INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr III/1/2015, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 533–544
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

DOI: http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2015.3.1.042

PRZEGLĄD ROZWIĄZAŃ NAWODNIEŃ STOSOWANYCH W POLOWEJ UPRAWIE POMIDORA I OGÓRKA

Beata Durau
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy im. J.J. Śniadeckich w Bydgoszczy

REVIEW OF THE IRRIGATION SOLUTIONS USED IN THE TOMATO AND CUCUMBER FIELD CULTIVATION

Streszczenie

Warzywa na ogół są roślinami o dużych potrzebach wodnych i dużej wrażliwości na jej niedobór, szczególnie w kluczowych dla tworzenia plonu fazach wzrostu. W warunkach niedoboru opadów przeprowadzenie nawadniania w odpowiednim terminie i ilości oraz właściwą metodą znacząco poprawia ilość i jakość plonów oraz ogranicza rozwój chorób fizjologicznych. Popularnymi na świecie, chociaż mało wydajnymi metodami są: nawadnianie zalewowe, stokowe i bruzdowe; w Polsce najczęściej stosuje się deszczowanie. Coraz częściej w uprawach polowych wprowadza się nawadnianie kroplowe – efektywne, oszczędzające wodę i energię, pozwalające na precyzyjne nawadnianie i nawożenie. Coraz bardziej ograniczony dostęp do wody, erozja gleb i skażenie wód gruntowych skłaniają do prowadzenie badań nad oszczędnymi i wydajnymi i jednocześnie przyjaznymi dla środowiska metodami nawadniania. W pracy przedstawione zostały wyniki najnowszych badań prowadzonych w różnych krajach, dotyczących nawadniania pomidora i ogórka w uprawach polowych. Omówione zostały najważniejsze zagadnienia związane z wymaganiami wodnymi tych dwóch popularnych warzyw, porównano efekty różnych metod nawadniania oraz przedstawiono rozwiązania dążące do zwiększania efektywności nawodnień.

Słowa kluczowe: nawadnianie kroplowe, nawadnianie deficytowe, nawadnianie podpowierzchniowe, terminy nawodnień

Summary

Vegetables generally have large water demands and high sensitivity to water deficiency, especially in a growth stages crucial for the yielding. In deficiency of the precipitation, irrigation in appropriate: term and amount, as well as with suitable method significantly improves the quantity and quality of the crop and reduces the development of physiological diseases. Popular in the world, albeit low economical methods are: flood and furrow irrigation; in Poland generally sprinkle irrigation is applied. More and more often in field conditions, drip irrigation is introduced – efficient, water and energy saving method, allowing for precision irrigation and fertilization. Increasingly limited access to the water sources, soil erosion and contamination of groundwater tend to conduct researches into more economic and efficient, simultaneously environmental-friendly methods of irrigation. In the paper the results of the latest worldwide research on irrigation of tomato and cucumber in the field conditions were presented. The most important issues related to the water requirements of these popular vegetables were depicted, compares the effects of different irrigation methods and solutions aimed at increasing of the efficiency of irrigation were presented.

Key words: *drip irrigation, deficit irrigation, subsurface irrigation, irrigation terms*

WSTĘP

Woda to jeden z najważniejszych czynników determinujących wzrost, rozwój i plonowanie roślin. Jest substratem lub produktem wielu procesów biochemicznych, umożliwia transport substancji mineralnych i organicznych, zapewnia właściwe wzajemne ułożenie organów, zapobiega przegrzewaniu i przemarzaniu roślin oraz odpowiada za metabolizm białek, tłuszczów, węglowodanów i innych substancji. Jej zawartość w roślinach jest różna i zależy od gatunku, wieku, pory roku i dnia oraz organu (Karczmarczyk i Nowak, 2006).

Wymagania wodne to inaczej ilość wody zużytej w okresie wegetacji dla wydania plonu, przy optymalnym układzie czynników środowiskowych. Zależą one od gatunku i odmiany, długości okresu wegetacji, temperatury powietrza i gleby, przystosowań kseromorficznych, intensywności nawożenia oraz zwięzłości gleby i są różne dla poszczególnych etapów wzrostu i miesięcy okresu wegetacyjnego. Okresy szczególnej wrażliwości na niedobór wody, przypadające najczęściej w fazie najintensywniejszego wzrostu i najwyższej transpiracji, określane są mianem okresów krytycznych (Karczmarczyk i Nowak, 2006). Za-

pewnienie w tym czasie odpowiednich warunków wilgotnościowych nie tylko optymalizuje procesy metaboliczne komórek, ale też zwiększa efektywność zastosowanych substancji odżywczych, z kolei stres wywołany niedoborem wody skutkuje osłabieniem wzrostu i plonowania (Yaghi i in., 2013).

Warzywa na ogół są roślinami o dużych potrzebach wodnych i dużej wrażliwości na niedobór wody, zwłaszcza w kluczowych dla tworzenia plonu fazach wzrostu. Tylko niektóre gatunki warzyw są zdolne wytworzyć głęboko sięgający, silny system korzeniowy. Większość korzeni się bardzo płytko, rozwijając 80-90% objętości bryły korzeniowej we wierzchniej warstwie gleby o miąższości do 30 cm. To w połączeniu ze znacznym uwodnieniem tkanek oraz dużą masą i powierzchnią transpiracyjną części nadziemnych sprawia, że niedobory wody w glebie negatywnie wpływają na plon (Kaniszewski, 2005b).

Naturalnymi źródłami zaopatrzenia roślin w wodę są zasoby glebowe i opady atmosferyczne. Ponad połowa powierzchni użytków rolnych w Polsce to gleby o małej retencji, z głęboko usytuowanym poziomem wody gruntowej, dla których opady atmosferyczne stanową główne naturalne źródło wody (Karczmarczyk i Nowak, 2006). Niedobory opadów to różnica między wskaźnikami potrzeb wodnych roślin, a rzeczywistymi opadami w całym okresie wegetacji lub w określonych fazach uprawy (Żarski i Dudek, 2009). Ich bardzo częste występowanie na terenie Polski potwierdzają wyniki badań (Żarski 2011). Wysokość niedoborów opadów w poszczególnych latach jest różna, a nawet jeżeli w okresie wegetacji suma opadów nie odbiega od normy, wskutek nierównomiernego ich rozkładu mogą wystąpić okresowe posuchy. To wszystko sprawia, że potrzeba nawadniania w uprawie warzyw jest bezdyskusyjna (Kaniszewski, 2005b), a przeprowadzone w odpowiednich terminach znacząco poprawiają jakość plonów i ograniczają rozwój chorób fizjologicznych, takich jak: sucha zgnilizna wierzchołkowa owoców pomidora, zamieranie liści sercowych selera, czy zamieranie brzegów liści sałaty (Karczmarczyk i Nowak, 2006).

W 2010 roku powierzchnia upraw nawadnianych na świecie wynosiła 317.684 tys. ha, co stanowiło 6,5% powierzchni użytków rolnych (GUS, 2013). O znaczeniu nawadniania i jego wpływie na efektywność produkcji może świadczyć fakt, że z upraw nawadnianych uzyskuje się około 50% produkowanej na świecie żywności. W wielu krajach stosuje się powszechnie nawadnianie zalewowe, stokowe, lub bruzdowe. W Polsce w polowej uprawie warzyw do niedawna stosowano głównie deszczowanie. Zaletami tej metody jest łatwa instalacja i obsługa, mobilność, oraz mniejsze zużycie wody, w porównaniu z nawadnianiem zalewowym, stokowym czy bruzdowym. Wadą zaś jest wysokie zużycie energii, duże straty wody na drodze parowania i większe ryzyko wystąpienia chorób grzybowych na silnie zwilżanych roślinach (Csaba, 2011). Coraz częściej w uprawach polowych, ze względu na większą oszczędność wody przy jednocześnie wyższej efektywności, wprowadza się nawadnianie kroplowe, polegające na częstym podawaniu małych dawek wody bezpośrednio do rizosfery

rośliny. Dodatkowymi zaletami tej metody są: oszczędność energii, optymalne uwilgotnienie i aeracja gleby, równomierne rozprowadzenie wody, brak negatywnego wpływu na strukturę gleby, mniejsze porażanie roślin przez grzyby i bakterie, możliwość automatyzacji. Nawadnianie kroplowe można połączyć z nawożeniem i dostosować ilość składników pokarmowych do zmieniających się wymagań roślin (Dyśko i Kaniszewski, 2005, Spiżewski, 2005). Do wad systemu trzeba zaliczyć wysoki koszt instalacji, brak możliwości przenoszenia jej do innych upraw, ograniczenie stosowania upraw międzyrzędowych i potrzeba szerszej wiedzy technicznej (Kaniszewski, 2005a, 2005b).

Spowolnienie procesów fizjologicznych, prowadzące do obniżenia wielkości i jakości plonu następuje w roślinach jeszcze zanim pojawią się pierwsze symptomy niedoboru wody, dlatego też bardzo ważną kwestią jest prawidłowe ustalanie terminów nawadniania. Najczęściej robi się to w oparciu o pomiary wilgotności lub potencjału wodnego gleby, albo też potencjalnej ewapotranspiracji. Potencjał wodny mierzony jest przy użyciu tensjometrów i irrometrów, a nawadnianie zaczyna się, zależnie od zwięzłości gleby, najczęściej przy wskazaniach 40-50 kPa (Kaniszewski, 2005b).

W wielu krajach coraz większym problemem staje się ograniczony dostęp do źródeł wody, jak również nieodpowiednia jej jakość. Z tego względu tak istotne jest opracowywanie oszczędnych i jednocześnie efektywnych metod nawadniania. Szacuje się, że na nawadnianie upraw rolniczych przeznacza się ponad 85% całkowitego zużycia wody na świecie; nawet niewielka oszczędność pozwala zwiększyć ilość wody dla innych celów (Zegbe i in., 2004). Podkreśla się też negatywny wpływ niewłaściwego nawadniania na środowisko – przy obfitym nawożeniu i okazjonalnym obfitym nawadnianiu wzrasta ryzyko erozji gleb i skażenia wód gruntowych (Vázquez i in., 2006).

NAWADNIANIE W UPRAWIE POMIDORA

Pomidor (*Lycopersicon esculentum* Mill.) tworzy dobrze rozwinięty system korzeniowy, z tego względu jego wymagania wodne są umiarkowane; większe mają jedynie odmiany samokończące i mieszańcowe. Największe wymagania wodne przypadają na okres kwitnienia oraz zawiązywania i przyrostu owoców. Optymalne zaopatrzenie w wodę pozwala uzyskać więcej kwiatów i zawiązków, jak również większą masę owoców. Niedobór wody skutkuje opadaniem kwiatów i zawiązków oraz pogorszeniem jakości owoców, ponieważ wzrasta ryzyko wystąpienia choroby fizjologicznej – suchej zgnilizny wierzchołkowej owoców – efektu zaburzeń transportu wapnia. W okresie przyrastania owoców wahania wilgotności prowadzą najczęściej do ich pękania. W praktyce zaleca się nawadnianie tuż po posadzeniu rozsady, w celu lepszej jej aklimatyzacji, a następnie w zależności od warunków – dopiero od pełni kwitnienia do począt-

ku dojrzewania owoców pomidorów dla przetwórstwa lub do zbiorów pomidorów konsumpcyjnych. Krótszy okres nawadniania pomidorów dla przetwórstwa zmniejsza masę owoców i plon, jednak są one lepiej wybarwione i zawierają więcej ekstraktu (Kaniszewski, 2005a, Karczmarczyk i Nowak, 2006).

Nadmierne zwilżanie deszczowanych pomidorów sprzyja porażaniu ich przez choroby grzybowe. Z tego względu zaleca się deszczowanie jedynie w godzinach przedpołudniowych, co ma zapewnić roślinom szybkie obsychanie w najcieplejszych godzinach dnia. Częstość deszczowania należy dostosować do warunków atmosferycznych i rodzaju gleby – na glebach ciężkich rzadziej i w większych dawkach, a na glebach lżejszych – częściej i w mniejszych (Kaniszewski, 2005a, Karczmarczyk i Nowak, 2006). Alternatywą dla deszczowania jest nawadnianie bruzdowe, gdyż nie powoduje zwilżania roślin, nie skutkuje więc większym porażaniem ich przez choroby grzybowe i jest tańszym rozwiązaniem pod względem kosztów instalacji, w porównaniu z nawadnianiem kroplowym. Jest to jednak metoda mało oszczędna pod względem zużycia wody i sprzyjająca wymywaniu w głąb gleby składników pokarmowych (Singandhupe i in., 2003).

W nawadnianiu kroplowym woda podawana jest bezpośrednio do systemu korzeniowego i nie zwilża roślin, więc zmniejsza się ryzyko chorób grzybowych. Za taką opcją przemawia też większa efektywność zużytej wody oraz możliwość uzyskania optymalnej, stałej wilgotności gleby (Karczmarczyk i Nowak, 2006). Nawadnianie kroplowe ogranicza przesączanie wody w głąb, zmniejsza ewaporację i umożliwia bardziej precyzyjną kontrolę wilgotności strefy korzeniowej. W porównaniu z nawadnianiem bruzdowym pozwala na znaczną oszczędność wody i nawozów, przy jednocześnie wyższym plonie i lepszej efektywności zużytej wody (Singandhupe i in., 2003). Nawadnianie kroplowe stwarza możliwość stosowania w uprawie fertygacji, czyli podawania za pomocą linii kroplujących niewielkich dawek nawozów rozpuszczonych w wodzie. Nawozy są lepiej wykorzystywane przez roślinę, jednocześnie zmniejszone zostaje wymywanie ich do głębszych warstw gleby. W uprawach gruntowych w warunkach Polski w fertygacji podaje się składniki najbardziej mobilne, czyli azot i niekiedy potas. Nawozy azotowe w uprawie pomidora podaje się do zakończenia przyrostu owoców w pierwszym gronie, przedłużanie nawożenia może opóźniać dojrzewanie. Fertygację nawozami o pełnym składzie makro – i mikroelementów stosuje się bardzo rzadko, w celu uzupełnienia niedoborów, albo na glebach oligotroficznych. Taki sposób podawania nawozów pozwala uzyskać więcej owoców z rośliny, większy plon i wyższą zawartość witaminy C w owocach oraz gwarantuje najwyższą efektywność zastosowanych nawozów (Dyśko i Kaniszewski, 2005, Hebbar i in., 2004, Karczmarczyk i Nowak, 2006, Spiżewski, 2005, Zotarelli i in., 2009a).

Zabiegiem zwiększającym efektywność zużytej wody i pomocnym w kontroli zachwaszczenia jest ściółkowanie. Można tu wykorzystać różne materia-

ły – słomę, suchą trawę, korę drzewną, lub piasek (Vázquez i in., 2006, Yaghi i in., 2013). W uprawie pomidorów nawadnianych kroplowo ściółka zwiększa ilość dostępnej dla korzeni wody i pozwala uzyskać wyższy plon owoców oraz większą wydajność zużytej wody. Jest szczególnie korzystna dla gleb o małej retencji wodnej. Zastosowanie do ściółkowania białej folii daje efekt porównywalny z uzyskanym na ściółce z pociętej słomy, jednak znacznie lepszą efektywność oraz wyższe plony można uzyskać stosując czarną folię (Mukherjee i in., 2010, Zotarelli i in., 2009a).

W regionach suchych czy półsuchych, gdzie dostępność wody i jej koszt stanowi duży problem dla producentów rolnych proponowane jest nawadnianie deficytowe, czyli nie pokrywające w całości strat wody na drodze ewapotranspiracji. Głównym jego celem jest mniejsze zużycie wody i jednocześnie uzyskanie wysokiej produktywności. Takie praktyki chronią zasoby wody pitnej i minimalizują skażenie gruntów i wód powierzchniowych nawozami i pestycydami. Wadą takich rozwiązań jest możliwość obniżenia plonowania, ponadto ich stosowanie wymaga dużej wiedzy na temat ewapotranspiracji, okresów krytycznych, zależności plonu od deficytu wody, jak również ekonomicznych skutków zmniejszenia plonu (Patanè i Cosentino, 2010). Podawanie w okresie plonowania co 4-8 dni dawek wody rekompensujących 80% ewapotranspiracji pozwala uzyskać plon porównywalny z osiągniętym przy pełnym nawadnianiu, z jednoczesną znaczną oszczędnością wody i nawozów (Vázquez i in., 2006). W uprawie pomidorów dla przetwórstwa dopuszcza się nawet nawadnianie rekompensujące 50% ewapotranspiracji; nie wpływa to na wielkość plonu, daje znaczną oszczędność wody, a owoce zawierają więcej ekstraktu i witaminy C (Patanè i in., 2011). Nawadnianie deficytowe może polegać nie tylko na ograniczaniu ilości podawanej wody, ale też na celowym zmniejszaniu częstotliwości nawodnień. W porównaniu z częstym nawadnianiem uzyskuje się owoce o mniejszej masie, jednak plon z jednostki powierzchni, zawartość suchej masy, ekstraktu, witaminy C i likopenu w owocach są większe (Favati i in., 2009).

Przy ograniczonej dostępności wody bardzo często rośliny nawadnia się jedynie w najważniejszych dla plonu etapach uprawy. W suchych latach dobre efekty daje zapewnienie prawidłowej wilgotności na początku uprawy pomidora, nawadnianie dopiero od etapu wiązania czy dojrzewania owoców skutkuje mniejszą ich liczbą i niższym plonem (Ngouajio i in., 2007). W roku o korzystnym rozkładzie opadów najbardziej uzasadnione jest zaniechanie nawadniania w fazie wegetatywnej, co pozwala zaoszczędzić duże ilości wody i zwiększyć wydajność nawodnień, z zachowaniem satysfakcjonującej wysokości plonu oraz dobrej jakości owoców dla przetwórstwa (Kuşçu i in., 2014). Dobre efekty można też uzyskać dodatkowo ograniczając nawadnianie od pełni kwitnienia, co zwiększa w owocach zawartość ekstraktu (Patanè i Cosentino, 2010).

Odmianą nawodnień deficytowych bezpieczniejszą w uprawie pomidora, bo dającą mniejsze zagrożenie wystąpienia suchej zgnilizny wierzchołkowej

owoców, jest metoda częściowego przesuszania strefy korzeniowej. Polega na tym, że wodę podaje się naprzemiennie z dwóch stron rośliny i każdorazowo zwilża się tylko określoną część rizosfery, podczas gdy drugiej części w tym czasie pozwala się przeschnąć, dzięki czemu zmniejsza się wydatek wody i wzrasta jej efektywność. Zastosowanie tej techniki w nawadnianiu kroplowym i bruzdowym nie wpływa negatywnie na liczbę owoców oraz ich świeżą i suchą masę, a w porównaniu z pełnym nawadnianiem pozwala na znaczną oszczędność wody i w rezultacie zwiększa jej efektywność, ponadto kombinacja nawadniania kroplowego z częściowym przesuszaniem rizosfery skutkuje wcześniejszym dojrzewaniem i lepszym wybarwianiem owoców (Zegbe i in., 2004, Zotarelli i in., 2009b).

Podpowierzchniowe nawadnianie kroplowe redukuje straty wody na drodze ewaporacji, zwiększa wydajność zużytej wody i plon owoców, jednocześnie ograniczając wypłukiwanie związków azotu. Oszczędność wody i nawozów można osiągnąć łącząc fertygację liniami napowierzchniowymi z podpowierzchniowym nawadnianiem. Takie połączenie znacznie zwiększa wydajność wody i nawozów oraz retencję azotu we wierzchniej warstwie gleby, dzięki mniejszemu jego wymywaniu (Zotarelli i in., 2009a, 2009b).

Niewłaściwy termin nawadniania negatywnie wpływa na plon, ze względu na deficyt wody i składników odżywczych dostępnych dla rośliny w kluczowych etapach wzrostu. W praktyce najczęściej podaje się określoną dawkę wody maksymalnie jeden raz w ciągu doby. Lepszy wzrost, mniejsze zużycie wody oraz mniejsze jej straty wskutek przesączania się w głąb profilu glebowego można uzyskać nawadniając rośliny kilka razy w ciągu dnia małymi dawkami. Nie jest to często stosowane i dotyczy głównie lekkich, piaszczystych gleb, w okresach większej wrażliwości roślin na stres wodny (Ismail i in., 2008). Wybór optymalnej pory i dawki nawadniania, dostosowanych do aktualnych potrzeb wodnych roślin możliwy jest dzięki systemom monitorującym; pozwala to zautomatyzować proces nawadniania i utrzymać wilgotność gleby w konkretnie ustalonych granicach, zależnie od typu gleby i rodzaju uprawy, jednocześnie zapewniając w porównaniu z planowanym, codziennym podawaniem w określonej porze stałej dawki oszczędność wody i większy plon owoców (Zotarelli i in., 2009b).

NAWADNIANIE W UPRAWIE OGÓRKA

Ogórek (*Cucumis sativus* L.) jest rośliną tworzącą bardzo dużą powierzchnię transpiracyjną przy jednocześnie płytkim systemie korzeniowym, którego główna masa przerasta zaledwie 30 cm wierzchniej warstwy gleby. Jest on bardzo wrażliwy na niedobory wody, szczególnie w okresie kwitnienia i tworzenia owoców – niedobór wilgoci jest przyczyną zrzucaniem kwiatów i zawiązków, niższym plonem i gorszą jego jakością, dodatkowo w połączeniu z wysoką tem-

peraturą skutkuje zmniejszeniem liczby kwiatów żeńskich oraz upośledzeniem pobierania składników mineralnych (Yaghi i in., 2013). W przypadku niedoborów opadów nawadnianie jest konieczne od początku kwitnienia do końca zbiorów. Najczęściej stosuje się deszczowanie co 4-5 dni. Jest to metoda obciążona wadami – jak np. zbyt duże krople mogą uszkadzać liście i niszczyć strukturę gleby, przyczyniając się do zmniejszenia plonu. Ogórek bardzo źle reaguje na wahania temperatury, dlatego deszczowanie najlepiej stosować wcześnie rano, zanim obeschnie rosa. Różnica temperatur wody i roślin o tej porze będzie mniejsza, a rośliny zdążą obeschnąć w ciągu dnia, co zmniejszy ryzyko porażenia przez choroby grzybowe. W godzinach popołudniowych deszczować można jedynie ogrzaną wodą. Bardzo dobrym rozwiązaniem w uprawie ogórka jest nawadnianie kroplowe – eliminuje kwestię niewłaściwej temperatury wody, chorób grzybowych, uszkadzania roślin i degradacji struktury gleby, ponadto może być stosowane o dowolnej porze dnia i nocy. W suche lata nawadnianie kroplowe pozwala uzyskać nawet 2 razy wyższy plon w porównaniu z roślinami nienawadnianymi, jednak w roku z korzystnym rozkładem opadów zwyżka plonu jest znacznie mniejsza (Kaniszewski, 2005a, Karczmarczyk i Nowak, 2006).

Podobnie jak w uprawie pomidora korzystne efekty można uzyskać łącząc nawadnianie kroplowe ze ściółkowaniem. Czarna lub przezroczysta plastikowa folia zwiększa temperaturę i wilgotność gleby, dzięki czemu części wegetatywne intensywniej się rozwijają, w rezultacie plony są wcześniejsze i wyższe. W uprawie ogórka lepsze efekty daje zastosowanie ściółki przezroczystej – przepuszcza ona około 84% promieniowania krótkofalowego i absorbuje około 5%, powoduje ogrzanie podawanej roślinom wody i lepsze ogrzanie gleby również nocą (Yaghi i in., 2013).

Połączenie nawadniania kroplowego z fertygacją w przypadku ogórka daje wymierne korzyści ekonomiczne – uzyskuje się większe plony i większą wydajność zużytej wody. Nie bez znaczenia są tu też korzyści dla środowiska, jak zmniejszenie skażenia wody gruntowej oraz ograniczenie erozji gleby (Beyaert i in., 2007).

Plon ogórka bezpośrednio zależy od ilości dostępnej dla roślin wody. Regularne podawanie niewielkich dawek powoduje szybszy przyrost biomasy i tworzenie większej liczby pędów bocznych, a w rezultacie lepsze plonowanie (Yuan i in. 2006). Nie należy jednak podawać zbyt dużych ilości wody bowiem zastosowanie nawaniania na poziomie rekompensującym 125% ewapotranspiracji powoduje obniżenie plonu i spadek efektywności nawadniania (Şimşek i in., 2005).

W uprawie ogórka można również stosować nawadnianie bruzdowe. W tym przypadku optymalnym rozwiązaniem jest podawanie wody z mniejszą częstotliwością (co 8 dni), w ilości pokrywającej całkowicie straty wody z gleby na drodze ewapotranspiracji; podawanie takich samych ilości wody częściej (co 4 dni) wpływa jedynie na uzyskanie większej średniej masy owoców, podczas

gdy plon wczesny i całkowity oraz liczba owoców z rośliny są większe przy mniejszej częstotliwości nawodnień, a co za tym idzie – przy mniejszym nakładzie czasu (Ertek i in., 2006).

Nawadnianie w uprawie ogórka może być bardziej precyzyjne i efektywne, o ile będzie uruchamiane w oparciu o monitoring warunków glebowych. Zaleca się, aby jeden zestaw tensjometrów umieszczać w rizosferze, a drugi – 20-30 cm poniżej, a nawadnianie należy rozpocząć, kiedy siła ssąca gleby mieści się w zakresie między 150 i 300 hPa. Zestaw głębiej umieszczonych czujników ma w tym przypadku służyć dokładnemu ustaleniu maksymalnego czasu i dawki stosowanej wody. Zbyt długi czas nawadniania może powodować straty wody na drodze przesiąkania w głąb, dlatego jednorazowo nie powinno się podawać wody dłużej niż 2-3 godziny (Suojala-Ahlfors i Salo, 2005).

Ogórek negatywnie reaguje na nawadnianie deficytowe (Şimşek i in. 2005). Straty plonu wynikają często z zaburzeń kwitnienia. W warunkach stresu wodnego na roślinach powstaje dużo kwiatów męskich, przy jednoczesnym ograniczeniu tworzenia kwiatów żeńskich (Amer i in., 2009). Osiągnięcie zadowalających plonów przy ograniczeniu nawadniania jest możliwe np. poprzez zastosowanie doglebowo, w obrębie rizosfery niewielkiej ilości hydrożelu, czyli superabsorbentu, zwiększającego pojemność wodną gleby i zapewniającego przez dłuższy czas dostęp do ilości wody niezbędnej dla prawidłowego wzrostu i plonowania. Zastosowanie po 4 g hydrożelu na roślinę pozwala osiągnąć wzrost plonowania na bardzo lekkiej, piaszczystej glebie, przy ograniczeniu nawadniania nawet do 50% wysokości strat na drodze ewapotranspiracji; dodatkowym efektem, dzięki zatrzymywaniu wody w rizosferze jest znaczne zwiększenie efektywności nawożenia (El-Hady i Wanas, 2006).

W uprawie ogórka dobre efekty można osiągnąć stosując nawadnianie kroplowe podpowierzchniowe, pozwalające na ujednolicenie wilgotności gleby i jednoczesne ograniczenie strat wody na drodze parowania. Dzięki podawaniu wody bezpośrednio do strefy korzeniowej automatycznie wzrasta efektywność nawadniania. Bardzo ważne jest umieszczenie linii nawadniających na właściwej głębokości. Zwiększenie plonu i efektywności nawadniania uzyskuje się, jeżeli zostaną one usytuowane na głębokości 30cm; w przypadku głębokości o połowę mniejszej, mimo dobrego uwilgotnienia gleby nie uzyskuje się efektów lepszych, niż przy nawadnianiu napowierzchniowym (Douh i in., 2013).

PODSUMOWANIE

Z przytoczonych danych literaturowych wynika, że ilość wody, którą należy zapewnić warzywom oraz terminy nawodnień zależą ściśle od warunków pogodowych, gatunku i odmiany, etapu uprawy, pojemności wodnej gleby, zasięgu i stopnia rozwoju systemu korzeniowego oraz przeznaczenia plonu. Do-

kładniejsze poznanie relacji między nawadnianiem a wielkością i jakością plonu może pomóc w zwiększeniu wydajności zużytej wody oraz zmniejszyć ryzyko zasolenia i degradacji gleb.

Prawidłowe i oszczędne gospodarowanie zasobami wody jest niezbędne w kontekście stale wzrastającego na nią zapotrzebowania w uprawach rolniczych. Szczególnie ważna staje się w związku z tym otwartość na metody nawadniania łączące w sobie różne elementy, stałe dostosowywanie nawadniania do aktualnych potrzeb i warunków oraz zwiększanie jego wydajności.

LITERATURA

Amer, K. H., Midan, S.A., Hatfield, J.L. (2009). Effect of Deficit Irrigation and Fertilization on Cucumber. Agronomy Journal, 101(6), 1556-1564.

Beyaert, R. P., Roy, R. C., Ball Coelho, B. R. (2007). Irrigation and fertilizer management effects on processing cucumber productivity and water use efficiency. Canadian Journal of Plant Science, 87(2), 355-362.

Csaba, J. (2011). Wstęp do współczesnych metod nawadniania. Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Gospodarowanie zasobami wodnymi w rolnictwie" panel II „Techniczno-technologiczne uwarunkowania gospodarowania wodą". Falenty 26-28 października 2011r.

Douh, B., Mguidiche, A., Bhouri Khila, S., Mansour, M., Rania, H., Boujelben, A. (2013). Yield and Water Use Efficiency of cucumber (*Cucumis sativus* L.) conducted under subsurface drip irrigation system in a Mediterranean Climate. Journal Of Environmental Science, Toxicology And Food Technology, 2(4), 46-51.

Dyśko, J., Kaniszewski, S. (2005). Efekty nawadniania kroplowego i płynnego nawożenia w świetle badań Instytutu Warzywnictwa w Skierniewicach. Ogólnopolska Konferencja Naukowa Nawadnianie warzyw w uprawach polowych. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice, 43-52.

El-Hady, O.A., Wanas, Sh.A. (2006). Water and Fertilizer Use Efficiency by Cucumber Grown under Stress on Sandy Soil Treated with Acrylamide Hydrogels. Journal of Applied Sciences Research, 2(12), 1293-1297.

Ertek, A., Şensoy, S., Gedik, İ., Kücükyumuk, C. (2006). Irrigation scheduling based on pan evaporation values for cucumber *(Cucumis sativus L.)* grown under field conditions. Agricultural Water Management, 81, 159-172.

Favati, F., Lovelli, S., Galgano, F., Miccolis, V., Di Tommaso, T., Candido, V. (2009). Processing tomato quality as affected by irrigation scheduling. Scientia Horticulturae, 122, 562-571.

Główny Urząd Statystyczny (2013). Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2013. Roczniki Branżowe, Warszawa, 371-372.

Hebbar, S.S., Ramachandrappa, B.K., Nanjappa, H.V., Prabhakar, M. (2004). Studies on NPK drip fertigation in field grown tomato *(Lycopersicon esculentum* Mill.). European Journal of Agronomy, 21, 117-127.

Ismail, S.M., Ozawa, K., Khondaker, N.A. (2008). Influence of single and multiple water application timings on yield and water use efficiency in tomato (var. First power). Agricultural Water Management, 95, 116-122.

Kaniszewski, S. (2005a). Nawadnianie warzyw polowych. Plantpress Kraków, 34-35, 63-69.

Kaniszewski, S. (2005b). Technologia nawadniania warzyw. Mat. Konf. Nawadnianie warzyw w uprawach polowych. Instytut Warzywnictwa, Skierniewice, 5-17.

Karczmarczyk, S., Nowak, L. (red.) (2006). Nawadnianie roślin. PWRiL Poznań, 67-68, 81-85, 295-298, 313-321.

Kuşçu, H., Turhan, A., Demir, A.O. (2014). The response of processing tomato to deficit irrigation at variousphenological stages in a sub-humid environment. Agricultural Water Management, 133, 92 – 103.

Mukherjee, A., Kundu, M., Sarkar, S. (2010). Role of irrigation and mulch on yield, evapotranspiration rate and water use pattern of tomato *(Lycopersicon esculentum* L.*)*. Agricultural Water Management, 98, 182-189.

Ngouajio, M., Wanga, G., Goldy, R. (2007). Withholding of drip irrigation between transplanting and flowering increases the yield of field-grown tomato under plastic mulch. Agricultural Water Management, 87, 285-291.

Patanè, C., Cosentino, S.L. (2010). Effects of soil water deficit on yield and quality of processing tomato under a Mediterranean climate. Agricultural Water Management, 97, 131-138.

Patanè, C., Tringali, S., Sortino, O. (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. Scientia Horticulturae, 129, 590-596.

Singandhupe, R.B., Rao, G.G.S.N., Patil, N.G., Brahmanand, P.S. (2003). Fertigation studies and irrigation scheduling in drip irrigation system in tomato crop *(Lycopersicon esculentum* L.*)*. European Journal of Agronomy, 19, 327-340.

Spiżewski, T. (2005). Wpływ sposobu nawadniania na wielkość i jakość plonu kapusty i ogórka. Ogólnopolska Konferencja Naukowa Nawadnianie warzyw w uprawach polowych, Instytut Warzywnictwa, Skierniewice, 35-41.

Suojala-Ahlfors, T., Salo, T. (2005). Growth and yield of pickling cucumber in different soil moisture circumstances. Scientia Horticulturae, 107, 11-16.

Şimşek, M., Tonkaz, T., Kaçıra, M., Çömlekçioğlu, N., Doğan, Z. (2005). The effects of different irrigation regimes on cucumber (Cucumbis sativus L.) yield and yield characteristics under open field conditions. Agricultural Water Management, 73, 173-191.

Vázquez, N., Pardo, A., Suso, M.L., Quemada, M. (2006). Drainage and nitrate leaching under processing tomato growth with drip irrigation and plastic mulching. Agriculture, Ecosystems and Environment, 112, 313-323.

Yaghi, T., Arslan, A., Naoum, F. (2013). Cucumber *(Cucumis sativus* L.) water use efficiency (WUE) under plastic mulch and drip irrigation. Agricultural Water Management, 128, 149-157.

Yuan, B.-Z., Sun, J., Kang, Y., Nishiyama, S. (2006). Response of cucumber to drip irrigation water under a rainshelter. Agricultural Water Management, 81, 145-158.

Zegbe, J.A., Behboudian, M.H., Clothier, B.E. (2004). Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. Agricultural Water Management, 68, 195-206.

Zotarelli, L., Dukes, M.D., Scholberg, J.M.S., Muñoz-Carpena, R., Icerman, J. (2009a). Tomato nitrogen accumulation and fertilizer use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agricultural Water Management, 96, 1247-1258.

Zotarelli, L., Scholberg, J.M., Dukes, M.D., Muñoz-Carpena, R., Icerman, J. (2009b). Tomato yield, biomass accumulation, root distribution and irrigation water use efficiency on a sandy soil, as affected by nitrogen rate and irrigation scheduling. Agricultural Water Management, 96, 23-34.

Żarski, J. (2011). Tendencje zmian klimatycznych wskaźników potrzeb nawadniania roślin w rejonie Bydgoszczy. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 5, 29-37.

Żarski, J., Dudek, S. (2009). Zmienność czasowa potrzeb nawadniania wybranych roślin w regionie Bydgoszczy. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 3, 141-149.

Dr inż. Beata Durau
Katedra Roślin Ozdobnych i Warzywnych
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy
85-029 Bydgoszcz, ul. Bernardyńska 6
tel. 52 3749539
e-mail: beata.durau@utp.edu.pl

Wpłynęło: 14.01.2015
Akceptowano do druku: 26.06.2015