

Waldemar Treder, Krzysztof Klamkowski, Danuta Krzewińska, Anna Tryngiel-Gać

**NAJNOWSZE TRENDY W NAWADNIANIU UPRAW
SADOWNICZYCH – PRACE BADAWCZE ZWIĄZANE
Z NAWADNIANIEM ROŚLIN PROWADZONE W ISK
W SKIERNIEWICACH**

***THE LATEST TRENDS IN IRRIGATION TECHNOLOGY –
RESEARCH RELATED TO IRRIGATION OF FRUIT CROPS
CONDUCTED AT THE RESEARCH INSTITUTE OF
POMOLOGY AND FLORICULTURE IN SKIERNIEWICE***

Streszczenie

Rośliny sadownicze charakteryzują się stosunkowo wysokimi wymaganiami wodnym, co potwierdzają wyniki dotychczasowych badań. Ograniczona dostępność słodkiej wody wymusza nie tylko rozwój techniki i technologii nawadniania, ale także poszukiwanie metod obniżenia ewaporacji, np. poprzez zastosowanie ściółek.

W badaniach nad nawadnianiem, coraz większy nacisk kładzie się na poznanie reakcji na niekorzystne czynniki środowiska poszczególnych odmian roślin uprawnych. Dlatego też podejmuje się w ISK badania reakcji roślin sadowniczych na czynniki środowiska – głównie suszę. Badania nasze obejmują min. ocenę reakcji roślin sadowniczych na poziome odmian. Wyniki tych doświadczeń są ważne nie tylko dla producentów, ale także dla hodowców nowych odmian. W wielu programach hodowlanych największych firm światowych wprowadza się kryterium odporności roślin na suszę.

Nawadnianie roślin powinno być ściśle związane z ich prawidłowym nawożeniem. Wyposażenie sadu w instalacje nawodnieniową daje możliwość stosowania fertygacji – podawania nawozów wraz z wodą. Przy zastosowaniu odpowiedniej diagnostyki staje się ona odpowiednim narzędziem pomocnym do optymalizacji nawożenia roślin sadowniczych.

Nowoczesne rozwiązania w nawadnianiu roślin sadowniczych, to połączenie możliwości stosowania nowych technologii, elementów diagnostyki nawad-

niania oraz hodowli nowych odmian roślin uwzględniającej ograniczenie potrzeb wodnych roślin i wzrost ich odporności na suszę.

Słowa kluczowe: nawadnianie, fertygacja, rośliny sadownicze, niedobór wody, susza

Summary

Fruit crops have high water requirements. As sweet water is becoming scarce and expensive resource, development and improvement of irrigation technologies, and introduction of new water saving practices (e.g. mulching to limit evaporation losses) is necessary.

Relatively little research has been conducted to determine different responses to unfavorable environmental conditions among various cultivars of fruit crops. Thus, studies have been undertaken at the Research Institute of Pomology and Floriculture to examine the influence of environmental stresses (mainly water deficiency) on plant life (growth, physiology and productivity). These researches are subjected to detailed assessment of genotypic differences in drought tolerance of various crop species. The obtained results are important not only for fruit growers, but also for plant breeders, as the enhanced resistance to stresses has become an important criterion in modern breeding programs.

Balanced nutrition is essential for the health of plants. Modern practices allow farmers to apply fertilizers with water through drip irrigation systems (fertigation). Together with modern methods of nutrition diagnostics, fertigation has become a suitable tool for optimizing fruit crop fertilization.

A new approach into sustainable water and nutrient management strategy should be a combination of modern irrigation and soil water monitoring techniques, elements of soil-plant nutrient diagnostics and breeding focused on production of genotypes with improved water-use efficiency and drought tolerance.

Key words: irrigation, fertigation, fruit crops, water deficiency, drought

WPROWADZENIE

Rośliny sadownicze charakteryzują się stosunkowo wysokimi wymaganiami wodnymi, co sprawia, że w naszych warunkach klimatycznych zmuszeni jesteśmy do nawadniania sadów i plantacji roślin jagodowych [Pacholak 1986; Rzekanowski 1988; Treder, Mika 1996]. Zapewnienie uprawom sadowniczym optymalnej wilgotności gleby ma szczególnie duże znaczenie w okresie intensyfikacji nasadzeń przy uprawie roślin o płytkim i niezbyt rozległym systemie korzeniowym. Obecnie w naszych sadach dominują drzewa szczepione na podkładkach karłowych i półkarłowych charakteryzujących się stosunkowo słabo rozwiniętym systemem korzeniowym, co sprawia, że pobierają one wodę z mniejszej objętości gleby. Dodatkowo też obserwuje się zjawisko ocieplania się klimatu [Miller-Rushing i in., 2007], a więc wzrost, potencjalnej ewapotranspiracji, co w praktyce oznacza większe potrzeby wodne roślin.

Celem niniejszej pracy było przedstawienie najnowszych trendów w pracach badawczych nad nawadnianiem roślin sadowniczych na podstawie przeglądu literatury oraz prac badawczych prowadzonych w Instytucie sadownictwa i Kwaciarstwa w Skierniewicach.

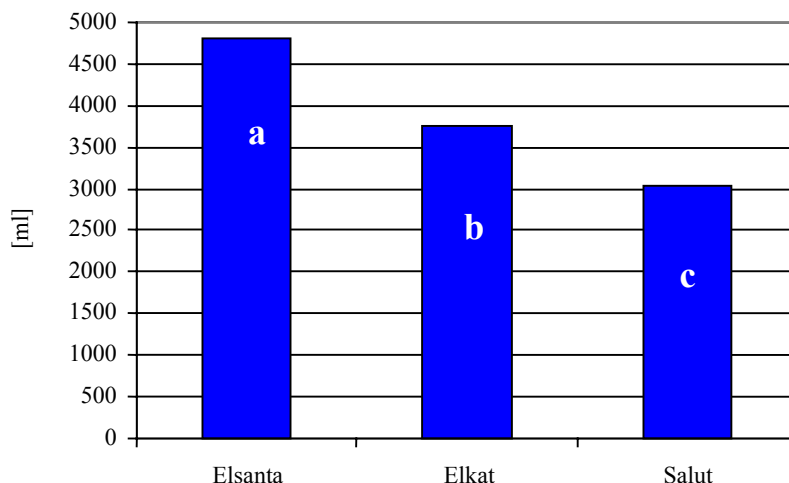
WYNIKI I DYSKUSJA

Ograniczona dostępność słodkiej wody wymusza nie tylko rozwój techniki i technologii nawadniania, ale także poszukiwanie metod obniżenia ewaporacji poprzez zastosowanie ściółek. Badania, które prowadzono w suchych latach 2002 i 2003 w Sadzie Pomologicznym ISK [Treder i in. 2004] wykazały, że plon jabłoni kontrolnych był aż o 71% niższy od drzew nawadnianych kroplo-wo. Gdy w rzędach drzew zastosowano ściółkę ze zrębków, plon w odniesieniu do drzew nawadnianych obniżył się tylko o 20%. Ściółka miała nie tylko istotny wpływ na przebieg temperatury i wilgotności wierzchniej warstwy gleby, ale gleba pod nią znacznie mniej wychładzała się zimą i mniej ogrzewała podczas upalnych dni. Przykładowo, gdy podczas zimy temperatura powietrza spadła do poziomu $-22,1^{\circ}\text{C}$, temperatura gleby (na głębokości 10 cm) na poletkach bez ściółki obniżyła się do $-5,7^{\circ}\text{C}$, a na poletkach ściółkowanych zrębkami spadła zaledwie do $-0,4^{\circ}\text{C}$. Wysypana wzdłuż rzędów drzew 10 cm warstwa zrębków znacznie ograniczała ewaporację i zwiększała efektywność opadów deszczu. Pomiarzy wykonane 28 IV 2002 r. wykazały, że 30 cm warstwa gleby pod ściółką zawierała aż o 30% więcej wody niż gleba nieściółkowana. Wiosną pod ściółką ze zrębków wilgotność gleby na poziomie wody łatwo dostępnej utrzymywała się o 4 tygodnie dłużej niż na poletkach kontrolnych.

W badaniach nad nawadnianiem coraz większy nacisk kładzie się na poznanie reakcji na niekorzystne czynniki środowiska poszczególnych odmian roślin uprawnych. Odmiany o mniejszych wymaganiach wodnych o wyższej tolerancji na suszę mogą być przydatne na obszarach, gdzie istnieje ograniczony dostęp do źródeł wody lub w sytuacjach, gdzie oszczędności wynikłe z ograniczonego nawadniania będą równoważyć straty związane z obniżeniem plonu. Prace hodowlane związane z uzyskaniem roślin tolerancyjnych na suszę ciągle opierają się na czasochłonnym testowaniu przydatności nowych podkładek i odmian do danych warunków środowiska [Braun, Schmid 1999]. Szczegółowa analiza dotycząca efektywności wykorzystania wody przez rośliny może przyczynić się do opracowania kryteriów hodowlanych opartych o charakterystyczne dla danej odmiany parametry fizjologiczne i morfologiczne. Według niektórych badaczy [El-Jaafari 2000] identyfikacja i selekcja tych kryteriów może stać się cennym uzupełnieniem tradycyjnych metody hodowli. Wybrane parametry mogą zostać wykorzystane jako pośrednie kryteria selekcji, głównie dla oceny reakcji roślin na abiotyczne czynniki stresowe. Fizjologiczne parametry były dotychczas rzadko wykorzystywane, jako kryteria selekcyjne w pro-

gramach hodowlanych. Głównym powodem były kłopoty związane z prowadzeniem pomiarów wielkości tych parametrów. Jednak, obecnie dostępne, nowoczesne techniki analityczne umożliwiające stosunkowo łatwe wykonywanie takich pomiarów także w warunkach polowych [Łoboda i in. 2000]. Zanim zacząć się prowadzić kosztowne programy hodowlane wprawdzie powinno się dokładnie poznać odporność na suszę już istniejących odmian.

W Instytucie Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach podjęto badania nad oceną porównawczą potrzeb wodnych i stopnia odporności na suszę różnych odmian truskawki. W doświadczeniu określono potrzeby wodne oraz reakcję na suszę trzech odmian truskawki – ‘Elsanta’, ‘Elkat’ i ‘Salut’. Dowiedziano, że spośród trzech badanych genotypów największym zapotrzebowaniem na wodę charakteryzowały się rośliny odmiany ‘Elsanta’, natomiast najmniej wody w trakcie cyklu produkcyjnego zużyły rośliny odmiany ‘Salut’ (rys. 1).

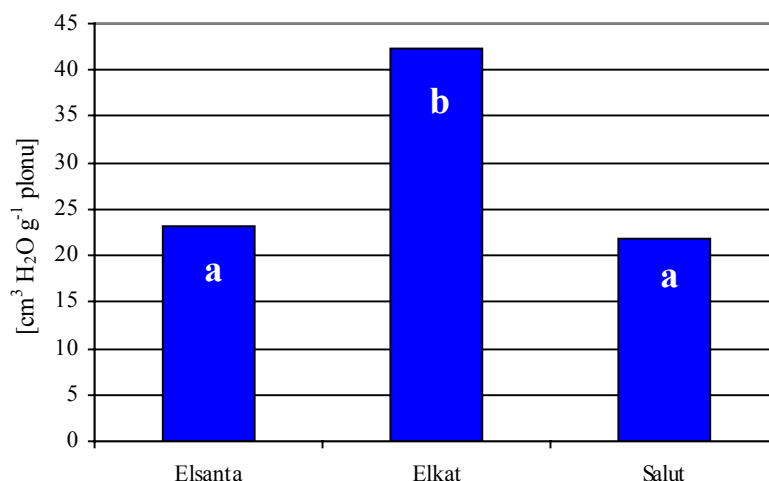


Rysunek 1. Sumaryczne zużycie wody przez rośliny truskawki w czasie 14 tygodni uprawy (bez wartości parowania z podłoża – ewaporacji)

Figure 1. Total amount of water used by strawberry plants during cultivation period (14 weeks, without evaporation losses)

Większe zapotrzebowanie na wodę odmiany ‘Elsanta’ wiąże się jednak z jej lepszym plonowaniem. Na podstawie danych dotyczących wielkości plonu i zużycia wody w trakcie cyklu uprawowego obliczono wskaźnik efektywności jej wykorzystania, określający ilość zużytej wody przypadającej na jednostkę wytworzonego plonu. Największa ilość wody dla wytworzenia jednostki plonu wymagana była przy uprawie roślin odmiany ‘Elkat’. Nie stwierdzono natomiast istotnych różnic pomiędzy wartościami wskaźników dla roślin odmian ‘Elsanta’

i 'Salut' (rys. 2). Analizując przydatność do uprawy badanych odmian truskawki w aspekcie efektywności ich gospodarowania wodą, można stwierdzić, że pomimo wysokiego zapotrzebowania na wodę, ale i wyższego potencjału plonotwórczego odmiana 'Elsanta' okazała się truskawką przewyższającą pozostałe dwie oceniane odmiany.

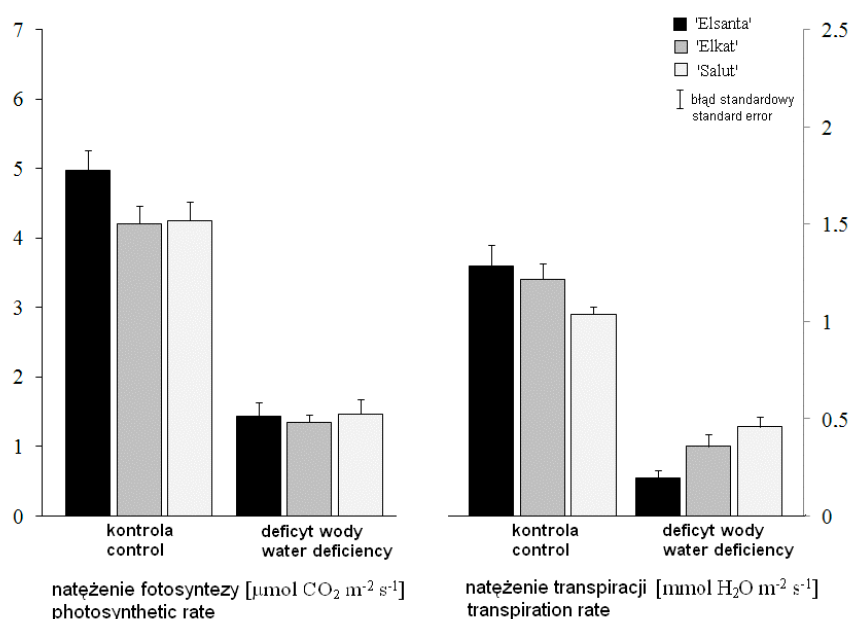


Rysunek 2. Wskaźnik efektywności wykorzystania wody dla roślin truskawki [cm³ H₂O g⁻¹ plonu].

Figure 2. Water use efficiency for strawberry plants [cm³ H₂O g⁻¹ yield].

W tych badaniach porównywano także reakcję tych samych odmian truskawki na suszę. Zastosowano dwie kombinacje nawodnieniowe: (i) optymalne nawadnianie – wilgotność podłoża utrzymywana na poziomie 90–100% pojemnikowej pojemności wodnej (PPW) (kontrola), (ii) deficyt wody – wilgotność podłoża utrzymywana na poziomie 50% PPW (stres). Wilgotność podłoża w skrzynkach była kontrolowana za pomocą sond pojemnościowych. Wykonywano pomiary intensywności wymiany gazowej oraz potencjału wodnego liści. Ponadto określano powierzchnię liści, długości korzeni oraz plonowanie roślin. Wyniki badań wskazały, iż deficyt wody w podłożu znacznie ograniczył natężenie wymiany gazowej (rys. 3) oraz potencjał wody w liściach roślin. Pomiedzy badanymi odmianami stwierdzono istotne różnice w tolerancji na suszę. Najbardziej odporne na nią były rośliny odmiany 'Elsanta', u których stwierdzono najmniejsze zahamowanie rozwoju powierzchni liściowej oraz plonowania (tab. 1). Na podstawie pomiarów parametrów fizjologicznych wykazano, że rośliny odmiany 'Elsanta' charakteryzowały się sprawniejszą regulacją stosunków wod-

nych, co znalazło swoje potwierdzenie w większym ich plonowaniu. Okazało się zatem, że w sprzyjających warunkach wilgotności gleby 'Elsanta' potrzebuje więcej wody niż porównywane z nią 'Elkat' i 'Salut', ma jednak wyższy potencjał plonotwórczy i jednocześnie jest od nich bardziej odporna na suszę. W przyszłości w opisie oraz charakterystyce wymagań poszczególnych odmian roślin uprawnych powinny znajdować się także dane dotyczące potrzeb wodnych i odporności roślin na suszę. Jest to szczególnie ważna informacja dla producentów, którzy muszą podjąć decyzję, którą odmianę wybrać do uprawy.



Rysunek 3. Natężenie wymiany gazowej liści roślin trzech odmian truskawki rosnących w warunkach zróżnicowanego zaopatrzenia w wodę

Figure 3. Leaf gas exchange of strawberry plants grown under different water regimes

Siła wzrostu i odporność na suszę drzew sadowniczych jest wypadkową cech podkładki i odmiany szlachetnej. Badania Tredera i współautorów [2005] wykazały istotne różnice w odporności na suszę pomiędzy drzewami tej samej odmiany 'Ligol' zaszczepionej na różnych podkładkach. Wyraźnie lepiej wytrzymały warunki suszy drzewa szczepione na podkładce M.9 i P 22 w porównaniu do tych zaszczepionych na podkładce P 16. Jest to ważna informacja dla wszystkich tych sadowników, którzy nie mogą zamontować w sadzie instalacji nawodnieniowej.

Tabela 1. Powierzchnia liści, długość korzeni oraz plonowanie roślin trzech odmian truskawki rosnących w warunkach zróżnicowanego zaopatrzenia w wodę.
Table 1. Total leaf area, root length and yield of strawberry plants grown under different water regimes

Odmiana Cultivar	Powierzchnia liści Total leaf area [cm ² roślin ⁻¹] [cm ² plant ⁻¹]		Długość korzeni Root length [cm roślin ⁻¹] [cm plant ⁻¹]		Wielkość plonu Yield [g roślin ⁻¹] [g plant ⁻¹]	
	kontrola control	stres stress	kontrola control	stres stress	kontrola control	stres stress
	'Elsanta'	1354,53 bc	1160,86 b	3294,90 a	3057,50 a	103,85 d
'Elkat'	1281,85 bc	867,33 a	3236,61 a	2926,25 a	77,75 b	57,36 a
'Salut'	1427,88 c	1206,21 bc	3562,50 a	3263,51 a	90,82 c	75,74 b

Srednie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie między sobą według wielokrotnego testu rozstępu Duncana (5%).

Means followed by the same letter are not significantly different according to Duncan's multiple-range t-test (5%).

Ograniczone zasoby wodne zmuszają nas do jak najbardziej racjonalnego użycia wody do nawadniania sadów. Jest to zadanie bardzo trudne, szczególnie, kiedy dla zwiększenia plonu jabłoni wymagane są stosunkowo duże ilości wody. Wyniki badań, przeprowadzonych w Sadzie Pomologicznym ISK w stosunkowo suchym roku 2003 (bilans wodny za okres V – IX = -145 mm) wykazały, że na każdy kilogram przyrostu plonu w młodym intensywnym sadzie należało podać od 124 do 163 l wody (tab. 2).

Tabela 2. Wpływ nawadniania kropkowego na plonowanie jabłoni (2003 rok)

Table 2. The effect of drip irrigation on yield of apple trees (year 2003)

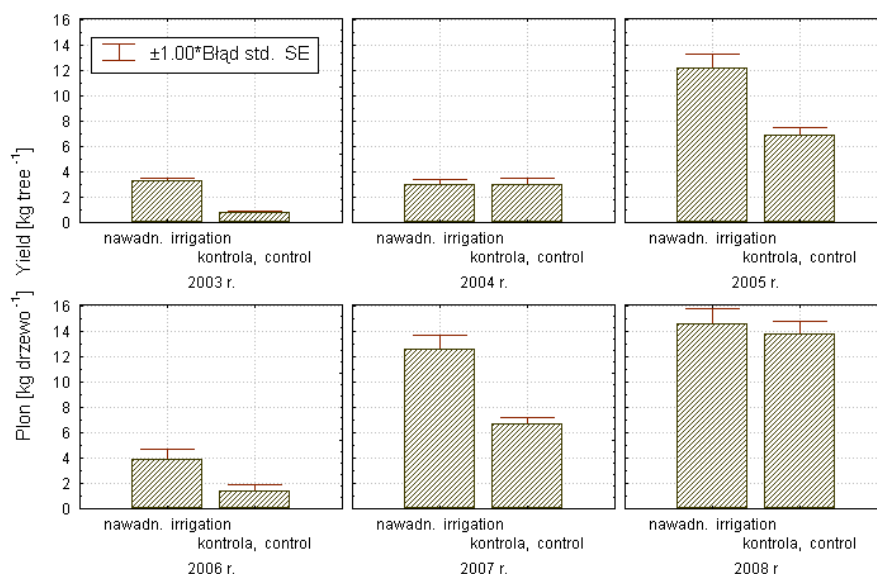
Parametr	Ligol/M.9 I rok uprawy I year of cultivation	Gala/M.9 II rok uprawy II year of cultivation
Plon – kontrola, Yield - control (T ha ⁻¹)	1,7	1,7
Plon – nawadnianie kropkowe, Yield – drip irrigation (T ha ⁻¹)	4,4	6,9
Zwyżka plonu na poletkach nawadnianych (T ha ⁻¹) Yield increase on irrigated plots	2,7	5,2
Dawka wody, (mm)	33,5	85,5
Dawka wody, Water dose (l drzewo ⁻¹)	201	513
Ilość wody na kg przyrostu plonu (l kg ⁻¹) The quantity of water on kg of increase of the yield	124	163
Efektywność nawadniania – wzrost plonu / l wody (g l ⁻¹) Efficiency of irrigation – yield increase / l of water	8,10	6,13

Aby drzewa wydały wysokie plony niezbędne są duże ilości wody, dlatego aby z określonego źródła wody nawodnić jak największą powierzchnię upraw należy stosować instalacje nawodnieniowe pozwalające na oszczędne gospodar-

rowanie wodą. Obecnie w intensywnych sadach oraz jagodnikach powszechnie stosowane są systemy nawadniania kropłowego. Systemy podkoronowe stosowane są wszędzie tam gdzie z powodu złej jakości wody nie jest ekonomiczne instalowanie nawodnień kropłowych. W sadach instalowane są także deszczownice, ale wynika to przede wszystkim z możliwości wykorzystania ich do ochrony roślin przed przymrozkami wiosennymi. Pierwsze instalacje kropłowe w sadach pojawiły się w kraju już na początku lat siedemdziesiątych [Treder 1996]. Początkowo na przewodach polietylenowych montowano emitery kropłowe, obecnie w sadach i jagodnikach stosowane są linie kropkujące, których emitery kropłowe umieszczane są wewnątrz polietylenowych przewodów już w czasie technologii produkcji. Nowoczesne linie kropkujące są znacznie bardziej odporne na zapychanie w porównaniu do stosowanych wcześniej tzw. kropłowników „guzikowych” (on line). Obecnie konstruktorzy zwracają szczególną uwagę na udoskonalenie filtracji emiterek skrócenie kanału przepływu wody, oraz wprowadzenie barier blokujących wrastanie korzeni. Ma to szczególne znaczenie w przypadku, kiedy stosuje się tzw. nawadnianie wglębne – gdzie linie kropkujące umieszczane są pod powierzchnią gleby. Systemy nawadniania wglębnego najczęściej stosuje się w intensywniej uprawie truskawki. Z uwagi na swe zalety w sadach coraz częściej stosowane są linie kropkujące wyposażone w emitery z kompensacją ciśnienia oraz najnowsze rozwiązanie techniczne – emitery typu CNL kompensujące nie emitujące wody przy niskich ciśnieniach. Tego rodzaju linie kropkujące montowane są w terenie pagórkowatym i sadach o bardzo długich rzędach drzew. Dotychczas prowadzone badania wielokrotnie potwierdzały wysoką efektywność nawadniania roślin sadowniczych [Treder 1996]. Potwierdzają to także wyniki naszych ostatnich badań prowadzonych w Sadzie Pomologicznym ISK w Skierniewicach (rys. 4). Badania prowadzono na kwaterze jabłoni odmiany `Gala` zaszczerpionej na podkładce M.9. Drzewa posadzone wiosną 2002 roku w rozstawie 4 x 1,2 m. W ciągu ostatnich 6 lat plonowania drzewa nawadniane aż w czterech sezonach wydały istotnie wyższy plon. Analizując dane sumaryczne nawadnianie podniosło plon owoców aż o 33,83%. Dając łączną zwyżkę plonu owoców aż o 34,9 T/ha.

Skromne zasoby wody do nawadniania wymuszają na sadownikach konieczność jej oszczędzania. Instalacje nawodnieniowe w nowoczesnych sadach coraz częściej wyposażone są zatem w systemy automatycznego sterowania. Niestety większość urządzeń pracuje tylko na podstawie programów czasowych – brak jest weryfikacji prawidłowości nastaw poprzez pomiar wilgotności gleby brak jest także prognozowania i szacowania potrzeb wodnych sadów i plantacji roślin jagodowych. Dlatego też w ramach programu wieloletniego ISK 2008–2013 podjęto temat pt. „Optymalizacja nawadniania upraw sadowniczych w Polsce z uwzględnieniem przebiegu pogody i zasobów wodnych gleby w głównych rejonach upraw sadowniczych”. Celem zadania jest opracowanie serwisu internetowego zawierającego zalecenia nawodnieniowe dla upraw sa-

downicznych. Zalecenia takie będą opracowane w oparciu o dane klimatyczne (ciągłe monitorowanie warunków pogodowych za pomocą stacji meteorologicznych) i zasobność gleb w wodę w głównych rejonach upraw sadowniczych w Polsce.



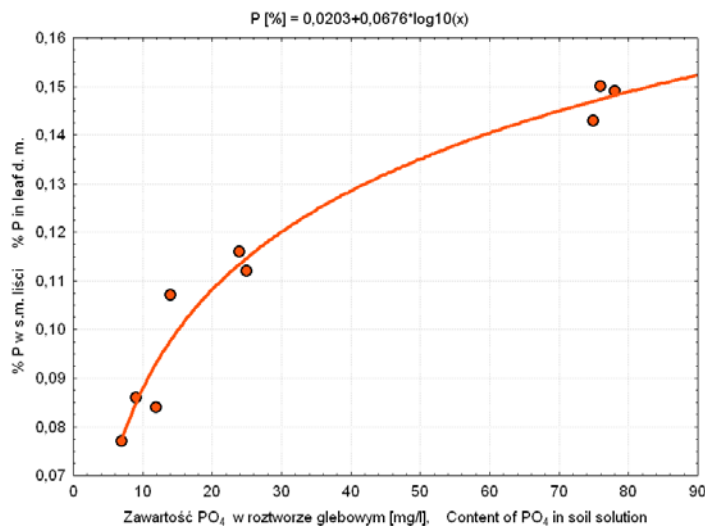
Rysunek 4. Wpływ nawadniania kropłowego na plonowanie jabłoni odmiany `Gala`
Figure 4. The effect of drip irrigation on yield of apple trees cv. Gala

Nawadnianiem roślin powinno być ściśle związane z ich prawidłowym nawożeniem. Wyposażenie sadu w instalację nawodnieniową daje możliwość stosowania fertygacji – podawania nawozów wraz z wodą. Fertygacja jest praktycznym sposobem wykorzystania technicznych możliwości instalacji nawodnieniowej w sadzie. Podawanie płynnej pożywki może znacznie podnieść efektywność nawożenia [Treder 2003]. Prace prowadzone w Instytucie Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach ukierunkowane są na badania związane z efektywnością stosowania fertygacji w sadach i jagodnikach. Wyniki tych badań wykazują bardzo silny wpływ sposobu nawożenia na wzrost drzew i krzewów. Podawanie nawozów wraz z wodą powodowało istotnie silniejszy wzrost jabłoni [Treder 2003] i borówki amerykańskiej [Treder i in. 2007]. Silniejszy wzrost drzew nie zawsze przekładał się na lepsze ich plonowanie. W przypadku silnie rosnących jabłoni odmiany `Jonagold` nie stwierdzono różnic w plonowaniu drzew nawożonych tradycyjnie lub przez system nawodnieniowy. Jednak fertygacja zastosowana na kwaterze słabo rosnącej `Gali` dała wyższe plony w porównaniu do kontroli gdzie drzewa nawożono posypowo.

Badania prowadzone na plantacji borówki amerykańskiej wykazały, że nawożenie poprzez system nawodnieniowy było znacznie bardziej efektywne od tradycyjnego nawożenia posypowego – 16,7 kg N na ha podane wraz z wodą dało zbliżony plon jak 50 kg N na ha zastosowane posypowo. Stosowanie fertygacji wpłynęło także na zwiększenie średniej masy owoców.

Punktowe dostarczanie samej wody lub wody wraz z nawozami ma istotny wpływ na zmiany właściwości chemicznych gleby [Treder 2005]. Stwierdzono, że silne zakwaszenie zwilżanej gleby następuje po fertygacji saletrą amonową [Tagliavini i in. 1997; Komosa i in. 1999] lub mocznikiem [Belton, Goh 1992]. Przy wieloletnim nawadnianiu wodą o odczynie obojętnym, pH gleby pod kroplownikiem wzrosło [Treder i in. 1996]. Efektywność fertygacji oraz jej wpływ na środowisko glebowe zależy także od rodzaju instalacji nawodnieniowej, a szczególnie od ilości kroplowników przypadających na jednostkę powierzchni sadu. Kontrolowane nawożenie fertygacyjne może znacznie ograniczyć wymywanie mobilnych jonów w głąb profilu glebowego, jednak nadmierne dawki wody i nawozów przy punktowym podawaniu pożywki prowadzą do szybkiego wymywania rozpuszczonych w wodzie nawozów poza zasięg systemu korzeniowego roślin [Kenworthy 1979; Strabbioli, Turci 1995]. Dopiero po zastosowaniu odpowiedniej diagnostyki fertygacja staje się odpowiednim narzędziem pomocnym do optymalizacji nawożenia roślin sadowniczych. Niezbędna jest tu diagnostyka „dynamiczna” za pomocą której można szybko podejmować decyzję o zastosowaniu odpowiedniego nawożenia. W praktyce zaleca się stosować niedestrukcyjne metody oceny odżywienia roślin przy jednoczesnej kontroli zasolenia gleby i zawartości podstawowych składników w roztworze glebowym. W prowadzonych badaniach w ISK próbuje się ustalić stan odżywienia roślin na podstawie oceny zabarwienia liści, fluorescencji chlorofilu oraz wymiany gazowej liści. W warunkach polowych poziom natężenia zielonej barwy liści można określić za pomocą miernika SPAD-502 firmy Minolta. Badania w ISK wykazały wysoce istotną zależność pomiędzy natężeniem barwy liści jabłoni, a zawartością w nich azotu [Treder, Cieśliński 2003]. Po przygotowaniu kalibracji miernik pozwala, na ocenę odżywienia drzew bezpośrednio w sadzie.

Intensywność pobierania składników mineralnych zależy od ich stężenia w roztworze glebowym i powierzchni systemu korzeniowego [Barber 1995]. Przy prawidłowym wzroście korzeni zbyt niskie stężenie jonów w roztworze glebowym jest czynnikiem ograniczającym odżywienie roślin. Potwierdzają to prowadzone przez ISK badania nad wpływem koncentracji fosforu w roztworze glebowym na jego zawartość w liściach borówki amerykańskiej (rys. 5). Otrzymane wyniki wykazują ścisłą zależność pomiędzy tymi parametrami, co pozwala na ustalenie optymalnej koncentracji fosforu w roztworze glebowym dla prawidłowego odżywienia borówki. Według Hansona i Hancocka [1996] koncentracja fosforu poniżej 0,08% s. m. to poziom deficytowy, dlatego na podstawie otrzymanych w ISK wyników można wnioskować, że stężenie jonów fosforanowych w roztworze glebowym nie powinno obniżyć się poniżej 10 mg l⁻¹.



Rysunek 5. Wpływ koncentracji fosforu w roztworze glebowym na zawartość fosforu w liściach borówki amerykańskiej.

Figure 5. The influence of phosphorus concentration in soil solution on content of phosphorus in the leaves of American blueberry.

Do prawidłowego prowadzenia fertygacji niezbędne jest kontrolowanie w zwilżanej strefie gleby stężenia ważnych dla mineralnego żywienia roślin makro- i mikroelementów. Herbert i inni [1992] podają, że analiza chemiczna składu roztworu glebowego pobieranego bezpośrednio ze strefy zwilżania jest szybką metodą określania potrzeb nawozowych roślin, szczególnie przy stosowaniu fertygacji. Bardzo ciekawe rozwiązanie proponuje Stirzaker [2003], który opracował przyrząd (Wetting Front Detector – WFD) o bardzo prostej budowie za, pomocą którego w stosunkowo łatwy sposób można pobrać roztwór glebowy oraz określić moment, w którym woda z nawadniania lub opadu przesiąknie na określoną głębokość profilu glebowego. WFD jest narzędziem pomocnym przy ustalaniu wielkości dawki polewowej, służy także do pobierania próbek roztworu glebowego, które można poddać analizie na zawartość składników mineralnych. Przeprowadzone w ISK badania [Treder, Klamkowski 2008] potwierdziły możliwość monitorowania zasolenia i stężenia poszczególnych makroelementów w roztworze glebowym. Urządzenie to może być, więc doskonałym narzędziem diagnostycznym do podejmowania decyzji o stosowaniu nawożenia posypowego lub fertygacji, a jednocześnie jest bardzo dobrym czujnikiem określającym koniec nawadniania.

PODSUMOWANIE

Nowoczesne rozwiązania w nawadnianiu roślin sadowniczych to połączenie możliwości rozwiązań technicznych, elementów diagnostyki nawadniania oraz hodowli nowych odmian. Ze względu na najwyższą efektywność wykorzystania wody do nawadniania roślin sadowniczych zaleca się kropłowe systemy nawodnieniowe sterowane w oparciu o pomiar potencjału lub wilgotności gleby. Instalacje te przystosowane są do jednoczesnego podawania wody wraz z nawozami. W celu ograniczenia rozwoju chwastów i zminimalizowania strat wody spowodowanych ewaporacją w rzędach drzew coraz częściej stosowane są ściółki. Obecnie prowadzone programy hodowli roślin sadowniczych uwzględniają ograniczenie potrzeb wodnych roślin i wzrost ich odporności na suszę.

BIBLIOGRAFIA

- Barber S.A. *Soil nutrient bioavailability*. John Wiley & Sons, Inc., 1995, s. 414.
- Belton P.R., Goh K.M. *Effects of urea fertigation of apples trees on soil pH, exchangeable cations and extractable manganese in a sandy loam soil in New Zeland*. Fertilizer Research 33, 1992, s. 239–247.
- Braun P., Schmid J. *Sap flow measurements in grapevines (Vitis vinifera L.). 2. Granier measurements*. Plant and Soil 215, 1999, s. 47–55.
- El-Jaafari S. *Durum wheat breeding for abiotic stresses resistance: Defining physiological traits and criteria*. Options Méditerranéennes: Serie A, 40, 2000, s. 251–256.
- Hanson E., Hancock J. *Managing the nutrition of highbush blueberries*. Extension Bulletin E-2011, 1996.
- Herbert L., Parchomchuk P., Neilsen D. *Monitoring nitrogen concentration in fertigated soils*. Proc. 24th Horticultural Forum, 1992, s. 33–34.
- Kenworthy A.L. *Applying nitrogen to fruit trees through trickle irrigation systems*. Acta Horticulturae, No 89, 1979, s. 107–110.
- Komosa A., Pacholak E., Stafiecka A., Treder W. *Changes in nutrient distribution in apple orchard soil as the effect of fertigation and irrigation. I Ammonium and nitrates*. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research vol. VII, No.1, 1999, s. 27–40.
- Łoboda T., Pietkiewicz S., Czembor H. J., Wiewióra M. *Określenie potencjału plonowania wybranych odmian jęczmienia jarego browarnego*. Biuletyn IHAR, 215, 2000, s. 141–152.
- Miller-Rushing A.J., Katsuki T., Primack R.B., Ishii Y., Dong Lee S., Higuchi H. *Impact of global warming on a group related species and their hybrids: cherry tree (Rosaceae) flowering at Mt. Takao, Japan*. American Journal of Botany, 94(9), 2007, s. 1470–1478.
- Pacholak E. *Wpływ nawożenia i nawadniania na wzrost i plonowanie jabłoni odmiany James Grive*. Rocznik Akademii Rolniczej w Poznaniu, Rozprawy Naukowe Zeszyt nr 160, 1986, s. 79.
- Rzekanowski C. *Wpływ nawadniania kropłowego na plonowanie trzech odmian jabłoni*. Materiały II Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej SGGW-AR, 1998, s. 142–149.
- Stirzaker R.J. *When to turn the water of: scheduling micro-irrigation with a wetting front detector*. Irrig. Sci., 22, 2003, s. 177–185.
- Strabbioli G., Turci E. *Nutrient leaching in a drip irrigated peach orchard*. Acta Horticulturae, No 383, 1995, s. 411–419.

- Tagliavini M., Neilsen D., Hogue E.J., Neilsen G.H. 1997. *Effects of the nitrogen – fertilizer form on rhizosphere pH and growth of apple in soils with different buffer capacity*. Acta Horticulturae, No 448, 1997, s. 297–302.
- Treder W. *Badania nad efektywnością nawadniania roślin sadowniczych w Polsce*. XXXIV Ogólnopolska Naukowa Konferencja Sadownicza ISK, 1996, s. 53–70.
- Treder W. *Variation In soil pH, calcium and magnesium status influence by drip irrigation and fertigation*. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research, Vol.13, 2005, s. 59–70.
- Treder W. *Wpływ fertygacji nawozami azotowym i wieloskładnikowym na zmiany chemiczne gleby oraz na wzrost i owocowanie jabłoni*. Zeszyty Naukowe Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarstwa. Monografie i Rozprawy, 2003, s.97.
- Treder W., Cieśliński G. *Ocena odżywienia jabłoni azotem za pomocą miernika SPAD-502*. Folia Horticulturae Supplement, 3, 2003, s. 168–170.
- Treder W., Klamkowski K. *Ocena przydatności sondy drenażu glebowego do prowadzenia diagnostyki nawadniania i fertygacji roślin sadowniczych*. Zeszyty Naukowe ISK, T.16, 2008, s. 191–203
- Treder W., Klamkowski K., Mika A. *The influence of stress conditions of soil environment on growth and development of apple trees grafted on different rootstocks*. Fruit Science, 222, 2005, s. 26–31.
- Treder W., Klamkowski K., Mika A., Wójcik P. *Response of young apple trees to different orchard floor management system*. Journal of Fruit and Ornamental Plant Research. vol. 12, Special ed., 2004, s. 109–119.
- Treder W., Krzewińska D., Borowik M. *Ocena efektywności fertygacji borówki wysokiej*. Zeszyty Naukowe ISK, T. 15, 2007, s. 34–45
- Treder W., Mika A. *Efektywność nawadniania jabłoni odmiany Szampion i Gala przy dwu sposobach sadzenia*. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych, 438, 1996, s. 183–192.
- Treder, W., Olszewski, T., Cieśliński, G. *Changes of physio-chemical soil properties as a effect of a drip irrigation of plum trees*. Acta Horticulturae, 448, 1996, s. 247–250.

Doc dr hab. Waldemar Treder,
Dr Krzysztof Klamkowski,
Dr Danuta Krzewińska,
Mgr Anna Tryngiel-Gać
Samodzielna Pracownia Nawadniania i Uprawy Roślin Pod Osłonami
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach
ul. Pomologiczna 18, 96-100 Skierniewice

Recenzent: Prof. dr hab. Czesław Rzekanowski