

**OCENA PRZYDATNOŚCI SONDY DRENAŻU GLEBOWEGO  
DO PROWADZENIA DIAGNOSTYKI NAWADNIANIA  
I FERTYGACJI ROŚLIN SADOWNICZYCH**

**Evaluation of wetting front detector for use with irrigated and  
fertigated fruit crops**

Waldemar Treder, Krzysztof Klamkowski  
Instytut Sadownictwa i Kwiaciarstwa w Skierniewicach  
ul. Pomologiczna 18; 96-100 Skierniewice  
e-mail: waldemar.treder@insad.pl

ABSTRACT

The aim of the experiment was an evaluation of a Wetting Front Detector (WFD) as a simple diagnostic tool that can be very useful in the decision-making concerning irrigation and fertilization of orchards. Apple trees of the cultivar 'Ligol', grafted on M.9 rootstock, were grown in the Experimental Orchard of the Research Institute of Pomology and Floriculture in Skierniewice and fertigated according to the following experimental schedule: I (control) – irrigation with water only, II – irrigation and broadcast fertilization, III – fertigation using the complete fertilizer Kristalon (Yara). The WFD sensors were buried at depths of 20 and 40 cm. At these depths there is usually an active root-zone when the soil is wetted by irrigation. The samples of the soil solution absorbed by the WFD sensors were analyzed for EC, pH, N-NO<sub>3</sub> and K content. The results of the experiment showed that the parameters of the nutrient solution changed according to the different experimental treatments. The use of WFD sensors in orchard soil can be a very easy way of regularly monitoring the nutrient content, pH and EC in the soil after irrigation or fertigation, and even of determining how these parameters change after a heavy rain. The WFD can be very useful for calculating the required doses of water according to climate parameters and plant requirements.

**Key words:** fertigation, apple, WFD

## WSTĘP

Właściwa gospodarka wodna jest podstawą prawidłowego wzrostu i plonowania roślin uprawnych. W warunkach Polski podstawowym źródłem wody dla roślin są opady atmosferyczne. Niestety ich wielkość i rozkład w czasie są często niewystarczające dla uprawy nie tylko roślin jednorocznych, ale nawet wieloletnich (Treder i Mika 1996; Koźmiński i Michalska 2001). Drugim nie mniej ważnym czynnikiem plonotwórczym jest nawożenie. Od prawidłowego nawożenia zależy nie tylko wielkość, lecz także jakość plonu i zdolność jego przechowywania (Tomala 1999). Nawożenie stosowane jest posypowo (doglebowo), pozakorzeniowo (dolistnie) lub wraz z wodą do nawadniania (fertygacja). Celem fertygacji jest częste (zależne od pobierania składników pokarmowych przez rośliny) podawanie pożywki nawozowej bezpośrednio do aktywnej strefy systemu korzeniowego Treder (2003). Według Bar-Yosefa i Sagiva (1982) oraz Bravdo (1993) wysoka potencjalna efektywność fertygacji wynika z możliwości stosowania optymalnego stężenia pożywki nawozowej oraz większego zagęszczenia korzeni w zwilżanej strefie gleby. Stosowanie fertygacji otwiera możliwości tworzenia programów nawożeniowych uwzględniających nie jak dotychczas dawki nawozów przeliczane na powierzchnię uprawy, lecz optymalne dla roślin stężenie i proporcje pomiędzy poszczególnymi jonami. Uriu i inni (1980) oraz Bravdo i Hepner (1987) twierdzą, iż fertygacja jest znacznie bardziej efektywna od nawożenia posypowego, ponieważ tworząc w obrębie strefy korzeniowej roślin optymalną koncentrację dostarczanych jonów, powoduje ich efektywniejsze wykorzystanie i daje jednocześnie możliwość zsynchronizowania aplikacji nawozów z potrzebami roślin.

Po okresie bezkrytycznych opinii okazało się, że fertygacja roślin sadowniczych niesie ze sobą pewne problemy i ograniczenia, a dane uzyskane w różnych ośrodkach naukowych nie są jednoznaczne (Widmer i Krebs 1999; Fallahi 2000; Treder 2003). Większe zagęszczenie korzeni w strefie zwilżania powoduje intensywniejsze pobieranie jonów z tej strefy, przez co szybko obniża się ich stężenie, co wpływa na ograniczenie

pobierania. Dlatego też, szczególnie na glebach bardzo lekkich, rośliny nawadniane stają się po pewnym czasie uzależnione od fertygacji (Bravdo i Proebsting 1993). Burt i inni (1995) podkreślając zalety fertygacji stosowanej w warunkach Kalifornii stwierdzili, że fertygacja nie jest opcją stosowania nawozów, ale koniecznością. Punktowe dostarczanie wody wraz z nawozami ma istotny wpływ na zmiany właściwości chemicznych gleby (Treder 2005). Silne zakwaszenie gleby następuje szczególnie po fertygacji saletrą amonową (Tagliavini i in. 1997; Komosa i in. 1999) oraz mocznikiem (Belton i Goh 1992). Treder i inni (1995, 1997) stwierdzili nawet wzrost pH gleby po kilkuletnim nawadnianiu wodą o wysokim pH. Poziom zakwaszenia gleby zależy przede wszystkim od rodzaju i dawki nawozu. Bardzo gwałtowne obniżenie odczynu gleby pod kroplownikiem wynika nie tylko z zakwaszających właściwości niektórych nawozów, lecz także ze stosowania przez wielu badaczy bardzo wysokich dawek nawozów stosowanych punktowo (Belton i Goh 1992; Neilsen i in. 1993; Fallahi 2000). Efektywność fertygacji oraz jej wpływ na środowisko glebowe zależą 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 i Turci 1995). Wydaje się więc, że fertygacja stwarzając bardzo duże możliwości sterowania nawożeniem wymaga jednak od stosujących ją sadowników znacznej wiedzy. Brak jest także wiarygodnych sposobów diagnostycznych pozwalających regularnie kontrolować zawartość poszczególnych jonów w roztworze glebowym. Źle ustalone dawki i stężenia nawozów nie tylko nie wpływają pozytywnie na plon, ale przez nadmierne zasolenie gleby mogą wręcz zaszkodzić. Przy zbyt wysokim dawkach nawozy mogą przedostawać się do wody gruntowej zanieczyszczając środowisko naturalne. 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, iż analiza chemiczna składu roztworu glebowego pobieranego bezpośrednio ze strefy zwilżania jest szybką metodą określania potrzeb nawozowych roślin, szczególnie przy stosowaniu fertygacji. Potwierdzają to także badania prowadzone przez Tredera i współautorów (1998), którzy do pobierania roztworu glebowego użyli ekstraktorów glebowych. Bardzo ciekawe rozwiązanie proponuje Stirzaker (2003), który opracował przyrząd „Wetting Front Detector – WFD”, 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. Według autora przyrząd ten najpierw był stosowany w praktyce, a dopiero później został wykorzystany do badań naukowych.

Celem podjętych badań była ocena przydatności w praktyce sadowniczej urządzenia działającego na takiej samej zasadzie jak opisywane rozwiązanie Stirzakera.

## MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w Sadzie Pomologicznym ISK w Skierniewicach na kwaterze jabłoni Ligoł/M.9. Drzewa posadzono w 2003 roku w rozstawie 4 x 1 m. Sad wyposażono w instalację kropłowego nawadniania. Zastosowano linie kroplujące Azudline (Hiszpania) o wydatku 1,7 l/h i rozstawie emiterów kropłowych 60 cm. Woda do nawadniania była czerpana z rzeki Rawki. Analiza chemiczna wody: pH 6,6; EC 0,41 mS/cm; N i P ilości śladowe; K – 2,37 mg/l; Ca – 62,2 mg/l; Mg – 8, 81 mg/l.

Nawozy do instalacji były podawane za pomocą dozownika proporcjonalnego firmy Dosatron (Francja).

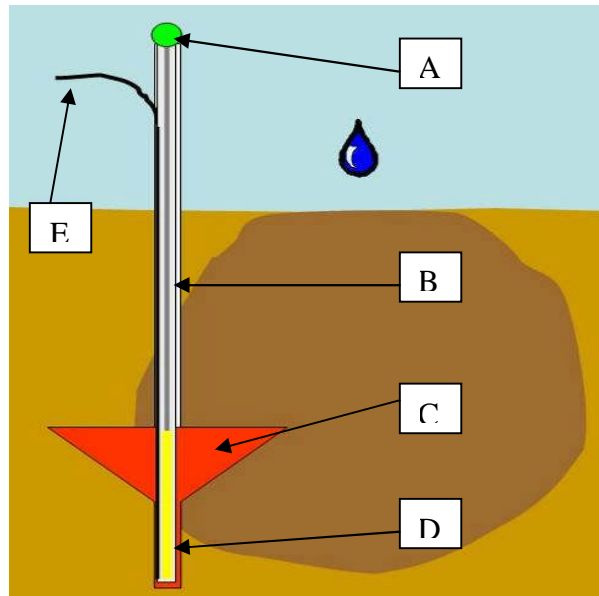
W doświadczeniu zastosowano następujące kombinacje:

1. Nawadnianie bez nawożenia (od 2003 roku).
2. Nawadnianie z nawożeniem posypowym. Zastosowano Kristalon niebieski 19:6:20 (11 IV) w dawce 44 g/drzewo i 3 VII Kristalon pomarańczowy 6:12:36 w dawce 83 g/drzewo.
3. Fertygacja od 1 V do 13 VII – stosowano (z przerwą 15-22 VI) Kristalon niebieski – dawka sumaryczna 44 g/drzewo. Od 13 VII do 31 VIII podawano Kristalon pomarańczowy w dawce 62,25 g/drzewo (początkowo zakładaną dawkę nawożenia ograniczono ze względu na wysoki poziom potasu w roztworze glebowym).

Nawadnianie prowadzono na podstawie pomiarów wilgotności gleby w profilu glebowym. Mierzono ją miernikiem Diviner 2000 (Australia). Dawki wody i terminy nawadniania były identyczne dla wszystkich poletek, na których stosowano nawadnianie i fertygację oraz nawożenie posypowe.

Na podstawie opisu i rysunków zamieszczonych w literaturze (Stirzaker i in. 2005) skonstruowano i wykonano sondy drenażu glebowego (SDG) – rys. 1.

Sonda zbudowana jest ze statywu (B), na którym jest umieszczony zbieracz drenażu (C). Wewnątrz statywu znajduje się pływak (D), do którego jest przytwierdzony wskaźnik poziomu (A). Od dna aż po wierzchołek statywu przeprowadzony jest cienki polietylenowy przewód. Woda glebowa przepływająca w dół profilu glebowego jest gromadzona za pomocą zbieracza na dnie statywu, podnosi ona w górę pływak, na którym jest osadzony wskaźnik poziomu. Próbki roztworu glebowego są pobierane do analizy za pomocą strzykawki. Po pobraniu roztworu glebowego wskaźnik poziomu opada do pozycji początkowej.



Rysunek 1. Schemat budowy sondy drenażu glebowego (SDG), A – wskaźnik poziomu drenażu, B – rurka, C – zbieracz, D – pływak, E – przewód polietylenowy do pobierania próbek drenażu. A schematic representation of the wetting front detector (WFD), A – indicator of soil solution level, B – tube, C – collector, D – float, E – sample extraction tube

Czujniki SDG umieszczono na głębokości 20 i 40 cm. Pobrane próbki roztworu glebowego poddawano analizie chemicznej. Stężenie jonów  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{K}^+$  w roztworze glebowym mierzono elektrodami jonoselektywnymi (Sentek, Wielka Brytania). Poziom pH i EC w próbkach mierzono miernikiem HI 9811-5 (Hanna Instruments, USA).

## WYNIKI I DYSKUSJA

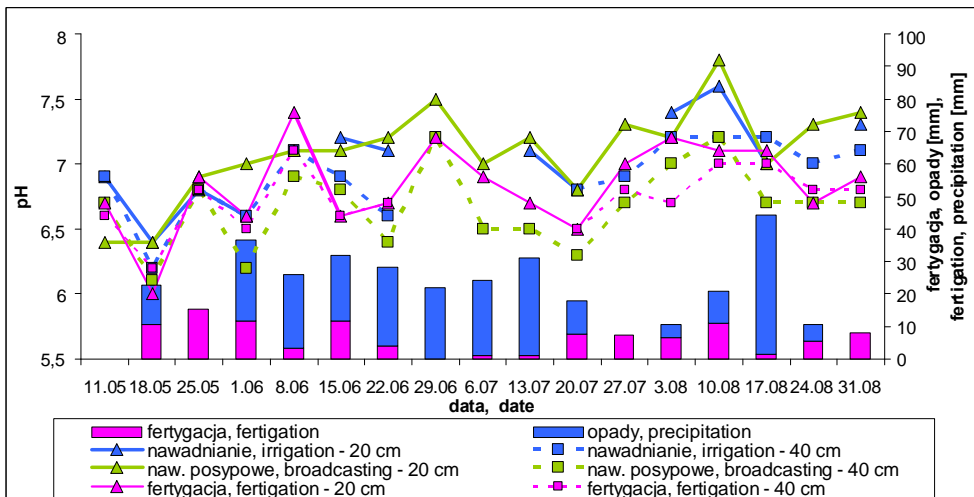
Obserwacje prowadzone przez cały sezon wegetacji wykazały dużą przydatność badanych urządzeń do wyznaczania czasu wyłączenia instalacji nawodnieniowej. W momencie, gdy woda podawana przez instalację kroplową zwilżyła profil glebowy do głębokości 20 lub 40 cm, notowano

także podniesienie się wskaźnika poziomu cieczy sondy. Urządzenie okazało się przydatne także do oceny efektywności opadów deszczu.

SDG nie posiada automatycznego systemu opróżniania zbieracza, dlatego zebrany roztwór musi być każdorazowo pobrany strzykawką. Pobierane przez nas roztwory poddawane były analizie chemicznej. Wyniki tych analiz przedstawiono na kolejnych wykresach 2-5, gdzie poza wynikiem analiz przedstawiono także dawki podawanej pożywki nawozowej (fertygacja) oraz wielkości opadów deszczu. Wartość pH pobieranych próbek roztworu glebowego wykazuje stosunkowo duże wahania (rys. 2). Wydaje się, że jest to zjawisko normalne wynikające z wielu czynników między innymi rozcieńczenia roztworu glebowego, właściwości nawozów oraz odczynu zastosowanej do nawadniania wody. Wcześniejsze badania Tredera i Kowalczyka (2004) donoszą o dużej zmienności w czasie sezonu wegetacyjnego odczynu wody w rzece Rawka, która była źródłem wody do nawadniania omawianego doświadczenia. Generalnie w trakcie sezonu wegetacyjnego jednak można zaobserwować tendencje lekkiego wzrostu pH pobieranych roztworów – dotyczy to szczególnie poletek nienawożonych i nawożonych posypowo. Obserwowane zjawisko potwierdzają badania Tredera i współautorów (1995, 1997), które wykazały, że po kilku sezonach nawadniania wodą o odczynie obojętnym istotnie wzrastało pH gleby pobieranej w pobliżu emiterów kropłowych.

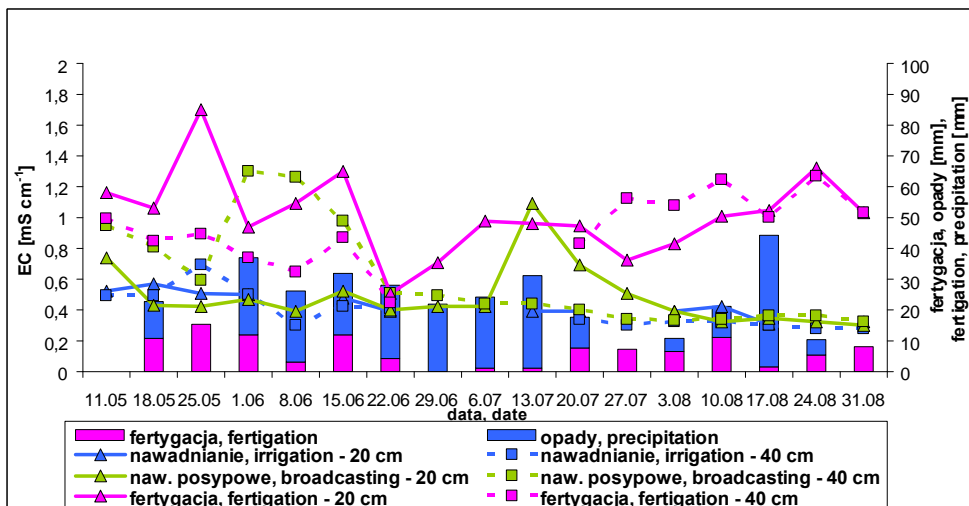
Dzięki regularnie prowadzonym pomiarom EC (rys. 3) można było uzyskać informacje o poziomie zasolenia roztworu glebowego. Wartości EC roztworów były uzależnione od sposobu podawania nawozów oraz od wielkości opadów. Prowadzone pomiary wykazały bardzo niską przewodność elektryczną (z ciągłą tendencją do obniżania się) roztworów pobranych z poletek tylko nawadnianych (kontrolnych). Na podstawie przebiegu EC próbek pobranych z poletek nawożonych posypowo możemy wnioskować o przemieszczaniu się nawozów w profilu glebowym. Po posypowym nawożeniu przeprowadzonym 11 kwietnia główna część mobilnych jonów dotarła na głębokość 40 cm około 1 czerwca. Po drugim nawożeniu wykonanym 3 lipca wystąpiły wysokie

opady deszczu i wzrost zasolenia na głębokości 20 cm profilu glebowego stwierdzono już 13 lipca. Do końca września jednak nie zaobserwowano już wzrostu EC roztworu pobranego z głębokości 40 cm. Otrzymane wyniki mogą świadczyć o prawidłowo dobranej dawce nawożenia posypowego, która nie spowodowała wymywania mobilnych jonów w głąb profilu glebowego poza najbardziej aktywną strefę systemu korzeniowego. Najwyższe poziomy EC pobieranych roztworów glebowych stwierdzono na tych poletkach, gdzie stosowano fertygację. Okresowe zaprzestanie nawożenia natychmiast skutkowało obniżeniem zasolenia pobranego roztworu (22 VI). Pomiary EC obrazują tylko ogólny poziom zasobności gleby, nie uwzględniając stężeń poszczególnych jonów, a więc nie mogą „podpowiedzieć”, jaki konkretnie nawóz należy zastosować. Znacznie więcej informacji uzyskamy po analizie stężeń w roztworze glebowym jonów  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{K}^+$  (rys. 4, 5).

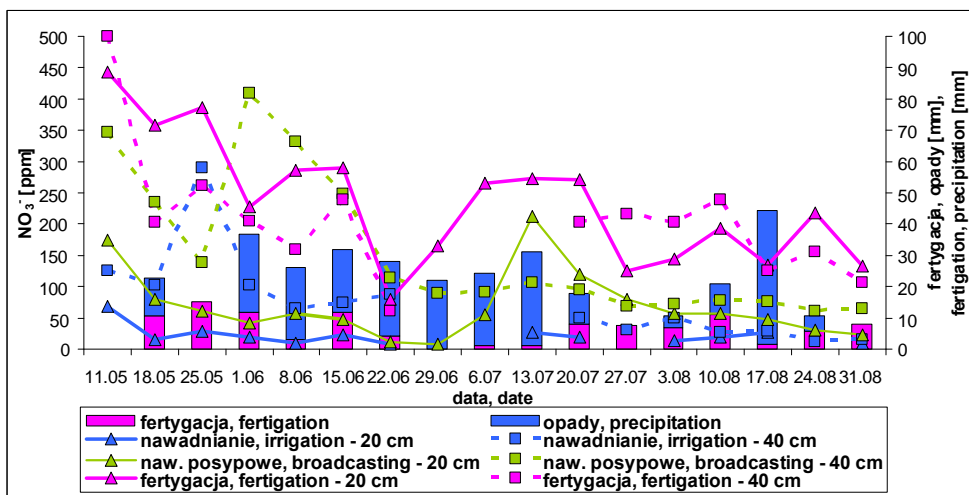


Rysunek 2. pH roztworu glebowego – pH of soil solution

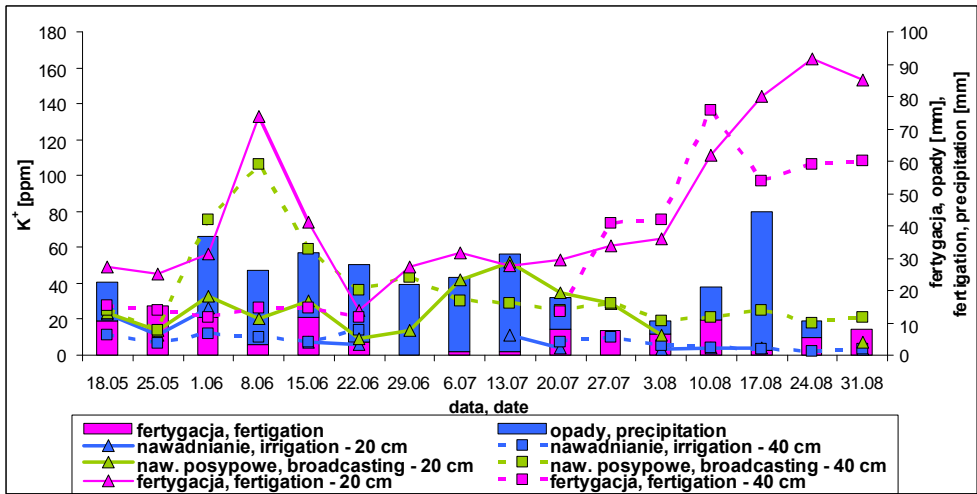




Rysunek 3. Przewodność elektryczna (EC) roztworu glebowego – Electrical conductivity (EC) of soil solution



Rysunek 4. Stężenie jonów  $\text{NO}_3^-$  w roztworze glebowym – Concentration of  $\text{NO}_3^-$  ions in soil solution



Rysunek 5. Stężenie jonów  $K^+$  w roztworze glebowym – Concentration of  $K^+$  ions in soil solution

Przeprowadzone pomiary wykazały znaczne różnice pomiędzy stężeniami azotanów i jonów potasu w poszczególnych kombinacjach nawożeniowych. Fertygacja pozwala na dowolne sterowanie stężeniem tych składników mineralnych w roztworze glebowym. Tak więc sprawne narzędzie do pobierania próbek roztworu glebowego oraz niezbędna wiedza dotycząca stężeń optymalnych pozwolą na optymalizację koncentracji jonów w środowisku glebowym. Zastosowanie SDG wykazało, że wzrost zasolenia próbek pobranych 1 czerwca z głębokości 40 cm na poletkach nawożonych posypowo był spowodowany przede wszystkim wzrostem stężenia azotanów (do ponad 400 ppm). Wystąpiło tu niebezpieczeństwo wymycia azotu w głąb profilu glebowego. Prowadzone pomiary wykazały także, że zastosowane stężenie azotu w pożywce nawozowej powodowało ciąglej relatywnie wysoki (znacznie wyższy od stężenia tych jonów na poletkach nawożonych posypowo) poziom azotanów w roztworze glebowym. Stężenia te osiągały nawet poziom zalecany dla upraw bezglebowych. Przeprowadzone badania wykazały także, że przyjęty program fertygacji spowodował już od początku sierpnia znaczny wzrost stężenia potasu w roztworze glebowym może to świadczyć

o wysyceniu kompleksu sorpcyjnego i przemieszczaniu się potasu w głąb profilu glebowego.

## PODSUMOWANIE

Otrzymane wyniki wskazują na dużą zmienność mierzonych parametrów dla poszczególnych kombinacji. Przeprowadzone pomiary okazały się bardzo przydatne dla monitorowania oraz porównania parametrów chemicznych roztworów glebowych pobieranych dla poszczególnych wariantów doświadczenia. Nasze badania wykazały możliwość monitorowania zasolenia i stężenia poszczególnych makroelementów. Czujniki SDG okazały się przydatne nie tylko do monitorowania roztworu glebowego na poletkach, gdzie prowadzono fertygację, lecz także na poletkach, gdzie nie stosowano nawożenia lub stosowano nawożenie posypowe. Szczególnie interesujące są pomiary stężenia potasu i azotu w roztworze glebowym. Wykazały one zmieniające się stężenia tych elementów w roztworze glebowym po zmianie składu chemicznego zastosowanych nawozów. Badania nasze wykazały, że zastosowany program fertygacji spowodował znaczne podniesienie się stężenia potasu w roztworze glebowym w drugiej połowie lata. Wskazuje to prawdopodobnie na zastosowanie zbyt dużych dawek tego składnika. Konieczne są więc dalsze badania nad rozstrzygnięciem czy sumaryczna dawka potasu była w tym przypadku zbyt wysoka, czy też należy zwiększyć zagęszczenie emiterów, aby zwiększyć objętość gleby, do której dociera nawóz wraz z wodą.

Badania prowadzono w ramach umowy z firmą Yara Poland Sp z o.o.

## LITERATURA

- Bar-Yosef B., Sagiv B. 1982. Response of tomatoes and to N and water applied via the irrigation system, I. Nitrogen. *Agron. J.* 74: 633-637.
- Belton P.R., Goh K.M. 1992. Effects of urea fertigation of apples trees on soil pH, exchangeable cations and extractable manganese in a sandy loam soil in New Zealand. *Fertilizer Res.* 33(3): 239-247.

- Bravdo B. 1993. Root restriction by drip fertigation for high density orchards. *Acta Hort.* 349: 223-226.
- Bravdo B., Hepner Y. 1987. Irrigation management and fertigation to optimize grape composition and vine performance. *Acta Hort.* 206: 49-67.
- Bravdo B., Proebsting E.L. 1993. Use of drip irrigation in orchards. *HortTechnology* Jan./Mar./ 3 (1): 44-49.
- Burt C., O'Connor K., R u e h r T. 1995. Fertigation. Irrigation Training and Research Center, California, s. 295.
- Fallahi E. 2000. Productivity, postharvest physiology, and soil nitrate movement as influenced by nitrogen applications to 'Delicious' apple. *Acta Hort.* 512: 149-158.
- Herbert L., Parchomchuk P., Neilsen D. 1992. Monitoring nitrogen concentration in fertigated soils. *Proc. 24<sup>th</sup> Horticultural Forum*: 33-34.
- Kenworthy A.L. 1979. Applying nitrogen to fruit trees through trickle irrigation systems. *Acta Hort.* 89: 107-110.
- Komosa A., Pacholak E., Stafiecka A., Treder W. 1999. Changes in nutrient distribution in apple orchard soil as the effect of fertigation and irrigation. I Ammonium and nitrates. *J. Fruit Orn. Plant Res.* 7(1): 27-40.
- Koźmiński C., Michalska B. 2001. Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce. Szczecin.
- Neilsen G.H., Parchomchuk P., Wol k W.D., Lau O.I. 1993. Growth and mineral composition of newly planted apples trees following fertigation with N and P. *J. Am. Soc. Hort. Sci.* 118(1): 50-53.
- Stirzaker R.J. 2003. When to turn the water of: scheduling micro-irrigation with a wetting front detector. *Irrig. Sci.* 22: 177-185.
- Stirzaker R.J., Etherington R., Ping Lu, Thomson T., Wilkie J. 2005. Improving Irrigation with Wetting Front Detectors. RIRDC Publication 04/176: 58.
- Strabbioli G., Turci E. 1995. Nutrient leaching in a drip irrigated peach orchard. *Acta Hort.* 383: 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 Hort.* 448: 297-302.
- Tomala K. 1999. Orchard factors affecting fruit storage quality and prediction of harvest date of apples. *Acta. Hort.* 485: 373-382.

- Treder W. 2003. Wpływ fertygacji nawozami azotowym i wieloskładnikowym na zmiany chemiczne gleby oraz wzrost i owocowanie jabłoni. Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac. Monografie i Rozprawy, ISK, Skierniewice.
- Treder W. 2005. Variation in soil pH, calcium and magnesium influenced by drip irrigation and fertigation. J. Fruit Ornament. Plant Res. 13: 59-70.
- Treder W., Kowalczyk W. 2004. Sezonowe zmiany zawartości makro- i mikro- elementów w wodzie z rzeki Rawka, w aspekcie możliwości wykorzystania jej do nawadniania roślin ogrodnich. Zesz. Nauk. Inst. Sadow. Kwiac. 12: 91-98.
- Treder W., Morgaś H., Nowak J. 1998. Zmiany składu chemicznego roztworu glebowego pod wpływem fertygacji. Roczn. Akad. Rol. W Poznaniu, s. 326-2332.
- Treder W., Morgaś H., Olszewski T. 1995. Zmiany zasobności gleby pod wpływem nawadniania kropłowego. Mat. Ogólnopol. Konf. Nauk. AR Lublin, s. 803-805.
- Treder W., Olszewski T., Cieśliński G. 1997. Changes of physiochemical soil properties as a effect of a drip irrigation of plum trees. Acta Hort. 448: 247-250.
- Treder W., Mika A. 1996. Efektywność nawadniania jabłoni odmian 'Szampion' i 'Gala' przy dwu sposobach sadzenia. Zesz. Prob. Post. Nauk Rol. 438: 183-192.
- Uriu K., Carlson R.M., Henderson D.W., Aldrich T.M. 1980. Potassium fertilization of prune trees under drip irrigation. J. Am. Soc. Hort. Sc. 105: 508-510.
- Widmer A., Krebs C. 1999. Was bringt die fertigation im vergleich zur baumstreifendüngung ? Schweiz. Z. Obst-Weinbau 21: 518-522.