ROCZNIKI GLEBOZNAWCZE T. XXIV, Z. 1, WARSZAWA 1973

STANISŁAW KOWALIŃSKI, JERZY DROZD, MICHAŁ LICZNAR

ZMODYFIKOWANA METODA OZNACZANIA SKŁADU FRAKCYJNEGO PRÓCHNICY W GLEBACH MINERALNYCH [1]

Katedra Gleboznawstwa WSR we Wrocławiu
Kierownik — prof. dr S. Kowaliński

WSTĘP

Substancje próchniczne występują w glebach mineralnych na ogół w niewielkich ilościach. Mimo to, ze względu na swój specyficzny charakter, odgrywają one dużą rolę w procesach glebotwórczych i żyzności gleb. Dlatego też w ostatnich latach obserwuje się zwiększone zainteresowanie składem ilościowym i jakościowym oraz naturą związków próchnicznych gleb należących do różnych jednostek systematycznych.

W badaniach składu frakcyjnego próchnicy gleb mineralnych stosuje się różne sposoby analitycznego rozdziału, wśród których najbardziej rozpowszechnione są metody Tiurina [6], Kononowej i Bielczikowej [3] oraz Boratyńskiego i Wilka [1]. Każda z tych metod, w zależności od celu badań, ma swoje dodatnie i ujemne cechy. Szczegółową charakterystykę porównawczą powyższych metod na tle uzyskanych wyników analiz podają w swej pracy Kleszczycki, Kozakiewicz i Łakomiec [2], którzy stwierdzili, że wyniki składu frakcyjnego próchnicy uzyskane różnymi metodami nie są w ogóle porównywalne.

Metoda Tiurina daje wprawdzie oryginalny obraz składu frakcyjnego próchnicy gleb różnych jednostek taksonomicznych, jest jednak długotrwała i pracochłonna. Z tego względu jej zastosowanie w niektórych pracowniach gleboznawczo-chemicznych zostało znacznie ograniczone.

Szybka metoda oznaczania składu próchnicy według Kononowej i Bielczikowej, mimo znacznej przewagi pod tym względem nad innymi metodami, nie pozwala w pełni określić charakteru występujących w glebie

[1] Praca wykonana w ramach tematu finansowanego przez Komitet Gleboznawstwa i Chemii Rolnej PAN.

połączeń. Wyprowadzone przez wspomniane autorki wyliczenie z różnicy połączeń próchnicznych związanych z Ca i niekrzemianowymi formami R_2O_3 nie znajduje często potwierdzenia, gdyż niejednokrotnie zawartość połączeń wyekstrahowanych 0,1 n NaOH przewyższa ilość połączeń wyekstrahowanych mieszaniną 0,1 m $Na_4P_2O_7$ + 0,1 n NaOH. Powyższy fakt sprawia, że ścisłe wyliczanie połączeń próchnicznych związanych z Ca lub niektórymi formami R_2O_3 jest w praktyce trudne do przeprowadzenia. Dlatego też metoda Kononowej i Bielczikowej nie odegrała dotychczas wiodącej roli w badaniach porównawczych składu frakcyjnego próchnicy w glebach zróżnicowanych typologicznie.

Metoda Boratyńskiego i Wilka, zalecająca wyczerpującą ekstrakcję kolejno następującymi po sobie roztworami, jest również pracochłonna i dość uciążliwa do celów porównawczych składu frakcyjnego połączeń próchnicznych. Również moment zakończenia ekstrakcji jest niekiedy trudny do uchwycenia, szczególnie przy zastosowaniu roztworu pirofosforanu sodowego. Z tego też względu wyniki uzyskane nawet przy zastosowaniu jednej metody nie określającej ściśle ilości ekstraktów nie są ze sobą porównywalne.

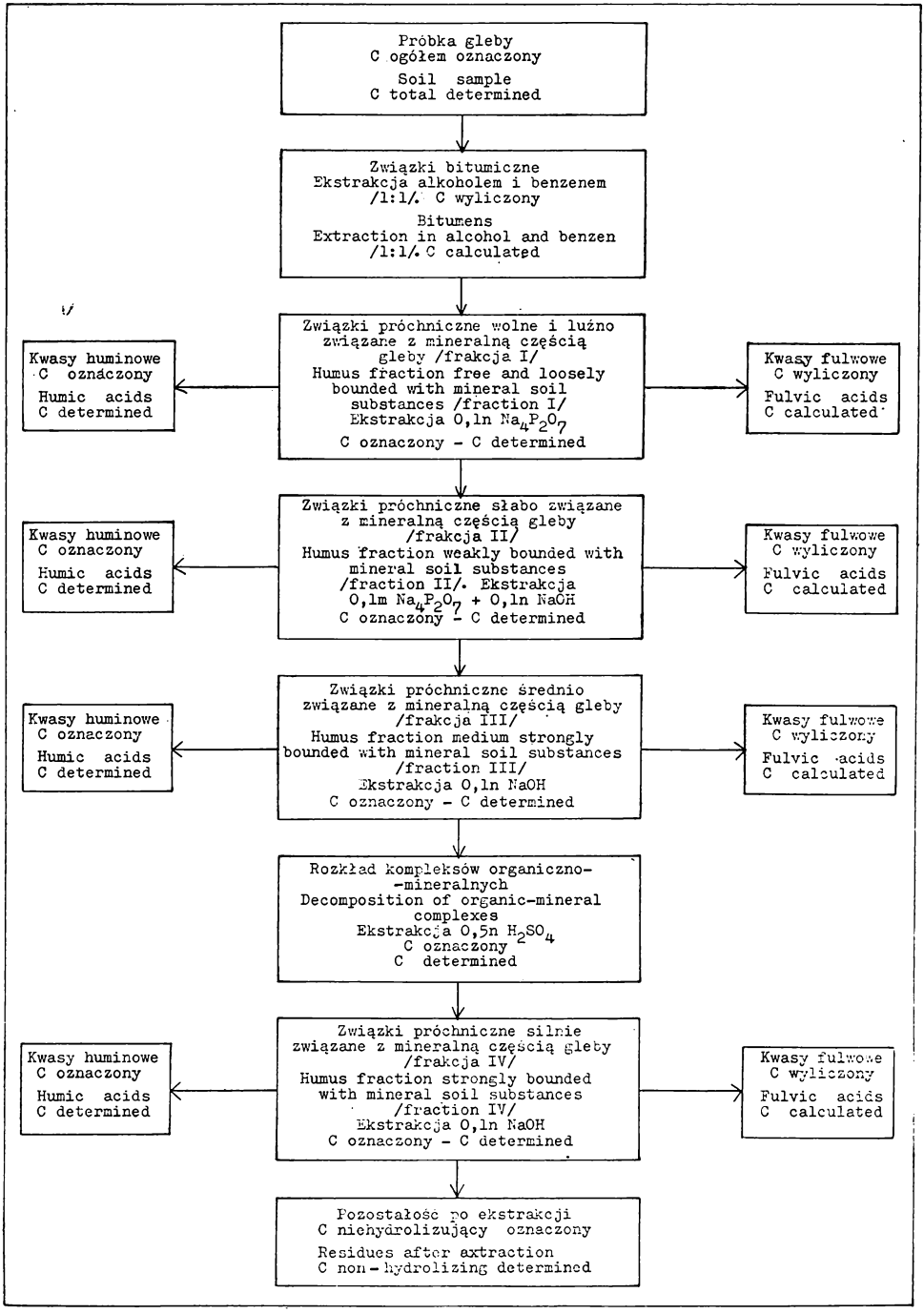
METODA I OBIEKTY BADAŃ

Na obecnym etapie badań nad próchnicą konieczne jest przyjęcie jakiejś uproszczonej metody, która by pozwoliła stosunkowo szybko określić skład frakcyjny związków próchnicznych gleb różnych jednostek taksonomicznych. Metoda taka powinna również określić jednoznacznie sposób i ilość ekstraktów, aby uzyskane wyniki mogły być ze sobą porównywalne w każdych warunkach i przydatne do ogólnej charakterystyki substancji organicznej gleb w ujęciu profilowym. Dlatego też, opierając się na krytycznych uwagach różnych autorów [2, 4, 5, 7, 8] co do przydatności poszczególnych metod analitycznych, jak i na własnych spostrzeżeniach, rozpoczęto w Katedrze Gleboznawstwa WSR we Wrocławiu badania nad ustaleniem praktycznej metody frakcjonowania związków próchnicznych z gleb mineralnych. Wykorzystując istniejące metody frakcjonowania związków próchnicznych, zaproponowano zmodyfikowany tok analizy frakcjonowanej według przedstawionego schematu (rys. 1).

Biorąc pod uwagę, że w składzie frakcyjnym związków próchnicznych poszczególne frakcje są ze sobą wzajemnie związane i oddziałują na pozostałe właściwości gleby w sposób kompleksowy, obliczono według wzoru Schönhalsa syntetyczne wskaźniki rozpuszczalności związków próchnicznych:

I — uwzględniające wszystkie frakcje próchnicy glebowej,

II — wyłączające C bituminów i C wydzielony 0,5n H_2SO_4, które wyrażone jednoliczbowo mogą być lepiej wykorzystane przy badaniach porównawczych niż analiza poszczególnych frakcji.



Rys. 1. Schemat zmodyfikowanej metody analizy składu frakcyjnego próchnicy w glebach mineralnych

Scheme of the modified analysis method of the fractional humus composition in mineral soils

Do szczegółowej charakterystyki związków próchnicznych w uzyskanych frakcjach można oznaczać:

— stosunek kwasów huminowych do fulwowych dla każdego rozpuszczalnika,

— stosunek kwasów huminowych do fulwowych dla całości wyekstrahowanego węgla.

W proponowanym schemacie analizy zastosowano stosunek gleby do rozpuszczalnika jak 1 : 10. Zostało to podyktowane możliwością uzyskania większej objętości ekstraktu potrzebnego do oznaczenia wymienionych wskaźników oraz zwiększenia ilości wydzielonego węgla, która może przejść do roztworu.

Sprawdzenie metody przeprowadzono na czterech próbkach gleb z poziomów próchnicznych, reprezentujących następujące typy genetyczne:

— glebę pseudobielicową wytworzoną z lessów,

— glebę brunatną wytworzoną z lessów,

— czarnoziem zdegradowany wytworzony z lessów,

— rędzinę mieszaną brunatną wytworzoną z wapienia triasowego.

Niektóre właściwości fizyczne, chemiczne i fizykochemiczne badanych próbek przedstawiono w tab. 1 i 2.

Skład frakcyjny próchnicy według proponowanego schematu oznaczono w dwóch wariantach ekstrakcji (tab. 3):

— jednorazowa ekstrakcja danym rozpuszczalnikiem,

— dwukrotna ekstrakcja danym rozpuszczalnikiem.

W celu sprawdzenia przydatności uproszczonej metody oznaczania składu frakcyjnego próchnicy glebowej w ujęciu profilowym zbadano dodatkowo skład frakcyjny w dwóch profilach gleb bielicowych wytworzonych:

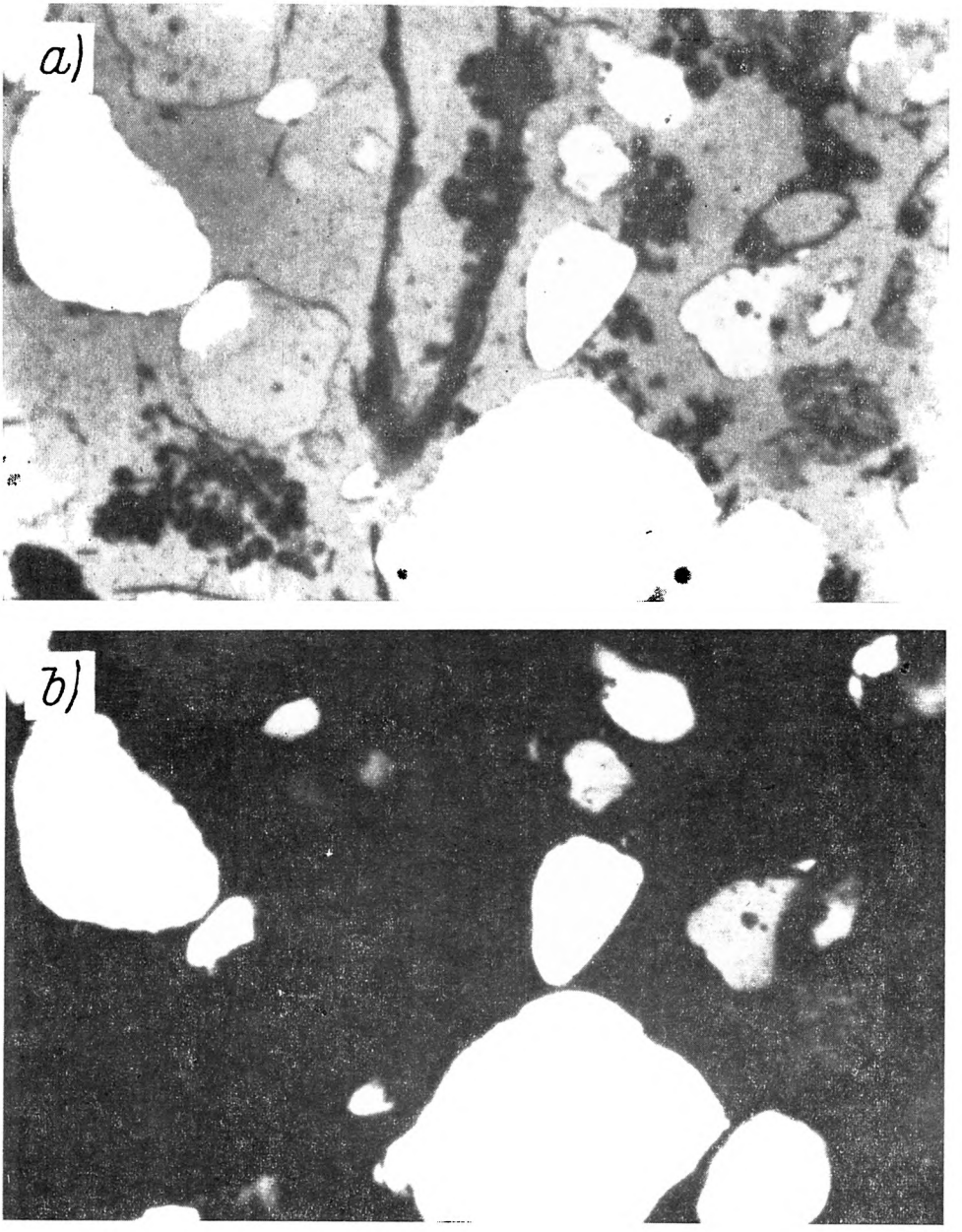
— z piasku luźnego,

— z utworu pyłowego ilastego.

Ważniejsze właściwości mikromorfologiczne niektórych poziomów genetycznych badanych gleb przedstawiają rys. 2-11. Natomiast właściwości fizyczne, chemiczne i fizykochemiczne przedstawiono w tab. 4, a skład frakcyjny związków próchnicznych w tab. 5.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Jak wynika z tab. 3, przy zastosowaniu jednorazowej ekstrakcji największą procentową zawartość wolnych i luźno związanych połączeń próchnicznych, wydzielonych 0,1n $Na_4P_2O_7$ (frakcja I), oznaczono w glebie pseudobielicowej, a najniższą w rędzinie. We frakcji tej, z wyjątkiem próbki czarnoziemu zdegradowanego, gdzie stosunek C_{kh}/C_{kf} jest wyższy od jedności, przeważają kwasy fulwowe.

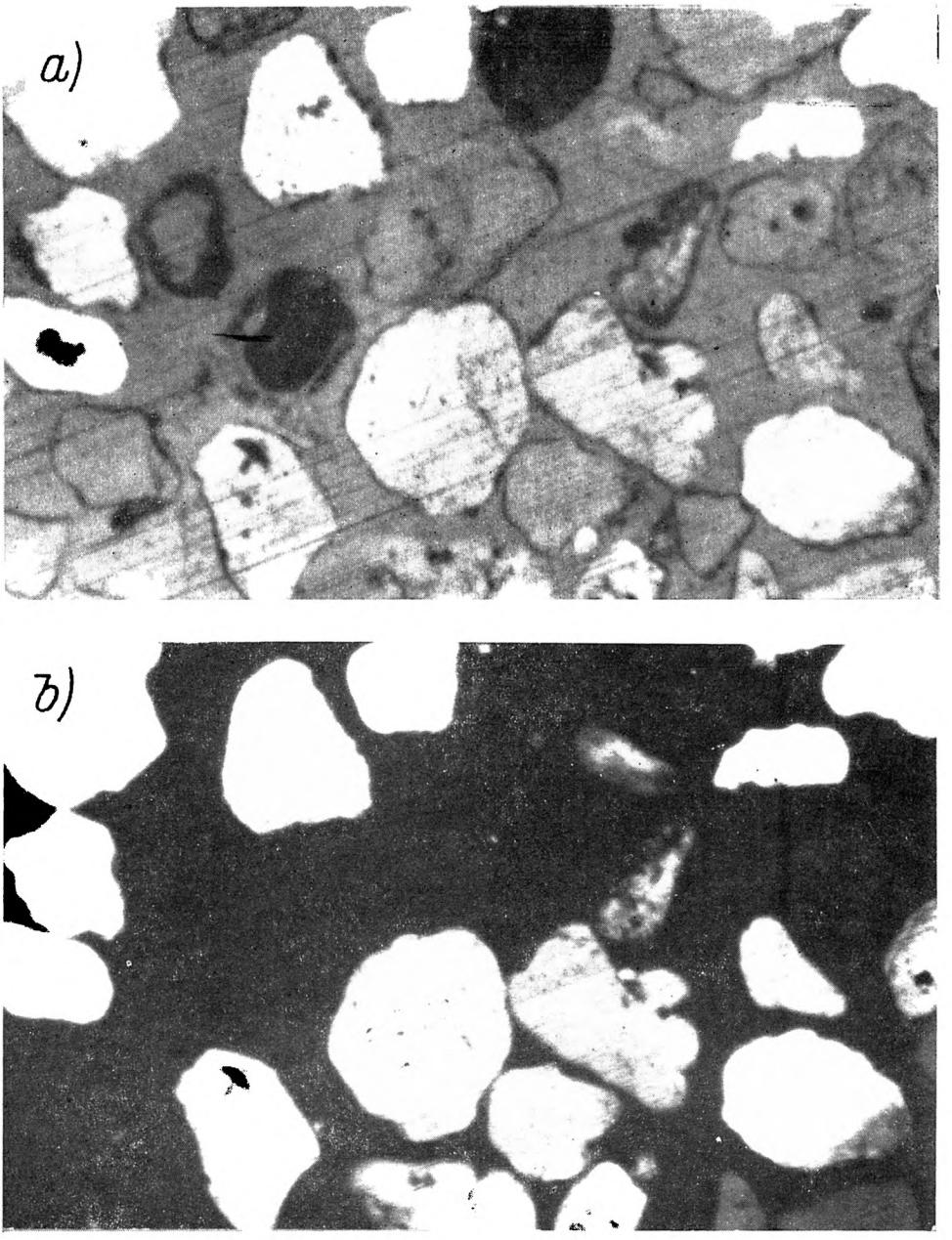


Rys. 2. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z piasku luźnego. Poziom A_1, głębokość próbki 5-18 cm. Resztki roślinne silnie zhumifikowane oraz ekstrementy próchniczne. Na niektórych ziarnach kwarcu tendencja do tworzenia się mikroagregatów próchnicznych. Powiększenie ok. 38 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic soil developed of loose sand. A_1 horizon, sample depth 5-18 cm. Strongly humified plant residues and humus excrements. On some quartz grains a tendency to forming humus microaggregates is visible. Enlargement about 38 ×

a — without analyzer, *b* — with analyzer

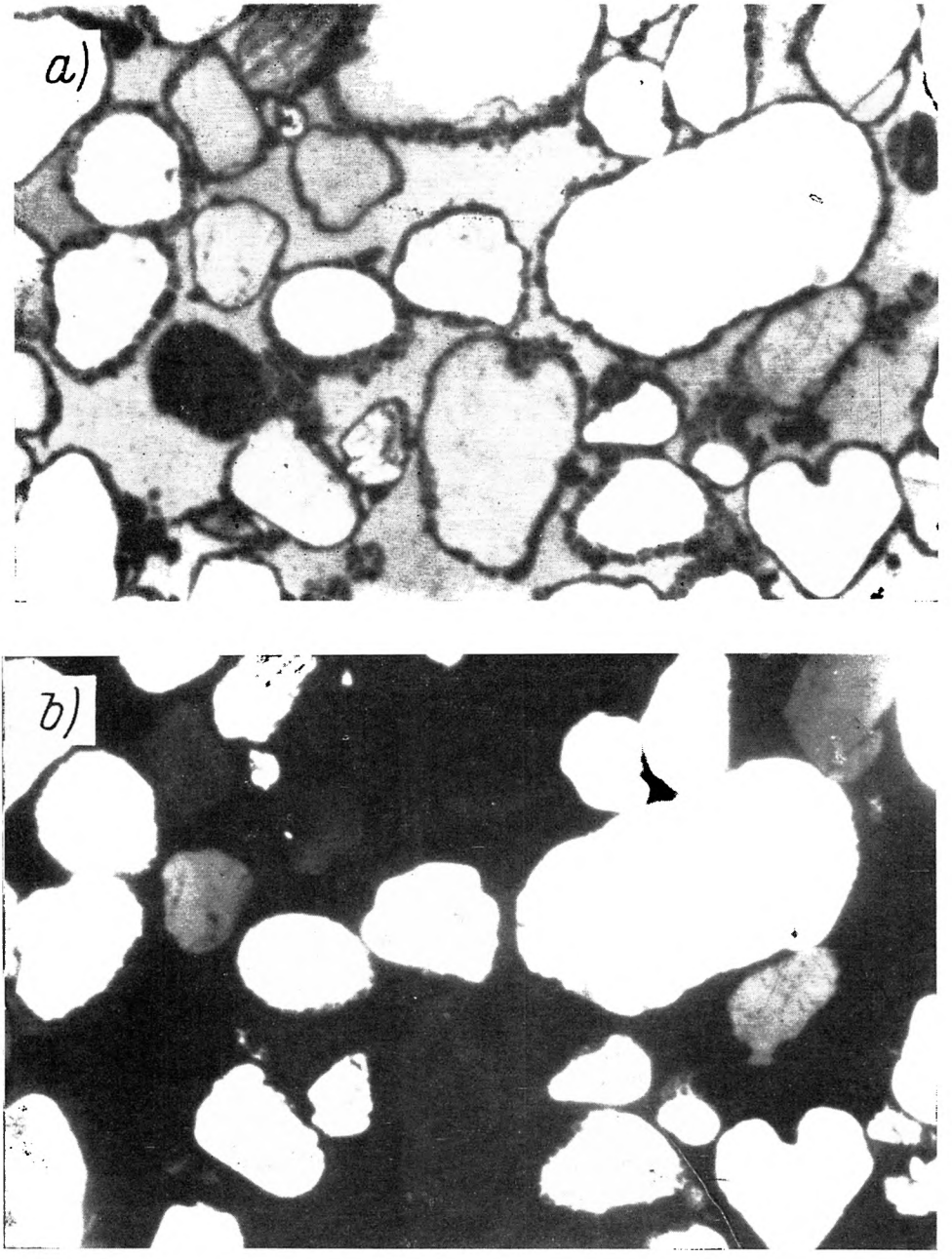


Rys. 3. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z piasku luźnego. Poziom A_2, głębokość próbki 25-35 cm. Proces eluwialny silnie wyrażony. Brak substancji próchnicznej. Ziarna mineralne pozbawione otoczek związków próchnicznych i żelazisto-próchnicznych. Powiększenie ok. 38 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic soil developed of loose sand. A_2 horizon, sample depth 25-35 cm. Illuvial process strongly marked. Lack of humus substances. Mineral grains deprived of membrames of humus and ferrus-humus compound

a — without analyzer, *b* — with analyzer

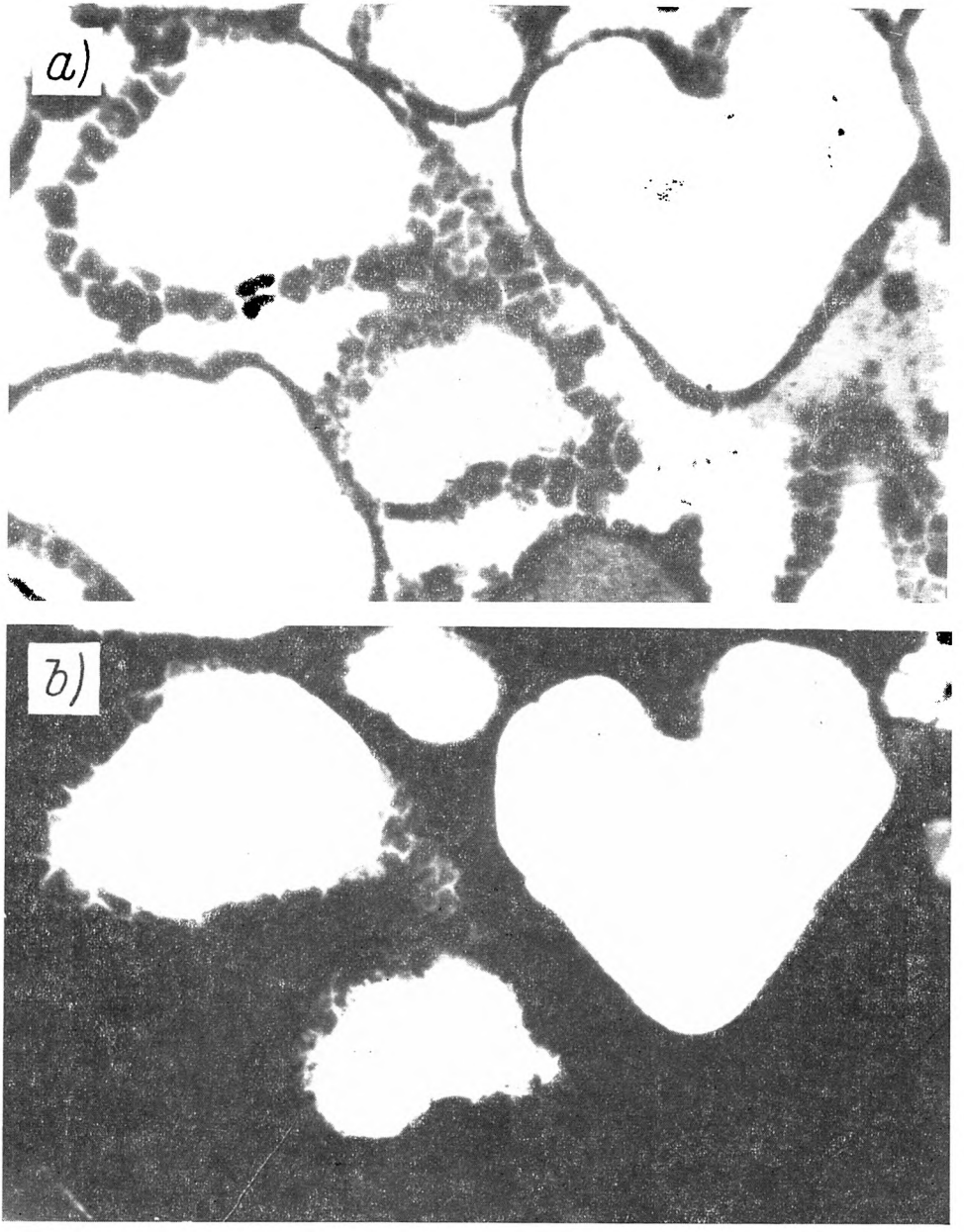


Rys. 4. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z piasku luźnego. Poziom B_h, głębokość próbki 40-62 cm. Widoczne wyraźnie otoczki substancji próchnicznej i związków próchniczno-żelazistych wokół ziarn mineralnych. Powiększenie ok. 38 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic soil developed of loose sand. B_h horizon, sample depth 40-62 cm. Distinctly visible coatings of humus substance and of ferrous-humus compounds around mineral grains. Enlargement about 38 ×

a — without analyzer, *b* — with analyzer

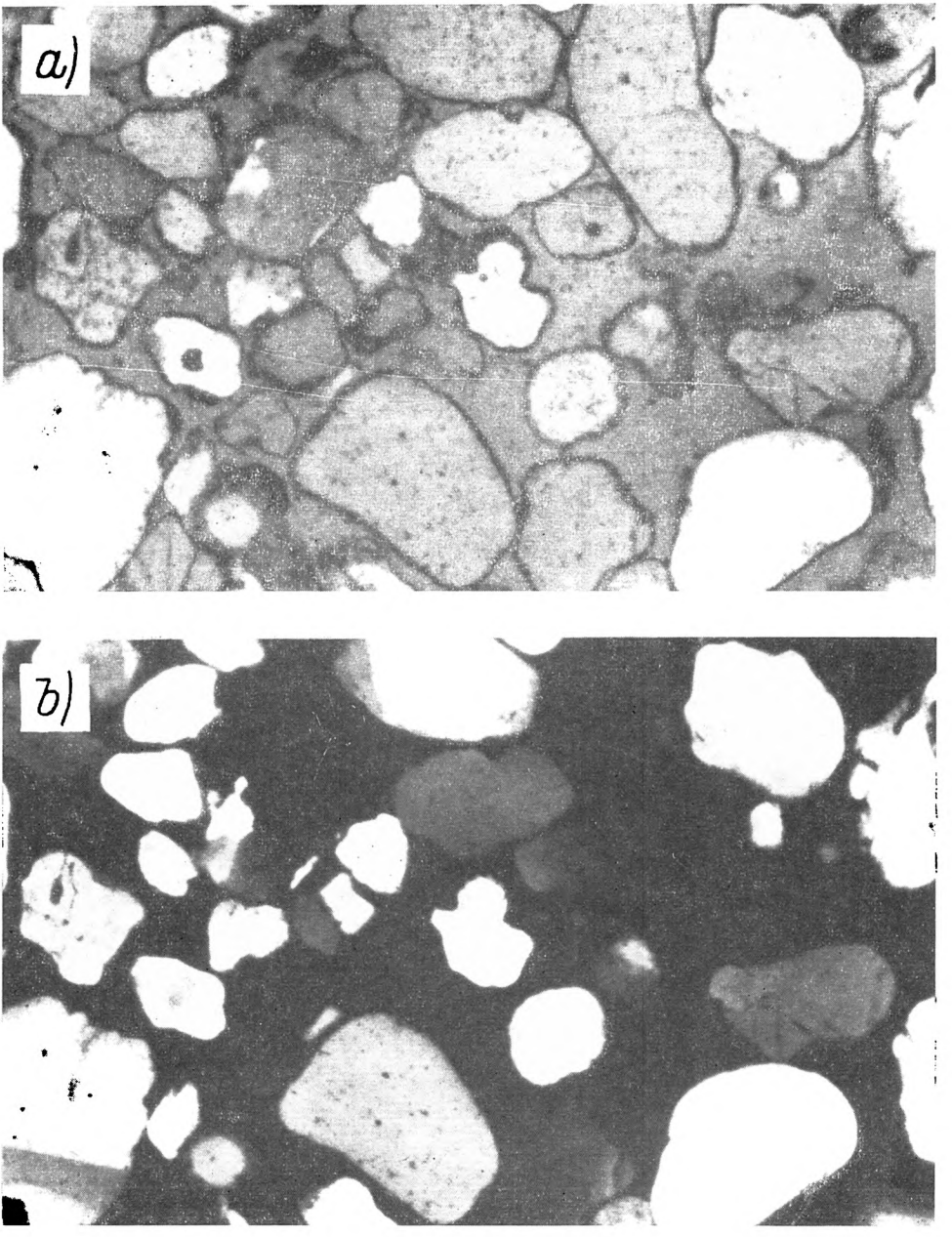


Rys. 5. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z piasku luźnego. Poziom B_h, głębokość 40-62 cm. Powiększony fragment poziomu iluwialnego. Koronkowe otoczki związków próchnicznych i żelazisto-próchnicznych wyraźnie widoczne wokół ziarn mineralnych. Wytrącone związki próchniczne wykazują mikroagregaty I i II rzędu. Powiększenie ok. 100 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic soil developed of loose sand. B_h horizon, depth 40-62 cm. Enlarged fragment of illuvial horizon. Lacelike coatings of humus and ferrous-humus compounds distinctly visible around mineral grains. Precipitated humus compounds show microaggregates of the Ist and IInd order. Enlargement about 100 ×

a — without analyzer, *b* — with analyzer

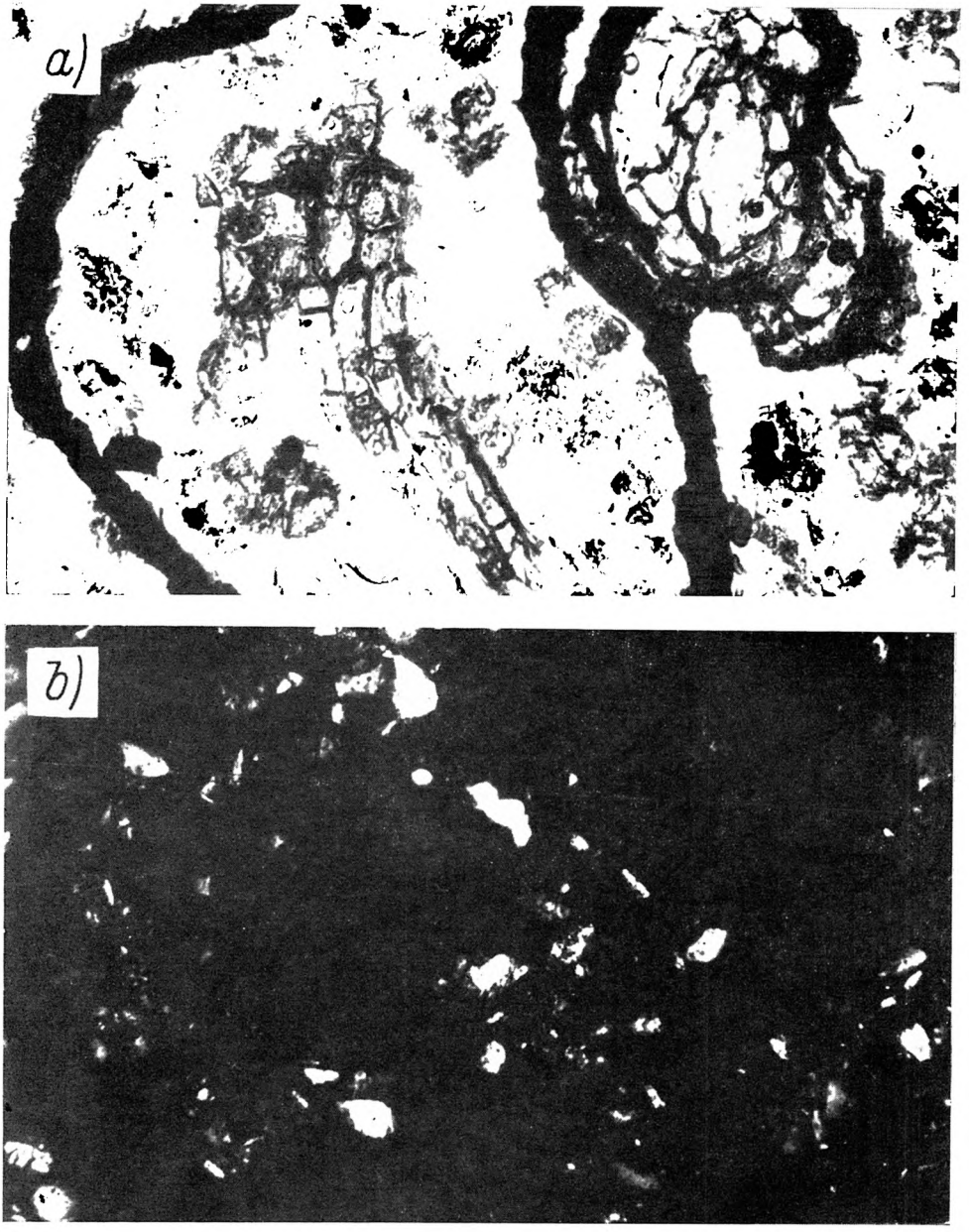


Rys. 6. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z piasku luźnego. Poziom B_{hFe}, głębokość próbki 65-78 cm. Cienkie otoczki żelazisto-próchniczne nie wykazujące koronkowego układu wokół ziarn kwarcu. Powiększenie ok. 38 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic soil developed of loose sand. B_{hFe} horizon, sample depth 65-78 cm. Thin ferrous-coatings without lacelike arrangement around quartz grains. Enlargement about 38 ×

a — without analyzer, *b* — with analyzer

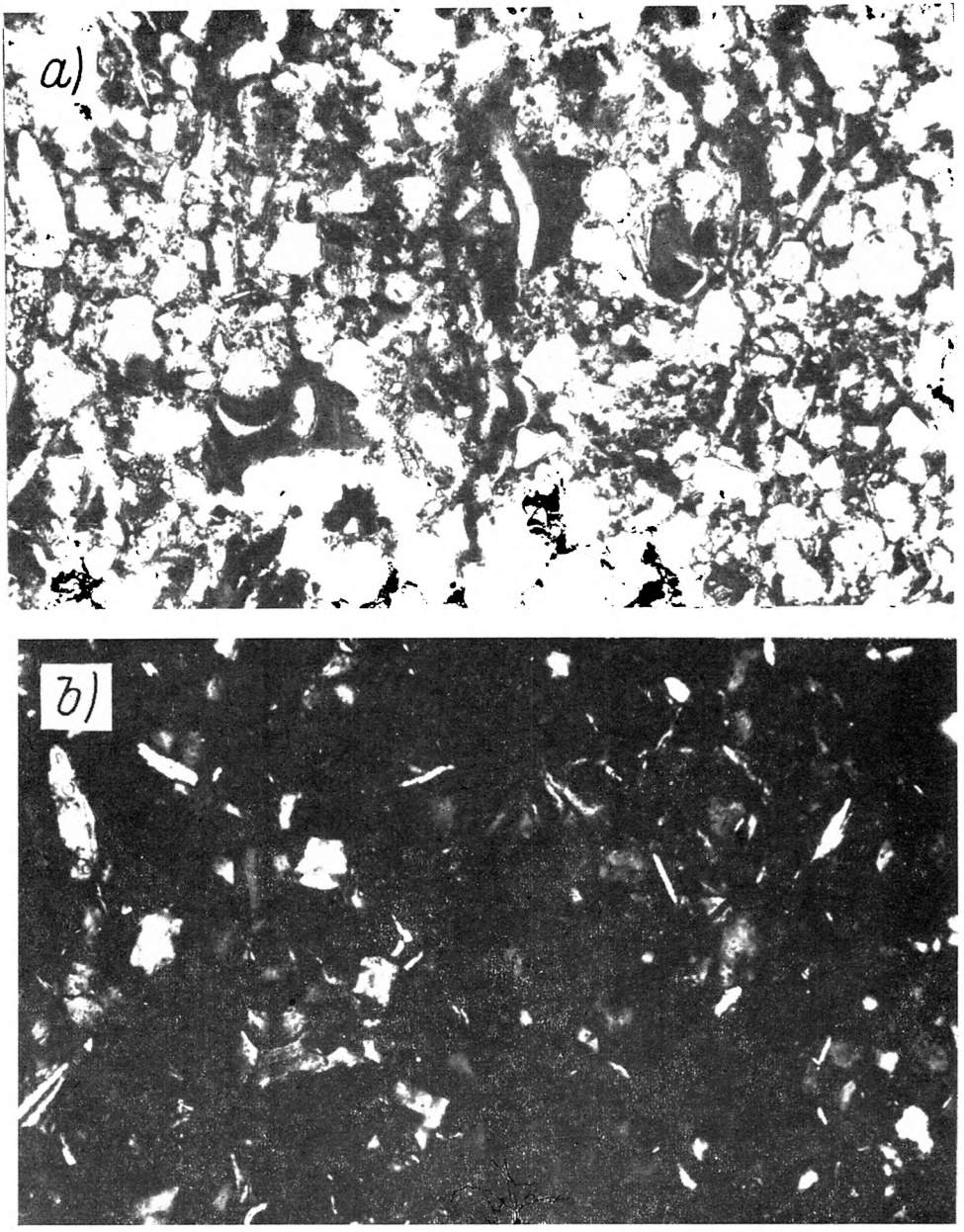


Rys. 7. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z utworu pyłowego ilastego. Poziom A_1, głębokość próbki 0-5 cm. Fragment resztek roślinnych o budowie komórkowej oraz silnie rozdrobnione formy zhumifikowanej substancji organicznej. Niektóre ziarna mineralne pozbawione otoczek substancji pigmentujących. Powiększenie ok. 100 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic soil developed of clayey silty formation. A_1 horizon, sample depth 0-5 cm. Fragment of plant residues with cellular structure and strongly disintegrated forms of humified organic matter. Some mineral grains are deprived of coatings of pigmenting substances. Enlargement about 100 ×

a — without analyzer, *b* — with analyzer

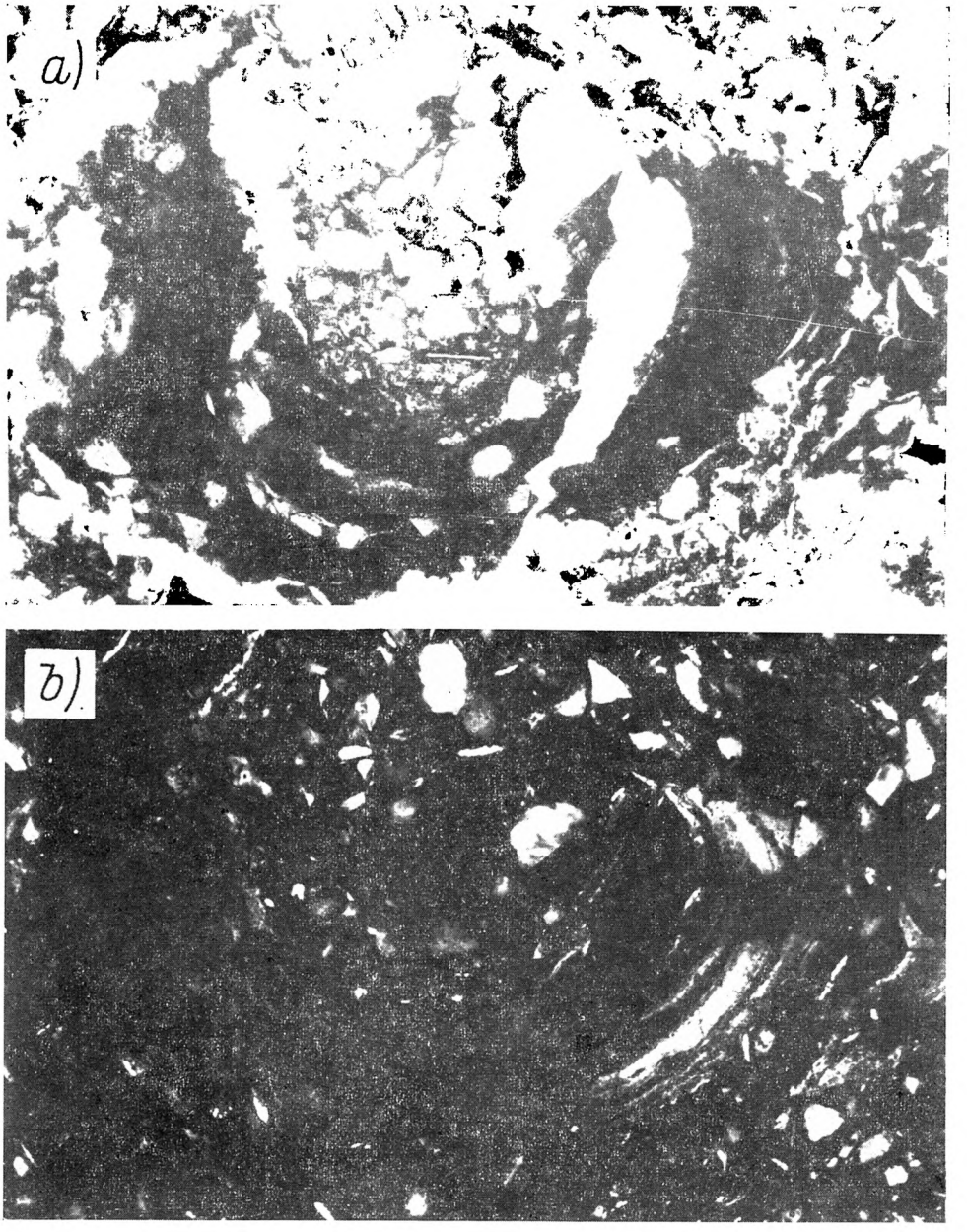


Rys. 8. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z utworu pyłowego ilastego. Poziom B_h, głębokość próbki 45-50 cm. Argilla-skel-vosepic. Substancja organiczno-mineralna silnie rozproszona; drobne pory wysycone związkami próchnicznymi i połączeniami ilasto-żelazistymi. Powiększenie ok. 100 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic soil developed of clayey silty formation. B_h horizon, sample depth 45-50 cm. Argilla-skel-vosepic. Strongly dissipated organic-mineral substance; fine pores saturated with humus and clayey-ferrous compounds. Enlargement about 100 ×

a — without analyzer, *b* — with analyzer

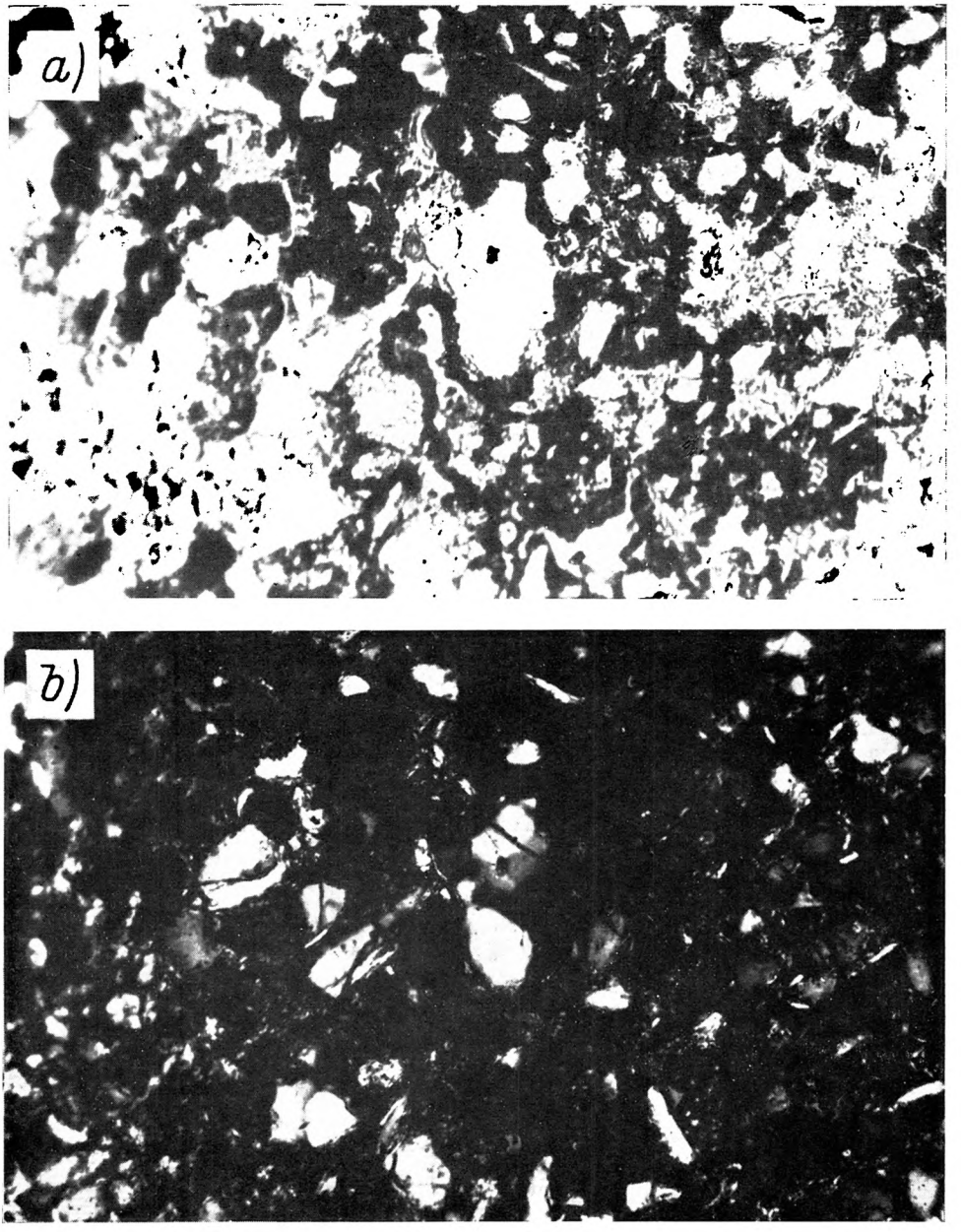


Rys. 9. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z utworu pyłowego ilastego. Poziom B_h, głębokość próbki 44-50 cm. Plazma typu vosepic dobrze wyrażona. Pora wypełniona substancją ilasto-żelazistą o charakterystycznym warstwowanym układzie. Lokalne nagromadzenie związków próchnicznych. Powiększenie ok. 120 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic developed of clayey silty formation. B_h horizon, sample depth 44-50 cm. Plasma of vosepic type, distinctly marked. A pors filled with clayey-ferrous substance with characteristic stratified arrangement. Local accumulation of humus compounds. Enlargement about 120 ×

a — without analyzer, *b* — with analyzer

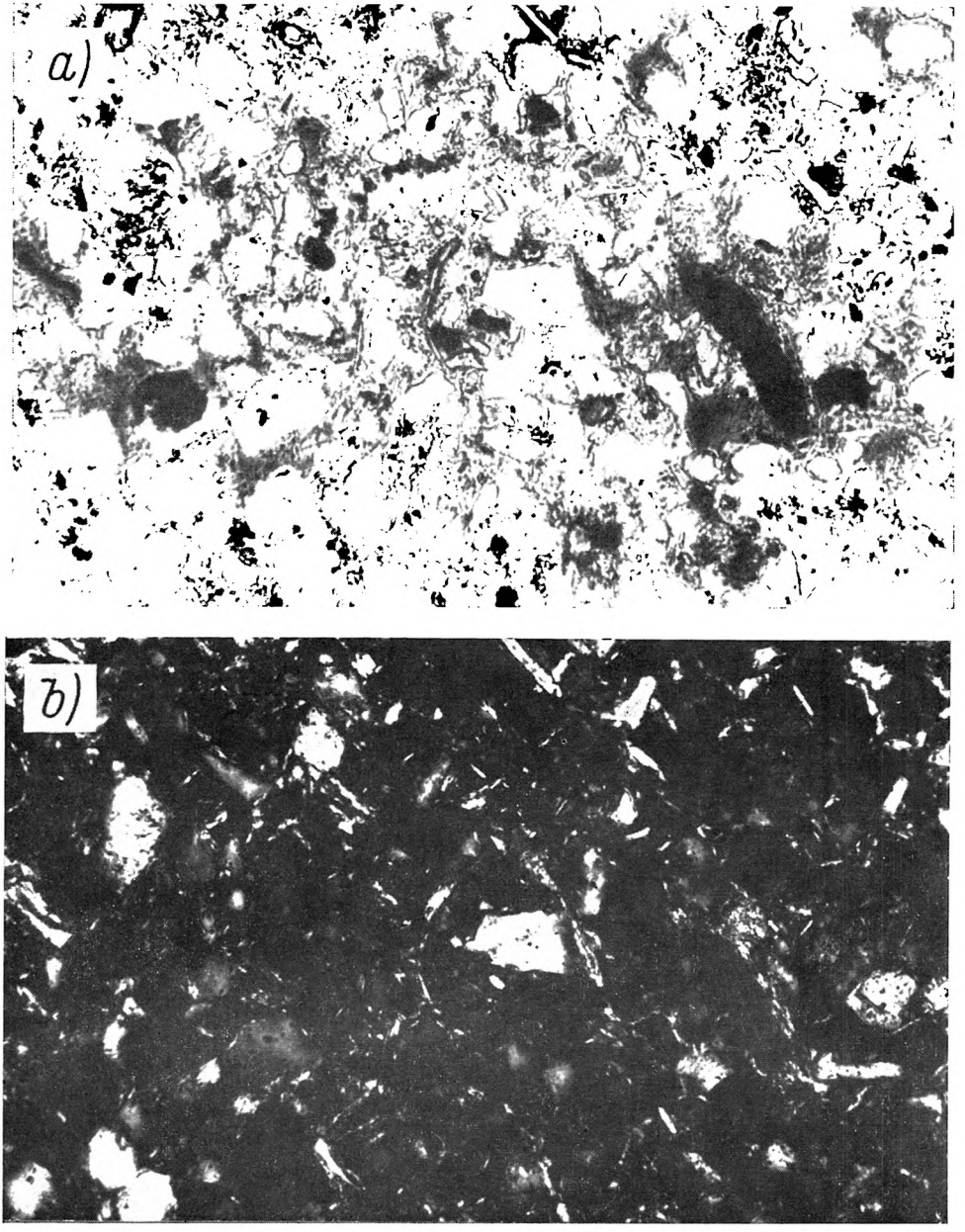


Rys. 10. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z utworu pyłowego ilastego. Poziom *B/C*, głębokość próbki 75-85 cm. Intensywne nagromadzenie związków organiczno-mineralnych otaczających detrytus mineralny. Niektóre z nich tworzą nieregularne formy konkrecyjne. Powiększenie ok. 100 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic soil developed of clayey silty formation. *B/C* horizon, sample depth 75-85 cm. Intensive accumulation of organic-mineral compounds surrounding mineral detritus. Some of them occur in irregular concretion forms. Enlargement about 100 ×

a — without analyzer, *b* — with analyzer



Rys. 11. Mikromorfologia gleby bielicowej wytworzonej z utworu pyłowego ilastego. Poziom *C*, głębokość próbki 100-110 cm. Plazma typu skel-lattisepic ze śladami vosepicu. Między ziarnami detrytusu mineralnego występują substancje ilasto-żelaziste oraz czarne skupienia połączeń organiczno-mineralnych. Powiększenie ok. 100 ×

a — bez analizatora, *b* — z analizatorem

Micromorphology of podzolic soil developed of clayey silty formation. *C* horizon, sample depth 100-110 cm. Plasma of skel-lattisepic type with vosepic traces. Between grains of mineral detritus there occur clayey-ferrous substances and black aggregates of organic-mineral compounds. Enlargement about 100 ×

a — without analyzer, *b* — with analyzer

Tabela 1

Skład mechaniczny badanych próbek gleb z poziomu A_1
Mechanical composition of investigated soil samples from the A_1 horizon

Nr próbki i typ gleby Sample No. and soil type	Szkielet Skeleton particles >1 mm %	Procentowa zawartość frakcji o Ø w mm Per cent of fractions with the diameter in mm: 1-0,5	0,5-0,25	0,25-0,1	0,1-0,05	0,05-0,02	0,02-0,005	0,005-0,002	<0,002	suma frakcji sum of fractions 0,1-0,02	<0,02	Grupa mechaniczna utworu glebowego Mechanical group of soil formation
1. Gleba pseudobielicowa Pseudopodzolic loam	0,0	0,2	0,2	0,6	18,0	42	23	8	8	60,0	39	pył ilasty clayey silt
2. Gleba brunatna Brown soil	0,5	1,0	1,3	2,5	15,2	38	21	8	13	53,2	42	pył ilasty clayey silt
3. Czarnoziem zdegradowany Degraded chernozem	0,0	0,1	0,1	0,1	12,7	41	24	6	16	53,7	46	pył ilasty clayey silt
4. Rędzina Rendzina soil	7,2	11,6	15,4	18,5	9,5	7	10	13	15	16,5	38	glina średnia medium loam

Tabela 2

Właściwości fizykochemiczne i chemiczne badanych próbek gleb z poziomu A_1
Physico-chemical and chemical properties of investigated soil samples from the A_1 horizon

Nr próbki i typ gleby Sample No. and soil type	pH H_2O	pH KCl	$CaCO_3$ %	Właściwości sorpcyjne - Sorption properties: kationy metaliczne metallic cations Ca	Mg	K	Na	H_h	S	T	V	C	N	C:N
				me/100 g gleby - me/100 g of soil								%		
1. Gleba pseudobielicowa Pseudopodzolic loam	4,1	3,3	0,0	0,75	0,60	0,26	0,06	14,57	1,67	16,24	10,2	3,695	0,222	16,62
2. Gleba brunatna Brown soil	6,7	6,0	0,0	9,10	1,95	0,46	0,23	2,71	11,74	14,45	79,4	1,423	0,146	9,75
3. Czarnoziem zdegradowany Degraded chernozem	7,2	6,1	0,0	9,90	2,30	0,35	0,17	2,06	12,72	14,78	86,1	1,532	0,152	10,08
4. Rędzina Rendzina soil	7,7	7,2	0,33	10,08	1,68	0,32	0,07	0,56	12,15	12,71	95,6	1,475	0,157	9,39

Tabela 3

Skład frakcyjny próchnicy z poziomów A_1 badanych typów gleb /w % C ogółem/
Fractional composition of humus from A_1 horizons of the soil kinds investigated /in % of total C/

Nr próbki i typ gleby Sample No. and soil type	C ogółem w % Total C in %	C bitumin Bitumen C	C wydzielony 0,1n $Na_4P_2O_7$ C isolated by 0.1n $Na_4P_2O_7$			C wydzielony 0,1m $Na_4P_2O_7$+ 0,1n NaOH C isolated by 0.1m $Na_4P_2O_7$+ 0.1n NaOH			C wydzielony 0,1n NaOH C isolated by 0.1n NaOH			C w 0,5n H_2SO_4 C in 0.5n H_2SO_4	C wydzielony 0,1n NaOH C isolated by 0.1n NaOH			C nieuwodniający Non-hydrolyzing C	Σ C oznaczonego Σ of C determined	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$ próbki $\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$ total	Wskaźniki rozpuszczalności związków próchnicznych Solubility indexes of humus compounds	
			ogółem total	kwasów huminowych of humic acids	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$	ogółem total	kwasów huminowych of humic acids	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$	ogółem total	kwasów huminowych of humic acids	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$		ogółem total	kwasów huminowych of humic acids	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$				I	II
Przy zastosowaniu jednokrotnej ekstrakcji danym rozpuszczalnikiem At single extraction with the given solvent																				
1 Gleba pseudobielicowa Pseudopodzolic soil	3,695	4,60	15,38	7,03	0,84	17,53	8,74	0,99	6,24	3,47	1,25	1,60	3,79	2,57	2,11	53,44	102,56	1,33	41,3	45,4
2 Gleba brunatna Brown soil	1,423	2,60	9,80	4,62	0,70	16,19	9,22	1,32	8,97	5,72	1,76	2,89	7,08	5,47	3,40	54,52	100,05	1,40	38,7	41,9
3 Czarnoziem zdegradowany Degraded chernozem	1,532	1,37	8,48	4,66	1,22	20,21	13,64	2,08	10,53	6,91	1,91	2,10	10,33	8,03	3,65	49,37	102,79	2,05	40,0	45,0
4 Rędzina Rendzina soil	1,475	9,49	7,61	3,46	0,83	12,66	7,75	1,56	6,53	4,52	1,95	2,18	5,92	4,77	4,14	57,02	101,41	1,65	39,6	38,4
Przy zastosowaniu dwukrotnej ekstrakcji danym rozpuszczalnikiem At twofold extraction with the given solvent																				
1 Gleba pseudobielicowa Pseudopodzolic soil	3,695	4,60	20,37	9,71	0,91	16,57	7,81	0,89	5,81	4,12	2,43	0,61	3,46	1,58	0,84	48,74	100,16	1,01	45,4	48,2
2 Gleba brunatna Brown soil	1,423	2,60	11,88	8,06	2,11	21,79	11,59	1,14	8,88	6,77	3,20	0,85	5,97	3,89	1,87	46,70	98,67	1,67	42,2	46,4
3 Czarnoziem zdegradowany Degraded chernozem	1,532	1,37	11,24	8,32	2,85	25,55	16,71	1,89	9,44	7,91	5,17	0,59	8,82	6,85	3,48	42,16	99,17	2,61	43,4	49,3
4 Rędzina Rendzina soil	1,475	9,49	8,65	6,00	2,26	15,78	9,73	1,61	6,74	5,13	3,16	0,72	5,56	3,76	2,08	53,06	100,00	2,03	42,5	38,1

W mieszaninie 0,1m $Na_4P_2O_7$+0,1n NaOH (frakcja II) również najmniej węgla wydzielono w rędzinie, natomiast najwięcej tej frakcji znaleziono w próbce z czarnoziemu zdegradowanego. Procentowa zawartość frakcji słabo związanej z masą mineralną gleby we wszystkich próbkach jest większa od ilości związków próchnicznych rozpuszczalnych w samym roztworze pirofosforanu sodu. We frakcji tej stwierdzono również większy udział kwasów huminowych, o czym świadczy wyższy stosunek C_{kh}/C_{kf}.

Zawartość frakcji związków próchnicznych średnio związanych z mineralną częścią gleby, wyekstrahowanych 0,1n NaOH (frakcja III) jest w badanych próbkach niewielka. Największa ilość tej frakcji znajduje się w czarnoziemie zdegradowanym. Przeważają w niej kwasy huminowe nad fulwokwasami. Nawet w próbce pseudobielicowej omawiany stosunek wynosi 1,25, natomiast w glebie brunatnej — 1,76, a w próbkach czarnoziemu zdegradowanego i rędziny jest zbliżony do 2,0.

Związki próchniczne silnie związane z mineralną częścią gleby (frakcja IV) zostały wydzielone w proponowanej metodzie 0,1n NaOH i oznaczone po rozbiciu kompleksów organiczno-mineralnych 0,5n H_2SO_4. W badanych próbkach stwierdzono różną procentową zawartość tej frakcji, której ilość zależy od typu genetycznego gleby. Najwięcej tej frakcji (10%) stwierdzono w próbce czarnoziemu zdegradowanego, a najmniej (4%) w glebie pseudobielicowej. W omawianej frakcji zdecydowanie dominują kwasy huminowe. Stosunek C_{kh}/C_{kf} jest wysoki i nawet w glebie pseudobielicowej przekracza wartość 2,0, w rędzinie wynosi 4,14, a próbki z gleby brunatnej i czarnoziemu zdegradowanego zajmują stanowiska pośrednie.

Stosowany wariant ekstrakcji jednorazowej wydziela znaczne ilości węgla, gdyż C w pozostałości stanowi tylko ok. 50-60% węgla ogółem.

W badanych czterech próbkach glebowych, reprezentujących różne typy genetyczne gleb, stwierdzono różnice nie tylko w stosunku C_{kh}/C_{kf} w poszczególnych rozpuszczalnikach, ale także w sumarycznym stosunku C_{kh}/C_{kf}. W glebie pseudobielicowej stosunek ten wynosi 1,0, w brunatnej 1,4, w rędzinie 1,6, a w czarnoziemie zdegradowanym 2,0. Obliczone wskaźniki rozpuszczalności związków próchnicznych wykazują, że największą aktywnością pod tym względem odznaczają się gleby pseudobielicowe i czarnoziem zdegradowany, następnie gleba brunatna, a najmniejszą rozpuszczalność wykazuje próchnica rędziny.

Przy zastosowaniu dwukrotnej ekstrakcji określonym rozpuszczalnikiem, podobnie jak i przy ekstrakcji jednorazowej, najwięcej wolnych i luźno związanych połączeń próchnicznych z mineralną częścią gleby (frakcja I) wydzielono z gleby pseudobielicowej, a najmniej z rędziny. We frakcji tej, z wyjątkiem próbki z gleby pseudobielicowej, gdzie stosunek C_{kh}/C_{kf} jest nieco niższy od jedności, przeważają kwasy huminowe. Świad-

czy o tym wysoki stosunek C_{kh}/C_{kf}, który w próbce czarnoziemu zdegradowanego wynosi ok. 2,8.

Związków próchnicznych słabo związanych z masą mineralną gleby (frakcja II) znaleziono najwięcej, bo ok. 25% (w próbce czarnoziemu zdegradowanego). Próbki z pseudobielicy i rędziny zawierały prawie identyczne wartości węgla tej frakcji. Różnią się one jednak między sobą udziałem kwasów huminowych, których jest znacznie więcej w próbce reprezentującej rędzinę niż glebę pseudobielicową.

Frakcji połączeń średnio związanych z mineralną częścią gleby (frakcja III) stwierdzono niewiele, bo 6-10% C ogółem. We frakcji tej jednak przeważają kwasy huminowe, a obliczony stosunek kwasów huminowych do fulwowych jest tu bardzo wysoki: od 2,4 w glebie bielicowej do ok. 5 w czarnoziemie zdegradowanym.

Jeszcze niższe wartości węgla wydzielonego stwierdzono we frakcji silnie związanej z mineralną częścią gleby (frakcja IV). Największy procent tej frakcji stwierdzono w czarnoziemie zdegradowanym, a najmniejszy — w próbce z pseudobielicy. Stosując ekstrakcję dwukrotną jednym rozpuszczalnikiem, podobnie jak i przy ekstrakcji jednorazowej, stwierdzono zależności w ogólnym stosunku C_{kh}/C_{kf}, który jest zróżnicowany w zależności od typu genetycznego. Najwyższy stosunek stwierdzono w próbce z czarnoziemu zdegradowanego, a najniższy — w próbce reprezentującej glebę pseudobielicową.

Wskaźniki rozpuszczalności związków próchnicznych przy zastosowaniu dwukrotnej ekstrakcji wykazują podobne tendencje, jak przy ekstrakcji jednorazowej danym rozpuszczalnikiem.

Ekstrakcja dwukrotna (rys. 2) przyczyniła się do zwiększenia procentowego udziału wolnych i luźno związanych związków próchnicznych (frakcja I) we wszystkich analizowanych próbkach. Wzrost ten był najwyższy w próbce gleby pseudobielicowej i wynosił około 5%.

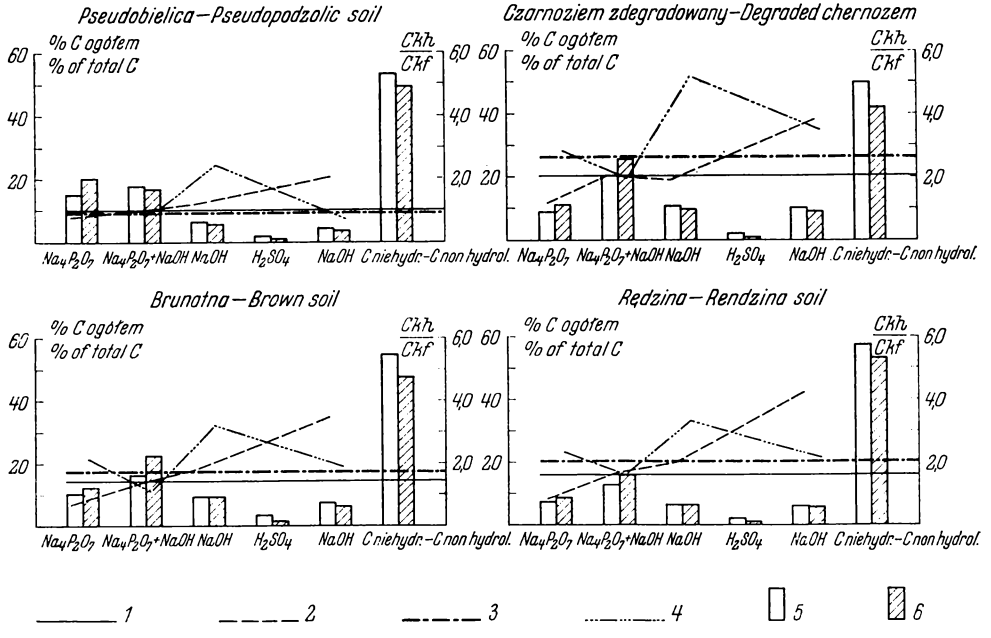
Również w grupie połączeń słabo związanych z mineralną częścią gleby (frakcja II) obserwujemy w niektórych próbkach wzrost zawartości tej frakcji podczas stosowania ekstrakcji dwukrotnej. Wyjątek stanowi tu próbka gleby pseudobielicowej, w której wyniki są prawie jednakowe w obu sposobach ekstrakcji. W pozostałych ekstraktach uzyskanych 0,1n NaOH przed i po kwaśnej hydrolizie (frakcja III i IV) sposób ekstrakcji prawie nie zmienia procentowego udziału węgla w tych grupach połączeń.

Porównując zawartości węgla nie hydrolizującego można stwierdzić, że ekstrakcja jednorazowa danym rozpuszczalnikiem ekstrahuje sumarycznie mniej związków próchnicznych niż dwukrotna ekstrakcja. Różnice te sięgają kilku procent.

Stosowanie jedno- i dwukrotnej ekstrakcji bardzo wyraźnie wpływa na zmianę wartości stosunków C_{kh}/C_{kf}, zarówno w poszczególnych ekstrak-

tach, jak na ich wartość sumaryczną. Podwójna ekstrakcja w badanych próbkach, z wyjątkiem gleby pseudobielicowej, podwyższa wartość ogólnego stosunku C_{kh}/C_{kf}. W glebie pseudobielicowej stosowane warianty ekstrakcji nie zmieniają stosunku C_{kh}/C_{kf} (rys. 12).

Z wykresów przedstawionych na rys. 12 widać, że przy ekstrakcji jednorazowej zwiększa się stosunek C_{kh}/C_{kf} w miarę stopnia związania związków próchnicznych z mineralną częścią gleby. Zupełnie odmienny charak-



Rys. 12. Porównanie składu frakcyjnego związków próchnicznych badanych gleb uzyskanych w wyniku jednorazowej i dwukrotnej ekstrakcji danym rozpuszczalnikiem

1 — ogólny stosunek C_{kh}/C_{kf} przy jednorazowej ekstrakcji, *2* — stosunek C_{kh}/C_{kf} w poszczególnych ekstrahentach przy jednorazowej ekstrakcji, *3* — ogólny stosunek C_{kh}/C_{kf} przy dwukrotnej ekstrakcji, *4* — stosunek C_{kh}/C_{kf} w poszczególnych ekstrahentach przy dwukrotnej ekstrakcji, *5* — ekstrakcja jednorazowa, *6* — ekstrakcja dwukrotna

Comparison of fractional composition of humus compound of the soils investigated obtained in consequence of single and double extraction with the given solvent *1* — general C_{kh}/C_{kf} ratio at single extraction, *2* — C_{kh}/C_{kf} ratio in particular extractans at single extraction, *3* — general C_{kh}/C_{kf} ratio at double extraction, *4* — C_{kh}/C_{kf} ratio in particular extractans at double extraction, *5* — single extraction, *6* — double extraction

ter omawianego stosunku można zauważyć przy podwójnej ekstrakcji. Powoduje ona wzrost ilości kwasów huminowych we frakcji wolnych i luźno związanych połączeń (frakcja I), a następnie zmniejszenie się ich we frakcji słabo związanych związków próchnicznych z mineralną częścią gleby

(frakcja II). W następnej grupie połączeń średnio związanych (frakcja III) następuje gwałtowny wzrost C_{kh}/C_{kf}, który znów obniża się przy następnej grupie połączeń próchnicznych, silnie związanych z mineralną częścią gleby (frakcja IV). Widzimy więc, że w wyniku podwójnej ekstrakcji jednym rozpuszczalnikiem przebieg krzywej stosunku C_{kh}/C_{kf} z dwoma maksimami może już wskazywać na występowanie w toku ekstrakcji zjawiska tzw. sztucznej humifikacji.

Zastosowane i omówione wyżej warianty ekstrakcji posłużyły nam do wyboru jednego z nich do dalszych badań metodycznych, już na profilach glebowych. Zdecydowano się na pierwszy wariant, wychodząc z założenia, że mimo nieznacznie mniejszej ilości (3-7%) wyekstrahowanych związków próchnicznych w tym wariancie i pewnych różnic w procentowym udziale poszczególnych grup połączeń w porównaniu z podwójną ekstrakcją zyskujemy na czasie, skracając o połowę czas analizy oraz unikamy zjawisk sztucznej humifikacji. Na korzyść tego wariantu przemawia również fakt, że różnice procentowego udziału połączeń próchnicznych występują jedynie w pierwszych dwóch frakcjach, gdy tymczasem pozostałe dwie grupy połączeń średnio i silnie związanych z mineralną częścią gleby są prawie jednakowe.

Dlatego też stosując ekstrakcję jednorazową zbadano skład frakcyjny próchnicy glebowej w dwóch profilach gleb bielicowych leśnych o odmiennym składzie mechanicznym w celu stwierdzenia, czy proponowaną metodą można uchwycić zmiany zachodzące w poszczególnych poziomach genetycznych.

Zastosowana metoda analizy składu frakcyjnego próchnicy w ujęciu profilowym (tab. 5) pozwoliła na wykazanie różnic w ilościowym i jakościowym zróżnicowaniu próchnicy w glebach wytworzonych z różnych utworów macierzystych. W badanych glebach bielicowych wykazano dużą ilość wolnych i luźno związanych połączeń próchnicznych (frakcja I), w których przeważają kwasy fulwowe nad kwasami huminowymi. Profilowe rozmieszczenie tych związków jest jednak różne. W profilu gleby bielicowej wytworzonej z piasku luźnego jest najwięcej frakcji I w poziomie B_{hFe}, bo ok. 48%, gdy tymczasem w glebie wytworzonej z utworu pyłowego ilastego najwięcej tej frakcji znajduje się w poziomie A_2 (ok. 26%).

Następna grupa połączeń próchnicznych słabo związanych z mineralną częścią gleby (frakcja II) stanowi również poważny procentowy udział w składzie frakcyjnym badanych gleb bielicowych. Frakcja ta jest jednak jednakowo rozmieszczona w obu profilach, wykazując gromadzenie się w poziomie B_h. W profilu gleby bielicowej wytworzonej z piasku luźnego frakcja II stanowi w poziomie B_h aż 54% C ogółem, gdy w glebie bielicowej wytworzonej z utworu pyłowego ilastego tylko ok. 26%. W glebie

Tabela 4

Niektóre właściwości badanych gleb bielicowych
Some properties of podzolic soils investigated

Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość pobrania próbki Sampling depth cm	Skład mechaniczny Mechanical composition										pH KCl	Właściwości sorpcyjne Sorption properties				C	N	C:N
		szkielet skeleton particles >1 mm, %	procentowa zawartość frakcji o Ø w mm per cent of fractions with the diameter in mm:								< 0,02		H_h	S	T	V			
			1- 0,5	0,5- 0,25	0,25- 0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,005	0,005- 0,002	< 0,002	Σ		me/100 g gleby me/100 g of soil			%	%		
1. Gleba bielicowa wytworzona z piasku luźnego 1. Podzolic soil developed of loose sand																			
A_1	5-18	0,4	7,3	49,5	37,2	1	0	5	0	0	5	3,6	3,73	0	3,73	0	0,299	0,030	10,0
A_2	25-35	0,4	9,0	47,0	39,0	1	0	4	0	0	4	4,0	0,85	0	0,85	0	0,049	n.o.	n.o.
B_h	40-62	1,5	10,3	49,0	33,7	1	0	4	1	1	6	4,2	18,15	0	18,15	0	2,155	0,068	31,7
B_{hFe}	65-78	1,9	10,0	46,3	38,7	1	0	3	1	0	4	4,4	8,14	0	8,14	0	0,364	0,022	14,0
2. Gleba bielicowa wytworzona z utworu pyłowego ilastego 2. Podzolic soil developed of silty clayey formation																			
A_1	0-5	0,0	0,3	0,3	0,8	21,6	33	24	10	10	44	3,3	15,23	1,98	17,21	11,5	2,682	0,146	18,4
A_2	20-30	0,0	0,1	0,3	0,8	12,8	35	31	9	11	51	3,9	5,27	2,05	7,32	28,0	0,394	0,034	11,6
B_h	44-50	0,0	0,1	0,1	0,3	10,5	27	29	10	23	62	4,4	7,62	16,38	24,0	68,3	1,667	0,118	14,1
B/C	75-85	0,0	0,1	0,1	0,5	12,3	29	26	10	22	58	4,5	3,44	11,92	13,36	77,6	0,402	0,047	8,5

Tabela 5

Profilowe zróżnicowanie składu frakcyjnego badanych gleb bielicowych /w % C ogółem/
Fractional composition differentation in the profiles of the podzolic soils investigated /in % of total C/

Poziom genetyczny Genetic horizon	Głębokość pobrania próbki Sampling depth cm	C ogółem Total C %	C bitumin Bitumen C	C wydzielony 0,1n $Na_4P_2O_7$ C isolated by 0.1n $Na_4P_2O_7$			C wydzielony 0,1m $Na_4P_2O_7$+ 0,1n NaOH C isolated by 0.1m $Na_4P_2O_7$+ 0.1n NaOH			C wydzielony 0,1n NaOH C isolated by 0.1n NaOH			C w 0,5n H_2SO_4 C in 0.5n H_2SO_4	C wydzielony 0,1n NaOH C isolated by 0.1n NaOH			C niehydrolizujący Non-hydrolyzing C	$\sum$ C oznaczonego of C determined	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$ ogólny total	Wskaźniki rozpuszczalności związków próchnicznych Solubility indexes of humus compounds	
				ogółem total	kwasów huminowych of humic acids	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$	ogółem total	kwasów huminowych of humic acids	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$	ogółem total	kwasów huminowych of humic acids	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$		ogółem total	kwasów huminowych of humic acids	$\frac{C_{kh}}{C_{kf}}$				I	II
1. Gleba bielicowa wytworzona z piasku luźnego 1. Podzolic soil developed of loose sand																					
A_1	5-18	0,299	15,19	21,88	10,71	0,96	19,17	12,49	1,87	3,98	3,81		3,15	2,34	2,34		36,18	101,89	1,54	57,1	47,8
A_2	25-35	0,049	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.
B_h	40-62	2,155	6,81	16,08	3,60	0,29	54,08	20,08	0,59	11,53	4,98	0,76	0,80	1,53	1,22	3,93	9,09	99,92	0,56	69,9	68,7
B_{hFe}	65-78	0,364	1,81	48,43	9,58	0,25	39,95	8,12	0,26	3,26	2,33	2,50	2,14	0,63	0,52	4,73	5,24	101,46	0,29	75,6	83,6
2. Gleba bielicowa wytworzona z utworu pyłowego ilastego 2. Podzolic soil developed of silty clayey formation																					
A_1	0-5	2,682	9,41	18,94	5,59	0,42	18,85	8,09	0,75	6,71	3,18	1,26	1,70	3,89	1,72	0,79	41,52	101,02	0,62	50,7	47,9
A_2	20-30	0,394	5,71	25,66	11,66	0,83	22,04	13,61	1,61	6,75	4,95	2,75	4,62	6,75	5,41	4,04	29,80	101,33	1,39	55,5	56,0
B_h	44-50	1,667	3,64	8,88	3,73	0,72	26,50	22,36	5,40	18,13	16,00	7,51	1,09	12,53	10,72	5,92	29,09	99,86	3,99	49,2	51,8
B/C	75-85	0,402	1,89	20,97	4,07	0,24	13,35	4,45	0,50	6,62	4,87	2,78	6,32	11,60	8,31	2,53	41,52	102,27	0,70	45,2	48,6

wytworzonej z piasku luźnego wraz z głębokością profilu glebowego maleje stosunek C_{kh}/C_{kf}, gdy w glebie pyłowej jest wyraźny wzrost omawianego stosunku w poziomie B_h.

Frakcje połączeń średnio i silnie związanych z mineralną częścią gleby (frakcje III i IV) w profilu gleby bielicowej wytworzonej z piasku luźnego stanowią znikomą część C ogółem. Związki próchniczne średnio związane (frakcja III) stanowią ok. 3% w poziomie B_{hFe} oraz 11% w poziomie B_h. Gleba ta zawiera jeszcze niższe wartości, praktycznie śladowe, w granicach 2,3-0,6% frakcji silnie związanych związków próchnicznych z mineralną częścią gleby (frakcja IV). W skład tej frakcji wchodzą bądź same kwasy huminowe, jak to stwierdzono w poziomie A_1, bądź stanowią one większość tej frakcji. Stosunek C_{kh}/C_{kf} jest tu zatem bardzo wysoki, co dowodzi szybkiego przemieszczania się kwasów fulwowych do poziomu iluwialnego tej gleby.

W glebie bielicowej wytworzonej z utworu pyłowego ilastego frakcje III i IV są liczniej reprezentowane, przy czym obserwuje się wyraźne gromadzenie się ich w poziomie iluwialnym. We frakcjach tych dwóch grup połączeń próchnicznych zdecydowanie przeważają kwasy huminowe nad kwasami fulwowymi. Większemu gromadzeniu się frakcji próchnicznych średnio i silnie związanych z częścią mineralną gleby (frakcja III i IV) sprzyja wyraźny wzrost iłu koloidalnego w poziomie iluwialnym, co świadczyć może o występowaniu w nim trwałych połączeń organiczno-mineralnych.

Rozpatrując stosunek C_{kh}/C_{kf} w poszczególnych ekstraktach można stwierdzić, że w glebie bielicowej wytworzonej z piasku luźnego następuje wraz ze wzrostem stopnia związania związków próchnicznych z mineralną częścią gleby wyraźniejszy niż w glebie bielicowej wytworzonej z utworu pyłowego wzrost stosunku kwasów huminowych do fulwowych. Ogólny stosunek C_{kh}/C_{kf} obliczony dla całości węgla wyekstrahowanego w badanych glebach bielicowych jest różny. W glebie bielicowej wytworzonej z piasku luźnego wartości tego stosunku maleją wraz z głębokością profilu glebowego. W glebie bielicowej wytworzonej z utworu pyłowego ilastego widać wyraźną akumulację kwasów huminowych w poziomie B_h i dlatego stosunek ten jest najwyższy w tym poziomie genetycznym.

Przeprowadzone badania wykazały, że te dwa profile różnią się również pod względem ilości węgla rozpuszczalnego. Ilość tego węgla jest wyraźnie zależna od składu mechanicznego gleby. W glebie wytworzonej z piasku luźnego tylko znikoma część węgla nie została wyekstrahowana, a odnosi się to szczególnie do głębszych poziomów tej gleby. Powyższy fakt potwierdza przypuszczenie, że na ilość rozpuszczalnych połączeń próchnicznych zdecydowany wpływ wywiera skład mechaniczny, a szczególnie zawartość frakcji iłu koloidalnego. Potwierdzają to również wyraź-

nie wskaźniki rozpuszczalności związków próchnicznych (I i II), które są znacznie wyższe w profilu gleby bielicowej wytworzonej z piasku luźnego niż w glebie wytworzonej z utworu pyłowego ilastego, przy czym poziomy iluwialne obu profilów odznaczają się innym wskaźnikiem rozpuszczalności związków próchnicznyh.

WNIOSKI

Przeprowadzone wstępne badania zmierzające do uproszczenia metodyki badań związków próchnicznych w glebach mineralnych pozwoliły na wyciągnięcie następujących wniosków:

1. Proponowany schemat metody oznaczania składu frakcyjnego próchnicy, uwzględniający ekstrakcję za pomocą 0,1n $Na_4P_2O_7$, (frakcja I), mieszaniną 0,1m $Na_4P_2O_7$+0,1n NaOH (frakcja II), 0,1n NaOH przed kwaśną hydrolizą (frakcja III) i 0,1n NaOH po kwaśnej hydrolizie (frakcja IV), pozwala na wydzielenie z gleby odmiennych grup połączeń próchnicznych, różniących się stopniem rozpuszczenia w określonych roztworach.

2. Ekstrakcja jednokrotna określonym rozpuszczalnikiem w porównaniu z ekstrakcją dwukrotną daje wyniki zbliżone, szczególnie we frakcji związków próchnicznych średnio i silnie związanych z mineralną substancją gleby. Ekstrakcja jednorazowa pozwala jednak na szybkie uchwycenie różnic w składzie frakcyjnym próchnicy różnych typów i gatunków gleb w ujęciu profilowym.

3. Zastosowane wskaźniki rozpuszczalności związków próchnicznych dają wystarczający obraz procesów glebotwórczych i glebowych, przebiegających w różnych jednostkach taksonomicznych gleb. Dlatego, obliczając te wskaźniki, można w masowych analizach zrezygnować z rozdziału wydzielonych frakcji na kwasy huminowe i fulwowe.

LITERATURA

[1] Boratyński K., Wilk K.: Nowa metoda analizy frakcjonowanej związków próchnicznych w glebach mineralnych. Zesz. probl. Post. Nauk rol., 40a, 1963, 157-165.

[2] Kleszczycki A., Kozakiewicz A., Łakomiec I.: Porównanie metod stosowanych w badaniach próchnicy gleb mineralnych. Rocz. glebozn., 12, 1967, 229-241.

[3] Kononowa M. M., Bielczikowa I. P.: Uskoriennyje mietody opriedielenija sostawa humusa minieralnych poczw. Poczwowiedien., 10, 1961, 75-87.

[4] Kowaliński S., Drozd J., Licznar M.: Badania nad wyczerpującą analizą frakcjonowaną związków próchnicznych niektórych gleb.

[5] Reimann B., Mucha W., Łachowski H.: Frakcjonowanie związków próchnicznych w zależności od stężenia jonów wodorowych. Rocz. glebozn., dod. do t. 15, 1965, 223-228.

[6] Tiurin J.: Organiczeskoje wieszczestwo poczw. J. A. N. SSSR, 1937.
[7] Turski R.: Studia nad substancją organiczną w typowych glebach Wyżyny Lubelskiej. Cz. I. Gleby wytworzone z utworów pyłowych Lubelszczyzny. Ann. UMCS, 18-E, 11-34.
[8] Wilk K.: Studia nad frakcjonowaniem związków próchnicznych w glebach o różnym użytkowaniu rolniczym. Post. Nauk rol., 2, 1965, 35-59.

С. КОВАЛИНЬСКИ, Е. ДРОЗД, М. ЛИЧНАР

МОДИФИЦИРОВАННЫЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФРАКЦИОННОГО СОСТАВА ГУМУСА В МИНЕРАЛЬНЫХ ПОЧВАХ

Кафедра почвоведения, Высшая сельскохозяйственная школа, Вроцлав

Резюме

В исследовании гумусовых соединений почвы не располагаем до сих пор простым методом разрешающим быстро определять фракционный состав гумуса как в аккумуляционном горизонте различных таксономных единиц почвы, так и в их профиле. Поэтому используя существующие методы фракционирования гумуса минеральных почв предложено упрощенное разделение гумуса минеральных почв на соответствующие фракции посредством поочередного применения следующих растворов:

— 0,1 н $Na_4P_2O_7$ (1-я фракция — подвижные гумусовые соединения свободные и очень слабо связанные с минеральной частью почвы);

— 0,1 мол. $Na_4P_2O_7$ + 0,1 н NaOH (2-я фракция — гумусовые соединения слабо связанные с минеральной частью почвы);

— 0,1 н NaOH перед кислотным гидролизом (3-я фракция — гумусовые соединения средне связанные с минеральной частью);

— 0,1 н NaOH после кислотного гидролиза (4-я фракция — гумусовые соединения прочно связанные с минеральной частью).

Проверка метода была проведена на 4 образцах из аккумуляционного горизонта почв: псевдоподзолистой, бурой, деградированного чернозема и рендзины, а также на 2 разрезах подзолистых почв, сформированных из рыхлого песка и илистого пылеватого образования.

На основании проведенных исследований сделаны следующие выводы:

1. Предлагаемая схема метода определения фракционного состава гумуса разрешает выделять из почв разнообразные группы гумусовых соединений, количественно и качественно различающиеся по степени растворимости в данных растворах.

2. Однократное экстрагирование данным растворителем, в сопоставлении с экстракцией двукратной дает приближенные результаты, особенно для фракций гумусовых соединений средне и тесно связанных с минеральной частью почвы. Однократное экстрагирование дает однако возможность быстро определить фракционный состав гумуса в профиле разных типов и видов почв.

3. Примененные показатели удовлетворительно представляют картину почвообразующих и почвенных процессов в различных таксономных почвенных единицах. Поэтому при вычислении этих показателей можно в массовых анализах отступить от разделения обособленных фракций на гуминовые и фульвовые кислоты.

S. KOWALIŃSKI, J. DROZD, M. LICZNAR

MODIFIED METHOD OF DETERMINING FRACTIONAL HUMUS COMPOSITION IN MINERAL SOILS

Department of Soil Science, College of Agriculture in Wrocław

Summary

In the investigation of humus compounds there is hitherto a lack of a simple method enabling quick determination of fractional humus composition not only in accumulation horizons of particular taxonomic units of soils, but also in the whole profile. Therefore, on the basis of the existing humus fractioning methods there has been proposed modified division of humus in mineral soils into adequate fractions by means of the following successive solutions:

— 0.1n $Na_4P_2O_7$ (fraction I — humus compounds freely and loosely bounded with mineral part);

— 0.1m $Na_4P_2O_7$+0.1n NaOH (fraction II — humus compounds weakly bounded with mineral part);

— 0.1n NaOH before acid hydrolysis (fraction III — humus compounds medium strongly bounded with mineral part);

— 0.1n NaOH after acid hydrolysis (fraction IV — humus compounds strongly bounded with mineral part).

The method was verified on 4 samples taken from accumulation horizons of pseudopodzolic, brown, chernozem and rendzina soil and in 2 profiles of podzolic soils developed of loose sand and silty clayey formation.

On the basis of the above investigations the following conclusions can be drawn:

1. The proposed scheme of the method for determining fractional composition of humus does not allow to isolate from soils diverse groups of humus compounds differring quantitatively and qualitatively with the solubility degree in definite solvents.

2. Single extraction with definite solvent gives similar results as in the case of twofold extraction, particularly for the humus compound fractions bounded medium strongly and strongly with mineral substance of soil. Single extraction enables, however, quick determination of fractional composition of humus in the profiles of different types and kinds of soils.

3. Applied humus compound solubility indices give a satisfactory picture of soil-forming processes in particular taxonomic soil units. Therefore, at calculation of these indices, the division of isolated fractions into humic and fulvic acids can be omitted in massy analyses.

prof. dr Stanisław Kowaliński
Zespół Gleboznawstwa
Instytut Gleboznawstwa i Chemii Rolnej A.R.
Wrocław, Grunwaldzka 53