

ZBIGNIEW KIELAK, ROMAN ANTOSZEWSKI

Instytut Sadownictwa, Skierniewice

STANISŁAW KANISZEWSKI

Instytut Warzywnictwa, Skierniewice

OCENA NIEKTÓRYCH METOD POMIARU WILGOTNOŚCI GLEBY W WARUNKACH LABORATORYJNYCH

EVALUATION OF SOME METHODS OF SOIL MOISTURE MEASUREMENT
UNDER LABORATORY CONDITIONS

ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ
В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

I. WSTĘP

Do określania dynamiki zmian wilgotności gleby dysponujemy szeregiem metod i przyrządów pomiarowych. Najstarszym i szeroko stosowanym sposobem jest określanie ilości wody w glebie metodą grawimetryczną. W metodzie tej pobieranie próbek glebowych wymaga dużego nakładu pracy, wyniki otrzymuje się po jednej dobie, są więc one opóźnione w stosunku do aktualnego uwilgotnienia gleby. Jednak metoda ta uważana jest za najdokładniejszą i traktuje się ją jako standardową przy kalibracji laboratoryjnych i polowych urządzeń pomiarowych (Gardner, Kozłowski, 1968; Saini, Steward, 1967).

Z innych metod pomiarowych na szczególną uwagę zasługują: metoda tensjometryczna (Byszewski i inni, 1969; Heissner, Henkel, 1965; Szumiejewicz, 1967) i elektrometryczna (Dobrzański, 1961; Trzeciński i inni, 1971). Metoda tensjometryczna jest stosunkowo dokładna, chociaż posiada ograniczony zakres pomiaru (do ok. 0,7—0,8 atm. siły ssącej gleby), a więc pozwala określić od 50 do 90% wody dostępnej dla roślin w zależności od rodzaju gleby (Heissner, Henkel, 1965; Szuniewicz, 1967). Innymi mankamentami metody tensjometrycznej jest zmienność wskazań w zależności od temperatury oraz stosunkowo duża bezwładność czasowa (Baranowski, 1971; Gardner, Kozłowski, 1968).

Metody elektrometryczne, aczkolwiek proste w użyciu, obarczone są znacznymi błędami; za najpoważniejsze uważa się zależność wyników pomiarów od stężenia jonów w roztworze glebowym oraz zależność od temperatury (Baranowski, 1971; Trzeciński, 1971). Zaznaczyć należy, że obie omawiane metody obarczone są poważną histerezą (Baranowski, 1971).

Ostatnio do badań dynamiki zmian wilgotności gleby coraz częściej używa się metod radiometrycznych. Bardzo użyteczną w badaniach laboratoryjnych okazała się metoda polegająca na pomiarze absorpcji promieniowania gamma (Gardner, Kozłowski, 1968; Ivanow i in., 1967).

W niniejszej pracy porównuje się metodę elektrometryczną i tensjometryczną z opracowaną przez autorów metodą oznaczania wilgotności gleby przy pomocy izotopu ^{32}P jako emitora promieniowania beta oraz odpowiedniego zestawu liczącego.

II. METODYKA

Badaną glebę umieszczono w pojemniku o wymiarach $40 \times 30 \times 50$ cm. Dno pojemnika było przepuszczalne dla wody. Skład mechaniczny i ciężar objętościowy gleby użytej do badań przedstawiono w tabeli 1.

Do oznaczeń tensjometrycznych stosowano tensjometr typu „Biebrza” z manometrem rtęciowym oraz typu „Gallenkamp” z manometrem próżniowym (Heissner, 1965; Szuniewicz, 1967). Pomiary elektrometryczne przeprowadzano przy pomocy elektrody węglowej (Trzeciński, 1971) oraz elektrody gipsowej Bouyoucosa (Baranowski, 1971) sprzężone z wilgotnościomierzem glebowym. W metodzie radioizotopowej źródłem promieniowania był izotop ^{32}P emitujący twarde promieniowanie beta, które zliczano przy pomocy szklanego cylindrycznego licznika Geigera-Müllera typu „Bob” sprzężonego z przelicznikiem PT-67-a.

Tabela 1

Skład mechaniczny gleby (piasek gliniasty lekki)
Mechanical soil composition (light, loamy sand)

Średnica cząstek w mm Particle diameter mm	1,0—	0,5—	0,25—	0,1—	0,05—	0,02—	0,006—	0—002
	0,5	0,25	0,1	0,05	0,02	0,006	0,002	
Zawartość w % Contents %	10	16	45	8	8	5	2	6

Ciężar
objętościowy 1,21 —
Volume weight 1,21

Emitor umieszczono w szklanej kapilarze, zatapiano z obu końców aby żadne rozpuszczalne sole 32P nie przedostawały się do gleby. Kapilarę umieszczano w glebie w odległości około 5 mm od powierzchni licznika. Szczegóły przygotowania emitora opisano w poprzedniej pracy (Antoszewski, Lis, 1973).

Elektrody, sączi tensjometryczne, emitor i detektor umieszczono w glebie na stałej głębokości (15 cm). Do oznaczania wilgotności gleby metodą grawimetryczną pobierano próbki glebowe z tej samej głębokości na jakiej umieszczono przyrządy pomiarowe.

Wszystkie oznaczenia odnoszono do metody grawimetrycznej przyjętej za standardową, wyniki opracowano statystycznie posługując się równaniem regresji oraz wyznaczając współczynnik korelacji liniowej.

III. WYNIKI

Wstępna analiza zależności pomiędzy wilgotnością gleby (x), a wartościami uzyskanymi przy pomocy pozostałych metod (y) wskazywała na krzywoliniowy charakter tego związku:

$$y = ab^x \quad (1)$$

Stosując transformację logarytmiczną sprawdzono tę zależność do postaci liniowej:

$$\log y = \log a + (\log b)x \quad (2)$$

Właściwe wyrażenie danych w odniesieniu do wyników uzyskanych metodą standardową wymagało odwrócenia roli zmiennych w równaniu. Tak uzyskano równanie prostej:

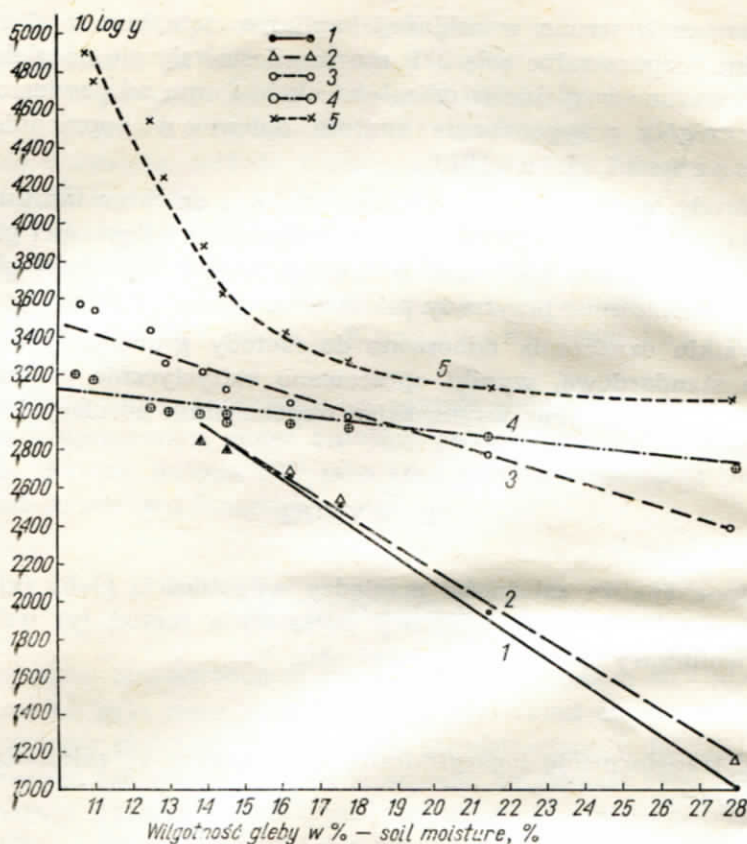
$$x = \frac{\log y}{\log b} - \frac{\log(a)}{\log(b)} \quad (3)$$

Tak więc transformację logarytmiczną stosowano tylko w odniesieniu do wartości y . Graficzny obraz zależności pomiędzy wilgotnością gleby wyznaczoną metodą standardową a log odczytu wskazań dla badanych przedstawiono na rys. 1.

Jak wynika z wykresu, dla wszystkich metod z wyjątkiem metody sond porowatych zależność między wilgotnością wyznaczoną metodą standardową a wartościami uzyskanymi pozostałymi metodami ma charakter liniowy.

Metoda sond porowatych wykazuje zależność krzywoliniową.

Uzyskane współczynniki korelacji liniowej dla zależności pomiędzy metodą standardową, a pozostałymi metodami są bardzo wysokie i waha się w granicach od $-0,9049$ do $-0,9957$ (tab. 2). Inaczej przedsta-



Rys. 1. Zależność pomiędzy wilgotnością gleby a log odczytu wskazań badanych metod

Fig. 1. Dependence between soil moisture and logarithm of reading over tested methods readings

1 — tensjometr rtęciowy — tensiometer method, mercury tensiometer; 2 — tensjometr mechaniczny — vacuum tensiometer; 3 — elektroda węglowa — electrometric method with coal electrode; 4 — metoda 32P — method 32P; 5 — elektroda gipsowa — electrometric method with gypsum electrode

wia się rzecz w przypadku sond porowatych, gdzie współczynnik korelacji w zakresie wilgotności od 28% do 14% objętościowych wynosił $-0,8017$, a dla zakresu od 28% do 10% objętościowych był nieco wyższy ($-0,8340$).

Tabela 2 przedstawia równania regresji zgodnie ze wzorem (3). Biorąc pod uwagę to równanie łatwo jest obliczyć wilgotność gleby jaką powinno się uzyskać na podstawie metody standardowej w oparciu o wyniki odczytu dla poszczególnych metod. Wystarczy zlogarytmować uzyskane wyniki i podstawić do odpowiedniego równania;

np: dla elektrod węglowych przy oporności gleby 1000Ω

$$\log y = 3.000$$

Tabela 2

Równania regresji liniowej i wartości odpowiadających im współczynników korelacji prostej dla zależności pomiędzy metodą standardową (M_0), a badanymi metodami ($M_1 \dots M_3$)

Linear regression equation and value of corresponding to them straight correlation coefficients for dependence between standard method (M_0) and tested methods ($M_1 \dots M_3$)

Rodzaj zależności Kind of dependence		Równania regresji Regression equations	Współczynnik korelacji Correlation coefficient
x	y		
— dla wilgotności w przedziale od 28 do 14% obj. — for moisture in interval from 28 to 14%			
Mo	M_1	$x = 187,99 - 58,11 \log y$	-0,9429
Mo	M_2	$x = 71,09 - 17,84 \log y$	-0,9895
Mo	M_3	$x = 66,05 - 13,86 \log y$	-0,8017
Mo	M_4	$x = 33,52 - 7,36 \log y$	-0,9957
Mo	M_5	$x = 38,05 - 8,27 \log y$	-0,9956
— dla wilgotności w przedziale od 28 do 10% obj. — for moisture in interval from 28 to 10%			
Mo	M_1	$x = 124,66 - 36,31 \log y$	-0,9049
Mo	M_2	$x = 61,76 - 14,55 \log y$	-0,9784
Mo	M_3	$x = 41,55 - 6,58 \log y$	-0,8340

M_0 — metoda grawimetryczna — gravimetric method

M_1 — metoda izotopowa 32 P —
isotope method 32 P

M_2 — metoda elektrometryczna z elektrodą węglową
electrometric method with coal electrode

M_3 — metoda elektrometryczna z elektrodą gipsową
electrometric method with gypsum electrode

M_4 — metoda tensjometryczna, tensjometr rtęciowy
mercury tensiometer, tensiometer method

M_5 — metoda tensjometryczna, tensjometr próżniowy
vacuum tensiometer, tensiometer method

Podstawiając do odpowiedniego równania (tab. 2)

$$x = 71,09 - 17,84 \log y$$

uzyskamy wilgotność w % objętościowych

$$x = 17,5^0/0$$

Należy nadmienić, że ocena wilgotności gleby na podstawie uzyskanych równań daje się stosować tylko w wymienionych poniżej zakresach odczytów:

od 550 do 1600 imp/min dla metody radioizotopowej;

od 450 do 3900 Ω dla metody elektrometrycznej z elektrodą węglową;

od 1000 do 82 000 Ω dla metody elektrometrycznej z elektrodą gipsową;

od 20 do 700 mm H_2O dla metod tensjometrycznych.

IV. DYSKUSJA

W licznych badaniach prowadzonych między innymi przez Heissnera i Henkela (1965), Szuniewicza (1967), Trybałę (1971) podkreśla się dużą dokładność metody tensjometrycznej. Znalazło to potwierdzenie również i w tych badaniach, gdzie uzyskane współczynniki korelacji są wysokie. Metoda tensjometryczna, mimo ograniczonego zakresu pomiaru, co jest jej poważną wadą, może być stosowana w warunkach polowych przy podejmowaniu decyzji o dodatkowym nawadnianiu. Należy podkreślić dużą dokładność tensjometru typu „Gallenkamp”, który jest mniej kłopotliwy w użyciu niż tensjometr rtęciowy typu „Biebrza” i powinien znaleźć szersze zastosowanie w praktyce. Wadą metod tensjometrycznych jest znaczne opóźnienie czasowe uzyskanych wyników oraz histereza.

Elektrody węglowe także odzwierciedlają dokładnie zmiany wilgotności gleby (współczynniki korelacji $-0,9895$ i $-0,9784$), co potwierdzają wyniki uzyskane między innymi przez Trzeckiego (1971). Wadą ich jest jednak znaczna wrażliwość na zmiany w zasoleniu gleby.

Bloki gipsowe wykazywały dużą bezwładność przy wysokiej wilgotności gleby w przedziale od 28% do 17% wilgotności objętościowej, o czym wiadomo także z innych prac (Baranowski, 1971). O mniejszej przydatności bloków gipsowych do badań dynamiki wilgotności gleby świadczą niskie współczynniki korelacji dla obu rozpatrywanych przedziałów wilgotności. Odnoszą się tu także uwagi o wadach wymienionych przy omawianiu metody tensjometrycznej.

Promieniowanie gamma stosowano w wielu badaniach do oznaczania wilgotności gleby (Gardner i inni, 1968; Ivanov i inni, 1967). Zaznaczyć jednak trzeba, że promieniowanie gamma odznacza się bardzo znaczną przenikliwością zależną w dużym stopniu od składu mechanicznego gleby. Obniża to dokładność pomiarów i w pewnych przypadkach wprowadza dodatkowy błąd do wyników. Wykorzystany w tych badaniach emitator beta ^{32}P jest łatwo dostępny i emitowane promieniowanie odznacza się stosunkowo dużą przenikliwością, ale znacznie mniejszą w porównaniu do promieniowania gamma. Pewną niedogodnością praktyczną jest fakt, iż czas półtrwania izotopu fosforu ^{32}P jest stosunkowo krótki i wynosi 14,3 dni. Pociąga to za sobą konieczność stosunkowo częstej wymiany emitatora w badaniach długotrwałych. Zaletą omawianej metody jest niezależność uzyskiwanych wyników od składu mechanicznego i chemicznego gleby przy zachowaniu stałej geometrii układu oraz brak opóźnienia czasowego i histerezy. Opracowana przez nas metoda radioizotopowa charakteryzuje się dużą dokładnością, uzyskane współczynniki korelacji wynoszą $-0,9429$ i $-0,9049$. Przy zastosowaniu odpowiedniego układu złożonego z przelicznika, drukarki i czasostery istnieje możliwość pełnego zautomatyzowania pomiarów i uzyskania

bardzo dokładnego obrazu dynamiki wilgotności badanej gleby, szczególnie w doświadczeniach dotyczących przemieszczania się wody w glebie; istnieje także szansa skonstruowania automatycznego urządzenia nawadniającego sterowanego w oparciu o opisaną metodę radioizotopową. Ostatnio w Polsce dostępne są liczniki półprzewodnikowe umożliwiające pomiar promieniowania beta pod ziemią, co znakomicie rozszerza możliwość zastosowania omawianej metody.

Autorzy składają podziękowanie mgr S. Rejmanowi za pomoc przy opracowaniu statystycznym.

LITERATURA

1. Antoszewski R., Lis E.K., 1973: Biol. Plantarum (Praha), 25, 1.
2. Baranowski R., 1971: Roczn. Gleb. t. XXII, z. 1.
3. Byszewski L., Dzieżyc J., Święcicki C., 1969: Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 88.
4. Dobrzański B., 1961: Roczn. Gleb. dod. t. X.
5. Fishbach P.E., Schleusener P.E., 1960: Bull. Ext. Serv. Univer. of Nebraska College of Agr. E.C., 61—716.
6. Gardner W.R. i inni, 1968: Water deficits and plant growth. — Ac. Press Nr 4.
7. Heissner A., Henkel A., 1965: Zur Erträge — und Qualität — testierung in Gemüsebau (Sammelband) DAL Berlin.
8. Ivanov I., Stanescu E., Ilien P., Militarn AL., 1967: Iter Soil Water Symp. — Proceedings, Praha, I.
9. Saini G.R., Stewart A.J., 1967: Can. J. Soil. Sci., vol 47.
10. Szuniewicz J., 1967: Wiadomości IMUZ, t. VII, z. 1.
11. Trzecki St., Król H., Szuniewicz J., 1971: Metody oznaczania różnych pojemności wodnych i porowatości różnicowej gleb, PTG, Warszawa.
12. Trzecki St., 1971: Zesz. Nauk. SGGW — Rolnictwo, z. 14.
13. Trybała M., 1971: Zesz. Probl. Post. Nauk. Rol., 110.

Wpłynęło 5.V.1976 r.

Z. Kielak, St. Kaniszewski, R. Antoszewski

EVALUATION OF SOME METHODS OF SOIL MOISTURE MEASUREMENT UNDER LABORATORY CONDITIONS

Summary

The following methods used for soil moisture measurement were compared to each other and were related to gravimetric method as a standard one:

- electrometric method with coal electrodes,
- electrometric method with gypsum blocks type „Bouyoucosa”,
- mercury tensiometer type „Biebrza”

— vacuum tensiometer type „Gallenkamp”

— radioisotope method based on measurement ^{32}P β radiation penetrability,

High exactness of measurement was obtained in relation to standard method for every tested method except electrometric method.

The method worked out by authors based on β -radiation penetrability could be characterised as very precise, no time intertion and hysteresis is observed. Obtained results do not depend on chemical and mechanical composition.

З. Кемяк, Ст. Канишевски, Р. Антошевски

ОЦЕНКА НЕКОТОРЫХ МЕТОДОВ ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Резюме

Испытано ряд методов и приборов, употребляемых при определении динамики влажности почвы. Сделано сравнение и сопоставлено с гравиметрическим методом, служащим стандартом, следующие методы измерения влажности почвы: электрометрический метод с угольными электродами, метод пористых зонд с гипсовыми блоками типа „Wocyoucosa”, ртутный тензиометр типа „Biebrza”, вакуумный тензиометр типа „Gallenkamp”, радиоизотопный метод, основанный на измерении проникаемости излучения бета, испускаемого ^{32}P .

В сравнении со стандартным методом выявлено большую точность измерения всеми методами за исключением метода пористых зонд.

Разработанный авторами метод, основанный на применении ^{32}P в качестве излучателя жесткого излучения бета, отличается большой точностью и необарчен временной инертностью и гистерезисом, полученные результаты не зависят от химического и механического состава исследуемой почвы.