

## WPLYW POTENCJAŁU WODY GLEBOWEJ NA WARTOŚĆ ODR W GLEBIE BRUNATNEJ I CZARNEJ ZIEMI

*Z. Stepniewska<sup>1,2</sup>, A. Wolińska<sup>2</sup>, R.P. Bennicelli<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Instytut Agrofizyki im. Bohdana Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

<sup>2</sup>Katedra Biochemii i Chemii Środowiska, Katolicki Uniwersytet Lubelski

al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin

e-mail: awolin@kul.lublin.pl

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono zależność pomiędzy stopniem uwilgotnienia gleb, wyrażonym przez potencjał wody glebowej (pF) a mikrodyfuzją tlenu (ODR) w dwóch typach gleb: glebie brunatnej oraz czarnej ziemi z uwzględnieniem poziomów genetycznych poddanych badaniom gleb. Stwierdzono, że najwyższe wartości współczynnika ODR w obydwu typach gleb występują w granicach pF 2,2-2,7. pF 3,2 stanowi granicę pomiaru dla wartości ODR zarówno w glebie brunatnej jak i czarnej ziemi.

**Słowa kluczowe:** ODR, retencja wodna, potencjał wodny, mikrodyfuzja tlenu.

### WSTĘP

Gleba charakteryzuje się zdolnością do zatrzymywania i magazynowania wody. Cecha ta jest określana jako retencja wodna gleby. Charakterystyki wodne gleb obrazują związek pomiędzy ilością wody zawartej w glebie a potencjałem, jakim woda jest związana z glebą [1].

Woda glebowa związana jest z fazą stałą gleby różnymi potencjałami. Najsilniej związana jest woda krystaliczna – wbudowana w sieć krystaliczną minerałów, słabiej woda higroskopowa i błonkowa – utrzymywana siłami molekularnymi, zaś najslabiej woda kapilarna [1]. Podciśnienie, z jakim kapilara wiąże wodę jest odwrotnie proporcjonalne do jej średnicy: im większy jest potencjał wody glebowej tym mniejsze są średnice porów zajmowanych przez wodę. Przy pomiarach potencjału wody glebowej używane jest oznaczenie: „siły

ssącej” (ciśnienia), którym należy podzielać na roztwór glebowy w celu zahamowania przenikania czystej wody do roztworu glebowego, w którym woda ma niższy potencjał [1]. Ciśnienie to jest miarą różnicy potencjałów pomiędzy czystą wodą i wodą występującą w roztworze glebowym.

Wartość pF wyrażona jako 0 odpowiada pełnej pojemności wodnej (wszystkie pory glebowe wypełnione są wodą). pF równe 2,2 jest miarą połowej pojemności wodnej, zaś wartość pF wynosząca 4,2 odpowiada punktowi trwałego wędnięcia roślin [1].

Woda jest głównym czynnikiem ograniczającym dyfuzję tlenu do gleby i odpowiada za stan jej natlenienia, zależnie od zapotrzebowania na tlen korzeni roślin bądź mikroorganizmów glebowych [3,5]. Ilość tlenu w glebie nie jest wartością stałą, lecz ulega zmianom wraz z okresem wegetacyjnym. Na ogół jego stężenie mieści się w granicach 15-21% [4]. Wskaźnikiem opisującym stan natlenienia gleby jest ODR (oxygen diffusion rate), który odzwierciedla dostępność tlenu dla korzeni roślin [ ]. Zaopatrzenie gleby w tlen następuje dzięki jego dyfuzji z atmosfery i zachodzi w porach glebowych wypełnionych powietrzem oraz wypełnionych wodą, gdzie występuje jako tlen rozpuszczony w błonach wodnych otaczających korzenie [2]. Proces ten zależny jest od wilgotności gleby, zarówno poprzez jej wpływ na zmniejszenie ilości porów wypełnionych powietrzem, jak również poprzez zmianę grubości błonek wodnych na powierzchni korzeni [3]. Wzrost wilgotności gleby początkowo zwiększa konsumpcję tlenu w glebie, aż do osiągnięcia wartości maksymalnej, a następnie przy jej nadmiernym uwilgotnieniu powoduje jego obniżenie [4]. Spowodowane jest to utrudnieniem wymiany gazowej, a także niewystarczającym dopływem tlenu do pewnych obszarów gleby [3]. Należy również zwrócić uwagę na fakt, iż obecność w glebie substancji organicznej łatwo ulegającej rozkładowi może kilkakrotnie zwiększyć zapotrzebowanie na tlen. Wniesienie bowiem substancji organicznej uaktywnia wzrost mikroorganizmów i przyspiesza tempo mineralizacji.

Podstawowa funkcja tlenu polega na jego udziale w procesie oddychania korzeni, jako ostatecznego akceptora elektronów od oksydazy cytochromowej [6]. Brak tlenu oznacza natomiast brak energii, a w konsekwencji zahamowanie cyklu oddechowego i nieprawidłowy metabolizm organizmów roślinnych. Stan natlenienia gleby warunkuje w dużej mierze dostępność i rozpuszczalność składników mineralnych oraz przede wszystkim przemiany azotu: denitryfikację, nityfikację, procesy mikrobiologicznego wiązania azotu atmosferycznego i amonifikację.

Znajomość warunków natlenienia gleb ma zatem duże znaczenie w efektywnym wykorzystaniu składników glebowych przez rośliny czy ograniczeniu stężeń niektórych substancji toksycznych.

Celem pracy było określenie zależności pomiędzy wartością pF a poziomem ODR w dwóch typach gleb: glebie brunatnej, wytworzonej z piasku gliniastego i czarnej ziemi, wytworzonej z gliny pylastej z uwzględnieniem poziomów genetycznych gleb.

### MATERIAŁ I METODY

Badaniom poddano materiał glebowy: glebę brunatną, wytworzoną z piasku gliniastego mocnego oraz czarną ziemię wytworzoną z gliny pylastej. W badaniach uwzględniono trzy różne poziomy genetyczne, z których gleby były pobierane. Podstawową charakterystykę badanego materiału glebowego podano w Tabeli 1.

Tabela 1. Wybrane właściwości badanego materiału glebowego

Table 1. Selected properties of investigated soil materials

Nr profilu	Symbol jednostki glebowej [FAO]	Głębokość [cm]	Poziom genet.	Fr. żwiru [%]	Fr. piasku [%]	Fr. pyłu [%]	Fr. ilu [%]	Mat. organiczna
442	Eutric	0-20	A_2	2	54	13	2	0,89
	Cambisol	40-60	C	2	52	15	9	0,11
		80-100	D	5	55	15	8	0,08
802	Mollic	10-20	A_p	3	56	17	0	0,85
		30-40	B	3	52	17	1	0,17
	Gleysol	100-110	C	6	64	10	1	0,10

Pomiary pF przeprowadzono klasyczną metodą Richardsa, w której rolę półprzepuszczalnego filtra spełniała nasycona wodą porowata płyta ceramiczna. Wyznaczono cztery charakterystyczne wartości pF: 1,5; 2,2; 2,7; 3,2. Badany materiał glebowy umieszczany był w cylindrach o wymiarach: wysokość 4,7 cm, średnicy 5,2 cm i objętości 100 cm<sup>3</sup>. Próbkę glebową wstawiano do hermetycznej komory, gdzie poddawano jej działaniu odpowiedniego ciśnienia.

Materiał glebowy ustawiony na porowatej płycie o znanym pF wymienia wodę dopóki nie zostanie osiągnięty stan równowagi. Proces prowadzący do ustabilizowania się równowagi polega na opróżnianiu porów, których potencjał kapilarny jest równy/mniejszy od potencjału macierzystego płyty porowatej. Po każdorazowym przyroście ciśnienia i ustaleniu stanu równowagi termodyna-

micznej próbki były wyjmowane z komory i ważone. Bezpośrednio po zważeniu przystępowano do oznaczeń natężenia dyfuzji tlenu (ODR). Zestaw pomiarowy zawierał: elektrodę platynową, którą był zatopiony w szklanej kapilarze drut platynowy o średnicy 0,5 mm i długości 5 mm, oraz anodę, której rolę spełniał stalowy drut o średnicy 1,5 mm i długości 70 mm. Jako elektrodę porównawczą stosowano nasyconą elektrodę kalomelową NEK. Katoda zwykle umieszczana była na głębokości około 4 cm. Anoda znajdowała się około 3 cm od katody, zaś elektroda kalomelowa w odległości około 1 cm od katody platynowej.

Pomiary ODR w każdej z gleb wykonano w czterech powtórzeniach.

### WYNIKI I DYSKUSJA

Zależność pomiędzy potencjałem wody glebowej (pF) a natężeniem dyfuzji tlenu (ODR) w  $\mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  przedstawiono na Rys. 1. (gleba brunatna wytworzona z piasku gliniastego) i na Rys. 2. (czarna ziemia wytworzona z gliny pylastej). Z układu danych prezentowanych na rysunkach wynika, że występuje liniowy wzrost wartości ODR w granicach pF 1,5-2,7. Powyżej pF 2,7 ODR zarówno w czarnej ziemi jak i glebie brunatnej wykazuje tendencję malejącą, przy czym zależność ta znajduje wyraźniejsze potwierdzenie w glebie brunatnej (Rys. 1). W czarnej ziemi wystąpił mniejszy spadek wartości ODR w warstwach: powierzchniowej, zaś zdecydowanie większy w warstwie najgłębszej (Rys. 2).

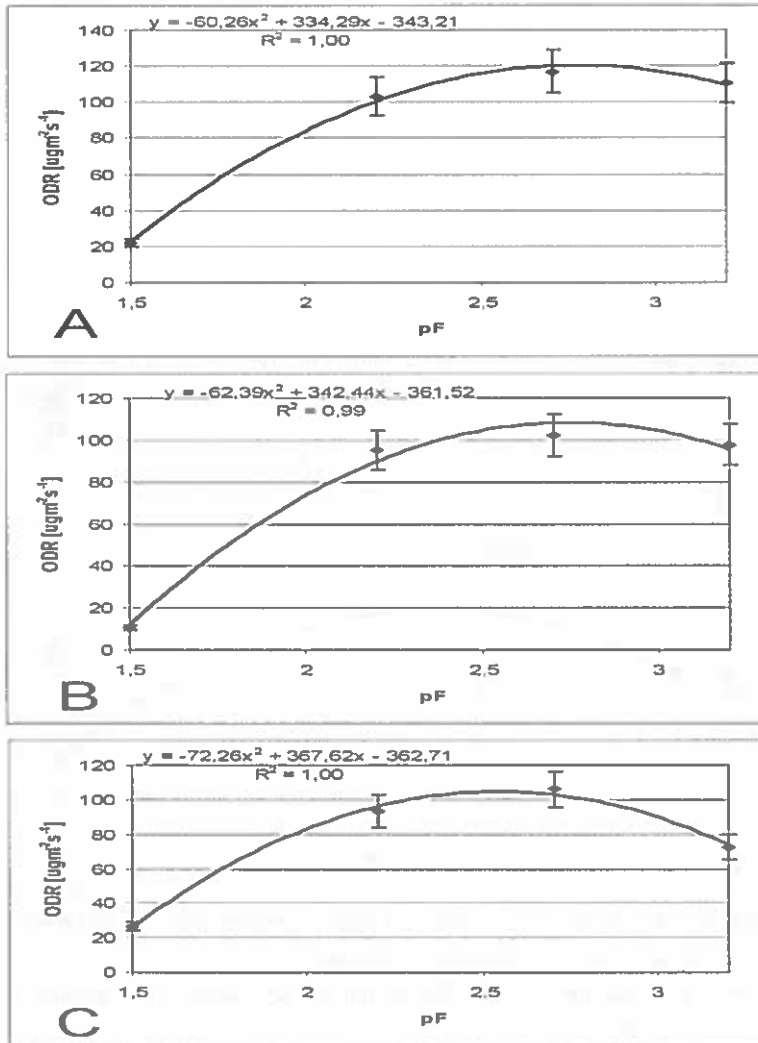
Przy najniższej wartości pF 1,5 poziom ODR utrzymywał się niemal na stałym poziomie w warstwach ornych i podornych. W glebie brunatnej odnotowano przy pF 1,5 wartość ODR równą  $51,31 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  w warstwie podornej i  $43,2 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  w podglebiu. W czarnej ziemi przy pF 1,5 wartość ODR wynosiła  $22 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , zaś w podglebiu  $26,77 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

Stwierdzono spadek natężenia dyfuzji tlenu w warstwie podornej, zarówno w glebie brunatnej jak i czarnej ziemi. W glebie brunatnej zarejestrowano na tej głębokości ODR równy  $23,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , zaś w czarnej ziemi ponad dwukrotnie niższy -  $10,51 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

W przedziale pF 2,2-2,7, w obydwu poddanych badaniom typach gleb, utrzymywały się maksymalne wartości ODR. W czarnej ziemi odnotowano maksimum ODR na wszystkich poziomach przy pF 2,7 i wynosiło ono  $117 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  w warstwie ornej,  $102,31 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  w warstwie podornej oraz  $106,14 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  w podglebiu.

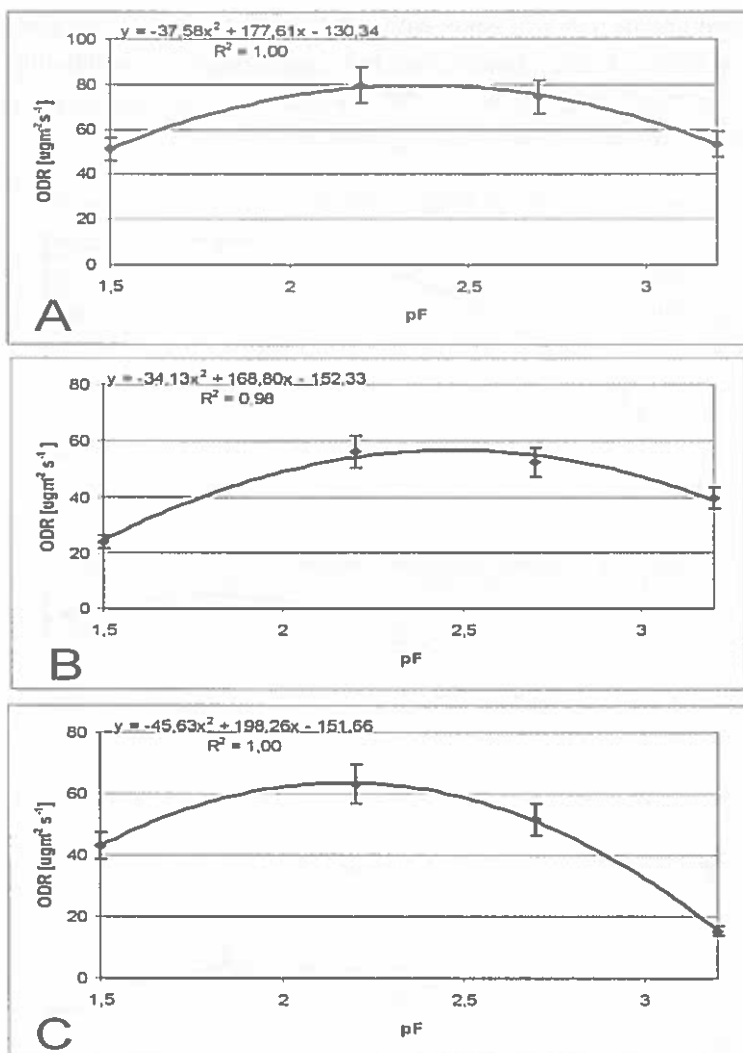
W glebie brunatnej maksimum ODR wystąpiło przy pF 2,2 i wynosiło:  $79,36 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  w warstwie ornej,  $50,6 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  w warstwie podornej i  $63,11 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  w podglebiu.

Jak wspomniano już wcześniej przy pF 3,2 obie gleby charakteryzowały się spadkiem wartości ODR. Spadek ten był najsilniejszy w podglebiu w glebie brunatnej i wynosił  $15,3 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ . W czarnej ziemi na tym samym poziomie głębokości zanotowano ODR równe  $72,67 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .



Rys. 1. Charakterystyki potencjał wody glebowej (pF) - natężenie dyfuzji tlenu (ODR) - gleba brunatna: A) warstwa orna, B) warstwa podorna, C) podglebie.

Fig. 1. Soil water potential (pF)-oxygen diffusion rate (ODR)-brown soil: A) surface layer, B) subsurface layer, C) subsoil.



**Rys. 2.** Charakterystyki potencjał wody glebowej (pF) - natężenie dyfuzji tlenu (ODR) - czarna ziemia: A) warstwa orna, B) warstwa podorna, C) podglebie.

**Fig. 2.** Soil water potential (pF)-oxygen diffusion rate (ODR) - black earth: A) surface layer, B) subsurface layer, C) subsoil.

Dla każdej z badanych gleb wyznaczono również wielomianowe równania funkcji, które opisują zależność pomiędzy wartością potencjału wody glebowej a poziomem mikrodyfuzji tlenu oraz wyznaczono wartość współczynnika determinacji  $R^2$ .

W glebie nasyconej wodą występuje deficyt tlenu, gdyż zostaje on wyparty przez wodę, dlatego w tym przypadku nie stanowi ona odpowiedniego środowiska dla korzeni roślin lądowych. Przeprowadzone badania przyczyniły się do wyznaczenia optymalnej strefy pod względem natlenienia i uwilgotnienia dla korzeni roślin lądowych. Stwierdzono, iż w glebie brunatnej optimum występuje w warstwie ornej przy wartości pF 2,2, gdzie odnotowano najwyższą wartość współczynnika ODR. W przypadku czarnej ziemi najkorzystniejsze warunki bytowania dla korzeni roślin występują w warstwie ornej przy wartości potencjału wody glebowej równym 2,7, która to wartość odpowiada również maksymalnemu poziomowi ODR.

### WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników sformułowano następujące wnioski:

1. Zależność pomiędzy potencjałem wody glebowej (pF) a natężeniem dyfuzji tlenu (ODR) jest proporcjonalna w zakresie pF 1,5-2,7.
2. Powyżej pF 2,7 wartość ODR maleje zarówno w glebie brunatnej jak i w czarnej ziemi.
3. Najwyższe wartości współczynnika ODR odnotowano w zakresie pF 2,2-2,7.
4. Maksymalny poziom ODR w badanej glebie brunatnej występuje przy pF 2,2 w warstwie ornej i wynosi  $79,36 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .
5. Maksymalny poziom ODR w badanej czarnej ziemi występuje przy pF 2,7 i wynosi  $116,98 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  w warstwie ornej.
6. Najniższe wartości współczynnika ODR odnotowano przy pF 1,5 w czarnej ziemi na wszystkich badanych poziomach oraz przy pF 3,2 w glebie brunatnej w podglebiu.
7. Czarne ziemie oraz gleba brunatna przy pF 3,2 wykazują znaczny spadek ODR dopiero w podglebiu, zaś w warstwach ornej i podornej różnice w poziomie ODR są niewielkie.

### PIŚMIENNICTWO

1. Bajkiewicz-Grabowska E., Mikulski Z.: Hydrologia ogólna. Wydawnictwo Naukowe PWN Warszawa, 1999.
2. Bennicelli R.P., Żuchowski J.: Wpływ warunków tlenowych w glebie na produkcję biomasy roślin. Materiały Kongresu Polskiego Towarzystwa Gleboznawczego oraz Międzynarodowej Konferencji Naukowej, Lublin 7-10.09.1999.

3. Bieganowski A.: Ocena mikrodyfuzji tlenu w glebie na podstawie krzywej voltamperometrycznej redukcji tlenu. Praca doktorska, Instytut Agrofizyki PAN w Lublinie, 1997.
4. Dobrzański B., Zawadzki S.: Gleboznawstwo. PWRiL, Warszawa, 1995.
5. Gliński J., Stępniewski W., Łabuda S.: Pobieranie tlenu i wydzielanie dwutlenku węgla w środowisku glebowym. Problemy Agrofizyki, 39, 12-34, 1983.
6. Stępniewski W., Stępniewska Z., Gliński J.: Fizyczne determinanty stanu natlenienia gleby i jego wpływ na rośliny. VII Szkoła, Stan fizyczny gleby a rozwój roślin, Lublin 18-19.09. 1995.

## EFFECT OF SOIL WATER POTENTIAL ON OXYGEN DIFFUSION RATE IN BROWN SOIL AND BLACK EARTH

*Z. Stępniewska<sup>1,2</sup>, A. Wolińska<sup>2</sup>, R.P.Bennicell<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

<sup>2</sup>Department of Biochemistry and Environmental Chemistry, Catholic University of Lublin  
al. Kraśnicka 102, 20-718 Lublin

**Abstract.** The relationship between soil moisture level expressed as soil water potential (pF) and microdiffusion of oxygen (ODR) values was examined in the paper. Brown soil and black earth sampled on various depth were subjected to research. The highest values of ODR were observed in the range of pF: 2,2-2,7 for both kinds of soils. Above pF 3,2 ODR values decreases as well in black earth as in brown soil.

**Key words:** oxygen diffusion rate (ODR), water retention, water potential, microdiffusion of oxygen.