

WIELKOŚĆ EFEKTU HISTEREZY CHARAKTERYSTYK POTENCJAŁ
WODY GLEBOWEJ - WILGOTNOŚĆ RÓŻNYCH FRAKCJI AGREGATÓW
GLEBY BRUNATNEJ I CZARNEJ ZIEMI

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: Przedstawiono wielkość efektu histerezy charakterystyk potencjał wody glebowej - wilgotność dla różnych frakcji agregatów gleby brunatnej i czarnej ziemi. Stwierdzono, że nieuwzględnianie tego efektu może prowadzić do błędów względnych dochodzących do 40% przy ocenie ilości wody retencjonowanej w glebie.

Słowa kluczowe: histereza, osuszanie i nawilżanie, retencja wody

WSTĘP

Gleba stanowi ciało porowate o określonej geometrii porów całkowicie lub częściowo wypełnionych wodą. Zawartość wody w glebie zmieniać można w dwóch kierunkach, zmniejszać w procesie osuszania lub zwiększać w procesie nawilżania. Zawartości wody w glebie osiągnane w procesie jej osuszania od pełnego nasycenia do żądanej wielkości potencjału wody są zawsze większe niż osiągnane w procesie nawilżania gleby. Oznacza to, że zależność potencjał wody - wilgotność dla gleby jest funkcją niejednoznaczną, a ilość wody w glebie zależy od drogi, po której został osiągnięty dany stan równowagi termodynamicznej. Obserwowane zjawisko nazywane jest efektem histerezy charakterystyk potencjał wody glebowej - wilgotność [1,2,4-6]. Różnice zawartości wody w glebie powodowane zjawiskiem histerezy charakterystyk potencjał wody - wilgotność, jak wynika z dotychczas nielicznie prowadzonych badań, są znaczne i dlatego też wymagają poświęcenia im większej uwagi [3,7,10]. Jest to istotne, gdyż znajomość wielkości efektu histerezy charakterystyk potencjał wody-wilgotność może

prowadzić do znacznych oszczędności wody używanej do nawodnień, deszczowań, itp.

Zasadniczą przyczyną występowania zjawiska histerezy charakterystyk potencjałów wody - wilgotność jest nieregularność porów glebowych, powodowana zróżnicowaną gęstością i strukturą gleby [7,9,10]. Dlatego też przeprowadzono modelowe badania wpływu wielkości agregatów dwóch różnych gleb na wielkość efektu histerezy charakterystyk potencjałów wody - wilgotność.

MATERIAŁ I METODY

Badaniami wpływu agregacji na efekt histerezy charakterystyk potencjałów wody - wilgotność objęto dwa typy gleb: brunatną /Eutric Cambisol/ i czarną ziemię /Gleyic Phaeozem/. Próby glebowe pobrano z warstwy ornej, określono ich podstawowe właściwości, rozkład agregatowy i gęstość.

Gleba brunatna (I) charakteryzowała się następującymi właściwościami: zawartość piasku - 64%, pyłu - 21%, iltu - 15%; zawartość próchnicy - 1,53%; zawartość CaCO_3 - 3,74%; pH w KCl - 6,5; powierzchnia właściwa mierzona metodą adsorpcji pary wodnej - 20,4 m^2/g ; udział poszczególnych frakcji agregatów wynosił: <0,25 mm - 3%; 0,25-0,5 - 5%; 0,5-1 - 9%; 1-3 - 3%; 3-5 - 5%; 5-10 - 39% i >10 mm -36%; a gęstość - 1,43 Mg/m^3 .

Czarna ziemia (II) charakteryzowała się następującymi właściwościami: zawartość piasku - 41%; pyłu - 36%; iltu - 23%; zawartość próchnicy - 3,08%; zawartość CaCO_3 -0,14%; pH w KCl - 6,5; powierzchnia właściwa mierzona metodą adsorpcji pary wodnej - 51,3 m^2/g ; udział poszczególnych frakcji agregatów glebowych wynosił: <0,25 mm - 17%; 0,25-0,5 - 17%; 0,5-1 - 11%; 1-3 - 9%; 3-5 - 11%; 5-10 - 21% i >10 mm - 14%, a gęstość - 1,34 Mg/m^3 .

Podstawowe właściwości poszczególnych frakcji agregatów glebowych obu badanych gleb przedstawiono w Tabeli 1.

Tabela 1. Podstawowe właściwości agregatów gleby brunatnej i czarnej ziemi
Table 1. Basic properties of aggregates of Eutric Cambisol and Gleyic Phaeozem

Gleba Soil	Fracja agregatów Aggregate fraction (mm)	Zawartość cząstek elementarnych (%) (średnica w mm)			Zawartość próchnicy	Powierzchnia właściwa		Substancja organiczna
		Grain size distribution (%) (diameter in mm)			Humus content	Specific surface area	pH _{KCl}	Organic matter (%)
		1-0.1	0.1-0.02	<0.02	(%)	(m ² g ⁻¹)		
Brunatna (I)	<0.25	13	64	23	1.8	25	4.1	4
	0.25-0.5	76	14	10	0.8	9	4.1	1
	0.5-1	84	9	7	0.9	14	4.1	2
	1-3	60	25	15	4.6	41	4.4	8
	3-5	62	25	13	2.1	23	4.0	4
	5-10	67	21	12	1.4	19	4.1	2
Czarna ziemia (II)	<0.25	10	64	26	3.2	57	6.5	6
	0.25-0.5	74	12	14	2.8	33	6.1	4
	0.5-1	63	20	17	2.4	45	6.6	4
	1-3	46	33	21	3.0	50	6.6	4
	3-5	45	35	20	3.1	52	6.5	5
	5-10	45	34	21	3.0	47	6.5	3

Agregatami wyodrębnionych frakcji napełniono standardowe cylindry o pojemności 100 cm^3 używając wibratora w celu uzyskania jednolitej gęstości próbek. Po napełnieniu agregatami, próbki glebowe w cylindrach poddawano kolejnym cyklom nawilżania - osuszania, by ustabilizować ich właściwości fizyczne tj. gęstość i rozkład agregatowy [11]. Nawilżanie i osuszanie próbek prowadzono do momentu, gdy różnice gęstości i rozkładu agregatowego po kolejnym cyklu były praktycznie nieistotne. Dla tak przygotowanych agregatowych próbek glebowych określono charakterystyki potencjałów wody glebowej-wilgotność w procesie osuszania i nawilżania przy użyciu bloków niskociśnieniowych w zakresie potencjałów wody glebowej $0,1 - 50 \times 10^3 \text{ [MJ m}^{-3}\text{]}$ tj. pF 0 - 2,7 [8].

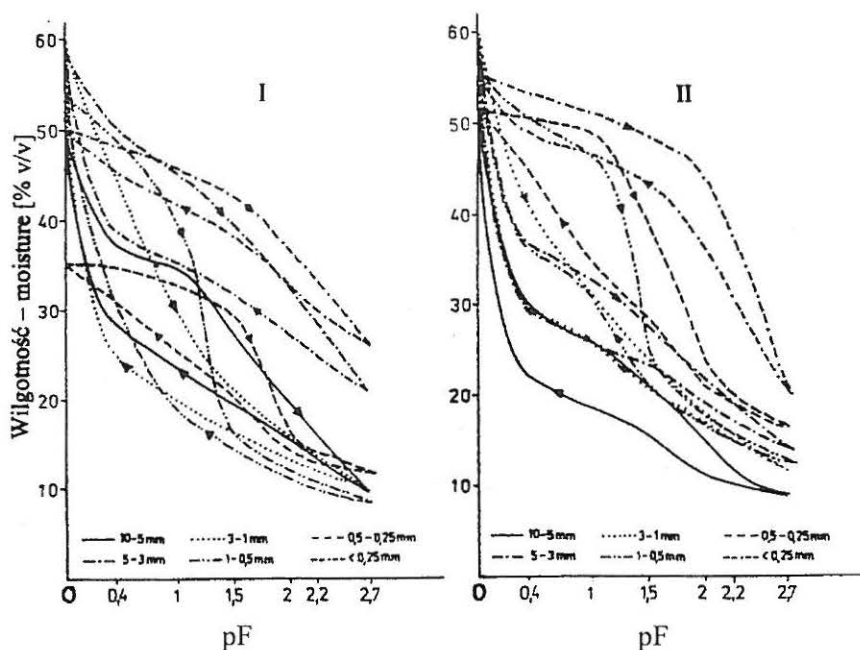
Pole powierzchni pętli histerezy charakterystyk potencjałów wody glebowej - wilgotność wyznaczono jako różnicę pól pod krzywą retencji w procesie osuszania i nawilżania. Wielkość efektu histerezy charakterystyk potencjałów wody - wilgotność w danym punkcie pF wyliczono jako różnicę zawartości wody odpowiadającej tej wartości pF przy uzyskaniu stanu równowagi termodynamicznej w procesie osuszania i nawilżania.

WYNIKI

Charakterystyki potencjałów wody glebowej - wilgotność w procesie osuszania i nawilżania dla różnych frakcji agregatów gleby brunatnej i czarnej ziemi przedstawiono na Rys.1. Z przebiegu krzywych wynika, że największe ilości wody w zakresie niskich potencjałów wody glebowej / < pF 1/ retencjonują agregaty o wymiarach 0,5-1, 1-3 i mniejszych od 0,25 mm gleby brunatnej oraz mniejsze od 1 mm czarnej ziemi. W zakresie potencjałów większych od pF 1 znaczne ilości wody zatrzymują agregaty o średnicy mniejszej od 0,25 i 3 - 5 mm gleby brunatnej oraz agregaty mniejsze od 0,5 mm czarnej ziemi. Generalnie w całym zakresie badanych potencjałów wody glebowej agregaty czarnej ziemi charakteryzują się większą, w porównaniu do agregatów gleby brunatnej, zdolnością do retencjonowania wody.

Pola powierzchni pętli histerezy charakterystyk potencjałów wody glebowej-wilgotność, obrazujące całkowity efekt histerezy w pełnym zakresie badanych potencjałów wody glebowej, tj. pF0 - pF2,7, dla poszczególnych frakcji agregatów gleby brunatnej i czarnej ziemi przedstawiono na Rys. 2. Z przebiegu krzywych wynika, że wraz ze wzrostem średnicy agregatów obu gleb wielkość pola

powierzchni histerezy rośnie osiągając maximum dla agregatów frakcji 1-3 mm gleby brunatnej oraz dla agregatów frakcji 0,5-1 mm czarnej ziemi, po czym zmniejsza się. Minimalne wielkości pola pętli histerezy zanotowano dla agregatów mniejszych od 0,25 mm gleby brunatnej i agregatów frakcji 3-5 mm czarnej ziemi. Wielkości pola pętli histerezy dla agregatów mniejszych od 0,5 mm są prawie dwukrotnie większe dla czarnej ziemi niż dla gleby brunatnej. Natomiast w przypadku agregatów frakcji większych od 0,5 mm sytuacja kształtuje się odwrotnie tj. wielkości pola pętli histerezy agregatów gleby brunatnej są znacznie większe niż dla takich samych agregatów czarnej ziemi, a różnice ich wielkości przekraczają 200%.

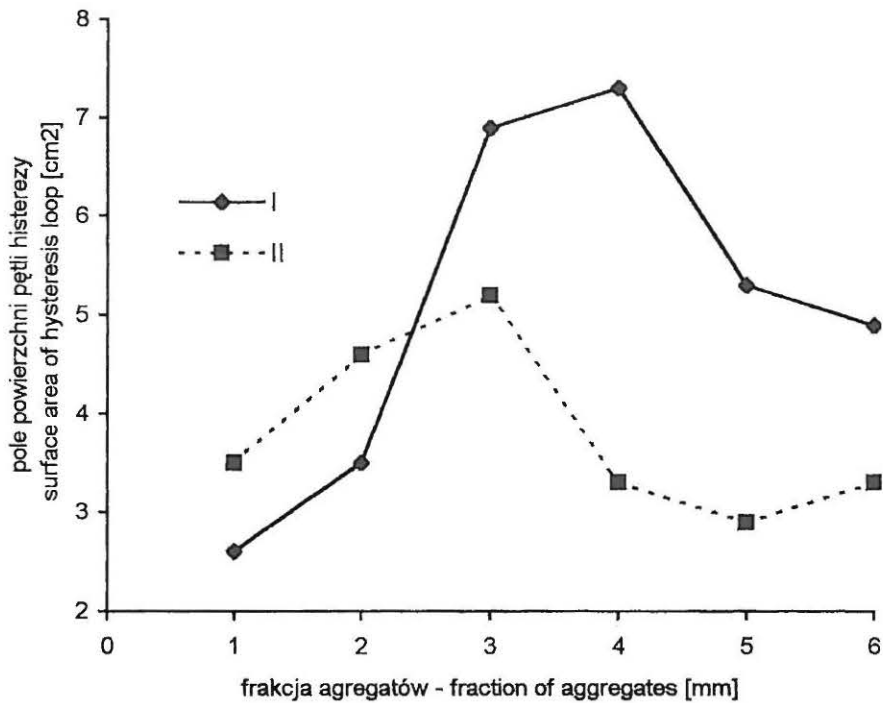


Rys. 1. Charakterystyki potencjał wody glebowej-wilgotność w procesie osuszania i nawilżania dla różnych frakcji agregatów gleby brunatnej (I) i czarnej ziemi (II)

Fig. 1. Soil water potential-moisture characteristics in the drying and wetting processes for different aggregate fractions of Eutric Cambisol (I) and Gleyic Phaeozem (II)

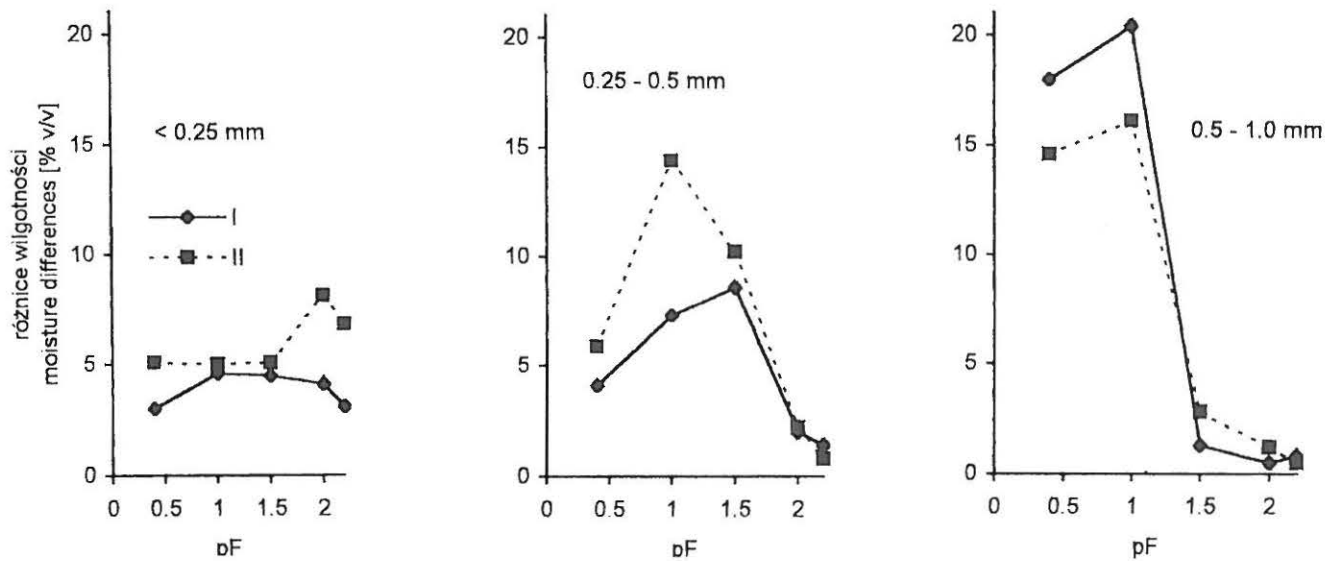
Generalnie wielkości pól pętli histerezy były większe w przypadku czarnej ziemi dla agregatów mniejszych od 0,5 mm niż dla agregatów gleby brunatnej. Dla agregatów większych od 0,5 mm pola powierzchni pętli histerezy były natomiast znacznie większe dla agregatów większych od 0,5 mm gleby brunatnej niż

dla czarnej ziemi. Świadczy to o fakcie, że agregaty gleby brunatnej tworzą struktury o znacznie większej zawartości porów o nieregularnych kształtach niż agregaty czarnej ziemi w przypadku agregatów większych od 0,5 mm. Odwrotną sytuację natomiast obserwowano dla agregatów frakcji mniejszej od 0,25 i 0,25-0,5 mm obu badanych gleb.



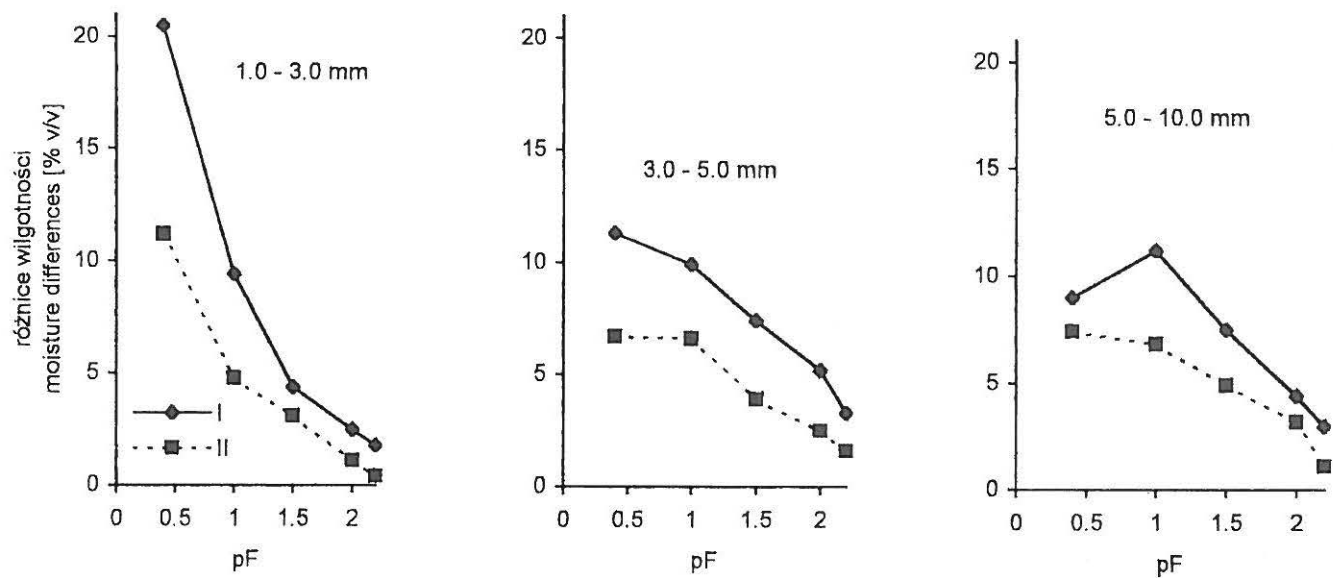
Rys. 2. Wielkości powierzchni pętli histerezy dla różnych frakcji agregatów gleby brunatnej (I) i czarnej ziemi (II) /odpowiednio: 1 – mniejszej od 0,25 mm; 2 – 0,25-0,5; 3 – 0,5-1; 4 – 1-3; 5 – 3-5 i 6 – 5-10/

Fig. 2. Surface areas of hysteresis loop for different aggregate fractions /see above/ of Eutric Cambisol (I) and Gleyic Phaeozem (II)



Rys. 3. Różnica wilgotności w procesie osuszania i nawilżania w poszczególnych punktach pF dla różnych frakcji agregatów gleby brunatnej /I/ i czarnej ziemi /II/.

Fig. 3. Moisture differences in the drying and wetting processes in particular points of pF for different aggregate fraction of Eutric Cambisol /I/ and Gleyic Phaeozem /II/.



Rys. 4. Różnica wilgotności w procesie osuszania i nawilżania w poszczególnych punktach pF dla różnych frakcji agregatów gleby brunatnej /I/ i czarnej ziemi /II/.

Fig. 4. Moisture differences in the drying and wetting processes in particular points of pF for different aggregate fraction of Eutric Cambisol /I/ and Glebe Phaeozem /II/.

Wielkości efektu histerezy charakterystyk potencjałów wody glebowej-wilgotność w poszczególnych punktach pF dla różnych frakcji agregatów badanych gleb przedstawiono na Rys.3 i 4. Przebieg krzywych zaprezentowanych na rysunkach świadczy o tym, że efekt histerezy w poszczególnych punktach pF dla agregatów frakcji mniejszych od 0,5 mm czarnej ziemi jest większy niż dla takich samych gleby brunatnej. Natomiast agregaty frakcji większych od 0,5 mm gleby brunatnej w poszczególnych punktach pF charakteryzują się większym efektem histerezy niż takie same agregaty czarnej ziemi. Największy efekt histerezy odnotowano dla niskich wartości pF /mniejszych od pF 1,5/ w przypadku frakcji 0,5-1 i 1-3 mm gleby brunatnej i 0,5-1 i 0,25-0,5 mm czarnej ziemi. Wyniósł on ponad 14%, v/v. Najniższy zaś efekt histerezy obserwowano dla wysokich wartości pF /wyższych od pF 1,5/ dla agregatów 0,25-0,5; 0,5-1 i 1-3 mm obu badanych gleb. Wielkości efektu histerezy w tych przypadkach nie przekraczały 5 %, v/v. Najmniej zróżnicowany efekt histerezy charakterystyk potencjałów wody glebowej-wilgotność w całym badanym zakresie potencjałów wody glebowej obserwowano dla agregatów mniejszych od 0,25 mm obu badanych gleb.

WNIOSKI

Na podstawie uzyskanych wyników badań można wyciągnąć następujące wnioski:

- wielkość efektu histerezy charakterystyk potencjałów wody glebowej-wilgotność warunkowana jest wielkością agregatów i typem gleby,
- wielkość pól pętli histerezy osiągnęła maksymalne wielkości dla agregatów frakcji 1-3 mm gleby brunatnej i 0,5 -1 mm czarnej ziemi, a minimalne dla mikroagregatów gleby brunatnej i agregatów frakcji 3-5 mm czarnej ziemi; w obu przypadkach różnice te były znaczne i przekraczały 200%,
- maksymalny efekt histerezy badany przy poszczególnych wartościach potencjału wody glebowej zanotowano dla frakcji 0,5-1 i 1-3 mm gleby brunatnej /20,5%,v/v/ odpowiednio przy pF 1 i 0,4 oraz dla frakcji 0,5-1 mm czarnej ziemi /16,1%,v/v/ przy pF 1,
- minimalny efekt histerezy badany przy poszczególnych wartościach potencjału wody glebowej obserwowano dla frakcji 1-3 mm czarnej ziemi przy pF 2,2 /0,4%,v/v/ i dla frakcji 0,5-1 mm gleby brunatnej przy pF 2 /0,5%,v/v/,

- najmniejsze zróżnicowanie przebiegu wielkości efektu histerezy odnotowano dla agregatów frakcji mniejszej od 0,25 mm,
- nieuwzględnianie efektu histerezy przy wyznaczaniu charakterystyk potencjał wody glebowej - wilgotność może prowadzić do błędów względnych sięgających 40% przy ocenie ilości wody retencjonowanej w glebie.

LITERATURA

1. **Enderby A.J.:** The domain model of hysteresis. *Trans. Faraday Soc.* 2,106-111, 1956.
2. **Everett D.H.:** A general approach to hysteresis. *Trans. Faraday Soc.* 50, 1077-1085, 1954.
3. **Kaniewska J., Walczak R.:** A numerical interpretation of the analysis of the hysteresis phenomenon in the drying and wetting processes of soil. *Polish J. Soil Sci.* 7, 63-70, 1974.
4. **Kaszubkiewicz J.:** A model of water hysteresis of capillary-porous media. *Polish J. Soil Sci.* XXIII/2, 109-117, 1990.
5. **Konstankiewicz K., Pukos A., Walczak R.:** Domenowa teoria histerezy dla termodynamicznych procesów w glebie. *Problemy Agrofizyki*, 13, 1974.
6. **Poulovassilis A., Childs E.C.:** The hysteresis of pore water. The non-dependence of domains. *Soil Sci.* 112, 301-310, 1971.
7. **Walczak R.:** Model investigations of water binding energy in soils of different compaction. *ZPPNR.* 197, 11-43, 1977.
8. **Walczak R., Witkowska-Walczak B., Doliński A., Uowicz B.:** Aparatura do oznaczania charakterystyk potencjał wody glebowej-wilgotność z automatycznym układem wytwarzania podciśnienia. *Prace Komisji Fizyki PTGleb.* 89, 24-29, 1985.
9. **Witkowska-Walczak B.:** The influence of soil aggregation on the hysteresis effect of the relationship between soil water potential and moisture. *Polish J. Soil Sci.* XIV, 2, 97-100, 1981.
10. **Witkowska-Walczak B.:** Modelowe badania efektu histerezy charakterystyk potencjał wody glebowej-wilgotność agregatów gleby brunatnej i czarnej ziemi. *Mat. Konf. "Modelowanie i monitorowanie procesów agrofizycznych w środowisku glebowym"*. Lublin, 117, 1999.
11. **Witkowska-Walczak B.:** Wodoodporność różnych frakcji agregatów gleby brunatnej i czarnej ziemi w cyklicznych zmianach uwilgotnienia. *Acta Agrophysica*, 23, 1999.

HYSTERESIS EFFECT OF SOIL WATER POTENTIAL-MOISTURE
CHARACTERISTICS FOR DIFFERENT AGGREGATES FRACTIONS OF
EUTRIC CAMBISOL AND GLEYIC PHAEOZEM

Institute of Agrophysics PAS, Doświadczalna 4, 20-290 Lublin 27, Poland

S u m m a r y: Hysteresis effect of soil water potential-moisture characteristics for different aggregate fractions of Eutric Cambisol and Gleyic Phaeozem was presented. It was concluded that neglecting the hysteresis effect can lead to erratic estimation of water content as high as 40% in relative terms.

K e y w o r d s: hysteresis, drying and wetting, water retention