INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 2/I/2013, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 167–175
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

TENDENCJE ZMIAN ZAWARTOŚCI WYBRANYCH SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W WODACH STOSOWANCH DO FERTYGACJI WARZYW UPRAWIANYCH POD OSŁONAMI

Waldemar Kowalczyk, Jacek Dyśko, Anna Felczyńska
Instytut Ogrodnictwa w Skierniewicach

TRENDS OF THE CONTENT OF SELECTED MINERAL ELEMENTS IN WATERS FOR FERTIGATION OF VEGETABLE GROWN UNDER COVERS

Streszczenie

Celem prowadzonych badań było monitorowanie składu mineralnego wody stosowanej do fertygacji w uprawach bezglebowych. Badania prowadzono w latach 2010-2012 i przeanalizowano łącznie 360 prób wody z różnych studni głębinowych, z ważniejszych rejonów produkcji warzyw pod osłonami. W próbach wody oznaczano pH, przewodnictwo właściwe (EC), zawartość składników mineralnych oraz zawartość jonów balastowych. W każdej pobranej próbie wody oznaczono zawartość kwaśnych węglanów. W czasie dwuletniego okresu prowadzenia badań stwierdzono wzrost średniej zawartości kwaśnych węglanów średnio o 80 mg.dm^{-3} oraz pH, przeciętnie o 0,17 jednostki. Zawartość soli rozpuszczonych ogółem w ciągu tego okresu obserwacji obniżyła się, średnio o 0,14 mS.cm^{-1}. Zawartość azotanów w zależności od miejsca poboru wody wahała się w bardzo szerokim zakresie, od 0,05 do 128 mg·dm^{-3}. W okresie dwuletnich obserwacji stwierdzono tendencje spadkowe zawartości jonów balastowych takich jak Cl- i SO_4^{2-}, natomiast stężenie sodu (Na^+) nie ulegało zmianom i średnio utrzymywało się na poziomie 21,0 mg · dm^{-3}.

Słowa kluczowe: monitorowanie, woda, składniki mineralne, jony balastowe

Summary

The aim of the study was the monitoring the mineral composition of the water used for fertigation in soilless culture. The study was conducted in the years 2010-2012 and analyzed a total of 360 samples of water from different water intakes of the major areas of vegetable production in greenhouses. The water samples were determined pH, conductivity (EC), the content of minerals and ballast ions. In each sample of water collected, the contents of bicarbonates were determined. During two years of research, an increase in the average content of bicarbonates average 80 mg·dm^{-3} and pH by 0.17 units on average. The content of total dissolved salts in the course of the observation period decreased. The average value of EC decreased by 0.14 mS.cm-1. The nitrate content according to the water intakes varied over a wide range from 0.05 to 128 mg·dm^{-3}. During follow-up, two-year downward trend ballast ion content such as Cl-and SO_4^{2}-, and sodium (Na +), there was no change and remained at an average level of 21.0 mg·dm^{-3}.

***Key words**: monitoring, water mineral elements, ballast ions*

WSTĘP

W uprawach bezglebowych prowadzonych systemem otwartym nadmiar pożywek nawozowych (wyciek, przelew, wody drenarskie) wypływający z mat uprawowych odprowadzany jest w niekontrolowany sposób w głąb gruntu szklarni lub do ścieków, bez możliwości jego odzyskania. Składniki nawozowe zawarte w tych przelewach mogą przemieszczać się wraz z frontem zwilżania i dostawać się do wód gruntowych, a następnie do studni i zbiorników wodnych powodując zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Szacuje się, że uprawy bezglebowe zajmują około 1500 ha, w tym uprawy pomidora na wełnie mineralnej 1200 ha, natomiast uprawy ogórka około 100 ha [Dyśko 2007]. Breś [2012] podaje, że łączna powierzchnia uprawy pomidora wynosi nawet 2500 ha. Wełna mineralna jest obecnie jednym z najczęściej stosowanych podłoży uprawowych w towarowej produkcji warzyw pod osłonami, głównie pomidora i ogórka [Komosa 2002]. Podłoże to charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami fizycznymi i chemicznymi [Jaroszuk-Sierocińska 2007], co pozwala na uzyskanie wysokich plonów i bardzo dobrej jakości owoce. W uprawach bezglebowych, szczególnie w wełnie mineralnej, dla zapewnienia odpowiednich warunków do wzrostu i rozwoju roślin, konieczne jest stosowanie dodatkowej ilości pożywki, sięgającej nawet 40%, w celu przepłukiwania mat uprawowych. Pożywka wnikająca do gruntu jest bardziej skoncentrowana, niż wyjściowa dozowana na maty uprawowe [Dyśko, Kowalczyk 2005, Breś 2012]. Według Dyśko [2007] oraz Bresia [2002], z przelewem do gruntu szklarni dostaje się rocznie z powierzchni 1 ha ok. 5 ton wysokiej jakości nawozów mineralnych. Breś [2009] podaje, że miesięcznie na powierzchni 1 ha w upra-

wach 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. Anion NO_3^- w glebie nie podlega sorpcji wymiennej, a więc jest podatny na wymywanie w głąb profilu glebowego. Zanieczyszczenie wód gruntowych obejmuje ryzyko spożywania wody z dużą ilością azotanów. Światowa Organizacja Zdrowia (WHO) oraz Polska przyjęły za bezpieczny dopuszczalny poziom zanieczyszczeń wody pitnej do 10 mg $\cdot dm^{-3}$ azotu azotanowego [Duer i in. 2004]. Z wcześniejszych badań Komosy 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, Pleszewa i Śmigla, wskazuje na wzrastające zanieczyszczenie wody składnikami pokarmowymi i balastowymi. Jakość wody oraz poziom zanieczyszczeń składnikami nawozowymi ma duże znaczenie nie tylko w uprawie warzyw [Chohura , Komosa 2000], ale i w uprawach innych gatunków roślin [Breś 2009].

Celem prowadzonych badań było monitorowanie i ocena stanu zanieczyszczenia wód podziemnych składnikami mineralnymi w największych rejonach uprawy warzyw pod osłonami.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2010-2012 w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach. Próby wody pobierane były z ujęć wody przeznaczonej do fertygacji, z terenów skoncentrowanej produkcji szklarniowej, głównie zlokalizowanych w okolicach Warszawy i Kalisza oraz województw małopolskiego, podkarpackiego i lubelskiego. Analizie chemicznej poddano łącznie 360 prób wody, z różnych ujęć wody i różnych lokalizacji. Woda po dostarczeniu do laboratorium analizowana były na zawartość składników mineralnych oraz jonów balastowych. W każdej analizowanej próbie określano także pH i ogólną zawartość soli mineralnych wyrażaną za pomocą wskaźnika EC (przewodnictwo właściwe roztworu - electrical conductivity). 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-}), SO_4^{2-}) przeprowadzono przy pomocy sekwencyjnego spektrometru emisyjnego z indukcyjnie sprzężoną plazmą –ICP, model Optima 2000DV firmy Perkin-Elmer. Do kalibracji aparatu stosowano wielopierwiastkowy wzorzec firmy MERCK [Kowalczyk i in. 2001]. Zawartość NO_3^- i stężenie jonu NH_4^+ oznaczano metodą kolorymetryczną przy użyciu auto-analizatora przepływowego firmy Skalar San^{plus}. Stężenie jonów chlorkowych określano metodą potencjometryczną przy pomocy jonoanalizatora model 920A firmy Thermo Scientific [Kowalczyk 1995]. W badanych próbach wody określono także zawartość kwaśnych

węglanów (HCO^-) i twardość ogólną, wyrażoną w stopniach niemieckich (°dH). Wyniki badań opracowano statystycznie, określając wartość średnią (z 360 prób), minimalną i maksymalną. Dla każdej cechy obliczono wartość mediany, standardowe odchylenie i współczynnik zmienności.

WYNIKI I DYSKUSJA

Próby wody pochodzące z różnych ujęć, z różnych rejonów Kraju, charakteryzowały się dużą zmiennością składu mineralnego. Świadczy o tym wysoka wartość współczynników zmienności i standardowego odchylenia badanych cech (tabela 1).

Tabela 1. Właściwości fizyczne i zawartość składników mineralnych w próbach wody pobranych z ujęć wodnych z terenów uprawy warzyw pod osłonami – średnie z 360 prób (2012)
Table l. The physical properties and the content of the mineral elements in water samples collected from water intakes from regions of vegetables grown under covers – means of 360 samples (2012)

Badana cecha Parametr Tested parameter	Jednostki Units	Wartość średnia Mean Value	Wartość minimalna Minimum Value	Wartość maksymalna Maximum Value	Wartość mediany Median value	Standardowe odchylenie Standard Deviation	Współczynnik zmienności [%] Variation coefficient
pH	-	7,07	6,1	7,80	7,10	0,28	3,90
EC	mS cm^{-1}	0,71	0,32	1,68	0,62	0,28	39,7
Twardość ogólna	^{o}dH	20,8	8,33	48,8	19,0	7,96	38,3
HCO_3^-	mg dm^{-3}	280	3,12	599	278	111	39,6
$N\text{-}NO_3^-$	mg dm^{-3}	12,1	0,05	128	0,52	23,4	193
$N\text{-}NH_4^+$	mg dm^{-3}	0,18	0,02	4,78	0,08	0,29	161
P	mg dm^{-3}	0,23	0,02	6,02	0,1	0,56	238
K	mg dm^{-3}	15,3	0,10	101	4,56	23,1	151
Ca	mg dm^{-3}	110	14,4	280	92,0	47,0	42,9
Mg	mg dm^{-3}	23,2	8,42	58,9	23,1	8,10	34,9
Na	mg dm^{-3}	22,0	0,90	62,6	19,0	13,7	62,5
Cl^-	mg dm^{-3}	22,8	1,87	71,6	18,3	14,8	65,2
SO_4^{-2}	mg dm^{-3}	81,7	0,10	388	48,0	83,8	103

Porównanie wyników badań prowadzonych w latach 1998-2000 oraz roku 2010 wskazuje na obniżenie się pH średnio o 0,26 jednostki [Kowalczyk i in. 2001 i Kowalczyk i in. 2010]. Natomiast porównanie wyników badań z roku 2010

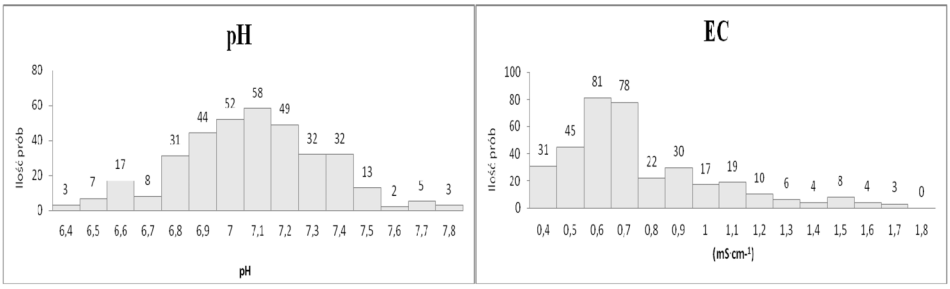
[Kowalczyk i in. 2010] oraz najnowszych (2011-2012), wskazuje na tendencję nieznacznego wzrostu średniej wartości pH (tabela 2). Z badań prowadzonych przez Komosę [2002] wynika, że pH wody było zróżnicowane w zależności od rejonu z którego pochodziły próby. W rejonie Śmigla wody charakteryzowały się kwaśnym odczynem i niską zawartością kwaśnych węglanów, natomiast w rejonie Kalisza i Pleszewa przeważały wody bardziej zasadowe. Wyniki badań własnych wskazują na tendencje wzrostu pH w kolejnych latach obserwacji 2011-2012. Z analizy statystycznej rozkładu wynika bowiem , że 45,5% stanowiły próby o pH poniżej 7,0 czyli przeważały wody o pH powyżej 7,0. Wzrostowi pH towarzyszył wzrost zawartości kwaśnych węglanów. Woda w monitorowanych ujęciach zawierała w przeważającej liczbie prób kwaśne węglany w wysokim stężeniu. Ponad 84% prób zawierało HCO_3^- w przedziale 160-420 mg·dm^{-3} (rysunek 1). Woda do fertygacji warzyw w uprawach szklarniowych o wysokim stężeniu HCO_3^- wymaga dużych ilości kwasów mineralnych, przeważnie azotowego, do zakwaszenia pożywki nawozowej, jak również sprawia trudności w opracowaniu odpowiedniego jej składu.

Tabela 2. Właściwości fizyczne i zawartość składników mineralnych w próbach wody pobranej z ujęć głębinowych z terenów uprawy warzyw pod osłonami (2010-2012)
Table 2. The physical properties and the content of the mineral elements in water samples collected from water intakes from regions of vegetables grown under covers (2010-2012)

Badana cecha/parametr Parameter	Jednostki Units	Średnia z 360 prób Mean of 360 samples			Względna zmiana badanej cechy w stosunku do 2010 r. [%] Relative change of tested parameter in comparison with 2010
		2010	**2011**	**2012**	
pH		6,9	7,0	7,07	+1,4 / +2,5
EC	mS cm^{-1}	0,85	0,75	0,71	-11,8/ -16,5
Twardość ogólna	^{o}dH	22,3	21,2	20,8	-4,9/-6,7
HCO_3^-	mg dm^{-3}	200	275	280	+37,5/+40
$N\text{-}NO_3^-$	mg dm^{-3}	25,2	12,5	12,1	-51/-50
$N\text{-}NH_4^+$	mg dm^{-3}	0,15	0,14	0,18	-6,7/20
P	mg dm^{-3}	0,39	0,15	0,23	-62/-41
K	mg dm^{-3}	31,9	19,1	17,8	-40/ -44
Ca	mg dm^{-3}	123	114	110	-7,3/-10,6
Mg	mg dm^{-3}	23,0	23,2	23,2	+0,9/+0,9
Na	mg dm^{-3}	15,2	20,0	22,0	+32/+45
Cl^-	mg dm^{-3}	29,4	26,1	22,8	-11,2/-22,4
SO_4^{-2}	mg dm^{-3}	130	93,2	81,7	-29/-37

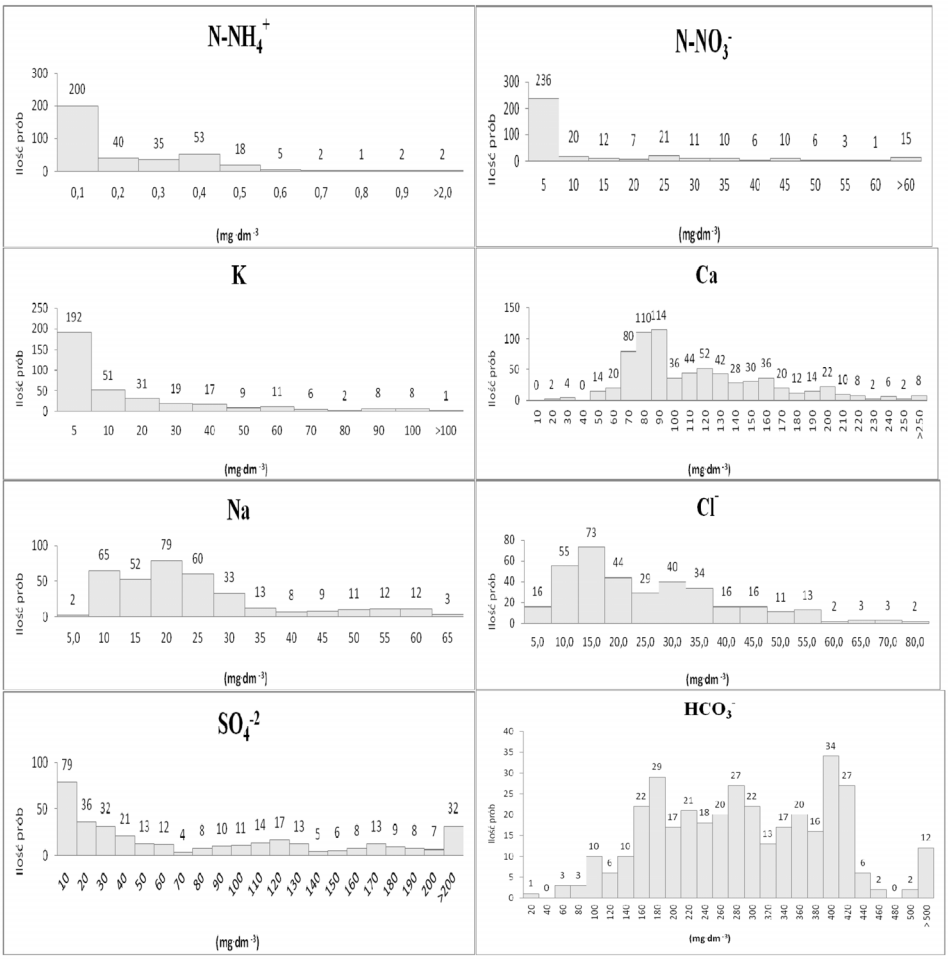
Z badań prowadzonych w Instytucie Warzywnictwa w latach 1998-2000 wynika, że średnia wartość EC w próbach pobieranych z ujęć zlokalizowanych na terenach gospodarstw ogrodniczych wynosiła 0,67 mS·cm^{-1} [Kowalczyk i in.

2001]. Kowalczyk i in. [2010] badając skład chemiczny wody z różnych ujęć, podają wartość wyższą 0,85 $mS \cdot cm^{-1}$. Wzrost EC mógł być związany ze wzrostem powierzchni upraw bezglebowych w ostatni 10-leciu,na co już wcześniej zwrócił uwagę Komosa [2002]. Porównanie wyników badań składu chemicznego wody prowadzonych w roku 2010 [Kowalczyk i in. 2010] i obecnych, wskazuje na tendencje spadkowe wskaźnika EC, odpowiednio o 11,8 i 16,5% w stosunku do roku 2010 (tabela 2). Obliczenia statystyczne wykazały, że 123 próby wody na 360 ogółem, zawierały podwyższoną lub wysoką zawartość soli (EC> 0,7 $mS \cdot cm^{-1}$), co stanowiło ponad 34% ogólnej liczby badanych prób (rysunek 1). Największą zmiennością charakteryzowały się pomiary zawartości $N\text{-}NO_3^-$, $N\text{-}NH_4^+$, P, K i SO_4^{-2}. Obliczone współczynniki zmienności dla tych składników mineralnych wynosiły ponad 100% (tabela1). O dużej zmienności tych cech świadczą również przedziały od wartości minimalnej do maksymalnej (tabela1). Średnia zawartość $N\text{-}NO_3^-$ w roku 2011 i 2012 obniżyła się odpowiednio do wartości 12,5 i 12,1 $mg \cdot dm^{-3}$.



Rysunek 1. Rozkład badanych prób w zależności od pH i EC
Figure 1. Analytical samples distribution according to pH and EC

Lepszym miernikiem statystycznym okazała się obliczona wartość mediany (tabela 1, rysunek 2). Porównanie liczebności prób w zależności od stężenia analizowanego parametru wykazało, że przeważająca liczba prób (236 na 360 ogółem) zawierała $N\text{-}NO_3^-$ w stężeniu nie przekraczającym 5,0 $mg \cdot dm^{-3}$, co stanowiło 65 % badanych prób. Monitoring dotyczący obecności i zawartości formy amonowej w badanych próbach wykazał, że woda stosowana do fertygacji upraw szklarniowych nie zawierała jonów NH_4^+ w nadmiarze (tabela1 i rysunek 2). Wyniki analizy chemicznej na zawartość $P\text{-}PO_4^{-3}$ wykazały, że tylko 15% analizowanych prób zawierało $P\text{-}PO_4^{-3}$ w stężeniu powyżej 0,2 $mg \cdot dm^{-3}$, a obliczona wartość mediany dla fosforanów wynosiła 0,1 $mg \cdot dm^{-3}$. Analizy chemiczne na zawartość potasu, wapnia i magnezu wykazały, że średnie ich stężenie było na podobnym poziomie w latach 2011-2012 (tabela 2).



Rysunek 2. Rozkład prób w zależności od stężenia składnika
Figure 2. Analytical samples distribution according to elements concentration

Stężenie potasu nie przekraczało 10 mg·dm^{-3} w 248 próbach, co stanowiło 69% ogólnej liczby badanych prób (rysunek 2). Z kolei zawartość magnezu wahała się w bardzo szerokim zakresie, a jego średnia wartość utrzymywała się na podobnym poziomie w kolejnych latach prowadzenia obserwacji.

Badania nad zawartością wapnia w pobranych próbach wody wykazały, że średnia jego zawartość utrzymywała się na podobnym poziomie w kolejnych latach badań (tabela 2). Analiza statystyczna liczebności prób w zależności od jego stężenia wykazała, że w 48 % z nich Ca występowało w ilości nie przekraczającej 90 mg·dm^{-3}, a w ponad połowie stwierdzono wysokie lub bardzo wysokie jego zawartości (rysunek 2). Nie stwierdzono różnic twardości ogólnej w badanych wodach.

Tendencje zmian średniej zawartości jonów balastowych (Na, Cl^- i SO_4^{-2}) w analizowanych próbach wody przedstawiono w tabeli 2. Wynika z niej , że wystąpiły wyraźne tendencje spadkowe średniej zawartości Cl^- i SO_4^{-2} , natomiast zawartość sodu utrzymywała się na podobnym poziomie w 2011 i 2012 roku. W 80 % analizowanych prób zawartość sodu zawierała się w granicach 10-30 $mg \cdot dm^{-3}$ (rysunek 2). Zawartość jonów siarczanowych była również bardzo zróżnicowana i wahała się w szerokim zakresie stężeń. W 168 z nich zawartość ta nie przekraczała 40 $mg \cdot dm^{-3}$, co stanowiło 46 % ogólnej liczby wszystkich badanych prób. Analiza statystyczna wykazała, że w 80% z nich stężenie Cl^- nie przekraczało wartości 40 $mg \cdot dm^{-3}$. W wielu ujęciach wody stwierdzono jednak ich wysokie lub bardzo wysokie stężenie (rysunek 2).

WNIOSKI

1. Wody stosowane do fertygacji warzyw w uprawach szklarniowych w większości badanych prób charakteryzowały się lekko zasadowym odczynem i związane to było z wyższą zawartością kwaśnych węglanów.
2. Badane wody w latach 2011-2012 charakteryzowały się niższym wskaźnikiem EC, co jest zjawiskiem korzystnym i świadczy o zmniejszaniu się stopnia zanieczyszczenia wody stosowanej do fertygacji na terenach skoncentrowanej produkcji warzyw szklarniowych.
3. Obniżanie się ogólnej zawartości soli (EC) w monitorowanych ujęciach wody związane było głównie ze spadkiem zawartości tzw. jonów balastowych to jest chlorków i siarczanów oraz jonów potasowych.

Praca została wykonana w ramach 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.

BIBLIOGRAFIA

Breś W. *Wpływ upraw bezglebowych na środowisko glebowe*. Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nowe środki ulepszania gleby do redukcji zanieczyszczeń i rewitalizacji ekosystemu glebowego". 2012, s. 17-21.

Breś W. *Estimation of nutrient losses from open fertigation systems to soil during horticultural plant cultivation*. Polish J. of Environ. Stud. Vol. 18, No. 3, 2009. s. 341-345.

Breś W. *Zanieczyszczenie środowiska jako skutek uprawy roślin ogrodniczych w otwartych systemach nawadniania i nawożenia*. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu CCCXLII, Melior. Inż. Środ. 23. 2002. s. 35 – 42.

Duer L, Fotyma M., Madej A. *Kodeks Dobrej Praktyki Rolniczej*. Wyd. III. Warszawa.

Chohura P., Komosa A. 2000. *Jakość owoców pomidora szklarniowego uprawianego w podłożach inertnych*. VIII Konferencja Naukowa „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych - Zmiany ilościowe i jakościowe w warunkach stresu". 2000, s. 139-141.

Dyśko J., Kowalczyk W. *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. *Problemy w bezglebowej uprawie pomidora w zamkniętym układzie nawożenia z recyrkulacją pożywki*. Materiały z Kongresu Agro-techniki Szklarniowej. 2007.

Jaroszuk-Sierocińska M. *Właściwości wodno-powietrzne wełny mineralnej Grodan Master*. Acta Agrophisica 10 (1), 2007, s. 113-120.

Kleiber T. *Pollution of the natural environment in intensive cultures under greenhouses*. Archive of Environmental Protection.Vol.38, No. 2, 2012, s. 45-53.

Komosa A. *Podłoża inertne - postęp czy inercja?* Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 485, 2002, s.141-167.

Kowalczyk W. 1995. *Analiza chemiczna wody i pożywek w uprawie warzyw pod osłonami*. Nowości Warzywnicze 27, 1995, s. 23-29.

Kowalczyk W., Kaniszewski S., Felczyńska A . *Quality of water for fertigation vegetable growing under covers.* Veget. Crops Res. Bull. 54, 2001, 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, 2001, s. 29-34.

Waldemar Kowalczyk
Jacek Dyśko
Anna Felczyńska
e-mail: waldemar.kowalczyk@inhort.pl
Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice