

OCENA POTRZEB I EFEKTÓW NAWODNIEŃ KROPOLOWYCH ZIEMNIAKA ŚREDNIO WCZESNEGO ‘OMAN’ NA GLEBIE BARDZO LEKKIEJ

Stanisław Rolbiecki, Roman Rolbiecki, Stanisław Dudek,
Renata Kusmierk-Tomaszewska, Jacek Żarski

Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy

Streszczenie. Celem pracy było określenie potrzeb i efektów nawadniania kropłowego ziemniaka średnio wczesnego ‘Oman’ na glebie bardzo lekkiej w cechującym się dużymi potrzebami nawodnień rejonie Bydgoszczy. Ścisłe doświadczenia polowe przeprowadzono w latach 2008–2010 w Kruszynie Krajeńskim, na glebie zaliczanej do V klasy bonitacyjnej (kompleks żytni słaby). Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe, w czterech replikacjach. Czynnikiem pierwszego rzędu było nawadnianie kropłowe: O – obiekty kontrolne (bez nawadniania), K – obiekty nawadniane systemem kropłowym. Czynnikiem drugiego rzędu był sposób podawania nawozu azotowego: P – nawożenie azotem posypowo (rzutowo), F – nawożenie azotem poprzez fertygację kropłową. Określono: połowe zużycie wody, wartości współczynnika roślinnego k_c do wzorów Grabarczyka i Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena, przyrosty plonów bulw spowodowane nawadnianiem kropłowym, efektywność zastosowania wody i azotu.

Słowa kluczowe: ewapotranspiracja, fertygacja, nawadnianie kropłowe, potrzeby wodne, współczynnik k_c , ziemniak

WSTĘP

Zasobooszczędny system nawodnień kropłowych – ze względu na swe specyficzne zalety – nadaje się doskonale do nawadniania upraw rzędowych, znajdując w chwili obecnej zastosowanie głównie w towarowym sadownictwie [Treder i in. 2011] i warzywnictwie [Rolbiecki i in. 2003, Rzekanowski i in. 2011]. Są już jednak przykłady udanego zastosowania systemu kropłowego w uprawach rolniczych np. ziemniaka [Rolbiecki i Rolbiecki 2005, Pańka i in. 2007, Mazurczyk i in. 2009, Trawczyński 2009].

Adres do korespondencji – Corresponding author: Stanisław Rolbiecki, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Rolnictwa i Biotechnologii, Katedra Melioracji i Agrometeorologii, ul. Bernardyńska 6, 85-029 Bydgoszcz, e-mail: rolbs@utp.edu.pl

Ze względu na to, że nawodnienia zapewniają największą efektywność produkcyjną na stosunkowo słabych glebach położonych w rejonach o małych opadach atmosferycznych, system kropłowy mógłby znaleźć swe zastosowanie przede wszystkim w centralnej Polsce – Krainie Wielkich Dolin, którą można utożsamiać z obszarami szczególnie deficytowymi w wodę [Rzekanowski i in. 2011, Stachowski i Markiewicz 2011]. Znajduje się tu bowiem 1872,3 tys. ha gleb kompleksu żytniego słabego, 1226,9 tys. ha żytniego bardzo słabego i 791,9 tys. ha żytniego dobrego [Rzekanowski i in. 2011]. Produkcja roślinna na glebach lekkich ograniczana jest przede wszystkim ich niekorzystnymi właściwościami wodnymi: nadmierną przepuszczalnością, słabymi możliwościami podsiąku, krótkotrwałymi zapasami wody łatwo dostępnej dla roślin, szybkim wysychaniem gleby oraz – w porównaniu z glebami średnimi i ciężkimi – występującymi częściej i trwającymi dłużej okresami posusznymi. Te niekorzystne właściwości wodne zaznaczają się tym silniej, im luźniejszy jest skład granulometryczny gleby, głębsze położenie wód gruntowych i mniejsze opady w okresie wegetacji. Obniżają one plony oraz powodują ich duże wahania, zależnie od warunków lokalnych i lat. Negatywne oddziaływanie niekorzystnych właściwości wodnych gleb lekkich na produkcję roślinną jest tym silniejsze, im większe potrzeby wodne i nawozowe mają uprawiane na nich rośliny [Dzieżyc i Trybała 1989].

Celem pracy było określenie potrzeb i efektów nawadniania kropłowego ziemniaka średnio wczesnego ‘Oman’ na glebie bardzo lekkiej w cechującym się dużymi potrzebami nawodnień rejonie Bydgoszczy [Zarski i Dudek 2009, Zarski i in. 2011].

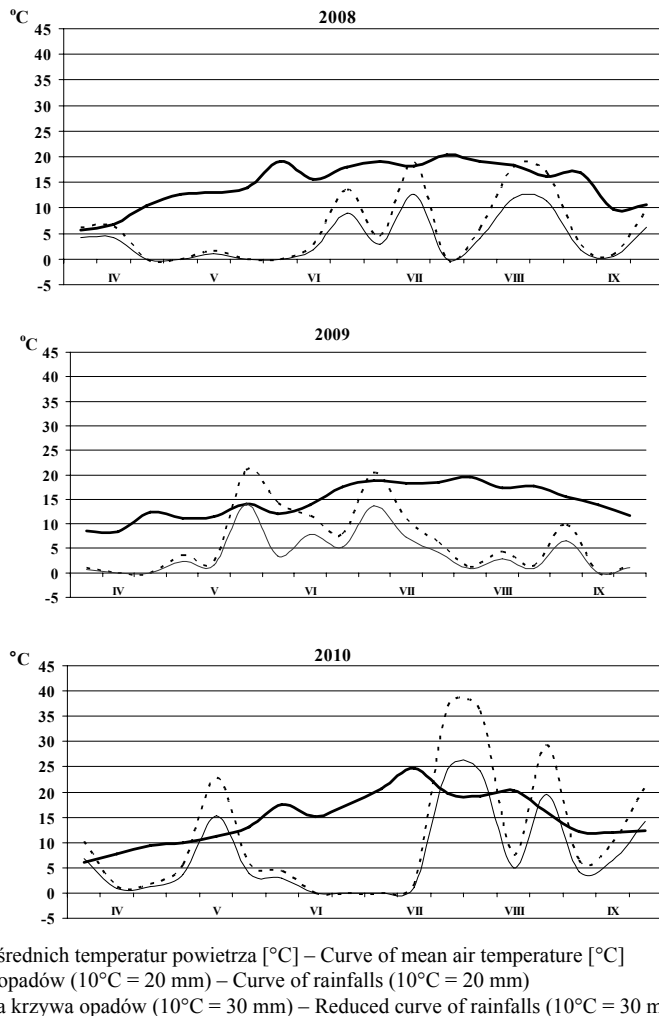
MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2008–2010 w Kruszyńskim Krajeńskim koło Bydgoszczy. Ścisłe doświadczenia polowe przeprowadzono na glebie zaliczanej do V klasy bonitacyjnej (kompleks żytni słaby). Była to czarna ziemia wytworzona z piasku aluwialnego, zaliczana do podtypu czarna ziemia zbrunatniała. Gleba ta wykazywała bardzo małą zdolność retencji wody glebowej. Zawartość dostępnej dla roślin wody (PRU) wynosiła 537,8 Mg·ha⁻¹, co w przeliczeniu na cały profil daje warstwę wody 54 mm – w tym wody łatwo dostępnej (ERU) 32 mm. Testowano średnio wczesną odmianę ‘Oman’. Doświadczenie założono jako dwuczynnikowe, metodą losowanych podbloków, w czterech replikacjach. Czynnikiem pierwszego rzędu było nawadnianie kropłowe zastosowane w dwóch wariantach: O – obiekty kontrolne (bez nawadniania), K – obiekty nawadniane systemem kropłowym. Czynnikiem drugiego rzędu był sposób podawania nawozu azotowego: P – nawożenie azotem posypowo (rzutowo), F – nawożenie azotem poprzez fertygację kropłową.

Powierzchnia pojedynczego poletka do zbioru wynosiła 11,25 m². Nawożenie azotem było jednakowe dla wszystkich wariantów doświadczenia i wynosiło 120 kg·ha⁻¹ azotu. Stosowano je w formie azotanu amonu w trzech dawkach, tj.: 40 kg·ha⁻¹ azotu posypowo na wszystkich poletkach (przed wschodami) oraz pogłównie – dwie dawki po 40 kg·ha⁻¹ w formie posypowej (na poletkach P) lub płynnej (na poletkach F) pod koniec czerwca i w połowie lipca. Fertygację kropłową azotem, czyli podawanie azotu w formie płynnej poprzez sieć nawadniającą, stosowano przy użyciu dozowników proporcjonalnego mieszania. Powierzchniowe nawadnianie kropłowe prowadzono z zastosowaniem kro-

plownika liniowego ‘T-Tape’, z odległością 20 cm między emiterami i wydatkiem około $5 \text{ l}\cdot\text{m}^{-1}$. Nawadnianie prowadzono według wskazań tensjometrów, nie dopuszczając do spadku potencjału wodnego gleby poniżej -40 kPa [Mazurczyk i in. 2009].

Warunki pogodowe cechowały się dużą zmiennością w poszczególnych okresach wegetacji (rys. 1). Okresy suche – gdy na klimatodiagramie krzywa opadów znajduje się poniżej krzywej temperatury – występowały praktycznie w każdym miesiącu okresu nawadniania (VI–VIII) każdego roku. Dłuższe z nich miały miejsce w maju i czerwcu 2008 roku, w maju i sierpniu 2009 roku oraz w czerwcu i lipcu 2010 roku.



Rys. 1. Klimatodiagram Waltera dla warunków meteorologicznych doświadczenia polowego w okresie wegetacji (IV–IX) w latach 2008–2010

Fig. 1. Climatic diagram for meteorological conditions of the field experiment in the vegetation period (IV–IX) in the years 2008–2010

Potrzeby wodne ziemniaka wyznaczono dla poszczególnych dekad okresu nawodnieniowego (od 1 czerwca do 31 sierpnia). Ewapotranspirację wskaźnikową (ET_c) wyznaczono, wykorzystując dwa modele: Grabarczyka [Grabarczyk 1976] oraz Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena [Treder i in. 2010]. Ewapotranspirację potencjalną nawadnianych kropłowo ziemniaków (ET_p) wyliczono, stosując współczynniki roślinne (k_c), a także współczynniki redukcyjne (k_r) – przyjęte na podstawie wykorzystania powierzchni przez rośliny według Freemana i Garzoliego [Drupka 1986]. Badając efekty produkcyjne nawadniania kropłowego, określono: wysokość plonu handlowego bulw ($t \cdot ha^{-1}$) oraz efektywność wody netto i brutto ($kg \cdot ha^{-1} \cdot mm^{-1}$), a także efektywność nawożenia azotowego ($kg \cdot ha^{-1}$).

Uzyskane wyniki opracowano statystycznie (test Tukeya), wykonując stosownie do układu doświadczenia analizę wariancji z wykorzystaniem pakietu ANALWAR-5.FR.

WYNIKI

Okres nawodnieniowy ziemniaka zaczynał się 6 lipca, a kończył 21 sierpnia i trwał przeciętnie 47 dni (tab. 1). W sezonie nawodnieniowym podawano 11–12 dawek jednorazowych. Średnia dla trzech lat badań sezonowa norma nawadniania wyniosła 83 mm, mieszcząc się w zakresie od 66,5 mm w 2008 roku do 101 mm w 2010 roku.

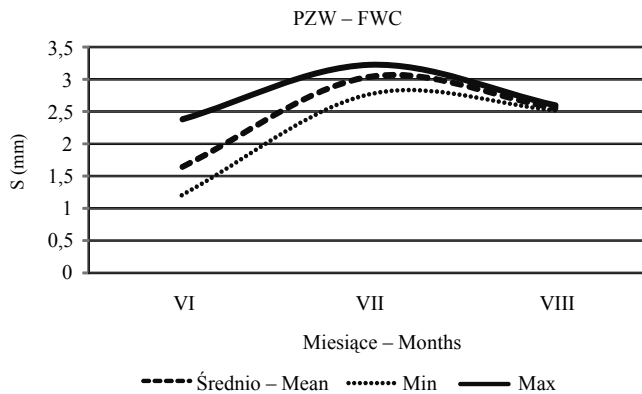
Tabela 1. Charakterystyka okresów nawadniania ziemniaka w sezonach wegetacyjnych

Table 1. Characteristics of irrigation periods of potato in particular vegetation seasons

Rok Year	Okres nawadniania Irrigation period			Dawka nawodnieniowa Irrigation dose	
	od since	do to	liczba dni number of days	liczba dawek jednorazowych number of single doses	dawka sezonowa seasonal dose [mm]
2008	3.07	19.08	48	11	66,5
2009	15.07	26.08	43	11	82,0
2010	29.06	16.08	49	12	101,0
Średnio – Mean	6.07	21.08	47	11	83,0

Największe dobowe wartości polowego zużycia wody przez nawadniane systemem kropłowym ziemniaki wystąpiły w lipcu (rys. 2). Analizując pozostałe dwa miesiące okresu nawodnieniowego, widać, że w czerwcu rośliny zużywały mniej wody niż w sierpniu.

Wartości empirycznego współczynnika roślinnego (k_c) wyznaczone dla modelu Grabarczyka były większe od obliczonych dla wzoru Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena (tab. 2). Wynikało to bezpośrednio z tego, że wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej (referencyjnej) – ET_0 – określane wzorem Grabarczyka są mniejsze od obliczanych modelem Hargreavesa w modyfikacji Droogersa i Allena [Treder i in. 2010].



Rys. 2. Dobowe wartości połowego zużycia wody (PZW)

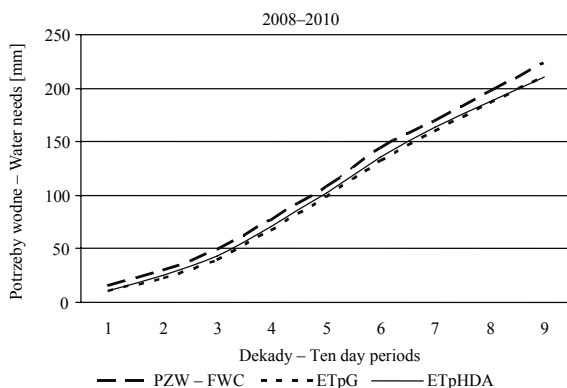
Fig. 2. Daily values of the field water consumption (FWC)

Tabela 2. Współczynniki roślinne (k_c) oraz korekcyjne (k_r) według Freemana i GarzoliTable 2. Crop coefficients (k_c) and correction coefficients (k_r) according to Freeman and Garzoli

ET_0	k_c dla miesięcy okresu nawodnieniowego k_c for months of the irrigation period		
	VI	VII	VIII
Grabarczyk	0,5	0,7	0,7
Hargreaves _{DA}	0,4	0,6	0,6
Dekady - Decades	k_r dla dekad okresu nawodnieniowego k_r for decades of the irrigation period		
	VI	VII	VIII
I	0,6	0,9	1
II	0,8	1	1
III	0,8	1	1

W tabeli 2 zawarto także współczynniki redukcyjne (k_r) dla kolejnych dekad okresu nawodnieniowego, które wyznaczono na podstawie obserwacji i pomiarów roślin ziemniaka prowadzonych w sezonach wegetacji w doświadczeniu własnym. Z przedstawionych danych widać, że wartość k_r wzrasta w kolejnych dekadach wegetacji ziemniaka wraz ze wzrostem stopnia pokrycia powierzchni przez rośliny [Drupka 1986].

Z analizy przebiegu skumulowanych dekadowych potrzeb wodnych ziemniaka wynika, że wartości tychże potrzeb oszacowane modelem Grabarczyka ($ETpG$) i Hargreavesa_{DA} ($ETpH_{DA}$) były do siebie bardzo zbliżone (rys. 3). Potrzeby wodne nawadnianego systemem kropłowym ziemniaka w okresie od 1 czerwca do 31 sierpnia wyniosły 212 mm w modelu Grabarczyka i 214 mm w modelu Hargreavesa_{DA}. Jednocześnie widać, że określone pośrednio – przez obliczenie ewapotranspiracji wskaźnikowej i zastosowanie współczynników k_c i k_r – potrzeby wodne, zarówno w jednym, jak i drugim modelu, były nieznacznie mniejsze od wyznaczonych bezpośrednio, na podstawie połowego zużycia wody (224 mm).



Rys. 3. Kumulatywne potrzeby wodne ziemniaka

Fig. 3. Cumulated water needs of potato

Zastosowanie systemu nawodnień kropłowych na plantacji ziemniaka okazało się efektywne. Z analizy statystycznej wynika, że nawadnianie kropłowe – średnio w okresie badań – istotnie zwiększyło plon handlowy bulw ziemniaka z poziomu 14,3 do 32,7 t·ha⁻¹ – zwyżka plonu wyniosła zatem 18,4 t·ha⁻¹, czyli (129%) – tabela 3. Drugi z testowanych czynników doświadczenia, podawanie roślinom azotu w formie płynnej poprzez sieć nawadniającą – fertygacja, zwiększyła (średnio w latach badań) plon handlowy bulw o 6,8 t·ha⁻¹, tj. o 34%.

Tabela 3. Plon handlowy ziemniaka w latach 2008–2010 [t·ha⁻¹]Table 3. Marketable yield of potato in the years 2008–2010 [t·ha⁻¹]

Nawadnianie Irrigation (I)	Nawożenie Fertilization (II)	Lata – Years			Średnio – Mean
		2008	2009	2010	
O	P	9,78	29,42	2,04	13,74
	F	9,90	32,04	2,55	14,83
K	P	31,00	34,19	14,11	26,44
	F	55,56	39,94	21,22	38,91
Wpływ nawadniania – Influence of irrigation					
	O	9,84	30,73	2,29	14,28
	K	43,28	37,06	17,66	32,67
Wpływ nawożenia – Influence of fertilization					
	P	20,39	31,80	8,07	20,09
	F	32,73	35,99	11,88	26,87
NIR _{0,05} – LSD _{0,05}					
	I	6,180	3,597	2,355	7,642
	II	5,826	2,522	0,999	2,936
Interakcja – Interaction					
	II/I	8,897	n.i.	2,211	4,395
	I/II	9,132	n.i.	3,072	8,312

O – kontrola (bez nawadniania)/control (without irrigation), K – nawadnianie kropłowe/drip irrigation, P – posypowe nawożenie azotem/nitrogen fertilization by sowing, F – fertygacja azotem/nitrogen fertigation.

Jednostkowa efektywność wody brutto (produkcyjność 1 mm wody z opadów i nawadniania), średnio dla wariantów nawożenia azotem i lat, kształtowała się na poziomie $106 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 4). Efektywność ta była większa w warunkach podawania roślinom azotu w formie płynnej (fertygacja). Jednostkowa efektywność wody netto (produkcyjność 1 mm wody z nawadniania) wyniosła, średnio dla obu wariantów nawożenia i lat, $222 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Podawanie nawozu azotowego w formie płynnej (fertygacja) zwiększyło jednostkową efektywność wody netto w porównaniu do wariantu z nawożeniem posypowym o $137 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$.

Produkcyjność 1 kg azotu, średnio dla obu sposobów podawania nawozu, wyniosła $195 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (tab. 4). Wskaźnik ten, średnio dla wariantów nawożenia w trzyletnim okresie badań, wyniósł $119 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na poletkach kontrolnych (bez nawadniania) i wzrósł do $272 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na poletkach nawadnianych. W warunkach prowadzenia nawodnień kropłowych jednostkowa produkcyjność azotu wynosiła $220 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ na poletkach nawożonych azotem posypowo, a wzrastała do $324 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, gdy saletrę amonową podawano w formie płynnej.

Tabela 4. Jednostkowa efektywność wody i azotu średnio w latach 2008–2010

Table 4. Efficiency of water and nitrogen use, mean of the years 2008–2010

Wyszczególnienie Specification	Efektywność wody – Water use efficiency [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$]		Średnio dla nawadniania Mean for irrigation
	brutto – gross	netto – net	
KP	86	153	
KF	126	290	
K	106	222	
	Efektywność azotu – Nitrogen use efficiency [$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{kg N}^{-1}$]		Średnio dla nawadniania Mean for irrigation
	O	K	
P	114	220	167
F	124	324	224
Średnio dla nawożenia Mean for fertilization	119	272	195

Objaśnienia jak pod tabelą 3/Explanations see Table 3.

DYSKUSJA

Ilości wody zastosowanej do nawadniania kropłowego ziemniaka w badaniach własnych dobrze korespondują z ustaleniami zawartymi w syntezie Nowaka [2006]. Według cytowanego autora, największy niedobór opadów dla odmian wczesnych występuje właśnie w pasie Krainy Wielkich Dolin i wynosi w latach suchych od 105 do 120 mm.

Nawadnianie kropłowe może zapewnić utrzymanie optymalnej wilgotności gleby przy mniejszych w sezonie dawkach niż deszczowanie. W prowadzonych na tym samym obiekcie w latach 2005–2007 doświadczeniach z deszczowaniem ziemniaka średnio wczesnego [Rolbiecki i in. 2009] sezonowe dawki nawodnieniowe mieściły się, zależnie od rozkładu opadów atmosferycznych, w przedziale od 40 mm (2007) do 170 mm (2005),

a średnio dla trzech sezonów wyniosły 120 mm. Trzeba tu wyjaśnić, że niska norma deszczowania w 2007 roku wynikała przede wszystkim z dużej ilości i równomiernego rozkładu opadów atmosferycznych (suma opadów w trzech miesiącach okresu nawadniania wyniosła 273 mm).

W badaniach własnych największe dobowe wartości polowego zużycia wody (ponad 3 mm) przez rośliny ziemniaka nawadniane systemem kropelowym wystąpiły w lipcu. Dla porównania, w przeprowadzonych w latach 2005–2007 na tym samym polu doświadczeniach z deszczowaniem trzech odmian ziemniaka [Rolbiecki i Rolbiecki 2005], dobowe potrzeby wodne (obliczone jako opady optymalne metodą Klatta) średnio dla lat badań, wyniosły w czerwcu 3,2 mm, a w lipcu i sierpniu 2,6 mm. Zaistniałe różnice można wytłumaczyć odmienną metodą wyznaczania potrzeb wodnych oraz innym przebiegiem pogody w okresie badań.

W przeprowadzonych badaniach potrzeby wodne ziemniaka od 1 czerwca do 31 sierpnia wyniosły 212 mm w modelu Grabarczyka i 214 mm w modelu Hargreavesa_{DA} i były nieznacznie mniejsze od wyznaczonych bezpośrednio – na podstawie polowego zużycia wody (224 mm). Dla porównania, potrzeby wodne ziemniaka średnio wczesnego (obliczone jako opady optymalne według Klatta), w cytowanych już badaniach z lat 2005–2007 [Rolbiecki i in. 2009], wyniosły dla okresu czerwiec–sierpień 256 mm, wahając się w poszczególnych sezonach od 239 do 261 mm. Wyjaśnienia zaistniałych różnic – mniejszych wartości ET_p – należy upatrywać w zarówno w przebiegu pogody (zwłaszcza warunków termicznych), jak i w tym, że w niniejszych badaniach uwzględniono – poza innymi wzorami na ET_o – także współczynniki redukcyjne (k_r) pozwalające odnieść wyznaczone potrzeby do mikronawodnień, w tym wypadku – systemu kropelowego [Drupka 1986].

WNIOSKI

1. Polowe zużycie wody przez ziemniak średnio wczesny na glebie bardzo lekkiej w okresie nawodnień (VI–VIII) wyniosło 224 mm, wahając się w latach badań od 213 do 236 mm.

2. Współczynnik roślinny (k_c), służący do obliczenia ewapotranspiracji potencjalnej ziemniaka średnio wczesnego wzorem Grabarczyka, wyznaczony na podstawie polowego zużycia wody, wyniósł 0,5 w czerwcu, a 0,7 w lipcu i sierpniu. Odpowiednio, dla modelu Hargreavesa_{DA} wyniósł on 0,4 dla czerwca oraz 0,6 dla lipca i sierpnia.

3. Obliczone na podstawie współczynnika roślinnego (k_c) oraz współczynnika redukcyjnego (k_r) potrzeby wodne nawadnianego systemem kropelowym ziemniaka od 1 czerwca do 31 sierpnia wyniosły 212 mm w modelu Grabarczyka i 214 mm w modelu Hargreavesa_{DA}.

4. Nawadnianie kropelowe – średnio w okresie badań – istotnie zwiększyło plon handlowy bulw ziemniaka z 14,28 do 32,67 t·ha⁻¹, tj. o 18,4 t·ha⁻¹ (o 129%).

5. Podawanie roślinom nawozu azotowego w formie płynnej (fertygacja) zwiększyło plon handlowy bulw o 6,8 t·ha⁻¹ (o 34%).

6. Wystąpiło istotne współdziałanie nawadniania kropłowego i fertygacji w kształtowaniu plonu handlowego bulw. Średni w badanym trzyleciu plon w warunkach nawadniania kropłowego z fertygacją azotem wyniósł $38,91 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$.

7. Jednostkowa efektywność wody brutto wzrastała z $86 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ przy tradycyjnym posypowym stosowaniu nawozu azotowego do $126 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$ przy fertygacji, a jednostkowa efektywność wody netto odpowiednio z 153 do $290 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{mm}^{-1}$.

8. Produkcyjność 1 kg azotu stosowanego w formie posypowej wyniosła $114 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na poletkach nienawadnianych i $220 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ na poletkach nawadnianych systemem kropłowym, wzrastała zaś do $324 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, gdy saletrę amonową aplikowano poprzez zabieg fertygacji.

LITERATURA

- Drupka S., 1986. Technologia nawodnień kroplowych. W: P. Prochal (red.). Podstawy melioracji rolnych, t. 1., PWRiL, Warszawa, 608–616.
- Dzięzyk J., Trybała M., 1989. Rola wody w intensyfikacji produkcji roślinnej na glebach lekkich. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 377, 179–193.
- Grabarczyk S., 1976. Połowe zużycie wody a czynniki meteorologiczne. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 181, 495–511.
- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Wroniak J., 2009. Wpływ optymalizacji nawadniania i nawożenia azotem na wybrane parametry wzrostu roślin oraz plon wczesnej odmiany ziemniaka. Infrast. Ekol. Ter. Wiej. 3, 91–100.
- Nowak L., 2006. Nawadnianie roślin okopowych. W: Nawadnianie roślin. S. Karczmarczyk i L. Nowak (red.), PWRiL, Poznań, rozdz. 3, 367–381.
- Pańka D., Sadowski C., Rolbiecki S., 2007. Influence of micro irrigation on health status of chosen potato cultivars grown in very light soil. Acta Hort. 729, 357–360.
- Rolbiecki S., Rolbiecki R., Rzekanowski C., Żarski J., 2003. Drip irrigation system as a factor for drought mitigation in vegetable growing on sandy soils in the region of Bydgoszcz. Acta Scient. Polon. Hort. Cult. 2 (2), 75–84.
- Rolbiecki S., Rolbiecki R., 2005. Reakcja wybranych średnio wczesnych odmian ziemniaka na zastosowanie mikronawodnień na glebie piaszczystej. Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu 515, Rolnictwo LXXXVI, 455–461.
- Rolbiecki S., Rzekanowski C., Rolbiecki R., 2009. Ocena potrzeb i efektów nawadniania ziemniaka średnio wczesnego w okolicy Bydgoszczy w latach 2005–2007. Acta Agroph. 13 (2), 463–472.
- Rzekanowski C., Żarski J., Rolbiecki S., 2011. Potrzeby, efekty i perspektywy nawadniania roślin na obszarach szczególnie deficytowych w wodę. Post. Nauk Roln. 1, 51–63.
- Stachowski P., Markiewicz J., 2011. Potrzeba nawodnień w centralnej Polsce na przykładzie powiatu kutnowskiego. Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set The Environment Protection) 13, 1453–1472.
- Trawczyński C., 2009. Wpływ nawadniania kropłowego i fertygacji na plon i wybrane elementy jakości bulw ziemniaka. Infrast. Ekol. Ter. Wiej. 3, 55–67.
- Treder W., Wójcik K., Żarski J., 2010. Wstępna ocena możliwości szacowania potrzeb wodnych roślin na podstawie prostych pomiarów meteorologicznych. Zesz. Nauk. ISiK w Skiernewicach 18, 143–153.
- Treder W., Wójcik K., Tryngiel-Gać A., Krzewińska D., Kłamkowski K., 2011. Rozwój nawodnień roślin sadowniczych w świetle badań ankietowych. Infrast. Ekol. Ter. Wiej. 5, 61–69.

- Żarski J., Dudek S., 2009. Zmienność czasowa potrzeb nawadniania wybranych roślin w regionie Bydgoszczy. *Infrast. Ekol. Ter. Wiej.* 3, 141–149.
- Żarski J., Dudek S., Kuśmierk-Tomaszewska R., 2011. Potrzeby i efekty nawadniania ziemniaka na obszarach szczególnie deficytowych w wodę. *Infrast. Ekol. Ter. Wiej.* 5, 175–182.

ESTIMATION OF NEEDS AND EFFECTS OF DRIP IRRIGATION OF MEDIUM-EARLY POTATO 'OMAN' ON THE VERY LIGHT SOIL

Summary. The aim of the paper was to determine needs and results of drip irrigation of medium-early potato 'Oman' on the very light soil in the Bydgoszcz region characterized by large irrigation requirements. Field experiments were carried out in Kruszyn Krajeński near Bydgoszcz in 2008–2010 on the soil classified to V evaluation class (weak rye complex). The experiments were designed as two-factorial trials with four replications. The first-row factor was drip irrigation: O – control plots (without irrigation), K – drip-irrigated plots. The second-row factor was the way of nitrogen fertilizer application: P – N-broadcasted application plots, F – N-fertigated plots. The following indices were specified: field water consumption, crop coefficient (k_c) for formulas of Grabarczyk as well as Hargreaves in modification of Droogers and Allen, tuber yield increases due to irrigation, water and nitrogen use efficiency. Based on conducted research one can state, that field water consumption by medium-early potato cultivated on very light soil during irrigation period (VI–VIII) amounted 224 mm, ranging in individual years of research from 213 to 236 mm. Crop coefficient (k_c), used to calculate the average potential evapotranspiration of medium-early potato, using the Grabarczyk formula appointed on the basis of field water consumption, equaled 0.5 in June and 0.7 in July and August, and for the Hargreaves_{DA} model equated 0.4 for June and 0.6 for July and August. Water needs of potato, irrigated by drip system, calculated on the basis of crop coefficients (k_c) and correction coefficients (k_e) for the period from 1 June to 31 August amounted to 212 mm for Grabarczyk model and 214 mm for Hargreaves_{DA} model. Drip irrigation – on average during the study period – significantly increased marketable yield of potato tubers from 14.28 to 32.67 t·ha⁻¹, i.e. 18.4 t·ha⁻¹ (129%). Application of nitrogen fertilizer in a liquid form – through the fertigation – increased marketable tuber yield of 6.8 t·ha⁻¹ (about 34%). There was a significant interaction between drip irrigation and fertigation in shaping the marketable yield of potato tubers. For the three years of research the average yield of tubers under drip irrigation with nitrogen fertigation reached 38.91 t·ha⁻¹. Gross water use efficiency increased from 86 kg·ha⁻¹·mm⁻¹, for the broadcasted application of dry nitrogen fertilizer to 126 kg·ha⁻¹·mm⁻¹ for the fertigation, and net water use efficiency increased respectively from 153 to 290 kg·ha⁻¹·mm⁻¹. Productivity of 1 kg of nitrogen broadcasted as dry fertilizer totaled 114 kg·ha⁻¹ in the plots unirrigated and 220 kg·ha⁻¹ in the plots irrigated by drip system, what is more, the productivity increased to 324 kg·ha⁻¹ when ammonium nitrate was applied through the fertigation treatment.

Key words: evapotranspiration, fertigation, drip irrigation, water needs, coefficient k_c , potato