

PRZEWODNICTWO WODNE RĘDZIN POLSKI¹

C. Sławiński, R.T. Walczak, B. Witkowska-Walczak

Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego, Polska Akademia Nauk
20-290 Lublin 27, P.O. Box 201, Doświadczalna 4, e-mail: rwalczak@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie: W pracy przedstawiono wyniki badań przewodnictwa wodnego rędzin Polski. Stwierdzono, że najwyższymi współczynnikami przewodnictwa wodnego charakteryzowała się warstwa podpowierzchniowa zarówno rędzin czystych jak i mieszanych. Najniższe wartości współczynnika przewodnictwa wodnego odnotowano w warstwie powierzchniowej rędzin czystych i podglebiu rędzin mieszanych.

Słowa kluczowe: rędziny Polski, przewodnictwo wodne.

WSTĘP

Jedną z ważniejszych funkcji gleby w obiegu wody w przyrodzie jest jej zdolność do wchłaniania wody z opadów i nawodnień oraz przekazywanie sąsiadującym warstwom. Właściwość ta, wraz z nachyleniem terenu, decyduje o ilości wody zatrzymywanej w profilu glebowym, umożliwia zasilanie nią wód podziemnych, zapobiega spływom powierzchniowym oraz zabezpiecza glebę przed erozją [5, 8, 17]. Ruch wody w glebie można opisać równaniem [5]:

$$J_w = -k_w \frac{\Delta\psi_h}{\Delta s} \quad (1)$$

gdzie:

J_w – gęstość strumienia wody [cm s^{-1}],

¹ Praca wykonana częściowo w ramach projektu badawczego nr P06B01215 finansowanego przez Komitet Badań Naukowych

k_w – przewodnictwo wodne [cm s^{-1}],

$\Delta\psi_h$ – różnica potencjałów wody glebowej [cm] pomiędzy dwoma punktami,

Δs – odległość pomiędzy dwoma punktami [cm].

Ruch wody znajdującej się w glebie może zachodzić w warunkach pełnego i niepełnego nasycenia. Warunki pełnego nasycenia gleby wodą zwykle trwają krótko i mają miejsce bezpośrednio po opadach i nawodnieniach. W pozostałych przypadkach mamy do czynienia z warunkami niepełnego nasycenia wodą.

Czynnikiem decydującym o ruchu wody w glebie, poza jej budową, jest gradient potencjału wody. Różnica pomiędzy ruchem wody w strefie nasyconej i nienasyconej polega na tym, że wpływ składowej grawitacyjnej potencjału wody glebowej na przepływ wody w strefie nienasyconej jest znikomy.

Celem niniejszej pracy było określenie współczynników przewodnictwa wodnego w strefie nasyconej i nienasyconej rędzin Polski.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Współczynniki przewodnictwa wodnego w strefie nasyconej i nienasyconej wyznaczono dla rędzin Polski. Były to rędziny czyste i mieszane wydzielone w Banku Mineralnych Gleb Polski [1–4, 6, 7, 11–13, 15], których podstawowe właściwości przedstawiono w pracy dotyczącej retencji wodnej rędzin Polski [16].

Wyznaczenie współczynników przewodnictwa wodnego wykonano metodą profili chwilowych, opartą na pomiarze wilgotności i potencjału wody glebowej w wybranych warstwach próbki glebowej przy pomocy zestawu pomiarowego TDR w procesie osuszania [9, 10, 14]. Pomiaru wykonywane były w standardowych cylindrach z glebą, o wysokości 5 cm i objętości 100 cm^3 , w których na wysokości 1, 2.5 i 4 cm od dołu zostały nawiercone otwory i zainstalowane sondy TDR mierzące wilgotność oraz mikrotensjometry mierzące potencjał wody glebowej. Próbkę glebową nasycano wodą do pełnej pojemności wodnej i pozostawiano przykryte na 24 godziny w celu uzyskania równowagi termodynamicznej. Następnie próbki odkrywano i monitorowano wilgotność oraz potencjał wody glebowej w procesie parowania. Miernik TDR współpracował z komputerem, dlatego też pomiar odbywał się automatycznie, a zmierzone wartości wilgotności i potencjału wody glebowej były rejestrowane na nośniku komputerowym. Uzyskane w ten sposób wyniki badań o dynamice profili wilgotności i potencjału

wody glebowej w czasie i przestrzeni pozwoliły na wyznaczenie współczynników przewodnictwa wodnego.

Zakładając, że proces ruchu wody jest jednowymiarowy oraz odbywa się w warunkach izotermicznych, do wyliczenia współczynnika przewodnictwa wodnego można użyć jednowymiarowego równania Darcy [5]:

$$q(z,t) = -k(\theta) \left(\frac{\partial \Psi(z,t)}{\partial z} - 1 \right) \quad (2)$$

oraz równania umożliwiającego wyliczenie strumieni z danych eksperymentalnych

$$q(z,t) = - \int_0^z \frac{\partial \theta(z,t)}{\partial t} dz \quad (3)$$

gdzie:

$q(z,t)$ – strumień wody przepływający w określonym czasie przez wybraną powierzchnię próbki glebowej [cm doba⁻¹];

$k(\theta)$ – współczynnik przewodnictwa wodnego [cm doba⁻¹];

$\Psi(z,t)$ – potencjał wody glebowej w wybranej warstwie próbki w określonym czasie [cm H₂O].

$\theta(z,t)$ – wilgotność gleby w wybranej warstwie próbki w określonym czasie [v/v];

Porównując powyższe równania otrzymamy związek umożliwiający wyznaczenie współczynnika przewodnictwa wodnego:

$$k(\theta) = \frac{\int_0^z \frac{\partial \theta(z,t)}{\partial t} dz}{\frac{\partial \Psi(z,t)}{\partial z} - 1} \quad (4)$$

gdzie:

$k(\theta)$ – współczynnik przewodnictwa hydraulicznego [cm doba⁻¹];

$\theta(z,t)$ – wilgotność gleby w wybranej warstwie próbki w określonym czasie [v/v];

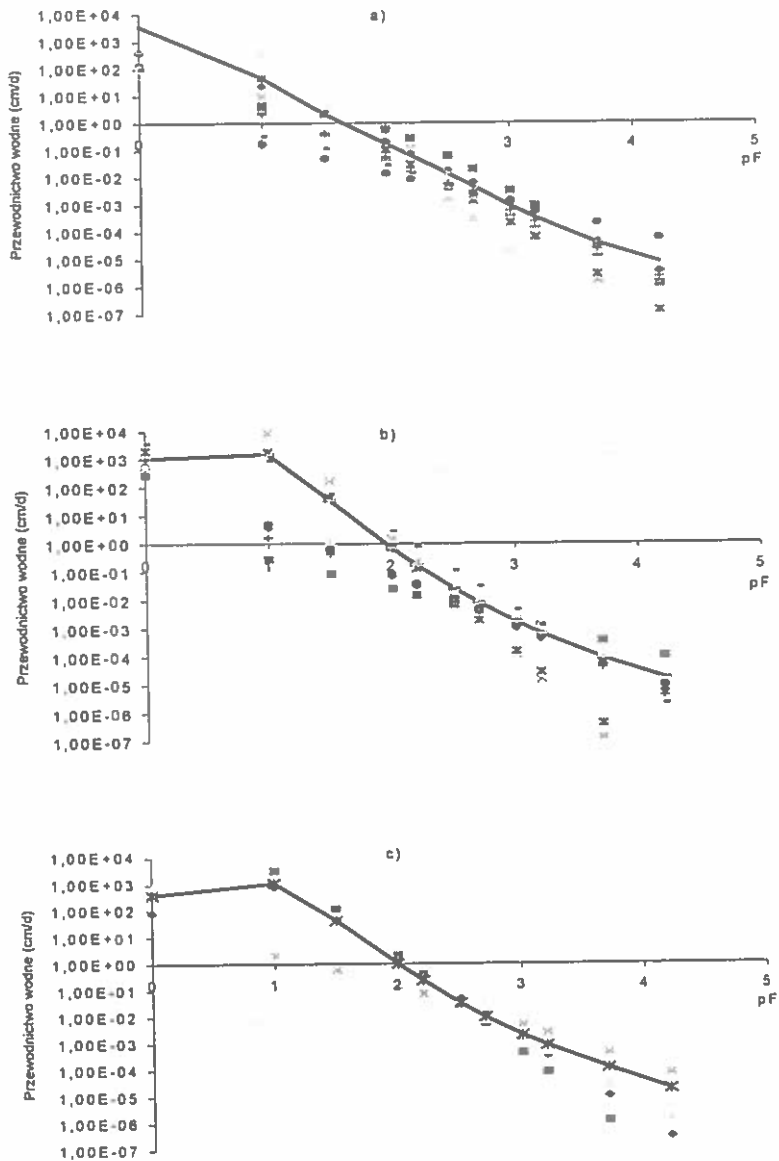
$\Psi(z,t)$ – potencjał wody glebowej w wybranej warstwie próbki w określonym czasie [cm H₂O].

WYNIKI BADAŃ

Zależność współczynnika przewodnictwa wodnego (k) od potencjału wody glebowej (pF) dla rędzin czystych przedstawiono na Rys.1, a dla rędzin mieszanych na Rys.2.

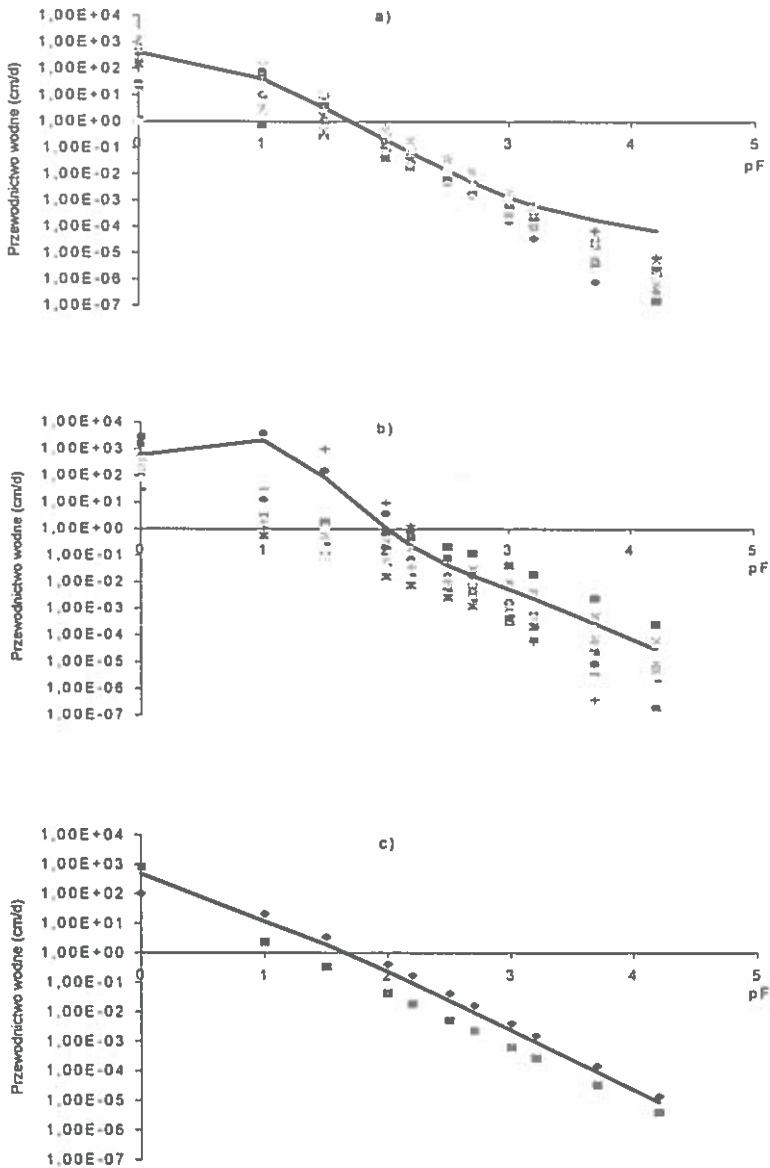
Z układu danych przedstawionych na Rys.1a wynika, że wartości współczynnika przewodnictwa wodnego w warstwie powierzchniowej rędzin czystych zmniejszają się stopniowo wraz ze wzrostem potencjału wody glebowej i wynoszą dla pF 0 – $3,64 \cdot 10^3$ cm doba⁻¹, a dla pF 4,2 – $7,59 \cdot 10^{-6}$ cm doba⁻¹. W przypadku warstwy podpowierzchniowej (Rys.1b) i podglebia (Rys.1c) przebiegi wartości współczynnika w zależności od potencjału wody glebowej są zbliżone. W zakresie pF 0–pF 1 wartości współczynnika nieznacznie rosną, z $1,08 \cdot 10^3$ cm doba⁻¹ do $1,51 \cdot 10^3$ cm doba⁻¹ dla warstwy podpowierzchniowej i z $3,85 \cdot 10^2$ cm doba⁻¹ do $1,04 \cdot 10^3$ cm doba⁻¹ dla podglebia., po czym stopniowo zmniejszają się osiągając przy pF 4,2 odpowiednio: – $1,73 \cdot 10^{-5}$ cm doba⁻¹ i $1,88 \cdot 10^{-5}$ cm doba⁻¹. Zależność współczynnika przewodnictwa wodnego w strefie nienasyconej od potencjału wody glebowej dla warstwy ornej rędzin mieszanych przedstawiono na Rys. 2a. Z układu danych wynika, że wartości współczynnika zmniejszają się monotonicznie wraz ze wzrostem potencjału wody glebowej i wynoszą dla pF 0 – $4,03 \cdot 10^2$ cm doba⁻¹, a dla pF 4,2 – $7,09 \cdot 10^{-5}$ cm doba⁻¹. W przypadku warstwy podpowierzchniowej rędzin mieszanych wartości współczynnika przewodnictwa nienasyconego są znacznie wyższe niż uzyskane dla warstwy ornej. Odmienny też jest przebieg wartości współczynnika w zależności od pF. Wartości współczynnika wodnego przewodnictwa nienasyconego wzrastają z $6,05 \cdot 10^2$ cm doba⁻¹ przy pF 0 do $2,09 \cdot 10^3$ cm doba⁻¹ przy pF 1, a następnie maleją osiągając $3,01 \cdot 10^{-5}$ cm doba⁻¹ przy pF 4,2. Wartości współczynnika przewodnictwa wodnego w zależności od potencjału wody glebowej w podglebiu rędzin mieszanych (Rys.1c) wahały się od $4,8 \cdot 10^2$ cm doba⁻¹ przy pF 0 do $8,83 \cdot 10^{-6}$ cm doba⁻¹ przy pF 4,2.

W podsumowaniu można stwierdzić, że wartości współczynników przewodnictwa wodnego w warstwie powierzchniowej rędzin czystych w zakresie pF 0–pF 1 są wyraźnie wyższe niż w rędzinach mieszanych. W zakresie pF 1–pF 2,7 przyjmują wartości zbliżone dla obu grup rędzin. Natomiast powyżej pF 2,7 wartości współczynników są wyższe dla rędzin mieszanych niż dla rędzin czystych.



Rys. 1. Przewodnictwo wodne w funkcji potencjału wody glebowej dla rędzin czystych: a) warstwa powierzchniowa, b) warstwa podpowierzchniowa, c) podglebie.

Fig. 1. Water conductivity as a function of water potential for pure rendzinas: a) surface layer, b) subsurface layer, c) subsoil.



Rys. 2. Przewodnictwo wodne w funkcji potencjału wody glebowej dla rędzin mieszanych: a) warstwa powierzchniowa, b) warstwa podpowierzchniowa, c) podglebie.

Fig. 2. Water conductivity as a function of water potential for mixed rendzinas: a) surface layer, b) subsurface layer, c) subsoil.

Warstwa podpowierzchniowa charakteryzuje się niemal identycznymi wartościami współczynników przewodnictwa wodnego w całym zakresie badanych potencjałów wody glebowej zarówno dla rędzin czystych jak i mieszanych. Natomiast przewodnictwo wodne w podglebiu w całym zakresie badanych pF było znacząco wyższe dla rędzin czystych niż dla rędzin mieszanych, a ekstremalne różnice wartości współczynników przewodnictwa wodnego, wynoszące dwa rzędy wielkości, odnotowano w przedziale pF 0,7–pF 2.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników można stwierdzić, że:

- najwyższe wartości współczynnika przewodnictwa wodnego odnotowano dla potencjałów wody glebowej odpowiadających pF 0–pF 2 w warstwie podpowierzchniowej, zarówno rędzin czystych jak i mieszanych,
- najniższe wartości współczynnika przewodnictwa wodnego odnotowano w warstwie powierzchniowej rędzin czystych i podglebiu rędzin mieszanych przy pF 4,2;
- charakter przebiegu zależności wartości współczynnika przewodnictwa wodnego od potencjału wody glebowej, zarówno dla rędzin czystych jak i mieszanych, w warstwie powierzchniowej i podpowierzchniowej jest podobny, natomiast w podglebiu, w zakresie pF 0–pF 1, – różny; w przypadku rędzin czystych wartości współczynników przewodnictwa wodnego rosną, a dla rędzin mieszanych zmniejszają się.

PIŚMIENNICTWO

1. **Dobrzański B., Turski R.:** Rędziny Wyżyny Lubelskiej wytworzone ze skał węglanowych okresu kredowego. Roczn. Nauk Roln., s. D, Monografie, 148, 1972.
2. **Dobrzański B.:** Rędziny Polski. Roczn. Nauk Roln., s.D, Monografie, 208, 1–143, 1987.
3. **Domżał H.:** Wpływ wilgotności na agrofizyczne właściwości rędzin wytworzonych ze skał kredowych Wyżyny Lubelskiej. WSR Lublin, Maszynopis, 1–89, 1970.
4. **Gliński J., Ostrowski J., Stępniewska Z., Stępniewski W.:** Bank próbek glebowych reprezentujących gleby mineralne Polski. Problemy Agrofizyki, 66, 4–57, 1991.
5. **Kutilek M., Nielsen D.:** Soil hydrology. Catena Verlag. Cremlingen-Destedt. 87–243, 1994.
6. **Kuźnicki F.:** Właściwości i typologia gleb wytworzonych z kredowej opoki odwapnionej Roztocza w nawiązaniu do charakterystyki i genetycznego podziału rędzin. Roczn. Gleb., XV, 2, 345–408, 1965.

7. Kuźnicki F., Białousz S., Kamińska H., Oszmiańska M., Skłodowski P., Ziemińska A., Żakowska H.: Rędziny wytworzone z utworów różnych formacji geologicznych na obszarze Gór Świętokrzyskich i ich obrzeżeniach. *Roczn. Gleb.*, XXVII, 2, 19–45, 1976.
8. Lipiec J.: Możliwości oceny przewodnictwa wodnego gleb na podstawie ich niektórych właściwości. *Problemy Agrofizyki*, 40, 5–72, 1983.
9. Malicki M., Plagge M., Renger M., Walczak R.: Application of time-domain reflectometry (TDR) soil miniprobe for determination of unsturated soil water characteristics from undisturbed soil cores. *Irrig. Sci.*, 13, 65–72, 1992.
10. Sobczuk H., Plagge R., Walczak R., Roth C.: Laboratory equipment and calculation procedure to rapidly determine hysteresis of some soil hydrophysical properties under nonsteady flow conditions. *Z. Pflanz. Bodenk.*, 155, 157–163, 1992.
11. Strzemiński M.: Rędziny i borowiny gipsowe okolic Buska i Wiślicy. *Roczn. Nauk Roln.*, 54, 438–483, 1950.
12. Strzemiński M.: Rędziny węglanowe woj. kieleckiego. *Roczn. Nauk Roln.*, s.D, Monografie, 81, 1–115, 1958.
13. Turski R., Uziak S., Zawadzki S.: *Gleby. Seria: Środowisko Przyrodnicze Lubelszczyzny. LTN Lublin*, 1993.
14. Walczak R., Sławiński C., Malicki M., Sobczuk H.: Measurement of water characteristics in soils using TDR technique: water characteristics of loess soil under different treatment. *Int. Agrophysics*, 7, 175–182, 1993.
15. Walczak R., Sławiński C., Witkowska-Walczak B.: Metodyczne aspekty tworzenia banku danych o hydrofizycznych charakterystykach gleb ornich Polski. *Acta Agrophysica*, 22, 245–251, 1999.
16. Witkowska-Walczak B., Walczak R.T., Sławiński C.: Retencja wodna rędzin Polski. *Acta Agrophysica*, 38, 247–258, 2000.
17. Zawadzki S.: (red.) *Gleboznawstwo. PWRiL., Warszawa*, 1999.

WATER CONDUCTIVITY OF POLISH RENDZINAS

C. Sławiński, R.T. Walczak, B. Witkowska-Walczak

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, Doświadczalna 4, 20-290, Lublin 27
P.O.Box 201, Poland, e-mail: rwalczak@demeter.ipan.lublin.pl

Summary: In this paper the water conductivity coefficients for Polish rendzinas are presented. It was stated that the highest values of water conductivity coefficients were in the subsurface layer of pure rendzinas as well as mixed rendzinas. The lowest water conductivity coefficients were noticed in the surface layer of pure rendzinas and in subsoil of mixed rendzinas.

Key words: rendzinas of Poland, water conductivity.