

WYZNACZANIE WILGOTNOŚCI GLEBY W JEJ WARSTWIE PODORNEJ NA PODSTAWIE POMIARU SIŁY SSĄCEJ

Jan B. Dawidowski, Dariusz Błażejczak

*Katedra Budowy i Użytkowania Urządzeń Technicznych,
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie*

Streszczenie. Celem pracy była próba poszukiwania zależności pomiędzy siłą ssącą gleby, mierzoną za pomocą tzw. szybkiego tensjometru, a jej wilgotnością oznaczoną metodą suszarkowo – wagową. Badania ograniczono do warstwy podornej wybranych gleb Niziny Szczecińskiej. W pracy przyjęto, że wilgotność objętościowa określona przy potencjale pF0 odpowiada wartości 0 kPa na skali tensjometru. Wilgotność objętościowa oznaczona zaś na płycie gipsowej przy potencjale pF2 odpowiada w warunkach polowych wskazaniu tensjometru równemu 10 kPa. Stwierdzono, że uzyskane równania regresji pozwalają na zgrubne szacowanie wilgotności gleby z błędem względnym prognozy do 18%.

Słowa kluczowe: gleba, wilgotność, siła ssąca, prognozowanie

Wstęp i cel

Nowoczesne rolnictwo charakteryzuje się dążeniem do maksymalizacji efektów ekonomicznych przy zachowaniu wymogów ochrony środowiska. Podejście takie wiąże się z koniecznością monitorowania wielu parametrów. W przypadku produkcji roślinnej ważną jest znajomość aktualnych właściwości gleby. Szczególne znaczenie, ze względu na bezpośrednie powiązanie z wynikami produkcyjnymi lub zagrożeniem powstawania niekorzystnych zjawisk ma informacja o aktualnym uwilgotnieniu gleby [Błażejczak 2010; Nidzgorzka-Lencewicz 2006]. Dotychczas opracowano wiele metod pomiaru wilgotności gleby. Ze względu na szybkość pozyskiwania informacji pożądana byłaby możliwość pomiaru wilgotności gleby w warunkach polowych [Piechnik, Tomiak 2005]. Dokładność istniejących metod jest jednak, ze względu na złożoność środowiska glebowego, często niewystarczająca np. w porównaniu do powszechnie stosowanej lecz czasochłonnej metody suszarkowo – wagowej [Malicki 1980]. Używana do pomiaru wilgotności gleby aparatura bywa także stosunkowo droga np. Time Domain Reflektometry (TDR). Zasadne jest zatem poszukiwanie sposobu przewidywania wartości wilgotności gleby na podstawie informacji pozyskiwanych z wykorzystaniem istniejących i relatywnie tanich metod – np. pomiary siły ssącej gleby za pomocą tensjometrów. Dlatego celem niniejszej pracy była próba poszukiwania zależności pomiędzy siłą ssącą gleby, zmierzoną za pomocą tzw. szybkiego tensjometru, a jej wilgotnością oznaczoną metodą suszarkowo – wagową. Ze względu na powiązanie długotrwałości skutków nadmiernego ugniecenia gleby w warstwie podornej z jej wilgot-

nością [Szeptycki 2003] w badaniach pominięto warstwę orną, gdzie zagęszczenie gleby może być utrzymywane na określonym poziomie przez odpowiednią uprawę roli i roślin.

Material i metody

Pomiary prowadzono w okresie wiosennych i jesiennych prac polowych w warstwach leżących na głębokościach: 5-10 cm, 15-20 cm, 25-30 cm, 35-40 cm, 45-50, 55-60 cm. Do pomiaru siły ssącej w warunkach polowych użyto przenośny tensjometr Tensio 100 firmy UGT, który mierzy siłę ssącą gleby w zakresie od 0 do 85 kPa. Z każdej odkrywki (cztery), z wyżej wymienionych warstw, pobierano także próbki w postaci luźnej masy glebowej oraz o tzw. nienaruszalnej strukturze – za pomocą cylinderów Kopecky'ego. Luźna masa glebowa posłużyła do oznaczenia: składu granulometrycznego, gęstości właściwej, odczynu, zawartości próchnicy i węgla wapnia oraz granicy plastyczności. Skład granulometryczny określono metodą Bouyoucosa – Casagrande'a w modyfikacji Prószyńskiego (frakcję pisku odmywano na sicie o wymiarach oczek 0,1 mm). Gęstość właściwą badano metodą piknometryczną. Zawartość próchnicy oznaczono metodą Tiurina, a węgiel wapnia (CaCO₃) metodą Scheibler'a. Do oznaczenia granicy plastyczności zastosowano metodę waleczkowania. Próbki o tzw. nienaruszonej strukturze wykorzystano do określenia gęstości objętościowej i wilgotności wagowej gleby przy potencjałach pF0 i pF2, które wytwarzano na płycie gipsowej pF.

Realizując cel pracy przyjęto, że wilgotność objętościowa określona przy potencjale pF0 odpowiada pełnemu wysyceniu gleby w warunkach polowych, co oznacza wskazanie na skali tensjometru równe 0 kPa. Wilgotność objętościowa oznaczona na płycie gipsowej przy potencjale pF2 odpowiada zaś w warunkach polowych wskazaniu tensjometru równym 10 kPa, czyli zawartości wody zbliżonej do polowej pojemności wodnej. Zbudowane na podstawie tego założenia równania regresji liniowej posłużyły do prognozowania dla warunków polowych wartości wilgotności gleby za pomocą wartości siły ssącej, które zmierzono tensjometrem. Podstawą walidacji uzyskanych równań regresji był błąd względny prognozy (δ_p), który obliczano z zależności:

$$\delta_p = \frac{|W_x - W_{xp}|}{W_x} \cdot 100 \quad (1)$$

gdzie:

W_x – oznaczona wartość wilgotności [% obj., % wag.],

W_{xp} – prognozowana wartość wilgotności [% obj., % wag.].

Nazwy grup granulometrycznych przyjęto wg tzw. „starej” klasyfikacji PTG [1989], ponieważ jest ona zgodna z oznaczeniami stosowanymi na mapach glebowo-rolniczych.

Wyniki i dyskusja

Wyniki oznaczeń wybranych właściwości gleby zamieszczono w tabeli 1. Badane gleby to w większości przypadków mineralne utwory gliniaste lub pylaste o zawartości cząstek

Wyznaczanie wilgotności gleby...

splawialnych (<0,02 mm) od 24 do 52% i gęstości właściwej od 2,56 do 2,65 g·cm⁻³, należące do gleb lekko kwaśnych i kwaśnych oraz charakteryzujące się obecnością próchnicy w warstwie 25-60 cm. Wszystkie gleby to utwory plastyczne o wąskim przedziale zmienności granicy plastyczności tj. od 16,7 do 21,6% wag. Ogólnie należy stwierdzić, że brak jest zdecydowanych różnic we właściwościach materiału glebowego pomiędzy odkrywkami I, III i IV w porównaniu do tej oznaczonej numerem II. W tym przypadku można zauważyć, że gleba ta różni się od pozostałych przede wszystkim składem granulometrycznym, co mogło mieć wpływ na wartość granicy plastyczności oraz obserwowaną gęstość objętościową, która przyjmowała niższe wartości szczególnie w warstwie 45-60 cm tj. 1,55 g·cm⁻³.

Tabela 1. Uśrednione wyniki pomiarów właściwości gleby dla poszczególnych odkrywek i warstw pomiarowych

Table 1. Average results of the soil properties measures for selected soil pits and measure layers

Numer odkrywki	Warstwa [cm]	Grupa granulometryczna	Gęstość właściwa [g·cm ⁻³]	Odczyn (w KCl) [pH]	Zawartość próchnicy [%]	Granica plastyczności [%]	Zawartość cząstek splawialnych <0,02mm [%]	Gęstość objętościowa [g·cm ⁻³]
I	25-30	gsp	2,56	6,25	1,33	17,2	36,0	1,76
	35-40	gc	2,58	5,20	0,51	19,8	51,0	1,73
	45-50	gc	2,65	5,25	0,43	19,8	51,0	1,76
	55-60	gc	2,58	5,42	0,25	19,4	51,0	1,76
II	25-30	plz	2,60	4,77	1,23	17,1	27,0	1,72
	35-40	plz	2,56	4,97	0,51	18,6	33,0	1,65
	45-50	plz	2,57	5,04	0,33	16,7	29,0	1,55
	55-60	plz	2,60	5,27	0,27	17,5	24,0	1,55
III	25-30	glp	2,54	5,96	1,73	18,5	30,0	1,66
	35-40	gsp	2,61	5,80	1,13	19,2	41,0	1,72
	45-50	gc	2,58	5,60	0,47	20,3	52,0	1,63
	55-60	gcp	2,61	5,64	0,43	21,6	52,0	1,68
IV	25-30	gsp	2,57	5,99	1,13	17,8	37,0	1,70
	35-40	gc	2,59	5,29	0,50	19,6	51,0	1,67
	45-50	gc	2,57	5,19	0,38	17,9	52,0	1,63
	55-60	gs/gc	2,61	5,11	0,29	18,3	50,0	1,61

Oznaczenia grup granulometrycznych: glp - glina lekka pylasta, gs - glina średnia, gsp - glina średnia pylasta, gc - glina ciężka, gcp - glina ciężka pylasta, ip - il pylasty, plz - pyl zwykły

Abbreviations of granulometric groups: glp - silty light loam, gs - medium loam, gsp - medium silty loam, gc - heavy loam, gcp - heavy silty loam, ip - silty clay, plz - standard silt

Zaobserwowane różnice w cechach badanych gleb (tab. 1) nie miały odzwierciedlenia w wynikach przedstawionych w tabeli 2. Przeprowadzona za pomocą błędu względnego walidacja równań regresji wykazała, że jakości prognozy nie można wiązać z określoną cechą gleby. Jakkolwiek statystycznie istotne różnice błędu względnego prognozy obser-

wowane były pomiędzy niektórymi warstwami, to miały one jednak charakter losowy wynikający ze zmienności ośrodka jakim jest gleba. Przeciętna zaś jakość prognozy nie różniła się pomiędzy poszczególnymi profilami (odkrywkami), co wynikało z rozrzutu otrzymanych wyników, ponieważ błąd względny prognozy wilgotności objętościowej i wagowej gleby zawierał się w stosunkowo szerokich przedziałach tj. odpowiednio 0,7-17,3 oraz 1,4-17,4%. Biorąc pod uwagę zmienność tych wyników można uznać, że zaproponowany sposób prognozowania jest wystarczający dla potrzeb zgrubnego szacowania wilgotności gleby. Należy jednak dodać, że zastosowanie zaproponowanego, prostego sposobu prognozowania wilgotności gleby wymaga uprzedniego sporządzenia zbioru charakterystyk opisujących zależność wilgotności gleby od potencjału wody. Liczba zaś wymaganych charakterystyk zależy od przestrzennej zmienności budowy profilu gleby.

Tabela 2. Wyniki walidacji równań regresji do prognozowania wilgotności gleby dla poszczególnych odkrywek i warstw

Table 2. Validations results of regression equations for forecasting soil humidity for selected soil pits and layers

Numer odkrywki	Warstwa	Współczynniki równań		Wyniki walidacji równań					
		<i>a</i>	<i>b</i>	W_v	W_{vp}	δ_{wv}	W_w	W_{wp}	δ_{ww}
	[cm]			[% obj.]		[%]	[% wag.]		[%]
I	25-30	-0,222	32,4	32,2	32,4	0,7	18,2	18,5	1,4
	35-40	-0,690	36,0	30,7	33,9	10,4	17,8	19,7	10,6
	45-50	-0,591	35,1	32,0	34,5	7,8	16,7	19,6	17,4
	55-60	-0,329	32,6	28,2	31,0	9,8	19,6	17,5	10,4
II	25-30	-1,047	35,6	27,8	32,4	16,7	16,2	18,9	16,5
	35-40	-0,900	36,9	29,0	33,3	15,0	17,7	20,2	14,3
	45-50	-0,886	39,2	32,9	34,8	5,7	20,3	22,5	10,7
	55-60	-0,977	40,5	33,1	36,6	10,6	20,8	23,6	13,9
III	25-30	-0,701	37,0	32,5	34,2	5,4	19,2	20,6	7,4
	35-40	-0,770	35,0	29,1	33,1	13,5	17,2	19,3	12,2
	45-50	-0,781	36,3	31,4	34,3	9,2	19,2	21,1	9,8
	55-60	-0,694	38,5	31,0	33,6	8,6	18,2	20,0	9,7
IV	25-30	-0,696	35,4	31,1	32,4	4,4	18,4	19,1	4,0
	35-40	-0,544	34,1	29,3	30,1	2,7	17,8	18,1	1,5
	45-50	-0,550	37,0	29,7	34,8	17,3	18,2	21,3	17,2
	55-60	-0,769	36,6	30,9	34,3	11,0	18,9	21,2	12,5

Oznaczenia: *a* - zmienna równania, *b* - stała równania (przecięcie), W_{vp} - prognozowana wartość wilgotności objętościowej, W_v - oznaczona wartość wilgotności objętościowej, W_{wp} - prognozowana wilgotność wagowa, W_w - oznaczona wilgotność wagowa, δ_{xx} - błąd względny prognozy wilgotności objętościowej (δ_{wv}) lub wagowej (δ_{ww})

Legend of abbreviations: *a* - variable of equations *b* - constant of equation (przecięcie), W_{vp} - forecasted value of volumetric humidity, W_v - denotated value of volumetric humidity, W_{wp} - forecasted weight humidity W_w - denotated weight humidity, δ_{xx} - relative error of volumetric humidity forecast (δ_{wv}) or weight forecast (δ_{ww})

Wnioski

1. Do prognozowania wilgotności gleby w jej warstwie podornej można wykorzystać wyniki pomiarów siły ssącej gleby, uzyskiwane za pomocą tzw. szybkiego tensjometru. Dla gleb mineralnych o zawartości cząstek spławialnych ($<0,02$ mm) od 27 do 52% błąd takiej prognozy wynosił maksymalnie około 18%, co pozwala na zgrubne szacowanie wilgotności gleby.
2. Zaproponowany sposób prognozowania wilgotności gleby wymaga prowadzenia dalszych badań ukierunkowanych na poszukiwanie uogólnień, które pozwoliłyby na ograniczenie zbioru danych wejściowych.

Bibliografia

- Błażejczak D.** 2010. Prognozowanie naprężenia granicznego w warstwie podornej gleb ugniatanych kołami pojazdów rolniczych. Wydawnictwo Uczelniane ZUT w Szczecinie. ISBN 978-83-7663-050-2.
- Malicki M.** 1980. Przegląd metod pomiaru wilgotności gleby i ocena ich przydatności w badaniach polowych. Problemy Agrofizyki 31 s. 47-55.
- Nidzgorska-Lencewicz J.** 2006. Elementy meteorologiczne kształtujące wilgotność gleby w okresach rozwojowych żyta i ziemniaka. Acta Sci. Pol. Agricultura 5(2). s. 57-64.
- Piechnik L. Tomiak P.** 2005. Podcierwień w dynamicznych pomiarach wilgotności gleby w terenie urzeźbionym. Acta Agrophysica. 5(2). s. 387-391.
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze** 1989. Systematyka Gleb Polski. Roczniki Gleboznawcze t. XL. Nr ¾. PWN. Warszawa. s. 132-133.
- Szeptycki A.** 2003. Wpływ ciężkich maszyn rolniczych na fizykomechaniczne właściwości gleby. Journal of Research and Application in Agricultural Engineering, Vol. 48(3). s. 5-9.

DETERMINATION OF SOIL HUMIDITY IN ITS SUR-ARABLE LAYER BASED ON CAPILLARY POTENTIAL MEASURE

Abstract. The purpose of the study was an attempt to search for dependence between soil capillary potential measured with the use of the so-called fast tensiometer and its humidity determined by a dryer-scale method. The research was limited to a sur-arable layer of the selected soils of Nizina Szczecińska. The study assumed that volumetric humidity determined at the potential pF0 corresponds to 0kPa on a tensiometer scale. Whereas, the volumetric humidity determined on plasterboard with the potential pF2 corresponds in field conditions to the response of tensiometer equal to 10kPa. It was determined that the obtained regression equations allow for coarse estimation of the soil humidity with a relative error of forecast up to 18%.

Key words: soil, humidity, capillary potential, forecasting

Adres do korespondencji:

Dariusz Błażejczak; e-mail: blazejczak@agro.ar.szczecin.pl
Katedra Budowy i Użytkowania Urządzeń Technicznych
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie
ul. Papieża Pawła VI/3
71-459 Szczecin