

STOSUNKI WODNE W WYBRANYCH GLEBACH POD WIERZBĄ
KRZEWIASTĄ I ŚLAZOWCEM PENSYLWIAŃSKIM*

Cezary Sławiński¹, Jacek Cymerman², Krzysztof Lamorski¹, Magdalena Ryżak¹

¹Instytut Agrofizyki im. B. Dobrzańskiego PAN, ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: cslawin@ipan.lublin.pl

²Państwowa Wyższa Szkoła Zawodowa w Jarosławiu, ul. Czarnieckiego 16, 37-500 Jarosław

Streszczenie. W pracy przedstawiono krzywe retencji wodnej badanych gleb i przeanalizowano wpływ uprawianych roślin na ich przebiegi. Dokonano analizy dynamiki wilgotności w profilu glebowym pod kątem wpływu uprawianej rośliny na wartości wilgotności, zawartość wody grawitacyjnej oraz wody użytecznej dla roślin. Wykazano wpływ gatunku uprawianej rośliny na stosunki wodne gleb.

Słowa kluczowe: rośliny energetyczne, stosunki wodne, krzywa retencji wodnej, dynamika wilgotności

WSTĘP

Rośliny energetyczne to takie, których płody wykorzystuje się do wytworzenia ciepła, energii elektrycznej, czy też paliwa, ciekłego lub gazowego. W europejskiej strefie klimatycznej pod pojęciem roślin energetycznych rozumiane są:

- rośliny o dużym przyroście biomasy (np. wierzba, ślaziovec), które mogą być stosowane m.in. w celach grzewczych,
- rośliny jednoroczne, o dużej zawartości cukru i skrobi (zboża, ziemniaki, buraki, kukurydza na ziarno), wykorzystywane do produkcji etanolu,
- rośliny oleiste (rzepak, słonecznik i len), z których wyłaczają się oleje roślinne.

Najbardziej popularnymi roślinami energetycznymi w Polsce są: wierzba, ślaziovec oraz rzepak. Coraz większego znaczenia zaczyna nabierać uprawa buraka cukrowego na produkcję etanolu.

*Praca częściowo wykonana w ramach działalności Sieci Naukowej AGROGAS – Redukcja Gazów Ciężkich i Amoniaków z Rolnictwa.

Rośliny energetyczne uprawiane w celach opałowych, zależnie od cech fizjologicznych, można podzielić na trzy grupy:

- rośliny trawiaste (m.in.: mozga trzcinowata, manna mielec, tymotka łąkowa oraz miskantus),
- rośliny zielne (np.: ślazier, topinambur i konopie siewne),
- rośliny drzewiaste szybkiej rotacji, nazywane również odroślowymi (topola, wierzba i grochodrzew).

Podstawowymi cechami, które powinny charakteryzować rośliny wykorzystywane dla celów grzewczych są: duży przyrost roczny, odporność na choroby i szkodniki, a także niewielkie wymagania względem siedliska oraz możliwość zmechanizowania prac polowych przy zakładaniu plantacji i zbiorze biomasy. Innym istotnym parametrem jest wysoka wartość opałowa (Kościk i in. 2003).

W Polsce uprawianych jest wiele gatunków takich roślin, chociaż część upraw nie wykroczyła poza obszar badań i nie mają one jeszcze praktycznego zastosowania (Jasiulewicz i Jasiulewicz 2005, Szyszlak-Bargłowicz 2008).

Zawartość wody w glebie jest jednym z istotniejszych czynników wpływających na rozwój roślin, z drugiej strony uprawiane rośliny mogą modyfikować zawartość wody glebowej. Stosunki wodne w glebie można opisać m. in. przez wyznaczenie krzywych retencji wodnej, określenie ilości wody związanej różnymi siłami zawartej w jednostce objętości gleby oraz monitorowanie zmian wilgotności gleby w jej profilu (Cresswell i in. 1992, Connolly 1998, Dexter i Bird 2001, Bachmann i in. 2002; Arletto i in. 2006).

Celem pracy jest ocena wpływu uprawy wierzby krzewiastej i ślazier pensylwańskiego na kształtowanie się stosunków wodnych w wybranych glebach.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono na poletkach doświadczalnych IUNG w Puławach, zlokalizowanych na Stacji Doświadczalnej w Osinach. Pomiary prowadzone były w ciągu 2 kolejnych sezonów: 2007 i 2008 roku. Na poletkach doświadczalnych uprawiane były wierzba krzewiasta i ślazier pensylwański. Bezpośrednio do poletek doświadczalnych przylegały ugorowane poletka kontrolne.

Wierzba krzewiasta uprawiana była na glinie ciężkiej (gc), zaś ślazier pensylwański na piasku gliniastym mocnym (pgm). Pobrano materiał glebowy na głębokościach 5, 15, 30, 50 i 70 cm w celu przeprowadzenia podstawowych analiz fizycznych i fizykochemicznych właściwości gleb. Oznaczono następujące parametry i charakterystyki gleb: rozkład granulometryczny, gęstość gleby, porowatość

ogólną, krzywą retencji wodnej, współczynnik przewodnictwa wodnego. Uzyskane dane przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1. Rozkład granulometryczny gleb

Table 1. Particle size distribution of soils

Fracje granulometryczne – Granulometric fractions (mm)		
2,0-0,05	0,05-0,002	<0,002
Wierzba – Willow		
20	68	12
Ślázowiec – Virginia fanpetals		
75	21	4

Tabela 2. Wybrane właściwości gleb

Table 2. Selected properties of soils

Głębokość Depth (cm)	Porowatość ogólna Total porosity (% v/v)	Gęstość Bulk density (Mg·m ⁻³)	Zawartość próchnicy Humus content (% v/v)	pH H ₂ O
Wierzba – Willow				
5	59,4	1,11	3,71	6,3
15	58,4	1,24	3,96	6,3
30	56,8	1,34	3,95	6,4
50	52,1	1,35	3,83	6,6
70	32,6	1,62	2,21	6,8
Ślázowiec – Virginia fanpetals				
5	35,6	1,77	1,69	6,8
15	36,7	1,76	1,44	6,9
30	37,8	1,72	0,88	6,8
50	34,3	1,83	0,17	7,0
70	35,9	1,86	0,11	7,1

Pomiary retencji wodnej gleb wykonano w procesie osuszania dla 5 wartości potencjału wody glebowej w zakresie od $0,1 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}$ do $1500 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}$. Pomiary wykonano przy użyciu zestawu pomiarowego LAB 012 firmy Soil Moisture Equipment Corporation, Santa Barbara, California, USA (Instruction, 1985).

Sondy TDR do pomiaru wilgotności, temperatury i zasolenia zainstalowano na poletkach doświadczalnych jak również na sąsiadujących z nimi poletkami kontrolnymi. Poletka kontrolne nie były użytkowane rolniczo, były porośnięte roślinnością trawiastą. Sondy zainstalowano na głębokościach 5, 15, 30, 50 i 70 cm.

W celu porównania wartości średnich wilgotności gleby zarejestrowanych w latach 2007 i 2008 dla poszczególnych poziomów, zastosowano test statystyczny dla dwóch średnich. Test ten pozwala zweryfikować hipotezę H_0 o równości porównywanych populacji. Wykonanie testu istotności wymagało obliczenia wartości średnich \bar{x}_1 i \bar{x}_2 oraz wariancji s_1^2 i s_2^2 . Następnie wartość statystyki t wyliczono według następującego wzoru (Greń, 1978):

$$t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{n_1 s_1^2 + n_2 s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \quad (1)$$

Statystyka ta przy założeniu hipotezy H_0 ma rozkład t Studenta o $n_1 + n_2 - 2$ stopniach swobody. Z tablicy rozkładu t Studenta odczytano dla $n_1 + n_2 - 2$ stopni swobody oraz dla założonego poziomu istotności α wartość krytyczną t_α . Jeżeli spełniona jest nierówność $|t| \geq t_\alpha$ to hipotezę należy odrzucić. Oznacza to, że porównywane średnie istotnie różnią się między sobą. Przy obliczaniu statystyki przyjęto poziom istotności $\alpha = 0,05$. Wartości krytyczne t_α wynosiły dla średnich z lat 2007 i 2008 wynosiły odpowiednio: 2,064 i 2,048.

WYNIKI

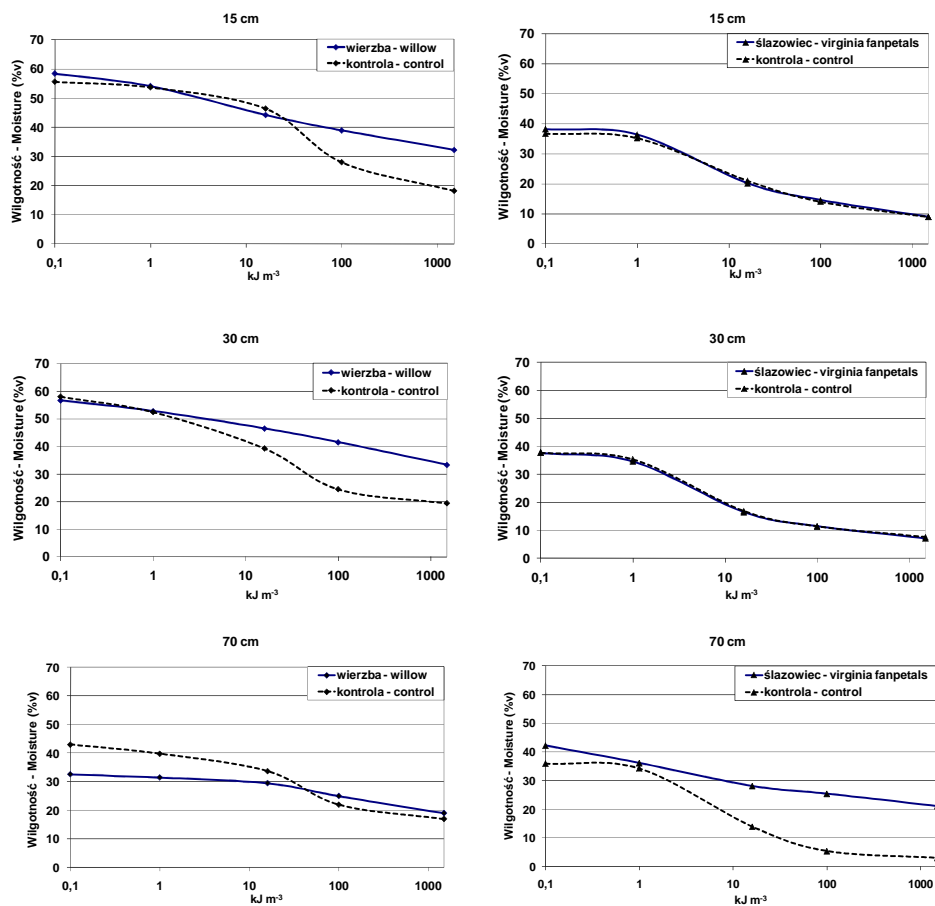
Charakterystyki potencjał wody glebowej – wilgotność w procesie osuszania przedstawiono na rysunku 1 dla próbek glebowych pochodzących z trzech poziomów usytuowanych na głębokościach: 15 cm, 30 cm oraz 70 cm, dla poletek doświadczalnych i kontrolnych.

W przypadku wierzby charakterystyki te przebiegały odmiennie dla uprawy i kontroli na 3 analizowanych głębokościach. W przypadku ślazu charakterystyki te różniły się jedynie w przypadku próbek pochodzących z podglebia.

Znajomość ilości wody związanej różnymi siłami zawartej w jednostce objętości gleby jest szczególnie przydatna z rolniczego punktu widzenia, gdyż możliwości zaopatrywania roślin w wodę uwarunkowane są zarówno ilością jak i energią wiązania wody w objętości gleby (Walczak i Zawadzki 1979, Witkowska-Walczak i in. 2004, Kutilek i Novak 1998). Dane o wilgotności gleb w poszczególnych poziomach

przeanalizowano pod kątem dostępności wody dla roślin. Wyliczono zasoby wody odpowiadające różnicy wartości pF w przedziałach (Walczak i in. 2002):

- $0,1-16 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}$ (woda wolna grawitacyjna) – odgrywa ona ważną rolę w kształtowaniu dynamiki trójfazowego układu gleby, decyduje o przebiegu wymiany gazowej, zwłaszcza natlenienia gleb,
- $16-1500 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}$ (woda użyteczna dla roślin) – decyduje ona często o możliwości wegetacji roślin w okresach międzyopadowych, szczególnie w warunkach występowania głębokiego poziomu wód gruntowych i braku styczności warstwy korzeniowej ze strefą podsiąku kapilarnego; ilość wody użytecznej dla roślin można podzielić na: wodę łatwo dostępną ($16-100 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}$) oraz trudno dostępną dla roślin ($100-1500 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-3}$).



Rys. 1. Charakterystyki potencjał wody glebowej-wilgotność w procesie osuszania

Fig. 1. Soil water potential-moisture characteristics in drying process

Zasoby wody na poszczególnych głębokościach przedstawiono w tabeli 3. Zasoby wody wolnej – grawitacyjnej były wyższe dla uprawy wierzby krzewiastej w stosunku do kontroli jedynie w na głębokości 15 cm zaś w przypadku uprawy ślazuca pensylwańskiego zasoby te były wyższe w stosunku do kontroli zarówno na głębokości 15 cm jak i 30 cm. Zasoby wody użytecznej dla roślin były wyższe dla upraw obu roślin w warstwie kontrolnej – wyjątek stanowił poziom 30 cm z uprawą ślazuca.

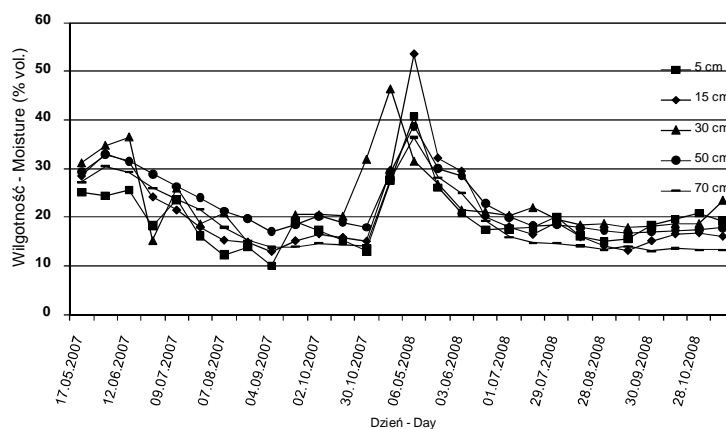
Tabela 3. Zasoby wody na 3 analizowanych głębokościach

Table 3. Water resources at 3 analyzed depths

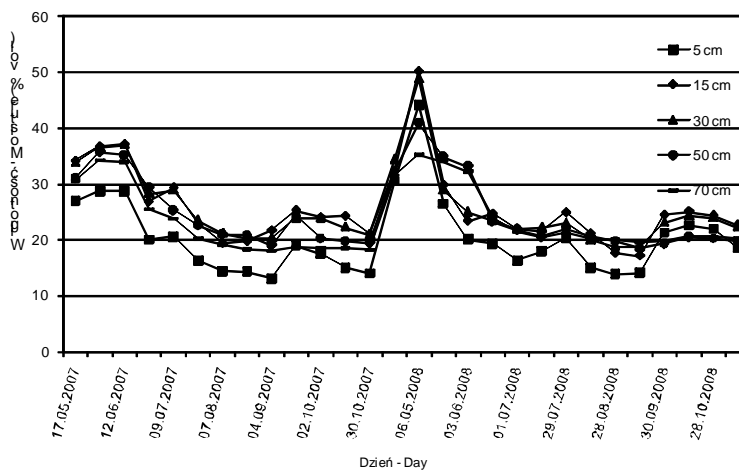
Głębokość Depth	Wilgotność gleby – Soil water content (% vol.)			
	Wierzba – Willow		Ślazuć – Virginia fanpetals	
	Roślina Crop	Kontrola Control	Roślina Crop	Kontrola Control
	Woda wolna – grawitacyjna – Free water			
15 cm	14,2	9,2	18,1	15,7
30 cm	10,2	18,8	21,1	20,9
70 cm	3,1	9,3	14,1	22
	Woda użyteczna – Water useful for plants			
15 cm	12	28,2	11,2	12,1
30 cm	13,2	19,9	9,4	9,3
70 cm	10,5	16,7	7	10,9
	Woda łatwo dostępna – Easily available water			
15 cm	5,3	18,4	5,6	7,0
30 cm	5	14,8	5	5,5
70 cm	4,5	11,7	2,7	8,5
	Woda trudno dostępna – Difficult available water			
15 cm	6,7	9,8	5,6	5,1
30 cm	8,2	5,1	4,4	3,8
70 cm	6	5,0	4,3	2,4

Zasoby wody łatwo dostępnej dla roślin były wyższe dla obu upraw w przypadku kontroli, zaś największą różnicę odnotowano w warstwie ornej, gdzie zawartość wody łatwo dostępnej pod uprawą wierzby na poletku kontrolnym była ponad 3-krotnie wyższa. Zasoby wody trudno dostępnej dla roślin były wyższe na poletku kontrolnym w stosunku do uprawy wierzby jedynie w warstwie ornej, zaś w przypadku ślazuca we wszystkich warstwach w porównaniu z poletkiem kontrolnym.

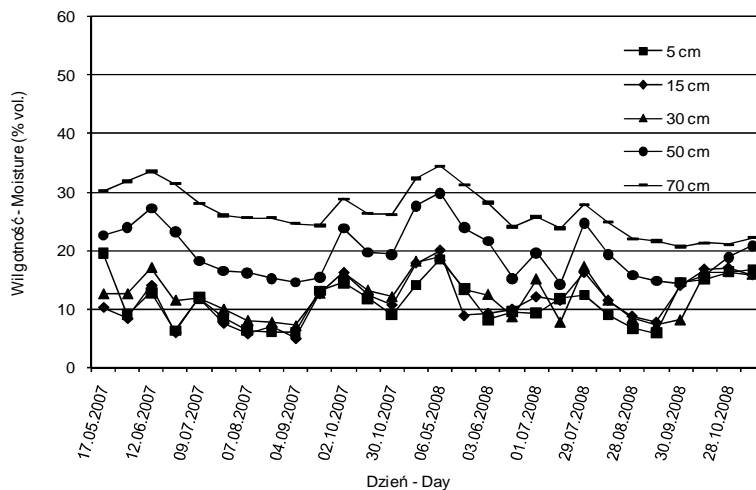
Zarejestrowane wartości wilgotności gleb w poszczególnych poziomach dla lat 2007 i 2008 przedstawiono na rysunkach 2-5.



Rys. 2. Dynamika zawartości wody na głębokościach 5-70 cm pod uprawą wierzby krzewiastej
Fig. 2. Water content dynamics at the depth of 5-70 cm for willow coppice

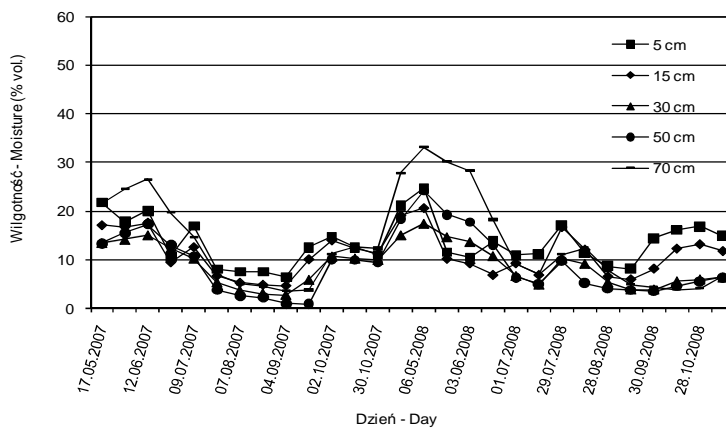


Rys. 3. Dynamika zawartości wody na głębokościach 5-70 cm na poletku kontrolnym dla wierzby krzewiastej
Fig. 3. Water content dynamics at the depth of 5-70 cm for control plot associated with willow coppice



Rys. 4. Dynamika zawartości wody na głębokościach 5-70 cm pod uprawą ślazuca pensylwańskiego

Fig. 4. Water content dynamics at the depth of 5-70 cm for Virginia fanpetals coppice



Rys. 5. Dynamika zawartości wody na głębokościach 5-70 cm na poletku kontrolnym dla ślazuca pensylwańskiego

Fig. 5. Water content dynamics at the depth of 5-70 cm for control plot associated with Virginia fanpetals coppice

Dokładane porównanie wilgotności gleby pod uprawą wierzby i ślazuca przeprowadzono z wykorzystaniem analizy statystycznej dla wartości średnich na poszczególnych głębokościach dla lat 2007 i 2008. Wartości średnie wilgotności dla wierzby i ślazuca wraz z wartościami statystyki t przedstawiono odpowiednio w tabelach 4 i 5. Średnie wartości wilgotności, różniące się statystycznie na poziomie istotności $\alpha = 0,05$ zaznaczono w tabelach 4 i 5 pogrubioną czcionką.

Tabela 4. Analiza średnich wilgotności gleby dla wierzby krzewiastej

Table 4. Analysis of average soil moisture for willow coppice

Głębokość Depth (cm)	Wilgotność gleby – Soil water content (% vol.)					
	2007			2008		
	Roślina Crop	Kontrola Control	t	Roślina Crop	Kontrola Control	t
5	17,98	19,22	0,57	20,83	21,57	-0,28
15	20,12	26,23	-2,39	21,67	25,28	-1,07
30	23,57	27,57	-0,14	23,46	27,33	-1,53
50	23,56	24,96	-0,62	21,81	24,56	-1,10
70	20,18	22,99	-1,14	18,43	24,15	-2,36

Tabela 5. Analiza średnich wilgotności gleby dla ślazuca

Table 5. Analysis of average soil moisture for virginia fanpetals

Głębokość Depth (cm)	Wilgotność gleby – Soil water content (% vol.)					
	2007			2008		
	Roślina Crop	Kontrola Control	t	Roślina Crop	Kontrola Control	t
5	12,18	12,95	-0,34	14,34	14,12	0,13
15	9,84	10,98	-0,71	13,17	11,28	1,62
30	11,75	9,03	1,87	13,05	8,94	3,18
50	19,68	8,47	5,76	19,77	9,82	6,05
70	27,88	12,87	6,28	25,44	13,98	4,84

W przypadku uprawy z wierzbą istotne statystycznie różnice wilgotności w porównaniu do kontroli odnotowano jedynie na głębokości 15 cm, w roku 2007 oraz 70 cm, w roku 2008. Przy czym na poletkach kontrolnych wilgotności były wyższe na wszystkich badanych głębokościach, pomimo braku istotnych statystycznie różnic w pozostałych warstwach profilu. Może to świadczyć o zwiększonym poborze wody przez korzenie roślin. W przypadku uprawy ze

ślazowcem nie odnotowano statystycznie istotnych różnic wilgotności na głębokościach 5 i 15 cm. Natomiast wyraźne zróżnicowanie wilgotności odnotowano dla poziomów 30, 50 i 70 cm. Istotne statystycznie różnice wilgotności w porównaniu do kontroli odnotowano na głębokości 50 cm i 70 cm w latach 2007 i 2008 oraz 30 cm w roku 2008. Należy podkreślić, że na poletkach kontrolnych średnie wartości wilgotności były zdecydowanie niższe w porównaniu do uprawy ze ślazowcem. Może to świadczyć o tym, że przyrosty ślazowca stanowiły skuteczny „parasol” ograniczający dopływ energii do powierzchni gleby, co wyraźnie ograniczyło ewaporację w porównaniu do ugoru porośniętego trawą.

WNIOSKI

1. Zróżnicowane przebiegi krzywych retencji wodnej w przypadku wierzby (dla wszystkich trzech warstw) oraz brak zróżnicowania (w warstwie ornej i podornej) dla ślazowca w porównaniu z poletkami kontrolnymi uwidacznia zróżnicowanie stosunków wodnych pod tymi uprawami. Różnice te mogą wynikać z różnego pokroju części nadziemnych tych roślin.

2. Analiza statystyczna średnich wilgotności gleby pod uprawą wierzby i ślazowca potwierdziła zróżnicowanie w wilgotności gleby pod tymi uprawami. W przypadku wierzby większą wilgotność zaobserwowano na poletku kontrolnym bez roślin, co może świadczyć o dużym zapotrzebowaniu na wodę tej rośliny. W przypadku ślazowca większą wilgotność gleby odnotowano pod uprawą, co może wskazywać na mniejsze parowanie wody z gleby, dzięki zacienianiu powierzchni gleby przez roślinę.

3. Na podstawie analizy krzywych retencji wodnej można stwierdzić, że zasoby wody łatwo dostępnej dla roślin były wyższe na poletkach kontrolnych w porównaniu z poletkami doświadczalnymi, zarówno pod wierzbą jak i ślazowcem.

PIŚMIENNICTWO

- Alletto L., Coquet Y., Vachier P., Labat C., 2006. Hydraulic conductivity, immobile water content, and exchange coefficient in three soil profiles. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70, 1272-1280.
- Bachmann J., Horton R., Grant S.A., van der Ploeg R.R., 2002. Temperature dependence of water retention curves for wettable and water-repellent soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66, 44-52.
- Connolly R.D., 1998. Modelling effects of soil structure on the water balance of soil-crop systems: a review. *Soil & Till. Res.*, 48, 1-19.
- Cresswell H.P., Smiles D.E., Williams J., 1992. Soil structure, soil hydraulic properties and the soil water balance. *Austr. J. Soil Res.*, 30, 265-283.
- Dexter, A.R., Bird N.R.A., 2001. Methods for predicting the optimum and the range of soil water content for tillage based on the water retention curve. *Soil Tillage Res.*, 57, 203-212.
- Greń J., 1978. *Statystyka matematyczna modele i zadania*. PNW Warszawa.

- Instruction of laboratory set-up LAB 012 (pressure extractors), 1985. Soil Moisture Company, Santa Barbara, California, USA
- Jasiulewicz M., Jasiulewicz R., 2005. Biomass from energetic plants as a renewable energy source. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, t.VII, z. 6, 48-51.
- Kościk B. (ed.), 2003. *Rośliny energetyczne*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Lublinie.
- Kutilek M., Novak V., 1998. Exchange of water in the soil-plant-atmosphere system. *Int. Agrophysics*, 12, 33-36.
- Szyszlak-Bargłowicz J., 2008. Wykorzystanie ślazu pensylwańskiego jako źródła energii odnawialnej i biologicznego ekranu drogowego. Lublin, Akademia Rolnicza, 1-124.
- Walczak R., Ostrowski J., Witkowska-Walczak B., Sławiński C., 2002. Hydrofizyczne charakterystyki mineralnych gleb ornycy Polski. *Acta Agrophysica*, 79, 1-64
- Walczak R., Zawadzki S., 1979. Soil water as a basic factor of the growth and crop yield of plants. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 220, I, 53-59.
- Witkowska-Walczak B., Walczak R., Sławiński C., 2004. Determination of water potential – moisture characteristics of soil porous media. Wydawnictwo IA PAN w Lublinie.

WATER CONDITIONS IN SELECTED SOILS UNDER WILLOW COPPICE AND VIRGINIA FANPETALS

Sławiński Cezary¹, Cymerman Jacek², Lamorski Krzysztof¹, Ryżak Magdalena¹

¹Institute of Agrophysics, Polish Academy of Sciences,
ul. Doświadczalna 4, 20-290 Lublin
e-mail: cslawin@ipan.lublin.pl

²State School of Higher Vocational Education in Jarosław
ul. Czarnieckiego 16, 37-500 Jarosław

Abstract. Water retention curve of the investigated soils were presented and the influence of plant tillage on their course were analyzed. The effect of Willow coppice vs. follow and Virginia Fanpetals vs. follow on water retention curves, dynamics of moisture in soil profile, and amount of water useful for plants on heavy loam and loamy sand were analyzed.

Key words: energetic plants, water conditions, water retention curve, moisture dynamic