

RETENCJA I PRZEWODNICTWO WODNE CZARNYCH ZIEM POLSKI¹

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

Institut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: rwalczak@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. W pracy przedstawiono charakterystyki hydrofizyczne czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów oraz piasków występujących w Polsce. Stwierdzono, że zarówno krzywe retencji, jak i wartości współczynnika przewodnictwa wodnego, dla obu rodzajów czarnych ziem charakteryzują się dużą jednorodnością. Czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów wykazują korzystniejsze stosunki wodno-powietrzne niż czarne ziemie wytworzone z piasków.

Słowa kluczowe: czarne ziemie Polski, retencja i przewodnictwo wodne.

WSTĘP

Czarne ziemie zajmują około 7% powierzchni gruntów ornych Polski. Występują małymi kompleksami na terenie całej Polski oraz w większych skupieniach na Kujawach, w okolicach Wrocławia, Pyrzyc, Kętrzyna oraz Sochaczewa i Błonia [1, 23]. Czarne ziemie są glebami powstałymi z zasobnych w substancję organiczną utworów mineralnych, zawierających najczęściej węglan wapnia lub będących pod wpływem wód gruntowych bogatych w kationy wapnia. Kształtowały się one pod długotrwałym oddziaływaniem wysokiego zwierciadła wód gruntowych, głównie na obszarach płaskich obniżeń. Niekiedy czarne ziemie powstawały na obszarach pojeziornych, starych aluwiach oraz obrzeżach torfowisk. Spotyka się też niewielkie rozproszone płyty czarnych ziem namytych, wypełniające zagłębienia w terenach erodowanych, głównie lessowych. Czarne ziemie powstawały z różnych utworów mineralnych, a więc piasków słabo gliniastych

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

i gliniastych, z glin lekkich, średnich i ciężkich, z utworów pyłowych i iłów. Największe powierzchnie tych gleb powstały z glin zwałowych moren dennych, wykazujących spiaszczenie w przypowierzchniowych częściach profilu glebowego. Czarne ziemie, o uregulowanych stosunkach wodnych, należą do najlepszych gleb w Polsce. Dotyczy to szczególnie czarnych ziem wytworzonych z utworów gliniastych średnich i pylastych. Dowodem na to jest ulokowanie się głównych centrów ogrodnictwa na wspomnianych wyżej obszarach zalegania opisywanych gleb. Bonitacja czarnych ziem jest wysoka i kwalifikuje się je do najlepszych pszennych kompleksów [2–4, 6, 7, 9, 10, 13–17, 20]. W Banku Próbek Glebowych reprezentujących gleby mineralne Polski czarne ziemie podzielono na dwie grupy [5, 22]:

- czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów (nr 23) (4,3%) oraz
- czarne ziemie wytworzone z piasków (nr 24) (2,6%).

Celem niniejszej pracy było określenie hydrofizycznych charakterystyk czarnych ziem Polski, tj. ich krzywych retencji i przewodnictwa wodnego, które stanowiły bazę do opracowania map wodnych właściwości gleb Polski.

MATERIAŁ I METODYKA BADAŃ

Badania charakterystyk wodnych czarnych ziem Polski przeprowadzono na podstawie 19 wzorcowych profili wybranych z Banku Próbek Glebowych Polski. Czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów reprezentowane były przez 12 profili. Gęstość prób glebowych pobranych z poszczególnych warstw ich profili wahała się od 0,97 do 1,91 g cm^{-3} , a powierzchnia właściwa wyznaczona metodą adsorpcji pary wodnej od 8 do 139 $\text{cm}^2 \text{g}^{-1}$. Czarne ziemie wytworzone z piasków reprezentowane były przez 9 profili. Gęstość prób glebowych pobranych z ich warstw wahała się od 1,07 do 1,86 g cm^{-3} , a powierzchnia właściwa wyznaczona metodą adsorpcji pary wodnej od 5 do 51 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ [5, 19].

Krzywe retencji wodnej, tj. zależność potencjałów wody glebowej-wilgotność, czarnych ziem wyznaczono w procesie osuszania przy użyciu zestawu laboratoryjnego LAB 012 firmy Soil Moisture Equipment [8] dla 11 wartości potencjału wody glebowej w zakresie 98,1 – 1,5·10⁶ J m^{-3} odpowiadających pF: 0; 1; 1,5; 2; 2,2; 2,5; 2,7; 3; 3,2; 3,7 i 4,2. Jako graniczne wartości wielkości średnic porów glebowych przyjęto 18,5 μm (pF 2,2) pomiędzy porami dużymi i średnimi oraz 0,2 μm (pF 4,2) pomiędzy porami średnimi i małymi [23].

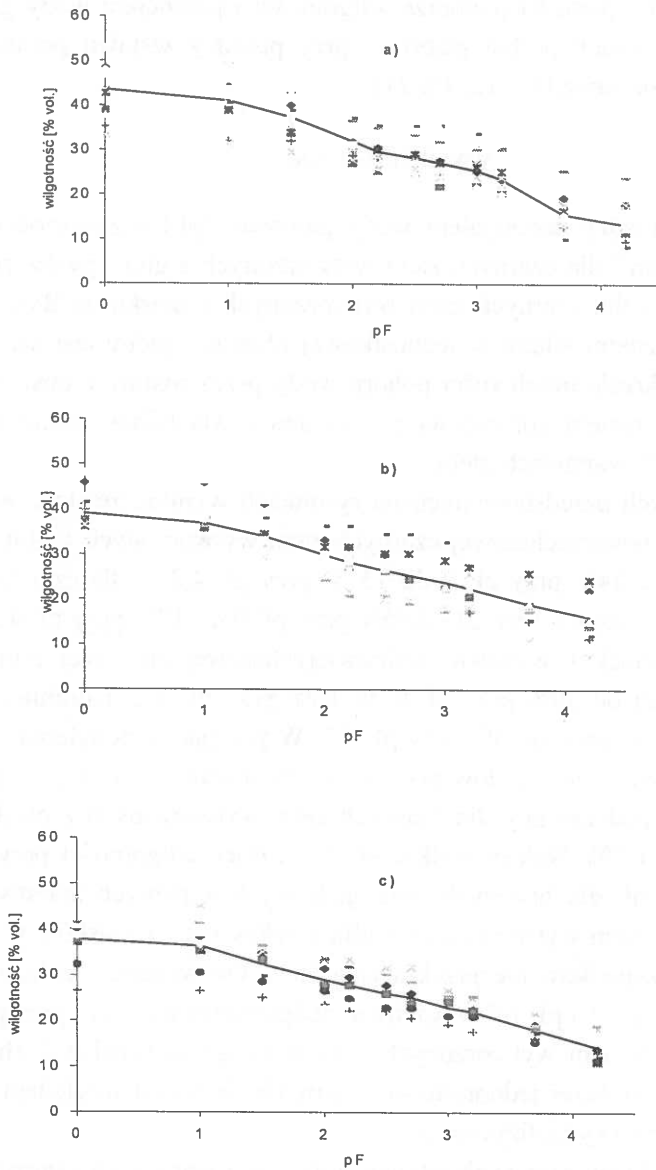
Wyznaczenie współczynników przewodnictwa wodnego wykonano metodą profili chwilowych, opartą na pomiarze wilgotności i potencjału wody glebowej w wybranych warstwach próbki glebowej przy pomocy zestawu pomiarowego TDR w procesie osuszania [11, 12, 18, 21].

WYNIKI BADAŃ

Zależność pomiędzy potencjałem wody glebowej (pF) a zawartością wody wyrażoną w $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$ dla czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów przedstawiono na Rys. 1, a dla czarnych ziem wytworzonych z piasku na Rys. 2. Ilość wody związanej różnymi siłami w jednostkowej objętości gleby jest szczególnie przydatna, gdyż określa możliwości poboru wody przez rośliny z obszaru gleby obejmowanego systemem korzeniowym oraz umożliwia bilansowanie zasobów wodnych w różnych warstwach gleby.

Z układu danych przedstawionych na rysunkach wynika, że ilość wody zawarta w warstwie powierzchniowej czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów (Rys. 1) wynosi od 44% przy pF 0 do 13 % przy pF 4,2, a dla czarnych ziem wytworzonych z piasków (Rys. 2) od 46% przy pF 0 do 13% przy pF 4,2. Ilości wody retencjonowanej w warstwie podpowierzchniowej pierwszej grupy czarnych ziem wynoszą od 39% przy pF 0 do 16% przy pF 4,2, natomiast drugiej grupy – od 39% przy pF 0 do 5% przy pF 4,2. W przypadku podglebia czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów przy pF 0 odnotowano 38%, a przy pF 4,2 – 14% wilgotności, podczas gdy dla czarnych ziem wytworzonych z piasków odpowiednio – 34% i 2%. Należy podkreślić, że różnice wilgotności przy wybranych wartościach pF dla badanych prób glebowych z różnych warstw profili, zarówno czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów jak i z piasków w absolutnej większości przypadków nie przekraczają 10%. Do wyjątków należy wilgotność osiągnięta przy pF 1 i pF 1,5 w warstwie podpowierzchniowej i przy pF 1,5 w podglebiu czarnych ziem wytworzonych z piasków, gdzie różnice dochodzą do 20%. Świadczy to o dużej jednorodności czarnych ziem pod względem ich statycznych właściwości hydrofizycznych.

Charakter przebiegu krzywych retencji w różnych warstwach czarnych ziem, wytworzonych zarówno z glin i pyłów jak i z piasków, jest podobny w zakresie potencjałów wody glebowej odpowiadających pF 0 – pF 1, gdzie można obserwować minimalne spadki wilgotności. Powyżej pF 1 czarne ziemie wytworzone z



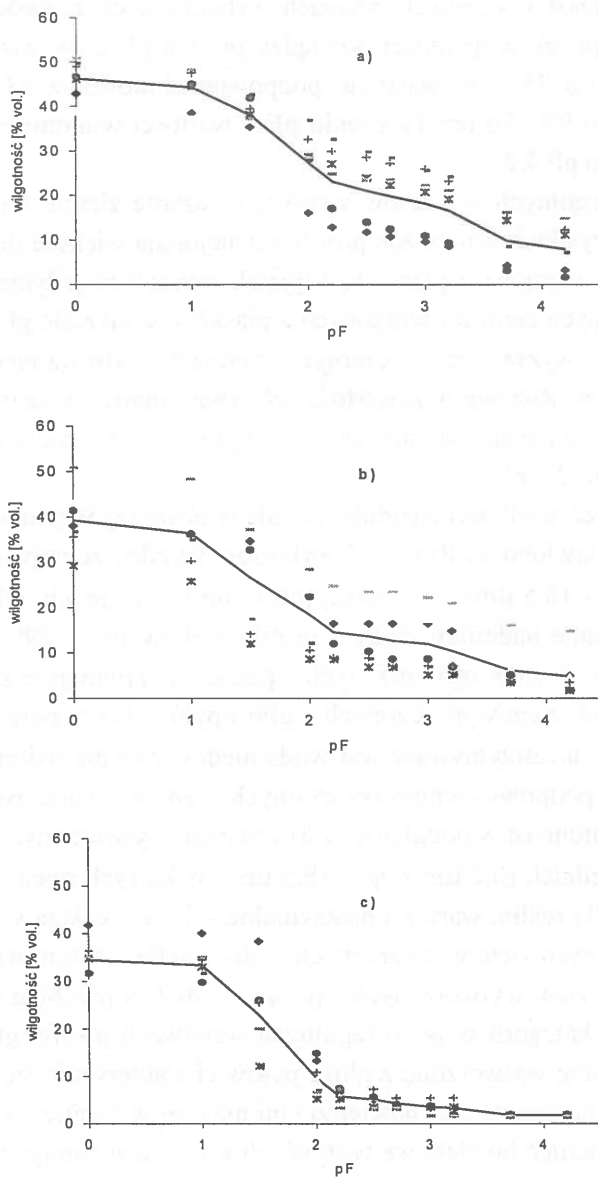
Rys. 1. Charakterystyki potencjał wody glebowej (pF) – wilgotność czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów: a) warstwa powierzchniowa, b) warstwa podpowierzchniowa, c) podglebie.

Fig. 1. Soil water potential (pF) – water content characteristics for Mollic Gleysols formed from loam and silt: a) surface layer, b) subsurface layer, c) subsoil.

glin i pyłów wykazują łagodny spadek wilgotności do pF 4,2 we wszystkich warstwach profili. Natomiast w czarnych ziemiach wytworzonych z piasków odnotowano gwałtowny spadek wilgotności pomiędzy pF 1 a pF 2; w warstwie powierzchniowej z 38 do 23%, w warstwie podpowierzchniowej z 33 do 18%, a w podglebiu z 33 do 9%. Po przekroczeniu pF 2 wartości wilgotności zmniejszały się stopniowo do pF 4,2.

Z analizy poszczególnych wykresów wynika, że czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów we wszystkich warstwach profilu retencjonują większe ilości wody niż czarne ziemie wytworzone z piasków. Wyjątek stanowi tu jedynie warstwa powierzchniowa czarnych ziem wytworzonych z piasków w zakresie pF 0 – pF 1, gdzie wilgotność jest wyższa niż w czarnych ziemiach wytworzonych z glin i pyłów o kilka procent. Różnice w zawartościach wody pomiędzy czarnymi ziemiami pierwszej i drugiej grupy są największe powyżej pF 1,5 i dochodzą nawet do 21% (podglebie, pF 2 – pF 2,7).

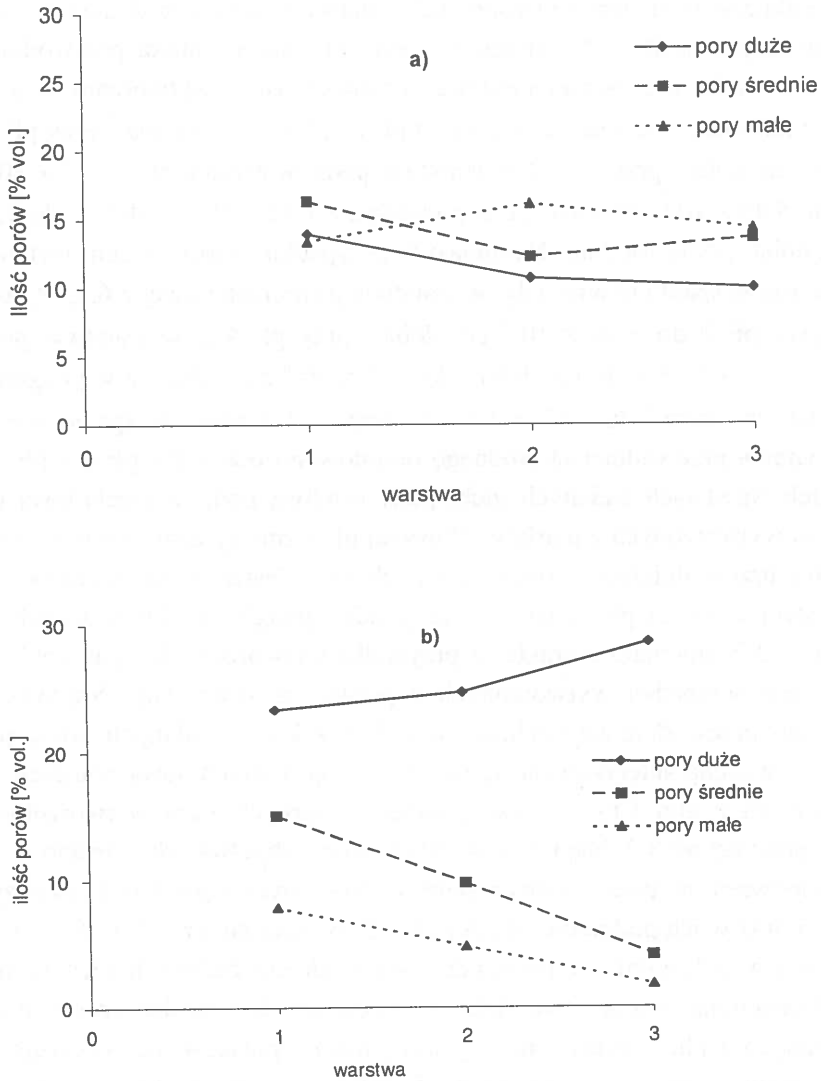
Ilość porów różnych wielkości znajdujących się w poszczególnych warstwach czarnych ziem przedstawiono na Rys. 3. Z wykresów wynika, że największe ilości dużych porów ($\varphi > 18,5 \mu\text{m}$), tzw. aeracyjnych lub filtracyjnych, odpowiadających za odprowadzanie nadmiaru wody z profilu glebowego, – 29% znajdują się w podglebiu czarnych ziem wytworzonych z piasków, najmniejsze zaś – 10% – w podglebiu czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów. Ilości porów małych ($\varphi < 0,2 \mu\text{m}$), w których zatrzymywana jest woda niedostępna dla roślin, są maksymalne w warstwie podpowierzchniowej czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów, minimalne natomiast w podglebiu czarnych ziem wytworzonych z piasku – 2%. Ilość porów średnich ($0,2 \mu\text{m} < \varphi < 18,5 \mu\text{m}$), w których retencjonowana jest woda użyteczna dla roślin, wartości maksymalne – 16% – osiąga w warstwie powierzchniowej czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów, a minimalne – 4% w podglebiu czarnych ziem wytworzonych z piasku. Z analizy przebiegu wartości ilości porów różnych kategorii w poszczególnych warstwach profilu glebowego wynika, że czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów charakteryzują się znacznie korzystniejszymi stosunkami wodno-powietrznymi niż czarne ziemie wytworzone z piasków. W tych ostatnich bowiem we wszystkich warstwach panuje nadmierne napowietrzenie, o czym świadczy ilość porów dużych przekraczająca 20%, a niewielkie ilości porów średnich, poza warstwą powierzchniową, nie umożliwiają retencjonowania odpowiednich ilości wody użytecznej dla roślin.



Rys. 2. Charakterystyki potencjał wody glebowej (pF) – wilgotność czarnych ziem wytworzonych piasku: a) warstwa powierzchniowa, b) warstwa podpowierzchniowa, c) podglebie.

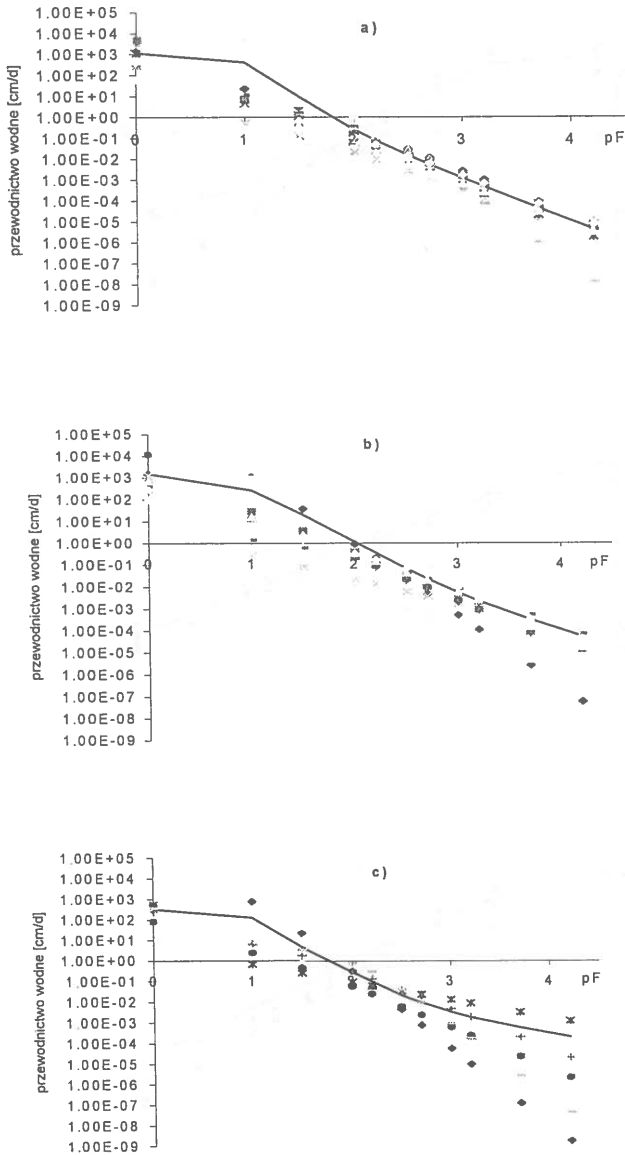
Fig. 2. Soil water potential (pF) – water content characteristics for Mollic Gleysols formed from sand: a) surface layer, b) subsurface layer, c) subsoil.

Zależność współczynnika przewodnictwa wodnego (k) od potencjału wody glebowej (pF) dla czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów przedstawiono na Rys. 4, a dla czarnych ziem wytworzonych z piasków na Rys. 5. Z układu danych przedstawionych na Rys. 4 wynika, że wartości współczynnika przewodnictwa wodnego w warstwie powierzchniowej czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów zmniejszają się wraz ze wzrostem pF z $3,2 \times 10^2$ cm doba^{-1} przy pF 0 do $1,9 \times 10^{-4}$ cm doba^{-1} przy pF 4,2, w warstwie podpowierzchniowej z $1,5 \times 10^3$ cm doba^{-1} do $5,45 \times 10^{-5}$ cm doba^{-1} , a w podglebiu z $1,12 \times 10^3$ cm doba^{-1} do $4,24 \times 10^{-6}$ cm doba^{-1} , odpowiednio. Natomiast w przypadku czarnych ziem wytworzonych z piasków spadki te wynosiły: w warstwie powierzchniowej z $6,13 \times 10^2$ cm doba^{-1} przy pF 0 do $6,56 \times 10^{-6}$ cm doba^{-1} przy pF 4,2, w warstwie podpowierzchniowej z $1,33 \times 10^3$ cm doba^{-1} do $4,07 \times 10^{-6}$ cm doba^{-1} , a w podglebiu z $1,89 \times 10^3$ cm doba^{-1} do $2,42 \times 10^{-6}$ cm doba^{-1} . Najmniejsze spadki wartości współczynnika przewodnictwa wodnego odnotowano pomiędzy pF 0 a pF 1 we wszystkich warstwach badanych gleb, poza warstwą podpowierzchniową czarnych ziem wytworzonych z piasków. Powyżej pF 1 zmniejszanie wartości współczynników przewodnictwa wodnego czarnych ziem następowało stopniowo wraz ze wzrostem wartości pF , jedynie w przypadku podglebia obu badanych gleb powyżej pF 3,2 zmieniało charakter w przypadku wytworzonych z glin i pyłów na łagodny, a w przypadku wytworzonych z piasku na gwałtowny. Najwyższymi wartościami przewodnictwa wodnego w całym zakresie badanych potencjałów wody glebowej charakteryzowała się warstwa podpowierzchniowa czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów oraz podglebie czarnych ziem wytworzonych z piasków powyżej pF 3,2. Najniższe wartości przewodnictwa odnotowano w warstwie podpowierzchniowej czarnych ziem wytworzonych z piasków pomiędzy pF 0 a pF 1,5 oraz w ich podglebiu poniżej pF 3,2. W zakresie pF 1,5 a pF 3,2 różnice wartości współczynników przewodnictwa wodnego badanych gleb są minimalne. Reasumując można stwierdzić, że przewodnictwo wodne czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów oraz wytworzonych z piasków nie wykazuje znaczącego zróżnicowania, a w zakresie pF 1,5 – pF 3,2 jest niemal identyczne.



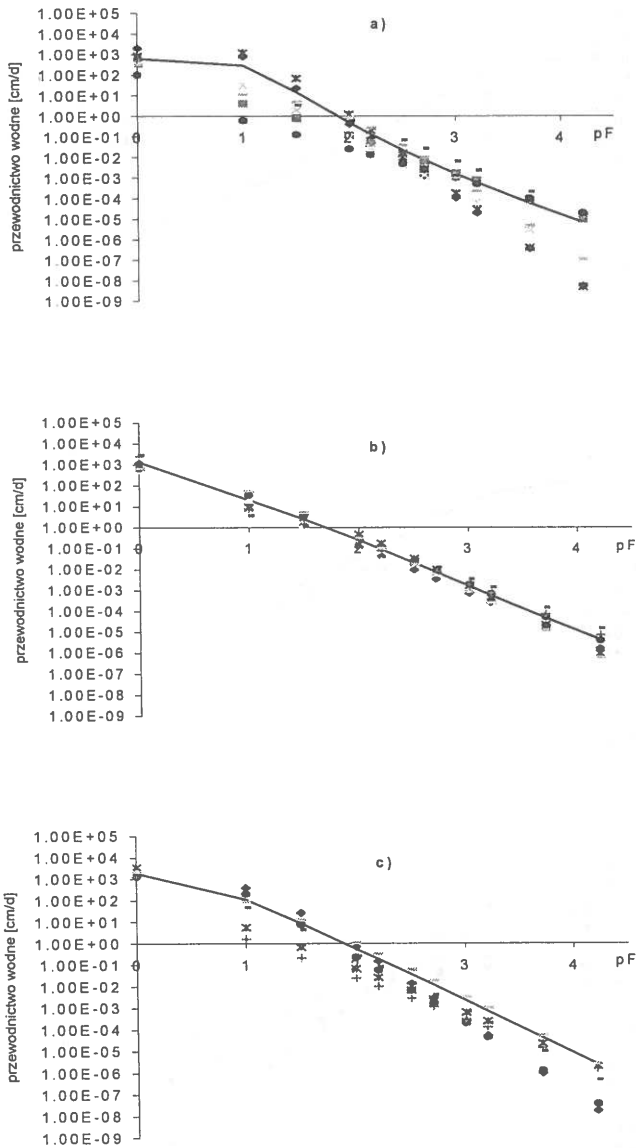
Rys. 3. Ilość porów różnych wymiarów w warstwach badanych gleb: a) czarne ziemie utworzone z glin i pyłów, b) czarne ziemie utworzone z piasku; 1 – warstwa powierzchniowa, 2 – warstwa podpowierzchniowa, 3 – podglebie.

Fig. 3. Amount of different size pores in investigated soils: a) Mollic Gleysols formed from loam and silt, b) Mollic Gleysols formed from sand; 1 – surface layer, 2 – subsurface layer, 3 – subsoil.



Rys. 4. Przewodnictwo wodne w funkcji potencjału wody glebowej dla czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów: a) warstwa powierzchniowa, b) warstwa podpowierzchniowa, c) podglebie.

Fig. 4. Water conductivity as a function of water potential for Mollic Gleysols formed from loam and silt: a) surface layer, b) subsurface layer, c) subsoil.



Rys. 5. Przewodnictwo wodne w funkcji potencjału wody glebowej dla czarnych ziem utworzonych z glin i pyłów: a) warstwa powierzchniowa, b) warstwa podpowierzchniowa, c) podglebie.

Fig. 5. Water conductivity as a function of water potential for Mollic Gleysols formed from loam and silt: a) surface layer, b) subsurface layer, c) subsoil.

WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanych wyników stwierdzono, że:

1. Czarne ziemie wytworzone z glin i pyłów retencjonują większe ilości wody w całym profilu glebowym niż czarne ziemie wytworzone z piasków.
2. Spadek ilości wody wraz ze wzrostem wartości pF w przypadku czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów jest łagodny, natomiast w czarnych ziemiach wytworzonych z piasku odnotowano gwałtowny spadek wilgotności w zakresie pF 1 – pF 2.
3. Najkorzystniejsze stosunki wodno-powietrzne panują w warstwie podpowierzchniowej i podglebiu czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów, natomiast czarne ziemie wytworzone z piasków w całym profilu wykazują nadmierne napowietrzenie oraz niewielkie ilości wody użytecznej dla roślin w warstwie podpowierzchniowej i podglebiu.
4. Najwyższe wartości współczynnika przewodnictwa wodnego odnotowano w warstwie podpowierzchniowej czarnych ziem wytworzonych z glin i pyłów w zakresie pF 0 – pF 4,2 oraz w ich podglebiu powyżej pF 3,2.
5. Najniższe wartości współczynnika przewodnictwa wodnego odnotowano w warstwie podpowierzchniowej czarnych ziem wytworzonych z piasków w zakresie pF 0 – pF 1,5 oraz w ich podglebiu powyżej pF 3,2.
6. Różnice wartości współczynników przewodnictwa wodnego dla poszczególnych warstw obu badanych grup są niewielkie, a w zakresie pF 2 – pF 3,2 minimalne, co świadczy o ich znacznej jednorodności pod względem charakterystyk hydrofizycznych.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bednarek R., Prusinkiewicz Z.:** Geografia gleb. PWN, Warszawa, 1997.
2. **Borkowski J.:** Czarne i szare ziemie wytworzone z utworów pyłowych na obszarze Śląska. Roczn. Gleb., XIV, 1, 61–78, 1964.
3. **Borowiec S.:** Zagadnienie genezy gleb wytworzonych z utworów pyrzyckiego plejstoceńskiego zastoiska wodnego w świetle dotychczasowych danych. Zeszyty Naukowe WSR w Szczecinie, 4, 1960.
4. **Cieśla W.:** Właściwości chemiczne czarnych ziem kujawskich na tle środowiska geograficznego. PTPN. Wydz. Nauk Rolniczych i Leśnych, VIII, 4, 11–58, Poznań, 1961.

5. **Gliński J., Ostrowski J., Stępniewska Z., Stępniewski W.:** Bank próbek glebowych reprezentujących gleby mineralne Polski. *Problemy Agrofizyki*, 66, 1991.
6. **Hoffman M., Kowlakowski A.:** Czarne ziemie obniżonych terenów Niziny Pyrzyckiej. PTPN. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych*, X, 1/1, 6–35, 1961.
7. **Hoffman M., Kowalkowski A.:** Jakościowy skład próchnicy w czarnych ziemiach i glebach brunatnych Niziny Pyrzyckiej. PTPN. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych*, XXIII, 1, 16–29, 1967.
8. **Instrukcja** obsługi komór nisko- i wysokociśnieniowych LAB 012. Soil Moisture Equipment Company. Santa Barbara, California, USA, 1987.
9. **Kowaliński S.:** Czarne ziemie wrocławskie. *Roczn. Gleb.* II, 47–81, 1952.
10. **Kowalkowski A., Hoffman M.:** Wstępne badania nad genezą gleb pyrzyckich. *Roczniki WSR w Poznaniu*, IX, 133–150, 1960.
11. **Kutilek M., Nielsen D.:** Soil hydrology. Catena Verlag, Cremlingen-Destedt, 87–243, 1994.
12. **Malicki M., Plagge R., Renger M., Walczak R.:** Application of time-domain reflectometry (TDR) soil minprobe for determination of unsaturated soil water characteristics from undisturbed soil cores. *Irrig. Sci.* 13, 65–72, 1992.
13. **Musierowicz A. i inni.:** Gleby brunatne i czarne ziemie zdegradowane okolic Łęczycy. *Roczn. Gleb.* II, 82–111, 1952.
14. **Musierowicz A., Olszewski Z., Brogowski Z., Kępką M.:** Czarne ziemie błońsko-sochaczewsko-łowickie. *Roczn. Nauk Roln.*, 82, s. A, 3, 4–34, 1961.
15. **Olszewski Z., Sikorska K., Barański E.:** Czarne ziemie kujawskie. *Roczn. Nauk Roln.*, s. D – Monografie, 97, 1–86, 1962.
16. **Prusinkiewicz Z.:** Gleby [w:] Województwo Bydgoskie. *Krajobraz, dzieje, kultura, gospodarka*. PWN, Oddział w Poznaniu, 47–57, 1973.
17. **Reimann B., Cieśla W.:** Czarne ziemie wrzesińskie. PTPN. *Prace Komisji Nauk Rolniczych i Leśnych*, XIX, 1, 7–58, 1965.
18. **Sobczuk H., Plagge R., Walczak R., Roth C.:** Laboratory equipment and calculation procedure to rapidly determine hysteresis of some hydrophysical properties under nonsteady flow conditions. *Z. Pflanz. Bodenk.* 155, 157–163, 1992.
19. **Sprawozdanie** z Projektu Badawczego KBN nr 5 P06 B 023 12: "Opracowanie mapy powierzchni właściwej gleb Polski", 2000.
20. **Ugglą H., Witek T.:** Czarne ziemie kętrzyńskie. *Zeszyty Naukowe WSR w Olsztynie*, 3, 3–29, 1957.
21. **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. Arophysics*, 7, 175–182, 1993.
22. **Walczak R., Witkowska-Walczak B., Sławiński C.:** Metodyczne aspekty tworzenia banku danych o hydrofizycznych charakterystykach gleb ornych Polski. *Acta Agrophysica*. 22, 245–251, 1999.
23. **Zawadzki S.:** [Red.] *Gleboznawstwo*. PWRiL, Warszawa, 1999.

WATER RETENTION AND CONDUCTIVITY OF POLISH MOLLIC GLEYSOLS

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

Institute of Agrophysics PAS, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27, Poland
e-mail: rwalczak@demeter.ipan.lublin.pl

Summary. In this paper the hydrophysical characteristics of Polish Mollic Gleysols formed from loam and silt as well as sand are presented. It was stated, that water retention curves and water conductivity coefficients for investigated soils were homogeneous. Mollic Gleysols formed from loam and silt characterize more comfortable water-air conditions than Mollic Gleysols formed from sand.

Keywords: Mollic Gleysols, water retention and conductivity.