*INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH*
*INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS*

Nr II/1/2015, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 221–232
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

DOI: http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2015.2.1.018

# POTRZEBY WODNE MATECZNIKA TRUSKAWKI PROWADZONEGO POD OSŁONAMI

***Waldemar Treder, Anna Tryngiel-Gać, Krzysztof Klamkowski***
*Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice*

# *WATER REQUIREMENTS OF STRAWBERRY NURSERY GROWN UNDER GREENHOUSE CONDITIONS*

***Streszczenie***

Celem prowadzonych badań było określenie potrzeb wodnych matecznika truskawki uprawianego w szklarni. Rośliny mateczne uprawiano w doniczkach wypełnionych substratem torfowym i podłożem kokosowym. Rośliny były nawadniane kroplowo. Częstotliwość nawadniania sterowana była za pomocą opracowanego prototypowego wagowego systemu sterującego. Sterowanie takie pozwalało na automatyczną regulację częstotliwości nawadniania w zależności od aktualnych potrzeb wodnych roślin. Otrzymane wyniki wykazały przydatność systemu wagowego do sterowania nawadnianiem truskawki uprawianej pod osłonami. Dane o częstotliwości nawadniania i wielkości dawek wody pozwoliły na uzyskanie informacji o rzeczywistej ewapotranspiracji matecznika truskawki ($ET_r$). Na podstawie danych o przebiegu temperatury i wilgotności względnej powietrza w szklarni, przy wykorzystaniu modelu Grabarczyka, wyznaczono wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej ($ET_o$). Uzyskane w doświadczeniu dane $ET_o$ i $ET_r$ umożliwiły obliczenie współczynnika $K_c$ dla matecznika truskawki. Wyznaczony współczynnik wahał się od wartości 0,05 w lutym bezpośrednio po posadzeniu roślin, aż do 0,62 pod koniec uprawy matecznika (bezpośrednio przed pozyskiwaniem sadzonek).

**Słowa kluczowe:** ewapotranspiracja, nawadnianie, sadzonki

**Summary**

*The aim of the study was to estimate water requirements of strawberry nursery grown under protected conditions. Strawberry mother plants were cultivated in pots filled with a mixture of peat and coconut substrate. The plants were irrigated by a drip system. Watering frequency was controlled by a developed prototypical weight-based irrigation scheduling system. This system enabled automatic control of irrigation depending on actual plant water requirements. The results showed usefulness of the developed system for scheduling the irrigation of strawberry. The obtained data on irrigation frequency and water application rates provided information on actual evapotranspiration of strawberry nursery ($ET_r$). Reference evapotranspiration ($ET_o$) was calculated using Grabarczyk equation on a basis of temperature and air humidity data. Having both $ET_o$ and $ET_r$ values made it possible to calculate crop coefficient ($K_c$) for strawberry nursery. $K_c$ varied from 0.05 in February (just after planting the mother plants) to 0.62 at the end of cultivation period (before harvesting the plantlets)*

***Key words:*** *evapotranspiration, irrigation, plantlets*

## WSTĘP

Plantacje truskawki powinny być zakładane z sadzonek, których jakość może gwarantować uzyskanie wysokich plonów. Obecnie coraz częściej tradycyjne sadzonki kopane zastępowane są przez sadzonki ukorzeniane w wielodoniczkach (Lieten 2000, Durner i in. 2002). Lieten (2013) podaje, że obecnie w Europie jest to dominujący typ sadzonki służącej do zakładania plantacji truskawki deserowej. Dzięki rozbudowanemu, nieuszkodzonemu podczas kopania systemowi korzeniowemu, sadzonki doniczkowane lepiej przyjmują się po posadzeniu, szybko rozpoczynając wzrost (Hochmuth i in. 2006). Bezpośrednio po posadzeniu ich korzenie mogą pobierać wodę i składniki mineralne z gleby, dzięki czemu sadzonki tego typu potrzebują mniej wody w okresie adaptacji. Ponadto, uprawa w podłożach wolnych od patogenów eliminuje infekcje systemu korzeniowego (Durner i in. 2002, Kokalis-Burelle 2003, Takeda i Newell 2006).

Sadzonki doniczkowane są uzyskiwane wcześniej od tzw. sadzonek kopanych, co umożliwia przyspieszenie terminu zakładania plantacji towarowych i sprzyja wyższemu plonowaniu (D`Anna i in. 2000). W technologii produkcji sadzonek doniczkowanych ukorzenianie prowadzone jest w szklarniach lub tunelach foliowych. Dla obniżenia kosztów sadzonki mogą też być ukorzeniane poza tunelem pod przykryciem z białej foli. Ilość ukorzenionych sadzonek wpływa na wydajność i koszty całej technologii. Jakość ukorzeniania zależna jest od wielu czynników, m. in. rodzaju i zasobności podłoża, wilgotności powietrza,

kondycji roślin matecznych (Lieten 2000, Treder i in. 2014a, 2014b). Wzrost i rozwój roślin matecznych zależy od prawidłowo prowadzonej agrotechniki m. in. nawadniania. Nawadnianie jest tu szczególnie ważnym zabiegiem ponieważ pod osłonami jest jedynym źródłem wody dla roślin. Dodatkową trudność stanowi niska pojemność wodna stosowanych podłoży i mała objętość pojemników, w których uprawiane są rośliny (Treder i in. 2007). Nieprawidłowe nawadnianie może więc być przyczyną narażenia roślin na stres suszy lub zalania, co negatywnie wpływa na ich wzrost, plonowanie oraz wydajność matecznika (Klamkowski, Treder 2006, 2008, 2011, Klamkowski i in. 2006, 2013).

Głównym celem prowadzonych badań było określenie potrzeb wodnych matecznika truskawki uprawianego w szklarni.

## MATERIAŁ I METODY

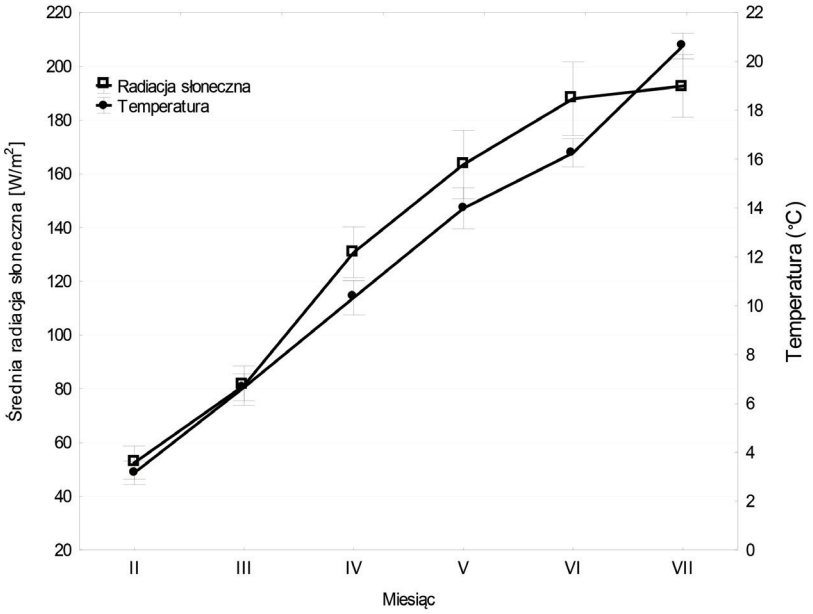
Badania prowadzono w szklarni Instytutu Ogrodnictwa w Skierniewicach w okresie od lutego do końca lipca 2014 roku. W połowie lutego sadzonki „frigo" odmiany 'Elsanta' kategorii A (średnica korony powyżej 15 mm) zostały posadzone do doniczek o średnicy 15 cm (pojemność 1,5 l) wypełnionych substratem torfowym i podłożem kokosowym typu ¼″ (3:1). Doniczki ustawiono na specjalnie do tego celu skonstruowanych stelażach (1,2 m wysokości) w zagęszczeniu 5 roślin/m$^2$ (Treder i in. 2014b). Rośliny nawadniane były kroplowo za pomocą emiterów typu CNL (2 l h$^{-1}$, Netafim, Izrael). Na każdą roślinę przypadał jeden kroplownik. Od lutego do 24 kwietnia pojedyncza dawka wody wynosiła 66 ml/roślinę (2 minuty nawadniania), następnie dawkę zwiększono do 100 ml/roślinę (3 minuty nawadniania). Rośliny mateczne nawożone były pożywką o składzie : N – 120 ppm, P – 25 ppm K – 85 ppm, Mg – 17 ppm, Ca – 120 ppm (EC 1.4 – 1.6 mS/cm).

Częstotliwość nawadniania sterowana była za pomocą opracowanego w Instytucie prototypowego wagowego systemu sterującego. Na platformie pomiarowej o długości 3 m umieszczono 18 doniczek z roślinami matecznymi. Urządzenie pozwala na ciągłe monitorowanie masy pojemników wraz z roślinami. Otrzymane dane gromadzone były w czasie rzeczywistym na komputerze klasy PC. System wagowy współpracował z tradycyjnym sterownikiem nawodnieniowym Miracle, na którym ustawiano okresy aktywności i przerwy pomiędzy nawodnieniami. Nawadnianie następowało przy jednoczesnym spełnieniu dwóch warunków: 1. masa jednostki uprawowej była niższa od zadanego poziomu minimalnego, 2. sterownik nawodnieniowy miał zaprogramowany start nawadniania. W przypadku gdy masa była wyższa od ustalonego progu, zaprogramowane na sterowniku nawadnianie nie było wykonywane. Sterowanie takie pozwalało na automatyczną regulację częstotliwości nawadniania w zależności od zmieniającej się w czasie wielkości roślin i zmiennych warunków pogodo-

wych, a przez to i potrzeb wodnych roślin. Ma to szczególne znaczenie przy uprawie, w której powierzchnia liści roślin zmienia się dynamicznie.

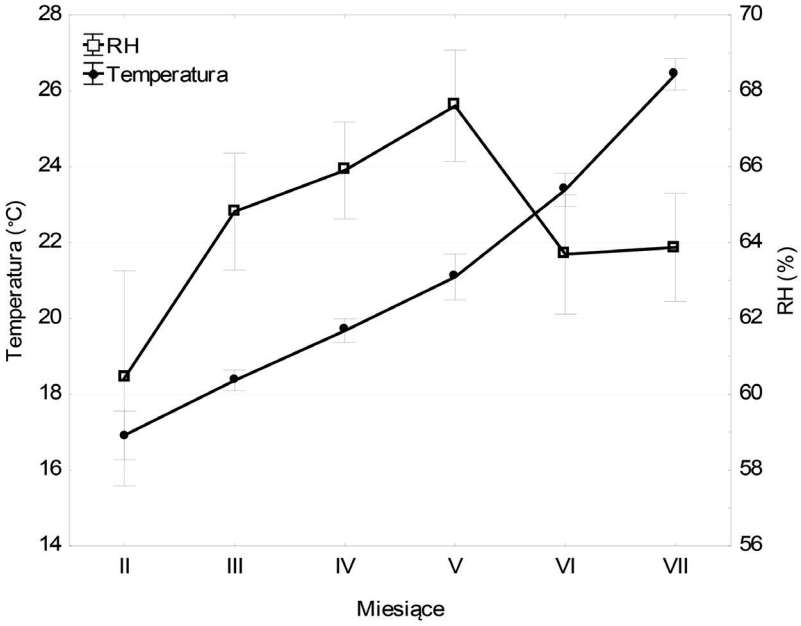
## WYNIKI I DYSKUSJA

W warunkach klimatycznych Polski, ze względu na bardzo ograniczone nasłonecznienie, nawet w ogrzewanej szklarni matecznik truskawki mógł zostać założony nie wcześniej niż w lutym, a ukorzenianie sadzonek mogło być przeprowadzone dopiero w ostatnim tygodniu lipca. Ze względu na to, że okres prowadzenia matecznika rozciągał się od końca zimy po środek lata (II – VII), charakteryzował się on bardzo dynamicznym wzrostem temperatury zewnętrznej i nasłonecznienia (Rys. 1).




**Rysunek 1**. Przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza i średniej miesięcznej radiacji słonecznej na zewnątrz obiektu szklarniowego (II – VII 2014 r)
**Figure 1**. Average monthly air temperature and solar radiation outside the greenhouse facility (Feb. – July 2014)

Pomimo tego że, uprawę matecznika truskawki prowadzono w warunkach kontrolowanych, stwierdzono znaczny wzrost temperatury powietrza w szklarni (Rys. 2).




**Rysunek 2**. Przebieg średniej miesięcznej temperatury powietrza i średniej miesięcznej wilgotności powietrza wewnątrz obiektu szklarniowego, (II – VII 2014 r)
**Figure 2**. Average monthly air temperature and air humidity inside the greenhouse facility (Feb. – July 2014)

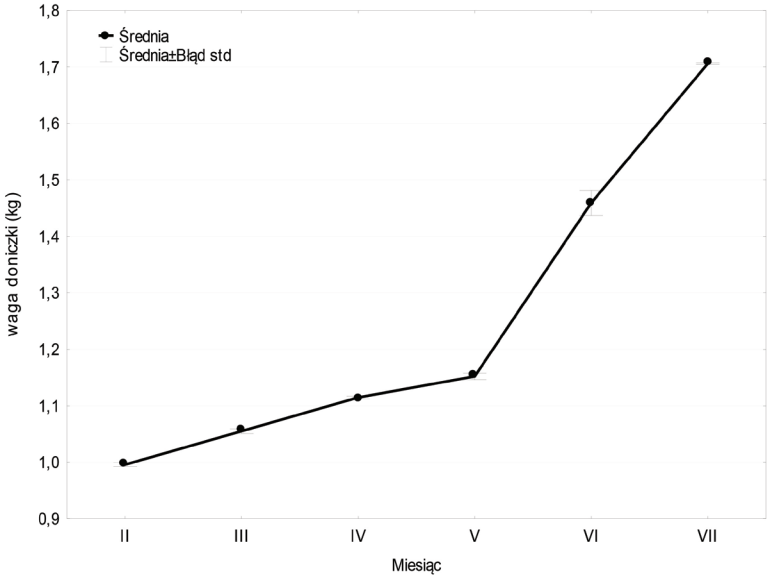
Wynikało to z potrzeb termicznych uprawy, a także z warunków zewnętrznych. Truskawka podczas uprawy nie wymaga wysokich temperatur dlatego bezpośrednio po posadzeniu roślin matecznych w szklarni utrzymywano stosunkowo niskie temperatury, a w miarę wzrostu roślin temperaturę podnoszono. W maju zaprzestano ogrzewania szklarni i temperatura tam panująca była ściśle zależna od temperatury zewnętrznej i promieniowania słonecznego. Pomimo stosowania dodatkowego zamgławiania, w trakcie uprawy matecznika nieznacznie zmieniała się także względna wilgotność powietrza, jednak w całym okresie uprawy była ona na poziomie optymalnym dla wzrostu roślin (Rys. 2). W trakcie zakładania matecznika sadzonki „frigo" nie posiadały wykształconych liści. Jednak pod koniec uprawy rośliny mateczne wraz z sadzonkami miały już wytworzoną bardzo dużą powierzchnię transpiracyjną. Na rys. 3 przedstawiono zmiany masy optymalnie nawadnianych doniczek z roślinami matecznymi w trakcie całego okresu uprawy. Analiza zmian masy roślin pozwoliła zaobserwować gwałtowny jej wzrost w okresie od maja do lipca.

**Fotografia 1.** W pełni wyrośnięty matecznik truskawki VII 2014 r.
**Photo 1.** Strawberry nursery at full development (July 2014)

Był to okres intensywnego tworzenia sadzonek. Truskawka najpierw kwitnie i wydaje plon a następnie po okresie plonowania tworzy sadzonki. W przypadku przeprowadzonych badań kwitnienie roślin matecznych rozpoczęło się w kwietniu. Aby zainicjować tworzenie sadzonek, z roślin matecznych sukcesywnie były usuwane kwiatostany. Dlatego już w czerwcu odnotowano duży przyrost masy roślin co było ściśle związane ze zwiększaniem się powierzchni liści.

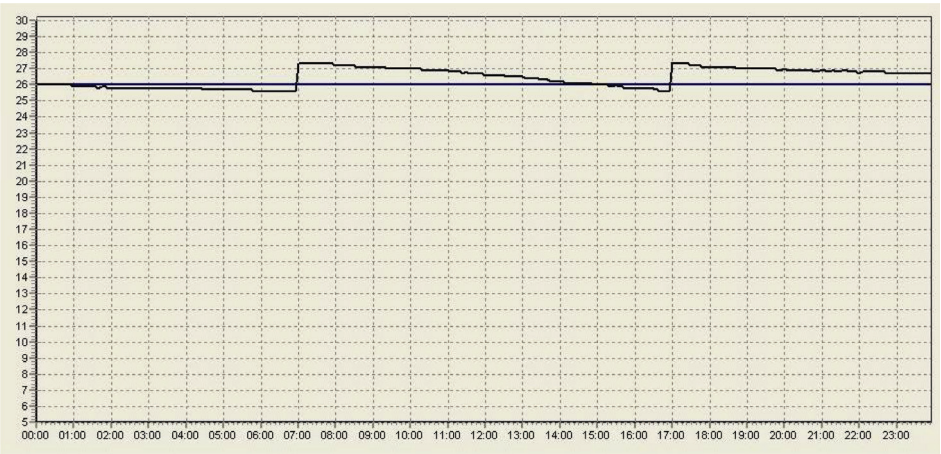
Zastosowany w doświadczeniu wagowy system sterowania nawadnianiem rejestrował odczyty masy umieszczonych na nim roślin matecznych. Z przykładowego wykresu z dnia 12 lipca (Rys. 4) można odczytać, że system wykonał tego dnia tylko 2 nawadniania.

Analiza wykresów dla poszczególnych dni pozwoliła na uzyskanie danych o dziennej liczbie nawodnień (Rys. 5.). Wraz ze wzrostem temperatury, radiacji słonecznej i wielkości roślin rosły ich potrzeby wodne czego efektem było automatyczne zwiększenie częstotliwości nawadniania. Po posadzeniu roślin matecznych w lutym, nawadnianie dawką 66 ml/roślinę prowadzono co 10 dni, w kwietniu były to już średnio 2 nawodnienia dziennie, a w lipcu przy jednorazowej dawce 100 ml/roślinę matecznik nawadniano 5 razy dziennie (średnia dla całego miesiąca).



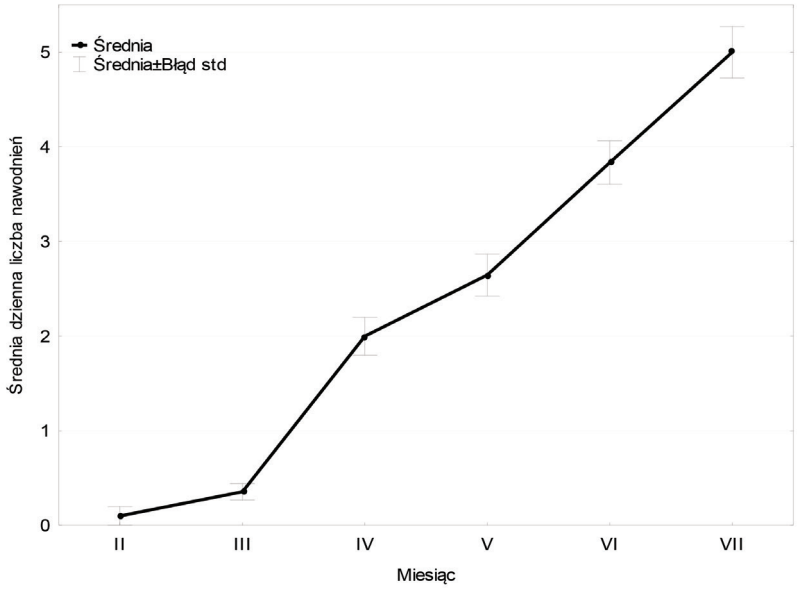

**Rysunek 3**. Średnia masa rośliny matecznej wraz z doniczką w ciągu całego okresu uprawy

**Figure 3**. Average weight of the mother plant (with the pot) during cultivation period



**Rysunek 4**. Odczyt wagowego systemu sterowania nawadnianiem dla 12 VII 2014 roku

**Figure 4**. Exemplary read-out of the weight-based irrigation scheduling system (12 July 2014)



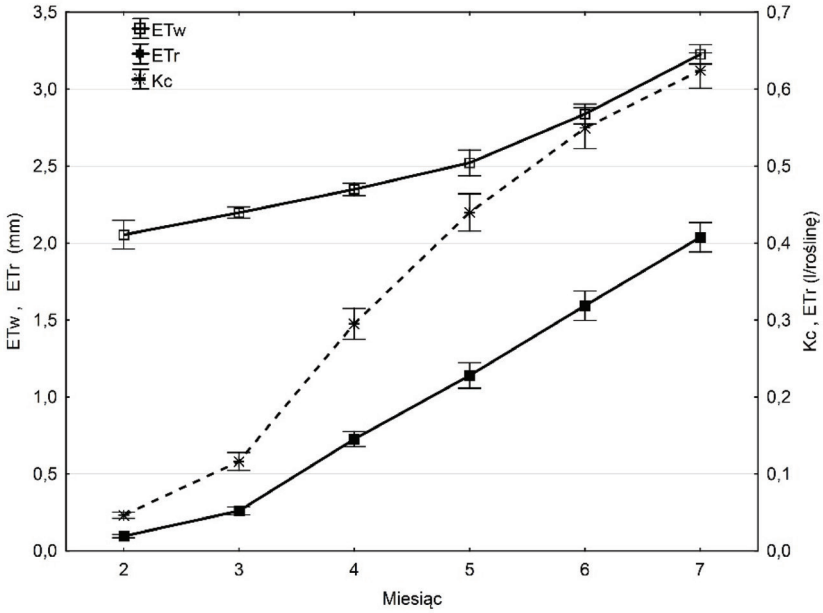

**Rysunek 5**. Średnia dzienna liczba nawodnień matecznika truskawki w roku 2014
**Figure 5.** Average daily number of irrigation events of strawberry nursery in 2014

Dane o częstotliwości nawadniania i wielkości dawek polewowych pozwoliły na uzyskanie wiarygodnej informacji o rzeczywistej ewapotranspiracji matecznika truskawki ($ET_r$). Na podstawie danych o przebiegu temperatury i wilgotności względnej powietrza w szklarni, przy wykorzystaniu modelu Grabarczyka, wyznaczono wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej ($ET_o$) (Grabarczyk i Żarski 1992). Po zestawieniu tych danych (Rys. 6) zaobserwowano, że rzeczywiste potrzeby wodne matecznika truskawki prowadzonego pod osłonami były niższe od $ET_o$ wyznaczonej modelem Grabarczyka. Różnica ta zmniejszała się wraz z długością okresu uprawy roślin. Jest to zależność zgodna z oczekiwaniami ponieważ potrzeby wodne roślin zależne są od ich wielkości, fazy fenologicznej i przebiegu pogody (Doorenbos i Pruitt 1977). Potrzeby wodne roślin ($ET_r$) można opisać mnożąc wartość $ET_o$ przez specyficzny dla gatunku współczynnik roślinny $K_c$ (Allen i in. 1996, Rolbiecki 2013). Uzyskane w doświadczeniu dane $ET_o$ i $ET_r$ pozwoliły na obliczenie współczynnika $K_c$ dla matecznika truskawki uprawianego w szklarni (Rys. 6). Wyznaczony w naszych badaniach współczynnik wahał się od wartości 0,05 w lutym bezpośrednio po posadzeniu roślin, aż po 0,62 pod koniec okresu uprawy matecznika (bezpośrednio przed

pozyskiwaniem sadzonek). W literaturze brak jest dotychczas informacji na temat potrzeb wodnych truskawki uprawianej pod osłonami. Allen i współautorzy (1998) w swoim opracowaniu wykonanym dla Organizacji Narodów Zjednoczonych do Spraw Wyżywienia i Rolnictwa (FAO) podają wartości współczynnika roślinnego ($K_c$) dla truskawki na poziomie 0,4 dla początkowej fazy wzrostu i 0,85 w pełni sezonu. Okazuje się więc, że ze względu na specyfikę uprawy i sposób wyznaczania ewapotranspiracji, odpowiednie dla poszczególnych okresów uprawy wartości $K_c$ opracowane przez Allena i współautorów (1998) różnią się znacznie od wyznaczonych w naszym doświadczeniu. W uprawie polowej, wiosną występuje stosunkowo wysoka ewaporacja, natomiast w szklarni przy uprawie kontenerowej ewaporacja jest bardzo niska. Inne jest także zagęszczenie roślin, a więc i powierzchnia liści. W warunkach szklarniowych w ciągu dnia panuje wyższa temperatura powietrza oraz znacznie wyższa wilgotność względna powietrza. W szklarni stosuje się cieniowanie co ogranicza ilość bezpośredniego promieniowania słonecznego docierającego do roślin. Ważnym parametrem wpływającym na wysokość ewapotranspiracji jest także prędkość wiatru, która w warunkach szklarniowych jest bardzo niska. Podane w naszej pracy wartości $K_c$ odnoszą się bezpośrednio do ewapotranspiracji wyznaczonej modelem Grabarczyka, który jest bardzo przydatny w sytuacji posiadania tylko ograniczonych danych meteorologicznych – temperatury i wilgotności powietrza (Grabarczyk i in. 1990). Wartości $ET_o$ wyznaczone za pomocą modelu Grabarczyka są niższe ale ściśle skorelowane z modelem Penmana-Monteitha (Treder i in. 2010), który rekomendowany jest przez FAO (Allen 1986). Model ten wymaga jednak pełnych danych meteorologicznych, co utrudnia jego powszechne zastosowanie. W dalszych badaniach przewidywane jest opracowanie parametru $K_c$ dla matecznika truskawki także przy wykorzystaniu innych stosowanych w praktyce modeli wyznaczania ewapotranspiracji wskaźnikowej.

## PODSUMOWANIE

Otrzymane wyniki wykazały przydatność prototypowego systemu wagowego do sterowania nawadnianiem truskawki uprawianej pod osłonami. Automatyczne nawadnianie na podstawie pomiaru masy doniczek z roślinami umożliwiło uzależnienie dawek nawodnieniowych od wielkości roślin i zmiany warunków atmosferycznych, które wpływają na potrzeby wodne roślin. System pozwala na dowolne sterowanie częstotliwością nawadniania, dawkami wody a przez to i wilgotnością podłoża. Wyznaczone wartości współczynnika $K_c$ mogą być wykorzystane do sterowania nawadnianiem truskawki w oparciu o wysokość ewapotranspiracji wskaźnikowej wyznaczonej modelem Grabarczyka.




**Rysunek 6**. Wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej ($ET_o$), rzeczywistej ($ET_r$) oraz współczynnika roślinnego $K_c$ dla matecznika truskawki uprawianego w szklarni
**Figure 6**. Values of reference ($ET_o$) and actual ($ET_r$) evapotranspiration and crop coefficient ($K_c$) calculated for the strawberry nursery grown under greenhouse conditions

## LITERATURA

Allen R.G. (1986) Penman for all seasons. Proc. ASCE, J. Irrigation and Drainage Eng. 112: 348-368.

Allen R.G., Smith M., Pereira L.S., Pruitt W.O. (1996) Proposed revision to the FAO procedure for estimating crop water requirements. Proc. 2nd Int. Sym. on Irrigation of Hort. Crops. Acta Hort. 449 (1): 17-33.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., (1998) Crop Evapotranspiration: Guidelines for Computing Crop Water Requirements. United Nations Food and Agriculture Organization, Irrigation and Drainage Paper 56. ss: 300 .

D`Anna, F., Moncada, A., Miceli, A. (2000) Ricerche sull`epoche di impianto della fragola con piante fresche. Giornate Scientifisches SOI, 551-552

Doorenbos J., Pruitt W.O. (1977) Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 24.

Durner E., Poling E.B., Maas J. (2002) Recent advances in strawberry plug transplant technology. Hort Technology 12 (4): 545 – 550.

Grabarczyk S., Żarski J. (1992) Próba statystycznej weryfikacji niektórych wzorów określających ewapotranspirację potencjalną. Zesz. Nauk. 180 – Rolnictwo (32): 169-175.

Grabarczyk S., Żarski J., Dudek S. (1990) Porównanie ewapotranspiracji potencjalnej obliczonej różnymi formułami z polowym zużyciem wody. Zesz. Nauk. Akad. Rol. we Wrocławiu 191: 25:30.

Klamkowski, K., Treder, W. (2006) Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. Agric. Conspec. Sci. 71: 159-165.

Klamkowski K., Treder W., Tryngiel-Gać A. (2006) The effects of substrate moisture content on water potential, gas exchange rates, growth, and yield in strawberry plants grown under greenhouse conditions. J. Fruit Ornam. Plant Res. 14: 163-171.

Klamkowski K., Treder W. (2008) Response to drought stress of three strawberry cultivars grown under greenhouse conditions. J. Fruit Ornam. Plant Res. 16: 179-188.

Klamkowski K., Treder W. (2011) Wpływ deficytu wody na wymianę gazową liści, wzrost i plonowanie dwóch odmian truskawki uprawianych pod osłonami. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 5: 105-113.

Klamkowski K., Treder W., Sowik I., Tryngiel-Gać A., Masny A. (2013) Porównanie reakcji trzech odmian truskawki uprawianych w szklarni na deficyt wody. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 1(2): 137-146.

Kokalis-Burelle N. (2003) Effect of transplant type, plant growth-promoting rhizobacteria, and soil treatment on growth and yield of strawberry in Florida. Plant and Soil 256: 273-280.

Lieten F. (2000) Recent advances in strawberry plug transplant technology. Acta Hort. 513:383-401

Lieten F. (2013) Advances in strawberry substrate culture during the last twenty years in the Netherlands and Belgium. International Journal of Fruit Science, 13:84-90.

Hochmuth, G., Cantliff, D., Chandler, C., Stanley, C., Bish, E., Waldo, E., Legard, D., Du, D. val, J. (2006) Containerized strawberry transplants reduce establishment–period water use and enhance early growth and flowering compared with bare-root plants. HortTchnology 16(1): 46-54.

Takeda F., Newell M. (2006) A method for increasing fall flowering in short-day Carmine strawberry. HortScience, v.41: 480 – 481.

Rolbiecki R. (2013) Ocena potrzeb i efektów mikronawodnień szparaga (*Asparagus officinalis* L.) na obszarze szczególnie deficytowym w wodę. Rozprawa nr 162. Wydawnictwa Uczelniane Uniwersytetu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy. ss:103.

Treder W., Klamkowski K., Tryngiel-Gać A. (2007) Investigation on greenhouse hydroponic system for production of strawberry potted plantlets. Acta Hort., 761: 115-119

Treder W., Wójcik K., Żarski J. (2010) Wstępna ocena możliwości szacowania potrzeb wodnych roślin na podstawie prostych pomiarów meteorologicznych. Preliminary assessment of the possibility of estimating water requirements of plants on the basis of simple meteorological measurements. Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac. 18: 143-153.

Treder W., Tryngiel-Gać A., Klamkowski K. (2014a) Studies on the effect of growing medium and monopotassium phosphate on rooting and quality of strawberry potted plantlets. Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus 13(5): 49-60.

Treder W., Tryngiel-Gać A., Klamkowski K., Masny A. (2014b) Evaluation of efficiency of a nursery system for production of strawberry potted plants in protected conditions. Infrastructure and ecology of rural areas. No. IV/3: 1333-1341

Prof. dr hab. Waldemar Treder
Mgr Anna Tryngiel-Gać
Dr Krzysztof Klamkowski
Instytut Ogrodnictwa
96-100 Skierniewice, ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
Tel. 46 8345246 e-mail: waldemar.treder@inhort.pl

Wpłynęło: 5.01.2015
Akceptowano do druku: 17.04.2015