

## **Humifikacja i mineralizacja jako elementy składowe procesu murszenia gleb torfowych**

HENRYK OKRUSZKO, ALEKSANDER KOZAKIEWICZ

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, SGGW

Główną częścią składową gleb torfowych jest substancja organiczna. Substancja ta utrzymuje się w nich dzięki ochronnemu działaniu wody. Ze zmniejszeniem uwilgotnienia środowiska wywołanym melioracją, intensyfikuje się tempo działalności mikroorganizmów glebowych, prowadzących rozkład tej substancji. Rozkład zachodzi w formie dwóch równoległe występujących procesów: mineralizacji i humifikacji. O ile mineralizacja prowadzi do rozkładu zupełnego i zanikania substancji organicznej to humifikacja, powodując powstawanie nowych związków organicznych, w sposób zasadniczy przeobraża glebę. Rezultatem humifikacji jest tworzenie się określonego utworu organicznego o właściwej mu strukturze, składzie chemicznym, właściwościach fizycznych. Stąd wynika zainteresowanie badaniami w zakresie poznania humifikacji i związków humusowych w glebach.

Związki humusowe (kwasy i ich sole) powstające w trakcie procesu humifikacji dzieli się zwykle w oparciu o stosowane metody badawcze, na cztery grupy. Są to kwasy: fulwowe, hymatomelanowe, huminowe brunatne i huminowe szare. Często zamiast czterech wyróżnia się tylko dwie grupy: kwasy fulwowe oraz kwasy huminowe, z tym, że w grupie drugiej mieszczą się trzy poprzednio wymienione. Cechą podstawową wyróżnionych grup związków humusowych jest stopniowy, według podanej kolejności, wzrost ciężaru cząsteczkowego, zwiększanie się procentowej zawartości węgla i azotu, a zmniejszanie się zawartości tlenu i wodoru. Wzrasta przy tym stabilność to jest odporność na rozkład.

Na podstawie szeregu badań twierdzi się obecnie, że wymienione kwasy humusowe reprezentują pewien cykl przemian od masy roślinnej do tak zwanego węgla próchnicznego, to jest od świeżej substancji organicznej do inertnego humusu, gromadzącego się w glebach pozbawionych dopływu nowej substancji organicznej. Stąd kwasy fulwowe jako najprostsze (określane czasem jako "niedojrzałe") występują w większej ilości w pierwszej fazie rozkładu masy organicznej, później ilość ich zmniejsza się na skutek przechodzenia w związki inne, o bardziej złożonej budowie. Zjawisko to określa się mianem kondensacji i polimeryzacji kwasów humusowych.

W badaniach, jakie prowadzimy od szeregu lat nad procesem murszenia, wykonanych zostało wiele analiz składu chemicznego substancji organicznej. Wyniki tych analiz były prezentowane w różnych pracach [4, 5, 12, 13]. Obecnie w oparciu o nie, przy wykorzystaniu danych z prac innych autorów [9, 10] chcielibyśmy omówić jak różnicują się gleby murszowo-torfowe, pod wpływem procesu humifikacji.

Poznanie rodzajów przemian w zakresie humifikacji gleb murszejących można realizować przy dwóch różnych metodach podejścia do zjawiska. Metoda pierwsza to porównywanie w profilu glebowym warstw wierzchnich murszejących i warstw głębiej leżących, nie objętych procesem murszenia. Metoda druga to porównywanie warstw murszowych z profilów glebowych, różniących się stopniem zaawansowania procesu murszenia.

#### ZRÓŻNICOWANIA POWODOWANE HUMIFIKACJĄ W PROFILU GLEBY MURSZOWO-TORFOWEJ

Zestawiając wyniki z badań, jakie przeprowadziliśmy pierwszą metodą dochodzimy do wniosku, że w trakcie murszenia zmiany powodowane humifikacją idą w następujących kierunkach (tab. 1). Wzrasta

Tabela 1

Charakterystyka związków humusowych w profilach gleb murszowo-torfowych [5]  
Characteristics of humus compounds in the profiles of muck-peat soils [5]

Składniki	Poziomy genetyczne w profilu glebowym				
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>
Kwasy fulwowe w % C ogólnego w glebach:					
słabo zmurszałych (n=7)	15,3	11,8	9,2	9,3	8,4
silnie zmurszałych (n=3)	15,3	17,5	17,6	18,4	13,2
Kwasy huminowe w % C ogólnego w glebach:					
słabo zmurszałych (n=4)	39,9	39,4	40,1	36,7	34,7
silnie zmurszałych (n=3)	44,5	48,4	52,8	55,2	53,2
Stosunek kwasów huminowych do fulwowych w glebach:					
słabo zmurszałych (n=4)	2,3	3,2	3,4	3,5	3,6
silnie zmurszałych (n=3)	2,6	2,7	3,0	2,9	4,0
Kwasy hymatomelanowe w % masy gleby (n=3)	0,0	0,35	1,14	3,13	3,92
Zawartość N ogólnego w % suchej masy organicznej gleby (n=7)	4,84	4,41	4,29	3,88	3,75
Stosunek C:N					
w glebie (n=7)	11,8	13,2	14,2	16,0	17,2
w kwasach huminowych (n=9)	11,8	12,1	12,5	13,2	13,2

n = liczba badanych próbek.

w warstwach murszowych, w porównaniu do głębiej leżących torfowych, zawartość kwasów fulwowych. Wzrost ten jest w korelacji z tempem przemian powodowanych odwodnieniem. I tak np., jak wynika z badań Kozakiewicza [5], w profilach intensywnie odwodnionych, silniej zmurszałych (Bielawy i Rozważyn) zawartość kwasów fulwowych była największa w warstwach przejściowych, między murszem a torfem ( $M_3$  i  $T_1$ ), poddanych intensywnej humifikacji. Natomiast w profilach średnio odwodnionych (słabiej zmurszałych) kwasy fulwowe występowały najliczniej w powierzchniowej warstwie murszowej.

Zawartość kwasów huminowych zmienia się pod wpływem procesu murszenia w sposób dość różny. Ich ilość wzrasta najbardziej w warunkach murszejącego torfu (tab. 1) — czyli podobnie jak kwasów fulwowych. Szczegółowsza analiza istniejących na ten temat danych [9, 10], w oparciu o rozbięcie tej grupy kwasów na hymatomelanowe, huminowe brunatne i huminowe szare wykazuje, że pod wpływem procesu murszenia wzrasta ilość kwasów huminowych brunatnych, natomiast ilość kwasów hymatomelanowych i huminowych szarych — maleje. Wzrost ilości kwasów huminowych brunatnych jest mniejszy niż spadek ilości kwasów hymatomelanowych i szarych, co w rezultacie prowadzi do spadku łącznej ilości kwasów huminowych, w murszu przy porównywaniu z torfem. Natomiast jak już wspomnieliśmy występuje wyraźny wzrost ilości kwasów fulwowych, co powoduje zmianę stosunku kwasów huminowych do fulwowych. Stosunek ten zasługuje na uwagę jako wskaźnik dość charakterystyczny, świadczący o kierunku przemian w glebie. W glebach murszowo-torfowych jest on zwykle węższy w murszu a szerszy w głębiej leżącym torfie. Widoczny jest przy tym wpływ stanu zmurszeniem ( $M_1$ - $M_2$ - $M_3$ ) a wyraźny jego wzrost następuje dopiero w torfie relatywna większa ilość kwasów fulwowych, obserwuje się najwyraźniej w warstwie darniowej ( $M_1$ ). Natomiast w glebach silniej zmurszałych wąski stosunek utrzymuje się we wszystkich warstwach objętych murszeniem ( $M_1$ - $M_2$ - $M_3$ ) a wyraźny jego wzrost następuje dopiero w torfie podłoża ( $T_1$ ).

Charakterystyczne jest zmniejszanie się procentowej ilości szarych kwasów huminowych, np. z 11-16% w torfie do ok. 6% w murszu [9]. Kwasy te są wynikiem daleko posuniętej kondensacji związków humusowych. Duża procentowa ich zawartość w glebie jest dowodem wzrostu ilości starszych związków humusowych a tym samym świadectwem pewnej stabilizacji humusu.

Na uwagę zasługuje również fakt, że w murszu jest znacznie mniej związków bitumicznych niż w torfie, co świadczy o ich rozkładzie w procesie murszenia. Wynikiem tych zmian jest m.in. zwięźnienie stosunku C:N w masie organicznej średnio z 17,2 w torfie do 11,8 w murszu (tab. 1). Powszechnie uważa się, że masa organiczna o węższym stosunku

C:N jest bardziej podatna na przemiany biologiczne czyli bardziej aktywna.

Na podstawie tych wszystkich danych dochodzimy do wniosku, że proces murszenia to nie „degradacja” humusu torfowego, prowadząca przez polimeryzację i kondensację do związków inertnych, jak to twierdzono w pewnym okresie [6], lecz odwrotnie — jego aktywizacja. Murszenie można porównać do procesu kompostowania, w trakcie którego torf ulega aktywizacji. Aktywizacja ta polega na tym, że procesy biologiczne stymulowane tlenowymi warunkami, zachodzą szybciej i intensywniej, przeobrażając masę torfową przez tworzenie się nowych związków organicznych jak też mineralnych, w tym także dostępnych dla roślin.

#### ZRÓŻNICOWANIA POWODOWANE HUMIFIKACJĄ W GLEBACH O RÓŻNYM STOPNIU ZMURSZENIA

Jak już wspomnieliśmy tempo przemian biologicznych w glebie murszowej zależy od jej stanu odwodnienia. Najintensywniej zachodzi w warunkach wilgotności optymalnej, dla rozwoju mikroorganizmów, wynoszącej 70-80% porowatości gleby. Przy wysokim poziomie wody gruntowej i związanej z tym dużej wilgotności gleby, warunki właściwego napowietrzenia występują tylko w warstwie bliskiej powierzchni i ta tylko warstwa ulega przemianom związanym z murszeniem. Przy obniżonym poziomie wody gruntowej i powodowanym tym obniżeniu wilgotności gleby, rozkład i murszenie sięgają głębszych warstw profilu glebowego. W warstwach wierzchnich o wilgotności okresowo mniejszej niż optymalna, procesy biologiczne są mniej intensywne niż w nieco głębiej położonych, wilgotniejszych.

W wyniku zróżnicowanych warunków wodnych wykształca się określona morfologia profilu jak też następują pewne zmiany w zbiorowisku roślinności łąkowej, pokrywającej glebę. Na podstawie tych przesłanek wyróżniamy trzy stany zaawansowania procesu murszenia [14].

Stan przeobrażenia gleby pod wpływem murszenia musi mieć swoje odbicie w składzie chemicznym masy glebowej, co wskazuje na celowość badania tych gleb, drugą wspomnianą przez nas metodą, to jest porównywania gleb o różnym stopniu zaawansowania procesu murszenia.

Porównywanie takie podane jest w tabeli 2 w oparciu o wyniki wykonanych analiz. Badaniami objęto 32 próbki glebowe posegregowane w 3 grupy Mt I, Mt II i Mt III. W glebach tych oznaczono zawartość kwasów huminowych i fulwowych oraz obliczono stosunki między tymi kwasami.

Z podanych liczb a w szczególności ze średnich zawartości dla wydzielonych grup wynika, że istnieje wyraźna różnica w zawartości kwa-

Tabela 2

Zawartość związków humusowych w glebach zróżnicowanych stopniem zmerszenia (w % C ogólnego)  
Content of humus compounds in the soils with different mucking degree (in % of total C)

	Zawartość kwasów huminowych			Zawartość kwasów fulwowych			Stosunek kwasów huminowych do fulwowych		
	Mt I	Mt II	Mt III	Mt I	Mt II	Mt III	Mt I	Mt II	Mt III
17,39	16,34	23,82	11,70	9,49	12,00	1,49	1,72	1,98	
15,78	17,32	23,70	11,49	10,32	13,08	1,37	1,68	1,81	
20,95	14,92	24,25	16,39	10,06	11,96	1,26	1,48	1,84	
20,93	17,81	24,06		11,97	8,03		1,49	3,32	
14,40	17,69	26,64	16,10	11,78	13,41	1,30	1,50	1,81	
22,10	19,05	24,30	10,72	10,66	7,29	1,34	1,78	2,59	
19,67	19,58	18,89	15,30	11,14	10,14	1,45	1,76	2,44	
18,12	19,30	24,76	16,44	13,29	13,40	1,20	1,45	1,81	
16,04	18,39	24,20	13,56	11,04	11,42	1,34	1,67	2,55	
17,98	23,80	29,10	14,64	16,44	12,74	1,10	1,45	2,10	
8,68		26,82	13,76			1,31			
			10,58			0,82			
Średnio:									
17,46	18,42	25,49	13,69	11,62	11,52	1,27	1,60	2,20	
Od-do:									
8,68-22,10	14,92-23,80	18,89-29,10	10,58-16,10	9,49-16,44	8,03-13,21	0,82-1,45	1,45-1,72	1,81-3,32	

sów huminowych i fulwowych przy porównywaniu gleb Mt I i Mt III. Gleby słabo zmurszałe (Mt I) mają mniej kwasów huminowych (17,46-24,59%) a więcej fulwowych (13,69-11,52%). Gleby średnio zmurszałe (Mt II) w zawartości kwasów huminowych zbliżone są do gleb Mt I, w zawartości kwasów fulwowych do Mt III. Bardzo wyraźnie zarysowuje się odrębność trzech wydzielonych grup glebowych na tle stosunku kwasów huminowych do fulwowych. Stosunek ten najniższy jest w glebach Mt I (średnio 1,27), nieco wyższy w glebach Mt II (1,60) i najwyższy w grupie Mt III (2,20). Na uwagę zasługuje fakt, że wartości charakteryzujące ten stosunek, występujące w jednej grupie glebowej nie powtarzają się w grupie sąsiedniej, co świadczy o wyraźnym zarysowaniu się różnic w porównywanych grupach.

Wskaźnik ten jest odbiciem intensywności przemian biologicznych, wynikiem których jest powstawanie świeżych kwasów humusowych w postaci fulwokwasów. Można twierdzić, że jest to wskaźnik aktywności biologicznej gleby. Wskazuje na to analiza wartości tego wskaźnika na tle produktywności gleby. I tak w każdej z wydzielonych grup, a szczególnie w grupach Mt II i Mt III wartości wskaźnika bliższe granicy dolnej przedziału, dotyczą gleb z użytków zielonych intensywnych, o bujnej, dobrze plonującej runi. Gleby te charakteryzują się zwięzłą, zwartą strukturą, nadawaną im przez spajające glebę lepiszcze w postaci świeżych kwasów humusowych. Natomiast gleby o wskaźniku bliższym wartości maksymalnych w danym przedziale (mniej kwasów fulwowych) pochodzą z łąk o runi znedźniałej, nisko plonującej. Mają one strukturę luźną, wyraźnie rozziarnioną, sypką. Masa nie lepi się, jest jakby sucha. Tak np. gleby z grup Mt III o wysokim wskaźniku 2,55 pochodziły z torfowiska Parciaki, a o wskaźniku 3,32 (najwyższym) z torfowiska Modzełówka. W obu przypadkach były to torfowiska o zdegradowanej szacie roślinnej, to znaczy o bardzo nędznej roślinności, z dużą ilością powierzchni bez darni. W glebach tych zachodziło minimalne akumulowanie się świeżej substancji organicznej z korzeni darni.

Wydaje się, że omawiany wskaźnik po przeprowadzeniu dalszych badań metodycznych oraz ustaleniu i sprawdzeniu przedziałów jego wartości może być przydatny do charakteryzowania gleb murszowych. Potrzeba takiego charakteryzowania jest istotna zarówno przy oszacowywaniu właściwości biochemicznych np. tempa mineralizacji azotu glebowego jak też właściwości fizyczno-wodnych. Gleby zwięzłe są mniej podatne na przesuszenie powierzchniowe niż rozziarnione, w których łatwo występuje przerywanie podsiąku kapilarnego. Obecnie stan zróżnicowania murszowej masy glebowej określa się w Instytucie Melioracji i Użytków Zielonych na przesłankach morfologicznych, stosując 5-stopniową skalę. Jest to skala subiektywna i dlatego potrzebne jest znalezienie sposobu jej weryfikowania w oparciu o oznaczenia laboratoryjne.

## WPLYW HUMIFIKACJI NA ZWIĄZKI AZOTOWE W GLEBIE

Przemiany biochemiczne zachodzące w czasie murszenia są szczególnie interesujące z punktu widzenia mineralizacji azotu. Ogólne ilości azotu w glebach murszowo-torfowych w warstwie 0-20 cm są rzędu 20 tys. kg/ha. W związku z tym niewielkie nawet różnice w zakresie mineralizacji masy organicznej powodują duże różnice w ilościach dostępnego dla roślin azotu.

Jak wynika z tabeli 1 zawartość N ogólnego w masie murszu jest wyższa o ok. 30% w porównaniu do torfowego utworu macierzystego. Następuje więc pewna akumulacja azotu w trakcie murszenia substancji organicznej. Pewne światło na zagadnienie w jakich związkach azot ten jest akumulowany rzucają dane zawarte w tabeli 3, podającej procentowe zawartości N w związkach wydzielonych z gleb murszowo-torfowych metodą analizy frakcjonowania według Ponomarewej. Z danych tych wynika, że w murszach w porównaniu do torfu wzrasta zawartość azotu związanego przez kwasy fulwowe i związki hydrolizujące (hemieluloza i celuloza). Zmniejsza się natomiast zawartość azotu w kwasach huminowych i nie hydrolizującej pozostałości (lignina). Świadczy to, że w wyniku murszenia azot częściowo przechodzi do związków łatwiej rozkładalnych. Przemawiają za tym również inne dane podane w tabeli 3. Ilość azotu łatwo hydrolizującego (oznaczonego metodą Tiurina-Kononowej, jest wyższa w murszu niż w torfie o prawie 0,5% jego — ogólnej ilości, co w przypadku badanych gleb daje ok. 100 kg/ha N mineralnego.

Jak wynika z badań Marcinka i Michajluka [10] azot tkwiący w związkach huminowych jest słabiej związany w murszu niż w torfie. Wska-

Tabela 3

Zawartość azotu w poszczególnych frakcjach wydzielonych z gleb murszowo-torfowych w % N ogólnego (średnie z 7 profili)

Nitrogen content in particular fractions isolated from muck-peat soils in % of total N (means for 7 profiles)

Wydzielone frakcje	Poziomy					Źródło
	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	
Azot:						
kwasów huminowych	40,13	45,09	48,16	49,07	47,22	[5]
kwasów fulwowych	21,63	20,70	20,29	21,74	18,15	[5]
związków hydrolizujących w kwasie siarkowym (1,0n i 80%)	24,58	21,54	19,79	15,58	16,64	[5]
nie hydrolizującej pozostałości	15,99	17,02	17,85	22,79	23,96	[5]
Azot łatwo hydrolizujący	1,54	1,27	1,19	1,12	1,08	[15]
Azot brunatnych kwasów huminowych hydrolizujący w 6n HCl (w % N ogólnego tych kwasów)	64,8		54,4		52,8	[10]

zują na to dane dotyczące ilości N hydrolizującego w 6n HCl z brunatnych kwasów huminowych (tab. 3). Kwasy brunatne z murszu miały 64,8% azotu podatnego na hydrolizę, podczas gdy te same kwasy wydzielone z torfu zawierały 52,8% (ilość N ogólnego tych kwasów).

Przytoczone dane wskazują, że proces murszenia przeobraża torf w kierunku zwiększenia dostępności azotu. W związku z tym powstaje pytanie jak zjawisko to przebiega na tle stanu zaawansowania procesu murszenia.

Z badań Frąckowiaka [1] wynika, że mineralizacja azotu jest proporcjonalna do nasilenia procesu murszenia (związanego z intensywnością odwodnienia) z tym jednak, że w starych, silnie odwodnionych murszach następuje spadek intensywności tych przemian. Wyniki prac Gotkiewicza [2, 3] wykazują, że mineralizacja azotu jest ściśle uzależniona od stanu przeobrażenia gleby po odwodnieniu z tym, że w glebach bardziej zmurszałych a przez to natlenionych tworzy się więcej N mineralnego w formie azotanów a mniej w formie amoniaku.

Badania Maciaka [8] wykazały zmniejszanie się ilości azotu aminowego, bardziej podatnego na mineralizację, a zwiększanie N huminowego nierozpuszczalnego, zachodzące równoległe do czasu trwania uprawy gleb torfowych użytkowanych jako grunty orne.

Tabela 4

Zawartość związków azotowych zróżnicowanych metodą hydrolizy w 6n HCl w glebach torfowych w różnym stopniu zmurszenia (średnio z 4 gleb w każdej grupie)  
Content of nitrogen compounds differentiated with the method of hydrolysis in 6n HCl in peat soils with different mucking degree (means for 4 soils in each group)

Stopień zmursze- nia gleby	N amino- cukrów	N w związ- kach cy- klicznych		N ogólny	
	w % N ogólnego	N aminowy		w % s.m. gleby	w % s.m. substancji organicznej
Mt I	12,7	43,2	38,4	3,11	3,68
Mt II	13,8	43,2	37,7	3,60	4,21
Mt III	17,0	39,8	37,4	3,82	5,00

Pewne dane na temat zróżnicowania związków azotowych w substancji organicznej gleb różnie zmurszałych podaje tabela 4. Zawiera ona wyniki badań przeprowadzonych metodą hydrolizy w 6n HCl na próbkach glebowych, reprezentujących wydzielane przez nas stadia zaawansowania procesów murszenia. Wyniki te wskazują, że w miarę wzrostu stopnia zmurszenia gleby zwiększa się procentowa zawartość azotu związanego w aminocukrach. Natomiast różnice w innych grupach związków azotowych wydzielonych tą metodą nie są wyraźne z tym, że



obserwuje się pewien spadek ilości azotu aminowego w torfach silnie zmurszałych.

Reasumując można stwierdzić, że proces murszenia zwiększa ilość azotu podatnego na mineralizację oraz azotu mineralnego w glebach świeżo odwodnionych. W miarę trwania tego procesu, przy niezmiennych warunkach odwodnienia, ilości tych form azotu stopniowo zmniejszają się, co prowadzi do wyczerpywania się zasobności gleby w azot dostępny dla roślin.

Pokrywa się to z obserwacjami z praktyki, które wykazują, że gleby torfowe po melioracji i zagospodarowaniu dostarczają roślinom dużo azotu mineralnego, tak że często nawożenie tym składnikiem jest zbędne. W miarę upływu lat ilości te zmniejszają się i stają się niewystarczające do uzyskania wysokich plonów siana. Na ile jest to związane z naturą chemiczną przeobrażającej się masy organicznej, a warunkami powietrzno-wodnymi w glebie — nie można obecnie odpowiedzieć. Należy jednak przypuszczać, że czynnik drugi, to jest zagęszczenie się pod wpływem murszenia masy glebowej oraz obniżanie się powierzchni a tym samym zmniejszanie się napowietrzenia gleby odgrywają tu bardzo istotną rolę. Wiadomo bowiem, że często gleby murszowo-torfowe reagujące pozytywnie na nawożenie azotowe, czyli cierpiące na brak azotu w glebie, przestają tę reakcję wykazywać po pogłębieniu odwodnienia, względnie po zagospodarowaniu powodującym przewietrzenie gleby.

Z punktu widzenia dostępności azotu mineralnego z gleby nie tyle istotny jest rodzaj substancji, co sam proces jej rozkładu, uwalniający azot. Proces ten musi być podtrzymywany zarówno przez obecność (lub dopływ) substancji podatnej na rozkład jak też warunki biofizyczne zapewniające jego zachodzenie. Są to: temperatura, wilgoć, napowietrzanie i odczyn. Muszą one być w określonym optimum zapewniającym rozwój mikroorganizmów glebowych. Obniżenie któregoś z wymienionych czynników poniżej pewnego progu zahamuje proces mineralizacji masy organicznej. Zahamowanie zaś procesu prowadzi do tego, że substancja organiczna w glebie staje się inercyjna, to znaczy nie ma wpływu na żyzność środowiska. Nie oznacza to jednak wyeliminowania jej wpływu na warunki produkcyjne środowiska. Nie rozkładająca się lub słabo rozkładająca masa organiczna gleby może spełniać wysoce pozytywną rolę jako magazyn wilgoci glebowej. W takich warunkach składniki mineralne potrzebne roślinom muszą być dostarczone w formie nawozów.

#### ZAKRES MINERALIZACJI SUBSTANCJI ORGANICZNEJ W GLEBACH MURSZOWYCH

Mineralizacja i ubytek substancji organicznej w odwodnionych glebach torfowych lub innych organicznych są zjawiskiem powszechnym, stwierdzonym w różnych warunkach geograficzno-klimatycznych. U nas

najobszerniejsze naświetlenie tego zjawiska dał Roguski [15] wyliczając przy tym, że średnio rocznie powierzchnie naszych odwodnionych torfowisk obniżają się o 1 cm. Autor ten zakłada przy tym, że obniżenie w 50% jest przyczyną kondensacji masy glebowej a w 50% jej mineralizacji. Wychodząc z tego założenia obliczyliśmy dla 12 szczegółowo zbadanych profili, reprezentujących gleby murszowo-torfowe z różnych terenów kraju, ilości składników ulegających rocznie mineralizacji. Wyniki zamieszczone są w tabeli 5.

Tabela 5

Ilość składników powstających rocznie w glebie murszowo-torfowej w wyniku mineralizacji masy glebowej w kg/ha [13] (średnie z 12 gleb)

Amount of compounds forming yearly in muck-peat soil in consequence of the soil bulk mineralization in kg/ha [13]

Składnik	Od-do	Średnio
Substancje organiczne ulegające mineralizacji	7 700-18 500	9 600
C	4 000-10 900	5 500
N	325-825	416
K <sub>2</sub> O	2-41	10
CaO	100-1517	654
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	34-76 (300) <sup>a</sup>	55
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	99-891	433
Części popielne pozostające po mineralizacji	1300-3400	2 800

<sup>a</sup> Gleby z wiwianitem.

Z danych zawartych w tej tabeli na szczególną uwagę zasługują następujące: do utrzymania równowagi zapasów substancji organicznej w glebie potrzeba aby rocznie pozostałości w formie resztek poźniwnych (korzeni) wynosiły średnio 9,6 t/ha suchej masy organicznej. Z mineralizacji masy organicznej w glebach murszowych wydziela się rocznie 5500 kg węgla, z czego duża część w formie powstającego kwasu węglowego musi być zneutralizowana przez odpowiednie kationy. Wydaje się, że zjawisko to ma bardzo duży wpływ na przebieg wielu bardzo słabo poznanych dotychczas reakcji chemicznych w tych glebach. Do jednej z tych reakcji należy zapewne zaliczyć proces ługowania wapnia. Rocznie z mineralizacji substancji torfowej wydziela się średnio 416 kg/ha CaO. Pomimo tej ilości nie obserwuje się alkalizacji gleby ani też akumulacji w warstwie murszowej wapnia. Zarówno w glebach torfowych świeżo odwodnionych jak też starych murszach zawartości wapnia są bardzo zbliżone, to jest rzędu 4-6% suchej masy gleby [13].

W murszach zachodzi gromadzenie się związków żelaza i to zarówno w wyniku mineralizacji dostarczającej rocznie kilkaset kg/ha Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> jak też w wyniku wytrącania się jonu żelazowego z podsiąkających do po-

wierzchni gleby wody gruntowej, zasobnej w ruchome żelazo dwuwartościowe. Wynikiem tego jest występowanie w niektórych glebach murszowych żelaza w ilości 10-15% s.m. co daje w przeliczeniu na warstwę orną ok. 50 t/ha  $Fe_2O_3$ . Tylko zjawiskiem powstawania kompleksowych związków żelaza z kwasami humusowymi i blokowania tą drogą sił sorpcyjnych można wytłumaczyć występowanie fosforu dostępnego dla roślin w tego rodzaju glebach.

Ilości substancji mineralnej akumulującej się w glebie w wyniku mineralizacji są rzędu 2,8 t/ha rocznie. Biorąc pod uwagę, że gleba mineralna ma ciężar objętościowy  $1,2 \text{ g/cm}^3$  co daje w warstwie 0-20 cm 2400 t/ha masy glebowej widzimy, że do wytworzenia się drogą ewolucji przez mineralizację, warstwy gleby mineralnej na torfie, trzeba byłoby ponad 800 lat, a torfu miąższości ponad 8 m (o popielności wyjściowej 22,6%). W przypadku torfów o niższej popielności proces ten trwałby do 2000 lat. W świetle tego staje się zrozumiały fakt, że nie spotykamy w przyrodzie gleb mineralnych wytworzonych na odwodnionych torfowiskach w wyniku mineralizacji torfu. Jeśli mineralizacja zachodzi nieprzerwanie to doprowadza ona do całkowitego zaniku torfu i wytworzenia się nowej gleby z utworu mineralnego podścielającego torfowisko. Jak z tego wynika, gleby torfowe stale zmieniają swój skład pod wpływem zachodzącej mineralizacji. Tym samym mineralizacja masy organicznej nieodłączna część procesu murszenia powoduje, że gleby murszowe można rozpatrywać tylko w ujęciu dynamicznym. Niemożliwe jest charakteryzowanie bez podawania stanu zaawansowania procesu murszenia, uzależnionego od czasu trwania tego procesu oraz stopnia jego intensywności. Czynniki te są w ścisłym związku z melioracją torfowiska. Tym samym wszelkie badania gleb torfowych muszą ściśle nawiązywać do spraw melioracyjnych.

#### WNIOSKI

Z analizy zjawisk humifikacji i mineralizacji glebowej masy organicznej, stanowiących składową część procesu murszenia, wynikają następujące wnioski:

1. Proces murszenia powoduje aktywizację przemian biochemicznych w utworze torfowym. W wyniku tego nasila się humifikacja torfu, co widoczne jest w zwiększaniu się ilości prostych kwasów humusowych typu fulwokwasów, powstających w pierwszych fazach humifikacji.

2. Humifikacja masy torfowej w czasie murszenia jest zjawiskiem dynamicznym związanym z układem warunków siedliskowych, w których występują gleby objęte tym procesem. W warunkach zapewniających stały dopływ świeżej substancji roślinnej czyli typowych dla siedlisk wysokoprodukcyjnych humifikacja charakteryzuje się wysokim procentowym udziałem fulwokwasów w związkach humusowych. W wa-

runkach siedlisk zubożałych, o niskiej produktywności, humifikacja charakteryzuje się polimeryzacją i kondensacją kwasów humusowych, prowadzącą do powstawania związków bardziej inertnych, zbliżonych do węgla próchnicznego.

3. Dopływ świeżej substancji roślinnej do warstwy objętej murszeniem zachodzić może w wyniku powstawania nowej masy w formie korzeni roślin, intensywnie rozwijających się w glebie lub też w wyniku przesuwania się procesu murszowego do warstw torfu położonych niżej, w rezultacie obniżenia ich wilgotności, powodowanego pogłębieniem systemu odwadniającego.

4. Biorąc pod uwagę rolę nowej substancji roślinnej, widoczne staje się, że proces murszenia na zmeliorowanych torfowiskach użytkowanych jako łąki i pastwiska jest odpowiednio modyfikowany zachodzącym w tych glebach procesem darniowym. Z kolei proces darniowy pozostaje w ścisłym związku z intensywnością prowadzonej gospodarki, a szczególnie nawożenia. Tym samym sposób gospodarowania na torfowiskach ma istotny wpływ na glebę to jest stan zaawansowania zachodzących w niej przemian.

5. Humifikacja i mineralizacja masy organicznej gleb murszowych wywierają istotny wpływ na przemiany związków azotowych w tych glebach. Przewaga przemian typu rozkładu związków organicznych, której towarzyszy zwiększona ilość fulwókw kwasów, sprzyja zwiększaniu się ilości związków azotowych łatwo rozkładalnych. W warunkach kondensacji związków humusowych, które znamionują przygasanie procesów rozkładowych, ilość łatwo rozkładalnych związków azotowych zmniejsza się.

6. Zachodząca w glebach murszowo-torfowych mineralizacja, wyrażająca się w naszych warunkach ubytkiem ok. 10 t/ha masy organicznej, powoduje stałe przeobrażanie się składu tych gleb. Czynnikiem przy tym wysoce istotnym, a mało dotychczas poznanym, jest wyzwalanie się średnio 5500 kg/ha węgla, co powoduje stały przepływ przez te gleby znacznych ilości kwasu węglowego.

7. Ilości pozostającej w glebach torfowych po mineralizacji masy organicznej, substancji mineralnych nie są na tyle duże, aby mogła powstać tą drogą warstwa gleby mineralnej chroniąca głębiej leżący torf przed mineralizacją, w sposób jaki to zachodzi na torfowiskach napiaszczonych.

#### LITERATURA

1. Frąckowiak H.: Mineralizacja związków azotowych na tle zróżnicowania gleb doliny Kanału Bydgoskiego. Praca doktorska (1966).
2. Gotkiewicz J.: Mineralizacja azotu w glebach torfowych różnie użytkowanych, nawożonych i nawadnianych. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 146 (1973).
3. Gotkiewicz J.: Wpływ procesu murszenia gleby torfowej na wielkość stosunku azotu azotanowego do amonowego. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 146 (1973).

4. Kozakiewicz A.: Chemiczna charakterystyka substancji organicznej gleb łąkowo-torfowych wytworzonych z torfów niskich. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 25, 173-196 (1960).
5. Kozakiewicz A.: Charakterystyka substancji organicznej gleb torfowych i torfów torfowisk dolinowych Rocz. Gleb. XI, 73-100 (1962).
6. Kwinichidze M.: Zagadnienie próchnicy i degradacji gleb z torfów niskich. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 10, 7-35 (1957).
7. Kwinichidze M., Marcinek J.: Połączenia próchniczne w glebach torfowych zdegradowanych i nieuległych degradacji. Zesz. prob. Post. Nauk rol. 17, 121-142 (1958).
8. Maciak F.: Badania nad formami azotu w torfach. cz. II. Rocz. Nauk rol. A-88-1, 43-57 (1963).
9. Marcinek J.: Badania nad składem chemicznym substancji organicznej gleb torfowych. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 34, 127-138 (1962).
10. Marcinek J., Michajluk L.: Badania nad składem chemicznym substancji organicznej i połączeń próchnicznych gleb torfowych. Pr. Kom. Nauk rol. Pozn. Tow. Przyjaciół Nauk XVIII, 3, 283-303 (1964).
11. Maksimow A., Liwski S., Kozakiewicz A.: Chemiczne właściwości torfu na podstawie badań torfowiska Bagno Pulwy. Rocz. Nauk rol. A-74-1, 91-112 (1960).
12. Okruszko H.: Zagadnienie degradacji torfowisk na tle właściwości fizycznych i żyzności torfu. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 10, 37-72 (1957).
13. Okruszko H.: Gleby murszowe torfowisk dolinowych i ich chemiczne oraz fizyczne właściwości. Rocz. Nauk rol. F-74-1, 5-89 (1960).
14. Okruszko H.: Kształtowanie się warunków glebowych na zmeliorowanych torfowiskach. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 72, 13-27 (1967).
15. Roguski W., Bieńkiewicz P.: Zanikanie gleb organicznych w wyniku melioracji. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 72, 61-86 (1967).

ГЕНРИХ СКРУШКО, АЛЕКСАНДР КОЗАКЕВИЧ

## ГУМИФИКАЦИЯ И МИНЕРАЛИЗАЦИЯ КАК СОСТАВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ ПРОЦЕССА МУРШЕНИЯ ТОРФЯНЫХ ПОЧВ

### Резюме

На основании результатов лабораторных исследований описанных в трудах нескольких авторов [4, 5, 12, 13] дается характеристика влияния процесса гумификации на свойства муршево-торфяных почв. Установлено, что в результате гумификации происходящей после осушения торфяника, в почве повышается количество простых гумусных кислот типа фульвокислот. Количество этих кислот выше в интенсивно используемых почвах, с высоким содержанием массы корневых остатков. В экстенсивно используемых почвах, с малым притоком новой растительной массы происходит явление поляризации и конденсации гумусных кислот. Это приводит к образованию инертных гумусных соединений типа гумусного угля. Из этого следует, что способ использования торфяной почвы оказывает существенное влияние на происходящие изменения в ее органическом веществе. Существует прямая зависимость между содержанием фульвокислот в почве и образованием легко разложимых азотных соединений.

Происходящая в муршево-торфяной почве минерализация вызывает потерю около 10 т/га органического вещества в год, с чем связано освобождение в среднем около 5500 кг/га угля в год. Это приводит к постоянному проходу

через почву значительных количеств углекислоты, оказывающей существенное влияние на биохимические изменения в почве.

Количества минеральных веществ накапливающиеся в торфяной почве не на столь большие, чтобы приводить к образованию на поверхности торфяника минерального слоя защищающего почву от дальнейшей минерализации с способ наблюдаемый на пескованных торфяниках.

HENRYK OKRUSZKO, ALEKSANDER KOZAKIEWICZ

## HUMIFICATION AND MINERALIZATION AS MUCKING PROCESS ELEMENTS IN PEAT SOILS

### Summary

On the basis of laboratory investigations presented in the works of several authors [4, 5, 12, 13] the effect of humification process on properties of muck-peat soils has been characterized. It has been found that in consequence of humification occurring after peatland drainage, a content increase of simple humus acids of fulvic acid type takes place. The content of these acids is higher in intensively utilized soils, in which great root bulk amounts remain. In extensively utilized soils, with low increment of fresh root bulk substance, the phenomenon of polymerization and condensation of humus acids is observed. It leads to the formation of inert humus compounds of humus carbon type. It proves that the peat soil utilization method exerts a significant influence on the changes occurring in its organic matter. There exists a right relationship between the amount of fulvic acids in soil and the formation of readily decomposable nitrogen compounds.

The mineralization taking place in muck-peat soils caused a yearly loss of about 10 t/ha of organic matter, what resulted in a release of 5500 kg/ha of coal in yearly average. It is connected with a constant flow of considerable carbonic acid amounts, affecting significantly biochemical changes in soil.

The amounts of mineral substance accumulating in peat soil in consequence of mineralization are not so high as to form in such a way a mineral layer over the peatland surface, protecting the soil against further mineralization like in the case of covering peatland with sand.