

HENRYK DOMŻAŁ

WPŁYW ZAGĘSZCZENIA GLEBY NA ZAWARTOŚĆ WODY  
SILNIE ZWIĄZANEJ ORAZ RETENCJĘ WODY PRODUKCYJNEJ  
I UŻYTECZNEJ

Instytut Gleboznawstwa i Chemii Rolnej AR w Lublinie

W naszych warunkach glebowo-klimatycznych występują dość często okresowe niedobory wody w glebie. Ograniczają one znacznie możliwość uzyskiwania stałych, wysokich plonów roślin uprawnych. Z tego względu wszelkie sposoby zapobiegania bezużytecznym stratom wody mają duże znaczenie praktyczne. Równie ważne są działania zmierzające do zwiększenia retencyjności gleb lub przeciwdziałania takim zmianom w budowie gleby, które wywołują zmniejszenie pojemności wodnej, a zwłaszcza retencji wody użytecznej dla roślin. Problematyka ta zajmuje więc wiele miejsca w pracach traktujących o wpływie uprawy gleby na jej fizyczne właściwości [2, 4, 8, 9, 10] oraz w badaniach zmian właściwości gleby wywołanych wzrostem jej gęstości [1, 2, 4, 5, 6, 9, 11, 16].

Mimo to wiele jest jeszcze niejasnych bądź sprzecznych stwierdzeń. Zgodnie z wynikami niektórych badań uprawa gleby, a zatem jej spulchnianie, nie wpływa na zdolność gromadzenia wody. W wielu pracach traktujących o wpływie ugniatania na pojemność wodną gleb ich autorzy stwierdzają, że wzrost gęstości gleby wywołuje mniejszy lub większy spadek połowej pojemności wodnej. Spotkać można również stwierdzenie, że ugniecenie kołami wywołuje wzrost wilgotności objętościowej lub że wzrost gęstości gleby wywołuje różne zmiany pojemności wodnej, zależnie od zakresu sił ssących i wielkości powierzchni właściwej [4, 5, 8, 9, 11, 12, 13, 16]. W odniesieniu do naszych gleb zagadnienia te zostały w części wyjaśnione w uprzednio opublikowanych pracach własnych [6, 7].

Przedstawiona praca stanowi kontynuację tych badań i dotyczy zmian pojemności wodnej w zakresie wysokich wartości sił ssących ( $pF > 3$ ) oraz retencji wody produkcyjnej i użytecznej. Nie ma bowiem i w tym przypadku pełnej zgodności poglądów. Nie wyjaśniono dotychczas, jaka

jest skala tych zmian nawet wówczas, gdy stwierdzono istnienie wpływu gęstości na zawartość wody silnie związanej z fazą stałą gleby.

### ZAKRES I METODYKA BADAŃ

Do badań laboratoryjnych wybrano 26 profilów gleb. Pobrano z nich próbki z dwóch warstw: próchniczo-ornej i podornej, różnej w zależności od typu gleby (tab. 1). Oznaczenia pojemności wodnej w zakresie niskich sił ssących wykonano zgodnie z metodyką opisaną uprzednio [6, 7]. Należy tylko podkreślić, że zakres uzyskanych w ten sposób stanów gęstości nie przekraczał wartości występujących w warunkach naturalnych, co potwierdziły wieloletnie badania porównawcze. Nawet próbki ugniecione z siłą  $10 \text{ kG/cm}^2$  wykazywały gęstość w granicach  $1,5\text{--}1,7 \text{ g/cm}^3$ , to jest charakterystyczną dla silnie odleżałej gleby [21]. Z uzyskanych w tej części badań wyników w uprzednio opublikowanych pracach omówiono wpływ zagęszczenia na pojemność wodną i powietrzną, porowatość różnicową oraz stosunek pojemności powietrznej do wodnej w zakresie sił ssących od pF 0 do pF 2,7 [6, 7].

W niniejszej pracy zajęto się zmianami zawartości wody silnie związanej oraz retencji wody użytecznej i produkcyjnej.

Wpływ zagęszczenia fazy stałej gleby na ilość zatrzymywanej wody silnie i bardzo silnie związanej z glebą oceniano na podstawie wyników oznaczeń uzyskiwanych w komorach wysokociśnieniowych. Próbki do tych oznaczeń miały strukturę i wilgotność analogiczną jak przy oznaczeniach pojemności wodnych w zakresie niskich potencjałów wody. Glebę nasypywano do dwu połączonych cylinderków o wysokości 1 cm i po zagęszczeniu z siłą  $1,0$  i  $10,0 \text{ kG/cm}^2$  górny wraz z nadmiarem gleby obcinano. Następnie glebę nasycano wodą na bibule i oznaczano pojemność wodną odpowiadającą pF: 3,2, 3,7, 4,2. Rolę filtru spełniał tofian o ciężarze  $1 \text{ m}^2$  równym 60 g.

Posługiwanie się tak małymi próbkami uniemożliwiło przeniesienie całej próbki z komory ciśnieniowej do naczynek wagowych i dokładne wyznaczenie objętości gleby. Ścisłe wyznaczenie gęstości stało się niemożliwe. Przyjęto więc wartości uzyskane w próbach o objętości  $100 \text{ cm}^3$ , zdając sobie sprawę z istnienia pewnych różnic w gęstości gleby zagęszczonej w dużych i małych cylindrach.

Ocenę wpływu zagęszczenia na pojemność i retencję wody oparto zatem na trzech wybranych wartościach nacisku jednostkowego, który był czynnikiem różnicującym gęstość gleby (tab. 2–7).

Przy omawianiu zmian wodnych właściwości gleby posługiwano się w pracy pojęciami wprowadzonymi do naszej literatury przez Trzeckiego i Zawadzkiego wraz z własnymi uzupełnieniami.

Polowa pojemność wodna — przyjmuje się, że odpowiada jej zawartość wody w próbie przy sile ssącej w zakresie pF  $1,9\text{--}2,54$ . Jednak zgo-

Tabela 1

Podstawowe właściwości badanych gleb  
Basic properties of soils investigated

Nr profilu Profile No.	Poziom gene - tyczny Genetic horizon	Procentowa zawartość frakcji mechanicznych w mm Percentual content of mechanical fractions				Zawartość próchnicy % Humus content, %	Powierzchnia właściwa m <sup>2</sup> /g Specific area m <sup>2</sup> /g
		1-0,1	0,1-0,02	< 0,02	< 0,002		
1	2	3	4	5	6	7	8
Gleby rdzawe i biellicowe wytworzone z piasków Rust-coloured and podzol soils developed from sands							
1	Ap	87,5	7,5	5	2	2,12	26,15
	A <sub>2</sub>	89	7	4	5	0,49	16,72
2	Ap	53	35	12	1	1,56	27,87
	A <sub>2</sub>	71	21	8	5	0,12	14,15
3	Ap	52	29	19	2	1,20	27,44
	A <sub>2</sub>	40	27	27	4	0,25	20,15
Gleby płowe wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia i utworów lessowatych Silty soils developed from silts of water origin and from loess formations							
4	Ap	28	49	23	2	1,49	28,72
	A <sub>3</sub>	17	60	23	6	0,34	20,58
5	Ap	30,5	49,5	20	3	1,85	35,15
	A <sub>3</sub>	20,5	61	14	3	0,36	24,01
6	Ap	30	50	20	3	1,28	27,44
	A <sub>3</sub>	49,5	35,5	15	11	0,11	40,73
7	Ap	24	45	31	10	1,79	67,31
	A <sub>3</sub>	16	54	30	11	0,77	63,88
8	Ap	3	52,5	44,5	12,5	1,53	63,45
	A <sub>3</sub>	3	43	54	28,5	0,48	118,32
Gleby brunatne wytworzone z lessu Brown soils developed from loess							
9	Ap	1	55	44	19	1,15	77,17
	/B/	0,5	60,5	39	16	0,33	68,16
10	Ap	1,5	58,5	40	11	1,65	61,30
	/B/	0,5	60,5	39	17	0,53	87,35
11	Ap	0,5	66,5	33	12	1,38	63,88
	/B/	0,5	55,5	44	17	1,34	74,17
12	Ap	2	55	43	13	0,96	48,73
	/B/	1,5	49,5	49	22	0,36	93,46
Gleby brunatne wytworzone z glin Brown soils developed from loams							
13	Ap	48,7	25,3	26	11	1,70	44,58
	/B/	40	22	38	22	0,25	75,88
14	Ap	32,7	37,3	30	11	1,73	77,59
	/B/	44,7	19,3	36	15	0,36	63,02
15	Ap	42,5	21,5	36	15	2,62	93,89
	/B/	17	14	69	52	0,85	234,93

1	2	3	4	5	6	7	8
Czarnoziemy wytworzone z lessu Chernozems developed from loess							
16	Ap	2	53	45	6	3,56	85,74
	A <sub>1</sub>	2,5	56,5	41	11	2,68	82,74
17	Ap	0,5	63,5	36	10	2,09	72,45
	A <sub>1</sub>	0,2	54,8	45	13	1,50	75,45
18	Ap	0,5	53,5	46	18	2,61	77,59
	A <sub>1</sub>	0	53	47	15	1,01	86,17
19	Ap	0,5	53,5	46	14	4,14	127,32
	A <sub>1</sub>	0,5	48,5	51	20	2,71	111,46
Czarne ziemie wytworzone z pyłów gliniastych i glin pylastych Black earths developed from loamy silts and silty loams							
20	Ap	50,5	26,5	23	4	4,97	73,31
	A <sub>1</sub>	56,2	17,8	26	3	1,77	37,73
21	Ap	10,5	52,5	37	10	3,01	93,46
	A <sub>1</sub> C	2,0	51	47	16	0,51	104,60
22	Ap	25,7	32,3	42	13	4,00	120,89
	A <sub>1</sub>	29,5	18,5	52	18	2,78	116,18
23	Ap	39,5	18,5	42	18	1,83	70,74
	A <sub>1</sub> C	32,5	16,5	51	32	0,74	114,46
Rędziny wytworzone z utworów kredowych Rendzinas developed from chalk							
24	Ap	17,2	36,8	46	26	3,06	166,76
	A <sub>1</sub> /C	5,5	21,5	73	26	1,58	157,33
25	Ap	8,2	44,8	47	35	4,04	262,36
	A <sub>1</sub> /C	2	27	71	47	1,16	159,48
26	Ap	27,5	30,5	42	29	2,81	161,19
	A <sub>1</sub> C	12	41	47	32	1,65	154,76

dnie z wynikami badań i poglądami większości autorów pojemność wodna przy sile ssącej pF 2,2 jest najbardziej zbliżona do połowej pojemności wodnej gleb o głęboko zalegającym lustrze wody gruntowej.

Wilgotności początku hamowania wzrostu roślin — odpowiada zawartość wody przy sile ssącej pF 2,85–3,0.

Wilgotności silnego hamowania wzrostu roślin — odpowiada zawartość wody przy sile ssącej pF 3,2.

Wilgotności całkowitego zahamowania wzrostu roślin — odpowiada zawartość wody przy sile ssącej pF 3,7.

Wilgotność trwałego wędnięcia — przyjęto, że odpowiada jej zawartość wody w glebie przy sile ssącej pF 4,2. Pogląd ten jest uznany przez zdecydowaną większość badaczy. Wprawdzie wyniki badań Prusinkiewicza [15] wskazują, że nie jest to granica biologicznej użyteczności wody, gdyż niektóre mikroorganizmy żyją przy wilgotności odpo-

wiadającej większej sile ssącej, ale mimo to możliwość pobierania wody przez rośliny jest wówczas bardzo ograniczona. Stwierdzenie to wydaje się być w pełni słuszne, ponieważ już przy sile ssącej 3 at (pF 3,48) następuje rozrywanie przewodzących wodę błonek wodnych. Zatem uzupełnienie niedoborów wody staje się wówczas poważnie utrudnione.

Retencja wody użytecznej — obliczono ją jako różnicę pojemności wodnej wagowej odpowiadającej sile ssącej pF 2,2 i pF 4,2 (różnica wilgotności między połową pojemnością wodną i wilgotnością trwałego wędnięcia). W pracach Zawadzkiego ta sama wielkość określona jest jako potencjalna retencja użyteczna i oznaczona symbolem PRU.

Retencja wody produkcyjnej — obliczono ją jako różnicę pojemności wodnej wagowej odpowiadającej sile ssącej pF 2,2 i pF 3,7 (różnica wilgotności między połową pojemnością wodną i wilgotnością całkowitego zahamowania wzrostu roślin).

Woda dostępna dla roślin — woda związana z fazą stałą gleby z siłą ssącą w przedziale wartości pF 2,2-4,2.

Woda bardzo łatwo dostępna — woda związana z siłą ssącą w przedziale wartości pF 2,2-3,0.

Woda łatwo dostępna — woda związana z siłą ssącą w przedziale wartości pF 3,0-3,2.

Woda trudno dostępna — woda związana z siłą ssącą w przedziale wartości pF 3,2-3,7.

Woda bardzo trudno dostępna — woda związana z siłą ssącą w przedziale wartości pF 3,7-4,2.

Zgodnie z uprzednio przeprowadzonymi rozważaniami i wynikami badań [5, 6, 7] w niniejszej pracy oparto się wyłącznie na wynikach pomiarów pojemności wodnej wyrażonej w procentach wagowych.

Oznaczenia uzupełniające wykonano następującymi metodami:

— skład mechaniczny gleby metodą Bouyoucosa-Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego. Zawartość frakcji piasku w próbce określono przez przemywanie na sicie;

— zawartość próchnicy oznaczono metodą Tiurina w modyfikacji Simakowa;

— powierzchnię właściwą gleb — metodą adsorpcji pary wodnej przy stosunku ciśnienia pary  $p/p_0$  równym 0,3 (tab. 1).

Biorąc pod uwagę wspomniane już wyniki badań innych autorów, wskazujące na silny związek między zmianami pojemności wodnej wywołanymi wzrostem gęstości gleb i innymi ich właściwościami, jak np. powierzchnią właściwą czy składem mechanicznym, podjęto próbę określenia tych zależności na podstawie posiadanych i omówionych wyżej wyników badań.

W tym celu dla każdej z badanych próbek obliczono różnicę pojemności i retencji wodnej w dwu skrajnych stanach zagęszczeń, tj. w gle-

bie luźnej oraz zagęszczonej z największą stosowaną siłą 10 kG/cm<sup>2</sup>. Różnice wartości każdej z wyznaczonych pojemności wodnych dla całego zbioru próbek odnoszono następnie do zawartości części spławialnych, koloidów, próchnicy oraz powierzchni właściwej. Obliczono współczynniki korelacji; w tych przypadkach, gdy były one istotne, wyliczono równania regresji (rys. 1–10).

## OMÓWIENIE WYNIKÓW

### WPLYW ZAGĘSZCZENIA NA ZAWARTOŚĆ WODY SILNIE ZWIĄZANEJ ORAZ RETENCJĘ WODY PRODUKCYJNEJ I UŻYTECZNEJ

W glebach wytworzonych z piasków zagęszczenie wywarło wpływ nie tylko na pojemność wodną w zakresie niskich sił ssących, co wykazano uprzednio [7], lecz także, jak wskazują zamieszczone w tej pracy wyniki, wpłynęło niemal we wszystkich przypadkach na ilość wody zatrzymywanej przez glebę przy wysokich wartościach siły ssącej. Wzrost zagęszczenia gleb piaszczystych prowadził z reguły do niewielkiego zwiększenia ilości zatrzymywanej przez glebę wody już przy wartości siły ssącej pF 3,2. Dalszy wzrost ilości silnie związanej wody nastąpił po ugnieceniu gleby z siłą 10 kG/cm<sup>2</sup>, tj. przy gęstości gleby 1,5–1,8 g/cm<sup>3</sup>.

W omawianej grupie gleb zawartość próchnicy i skład mechaniczny wpływały wyraźnie na ilość zatrzymywanej wody w poszczególnych stanach nasycenia, natomiast reakcja na zagęszczenie w małym stopniu wiązała się z tymi właściwościami.

Niewielkie zmniejszenie pojemności wodnej przy sile ssącej pF 2,2, otrzymane w pierwszej części badań, oraz równie niewielki wzrost wilgotności punktu wędnięcia w glebie zagęszczonej wpłynęły na zmniejszenie retencji wody użytecznej i produkcyjnej (tab. 8). W bezpróchnicznych poziomach retencja wody użytecznej była prawie dwukrotnie mniejsza, ale zmiany wywołane zagęszczeniem podobne mimo większej gęstości poziomów podpróchnicznych.

Zmiany zdolności retencyjnych gleb piaszczystych, wywołane zagęszczeniem fazy stałej, zaznaczyły się niemal we wszystkich próbkach, jednak ilościowo nie były duże (tab. 2).

W świetle uzyskanych wyników nasuwają się wątpliwości, czy w doświadczeniach polowych można uchwycić i poprawnie ocenić wpływ zabiegów agrotechnicznych na zdolność gromadzenia wody przez gleby piaszczyste. Przy małych ilościowych różnicach naturalny rozrzut wyników oraz małe zazwyczaj nasycenie gleby wodą będą zacierały ewentualne niewielkie zmiany pojemności wodnej wywołane działaniem zabiegów uprawowych. Praktycznie staną się one wówczas niemożliwe do poprawnego ilościowego określenia i oceny.

W glebach wytworzonych z pyłów wodnego pochodzenia i utworów lessowatych wpływ zagęszczenia na ilość zatrzymywanej wody przy wy-

T a b e l a 2

Zmiany zawartości silnie związanej wody oraz retencji wody produkcyjnej i użytecznej w próbkach z gleb biellicowych wytworzonych z piasków  
Changes of the content of strongly bounded water and of the industrial and useful water retention in samples taken from podzol soils developed from sands

Nr profilu Profile No.	Poziom Horizon	Nacisk na próbke kg/cm <sup>2</sup> Pressure on sample kg/cm <sup>2</sup>	Gęstość gleby g/cm <sup>3</sup> Soil density g/cm <sup>3</sup>	Pojemność wodna przy pF % wag. Water capacity at pF in weight %				Retencja wody - % wag. Water retention in weight %	
				2,2	3,2	3,7	4,2	produkcyjnej pF 2,2-3,7 productiv pF 2,2-2,7	użytecznej pF 2,2-4,2 available pF 2,2-4,2
1	Ap	0	0,98	17,58	3,14	2,95	2,30	14,33	15,28
		1	1,35	15,76	3,36	3,15	2,90	12,61	12,85
		10	1,52	14,90	3,60	3,39	2,88	11,51	12,02
	Br	0	1,09	8,19	2,54	2,35	1,83	5,84	6,36
		1	1,41	7,45	2,72	2,42	1,93	5,03	5,62
		10	1,56	6,77	2,84	2,45	2,04	4,32	4,73
2	Ap	0	0,95	24,15	4,84	4,95	3,24	19,56	20,91
		1	1,34	24,97	4,92	4,78	3,70	20,19	21,27
		10	1,59	23,07	5,12	4,92	4,12	18,15	18,95
	A <sub>2</sub>	0	1,21	12,04	1,85	1,64	1,13	10,40	10,91
		1	1,54	11,02	2,02	1,72	1,22	9,30	9,80
		10	1,67	9,46	2,20	1,76	1,22	7,70	8,24
3	Ap	0	1,10	12,42	5,42	3,84	3,14	8,56	9,28
		1	1,35	12,79	5,61	4,09	3,61	8,70	9,18
		10	1,61	12,52	5,86	4,25	3,85	8,27	9,67
	A <sub>2</sub>	0	1,29	11,85	3,56	2,47	1,96	9,38	9,99
		1	1,55	10,86	3,62	2,60	1,93	8,26	8,93
		10	1,78	10,47	3,79	2,77	2,01	7,70	8,46

sokich wartościach siły ssącej wykazuje podobne tendencje jak w przypadku gleb piaszczystych. Równie niewielkie są zmiany ilościowe pojemności wodnej (tab. 3). Zwiększenie wilgotności punktu wędnięcia było w tej grupie gleb minimalne. Większy wzrost ilości silnie związanej wody miał miejsce tylko w próbkach z utworów lessowatych, a zwłaszcza w próbkach z poziomu A<sub>3</sub>, mimo iż ciężar objętościowy gleby zagęszczonej był nawet mniejszy niż w ugniatanych próbkach z gleb wytworzonych z pyłów wodnego pochodzenia. W poziomie tym materiał glebowy zawiera znacznie większą zawartość części koloidalnych (<0,002 mm) — 28,5%, i wykazuje niemal czterokrotnie większą powierzchnię właściwą niż materiał glebowy pyłów wodnego pochodzenia. Te czynniki wywarły zapewne decydujący wpływ na obserwowaną intensywność zmian zdolności zatrzymywania wody przy określonej sile ssącej.

W rezultacie zmniejszenia połowej pojemności wodnej i zwiększenia

Tabela 3

Zmiany zawartości silnie związanej wody oraz retencji wody produkcyjnej i użytecznej w próbkach z gleb pyłowych wytworzonych z pyłów wodnego pochodzenia i utworów lessowatych  
Changes of the content of strongly bounded water and of the productiv and available water retention in samples taken from silty soils developed from silts of water origin and from loess formations

Nr profilu Profile No.	Poziom Horizon	Nacisk na próbke kG/cm <sup>2</sup> Pressure on sample kG/cm <sup>2</sup>	Gęstość gleby g/cm <sup>3</sup> Soil density g/cm <sup>3</sup>	Pojemność wodna przy pP % wag. Water capacity at pP in weight %				Retencja wody - % wag. Water retention in weight%	
				2,2	3,2	3,7	4,2	produkcyjnej pP 2,2-3,7 productiv pP 2,2-3,7	użytecznej pP 2,2-4,2 available pP 2,2-4,2
4	A <sub>p</sub>	0	0,81	25,23	5,13	4,29	3,47	20,94	21,76
		1	1,18	25,53	5,84	4,62	3,34	20,91	22,19
		10	1,43	25,01	6,08	4,82	4,08	20,19	20,93
	A <sub>3</sub>	0	0,97	18,99	5,90	5,15	3,68	13,84	16,31
		1	1,35	19,07	6,41	5,47	3,90	13,60	15,17
		10	1,56	19,17	6,71	5,69	4,31	13,48	14,86
5	A <sub>p</sub>	0	1,00	22,58	6,05	4,98	4,09	17,60	18,49
		1	1,37	20,01	6,29	5,32	4,33	14,69	15,68
		10	1,60	19,78	6,71	5,87	4,56	13,91	15,22
	A <sub>3</sub>	0	1,16	19,32	4,56	4,10	3,23	15,22	16,09
		1	1,44	18,28	5,16	5,16	3,33	13,88	14,95
		10	1,63	17,80	5,45	5,45	3,44	13,26	14,36
6	A <sub>p</sub>	0	0,84	22,66	5,95	4,07	3,68	18,59	18,98
		1	1,21	21,54	6,18	4,27	3,61	17,27	17,93
		10	1,46	20,20	6,40	4,40	3,55	15,80	16,65
	A <sub>3</sub> /B	0	0,06	15,95	7,61	7,11	6,77	8,84	9,18
		1	1,48	15,02	8,03	7,42	7,03	7,60	7,99
		10	1,75	14,71	8,42	7,87	7,42	6,84	7,24
7	A <sub>p</sub>	0	0,93	24,09	11,04	10,28	7,38	13,81	16,71
		1	1,33	24,07	11,64	10,72	8,04	13,35	16,03
		10	1,64	20,74	11,92	10,89	8,36	9,85	12,38
	A <sub>3</sub>	0	0,93	24,58	11,15	8,83	6,45	15,75	18,13
		1	1,27	23,46	12,74	9,39	6,52	14,07	16,97
		10	1,50	21,85	13,63	10,16	6,88	11,69	14,97
8	A <sub>p</sub>	0	0,88	26,00	13,56	9,79	7,92	16,21	18,08
		1	1,21	26,30	14,05	10,46	8,09	15,84	18,21
		10	1,55	24,40	14,61	10,89	8,27	15,51	16,13
	A <sub>3</sub>	0	0,78	27,99	18,75	17,47	14,62	10,52	13,37
		1	1,15	29,94	19,14	18,92	17,54	11,04	12,40
		10	1,65	24,87	22,48	21,04	18,99	3,83	5,88

wilgotności punktu wędnięcia nastąpiło zmniejszenie retencji wody użytecznej gleb pyłowych, lecz i w tym przypadku ilościowe zmiany nie były duże, zwłaszcza w próbkach zagęszczonych z siłą 1 kG/cm<sup>2</sup>, to jest w granicach obciążeń uważanych za dopuszczalne. Dopiero bardzo silne ugniecenie gleby z siłą 10 kG/cm<sup>2</sup> zmniejszyło retencję użyteczną. Silniejszy spadek retencji użytecznej w próbkach z poziomów A<sub>3</sub> najsilniej

ugniatanych wiąże się z wyższymi wartościami gęstości uzyskanej przy maksymalnym ugniataniu (tab. 1). Bezpróchniczny materiał glebowy był bowiem bardziej podatny na zagęszczenie.

Na podkreślenie zasługuje również wysoka wartość retencji wody produkcyjnej i użytecznej w glebach wytworzonych z pyłów wodnego pochodzenia (tab. 3).

Brunatne gleby lessowe wykazują większą pojemność wodną niż gleby wytworzone z pyłów wodnego pochodzenia i to zarówno w przypadku polowej pojemności wodnej, jak też wody zatrzymywanej przez gleby przy wysokich wartościach siły ssącej. Wpływ zagęszczenia na polową pojemność wodną brunatnych gleb lessowych nie jest duży. Równie małe są zmiany zawartości wody w zakresie wysokich wartości siły ssącej. Dopiero nacisk  $10 \text{ kG/cm}^2$  wywoływał znaczny wzrost zawartości wody silnie związanej, ale również tylko w próbkach z poziomów (B), chociaż w tym przypadku maksymalne wartości gęstości w poziomach brunatnienia nie były wyraźnie większe niż w poziomach próchnicznych (rys. 3). Silniejsza reakcja gleby na wywierany nacisk wiązała się z większą zawartością frakcji o średnicy poniżej  $0,002 \text{ mm}$ .

Zmiany retencji wody produkcyjnej i użytecznej były w badanych glebach wytworzonych z lessów tylko nieznacznie większe niż w glebach wytworzonych z pyłów wodnego pochodzenia (tab. 8). Warto podkreślenia jest to, że wielkość zmian retencji użytecznej, wywołana obciążeniem  $1 \text{ kG/cm}^2$ , jest taka sama jak wywołana obciążeniem w zakresie  $1-10 \text{ kG/cm}^2$ , co dowodzi, że dalszy bardzo silny wzrost nacisku na glebę lessową nie wywołuje proporcjonalnie wysokich skutków (tab. 4).

Ważną cechą gleb o pyłowym składzie mechanicznym, zarówno pyłów wodnego pochodzenia, jak i utworów lessowych, jest ich zdolność do zatrzymywania dużych ilości wody użytecznej. Przy dobrych właściwościach powietrznych i odporności na działanie obciążeń decyduje to o ich korzystnych właściwościach fizycznych z rolniczego punktu widzenia.

W glebach wytworzonych z glin otrzymano znaczne różnice zawartości wody silnie związanej w próbkach luźnych i zagęszczonych. Kierunki zmian są wprawdzie takie same jak w uprzednio omawianych grupach gleb, ale wzrost pojemności wodnej w zakresie sił ssących równych i wyższych od  $pF \ 3,2$  jest duży, zwłaszcza w próbkach o cięższym składzie mechanicznym, np. w profilu 15.

Znaczne zmniejszenie zdolności zatrzymywania wody otrzymano w przypadku retencji użytecznej (tab. 4) w materiale z warstwy ornej zagęszczonym z siłą  $1 \text{ kG/cm}^2$  i jeszcze silniejsze — w glebie zagęszczonej z siłą  $10 \text{ kG/cm}^2$ . Podobne zmniejszenie retencji wody użytecznej otrzymano w próbkach z poziomów (B).

Porównując wpływ zagęszczenia na retencję użyteczną we wszystkich dotychczas omawianych glebach, daje się zauważyć, że zmniejszenie retencji pod wpływem zagęszczenia tworzywa glebowego jest tym

silniejsze, im bardziej różnoziarnisty jest skład mechaniczny gleby i im większa jest zawartość frakcji cząstek  $<0,002$  mm. Wydaje się, że efekt ten związany jest z powstawaniem podczas zagęszczania nowych układów mikrokapilarnych, które tworzą się dzięki temu, że pomiędzy dużymi ziarnymi piasku i pyłu rozmieszczone są drobne cząstki koloidalne. Dzięki temu powstają mikropory zatrzymujące wodę z dużą siłą.

T a b e l a 4

Zmiany zawartości silnie związanej wody oraz retencji wody produkcyjnej i użytecznej w próbkach z gleb brunatnych wytworzonych z lessu i glin  
Changes of the content of strongly bounded water and of the productive and available water retention in samples taken from brown soils developed from loess and loams

Nr pro-filu Profile No.	Poziom Horizon	Nacisk na próbkę kg/cm <sup>2</sup> Pressure on sample kg/cm <sup>2</sup>	Gęstość gleby g/cm <sup>3</sup> Soil density g/cm <sup>3</sup>	Pojemność wodna przy pF % wag. Water capacity at pF in weight %				Retencja wody - % wag. Water retention in weight %	
				2,2	3,2	3,7	4,2	produkcyjnej pF 2,2-3,7 productiv pF 2,2-3,7	użytecznej pF 2,2-4,2 available pF 2,2-4,2
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gleby brunatne wytworzone z lessu - Brown soils developed from loess									
9	Ap	0	0,86	26,22	10,71	8,47	6,70	17,75	19,52
		1	1,36	25,51	11,31	8,91	7,32	16,60	18,19
		10	1,57	22,30	12,13	9,46	7,63	12,84	14,67
	/B/	0	0,89	26,02	13,42	11,82	9,21	14,20	16,81
		1	1,33	23,03	14,30	12,47	10,32	10,56	12,71
		10	1,56	24,12	15,45	13,26	11,10	10,86	13,02
10	Ap	0	0,94	27,42	11,40	9,49	6,62	17,93	20,80
		1	1,29	25,80	12,13	9,75	6,66	16,05	19,14
		10	1,48	26,10	12,51	10,32	7,39	15,78	18,71
	/B/	0	0,85	27,81	15,23	12,84	8,83	14,97	18,98
		1	1,26	25,65	16,82	14,02	9,61	11,63	16,04
		10	1,59	23,12	18,13	16,84	14,99	6,28	8,03
11	Ap	0	0,98	26,10	11,24	9,07	6,00	17,03	20,10
		1	1,23	25,17	11,92	9,82	6,61	15,35	18,56
		10	1,52	23,45	12,58	11,08	7,69	13,37	15,76
	/B/	0	0,94	30,16	12,75	11,82	8,68	18,34	21,48
		1	1,18	28,67	13,42	12,36	9,51	16,31	19,16
		10	1,44	26,70	14,16	13,07	10,43	13,63	16,27
12	Ap	0	1,01	24,34	12,74	10,81	8,74	13,53	15,60
		1	1,23	20,51	13,20	11,17	8,92	9,34	11,59
		10	1,57	22,61	13,76	11,54	9,06	11,17	13,55
	/B/	0	0,86	25,13	13,29	12,47	10,08	12,66	15,05
		1	1,36	22,89	14,13	13,16	11,16	9,73	11,73
		10	1,67	21,76	15,83	14,39	12,44	7,37	9,32

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Gleby brunatne wytworzone z glin - Brown soils developed from loams									
13	Ap	0	1,06	21,75	7,42	6,84	5,20	14,91	16,55
		1	1,33	22,64	8,14	7,25	5,83	15,39	17,81
		10	1,61	21,00	9,19	8,28	6,80	12,72	14,20
	/B/	0	1,02	19,52	10,56	9,21	8,13	10,31	11,39
		1	1,35	17,83	11,13	9,65	8,83	8,18	9,00
		10	1,74	17,35	12,02	11,35	10,15	6,00	7,20
14	Ap	0	0,94	22,57	12,77	9,85	7,10	12,72	13,47
		1	1,31	21,13	13,04	10,13	7,78	11,00	13,35
		10	1,57	20,40	15,31	14,22	11,37	6,18	9,03
	/B/	0	1,02	21,99	14,23	11,13	9,75	10,86	12,24
		1	1,36	20,10	15,01	13,03	10,22	7,07	9,88
		10	1,72	19,19	17,13	15,34	14,10	3,85	5,02
15	Ap	0	0,81	28,32	17,56	15,43	12,69	12,89	15,63
		1	1,16	26,92	18,13	16,81	15,43	10,11	11,49
		10	1,65	21,88	20,97	19,84	17,42	2,01	4,46
	/B/	0	0,51	39,61	30,23	99,12	33,02	6,49	6,59
		1	0,83	44,36	32,63	41,15	35,09	3,21	9,27
		10	1,22	38,97	36,14	42,34	37,77	0,11	1,25

W glebach czarnoziemnych wytworzonych z lessu zmiany zawartości silnie związanej wody oraz retencji użytecznej i produkcyjnej są na ogół podobne jak w brunatnych glebach lessowych (tab. 6).

Jak we wszystkich grupach gleb o monofrakcyjnym składzie mechanicznym zagęszczenia wywołane obciążeniem gleby do 1 kG/cm<sup>2</sup>, a więc w zakresie dopuszczalnych nacisków kół na glebę, wywołały niewielkie zmniejszenie retencji wody użytecznej. Jedynie w materiale warstw podornych zmniejszenie retencji użytecznej było większe. Zważywszy jednak że retencja wody użytecznej w poziomach próchnicznych gleb wytworzonych z pyłów wynosi zwykle 18-20%, zmiany te mają stosunkowo niewielki wpływ na ogólną zdolność gromadzenia wody. Ponadto należy się spodziewać, że obciążenia gleb o mniejszej wilgotności będą z całą pewnością w jeszcze mniejszym stopniu wpływały na obniżenie retencji wody użytecznej. Uwagi te dotyczą również wody produkcyjnej.

Stosunkowo duże zmiany wszystkich kategorii wody zachodzą przy wzroście zagęszczenia w czarnych ziemiach (tab. 6). Zmniejsza się znacznie zarówno wilgotność odpowiadająca połowej pojemności wodnej (pF 2,2), jak też ilość wody zatrzymywanej przez glebę przy wysokich wartościach siły ssącej, a zatem wody niedostępnej dla roślin. Zmiany te były szczególnie wyraźne w próbkach z poziomu Ap (tab. 6).

Tabela 5

Zmiany zawartości silnie związanej wody oraz retencji wody produkcyjnej i użytecznej w próbkach z gleb czarnoziemnych

Changes of the content of strongly bounded water and of the productive and available water retention in samples taken from chernozems

Nr profilu Profile No.	Poziom Horizon	Nacisk na próbkę kG/cm <sup>2</sup> Pressure on sample kG/cm <sup>2</sup>	Gęstość gleby g/cm <sup>3</sup> Soil density g/cm <sup>3</sup>	Pojemność wodna przy pF % wag. Water capacity at pF in weight %				Retencja wody - % wag. Water retention in weight %	
				2,2	3,2	3,7	4,2	produkcyjnej pF 2,2-3,7 productiv pF 2,2-3,7	użytecznej pF 2,2-4,2 available pF 2,2-4,2
16	Ap	0	0,90	33,28	14,70	12,02	10,36	21,26	22,92
		1	1,20	33,11	15,18	12,57	10,62	20,54	22,49
		10	1,46	29,92	16,65	13,81	12,00	16,11	17,92
	A <sub>1</sub>	0	1,02	32,77	13,18	11,68	9,18	21,09	23,59
		1	1,17	31,66	14,00	12,22	9,51	19,44	22,15
		10	1,40	32,16	15,88	13,12	10,84	19,04	21,32
17	Ap	0	0,94	27,71	12,27	9,79	8,24	17,92	19,47
		1	1,28	26,08	12,93	10,11	8,55	15,97	17,53
		10	1,53	24,28	13,47	10,74	8,69	13,54	15,59
	A <sub>1</sub>	0	0,91	22,50	12,43	9,15	7,76	13,55	14,74
		1	1,22	21,40	13,10	10,17	8,23	10,97	12,81
		10	1,54	20,93	13,87	10,37	8,74	10,56	12,59
18	Ap	0	0,98	30,61	11,82	10,59	8,50	20,02	22,11
		1	1,19	30,46	12,13	10,87	8,89	19,59	21,57
		10	1,50	26,73	13,13	11,56	9,02	15,17	17,71
	A <sub>1</sub>	0	0,79	24,12	11,54	9,85	8,89	14,27	15,23
		1	1,12	22,07	12,01	10,14	9,12	11,93	12,95
		10	1,49	17,52	13,59	11,43	9,77	6,10	7,75
19	Ap	0	1,07	29,52	19,06	15,73	13,17	13,79	16,35
		1	1,23	29,00	20,21	16,69	14,30	12,31	14,70
		10	1,45	26,19	21,32	18,05	16,38	8,14	9,81
	A <sub>1</sub>	0	0,85	28,79	19,56	15,89	13,48	12,90	15,31
		1	1,25	26,85	21,18	16,91	15,64	9,94	11,21
		10	1,67	25,87	22,11	18,39	17,32	7,48	8,55

W niektórych próbkach glebowych duże zagęszczenie doprowadziło do przejścia całej niemal wody glebowej w stan silnego związania z fazą stałą. W żadnym przypadku uprzednio omówionych gleb nie otrzymano takiego spadku dostępności wody glebowej. Najprawdopodobniej o tak silnych zmianach zdolności retencyjnych gleby zdecydowała duża podatność materiału glebowego na zagęszczenie w stanie wilgotnym, wynikająca między innymi ze znacznej zawartości próchnicy (4<sup>0</sup>%) i części spławialnych (42<sup>0</sup>%). Choć w omawianej grupie gleb zaznaczył się wy-

rażnie wpływ nacisku na ilość wody silnie związanej przez glebę, trudno dokładnie określić charakter tej zależności, gdyż w ramach tej grupy gleb zróżnicowanie składu mechanicznego i zawartości próchnicy jest dość duże. Stąd końcowe wielkości ciężaru objętościowego były znacznie zróżnicowane.

Warto również zwrócić uwagę na to, że w tym samym materiale glebowym retencja wody użytecznej i produkcyjnej w glebie zagęszczonej z siłą 1 kG/cm<sup>2</sup> zmniejszyły się nieznacznie. Prawdopodobnie obciąż-

Tabela 6

Zmiany zawartości silnie związanej wody oraz retencji wody produkcyjnej i użytecznej w próbkach z czarnych ziem

Changes of the content of strongly bounded water and of the productive and available water retention in samples taken from black earths

Nr profilu Profile No.	Poziom Horizon	Nacisk na próbkę kG/cm <sup>2</sup> Pressure on sample kG/cm <sup>2</sup>	Gęstość gleby g/cm <sup>3</sup> Soil density g/cm <sup>3</sup>	Pojemność wodna przy pF % wag. Water capacity at pF in weight %				Retencja wody - % wag. Water retention in weight %	
				2,2	3,2	3,7	4,2	produkcyjnej pF 2,2-3,7 productiv pF 2,2-3,7	użytecznej pF 2,2-4,2 available pF 2,2-4,2
20	Ap	0	0,85	38,56	15,46	14,51	11,63	24,05	26,93
		1	1,15	27,51	16,48	15,48	12,32	22,03	25,19
		10	1,45	32,21	16,86	15,83	12,35	16,38	19,86
	A <sub>1</sub>	0	1,03	21,58	7,08	6,25	4,50	15,33	17,08
		1	1,41	20,65	7,41	6,54	4,68	14,11	15,97
		10	1,68	21,82	7,88	6,64	4,72	15,18	17,10
21	Ap	0	0,88	40,03	16,21	13,58	9,42	26,45	30,61
		1	1,27	32,93	17,88	14,03	10,97	18,90	21,96
		10	1,55	26,73	19,60	16,00	12,08	10,73	14,65
	A <sub>1</sub>	0	0,94	33,45	15,29	12,83	9,49	20,64	23,96
		1	1,24	20,12	16,13	13,59	11,79	15,53	17,35
		10	1,57	26,04	17,99	15,41	15,72	10,63	10,32
22	Ap	0	0,94	27,97	16,94	15,76	12,53	12,21	15,44
		1	1,19	29,40	17,48	16,97	15,11	12,43	14,29
		10	1,64	20,49	18,56	18,32	17,48	2,17	3,01
	A <sub>1</sub>	0	0,94	28,48	18,73	16,85	12,63	14,63	15,86
		1	1,13	29,66	19,44	18,13	13,61	10,53	15,01
		10	1,40	28,41	21,01	20,38	17,35	8,03	11,06
23	Ap	0	1,15	25,19	12,51	10,11	8,16	15,08	17,03
		1	1,35	24,67	11,43	11,08	9,66	13,59	15,01
		10	1,72	20,48	14,16	11,94	9,98	8,54	10,50
	A <sub>1</sub>	0	0,99	21,79	16,29	14,95	13,91	7,84	7,88
		1	1,17	22,67	17,24	14,99	14,94	7,68	7,73
		10	1,59	22,67	19,00	18,15	18,07	4,25	4,60

Zmiany zawartości silnie związanej wody oraz retencji wody produkcyjnej i użytecznej w próbkach z rędzin

Changes of the content of strongly bounded water and of the productivity and available water retention in samples taken from rendzinas

Nr profilu Profile No.	Poziom Horizon	Nacisk na próbkę kg/cm <sup>2</sup> Pressure on sample kg/cm <sup>2</sup>	Gęstość gleby g/cm <sup>3</sup> Soil density g/cm <sup>3</sup>	Pojemność wodna przy pF % wag. Water capacity at pF in weight %				Retencja wody - % wag. Water retention in weight %	
				2,2	3,2	3,7	4,2	produkcyjnej pF 2,2-3,7 productiv pF 2,2-3,7	użytecznej pF 2,2-4,2 available pF 2,2-4,2
24	Ap	0	0,80	39,20	24,09	24,76	19,62	14,44	19,58
		1	1,04	33,26	25,32	25,01	20,87	8,25	12,38
		10	1,56	26,17	26,19	25,79	21,66	0,38	4,51
	A <sub>1</sub> /C	0	0,78	36,39	27,65	26,82	22,02	9,57	14,37
		1	1,09	33,60	28,04	27,10	22,25	6,50	11,37
		10	1,49	30,03	30,28	29,59	23,75	0,44	6,28
25	Ap	0	0,63	47,49	31,68	30,09	27,62	17,40	29,87
		1	0,97	44,93	32,32	31,76	28,25	13,17	16,68
		10	1,31	35,77	35,06	34,07	32,00	1,70	3,77
	A <sub>1</sub> /C	0	0,86	36,73	28,00	24,84	22,91	11,89	13,82
		1	0,97	36,25	30,27	26,57	25,24	9,68	11,02
		10	1,24	36,76	31,72	28,22	27,50	8,54	9,02
26	Ap	0	0,69	30,42	22,09	19,45	18,18	10,97	12,24
		1	1,03	29,29	22,85	20,06	18,90	9,33	10,40
		10	1,51	26,58	23,77	22,36	20,77	4,22	4,81
	A <sub>1</sub> /C	0	0,81	32,42	25,11	24,66	22,42	7,76	10,00
		1	1,06	32,39	26,11	25,24	22,54	7,65	10,35
		10	1,43	29,29	29,37	28,97	26,41	1,32	3,28

zenia tej wielkości nie niszczą jeszcze agregatów strukturalnych i dlatego zmiany zdolności retencyjnych gleby były stosunkowo niewielkie.

Największe zmiany pojemności wodnej w zakresie niskich i wysokich wartości siły ssącej otrzymano w rędzinach. W rezultacie znacznego spadku pojemności połowej oraz zwiększenia ilości wody silnie związanej zmniejszenie retencji wody produkcyjnej i użytecznej było w rędzinach największe (tab. 7). W materiale glebowym rędzin wyjątkowo wysokie wartości osiąga wilgotność punktu wędnięcia, niekiedy nawet większe niż połowa pojemności wodna niektórych gleb piaszczystych, a często równe połowej pojemności wodnej gleb wytworzonych z pyłów wodnego pochodzenia.

Retencja wody użytecznej wziętych do badań rędzin była dość silnie zróżnicowana. Wzrost zagęszczenia wywołany ugniataniem prowadził do bardzo dużych zmian dostępności wody glebowej. W niektórych próbkach nastąpiło prawie całkowite przejście wody w stan bardzo trudno do-

T a b e l a 8

Porównanie średnich wartości retencji wody użytecznej w badanych glebach w stanie luźnym oraz zagęszczonym z siłą 1 kg/cm<sup>2</sup> i 10 kg/cm<sup>2</sup>  
 Comparison of mean values of the available water retention in soils investigated in loose and condensed state with the power of 1 kg/cm<sup>2</sup> and 10 kg/cm<sup>2</sup>

Grupa gleb Soil group	Pozioomy Horizons	Średnia wartość retencji użytecznej % Mean value of useful retention %			Średnia wartość zmiany retencji użytecznej w glebie ugniatanej, % Mean value of the useful retention change in pressed soil, %		
		0	1	10	/0-1/	/1-10/	/0-10/
Gleby biellicowe utworzone z piasków Podzol soils developed from sands	Ap	15,1	14,4	13,5	0,7	0,9	1,6
	A <sub>2</sub>	9,0	8,1	7,1	0,9	1,0	1,9
Gleby płowe: utworzone z piasków wodnego pochodzenia i utworów lessowatych Silty soils developed from sands of water origin and from loess formations	Ap	18,9	18,0	16,3	0,8	1,7	2,5
	A <sub>3</sub>	14,6	13,5	11,5	1,1	1,2	3,3
Gleby brunatne utworzone z lessu Brown soils developed from loess	Ap	19,0	16,9	15,7	2,1	1,2	3,3
	/B/	18,1	14,9	11,7	3,2	3,2	6,4
Gleby brunatne utworzone z gliny Brown soils developed from loam	Ap	20,2	19,0	15,2	1,1	3,8	4,9
	A <sub>1</sub>	17,2	14,6	12,5	2,6	2,1	4,7
Czarne ziemie utworzone z glin pylastych i pyłków gliniastych Black earths developed from silty loams and loamy silts	Ap	22,5	19,1	12,0	3,4	7,1	10,5
	A <sub>1</sub>	16,2	14,0	10,9	2,2	3,2	5,4
Rędziny utworzone z utworów kredowych Rendzinas developed from chalk	Ap	20,5	13,1	4,3	7,6	8,7	16,2
	A <sub>1</sub> /C	12,7	10,9	6,3	1,8	4,6	6,5

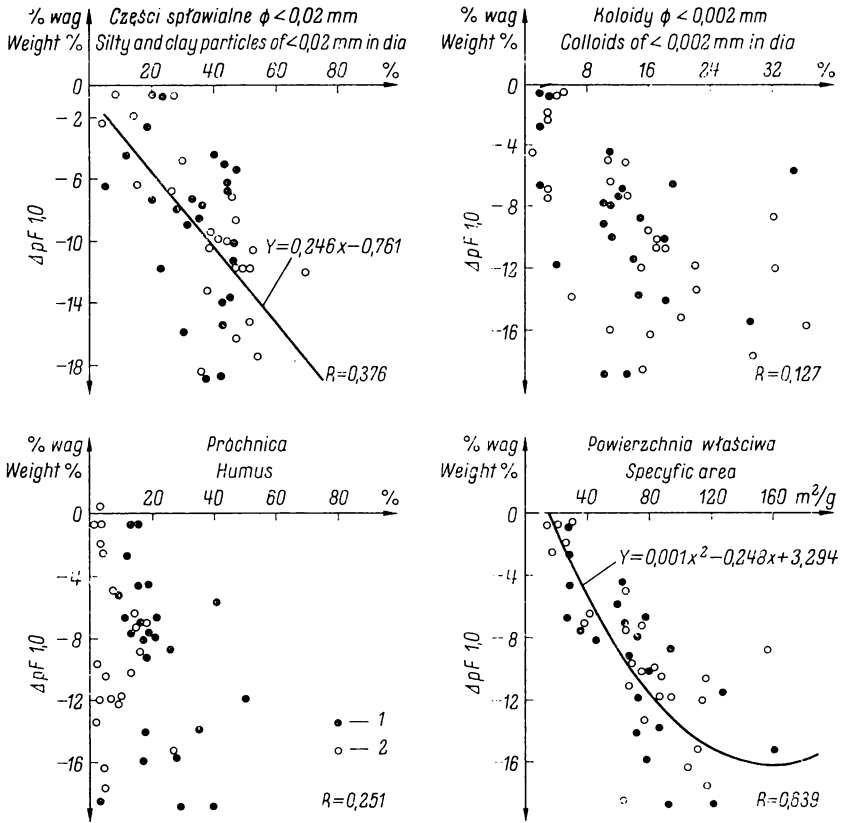
stępnej i niedostępnej. W żadnej z uprzednio omówionych grup gleb nie zaszło tak silne pogorszenie dostępności wody glebowej.

#### WPŁYW CZYNNIKÓW GLEBOWYCH NA WIELKOŚĆ ZMIAN POJEMNOŚCI WODNEJ ZACHODZĄCEJ W REZULTACIE WZROSTU ZAGĘSZCZENIA GLEBY

Jak wykazano uprzednio [6, 7], wzrost zagęszczenia gleby wywołuje znaczne zmniejszenie pojemności wodnej w stanie największego wysycenia wodą gleby, to jest w zakresie sił ssących pF 1,0 i 1,5. Spadek pojemności wodnej dochodzi wówczas nawet do 20% wilgotności wagiowej.

Wielkość spadku zawartości wody w zakresie najniższej wartości siły ssącej — pF 1,0 — w glebie ugniecionej koreluje z zawartością części spalwialnych (rys. 1). Rozrzut punktów na wykresie jest wprawdzie duży, ale korelacja okazała się statystycznie istotna. Najsilniejsze zmniejszenie pojemności wodnej miało miejsce w części próbek o zawartości

frakcji o średnicy  $<0,02$  mm wyższej od 30%. Rozrzut wyników był jednak bardzo znaczny. W próbkach gleb o pyłowym składzie mechanicznym nawet przy tak wysokiej zawartości części spławialnych spadek pojemności wodnej był znacznie mniejszy niż w pozostałych. W próbkach o większej zawartości koloidów i próchnicy następowało pod wpływem



Rys. 1. Zmiany pojemności wodnej określonej przy sile ssącej pF 1,0 wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą 10 kg/cm<sup>2</sup> w zależności od zawartości części spławialnych, koloidów, próchnicy oraz powierzchni właściwej. Równania regresji oraz ich przebieg wykreślano tylko w przypadku statystycznie istotnych współczynników korelacji

$\Delta pF$  — różnica pojemności wodnej wagowej uzyskanej w glebie luźnej i ugniatanej z siłą 10 kg/cm<sup>2</sup>,  $R$  — współczynniki korelacji, 1 — wyniki uzyskane z próbek pobranych z poziomów ornopróchnicznych, 2 — wyniki uzyskane z próbek pobranych z poziomów podornych

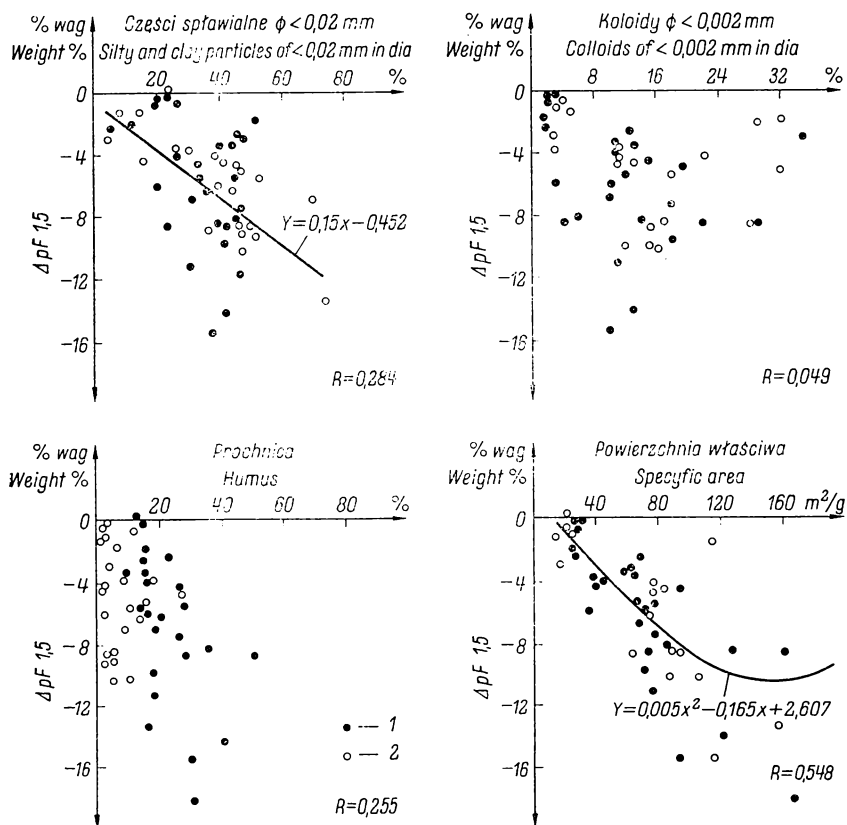
Changes of water capacity determined at the suction power of pF 1.0, caused by pressure of different soils with the power of 10 kg/cm<sup>2</sup>, depending on the content of silt and clay, colloid fractions, humus and on the specific area size. Regression equations and their course were plotted only in cases of statistically significant correlation coefficients

$\Delta pF$  — difference of weight water capacity obtained on loose soil and on soil pressed with the power of 10 kg/cm<sup>2</sup>,  $R$  — correlation coefficients, 1 — results obtained on samples taken from the arable humous horizons, 2 — results obtained on samples taken from subarable horizons

zagęszczenia najsilniejsze zmniejszenie pojemności wodnej przy sile ssącej pF 1,0, ale korelacje były statystycznie nieistotne.

Istotnie i wysoko korelowała wielkość różnicy pojemności wodnej z powierzchnią właściwą gleby (rys. 1). Współczynnik korelacji między pojemnością wodną przy pF 1,0, a powierzchnią właściwą wynosił 0,63. W poszczególnych próbkach glebowych zmniejszenie zawartości wody przy sile ssącej pF 1,0 było szczególnie silne, gdy powierzchnia właściwa gleby przekraczała wartości około 70 m<sup>2</sup>/g.

Bardzo podobne zależności otrzymano w przypadku pojemności wodnej odpowiadającej sile ssącej pF 1,5. Zmniejszenie zawartości wody korelowało istotnie z zawartością części spławialnych i powierzchnią właściwą (rys. 2). Również w tym przypadku w próbkach o zawartości



Rys. 2. Zmiany pojemności wodnej określonej przy sile ssącej pF 1,5 wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą 10 kg/cm<sup>2</sup> w zależności od ich właściwości objaśnienia jak w rys. 1

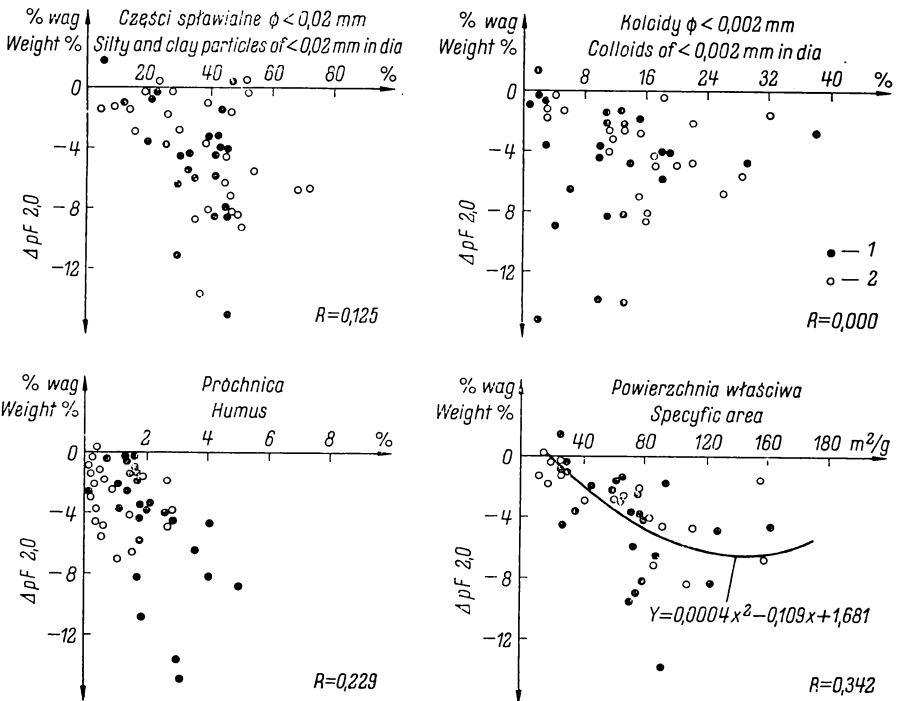
Changes of water capacity determined at the suction power of pF 1.5, caused by pressure of different soils with the power of 10 kG/cm<sup>2</sup>, depending on their properties  
denotations — see Fig. 1

części spławalnych powyżej 30% i powierzchni właściwej 70 m<sup>2</sup>/g spadek pojemności wodnej wywołany zagęszczeniem jest bardzo duży, chociaż rozproszenie wyników znaczne.

Układ punktów na wykresie oraz wyliczone wartości współczynników korelacji wskazują na zupełny brak zależności pomiędzy stopniem zmniejszenia pojemności wodnej odpowiadającej sile ssącej pF 1,5, a zawartością frakcji koloidalnej i próchnicy w grupie gleb wziętych do badań (rys. 2).

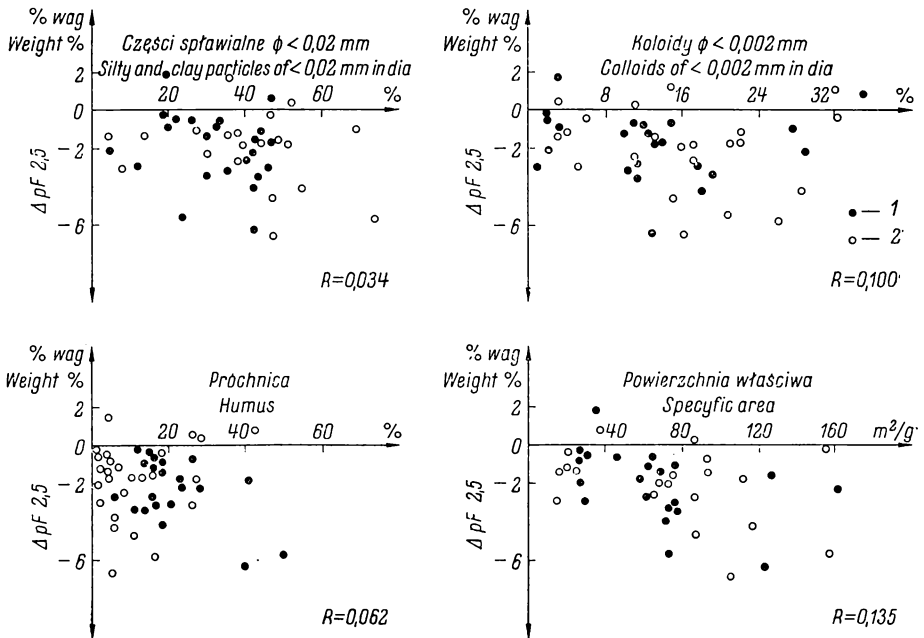
Przy wszystkich wartościach siły ssącej związek między właściwościami gleby a zmianami pojemności wodnej wywołanymi zagęszczeniem gleby staje się coraz mniej widoczny. Różnice zawartości wody przy sile ssącej pF 2,0 były istotnie skorelowane tylko z powierzchnią właściwą gleb (rys. 3).

Zmiany zdolności zatrzymywania wody w glebie w zakresie sił ssących pF 2,2 i 2,5 nie korelowały istotnie z żadną z wziętych do analiz



Rys. 3. Zmiany pojemności wodnej określonej przy sile ssącej pF 2,0 wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą 10 kG/cm<sup>2</sup> w zależności od ich właściwości. objaśnienia jak w rys. 1

Changes of water capacity determined at the suction power of pF 2.0, caused by pressure of different soils with the power of 10 kG/cm<sup>2</sup>, depending on their properties denotations — as in Fig. 1



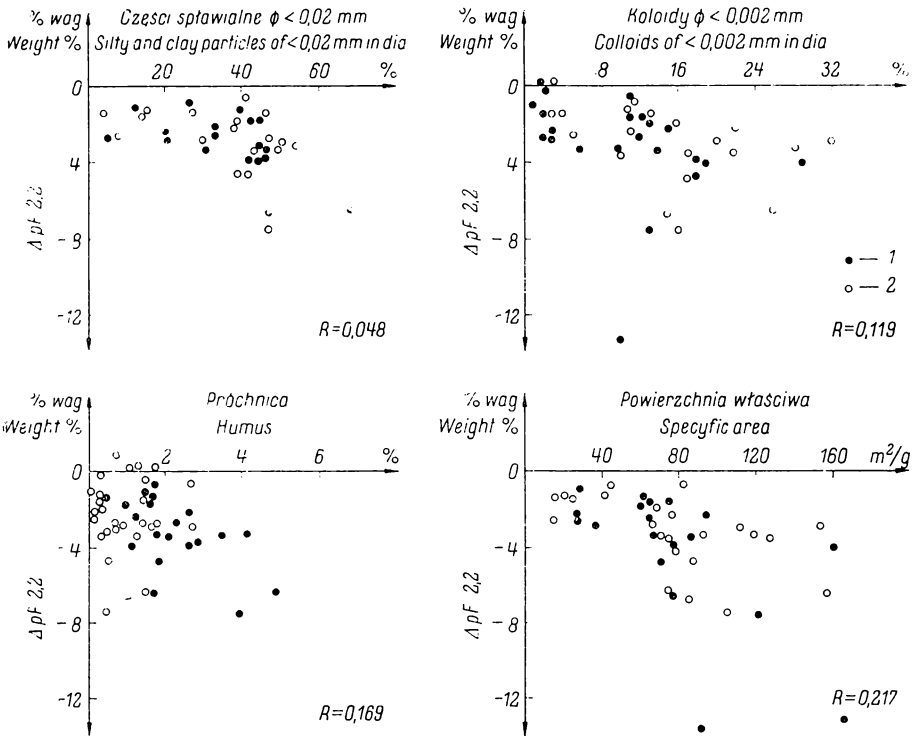
Rys. 4. Zmiany pojemności wodnej wagowej oznaczonej przy sile ssącej pF 2,2 wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą  $10 \text{ kg/cm}^2$  w zależności od ich właściwości objaśnienia jak w rys. 1

Changes of weight water capacity determined at the suction power of pF 2.2, caused by pressure of different soils with the power of  $10 \text{ kg/cm}^2$ , depending on their properties  
denotations — as in Fig. 1

właściwości gleby (rys. 4, 5). Natomiast Bauer [2] podaje, że wpływ zawartości materii organicznej i nawożenia obornikiem na pojemność i retencję wody dostępnej jest dodatni, lecz jednocześnie zaznacza, że wpływ ten jest kompensowany przez zmiany ciężaru objętościowego wywołane nawożeniem organicznym.

W badanych glebach przy wysyceniu gleby wodą odpowiadającym sile ssącej pF 2,7 wzrost zagęszczenia wywoływał zmniejszenie pojemności wodnej, ale wielkość zmian zawartości wody korelowała istotnie tylko z powierzchnią właściwą gleby (rys. 6). Zaskakujące jest to, że w przypadku żadnej analizowanej pojemności wodnej nie zauważa się na wykresach innego rozkładu punktów wyznaczonych z oznaczeń w próbkach z poziomów ornopróchnicznych i głębszych poziomów gleby, chociaż podczas opisu wyników w obrębie grup takie zróżnicowanie dało się zauważyć.

Przedstawione wyniki badań wskazują, że wpływ zagęszczenia na zawartość wody silnie związanej jest dodatni. W próbkach zagęszczonych pojemność wodna odpowiadająca sile ssącej pF 3,7 i 4,2 była większa.

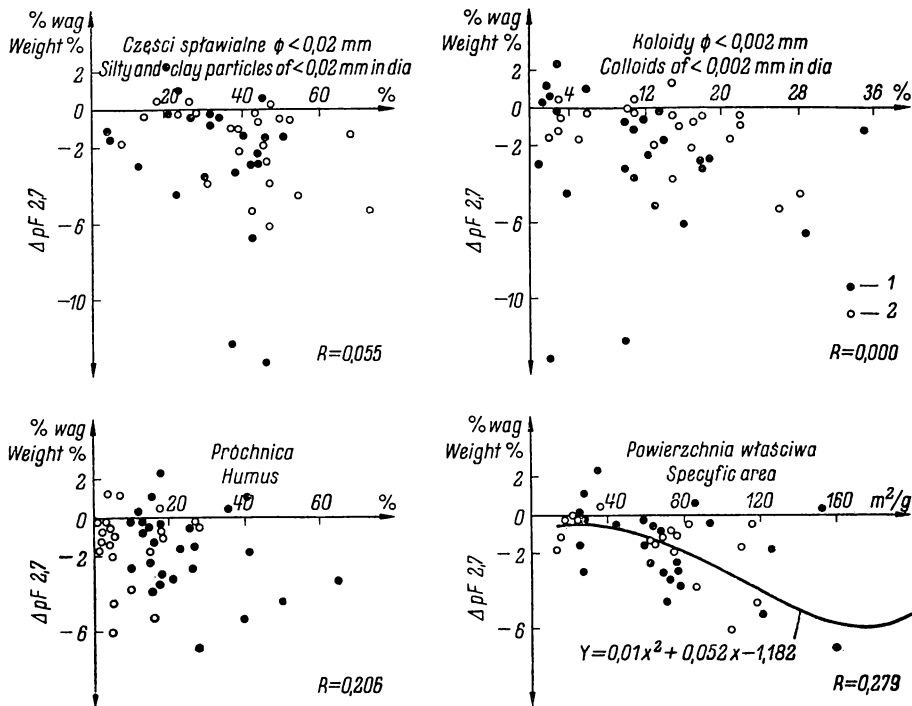


Rys. 5. Zmiany pojemności wodnej wagowej oznaczonej przy sile ssącej pF 2,5 wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą 10 kG/cm<sup>2</sup> w zależności od ich właściwości  
objaśnienia jak w rys. 1

Changes of weight water capacity determined at the suction power of pF 2.5, caused by pressure of different soils with the power of 10 kG/cm<sup>2</sup>, depending on their properties  
denotations — as in Fig. 1

często o kilka procent. Wzrost zawartości wody zatrzymywanej w glebie zagęszczonej przy sile ssącej pF 3,7 był większy w próbkach o dużej zawartości części sptawialnych, a zwłaszcza w próbkach z gleb zawierających ponad 30–40% tej frakcji. Silniejszy wzrost zawartości wody otrzymano również w próbkach o wzrastającej ilości koloidów i większej powierzchni właściwej. Istotne korelacje w posiadanym zbiorze wyników otrzymano jednak tylko z powierzchnią właściwą. Nie stwierdzono natomiast ilościowych związków między wzrostem ilości wody wiązanej przy sile ssącej pF 3,7 w glebie zagęszczonej a zawartością próchnicy (rys. 7).

Wyraźniejsze zależności między wzrostem pojemności wodnej wynikającym z zagęszczenia a właściwościami gleby otrzymano w przypadku wilgotności punktu wędnięcia (rys. 8). Istotne korelacje uzyskano w przypadku zawartości części sptawialnych, koloidów oraz powierzchni właściwej



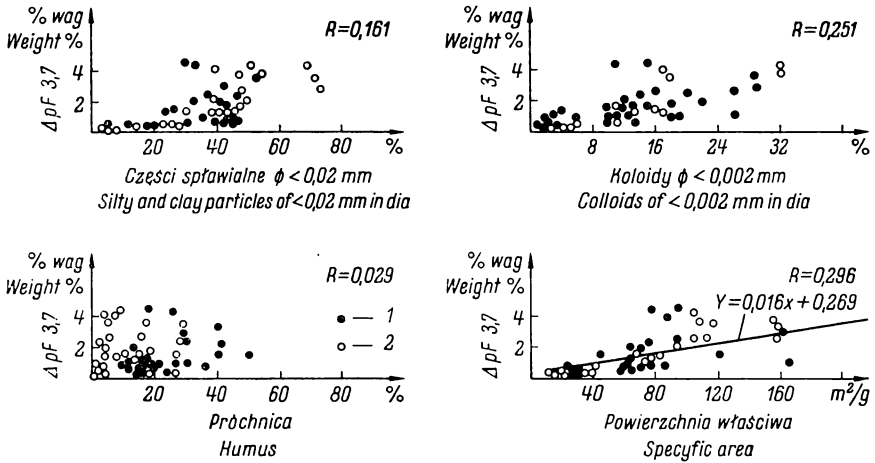
Rys. 6. Zmiany pojemności wodnej wagowej oznaczonej przy sile ssącej pF 2,7 wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą 10 kG/cm<sup>2</sup> w zależności od ich właściwości objaśnienia jak w rys. 1

Changes of weight water capacity determined at the suction power of pF 2,7, caused by pressure of different soils with the power of 10 kG/cm<sup>2</sup>, depending on their properties denotations — as in Fig. 1

ciwej. Współczynnik korelacji między przyrostem wilgotności punktu wędnięcia w glebie zagęszczonej (pF 4,2), a powierzchnią właściwą jest stosunkowo wysoki i wynosi 0,559.

Wzrost zagęszczenia gleby, zwłaszcza przy jej silnym ugnieceniu, prowadzi do zmniejszenia zawartości wody produkcyjnej. W części próbek o lżejszym składzie mechanicznym, a zwłaszcza w rędzinach, zmniejszenie retencji było znaczne. Rozrzut wyników jest jednak duży, co wiąże się z odmienną reakcją na zagęszczenie poszczególnych materiałów glebowych. Statystycznie istotną zależność otrzymano tylko w przypadku związku między zmianami retencji wody produkcyjnej i użytecznej, a powierzchnią właściwą gleby (rys. 9, 10).

Zależności obserwowane w jednym materiale glebowym trudno uogólnić na inne gleby. Mimo że w poszczególnych grupach gleb często dawał się zauważyć wpływ zawartości próchnicy, koloidów czy części sypkawych na spadek lub wzrost pojemności wodnej wywołany zagęszczeniem

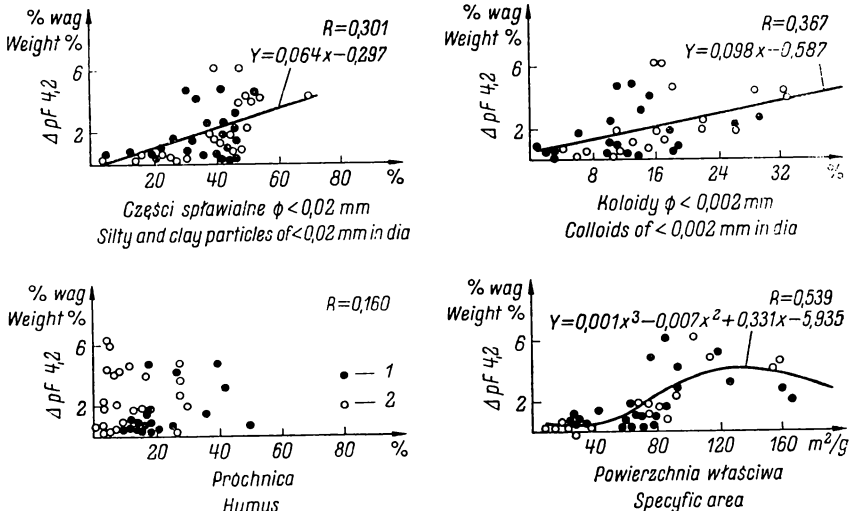


Rys. 7. Zmiany pojemności wodnej wagowej oznaczonej przy sile ssącej pF 3,7 wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą  $10 \text{ kg/cm}^2$  w zależności od ich właściwości

objaśnienia jak w rys. 1

Changes of weight water capacity determined at the suction power of pF 3.7, caused by pressure of different soils with the power of  $10 \text{ kg/cm}^2$ , depending on their properties

denotations — as in Fig. 1

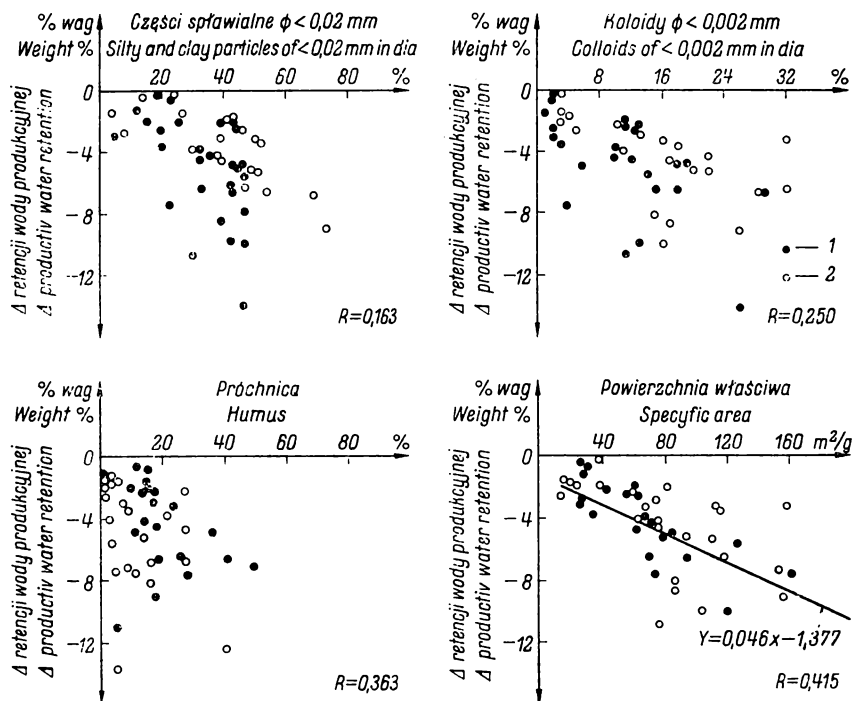


Rys. 8. Zmiany pojemności wodnej wagowej oznaczonej przy sile ssącej pF 4,2 wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą  $10 \text{ kg/cm}^2$  w zależności od ich właściwości

objaśnienia jak w rys. 1

Changes of weight water capacity determined at the suction power of pF 4.2, caused by pressure of different soils with the power of  $10 \text{ kg/cm}^2$ , depending on their properties

denotations — as in Fig. 1



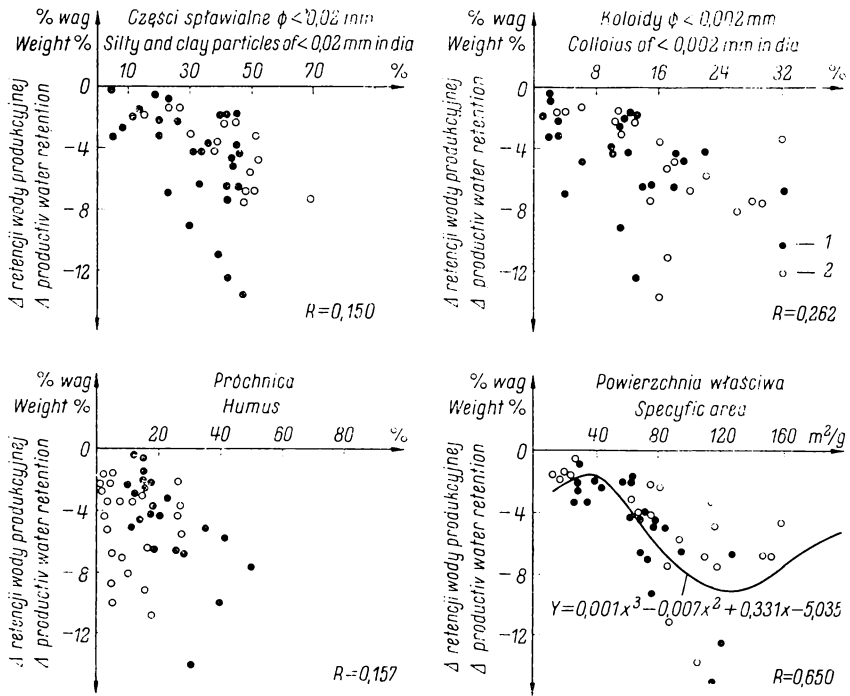
Rys. 9. Zmiany retencji wody produkcyjnej wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą  $10 \text{ kG/cm}^2$  w zależności od ich właściwości objaśnienia jak w rys. 1

Changes of productive water retention, caused by pressure of different soils with the power of  $10 \text{ kG/cm}^2$ , depending on their properties denotations — as in Fig. 1

gleby, w zbiorze wyników uzyskanych z różnych utworów glebowych zależności te często nie są wyraźne, a w wielu przypadkach są statystycznie nieistotne. Tylko powierzchnia właściwa gleby w większości przypadków wpływała istotnie na wielkość zmian pojemności wodnych wywołanych wzrostem zagęszczenia gleby. Zawsze natomiast powtarzał się kierunek zmian danej pojemności wodnej. Wzrost zagęszczenia wywoływał zmniejszenie zawartości wody odpowiadającej sile ssącej od pF 0 do pF 2,2, retencji wody produkcyjnej i użytecznej oraz wzrost zawartości wody silnie związanej z fazą stałą, to jest przy sile ssącej równej pF 3,2, 3,7 i 4,2. Zmiany te są na ogół tym silniejsze, im większa jest zawartość części spławialnych, koloidów i powierzchnia właściwa.

#### WNIOSKI

1. Zagęszczenie fazy stałej gleb prowadzi we wszystkich utworach do wzrostu ilości wody związanej z siłą ssącą powyżej pF 3,2. Wzrost ilości wody silnie związanej, a zwłaszcza wody fizjologicznie nieużytecznej



Rys. 10. Zmiany retencji wody użytecznej wywołane ugniataniem różnych gleb z siłą 10 kG/cm<sup>2</sup> w zależności od ich właściwości objaśnienia jak w rys. 1

Changes of available water retention, caused by pressure of different soils with the power of 10 kG/cm<sup>2</sup>, depending on their properties denotations — as in Fig. 1

(wiązanej z siłą  $pF \geq 4,2$ ), jest tym większy, im cięższy i bardziej różnoziarnisty jest skład mechaniczny gleby. W glebach piaszczystych ilość wody nieużytecznej nawet pod wpływem silnego ugniatania wzrosła o około 0,2–0,3%, w pyłowych o około 0,5–2%, a w najcięższych glinach o 0,4–6%.

2. W glebach wytworzonych z piasków, pyłów wodnego pochodzenia i lessów zmiany gęstości wywołane ugniataniem wpływają we wszystkich przypadkach na zmniejszenie retencji wody produkcyjnej i użytecznej, jednak ilościowo nie są one duże.

3. W utworach glebowych o dużej powierzchni właściwej, takich jak próchniczne rędziny czy niektóre czarne ziemie, następują pod wpływem ugniatania tak silne zmiany w strukturze porów glebowych, że w skrajnych przypadkach prawie cała zawarta w glebie woda utrzymywana jest z siłą powyżej 5 atm., przez co staje się trudno dostępna lub niedostępna dla roślin.

4. Wzrost gęstości gleby do wartości 1,2–1,4 g/cm<sup>3</sup> wywołany ugniataniem z siłą 1 kG/cm<sup>2</sup> nie powoduje dużego wzrostu ilości wody silnie

związanej ani też znacznego zmniejszenia retencji wody użytecznej. Dopiero wówczas, gdy gęstość gleby osiąga wartość 1,5–1,7 g/cm<sup>3</sup> (stan ten wywoływało ugniatanie z siłą 10 kG/cm<sup>2</sup>), następuje poważne zmniejszenie retencji wody użytecznej i produkcyjnej.

5. Zmiany ilości silnie związanej wody wywołane ugniataniem gleby są większe w materiale glebowym z poziomów podpróchnicznych niż próchnicznych. Wiąże się to z większą podatnością na zagęszczenie próbek z warstw podornych.

6. Spadek pojemności wodnej w zakresie sił ssących poniżej pF 3,0 i wzrost w zakresie sił ssących pF > 3,0, wywołane wzrostem gęstości gleby, są istotnie skorelowane z wielkością powierzchni właściwej. Natomiast wymienione zmiany pojemności wodnej w całym zbiorze wyników uzyskanych z badanych gleb tylko w nielicznych przypadkach były istotnie uzależnione od zawartości części spławialnych, koloidów i próchnicy. Również zmiany retencji wody produkcyjnej i użytecznej wywołane wzrostem gęstości korelowały istotnie tylko z powierzchnią właściwą.

7. Powierzchnia właściwa gleby może być wykorzystywana do prognozowania zmian wodno-powietrznych właściwości wywoływanych ugniataniem gleb. Wyraźne zależności występują, gdy powierzchnia właściwa wzrasta do wartości 70–80 m<sup>2</sup>/g. W części utworów o większej powierzchni właściwej ugniatanie i wzrost gęstości wywołują nieproporcjonalnie wysokie zmiany pojemności i retencji wody w glebie.

8. Zależności pomiędzy zmianą pojemności i retencji wodnej a zawartością koloidów, części spławialnych, próchnicy mają charakter jakościowy. Powtarza się bowiem tylko typ zależności. Ilościowo wymienione zależności mogą być rozpatrywane tylko w ramach grupy gleb o tym samym charakterze tworzywa glebowego, np. w grupie gleb wytworzonych z piasków, pyłów lub glin itp.

#### LITERATURA

- [1] Anaya M. G., Stolzy L. H.: Wheat response to different soil water-aeration conditions. Proc. Soil. Sci. Am. 36, 1972, 3, 485–488.
- [2] Bauer A.: Influence of soil organic matter on bulk density and available water capacity of soils. North Dakota Farm. Research. 31, 1974, 5, 44–51.
- [3] Cieśla W.: Zagadnienie gęstości gleb. Post. Nauk rol. 1975, 1, 11–24.
- [4] Dechnik G., Lipiec J.: The dynamics of moisture and water resistance of aggregations of soils cultivated with active implements. Polish Jour. of Soil Sci. 8, 1975, 2, 117–124.
- [5] Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.: Wpływ nacisku na strukturę porów i pojemność wodną gleby. Roczn. glebozn. 26, 1975, 1, 49–60.
- [6] Domżał H.: The influence of the solid phase density on the air-water capacities of brown loess soils. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 1977, 197, 135–152.
- [7] Domżał H.: Compaction of the solid phase and its role in the formation of the water-air properties of soils. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 1978, 220.
- [8] Kitse E.: Wzajemności między różniczkalną poriznością, udielną powierzchnią i mechanicznym składem podłoża. Sborn. naucz. trud. Est. Siel.-choz. Akad. 92, 1974, 22–33.

- [9] Kleu B.: Auswirkund der Tieflockerung von Sandböden mit verdichtern lehmigen Unterboden auf die Wasserversorgung der Pflanzen. Arch. Acker. u. Pflanzenbau u. Bodenkd. 17, 1973, 10, 847-855.
- [10] Lityński A., Trzecki S.: Badania nad wpływem rodzaju i zbitości warstwy podornej oraz zmiennych warunków wilgotnościowych na plony buraków cukrowych. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 1971, 112.
- [11] Miczurin B. N., Oniszczenko W. G.: Zawisimost mieźdu wsasywajuszczim dawleniem i właznostiu w poczwach s raznuju udielnuju powierzchni i plotnostiu. Sbor. trud. A.F.I. 22, 1970, 25-31.
- [12] Miczurin B. N., Oniszczenko W. G.: Izmienienije dawlenija poczwiennoj włagi s tołszczinój adsorpcjonnojo słoja. Sbor. trud. po agron. fiz. 32, 1971, 137-141.
- [13] Miczurin B. N., Oniszczenko W. G.: Zawisimost priwiediennogo dawlenija ot sodierżanija włagi w poczwie. Poczwowied. 1975, 6, 76-86.
- [14] Oniszczenko W. G., Miczurin W. R.: Wlijanije upłotnienia na wodnyje swojstwa poczw. Poczwowied. 1971, 5, 42-46.
- [15] Prusinkiewicz Z.: Microbiological activity of soils as a function of the soil-water potential. Polish Journ. of Soil Sci. 7, 1974, 1, 81-85.
- [16] Reeve M. J., Smith P. D., Thomasson A. J.: The effect of density on water retention properties of field soils. Journ. of Soil Sci. 24, 1973, 3, 355-367.
- [17] Sokołowska B. A.: O roli plotnosti poczwy w uswojenii dostupnej włagi rastieniami. Sbor. trud. A.F.I. 22, 1970, 32-36.
- [18] Sokołowska B. A.: O sodierżanii produktiwnoj włagi w poczwach w swiazii s ich upłotnieniem. Tieor. Wopr. Obrab. Poczw. 2, 1969, 49-52.
- [19] Święcicki C., Wienczek J., Żółcik M.: Wpływ potencjałów wody w różnych typach glebowych na kiełkowanie nasion pszenic ozimych. Roczn. Nauk rol. 1966, 91, A-4, 695-719.
- [20] Trzecki S., Birecki M.: Ruch wody w warstwie ornej dwu typów gleby przy różnym stanie ich wilgotności. Cz. I. Zesz. probl. Post. Nauk rol. 1968, 79, 57-70.
- [21] Turski R., Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.: Badania właściwości wodno-powietrznych gleb ugniatanych kołami ciągników i narzędzi rolniczych podczas wykonywania prac polowych. Roczn. Nauk rol. 100, 1974, 3, 97-109.
- [22] Zawadzki S., Michałowska K.: Określenie w komorach ciśnieniowych czasu ustalania się stanu równowagi wilgotności gleb dla poszczególnych wartości pF. Roczn. Nauk rol. 1974, 78, F-3, 69-76.

Г. ДОМЖАЛ

ВЛИЯНИЕ УПЛОТНЕНИЯ ПОЧВЫ НА СОДЕРЖАНИЕ В НЕЙ ПРОЧНО СВЯЗАННОЙ ВОДЫ И НА РЕТЕНЦИЮ ВОДЫ ПРОДУКТИВНОЙ И ДОСТУПНОЙ РАСТЕНИЯМ

Институт почвоведения и агрохимии, Сельскохозяйственная академия в Люблине

Резюме

Исследовали влияние уплотнения вызываемого механическим сдавливанием почвы на содержание воды прочно связанной с твердой фазой и на ретенцию воды продуктивной и доступной растениям.

Предметом обсуждения были результаты измерений влагоемкости определяемой при сосущей силе рF 2,2 (значение эквивалентное полевой влагоемкости) и рF 3,2, 3,7, 4,2 в почвенных образцах отобранных с двух верхних горизонтов 27 почвенных профилей (разрезов) дифференцированных в типологическом и видовом отношении. Почвенные образцы с естественной влажностью отбирали и хранили в герметически закрытых контейнерах. Дифференциацию уплотнения получали путем механического давления с силой 0,25, 0,5, 1,0, 5,0, 10,0 кГ/см<sup>2</sup> в течении 3 минут. Влияние уплотнения на влагоемкости и ретенцию воды оценивали на основании разниц во влагоемкости в образцах почв не подвергавшихся и подвергнутых сдавливанию с силой 1,0 и 10,0 кГ/см<sup>2</sup>.

Зависимость между свойствами почвы и изменениями влагоемкости вызванными сдавливанием оценивались по разнице влагоемкости определяемой при значениях сосущей силы рF 1,0, 1,5, 2,0, 2,2, 2,7, 3,7, 4,2 в почве без ее сдавливания и при сдавливании с силой 10 кГ/см<sup>2</sup>.

Полученные результаты разрешают сформулировать выводы следующие:

— уплотнение твердой фазы почв приводит к росту количества воды связанной с сосущей силой выше рF 3,2. Рост количества воды прочно связанной, а в частности воды физиологически недоступной растениям (связанной с силой рF  $\geq$  4,2), бывает тем интенсивнее, чем тяжелее и неоднороднее механический состав почвы,

— в почвах развитых из песков, пылевидных образований водного происхождения и лессов изменения плотности в результате сдавливания приводят во всех случаях к понижению ретенции воды продуктивной и доступной растениям, хотя эти количества невелики,

— в почвенных образованиях с большой удельной поверхностью, таких как рензины, некоторые черные земли, происходят под влиянием сдавливания настолько сильные изменения в структуре почвенных пор, что в экстремальных случаях почти вся содержащаяся в почве влага бывает связана с силой выше 5 атмосфер, вследствие чего она становится трудно доступной или вовсе недоступной для растений,

— рост плотности почвы до величины 1,2-1,4 г/см<sup>3</sup> вызванный давлением с силой 1 кГ/см<sup>2</sup> не влечет за собой сильного повышения количества прочно связанной воды, ни значительного понижения ретенции воды доступной растениям. Лишь тогда когда плотность почвы достигнет значений 1,5-1,7 г/см<sup>3</sup> (это состояние было вызвано давлением с силой 10 кГ/см<sup>2</sup>) наступает значительное понижение воды доступной растениям и воды продуктивной,

— падение влагоемкости в диапазоне сосущей силы ниже рF 3,0 и ее повышение в диапазоне сосущих сил выше рF 3,0 вызываемые ростом уплотнения почвы, являются существенно скоррелированными с величиной удельной поверхности, благодаря этому ею можно воспользоваться для прогноза изменений водных свойств вызываемых сдавливанием.

H. DOMZAŁ

## SOIL CONDENSATION EFFECT ON THE CONTENT OF STRONGLY BOUNDED WATER AND ON THE RETENTION OF PRODUCTIVE AND AVAILABLE WATER

Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry, Agricultural University of Lublin

### Summary

The effect of compaction caused by mechanical pressure of soil on the content

of water strongly bounded with solid phase and on the relation of productiv and available water was investigated.

A basis for the analysis constituted the results of measurements of water capacity determined at the suction power of  $pF$  2.2 (assumed as a comparative value of the field water capacity) and of  $pF$  3.2, 3.7 and 4.2 in soil samples taken from two upper horizons of 26 soil profiles differing with regard to typology and soil kind. Soil samples with natural humidity were taken and stored in hermetically closed containers. The compaction differences were obtained by mechanical pressure with the power of 0.25, 0.5, 1.0, 5.0 and 10  $kG/cm^2$  within 3 minutes. The compaction effect on the water capacity and retention was estimated basing on water capacity differences in samples from soils non-pressed and pressed with the power of 1.0 and 10.0  $kG/cm^2$ .

The relationship between soil properties and water capacity changes caused by pressure was estimated on the basis of water capacity differences determined for the suction power values of  $pF$ : 1.0, 1.5, 2.0, 2.2, 2.5, 2.7, 3.7 and 4.2 in soil non-pressed and pressed with the power of 10  $kG/cm^2$ .

The results obtained allow to draw the following conclusions:

— compaction of solid phase of soil led in all soils to an increase of the amount of water bounded with the suction power of  $pF$  3.2. The increase of the amount of strongly bounded water, and particularly inaccessible to plants water (bounded with the power of  $pF \geq 4.2$ ) was the higher, the heavier and more varigrained was the mechanical composition of soil,

— in soils developed from sands, silts of water origin and loesses the compaction changes caused by pressure led in all cases to a decrease of the amount of productiv and accessible to plants water; however, they were not considerable in quantitative respect,

— in soil formations with a large specific area, like humous rendzinas and some black earths, so considerable changes occurrence the structure of pores under the compaction effect that in extreme cases almost all water contained, in soil was retentioned with the power of over 5 atm., and consequently it became hardly available or unavailable to plants,

— an increase of the soil compaction degree to the values of 1.2–1.4  $g/cm^3$ , caused by pressure with the power of 1  $kG/cm^2$  did not lead to any significant increase of the amount of strongly bounded water, nor any considerable decrease of the useful water retention. Only when the soil compaction reached the value of 1.5–1.7  $g/cm^3$  (under the effect of pressure with the power of 10  $kG/cm^2$ ) a significant decrease of the useful and productiv water retention occurred,

— a decreased of the water capacity within the range of suction power of  $pF$  3.0 and its increase within the range of suction power of  $pF > 3.0$ , caused by the specific area size, were significantly correlated with the specific area size, owng, to which it can be used for forecasting the changes of water properties caused by pressure.

*Doc, dr hab. Henryk Domżał*  
*Instytut Gleboznawstwa*  
*i Chemii Rolnej AR*  
*Lublin, Leszczyńskiego 7*