

JERZY LIPIEC, RYSZARD DĘBICKI

ZALEŻNOŚĆ MIĘDZY STRUKTURĄ GLEB A ICH WŁAŚCIWOŚCIAMI

Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie

WSTĘP

Wśród wielu czynników, które warunkują agregację gleby i jej wodoodporność, ważną rolę odgrywa uziarnienie, a przede wszystkim zawartość cząstek splewialnych, zwłaszcza łu, oraz zawartość próchnicy. Stwierdzono, że cząstki łu są istotnym elementem poprawiającym trwałość agregatów, szczególnie w glebach gruboziarnistych, a stopień ich oddziaływania zależy przede wszystkim od ich udziału w ogólnej masie gleby [4, 11].

Niektórzy badacze uważają, że próchnica jest efektywniejszym czynnikiem agregującym niż frakcje łu i pyłu [12]. Wyniki licznych badań potwierdzają główną rolę próchnicy w procesach tworzenia i trwałości gruzełków glebowych [8, 10, 15, 16, 20, 21, 23, 24]. Jednocześnie jednak inne badania wskazują na brak wyraźnej zależności pomiędzy zawartością próchnicy a agregacją gleby i jej trwałością [2, 3, 7, 22]. Rozbieżne wnioski dotyczące tych zjawisk mogą być związane i z tym, że: a) tylko część materii organicznej w glebie stanowi lepszycze agregatów glebowych, b) istnieje pewien próg zawartości materii organicznej w glebie, powyżej którego agregacja już nie wzrasta, c) istnieją także inne substancje, które powodują agregację (koloidy mineralne i kompleksy organiczno-mineralne), d) nie bez znaczenia jest stan fizyczny gleby, który wpływa z odmiennego jej uziarnienia i użytkowania, warunków klimatycznych itp. [9, 13, 19, 20, 23]. Warkentin [25] uważa, że w glebach o dużej zawartości piasku drobnego i pyłu trwałość agregatów glebowych zależy od zawartości próchnicy, natomiast w glebach o stosunkowo dużej zawartości łu — od właściwości fizykochemicznych tego łu.

Celem tej pracy była próba ustalenia zależności, jakie istnieją pomiędzy zawartością i trwałością agregatów glebowych o $\Phi > 1$ mm a wybranymi cechami gleb różniących się pod względem uziarnienia.

Tabela 1

Wykaz badanych typów i gatunków gleb, ich skład granulometryczny oraz niektóre właściwości
 Specification of soil types and kinds studied, their granulometric composition and some other properties

Lp. No.	Typ gleby Soil type	Gatunek gleby Soil kind	Zawartość (%) cząstek (mm) < 1 mm Grain size distribution				Powierz- chnia właściwa Specific surface area m ² ·g ⁻¹	Zawartość próchnicy Humus content %	Zawartość Fe ₂ O ₃ Content of Fe ₂ O ₃ %	pH _{KCl}	Zawartość agregatów Content of aggregates > 1 mm	Zawartość agregatów Content of aggregates 1-5 mm	Wodoodpor- ność agregatów Water stability of aggregates > 1 mm
			1,0-0,1	0,1-0,02	< 0,02	< 0,002					%		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	AB	pl	89	6	5	3	16,2	0,95	0,46	5,2	11	9	
2	AB	ps	87	7	6	5	16,0	1,07	0,32	4,9	10	4	
3	AB	ps	84	9	7	2	21,3	1,21	0,60	4,4	20	11	
4	D	ps	86	6	8	2	36,4	2,32	0,64	5,5	46	14	
5	AB	ps	85	7	8	2	17,1	1,19	0,46	4,8	9	5	
6	AB	ps	72	20	8	2	21,0	1,03	0,44	5,7	25	13	
7	AB	ps	78	13	9	2	18,5	0,90	0,36	4,7	17	8	
8	AB	psp	67	25	8	3	31,7	1,71	0,52	4,4	49	18	
9	D	ppl	78	9	13	3	34,2	2,02	0,59	5,8	43	14	
10	D	ppl	64	21	14	5	39,0	2,03	0,64	5,9	74	21	
11	AB	pplp	59	28	13	5	29,2	1,48	0,62	4,8	55	20	
12	AB	pplm	68	16	16	4	29,2	1,85	0,44	6,6	40	23	
13	D	pplm	66	18	14	2	63,4	3,30	0,92	6,3	77	19	
14	AB	pplm	57	24	19	5	19,0	0,86	0,52	6,5	59	24	
15	AB	pplm	57	23	20	4	33,0	1,78	0,68	4,4	51	19	
16	AB	pplmp	47	37	16	3	30,3	1,68	0,58	4,8	63	13	
17	AB	pplmp	54	26	20	5	37,2	1,62	0,56	4,9	55	18	
18	AB	gl	60	19	21	6	41,1	2,32	0,75	4,9	49	17	17
19	AB	gl	63	15	22	7	26,8	1,33	0,52	5,7	57	28	14

cd. tabeli 1

Continued

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	<i>AB</i>	glp	44	34	22	8	45,4	2,43	0,64	5,2	68	27	16
21	<i>G</i>	gs	41	12	47	30	178,6	4,19	2,20	6,7	86	25	31
22	<i>B</i>	gsp	11	40	49	23	165,3	2,30	2,44	4,5	85	21	22
23	<i>AB</i>	gc	29	19	52	18	112,8	2,20	1,28	5,5	86	28	16
24	<i>G</i>	gc	18	19	63	27	219,7	3,99	2,60	6,8	88	20	27
25	<i>B</i>	gcp	9	27	64	4	58,7	1,88	1,40	4,4	80	24	37
26	<i>AB</i>	plz	27	41	32	6	89,6	1,70	0,64	5,5	67	29	8
27	<i>AB</i>	pli	4	56	40	15	53,9	2,11	1,04	4,8	79	26	20
28	<i>AB</i>	pli	7	52	41	16	56,9	1,50	1,28	4,3	76	25	9
29	<i>C</i>	pli	5	51	44	13	94,2	3,36	1,68	5,8	69	28	20
30	<i>C</i>	pli	6	50	44	14	87,8	3,06	1,96	7,2	83	20	27
31	<i>AB</i>	pli	3	53	44	8	50,8	2,11	1,12	4,7	75	16	11

Objaśnienia: *AB* — gleby płowe i bielcowe, *C* — czarnoziemy, *B* — gleby brunatne, *D* — czarne ziemie, *G* — rędziny kredowe. Objasnienia gatunku gleby — patrz „Album gleb Polski”. PWN, Warszawa 1986.

Explanations: *AB* — soils podzolic and lessivé s, *C* — chernozems, *B* — brown soils, *D* — black earth, *G* — cretaceous rendzina. For explanations of soil kinds see „Album of Polish Soils”, State Scientific Publ., Warszawa 1986.

METODYKA BADAŃ

Badaniami objęto 31 gleb zróżnicowanych pod względem typologicznym, składu granulometrycznego oraz właściwości fizycznych i fizykochemicznych (tab. 1).

Próbki glebowe pobierano z warstwy ornej gleb obsianych zbożami. Poza określeniem typu i gatunku wybranych gleb oznaczono następujące właściwości: skład granulometryczny metodą areometryczną, zawartość próchnicy metodą Tiurina, powierzchnię właściwą gleb metodą adsorpcji pary wodnej oraz zawartość Fe_2O_3 .

Strukturę gleb charakteryzowano poprzez określenie jej agregacji i wodoodporności agregatów. Zawartość agregatów o $\phi > 1$ mm oraz frakcji o średnicy 1 - 5 mm określono przesiewając próbki o masie 1 kg w stanie powietrznie suchym przez sита o ϕ 1 i 5 mm. Wodoodporność agregatów określono według zmodyfikowanej metody Bakszejewa [6], ale tylko dla grupy gleb zawierających powyżej 20% cząstek spławialnych.

W pierwszym etapie statystycznej analizy wyników oznaczeń obliczono współczynniki korelacji prostej pomiędzy procentową zawartością agregatów o $\phi > 1$ mm a rozkładem granulometrycznym, zawartością próchnicy i tlenków żelaza oraz powierzchnią właściwą dla wszystkich gleb łącznie. Prócz tego dokonano tych samych obliczeń dla 4 grup gleb, które zostały wyodrębnione według następującego kryterium: gleby zawierające 1) poniżej i 2) powyżej 20% cząstek o $\phi < 0,02$ mm oraz zawierające 3) poniżej i 4) powyżej 25% cząstek o ϕ 0,1 - 0,02 mm.

Za pomocą równań regresji wielokrotnej opisano zawartość agregatów o $\phi > 1$ mm w funkcji badanych właściwości gleb, ale tylko dla tych, dla których współczynniki korelacji prostej wykazywały zależności istotne. Na załączonych wykresach jeden punkt jest średnią wartością z 8 pomiarów (tab. 1, 2, rys. 1 - 8).

WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Wartości obliczonych współczynników korelacji prostej wskazują, że zawartość agregatów glebowych o $\phi > 1$ mm była w największym stopniu skorelowana dodatnio z zawartością cząstek spławialnych, niezależnie od typu i gatunku gleby ($r = 0,81$), tabela 2. Nieznacznie niższą zależność stwierdzono pomiędzy analizowaną cechą struktury a zawartością Fe_2O_3 ($r = 0,71$) i próchnicy ($r = 0,69$), powierzchnią właściwą ($r = 0,68$) oraz zawartością ilu ($r = 0,61$).

Tak wysoka zależność pomiędzy zawartościami agregatów o $\phi > 1$ mm i cząstek spławialnych jest w znacznym stopniu wynikiem współdziałania zawartości cząstek ilastych, tlenków żelaza i próchnicy. Współczyn-

Tabela 2

Współczynniki korelacji prostej pomiędzy zawartością agregatów > 1 mm i 1–5 mm oraz wodoodpornością agregatów > 1 mm a niektórymi właściwościami badanych gleb

Values of correlation coefficients between soil aggregation and soil water stability and some other properties of the soils studied

Nr grupy gleb Soil group No.	Zawartość (%) cząstek (mm) < 1 mm Grain size distribution (%) mm				Powierzchnia właściwa Specific surface area m ² ·g ⁻¹	Zawartość próchnicy Humus content	Zawartość Fe ₂ O ₃ Content of Fe ₂ O ₃	pH _{KCl}
	1,0–0,1	0,1–0,02	< 0,02	< 0,002				
Zawartość agregatów > 1 mm Content of soil aggregates above 1 mm								
I	-0,82b	0,62b	0,81b	0,61b	0,68b	0,69b	0,71b	0,29
II	-0,77b	0,69b	0,77b	0,10	0,77b	0,68b	0,75b	0,37
III	-0,62a	0,10	0,84b	0,64a	0,68b	0,44	0,75b	0,27
IV	-0,85b	0,56b	0,79b	0,65b	0,73b	0,77b	0,72b	0,62b
V	-0,87b	0,54	0,86b	0,56	0,61a	0,42	0,79b	0,14
Zawartość agregatów 1–5 mm Content of soil aggregates 1–5 mm								
I	-0,65b	0,53b	0,62b	0,45b	0,43b	0,41b	0,40b	0,28
II	-0,70b	0,59b	0,75b	0,31	0,50b	0,39	0,49b	0,51b
III	-0,14	-0,06	-0,15	-0,12	-0,22	-0,12	-0,33	-0,01
IV	-0,74b	0,62b	0,63b	0,48b	0,44a	0,45a	0,43a	0,57b
V	-0,32	0,20	0,31	0,14	0,28	0,26	0,09	0,10
Wodoodporność agregatów > 1 mm Water-stability of soil aggregates above 1 mm								
III	-0,16	-0,32	0,62a	0,34	0,45	0,58a	0,63a	

Objaśnienia: I – wszystkie gleby łącznie, II – gleby zawierające poniżej 20% cząstek < 0,02 mm, III – gleby zawierające powyżej 20% cząstek < 0,02 mm, IV – gleby zawierające poniżej 25% cząstek 0,1–0,02 mm, V – gleby zawierające powyżej 25% cząstek 0,1–0,02 mm. a – istotne przy poziomie istotności 0,05, b – istotne przy poziomie istotności 0,01.

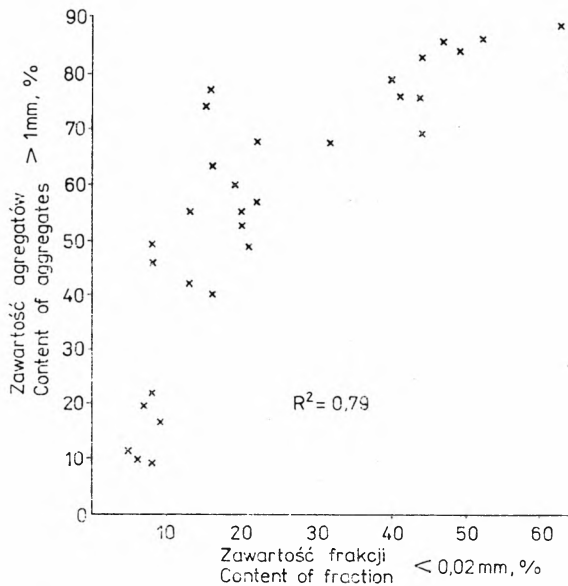
Explanations: I – all soils together, II – soils containing less than 20% of particles below 0.02 mm, III – soils containing more than 20% of particles below 0.02 mm, IV – soils containing less than 25% of particles 0.1–0.02 mm, V – soils containing more than 25% of particles 0.1–0.02 mm. a – significant at $P = 0.05$, b – significant at $P = 0.01$.

niki korelacji prostej (r) dla tych zależności wynosiły odpowiednio: 0,74, 0,85 i 0,60. Potwierdzają je również współczynniki korelacji pomiędzy zawartością cząstek spławialnych a powierzchnią właściwą gleby ($r = 0,68$).

Te ustalenia różnią się nieznacznie od wyników uzyskanych w innych badaniach [10, 24], gdzie wykazano wyższą zależność agregacji gleby od zawartości próchnicy czy też frakcji ilastej, niż od ilości cząstek spławialnych ogółem. Być może różnice w wynikach powstały na skutek stosowania odmiennych metod analitycznych lub porównywania innych frakcji agregatów itp. Na przykład Coughlan i Loch [3] twierdzą, że frakcje agregatów o $\phi > 5$ mm bardziej korelują z innymi właściwościami gleby niż agregaty mniejsze lub charakteryzowane za pomocą średniej średnicy.

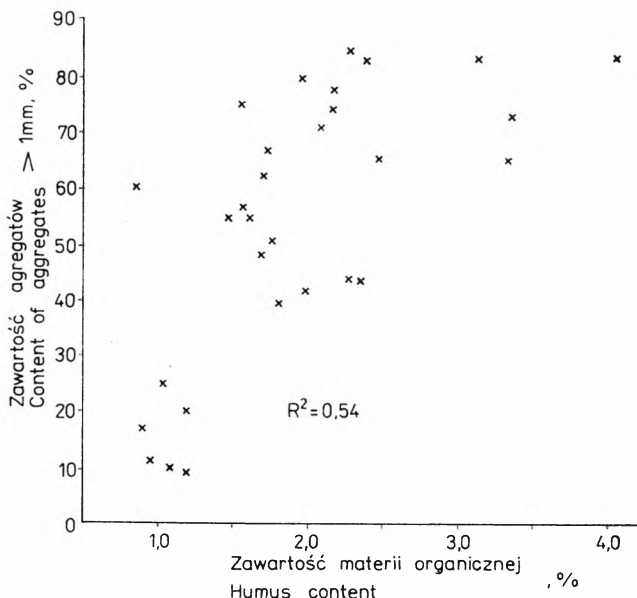
Wyniki tej pracy potwierdzają nasze wcześniejsze spostrzeżenia, że stopień agregacji gleby zależy przede wszystkim od jej składu granulometrycznego [5, 18].

Według Zajcewa [26], istotny wpływ na zdolność tworzenia się agregatów o większej średnicy ma frakcja ilasta gleby, chociaż jej działanie jest związane z działaniem próchnicy. Znajduje to również potwierdzenie w innych pracach [11, 14].



Rys. 1. Zależność pomiędzy zawartością agregatów o $\phi > 1$ mm a zawartością cząstek spławialnych ($\phi < 0,02$ mm). $Y = -29,84 + 28,98 \ln$ (% cząstek o $\phi < 0,02$ mm)
 Fig. 1. Relationship between the content of aggregates of > 1 mm in dia and the content of clay particles (< 0.02 mm). $Y = -29.84 + 28.98 \ln$ (% of particles of < 0.02 mm)

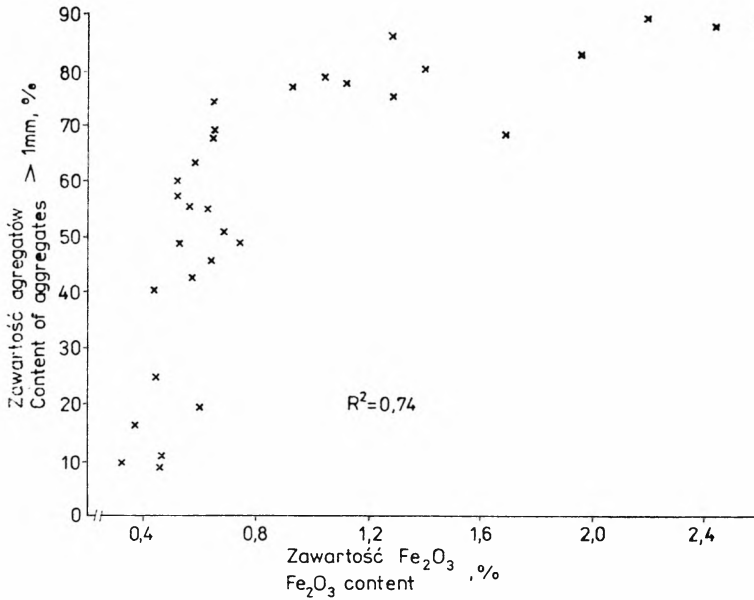
Ponadto badania dowiodły, że jednym z najważniejszych czynników agregacji gleby jest, poza udziałem frakcji ilastej, udział wolnych tlenków żelaza [1, 11]. Widać to również w naszych badaniach, chociaż w znacznie mniejszym stopniu (tab. 2, rys. 1 - 4). Należy podkreślić jednak, że różnorodność składników glebowych i ich znaczenie w procesach agregacji gleby zależy od ich wzajemnego oddziaływania. To ostatnie jest jeszcze modyfikowane przez czynniki zewnętrzne, z działalnością człowieka włącznie.



Rys. 2. Zależność pomiędzy zawartością agregatów o $\phi > 1$ mm a zawartością materii organicznej. $Y = 30,63 + 43,25 \ln (\% \text{ materii organicznej})$

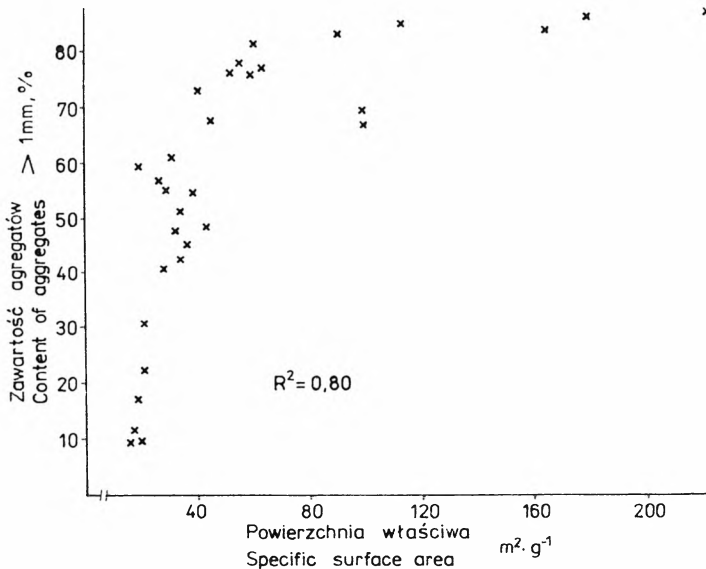
Fig. 2. Relationship between the content of aggregates of > 1 mm in dia and the humus content. $Y = 30.63 + 43.25 \ln (\text{humus } \%)$

Badania wykazały również, że istnieje znaczne zróżnicowanie współczynników korelacji pomiędzy agregacją gleby a badanymi cechami w poszczególnych grupach gleb, wyodrębnionych na podstawie zawartości cząstek spławalnych oraz pyłu (tab. 2). Na przykład, w grupie gleb zawierających poniżej 20% cząstek spławalnych zawartość frakcji 0,1 - 0,02 mm była istotnie skorelowana z ilością agregatów o $\phi > 1$ mm, podczas gdy w obrębie gleb zawierających powyżej 20% tych cząstek wartość r była znacznie niższa i statystycznie nieistotna. Zawartość agregatów o średnicy równoważnej 1 - 5 mm była istotnie skorelowana z omawianymi właściwościami w grupie gleb zawierających poniżej 25% cząstek pyłu, natomiast w grupie gleb zawierających powyżej 25% pyłu — korelacje te były nieistotne.



Rys. 3. Zależność pomiędzy zawartością agregatów o $\Phi > 1$ mm a zawartością Fe_2O_3 .
 $Y = 118,93 - 45,02 (\% \text{Fe}_2\text{O}_3) + 82,32 (\% \text{Fe}_2\text{O}_3)$

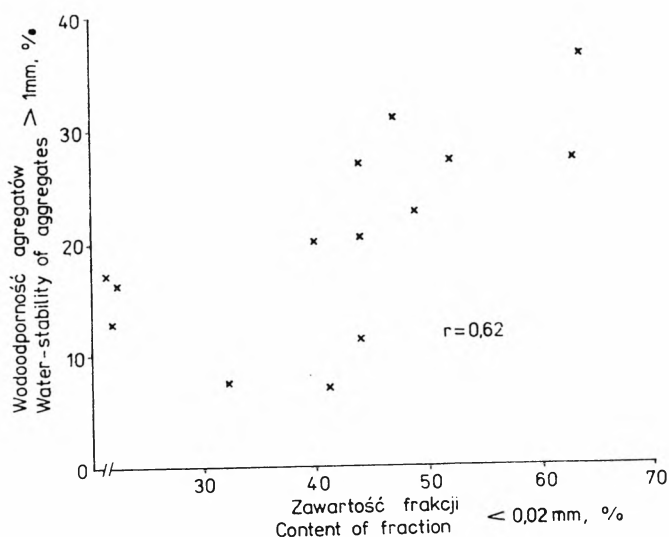
Fig. 3. Relationship between the content of aggregates of > 1 mm in dia and the Fe_2O_3 content. $Y = 118.93 - 45.02 (\text{Fe}_2\text{O}_3 \%) + 82.32 (\text{Fe}_2\text{O}_3 \%)$



Rys. 4. Zależność pomiędzy zawartością agregatów o $\Phi > 1$ mm a powierzchnią właściwą. $Y = -130,41 - 0,41 (\text{powierzchnia właściwa}) + \ln (\text{powierzchnia właściwa})$

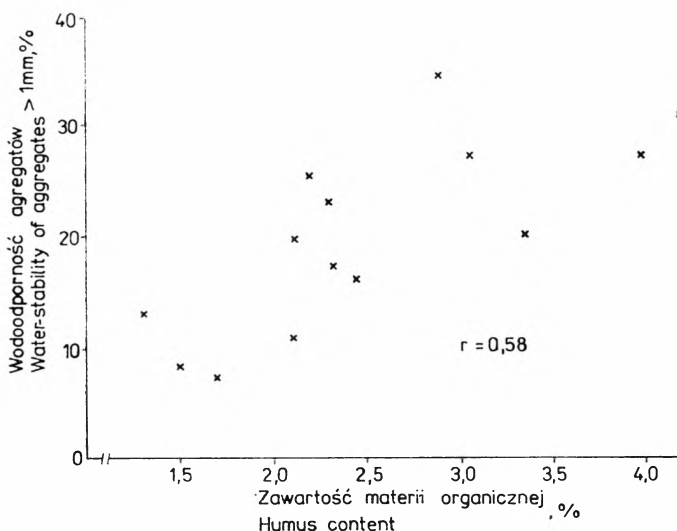
Fig. 4. Relationship between the content of aggregates of > 1 mm in dia and the specific area. $Y = -130.41 - 0.41 (\text{specific area}) + \ln (\text{specific area})$

Stwierdzono, że zawartość agregatów o średnicy równoważnej > 1 mm we wszystkich wyodrębnionych grupach gleb była w największym stopniu dodatnio skorelowana z zawartością cząstek spławialnych.



Rys. 5. Zależność pomiędzy wodoodpornością agregatów o $\Phi > 1$ mm a zawartością cząstek spławialnych

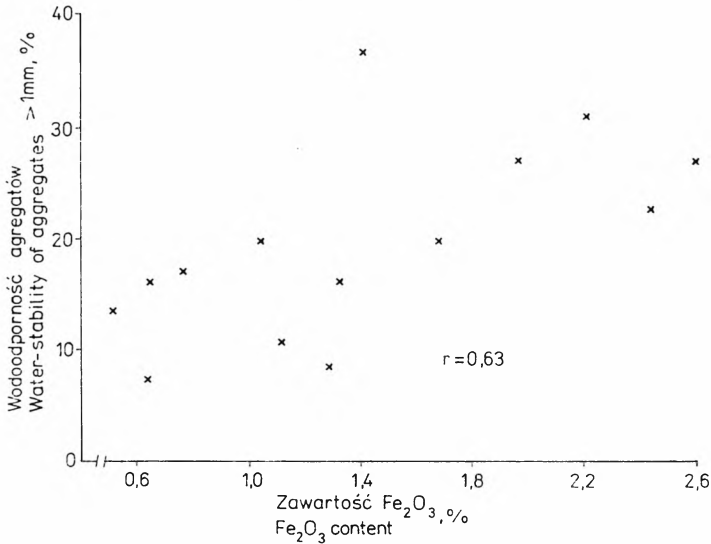
Fig. 5. Relationship between the water stability of aggregates of > 1 mm in dia and the content of clay particles



Rys. 6. Zależność pomiędzy wodoodpornością agregatów o $\Phi > 1$ mm a zawartością materii organicznej

Fig. 6. Relationship between the water stability of aggregates of > 1 mm in dia and the humus content

Drugą cechą struktury rozpatrywaną w naszych badaniach jest wodoodporność agregatów glebowych o $\Phi > 1$ mm. Była ona istotnie skorelowana z zawartością: cząstek spławialnych, Fe_2O_3 oraz zawartością próchnicy (tab. 2, rys. 5 - 8). Są to czynniki, które również istotnie oddzia-



Rys. 7. Zależność pomiędzy wodoodpornością agregatów o $\Phi > 1$ mm a zawartością Fe_2O_3

Fig. 7. Relationship between the water stability of aggregates of > 1 mm in dia and the Fe_2O_3 content

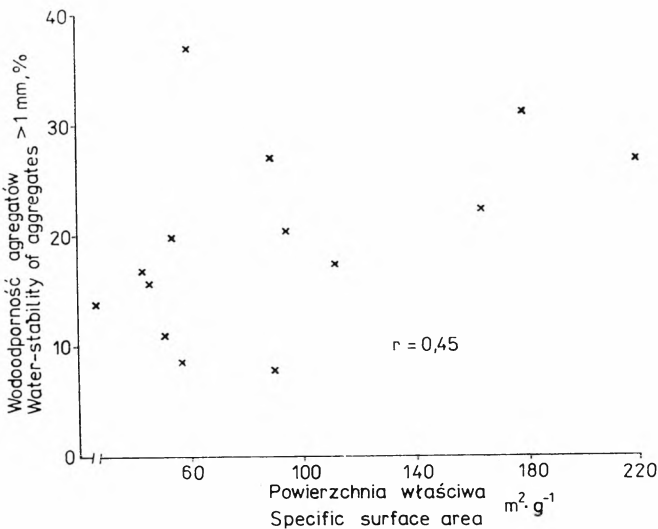


Fig. 8. Relationship between the water stability of aggregates of > 1 mm in dia and właściwą

Fig. 8. Relationship between the water stability of aggregates of > 1 mm in dia and the specific area

ływały na zawartość agregatów tej frakcji w próbkach powietrznie suchych. Współczynniki r są znacznie niższe w przypadku wodoodporności niż zawartości agregatów w próbkach suchych. Również na podstawie doniesień w literaturze trudno jest przedstawić jednoznaczną ocenę wpływu różnych czynników edaficznych, klimatycznych i antropogenicznych na trwałość gruzełków glebowych. Na podstawie licznych badań można byłoby przyjąć, że fundamentalną przyczyną trwałości struktury jest zawartość materii organicznej, jak to wynika z licznych badań [16, 21, 23].

Czasami jednak trwałość agregatów bardziej koreluje z zawartością azotu ogółem niż z zawartością próchnicy [2, 16]. Opiera się to na założeniu, że materia organiczna ogółem w glebie zawiera także część nieaktywną, w skład której wchodzi np. ligniny, a więc cząstki zdrewniałe, o niskiej zawartości N. Natomiast zawartość N ogółem jest lepszym wskaźnikiem „aktywnych” składników organicznych, które prawdopodobnie są bardziej związane z powierzchnią cząstek mineralnych gleby i biorą udział w tworzeniu i trwałości gruzełków glebowych. Chaney i Swift [2] najwyższą korelację stwierdzili pomiędzy zawartością materii organicznej i trwałością agregatów, a nie zawartością pyłu lub iłu. Spośród wielu grup materii organicznej, najwyższą korelację wykazano pomiędzy zawartością polisacharydów i związków humusowych a trwałością agregatów. Potwierdza to również mechanizm wiązania cząstek glebowych mineralnych i organicznych w gruzełku glebowym [9].

Warto również zwrócić uwagę na dodatnią korelację pomiędzy wodoodpornością agregatów a ich procentową zawartością w stanie powietrznie suchym. Wykazano także, że w glebach o wyższej zawartości agregatów o $\phi > 5$ mm zwiększa się ich odporność na niszczące działanie wody podczas umiarkowanego deszczu [3].

Wysokie wartości współczynników R^2 (tab. 2) potwierdzają, że badane właściwości glebowe mają istotny wpływ na kształtowanie się struktury, a szczególnie zawartości agregatów o $\phi > 1$ mm w wierzchniej warstwie gleby. Jest to również potwierdzeniem zależności opisanych przez innych badaczy, że skład agregatowy gleby i jej wodoodporność jest funkcją wielu czynników glebowych, których ważność zależy od układu warunków glebowo-klimatycznych [1, 5, 11, 16, 20, 21, 23].

Na podstawie przeprowadzonych obliczeń zawartość agregatów glebowych o $\phi > 1$ mm można opisać następującym równaniem regresji wielokrotnej:

$$Y = -36,33 - 27,32 (\text{Fe}_2\text{O}_3) + 10,85 \ln (\% \text{ cząstek } 1,0 - 0,1 \text{ mm}) + \\ + 13,66 \ln (\% \text{ cząstek } 0,1 - 0,02 \text{ mm}) + 17,24 \ln (\% \text{ cząstek } < 0,02 \text{ mm}) + 51,05 \ln (\% \text{ Fe}_2\text{O}_3)$$

$$R^2 = 0,894$$

Wysoki współczynnik R^2 tego równania oraz wysokie współczynniki korelacji prostej dla poszczególnych badanych cech gleby (tab. 2, rys.

1 - 8) sugerują, że cechy te istotnie decydują o strukturze gleb uprawnych. Ponadto równanie wielokrotnej regresji liniowej nie tylko obrazuje, że skład agregatowy gleby w stanie powietrznie suchym zależy od wielu czynników, lecz także wskazuje na to, że łączny efekt współdziałania tych czynników może być przewidywany. Możliwe byłoby więc wykorzystanie tych zależności przy udoskonalaniu kryteriów oceny wartości rolniczej gleb na podstawie zarówno bogatych materiałów źródłowych z bonitacji gruntów i klasyfikacji gleb, jak też najnowszych badań właściwości fizycznych i fizykochemicznych gleb.

PODSUMOWANIE

Na podstawie badań 31 gleb, różniących się składem granulometrycznym, powierzchnią właściwą oraz zawartością próchnicy i Fe_2O_3 stwierdzono, że zawartość agregatów o średnicy równoważnej > 1 mm w powierzchniowej warstwie tych gleb była w wysokim stopniu skorelowana z zawartością cząstek spławialnych, Fe_2O_3 i próchnicy. Korelacje te były znacznie zróżnicowane w grupach gleb wyróżnionych pod względem zawartości cząstek spławialnych i pyłu. Druga cecha struktury, tj. jej wodoodporność, była również skorelowana z zawartością agregatów w stanie powietrznie suchym. Wartości obliczonych współczynników korelacji prostej w tym przypadku były znacznie niższe. Przedstawione równanie regresji wielokrotnej nie tylko obrazuje, że skład agregatowy gleb w stanie powietrznie suchym zależy od cech gleby, lecz że łączny efekt współoddziaływania tych cech może być przewidywany. Daje to możliwość zastosowania przedstawionego równania do oceny struktury innych gleb na podstawie licznych materiałów dostępnych z bonitacji gruntów, klasyfikacji gleb czy też najnowszych badań.

LITERATURA

- [1] Arca M. W., Weed S. B. Soil aggregation and porosity in relation to contents of free iron oxide and clay. *Soil Sci.* 1966, 101 s. 164 - 170.
- [2] Chaney K., Swift R. S. The influence of organic matter on aggregation stability in some British soils. *J. Soil Sci.* 1984, 35 s. 223 - 236.
- [3] Coughlan K. J., Loch R. J. The relationship between aggregation and other soil properties in cracking clay soils. *Austr. J. Soil Res.* 1984, 22 s. 59 - 69.
- [4] Dechnik I., Dębicki R. Wykorzystywanie syntetycznych środków do ulepszenia gleb. *Probl. Agrofiz.* 1977, 23.
- [5] Dębicki R. Comparison of some soil structure indices and their relation to the physical properties of different soil types and plant yields. *Pol. J. Soil Sci.* 1979, 12, 2 s. 139 - 151.
- [6] Dobrzański B., Witkowska B., Walczak R. Soil aggregation and water stability index. *Pol. J. Soil Sci.* 1975, 1 s. 3 - 8.

- [7] Emerson W. W., Dettmann M. G. The effect of organic matter on crumb structure. *J. Soil Sci.* 1959, 10 s. 227 - 234.
- [8] Gätke C. R. Untersuchungen über den Einfluss des unedlebten organischer Bodenmaterials auf die Stabilität von Bodenkrümeln gegenüber Wasser. *A. Thaer-Archiv* 1960, 4 s. 583 - 596.
- [9] Greenland D. J., Lindstron G. R., Quirk J. P. Organic materials which stabilize natural soil aggregates. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 1962, 26 s. 366 - 371.
- [10] Hamblin A. P., Greenland D. J. Effect of organic constituents and complexed metal ions on the stability of some East Anglian soils. *J. Soil Sci.* 1977, 28 s. 410 - 416.
- [11] Harris R. F., Chesters G., Allen O. N. Dynamics in soil aggregation. *Adv. Agron.* 1966, 18 s. 107 - 169.
- [12] Hartmann R., De Boodt M. The influence of the moisture content, texture and organic matter on the aggregation of sandy and loamy soils. *Geoderma* 1974, 11 s. 53 - 62.
- [13] Heinonen R. Soil aggregation in relation to texture and organic matter. *Agrogeologia Julkaisu* 1955, 64 s. 17 - 34.
- [14] Islam M. A., Hossain M. Aggregation of East Bengal soils in relation to their chemical composition. *Soil Sci.* 1954, 78 s. 429 - 434.
- [15] Kachinsky N. A. Suszczność strukturoobrazowania w poczwach i opyt iskusstwiennogo ostrukturiwanija poczw z pomoszczju polimierow. *Rocz. Glebozn.* 1962, s. 61 - 83.
- [16] Kemper W. D., Koch E. J. Aggregate stability of soils from Western United States and Canada. *USDA Techn. Bull.* 1966, nr 1355.
- [17] Kolarkar A. S. i in. Water stable aggregates, texture and organic matter in medium textured range soils of Western Rajasthan. *J. Indian Soc. Soil Sci.* 1974, 1 s. 1 - 5.
- [18] Lipiec J. Physical properties as an index of their agricultural suitability. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 1977, 197 s. 167 - 190.
- [19] Low A. J. The effect of cultivation on the structure and other physical characteristic of grassland and arable soils. *J. Soil Sci.* 1972, 23 s. 363 - 380.
- [20] Rząsa S., Owczarzak W. Modelling of soil structure and examination methods of water resistance, capillary rise and mechanical strength of soil aggregates. *Zesz. Nauk AR Poznań* 1983, 135 s. 35.
- [21] Strickling E. The effect of soybeans on volume weight and water stability of soil aggregates, soil organic matter content, and crop yields. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 1950, 15 s. 30 - 34.
- [22] Tisdall J. M., Cockroft B., Uren N. C. The stability of soil aggregates as affected by organic materials, microbial activity and physical disruption. *Aust. J. Soil Res.* 1978, 16 s. 9 - 17.
- [23] Tisdall J. M., Oades J. M. The effect of crop rotation on aggregation in a red-brown earth. *Aust. J. Soil Res.* 1980b, 18 s. 423 - 434.
- [24] Tisdall J. M., Oades J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. *J. Soil Sci.* 1982, 33 s. 141 - 163.
- [25] Warkentin B. P. Clay soil structure related to soil management. *Trop. Agric.* 1982, 59 s. 82 - 91.
- [26] Zajcew B. D. O roli pieregnoja, obmiennowo kalcja i ıla w obrazowaniu struktury pieregnojnowo-elewialnych gorizontow lesnych poczw. *Poczwowedenie* 1963, 6 s. 90 - 96.

Я. ЛИПЕЦ, Р. ДЕМБИЦКИ

ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ СТРУКТУРОЙ ПОЧВЕННЫХ АГРЕГАТОВ
И НЕКОТОРЫМИ СВОЙСТВАМИ ПОЧВЫ

Институт агрофизики Польской Академии Наук в Люблине

Резюме

Целью соответствующих исследований было определение зависимостей между содержанием и водостойкостью почвенных агрегатов диаметром > 1 мм и выбранными свойствами почвы (гранулометрический состав, содержание гумуса, Fe_2O_3 и удельная площадь) в группах почв образованных в соответствии со следующими критериями: почвы содержащие ниже 20% частиц $< 0,02$ мм, почвы содержащие выше 20% частиц $< 0,02$ мм, почвы содержащие ниже 25% частиц 0,1–0,02 мм и почвы содержащие выше 25% частиц 0,1–0,02 мм.

Установлено, что содержание агрегатов с уравновешенным диаметром выше 1 мм в поверхностных слоях этих почв коррелировало высокоощественно с содержанием илстых частиц, Fe_2O_3 и гумуса. Эти корреляции были значительно дифференцированными в группах почв выделенных с точки зрения содержания илстых частиц и пыли. Вторым признаком структуры, т.е. водостойкость агрегатов коррелировала также с теми же факторами, как в случае содержания агрегатов в воздушно-сухом состоянии, однако значения исчисленных коэффициентов прямой корреляции были в данном случае гораздо ниже.

Представленное уравнение множественной регрессии показывает, что агрегатный состав почв в воздушно-сухом состоянии не только зависит от исследуемых свойств почвы, но и от того, что общий эффект взаимозависимости указанных свойств может предусматриваться. Это позволяет применять указанное уравнение в оценке структуры других почв на основании многочисленных данных литературы предмета.

J. LIPIEC, R. DĘBICKI

RELATIONSHIPS BETWEEN THE STRUCTURE OF SOIL AGGREGATES
AND SOME PROPERTIES OF SOIL

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences in Lublin

Summary

The aim of the respective investigations was to determine relationships between the content and water stability of soil aggregates of > 1 mm in dia on the one hand and the selected properties of soil (granulometric composition, humus and Fe_2O_3 content and specific area) on the other in soil groups formed in accordance with the following criteria: soils containing less than 20% particles of < 0.02 mm, soils containing more than 20% particles of < 0.02 mm, soils containing less than 25% particles of 0.1–0.02 mm and soil containing more than 25% particles of 0.1–0.02 mm.

It has been found that the content of aggregates of an equivalent diameter above 1 mm in upper soil layer was highly significantly correlated with the content of clay and silt particles, Fe_2O_3 and humus. These correlations were considerably differentiated in soil groups distinguished with regard to the content of clay and silt particles. Another trait of the aggregate structure, i.e. its water stability, was also correlated with the same factors as the content of aggregates in the air-dry

state, still the values of correlation coefficients calculated were in this case much lower.

The presented multiple regression equation proves that the fractional composition of soils in the air-dry state depends not only on the soil properties tested, but also on the fact that the effect of the joint mutual correlation between these properties may be anticipated. This would allow to apply the above equation in estimation of the structure of other soils on the basis of numerous materials of the literature.

Dr Jerzy Lipiec
Instytut Agrofizyki PAN
20-236 Lublin, Doświadczalna 4

Praca wpłynęła do redakcji w grudniu 1988 r.

