

**ZMIANY WŁAŚCIWOŚCI FIZYKO-CHEMICZNYCH
W WYBRANYCH UJĘCIACH WODY
STOSOWANEJ DO FERTYGACJI WARZYW POD OSŁONAMI**

**CHANGES OF WATER PHYSICOCHEMICAL PROPERTIES
IN THE WATER INTAKES USED FOR FERTIGATION
OF VEGETABLE GROWN UNDER COVERS**

Waldemar Kowalczyk, Jacek Dyśko, Anna Felczyńska

Instytut Ogrodnictwa

ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

e-mail: Waldemar.Kowalczyk@inhort.pl

Abstract

The aim of the study was to monitor the mineral composition of the water used for fertigation in soilless cultivation and the physicochemical changes observation at the time. The study was conducted in the years 2011-2013. The water samples were collected from four selected water intakes located in the greenhouse horticultural farms. The samples were bimonthly taken from each water intakes. The samples were determined for pH, conductivity (EC), calcium, magnesium, and bicarbonates concentration. As a result of observation it was found that the pH of the water intakes maintained at 7.0-7.5 with a clear upward trend over time. Total salt content remained at a moderate level, and its level did not exceed $1 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. The water was characterized by average carbonate hardness, high calcium content, and thus the medium or high total hardness.

Key words: monitoring, water, pH, EC, total hardness, calcium, magnesium, bicarbonates

WSTĘP

W uprawach bezglebowych prowadzonych systemem otwartym nadmiar pożywek nawozowych, tzw. przelew, wypływający z mat uprawowych odprowadzany jest do gruntu szklarni lub do ścieków, bez możliwości jego odzyskania. Składniki nawozowe zawarte w tych przelewach mogą przemieszczać się w głąb gruntu i dostawać się do wód gruntowych, a następnie do studni i zbiorników wodnych, powodując zanieczyszczenie środowiska naturalnego. Uprawy bezglebowe zajmują ponad 1500 ha, w tym uprawy pomidorów w wełnie mineralnej ok. 1200 ha, natomiast uprawy ogórków około 100 ha (Dyśko 2007). Breś (2012) podaje, że uprawy pomidorów zajmują łączną powierzchnię ok. 2500 ha. Podłożem

zapewniającym najlepsze warunki wzrostu, szczególnie pomidorom i ogórkom, jest węża mineralna. Obecnie jest ona jednym z najczęściej stosowanych podłoży uprawowych w towarowej produkcji warzyw pod osłonami (Komosa 2002). Podłoże to charakteryzuje się bardzo dobrymi właściwościami fizyko-chemicznymi (Jaroszuk-Sierocińska 2007), co zapewnia uzyskanie wysokich plonów owoców bardzo dobrej jakości. W uprawach bezglebowych konieczne jest stosowanie nadmiaru pożywki, tzw. przelewów, sięgających nawet 40%. Jest to konieczne, aby w matach uprawowych utrzymać na właściwym poziomie stężenie składników pokarmowych i usunąć tzw. jony balastowe, których zawartość wzrasta w czasie uprawy (Dyśko i Kowalczyk 2005, Breś 2012). Według Dyśki (2007) i Bresia (2002), z powierzchni 1 ha dostaje się do gruntu rocznie ok. 5 ton wysokiej jakości nawozów mineralnych. Ponadto Breś (2009) zwraca uwagę na to, że w uprawie takich gatunków roślin jak pomidor, ogórek, róża czy gerbera, straty potasu, azotu, wapnia i siarki wynoszą odpowiednio: 413, 231, 220 i 101 kg/miesiąc/ha. Według Kleibera (2012) najbardziej zanieczyszczającymi środowisko są intensywne uprawy pomidorów. Z wcześniejszych badań Komosa i Roszyka (1998) oraz Kowalczyka i in. (2001) wynika, że wzrasta zawartość niektórych składników mineralnych w wodach studziennych. Komosa (2002) analizując skład mineralny wody w studniach, w rejonie Kalisza, Pleszewa i Śmigła, zwrócił uwagę na wzrost zawartości składników pokarmowych i balastowych w wodzie stosowanej do fertygacji.

Celem prowadzonych badań było monitorowanie zmian podstawowych cech fizyko-chemicznych wody do fertygacji, w czterech wybranych ujęciach zlokalizowanych na terenie gospodarstw ogrodniczych.

MATERIAŁ I METODY

Badania prowadzono w latach 2011-2013 w Instytucie Ogrodnictwa w Skierniewicach. Próby wody, przeznaczonej do fertygacji upraw szklarniowych pomidorów, pobierane były regularnie z 4 ujęć zlokalizowanych w miejscowościach: Mroczi Małe powiat sieradzki (N:51°43'91'' E:18°1.96''), Skrajnia Rychnowska powiat kaliski (N:51°52'33.11'' E:18°1'45.54''), Jastków powiat lubelski (N:51°17'53.76'' E:22°26'51.80'') oraz Bukówiec Górny powiat leszczyński (N:51°56'56.73'' E:16°23'48.02''). Próby pobierane były w odstępach dwumiesięcznych, 6 prób w każdym roku, łącznie 18 prób z każdego monitorowanego ujęcia. W próbach wody dostarczonych do laboratorium analizowano zawartość składników mineralnych (Ca, Mg, HCO₃) oraz podstawowe właściwości

fizyczne (pH i ogólną zawartość rozpuszczonych soli). Ogólną zawartość soli mineralnych wyrażono za pomocą wskaźnika EC (przewodnictwo właściwe roztworu). Odczyn wody (pH) oznaczano pH-metrem firmy ORION model VERSA STAR, a pomiar EC wykonywano konduktometrem – model CC-551 firmy Elmetron. Oznaczenia zawartości kationów: Ca^{2+} i Mg^{2+} przeprowadzono przy pomocy sekwencyjnego spektrometru emisyjnego z indukcyjnie sprzężoną plazmą – ICP OES, model Optima 2000DV firmy Perkin-Elmer (Kowalczyk i in. 2001). Twardość węglanową (stężenie HCO_3^-) oznaczono metodą miareczkową (Hermanowicz i in. 1999). Twardość ogólną badanych wód określono metodą obliczeniową, wyrażoną w stopniach niemieckich (Minczewski i Marczenko 1997). Wyniki badań opracowano statystycznie metodą analizy wariancji, określając wartość średnią badanych cech w kolejnych latach prowadzenia monitoringu. Do oceny istotności różnic między średnimi zastosowano test Newmana-Keulsa przy $p = 0,05$. Zmiany badanych cech w kolejnych latach obserwacji przedstawiono w postaci równania regresji liniowej, i współczynnika korelacji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Monitorowanie głównych cech fizyko-chemicznych i systematycznie prowadzone analizy chemiczne składu mineralnego wody wykazały zróżnicowany przebieg i dynamikę badanych cech w wybranych studniach głębinowych. Odczyn wody pobieranej z ujęcia w miejscowości Mroczi Małe w powiecie sieradzkim nie zmieniał się w okresie 3 lat prowadzenia obserwacji, a średnia wartość pH wynosiła 7,2 (tab. 1). Wyznaczona linia trendu na podstawie systematycznych pomiarów wykonywanych co 2 miesiące wykazała brak istotnych zmian pH w czasie (małe wartości współczynnika kierunkowego regresji). Porównanie wyników badań prowadzonych w latach 1998-2000 (Kowalczyk i in. 2001) i 10 lat później (Kowalczyk i in. 2010) wykazało, że średnia wartość pH w monitorowanych ujęciach obniżyła się. Monitorowanie składu chemicznego wody w wybranych ujęciach prowadzone w latach 2010-2012 (Kowalczyk i in. 2013) wskazywało na nieznaczne tendencje wzrostu średniej wartości pH. Podobne tendencje wzrostu wskaźnika pH zauważono w próbach wody pobranych z ujęć zlokalizowanych w powiecie kaliskim, lubelskim i leszczyńskim (tab. 2, 3 i 4). Odczyn wody w studniach głębinowych różnił się w zależności od rejonu i lokalizacji, co zauważył już wcześniej Komosa (2002), badając skład chemiczny wody w rejonie Śmigła i Kalisza. Regularne badanie składu chemicznego w wybranym ujęciu, może w dużym

stopniu posłużyć wyjaśnieniu, czy jest to zjawisko naturalne, czy spowodowane jest przemieszczaniem się składników mineralnych z nawozów sztucznych do wód podziemnych. Ogólna zawartość soli wyrażona wskaźnikiem EC i zawartość kwaśnych węglanów również nie ulegała istotnym zmianom w ujęciu w powiecie sieradzkim (rys. 1, tab. 1). Nieznaczną tendencję obniżania się stężenia wapnia i skorelowanej z nim twardości wody dało się zauważyć, o czym świadczą najniższe wartości średnich tych cech w roku 2013.

Tabela 1. Średnie wartości monitorowanych cech fizyko-chemicznych wody w ujęciu zlokalizowanym w miejscowości Mroczi Małe gm. Błaszki, pow. sieradzki w latach 2011-2013

Table 1. Monitored physicochemical properties mean values in the water intakes located in Mroczi Małe, Błaszki Comm., Sieradz District in the years 2011-2013

Lata Years	pH	EC	Tw. ogólna Total hardness	HCO ₃ ⁻	Ca	Mg
		mS/cm	°dH	mg·dm ⁻³	mg·dm ⁻³	mg·dm ⁻³
2011	7,20	0,60	21,9	246	124	17,2
2012	7,22	0,60	22,1	239	120	17,4
2013	7,23	0,58	20,5	246	116	16,6

Średnie w kolumnach oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie przy $p = 0,05$
The means in columns followed by the same letter do not differ significantly at $p = 0.05$

Tabela 2. Średnie wartości monitorowanych cech fizyko-chemicznych wody w ujęciu zlokalizowanym w miejscowości Skrajnia Rychnowska gm. Blizanów, pow. kaliski w latach 2011-2013

Table 2. Monitored physicochemical properties mean values in the water intakes located in Skrajnia Rychnowska, Blizanów Comm., Kalisz District in the years 2011-2013

Lata Years	pH	EC	Tw. ogólna Total hardness	HCO ₃ ⁻	Ca	Mg
		mS/cm	°dH	mg·dm ⁻³	mg·dm ⁻³	mg·dm ⁻³
2011	7,17 b	0,86	29,8 a	531	158 a	35,5
2012	7,33 b	0,82	29,2 a	511	146 a	35,7
2013	7,70 a	0,77	22,9 b	488	125 b	31,7

Objaśnienie/Explanation: patrz tabela 1; see Table 1

Tabela 3. Średnie wartości monitorowanych cech fizyko-chemicznych wody w ujęciu zlokalizowanym w miejscowości Jastków pow. lubelski w latach 2011-2013

Table 3. Monitored physicochemical properties mean values in the water intakes located in Jastków, Lublin District in the years 2011-2013

Lata Years	pH	EC	Tw. ogólna Total hardness	HCO_3^-	Ca	Mg
		mS/cm	°dH	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$
2011	7,20 b	0,62 b	20,9	351	117	24,1
2012	7,22 b	0,64 a	22,8	345	121	25,6
2013	7,40 a	0,65 a	23,0	356	121	26,5

Objaśnienie/Explanation: patrz tabela 1; see Table 1

Tabela 4. Średnie wartości monitorowanych cech fizyko-chemicznych wody w ujęciu zlokalizowanym w miejscowości Bukówiec Górny gm. Włoszakowice, pow. leszczyński w latach 2011-2013

Table 4. Monitored physicochemical properties mean values in the water intakes located in Bukówiec Górny, Włoszakowice Comm., Leszno District in the years 2011 to 2013

Lata Years	pH	EC	Tw. ogólna Total hardness	HCO_3^-	Ca	Mg
		mS/cm	°dH	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$	$\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$
2011	6,97 b	0,87	27,2	278	152	26,3
2012	6,85 b	0,83	26,6	272	150	25,0
2013	7,28 a	0,86	26,5	274	152	24,9

Objaśnienie/Explanation: patrz tabela 1; see Table 1

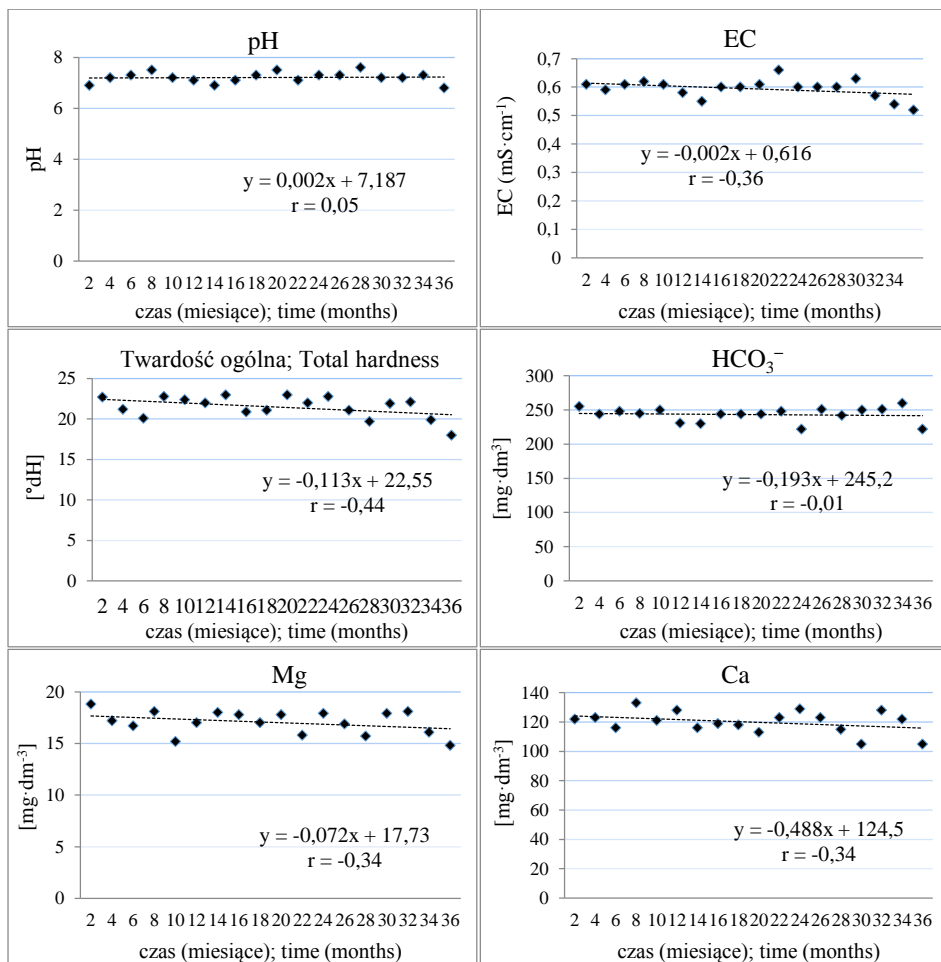
Dużą zmiennością badanych cech fizykochemicznych charakteryzowało się ujęcie zlokalizowane w powiecie kaliskim, w gminie Blizanów (rys.2). Należy zaznaczyć, że okolice Kalisza to rejon intensywnej uprawy warzyw szklarniowych, głównie całorocznej uprawy pomidorów. Ponieważ uprawy bezglebowe prowadzone są przeważnie w systemach otwartych, a tylko nieliczne gospodarstwa szklarniowe wykorzystują nadmiar pożywki z mat uprawowych do innych upraw gruntowych, to roztwory są przeważnie gromadzone w sztucznych zbiornikach lub wyciekają bezpośrednio do gruntu. Na początku prowadzenia obserwacji (luty 2011), w tym ujęciu, stwierdzono dużo wyższe zawartości rozpuszczonych soli niż w listopadzie roku 2013 (rys. 2). Równania regresji dla badanych cech,

wyznaczone na podstawie wyników analiz chemicznych, wskazują na istotny wzrost pH. W ciągu trzyletnich obserwacji pH wody wzrosło średnio o 0,65 jednostki. Istotny wzrost pH, szczególnie w roku 2013 w tym ujęciu, potwierdziły średnie obliczone dla każdego roku oddzielnie (tab.2). Wraz ze wzrostem pH zauważono istotne obniżanie się ogólnej zawartości rozpuszczonych soli, a także pozostałych badanych cech fizyko-chemicznych (rys.2). Analiza wariancji i porównanie średnich z kolejnych lat obserwacji dla EC, zawartości kwaśnych węglanów i magnezu nie wykazało istotnych różnic pomiędzy średnimi z lat. Najprawdopodobniej spowodowane to było dużą zmiennością składu mineralnego pobieranej wody do analiz chemicznych. Wyznaczone linie regresji wskazują na nieznaczne tendencje obniżenia zawartości Mg i twardości ogólnej.

Kolejne monitorowane ujęcie wody zlokalizowane w powiecie lubelskim charakteryzowało się średnią zawartością ogólnej zawartości rozpuszczonych soli mineralnych, EC na poziomie $0,64 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$, podobnie jak w miejscowości Mroczi Małe w powiecie sieradzkim. W ujęciu tym wraz ze wzrostem pH zaobserwowano istotny wzrost zawartości rozpuszczonych soli, średnio o $0,06 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ w ciągu 3 lat (rys. 3). Nie zaobserwowano istotnych zmian pozostałych monitorowanych cech, tj. zawartości wapnia i magnezu oraz twardości ogólnej i węglanowej (tab. 3).

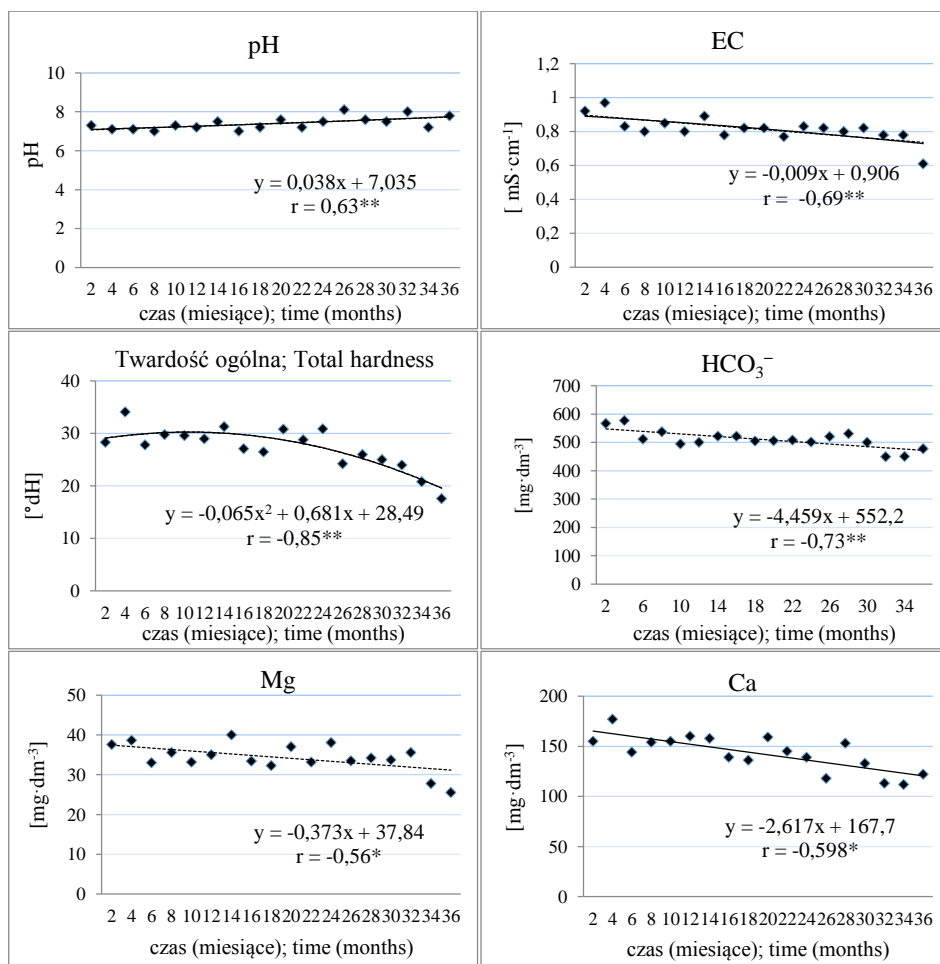
Analizowana woda w ujęciu w powiecie leszczyńskim (rys. 4) charakteryzowała się podwyższoną zawartością soli, podobnie jak woda w ujęciu w gminie Blizanów w powiecie kaliskim. Regularne pomiary pH wykazały niewielki, ale istotny wzrost pH ($r = 0,55$) w okresie od lutego 2011 do listopada 2013 roku – średnio o 0,41 jednostki pH (rys. 4). Systematycznie prowadzone analizy chemiczne i pomiary wykazały, że zawartość analizowanych składników w wodzie z tego ujęcia nie zmieniała się, a ich stężenie utrzymywało się na tym samym poziomie w kolejnych latach obserwacji (tab. 4).

Wyniki monitoringu wybranych właściwości fizykochemicznych wskazują na korzystne tendencje zmian. Wyższe pH wody zmniejsza zawartość rozpuszczalnych związków fosforu i niektórych metali ciężkich, powodując wytrącanie się trudno rozpuszczalnych związków (fosforanów, siarczanów, węglanów i in.). Natomiast powoduje problemy związane z zakwaszaniem wody do fertygacji oraz opracowaniem składu pożywek, na bazie wody twardej i bogatej w składniki mineralne.



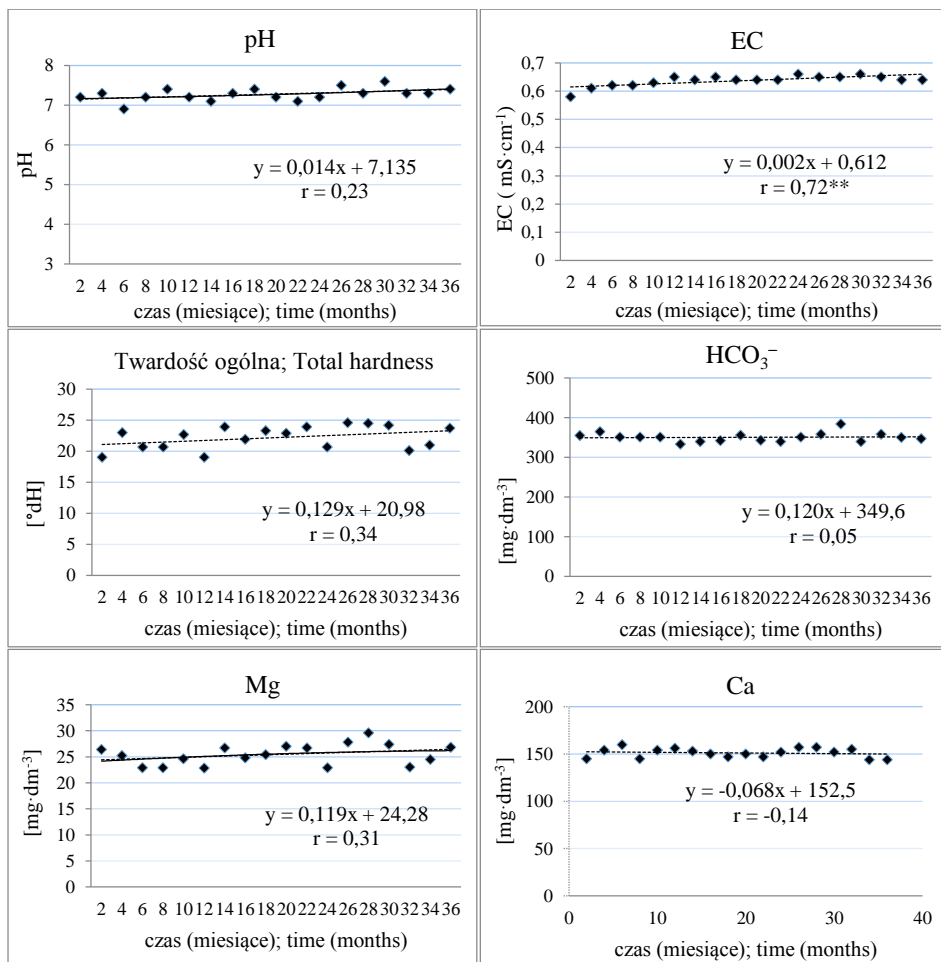
Rys. 1. Przebieg zmian właściwości fizyko-chemicznych wody w ujęciu zlokalizowanym w miejscowości Mroczi Małe gm. Błaszki, pow. sieradzki w latach 2011-2013

Fig. 1. Changes of water physicochemical properties in the water intake located in Mroczi Małe, Błaszki Comm., Sieradz District in the years 2011-2013



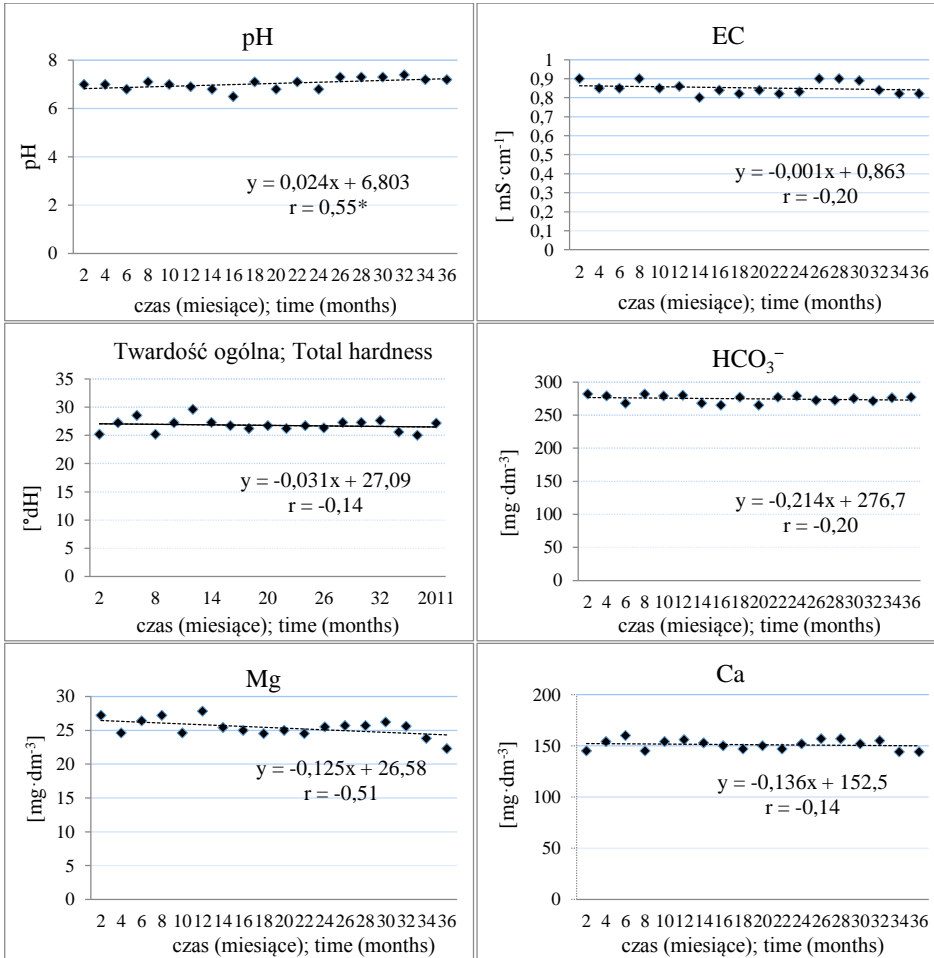
Rys. 2. Przebieg zmian właściwości fizyko-chemicznych wody w ujęciu zlokalizowanym w miejscowości Skrajnia Rychnowska gm. Blizanów, pow. kaliski w latach 2011-2013 (* – istotne przy $p = 0,05$; ** – istotne przy $p = 0,01$)

Fig. 2. Changes of physicochemical properties of water in the water intake located in Skrajnia Rychnowska, Blizanów Comm., Kalisz District in the years 2011-2013 (* – significant at $p = 0.05$, ** – significant at $p = 0.01$)



Rys. 3. Przebieg zmian właściwości fizyko-chemicznych wody w ujęciu zlokalizowanym w miejscowości Jastków pow. lubelski w latach 2011-2013 (* – istotne przy $p = 0,05$; ** – istotne przy $p = 0,01$)

Fig. 3. Changes of water physicochemical properties in the water intake located in Jastków, Lublin District in the years 2011-2013 (* – significant at $p = 0.05$, * – significant at $p = 0.01$)



Rys. 4. Przebieg zmian właściwości fizyko-chemicznych wody w ujęciu zlokalizowanym w miejscowości Bukówiec Górny gm. Włoszakowice, pow. leszczyński w latach 2011-2013 (* – istotne przy $p = 0,05$; ** – istotne przy $p = 0,01$)

Fig. 4. Changes of water physicochemical properties in the water intake located in Bukówiec Górny, Włoszakowice Comm., Leszno District in the years 2011-2013 (* – significant at $p = 0.05$, ** – significant at $p = 0.01$)

WNIOSKI

1. Woda w monitorowanych studniach charakteryzowała się lekko zasadowym odczynem, z tendencją wzrostu pH w kolejnych latach prowadzenia obserwacji.

2. Analizowane wody nie zawierały nadmiernej ilości rozpuszczonych soli, wskaźnik EC nie przekraczał wartości $1 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$.
3. Wody w monitorowanych ujęciach charakteryzowały się dużą zawartością wapnia i magnezu, a tym samym dużą twardością ogólną.
4. Zawartość kwaśnych węglanów w monitorowanych obiektach utrzymywała się na średnim poziomie, z wyjątkiem jednego, gdzie ich zawartość przekraczała $500 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$.

Literatura

- Breś W. 2012. Wpływ upraw bezglebowych na środowisko glebowe. Ogólnopolska Konferencja Naukowa – Nowe środki ulepszenia 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. *Pol. J. Environ. Stud.* 18, 3: 341-345.
- Breś W. 2002. Zanieczyszczenie środowiska jako skutek uprawy roślin ogrodniczych w otwartych systemach nawadniania i nawożenia. *Rocz. Akad. Rol. Pozn. CCCXLII*.
- Dyśko J., Kowalczyk W. 2005. Changes of macro and micronutrients concentration in root medium and drainage water during tomato cultivation in rock-wool. *Veget. Crops Res. Bull.* 62: 97-111.
- Dyśko J. 2007. Problemy w bezglebowej uprawie pomidora w zamkniętym układzie nawożenia z recyrkulacją pożywki. Materiały z Kongresu Agrotechniki Szklarniowej.
- Hermanowicz W., Dojlido J., Dożańska W., Koziorowski B., Zebre J. 1999. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Wyd. Arkady Warszawa, 556 s.
- Jarozuk-Sierocińska M. 2007. Właściwości wodno-powietrzne wełny mineralnej Grodan Master. *Acta Agrophys.* 10(1): 113-120.
- Kleiber T. 2012. Pollution of the natural environment in intensive cultures under greenhouses. *Arch. Environ. Prot.* 38, 2: 45-53.
- Komosa A. 2002. Podłoża inertne – postęp czy inercja? *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 485: 141-167.
- Komosa A., Roszyk J. 1998. Przydatność wody do fertygacji – wapń. Ogólnopolska Konferencja Naukowa – Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych, AR Lublin, 9-10.06.1998, s. 89-92.
- Kowalczyk W., Kaniszewski S., Felczyńska A. 2001. Quality of water for fertigation vegetable growing under covers. *Veget. Crops Res. Bull.* 54: 75-85.
- Kowalczyk W., Dyśko J., Felczyńska A. 2010. Ocena stopnia zanieczyszczenia składnikami nawozowymi wody z ujęć głębinowych na terenach o skoncentrowanej produkcji szklarniowej. *Now. Warsz.* 51: 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 2/I: 167-175.

Minczewski J., Marczenko Z. 1997. Chemia analityczna. Cz. 2. Chemiczne metody analizy ilościowej. PWN, Warszawa, 431 s.

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.