do frakcji tej prawdopodobnie przeszło sporo związków humusowych, a przede wszystkim kwasów fulwowych, co stwierdził w swoich badaniach Kozakiewicz [22]. Następnie za pomocą 3-krotnej ekstrakcji 0,1n NaOH wydzielono 29,32-40,90% C związków humusowych. Nie stwierdzono także wyraźnych różnic w ich ilościach między poszczególnymi podtypami badanych gleb. Za pomocą hydrolizy gleb w 80%  $\text{H}_2\text{SO}_4$  wydzielono małe ilości substancji organicznej nazywanej frakcją celulozy, a następnie w wyciągi 0,1n NaOH były tylko znikome ilości substancji humusowych. Biorąc pod uwagę sumę frakcji związków humusowych w wyciągach pirofosforanu sodu i ługu sodowego nie stwierdza się dużych różnic ich ilości między różnymi, badanymi podtypami gleb organicznych i czarnymi ziemiami. Jedynie dość znaczne różnice ilościowe występują między parami gleb murszowo-torfowych i murszowo-mułowych i dotyczą one wyciągów otrzymanych za pomocą  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , co zostało już omówione.

Wyniki te, wyrażone w g/l gleby s.m. wykazują, że bezwzględne zawartości humusu są dość różne w badanych podtypach gleb murszowych i czarnych ziemiach. Największe ilości humusu znajdują się w glebach murszowo-torfowych i niektórych murszowo-mułowych (nr 9 i 10), tj. 50,22-77,87 g C/l s.m. gleby (tab. 6). Zawierają one w wierzchniej 20 cm warstwie gleby prawie 2-krotnie większe ilości związków humusowych w porównaniu z glebami murszowatymi (29,00-42,83 g) i ponad 3-krotnie większe niż czarne ziemie (15,40-22,76 g).

We wszystkich badanych glebach użytkowanych jako pola orne stwierdzono znacznie większe ilości związków humusowych wyrażonych w procentach C-organicznego niż w ich odpowiednikach użytkowanych łąkowo, z wyjątkiem gleb nr 1 i 2. Zawartości ich w glebach uprawnych są większe o 6,86-11,60% C-organicznego. Dotyczy to sumy substancji humusowych wydzielonych za pomocą  $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$  i NaOH. Wyniki te, podane w g/l gleby s.m. pokazują, że bezwzględne zawartości związków humusowych są na ogół większe w glebach pod użytkami zielonymi niż



Stosunki i zależności pomiędzy mineralizacją organicznych związków C i N w glebach  
Relationships and dependences between mineralization of organic compounds of C and N in soils

Nr gleby	Okres rozkładu w dniach							Średni stosunek C:N	Współczynniki		Błędy współczynników regresji *		
	15	30	60	120	180	240	360		korelacji	regresji *		1	2
										1	2		
stosunki C:N													
1	2,53	3,99	6,30	7,18	8,25	10,05	8,26	6,65	0,976 ***	10,729	0,088	1,074	0,0088
2	2,31	6,16	9,85	14,02	8,91	8,72	8,84	8,40	0,950 ***	9,123	0,099	1,339	0,0145
3	0,87	1,91	3,63	3,63	3,65	4,81	5,91	3,49	0,964 ***	6,344	0,146	0,780	0,0180
4	5,82	8,74	8,92	10,83	9,41	11,63	12,95	9,76	0,977 ***	13,576	0,070	1,323	0,0068
$\bar{x}$	2,88	5,20	7,18	8,91	7,55	8,80	8,99	7,75		9,943	0,100		
5	1,91	5,06	6,86	8,49	11,45	8,49	10,16	7,49	0,955 ***	11,650	0,078	1,618	0,0110
6	4,11	11,38	11,89	12,89	12,33	11,31	11,21	11,02	0,973 ***	11,598	0,082	1,229	0,0086
7	1,19	5,09	5,81	5,85	7,22	6,39	5,88	5,35	0,970 ***	6,431	0,146	0,715	0,0162
8	2,42	7,42	7,93	8,29	13,46	10,14	14,19	9,12	0,972 ***	15,623	0,060	1,680	0,0065
$\bar{x}$	2,41	7,24	8,62	8,88	11,12	9,08	10,36	8,22		11,325	0,091		
9	1,00	4,34	7,74	7,85	6,55	4,48	5,26	5,32	0,945 ***	4,963	0,180	0,763	0,0277
10	2,19	5,76	7,20	10,07	9,78	9,78	7,34	7,44	0,960 ***	8,096	0,113	1,055	0,0148
11	2,12	6,25	4,23	8,34	6,14	5,93	8,73	6,10	0,880 **	7,992	0,097	1,927	0,0223
12	2,06	6,34	10,08	11,26	5,88	6,84	9,68	7,45	0,882 **	7,437	0,104	1,777	0,0249
$\bar{x}$	1,84	5,67	7,31	9,38	7,09	6,76	7,75	6,58		7,122	0,123		
13	2,38	6,60	6,94	9,74	8,67	8,95	7,47	7,42	0,927 **	8,522	0,101	1,546	0,0182
14	4,37	5,83	11,10	15,77	12,70	14,52	10,97	10,75	0,950 ***	12,593	0,072	1,847	0,0105
15	6,06	9,69	12,23	14,65	10,89	12,62	10,46	10,94	0,957 ***	11,222	0,082	1,513	0,0110
16	4,33	8,20	11,28	9,86	9,89	10,25	11,11	9,27	0,984 ***	12,098	0,080	0,981	0,0064
$\bar{x}$	3,80	7,72	9,94	12,03	10,69	11,38	9,89	9,38		11,079	0,080		
$\bar{x}$ (dla gleb uprawnych)	2,18	5,29	6,78	8,21	7,87	6,68	6,81	6,60		8,606	0,110		
$\bar{x}$ (dla łąk)	3,50	7,91	10,12	11,89	10,71	10,75	10,83	9,39		11,398	0,083		

\* Współczynnik regresji nr 1 wyraża ilość zmineralizowanego C na 1 g zmineralizowanego N; współczynnik regresji nr 2 wyraża ilość zmineralizowanego N na 1 g zmineralizowanego C.

\*\* — prawdopodobieństwo 99%; \*\*\* — prawdopodobieństwo 99,9%.

Wyniki ekstrakcji substancji humusowych z gleb  
Results of extraction of humus substances from soils

Nr gleby	Bitu- miny	Rodzaje ekstrakcji — wyniki w % C-organicznego gleby											Suma frakcji wyekstra- howana Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> i NaOH			Suma frakcji wyek- straho- wana H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> % C-organicz- nego	Pozo- stałość nie- wyek- straho- wana	C:N w po- zosta- łości
		0,1n Na <sub>4</sub> P <sub>2</sub> O <sub>7</sub> o pH 7,0			1n H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,1n NaOH			80% H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (celu- loza)	0,1n NaOH								
		numery frakcji				numery frakcji					suma frakcji 1-3	% C-or- ganicz- nego	g C/100 g gleby	g C/l gleby				
		1	2+3	4+5		1	2	3							suma frakcji 1-5			
1	3,63	4,24	4,13	1,72	10,14	18,13	24,39	6,44	4,59	35,42	3,33	1,19	46,75	22,19	54,36	21,46	24,93	13,5
2	2,80	4,60	4,54	1,89	11,03	19,98	23,69	7,75	4,33	35,77	3,30	1,40	48,20	23,90	58,08	23,28	21,60	17,6
3	5,05	13,11	13,23	3,42	29,76	14,26	20,47	5,87	4,81	31,15	2,33	1,51	62,42	14,85	65,48	16,59	15,66	23,5
4	5,52	7,63	8,78	3,61	20,02	14,33	9,06	6,82	3,77	29,65	2,72	1,51	51,18	20,45	53,99	17,05	23,11	20,4
5	5,49	6,24	7,32	3,37	16,93	17,16	22,22	6,39	3,96	32,57	1,87	1,79	51,29	3,56	32,82	19,03	18,96	22,8
6	8,22	4,18	6,02	3,55	13,75	20,43	20,17	6,41	3,12	29,70	2,11	0,98	44,43	4,59	33,96	22,54	17,23	22,2
7	3,23	4,95	7,97	2,64	15,56	23,33	29,22	7,53	4,15	40,90	1,69	1,57	58,03	3,05	29,00	25,02	12,23	29,3
8	5,64	3,55	5,19	3,15	11,89	16,81	25,93	6,21	2,82	34,96	2,03	1,50	48,35	5,23	42,83	18,84	22,23	27,3
9	2,27	10,34	12,44	4,63	27,41	13,64	28,27	5,35	4,24	37,86	2,06	1,11	66,38	4,90	50,22	15,70	16,00	23,6
10	4,42	10,79	9,02	3,81	23,62	12,99	22,25	6,10	3,11	31,46	2,71	1,59	56,67	10,77	77,87	15,70	18,07	17,6
11	9,71	7,49	4,91	2,92	15,32	19,64	29,70	6,27	2,97	38,94	2,51	2,48	56,74	2,39	28,92	22,15	10,83	13,6
12	7,41	7,08	8,32	3,71	19,11	17,73	16,48	5,55	2,98	25,01	1,84	1,02	45,14	3,19	29,16	19,57	26,71	14,6
13	7,23	3,80	5,36	2,90	12,06	15,22	1,36	0,59	0,83	2,78	12,08	51,05	45,89	2,03	20,14	27,30	18,06	12,5
14	8,75	5,68	7,82	2,93	16,43	19,18	1,33	0,85	0,54	2,72	12,34	1,50	20,65	1,67	15,40	31,52	35,13	12,8
15	4,05	6,02	7,35	3,13	16,50	12,27	33,20	4,14	3,22	40,56	5,90	2,37	59,43	1,25	19,04	18,17	17,77	9,8
16	6,01	5,15	8,42	4,13	17,70	16,13	30,56	4,35	2,10	37,01	2,68	2,40	57,11	1,25	19,80	18,81	16,75	9,8
17	5,51	5,37	6,60	3,31	15,28	19,44	20,32	4,84	4,16	29,32	3,76	2,95	47,55	1,16	16,65	23,20	19,96	12,4
18	6,23	4,75	7,26	3,59	15,60	21,94	21,20	5,81	3,12	30,13	2,59	2,46	48,19	1,77	22,76	24,53	17,01	14,4

w glebach uprawnych, co jest związane z większymi ilościami substancji organicznej, w tych pierwszych glebach. Jednak różnice te są często nieduże ze względu na większe zagęszczenie masy organicznej w glebach uprawnych. Natomiast zawartości frakcji hemiceluloz i celulozy oraz łączna ich suma są większe w wielu glebach użytkowanych łąkowo niż w glebach użytkowanych polowo.

Pomimo stosowania wielokrotnych ekstrakcji różnymi rozpuszczalnikami, w tym kwasami i ługami a niekiedy dość drastycznych warunków (ekstrakcja kwasami na gorąco), nie udało się wydzielić z badanych gleb pewnej dość dużej, bo rzędu 10,83-26,71% C-organicznego gleb (pozostałość niewyekstrahowana — tab. 6). Przy tym w tej pozostałości z gleb organicznych nastąpiło duże, bo 2-krotne poszerzenie stosunku C:N w porównaniu do gleb użytych do badań. Natomiast w czarnych ziemiach powiększenie wartości tego stosunku było nieznaczne.

Po oznaczeniu elementarnego składu substancji organicznej tej pozostałości z niektórych gleb okazało się, że bardzo wysoka była w niej zawartość węgla, a niska tlenu, w porównaniu z wartościami przyjmowanymi dla kwasów próchnicznych (tab. 7). Duże uwęglenie tej pozost-

Tabela 7

Skład elementarny pozostałości gleb po ekstrakcji związków humusowych

Elementary composition of soil residue after extraction of humus compounds

Nr gleby	Skład pierwiastkowy w %			
	C	H	O	N
1	63,44	6,08	25,77	4,71
2	65,49	6,66	24,14	3,73
3	58,54	5,49	33,48	2,49
4	62,59	5,53	28,82	3,06
10	75,86	8,67	11,16	4,31

stałości i mniejsze zawartości w niej azotu dowodzą, że nie były to wyłącznie związki humusowe. W skład tej pozostałości wchodzi prawdopodobnie zdenaturowane związki próchniczne oraz resztki w większym lub mniejszym stopniu przeobrażonej ligniny. Związki humusowe i związki ligniny mogą występować w glebach organicznych częściowo w formie kompleksów humusowo-ligninowych. Dane te dowodzą, że w cyklu przeobrażeń substancji organicznej w glebach murszowych powstają inertne, bardzo odporne na rozkład przez mikroorganizmy związki organiczne wysoko uwęglone, które nagromadzają się stopniowo w miarę wzrostu rozkładu substancji organicznej i upływu lat. Potwierdzeniem tego są znacznie węższe stosunki C:N w omawianej pozostałości po ekstrakcjach w glebach murszowo-torfowych nr 1 i 2 odwodnionych

przed 30 laty oraz zwiększenie się tych stosunków w uprawnych glebach murszowych i murszowatych w porównaniu z tymi glebami użytkowanymi łąkowo (tab. 6). Natomiast w czarnych ziemiach nr 13-18 i w glebach murszowo-mułowych nr 11 i 12 nastąpiło tylko bardzo nieznaczne poszerzenie stosunku C : N w pozostałości po ekstrakcjach w porównaniu do gleb wziętych do badań. Wskazuje to, że pozostałość niewyeksztrowana w tych glebach składała się przede wszystkim ze związków humusowych silnie związanych z częścią mineralną gleb.

#### b. SKŁAD FRAKCYJNY ORGANICZNYCH ZWIĄZKÓW AZOTOWYCH

Nie stwierdzono prawie różnic w oznaczonych frakcjach azotu między badanymi, różnymi podtypami gleb organicznych (tab. 8). Wystąpiły natomiast wyraźne prawidłowości w rozdziale azotu glebowego na frakcje w zależności od rodzaju użytkowania rolniczego gleb organicznych. Stwierdzono większe ilości azotu rozpuszczalnego w kwasie i dającego się oddestylować przy użyciu NaOH (frakcja 1), wynoszące 0,30-10,0% N-ogólnego we wszystkich glebach uprawnych, w porównaniu do gleb użytkowanych łąkowo. Odwrócenie tej zależności nastąpiło w ilościach

Tabela 8

Skład frakcyjny związków azotowych po hydrolizie w 6n HCl w % N ogólnego gleb  
Fractional composition of nitrogen compounds after hydrolysis in 6n HCl in % of total N of soils

Nr gleby	N ogólny % s.m. gleby	Fracje N			Suma frakcji
		w hydrolizacie *		niezhydro- lizowany	
		1	2		
1	4,05	27,66	45,25	23,73	96,64
2	4,07	17,66	55,43	23,45	96,54
3	2,13	19,21	51,01	25,38	95,60
4	3,14	19,88	57,33	19,91	97,12
5	0,52	26,30	49,46	20,51	96,27
6	1,01	20,79	53,25	20,10	94,14
7	0,49	22,79	50,79	22,62	96,20
8	1,11	19,83	55,28	19,96	95,07
9	0,75	19,72	45,82	30,52	96,06
10	1,59	19,42	57,17	19,71	96,30
11	0,42	20,98	59,29	15,01	95,20
12	0,61	20,52	58,72	17,54	96,78
13	0,36	18,50	53,13	24,61	96,24
14	0,81	18,96	52,23	28,23	99,42
15	0,18	19,02	54,16	23,56	96,74
16	0,19	20,43	55,16	22,47	98,06
17	0,22	23,53	59,72	14,26	97,51
18	0,34	21,54	53,45	16,40	91,39

\* 1 — oddestylowujący N; 2 — nieoddestylowujący N.

azotu rozpuszczalnego w kwasie i nie dającego się oddestylować ługiem (frakcja 2). Znacznie mniejsze ilości tej frakcji azotu, rzędu 3,79-11,35% N-ogólnego, wystąpiły w glebach uprawnych. Z kolei w glebach tych zwiększyła się ilość azotu nierozpuszczalnego w kwasach (frakcja 3) — 0,28-10,81% N-ogólnego. Z danych tych wynika, że pod wpływem uprawy w glebach murszowych nastąpiły dość znaczne straty azotu organicznego we frakcji 2, przy równoczesnym zwiększeniu się azotu organicznego frakcji 1 i 3.

Frakcja 2 azotu organicznego składa się głównie z aminokwasów i ma różne nazwy w literaturze: „frakcja aminokwasów”, „frakcja azotu kwasów humusowych” [40] lub „frakcja azotu aktywnego” [18]. Jest ona najbardziej podatna na rozkład i odbudowę w cyklu przemian związków azotowych w glebach [3, 47]. Natomiast frakcja 3 jest nazwana w literaturze „frakcją huminy” lub „frakcją azotu cyklicznie związanego” [40] bardzo opornie rozkładanego przez mikroorganizmy glebowe. Frakcja 1 składa się głównie z azotu amonowego i amidowego. W czarnych ziemiach różnice ilościowe w omawianych frakcjach azotu nie są duże i zarysowała się odwrotna tendencja zmian niż w glebach murszowych.

## 5. DYSKUSJA WYNIKÓW

### a. MINERALIZACJA I PRZEOBRAZENIA SUBSTANCJI ORGANICZNEJ W DAWNO ODWODNIONYCH GLEBACH ORGANICZNYCH

W warunkach laboratoryjnych, w okresie prowadzenia doświadczenia przez 360 dni, w glebach murszowych odwodnionych przed 100 i więcej laty (tab. 3 i 4), zmineralizowane zostały następujące ilości C-organicznego i N-ogólnego (ilości C i N przyjęte jako 100%): w glebach murszowo-torfowych nr 3 i 4 — 2,58% C i 3,39% N, w glebach murszowatych 5 i 6 — 4,15% C i 4,52% N, a nr 7 i 8 — 3,23% C i 3,48% N. W glebach murszowo-torfowych nr 1 i 2 odwodnionych przed 30 laty, a włączonych do badań w celu porównania wyników, mineralizacja organicznych związków C i N była podobna i wynosiła 3,28% C-organicznego i 4,49% N-ogólnego.

W podanych wyżej glebach stwierdzono nagromadzenie stosunkowo dużych ilości związków humusowych — 44,43-62,42% C-organicznego oraz dość znaczne ilości ligniny i jej pochodnych — 12,23-23,11% — C-organicznego (tab. 6). Prawdopodobnie zawartości ligniny są znacznie większe w tych glebach niż je oznaczono. Ligniny są częściowo rozpuszczalne w ługach (14,27), a zanim je określono, badane gleby 4-krotnie traktowano 0,1n NaOH. Z badań Estermana i wsp. [7] oraz Lyncha [23] wynika, że ligniny są bardzo odporne na rozkład przez mikroorganizmy glebowe.

W glebach murszowo-mułowych nr 9 i 10 stwierdzono podobnie duże ilości związków humusowych i dość dużo ligniny. Pomimo to minerali-



zacja organicznych związków C była w nich wyższa (4,87% C-organicznego), a N najwyższa (8,48% N-ogólnego) ze wszystkich badanych gleb.

W pozostałych glebach murszowo-mułowych nr 11 i 12 oraz czarnych ziemiach nr 13-18 w okresie 360 dni zmineralizowało się najwięcej organicznych związków C (5,61%), z wyjątkiem czarnych ziem nr 13 i 14, i dość duże ilości N (5,83%) — tabele 3 i 4. Intensywność mineralizacji organicznych związków C także była najwyższa w czarnych ziemiach w pierwszym półroczu prowadzenia doświadczenia (rys. 1). Z kolei w glebach tych stwierdzono małe ilości ligniny (wąski stosunek C : N w pozostałościach po ekstrakcjach — tab. 6), a dużo związków humusowych (44,34-72,39% C-organicznego) występowało w nich w trwałych kompleksach organiczno-mineralnych<sup>1</sup>.

Natomiast w dość licznych badaniach [6, 19, 28, 38] wykazano, że wiele związków organicznych, w tym związki humusowe, po utworzeniu soli z niektórymi kationami metali, a zwłaszcza po połączeniu się w kompleksy z minerałami ilastymi, podlegają pewnej stabilizacji i są oporniej rozkładane przez mikroorganizmy glebowe. Jednak Esterman i wsp. [8] w przeglądzie literatury wymieniają szereg prac wskazujących na stymulujące działanie koloidów mineralnych na rozwój mikroorganizmów. Badania Edwardsa [6] wykazały zaś, że rozbijanie i rozcieranie trwałych agregatów glebowych znacznie zwiększało mineralizację zawartego w nich azotu organicznego. Z danych tych wynika, że wiele czynników mogło mieć wpływ na intensywniejszą w warunkach laboratoryjnych mineralizację organicznych związków C i N wyrażoną w procentach w badanych glebach murszowo-mułowych i czarnych ziemiach.

Przedstawione wyniki badań sugerują, że w dawno odwodnionych glebach murszowych, wskutek stwierdzonej niskiej mineralizacji organicznych związków C i N, straty substancji organicznej są stosunkowo małe, a proces glebowy zmierza w kierunku zahamowania zamulenia tych gleb. Zaprzeczeniem tego są wyniki mineralizacji organicznych związków C w tych glebach, przeliczone na jednostkę objętości gleby. W niektórych glebach murszowych, dawno odwodnionych, omawiana mineralizacja była większa od kilku do kilkudziesięciu procent niż w czarnych ziemiach (tab. 4). Stwierdzono wysokie i udowodnione, dodatnie zależności korelacyjne między mineralizacją organicznych związków C a mineralizacją organicznych związków N we wszystkich 18 badanych glebach ( $r =$  od 0,880 do 0,984 — tab. 5). Potwierdza to wcześniej omówione wyniki, że w odwodnionych glebach murszowych wraz z intensywną mineralizacją organicznych związków C zachodzi jednocześnie podobnie wysoka mineralizacja N, co powoduje stopniowe zmniejszenie się tych składników w glebach i ich ubożenie.

---

<sup>1</sup> Wyniki badań nad kompleksami organiczno-mineralnymi występującymi w badanych glebach zostaną opublikowane w oddzielnej pracy.

Obliczone stosunki zmineralizowanego C i N za 360 dniowy okres rozkładu gleb nieznacznie tylko wahają się pomiędzy różnymi, dawno odwodnionymi podtypami gleb murszowych, a także czarnymi ziemiami (6,58-9,38) i są niskie (tab. 5). Te wąskie stosunki dowodzą, że w badanych glebach, w warunkach laboratoryjnych, następował duży rozkład humusu, który jest zasobny w azot. Waksman i wsp. [54] stwierdzili, że w niezmeliorowanym torfie niskim w okresie rozkładu 360 dni, została zmineralizowana duża ilość węgla, bo ok. 14% C-organicznego, a stosunek zmineralizowanego C : N wynosił jak 20,5 : 1. W porównaniu z tymi danymi w badaniach autora mineralizacja organicznych związków C, a także N, była 2 i 4-krotnie mniejsza w różnych, dawno odwodnionych glebach murszowych. W okresie 360 dni zostało zmineralizowane od 1,94-5,12% C-organicznego i 2,93-8,70% N-ogólnego.

Podane współczynniki regresji, wyrażające ilości zmineralizowanego C w g na 1 g zmineralizowanego N i odwrotnie, także nieznacznie wahają się między różnymi badanymi podtypami gleb murszowych i czarnymi ziemiami (7,122-11,079 g C na 1 g N i 0,080-0,123 g N na 1 g C — tab. 5).

Omówione wyniki badań dotyczące wysokich zależności korelacyjnych między mineralizacją organicznych związków C i N i wąskie stosunki zmineralizowanego C : N oraz wartości współczynników regresji — dają nowy pogląd na proces mineralizacji organicznych związków azotu w glebach murszowych. Dowodzą one, że w dawno odwodnionych glebach murszowych wraz z mineralizacją organicznych związków C zachodzi jednocześnie dość duża mineralizacja organicznych związków N, co powoduje stopniowe zmniejszenie się N-ogólnego w tych glebach i ich ubożenie. Jest to spowodowane rozkładem zakumulowanego w tych glebach humusu zasobnego w azot. Potwierdzeniem tego są także całkowite zawartości N-ogólnego wyrażone w % gleby s.m. i w g/l w wierzchniej 20 cm warstwie gleb organicznych objętych badaniami, z wyjątkiem gleby nr 10 (tab. 2). Intensywniejszy rozkład związków humusowych w omówionych glebach zaczyna się w okresie 20-30 lat po ich odwodnieniu, kiedy zostaną zhumifikowane większe ilości torfowych resztek roślinnych.

Przedstawione wyniki badań, dotyczące mineralizacji organicznych związków C i N dowodzą, że dawno odwodnione różne gleby murszowe nieznacznie różnią się pod względem składu jakościowego substancji organicznej, co zostało spowodowane daleko idącym przeobrażeniem wyjściowej substancji torfowej. Potwierdzeniem tego są wyniki badań dotyczące frakcjonowanego składu organicznych związków węglowych i azotowych w tych glebach (tab. 6 i 7). Ilość frakcji bitumin, hemice-luloz, celulozy oraz różnych frakcji związków humusowych podanych w % C-organicznego i azotu organicznego — nieznacznie waha się w różnych badanych glebach organicznych dawno odwodnionych. Wahania

zawartości wspomnianych frakcji w tych glebach często w większym stopniu zależą od sposobu rolniczego ich użytkowania niż od rodzaju i podtypu, a nawet typu glebowego. Potwierdzają to także wyniki oznaczeń składu elementarnej substancji organicznej 8 badanych gleb murszowych rozdzielonych na podfrakcje o różnym ciężarze właściwym (będą one przedmiotem innej publikacji autora). Z wyjątkiem gleb nr 9 i 10, między różnymi glebami murszowymi stwierdzono nieznaczne wahania w zawartości C (47,35-53,02%), H (5,63-7,70%), O (36,70-42,07%), N (2,78-4,40%). Nieduże ilości węgla, a dość duże wodoru i w związku z tym wąskie stosunki C:H (6,5-8,8) wskazują, że substancja organiczna w dawno odwodnionych glebach torfowych zawiera jeszcze domieszkę resztek roślinnych w małym stopniu zhumifikowanych. Stanowi ona mieszaninę, która składa się głównie ze związków humusowych i wspomnianych resztek roślinnych, w których znajdują się dość duże ilości ligniny i jej pochodnych.

#### b. WPLYW POLOWEGO I ŁAKOWEGO SPOSOBU UŻYTKOWANIA ODWODNIONYCH GLEB TORFOWYCH NA PRZEOBRAŻENIA SUBSTANCJI ORGANICZNEJ

W badanych glebach organicznych i czarnych ziemiach pod wpływem jednocześnie prowadzonych przez okres co najmniej 30 lat dwóch rodzajów użytkowania rolniczego-polowego i łąkowego, nastąpiły bardzo duże zmiany. W odwodnionych glebach organicznych, użytkowanych jako pola orne, w porównaniu do użytkowania łąkowego, stwierdzono płytszą miąższość profilów organicznych (w niektórych glebach), wyższe ciężary objętościowe i pH gleby, prawie 2-krotnie mniejszą zawartość substancji organicznej w niektórych glebach, w tym C-organicznego i N-ogólnego, w wierzchniej 20 cm warstwie (tab. 2). W tejże warstwie substancja organiczna zawierała większe ilości związków humusowych — od 6,86 do 11,60% C-organicznego, nieco większe ilości ligniny, a w wielu glebach mniej bitumin, hemiceluloz i celulozy (tab. 6). Ponadto w glebach uprawnych stwierdzono mniejsze ilości azotu rozpuszczalnego w kwasie wydzielonego w drugiej frakcji (3,79-11,35% N-ogólnego przyjętego jako 100%), a składającego się głównie z amidokwasów. Z kolei w glebach tych były większe zawartości azotu organicznego w pierwszej frakcji (0,30-10,0% N-ogólnego) i azotu nierozpuszczalnego, znajdującego się w związkach cyklicznych (0,28-10,81% N-ogólnego) — frakcja 3 (tab. 8). Wyniki te potwierdzają, a zarazem udowadniają słuszność hipotezy wysuniętej przez Świętochowskiego [49, 50] głoszącej „zmniejszenie się w miarę gospodarki na torfie, a zwłaszcza stosowania uprawy mechanicznej, związków azotowych łatwo mineralizujących się”. Świętochowski przedstawił tę hipotezę na podstawie wyników badań gleb torfowych świeżo zmeliorowanych i przypuszczał, że zmniejszenie się mineralizacji związków azotowych w dużym stopniu zależy od zmiany składu chemicznego związków organicznych w tych glebach, co udowodniają wyżej podane



wyniki badań. Potwierdzeniem tej hipotezy jest także niska mineralizacja substancji organicznej, w tym związków węglowych i azotowych w badanych glebach (tab. 3 i 4), co zostało już omówione oraz wyniki tejże mineralizacji w odwodnionych glebach uprawnych i pod użytkami zielonymi. Stwierdzono, że w okresie 360 dni w warunkach laboratoryjnych zostało zmineralizowane w murszowych glebach uprawnych (nr 1-12) średnio 3,51% C-organicznego i 5,03% N-ogólnego, a w glebach pod łąką odpowiednio 4,32 i 4,90% (w g C/l gleby s.m. odpowiednio 2,43 i 4,20 i w mg N/l gleby 349,3 i 436,1).

Omówione wyniki badań udowodniają, że uprawa mechaniczna odwodnionych gleb torfowych, w porównaniu do ich użytkowania łąkowego, znacznie przyspiesza tempo biochemicznych przeobrażeń substancji organicznej i jej mineralizację. Powoduje to ilościowe zmiany w składzie substancji organicznej i doprowadza do dużych strat zarówno C-organicznego, jak i N-ogólnego. W związku z tym proces ubożenia i zanikania tych gleb jest dość znacznie przyspieszany w czasie.

W glebach murszowych, znajdujących się pod wpływem procesu darniowego, powstającego przy trwałym użytkowaniu łąkowo-pastwiskowym, cykl przeobrażeń substancji torfowej jest podobny jak w glebach uprawnych, lecz znacznie powolniejszy w czasie. Jest to powodowane głównie gorszym ich natlenieniem i często większym uwilgotnieniem [20, 24, 25, 37] oraz istniejącą wówczas możliwością tworzenia się okresowo warunków redukcyjnych [29,44]. Z kolei duży dopływ świeżych resztek roślinnych może w znacznym stopniu równoważyć bilans materii organicznej (akumulacja — mineralizacja) w tych glebach. Zagadnienie wpływu procesu darniowego na bilans substancji organicznej w odwodnionych glebach torfowych wymaga dokładniejszego poznania.

#### WNIOSKI

Otrzymane wyniki badań pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. W badanych 3 podtypach gleb murszowych (murszowo-torfowe, murszowate i murszowo-mułowe) i jednym typie czarnych ziem wytworzonych z torfów, a zmeliorowanych przed 100 laty i więcej, stwierdzono dużo mniejsze zawartości C-organicznego i N-ogólnego w wierzchniej 20 cm warstwie gleby niż w glebach murszowo-torfowych odwodnionych przed 30 laty. Duże ich straty w glebach powstały głównie wskutek mineralizacji substancji organicznej. Wpłynęło to także na duże przeobrażenia tych gleb.

2. W badanych podtypach gleb murszowych dawno odwodnionych, w warunkach laboratoryjnych w okresie 360 dni stwierdzono, że mineralizacja substancji organicznej była mała, w tym niska C-organicznego (1,94-5,12%), a większa N-ogólnego (2,93-8,70%) oraz że średnie stosunki

zmineralizowanego C : N były wąskie (6,58-8,22). Główną przyczyną małej mineralizacji substancji organicznej w tych glebach jest akumulacja dużych ilości humusu i ligniny, które są wolno rozkładane przez mikroorganizmy glebowe.

3. Stwierdzone wysokie, dodatnie zależności korelacyjne ( $r = 0,880-0,984$ ) między mineralizacją organicznych związków C i N i wąskie stosunki zmineralizowanego C : N oraz wartości współczynników regresji dowodzą, że w dawniej odwodnionych glebach murszowych wraz z mineralizacją organicznych związków C zachodzi jednocześnie mineralizacja organicznych związków N, w tym humusu, co powoduje stopniowe zmniejszenie się N-ogólnego w tych glebach i ich ubożenie.

4. Substancja organiczna w 3 badanych podtypach gleb murszowych, odwodnionych przed 100 laty i więcej, nieznacznie różniła się pod względem składu jakościowego. Zawierała ona podobne ilości (w % C-organicznego) bitumin, hemiceluloz, celulozy i różnych frakcji związków humusowych i azotu organicznego (w % N-ogólnego) oraz prawie nie różniła się składem elementarnym.

5. W badanych glebach substancja organiczna składa się głównie ze związków humusowych (44,43-66,38% C-organicznego) i resztek roślinnych o różnym stopniu humifikacji, w których występują dość duże ilości ligniny i jej pochodnych (10,83-26,71% C-org.).

6. Uprawa mechaniczna odwodnionych gleb murszowych i czarnych ziem zwiększająca przede wszystkim natlenienie gleby, znacznie przyspiesza tempo biochemicznych przeobrażeń substancji organicznej i jej mineralizację. Powoduje to zmiany ilościowe i jakościowe w składzie substancji organicznej i doprowadza do dużych strat C-organicznego i N-ogólnego w tych glebach.

7. W procesie darniowym, występującym przy trwałym użytkowaniu łąkowo-pastwiskowym, a nakładającym się na proces murszowy w odwodnionych glebach organicznych, dość duża akumulacja substancji organicznej w postaci resztek roślinnych w wierzchniej warstwie gleby oraz powolniejsze tempo jej biochemicznych przeobrażeń — znacznie hamują proces ubożenia i zanikania tych gleb.

#### LITERATURA

1. Bingeman C., Varner J., Martin W.: The effect of the addition organic matter on the decomposition of an organic soil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 17, 1, 34-38 (1953).
2. Bremner J., Keeney D.: Exchangeable ammonium, nitrate and nitrite by extraction—distillation methods. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 30, 5, 577-587 (1966).
3. Cheng H., Kurtz L.: Chemical distribution of added nitrogen in soils. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27, 312-316 (1963).
4. Czertow O.: K charakteristike organiczeskogo wieczestwa osuszennych torfiano-bołotnych leśnych poczw leningradskoj oblasti. *Poczwowiedenie*, 3, 44-49 (1969).



5. Dragunow S., Popowa L.: Frakcyjnyj sostaw guminowych kisłot. Poczwowiedenie, 5, 33-40 (1969).
6. Edwards A.: Clay—humus complexes in soil. Soil chemistry and fertility. Meeting of Commission II and IV. Aberdeen, 33-39 (1966).
7. Estermann F., Peterson G., Mc Laren A.: Digestion of clay—protein, lignin, protein and silica—protein complexes by enzymes. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 1, 31-36 (1959).
8. Estermann F., Mc Laren A.: Stimulation of bacterial proteolysis by adsorbents. Jour. Soil Sci. 10, 1, 64-79 (1959).
9. Falkowski M., Karłowska G.: Rys historyczny przebiegu gospodarki łąkowo-pastwiskowej w dolinie rzeki Noteci i jej dopływów. Roczn. Nauk rol. F-72-2, 431-558 (1957).
10. Farmer V., Morrison R.: Lignin in sphagnum and phragmites and in peats derived from these plants, Geochim. cosmoch. Acta. 28, 1537-1546 (1964).
11. Frąckowiak H.: Intensywność mineralizacji torfianego azota na fonie processa murszenia. Zmiany torfianych poczw pod wpływem osuszenia i ispolzowania. Mińsk, 182-195 (1969).
12. Frerks W., Puffe D.: Untersuchungen über die Zersetzung der organischen Substanz in Mooröboden und Sandmischkulturen mittels der Stoffgruppenanalyse, insbesondere unter dem Einfluss der Kalkung. Zeitschr. Pflanzenernähr. Düng. Bodenk. 83, 1, 7-27 (1958).
13. Gołub T.: Biochemiczne procesy w celinnych i oswojonych torfiano-bołotnych poczwach. Poczwowiedenie, 7, 45-54 (1964).
14. Gottlieb S., Pelczar M.: Microbiological aspects of lignin degradation. Bacteriolog. Reviews. 15, (1951).
15. Gotkiewicz J.: Przebieg mineralizacji azotu w glebie torfowej różnie nawożonej i użytkowanej. Praca doktorska, Biebrza (1970).
16. Hayes M., Mortensen J.: Role of biological oxidation and organic matter solubilization in the subsidence of rifle peat. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 26, 6, 666-668 (1963).
17. Hodge C., Deale R.: The soil of the district around Cambridge. Harpenden (1966).
18. Jansson Sven L.: Trace studies on nitrogen transformation in soil with special attention to mineralization—immobilization relationships. Ann. Roy. Agr. Coll. Sweden. 24, 101-361 (1958).
19. Kobus J.: Rola montmorylonitu w przemianach związków organicznych. Praca habilitacyjna. Puławy (1970).
20. Kowaliński S.: Gleby murszowe i ich przeobrażenia pod wpływem uprawy płużnej. Pr. Wroc. Tow. Nauk. Wrocław (1964).
21. Kozakiewicz A.: Charakterystyka substancji organicznej gleb torfowych i torfów torfowisk dolinowych. Roczn. glebozn. 11, 73-100 (1962).
22. Kozakiewicz A.: Próba zastosowania pirofosforanu sodowego ( $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$ ) w analizie frakcjonowanej substancji organicznej torfów i gleb torfowych. Roczn. Nauk. rol. F-75-3, 563-574 (1961).
23. Lynch D., Lynch C.: Resistance of protein—lignin complexes, lignins and humic acids to microbial attack. Nature — London, 181, 1478-1479 (1958).
24. Łupinowicz S., Sołowiej I., Januszkiewicz K.: K woprosu wyjawienia swiazki między wieliczną okisleno a wostamowitielnogo potencjała i biologiczkiej aktiwnosti w torfiano-bołotnych poczwach. Trudy Inst. Mińsk, 8 (1958).
25. Łupinowicz S., Kurylenko N.: K woprosu izuczenija poczwiennych rastworów torfiano-bołotnych poczw. Trudy Inst. Mińsk, 8 (1958).
26. Łupinowicz S.: Zmiany fizyko-biochemicznych swojstw torfiano-bołotnych poczw pod wpływem melioracji i selskochozajstwiennogo ispolzowanija. Zmie-

- nienie torfianych poczw pod wlianiem osuszenia i izpolzowania. Mińsk, 34-50 (1969).
27. Marcinek I.: Badania nad składem chemicznym substancji organicznej gleb torfowych. Zesz. probl. Post. Nauk rol., 34, 127-137 (1962).
  28. Martin J., Ervin J., Shepherd R.: Decomposition of the iron, aluminium, zinc and copper salts or complexes of some microbial and plant polysaccharides in soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 30, 2, 196-200 (1966).
  29. Mekenzie L., Erickson A.: The use redox potentials in studies of soil geneses. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 18, 4, 481-485 (1954).
  30. Neller I.: Oxidation loss of lowmoor peat in fields with different water tables. Soil Sci. 58, 3, 195-208 (1944).
  31. Nikonow M., Perlin S.: O charaktiere izmienenija sostawa organiczeskogo wieszczestwa torfow w zamisimosti ot stieopieni ich razłożenia i tipa. Poczwo-wiedenie, 3, 77-82 (1963).
  32. Okruszko H.: Gleby murszowe torfowisk dolinowych i ich chemiczne oraz fizyczne właściwości. Roczn. Nauk rol. F-74-1, 5-89 (1960).
  33. Okruszko H.: Kształtowanie się warunków glebowych na zmeliorowanych tor-fowiskach. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 72, 13-27 (1967).
  34. Okruszko H., Liwski S.: Sielskohoziastwiennaja cennost poczw bołotnego prois-chożenia w swiazi z mineralizaciej osuszennych torfianikow. Izmienienie torfianych poczw pod wlianiem osuszenija i ispolzowanija. Mińsk, 105-114 (1969).
  35. Olszewski Z., Białousz S., Rusiecka D., Skłodowski P.: Przyczynek do poznania gleb hydrogenicznych murszowych Polski. Roczn. Nauk rol. A-90-2, 233-267 (1966).
  36. Olszewski Z.: Geneza i klasyfikacja gleb hydrogenicznych Polski. Roczn. Nauk rol. A-92-1, 27-41 (1966).
  37. Pierewierzew W., Gołowko E.: Wlianie okulturiwanija na fizyko chemiczeskie swojstwa i biologiczeskiju aktiwnost torfiano-bołotnych poczw. Poczwowiede-nie, 3, 60-68 (1968).
  38. Pinck L., Dyal R., Allison F.: Protein—montmorillonite complexes, their preparation and the effects of soil microorganisms on their decomposition. Soil Sci. 78, 109-118 (1954).
  39. Ponomariewa W., Nikołajewa T.: K metodikie izuczenija organiczeskogo wiesz-czestwa torfianych poczw. Trudy Poczwo. Inst. Dokuczajewa, 56 (1958).
  40. Porter L., Stewart B., Haas H.: Effect of long—time cropping on hydrolyzable organic nitrogen fractions in some great plains soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 28, 3, 368-370 (1964).
  41. Roguski W., Bienkiewicz P.: Zanikanie gleb organogenicznych w wyniku melio-racji. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 72, 61-86 (1967).
  42. Roguski W.: Intensiwność mineralizacji osuszonych torfianikow w usłowiach Polski. Izmienienie torfianych poczw pod wlianiem osuszenia i izpolzowania. Mińsk, 142-159 (1969).
  43. Schnitzer M.: Humic, fulvic acids relationships in organic soil and humification of the organic matter in these soils. Can. Jour. Soil Sci. 47, 245-250 (1967).
  44. Sell-Bekman I., Rabinowicz W., Kurowskaja O.: Profilynije kriwyje okislitielno—wosstanowitielnogo potencjała w swiazi z usłowiami poczwoobrazowanija. Poczwo-wiedenie, 6, 66-70 (1960).
  45. Skoropanow S.: Niekotoryje woprosy iz praktiki melioracji torfiano-bołotnych poczw. Poczwowiedenie, 1, 3-9 (1968).
  46. Stewart B., Porter L., Johnson D.: Immobilization and mineralization of nitro-gen in several organic fractions of soil. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27, 3, 302-304 (1963).

47. Stewart B., Johnson D., Porter L.: The availability of fertilizer nitrogen immobilized during decomposition of straw. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 27, 6, 656-659 (1963).
48. Struszyński M.: Analiza ilościowa i techniczna. Warszawa, 3 (1954).
49. Świętochowski B.: Tworzenie się  $\text{NO}_3$  na dzikim i zagospodarowanym torfowisku. Roczn. Nauk rol. 33, 34-47 (1934).
50. Świętochowski B.: Wpływ gospodarki polowej i łąkowej na niektóre fizykalne i biochemiczne własności torfu i jego żyzność. Roczn. łąk. 1, 48-76 (1935).
51. Skrypt — Metody analizy chemicznej gleb organicznych i materiałów roślinnych. IMUZ, Falenty (1967).
52. Tiurin I.: K metodike analiza dla sravnitolnogo izuczenija sostawa poczwienego humusa. Trudy Pocz. Inst. A. N. SSSR, 38 (1951).
53. Walczyna J.: Rozkład korzeni w warunkach aerobowych i anaerobowych oraz tworzenie się próchnicy. Roczn. Nauk rol. F-75-2, 319-342 (1962).
54. Walaman S., Purvis E.: The influence of moisture upon the rapidity of decomposition of low moor peat. Soil Sci. 34, 323-326 (1932).

ЯН ВАЛЬЧИНА

## ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ОРГАНИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА В ДАВНО ОСУШЕННЫХ МУРШЕВЫХ И ЧЕРНОЗЕМОВИДНЫХ ПОЧВАХ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАЧЕСТВЕ ПАШНИ И СЕНОКОСА

### Резюме

Целью исследований являлось изучение интенсивности минерализации органических соединений С и N, а также степени преобразования органического вещества в муршевых и черноземовидных почвах образовавшихся из давно осушенных торфяников (100 и больше лет тому назад), используемых попеременно как пашня и сенокосы. Опыт касающийся минерализации органического вещества в этих почвах (18 видов почв) проводился в лабораторных условиях в течение 360 дней, причем проводились измерения выделяющегося  $\text{CO}_2$  и образующихся  $\text{N-NH}_4$  и  $\text{N-NO}_3$ . Сверх того проводился фракционированный анализ органического вещества исследуемых почв, при определении содержания отдельных фракций гумуса, гемицеллюлоз, целлюлозы и других соединений.

Установлено, что минерализация органического вещества в этих почвах была небольшой в лабораторных условиях, составляя 1,94-5,12% органического С и 2,93-8,70% общего N за период 360 дней в температуре 25°C. Затем была установлена очень высокая положительная корреляция ( $r = 0,880-0,984$ ) между минерализацией органических соединений С и N во всех исследуемых почвах и узкое соотношение между минерализованными С и N (6,58-8,22). Эти результаты показывают, что происходит интенсивное разложение накопленного гумуса в этих почвах в природных условиях, в этом числе также и N гумуса, что приводит к постепенному снижению его содержания и обеднению этих почв.

Органическое вещество 3 исследуемых подтипов муршевых почв показывало только незначительные различия по отношению к качественному составу — оно содержало наиболее гумуса (44,43-66,38% органического С). Механическая обработка осушенных торфяных почв способствует значительному ускорению темпов биохимических преобразований органического вещества и его минерализации, а также исчезание этих почв, что представляет собой неблагоприятное явление.

JAN WALCZYNA

TRANSFORMATIONS OF ORGANIC MATTER IN MUCKS AND BLACK EARTHS  
DRAINED LONG AGO AND UTILIZED AS ARABLE LAND AND MEADOW

## Summary

The aim of the respective investigations was to recognize mineralization intensity of organic C and N compounds and transformation degree of organic matter in mucks and black earths developed of peatlands drained long ago (100 years or more) and utilized alternatively as arable land and meadows. An experiment on mineralization of organic matter in these soils (18 soil kinds) was carried out in laboratory conditions for 360 days while measuring the CO<sub>2</sub> secretion and the N-NH<sub>4</sub> and N-NO<sub>3</sub> formation. Moreover, a fractioning analysis of organic matter of the soils investigated was carried out while determining content of particular fractions of humus, hemicelluloses, cellulose and other compounds.

It has been found that organic matter mineralization in these soils was low in laboratory conditions, amounting to 1.94-5.12% of organic C and to 2.93-8.70% of total N for the period of 360 days at the temperature of 25°C. A very high positive correlation was found ( $r = 0.880-0.984$ ) between mineralization of organic C and N compounds in all the soils investigated and a narrow mineralized C:N ratio. These results prove an intensive decomposition of accumulated humus in these soils in natural conditions, including also humus N, what leads to its gradual content drop and impoverishment of these soils.

Organic matter of 3 muck soil subtypes investigated differed only slightly in qualitative respect: it contained more humus (44.43-66.38% of organic C). Mechanical cultivation of drained peat soils accelerates considerably the rate of biochemical transformations of organic matter and its mineralization as well as vanishing of these soils, what is an unfavourable phenomenon.