

TOMASZ KOMORNICKI, STANISŁAW ZASOŃSKI

POWTARZALNOŚĆ WYNIKÓW OZNACZEŃ NIEKTÓRYCH WŁAŚCIWOŚCI FIZYCZNYCH GLEB

Katedra Gleboznawstwa WSR Kraków

WSTĘP

Do badania właściwości fizycznych gleby, takich jak pozorny ciężar właściwy, porowatość, kapilarna pojemność wodna i tym podobne, stosowane są przeważnie cylinderki z grubej blachy, umożliwiające przeprowadzenie oznaczenia na próbce o nienaruszonym układzie. Napotykamy jednakże na pewne braki w danych, które mogłyby posłużyć do zorientowania się w przydatności różnych systemów cylinderków lub też do określenia powtarzalności oznaczeń wykonywanych przy ich pomocy. Konkretnych danych tego rodzaju nie udało się nam znaleźć w literaturze przedmiotu, pomimo że wielu autorów proponowało rozmaite typy cylinderków do pobierania próbek gleby w nienaruszonym układzie.

Jest to tym bardziej ciekawe, że niemal wszystkie podręczniki gleboznawstwa ogólnego, a tym bardziej podręczniki specjalne poświęcone właściwościom fizycznym gleby, przytaczają przykłady różnych systemów cylinderków (np. L. D. B a v e r [1], D e n s c h [3], M u s i e r o w i c z [6]). Na zjeździe Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego w Lublinie (1953 r.) była dyskutowana raczej próba unifikacji metodyki oznaczeń właściwości fizycznych gleb niż sprawa powtarzalności wyników takich oznaczeń. Dobrzański proponował wówczas użycie cylinderków o pojemności 250 ml; natomiast Górski wypowiedział pogląd o możliwości eksperymentalnego rozstrzygnięcia zasady stosowania takich albo innych cylinderków. Podzielając ten pogląd wykonaliśmy pomiary opisane w niniejszej pracy, aby dostarczyć materiałów, umożliwiających porównanie oznaczeń wykonywanych na próbkach rozmaitych gleb za pomocą cylinderków o pojemności 250 ml i 100 ml.

Jak wiadomo, w badaniach nad jakąś metodą może chodzić o dwie jej cechy: dokładność i precyzję. Przez dokładność metody należy tu rozu-

mieć zgodność średniej z otrzymanych wyników z rzeczywistą wartością poszukiwaną (oraz oczywiście to, czy użyta metoda pozwala na oznaczenie właśnie tej wartości, której się poszukuje, czy też daje wyniki odnoszące się do czegoś całkiem innego). Ponieważ wartość rzeczywista jest nieznaną, badanie dokładności metody natrafia na trudności teoretyczne; najczęściej można tylko porównać różne metody między sobą. Przez precyzyjność metody należy rozumieć stopień zgodności poszczególnych oznaczeń, a więc o ile możliwości mały rozrzut wyników; zwykle mówi się o powtarzalności oznaczeń, jej sprawdzanie jest stosunkowo łatwe, jeśli wyniki opracowuje się statystycznie.

Jeśli idzie o dokładność metody „cylinderkowej”, stwierdzenia w literaturze są dość ogólnikowe. Przeważnie mówi się o przyczynach nierównomierności próbek lub o powodach ich odkształcenia. Panin [7] zajmuje się wpływem wilgotności w chwili pobrania próbki na wartość pozornego ciężaru właściwego; należy dodać, że większa wilgotność gleby z pewnością również ułatwia odkształcenia próbki w cylinderku.

Nieco więcej o przyczynach błędów przy oznaczaniu właściwości wodnych gleb pisze D o ł g o v [4]; chodzi tu o nierównomierność obciekania nadmiaru wody lub o okres czasu potrzebny do uzyskania stanu trwałej równowagi zapasu wody kapilarnej (szablonowo przyjmuje się 24 godziny). O podobnych zastrzeżeniach i badaniach S c h l o e s i n g a młodszego wspomina D e m o l o n [2], nie cytując jednak źródła. W sprawie liczby powtórzeń znaleźliśmy tylko wskazówkę K o w a l i ń s k i e g o i współpracowników [5], który poleca do oznaczenia przepuszczalności brać przynajmniej 3 próbki równoległe. Natomiast S o k o ł o w s k i [8] mówi tylko, że wykonywał oznaczenia pozornego ciężaru właściwego „w dostatecznej liczbie powtórzeń”.

PLAN BADAŃ WŁASNYCH

Próbki do badań pobierano do cylinderków o pojemności 100 ml i 250 ml (po 15 powtórzeń do każdego pomiaru), wbijając je w losowym porządku — na przemian małe i duże — w obrębie tego samego poziomu morfologicznego w pionową ścianę odkrywki. Użyte cylinderki wykonane były z blachy stalowej ocynkowanej (produkcji Katedry Mechanizacji Rolnictwa WSR w Lublinie) i miały następujące wymiary:

pojemność — ml	100	250
grubość ściany — mm	1,3	1,6
średnica wewn. d — mm	54	71
wysokość h — mm	43	64
stosunek d : h	1,25	1,31

Cylinderki zamykane były z obu stron wieczkami z takiej samej prasowanej blachy; jedno z nich było przewiercone 13 (lub 20) otworkami,

stanowiąc w ten sposób „sitko”, na które od środka nakładano krążek bibuły.

W pierwszej partii doświadczeń (serie I—VIII) mierzono wielkości potrzebne do obliczenia ciężaru właściwego pozornego (tzw. objętościowego) i chwilowego, następnie zawartości wilgoci (aktualnej) i kapilarnej pojemności wodnej. Zbadano 8 serii cylinderków.

W drugiej partii doświadczeń (serie IX—XIV) oznaczano te same wielkości, a ponadto rzeczywisty ciężar właściwy, co pozwoliło na obliczenie porowatości ogólnej. Zbadano 6 serii cylinderków.

Ogółem pobrano więc i zbadano 14 prób gleb, w tym 12 serii po 15 cylinderków o pojemności 100 ml i 15 cylinderków o pojemności 250 ml oraz 2 serie skrócone do sześciu powtórzeń. Niektóre grupy wyników pomiarów opracowano za pomocą metod statystycznych.

Należy jeszcze nadmienić, że próbki pobrane zostały z 7 profilów gleb podkrakowskich; pod względem składu mechanicznego 5 spośród nich należało do gatunku pyłów ilastych, 6 do piasków, a tylko 2 do glin.

OPIS GLEB I MATERIAŁU DOŚWIADCZALNEGO

Odkrywka 1 — RZD Prusy k. Krakowa, pole uprawne (pszenica), wystawa 8° SW, ok. 230 m n.p.m.:

- A_1 0—25 cm — (seria I), ciemnobrunatny pył ilasty, świeży bryłkowany, pH 6, 7, przejście ostre;
- $A(B)$ 25—75 cm — (seria II), brunatnożółty pył ilasty, świeży, bryłkowany z makroporami, pH 6, 8, przejście stopniowe;
- (B) 75—120 cm — szarozółty pył ilasty, świeży, słupkowo-bryłkowy, zbity, sporadyczne plamki glejowe, pH 7, 8, przejście wyraźne;
- $(B)CG$ od 120 cm — (seria III), szaropopielaty pył ilasty, wilgotny, słupkowo-pryzmatyczny, pH 8.

Typ: gleba brunatna uprawna (właściwa, oglejona głęboko); rodzaj: wytworzona z lessu; gatunek: pył ilasty.

Odkrywka 2 — RZD Mydlniki k. Krakowa, pole uprawne (buraki cukrowe), prawie płaskie, u stóp erodowanego zbocza, wystawa SW, ok. 215 m n.p.m.:

- A_1 0—80 cm — (seria IV), szarobrunatny pył ilasty (ciemniejszy w dolnej części), świeży, pH 6, 8, przejście stopniowe;

- A(B) 80—130 cm — (seria V), ciemnobrunatny pył ilasty z zaciekami próchnicznymi, świeży, bryłkowaty, na bryłkach osypka krzemionkowa, pH 6,2, przejście łagodne;
- (B)G 130—180 cm — brunatny pył ilasty z jasnymi plamkami glejowymi. świeży, bryłkowo-słupkowy, pH 7,2;

Typ: czarnoziem namyty (zdegradowany, głęboko nieco oglejony); rodzaj: wytworzony z deluwium lessu; gatunek: pył ilasty.

Odkrywka 3 — RZD Mydlniki k. Krakowa, pole uprawne (owies), wystawa 6° SW, ok. 210 m n.p.m.:

- A₁ 0—28 cm — (seria VI), szary piasek gliniasty lekki, wilgotny, gruzełkowaty, pulchny, pH 6,2, przejście wyraźne;
- (B) 28—67 cm — (seria VII), szarobrunatny piasek słabogliniasty, świeży, słabo strukturalny, luźno ułożony, pH 6,5, przejście stopniowe;
- C od 67 cm — (seria VIII), jasnożółty piasek luźny z bułami krzemiennymi, świeży, bez wyraźnej struktury.

Typ: gleba brunatna uprawna (wyługowana); rodzaj: wytworzona z plejstocńskiego piasku wodno-lodowcowego; gatunek: piasek gliniasty lekki na piasku słabogliniastym.

Odkrywka 4 — Kraków-Płaszów, teren dawnego obozu, użytek zielony, wystawa 5° N:

- A₀ 0—2 cm — darń, czarny piasek słabogliniasty, świeży, słabo strukturalny, mało zwięzły, przejście wyraźne;
- A₁ 2—30 cm — (seria IX), brunatnoczarna glina lekka, silnie spiaszczona z okruchami wapienia, świeża, gruzełkowato-orzechowa, dość zwięzła, pH 7, 8, przejście wyraźne;
- (B)G 30—50 cm — (seria X), brunatnożółty piasek gliniasty mocny, zacieki próchniczne, u dołu siwe plamy, wilgotny, zwięzły, pH 8, przejście wyraźne;
- CG od 50 cm — żółty ił z siwymi plamami, bezstrukturalny, pH 8,5.

Typ: gleba brunatna uprawna (niecałkowita, oglejona); rodzaj: wytworzona z materiału czwartorzędowego na ile miocenijskim; gatunek: glina silnie spiaszczona płytka na ile.

Odkrywka 5 — Kraków-Płaszów, teren dawnego obozu, użytek zielony, wierzchowina wzgórza:

- A_1 0—30 cm — (seria XI), brunatnoczarna glina lekka słabo spiaszczona, świeża, gruzełkowato-ziarnista, liczne kanały dżdżownic, pH 7, przejście wyraźne;
- AC 30—45 cm — brunatnoczarna glina średnia, niewyraźnie gruzełkowata, mało zwięzła, pH 7, przejście wyraźne;
- C od 45 cm — silnie zwietrzały, spękany wapień.
 Typ: rędzina mieszana jurajska czarnoziemna; rodzaj: wytworzona z wapienia jurajskiego z domieszką materiału czwartorzędowego; gatunek: glina średnia płytka na wapieniu.

Odkrywka 6 — Kraków-Płaszów, teren dawnego obozu, użytek zielony, wystawa 10° S:

- A_1 0—15 cm — (seria XII), brunatnoczarny piasek gliniasty lekki, świeży, gruzełkowo-ziarnisty, przejście wyraźne;
- $A_1(B)$ 15—45 cm — brunatnoszary piasek gliniasty, świeży, orzechowo-gruzełkowaty, pH 7,5, przejście wyraźne;
- C od 45 cm — silnie zwietrzały wapień.
 Typ: rędzina mieszana jurajska brunatna; rodzaj: wytworzona z wapienia jurajskiego z domieszką materiału czwartorzędowego; gatunek: piasek gliniasty płytki na wapieniu.

Odkrywka 7 — Kraków-Płaszów, teren dawnego obozu, użytek zielony, zagłębienie u stóp zbocza (wystawa zbocza SE):

- A_1 0—30 cm — (seria XIII), brunatnoczarny piasek słabogliniasty, lekko wilgotny, pulchny, przejście wyraźne;
- (B) G_o 30—90 cm — (seria XIV), brunatnoszary piasek luźny z licznymi (40%) plamami rdzawymi, wilgotny, mało zwięzły, przejście wyraźne;
- D G_7 90—150 cm — sinopopielaty il z plamami rdzawymi, mokry.
 Typ: ziemia czarna; rodzaj: wytworzona z piasku czwartorzędowego na ile miocieńskim; gatunek: piasek luźny średnio głęboki na ile.

Oznaczenia składu mechanicznego badanych próbek i ilość zawartej w nich próchnicy zamieszczono w tab. 1.

WYNIKI DOŚWIADCZEŃ I ICH OMÓWIENIE

W tabeli 2 przedstawiono częstość występowania wartości pozornego (objętościowego) ciężaru właściwego, rozmieszczoną w klasach o interwale 0,05 g/cm³. W tabeli 3 znajduje się częstość występowania wartości kapilarnej pojemności wodnej, zgrupowana w klasach o interwale 1%

wag.; tabele 2 i 3 podają także średnie arytmetyczne wspomnianych wielkości, obliczone z wartości nie zaokrąglonych. W tabeli 4 podano średnie i granice wahań pomiarów ciężaru właściwego chwilowego (tj. odniesionego do masy próbki w chwili pobrania) i wilgotności próbki w procentach wagowych (tzw. wilgotność aktualna). Te ostatnie dwie

T a b e l a 1

Skład mechaniczny badanych próbek i zawartość w nich próchnicy
Mechanical analysis of the examined samples and their humus content

Seria nr Series Nr.	Profil nr Profile Nr.	Poziom Horizon cm	Fracje wielkości ziarna w procentach; średnica ziarn w mm Grain size fractions in percent; grain diameter in mm						Próchni- ca Humus %
			1-0,1	0,1-0,05	0,05- 0,02	0,02- 0,006	0,006- 0,002	< 0,002	
I	1	0-25	8	9	39	23	10	11	1,76
II		25-75	14	8	36	21	12	8	0,19
III		75-120	7	10	38	25	14	6	n.o. n.d.
IV	2	0-80	7	7	39	26	10	11	2,41
V		80-130	7	9	38	25	9	12	2,56
VI	3	0-28	64	10	13	5	5	3	1,94
VII		28-67	73	9	9	4	3	2	0,41
VIII		+67	89	7	1	1	1	1	0,12
IX	4	0-30	72	4	3	5	6	10	2,34
X		30-50	77	4	4	2		13	1,12
XI	5	0-30	60	4	8	8	10	10	6,75
XII	6	0-15	79	3	4	3	5	6	1,79
XIII	7	0-30	89	3	3	1	3	1	1,11
XIV		30-90	92	2	3		3		0,18

grupy pomiarów wahały się już na oko w granicach dość szerokich i dlatego nie zostały przytoczone w całości. Tabela 4 zawiera oprócz tego (dla serii IX—XIV) wartości ciężaru właściwego rzeczywistego (średnia z 4 powtórzeń metodą kolb miarowych [5]) i obliczone przy ich pomocy wartości porowatości ogólnej ze wzoru

$$\text{Por. } \% = 100 (S - S_0) : S,$$

gdzie S — ciężar właściwy rzeczywisty,

S₀ — ciężar właściwy pozorny.

Użycie metody statystycznej (Studenta test T) pozwala wykazać różnice między oznaczeniami w cylinderkach mniejszych i większych, tj. pojemność wodna oznaczona w cylinderkach 250 ml jest w 9 przypadkach na 14 istotnie wyższa niż oznaczona w cylinderkach 100 ml (przy prawdopodobieństwie niepopęnienia omyłki 95%).

Można dla tego stanu rzeczy zaproponować następujące wyjaśnienie: przy wbijaniu cylinderka do gleby — nawet najostrożniejszym — po-

wstają pewne zniekształcenia próbki, zwłaszcza przy ścianie cylinderka. Odształcenie to jest zresztą o tyle nieuniknione, że blacha (która ma przecież pewną objętość) musi znaleźć miejsce tam, gdzie poprzednio mieściły się ziarna gleby. Toteż większość systemów cylinderków lub świderów do pobierania próbek jest tak pomyślana, by odształcenia gleby powstały na zewnątrz a nie wewnątrz cylindra. Jeśli przyjąć, że strefa odształceń ma jakąś mniej więcej stałą szerokość a , to łatwo dowieść, że w cylinderku większym strefa niezaburzona o promieniu $R - a$ będzie stanowiła mniejszą część całości niż w cylindrze mniejszym (promień

T a b e l a 2
Częstość występowania (f) wartości pozornego (objętościowego) ciężaru właściwego (S_0 , g/cm³), oznaczonego w cylinderkach o pojemności 100 lub 250 ml.
Frequency of occurrence (f) of apparent specific gravity (bulk density) values (S_0 , g/cm³) as determined in 100 ml and 250 ml cylinders

Ser. I			Ser. VI			Ser. XI		
S_0	f_{100}	f_{250}	S_0	f_{100}	f_{250}	S_0	f_{100}	f_{250}
1,45	9	5	1,70	-	3	1,20	1	-
1,40	1	6	1,65	8	12	1,15	3	2
1,35	5	4	1,60	7	-	1,10	8	3
\bar{x}	1,41	1,40	\bar{x}	1,63	1,66	1,05	3	4
Ser. II			Ser. VII			Ser. XII		
S_0	f_{100}	f_{250}	S_0	f_{100}	f_{250}	S_0	f_{100}	f_{250}
1,45	5	5	1,75	1	2	\bar{x}	1,11	1,06
1,40	7	7	1,70	11	10	Ser. XIII		
1,35	3	3	1,65	3	3	S_0	f_{100}	f_{250}
\bar{x}	1,41	1,40	\bar{x}	1,69	1,69	1,60	3	-
Ser. III			Ser. VIII			1,55	4	3
S_0	f_{100}	f_{250}	S_0	f_{100}	f_{250}	1,50	3	6
1,55	-	5	1,75	4	2	1,45	4	3
1,50	10	6	1,70	9	10	1,40	1	3
1,45	5	4	1,65	2	3	\bar{x}	1,51	1,53
\bar{x}	1,48	1,50	\bar{x}	1,71	1,70	Ser. XIV		
Ser. IV			Ser. IX			S_0	f_{100}	f_{250}
S_0	f_{100}	f_{250}	S_0	f_{100}	f_{250}	1,60	-	2
1,65	-	6	1,65	2	2	1,55	4	3
1,60	7	3	1,60	5	4	1,50	1	1
1,55	3	6	1,55	5	8	1,45	1	-
1,50	5	-	1,50	3	1	\bar{x}	1,53	1,55
\bar{x}	1,56	1,59	\bar{x}	1,57	1,57	Ser. XV		
Ser. V			Ser. X			S_0	f_{100}	f_{250}
S_0	f_{100}	f_{250}	S_0	f_{100}	f_{250}	1,70	-	2
1,60	7	-	1,70	-	2	1,65	5	5
1,55	2	4	1,65	5	5	1,60	4	5
1,50	6	11	1,60	4	5	1,55	3	3
\bar{x}	1,56	1,51	1,55	3	3	1,50	3	-
			\bar{x}	1,59	1,62	\bar{x}	1,71	1,73

Uwaga (Notice): S_0 1,50 \rightarrow (1,48 - 1,52)

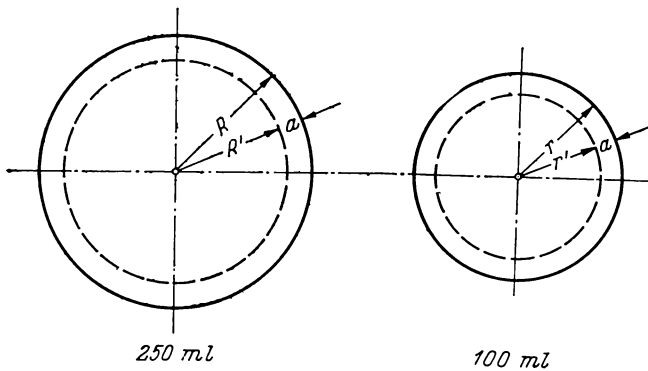
S_0 1,55 \rightarrow (1,53 - 1,57)

r — a). Rozumowanie to odnosi się także do objętości obu próbek, uważamy jednak, że szczegółowy dowód można tu pominąć (rys. 1).

Pozorny ciężar właściwy nie wykazał na podstawie testu T istotnych różnic między obu rozmiarami cylinderków, oprócz serii XI. Widocznie pewne zgniecenie, odbijające się na pojemności wodnej, nie gra roli przy pomiarze pozornego ciężaru właściwego.

Z zebranych liczb można jeszcze wyczytać następujące współzależności:

— cylinderki rozrzucone losowo przy pobieraniu próbek, później ustawione kolejno według swych numerów, nie okazały żadnej regularności, tzn. że żaden określony cylinderdek nie dawał wyników zawsze niższych albo zawsze wyższych od sąsiednich;



Strefy odkształceń próbek przy cylinderkach różnej wielkości

Deformations of the core in sampling in the smaller and larger size of cylinders

— ze wzrostem zawartości części spławialnych o 10% rośnie pojemność wodna o ok. 2,5%, przy czym seria XI silnie odbiega od tego dzięki dużej zawartości próchnicy;

— ze wzrostem pozornego ciężaru właściwego o 0,1 g/cm³ spada pojemność wodna o ok. 3,5%;

— ze wzrostem zawartości próchnicy o 1% rośnie porowatość o ok. 4%, a pojemność wodna o ok. 3% (odbiegają od tego serie I i II);

— ze wzrostem zawartości próchnicy o 1% maleje pozorny ciężar właściwy o ok. 0,12 g/cm³ (odbiegają od tego serie II i I, w mniejszym stopniu seria VI).

Z obserwacji polowych i laboratoryjnych wynika, że poprawne pobranie próbki lub oznaczenie właściwości wodnych może okazać się niemożliwe dla niektórych gleb piaszczystych lub ilastych. Gleba piaszczy-

Tabela 3

Częstość występowania (f) wartości kapilarnej pojemności wodnej (P_w w % wag.), oznaczanej w cylinderekach o pojemności 100 lub 250 ml
 Frequency of occurrence (f) of capillary water capacity values (P_w in % by weight) as determined in 100 ml and 250 ml cylinders

Ser. I			Ser. V			Ser. IX			Ser. XII		
P_w	f_{100}	f_{250}	P_w	f_{100}	f_{250}	P_w	f_{100}	f_{250}	P_w	f_{100}	f_{250}
32	-	3	26	-	3	24	-	1	29	1	-
31	2	3	25	-	7	23	1	5	28	1	-
30	4	5	24	4	5	22	4	5	27	1	-
29	4	4	23	2	-	21	6	3	26	1	-
28	5	-	22	3	-	20	3	-	25	-	1
\bar{x}	29,2	30,4	21	4	-	19	1	-	24	1	1
			20	2	-	\bar{x}	21,1	21,9	23	3	6
Ser. II			\bar{x}	22,1	24,8	Ser. X			Ser. XIII		
P_w	f_{100}	f_{250}	Ser. VI			P_w	f_{100}	f_{250}	P_w	f_{100}	f_{250}
31	-	2	P_w	f_{100}	f_{250}	22	-	1	22	2	2
30	-	3	23	-	6	21	2	7	21	1	3
29	2	9	22	6	2	20	6	6	20	3	2
28	5	1	21	3	3	19	6	1	\bar{x}	23,6	22,2
27	5	-	20	2	4	18	-	-	Ser. XIV		
26	2	-	19	1	-	17	1	-	P_w	f_{100}	f_{250}
25	1	-	18	3	-	\bar{x}	19,6	20,4	24	-	1
\bar{x}	27,4	29,4	\bar{x}	20,7	21,7	Ser. XI			23	2	2
Ser. III			Ser. VII			P_w	f_{100}	f_{250}	22	1	-
P_w	f_{100}	f_{250}	P_w	f_{100}	f_{250}	53	-	1	21	3	-
27	6	6	19	1	7	52	-	1	20	-	3
26	8	5	18	7	8	51	-	4	\bar{x}	22,0	21,7
25	1	4	17	7	-	50	-	1	Ser. XIV		
\bar{x}	26,3	25,9	\bar{x}	17,7	18,4	49	3	2	P_w	f_{100}	f_{250}
Ser. IV			Ser. VIII			48	-	1	17	1	2
P_w	f_{100}	f_{250}	P_w	f_{100}	f_{250}	47	2	1	16	5	3
26	-	1	21	1	3	46	2	-	15	-	1
25	1	7	20	-	2	45	2	1	\bar{x}	16,1	16,1
24	4	1	19	3	4	44	1	1			
23	5	3	18	8	6	43	1	1			
22	4	2	17	3	-	42	2	1			
\bar{x}	23,1	24,1	\bar{x}	18,2	19,2	41	2	-			
						\bar{x}	45,0	48,4			

Uwaga (Notice): P_w 24 \rightarrow (23,5 - 24,4)
 P_w 25 \rightarrow (24,5 - 25,4)

sta może w cylinderek osiąść po namoczeniu, wobec czego pojemność wodna wypada mniejsza i nie odnosi się do naturalnego układu gleby. Gleba ilasta, zwłaszcza będąca w stanie plastycznym ulega wyraźnemu zgniceniu podczas wbijania cylinderek (na sucho natomiast nie da się go wbić); poprawne odcięcie takiej ilastej próbki jest również prawie niemożliwe, gdyż mokry ił maże się, ciągnie za nożem, wyrwa z cylinderek itp. Inne uwagi o metodzie „cylinderekowej” pomijamy, gdyż można je znaleźć w podręcznikach.

Tabela 4

Rozrzut wartości ciężaru objętościowego chwilowego, wilgotności aktualnej i porowatości ogólnej oznaczanych w cylinderekach o pojemności 100 lub 250 ml (wraz z ciężarem właściwym rzeczywistym)
Dispersion of values of field specific gravity, actual moisture content, and total porosity
- as determined in 100 ml and 250 ml cylinders - as well as proper specific gravity

Seria nr Series Nr.	Cylinderki - 100 ml - Cylinders			Cylinderki - 250 ml - Cylinders		
	minimum	\bar{x}	maximum	minimum	\bar{x}	maximum
Ciężar objętościowy chwilowy - g/cm^3 - field specific gravity						
I	1,61	1,68	1,73	1,62	1,68	1,70
II	1,63	1,67	1,73	1,64	1,68	1,74
III	1,62	1,68	1,72	1,65	1,70	1,74
IV	1,79	1,84	1,95	1,79	1,85	1,90
V	1,74	1,80	1,87	1,74	1,78	1,83
VI	1,74	1,77	1,81	1,75	1,79	1,81
VII	1,74	1,79	1,83	1,76	1,79	1,83
VIII	1,74	1,78	1,82	1,72	1,77	1,81
IX	1,79	1,87	1,96	1,81	1,88	1,96
X	1,84	1,89	1,93	1,86	1,92	1,97
XI	1,44	1,49	1,56	1,36	1,44	1,53
XII	1,69	1,73	1,79	1,67	1,74	1,81
XIII	1,68	1,75	1,81	1,73	1,79	1,85
XIV	1,93	1,96	1,99	1,97	2,01	2,03
Wilgotność aktualna (w % wag.) - Actual moisture content (in % wt.)						
I	17,8	19,5	21,4	17,7	20,3	21,7
II	18,1	19,4	21,8	18,3	20,5	23,1
III	13,0	13,9	15,3	12,0	13,9	15,6
IV	16,1	18,0	20,0	14,1	16,7	18,8
V	14,9	16,3	17,6	17,0	18,0	20,8
VI	6,6	8,5	9,4	6,0	7,4	8,6
VII	5,2	5,9	6,4	5,1	5,9	6,8
VIII	3,8	4,5	5,2	3,4	4,2	4,8
IX	16,4	18,3	20,2	16,2	19,0	20,5
X	15,0	17,4	19,6	17,4	18,6	20,1
XI	30,8	33,2	36,6	32,7	34,8	37,8
XII	12,4	14,4	17,3	11,0	13,7	16,7
XIII	14,2	14,7	15,6	12,4	14,4	16,2
XIV	14,6	15,6	16,5	15,3	15,9	16,9
Porowatość ogólna (w % obj.) - Total porosity (in % vol.)						
IX	35,5	39,3	42,2	36,7	39,3	42,2
X	36,8	39,0	42,2	35,6	37,8	40,2
XI	52,6	55,8	58,1	54,2	57,7	59,7
XII	38,7	42,2	46,0	39,1	41,3	44,5
XIII	37,4	39,2	41,4	35,9	37,7	41,0
XIV	32,6	33,6	34,6	31,7	32,7	34,7
Ciężar właściwy rzeczywisty - g/cm^3 - Real specific gravity						
IX - 2,59	X - 2,61	XI - 2,51	XII - 2,61	XIII - 2,51	XIV - 2,58	

POWTARZALNOŚĆ WYNIKÓW OZNACZEŃ

Ponieważ rozrzut oznaczeń w niektórych seriach był dość duży, a odchylenie standartowe niespodziewanie duże (np. w serii I większe od zasięgu zmienności wyników) wróciliśmy do zbadania rozkładu wartości. Wynik był zaskakujący: dla pozornego ciężaru właściwego tylko 17 półserii¹ na 28 miało wyniki rozmieszczone około pewnej wartości centralnej i najczęstszej, a 11 półserii miało wyniki rozmieszczone niesymetrycznie, nieregularnie lub zgoła odwrotnie niż przy rozkładzie normalnym (mało lub brak wyników średnich, duże grupy po bokach). Po ułożeniu wyników w klasy częstotliwości co 0,5 g/cm³ (tab. 2) układ ten stał się dość wyrazisty.

Podkreślić należy, że rozmieszczenie wyników w 2—3 klasach oznacza rozrzut 0,10—0,15 g/cm³; takich półserii jest 20, w czym 9 o układzie nienormalnym. Natomiast rozmieszczenie wyników w 4—5 klasach oznacza rozrzut 0,20—0,25 g/cm³; takich półserii jest 8, w tym 2 o układzie nienormalnym. Nienormalność rozkładu pozwala przypuszczać, że istnieją czynniki przeszkadzające w precyzyjności oznaczenia.

Serii, w których obie półserie mają wyniki o rozkładzie zbliżonym do normalnego, jest 6 (II, VI, VII, VIII, IX, X, może i XIII). Wynika z tego, że tylko do tych serii mogą być zastosowane metody statystyczne, oparte na normalności rozkładu, w szczególności wnioski o istotności różnic między cylinderkami większymi i mniejszymi.

Opierając się na tab. 2, obrazującej częstość występowania wyników w różnych klasach wielkości, proponujemy następujące uproszczenie zasady postępowania:

— pozorny ciężar właściwy należy oznaczać w 3—5 powtórzeniach, a średnią z otrzymanych wyników podać z dokładnością do 0,05 g/cm³;

— przy zaobserwowanym w niektórych przypadkach rozrzucie dokładność większa niż do 0,05 g/cm³ jest nieosiągalna; można zresztą powiedzieć, że interpretacja wyników przy różnicach mniejszych od 0,1 g/cm³ nie jest praktycznie możliwa;

— różnice między oznaczeniami w cylinderkach o pojemności 100 lub 250 ml są nieznaczne, dochodząc do 0,05 g/cm³ tylko w 2 przypadkach na 14 (średnie serii V i XI; po uprzednim zaokrągleniu średnich, wartości tej dosięgną różnice jeszcze w seriach IV i XIV)²; ponieważ trudno znaleźć nawet tendencję przy przeglądzie wyników (raz większy wynik w cylinderku mniejszym, drugi raz w większym), proponujemy aby za

¹ Półserią można tu nazwać tę część wyników w obrębie serii, która odnosi się do jednego rozmiaru cylinderka.

² Nie zaokrąglone różnice wyrażone w procentach wyniku wynoszą: 0% — 2 przypadki, 1% — 7 przypadków, 2% — 3 przypadki, 3% i 4% po 1 przypadku.

istotne uznać w tym przypadku różnice średniej nie mniejsze od 0,05 g/cm³, a najlepiej dopiero 0,1 g/cm³.

Rozrzut oznaczeń kapilarnej pojemności wodnej jest większy niż powyżej opisywany. Po zgrupowaniu wyników w arbitralne klasy o interwale 1% wag. (tab. 3) okazuje się, że 22 półserie na 28 są rozrzucone w 3—5 klasach (tj. maksymalne różnice w obrębie półserii mogą wynosić 4—6%); 3 półserie dają jeszcze większy rozrzut (różnice 10—13%), przy czym skrajności te odnoszą się do serii XI i XII, już poprzednio wymienianych jako silnie zróżnicowane. Również i tutaj tylko 9 półserii na 28 ma rozkład zbliżony do normalnego. Z tabeli 3 można wyciągnąć następujące wnioski:

— kapilarną pojemność wodną w cylinderkach należy oznaczać w 4—6 powtórzeniach, a średnią z otrzymanych wyników zaokrąglić do 1%;

— ponieważ w obrębie jednej półserii najczęstszy rozrzut wynosi 4—6%, osiągnięcie dokładności większej niż 1% wydaje się nierealne;

— różnice średnich między oznaczeniami robionymi w cylinderkach 100 i 250 ml występują w następującym rozkładzie częstości: 0% — 5 przypadków, 1% — 4 przypadki, 2% — 3 przypadki i 3% — 2 przypadki, przy czym prócz 3 przypadków cylinderki większe dają wartości wyższe³;

— ponieważ tylko serie II i IX mają rozkład wyników dla obu półserii zbliżony do normalnego, można orzec na podstawie testu T, że różnica w serii II (2% wag.) jest istotna, w serii IX zaś (1% wag.) nieistotna. Wydaje się, że interpretacja różnic w pojemności wodnej mniejszych niż 15—20% wyniku (a więc 1,5—2% przy 10% i 4,5—6% przy 30% pojemności wodnej) nie jest możliwa; proponujemy uznać różnice mniejsze od 15—20% wyniku za nieistotne.

Należy jeszcze dodać, że próby obliczenia błędu średniego średniej arytmetycznej w zależności od liczby powtórzeń pozwoliły stwierdzić, że największe błędy (najgorszą powtarzalność) oznaczeń pozornego ciężaru właściwego otrzymano dla serii XI i XII (próbki z poziomów próchnicznych rędzin mieszanych). Natomiast gleby wytworzone z lessów dawały przeważnie dość dobrą powtarzalność wyników. Dane dla próbek z poziomów próchnicznych badanych gleb (serie I, IV, VII, IX, XI, XII, XIII) są obarczone większymi błędami niż dane dla poziomów niepowierzchniowych (serie II, III, V, VI, VIII, X, XIV). Należało się zresztą tego spodziewać, gdyż układ poziomu próchnicznego jest bardziej zmienny niż układ innych poziomów (większe różnice w pulchności, korzenistości, próchniczności itp.).

³ Różnice między nie zaokrąglonymi średnimi, wyrażone w procentach wyniku, wynoszą: 0% — 1 przypadek, 2% — 2 przypadki, 4—5% — 6 przypadków, 6—8% — 4 przypadki, 12% — 1 przypadek.

Oznaczenia porowatości ogólnej są zależne od oznaczeń pozornego ciężaru właściwego i wahają się wraz z nim (różnice średnich wyrażone w procentach wyniku są około dwa razy większe od takich samych różnic dla pozornego ciężaru właściwego). Zawartość wilgoci w chwili pobrania próbki (tzw. wilgotność aktualna) wykazuje zmienność dość dużą, widoczną już na oko; wobec dużych wahań pojemności wodnej tym bardziej waha się wilgotność względna (tj. odniesiona do pojemności wodnej = 100). Wartości minimalne, średnie i maksymalne ciężaru właściwego chwilowego, wilgotności aktualnej (od której on częściowo zależy) i porowatości ogólnej zebrano w tab. 4; wartości wilgotności względnej pominięto. Z tabeli 4 widać, że na podstawie naszych danych nie można oznaczeń wilgotności aktualnej i względnej wykonywać „przy okazji” innych pomiarów metodą „cylinderkową”; uzyskane dane będą bowiem co najwyżej orientacyjne. Duży rozrzut zawdzięczać należy zapewne niedostatecznej szczelności wieczek (sitko) i niejednakowej utracie wilgotności w czasie transportu.

Z punktu widzenia optymalnego rozmiaru cylinderka praca niniejsza nie jest kompletna, gdyż należałoby rozszerzyć badania na cylinderki o pojemności 500 i 1000 ml. Wydaje się jednak, że otrzymane w ten sposób wyniki nie byłyby bardzo odmienne od przedstawionych powyżej. Pomimo wzrostu dokładności przy powiększaniu próbek można liczyć się z trudnościami technicznymi przy zmieszczeniu dużego cylindra w poziomie glebowym o małej miąższości, a nawet przy przerobieniu laboratoryjnym lub transporcie dużych próbek. W końcu nie każde laboratorium dysponuje dużymi cylindrami, natomiast cylinderków o pojemności 100 ml i 250 ml używa się powszechnie.

Osiągnięte rezultaty co do powtarzalności oznaczeń pozornego ciężaru właściwego i kapilarnej pojemności wodnej są zgodne ze wskazaniami większości podręczników, które doradzają użycie raczej większego niż mniejszego rozmiaru i polecają wykonanie kilku (3 i więcej) powtórzeń (o ile tę ostatnią wskazówkę w ogóle podają).

Autorzy składają serdeczne podziękowanie Prof. Dr Tadeuszowi Skawinie, który przez twórczą, wnikliwą i życzliwą dyskusję przyczynił się do właściwego wykorzystania tu przedstawionych wyników.

STRESZCZENIE I ZESTAWIENIE WYNIKÓW

Pobrano 14 serii próbek z 7 profilów gleb o składzie mechanicznym piasków, glin lub utworów pyłowych ilastych do cylinderków o pojemności 100 lub 250 ml (dane o glebach w tab. 1). Oznaczano pozorny (objętościowy) ciężar właściwy, kapilarną pojemność wodną i wilgotność aktualną oraz chwilowy ciężar właściwy, niekiedy również rzeczywisty ciężar właściwy. Obliczano porowatość ogólną i wilgotność względną.

Wyniki w 15 lub 6 powtórzeniach opracowano statystycznie dla pozornego ciężaru właściwego i kapilarnej pojemności wodnej.

Otrzymane wyniki pomiarów zebrano w tab. 2 i 3 wg częstości występowania, aby unaocznić, że ich rozkład nie zawsze jest normalny. Wobec tego tylko do niektórych serii można stosować metody statystyczne, oparte na normalności rozkładu. Proponujemy, by pozorny ciężar właściwy oznaczać w 3—5 powtórzeniach, a średnią z otrzymanych pomiarów zaokrąglić z dokładnością do $0,05 \text{ g/cm}^3$; różnice między pomiarami w cylinderkach większych i mniejszych nie przekraczają $0,05 \text{ g/cm}^3$ i można je uznać za nieistotne. Zresztą dopiero różnice w skali $0,1 \text{ g/cm}^3$ mogą być praktycznie interpretowane.

Oznaczenia pojemności wodnej wykonane w cylinderkach większych wykazują tendencję do przewyższania oznaczeń w cylinderkach mniejszych. Należy to przypisać pewnym zniekształceniom próbki przy pobieraniu jej, stosunkowo większym w cylinderkach mniejszych (rys. 1). Proponujemy, by kapilarną pojemność wodną w cylinderkach oznaczać w 4—6 powtórzeniach, a średnią z otrzymanych pomiarów zaokrąglić z dokładnością do 1%. Różnice między średnimi z pomiarów w cylinderkach mniejszych i większych nie przekraczają 2—3%, co stanowi mniej niż 10% średniej; różnice mniejsze niż 15—20% oznaczonej pojemności wodnej (przyjętej za 100) wydają się nieistotne, zwłaszcza że są niemożliwe do praktycznej interpretacji.

Z tabeli 4 widać, że wyniki oznaczeń porowatości wahają się co najmniej w tym samym stopniu, co pozorny ciężar właściwy, z którego są obliczone. Natomiast oznaczenia wilgotności aktualnej, oznaczone przy sposobności, i obliczone z nich wartości wilgotności względnej mogą mieć znaczenie tylko orientacyjne, gdyż zbyt silnie się wahają. Oznaczenia wilgotności aktualnej należy więc wykonać inną metodą, zapewniającą większą precyzyjność oznaczeń.

LITERATURA

- [1] Baver L. D.: Soil physics. Third edition, New York 1956, J. Wiley, s. 481 (zob. str. 180—182).
- [2] Deimolon A.: La dynamique de sol, deuxième édition. Paris 1938, Dunod, s. 495 (zob. str. 203—204).
- [3] Densch A.: Der mechanische Aufbau des Bodens. Handbuch der Bodenlehre, red. E. Blanck, t. 6, s. 1—66, Berlin 1930, J. Springer (zob. s. 45—50).
- [4] Dołgov S. I.: Issledowanija podwiznosti poczwiennoj włagi i jejo dostupnosti dla rastienii. Moskwa—Leningrad 1948. AN SSSR, s. 207, (zob. s. 54—87).
- [5] Kowaliński S., Borkowski J., Gedrojc B., Pul W., Szerszeń L.: Ćwiczenia z gleboznawstwa i podstaw mineralogii i petrografii. Wrocław 1959, WSR, s. 317 + 18 tab. (zob. s. 223—228, 236—246).
- [6] Musierowicz A.: Gleboznawstwo ogólne. Wydanie II. Warszawa 1956, PWRiL, s. 500 (zob. s. 160—168, 213—217).

- [7] Panin P.S.: К вопросу о влиянии влажности на величину объемного веса почв. Почвоведение, 1960, nr 9, s. 108—110.
- [8] Sokołowski S.P.: Wodnofizyczne właściwości kasztanowych i bursztynowych gleb niektórych rajonów Mongolskiej Narodowej Republiki. Почвоведение, 1960, nr 10, s. 59—68.

Т. КОМОРНИЦКИ, С. ЗАСОЊСКИ

ВОСПРОИЗВОДИМОСТЬ РЕЗУЛЬТАТОВ ОПРЕДЕЛЕНИЙ НЕКОТОРЫХ ФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЧВЫ

Кафедра Почвоведения Сельскохозяйственной Академии Краков

Резюме

Было взято 14 комплектов образцов из семи профилей песчаных, глинистых и илистых почв. Образцы помещали в цилиндры емкостью 100 и 250 мл (характеристика почв в табл. 1) Определяли объемный удельный вес, капиллярную влагоемкость, актуальную влажность и временный удельный вес, и иногда также действительный удельный вес. Вычисляли общую порозность и относительную влажность. Результаты в 15 или 6 повторностях подвергли статистической обработке в случае объемного удельного веса и капиллярной влагоемкости.

Полученные результаты измерений собраны в табл. 2 и 3 по фреквенционному принципу, с тем чтобы нагляднее показать, что распределение их не всегда имеет нормальный вид. В связи с этим лишь по отношению к некоторым сериям можно применять статистические методы основанные на нормальном распределении. Предлагаем, чтобы объемный удельный вес определять в 3—4 повторностях, а средний результат округлять с точностью до 0,05 г/см³; разницы между измерениями в больших и меньших цилиндрах не превышают 0,05 г/см³ и можно ими пренебрегать. Впрочем лишь разницы порядка 0,1 г/см³ практически можно подвергать интерпретации.

Определения влагоемкости, проведенные в цилиндрах на 250 мл обнаруживают тенденцию к повышенным результатам по сравнению с меньшими цилиндрами. Следует это приписать некоторой деформации образцов при их взятии, несколько большей в случае меньших цилиндров (рис. 1). Мы предлагаем в связи с этим, чтобы капиллярную влагоемкость определять в цилиндрах в 4—6 повторностях и полученный средний результат округлить с точностью до 1%. Разницы между измерениями в малых и больших цилиндрах не превышают 2—3%, т.е. меньше 10% среднего значения; разницы меньше 15—20% определяемой влагоемкости, принятой за 100, являются по нашему мнению несущественными и кроме того неподдающиеся практической интерпретации.

В табл. 4 видно, что результаты определений порозности подвержены колебаниям по крайней мере в той же степени что объемный удельный вес, из которого они вычислены. Определения же актуальной влажности и вычисленные по ней значения относительной влажности могут иметь лишь дополнительное значение ввиду большого их разброса. Определения актуальной влажности следует проводить другим методом, обеспечивающим большую точность измерений.

T. KOMORNICKI, S. ZASOŃSKI

ON THE REPRODUCIBILITY OF RESULTS IN DETERMINATIONS
OF SOME PHYSICAL SOIL PROPERTIES

Department of Soil Science, College of Agriculture, Kraków

S u m m a r y

Fourteen series of samples from seven soil profiles were taken into cylinders holding either 100 ml or 250 ml; the soils were sands, loams, or silt loams. Mechanical analyses and humus determinations were made (see Table 1). Other determinations comprised apparent specific gravity, capillary moisture capacity, natural moisture content, field specific gravity (on moist basis), and (in series IX—XIV) true specific gravity. Total porosity and relative moisture content were calculated. The results for apparent specific gravity and capillary capacity from 15 or 6 replications were treated by statistical methods.

The obtained results are listed in tables 2 and 3 according to their frequency of occurrence, to show that their distribution is not always normal. Therefore only some series may be treated by statistical methods (based on normality of distribution). The authors propose to determine apparent specific gravity in 3—5 replications, while the obtained mean should be rounded off to 0,05 g/cm³; the differences between measurements made in the smaller and larger sizes of cylinders do not exceed 0,05 g/cm³ and may be considered as not significant. It is true, moreover, that only differences of at least 0,1 g/cm³ may be practically interpreted.

The determinations of capillary capacity in the larger cylinders show a tendency to higher values than those obtained in the smaller ones. This may be explained by deformation of the core in sampling, which in the smaller cylinders is comparatively greater (Fig. 1). The authors propose to determine capillary capacity by this method in 4—6 replications, while the obtained mean should be rounded off to 1% by weight. The differences between means from measurements made in the smaller and larger cylinders do not exceed 2—3%, which amounts to less than 10% of the mean; differences smaller than 15—20% of the result may be regarded as not significant, the more so as their interpretation is practically impossible.

It is seen in table 4 that the determinations of porosity oscillate at least in the same degree as the apparent specific gravity from which they are computed. Again the determination of natural moisture content made at the same time (as well as the calculated though not listed content of relative moisture) may possess orientative value only, as they oscillate too strongly. The determinations of natural moisture content must be made by some other method ensuring greater precision.