

WŁAŚCIWOŚCI HYDROFIZYCZNE AGREGATÓW GLEBY BRUNATNEJ WYTWORZONEJ Z PIASKU SŁABOGLINIASTEGO

B. Witkowska-Walczak

Instytut Agrofizyki PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27

e-mail: bwitwal@demeter.ipan.lublin.pl

Streszczenie. Określono właściwości hydrofizyczne, tj. retencję, przewodnictwo wodne i parowanie, agregatów gleby brunatnej (Eutric Cambisol) wytworzonej z piasku słabogliniastego. Stwierdzono, że agregacja zasadniczo zmienia statyczne i dynamiczne właściwości wodne badanej gleby, powodując w konsekwencji zmiany wielkości parowania wody z jej powierzchni.

Słowa kluczowe: agregacja gleby, retencja, przewodnictwo wodne, parowanie.

WSTĘP

Statyczne i dynamiczne charakterystyki gleby mają zasadniczy wpływ na wzrost i rozwój roślin, jak również na kształtowanie się składowych jej bilansu wodnego. Mogą one ulegać zmianom pod wpływem prowadzenia zabiegów agrotechnicznych, które powodują zmianę zagęszczenia i struktury gleby [1-3,5,7,8,10,15,16,18].

Gleby brunatne wytworzone z piasków słabogliniastych i gliniastych różnego pochodzenia, m.in. pochodzenia wodnego, występują na Lubelszczyźnie głównie w jej północnej części, tj. na Małym Mazowszu, Polesiu Lubelskim i Równinie Parczewskiej oraz na południu – na Płaskowyżu Tarnogrodzkim. Występują one w kompleksie z glebami płowymi, zajmując około 15% powierzchni regionu lubelskiego. Gleby brunatne mogą powstawać m.in. w wyniku przeobrażeń gleb płowych po zabiegach agrotechnicznych lub też w terenie falistym, np. na Płaskowyżu Tarnogrodzkim, w wyniku procesów erozyjnych. Odgórnice oglejone gleby brunatne powstają na terenach płaskich, gdzie brak odpływu wód opadowych. Niska zawartość cząstek najdrobniejszych w górnych warstwach gleb brunatnych Lubelszczyzny

wytworzonych z piasku wg niedawnych jeszcze poglądów wiązana była z procesem przemywania, jednak aktualnie – z procesami peryglacjalnymi [4,12,19]. Omawiane gleby zaliczane są do kompleksu żyniego słabego lub w niektórych przypadkach do kompleksu żyniego dobrego. Uprawia się na nich głównie żyto, owies, ziemniaki, seradela i łubiny. Nadają się też do uprawy mniej wybrednych gatunków drzew owocowych.

Celem pracy było określenie właściwości wodnych agregatów gleby brunatnej wytworzonej z piasku słabogliniastego.

MATERIAŁ GLEBOWY I METODYKA BADAŃ

Badania zależności pomiędzy wielkościami agregatów a ich wodnymi właściwościami przeprowadzono dla gleby brunatnej wytworzonej z piasku słabogliniastego (Eutric Cambisol) z poletka doświadczalnego Wojewódzkiego Ośrodka Postępu Rolniczego w Annopolu koło Kocka (Małe Mazowsze). Próby glebowe pobrano jesienią z warstwy omei w formie monolitu poziomego przy wilgotności odpowiadającej PPW. Glebę wysuszono w laboratorium do stanu powietrznie suchego i rozfrakcjonowano standardową metodą sitową bez poprawki piaskowej. Wyodrębniono następujące frakcje agregatów (ich procentowy udział w glebie podano w nawiasach): <0,25 mm (24%); 0,25-0,5 (44%); 0,5-1 (6%); 1-3 (9%); 3-5 (4%); 5-10 (9%) i >10 mm (4%). Dla badanej gleby w stanie naturalnym i dla poszczególnych frakcji agregatów określono podstawowe właściwości przy użyciu stosowanych standardowo w gleboznawstwie metod (Tab. 1). Następnie agregatami poszczególnych frakcji napełniono cylindry o pojemności 100 cm³ ($h = 5$ cm), używając wibratora i poddano je stabilizacji w cyklach nawilżania-osuszania [13].

Charakterystyki potencjał wody glebowej-wilgotność wyznaczono w procesie osuszania w zakresie 0,1 – 1500 kJ·m⁻³ (pF 0 - pF 4,2) i w procesie nawilżania w zakresie 0,1 - 31 kJ·m⁻³ (pF 0 - pF 2,7) przy użyciu płyt nisko- i wysokociśnieniowych [14]. Wielkość efektu histerezy charakterystyk potencjał wody glebowej-wilgotność w danym punkcie pF (ΔW) wyliczono jako różnicę zawartości wody odpowiadającej tej wartości pF przy uzyskaniu stanu równowagi termodynamicznej w procesie osuszania i nawilżania. Pole powierzchni pętli histerezy wyznaczono planimetrycznie. Współczynnik przewodnictwa wodnego w strefie nasyconej (K_{sat}) określono przy użyciu aparatu do pomiaru przepuszczalności wodnej firmy Eijkelkamp [9], a współczynnik dyfuzyjności wodnej wyliczono wg modelu Mualema [11]. Wielkość parowania wyznaczono przy użyciu specjalnie w tym celu skonstruowanej aparatury [17] w dwóch różnych wariantach doświadczenia.

Tabela 1. Podstawowe właściwości i przepuszczalność wodna gleby brunatnej w stanie naturalnym i jej agregatów
 Table 1. Basic properties and permeability of Eutric Cambisol in natural state and its aggregates

Eutric Cambisol	Fracja agregatów [mm]	Rozkład granulometryczny [%] [ϕ w mm]			C_{org} [%]	Powierzchnia właściwa (H ₂ O) [m ² ·g ⁻¹]	pH w KCl	Gęstość [g·m ⁻³]	K_{sat} [m·doba ⁻¹]
		1 - 0,1	0,1 - 0,02	< 0,02					
Stan naturalny	-	64	21	15	1,5	20	4,5	1,43	2,73
	< 0,25	13	64	23	1,8	25	4,1	1,32	17,3
	0,25 - 0,5	76	14	10	0,8	9	4,1	1,72	21,1
	0,5 - 1	84	9	7	0,9	14	4,1	1,19	44,3
	1 - 3	60	25	15	4,5	41	4,4	0,90	46,2
	3 - 5	62	25	13	2,1	22	4,6	1,01	33,0
	5 - 10	67	21	12	1,4	18	4,1	1,30	34,0

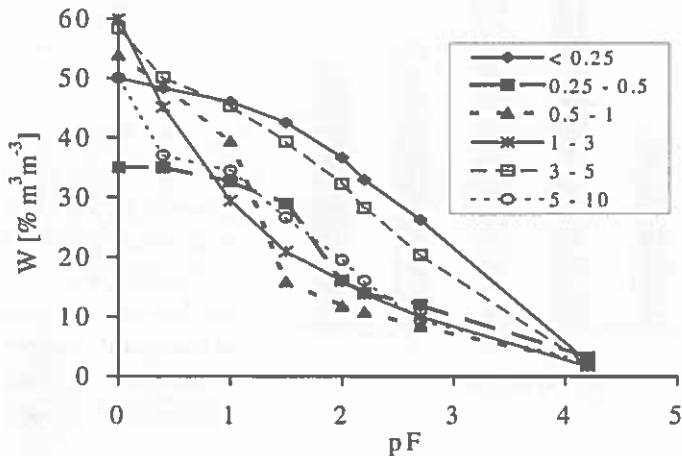
Wariant I to: - radiacja - $11,6 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, temperatura powietrza - $20 \pm 0,5^\circ\text{C}$; wilgotność względna powietrza - $50 \pm 3\%$, tj. ewaporacja potencjalna wynosiła $4,5 \text{ mm}\cdot\text{doba}^{-1}$; wariant II to: - radiacja - $163 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, temperatura powietrza - $27,5 \pm 0,5^\circ\text{C}$; wilgotność względna powietrza - $33 \pm 3\%$, tj. ewaporacja potencjalna wynosiła $11 \text{ mm}\cdot\text{doba}^{-1}$. Agregaty glebowe, podścielone 10 cm warstwą pyłu, znajdowały się w szklanych kolumnach glebowych o wysokości 40 cm i średnicy 10 cm, w których zwierciadło wody ustalono na głębokości 32 cm, co odpowiada pF 1,5 na powierzchni próbek. Eksperyment rozpoczynano po 14 dniach od momentu podwieszenia słupa wody, tj. po osiągnięciu ustalonego stanu przepływu wody przez próbkę [6].

WYNIKI BADAŃ

Charakterystyki potencjał wody glebowej-wilgotność, tzn. krzywych retencji, w procesie osuszania dla różnych frakcji agregatów glebowych przedstawiono na Rys. 1. Przebieg krzywych retencji wskazuje, że przy nasyceniu wodą próbki glebowych (pF 0) najwięcej wody magazynują agregaty frakcji 1-3 i 3-5 mm (60 i 58,5%), najmniej zaś agregaty frakcji 0,25-0,5 mm (35,1%). Podobną zależność odnotowano w przypadku pF 0,4 i pF 1. Wskazuje to na fakt, że agregaty średnic 1-5 mm charakteryzują się największą porowatością ogólną, a agregaty o wymiarach 0,25-0,5 mm - najmniejszą. Powyżej pF 1 najwyższą wilgotnością charakteryzowały się agregaty mniejsze od 0,25 mm i 3-5 mm, przy czym ilość zawartej w nich wody zmniejszała się łagodnie wraz ze wzrostem potencjału wody glebowej, osiągając przy pF 4,2 odpowiednio - 2,5 i 1,9%. W przypadku pozostałych frakcji agregatów spadek zawartości wody pomiędzy pF 1 a pF 2,2 następował gwałtownie (o 17 - 29%), co świadczy o znacznej zawartości dużych i bardzo dużych porów ($\phi > 18,5 \mu\text{m}$) w próbkach glebowych.

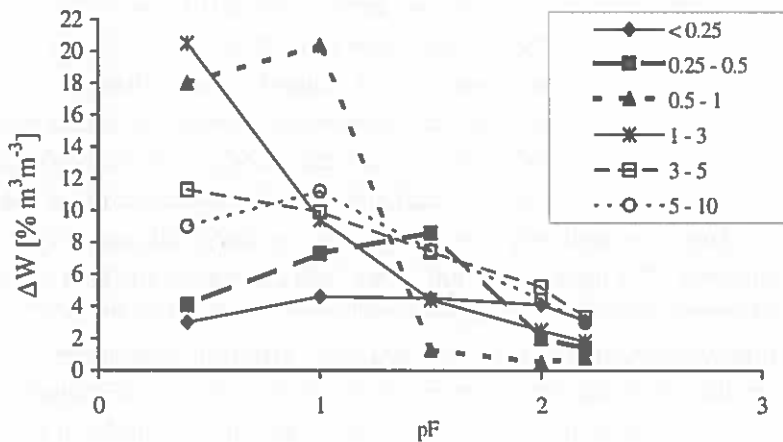
Wielkość efektu histerezy (ΔW) w wybranych punktach krzywej retencji (pF 0,4; 1; 1,5; 2 i 2,2) przedstawiono na Rys. 2. Analizując przebieg wykresów generalnie można stwierdzić, że wielkość efektu histerezy zmniejsza się wraz ze wzrostem wartości pF, osiągając maksymalne wartości dla pF 0,4 - 20,5% dla frakcji 1-3 mm oraz 20,4% przy pF 1 dla frakcji 0,25 - 0,5 mm, a minimalne przy pF 2,2 - od 0,8 do 3,3% dla wszystkich badanych agregatów. Rozpatrując wielkość pętli histerezy (wielkość pola zawartego pomiędzy krzywą osuszania a krzywą nawilżania) (Rys. 3) stwierdzono, że jest ona największa w przypadku agregatów frakcji 0,5-1 i 1-3 mm ($6,9$ i $7,3 \text{ cm}^2$), najmniejsza zaś dla agregatów najmniejszych ($2,6 \text{ cm}^2$). Takie przebiegi wartości ΔW i wielkości pętli histerezy świadczą o tym, że agregaty najmniejszych wymiarów tworzą systemy porów w próbkach glebowych o regularnych cylindrycznych kształtach, natomiast agregaty

o średnicach 0,5-3 mm powodują tworzenie się porów o nieregularnych kształtach z licznymi przewężeniami. Konsekwencją tego może być zjawisko nierównomiernego nawilżania gleby i zamykania w niej pęcherzyków powietrza.



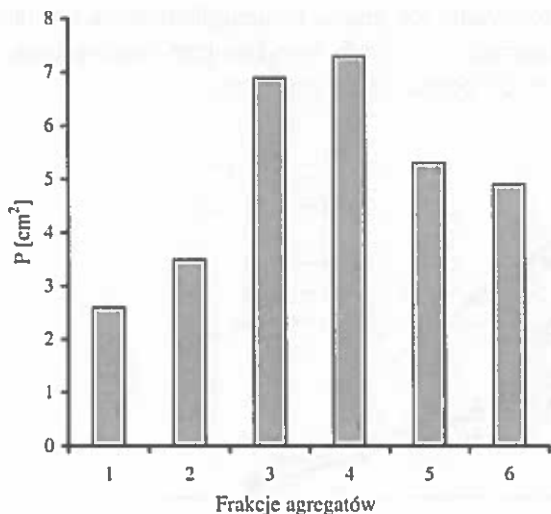
Rys. 1. Charakterystyki potencjał wody glebowej (pF) - wilgotność (W) dla różnych frakcji agregatów glebowych.

Fig. 1. Soil water potential (pF) – moisture (W) characteristics for different soil aggregate fractions.



Rys. 2. Wielkość efektu histerezy (ΔW) charakterystyk potencjał wody glebowej – wilgotność przy wybranych wartościach pF dla badanych frakcji agregatów.

Fig. 2. Hysteresis effect (ΔW) of soil water potential-moisture characteristics at chosen pF values for investigated soil aggregate fractions.

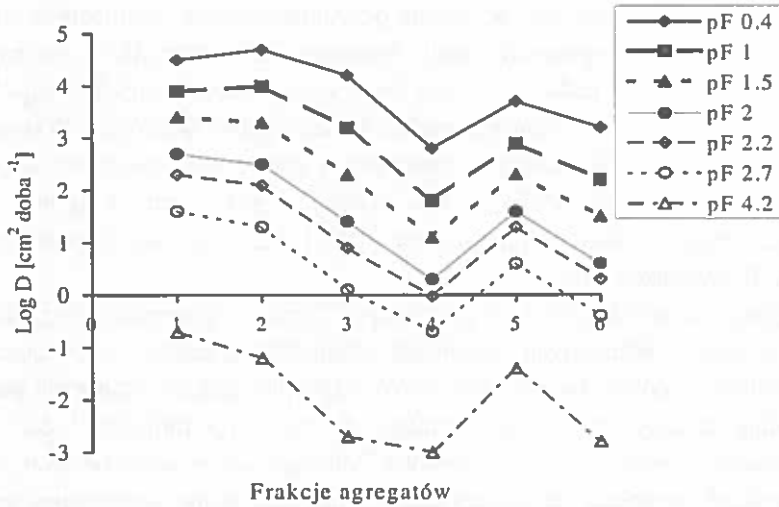


Rys. 3. Pole powierzchni pętli histerezy (P) dla badanych frakcji agregatów glebowych (1 odpowiada <0,25 mm; 2-0,25-0,5; 3-0,5-1; 4-1-3; 5-3-5 i 6-5-10 mm)

Fig. 3. Surface of hysteresis loop (P) for investigated soil aggregate fractions (1 corresponds <0,25 mm; 2 -0,25-0,5; 3-0,5-1; 4-1-3; 5-3-5 and 6-5-10 mm).

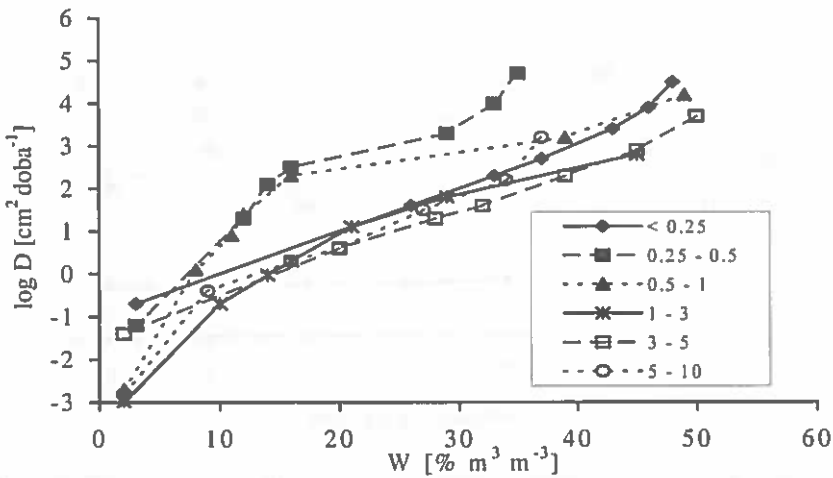
Zawartość bardzo dużych porów w zagregowanych próbkach glebowych znalazła odbicie w wielkości współczynnika przewodnictwa wodnego w strefie nasyconej (K_{sat}). Dla próbek zbudowanych wyjściowo z agregatów o średnicach 0,5-1 i 1-3 mm K_{sat} osiągnął maksymalne wartości, tj. 44,3 i 46,2 m-doba⁻¹, natomiast minimalną – 17,3 m-doba⁻¹ – dla agregatów o wymiarach mniejszych od 0,25 mm (Tab. 1).

Dyfuzyjność wody w badanych agregatowych próbkach glebowych wyliczono wg modelu Mualema, na bazie charakterystyk potencjał wody glebowej-wilgotność w procesie osuszania i współczynnika przewodnictwa wodnego w strefie nasyconej. Uzyskane wyniki obliczeń przedstawiono w zależności od potencjału wody glebowej na Rys. 4, a od wilgotności na Rys. 5. Analizując przebieg dyfuzyjności w zależności od pF stwierdzono, że waha się ona od $0,92 \cdot 10^4$ cm²·doba⁻¹ dla agregatów frakcji 0,25-0,5 mm przy pF 1 do $0,96 \cdot 10^{-3}$ cm²·doba⁻¹ dla agregatów frakcji 1-3 mm przy pF 4,2 czyli różni się o siedem rzędów wielkości. Generalnie wartości dyfuzyjności dla poszczególnych wartości potencjału wody glebowej zmniejszają się wraz ze wzrostem średnic agregatów do 3 mm, po czym dla agregatów o średnicach 3-5 mm rosną o jeden lub dwa rzędy wielkości, by ponownie dla agregatów o średnicach 5-10 mm osiągnąć wartości zbliżone dla tych, jak w przypadku agregatów o wymiarach 1-3 mm. Z Rys. 5 wynika, że wzrost wilgotności z 2 do 15% powoduje gwałtowny wzrost współczynnika dyfuzji (od trzech do pięciu rzędów wielkości) dla agregatów frakcji 0,25-0,5; 0,5-1; 3-5 i 5-10 mm.



Rys. 4. Zależność pomiędzy wielkością agregatów (1 odpowiada <0,25 mm; 2-0,25-0,5; 3-0,5-1; 4-1-3; 5-3-5 i 6-5-10 mm) a dyfuzyjnością (D) dla różnych potencjałów wody glebowej (pF).

Fig. 4. Relationship between the size aggregate (1 corresponds <0,25 mm; 2-0,25-0,5; 3-0,5-1; 4-1-3; 5-3-5 and 6-5-10 mm) and diffusivity (D) for different soil water potential (pF).

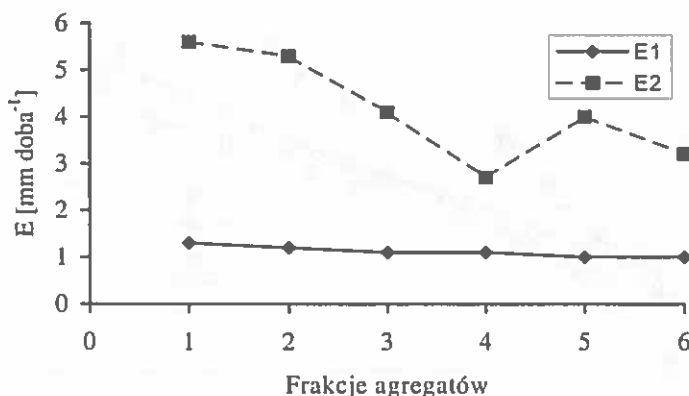


Rys. 5. Zależność pomiędzy wilgotnością (W) a dyfuzyjnością (D) dla różnych frakcji agregatów glebowych.

Fig. 5. Relationship between moisture (W) and diffusivity (D) for different soil aggregate fractions.

Podobne zjawisko obserwować można przy najwyższych wartościach wilgotności (różnych dla poszczególnych frakcji agregatów) dla wszystkich badanych agregatów, z wyjątkiem frakcji 1-3 mm, przy czym wzrost wartości współczynnika dyfuzji nie przekracza w tym przypadku dwóch rzędów wielkości. Wzrost wartości współczynnika dyfuzji pomiędzy wilgotnością 15% a wilgotnościami odpowiadającymi pF 1- pF 2,2 (30 - 40%) dla w/w agregatów jest natomiast łagodny, podobnie jak dla agregatów frakcji mniejszej od 0,25 i 1-3 mm niemal w całym zakresie badanych zawartości wody.

Wyniki badań parowania z powierzchni różnie zagregowanych próbek glebowych w dwóch odmiennych warunkach zewnętrznych (niska i wysoka ewaporacja potencjalna) przedstawiono na Rys. 6. W przypadku niskiej ewaporacji potencjalnej parowanie rzeczywiste z gleby zmniejszało się z 1,3 mm·doba⁻¹ dla agregatów najmniejszych średnic do 1,0 mm·doba⁻¹ dla agregatów największych. Natomiast w warunkach wysokiej ewaporacji potencjalnej parowanie rzeczywiste gwałtownie malało wraz ze wzrostem wielkości agregatów do 1 mm, z 5,6 do 2,7 mm·doba⁻¹, po czym rosło do 4,0 mm·doba⁻¹ dla frakcji 3-5 mm i ponownie spadało, do 3,2 mm·doba⁻¹, w przypadku agregatów o średnicy 5-10 mm. Taki charakter przebiegu procesu parowania świadczy o możliwości zmniejszenia strat wody z profilu glebowego poprzez zmiany agregacji górnej warstwy badanej gleby o 100-130%.



Rys. 6. Zależność pomiędzy wielkością agregatów (1 odpowiada <0,25 mm; 2-0,25-0,5; 3-0,5-1; 4-1-3; 5-3-5 i 6-5-10 mm) a parowaniem rzeczywistym dla niskiej (E1) i wysokiej (E2) ewaporacji potencjalnej.

Fig. 6. Relationship between the size aggregates (1 corresponds <0,25 mm; 2-0,25-0,5; 3-0,5-1; 4-1-3; 5-3-5 and 6-5-10 mm) and real evaporation for low (E1) and high (E2) potential evaporation.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że agregacja gleby brunatnej wytworzonej z piasku słabogliniastego zmienia jej charakterystyki wodne. Uzyskane wyniki wykazały, że agregaty mniejsze od 0,5 mm charakteryzują się najmniejszą pełną pojemnością wodną, a największe ilości wody dostępnej dla roślin ($pF > 1,5$) retencjonują agregaty frakcji $< 0,25$ i 3-5 mm, najmniejsze zaś agregaty o średnicy 0,5-1 i 1-3 mm. Wielkość efektu histerezy przy konkretnym potencjale wody glebowej zmniejsza się wraz ze wzrostem wartości pF , a wielkość pętli histerezy jest największa w przypadku agregatów frakcji 0,5-1 i 1-3 mm, najmniejsza zaś dla agregatów mniejszych od 0,5 mm. Konstatacja ta prowadzi do stwierdzenia, że agregaty frakcji $< 0,25$ i 0,25-0,5 mm tworzą w próbkach glebowych systemy porów o regularnych cylindrycznych kształtach, natomiast agregaty o średnicach większych powodują tworzenie się porów o nieregularnych kształtach. Wartości współczynnika przewodnictwa wodnego w strefie nasyconej były zależne od wielkości agregatów budujących próbki glebowe, osiągając maximum dla agregatów o średnicach 0,5-1 i 1-3 mm, minimum zaś dla agregatów o wymiarach mniejszych od 0,25 mm. Wielkość agregatów determinowała także wartości współczynnika dyfuzji, tj. zmniejszały się one wraz ze wzrostem wielkości agregatów do 1 mm, po czym wzrastały dla frakcji 3-5 mm, by dla agregatów największych osiągnąć wartości zbliżone do tych dla frakcji 1-3 mm. Wielkość agregatów powodowała także zmiany ilości wyparowywanej wody z powierzchni zagregowanych próbek. I tak: przy niskiej ewaporacji potencjalnej parowanie rzeczywiste nieznacznie zmniejszało się wraz ze wzrostem wielkości agregatów, natomiast przy wysokiej ewaporacji potencjalnej wzrost wielkości agregatów powodował znaczący spadek (o 100 do 130%) parowania rzeczywistego.

Reasumując można stwierdzić, że zmiany agregacji badanej gleby powodują:

- zmiany jej statycznych charakterystyk wodnych,
- zmiany jej dynamicznych charakterystyk wodnych,
- zmiany wielkości parowania wody z jej powierzchni.

PIŚMIENNICTWO

1. **Budagowski A.N.:** Isparienije poczwiennoj włagi (in Russian). Nauka Press, Moskwa, 1977.
2. **Crawford J.W., Matsui N., Young I.M.:** The relation between the moisture-release curve and the structure of soil. *European J. Soil Sci.*, 46, 369-375, 1995.
3. **Cresswell H.P., Smiles D.E., Williams J.:** Soil structure, soil hydraulic properties and the soil water balance. *Austr. J. Soil Res.*, 30, 265-283, 1995.

4. **Domżał H., Słowińska-Jurkiewicz A.:** Struktura gleby jako wskaźnik agrotechnicznych i ekologicznych skutków zagęszczenia gleb użytkowanych rolniczo. *Fragmenta Agronomica*, XIII, 1, 104-113, 1996.
5. **Douglas J.T.:** Macroporosity and permeability of some aggregate soil cores from England and France. *Geoderma*, 37, 221-231, 1986.
6. **Hadas A., Hillel D.:** Steady-state evaporation through non-homogeneous soils from a shallow water table. *Soil Sci.*, 113, 2, 65-73, 1972.
7. **Hillel D.:** *Environmental Soil Physics*. Academic Press, London, 1998.
8. **Horn R.:** Aggregate characterization as compared to soil bulk properties. *Soil&Till. Res.*, 17, 265-289, 1990.
9. Instruction of ICW laboratory permeameter for determination of water permeability of soil samples. Eijkkelkamp Agrisearch Equipment, Brochure III/09.02/85/E, Giesbeek, 1998.
10. **Letey J.:** The study of soil structure. *Austr. J. Soil Res.*, 29, 699-707, 1991.
11. **Mualem Y.:** A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resour. Res.*, 12,3,513-522, 1976.
12. **Turski R., Uziak S., Zawadzki S.:** Środowisko Przyrodnicze Lubelszczyzny. Gleby. LTN, Lublin, 1993.
13. **Walczak R., Witkowska-Walczak B.:** Influence of wetting-drying cycles on aggregate composition of soil. *Roczn. Glebozn.*, 32, 3, 37-44, 1981
14. **Walczak R., Witkowska-Walczak B., Doliński A., Usovich B.:** Aparatura do oznaczania charakterystyk potencjał wody glebowej-wilgotność z automatycznym układem wytwarzania podciśnienia. *Prace Komisji Fizyki Gleb PTGleb.*, 89, 24-30, 1985.
15. **Witkowska-Walczak B.:** Wpływ struktury agregatowej gleb mineralnych na ich hydrofizyczne charakterystyki. *Acta Agrophysica*, 30, 5-96, 2000.
16. **Witkowska-Walczak B.:** Evaporation from aggregates of a podzolic, a light brown and a chernozem soil. *Int. Agrophysics*, 9, 49-54, 1995.
17. **Witkowska-Walczak B., Walczak R.:** Equipment for the measurement of the value of the index of water evaporation from soil surface under laboratory conditions. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 346, 141-144, 1987.
18. **Witkowska-Walczak B., Walczak R.:** Water characteristics and evaporation of soil aggregates formed from different soils. *J. Hydrol. Hydromech.*, 47, 6, 417-429, 1999.
19. **Zawadzki S. (Red.):** *Gleboznawstwo*. PWRiL, Warszawa, 1999.

HYDROPHYSICAL PROPERTIES OF EUTRIC CAMBISOL AGGREGATES FORMED FROM LOAMY SAND

B. Witkowska-Walczak

Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27
e-mail: bwitwal@demeter.ipan.lublin.pl

Abstract. In this paper the hydrophysical properties (retention, water conductivity and evaporation) of Eutric Cambisol aggregates formed from loamy sand are presented. It has been found that the soil aggregation influenced on static and dynamic water characteristics of the investigated soil and caused the changes in evaporation from its surface.

Key words: soil aggregation, retention, water conductivity, evaporation.