

Edyta HEWELKE

Laboratorium Centrum Wodne, SGGW w Warszawie
Water Centre Laboratory, WULS – SGGW

Ocena niezwilżalności w wybranych glebach organicznych saprowo-murszowych

Evaluation of water repellency in selected Sapric Histosol

Słowa kluczowe: gleba organiczna saprowo-murszowa, niezwilżalność, wilgotność gleby, WDPT

Key words: Sapric Histosol, water repellency, moisture content, WDPT

Wprowadzenie

Torfowiska charakteryzują się dużymi zdolnościami retencyjnymi, spełniając ważne funkcje w środowisku przyrodniczym. Spowalniają odpływ, kształtują bilans wodny oraz stanowią siedliska unikatowych zbiorowisk roślinnych i zwierzęcych, pełniąc ważną rolę w kształtowaniu różnorodności biologicznej. W powstawaniu torfowisk oraz przeobrażaniu się ich pod wpływem działalności antropogenicznej kluczową rolę odgrywa woda. Działalność człowieka, polegająca głównie na odwodnieniu torfowisk i przystosowaniu ich do produkcji rolniczej, przyczyniła się do ich degradacji i istotnego ogranicze-

nia możliwości świadczenia tzw. usług środowiskowych. Degradacja gleb torfowych związana jest głównie z ich mineralizacją, której towarzyszy uwalnianie CO₂ i azotu oraz pogorszenie właściwości wodnych wynikające m.in. ze wzrostu hydrofobowości. Z tych względów coraz częściej podejmuje się działania na rzecz ochrony i renaturyzacji siedlisk gleb torfowych. W obu przypadkach dąży się do podniesienia zwierciadła wody gruntowej, tak aby powstrzymać proces dalszego murszenia. Renaturyzacja zaś wiąże się z przywróceniem procesu bagicznego powiązanego z odkładaniem się masy organicznej. Skutki funkcjonowania przekształconych siedlisk hydrogenicznych wykraczają znacznie poza obszar ich występowania. Dlatego ich rozpoznanie w układzie przyczynowo-skutkowym stanowi podstawę do właściwego zarządzania środowiskiem siedlisk hydrogenicznych. Hydrofobowość może ograniczać infiltrację, zwiększać

odpływ powierzchniowy i erozję (np. DeBano 1969, Doerr i in. 2000). Może również prowadzić do preferencyjnego przepływu wody i przyspieszać transport chemikaliów do wód gruntowych (np. Hendrickx i in. 1993, Ritsema i in. 1993, Ritsema i Dekker 2000). Rozpoznanie istniejącej lub pojawiającej się wraz z procesem mineralizacji hydrofobowości w glebach organicznych (np. Berglund i Persson 1996, Łachacz i in. 2009) może mieć istotny wpływ na bilans gleby torfowej. W pracy podjęto analizę zjawiska hydrofobowości utworów torfowych i murszowych położonych w środkowym Basenie Biebrzy.

Material i metodyka badań

Badania dotyczące wpływu zjawiska hydrofobowości na rozkład uwilgotnienia przeprowadzono w dwóch średnio głębokich profilach gleb torfowo-murszowych, według klasyfikacji Okruszko (1988), położonych w środkowym Basenie Biebrzy. Pierwszy z nich to profil o dużym zaawansowaniu procesu murszenia (Mt III cb) zlokalizowany w bliskim sąsiedztwie wsi Wykowo, a drugi

to profil o średnim stopniu zaawansowania procesu murszenia (Mt II bc) zlokalizowany na Kwaterze 17, wchodzącej w skład zmeliorowanego w latach pięćdziesiątych XX wieku torfowiska Kuwasy I. Profil Wykowo położony jest w odległości około 50 m na zachód od Kanału Kuwaskiego, który w zależności od stanu wody drenuje lub nawadnia przylegający teren. Na Kwaterze 17 znajduje się system nawodnień podsiąkowych, który umożliwia regulowanie poziomu zwierciadła wody gruntowej. Tereny reprezentowane przez oba profile wykorzystywane są jako użytki zielone. Właściwości fizyczne charakterystycznych warstw w rozpatrywanych profilach przedstawiono w tabelach 1 i 2.

W celu określenia zwilżalności badanych gleb w charakterystycznych warstwach przeprowadzono pomiary czasu wsiąkania kropli wody. Z każdej warstwy pobrano po trzy próbki o objętości 100 cm³. W laboratorium nasycono je do pełnej pojemności wodnej poprzez umieszczenie na bloku pyłowym przez okres 2 tygodni. Następnie sukcesywnie, w miarę przesychnienia utworów glebowych, wykonywano pomiar masy próbki i czasu wsiąkania kropli wody (water

TABELA 1. Właściwości fizyczne gleby organicznej sapro-murszowej (Mt III cb) z obiektu Wykowo (Systematyka gleb... 2011)

TABLE 1. Physical properties of Sapric Histosol (IUSS Working group WRB 2006) profile (Mt III cb) at Wykowo experimental site

Warstwa Depth	Popielność Ash content	Gęstość gleby Bulk density	Porowatość Porosity	Opis profilu Description
cm	% a.s.m.	g·cm ⁻³	% obj.	
0–10	16,0	0,338	79,5	warstwa darniowa
10–40	15,3	0,270	83,7	mursz gruzelkowy, poniżej mursz właściwy
40–50	11,8	0,156	90,2	torf olesowy R ₃
50–80	11,8	0,127	92,2	torf szuwarowy R ₃

TABELA 2. Właściwości fizyczne gleby organicznej saprowo-murszowej (Mt II bc) z obiektu kwatery 17 (Systematyka gleb... 2011)

TABLE 2. Physical properties of Sapric Histosol (IUSS Working group WRB 2006) profile (Mt II bc) at Kwatery 17 experimental site

Warstwa Depth	Popielność Ash content	Gęstość gleby Bulk density	Porowatość Porosity	Opis profilu Description
cm	% a.s.m.	g·cm ⁻³	% obj.	
0–5	16,6	0,257	84,5	warstwa darniowa
5–20	13,4	0,238	85,3	mursz próchniczny
20–25	13,2	0,198	87,7	warstwa przejściowa
25–35	13,6	0,181	88,8	torf mechowiskowy R ₂
35–50	14,2	0,135	91,7	torf turzycowiskowy R ₂
50–80	19,9	1,697	87,5	torf olesowy R ₃ z dużymi kawałkami drewna

drop penetration time – WDPT) umieszczonej na powierzchni gleby za pomocą standardowego zakraplacza medycznego. Każdorazowo zadawano po pięć kropeł wody destylowanej. Do dalszych analiz wykorzystano wartości średnie z pięciu powtórzeń WDPT przy danym uwilgotnieniu gleby. Po upływie czterech tygodni próbki gleby wysuszono w suszarce w temperaturze 105°C i ponownie określono wilgotność i gęstość gleby.

Według Dekkera i Ritsemy (1994), ocena zwilżalności przeprowadzona na podstawie wyników testu czasu wsiąka-

nia kropli wody lub alkoholu etylowego na próbkach o uwilgotnieniu aktualnym jest definiowana jako zwilżalność aktualna, a ocena dokonana na podstawie pomiarów czasu na próbkach całkowicie suchych – jako zwilżalność potencjalna. Do oceny zwilżalności aktualnej wykorzystano wyniki pomiarów czasu wsiąkania kropli wody (WDPT) i klasyfikację zwilżalności zaproponowaną przez Dekkera i Jungeriusa (1990) – tabela 3, a do oceny zwilżalności potencjalnej – wyniki testu molarności alkoholowej (MT), według metody zaproponowanej przez Wallisa i Horna (1992). Badania

TABELA 3. Klasyfikacja zwilżalności gleb w zależności od czasu wsiąkania kropli wody (Dekker i Jungerius 1990)

TABLE 3. Classification of soil wettability depending on the time of water drop penetration time (Dekker and Jungerius 1990)

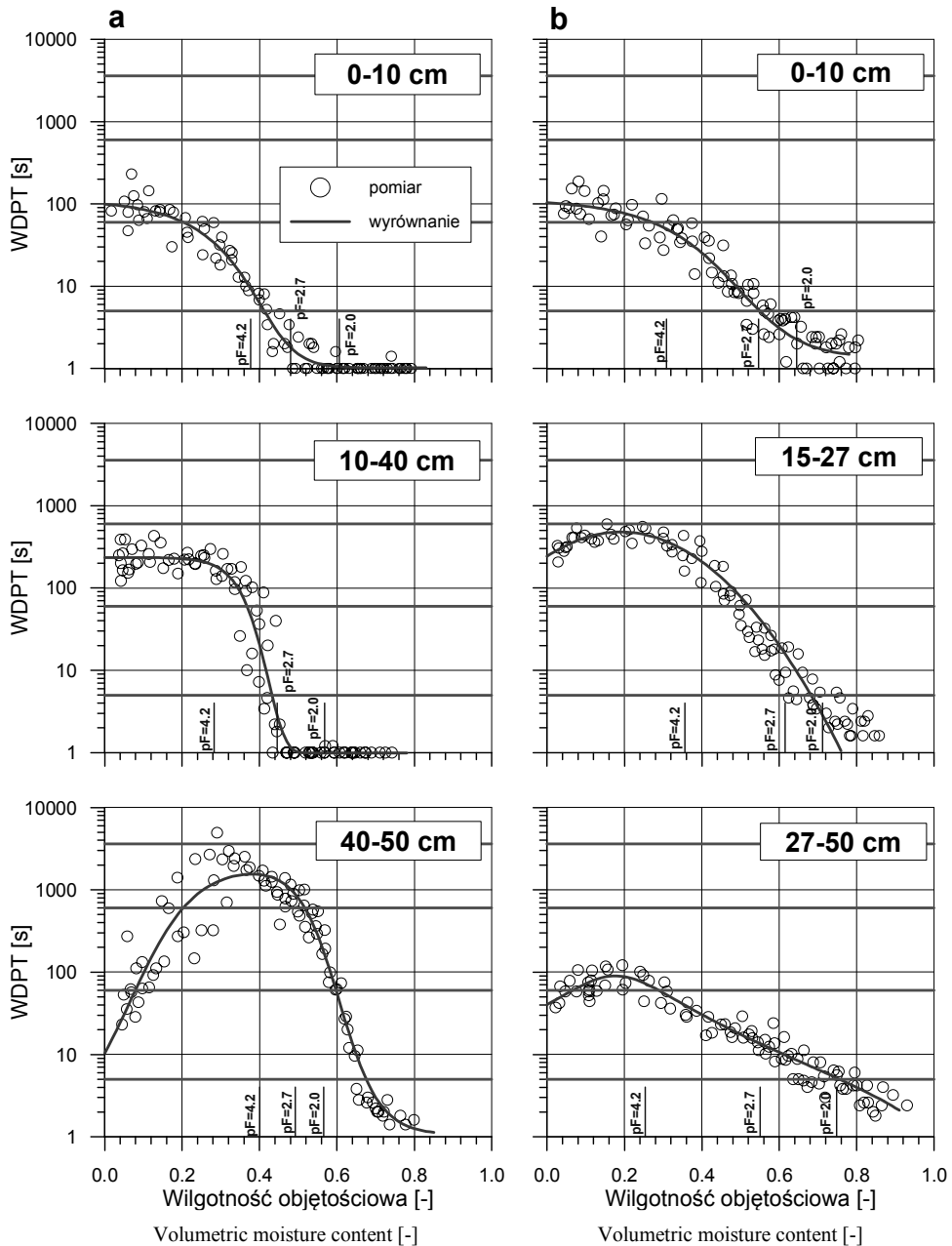
Czas wsiąkania kropli wody (WDPT) Water drop penetration time (WDPT) [s]	Ocena zwilżalności Classes of water repellency
< 5	zwilżalna
5–60	słabo niezwilżalna
60–600	średnio niezwilżalna
600–3600	mocno niezwilżalna
> 3600	ekstremalnie niezwilżalna

testu molarności alkoholowej prowadzono na próbkach całkowicie suchych (po wysuszeniu w suszarce w temperaturze 105°C, a następnie wystudzonych w eksykatorze do temperaturze 20°C). W celu wykonania pomiarów zwilżalności testem MT przygotowano 15 roztworów o różnym stężeniu objętościowym etanolu w zakresie od 0 do 35%, a różnice stężenia między kolejnymi roztworami wynosiły 2,5%. Na powierzchni każdej próbki zadawano krople roztworu o różnym stężeniu celem określenia minimalnej wartości stężenia roztworu, którego kropla wsiąka w czasie krótszym niż 5 s. Pomiar przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych, gdzie średnia temperatura powietrza wynosiła 20°C.

Wyniki badań i dyskusja

Wyniki pomiarów czasu wsiąkania kropli wody w funkcji uwilgotnienia dla różnych warstw gleby w profilach Wykowo i Kwatera 17 przedstawiono na rysunku 1. Na poszczególnych wykresach zaznaczono wartości graniczne czasu wsiąkania kropli wody dla poszczególnych klas zwilżalności (tab. 3), jak również wartości charakterystycznych stanów uwilgotnienia ($pF = 2,0$ – połowa pojemność wodna; $pF = 2,7$ – punkt hamowanego wzrostu roślin i $pF = 4,2$ – punkt trwałego wędnięcia roślin). Analizując dane przedstawione na wykresach, można stwierdzić, że czas wsiąkania kropli wody jest ściśle związany z uwilgotnieniem badanych gleb i zmienia się wraz ze zmianą jej wilgotności. Przynależność danej warstwy do klasy zwilżalności również związana jest z jej uwilgotnieniem. W profilu Wy-

kowo warstwę darniową (0–10 cm), przy ciśnieniu ssącym wody glebowej mniejszym od $pF = 4,2$, można zaliczyć do utworów zwilżalnych, a po przekroczeniu tej wartości – do słabo niezwilżalnych, przy uwilgotnieniu zaś mniejszym od 20% – do średnio niezwilżalnych. Zależność czasu wsiąkania kropli wody od uwilgotnienia w warstwie murszu (10–40 cm) ma podobny charakter jak zależność w warstwie murszu darniowego, przy czym już przy uwilgotnieniu odpowiadającym ciśnieniu ssącemu $pF = 2,7$ utwór ten można sklasyfikować jako słabo niezwilżalny, a w warunkach spadku uwilgotnienia poniżej 38% – jako średnio niezwilżalny. W profilu Wykowo najwyższą hydrofobowością charakteryzuje się warstwa torfu olesowego (40–50 cm), która już przy uwilgotnieniu mniejszym od 68% jest słabo niezwilżalna. W przedziale uwilgotnienia, odpowiadającemu ciśnieniom ssącym od $pF = 2,0$ do $pF = 2,7$, torf ten należy do klasy średnio niezwilżalnej, przy $pF = 4,2$ obserwuje się maksymalny czas wsiąkania kropli wody, a w granicach zmian uwilgotnienia od 20 do 52% jest mocno niezwilżalny. Poniżej 20% uwilgotnienia badany torf olesowy może być klasyfikowany jako średnio lub słabo niezwilżalny. W profilu położonym na Kwaterze 17 warstwa murszu darniowego (0–10 cm) przy spadku uwilgotnienia poniżej uwilgotnienia odpowiadającego punktowi hamowanego wzrostu roślin jest słabo niezwilżalna, a poniżej uwilgotnienia odpowiadającego punktowi trwałego wędnięcia roślin jest średnio niezwilżalna. Warstwa przejściowa (15–27 cm) w przedziale zmian uwilgotnienia od pełnej pojemności wodnej do 66% jest zwilżalna, a w przedziale



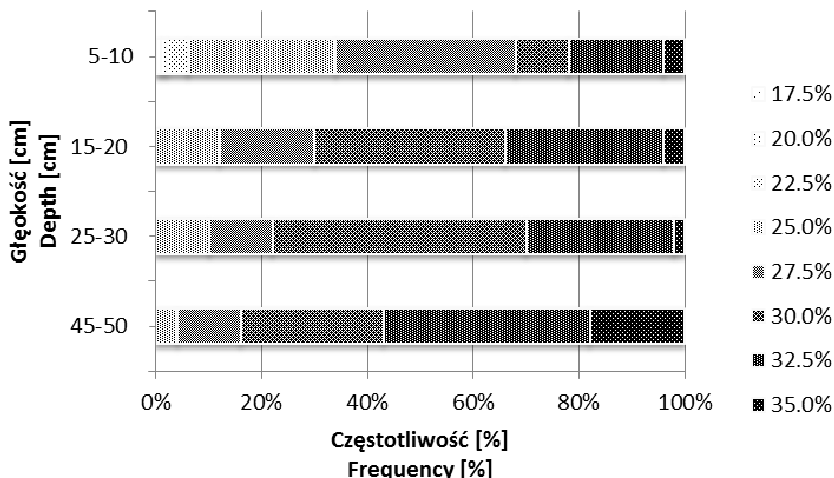
RYСУNEK 1. Zależność czasu wsiąkania kropli wody (WDPT) od uwilgotnienia dla różnych warstw gleby w profilach: a – Wykowo, b – Kwaterna 17

FIGURE 1. Dependence of water drop penetration time (WDPT) on soil-water content at different depths at: a – Wykowo, b – Kwaterna 17 experimental site

od 50 do 66% jest słabo niezwilżalna. Przy spadku uwilgotnienia poniżej 50% badaną warstwę można sklasyfikować jako średnio niezwilżalną. Warstwa torfu turzycowiskowego (27–50 cm) przy uwilgotnieniach większych niż $pF = 2,0$ jest zwilżalna, a w przedziale zmian uwilgotnienia od $pF = 2,0$ do $pF = 4,2$ jest słabo niezwilżalna. Przy uwilgotnieniach mniejszych od wilgotności odpowiadającej punktowi trwałego wędnięcia roślin może być klasyfikowana jako średnio niezwilżalna. Oceniając zwilżalność badanych profili na podstawie wyników pomiarów czasu wsiąkania kropli wody, można stwierdzić, że profil Wykowo wykazuje wyższą hydrofobowość ze względu na występowanie warstwy torfu olesowego w porównaniu z profilem Kwatera 17 i warstwą torfu turzycowiskowego.

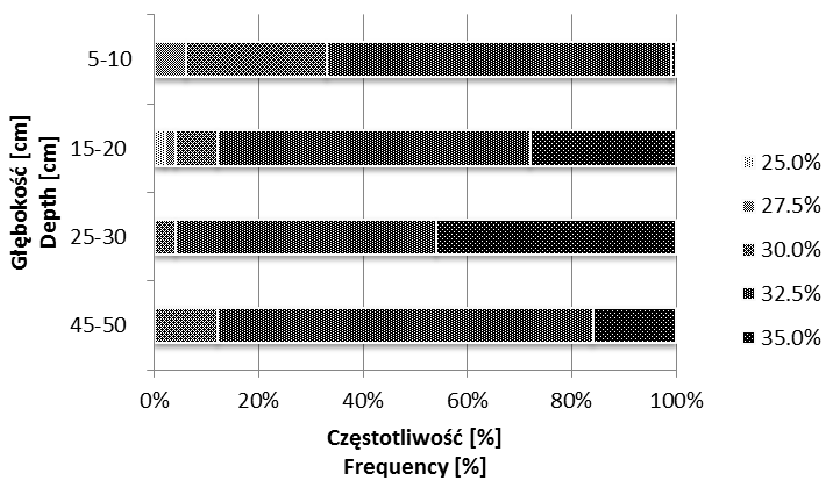
Wyniki pomiarów zwilżalności potencjalnej przy wykorzystaniu testu molarności alkoholowej (MT) dla profili

Wykowo i Kwatera 17 przedstawiono odpowiednio na rysunkach 2 i 3. Dla profilu Wykowo przedstawiono względną częstotliwość pomiarów dla 124 próbek z każdej warstwy, a dla profilu Kwatera 17 – dla 93 próbek w każdej warstwie, łącznie przebadano odpowiednio 496 i 372 próbek z badanych dwóch profili. Analizowane gleby wykazują znaczną niezwilżalność potencjalną, o czym świadczy zakres wykorzystanych stężeń etanolu, który zdecydowanie przewyższa stężenia etanolu wykorzystywane dla określenia potencjału hydrofobowości w glebach mineralnych, która jest lepiej rozpoznana niż w glebach organicznych. W badaniach Watsona i Letey'a (1970) oraz McGhie i Posnera (1980) w glebach mineralnych maksymalne wykorzystywane stężenie etanolu nie przekraczało 25%, przy udziale częstotliwości nie większym niż 25%. Porównując uzyskane wyniki dla badanych profili, można stwierdzić, że wyższą potencjalną



RYSUNEK 2. Częstotliwość występowania próbek o niezwilżalności potencjalnej w poszczególnych warstwach gleby w profilu Wykowo

FIGURE 2. Relative frequency of the degree of potential water repellency for each layer at Wykowo profile



RYSUNEK 3. Częstotliwość występowania próbek o niezwilżalności potencjalnej w poszczególnych warstwach gleby w profilu Kwaterna 17

FIGURE 3. Relative frequency of the degree of potential water repellency for each layer at Kwaterna 17 profile

hydrofobowość wykazuje gleba z profilu zlokalizowanego na Kwaterze 17. We wszystkich badanych warstwach ponad 90% częstotliwości pomiarów stanowią roztwory wyższe lub równe 30% stężeniu etanolu, jedynie 1% częstotliwości w warstwie murszu próchnicznego stanowi stężenie 25% (rys. 3). Glebę na obiekcie Wykowo również cechuje duża niezwilżalność, choć wykorzystany zakres stężeń etanolu jest nieco szerszy i wynosi od 17,5 do 35% (rys. 2). Warstwa darniowa wykazała najszerszy zakres niezwilżalności. W warstwie torfu olesowego częstotliwość występowania stężeń większych niż 30% wynosiła ponad 80%, co potwierdza wyniki uzyskane metodą WDPT.

Należy zaznaczyć, że oceniając profile na podstawie pomiarów czasu wsiąkania kropli wody przeprowadzonych w warunkach laboratoryjnych przy małym uwilgotnieniu, powierzchniowe murszowe warstwy wykazują podob-

ną zwilżalność, a torfy podścielające się różnią (rys. 1). Występujące różnice w ocenie zwilżalności potencjalnej mogą być wynikiem zmienności przestrzennej uwilgotnienia gleby (Waniek i in. 1999, Waniek 2002, Szatyłowicz i in. 2007).

Wnioski

1. Uwilgotnienie utworów torfowych i murszowych wywiera istotny wpływ na ocenę stopnia ich zwilżalności. W badanych utworach obserwuje się wzrost czasu wsiąkania kropli wody wraz ze zmniejszaniem się ich uwilgotnienia. W utworach torfowych występuje wyraźne maksimum WDPT przy uwilgotnieniu odpowiadającym ciśnieniu ssącemu w granicach $pF = 4,2$, podczas gdy w utworach murszowych funkcja ma charakter malejący.

2. Poszczególne utwory torfowe i murszowe charakteryzują się specy-

ficznym zakresem zwilżalności, przy uwilgotnieniu odpowiadającemu ciśnieniu ssącemu $pF = 2,7$ utwory murszowe i torf mechowiskowy można sklasyfikować jako hydrofilne, torf szuwarowy oraz warstwy przejściowe między murszem a torfem – jako słabo i średnio niezwilżalne, a torf olesowy – jako mocno niezwilżalny. Natomiast przy uwilgotnieniu odpowiadającemu $pF = 4,2$ utwory murszowe należą do klasy słabo niezwilżalnych, podczas gdy pozostałe można sklasyfikować jako średnio i mocno niezwilżalne.

3. Wykorzystywany zakres stężeń etanolu od 17,5 do 35% w pomiarach zwilżalności potencjalnej (MT) pozwala stwierdzić, iż gleby organiczne charakteryzują się wyższą hydrofobowością potencjalną niż gleby mineralne. Warstwy murszowe wykazały najszerszy zakres niezwilżalności, a najwyższą hydrofobowość stwierdzono dla torfu olesowego.

4. W utworach torfowych i murszowych występuje zjawisko hydrofobowości, które w sposób istotny wpływa na stosunki wodne tych gleb. Proces murszenia podwyższa hydrofobowość, ta zaś pogłębia proces murszenia i kurczenia się torfu. W celu zachowania istniejących zasobów gleb organicznych konieczne jest podjęcie dalszych badań dotyczących identyfikacji czynników determinujących i eliminujących hydrofobowość tych utworów.

Literatura

- BERGLUND K., PERSSON L. 1996: Water repellence of cultivated organic soils. *Acta Agriculture Scandinavica*, Section B, *Soil and Plant Science* 46: 145–152.
- DeBANO L.F. 1969: Water repellent soils: a worldwide concern in management of soil and vegetation. *Agric. Sci. Rev.* 7 (2): 11–18.
- DEKKER L.W., JUNGERIUS P.D. 1990: Water repellency in the dunes with special reference to the Netherlands. *Catena Supplement* 18: 173–183.
- DEKKER L.W., RITSEMA C.J. 1994: How water moves in a water repellent sandy soil. 1. Potential and actual water repellency. *Water Resour. Res.* 30: 2507–2517.
- DOERR S.H., SHAKESBY R.A., WALSH R.P.D. 2000: Soil water repellency: its causes, characteristics and hydrogeomorphological significance. *Earth – Science Reviews* 51: 33–65.
- HENDRICKX J.M.H., DEKKER L.W., BOERSMA O.H. 1993: Unstable wetting fronts in water-repellent field soils. *Journal of Environmental Quality* 22: 109–118.
- ŁACHACZ A., NITKIEWICZ M., KALISZ B. 2009: Water repellency of post-boggy soils with a various content of organic matter. *Biologia, Section Botany* 64 (3): 634–638.
- McGHIE D.A., POSNER A.M. 1980: Water repellence of a heavy-textured Western Australian surface soil. *Austr. J. Soil. Res.* 18: 309–323.
- OKRUSZKO H. 1988: Zasady podziału gleb hydrogenicznych na rodzaje oraz łączenia rodzajów w kompleksy. *Roczniki Gleboznawcze* XXXIX: 127–152.
- RITSEMA C.J., DEKKER L.W. 2000: Preferential flow in water repellent sandy soils: principles and modeling implications. *Journal of Hydrology* 231–232: 308–319.
- RITSEMA C.J., DEKKER L.W., HENDRICKX J.M.H., HAMMINGA W. 1993: Preferential flow mechanism in a water repellent sandy soil. *Water Resour. Res.* 29: 2183–2193.
- Systematyka gleb Polski 2011. *Rocz. Glebozn.* 62, 3.
- SZATYŁOWICZ J., GNATOWSKI T., SZEJBA D., OLESZCZUK R., BRANDYK T., KECHAVARZI C. 2007: Moisture content variability in drained fen soil. In: *Wetlands: Modeling, Monitoring, Management*. Ed. T. Okruszko, E. Maltby, J. Szatyłowicz, D. Świątek, W. Kotowski. Taylor and Francis Group, London: 113–120.

- WALLIS M.G., HORNE D.J. 1992: Soil water repellency. *Adv. Soil Sci.* 20: 91–146.
- WANIEK E. 2002: Wpływ zwilżalności na uwilgotnienie gleby torfowo-murszowej. Praca doktorska. SGGW, Warszawa.
- WANIEK E., SZTYŁOWICZ J., BRANDYK T. 1999: Moisture patterns in water repellent peat-moorsh soil. *Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCX*: 199–209.
- WATSON C.J., LETEY J. 1970: Indices for characterizing soil – water repellency based upon contact angle-surface tension relationships. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 34: 841–844.
- IUSS Working Group WRB 2006: World Reference Base for Soil Resources. World Soil Resources Reports No. 103. FAO, Rome.

Streszczenie

Ocena niezwilżalności w wybranych glebach organicznych saporowo-murszowych. Głównym celem badań jest analiza zjawiska hydrofobowości w glebie torfowo-murszowej. Badania zostały przeprowadzone w odwodnionych, użytkowanych łąkowo profilach gleby saporowo-murszowej, zlokalizowanych w środkowym Basenie Biebrzy. Przeprowadzono ocenę zwilżalności gleby, wykorzystując test czasu wsiąkania kropli wody (WDPT) i alkoholu (MT). Badania wykazały silną zależność hydrofobowości od

uwilgotnienia gleby. Wartości wyników potencjalnej niezwilżalności są znacznie większe niż dla większości gleb mineralnych.

Summary

Evaluation of water repellency in selected Sapric Histosol. The main objective of this study is an analysis of the phenomenon of hydrophobicity in peat-moorsh soil. Research took place in the drained Sapric Histosol, used as meadows, soil profiles located in the central basin of Biebrza Valley. The persistence and degree of water repellency were examined in the soil using water drop penetration time (WDPT) and alcohol percentage tests (MT). The research showed the extreme dependence of hydrophobicity on soil water content. The values of potential water repellency of the soils studied are much greater than for most mineral repellent soils.

Author's address:

Edyta Hewelke
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Laboratorium Centrum Wodne
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
Poland
e-mail: edyta_hewelke@sggw.pl