



INSTYTUT OGRODNICTWA
SKIERNIEWICE
Samodzielna Pracownia Analiz Chemicznych
Laboratorium Analiz Gleby i Roślin

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

Autorzy:

dr Waldemar Kowalczyk

mgr Anna Felczyńska

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

Skierniewice 2014

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

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).

Tabela. 1. Powierzchnia szklarni i tuneli foliowych w Polsce

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

Źródło: GUS - http://stat.gov.pl/gus5840_12818_PKL_HTML.htm i szacunki własne

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 2010-2014, początkowo w Instytucie Warzywnictwa, a następnie 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.



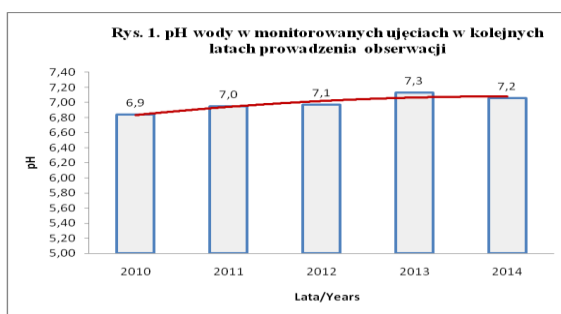
Próby pobierano z wyznaczonych ujęć podziemnych, co 2 miesiące. Analizie chemicznej poddano łącznie 720 próby. Woda analizowana była na zawartość składników mineralnych (pokarmowych/nawozowych) oraz jonów balastowych. W każdej próbie określano pH i ogólną zawartość soli mineralnych wyrażając je za pomocą 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 jonoanalizatora model 920A firmy Thermo Scientific. W próbach wody określono także zawartość kwaśnych węglanów (HCO_3^-) oraz twardość ogólną, wyrażoną w stopniach niemieckich ($^{\circ}dH$).

4. Opis wyników zadania

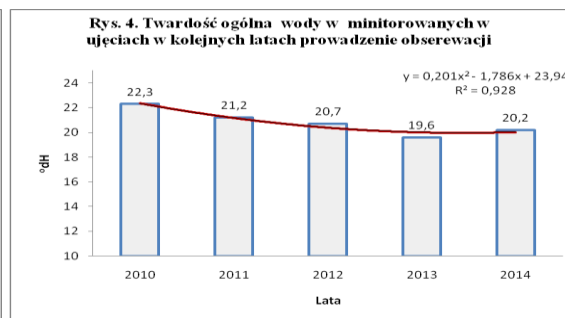
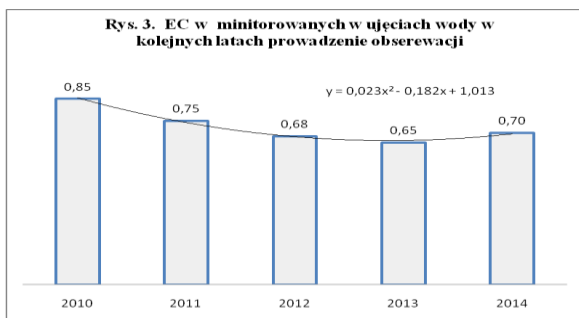
4.1. pH, twardość węglanowa (HCO_3^-) i ogólna

Porównanie wyników analizy chemicznej próbek wody w monitorowanych ujęciach wskazuje na tendencje wzrostu pH w latach 2010-2013, a w ostatnich 2 latach średnie pH utrzymywało się na poziomie 7,3-7,2 (rys.1). Analiza statystyczna liczebności prób w zależności od pH wykazała, że w roku 2014 ok. 70%, 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^- aby w roku 2013 i 2014 utrzymywać się na poziomie 320-326 $mg\ dm^{-3}$ (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 wody gdzie zanotowano ponad 500 $mg\ dm^{-3}$ HCO_3^- (Sprawozdanie z PW z roku 2013). Ponad 84% prób analizowanych w latach 2010-2012 zawierało HCO_3^- w przedziale 160-420 $mg\cdot dm^{-3}$ (Kowalczyk i in. 2013), podobne zawartości stwierdzono w roku 2013. Twardość ogólna z 22,3 $^{\circ}dH$ w roku 2010 obniżyła się do poziomu 19,6 $^{\circ}dH$ w roku 2013 i 20 $^{\circ}dH$ w roku 2014 (rys. 4).



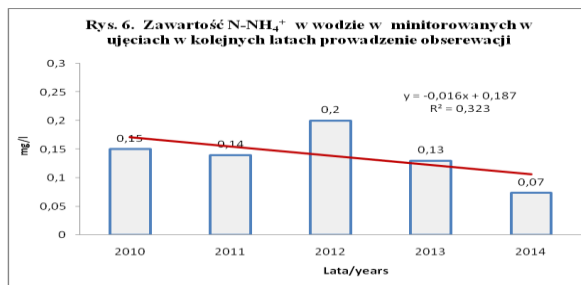
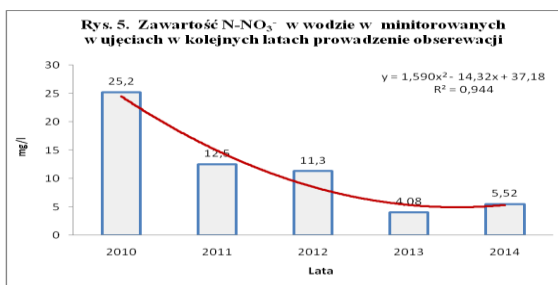
4.2. Ogólna zawartość rozpuszczonych soli (EC)

Z badań prowadzonych w Instytucie Warzywnictwa w latach 1998-2000 oraz późniejszych wynika, że średnia wartość EC w analizowanych próbach wody wynosiła 0,61 $mS\cdot cm^{-1}$, czyli na podobnym poziomie jak w roku 2013 (0,65 $mS\cdot cm^{-1}$). Od roku 2010 obserwowano tendencje obniżania się wskaźnika EC (rys. 3). Przebieg zmian EC był różny w zależności o od ujęcia i zawierał się w szerokim zakresie wartości od 0,27 do 1,70 $mS\cdot cm^{-1}$. Z monitoringu prowadzonego w latach 2011-2012 wynikało, że w 13 ujęciach wody obserwowano tendencje spadkowe wskaźnika, w 11 utrzymywał się na stałym poziomie, natomiast w 6 stwierdzono tendencje wzrostu jego wartości.



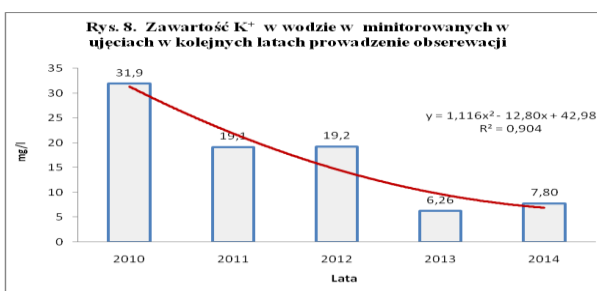
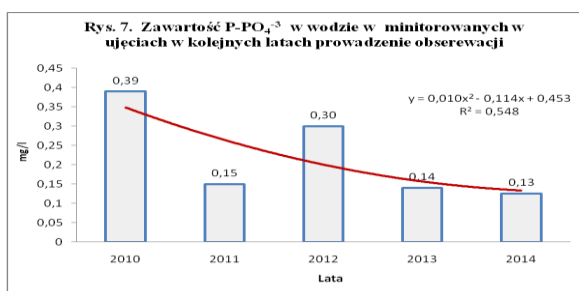
4.3. Azot azotanowy (N-NO₃⁻), azot amonowy (N-NH₄⁺)

Średnia zawartość N-NO₃⁻ z 12,5-12,4 mg·dm⁻³ w roku 2011 i 2012 obniżyła się do wartości 4,08 – 5,52 mg·dm⁻³ w roku 2013 i 2014, odpowiednio (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 %), a w 2014 - 65%. Badania na obecność formy amonowej wykazały, że woda stosowana do fertygacji upraw szklarniowych nie zawierała jonów NH₄⁺ w nadmiarze, a jego stężenie utrzymywało się średnio na poziomie 0,14 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 2010-2014 wynosiła 0,22 mg·dm⁻³, z tendencją spadkową w ostatnie 2 lata monitorowania (rys. 7). Jego zawartość to 0,1 mg·dm⁻³.

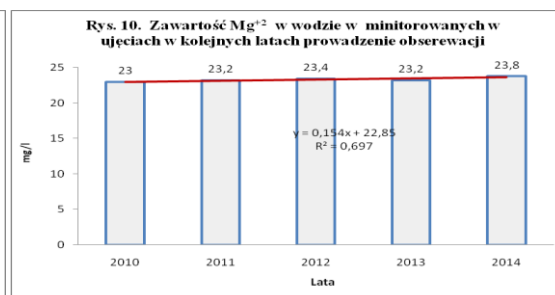
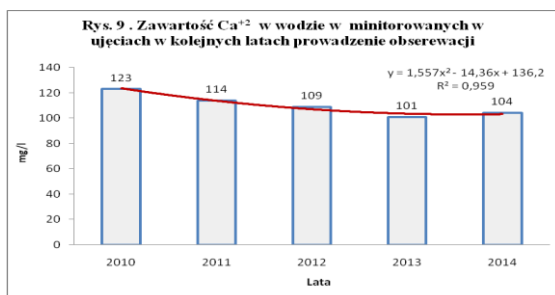


W okresie 5 lat prowadzenia obserwacji zauważono dynamiczny spadek średniej zawartości potasu latach 2013 i 2014 utrzymywał się poziomie 6,26 – 7,28 mg·dm⁻³ (rys. 8). Z analizy liczebności w zależności od jego stężenia wynika, że w 70% badanych prób jego stężenie nie przekraczało 10 mg·dm⁻³. W roku 2012, w połowie analizowanych prób jego zawartość była niższa niż 4,90 mg·dm⁻³, roku 2013 i 2014 wynosiła 3,54 mg·dm⁻³.

4.5. Wapń (Ca⁺²), Magnez (Mg⁺²)

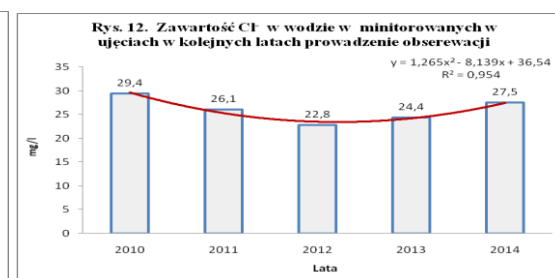
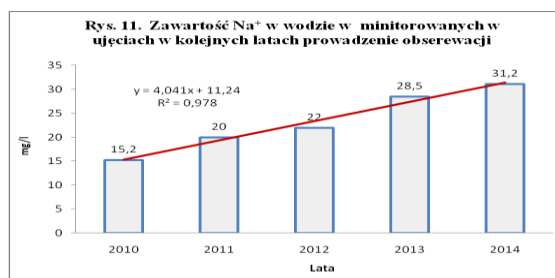
Wapń i magnez to składniki, których obecność w wodzie powoduje jej twardość. Zauważono tendencję wyraźną tendencję spadkową zawartości Ca⁺² w latach 2010-2013

(rys. 9), natomiast średnie stężenie magnezu utrzymywało się zawarto na stałym średnim poziomie $23,3 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ (rys.10). Tendencja zmniejszania się twardości ogólnej wody związana była zatem z zawartością wapnia, którego przeciętne stężenie w monitorowanych ujęciach to $92 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$.



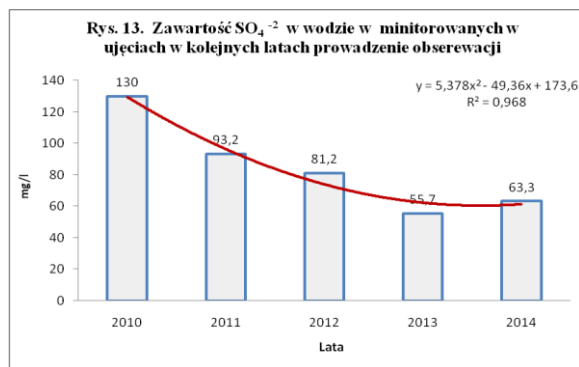
4.6. Sód (Na^+), Chlorki (Cl^-)

Średnia zawartość Na^+ w monitorowanych ujęciach wzrastała od $15,2 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ w roku 2010 do $31,2 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ w roku 2014 (rys. 11). W latach 2010-2012 (Kowalczyk i in. 2013) w 80 % analizowanych prób zawartość Na^+ zawierała się w granicach $0-30 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, natomiast w roku 2013 roku udział procentowy prób o tej zawartości sodu zmniejszył się do 69%, a w 2014 roku do 58 %. Oznacza to, że wzrosła liczba ujęć wody o zawartości powyżej $30 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Wzrost zawartości sodu i kwaśnych węglanów, czyli soli mocnej zasady i słabego kwasu, nadaje wodzie zasadowy odczyn, korzystny dla ograniczenia rozpuszczalności związków metali ciężkich. W latach 2010 - 2012 zaobserwowano wyraźną tendencję spadku średniej zawartości chlorków w badanych próbach wody, a w roku 2013 i 2014 nieznaczny wzrost ich stężenia (rys.12).



4.7. Siarka (SO_4^{2-})

Zawartość siarczanów w ujęciach wodnych w latach 2010-2013 systematycznie zmniejszała się (rys. 13). W roku 2013, średnie stężenie SO_4^{2-} w ponad 70% analizowanych prób nie przekraczało $50 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$, a w połowie, ich, zawartość była niższa niż $30 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. W roku 2014 natomiast, wartość ta obniżyła się do $20 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. Ich średnia zawartość była na podobnym poziomie jak w roku 2013. Obecność siarczanów w pożywce w istotny sposób wpływa na wzrost ogólnej zawartości soli. Wysokie stężenie siarczanów sprawia trudności w opracowaniu pożywek nawozowych i ogranicza dobór nawozów do kompozycji pożywek nawozowych, szczególnie siarczanowych.



4.8. Mikroelementy

Składniki mikroelementowe: Fe, Mn, Cu, Zn, B, występowały w wodach studziennych na ogół w niskich stężeniach. Żelazo (Fe^{3+} i Fe^{2+}) występuje w ujęciach wody w największych ilościach spośród wszystkich mikrośladników. Według rozporządzenia Ministra Zdrowia z dn. 20.04.2010 roku zawartość żelaza w wodzie do spożycia nie powinna przekraczać $0,2 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Według naszych danych, roku 2013 - 46%, a w roku 2014 tylko 34 % 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, w większości przypadków 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 każdym roku, w ponad 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 80-86% badanych prób, zależnie od roku w którym prowadzono monitorowanie, nie przekraczało stężenia $0,10 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a w połowie analizowanych prób (w 2014 roku) zawartość Zn była niższa niż $0,02 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. 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 węglinie mineralnej, jego zawartość nie powinna być wyższa niż $0,5 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, a w uprawach z recyrkulacją pożywki $0,27 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Średnia zawartość boru w monitorowanych ujęciach była stosunkowo niska i w 2014 roku wynosiła $0,12 \text{ mg/l}$. Wyniki analiz chemicznych wykazały, że połowa analizowanych prób zawierała bor 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 czasie prowadzenia obserwacji zauważono wyraźne tendencje wzrostu pH i zawartości kwaśnych węglanów i sodu. Wyniki prowadzonych analiz chemicznych wody z ujęć zlokalizowanych na terenach obiektów produkcyjnych wskazują na to, że w ponad 30 % monitorowanych ujęciach 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 azotanów, potasu i siarczanów. Nie stwierdzono nadmiernych zawartości mikrośladników z wyjątkiem Fe i Mn, dla których zostały przekroczone dopuszczalne zawartości określone w rozporządzeniu Ministra Zdrowia.

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 recykulacją 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. Archivof 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.