



ANALIZA WYKORZYSTANIA WODY PRZEZ ŚLIWĘ, W RÓŻNYCH WARUNKACH WODNYCH I NAWOZOWYCH

Anna Jaroszewska, Cezary Podsiadło

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

ANALYSIS OF THE USE OF WATER BY PLUM, IN DIFFERENT CONDITIONS OF WATER AND FERTILIZER

Streszczenie

W eksperymencie przeprowadzonym w latach 2003 i 2005 w Stacji Doświadczalnej Lipnik, na glebie brunatnej kwaśnej, zaliczanej do IVb klasy bonitacyjnej, kompleksu żytniego dobrego, a pod względem uprawy do gleb lekkich o małej retencji wody użytecznej, oceniano wykorzystanie wody przez śliwę odm. ‘Čacanska Rana’ uprawianej w różnych warunkach wodnych i nawozowych. Doświadczenie przeprowadzono metodą losowanych podbloków w układzie zależnym (ang. split-plot), w czterech powtórzeniach, na drzewach w czwartym roku po posadzeniu, wchodzących w trzeci rok owocowania. Między drzewami utrzymywano murawę, a w rzędach drzew - ugór herbicydowy. Pierwszym czynnikiem było nawadnianie podkoronowe: O - kontrola (bez nawadniania), W – nawadnianie za pomocą minizraszaczy typu Hadar, gdy potencjał wodny gleby obniżył się poniżej - 0,01 MPa. Czynnikiem drugim było nawożenie mineralne: 0 NPK – kontrola (bez nawożenia), 2 NPK - 260 kg NPK·ha⁻¹ (80+60+120). Nawozy azotowe stosowano wczesną wiosną, przed ruszeniem wegetacji, natomiast fosforowe i potasowe jesienią zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi. Na podstawie ilorazu intensywności fotosyntezy do transpiracji wyznaczono fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE) i chwilowy fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUEI).

Czynniki zastosowane w doświadczeniu - nawadnianie uzupełniające i nawożenie mineralne różnicowały wartości badanych cech. Oba badane współczynniki (WUE i WUEI) zależały od warunków meteorologicznych, jak i zabiegów agrotechnicznych (nawadnianie, nawożenie) stosowanych w trakcie trwania

doświadczenia. Liście roślin nawożonych charakteryzowały się wyraźnie większą efektywnością wykorzystania wody.

Słowa kluczowe: nawadnianie, nawożenie mineralne, śliwa, fotosynteza, transpiracja, przewodność szparkowa, WUE, WUEI

Summary

A field experiment was conducted in 2003 and 2005 at the Experimental Station Lipnik on acid brown soil. The soil is classified as quality class IVb, good rye complex, and for cultivation of light soils with low water retention useful. Evaluated the use of water for plum grown under different water and fertilizer. The experiment was randomized block design in the system dependent (called a split-plot), in four replications in the experiment. The research was conducted on trees in the fourth year after planting, fall within the third year of fruiting. Maintained grass between the trees, and rows of trees – herbicide fallow. The factor first was watering under-crown: O-control (without irrigation), W-irrigated sites, where soil water potential fell below - 0.01 MPa. Irrigation system was used under-crown in which water was distributed by type of Hadar. Second factor was the mineral fertilization NPK 0 - control (without fertilization), 2 NPK - 260 kg NPK. ha⁻¹ (80 +60 +120). Nitrogen fertilizers applied in early spring, before moving the vegetation, while phosphorus and potassium in the autumn according to the agro-technical. Based on water intensity ratio of photosynthesis to transpiration and photosynthetic rate were determined using (WUE) and photosynthetic rate of the instantaneous water use (WUEI).

Factors used in the experiment - supplementary irrigation and mineral fertilization - differentiated the values of the studies traits. Both the coefficient of efficiency (WUE) and (WUEI) used depended on irrigation, fertilization and meteorological conditions over the study period. The leaves of plants fertilized characterized by greater efficiency of water use.

Key words: irrigation, mineral fertilization, plum, photosynthesis, transpiration, stomatal conductivity, WUE, WUEI

WSTĘP

Śliwa jest jednym z najważniejszych gatunków drzew owocowych rosnących w Polsce. Od wielu lat zajmuje czołową pozycję pod względem wielkości upraw [GUS]. Wymaga nie tylko ciepłego ale i wilgotnego powietrza gdyż dość silnie transpiruje, dlatego też sady śliwowe dobrze rosną i plonują w dolinach rzek. Suche, gorące okresy w roku są dla śliw niekorzystne, gdyż powodują opadanie pąków i zawiązków owocowych [Treder 2006].

Otrzymanie pięknych, trwałych i dobrej jakości owoców wymaga stosowania dodatkowych zabiegów. Do jednych z najważniejszych należy nawadnianie [Mika 2002]. Szczegółowa analiza wykorzystania wody przez rośliny może przyczynić się do rozwoju kryteriów hodowlanych opartych o charakterystycz-

ne dla danej odmiany parametry fizjologiczne i morfologiczne. Efektywne wykorzystanie wody jest również ważnym wskaźnikiem wydajności roślin [Górny, Garczyński 2002, Treder i in. 2009].

Celem przeprowadzonych badań było wyznaczenie fotosyntetycznego współczynnika wykorzystania wody (WUE) oraz chwilowego fotosyntetycznego współczynnika wykorzystania wody (WUEI) u śliwy odm. 'Čacanska Rana' uprawianej w zróżnicowanych warunkach wodnych i nawozowych.

MATERIAŁY I METODY

Badania zostały przeprowadzone w latach 2003 oraz 2005 w Stacji Doświadczalnej w Lipniku, na glebie brunatnej kwaśnej zaliczanej do IVb klasy bonitacyjnej, kompleksu żytniego dobrego, a pod względem uprawy do gleb lekkich o małej retencji wody użytecznej. Badano wpływ dodatkowego nawadniania i nawożenia mineralnego na intensywność fotosyntezy, transpiracji oraz przewodność szparkową. Doświadczenie przeprowadzono na drzewach z gatunku śliw, odm. 'Čacanska Rana' (w czwartym roku po posadzeniu, wchodzących w trzeci rok owocowania) metodą losowanych podbloków (ang. split-plot) w czterech powtórzeniach. Między drzewami utrzymywano murawę, a w rzędach drzew - ugór herbicydowy. Głównym czynnikiem zastosowanym w badaniach było nawadnianie podkoronowe: O - kontrola (bez nawadniania), W - poletka nawadniane, gdy potencjał wodny gleby obniżył się poniżej - 0,01 MPa. Do nawadniania zastosowano minizraszacze Hadar o zasięgu zraszania r-2 m. Wielkość zastosowanych dawek w poszczególnych okresach wegetacji wahała się od 37.9 mm (w 2003 r) i 26.1 mm (w 2005 r), w zależności od sumy miesięcznych opadów atmosferycznych w poszczególnych latach badań. Drugim czynnikiem zastosowanym w doświadczeniu było nawożenie mineralne NPK: 0-kontrola (bez nawożenia), 2 NPK -260 kg NPK · ha⁻¹ (80 +60 +120). Nawozy azotowe stosowano wczesną wiosną, przed ruszeniem wegetacji, natomiast fosforowe i potasowe jesienią zgodnie z zaleceniami agrotechnicznymi.

Warunki atmosferyczne panujące w latach w których przeprowadzono badania (2003 i 2005 r) przedstawiono w tabeli 1. Średnia temperatura powietrza w pierwszym i drugim roku badań była wyższa od wielolecia odpowiednio o 2° C i 1 °C. Z kolei opady deszczu były niższe kolejno o 95,9 mm oraz 54,2 mm. Porównując lata w których prowadzono badania do wielolecia, można stwierdzić, że były one cieplejsze i suchsze.

Pomiary aktywności fotosyntetycznej liści przeprowadzono w ujęciu dynamicznym w okresie zawiązywania owoców oraz w okresie zbiorów. Wybierano liście dobrze wykształcone, ze środkowej części jednorocznych pędów, znajdujących się na zewnętrznej partii korony, w połowie jej wysokości. Do pomiarów użyto analizatora LCA-4 (ADC Bioscientific LTD, Hoddeson, Great Britain). Na podstawie ilorazu intensywności fotosyntezy do transpiracji (Pn/E)

wyznaczono fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUE), zdeterminowany głównie warunkami środowiskowymi. Na podstawie ilorazu intensywności fotosyntezy do przewodności szparkowej (P_n/G_c) wyznaczono chwilowy fotosyntetyczny współczynnik wykorzystania wody (WUEI), zdeterminowany genetycznie. Uzyskane wyniki badań opracowano statystycznie, z zastosowaniem analizy wariancji dla doświadczeń wieloletnich, a istotność różnic przy $NIR_{0,05}$ oceniono testem Tuckey'a.

Tabela 1. Sumy opadów (mm) oraz średnie wartości temperatury powietrza (°C) w latach 2003 i 2005

Table 1. Sum of rainfall (mm) and mean air temperature (°C) in years 2003 i 2005

Miesiąc Month	Średnie wieloletnie 1961-1994 Long-term average 1961-1994		Opady Rain (mm)		Temperatura Temperature (°C)	
	opady rain (mm)	temperatura temperature (°C)	lata, years			
			2003	2005	2003	2005
IV	37,8	7,2	14,5	13,7	7,6	9,2
V	51,1	12,5	33,8	67,5	15,0	13,1
VI	61,3	15,9	29,7	25,7	17,2	15,8
VII	63,2	17,4	80,7	76,2	20,4	19,4
VIII	56,1	17,0	16,0	53,2	20,6	16,6
IX	46,8	13,2	45,7	25,8	14,4	15,5
IV-X	316,3	13,9	220,4	262,1	15,9	14,9

WYNIKI I DYSKUSJA

Analiza statystyczna uzyskanych wyników wykazała istotny wpływ uzupełniającego nawadniania na aktywność fotosyntetyczną w liściach śliw w okresie zbiorów, w pierwszym roku badań (wzrost o 44%), oraz na transpirację miesiąc przed zbiorami w drugim roku badań (wzrost o 18%) (tab. 2 i 3). W liściach drzew nawadnianych odnotowano wyraźną tendencję do wzrostu intensywności zarówno fotosyntezy, jak i transpiracji, co potwierdza wyniki badań uzyskane przez Šircelj i in. [2007], którzy dowiedli, że susza wpływa na obniżenie aktywności fotosyntetycznej u jabłoni.

Niższą aktywność fotosyntetyczną w liściach nawadnianych stwierdzono w drugim roku badań (2005 r) w okresie zbiorów, co mogło być spowodowane zwiększoną ilością wody jaką otrzymały rośliny w tym okresie (z nawadniania jak i z opadów atmosferycznych). Wyniki te korelują z danymi Wibbe i Blanke [1997] którzy dowiedli, iż na obniżenie intensywności fotosyntezy wpływa zarówno nadmiar jak i brak wody. Podobne rezultaty uzyskała również Jaroszewska i in. [2011], wykazując niższą aktywność fotosyntetyczną w liściach nawadnianej wiśni w okresie zbiorów.

Tabela 2. Intensywność fotosyntezy śliw w 2003 r. i 2005 r., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Table 2. Intensity of photosynthesis of the plum in 2003y. and 2005y., $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

* Obiekty Object		Termin I Term I		Termin II Term II	
		2003	2005	2003	2005
Nawadnianie Irrigation	0 W	7,77 13,2	1,93 2,77	2,96 4,25	5,94 5,13
Nawożenie Fertilization	0 2	9,56 11,4	1,87 2,83	3,28 3,92	5,02 6,05
NIR _{0,05} dla nawadniania / for irrigation dla nawożenia / for fertilization		n.i.** n.i.	n.i. n.i.	0,04 n.i.	n.i. 1,03

* jak w metodyce, as in the methodology **-różnica nieistotna, n.s.non significant

Tabela 3. Intensywność transpiracji śliw w 2003 r. i 2005 r. $\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Table 3. Intensity of transpiration of the plum, in 2003y and 2005y. $\text{m mol H}_2\text{O}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

* Obiekty Object		Termin I Term I		Termin II Term II	
		2003	2005	2003	2005
Nawadnianie Irrigation	0 W	1,26 0,96	1,14 1,35	1,35 1,52	1,47 1,54
Nawożenie Fertilization	0 2	0,98 1,24	1,30 1,18	1,41 1,46	1,43 1,57
NIR _{0,05} dla nawadniania / for irrigation dla nawożenia / for fertilization		n.i. ** n.i.	0,03 0,10	n.i. n.i.	n.i. n.i.

* jak w metodyce, as in the methodology **-różnica nieistotna, n.s.non significant

Znaczący wpływ nawadniania uzupełniającego na przewodność szparkową stwierdzono w pierwszym roku badań, miesiąc przed zbiorami oraz w okresie zbiorów (wzrost o 25%), w porównaniu do liści drzew nienawadnianych (tab. 4).

Tabela 4. Przewodność szparkowa śliw w 2003 r. i 2005r., $\mu\text{mo}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$
Table 4. Stomatal conductivity plum in 2003y.and 2005y. $\mu\text{mo}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$

* Obiekty Object		Termin I Term I		Termin II Term II	
		2003	2005	2003	2005
Nawadnianie Irrigation	0 W	0,08 0,10	0,12 0,19	0,08 0,10	0,05 0,06
Nawożenie Fertilization	0 2	0,09 0,08	0,12 0,19	0,10 0,08	0,04 0,06
NIR _{0,05} dla nawadniania / for irrigation, dla nawożenia / for fertilization		0,02 0,01	n.i. ** 0,02	0,06 n.i.	n.i. 0,02

* jak w metodyce, as in the methodology **-różnica nieistotna, n.s.non significant

Drzewa nawożone dawką 260 kg ha⁻¹ NPK wykazywały tendencje do wzrostu aktywności fotosyntetycznej oraz transpiracji, w porównaniu do drzew uprawianych na poletkach kontrolnych (bez nawożenia). W drugim roku badań, w okresie zbiorów aktywność fotosyntetyczna wzrosła o 21%, natomiast transpiracja miesiąc przed zbiorem zmniejszyła się o 9% (tab. 2 i 3). Przewodność szparkowa była wyższa w liściach drzew nawożonych w 2005 roku, miesiąc przed zbiorami oraz w okresie zbiorów, kolejno o 58% oraz 50% (tab. 4). Niższą wartość tej cechy zanotowano w 2003 roku, miesiąc przed zbiorami (spadek o 11%) w porównaniu do drzew nienawożonych. Wyniki badań własnych częściowo potwierdzają badania Guzewskiego i in. [1998], którzy odnotowali zmniejszenie aktywności fotosyntetycznej w liściach nawadnianych i nawożonych jabłoni.

Zastosowane w doświadczeniu zabiegi agrotechniczne znacząco wpłynęły na wartości badanych współczynników wykorzystania wody przez sliwę (WUE) oraz (WUEI), co jest zgodne z badaniami Jaroszewskiej i in. [2011] (tab. 5–8).

Najwyższe wykorzystanie wody (WUE) (średnio) stwierdzono w pierwszym roku badań, miesiąc przed zbiorami oraz w drugim roku badań, w okresie zbiorów. Na poletkach nawadnianych WUE wzrósł o 192% w 2003 roku oraz o 45% w 2005 roku. Z kolei na obiektach nawożonych o 42% w pierwszym roku badań i o 65% w drugim (tab. 5 i 6), co jest zgodne z badaniami Mikiciuk i Mikiciuk [2009], którzy zanotowali wyższy współczynnik wykorzystania wody u roślin nawożonych. Niższą wartość WUE w badaniach własnych stwierdzono w pierwszym roku w okresie zbiorów, na co prawdopodobnie miała wpływ zbyt duża ilość wody jaką otrzymały rośliny w tym okresie.

Tabela 5. Współczynnik wykorzystania wody (WUE) w 2003 r.,
 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

Table 5. Water use efficiency (WUE) in 2003, $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

* Obiekty Object		Termin I Term I	Termin II Term II
O	0	5,99	2,51
	2	6,28	2,47
W	0	13,9	3,07
	2	21,9	2,54
Średnio dla nawadniania average for irrigation	O	6,14	2,49
	W	17,9	2,81
Średnio dla nawożenia average for fertilization	0	9,95	2,79
	2	14,1	2,51
NIR _{0,05} dla nawadniania / for irrigation		2,60	0,02
dla nawożenia / for fertilization		1,20	0,06

*, jak w metodyce, as in the methodology

Tabela 6. Współczynnik wykorzystania wody (WUE) w 2005 r.,
 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

Table 6. Water use efficiency (WUE) in 2005, $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

* Obiekty Object		Termin I Term I	Termin II Term II
O	0	4,53	1,04
	2	3,68	1,72
W	0	2,71	1,52
	2	4,03	2,49
Średnio dla nawadniania average for irrigation	O	4,11	1,38
	W	3,37	2,00
Średnio dla nawożenia average for fertilization	0	3,62	1,28
	2	3,86	2,11
NIR _{0,05} dla nawadniania / for irrigation		0,12	0,16
dla nawożenia / for fertilization		0,17	0,05

* jak w metodyce, as in the methodology,

Istotny wpływ nawadniania oraz nawożenia NPK na chwilowy współczynnik wykorzystania wody odnotowano w pierwszym roku badań, miesiąc przed zbiorami. Pod wpływem nawadniania wzrósł on o 43%, natomiast pod wpływem nawożenia o 55% (tab. 7).

Tabela 7. Chwilowy współczynnik wykorzystania wody (WUEI) w 2003 r.,
 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

Table 7. Momentary water use efficiency (WUEI) in 2003,
 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

* Obiekty Object		Termin I Term I	Termin II Term II
O	0	77,9	28,6
	2	116,3	41,8
W	0	106,7	33,3
	2	170	37,5
Średnio dla nawadniania average for irrigation	O	97,1	35,2
	W	138,4	35,4
Średnio dla nawożenia average for fertilization	0	92,3	30,9
	2	143,2	39,7
NIR _{0,05} dla nawadniania / for irrigation		7,91	n.i. **
dla nawożenia / for fertilization		9,52	n.i.

* jak w metodyce, as in the methodology, **-różnica nieistotna, n.s.non significant

W drugim roku badań istotny wpływ nawadniania zaznaczył się jedynie w drugim terminie, podczas gdy nawożenia mineralnego zarówno miesiąc przed zbiorami jak i w okresie zbiorów. W liściach drzew nawożonych WUEI wzrosło

o 5% miesiąc przed zbiorami i zmalało o 17% w okresie zbiorów. W liściach nawadnianych wskaźnik ten zmalał o 27% w okresie zbiorów (tab. 8).

Tabela 8. Chwilowy współczynnik wykorzystania wody (WUEI) w 2005 r.,
 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

Table 8. Momentary water use efficiency (WUEI) in 2005,
 $\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$

* Obiekty Object		Termin I Term I	Termin II Term II
O	0	10,2	140,5
	2	23,9	125,2
W	0	22,8	110,3
	2	10,9	83,4
Średnio dla nawadniania average for irrigation	O	17,1	132,9
	W	16,9	96,9
Średnio dla nawożenia average for fertilization	0	16,5	125,4
	2	17,4	104,3
NIR _{0,05} dla nawadniania / for irrigation		n.i. **	7,10
dla nawożenia / for fertilization		0,18	3,93

* jak w metodyce, as in the methodology, **-różnica nieistotna, n.s.non significant

WNIOSKI

1. Istotny wpływ uzupełniającego nawadniania stwierdzono zarówno w pierwszym roku badań (wzrost aktywności fotosyntetycznej i przewodności szparkowej), jak i w drugim roku badań (wzrost transpiracji).

2. W liściach drzew nawożonych istotnie wzrosła aktywność fotosyntetyczna, zmalała natomiast transpiracja. Istotny spadek przewodności szparkowej na poletkach nawożonych odnotowano w pierwszym roku badań, wyższe wartości tej cechy stwierdzono w drugim roku, miesiąc przed zbiorami oraz w okresie zbiorów.

3. Zarówno nawadnianie jak i nawożenie mineralne miały istotny wpływ na WUE i WUEI. Jednak wyższymi współczynnikami wykorzystania wody charakteryzowały się liście drzew nawożonych.

BIBLIOGRAFIA

- Guzewski W., Lipecki M., Jadcuk E. *Intensywność fotosyntezy i poziom odżywienia jabłoni odmiany Katja w zależności od nawadniania i nawożenia potasem*. I Ogólnopolskie Sympozjum mineralnego Odżywiania Roślin Sadowniczych Skierniewice 1-2.12.1998, s.89-112.
- Górny A. G., Garczyński S. *Genotypic and nutrition – dependent variation in water use efficiency and photosynthetic activity of leaves in winter wheat (*Triticum aestivum* L.)*. J. Appl. Genet. 43, 2, 2002, s.145–160.

- Jaroszewska A., Podsiadło C., Kowalewska R. *Analiza wykorzystania wody przez wiśnię, w różnych warunkach wodnych i nawozowych*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 6, 2011, s.165-173.
- Mika A. *Wpływ niektórych czynników agrotechnicznych na jakość owoców*. Ogólnopolska Konferencja Marketing i jakość owoców Skierniewice, 24.10.2002.
- Mikiciuk G., Mikiciuk M. *Wpływ dolistnego nawożenia potasowo-krzemowego na wybrane cechy fizjologiczne truskawki (fragaria ananassa duch.) odmiany Elvira*. Annales Universitatis Mariae Curie – Skłodowska. Vol. LXIV (4). Sectio E, 2009, s.19-27.
- Treder W. *Nawadnianie roślin sadowniczych*. Nawadnianie roślin pod redakcją S. Karczmarczyka i L. Nowaka. PWRiL Poznań, 2006, s.333-363.
- Šircelj H., Tausz M., Grill D., Batič F. *Detecting different levels of drought stress in apple trees (Malus domestica Borkh.) with selected biochemical and physiological parameters*. Scientia Horticulturae. Vol. 113, 2007, s.362-369.
- Treder W., Kłamkowski K., Krzewińska D., Tryngiel - Gać A. *Najnowsze trendy w nawadnianiu upraw sadowniczych-prace badawcze związane z nawadnianiem roślin prowadzone w ISK w Skierniewicach*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich.6, 2009,s.95-108.
- Wibbe M.L., Blanke M.M. *Effect of fruiting and draught or flooding on carbon balance of apple trees*. Photosynthetica. Vol. 33, 1997, s.269-275.

Dr inż. Anna Jaroszewska
Prof. dr hab. Cezary Podsiadło
Katedra Gospodarki Wodnej
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
ul. Słowackiego17
71-434 Szczecin
e-mail: nawodnienia@zut.edu.pl

