

FRANCISZEK KUŹNICKI, PIOTR SKŁODOWSKI

WPŁYW PROCESÓW GLEBOTWÓRCZYCH NA ZAWARTOŚĆ ŻELAZA I GLINU W KOMPLEKSACH PRÓCHNICZNO-MINERALNYCH

Zakład Gleboznawstwa Politechniki Warszawskiej

WSTĘP

Rola, jaką żelazo i glin odgrywają w procesach glebotwórczych, stanowi temat wielu rozpraw naukowych.

Badania zawartości różnych form związków tych dwóch składników i ich rozmieszczenia w profilu glebowym, podejmowane przez licznych autorów, są niewątpliwie celowe [4, 5, 7, 9, 10, 16]. Rzucają one nowe światło na tak złożone zjawisko, jakim jest kształtowanie się gleby w określonych warunkach ekologicznych. Nasuwa się jednak uwaga, że rozwiązanie postawionego zagadnienia — w najszerszym jego ujęciu — wymaga przeprowadzenia wielu wstępnych prac metodycznych; w zależności bowiem od zastosowanej metodyki uzyskuje się często nieporównywalne wyniki.

Ponadto należy podkreślić, że nazwy wydzielonych form związków żelaza i glinu, jak również związków próchnicznych przy zastosowaniu określonych ekstrakcji mają charakter często umowny.

Celem niniejszej pracy jest ustalenie wzajemnej zależności między zawartością żelaza i glinu, skompleksowanych w glebie z próchnicą, a przebiegiem procesów glebotwórczych. Nawiązuje ona do ogłoszonej przez tych samych autorów publikacji pt. „Przemiany substancji organicznej w niektórych typach gleb Polski” [15]. Posłużono się w niej bowiem materiałem uprzednio zanalizowanym pod względem zawartości form związków próchnicznych. W pracy ograniczono się do oznaczenia żelaza i glinu w poszczególnych ekstraktach frakcji lekkiej i frakcji ciężkiej substancji organicznej, ponieważ zbyt małe ilości ekstraktów nie

pozwoiliły na oznaczenie tych dwóch składników w kwasach huminowych i fulwowych.

Należy również podkreślić, że temat pracy mieści się w bardziej ogólnym problemie, jakim jest rola kompleksów próchniczno-mineralnych w procesach glebotwórczych.

METODYKA BADAŃ

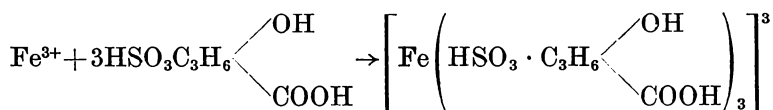
MINERALIZACJA WYCIĄGÓW PRÓCHNICZNYCH

Pobierano 10-20 ml wyciągu do zlewki o pojemności 100 ml, dodawano 1 ml stężonego ch. cz. H_2SO_4 i 1 ml stężonego ch. cz. HNO_3 (na 10 ml wyciągu) i zlewki przykrywano szkiełkami zegarkowymi. Zlewki wraz z zawartością umieszczano na siatkach azbestowych i spalano substancję organiczną. Po skończonym spalaniu zlewki chłodzono, dodawano ok. 50 ml wody destylowanej i ogrzewano w celu rozpuszczenia powstałych soli. Następnie zawartość sączono (sączki średnie) ze zlewek do kolbek miarowych na 100 ml. Zlewki i sączki przemywano niewielkimi ilościami wody. Zawartość w kolbkach po ostygnięciu wypełniano wodą do kreski i dokładnie mieszano. Tak otrzymane roztwory służyły do oznaczania w nich żelaza i glinu.

OZNACZANIE ŻELAZA

W otrzymanych roztworach żelazo oznaczano metodą podaną przez Arinuskinę [2] przy użyciu kwasu sulfosalicylowego.

Kwas sulfosalicylowy w środowisku zasadowym (pH 8-11,5) tworzy z żelazem wewnątrznie kompleksowy jon według równania:



Żółte zabarwienie tego jonu odznacza się dużą trwałością, co pozwala określać intensywność zabarwienia w kolorymetrze.

PRZEBIEG ANALIZY

Pobierano pipetką 1-40 ml przesączu (w zależności od zawartości żelaza) do kolbki miarowej o pojemności 50 ml. Dodawano 5 ml 25-procentowego kwasu sulfosalicylowego, a następnie 2-3 ml stężonego amo-

niaku w celu neutralizacji roztworu. W czasie tej neutralizacji kolor zmienia się od czerwono-fioletowego do żółtego. Dodawano jeszcze 1 ml stężonego amoniaku, żeby reakcja była wyraźnie zasadowa, dopełniano roztwór wodą destylowaną do kreski, mieszano i kolorymetrowano przy niebieskim filtrze.

Krzywą wzorcową sporządzano w podobny sposób dodając do kolbek miarowych o pojemności 50 ml zamiast roztworu badanego następujące ilości roztworu wzorcowego: 0,0, 1,0, 2,5, 5,0, 7,5, 10, 12,5 i 15 ml.

1 ml roztworu wzorcowego zawierał 20 μg Fe w postaci $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$. Zależność między stężeniem Fe a ekstynkcją jest liniowa.

OZNACZANIE GLINU

Glin oznaczano metodą podaną przez Minczewskiego i Marczenkę za pomocą aluminonu [17].

Aluminon (sól amonowa kwasu aurynotrójkarboksylowego) w środowisku słabo kwaśnym, zbuforowanym octanem, tworzy z jonami glinu trudno rozpuszczalny w wodzie różowoczerwony związek, pozostający w trwałym rozproszeniu w obecności gumy arabskiej, jeżeli stężenie glinu jest odpowiednio małe. Intensywność zabarwienia po wywołaniu reakcji barwnej wzrasta w ciągu kilku minut. Ogrzewanie roztworu po dodaniu odczynnika przyspiesza osiągnięcie maksymalnego zabarwienia.

SPOSÓB WYKONANIA

Pobierano pipetą 1-20 ml badanego roztworu (w zależności od zawartości glinu) do kolbki miarowej o pojemności 50 ml i dodawano 2 ml 1-procentowego roztworu askorbinowego (w celu redukcji żelaza trójwartościowego do żelaza dwuwartościowego). Po upływie 5 min dodawano 5 ml 1-procentowego roztworu gumy arabskiej, 10 ml 25-procentowego roztworu octanu amonowego, wody do objętości ok. 35 ml, 10 ml roztworu aluminonu, mieszano i wstawiano kolbkę na 10 min do wrzącej łaźni wodnej. Po ostudzeniu kolbki roztwór uzupełniano wodą do kreski, mieszano i wykonywano pomiar adsorpcji roztworu. Przy kolorymetrowaniu stosowano filtr zielony i barwny roztwór „ślepej próby” jako odnośnik.

Krzywą wzorcową sporządzano w podobny sposób dodając do kolbek miarowych o pojemności 50 ml zamiast badanego roztworu następujące ilości roztworu wzorcowego: 0,0, 1,0, 2,0, 4,0, 6,0, 8,0 i 10,0 ml. 1 ml roztworu wzorcowego zawierał 10 μg Al.

PRZYGOTOWANIE ROZTWORÓW SPECJALNYCH

0,1-procentowy roztwór aluminonu. Rozpuszczano 0,1 g aluminonu w wodzie, dodawano 10 ml 1-procentowego roztworu kwasu benzoosowego w metanolu i rozcieńczano roztwór wodą do 100 ml. Odczynnika używano po upływie tygodnia od przygotowania (kwas benzoosowy utrwala roztwór).

Roztwór wzorcowy glinu — 1 ml-1 mg Al. Rozpuszczano 17,59 g alunu $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ w wodzie z dodatkiem 2 ml stężonego H_2SO_4 , rozcieńczano roztwór wodą w kolbie miarowej do 1 litra. Roztwory robocze (1 ml-0,1 mg Al i 1 ml-0,01 mg Al) sporządzano przez odpowiednie rozcieńczenie roztworu podstawowego rozcieńczonym H_2SO_4 (ok. 0,01n).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przedstawione wyniki (tab. 1, 2, 3)¹ są rozpatrywane kolejno w nawiązaniu do zbadanych profilów i przebiegu procesów glebotwórczych.

Profil 1 — Chorzele (Kurpie)

bielica żelazisto-próchnicza oglejona, wytworzona z piasku zandrowego luźnego (gleba leśna — siedlisko boru wilgotnego).

Ogólna zawartość żelaza jest w całym profilu nieduża, natomiast ilość żelaza wolnego (tab. 1, 2) można określić jako małą [15].

Ogólna zawartość glinu jest w wierzchnich poziomach genetycznych (A_1A_2 , A_2) w porównaniu z ogólną zawartością żelaza nieco wyższa i wzrasta w poziomie iluwialnym blisko czterokrotnie (tab. 1, 2). Żelazo wchodzące w skład połączeń organiczno-mineralnych zarówno frakcji lekkiej, jak i związanej stanowi w poziomie A_1A_2 (tab. 2) ok. 15%, w poziomie A_2 ok. 11%, a w poziomie B_{Fe} ok. 18% w stosunku do ogólnej zawartości tego składnika.

¹ Oznaczenia tab. 3 wzięto z pracy Kuźnicki, Skłodowski [15]. Ogólną zawartość żelaza i glinu, podaną w tab. 2, wzięto również z tej pracy, z wyjątkiem profilów 1, 6, 7. Ogólną zawartość (%) glinu (Al_2O_3) w profilu 1 oraz ogólną zawartość żelaza (Fe_2O_3) i ogólną zawartość glinu (Al_2O_3) w profilach 6 i 7 oznaczono w stopach z Na_2CO_3 w tyglu platynowym.

Przy opracowywaniu wyników tab. 1 i 2 posłużono się materiałem uprzednio zanalizowanym pod względem zawartości różnych form związków próchnicznych [15].

W pracy powołanej rozdzielono substancję organiczną według metody Duchaufoura i Jacquin, w pierwszej kolejności na podstawie jej gęstości, na frakcje lekką (wolną) i ciężką (związaną), a następnie stosowano w odniesieniu do frakcji ciężkiej trzy kolejne ekstrakcje używając następujących roztworów: 0,1m $Na_4P_2O_7$ + +7,5% Na_2SO_4 , pH=7; 0,1m $Na_4P_2O_7$; 0,1n NaOH. Natomiast w odniesieniu do frakcji lekkiej stosowano tylko dwie pierwsze ekstrakcje.

Glin wchodzący w skład połączeń organiczno-mineralnych obu frakcji stanowi w poziomie A_1A_2 ok. 30%, w poziomie A_2 ok. 22%, a w poziomie B_{Fe} ok. 15% w stosunku do jego ogólnej zawartości.

Mały procentowy udział żelaza, wchodzącego w skład połączeń organiczno-mineralnych w poziomie A_1A_2 , przy jednocześnie małym procentowym udziale żelaza wolnego [15] wskazuje, że ok. 80% tego składnika znajduje się w tzw. reziduum (R), tj. w tej części frakcji lekkiej, która nie została wyekstrahowana. Duża zawartość reziduum w tym poziomie — ok. 58% w stosunku do C ogółem (tab. 3) — wskazuje również, że żelazo znajduje się głównie w słabo zhumifikowanych częściach organicznych. Należy ogólnie stwierdzić, że w poziomie A_1A_2 glin w porównaniu z żelazem jest związany z tzw. frakcją ciężką próchnicy w nieco większym stopniu. Mała zawartość części koloidalnych w materiale tej gleby (tab. 3) wskazuje, że głównym źródłem obu składników jest substancja organiczna gleby; jej przemiany wpływają na przemieszczanie ruchliwych form zarówno żelaza, jak i glinu łącznie z fulwokwasami z wierzchnich poziomów do poziomu iluwialnego. Ruchliwe formy tych połączeń ulegają w poziomie B stabilizacji w wyniku ich polimeryzacji pod wpływem wodorotlenków żelaza i glinu. Ilość żelaza i glinu związanych z fulwokwasami i kwasami huminowymi frakcji ciężkiej (I, II i III ekstrakcja) wzrastają na ogół znacznie w poziomach B_h i B_{Fe} w porównaniu z poziomami A_1 i A_1A_2 (tab. 1); natomiast ilości tych dwóch składników tworzących połączenia ze związkami próchnicznymi frakcji lekkiej (I i II ekstrakcja) wzrastają nieznacznie w poziomie iluwialnym w porównaniu z poziomem eluwialnym. Procentowy udział żelaza i glinu, wchodzących w skład połączeń próchniczno-mineralnych frakcji lekkiej, w stosunku do ogólnej zawartości tych składników jest znacznie mniejszy w poziomach B_h i B_{Fe} niż w poziomach A_1A_2 (tab. 2). Świadczy to, że najbardziej ruchliwe związki próchniczne frakcji lekkiej (szczególnie I ekstrakcji), które przemieszczają się w glebach bielcowych łącznie z żelazem i glinem z poziomów A_0 , A_1A_2 i A_2 do poziomu B , ulegają w poziomie iluwialnym stosunkowo szybko przemianom. Tworzą się w nim pod wpływem wodorotlenków żelaza i glinu trwałe połączenia próchniczno-mineralne (tab. 2).

Znaczny procentowy udział żelaza i glinu w niezhumifikowanej części próchnicy surowej potwierdza spostrzeżenie, że w bielicach nie tylko poziom A_0 , ale i A_1A_2 odznacza się słabą mineralizacją substancji organicznej. Mały stopień humifikacji oraz bardzo mała mineralizacja substancji organicznej w wierzchnich poziomach genetycznych gleb bielcowych stanowią ich najbardziej istotną cechę. W glebach tych poziomy A_0 i A_1 odznaczają się słabą aktywnością biologiczną. Poziomy B_h i B_{Fe} bielic, w których odbywa się akumulacja próchnicy, odznaczają się,

Procentowa zawartość żelaza i glinu kompleksów
 Iron and aluminium percentage in humus-

Miejscowość Locality	Nr pro- fi- lu Pro- file No.	Nazwa gleby - Soil kind	Poziom Horizon	Głębokość pobrania próbki Sampling depth cm	Frakcja Light		
					I ekstrakcja Ist extraction		
					C	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
Chorzele	1	Bielica żelazisto-próchniczna oglejona wytworzona z piasku zandrowego luźnego /gleba leśna/ Ferruginous-humic gleyed podzol, developed of loose sandy sand/forest soil/	A ₀	14-20	1,100	0,132	0,176
			A ₁ A ₂	20-30	0,157	0,024	0,028
			A ₂	30-50	0,019	0,006	0,049
			B _h	50-70	0,086	0,006	0,057
			E _{Fe}	70-95	0,010	0,003	0,028
Dąbrowy	2	Gleba brunatna wylugowana wy- tworzona z piasku zwałowego gliniastego /gleba uprawna/ Leached brown soil, developed of boulder loamy sand /cultivated soil/	A ₁	5-15	0,192	0,041	0,085
			/B/B	30-40	0,025	0,016	0,042
Bierutowice	3	Gleba brunatna kwaśna oligo- trophiczna wytworzona z granitu /gleba leśna/ Oligotrophic acid brown soil developed of granite /forest soil/	A ₀	2-7	1,691	0,472	0,225
			A ₁ /B/	7-20	0,384	0,229	0,130
			/B/	20-60	0,162	0,101	0,100
Świeradów	4	Gleba ochrowo-bielicowa wy- tworzona z gnejsu biotytowego /gleba leśna/ Ochre-podzolic soil, deve- loped of biotite gneiss /forest soil/	A ₀ /f,h/	3-7	1,973	0,282	0,431
			AoA ₂	7-10	0,755	0,170	0,251
			B ₁	10-16	1,269	1,072	0,363
			B ₂	20-35	0,810	0,496	0,423
Machnów	5	Rędzina czarnoziemna wytworzona z porowatej opoki kredowej /gleba uprawna/ Chernozemic rendzina developed of porous cretaceous rock /cultivated soil/	A ₁	0-10	0,019	0,009	0,026
			A ₁	30-35	0,036	0,007	0,032
Markowice	6	Czarna ziemia wytworzona z gli- ny zwałowej lekkiej /gleba uprawna/ Black earth, developed of boulder and light loam /cultivated soil/	A ₁	0-45	0,028	0,006	0,028
			A ₁ /C	45-75	-	-	-
Klimontów	7	Czarnoziem zdegradowany wy- tworzony z lessu ilastego /gleba uprawna/ Degraded chernozem, developed of clayey loess /cultivated soil/	A ₁	0-40	0,008	0,003	0,023
			A ₁ /C	40-45	-	-	-

próchniczno-mineralnych w stosunku do gleby
-mineral complexes in relation to soil

lekka fraction			Frakcja ciężka - Heavy fraction								
II ekstrakcja IIInd extraction			I ekstrakcja Ist extraction			II ekstrakcja IIInd extraction			III ekstrakcja IIIrd extraction		
C	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	C	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	C	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	C	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃
1,030	0,021	0,079	0,048	0,024	0,066	0,044	0,014	0,068	0,052	0,021	0,127
0,160	0,006	0,012	0,096	0,021	0,053	0,057	0,007	0,062	0,074	0,013	0,104
0,006	0,001	0,015	0,049	0,017	ślady	0,027	0,017	0,093	0,024	0,019	ślady
0,037	0,003	0,026	0,366	0,040	0,149	0,115	0,033	0,185	0,060	0,039	0,130
0,012	0,003	0,015	0,174	0,057	0,134	0,064	0,036	0,132	0,024	0,030	0,151
0,152	0,030	0,053	0,117	0,049	0,113	0,128	0,079	0,215	0,173	0,119	0,325
0,016	0,146	0,227	0,064	0,049	0,009	0,053	0,539	0,542	0,053	0,277	0,486
0,511	0,157	0,075	0,133	0,103	0,110	0,090	0,076	0,115	0,095	0,040	0,134
0,154	0,086	0,051	0,302	0,310	0,196	0,156	0,292	0,210	0,111	0,063	0,213
0,110	0,116	0,083	0,449	0,307	0,442	0,347	0,809	0,643	0,198	0,064	0,342
1,304	0,037	0,270	0,033	0,017	0,072	0,027	0,026	0,077	0,043	0,030	0,178
0,331	0,036	0,223	0,212	0,121	0,250	0,115	0,046	0,178	0,177	0,100	0,590
0,263	0,139	0,157	1,297	1,354	0,472	0,331	0,320	0,300	0,364	0,114	0,263
0,210	0,186	0,130	1,197	1,029	0,992	0,444	0,726	0,752	0,167	0,070	0,249
0,037	0,016	0,049	0,180	0,041	0,098	0,216	0,345	0,312	0,252	1,041	1,485
0,036	0,053	0,094	0,163	0,021	0,100	0,174	0,327	0,297	0,209	0,809	1,336
0,029	0,006	0,045	0,217	0,054	0,098	0,231	0,117	0,204	0,208	0,182	0,257
-	-	-	0,052	0,033	0,130	0,055	0,100	0,208	0,100	0,829	1,296
0,025	0,003	0,045	0,183	0,040	0,191	0,224	0,129	0,234	0,227	0,289	0,540
-	-	-	0,084	0,030	0,123	0,069	0,110	0,225	0,111	0,825	1,344

Procentowy udział żelaza i glinu skompleksowanych z próchnicą w ogólnej zawartości tych składników
 Iron and aluminium percentage in humus-mineral complexes in relation to total content of these elements

Nr pro- fi- lu Pró- fil- No.	Głębokość pobra- nia próbki Sam- pling depth cm	Poziom genety- czny Gene- tic horizon	Fe ₂ O ₃ ogólna zawar- tość Total Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ ogólna zawar- tość Total Al ₂ O ₃	Frakcja lekka - Light fraction				Frakcja ciężka - Heavy fraction					
					I ekstrakcja Ist extraction		II ekstrakcja IIInd extraction		I ekstrakcja Ist extraction		II ekstrakcja IIInd extraction		III ekstrakcja IIIInd extraction	
					Fe ₂ O ₃ I Fe ₂ O ₃ og.	Al ₂ O ₃ I Al ₂ O ₃ og.	Fe ₂ O ₃ II Fe ₂ O ₃ og.	Al ₂ O ₃ II Al ₂ O ₃ og.	Fe ₂ O ₃ I Fe ₂ O ₃ og.	Al ₂ O ₃ I Al ₂ O ₃ og.	Fe ₂ O ₃ II Fe ₂ O ₃ og.	Al ₂ O ₃ II Al ₂ O ₃ og.	Fe ₂ O ₃ III Fe ₂ O ₃ og.	Al ₂ O ₃ III Al ₂ O ₃ og.
					%				%				%	
1	14-20	A ₀	n.o. ^x											
	20-30	A ₁ A ₂	0,48	0,90	5,0	3,1	1,3	1,3	4,4	5,9	1,5	6,9	2,7	11,6
	30-50	A ₂	0,35	0,72	1,1	6,8	0,2	2,1	3,1	0,0	3,1	12,9	3,5	0,0
	50-70	B _h	0,72	2,82	0,8	2,0	0,4	0,9	5,6	5,3	4,6	6,5	5,4	4,6
	70-95	B _{Fe}	0,72	3,10	0,4	0,9	0,4	0,5	7,9	4,3	5,0	4,2	4,2	4,9
2	5-15	A ₁	3,10	5,75	1,3	1,5	1,0	0,9	1,6	2,0	2,5	3,7	3,8	5,7
	30-40	/B/B	3,10	6,95	0,5	0,6	4,7	3,3	1,6	0,1	17,4	7,8	9,0	7,0
3	2-7	A ₀	n.o.	n.o.										
	7-20	A ₁ /E/	2,88	16,27	7,9	0,8	3,0	0,3	10,7	1,2	10,1	1,3	2,2	1,3
	20-60	/B/	2,88	13,82	3,5	0,7	4,0	0,6	10,6	3,2	28,0	4,7	2,2	2,4
4	3-7	A ₀	n.o.	n.o.										
	7-10	A ₀ A ₂	2,45	10,08	6,9	2,5	1,5	2,2	4,9	2,5	1,9	1,8	4,0	5,9
	10-16	B ₁	4,50	11,60	23,8	3,1	3,1	1,4	30,1	4,1	7,1	2,6	2,5	2,3
	20-35	B ₂	4,50	12,70	11,0	3,3	4,1	1,0	22,9	7,8	16,1	6,0	1,6	1,9
5	0-10	A ₁	3,80	3,80	0,2	0,7	0,4	1,3	1,1	2,6	9,0	8,2	27,4	39,0
	30-35	A ₁	5,10	7,70	0,1	0,4	1,0	1,2	0,4	1,3	6,4	3,9	15,9	17,3
6	0-45	A ₁	2,37	3,77	0,3	0,7	0,3	1,2	2,3	2,6	4,9	5,4	7,7	6,8
	45-75	A ₁ /C	2,97	9,17	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	1,4	3,3	2,2	27,9	14,1
7	0-40	A ₁	3,09	9,38	0,1	0,2	0,1	0,5	1,3	2,0	4,1	2,5	9,4	5,8
	40-45	A ₁ /C	3,29	10,79	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	1,1	3,3	2,1	3,3	12,5

x/ n.o. = indetermined

Niektóre właściwości fizyko-chemiczne i chemiczne badanych gleb
Some physico-chemical and chemical properties of tested soils

Nr pro- filu Pro- file No.	Głębokość pobrania próbki Sampling depth cm	Poziom gene- tyczny Genetic horizon	Skład mechaniczny Mechanical composition %		pH		Ogółem C Total C %	Fracja lekka Light fraction Rezydium /R/ % C ogółem Residue /R/ in % of total C	Fracja ciężka Heavy fraction Huminy /H/ % C ogółem Humins /H/ in % of total C	Stopień humifikacji Humification degree $F_1 + F_2 + F_3 + F_4 + F_5 +$ $+ H_1 + H_2 + H_3 + H_4 + H_5$ + /H/	Stosunek Ratio H/F	Stosunek Ratio C/N
			<0,002 mm	<0,02 mm	H ₂ O	KCl						
1	14-20	A ₀			3,6	3,0	12,95	79,8	0,4	18,0	1,20	35,3
	20-30	A ₁ A ₂	3,0	5,0	3,9	3,2	1,51	57,8	6,9	42,9	0,67	19,1
	30-50	A ₂	1,0	2,0	5,9	4,0	0,14	7,6	8,7	92,1	0,48	7,4
	50-70	B _h	1,5	2,0	5,5	4,5	0,79	6,0	9,5	93,7	0,42	13,1
	70-95	B _{Fe}	1,0	1,0	6,2	4,7	0,34	3,0	8,8	95,2	0,46	11,9
2	5-15	A ₁	5,0	13,5	5,9	5,4	1,55	34,8	21,2	70,3	0,65	13,2
	30-40	/B/B	13,0	19,5	6,8	5,5	0,29	16,6	13,7	86,4	0,41	8,3
3	2-7	A ₀			4,0	3,4	7,28	62,7	1,1	35,6	0,55	25,3
	7-20	A ₁ /B/	14,0	26,5	4,2	3,6	2,77	42,9	13,1	53,0	0,34	19,5
	20-60	/B/	8,0	14,0	4,5	4,1	1,96	24,4	12,7	77,2	0,16	16,2
4	3-7	A ₀	n.o.	n.o.	3,3	2,7	30,30	86,6	0,4	11,4	0,35	19,9
	7-10	A ₀ A ₂	n.o.	n.o.	3,4	2,7	7,58	66,2	12,1	32,9	0,34	n.o.
	10-16	B ₁	23,0	42,0	3,5	3,1	7,62	30,6	23,4	69,5	0,35	20,0
	20-35	B ₂	23,0	45,0	4,2	4,0	4,42	17,2	19,9	83,8	0,22	16,4
5	0-10	A ₁	28,0	66,0	7,4	6,8	1,94	7,7	56,5	87,3	0,76	9,6
	30-35	A ₁	31,0	60,0	7,7	6,7	1,39	25,1	28,3	72,8	0,67	10,0
6	0-45	A ₁	8,0	24,0	7,9		1,81	9,8	56,1	95,5	0,94	7,2
	45-75	A ₁ /C	18,0	35,0	7,8		0,38	-	46,6	99,0	0,50	3,9
7	0-40	A ₁	13,0	46,0	8,1	6,7	1,58	5,6	55,1	97,4	0,97	8,1
	40-45	A ₁ /C	18,0	50,0	8,1	6,6	0,41	-	35,9	100,0	0,70	6,2

w odróżnieniu od poziomów A_0 i A_1A_2 , znacznie większą aktywnością biologiczną, wyrażającą się dużym stopniem humifikacji substancji organicznej. Z ogólnego bilansu żelaza i glinu w poszczególnych poziomach genetycznych profilu zbadanej bielicy wynika, że składniki te w poziomie iluwalnym (B_h i B_{Fe}) są w znacznym stopniu związane z huminami².

Badania te potwierdzają tezę [6], że przez huminy bielicy należy rozumieć kwasy huminowe, silnie spolimeryzowane, tworzące trudno rozpuszczalne związki kompleksowe z wodorotlenkami żelaza i glinu. Stopień scementowania poziomu B w tych glebach zależy więc od ilości silnie spolimeryzowanych związków próchnicznych, uwarunkowanych z kolei zawartością związków żelaza i glinu. Przy małych ilościach bezwzględnych tych składników (np. w słabo próchnicznych i słabo żelazistych bielicach wytworzonych z piasków) bielcowanie, mimo że zaznacza się dość wyraźnie pod względem niektórych cech morfologicznych, nie powoduje jednak wyraźnego scementowania poziomu B . Zjawisko to występuje natomiast wyraźnie w niektórych bielicach silnie oglejonych, gdzie żelazo nagromadza się w poziomie B nie tylko w wyniku właściwego procesu bielcowania, ale i procesu glejowego. Uruchomione bowiem w tym przypadku związki żelaza ($Fe^{3+} \rightarrow Fe^{2+}$) przemieszczają się w różnych kierunkach, a między innymi i do poziomu B , gdzie ulegają utlenieniu i strąceniu.

Profil 2 — Dąbrowa

gleba brunatna wylugowana, wytworzona z piasku zwałowego gliniastego (gleba uprawna).

Ogólna zawartość żelaza, jak również glinu jest dość znaczna w wierzchnich poziomach genetycznych profilu tej gleby (A_1 i $(B)B$), natomiast ilości tych dwóch składników związane z różnymi formami związków próchnicznych frakcji lekkiej (I i II ekstrakcja) i frakcji ciężkiej (I, II i III ekstrakcja, tab. 1, 2) są na ogół małe. Należy więc i w tym przypadku przypuszczać, że znaczne ilości żelaza i glinu pozostają w reziduum (R) substancji organicznej oraz że są w pewnym stopniu związane z huminami (tab. 3). W poziomie $(B)B$ nie zaznacza się w porównaniu z poziomem A_1 wzrost ani żelaza, ani glinu, tworzących połączenia z najbardziej ruchliwymi formami związków próchnicznych (I ekstrakcja). Mniejsze nieco ilości tych dwóch składników w łatwo rozpuszczalnych związkach próchnicznych I ekstrakcji frakcji lekkiej przy jednocześnie mniejszej ilości kwasów fulwowych [15] w poziomie $(B)B$ niż w poziomie A_1 wskazują między innymi na brak oznak bielico-

² Przez huminy rozumie się w tej pracy nierozpuszczalną część frakcji ciężkiej (związanej) substancji organicznej w wyniku trzech kolejnych ekstrakcji: I — $Na_4P_2O_7 + Na_2SO_4$ o pH 7; II — $Na_4P_2O_7$ o pH 9,8 i III — 0,1n NaOH.

wania tej gleby z punktu widzenia jej cech fizykochemicznych. Należy natomiast podkreślić, że wyraźnie wzrasta (1,5-krotnie) ilość żelaza wolnego w poziomie (B)B w porównaniu z poziomem A_1 profilu, co wskazuje na zaawansowany w pewnym stopniu tzw. proces ługowania (lessivage), zachodzący w tej glebie [15]. Ilości zarówno żelaza, jak i glinu, związane z częściami organicznymi, uwalnianymi we frakcji lekkiej w wyniku II ekstrakcji, a we frakcji ciężkiej — w wyniku II i III ekstrakcji, są znacznie większe (2-7-krotnie) w poziomie (B)B niż w poziomie A_1 , co wskazuje na tworzenie się trwałych połączeń związków próchnicznych z uwalnianymi w wyniku wietrzenia wodorotlenkami żelaza i glinu. Ze względu na ilości części koloidalnych, wynoszące w poziomie (B) ok. 13%, można również przypuszczać, że tworzą się w nim trwałe związki kompleksowe żelazisto-próchniczno-ilaste.

Profil 3 — Bierutowice

gleba brunatna kwaśna oligotroficzna, tzw. gleba brunatna ochrowa, wytworzona z granitu (gleba leśna).

W glebie tej, w poziomach $A_1(B)$ i (B) ogólna zawartość żelaza wynosi ok. 3%. Znaczne ilości wolnego żelaza wskazują na duży stopień uruchomienia tego składnika w warunkach odczynu silnie kwaśnego i przy bardzo dużej kwasowości zarówno hydrolitycznej, jak i wymiennej [15].

Ogólna zawartość glinu wynosi w poziomie A_1B ok. 16%, a w poziomie (B) ok. 14%, przewyższa zatem ok. 5-krotnie zawartość żelaza.

Związki próchniczne uwalniane w wyniku I ekstrakcji (frakcja lekka i ciężka) występują w poziomie genetycznym A_0 tej gleby w ilościach przewyższających blisko 3-krotnie związki próchniczne pozostałych ekstrakcji [15].

W poziomie (B) żelazo, skompleksowane ze związkami próchnicznymi II ekstrakcji frakcji ciężkiej, stanowi 28% jego ogólnej zawartości (tab. 2). Znaczna zawartość żelaza w związkach próchnicznych frakcji ciężkiej II ekstrakcji (poziomy $A_1(B)$ i (B)) świadczy najprawdopodobniej o tworzeniu się w nich trwałych kompleksów próchniczno-żelazistych pod wpływem wodorotlenków żelaza. Stosunkowo mniejsze ilości żelaza i glinu występują w związkach próchnicznych frakcji ciężkiej, uwalnianych w wyniku III ekstrakcji.

Z ogólnego bilansu tych dwóch składników w zbadanej glebie wynika, że znaczne ilości żelaza i glinu tworzą trwałe połączenia z huminami, których ilość wynosi w tych poziomach ok. 13% w stosunku do C ogółem (tab. 3).

Jak wynika z przytoczonych danych, gleby brunatne kwaśne oligotroficzne, zwane również glebami brunatnymi ochrowymi, odznaczają się z jednej strony dużym stopniem uruchomienia związków żelaza i gli-

nu [15], z drugiej zaś tworzeniem przy udziale wodorotlenków żelaza i glinu trwałych kompleksów próchniczno-mineralnych bezpośrednio pod poziomem A_0 , w poziomach $A_1(B)$ i (B) . Gleby te z punktu widzenia cech fizykochemicznych — bardzo niskiego pH i dużej kwasowości wymiennej w całym profilu — są bliskie glebom bielcowym, mimo że morfologicznie nie wykazują cech zbielicowania. Od gleb bielcowych różnią się przede wszystkim większą aktywnością biologiczną, co, między innymi, wyraża się wyższym stopniem humifikacji substancji organicznej w wierzchnich warstwach. Dalszym, przejściowym do gleb bielcowych, stadium rozwojowym gleb brunatnych kwaśnych oligotroficznych (brunatnych ochrowych) są tzw. gleby ochrowo-bielcowe, które wykazują już pewne cechy morfologiczne zbielicowania.

Profil 4 — Świeradów

gleba ochrowo-bielcowa, wytworzona z gnejsu biotytowego (gleba leśna).

W glebie tej w poziomie A_0A_2 na ogólną ilość żelaza, wynoszącą ok. 2,5%, ok. 20% tego składnika występuje w różnych formach związków próchnicznych tworząc ruchliwe lub trwałe połączenia organiczno-mineralne. Ponieważ poziom ten zawiera znaczne ilości substancji organicznej świeżej nie zhumifikowanej (ok. 66%) oraz znaczne ilości humin (ok. 12%) w stosunku do C ogółem (tab. 3), należy przypuszczać, że duże ilości żelaza pozostają w nie wyekstrahowanym reziduum (R) frakcji lekkiej (tzw. wolnej) substancji organicznej, jak również, że pewne ilości żelaza są związane z huminami. Należy tu podkreślić, że uruchomienie związków żelaza w tym poziomie jest znaczne, żelazo wolne stanowi bowiem ok. 20% ogólnej zawartości tego składnika [15].

Na ogólną zawartość w tym poziomie ok. 10% glinu tylko ok. 15% znajduje się w połączeniach z wyekstrahowanymi formami związków próchnicznych, a więc i w odniesieniu do tego składnika należy sądzić, że jego znaczne ilości są związane z reziduum substancji organicznej oraz z huminami.

W poziomie A_0A_2 zawarte są w poszczególnych ekstrakcjach, z wyjątkiem III ekstrakcji frakcji ciężkiej, na ogół mniejsze ilości żelaza i glinu w porównaniu z poziomami B_1 i B_2 , co świadczy z jednej strony o przemieszczeniu z tego poziomu do poziomu iluwalnego bardziej ruchliwych form próchniczno-mineralnych, z drugiej zaś — o tworzeniu się w poziomie iluwalnym trwałych połączeń niektórych form związków próchnicznych z wodorotlenkami żelaza i glinu (tab. 1, 2).

Należy bardzo mocno podkreślić, że wyraźny wzrost żelaza i glinu w poziomie B_1 i B_2 w porównaniu z poziomem A_0A_2 jest uwarunkowany wzrostem w tych poziomach fulwokwasów zarówno frakcji lekkiej, jak i ciężkiej, uwalnianych w wyniku I ekstrakcji [15]. W poziomach

B_1 i B_2 w porównaniu z poziomem A_0 i A_0A_2 [15] zawarte są ponadto znacznie większe (5-krotnie) ilości żelaza wolnego. Powyższe cechy gleby świadczą o zaawansowanym w niej pod względem fizykochemicznym procesie bielicowania, mimo że nie zaznacza się on zbyt wyraźnie morfologicznie. Wybielenie poziomu A_0A_2 jest maskowane obecnością w nim substancji organicznej świeżej, słabo zhumifikowanej. Specyficzną cechą tej gleby jest bardzo duże uruchomienie w poziomach B_1 i B_2 żelaza; ilość żelaza wolnego stanowi tutaj ok. 55% ogólnej zawartości tego składnika [15]. Znaczna zawartość w poziomach B_1 i B_2 humin (ok. 20-23% w stosunku do C ogółem, tab. 3), wskazuje, że pewne ilości żelaza i glinu w formie wodorotlenków tworzą z tą formą związków próchnicznych trudno rozpuszczalne i trwałe kompleksy.

Profil 5 — Machnów

rędzina czarnoziemna wytworzona z porowatej opoki kredowej (gleba uprawna).

W glebie tej żelazo i glin są głównie związane z formami związków próchnicznych frakcji ciężkiej, uwalnianymi w wyniku III ekstrakcji, jak również z huminami (tab. 1, 2). Bardzo małe ilości tych składników są związane z frakcją wolną, co wskazuje na tworzenie się trwałych kompleksów próchniczno-ilastych, w skład których wchodzi żelazo i glin.

W poziomie A_1 na głębokości 0-10 cm zawartość żelaza związanego z frakcją ciężką próchnicy stanowi ok. 37%, a związanego z frakcją lekką zaledwie 0,6% żelaza ogółem. W tym samym poziomie, na głębokości 30-35 cm, żelazo związane z frakcją ciężką próchnicy stanowi ok. 23%, a z frakcją lekką — 1,1% w stosunku do ogólnej zawartości tego składnika (tab. 2). Jeśli weźmie się pod uwagę, że żelazo wolne stanowi w obu poziomach tej gleby ok. 7,5% ogólnej zawartości żelaza [15], można stwierdzić, że żelazo jest w przeważającej części związane z tymi formami związków próchnicznych frakcji ciężkiej, które po zastosowaniu trzech kolejnych ekstrakcji pozostają nie wyekstrahowane tzw. huminami, a również w pewnym stopniu z reziduum frakcji wolnej [15]. Należy podkreślić, że ilości humin stanowią na głębokości 0-10 cm ok. 56%, a na głębokości 30-35 cm — ok. 28% w stosunku do C ogółem oraz że reziduum frakcji lekkiej po zastosowaniu kolejnych dwóch ekstrakcji wynosi na głębokości 30-35 cm ok. 25% w stosunku do C ogółem (tab. 3); wskazuje to, że substancja organiczna ze względu na jej silne powiązanie z częściami ilastymi jest słabo na ogół przekształcona mikrobiologicznie. Części ilaste działają tu w pewnym stopniu w sposób ochronny. Tezę tę [6] potwierdzają wyniki uzyskane w poprzedniej pracy: przewaga kwasów fulwowych nad huminowymi w obu frakcjach oraz znaczna zawartość reziduum frakcji lekkiej [15]. Z powyższych rozważań wynika, że pewne ilości związane z reziduum frakcji

wolnej pozostają w częściach organicznych nie wyekstrahowane. We frakcji ciężkiej, w jej częściach wyekstrahowanych, żelazo jest związane w przeważającej części z kwasami huminowymi III ekstrakcji (tab. 1, 2). Ze względu na znaczną ilość części koloidalnych oraz duży procentowy udział węglanów aktywnych w ogólnej ich zawartości [15] tworzą się w tej glebie kompleksy żelazisto-próchniczno-ilaste, które decydują o trwałości jej struktury.

W odniesieniu do glinu należy stwierdzić, że zachodzą podobne zależności: minimalne jego powiązanie z wyekstrahowanymi formami związków próchnicznych frakcji lekkiej, natomiast silne powiązanie z formami związków próchnicznych spolimeryzowanych w III ekstrakcji (tab. 1, 2). Glin związany z tymi formami stanowi na głębokości 0-10 cm 39%, a na głębokości 30-35% ok. 17% w stosunku do ogólnej zawartości tego składnika.

Jak wynika z ogólnego bilansu glinu w tej glebie, znaczne jego ilości są związane z huminami (tab. 1, 2, 3). W kompleksach żelazisto-próchniczno-ilastych, odznaczających się w rędzinach dużą trwałością, glin jako składowa część minerałów ilastych odgrywa dużą rolę.

Profil 6 — Markowice

czarna ziemia wytworzona z gliny zwałowej lekkiej (gleba uprawna).

W poziomie A_1 tej gleby, na głębokości 0-45 cm, tylko minimalne ilości żelaza i glinu są związane z częściami wyekstrahowanymi frakcji lekkiej, która w porównaniu z frakcją ciężką próchnicy stanowi tylko jej drobną część. Wynika to z aktywności biologicznej wierzchniej warstwy gleby i związanej z nią prawie całkowitej humifikacji świeżej substancji organicznej oraz silnego powiązania niektórych form związków próchnicznych z częściami mineralnymi. Na głębokości 40-75 cm zupełnie brak frakcji lekkiej substancji organicznej, wobec czego żelazo i glin są związane wyłącznie z jej frakcją ciężką. W obu poziomach znacznie większe ilości żelaza i glinu są związane z formami związków próchnicznych frakcji ciężkiej, uwalnianymi w wyniku ekstrakcji II i III, w porównaniu z ekstrakcją I (tab. 1, 2). Wynika to z daleko posuniętej w tej glebie polimeryzacji kwasów huminowych i przewagi kwasów huminowych szarych nad brunatnymi. Największe jednak ilości tych dwóch składników są związane z huminami, których ilości w warstwie wierzchniej przekraczają 50% w stosunku do C ogółem (tab. 3).

Specyficzną cechą tej gleby jest trwałe powiązanie związków próchnicznych silnie spolimeryzowanych z częściami ilastymi. Udział w tych kompleksach żelaza i glinu jest bardzo duży, na co wskazuje ogólny bilans tych dwóch składników w glebie.

Profil 7 — Klimontów
czarnoziem zdegradowany wytworzony z lessu (gleba uprawna).

Własności fizykochemiczne zbadanego czarnoziemiu są bardzo zbliżone pod względem zawartości próchnicy, stopnia humifikacji, stosunku H:F, zawartości węglanów i odczynu do własności opisanej czarnej ziemi [15]. Żelazo i glin są prawie wyłącznie związane ze związkami próchnicznymi frakcji ciężkiej: z silnie spolimeryzowanymi tzw. kwasami huminowymi szarymi (II i III ekstrakcji) oraz z huminami (tab. 1, 2). Na tworzenie się w tej glebie trwałych kompleksów próchniczno-mineralnych wpływa znaczna w niej zawartość spławialnych części oraz obecność węglanów [15].

Z podobieństwa pod względem całokształtu własności fizykochemicznych oraz składu frakcjonowanej próchnicy tych dwóch gleb nie wynika, aby stanowiły one jeden typ, ponieważ ogólnie należy stwierdzić, że czarne ziemie różnią się od czarnoziemów nie tylko genezą, ale i własnościami fizycznymi, a przede wszystkim hydrologicznymi. Analogia własności fizykochemicznych tych gleb przemawia natomiast za słusznością koncepcji umieszczania czarnoziemów strefy leśno-stepowej oraz czarnych ziem wytworzonych w warunkach dużej, lecz nie nadmiernej wilgotności (w odróżnieniu od czarnych ziem pochodzenia bagiennego) łącznie w jednej klasie gleb czarnoziemnych.

WNIOSKI

1. Ilości żelaza i glinu związane w glebach z różnymi formami związków próchnicznych i ich rozmieszczenie w profilu glebowym zależą zarówno od skały macierzystej i jej stopnia zwietrzenia, jak również od przemian substancji organicznej w wyniku określonego procesu glebotwórczego.

2. Istnieje współzależność między zawartością żelaza i glinu w poszczególnych ekstraktach frakcji lekkiej (wolnej) i ciężkiej (związanej) a typem gleby.

3. W profilu bielicy wytworzonej z piasku najbardziej ruchliwe związki próchniczne (frakcji lekkiej — I ekstrakcji) przemieszczają się łącznie z żelazem i glinem z poziomów wierzchnich do poziomu iluwialnego, w którym ulegają daleko idącym przemianom.

4. Wzrost tych dwóch składników, związanych z różnymi formami związków próchnicznych (I, II i III ekstrakcji frakcji ciężkiej) w poziomie B bielicy w porównaniu z poziomem A₂, świadczy o tworzeniu się w nim trwałych połączeń próchniczno-mineralnych.

5. Z ogólnego bilansu żelaza i glinu w zbadanej bielicy wynika, że

duże ilości tych dwóch składników pozostają w nie zhumifikowanej części próchnicy surowej (poziomy A_0 i A_1A_2) oraz że pewne ich ilości są związane w głębszych poziomach genetycznych z huminami.

6. W profilu gleby brunatnej wylugowanej, wytworzonej z zandrowego piasku gliniastego, tworzą się w poziomie $B(B)$ trwałe połączenia żelaza i glinu z formami związków próchnicznych frakcji ciężkiej II i III ekstrakcji.

7. W glebie brunatnej kwaśnej oligotroficznej, wytworzonej z granitu, tworzą się w wyniku dużego uruchomienia związków żelaza i glinu trwałe kompleksy próchniczno-mineralne w poziomie (B) , o czym świadczy znaczna zawartość w nim tych składników w związkach próchnicznych II ekstrakcji frakcji ciężkiej. Pewne ilości żelaza i glinu są związane w profilu tej gleby (poziomy A_1B i (B)) z huminami.

8. W profilu gleby ochrowo-bielicowej, wytworzonej z gnejsu biotytoowego, zaznacza się bardzo wyraźne przemieszczenie z poziomów A_0A_2 do poziomów B_1 i B_2 żelaza i glinu, tworzących połączenia z ruchliwymi formami związków próchnicznych I ekstrakcji frakcji lekkiej; jednocześnie w poziomie iluwalnym tworzą się trwałe połączenia niektórych form związków próchnicznych, a między innymi i humin z wodorotlenkami żelaza i glinu.

9. W rędzinie czarnoziemnej, wytworzonej z porowatej opoki kredowej, odznaczającej się dużym stopniem zwietrzenia skały macierzystej i dobrym powiązaniem zwietrzliny z próchnicą, należy stwierdzić, że żelazo i glin są prawie wyłącznie związane w poziomie A_1 z formami związków próchnicznych frakcji ciężkiej; szczególnie duże ilości tych dwóch składników są związane ze związkami próchnicznymi silnie spoli-meryzowanymi III ekstrakcji. W glebie tej przy udziale węglanów aktywnych tworzą się bardzo trwałe kompleksy żelazisto-próchniczno-ilaste.

10. Zarówno w czarnej ziemi, wytworzonej z gliny zwałowej, jak i w czarnoziemie zdegradowanym, wytworzonym z lessu, żelazo i glin są głównie związane z silnie spolimeryzowanymi kwasami huminowymi II i III ekstrakcji frakcji ciężkiej oraz z huminami.

Na trwałość kompleksów próchniczno-mineralnych wpływa w tych glebach — podobnie jak w rędzinach — znaczna w nich zawartość części spławialnych.

LITERATURA

- [1] Aleksandrowa L. N.: O primienienii pirofosfora natria dla wydiielenija iz poczwy swobodnych gumusowych wieszczestw i ich organomineralnych sojedinenij. Poczwowiedien., 10, 1965.

- [2] Arinuszka E. W.: Rukowodstvo po chemiczeskomu analizu poczw. Moskowski Uniwers., 1961, 193-196.
- [3] Boratyński K., Wilk K.: Nowa metoda analizy frakcjonowanej związków próchnicznych w glebach mineralnych. Komisja Chemii Gleb PTG, z. 1, Warszawa 1963.
- [4] Duchoufour Ph.: Note sur le rôle du fer dans les complexes argilo-humiques. C.R. Acad. Sci., t. 256, 1963, s. 2657-2660.
- [5] Duchaufour Ph.: Evolution de l'aluminium et du fer complexes par la matière organique dans certains sols. Extrait de Science du Sol, nr 2, 1964.
- [6] Duchaufour Ph., Jacquin F.: Nouvelles recherches sur l'extraction et le fractionnement des composés humiques. Extrait du Bullet. de l'École Supér. Agronom. de Nancy, t. 8, Fasc. I, 1966, s. 24.
- [7] Dommergeues Y., Duchaufour Ph.: Étude comparative de la dégradation biologique des complexes organo-ferriques dans quelques types de sols. Extr. de Sci. du Sol, t. 1, 1965, 43-59.
- [8] Jacquin F., Mangenot F.: Formation de composés de types humiques à partir d'extraits foliaires, Offpr. from Trans. Comin. II, Inst. Soc. Sci., Aberdeen 1966, s. 53, 57.
- [9] Kleszczycki A., Rosochacka J.: Zastosowanie kwasu salicylohydroksamowego do oznaczania jonów żelazowych w glebach. Roczn. glebozn., t. 18, z. 1, 1967, 3-17.
- [10] Konecka-Betley K.: Zagadnienie żelaza w procesie glebotwórczym. Roczn. glebozn., t. 19, 1968, z. 1.
- [11] Kononowa M. M.: Organiczeskoje wieszczestwo poczwy. AN SSSR, Moskwa 1963.
- [12] Kononowa M. M., Bielczikowa N. P.: Uskoriennyje metody opriedielenija sostawa gumusa minieralnych poczw. Poczwowiedien., 10, 1961.
- [13] Kowaliński S., Drozd J.: Wpływ sposobu wytrącania kwasów huminowych na wartość wskaźnika C_h/C_f . Roczn. glebozn., t. 15, dodatek, 1965, 219-222.
- [14] Kowaliński S., Drozd J.: Wpływ niektórych zabiegów agrotechnicznych na skład próchnicy gleb murszastych. Zeszyty nauk. WSR Wrocław, nr 60, Rolnictwo, z. 19, s. 131-138.
- [15] Kuźnicki F., Skłodowski P.: Przemiany substancji organicznej w niektórych typach gleb Polski. Roczn. glebozn., t. 19, z. 1, 1968, s. 3-25.
- [16] Lossaint P.: Complexations du fer par les percolats d'un humus brut d'épicias incubé à différentes températures. C. R. Acad. Sci. Paris, 262, 1966, 1673.
- [17] Minczewski J., Marczenko Z.: Chemia analityczna. PWN, Warszawa 1965, 608-609.
- [18] Musierowicz A.: Próchnica gleb. Wyd. II. PWRiL, Warszawa 1964, s. 106.
- [19] Musierowicz A., Czerwiński Z., Skorupska T., Sytek J.: Frakcjonowanie związków humusowych gleb metodami I. W. Tiurina i pirofosforanową M. M. Kononowej-N. P. Bielczikowej. Roczn. Nauk roln., 92-A-1, 1966, 1-25.
- [20] Prusinkiewicz Z.: Biologiczne aspekty zagadnienia żyzności gleb. Zesz. problem. Post. Nauk roln., nr 40a, 1963, 295-312.
- [21] Turski R.: Badania nad substancją organiczną w typowych glebach Wyżyny Lubelskiej. Cz. II. Rędziny i „rędziny rzekome”. Annales UMCS, t. 19-E, s. 43.

Ф. КУЗЬНИЦКИ, П. СКЛОДОВСКИ

ВЛИЯНИЕ ПОЧВООБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ НА СОДЕРЖАНИЕ ЖЕЛЕЗА И АЛЮМИНИЯ В ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ

Кафедра Почвоведения Варшавской Политехники

Резюме

Целью настоящего труда было установление закономерностей между содержанием железа и алюминия в их комплексных соединениях с почвенным гумусом и ходом почвообразовательных процессов. Труд составляет продолжение ранее опубликованной авторами статьи [15] о формах гумусовых соединений, так как здесь авторы воспользовались предыдущим анализированным материалом. Дополнительно проведены лишь определения железа и алюминия в отдельных экстрактах фракции лёгкой (т. наз. свободной) и фракции тяжелой (т. наз. связанной) органического вещества.

После минерализации гумусовых вытяжек железо определяли в отдельных растворах по методу Аринушкиной [2] при употреблении сульфосалициловой кислоты а алюминий определяли по Минчевскому и Марченко [17] с применением алюминона. В труде, на который ссылаются авторы, органическое вещество разделялось по методу Duchaufour и Jacquin в первую очередь согласно плотности (применяя смесь бромформа и этилового спирта с плотностью 2) на фракции лёгкую (свободную) и тяжелую (связанную), далее для расчленения тяжелой фракции применялись три очередные экстракции с употреблением следующих растворов:

- 0,1м $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 7,5\% \text{Na}_2\text{SO}_4$, pH=7,
- 0,1м $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$,
- 0,1н NaOH,

для расчленения легкой фракции применялись только две первые экстракции.

В итоге проведенных исследований установлено, что количества железа и алюминия, связанных в почвах с разными формами гумусовых соединений и их распределение по почвенному профилю оказывают зависимость так от материнской породы и степени ее выветривания, как и от превращений органического вещества в результате данного почвообразовательного процесса. Следовательно существует взаимозависимость между содержанием железа и алюминия в отдельных экстрактах легкой и тяжелой фракции а типом почвы. Приведенные результаты рассматриваются поочередно в сопоставлении с исследованными профилями и протеканием почвообразовательных процессов.

В профиле подзола, образованного из задрового песка, наиболее подвижные гумусовые соединения (I экстракция легкой фракции) мигрируют совместно с железом и алюминием из поверхностных горизонтов в иллювиальный горизонт, в котором подвергаются далеко идущим изменениям. Рост этих двух элементов, связанных с разными формами гумусовых соединений (I, II и III экстракции тяжелой фракции), в горизонте В подзола, по сравнению с горизонтом A_2 , свидетельствует о образовании в нем менее или более устойчивых органо-минеральных соединений.

Из общего балланса железа и алюминия в изучаемом подзоле следует, что большие количества этих двух элементов остаются в негумифицированной части

сырого гумуса (горизонты A_0 и $A_1 A_2$) и что некоторые их количества прочно связаны в глубоких генетических горизонтах с гуминами.

В профиле бурой выщелоченной почвы, образовавшейся из зандрового суглинистого песка, образуются в горизонте (B) B соединения железа и алюминия с формами гумусовых соединений тяжелой фракции II и III экстракции.

В бурой кислой олиготрофной почве, образованной из гранита, создаются органо-минеральные комплексы в горизонте (B), о чем свидетельствует заметное содержание в нем этих элементов в гумусовых соединениях II экстракции тяжелой фракции. Некоторые количества железа и алюминия в профиле этой почвы — горизонты $A_1 B$ и (B) — прочно связаны с гуминами.

В профиле охрово-подзолистой почвы, образованной из биотитового гнейса, отмечается очень отчетливая миграция из горизонта $A_0 A_2$ в горизонты B_1 и B_2 железа и алюминия состоящих в соединении с подвижными формами гумуса I экстракции легкой фракции; одновременно в иллювиальном горизонте образуются устойчивые соединения некоторых форм гумуса, между прочими и гуминов, с гидроокисью железа и алюминия.

В черноземной рендзине, образованной из пористой меловой породы, железо и алюминий почти исключительно связаны в горизонте A_1 с формами гумусовых соединений тяжелой фракции; особо большие количества этих двух элементов состоят в связи с высоко полимеризованными гумусовыми соединениями III экстракции. В этой почве при участии активных карбонатов образуются очень прочные железисто-гумусово-илистые комплексы.

Как в темноцветной (черной) почве, образованной из валунных глин, так и в деградированном черноземе, образованном из лёссов, железо и алюминий связаны преимущественно с гуминовыми кислотами III-й экстракции тяжелой фракции и с гуминами. На устойчивость органо-минеральных комплексов влияет в этих почвах — аналогично как и в рендзинах — довольно высокое содержание илистых частиц.

F. KUŹNICKI, P. SKŁODOWSKI

INFLUENCE OF SOIL-FORMING PROCESSES UPON IRON AND ALUMINIUM CONTENT IN HUMUS-MINERAL COMPLEXES

Department of Soil Science, Warsaw Technical University

Summary

The aim of the present work was to find relationships between the content of iron and aluminium, forming the complexes with humus, and to determine the course of soil-forming processes. It refers to another work of the same authors [15], concerning forms of humus compounds, since in it previously analysed material was used. In the present work the authors restricted themselves only to iron and aluminium determination in particular extracts of light (so-called free) and heavy (so-called bounded) fraction of organic matter.

Upon reaching mineralization of humus extracts, iron was determined in particular solutions by the Arinushkina method [2], using sulpho-salicylic acid, aluminium being determined according to Mintshovski and Martshen-

ko at aluminium application [17]. In the work, the authors refer to, organic matter was separated using the method by Duchaufour and Jacquin, first of all, basing upon organic matter density (at application of the mixture of ethyl alcohol and bromoform with the density 2), into the fractions: light (free) and heavy (bounded) one, and afterwards, with reference to the heavy fraction, three successive extractions were made using the following solutions:

- 0.1M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7 + 7.5\% \text{Na}_2\text{SO}_4$, with $\text{ph}=7$,
- 0.1M $\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$,
- 0.1N NaOH ,

while with reference to the light fraction only two first extractions were used.

The investigations showed that the iron and aluminium quantities bounded in soil with various forms of humus compounds and their dislocation in the soil profile depend as well on parental rock and its weathering degree as on organic matter transformations in consequence of defined soil-forming process. Hence a relationship exists between iron and aluminium content in particular extracts of light and heavy fraction on the one hand and soil type on the other. The presented results are discussed successively in relation to the soil profiles investigated and the course of soil-forming processes.

In the profile of podzolic soil developed of sandry sand, the most mobile humus compounds (of light fraction — the Ist extract) go together with iron and aluminium from the upper soil horizons over to the illuvial horizon, in which they undergo considerable changes. An increase of these two elements bounded with various forms of humus compounds (I, II and III extracts of heavy fraction) in the B horizon of the podzolic soil, as compared with the A₂ horizon, gives evidence of forming in it more or less humus-mineral complexes. It results from the general iron and aluminium balance in the podzolic soil investigated that considerable quantities of these two elements remain in non-humified part of raw humus (A₀ and A₁A₂ horizons) and that their certain quantities are closely bounded with humins in deeper genetic horizons.

In the profile of leached brown soil developed of boulder loamy sand, there form in the horizon (B)B the iron and aluminium compounds of heavy fraction of the IInd and the IIIrd extraction.

In oligotrophic acid brown soil, developed of granite, there form humus-mineral complexes in the (B) horizon, the evidence of what gives a considerable content of these elements in humus compounds of the IInd extraction of heavy fraction. Certain iron and aluminium quantities are closely bounded with humins in the profile of such soil (A₁B and (B) horizons).

In the profile of ochre-podzolic soil, developed of biotite gneiss, the displacement of iron and aluminium, forming complexes with the mobile forms of humic compounds of the Ist extraction of light fraction from the A₀A₂ horizons into the B₁ and B₂ horizons, in quite clearly marked; simultaneously in the illuvial horizon there develop stable complexes of some forms of humus compounds and, among other things, also humins with iron and aluminium hydroxyds.

In the black rendzina soil, developed of porous crateaceous rock, iron and aluminium are bounded almost exclusively in the A₁ horizon with the forms of humus compounds of heavy fraction; particularly high amounts of these two elements are bound with strongly polymerized humus compounds of the IIIrd extraction. In such soil, at participation of active carbonates, there form very stable iron-humus-clay complexes.

Both in black earth, developed of boulder loam, and in degraded chernozem, developed of loess, iron and aluminium are bounded with humic acids of the IIIrd extraction of heavy fraction as well as with humins. The stability of the humus-mineral complexes in such soils is influenced — similarly as in rendzina soils — by considerable clay fraction content in them.

Wpłynęło do redakcji w lipcu 1968 r.

