
KALIBRACJA SOND POJEMNOŚCIOWYCH DLA WYBRANYCH PODŁOŻY ORGANICZNYCH I MINERALNYCH

Calibration of a capacitance probe for selected growth media

Krzysztof Klamkowski, Waldemar Treder
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach
96-100 Skierniewice, ul. Pomologiczna 18
e-mail: krzysztof.klamkowski@insad.pl

ABSTRACT

Irrigation scheduling based on measurements of soil water content is one of the most useful methods because of its practicality and low cost. Capacitance probes are inexpensive, and can be used for monitoring water content in soils and soilless media. Despite the availability of manufacturer's calibration (to convert the probe's output into moisture units), specific calibration for individual soils or soilless media is sometimes necessary for improving measurement accuracy. In the experiment, a series of calibrations was conducted for an inexpensive, readily available capacitance sensor (trade name: ECH₂O). The presented calibration equations can be used for accurate measurements of volumetric water content in one soil (loamy sand), and three soilless media (coco substrate and two types of peat substrate).

Key words: protected cultivation, soil moisture, irrigation requirements

WSTĘP

Światowe zasoby wody słodkiej obniżają się, co powoduje konieczność ograniczenia jej zużycia, szczególnie dla potrzeb rolniczych. Dodatkowo w wyniku zmian klimatycznych dochodzi do powiększenia się obszarów pustynnych i półpustynnych na Ziemi. Szacuje się, że około 30% powierzchni lądów na kuli ziemskiej wykazuje deficyt opadów,

a tylko na około 10% powierzchni użytków rolnych panują warunki zbliżone do optymalnych, z punktu widzenia uprawy roślin (Blum 1988; Kacperska 2002). Według prognoz zawartych w raporcie "Projected Water Scarcity in 2025" (Pritts 2002) niedobór wody będzie największym zagrożeniem dla ludzkiego zdrowia i produkcji żywności w ciągu następnych dekad.

Jednym z czynników powodzenia uprawy roślin jest zapewnienie im właściwych warunków wilgotności podłoża. Nawadnianie jest jednym z najskuteczniejszych sposobów intensyfikacji produkcji rolnej, w tym sadowniczej. Wyniki szeregu badań dowodzą, że nawadnianie umożliwia zwiększenie wielkości i poprawę jakości uzyskiwanych plonów (np. Mazur 1987; Ostermann i Hansen 1988; Treder i Mika 1996). Zapewnienie roślinom optymalnego zaopatrzenia w wodę jest szczególnie ważne w systemach uprawy pod osłonami z uwagi na fakt, iż rośliny rosną w ograniczonej objętości podłoża. W takich warunkach następuje szybkie wyczerpywanie zasobów wody z podłoża, co może prowadzić do wystąpienia objawów jej deficytu.

Jak wspomniano wcześniej, dostęp do dobrej jakości wody dla potrzeb rolniczych ulega ograniczeniu. Niezbędne staje się racjonalne gospodarowanie jej zasobami. Wiąże się to z koniecznością poznania potrzeb wodnych roślin oraz znajomością ich aktualnego stopnia zaopatrzenia w wodę. Według opinii wielu autorów optymalnym sposobem szacowania potrzeb nawodnieniowych są technologie wykorzystujące pomiary parametrów glebowych – potencjału lub zawartości wody w glebie/podłożu (Silva i in. 2005; Nemali i in. 2007). Opracowano wiele technik umożliwiających pomiar zawartości (lub potencjału) wody w glebie. Obejmują one pomiary właściwości dielektrycznych podłoża (TDR – reflektometria w domenie czasu), stopień rozproszenia strumienia neutronów, pomiar rezystancji elektrycznej, pomiary tensjometryczne i inne. Szczegółowy przegląd technik wykorzystywanych do pomiaru zawartości/potencjału wody w glebie można znaleźć w opracowaniach Ley'a i współautorów (1994) oraz Kramera i Boyera (1995). Większość technik pomiarowych pozwala jednak tylko na przybliżone określenie

stopnia uwilgocenia gleby (pomiar rezystancji), wymaga zastosowania kosztownych i skomplikowanych urządzeń (metoda neutronowa, TDR) lub wiąże się z koniecznością pobierania prób gleby i analizy laboratoryjnej (metoda grawimetryczna). Z tych powodów coraz większym zainteresowaniem cieszą się sondy pojemnościowe. Określenie wilgotności podłoża/gleby odbywa się na podstawie pomiaru względnej przenikalności elektrycznej ośrodka, która zależy od zawartości wody (przenikalność elektryczna wody wynosi ok. 80, powietrza ok. 1, w przypadku suchej gleby ok. 4). Czujniki te są względnie tanie, bezpieczne i łatwe w użyciu, a ponadto ich rozmiary umożliwiają prowadzenie pomiarów w niewielkich ilościach podłoża (np. uprawy pojemnikowe w szklarni).

Sondy pojemnościowe wymagają kalibracji. O ile kalibracja fabryczna jest najczęściej wystarczająca dla pomiaru zawartości wody w glebach mineralnych, o tyle dla uzyskania bardziej precyzyjnych wyników istnieje konieczność wykonania kalibracji specyficznej dla danego rodzaju podłoża (Morgan i in. 1999; Leib i in. 2003). Jest to szczególnie ważne w przypadku podłoży bezglebowych.

Celem doświadczenia było opracowanie kalibracji dostępnej na rynku sondy pojemnościowej dla wybranych podłoży wykorzystywanych w technologiach uprawy pod osłonami.

MATERIAŁ I METODY

W doświadczeniu wykorzystano dostępne na rynku sondy pojemnościowe ECH₂O (model EC-10, Decagon Devices, USA). Kalibracje przeprowadzono dla następujących podłoży: piasek gliniasty mocny (gleba mineralna pochodząca z Sadu Pomologicznego w Skierniewicach), podłoże kokosowe (typ ¼" z dodatkiem włókien) oraz dwa substraty torfowe (substrat 1 zawierający torf o frakcji do 20 mm, substrat 2 zawierający torf o frakcji do 40 mm). Zasolenie gleby mineralnej w trakcie pomiarów mieściło się w zakresie 0,2-0,3 g dm⁻³. Dla substratów organicznych wartość zasolenia wynosiła 0,8-1 g dm⁻³.

Pojemniki (350 cm³) napełniono podłożem o określonej wilgotności (przez dodawanie zróżnicowanych objętości wody wodociągowej uzyskano szeroki zakres wilgotności podłoża od stanu suchego do niemal pełnego wysycenia). Po umieszczeniu sondy w podłożu wyniki pomiarów odczytywano czytnikiem ECH₂O Check (Decagon Devices, USA) (sonda podaje bezpośredni odczyt w miliwoltach). Dla każdego podłoża wykonano minimum 30 pomiarów w temperaturze pokojowej, a rzeczywistą zawartość wody określono metodą wagowo-suszarkową. Do analizy zależności pomiędzy rzeczywistą wilgotnością podłoża a odczytami sondy użyto metody regresji liniowej.

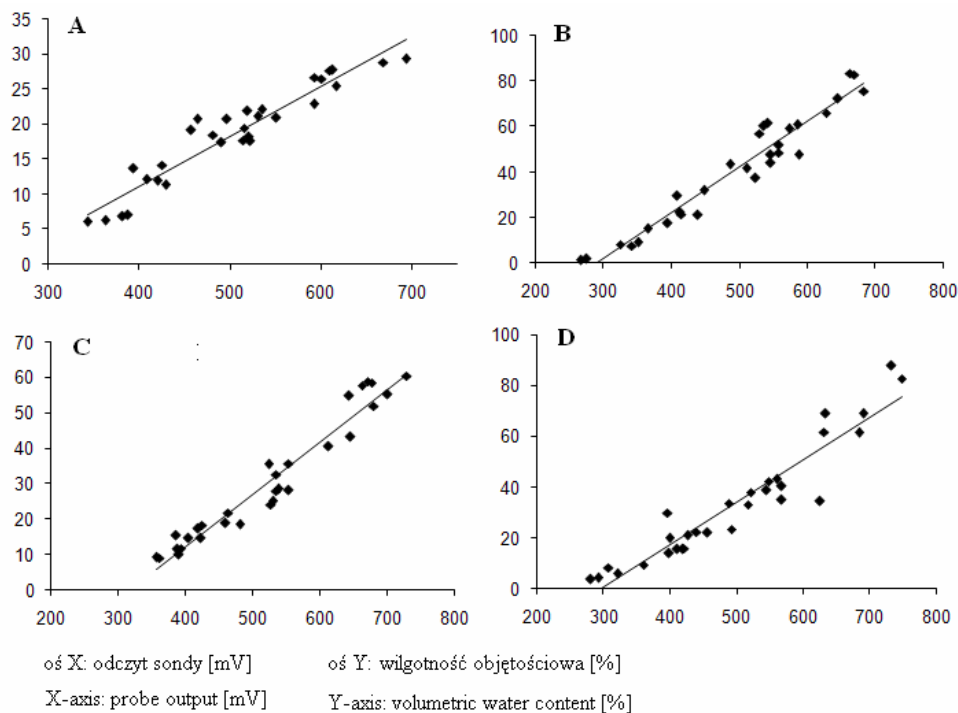
WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Uzyskane wyniki wskazują na konieczność kalibracji sond pojemnościowych w celu zwiększenia precyzji uzyskanych wyników. Przyjęta metodologia okazała się poprawna, dzięki czemu możliwe było uzyskanie odczytów dla szerokiego zakresu wilgotności. W przypadku gleby mineralnej maksymalna zmierzona wilgotność wynosiła ok. 30% obj. Spośród podłoży organicznych najwyższą wilgotność zarejestrowano dla substratu torfowego 2 – ok. 88% obj., oraz podłoża kokosowego – ok. 84% obj.

Dla gleby oraz wszystkich analizowanych podłoży organicznych otrzymano liniowe zależności pomiędzy odczytem sondy a wilgotnością rzeczywistą (rys. 1). Równania przedstawione w tabeli 1. umożliwiają bezpośrednią konwersję wyników uzyskanych za pomocą sondy (mV) na rzeczywistą zawartość wody w danym podłożu/glebie (% obj.). Podczas kalibracji sond pojemnościowych należy zwrócić uwagę na zasolenie i temperaturę podłoża. Jak donoszą Nemali i współautorzy (2007), odczyty tego typu sensorów mogą zmieniać się wraz ze wzrostem przewodności elektrolitycznej (EC) oraz temperatury. Należy to uwzględnić przygotowując kalibracje sond, które mają być wykorzystane w specyficznych warunkach uprawy.

Na podstawie wyników analizy statystycznej (test t, $p < 0,05$) stwierdzono istotne różnice pomiędzy wartościami wilgotności objętościowej

podłoża/gleby obliczonymi za pomocą równań kalibracji fabrycznej a uzyskanymi w niniejszym doświadczeniu.



Rysunek 1. Kalibracja sondy pojemnościowej dla wybranych podłoży (A – piasek gliniasty mocny, B – podłoże kokosowe, C – substrat torfowy 1, D – substrat torfowy 2) – Calibration data for selected growth media (A – loamy sand, B – coco substrate, C – peat substrate 1, D – peat substrate 2)

We wszystkich przypadkach wartości wilgotności obliczone na podstawie kalibracji fabrycznej były znacząco niższe od wartości uzyskanych na podstawie równania opracowanego w niniejszym doświadczeniu, przy czym średnie różnice wynosiły od ok. 8,7% obj. dla gleby do ponad 31% obj. w przypadku podłoża kokosowego. Wynika z tego, iż stosowanie kalibracji fabrycznej może doprowadzić do podjęcia błędnej decyzji o konieczności nawadniania i zalaniu roślin (szczególnie w przypadku podłoża bezglebowych). Jest to niekorzystne zarówno z punktu widzenia

ekonomicznego (ograniczenie plonu i pogorszenie jego jakości, straty wody i energii), jak również z uwagi na konieczność ochrony środowiska naturalnego (zanieczyszczenie naturalnych źródeł wody nawozami i agrochemikaliami).

Tabela 1

Kalibracja sondy pojemnościowej dla różnych podłoży – Calibration of the capacitance probe for different growth media

Gleba/podłoże Growth medium	Równanie Equation*	Współczynnik determinacji [r^2] Coefficient of determination [r^2]
Kalibracja fabryczna Manufacturer's calibration	$Y = 0,094x - 38,00$	-
Piasek gliniasty mocny Strong loamy sand	$Y = 0,071x - 17,38$	0,90
Podłoże kokosowe Coco substrate	$Y = 0,201x - 58,40$	0,94
Substrat torfowy 1 Peat substrate 1	$Y = 0,146x - 46,20$	0,94
Substrat torfowy 2 Peat substrate 2	$Y = 0,166x - 49,62$	0,91

Objaśnienia: x – odczyt sondy w mV, Y – wilgotność objętościowa

Explanation: x – probe output in mV, Y – volumetric water content

PODSUMOWANIE

Wyniki eksperymentu wyraźnie wskazują, że dla podniesienia precyzji pomiarów prowadzonych za pomocą sond pojemnościowych istnieje konieczność wykonania kalibracji dla określonego rodzaju gleby/podłoża. Istotną zaletą sond pojemnościowych jest szybkość wykonywania pomiarów oraz łatwość adaptacji do systemów gromadzących dane. Mogą być one także wykorzystywane do sterowania układami automatycznie dozującymi wodę (np. w systemach zasilania upraw szklarniowych). Skuteczność działania takiego systemu jest obecnie oceniana w Samodzielnej Pracowni Nawadniania i Upraw Roślin pod Osłonami ISK. System sterujący nawadnianiem wykorzystujący sondy

pojemnościowe do pomiaru wilgotności podłoża jest używany w badaniach nad nowymi technologiami upraw roślin pod osłonami oraz reakcją roślin na czynniki środowiska.

LITERATURA

- Blum A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Boca Raton, USA.
- Changing the calibration of the ECH₂O Check handheld reader. Application Note. 2006. Decagon Devices, USA.
- Kacperska A. 2002. Reakcje roślin na abiotyczne czynniki środowiska. W: Fizjologia roślin. Red.: Kopcewicz J., Lewak S. PWN, Warszawa.
- Kramer P.J., Boyer J.S. 1995. Water relations of plants and soils. Academic Press, Inc., San Diego, USA.
- Leib B.G., Jabro J.D., Matthews G.R. 2003. Field evaluation and performance comparison of soil moisture sensors. Soil Sci. 168: 396-408.
- Ley T.W., Stevens R.G., Topielec R.R., Neibling W.H. 1994. Soil water monitoring and measurement. Pacific Northwest Extension Publication 475: 1-36.
- Mazur J. 1987. Wpływ nawadniania na wzrost i plonowanie truskawki odmiany Senga Sengana. Poznańskie Tow. Przyjaciół Nauk. Pr. Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leś. 63: 137-153.
- Morgan K.T., Parsons L.R., Wheaton T.A., Pitts D.J., Obreza T.A. 1999. Field calibration of a capacitance water content probe in fine sand soils. Soil Sci. Am. J. 63: 987-989.
- Nemali K.S., Montesano F., Dove S.K., van Iersel M.W. 2007. Calibration and performance of soil moisture sensors in soilless substrates: ECH₂O and Theta probes. Sci. Hortic. 112: 227-234.
- Ostermann J., Hansen P. 1988. Effects of drip irrigation on field components of black currants. Acta Agric. Scand. 38: 171-176.
- Pritts M. 2002. Growing strawberries, healthy communities, strong economies and clean environments: what is the role of the researcher? Acta Hort. 567: 411-417.
- Silva C.R., Folegatti M.V., Silva T.J.A., Junior J.A., Souza C.F., Ribeiro R.V. 2005. Water relations and photosynthesis as criteria for adequate irrigation management in 'Tahiti' lime trees. Sci. Agric. 62: 415-422.
- Treder W., Mika A. 1996. Efektywność nawadniania jabłoni odmiany 'Szampion' i 'Gala' przy dwu sposobach sadzenia. Zesz. Prob. PNR 438: 183-192.