INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 2/I/2013, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 127–135
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

WPŁYW BEZGLEBOWYCH UPRAW SZKLARNIOWYCH NA ZANIECZYSZCZENIE PŁYTKICH WÓD GRUNTOWYCH ODCIEKAMI NAWOZOWYMI

Jacek Dyśko, Stanisław Kaniszewski, Waldemar Kowalczyk
Instytut Sadownictwa w Skierniewicach

THE INFLUENCE OF DRAINAGE WATER FROM GREENHOUSE SOILLESS CULTURE ON POLLUTION OF SHALLOW GROUNDWATER

Streszczenie

W Polsce podstawowe warzywa szklarniowe uprawia się bezglebowo w systemie otwartym, to jest takim, w którym nadmiar pożywki wyciekający ze strefy wzrostu korzeni odprowadzany jest do gruntu szklarni lub do ścieków. Wycieki roztworów z mat uprawowych są bardziej skoncentrowane w porównaniu z pożywką dozowaną pod rośliny.

Celem badań prowadzonych w latach 2010 -2012, było określenie wpływu podłożowych upraw bezglebowych pomidora i ogórka na wzrost zawartości składników mineralnych w płytkich wodach gruntowych, występujących pod obiektami uprawowymi oraz w ich sąsiedztwie. Próbki wody do analiz chemicznych pobierano co 3 tygodnie z piezometrów zlokalizowanych w szklarniach oraz terenach przyległych, w odległości 25 i 300 m od tych obiektów. Wyniki analiz chemicznych wody wskazują na wzrost stopnia zanieczyszczenia tych wód składnikami nawozowymi. Wody gruntowe znajdujące się bezpośrednio pod uprawami bezglebowymi zanieczyszczone były prawie wszystkimi składnikami, które występują w pożywkach nawozowych Do wód gruntowych w znacznych ilościach przedostawały się związki azotu, potasu, wapnia i magnezu. Zanieczyszczenie wód gruntowych pod uprawą ogórka było na podobnym poziomie jak pod uprawą pomidora. Zawartość składników mineralnych w wodach gruntowych malała wraz z wzrostem odległości od obiektów uprawowych (źródła wycieku pożywek do gleby)

Słowa kluczowe: wody gruntowe, uprawy bezglebowe, pożywki nawozowe, wody drenarskie, zanieczyszczenie wód gruntowych

Summary

Basic greenhouse vegetables in Poland are grown in open soilless system in which an excess of nutrient solution leaking from area of root system is discharged into the ground or drains of greenhouses. Drainage water from the growing slabs is more concentrated than nutrient solution supplied for plants.

The aim of research conducted in the years 2010 – 2012 was to determine the effect of drainage water from soilless cultivation of tomato and cucumber on the mineral content in shallow groundwater occurring in objects of cultivation and in their neighborhood. Water samples for chemical analyzes were collected at intervals of three weeks from the piezometers located in greenhouses and adjacent areas within 25 and 300 m from the object. . The results of chemical analyzes of water indicate an increase in the degree of pollution of the waters of mineral nutrients. Ground water directly under soilless cultivated plants were contaminated almost all mineral nutrients that are in media fertilizers. Groundwater in significant quantities from entering nitrogen, potassium, calcium and magnesium. Contamination of ground water in the cucumber crop was at a similar level as in tomato cultivation. Mineral content in the groundwater decreased with increasing distance from the objects of cultivation.

Key words: *groundwater, soilless culture, nutrient solution, drainage water, pollution of groundwater*

WSTĘP

Uprawy bezglebowe zdominowały produkcję pomidora i ogórka pod osłonami. Tego typu technologie umożliwiają specjalizację w produkcji jednego gatunku roślin bez potrzeby zmianowania, zapewniając jednocześnie stabilne i wysokie, dobrej jakości plony [Gruda 2009]. Wśród upraw bezglebowych przeważają uprawy prowadzone na podłożach mineralnych, organicznych i syntetycznych [Komosa 2002]. Rola stosowanych podłoży ogranicza się do mechanicznego utrzymania korzeni oraz zapewnienia właściwych warunków powietrzno- wodnych, sprzyjających pobieraniu łatwo dostępnych składników pokarmowych. Uprawy bezglebowe nawożone są systematycznie roztworami nawozów o stężeniach hydroponicznych. Pomimo stosowania niewielkich stężeń pożywek w podłożach uprawowych, dochodzi do zatężania i zmiany proporcji poszczególnych składników a tym samym do gorszego ich pobierania przez rośliny. Aby nie dopuścić do znacznego i niekorzystnego wzrostu składników mineralnych w podłożu, konieczne jest stosowanie większych ilości pożywek w celu przepłukiwania mat uprawowych. Dodatkowa ilość pożywki, określana jako przelew lub wody drenarskie, zapobiegająca nadmiernemu zatężaniu uzależniona jest od gatunku uprawionej rośliny, jakości wody, stężenia stosowanych roztworów nawozowych (EC) oraz warunków klimatycznych [Saha i in. 2008]. Przeciętna wielkość przelewu w uprawie pomidora na wełnie mineralnej lub innych podłożach wynosi od 25 do 50% [Van Os 1995]. Większe zatężanie

występuje w podłożach o dużej sorpcji mechanicznej i fizycznej – powierzchniowej, o dobrych właściwościach retencyjnych. Tego rodzaju sorpcję posiada najczęściej stosowane podłoże jakim jest wełna mineralna, w której również następuje zatężanie składników mineralnych.

Nawożenie w podłożowych technologiach bezglebowych odbywa się w systemach otwartych lub zamkniętych. W systemie otwartym nadmiar pożywki służący do przepłukiwania podłoża przecieka bezpośrednio w głąb gruntu lub w szklarniach z posadzką betonową, skąd odpływa do ścieków (kanalizacji). W układzie zamkniętym nadmiar pożywki jest zbierany i powtórnie wykorzystywany do nawożenia. W naszym kraju bezglebowa uprawa pomidora i ogórka prawie w 100% prowadzona jest w otwartych systemach nawożenia [Dyśko i Kowalczyk 2005]. Systemy zamknięte z recyrkulacją pożywki stosowane są jedynie w nowoczesnych metodach produkcji rozsad roślin warzywnych na stołach i posadzkach zalewowych, hydroponicznej uprawie sałaty, a także w produkcji niektórych roślin ozdobnych. Przykładowo w Holandii istnieje obowiązek prowadzenia tym systemem wszystkich upraw bezglebowych [Stanghellini i in. 2005].

Wycieki roztworów z mat uprawowych są bardziej skoncentrowane w porównaniu z pożywką stosowaną pod rośliny [Dyśko i Kowalczyk 2005, Kleiber 2012, Breś 2009]. Z 1 ha uprawy pomidorów przy 20% odpływie wód drenarskich, do gruntu szklarni wycieka 5 ton nawozów, w tym mikroelementy w postaci schelatowanej [Benoit i Ceustermans 1995]. Według Malorgio i in. [2001] w uprawie róż prowadzonej otwartym systemem nawożenia do gruntu szklarni w niekontrolowany sposób odprowadzone zostało w cyklu rocznym 2123 $m^3 \cdot ha^{-1}$ roztworu nawozowego, który zawierał 1477 kg azotu. W badaniach własnych [Dyśko 2007], w uprawie pomidora na wełnie mineralnej (w okresie od początku kwietnia do końca września) w układzie otwartym zużycie pożywki wynosiło 10220 $m^3 \cdot ha^{-1}$, natomiast przelew stanowił 3082 $m^3 \cdot ha^{-1}$. Zużycie składników mineralnych wynosiło 9,5 $t \cdot ha^{-1}$ z czego w wodach drenarskich do gruntu odprowadzono 4,7 $t \cdot ha^{-1}$ w tym ponad 1000 kg azotu. Uprawy szklarniowe i związane z tym uprawy bezglebowe mają niewielki udział w ogólnej powierzchni wykorzystywanej rolniczo, ale skoncentrowane są najczęściej w pobliżu dużych miast lub określonych rejonach kraju, gdzie mogą się w znaczący sposób przyczynić do pogorszenia środowiska naturalnego.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu podłożowych, bezglebowych upraw pomidora i ogórka na zmiany zawartości składników mineralnych w płytkich wodach gruntowych, występujących pod obiektami uprawowymi oraz w ich bliskim sąsiedztwie.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2010-2012 w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach. Próbki wody do analiz chemicznych pobierano z piezometrów zlokalizowanych w szklarniach z prowadzoną w nich uprawą ogórka i pomidora oraz z terenów przyległych, w odległości 25 i 300 m od tych obiektów. Teren położony 25 m od szklarni wykorzystywany był jako trawnik, natomiast w odległości 300 m był to grunt orny, na którym uprawiane były warzywa. W roku 2010 uprawiano marchew, w 2011 ogórki, natomiast w 2012 sałatę. Uprawa ogórka i pomidora przez 13 lat prowadzona była systemem bezglebowym, w cieplarniach typu Filclair o wymiarach 5,5 x 9,0 x 28 m, wyposażonych w komputerowy system sterowania warunkami mikroklimatu (warunki szklarniowe). Teren, na którym zlokalizowane zostały obiekty uprawowe, zaliczany jest do gleb płowych wytworzonych na glinie zwałowej średniej. Poziom wody gruntowej w piezometrach zlokalizowanych w szklarniach oraz na trawniku wahał się od 210 do 260 cm poniżej poziomu gruntu, natomiast w piezometrach oddalonych o 300 m od szklarni wynosił od 70 do 120 cm. Głębokość zalegania wód gruntowych uzależniona była od wielkości opadów atmosferycznych, poziomu przelewu z mat uprawowych oraz rodzaju upraw. Analizy chemiczne wód gruntowych wykonywano w okresie prowadzenia upraw w odstępach co 3 tygodnie, w okresie od początku kwietnia do końca października.

Składniki mineralne w wodach gruntowych oznaczano następującymi metodami:

– $N\text{-}NO_3$, $P\text{-}PO_4$ – kolorymetrycznie za pomocą autoanalizatora przepływowego Sanplus f-my Skolar,
– K, Ca, Na, Mg, Mn, Zn, Cu, B za pomocą spektrometru plazmowego ICP-Atom Scan- f-my Tharmo Jarrel Ash
– EC – konduktometrycznie (bezpośrednio w próbkach wody gruntowej)

WYNIKI

Zanieczyszczenie płytkich wód glebowo – gruntowych oceniono na podstawie zawartości składników mineralnych. Wyniki analiz chemicznych wód pobranych z piezometrów zamontowanych w szklarniach z uprawą ogórka i pomidora oraz terenów odległych o 25 i 50 m od tych obiektów, przedstawiono w tabeli 1-2 oraz na rysunku 1. Stwierdzono, że wody gruntowe występujące pod obiektami, w których prowadzono uprawy bezglebowe zawierały znacznie większe stężenie składników mineralnych, w porównaniu z wodami gruntowymi występującymi na terenach przyległych do szklarni. Przewodnictwo elektryczne właściwe (EC) jest podstawowym wskaźnikiem fizycznym określającym stężenie wszystkich składników mineralnych znajdujących się w wodzie.

Tabela 1. Wpływ upraw bezglebowych ogórka i pomidora na jakość płytkich wód gruntowych występujących pod obiektami uprawowymi
Table 1. The influence of drainage water from cucumber and tomato soilless culture on the quality of shallow groundwater

Wskaźnik Indicator	W szklarni z uprawą ogórka Greenhouse cucumber cultivation			W szklarni z uprawą pomidora Greenhouse tomato cultivation		
	średnia mean	min-max	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean	min-max	odchylenie standardowe standard deviation
EC ($mS \cdot cm^{-1}$)	1,19	1,0-1,35	0,12	1,17	0,82-1,45	0,24
$N\text{-}NO_3$ ($mg \cdot dm^{-3}$)	58,15	44,75-68,75	10,67	52,95	22,70-77,20	17,85
P	0,39	0,14-1,06	0,25	0,65	0,17-1,73	0,56
K	38,95	19,30-65,50	11,86	40,90	21,90-76,30	19,44
Ca	217,82	168-263	28,90	179,45	123-229	35,84
Mg	34,64	26,8-40,1	4,45	33,67	22,5-53,4	9,18

Tabela 2. Wpływ upraw bezglebowych na jakość wód gruntowych na terenach przyległych do obiektów szklarniowych
Table 2. The influence of drainage water from soilless culture on the quality of groundwater in neighborhood area of cultivated objects

Wskaźnik Indicator	W odległości 25 m od szklarni In distance 25 m from the greenhouse			W odległości 300 m od szklarni In distance 300 m from greenhouse		
	średnia mean	min-max	odchylenie standardowe standard deviation	średnia mean	min-max	odchylenie standardowe standard deviation
EC ($mS \cdot cm^{-1}$)	0,75	0,62-0,97	0,08	0,65	0,57-0,79	0,07
$N\text{-}NO_3$ ($mg \cdot dm^{-3}$)	12,47	3,65-20,35	5,84	6,82	0,77-12,9	4,43
P	1,19	0,23-3,11	0,45	0,48	0,11-1,66	0,45
K	10,59	6,90-14,52	2,64	5,32	2,41-9,06	1,85
Ca	125	109-141	12,8	127	112-153	12,39
Mg	26,02	12,3-41,3	7,84	16,41	15,1-18,2	1,08

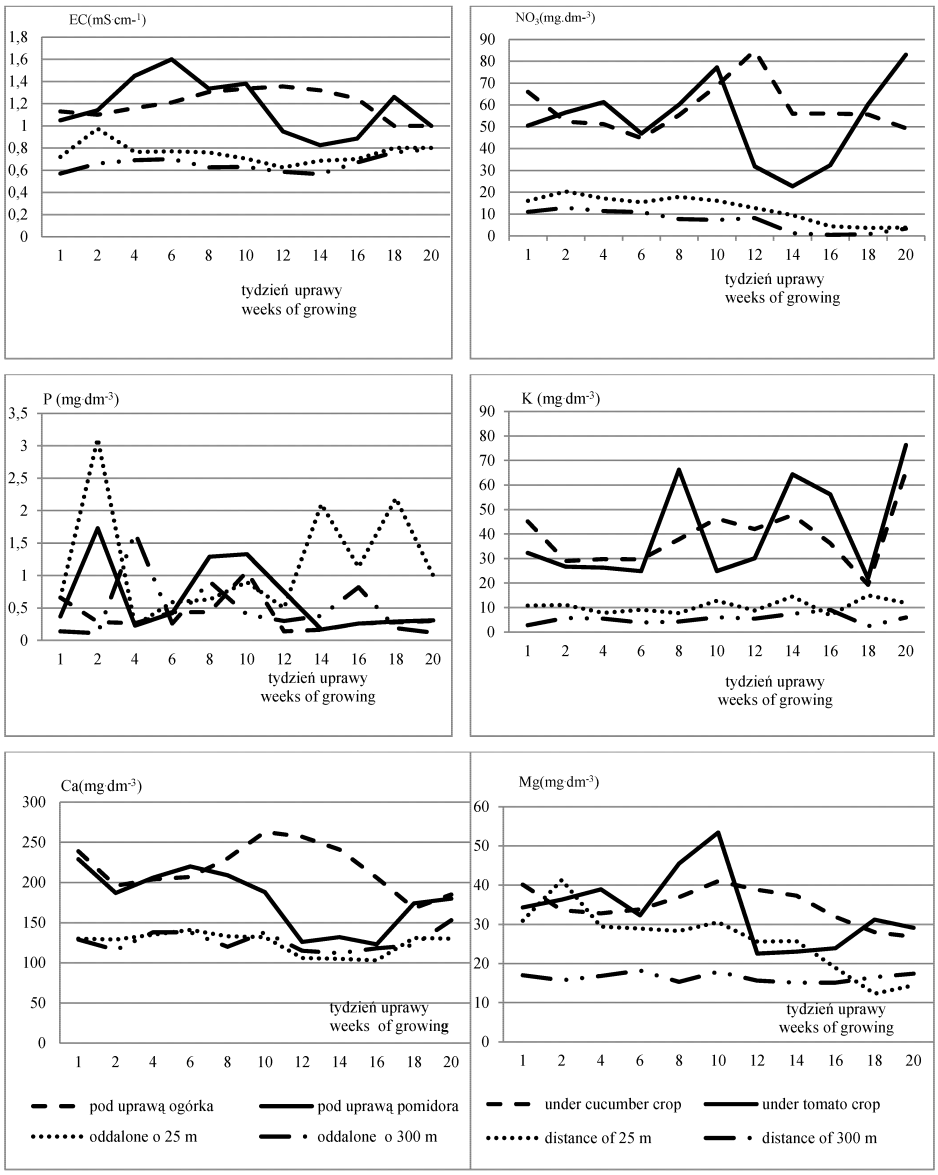
Analizy chemiczne wód gruntowych pobieranych z piezometrów oddalonych 300 m od szklarni wykazały bardzo stabilne, stosunkowo niskie EC (od 0,57 do 0,79 $mS \cdot cm^{-1}$). Podobnie nieznacznie większe, jak również mało zróżnicowane w czasie EC stwierdzono w wodach gruntowych w sąsiedztwie szklarni (25 m od szklarni). Średnia elektroprzewodność wody gruntowej w bezglebowej uprawie ogórka oraz pomidora była na podobnym poziomie i wynosiła odpowiednio 1,19 i 1,17 $mS \cdot cm^{-1}$ i była wyższa w stosunku do EC wody pobieranej z piezometrów oddalonych o 25 m i 300 m od szklarni odpowiednio o 36 i 45%.

Przebieg stężenia składników mineralnych w wodach gruntowych pobieranych w szklarniach był dosyć nieregularny. Większe koncentracje składników mineralnych w wodach gruntowych w uprawie pomidora notowano w 4-6, natomiast w uprawie ogórka w 10 – 14 tygodniu uprawy (rys. 1). Rolnictwo uważane jest za jedno z głównych źródeł zanieczyszczenia wód związkami azotu i fosforu. W uprawach bezglebowych do sporządzania pożywek wykorzystuje się przede wszystkim formy saletrzane składników pokarmowych, które są bardzo dobrze rozpuszczalne w wodzie, ale też łatwo wymywane do wód gruntowych.

Średnie stężenie azotu azotanowego w wodach gruntowych pobieranych ze szklarni, w których uprawiano ogórki było nieznacznie wyższe w porównaniu do stężenia wody gruntowej pobieranej z bezglebowej uprawy pomidora, w której zakres zmian zawartości $N\text{-}NO_3$ był większy i wynosił od 22,7 do 77,2 $mg \cdot dm^{-3}$. Zawartość azotu azotanowego malała wraz ze wzrostem odległości od miejsca wycieku pożywek nawozowych do gleby. W miejscu oddalonym o 300 m od szklarni przeciętne stężenie $N\text{-}NO_3$ w wodach gruntowych było niskie i wynosiło średnio 6,82 $mg \cdot dm^{-3}$ (tab. 2). Poziom azotanów w wodach gruntowych pobieranych z piezometrów zainstalowanych w uprawie ogórka wzrastał w okresie letnim, szczególnie w 8-12 tygodniu, natomiast w końcowym okresie uprawy spadał z kolei natomiast w wodach pobieranych spod uprawy pomidora przebieg zmian stężenia $N\text{-}NO_3$ był nieregularny, odnotowano wzrost jego stężenia w środkowym i końcowym okresie uprawy pomidora. Na terenach przyległych do szklarni zawartość $N\text{-}NO_3$ w wodach gruntowych malała w trakcie uprawy pomidora oraz ogórka i była najmniejsza pod koniec uprawy. Migracja azotu (w postaci $N\text{-}NO_3$) ze względu na lepszą rozpuszczalność jego związków, znacznie bardziej jest uzależniona od warunków hydrologicznych oraz glebowych i związana jest głównie z wymywaniem, natomiast migracja fosforu związana jest głównie ze zjawiskiem erozji [Jasiewicz i Baran 2006].

Pomimo niewielkiej migracji fosforu w glebie jego koncentracja w wodach gruntowych była znaczna, przy czym największą średnią zawartością charakteryzowały się próbki wody pobierane w odległości 25 od szklarni (tab. 2). Nie stwierdzono jednak bezpośredniego, wyraźnego wpływu bezglebowych upraw warzyw na stężenie fosforu w wodach gruntowych (rys. 1).

Zawartość potasu w odciekach z upraw bezglebowych jest na ogół wysoka, przeciętnie z uprawy pomidora wynosi ponad 500 mg $K \cdot dm^{-3}$ roztworu [Dyśko i Kowalczyk 2005, Breś 2009]. Potas jest składnikiem stosunkowo łatwo przemieszczającym się w glebie, dlatego jego zawartość w wodach gruntowych pobieranych w obiektach, w których uprawiano pomidory i ogórki była wysoka i przeciętnie wynosiła 40,9 i 38,95 mg $K \cdot dm^{-3}$ (tab. 1). Stężenie potasu w wodach gruntowych występujących na terenach przyległych i oddalonych o 300 m od szklarni przez cały okres badań było na niskim, stabilnym poziomie (rys. 1).



Rysunek 1. Wpływ bezglebowych upraw szklarniowych na zmiany EC, N-NO_3, P, K, Ca i Mg w wodach gruntowych

Figure 1. The influence of drainage water from greenhouse soilless culture on EC, NO_3, P, K, Ca, Mg changes in groundwater

Wody gruntowe w obiektach, w których prowadzone były uprawy bezglebowe charakteryzowały się wysoką zawartością wapnia, wynoszącą od 123 do 263 $mg \cdot dm^{-3}$ (tab.1, rys. 1). Badania Komosy [2002] prowadzone w rejonach o intensywnej produkcji ogrodniczej z zastosowaniem wełny mineralnej, wskazują na narastające zanieczyszczenie głębszych wód studziennych składnikami nawozowymi, w tym również wapniem, którego zawartość w większości studni wynosiła 95,1-232,0 mg $Ca \cdot dm^{-3}$. Analizy składu chemicznego wód wskazują na znaczne przenikanie do wód gruntowych jonów magnezu (tab. 1 i 2, rys. 1). Im dalej od obiektu uprawowego, tym niższa koncentracja magnezu w płytkich wodach gruntowych. Z dostępnej literatury wynika, że są to pierwsze badania, w których oceniana jest jakość wód gruntowych zalegających pod uprawami bezglebowymi. Uzyskane wyniki wskazują na znaczne zanieczyszczenie tych wód odciekami nawozowymi z mat uprawowych. Istnieje więc potrzeba rozszerzenia badań na większe powierzchniowo obiekty uprawowe oraz wprowadzenie do praktyki zamkniętych układów nawożenia z recyrkulacją pożywki .

WNIOSKI

1. Płytkie wody gruntowe znajdujące się bezpośrednio pod uprawami bezglebowymi zanieczyszczone były prawie wszystkimi składnikami nawozowymi, które występują w pożywkach nawozowych (w znacznych ilościach azotem, potasem, wapniem i magnezem).

2. Zanieczyszczenie wód gruntowych pod uprawą ogórka było na podobnym poziomie jak pod uprawą pomidora.

3. Zawartość składników nawozowych w wodach gruntowych malała wraz z wzrostem odległości od obiektów uprawowych (źródła wycieku pożywek do gleby).

Badania prowadzono w ramach projektu BIOREWIT z udziałem instrumentu finansowego LIFE + Unii Europejskiej i współfinansowane ze środków Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

BIBLIOGRAFIA

Benoit F., Ceustermans N. *Growing cucumbers on ecologically sound substrates*. Acta Hort. 396, 1995, s. 55-66.

Breś W. *Estimation of nutrient losses from open fertigation systems to soil during horticultural plant cultivation.* Polish J. of Environ. Stud. 18 (3), 2009, s. 341-345

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 Kongresu Agrotechniki Szklarniowej. Warszawa 2007, s. 52-57.

Gruda N. *Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables?* Jurnal of Applied Botany and Food Quality 82, 2009, s. 141-147.

Jasiewicz Cz., Baran A. *Rolnicze źródła zanieczyszczenia wód – biogeny*. J. Elementology 11(3), 2006 s. 367-377.

Kleiber T. *Pollution of the natural environment in intensive cultures under greenhouses*. Archives of environmental protection 38 (2), 2012, s. 45-53.

Komosa A. *Podłoża inertne – Postęp czy inercja?* Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. Z. 485, 2002, s. 147-167.

Malorgio F., Scacco M., Tognoni F., Paradossi A. *Effect of nutrient concentration and water regime on cut rose production grown in hydroponic system.* Acta Hort. 559, 2001, s. 313-318.

Stanghellini C., Kempkes F. L. K., Paradossi A., Incrocci L. *Closed water loop in greenhouses: effect of water quality and value of produce.* Acta Hort. 691, 2005, s. 233-242.

Uttam K. Saha., Athanasios P. Papadopoulos., XIuming Hao. 2008 *Irrigation strategies for greenhouse tomato production on rockwool.* HortScience. 43 (2), 2008, s. 484 – 493.

Van Os E. A. *Engineering and environmental aspects of soilless growing systems*. Acta Hort. 396, 1995, s. 25-32.

Dr Jacek Dyśko
Prof. dr hab. Stanisław Kaniszewski
Dr Waldemar Kowalczyk
Instytut Ogrodnictwa
ul Konstytucji 3Maja 1/3
96 – 100 Skierniewice
tel. 46 833 28 76 e-mail: jacek.dysko@inhort.pl