

JÓZEF TOKAJ

STUDIA MIKROMORFOLOGICZNE I MIKROMORFOMETRYCZNE: NAD AGREGATAMI GLEBOWYMI

Instytut Gleboznawstwa, Chemii Rolnej i Mikrobiologii
Akademii Rolniczej w Krakowie

WSTĘP

Najbardziej dynamiczną częścią profilów glebowych są poziomy akumulacyjno-próchniczne. W poziomach tych odbywają się nieprzerwanie procesy fizykochemiczne i biologiczne. Tworzą one środowisko działania czynników grzełkotwórczych, powodujących agregację substancji mineralnej i organicznej gleby. Gleby wykazują rozmaity stopień agregacji i specyficzne właściwości fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne, które nadają im odpowiedni stopień urodzajności. Decydują o tym przede wszystkim wzajemne związki między wielkością agregatów i składnikami ich mikrobudowy. Poznanie właściwości agrofizycznych i mikrobudowy agregatów glebowych w stanie naturalnym jest istotnym zagadnieniem w wyborze metod agrotechnicznych, zmierzających do przywracania agregacji roli. Stąd też podjęto specjalne badania mikroskopowe agregatów glebowych z poziomów akumulacyjno-próchnicznych gleb uprawnych, łąkowych i leśnych. Badania miały na celu poznanie mikrobudowy agregatów oraz wzajemnych związków jej składników przy ocenie właściwości fizycznych z punktu widzenia rozwoju systemu korzeniowego roślin. Część tych badań już opublikowano [23, 24], a przedstawione obecnie wyniki stanowią ich kontynuację oraz pewną syntezę dotychczasowych studiów nad agregatami glebowymi.

OBIEKTY BADAŃ

Badania mikroskopowe przeprowadzono na agregatach poziomów akumulacyjno-próchnicznych różnych typów gleb. Agregaty do badań pobrano z czarnoziemiu zdegradowanego (Kleczań), mady brunatnej średniej (Goczałkowice) i gleby brunatnej kwaśnej (Jabłonki). Z próbek gleb

Tabela 1

Ogólna charakterystyka profilów glebowych
General characteristics of soil profiles

Typ gleby Soil type	Symbol poziomu Horizon symbol	Mięższość w cm Thickness cm	Barwa poziomu genetycznego Genetic horizon colour	Grupa mecha- niczna Mechanical group	pH _{H₂O}	Rodzaj agrega- tów Kind of aggre- gates
Czarnoziem zde- gradowany wytwo- rzony z loesu uprawy Degraded cherno- zem developed from loess, in arable culti- vation	A ₁	0-22	ciemnoszara dark-grey	pył zwykły common silt	6,3	drobnobryłkowy fine granular
	A ₁ /B	22-40	czarniawa slightly black	pył zwykły common silt	6,2	drobnobryłkowy fine granular
	B	40-110	szarżółta greyish-yellow	pył zwykły common silt	6,5	bryłkowo-płyt- kowy lumpy-laminar
	C ₁	110-140	brązowożółta brownish- yellow	pył zwykły common silt	6,5	bryłkowo-płyt- kowy lumpy-laminar
Mada brunatna średnia uprawna Medium brown alluvial soil, in arable culti- vation	A ₁	0-27	brunatna brown	pył zwykły common silt	6,1	drobnobryłkowy fine granular
	A ₁ (B)	27-70	szarżółta greyish-yellow	pył zwykły common silt	6,3	drobnobryłkowy fine granular
	(B)C ₁	70-120	popielatobrą- zowa ashy-brown	pył zwykły common silt	6,0	bryłkowo-płyt- kowy lumpy-laminar
	DG _{or}	120-150	żółtosina yellowish-blue	glina ciężka heavy loam	5,7	bryłkowy lumpy
Gleba brunatna kwaśna wytworzo- na ze skał fli- szu karpackiego żakowa Acid brown soil developed from the Carpathian flysh, under meadow	A _d	1,5-13	szarobrązowa greyish-brown	glina śred- nia pylasta medium silty loam	5,4	bryłkowo-ziar- nisty granulo-laminar
	(B)	13-46	jasnobrązowa bright-brown	glina śred- nia pylasta medium silty loam	5,4	bryłkowo-ziar- nisty granulo-laminar
	(B)C ₁	46-75	szarobrązowa greyish-brown	glina ciężka heavy loam	5,7	bryłkowy lumpy
	C ₁	75-110	siwożółta greyish-yellow	glina ciężka heavy loam	5,7	bryłkowy lumpy

Tabela 2

Ważniejsze składniki fizykochemiczne poziomów akumulacyjno-próchnicznych
Important physico-chemical components of accumulation-humus horizon

Typ gleby Soil kind	Symbol poziomu Horizon symbol	Mięższość poziomu Horizon thickness	Procentowa zawartość frakcji w mm Per cent of fraction in mm				Substancja organiczna Organic matter %	CaCO ₃	pH _{H₂O}
			1-0,1	0,1- 0,05	0,05- 0,02	< 0,02			
Czarnoziem zde- gradowany Degraded cherno- zem	A ₁	0-22	8	12	46	34	2,10	0,0	6,3
Mada brunatna średnia Medium brown alluvial soil	A ₁	0-27	14	10	42	32	1,93	0,0	6,1
Gleba brunatna kwaśna Acid brown soil	A _d	1,5-13	29	11	17	43	2,47	0,0	5,4

poziomów akumulacyjno-próchnicznych wydzielono frakcje agregatów o średnicy 1—2, 2—3, 3—4, 4—5, 5—6 i powyżej 6 mm według metody sitowej [25]. Z poszczególnych frakcji agregatów glebowych wykonano cienkie płytki mikroskopowe, które następnie poddano badaniom pod mikroskopem polaryzacyjnym według specjalnych metod [17, 19, 22]. Czarnoziem zdegradowany i mada brunatna średnia wykazały skład mechaniczny pyłów zwykłych i odczyn lekko kwaśny w całym profilu. Gleba brunatna kwaśna jest glebą wietrzeniową o składzie mechanicznym gliny średniej pylastej, nie wykazującej oglejenia i nadmiernej zwięzłości. Gleby te należą do średnio zasobnych w próchnicę, średnio zwięzłych, bezwęglanowych i odwapnionych (tab. 1 i 2).

METODYKA BADAŃ

Skład mechaniczny poziomów akumulacyjno-próchnicznych oznaczono według metody areometrycznej Bouyoucosa-Casagrande w modyfikacji Prószyńskiego [9]; skład agregatowy w stanie powietrznie suchym metodą sitową [25]. Zawartość substancji organicznej (próchnicy) oznaczono oksydymetrycznie, CaCO_3 z reakcji gleby z HCl i $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ elektrometrycznie według metod ogólnie stosowanych [9]. Właściwości mikrofizyczne w cienkich płytkach (szlifach), wykonanych z agregatów każdej frakcji, oznaczono pod mikroskopem polaryzacyjnym metodą planimetrii punktowej [17, 15, 18, 20, 22]. Wielkość przestworów w cienkich płytkach pomierzono pod mikroskopem polaryzacyjnym metodą planimetrowania liniowego [15, 18, 19, 23].

WYNIKI OZNACZEŃ

SKŁAD AGREGATOWY POZIOMÓW AKUMULACYJNO-PRÓCHNICZNYCH

Otrzymane metodą sitową wyniki wskazują, że gleby w poziomach akumulacyjno-próchnicznych różnią się zawartością poszczególnych frakcji agregatów (tab. 3). Wyraźne różnice zaznaczają się we frakcji poniżej 1 i powyżej 6 mm średnicy oraz we frakcjach 2—3 i 3—4 mm. Najwięcej drobnych agregatów ma czarnoziem zdegradowany, a najmniej gleba brunatna kwaśna. Frakcje drobne przeważają ilościowo w glebach uprawnych, a grubsze w glebie spod użytku zielonego. Najmniejszą zawartość agregatów o średnicy 3—4 mm i największą o średnicy 5—6 mm wykazała gleba łąkowa w porównaniu z glebami uprawnymi. Różnice takie wynikają prawdopodobnie z rozmaitego składu mechanicznego, mineralnego oraz pochodzenia skały glebotwórczej.

WŁASNOŚCI MIKROFIZYCZNE AGREGATÓW

Czarnoziem zdegradowany: szkielet agregatów tworzą ziarna mineralne średniej wielkości (20—50 μ), a tylko pojedynczo znajdują

Skład agregatowy poziomów akumulacyjno-próchnicznych
Aggregateous composition of accumulation-humus

Fracja mm	Czarnoziem zdegradowany poziom 0-22 cm %	Mada brunatna poziom 0-27 cm %	Gleba brunatna kwaśna poziom 1,5-13 cm %
Fractions mm	Degraded chernozem horizon of 0-22 cm, %	Brown alluvial soil, horizon of 0-27 cm, %	Acid brown soil, horizon of 1,5-13 cm,%
< 1	20,0	19,5	8,6
1 - 2	8,5	7,1	6,7
2 - 3	8,1	3,6	5,1
3 - 4	5,6	4,3	3,6
4 - 5	5,4	4,5	4,5
5 - 6	6,0	5,0	7,3
> 6	46,4	56,0	64,2

się ziarna powyżej 50 μ . Rozmieszczenie ziarn mineralnych jest prawie równomierne, tylko w niektórych miejscach znajdują się one w pewnym skupieniu. Zarysy ziarn drobnych są ostrokrawędziste i kanciaste, a dużych — mniej lub więcej obtoczone. Niektóre ziarna mineralne wykazują spękania lub ślady łupliwości. Substancja sklejąca ziarna mineralne i okruchy resztek nie rozłożonej substancji organicznej jest barwy na ogół ciemnobrązowej i szarej. Często wykazuje ona niejednorodną masę galaretowatą, zagęszczoną lub kłębkowatą o specyficznym wyglądzie. W substancji tej tkwią okruchy resztek organicznych nie rozłożonych lub znajdujących się w różnym stopniu rozkładu. Niektóre jej fragmenty wykazują jeszcze ślady budowy komórkowej i żółtawą barwę. Fragmenty czarne, ciemnoceglaste i ciemnobrązowe są zasadniczo izotropowo-anizotropowe i nadają charakterystyczny wygląd niektórym frakcjom agregatów. Przewory znajdujące się w agregatach wykazują kształt krętych rozgałęzionych kanalików. Oprócz nich są przewory zamknięte o kształtach nieregularnych i lejkowatych, różnej wielkości z rozwidleniami bocznymi. Taki rozkład przestworów tworzy charakterystyczny system wolnych przestrzeni w agregatach. Obrazy mikroskopowe tych dwóch rodzajów wolnych przestrzeni pozwalają wyraźnie określić, że w niektórych agregatach przeważają przewory zamknięte lub kanalikowe, a w innych udział jednych i drugich jest prawie równomierny.

Mada brunatna średnia: szkielet mineralny w zbadanych frakcjach agregatów jest różnoziarnisty, wielkości 20—75 μ , czasem skupiony lub równomiernie rozmieszczony. Duże mineralne ziarna szkieletowe znajdują się zarówno w agregatach frakcji drobniejszych, jak i grubszych o zarysach często kanciastych. Niektóre ziarna wykazują spękania lub płaszczyzny łupliwości (skalanie) i zanieczyszczenia substancją ilastą, ilasto-próchniczną albo żelazistą. Substancja sklejąca szkielet

mineralny agregatów odznacza się barwą ciemnobrązową, miejscami bladoczerwoną i ceglastą o naturze izotropowo-anizotropowej. Na ogół tworzy ona mikroziarniste kłębki-zlepki, a czasem mikroziarnistą masę galaretowatą lub kłębkowatą w niektórych frakcjach agregatów. W substancji tej znajdują się okruchy resztek organicznych w różnym stopniu rozkładu i humifikacji. Słabo rozłożone resztki substancji organicznej są barwy czarnej lub ceglastej, a silnie rozłożone — żółtawej. Wolne przestrzenie tworzą przestwory zamknięte i kanalikowe o kształtach owalnych i wydłużonych, głównie dużych wymiarów we frakcji powyżej 6 mm średnicy. Kanaliki kręte biegną zygzakowato i nieregularnie, łącząc ze sobą niekiedy pory owalne lub lejkowate, tworząc w ten sposób charakterystyczny system porowatości kapilarno-niekapilarnej dla krążenia wody (roztworów) i powietrza w gruzełkach. Taki układ porowatości wykazują frakcje o średnicy 4—5 i 5—6 mm. Pory zamknięte wykazują rozmaite nieregularne rozwidlenia i kształty, znajdują się wśród skupień resztek okruchów organicznych lub mineralnych ziarn szkieletowych, szczególnie we frakcjach o średnicy 1—2 i 2—3 mm.

Gleba brunatna kwaśna: we wszystkich frakcjach agregatów szkielet mineralny jest różnoziarnisty — podobnie jak w agregatach mały brunatnej średniej, jednak z przewagą ziarn grubszych we frakcjach o większej średnicy. Pojedyncze ziarna mineralne duże, niezależnie od wielkości frakcji agregatów, są często okruchami skalnymi i mineralnymi o zarysach ostrokrawędzistych i kanciastych, wykazując spękania lub płaszczyzny łupliwości (skalenie). Spękania te lub ślady łupliwości są wypełnione substancją ilastą albo próchniczno-żelazistą niezależnie od średnicy frakcji agregatów. Ziarna kwarcu w szkielecie wykazują w niektórych agregatach faliste znikanie światła jako wynik zaburzenia wewnętrznej sieci przestrzennej. Odznaczają się one podłużnymi kształtami i słabym stopniem obtoczenia. Substancja sklejająca szkielet mineralny i organiczny (nie rozłożone resztki roślinne) wykazują barwę brązowordzawą, brązowoceglastą i żółto-brązową, uzależnioną od jakości składników chemicznych niejednorodnego pochodzenia. Tworzy ona masę galaretowatą, zgęszczoną i kłębkowatą o wyglądzie chmurkowym w przeważającej mierze izotropową ściśle przylegającą do ziarn mineralnych. Resztki roślinne znajdują się w różnych fazach rozkładu i wykazują wyraźne lub zanikające ślady budowy komórkowej. Ten stopniowy rozkład i humifikacja substancji organicznej sprzyja tworzeniu się połączeń kwasów próchnicznych z wodorotlenkami glinu i żelaza oraz z minerałami ilastymi grupy smektytów. Przestwory tworzą głównie kręte, szerokie i wąskie kanaliki oraz pory soczewkowe lub owalne połączone ze sobą. Taki system wolnych przestrzeni sprzyja dobremu przewodzeniu wody (roztworów) i powietrza w gruzełkach. Wielkość przestworów jest różna i niezależna od średnicy frakcji agregatów. Niektóre kanaliki na wewnętrznych ściankach są pokryte substancją

ilastą i przebiegają koło ziarn mineralnych. Ten fakt wskazuje prawdopodobnie na intensywne krążenie roztworów glebowych lub też tworzenie się minerałów ilastych podczas wietrzenia chemicznego skaleni, wchodzących w skład szkieletu mineralnego. Fazowy rozkład substancji organicznej, różnoziarnisty szkielet i system wolnych przestworów tworzą nie tylko charakterystyczny wygląd, ale także specyficzną mikrobudowę agregatów glebowych.

WŁAŚCIWOŚCI MIKROMETRYCZNE

Oznaczone składniki mikrobudowy agregatów glebowych (tab. 4) wykazują wyraźne różnice ilościowe nie tylko w poszczególnych frakcjach,

T a b e l a 4

Właściwości mikrofizyczne agregatów glebowych
Micro-physical properties of soil aggregates

Frakcja mm	Czarnoziem zdegradowany poziom 0-22 cm Degraded Chernozem horizon of 0-22 cm			Mada brunatna poziom 0-27 cm Brown alluvial soil, horizon of 0-27 cm			Gleba brunatna kwaśna poziom 1,5-13 cm Acid brown soil, horizon of 1,5-13 cm		
	detrytus mineralny % mineral detritus, %	substancja sklejająca % glueing substance, %	porowatość % porosity, %	detrytus mineralny % mineral detritus, %	substancja sklejająca % glueing substance, %	porowatość % porosity, %	detrytus mineralny % mineral detritus, %	substancja sklejająca % glueing substance, %	porowatość % porosity, %
1 - 2	20,0	65,0	15,0	18,3	73,0	8,7	14,7	75,7	9,6
2 - 3	21,0	66,7	12,3	23,7	71,0	5,3	16,0	78,3	5,7
3 - 4	19,7	71,0	9,3	30,0	64,3	5,7	28,3	61,3	10,4
4 - 5	22,3	65,0	12,7	30,0	63,3	6,7	25,7	64,3	10,0
5 - 6	16,0	75,3	8,3	24,3	70,0	5,7	30,0	60,0	10,0
> 6	29,7	59,7	10,6	34,0	56,3	9,7	20,0	67,3	12,7

ale także w zależności od typu gleby i rodzaju skały glebotwórczej. Szkielet mineralny poszczególnych frakcji agregatów czarnoziemiu zdegradowanego jest bardzo wyrównany pod względem wielkości średnicy. Szkielet mineralny agregatów mady brunatnej średniej i gleby brunatnej kwaśnej jest różnoziarnisty i rozmieszczony nierównomiernie. Najwięcej detrytusu mineralnego znaleziono w agregatach mady brunatnej średniej w porównaniu do pozostałych gleb, z wyjątkiem frakcji 1—2 i 5—6 mm średnicy.

Najmniejszą zawartość substancji sklejającej wykazują agregaty czarnoziemiu zdegradowanego frakcji 1—2, 2—3 i powyżej 6 mm średnicy, a większą w tej samej wielkości frakcjach agregatów mady brunatnej średniej i największą gleby brunatnej kwaśnej. W pozostałych frakcjach agregatów 3—4, 4—5 i 5—6 mm średnicy ilość substancji sklejającej za-

chowie się odwrotnie, tj. agregaty tych frakcji gleby brunatnej kwaśnej zawierają jej najmniej, więcej zaś — mady brunatnej średniej bez frakcji 4—5 mm średnicy, a najwięcej — czarnoziemiu zdegradowanego.

Porowatość jest najbardziej zróżnicowana między poszczególnymi frakcjami w agregatach czarnoziemiu zdegradowanego, mniej w agregatach gleby brunatnej kwaśnej i najmniej w agregatach mady brunatnej średniej. Porowatość frakcji agregatów 2—3 mm mady brunatnej średniej i gleby brunatnej kwaśnej okazała się prawie taka sama. Podobnie zachowuje się ona we frakcjach 3—4, 4—5 i 5—6 mm gleby brunatnej kwaśnej. Największą jednak zawartość wolnych przestrzeni wykazują agregaty czarnoziemiu zdegradowanego, a najmniejszą agregaty mady brunatnej średniej.

ZRÓŻNICOWANA POROWATOŚĆ AGREGATÓW

Najbardziej zróżnicowana jest wielkość przestworów w agregatach czarnoziemiu zdegradowanego i mady brunatnej średniej, a najmniej w glebie brunatnej kwaśnej (tab. 5). Na ogół drobniejsze frakcje agregatów czarnoziemiu zdegradowanego zawierają małe ilości przestworów wielkości $37,5\mu$ w porównaniu z tymi samymi frakcjami agregatów pozostałych gleb. Frakcje grubsze agregatów czarnoziemiu zdegradowanego zawierają większe ilości przestworów drobnych ($37,5\mu$) w porównaniu z agregatami mady brunatnej średniej i gleby brunatnej kwaśnej, które mają większe ilości tych przestworów we frakcjach drobniejszych. Należy zaznaczyć, że rodzaj, wielkość i rozkład przestworów wykazują specyficzny charakter systemu porowatości w poszczególnych frakcjach badanych agregatów glebowych.

Sumaryczna zawartość przestworów wielkości $37,5$ — $75,0\mu$ w poszczególnych frakcjach zbadanych agregatów dwóch gleb uprawnych i jednej spod użytku zielonego nie wykazuje wyraźnej zależności związanej ze sposobem użytkowania, rodzajem skały glebotwórczej i warunkami klimatu glebowego. Podobnie jest z zawartością przestworów wielkości $75,0$ — $337,5\mu$. Ten specyficzny system porowatości charakteryzuje stosunki wilgotnościowo-tlenowe w poszczególnych frakcjach agregatów gleb uprawnych i pod użytkiem zielonym. Najkorzystniejszy rozkład wielkości przestworów występuje w agregatach czarnoziemiu zdegradowanego, następnie mady brunatnej średniej i dopiero gleby brunatnej kwaśnej. W tym ostatnim przypadku właściwości fizyczne i chemiczno-biologiczne są mniej korzystne dla rozwoju systemu korzeniowego roślinności łąkowo-pastwiskowej, a także życia mikrobiologicznego w tym poziomie.

DYSKUSJA WYNIKÓW

W zasadzie przeprowadzone badania [1, 5, 11, 12, 16, 22, 26] nie uwzględniały wewnętrznej mikrobudowy agregatów glebowych poszczególnych frakcji i ich wzajemnych związków wielkości (średnic) w po-

Zróżnicowanie porowatości oraz procentowy udział przestworów
w poszczególnych frakcjach agregatów glebowych
Porosity differentiation and per cent of voids in particular
fractions of soil aggregates

Typ gleby Soil type	Frakcja mm Fractions mm	Wielkość przestworów w mikronach - Size of voids in micrones										
		37,5 %	75,0 %	112,5 %	150,0 %	187,5 %	225,0 %	262,5 %	300,0 %	337,5 %	37,5- 75,0 %	75,0- 337,5 %
Czarnoziem zdegradowany poziom 0-22 cm Degraded chernoziem, horizon of 0-22 cm	1-2	4,4	22,2	26,7	8,9	11,1	26,7	-	-	-	26,7	73,3
	2-3	5,4	10,8	8,1	10,8	13,5	32,4	18,9	-	-	16,2	83,8
	3-4	7,1	21,4	10,7	14,3	17,9	-	-	28,6	-	28,6	71,4
	4-5	10,5	15,8	15,8	42,1	-	15,8	-	-	-	26,3	73,7
	5-6	19,2	23,1	23,1	-	-	-	-	-	34,6	42,3	57,7
	> 6	15,6	37,5	9,4	-	15,6	-	21,9	-	-	53,1	46,9
Mada brunat- na, poziom 0-27 cm Brown allu- vial soil, horizon of 0-27 cm	1-2	19,2	-	23,1	13,4	19,2	23,1	-	-	-	19,2	80,8
	2-3	6,2	37,5	56,2	-	-	-	-	-	-	43,8	56,2
	3-4	11,8	23,5	17,7	46,1	-	-	-	-	-	35,4	64,6
	4-5	5,0	20,0	15,0	20,0	-	-	-	40,0	-	25,0	75,0
	5-6	5,9	47,1	17,0	-	29,4	-	-	-	-	52,9	47,1
	> 6	6,9	6,9	10,3	13,8	-	62,1	-	-	-	13,8	86,2
Gleba brunat- na kwaśna, poziom 1,5-13 cm Acid brown soil, horizon of 1,5-13 cm	1-2	3,4	6,9	10,3	13,8	17,2	-	48,3	-	-	10,3	89,6
	2-3	11,4	5,7	42,9	11,4	28,6	-	-	-	-	20,1	79,9
	3-4	12,9	32,3	9,7	12,9	32,3	-	-	-	-	45,2	54,8
	4-5	10,0	13,3	10,0	13,3	33,3	20,0	-	-	-	23,3	76,7
	5-6	6,7	13,3	10,0	26,7	-	20,0	23,3	-	-	20,0	80,0
	> 6	5,3	26,3	15,8	21,0	-	31,6	-	-	-	31,6	68,4

ziomach akumulacyjno-próchnicznych gleb. Badanie mikrobudowy w cienkich płytkach wykonanych z agregatów pod mikroskopem polaryzacyjnym daje wgląd w stosunki wewnętrzne głównych składników budowy nie tylko od strony jakościowej, ale także ilościowej. Autor temu zagadnieniu poświęcił już specjalne publikacje [23, 24], których wyniki nie wymagają ponownego omawiania. Z przeprowadzonych badań nad agregatami glebowymi można sądzić, że procesy agregacji substancji glebowej odbywają się w rozmaity sposób w poziomach akumulacyjno-próchnicznych wymienionych gleb. Procesy koagulacji i flokulacji koagulatów substancji glebowej mają tu bardzo złożony charakter. Również klimat glebowy odgrywa dużą rolę w tworzeniu i formowaniu się gruzełków glebowych poziomów akumulacyjno-próchnicznych profilów glebowych.

Szkielet mineralny agregatów glebowych i jego jakość zależy od pochodzenia i składu mineralnego skały glebotwórczej, a szkielet organiczny od jego ilości w glebie i stopnia odporności na rozkład mikrobiologiczny. Ostrokrawędziste i kanciaste mineralne ziarna szkieletowe [1], mineralne i organiczne [23, 24] są silniej sklejące przez minerały ilaste, próchnicę oraz połączenia huminowo-montmoryllonitowe. Ma to szczególne znaczenie w zwięzłości i wodoodporności agregatów glebowych poziomów akumulacyjno-próchnicznych gleb uprawnych narażonych na erozję powierzchniową i wgłębną. Szkielet mineralny jest bardziej trwały niż organiczny i jest on bardzo zróżnicowany w poszczególnych frakcjach agregatów poziomów akumulacyjno-próchnicznych badanych gleb.

Szkielet mineralny i organiczny agregatów glebowych jest skleiany i spajany przez substancję koloidalną nazwaną „plazmą glebową”, która ma różny wygląd wewnętrzny, skład chemiczny i inaczej się zachowuje w świetle spolaryzowanym. Na uwagę zasługują tu prace [16, 20, 22], które podają szczegółową charakterystykę i klasyfikację „plazmy glebowej”. Z przeprowadzonych badań mikroskopowych wynika, że substancja sklejąca jest niejednolita pod względem barwy i niejednorodna pod względem składu chemicznego i tworzy połączenia kompleksowe ilasto-próchniczno-żelaziste. Skład chemiczny minerałów ilastych, próchnicy oraz stopień rozkładu substancji organicznej wpływają na barwę i niejednorodność spoiwa szkieletu agregatów. Jakość i ilość substancji sklejącej szkielet agregatów jest wynikiem intensywności odbywania się procesów chemicznych i biochemicznych w poziomach akumulacyjno-próchnicznych jednostek typologicznych gleb. Specyficzne połączenia różnorodne są główną substancją sklejącą części szkieletowe agregatów poziomów akumulacyjno-próchnicznych; przyczyniają się one nie tylko do ich tworzenia i formowania, ale także do nadawania im stopnia wodoodporności. Na charakter połączeń ilasto-próchnicznych wskazują badania Aleksandrowej [2, 3, 4] i Filipowicza [10], aminokwasów z montmoryllonitem — Kobusa [14] i Kłapyty [13], a kwasów huminowych z montmoryllonitem — Gapona (cyt. za Chanem i Chana [8]), które są składnikami „plazmy glebowej”. Różnorodne syntetyczne środki (spoiwa) gruzelkotwórcze stosuje się na rozpylone gleby w celu przywracania im w krótkim czasie odpowiedniego stopnia agregacji. Środki te działają zgrubiająco na elementarne cząstki substancji glebowej bezpośrednio i pośrednio [17]. Dzięki agregacji poprawia się w glebach (poziomach akumulacyjno-próchnicznych) gospodarka cieplna, powietrzna, wodna oraz składnikami pokarmowymi dla rozwoju i wzrostu roślin uprawnych. Porowatość agregatów, własna cecha ich mikrobudowy, została już omówiona w pracach autora [23, 24]. Tu należy podkreślić fakt, że wolne przestrzenie są rozmieszczone nieregularnie w poszczególnych frakcjach agregatów niezależnie od ich pochodzenia. Ścianki wewnętrzne przestworów są na ogół szorstkie i nierówne, co ma

znaczenie dla szybkości krążenia roztworów glebowych i wymiany gazów (tlenu). Kacziński [11] wyróżnia porowatość agregatu i summaryczną porowatość agregatów, a Wiersziniński [26] klasyfikuje agregaty pod względem porowatości na bardzo porowate (powyżej 55%), dobrze porowate (55—45%), średnio porowate (45—35%), słabo porowate (35—30%) i nieporowate (poniżej 30%). Takie określanie porowatości agregatów nie informuje o wielkości i charakterze wolnych przestworów w gruzełkach glebowych jako istotnej cechy fizycznej. Krążenie roztworów glebowych, przenoszących składniki mineralne w agregatach, i dyfuzja gazów oraz zatrzymywanie tych składników zależą od rodzaju przestworów, tworzących specyficzny system przewodzenia w poszczególnych frakcjach agregatów. Dyfuzja gazów w gruzełkach glebowych odbywa się bardziej intensywnie wtedy, kiedy spada porowatość międzyagregatowa [21], powodując lepsze ich przewietrzanie. Dzięki lepszemu przewietrzaniu i krążeniu roztworów glebowych wzmagają się czynności mikrobiologiczne i procesy wietrzenia biochemicznego oraz procesy humifikacji substancji organicznej. Najlepszy system krążenia tych składników w agregatach zapewnia układ kanalików w połączeniu z przestworami elipsoidalnymi lub owalnymi, które nie będą stanowiły porów zamkniętych. Taki system hydrograficzno-aeracyjny jest najczęściej spotykany w agregatach czarnoziemiu zdegradowanego i tworzy najlepsze warunki fizyczne dla roślinnego życia biologicznego w glebie.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań szlifów z agregatów poziomów akumulacyjnych dwóch gleb uprawnych i jednej łąkowej można wyprowadzić następujące wnioski:

1. W poziomach akumulacyjno-próchnicznych procesy koagulacji i flokulacji odbywają się w zależności od rodzaju skały glebotwórczej, sposobu użytkowania gleby i jakości koloidów ilasto-próchnicznych.

2. Różnice w mikrobudowie agregatów zaznaczają się nie tylko w poszczególnych frakcjach, ale także w zależności od ich pochodzenia i rozmieszczenia w nich ziarn szkieletowych i porów.

3. W skład szkieletu agregatów wchodzi ziarna mineralne i słabo rozłożone lub nie rozłożone okruchy resztek substancji organicznej. Zawartość resztek substancji organicznej zależy przede wszystkim od sposobu użytkowania gleby, jej podatności na rozkład i czynności mikrobiologicznej, decydującej w głównej mierze o szybkości jej przeobrażania i humifikacji. Stąd też są one w różnych fazach rozkładu w poszczególnych frakcjach i z tego powodu reprezentują bardzo dynamiczną część składową agregatów glebowych.

4. Barwa i konsystencja substancji sklejącej szkielet mineralny i organiczny jest niejednorodna i niejednolita, co powoduje różną dynamikę

procesów wietrzenia chemicznego i biochemicznego minerałów glebowych (skalanie, muskowit) i stopniowy rozkład substancji organicznej.

5. Porowatość agregatów, a szczególnie rodzaj przestworów, są także zróżnicowane w poszczególnych frakcjach badanych gleb niezależnie od sposobu użytkowania i skały glebotwórczej. Najlepszy system dla krążenia roztworów glebowych i gazów w agregatach zapewnia połączenie przestworów kanalikowych z niekanalikowymi o różnych kształtach, który tworzy najkorzystniejsze warunki dla rozwoju roślinnych mikroorganizmów glebowych, a stąd i korzeni roślin uprawnych.

6. Z porównania wyników badań właściwości mikrofizycznych agregatów poziomów akumulacyjno-próchnicznych wymienionych gleb wynika, że najkorzystniejsze warunki do życia i rozwoju roślinnych mikroorganizmów glebowych i systemu korzeniowego roślin uprawnych wykazują agregaty czarnoziemiu zdegradowanego, następnie mady brunatnej średniej i dopiero gleby brunatnej kwaśnej.

LITERATURA

- [1] Antipow-Karatajew I. N., Kellerman W. W., Chan D. W.: O poczwiennom agriegatie i mietodach jego issledowanija. Izd. AN CCCP, 1948, 5—60.
- [2] Aleksandrowa L. A.: O prirodie i swojstwach produktow wzaimodiejstwija guminowych kislot i gumatow s połutoraokisjami. Poczwowied. 1954, 1, 14—29.
- [3] Aleksandrowa L. A.: Procesy wzaimodiejstwija guminowych wieszczestw s mineralnoj czasti poczwy. Poczwowied. 1954, 9, 23—33.
- [4] Aleksandrowa L. A.: O prirodie organomineralnych kolloidow i mietodach ich izuczenija. Poczwowied. 1958, 10, 21—27.
- [5] Birecki M., Gastoł J.: Charakterystyka niektórych elementów składowych agregatów glebowych wytworzonych pod wpływem roślin uprawnych. Cz. III. Skład frakcyjny substancji organicznych w glebie i agregatach glebowych w zależności od roślinności i wielkości gruzełków. Roczn. Nauk rol. 84-A-4, 1961, 701—732.
- [6] Brewer R.: Classification of plasmic fabrics of soil materials. Soil micromorphology 1964, 95—107.
- [7] Czetwierikow S. D.: Metody badań optycznych minerałów i skał. Tłum. z rosyjskiego. Wyd. geolog. 1955, 69—122.
- [8] Chan D. W.: Organomineralnyje sojedinienia i struktura poczwy. Izd. Nauka 1969, 73—87.
- [9] Dobrzański B., red.: Gleboznawstwo — Zajęcia praktyczne. PWN 1970, 69—90 i 137—148.
- [10] Filipowicz Z. C.: Pogłoszczenie kolloidow poczwami i obrazowanije struktury. Poczwowied 1956, 2, 16—25.
- [11] Kaczinskij N. A.: Fizika poczwy. Izd. Wysszaja Szkoła 1965, 169—190.
- [12] Kellerman W. W.: Fiziko-chimiczeskije swojstwa wodoustojczywych agriegatow w rozlicznych typach poczw CCCP. Woprosy fiziko-chimii poczw i mietodach issledowanija. Izd. AN CCCP 1959, 3—101.

- [13] Kłapyta Z.: Studia nad kompleksami sorpcyjnymi montmoryllonitu. Prace mineralogiczne 1974, 35—42.
- [14] Kobus J.: Rola montmoryllonitu w przemianach związków organicznych. Pam. puław. 1970, 39, 189—238.
- [15] Kubiena W. L.: Mikromorphologie und Mikromorphometrie. Die mikromorphometrische Bodenanalyse 1967, 4—18.
- [16] Kullmann A.: Zur Problematik der Krümelstabilitätsmessungen und zur Methodik des Durchflussverfahrens. Probleme der Krümelstabilitätsmessung und der Krümelbildung. Tagungsberichte 13, 1958, 7—31.
- [17] Kullmann A.: Syntetische Bodenverbesserungsmittel. 1972, 96—112.
- [18] Manecki A., Parachoniak W.: Materiały do ćwiczeń z petrografii. AGH 1973, 142—150.
- [19] Parfienowa E. J., Jariłowa E. J.: Minieraologiczeskije issledowanija w poczwowiedienii. Izd. AN CCCP 1962, 69—122.
- [20] Parfienowa E. J., Jariłowa E. J.: Schemes of soil fabric components Third International Working-Meeting on Soil Micromorphology 1972, Z. probl. Post. Nauk roln. nr 123, 39—55.
- [21] Ślusarek E., Gołembowski St., Gołembowska J.: Wybrane zagadnienia teoretyczne i doświadczalne z areacji gleby. PTG, Komisja Fizyki Gleb 1970, 4—6.
- [22] Tokaj J.: Ilościowe badania mikroskopowo-chemiczne agregatów glebowych. Cz. I. Roczn. glebozn. 17, 1967, 1, 283—311, i Cz. II. Roczn. glebozn. 18, 1967, 1, 185—206.
- [23] Tokaj J.: Microscopical investigations on soil aggregates. Third International Working-Meeting on Soil Micromorphology 1969, Z. probl. Post. Nauk roln. 1972, 123, 733—746.
- [24] Tokaj J.: Mikromorfologia i mikromorfometria agregatów glebowych. Roczn. glebozn. 26, 1975, 3.
- [25] Wadiunina A. F., Korczagina Z. A.: Metody issledowanija swojstw poczw i gruntow. 1973, Wysszaja Szkoła, 19—21 i 111—115.
- [26] Wiersziniński P. W.: Poczwiennaja struktura i usłowija jejo formirowanija. Izd. AN CCCR 1958, 27—56.

Ю. Токай

МИКРОМОРФОЛОГИЧЕСКОЕ И МИКРОМОРФОМЕТРИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ

Институт почвоведения, агрохимии и микробиологии,
Сельскохозяйственная академия в Кракове

Резюме

Испытания микро-агрофизических свойств были проведены на агрегатах аккумуляционно-перегнойного горизонта двух пахотных почв, деградированного чернозема и бурой речной аллювиальной почвы среднего механического состава, а также бурой кислой луговой почвы. Деградированный чернозем образовался из лесса, бурая речная аллювиальная почва из наносных пыlistых образований, а бурая кислая луговая почва из горных пород карпатского флиша. Испытывались тонкие шлифы агрегатов из фракции диаметром 1-2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6 и выше 6 мм. Исследования касались микроморфологии и микрометрии главных компонентов из внутреннего строения.

Испытанные агрегаты обнаруживают отчетливые различия в отношении микроморфологических и микрометрических свойств между отдельными фракциями в пределах одного почвенного типа и между типами почв. К главным элементам микростроения агрегатов принадлежат:

1) скелет агрегатов, состоящий из минерального и органического детрита (измельченных частиц),

2) связывающее вещество, представленное различными илисто-гумусовыми соединениями и

3) порозность являющаяся сочетанием капиллярных каналов и замкнутых пор, создающих разнообразие водно-воздушные системы.

Наиболее благоприятными условиями для развития микроорганизмов и корневой системы растений в аккумуляционноперегнойных горизонтах обладают агрегаты деградированного чернозема, далее бурой речной аллювиальной почвы и бурой кислой луговой почвы.

J. TOKAJ

MICROMORPHOLOGICAL AND MICROMORPHOMETRICAL STUDIES ON SOIL AGGREGATES

Department of Soil Science, Agricultural
Chemistry and Microbiology
Agricultural University of Cracow

Summary

Studies of micro-agrophysical properties of soil were carried out on aggregates of accumulation-humus horizons of two arable soils: degraded chernozem and medium brown alluvial soil, as well as on acid brown meadow soil. Degraded chernozem was developed from loess, medium brown alluvial soil — from alluvial silts and acid brown meadow soil — from rocky formations of the Carpathian flysh. The investigations of thin sections made from the aggregates comprised the fractions with the size of 1—2, 2—3, 3—4, 4—5, 5—6 and above 6 mm in dia. The investigations concerned micromorphology and micrometry of main components of the inner structure of the soil aggregates. The aggregates investigated show distinct differences in micromorphological and micrometrical features between particular fractions within the given soil type and within types. To main components of the microstructure of aggregates belong:

- 1) skeleton of aggregates, consisting of mineral and organic detritus,
- 2) glueing substance represented by various clayey-humous compounds, and
- 3) pore spaces and closed voids creating various water and air systems..

The aggregates of degraded chernozem, medium brown alluvial soil and acid brown soil show the most favourable conditions for development of microorganisms and root systems of plants in accumulation-humus horizons.

Dr Józef Tokaj
Zakład Gleboznawstwa, Chemii
Rolnej i Mikrobiologii AR
Kraków, al. Mickiewicza 21

