

Monitorowanie składu mineralnego wody z ujęć zlokalizowanych na terenach uprawy warzyw szklarniowych

**AUTORZY: dr Waldemar Kowalczyk
mgr Anna Felczyńska**

Spis treści:

1. Wstęp
2. Cel zadania
3. Metody badawcze
4. Opis wyników zadania
 - 4.1. pH, twardość węglanowa (HCO_3^-) i ogólna
 - 4.2. Zawartość rozpuszczonych soli (EC)
 - 4.3. Azot azotanowy, azot amonowy
 - 4.4. Fosfor (P-PO_4), Potas (K^+)
 - 4.5. Wapń (Ca^{+2}), Magnez (Mg^{+2})
 - 4.6. Sód (Na^+), Chlorki (Cl^-)
 - 4.7. Siarka (SO_4^{-2})
 - 4.8. Mikroelementy
5. Podsumowanie
6. Literatura

Opracowanie przygotowane w ramach **zadania 4.5:**

„Monitorowanie jakości wody i gleby w głównych rejonach upraw warzyw pod osłonami ich zastosowanie dla optymalizacji nawożenia i ograniczenia zanieczyszczenia środowiska”

Programu Wieloletniego:

„Rozwój zrównoważonych metod produkcji ogrodniczej w celu zapewnienia wysokiej jakości biologicznej i odżywczej produktów ogrodniczych oraz zachowania bioróżnorodności środowiska i ochrony jego zasobów”
finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi

Skieriewice 2013

1. Wstęp

Łączna powierzchnia uprawy warzyw szklarniowych w Polsce szacowana jest na 2470 ha (tab.1). Breś (2012) podaje, że łączna powierzchnia uprawy pomidora wynosi ponad 2500 ha. Uprawy bezglebowe zajmują około 1500 ha, w tym uprawy pomidora na wełnie mineralnej 1200 ha, natomiast uprawy ogórka około 100 ha (Dyśko 2007).

Tab. 1. Powierzchnia szklarni i tuneli foliowych w Polsce (źródło GUS: http://stat.gov.pl/gus5840_12818_PKL_HTML.htm i szacunki własne)

| Powierzchnia (ha) | Ogółem | Pomidor | Ogórek | pozostałe |
|-------------------|--------|---------|--------|-----------|
| Ogółem | 6500 | 2500 | 1300 | 2700 |
| Szklarnie | 2470 | 1150 | 400 | 920 |
| Tunele foliowe | 4030 | 1350 | 900 | 1780 |

Najlepszym podłożem do upraw bezglebowych jest wełna mineralna (Komosa 2002). Podłoże to charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi (Jaroszuk- Sierocińska 2007), co pozwala na uzyskanie wysokich plonów. Dla zapewnienia odpowiednich warunków dla wzrostu i rozwoju roślin uprawianych w wełnie mineralnej konieczne jest stosowanie przelewu pożywki w ilości 30-40%. Uprawy bezglebowe prowadzone są prawie wyłącznie systemem otwartym, w którym nadmiar pożywki nawozowej (wyciek, przelew, wody drenarskie) wypływający z mat uprawowych odprowadzany jest w głąb gruntu szklarni do ścieków lub gromadzony w sztucznych zbiornikach. Składniki nawozowe zawarte w tych przelewach mogą przemieszczać się głębiej i dostawać się do wód podziemnych, a następnie do studni powodując zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Z danych literaturowych (Dyśko 2007, Breś 2009, Breś 2002) wynika, że ponad 5 ton czystych nawozów z każdego hektara szklarni dostaje się do gruntu. Breś (2009) podaje, że miesięcznie na powierzchni 1 ha w uprawach takich gatunków jak pomidor, ogórek, róża i gerbera straty potasu, azotu, wapnia i siarki wynoszą odpowiednio: 413, 231, 220 i 101 kg/miesiąc/ha. Kleiber (2012) uważa, że największe zanieczyszczenie środowiska powodowane jest przez intensywne uprawy pomidora. Na podstawie wcześniejszych badań Komosa i Roszyka (1998) oraz Kowalczyka i in.(2001) wynika, że wzrasta zawartość niektórych składników mineralnych w wodach studziennych. Komosa (2002) prowadząc badania składu mineralnego wód studziennych w rejonie Kalisza, zwraca uwagę na wzrastające zanieczyszczenie wody składnikami pokarmowymi roślin i jonami balastowymi.

2. Cel zadania

Celem prowadzonych badań w ramach programu było monitorowanie i ocena stanu zanieczyszczenia wód podziemnych składnikami pokarmowymi roślin w największych skupiskach uprawy warzyw pod osłonami.

3. Metody badawcze

Zadanie prowadzono w latach 2010-2013 w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach. Próby wody pobierane były z ujęć wody przeznaczonej do fertygacji warzyw, z terenów skoncentrowanej produkcji szklarniowej, głównie z okolic Warszawy, Kalisza, a także z województw z południowej Polski.

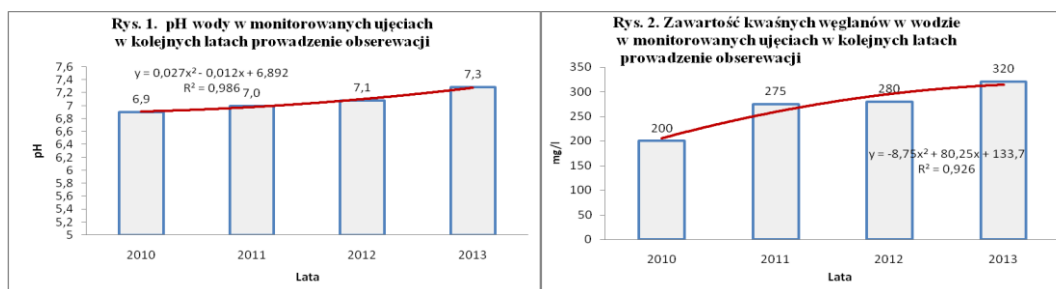


Próby pobierano z wyznaczonych ujęć podziemnych, co 2 miesiące. Analizie chemicznej poddano łącznie 720 próby. Woda analizowana była na zawartość składników mineralnych (pokarmowych/nawozowych) oraz jonów balastowych. W każdej próbce określano pH i ogólną zawartość soli mineralnych wyrażając je za pomocą wskaźnika EC (przewodnictwo właściwe roztworu). Odczyn (pH) wody oznaczano pH-metrem firmy ORION model VERSA STAR, a ogólną zawartość soli (EC) konduktometrem model CC-551 firmy Elmetron. Oznaczenia kationów: K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ oraz $P-PO_4^{3-}$ i SO_4^{2-} oraz mikroskładników przeprowadzono przy pomocy sekwencyjnego spektrometru emisyjnego z indukcyjnie sprzężoną plazmą -ICP model Optima 2000DV firmy Perkin-Elmer. Zawartość NO_3^- i stężenie jonu NH_4^+ oznaczano metodą kolorymetryczną przy użyciu auto-analizatora przepływowego firmy Skalar San^{plus}. Stężenie jonów chlorkowych oznaczano metodą potencjometryczną przy pomocy jonoanalyzera model 920A firmy Thermo Scientific. W próbach wody określono także zawartość kwaśnych węglanów (HCO^-) oraz twardość ogólną, wyrażoną w stopniach niemieckich ($^{\circ}dH$).

4. Opis wyników zadania

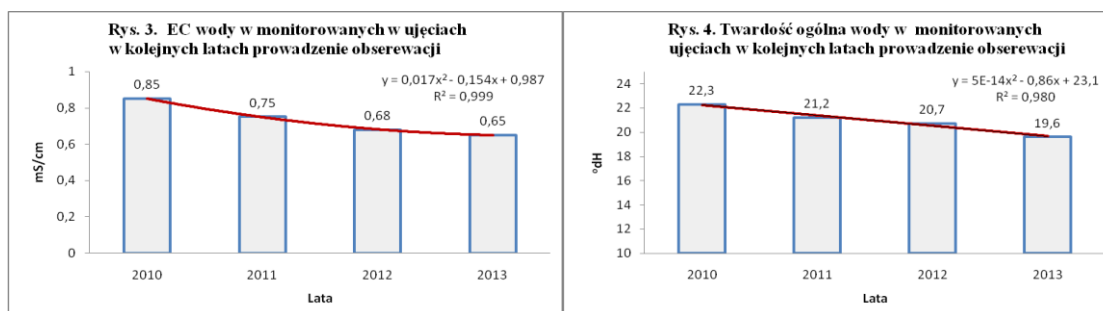
4.1. pH, twardość węglanowa (HCO_3^-) i ogólna

Porównanie wyników analizy chemicznej próbek wody w monitorowanych ujęciach wskazuje na tendencje wzrostu pH. Średnie pH wzrastało w kolejnych latach prowadzenia obserwacji (rys. 1). Analiza statystyczna liczebności prób w zależności od pH wykazała, że w roku 2013 prawie w 90%, a w poprzednich latach 55%, badanych prób miało odczyn lekko zasadowy, czyli pH powyżej 7,0. Wraz ze wzrostem pH wzrastała średnia zawartość HCO_3^- (rys. 2). Zaobserwowana tendencja wskazuje na powolne „alkalizowanie się wody”. Wyższe pH i większe stężenie kwaśnych węglanów jest korzystną tendencją, ponieważ zasadowy odczyn wody sprawia, że trudniej rozpuszczają się szkodliwe dla zdrowia związki glinu, fosforu oraz niektóre metale ciężkie. Z drugiej strony wyższe pH wody i większe stężenie kwaśnych węglanów wymaga większej ilości kwasu azotowego, co podnosi koszty produkcji. Zdarzały się ujęcia gdzie woda miała ponad $500 \text{ mg dm}^{-3} \text{HCO}_3^-$ (Sprawozdanie z PW z roku 2013). Ponad 84% prób analizowanych w latach 2010-2012 zawierało HCO_3^- w przedziale $160\text{-}420 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (Kowalczyk i in. 2013), podobnie w roku 2013. Twardość ogólna z $22,3 \text{ }^\circ\text{dH}$ w roku 2010 obniżyła się do poziomu $19,6 \text{ }^\circ\text{dH}$ w roku 2013 (rys. 4).



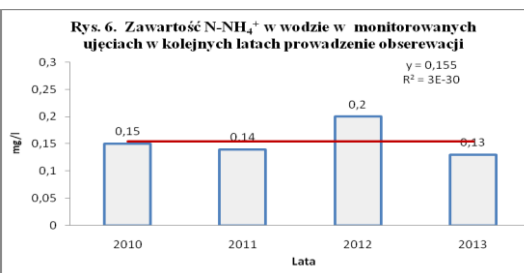
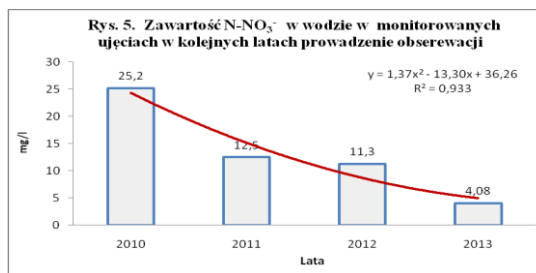
4.2. Ogólna zawartość rozpuszczonych soli (EC)

Z badań prowadzonych w Instytucie Warzywnictwa w latach 1998-2000 oraz późniejszych wynika, że wartość EC w analizowanych próbkach wody wynosiła średnio $0,61 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$, podobnie jak w roku bieżącym ($0,65 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$). Od roku 2010 obserwowano tendencje obniżania się EC do wartości $0,65 \text{ mS/cm}$ w roku 2013 (rys. 3). Przebieg zmian EC był różny w zależności o od ujęcia. Z monitoringu prowadzonego w latach 2011-2012 wynikało, że w 13 z nich obserwowano tendencje spadkowe wskaźnika EC, w 11 utrzymywał się na stałym poziomie, natomiast w 6 stwierdzono tendencje wzrostu jego wartości.



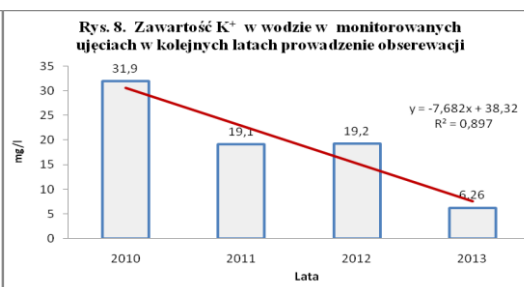
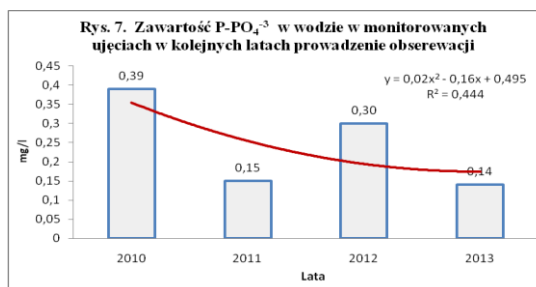
4.3. Azot azotanowy (N-NO₃⁻), azot amonowy (N-NH₄⁺)

Średnia zawartość N-NO₃⁻ z 12,5-12,4 mg·dm⁻³ w roku 2011 i 2012 obniżyła się do wartości 4,08 mg·dm⁻³ w roku 2013 (rys. 5). Porównanie liczebności prób w zależności od stężenia analizowanego składnika, w latach 2010-2012, wykazało, że w przeważającej liczbie prób, woda zawierała N-NO₃⁻ w stężeniu nie większym niż 5,0 mg·dm⁻³, (65 %). W 2013 roku udział był jeszcze większy (77 %). Badania na obecność formy amonowej wykazały, że woda stosowana do fertygacji upraw szklarniowych nie zawierała w kolejnych latach obserwacji jonów NH₄⁺ w nadmiarze, a jego stężenie utrzymywało się na poziomie 0,16 mg·dm⁻³ (rys. 6).



4.4. Fosfor (P-PO₄), Potas (K⁺)

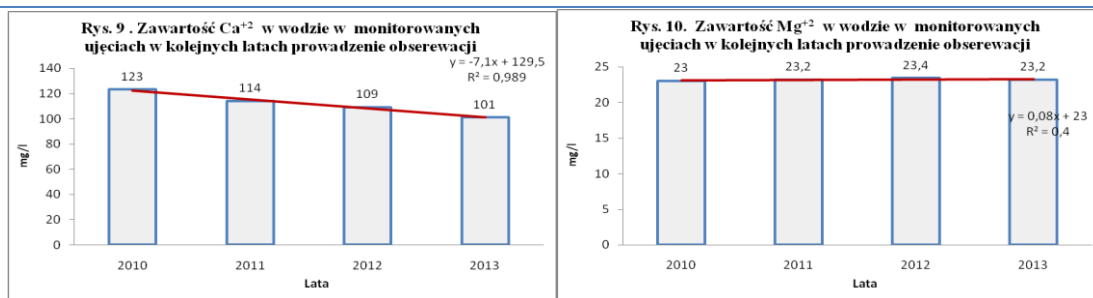
Stężenie P-PO₄ w 85-90% ogólnej liczby prób, było niższe niż 0,2 mg·dm⁻³, a średnia zawartość pierwiastka w latach 2010-2013 wynosiła 0,25 mg·dm⁻³ (rys. 7). Przeciętna jego zawartość to 0,1 mg·dm⁻³.



W okresie 4 lat prowadzenia obserwacji zauważono dynamiczny spadek średniej zawartości potasu (rys. 8). Z analizy liczebności w zależności od jego zawartości w analizowanych próbach wynika, że w prawie 70% badanych prób jego stężenie nie przekraczało 10 mg·dm⁻³. W roku 2012, w połowie analizowanych prób jego zawartość była niższa niż 4,90 mg·dm⁻³, a w roku 2013 wynosiła 3,54 mg·dm⁻³.

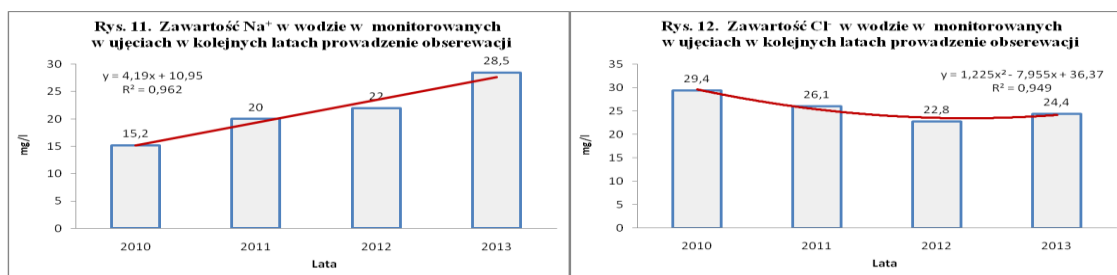
4.5. Wapń (Ca⁺²), Magnez (Mg⁺²)

Wapń i magnez to składniki, których obecność w wodzie nadaje jej twardość. W ciągu 4 kolejnych lat obserwacji zauważono tendencję spadkową zawartości Ca⁺² (rys. 9) i utrzymywanie się zawartości magnezu na stałym średnim poziomie 23,3 mg·dm⁻³ (rys.10). Tendencja zmniejszania się twardości ogólnej wody związana jest z zawartością wapnia, którego przeciętne stężenie w monitorowanych ujęciach to 92 mg·dm⁻³.



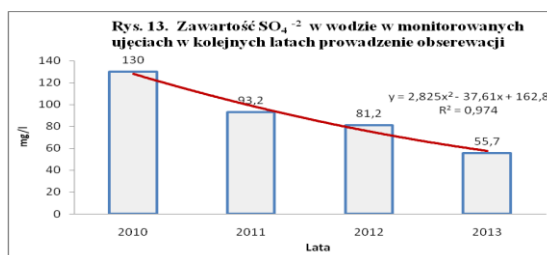
4.6. Sód (Na⁺), Chlorki (Cl⁻)

Sód to jeden z tzw. składników balastowych. Średnia zawartość Na⁺ wzrastała z czasem, szczególnie w roku 2013 (rys. 11). W latach 2010-2012 (Kowalczyk i in. 2013) w 80 % analizowanych prób zawartość Na⁺ zawierała się w granicach 0-30 mg·dm⁻³, natomiast w roku 2013 roku liczba prób o tej zawartości sodu zmniejszyła się do 69%, podobne tendencje wzrostowe zauważono dla pH (rys. 1) i HCO₃⁻ (rys. 4). Wzrost zawartości sodu i kwaśnych węglanów, czyli soli mocnej zasady i słabego kwasu, nadaje wodzie zasadowy odczyn. W latach 2010-2012 zaobserwowano wyraźną tendencję spadku średniej zawartości chlorków w badanych próbach wody, a w roku 2013 nieznaczny wzrost ich stężenia (rys. 12).



4.7. Siarka (SO₄⁻²)

Zawartość siarczanów w analizowanych próbach w czasie 4 letnich obserwacji wyraźnie obniżała się (rys. 13). W roku 2013, w ponad 70% analizowanych prób, średnie stężenie SO₄⁻² nie przekraczało 50 mg·dm⁻³, a w połowie z nich, zawartość była niższa niż 30 mg·dm⁻³. Obecność siarczanów, jako jonu balastowego w pożywce, w istotny sposób wpływa na wyrost EC. Wysokie stężenie siarczanów w wodzie sprawia trudności w opracowaniu pożywek nawozowych, ogranicza stosowanie nawozów siarczanowych.



4.8. Mikroelementy

Składniki mikroelementowe: Fe, Mn, Cu, Zn, B, występują w wodach studziennych na ogół w niskich stężeniach. Według rozporządzenia Ministra Zdrowia z 20.04.2010 roku zawartość żelaza w wodzie do spożycia nie powinna przekraczać $0,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W roku 2013 tylko 46% analizowanych prób wody spełniłoby te kryteria. Kryteria przydatności wody do fertygacji są mniej ostre i dopuszczalna zawartość Fe w wodzie związana jest z drożnością systemów nawadniania. Średnia zawartość manganu w badanych próbach przekraczała dopuszczalne stężenie określone dla wody przeznaczonej do spożycia. Według rozporządzenia Ministra Zdrowia dopuszczalna ich zawartość wynosi $0,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W połowie badanych prób stężenie Mn nie przekraczało $0,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W monitorowanych ujęciach nie stwierdzono nadmiernych zawartości miedzi, a jej zawartość nie przekraczała $0,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Stężenie cynku w 86% badanych prób nie przekraczało $0,10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a w połowie analizowanych prób zawartość Zn była niższa niż $0,05 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Dopuszczalna zawartość boru w wodzie do spożycia wynosi $1 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Dz. U. nr 72 poz. 466). W wodzie do fertygacji, szczególnie w uprawach bezglebowych warzyw na wełnie mineralnej, jego zawartość nie powinna być wyższa niż $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a w uprawach z recyrkulacją pożywki $0,27 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W monitorowanych ujęciach średnia zawartość boru była stosunkowo niska. Wyniki analiz chemicznych wykazały, że połowa analizowanych prób zawierała go w stężeniu nie większym niż $0,09 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. W ponad 80% badanych prób stężenie boru było niższe niż $0,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

5. Podsumowanie

Zawartości składników mineralnych i balastowych w monitorowanych ujęciach wody były bardzo zróżnicowane i charakteryzowały się dużą zmiennością w zależności od rejonu i lokalizacji poboru. W ostatnich 4 latach prowadzenia obserwacji zauważono wyraźne tendencje wzrostu pH, co skorelowane jest ze wzrostem zawartości kwaśnych węglanów. Wyniki prowadzonych analiz chemicznych wody z ujęć zlokalizowanych na terenach obiektów produkcyjnych wskazują na to, że w ponad 30% monitorowanych ujęć woda zawierała podwyższoną ogólną zawartość rozpuszczonych soli ($\text{EC} > 0,7 \text{ mS/cm}$). Woda o wysokim wskaźniku EC powoduje trudności w ustaleniu prawidłowych proporcji składników w pożywce, a nawet uniemożliwia wykorzystanie jej w uprawach bezglebowych, szczególnie takich gatunków jak ogórek szklarniowy. Uzyskane dane wskazują na tendencje spadkowe zawartości jonów balastowych: chlorków i siarczanów wodnych, co jest zjawiskiem pozytywnym.

6. Literatura

- Breś W. 2012.** Wpływ upraw bezglebowych na środowisko glebowe. Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nowe środki ulepszania gleby do redukcji zanieczyszczeń i rewitalizacji ekosystemu glebowego”. s. 17-21.
- Breś W. 2009.** Estimation of nutrient losses from open fertigation systems to soil during horticultural plant cultivation. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 18, No. 3. s. 341-345.
- Breś W. 2002.** Zanieczyszczenie środowiska jako skutek uprawy roślin ogrodnich w otwartych systemach nawadniania i nawożenia. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXLII.

- Dyśko J., Kowalczyk W. 2005.** Changes of macro and micronutrients concentration In Root medium and drainage water during tomato cultivation in rockwool. *Veget. Crops Res. Bull.* 62, 2005, s. 97-111.
- Dyśko J. 2007.** Problemy w bezglebowej uprawie pomidora w zamkniętym układzie nawożenia z recyrkulacją pożywki. *Materiały z Kongresu Agro-techniki Szklarniowej.*
- Jaroszuk-Sierocińska M. 2007.** Właściwości wodno-powietrzne wełny mineralnej Grodan Master. *Acta Agrophisica* 10 (1), s. 113-120.
- Kleiber T. 2012.** Pollution of the natural environment in intensive cultures under greenhouses. *Archive of Environmental Protection.* Vol.38, No. 2, s. 45-53.
- Komosa A. 2002.** Podłoża inertne – postęp czy inercja? *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 485, 2002, s. 141-167.
- Komosa A., Roszyk J. 1998.** Przydatność wody do fertygacji - wapń. *Ogólnopolska Konferencja Naukowa "Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodnich", AR Lublin, 9-10.06.1998,* 89-92.
- Kowalczyk W., Kaniszewski S., Felczyńska A. 2001.** Quality of water for fertigation vegetable growing under covers. *Veget. Crops Res. Bull.* 54, s. 75-85.
- Kowalczyk W., Dyśko J., Felczyńska A. 2010.** Ocena stopnia zanieczyszczenia składnikami nawozowymi wody z ujęć głębinowych na terenach o skoncentrowanej produkcji szklarniowej. *Nowości Warzywnicze* 51, s. 29-34.
- Kowalczyk W., Dyśko J., Felczyńska A. 2013.** Tendencje zmian zawartości wybranych składników mineralnych w wodach stosowanych do fertygacji warzyw uprawianych pod osłonami. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich.* Nr 2/I, s. 167-175.