

STANISŁAW BROŻEK, PRZEMYSŁAW WŁODEK

POROWATOŚĆ I NASIĄKLIWOŚĆ WODNA
SZKIELETU GLEBOWEGO
WYTWORZONEGO Z PIASKOWCÓW GODULSKICH *

Zakład Ekologii Lasu Akademii Rolniczej w Krakowie

WSTĘP i CEL BADAŃ

Duża zawartość szkieletu w glebach górskich skłoniła autorów do podjęcia badań nad jego porowatością i nasiąkliwością. Te dwie cechy decydują bowiem o walorach hydrologicznych gleb i siedlisk leśnych [1, 4]. Publikowane dotychczas dane dotyczą porowatości i nasiąkliwości szkieletu w glebach leśnych wytworzonych ze zlepieńca istebniańskiego oraz drobnoziarnistego piaskowca i łupku ilastego warstw podmagurskich [3].

Celem niniejszych badań było poznanie porowatości i nasiąkliwości szkieletu w glebach wytworzonych z utworów godulskich. Piaskowce godulskie były już badane m.in. i pod tym względem [5], badania wykonano jednak na skałach niezwięzłych.

ZAKRES I METODYKA

Odkrywki glebowe zlokalizowano w Beskidzie Śląskim w Nadleśnictwie Ustroń. Badano gleby brunatne kwaśne (odkrywka nr 1 i 3) oraz glebę brunatną biellicowaną (odkrywka nr 2), wytworzone z piaskowców i łupków ilastych warstw środkowych i dolnych godulskich. Odkrywki wykonano w płatach kwaśnej buczyny górskiej — *Luzulo-Fagetum* (nr 1), buczyny karpackiej — *Dentario gladulosae-Fagetum* (nr 3) i w monokulturze świerkowej na siedlisku buczyny karpackiej (nr 2).

* Praca jest kontynuacją badań nad właściwościami hydrologicznymi szkieletu glebowego w Karpatach prowadzonych w ramach problemu MR.II.18 w latach 1982-1984.

Podstawowe właściwości gleb oznaczono następująco: skład granulometryczny — metodą Bouyoucosa w modyfikacji Casagrande'a i Prószyńskiego, odczyn — potencjometrycznie, zawartość węgla organicznego (C) — metodą Tiurina, azotu całkowitego (N) — metodą Kjeldahla, pojemność sorpcyjną — metodą Kappena, kapilarną pojemność wodną gleby — metodą cylinderkową Kopecky'ego oraz kapilarną pojemność wodną części ziemistych — przez zalewanie ich wodą na lejku. Naważkę 100 g części ziemistych lekko utrząsano na lejku i zalewano wodą, następnie nakrywano szkiełkiem i po obcieknięciu ważono.

Szkielet glebowy do badań pobrano wycinając bryły gleby o wymiarach $20 \times 30 \times 100$ cm. Po wysuszeniu próbkę rozfrakcjonowano według grubości ziaren. Metodą wagową oznaczono całkowitą zawartość szkieletu i części ziemistych oraz procentowy udział poszczególnych frakcji szkieletu. We frakcjach szkieletu oznaczono: gęstość pozorną i rzeczywistą, nasiąkliwość wodną w podciśnieniu oraz obliczono porowatość i szczelność. Oznaczenie gęstości i nasiąkliwości wykonano metodami według PN-66/B-04100 oraz PN-67/B-04101. Normy te opracowano dla materiałów kamiennych pozbawionych szczelin i pęknięć. Ponieważ szkielet glebowy tego warunku nie spełnia, dlatego próbkę do badań stanowiła naważka danej frakcji w ilości 300-1000 g, a nie, jak przewiduje norma, próbki skał o kształcie nieregularnym lub zbliżonym do graniastosłupa lub sześcianu o wymiarach 4-6 cm.

WYNIKI BADAŃ

Szkielet badanych gleb dzielono na frakcje o wymiarach granicznych średnicy cząstek: 1-5, 5-10, 10-20, 20-50, 50-100 i 100-200 mm (tab. 1). Procentowy udział poszczególnych frakcji szkieletu w poziomach genetycznych profilów 1 i 2 jest podobny. W profilu 3 zwraca uwagę większy udział frakcji 5-10 mm i 10-20 mm, ale tylko w górnych poziomach genetycznych (rys. 1). Wszystkie frakcje szkieletu w badanych glebach są okruchami piaszczystego, jedynie we frakcji cząstek 1-5 mm spotykano pojedyncze ziarna kwarcu [6]. Jednorodność petrograficzna wyróżnianych frakcji szkieletu wynika z grubości uziarnienia skały, która wietrzejąc do pojedynczych ziaren przestaje być, ze względu na ich wymiary, szkieletem i wchodzi w skład części ziemistych. Nie występuje tu zjawisko zaobserwowane w zwietrzelinie piaszczystych istebniańskich, gdzie przykładowo we frakcji cząstek 1-5 mm w poziomach genetycznych A_1 i A_2 frakcja złożona z pojedynczych ziaren kwarcu stanowiła odpowiednio aż 70 i 48% objętości badanego szkieletu [3].

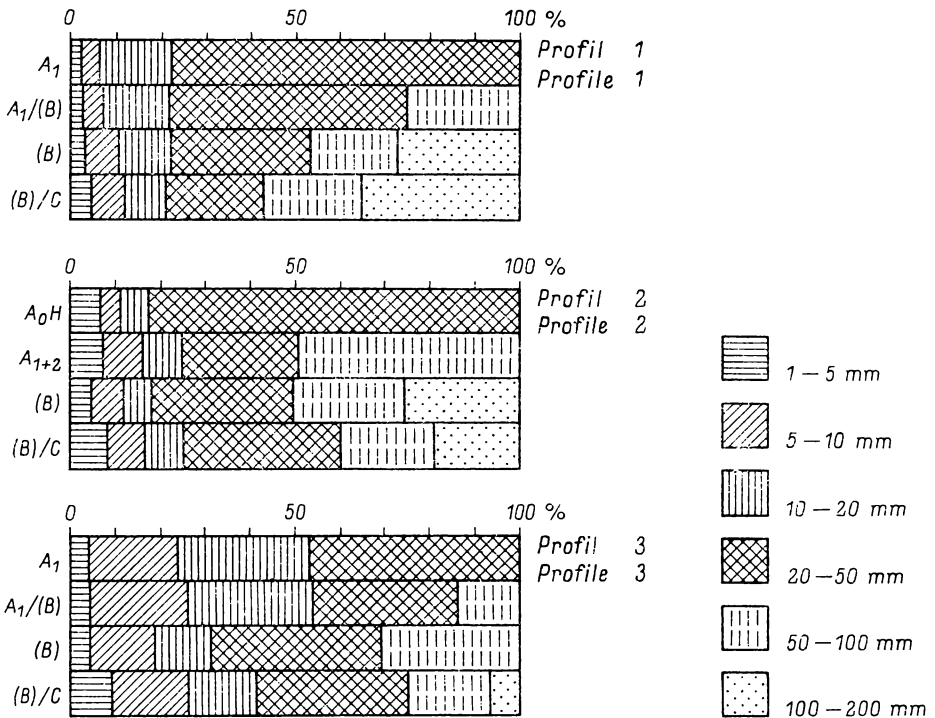
Niewielkie zróżnicowanie ilościowe frakcji szkieletu w badanych profilach wynika z podobnego podłoża skalnego. Podobieństwo to znajduje również wyraz we właściwościach fizycznych szkieletu.

Gęstość rzeczywista nie wykazuje związku z grubością frakcji i waha

Wybrane właściwości badanych gleb — Selected properties of soils under study

Nr profilu Profile No.	Głębokość Depth cm	Poziom Horizon	Procentowa zawartość cząstek o średnicy w mm Per cent of particles of mm in dia					C org.	N całkowity Total N	C/N	pH _{H₂O}	V %	Kapilarna pojemność wodna Capillary water capacity, %	Gęstość pozorna Apparent density g/cm ³
			> 1,0	1,0-0,1	0,1-0,02	< 0,02	< 0,002							
								%						
Gleby brunatne kwaśne utworzone z piaskowca warstw środkowych godulskich Acid brown soils developed from sandstone of middle horizons of Godula beds														
1	0-1	<i>A₀L</i>	ściółka bukowa — litter of beech											
	1-4	<i>A₁</i>	16	43	36	21	8	13,46	0,70	19,2	4,1	29,6	51,7	0,79
	4-12	<i>A₁(B)</i>	18	56	17	27	10	4,34	0,25	17,4	3,9	28,5	49,9	1,05
	12-55	<i>(B)</i>	38	31	25	44	8	—	—	—	4,5	38,5	n.o.	n.o.
	55-100	<i>(B)C</i>	70	66	8	26	8	—	—	—	4,6	45,6	n.o.	n.o.
3	0-1	<i>A₀L</i>	ściółka bukowa — litter of beech											
	1-9	<i>A₁</i>	67	36	22	42	28	9,03	0,53	17,0	4,3	40,7	39,2	0,82
	9-18	<i>A₁(B)</i>	62	37	25	38	11	3,33	0,22	15,0	4,3	34,3	47,6	1,03
	18-60	<i>(B)</i>	52	51	11	38	19	—	—	—	4,5	31,6	44,0	1,16
	60-100	<i>(B)C</i>	74	50	14	36	9	—	—	—	4,7	39,4	n.o.	n.o.
Gleba brunatna bielcowana utworzona z piaskowca warstw dolnych godulskich Podzolized brown soil developed from sandstone of lower horizons of Godula beds														
2	0-1	<i>A₀L</i>	ściółka świerkowa — spruce litter											
	1-7	<i>A₀H</i>	36	n.o.	n.o.	n.o.	n.o.	18,25	0,74	24,7	3,6	21,7	34,3	0,61
	7-20	<i>A₁₊₂</i>	52	29	31	40	11	4,10	0,19	21,6	3,8	20,9	43,7	0,99
	20-70	<i>(B)</i>	58	27	21	52	9	—	—	—	4,3	39,9	42,4	1,16
	70-100	<i>(B)C</i>	65	63	11	26	10	—	—	—	4,5	46,1	n.o.	n.o.

n.o. — nie oznaczono — not determined



Rys. 1. Procentowy udział frakcji w szkielecie badanych gleb
 Fig. 1. Percentage of fractions in skeleton of studied soils

się od 2,56 do 2,83 g/cm³ (tab. 2). Średnia arytmetyczna dla wszystkich frakcji szkieletu w profilach waha się od 2,70 do 2,73 g/cm³. Gęstość pozorna natomiast wzrasta wraz z wielkością frakcji i wynosi od 1,90 g/cm³ we frakcji 1-5 mm do 2,47 g/cm³ we frakcji 50-100 mm. Współczynnik korelacji r obliczony dla gęstości pozornej i wielkości cząstek frakcji wynosi 0,70 dla profilu 1, 0,41 dla profilu 2 i 0,52 dla profilu 3.

Na podstawie gęstości rzeczywistej i pozornej obliczono porowatość szkieletu. Średnia arytmetyczna porowatości frakcji 1-5 mm waha się od 22,6 do 26,0%, a wraz ze wzrostem wielkości cząstek szkieletu porowatość spada ($r = -0,66$). Najmniejszą porowatością cechuje się frakcja 100-200 mm, mianowicie 9,7-13,5% (tab. 2). Zależność porowatości szkieletu (y) od grubości okruszków (x) obliczono za pomocą przybliżonej funkcji $y = 12,9 + 34,3/x$ [2] (rys. 2).

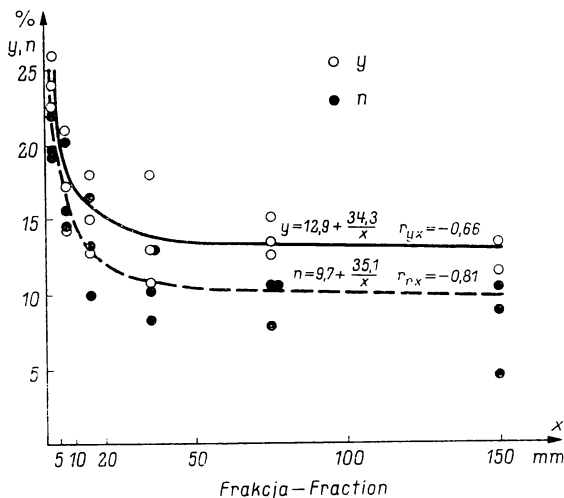
Nasiąkliwość szkieletu badanych gleb wykazuje, podobnie jak porowatość, odwrotną zależność od wielkości cząstek szkieletu ($r = -0,81$). Największą nasiąkliwość ma frakcja 1-5 mm, tj. 19,2-22,1%, natomiast najmniejszą stwierdzono we frakcji cząstek 100-200 mm, tj. 4,7-10,5%. Przybliżony związek nasiąkliwości szkieletu (n) i wielkości jego cząstek (x) przedstawia funkcja $n = 9,7 + (35,1)/x$ (rys. 2).

Wybrane właściwości szkieletu glebowego — Selected properties of soil skeleton

Nr profilu Profile No.	Głębokość Depth cm	Ilość całkowita Total quantity %	Fracje Fractions mm	Gęstość — Density		Porowatość całkowita Total porosity %	Szczelność Tightness	Nasiąkliwość wodna, % obj. Water imbibition capacity vol. %
				rzeczywista real	pozorna bulk			
	Poziom Horizon			g/cm ³				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	$\frac{1-4}{A_1}$	16	1-5	n.o.	2,04	n.o.	n.o.	21,3
			5-10	n.o.	2,04	n.o.	n.o.	29,2
			10-20	n.o.	2,18	n.o.	n.o.	20,2
			20-50	2,62	2,03	22,3	0,78	13,7
	$\frac{4-12}{A_1(B)}$	18	1-5	n.o.	2,09	n.o.	n.o.	18,3
			5-10	2,69	2,02	25,1	0,75	21,1
			10-20	2,61	2,08	20,4	0,80	19,8
			20-50	2,67	2,14	19,9	0,80	16,5
			50-100	2,56	2,26	12,1	0,88	7,3
	$\frac{12-55}{(B)}$	38	1-5	2,69	1,98	22,2	0,74	25,1
			5-10	2,65	2,06	20,6	0,78	19,1
			10-20	2,75	2,16	21,5	0,79	16,0
			20-50	2,75	2,21	19,6	0,80	14,1
			50-100	2,65	2,24	15,6	0,84	13,8
	100-200	n.o.	2,30	n.o.	n.o.	n.o.	11,1	
	$\frac{55-100}{(B)C}$	70	1-5	2,71	2,02	25,6	0,74	23,6
5-10			2,83	2,40	15,3	0,85	11,4	
10-20			2,74	2,41	12,0	0,88	10,2	
20-50			2,73	2,44	10,9	0,89	7,8	
50-100			2,78	2,38	14,3	0,86	10,8	
100-200			n.o.	2,34	n.o.	n.o.	n.o.	9,8
3	$\frac{1-9}{A_1}$	67	1-5	2,67	1,90	29,0	0,71	23,6
			5-10	2,69	2,17	23,3	0,77	22,4
			10-20	2,68	2,34	12,8	0,87	11,1
			20-50	2,67	2,45	8,5	0,92	6,6
	$\frac{9-18}{(A_1)B}$	62	1-5	2,70	2,11	21,8	0,78	15,2
			5-10	2,69	2,25	16,6	0,83	15,5
			10-20	2,69	2,35	12,7	0,87	9,0
			20-50	2,67	2,33	12,6	0,87	10,4
			50-100	2,78	2,34	15,9	0,84	8,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3	$\frac{18-60}{(B)}$	52	1-5	2,63	2,08	20,8	0,79	17,8
			5-10	2,76	2,29	17,0	0,83	11,2
			10-20	2,72	2,34	13,8	0,86	10,9
			20-50	n.o.	2,46	n.o.	n.o.	7,8
			50-100	2,79	2,47	11,4	0,89	6,5
	$\frac{60-101}{(B)C}$	74	1-5	2,75	2,08	24,4	0,76	20,0
			5-10	2,79	2,33	16,5	0,84	13,2
			10-20	2,74	2,41	12,1	0,88	9,1
			20-50	2,75	2,44	11,2	0,89	8,2
			50-100	2,74	2,39	12,8	0,87	8,9
			100-200	2,77	2,40	13,5	0,87	4,7
2	$\frac{1-7}{A_0H}$	36	1-5	2,77	2,04	26,3	0,74	22,4
			5-10	2,77	2,41	22,6	0,77	18,5
			10-20	2,81	2,33	16,9	0,83	13,0
			20-50	2,80	2,39	14,6	0,85	11,0
	$\frac{7-20}{A_{1+2}}$	52	1-5	2,79	2,10	24,6	0,75	20,6
			5-10	2,75	2,26	17,6	0,82	14,6
			10-20	2,77	2,34	15,8	0,84	12,0
			20-50	2,68	2,37	12,9	0,87	9,8
			50-100	2,70	2,29	15,1	0,85	11,2
	$\frac{20-70}{(B)}$	58	1-5	2,64	2,04	22,6	0,77	21,5
			5-10	2,64	2,29	15,3	0,85	14,4
			10-20	2,66	2,29	14,0	0,86	13,1
			20-50	2,67	2,34	12,3	0,88	10,9
			50-100	2,63	2,34	10,8	0,89	10,2
			100-200	2,64	2,38	9,7	0,90	8,1
	$\frac{70-100}{(B)C}$	65	1-5	2,70	2,25	16,8	0,83	14,2
5-10			2,73	2,37	13,2	0,87	9,9	
10-20			2,77	2,38	13,8	0,86	9,2	
20-50			2,71	2,38	12,0	0,88	9,1	
50-100			2,62	2,30	12,3	0,88	10,4	
100-200			2,70	2,34	13,5	0,87	9,7	

n.o. — nie oznaczono — not determined



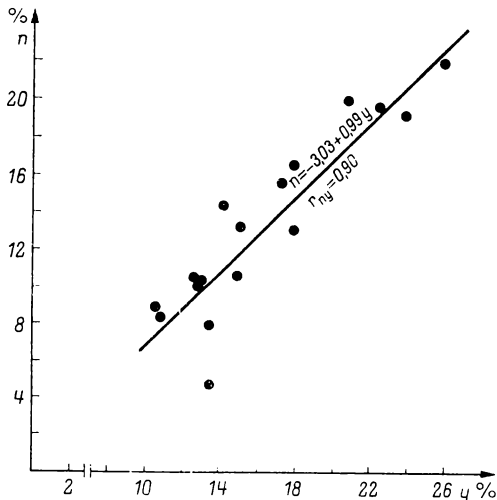
Rys. 2. Porowatość (y) i nasiąkliwość (n) we frakcjach szkieletu (x)

Fig. 2. Porosity (y) and water imbibition capacity (n) of skeleton fractions (x)

W badanych profilach glebowych nasiąkliwość szkieletu (n) jest funkcją porowatości (y), a ich związek wyraża się równaniem $r = -3,03 + 0,99 y$ (rys. 3). Współczynnik korelacji tych cech $r_{ny} = 0,90$.

Gęstość pozorna, porowatość i nasiąkliwość zależą od grubości szkieletu, natomiast nie są uwarunkowane głębokością położenia danej frakcji w profilu w badanym zakresie 0-100 cm.

Po oznaczeniu nasiąkliwości szkieletu glebowego, w celach porów-



Rys. 3. Zależność nasiąkliwości (n) od porowatości (y) w badanym szkielecie

Fig. 3. Dependence of water imbibition capacity (n) on porosity (y) in studied skeleton

Tabela 3

Porównanie potencjalnych możliwości magazynowania wody przez części ziemiste i szkielet (w dm³ wody na 1 m³ gleby oraz w rozbięciu na poszczególne poziomy genetyczne)

Comparison of potential water storage capacity of fine earth and skeleton (dm³ per 1 m³ of soil and with separation into horizons)

Nr profilu Profile No.	Głębokość Depth cm	Poziom Horizon	Szkielet Skeleton %	A – kapilarna pojemność wodna części ziemistych Capillary water capacity of fine earth %	B – nasiąkliwość wodna szkieletu Water imbibition capacity of skeleton, %	A/B	Ilość zatrzymanej wody przez: Water amount retained by:		
							części ziemiste fine earth	szkielet skeleton	razem sum
dm ³									
Gleby brunatne kwaśne utworzone z piaskowca warstw środkowych godulskich Acid brown soils developed from middle horizons of the Godula beds									
1	1-4	A ₁	16	87,5	15,6	5,6	29,4	1,0	30,4
	4-12	A ₁ (B)	18	65,0	14,9	4,4	42,6	2,1	44,7
	12-55	(B)	38	72,8	14,2	5,1	194,1	23,2	217,3
	55-100	(B)C	70	54,4	10,4	5,2	73,4	32,8	105,2
	1-100	średnie ważone weighed means	50	64,5	12,6	5,1	Σ = 339,5	Σ = 59,1	Σ = 398,6
3	1-9	A ₁	66	89,4	12,3	7,3	27,4	7,3	34,7
	9-18	A ₁ (B)	62	76,5	11,0	7,0	26,2	6,1	32,3
	18-60	(B)	52	67,3	8,9	7,6	135,7	19,4	155,1
	60-100	(B)C	74	62,1	10,7	5,8	64,6	31,7	96,3
	1-100	średnie ważone weighed means	63	68,0	10,1	6,8	Σ = 253,9	Σ = 64,5	Σ = 318,4
Gleba brunatna bielcowana utworzona z piaskowca warstw dolnych godulskich Podzolized brown soil developed from sandstone of lower horizons of Godula beds									
2	1-7	A ₀ H	36	74,3	12,5	5,9	33,3	3,1	36,4
	7-20	A ₁₊₂	52	79,3	11,9	6,7	49,5	8,0	57,6
	20-70	(B)	58	54,1	11,0	4,9	113,6	31,9	145,5
	70-100	(B)C	65	48,7	10,0	4,9	51,1	19,5	70,6
	1-100	średnie ważone weighed means	58	57,2	10,9	5,2	Σ = 247,5	Σ = 62,5	Σ = 310,1

nawczych określono nasiąkliwość części ziemistych. Kapilarna pojemność wodna, oznaczona metodą cylinderkową Kopecky'ego w próbkach o naturalnej strukturze, uwzględnia łączną pojemność wodną części ziemistych oraz drobnych frakcji szkieletu (tab. 1). Oznaczono więc dodatkowo kapilarną pojemność wodną części ziemistych w próbkach o naruszonej strukturze i porównano tę nasiąkliwość z nasiąkliwością szkieletu. Z porównania tego wynika, że nasiąkliwość wodna szkieletu w badanych glebach jest od 5,1 do 6,8-krotnie (średnio 5,7-krotnie) mniejsza niż nasiąkliwość części ziemistych (tab. 3).

Na podstawie kapilarnej pojemności wodnej części ziemistych i nasiąkliwości szkieletu, z uwzględnieniem procentowego udziału szkieletu w profilach, obliczono potencjalne możliwości magazynowania wody w badanych glebach. Wynoszą one od 310 do 398 dm³ wody na 1 m³ gleby (średnio 342 dm³). Badane gleby wytworzone z utworów godulskich magazynują więc więcej wody niż gleby wytworzone z utworów istebniańskich (254 dm³), a mniej niż gleby wytworzone z utworów podmagurskich (539 dm³) [3].

WNIOSKI

Z przeprowadzonych badań wynikają następujące wnioski:

1. W szkielecie badanych gleb wytworzonych z utworów godulskich wszystkie frakcje cząstek stanowią okruchy piaskowca, jedynie we frakcji 1-5 mm sporadycznie występują ziarna kwarcu.

2. Głębokość położenia w profilu nie ma zasadniczo wpływu na właściwości fizyczne szkieletu. Znacznie wpływa natomiast stopień rozdrobnienia (zwiertzenia) szkieletu. Wraz ze wzrostem rozdrobnienia rośnie porowatość i nasiąkliwość, a maleje gęstość pozorna.

3. Porowatość całkowita szkieletu wytworzonego z utworów godulskich waha się w zależności od grubości frakcji, a średnia ważona z 3 badanych profilów wynosi 12,5%.

4. Nasiąkliwość wodna szkieletu wytworzonego z utworów godulskich również zależy od grubości frakcji, a średnia ważona z 3 badanych profilów wynosi 11,2% i jest 5,7-krotnie mniejsza niż kapilarna pojemność wodna części ziemistych.

5. W badanych glebach brunatnych wytworzonych z utworów godulskich może być zatrzymana woda w ilości 310-398 dm³/m³, średnio 342 dm³, co pozwala umieścić te gleby między wcześniej badanymi glebami wytworzonymi z piaskowców i łupków podmagurskich a wytworzonymi ze zlepieńców istebniańskich.

LITERATURA

- [1] Adamczyk B., Brożek S. Produkcyjna i hydrologiczna charakterystyka gleb na obrzeżu zbiornika wodnego w Rożnowie. Probl. Zagosp. Ziem Górsk. 1981, z. 21 s. 37-59.

- [2] Bronsztejn I. N., Siemiendiajew K. A. *Matematyka, poradnik encyklopedyczny*. PWN, Warszawa 1986.
- [3] Brożek S., Chmielewski L. Porowatość i nasiąkliwość wodna szkieletu glebowego wybranych górskich gleb leśnych. *Rocz. Glebozn.* 1986, 37, 4 s. 23-34.
- [4] Fabijanowski J. Znaczenie lasów górskich i ich zagospodarowania dla racjonalnej gospodarki wodą. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 1980, z. 235 s. 43-59.
- [5] Kamiński M., Peszat C., Rutkowski J., Skoczylas-Ciszewska K. O wykształceniu i własnościach technicznych piaskowców godulskich. *Zesz. Nauk. AGH*, 231, Geologia z. 12.
- [6] Włodek P. Właściwości fizyko-chemiczne gleb leśnych wytworzonych z piaskowców warstw godulskich w Beskidzie Śląskim. (Praca magisterska, maszynopis). Zakład Ekologii Lasu Akademii Rolniczej w Krakowie. 1984.

С. БРОЖЕК, П. ВЛОДЕК

ПОРОЗНОСТЬ И ВЛАГОЕМКОСТЬ ПОЧВЕННОГО СКЕЛЕТА ОБРАЗОВАННОГО ИЗ ГОДУЛЬСКИХ ПЕСЧАНИКОВ

Кафедра экологии леса
Сельскохозяйственной академии в Кракове

Резюме

Исследовали процентное участие фракций, мнимую и действительную плотность, а также влагоемкость и порозность скелета.

Все фракции скелета в исследуемых почвах представляют собой обломки песчаника; только в фракции 1-5 мм можно встретить единичные зерна кварца. Установлено, что на физические свойства скелета влияет степень его раздробления. Порозность и влагоемкость повышаются со степенью раздробления, тогда как мнимая плотность уменьшается. Приближенную зависимость порозности и влагоемкости в зависимости от степени раздробления скелета определяли на основании уравнения гиперболы (рис. 2).

Средняя взвешенная порозность скелета исчисленная для 3 исследуемых профилей составляла 12,5%, а влагоемкость — 11,2%. Влагоемкость скелета в исследуемых почвах в среднем 5,7 раз меньше в сравнении с капиллярной влагоемкостью мелкозема (табл. 3).

На основании влагоемкости скелета и мелкоземных частей оценивали возможности влагозадержания исследуемыми почвами, которое колеблется от 310 до 398 дм³ воды в 1 м³ почвы, в среднем 342 дм³.

S. BROZEK, P. WŁODEK

POROSITY AND WATER IMBIBITION OF THE SOIL SKELETON DEVELOPED FROM GODULA SANDSTONES

Department of Forest Ecology
Agricultural University of Cracow

Summary

Percentage of fractions, bulk and real density, imbibition and porosity of the soil skeleton were investigated.

All the skeleton fractions in the soils under study constituted sandstone fragments, only in the 1-5 mm fraction single quartz grains were encountered. It has

been proved that physical properties of the soil skeleton were affected by its comminution degree. Porosity and imbibition are growing along with the comminution degree, whereas the bulk density is decreasing. An approximate dependence of porosity and imbibition on the skeleton comminution degree was estimated using the hyperbola equation (Fig. 2).

Weighed mean of the skeleton porosity calculated for 3 profiles investigated amounted to 12.5%, imbibition — to 11.2%. The mean water imbibition of the soil skeletons under study was 5.7 times less as compared with the capillary water capacity of fine earth (Table 3).

Possibilities of water storage by the soils under study were established on the basis of the skeleton and fine earth imbibition. They amount to 310-398 dm³ of water per 1 m³ of soil, 342 dm³, on the average.

Dr inż. Stanisław Brożek
Zakład Ekologii Lasu AR
31-425 Kraków, Al. 29 Listopada 45

Praca wpłynęła do redakcji
w kwietniu 1987

