

IWONA KOWALSKA

## WPLYW ZRÓŻNICOWANYCH POZIOMÓW SIARCZANÓW W ŚRODOWISKU KORZENIOWYM NA PLONOWANIE I JAKOŚĆ POMIDORA UPRAWIANEGO NA WŁÓKNACH KOKOSOWYCH W RÓŻNYCH SYSTEMACH UPRAWY\*

*Z Katedry Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych  
Akademii Rolniczej w Krakowie*

**ABSTRACT.** Inrespective of cropping system (CKP or O-WR open without the recirculation of nutrient solution), the accumulation of sulphates took place, although more sulphates accumulated in the O-WR. It may explain the differences between systems in the yield of tomatoes. The plants grown on the solution with the highest concentration of sulphates contained least Ca and P. There was no effect of sulphates on the nutritive value of fruits.

**Key words:** tomato, coconut-fiber, sulphate levels, NFT, open system

### Wstęp

Problemem w uprawach hydroponicznych jest gromadzenie się niektórych składników w strefie korzeniowej roślin (**Lopez i in.** 1996, **Pivot i in.** 1998). Dotyczy to głównie chlorków, siarczanów i dwuwęglanów (**Zekki i in.** 1996). Procesy te mogą mieć wpływ na pobieranie składników pokarmowych przez rośliny. Wielkość i tempo gromadzenia się jonów zależy od wielu czynników, w tym od gatunku rośliny, jej fazy rozwojowej, temperatury, jakości wody oraz rodzaju podłoża. Mało jest danych na temat zatykania jonów, w tym siarczanów w warunkach uprawy na podłożu kokosowym, a w szczególności z zastosowaniem recykulacji pożywki (**Shinohara i in.** 1999).

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu zróżnicowanych poziomów siarczanów w środowisku korzeniowym roślin na wielkość i jakość uzyskanego plonu pomidora uprawianego na matach kokosowych w systemie zamkniętym z recykulacją pożywki – cienkowiastkowe kultury przepływowe (CKP) i w systemie bez recykulacji pożywki (BR).

---

\* Badania wykonano w ramach grantu KBN nr 5 P06C 012 18

## Material i metody

Badaniami objęto rośliny pomidora szklarniowego (*Lycopersicon esculentum* Mill.) odm. 'Cunero' uprawiane na matach kokosowych (Ceres) w dwóch systemach, tj.: bez recyrkulacji pożywki (BR; 2 niezależne zestawy) oraz z recyrkulacją pożywki w systemie cienkowarstwowych kultur przepływowych (CKP; 3 niezależne zestawy). Do zasilania roślin przygotowano pożywkę o zróżnicowanym poziomie wyjściowym siarczanów, tj.

- IA – 200 i IIA – 600 mg  $\text{SO}_4^{-2}$   $\text{dm}^{-3}$  w systemie BR
- I – 200, II – 400 i III – 600 mg  $\text{SO}_4^{-2}$   $\text{dm}^{-3}$  w systemie CKP

Najniższy poziom siarczanów w pożywce (zestaw I i IA) w obydwu systemach otrzymano poprzez zastosowanie nawozu wieloskładnikowego Superba Czerwona (Hydro Poland). Pozostałe pożywki przygotowano na bazie nawozów pojedynczych i kwasów mineralnych. Pożywki nie różniły się koncentracją podstawowych makro- i mikro-składników, które utrzymywane były na poziomie zgodnym z zaleceniami **Wysockiej-Owczarek** (2001) oraz firmy De Ruiters Seeds dla odm. 'Cunero', w uprawie na wleńie mineralnej, z wyjątkiem okresu pierwszych trzech tygodni. W tym okresie poziom wszystkich składników pokarmowych obniżono o 30% w stosunku do zaleceń. Wynikało to z naturalnej obecności makroskładników w podłożu kokosowym. Rośliny rosły w zagęszczeniu 3,4 rośliny na  $\text{m}^2$ . Ogławianie przeprowadzono nad 8 gronem.

W doświadczeniu badano stan odżywienia roślin poprzez analizę materiału roślinnego na zawartość składników (N, P, K, Ca, Mg, S i S-SO<sub>4</sub>). Do analizy pobierano czwarty od góry, w pełni wyrosnięty liść. Materiał pobierano w fazie wiązania owoców na IV gronie.

Analizę na zawartości barwników asymilacyjnych (chlorofil a i b oraz karotenoidy) wykonano w dwóch terminach, tj. w fazie wiązania owoców na IV gronie oraz w fazie wybarwiania pierwszych owoców. Oznaczenia te przeprowadzono w piątym liściu od góry.

Plonowanie roślin określano poprzez wielkość plonu ogólnego, handlowego oraz średniej masy pojedynczego owocu w plonie handlowym.

Wartość odżywczą owoców oceniano na podstawie kwasowości (**Rutkowska** 1981), zawartości suchej masy, kwasu askorbinowego (metodą Tillmansa), cukrów rozpuszczalnych (metodą antronową wg **Yemm** i **Willis** 1954) oraz makroskładników.

Analizy chemiczne materiału roślinnego (blaszki liściowe) na zawartość P, K, Ca i Mg wykonano w wyciągu sporządzonym przy użyciu 2-procentowego kwasu octowego (**Nowosielski** 1974), natomiast N metodą Kjeldahla. Zawartość siarki ogólnej oznaczano na aparacie Leco SC-132, natomiast siarczanów metodą nefelometryczną (**Ostrowska** i **in.** 1991), po uprzedniej ekstrakcji octanem amonu.

Koncentrację barwników asymilacyjnych, tj. chlorofilu a i b oraz karotenoidów, oznaczano metodą spektrofotometryczną i obliczenia zaproponowane przez **Arnon** (1949) i **Wettstein** (1957).

Analizę pożywek i podłoża kokosowego wykonano powszechnie stosowanymi metodami (**Nowosielski** 1974). Zawartość siarczanów w pożywkach i podłożu oznaczono metodą nefelometryczną (**Hermanowicz** i **in.** 1976, **Ostrowska** i **in.** 1991), po uprzedniej ekstrakcji podłoża kokosowego octanem amonu.

Uzyskane wyniki dla każdego systemu poddano jednoczynnikowej analizie wariancji oraz testowi Duncana. Istotność różnic weryfikowano przy poziomie  $\alpha = 0,05$ .

## Wyniki i dyskusja

Reakcja roślin pomidora na podwyższone poziomy siarczanów zależała od metody uprawy. W uprawie CKP nie obserwowano różnic w plonie ogólnym i handlowym pomidora, w zależności od poziomów siarczanów w pożywce (tab. 1). Natomiast w uprawie BR wykazano statystycznie istotne obniżenie plonowania w zestawie (IIA) zasilanym pożywką o wyższym wyjściowym poziomie siarczanów – 600 mg dm<sup>-3</sup> w porównaniu do zestawu (IA) zasilanego pożywką o zawartości siarczanów – 200 mg dm<sup>-3</sup>.

**Tabela 1**  
**Wpływ koncentracji siarczanów w pożywce na plonowanie i jakość pomidora uprawianego na matach kokosowych w systemie bez recyrkulacji pożywki (BR) oraz CKP**  
**The effect of sulphate concentration in the nutrient solution on the yield and quality of greenhouse tomato grown on coconut fiber in the O-WR and NFT**

Wyszczególnienie Item	System BR System O-WR		NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	System CKP System NFT			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	Poziom siarczanów Sulphate levels (mg dm <sup>-3</sup> )			Poziom siarczanów Sulphate levels (mg dm <sup>-3</sup> )			
	200	600		200	400	600	
Plon ogólny (kg m <sup>-2</sup> ) Yield total (kg m <sup>-2</sup> )	24,61	21,39	0,604	25,46	25,10	23,60	n.i., n.s.
Plon handlowy (kg m <sup>-2</sup> ) Marketable yield (kg m <sup>-2</sup> )	24,00	20,64	0,616	25,04	24,88	23,41	n.i., n.s.
Średnia masa owocu w plonie handlowym (g) Mean fruit weight – marketable yield (g)	142	130	7,4	158	151	143	10,8
Jakość owoców: Quality of fruits:							
Sucha masa (%) Dry matter (%)	5,00	5,55	0,254	5,08	5,14	5,24	n.i., n.s.
Kwasowość (%) Titratable acidity (%)	0,44	0,48	n.i., n.s.	0,39	0,37	0,48	0,044
Kwas askorbinowy (mg 100 g <sup>-1</sup> św. m.) Ascorbic acid (mg 100 g <sup>-1</sup> f. w.)	11,67	12,09	n.i., n.s.	12,82	12,50	12,93	n.i., n.s.
Cukry (% św. m.) Sugers (% f. w.)	2,14	2,46	0,317	2,27	2,20	2,35	n.i., n.s.

n.i. – różnice nieistotne statystycznie.

n.s. – no significant differences.

Różnica w plonie ogólnym, pomiędzy zestawami w systemie BR wynosiła około 3,3 kg. Choć w uprawie CKP zróżnicowana zawartość siarczanów w środowisku korzeniowym nie miała istotnego wpływu na plonowanie roślin, to jednak owoce pochodzące z zestawu III (najwyższy poziom wyjściowy siarczanów – 600 mg dm<sup>-3</sup>) miały niższą masę. Także z uprawy systemem BR masa owoców zbieranych z zestawu IIA (600 mg dm<sup>-3</sup>) była istotnie niższa w porównaniu z zestawem (IA) o niższej zawartości siarczanów w pożywce.

Zwraca uwagę uzyskiwanie niższych plonów oraz niższej masy pojedynczego owocu przy porównywaniu obiektów z analogicznym stężeniem wyjściowym siarczanów w systemie BR w stosunku do CKP. Prawdopodobnym powodem tej zależności było stosunkowo wysokie stężenie soli środowiska korzeniowego roślin w systemie BR, o czym świadczy EC wód drenarskich wynoszące 4-6,5 i 7-10 mS cm<sup>-1</sup>, odpowiednio w zestawie IA i IIA. Wysokie EC wód drenarskich było następstwem zateżnienia składników pokarmowych.

W obydwu systemach uprawy obserwowano kumulację jonów siarczanowych w środowisku korzeniowym, przy czym znacznie wyższe tempo tej kumulacji obserwowano w uprawie w systemie BR. Na przełomie czerwca i lipca w zestawie IA (BR) poziom siarczanów (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) w matach osiągnął wartość 1600-1900, natomiast w zestawie IIA 2700-2900 mg dm<sup>-3</sup>. W tym samym czasie poziom siarczanów w matach w systemie CKP wynosił 1100, 1620 oraz 1800 mg dm<sup>-3</sup>, odpowiednio w zestawie I, II i III.

Większą kumulację jonów siarczanowych w systemie BR niż w CKP można tłumaczyć mniejszą ilością pożywki przepływającej (drenującej) przez maty kokosowe. W początkowym okresie uprawy (do początku czerwca) ilość podawanej pożywki w systemie BR nie powodowała wypływu z mat (nie było drenażu lub był on bardzo niewielki, tj. 2-3%). Ilość podawanej pożywki była jednak wystarczająca ze względu na potrzeby roślin. Taki sposób nawodnienia mógł powodować znaczną kumulację siarczanów, większą niż w systemie zamkniętym. W późniejszym okresie uprawy (czerwiec-lipiec), kiedy rośliny w systemie BR nawadniano częściej, tj. tak, że pojawiał się drenaż (20%), akumulacja siarczanów nie zwiększała się.

Cechą systemu zamkniętego – CKP – jest stała i ciągła podaż pożywki bez względu na warunki środowiska, a drenaż, czyli wypływ pożywki, jest częścią jej obiegu. Pożywka przepływająca przez maty jest okresowo mieszana ze świeżym roztworem lub tylko z wodą, co może zmniejszać tempo zateżnienia się siarczanów w matach. Z badań wielu autorów wynika, że pomidory należą do roślin tolerujących wysokie stężenia siarczanów, tj. do 10 mmol dm<sup>-3</sup> (Nukaya i in. 1991), a nawet do 20 mmol dm<sup>-3</sup> (Lopez i in. 1996). W kolejnych badaniach Lopez i in. (1998) wykazali, że koncentracja siarczanów na poziomie 41 mmol dm<sup>-3</sup> wpłynęła na obniżenie plonu handlowego owoców, nie wpływając przy tym na plon ogólny.

W obydwu systemach uprawy zróżnicowane koncentracje siarczanów w roztworach wyjściowych oraz ich akumulacja w strefie korzeniowej nie miały istotnego wpływu na zawartość kwasu askorbinowego w owocach, a w uprawie w systemie BR dodatkowo na kwasowość owoców (tab. 1). W zestawie z podwyższoną zawartością siarczanów w systemie BR owoce charakteryzowały się istotnie wyższą zawartością suchej masy i cukrów rozpuszczalnych. Należy jednak zaznaczyć, że wysokiej zawartości siarczanów w tym zestawie towarzyszyły wysokie EC roztworu z maty, co wskazuje na wysokie stężenie soli w strefie korzeniowej roślin, a to prawdopodobnie zdecydowało o wielkości oznaczanych parametrów (Auerswald i in. 1999). Wysokie EC roztworu odżywczego powoduje zmniejszenie pobrania wody przez rośliny, a w konsekwencji

zwiększenie zawartości suchej masy w owocach. Na wielkość tego parametru miała wpływ także masa owocu, która dla owoców zebranych z roślin uprawianych przy najwyższych koncentracjach siarczanów była najmniejsza (130 g). Małe owoce mają zwykle więcej suchej masy, gdyż zawierają relatywnie więcej nasion, ścian obwodowych i skórki.

W obydwu systemach uprawy wykazano wpływ stężenia siarczanów w środowisku korzeniowym na zawartość składników mineralnych w liściach pomidora (tab. 2). Tak w systemie BR, jak i CKP, wraz ze wzrostem stężenia wyjściowego siarczanów w pożywce wzrastała zawartość w liściach S, S-SO<sub>4</sub>, natomiast malała P i Ca. Zmniejszenie zawartości P i Ca w liściach mogło wynikać z antagonizmu pomiędzy jonami siarczanowymi a jonami P oraz reakcji uwstecznienia jonów Ca, co w efekcie wpłynęło na ich pobieranie przez rośliny. **Alarcon i in.** (1997) wykazał ścisłą zależność pomiędzy pobraniem Ca i siarczanów; wzrost zawartości siarczanów w środowisku korzeniowym wpływa na obniżenie pobierania wapnia przez rośliny. Opinie na temat wpływu siarczanów na pobieranie Ca są jednak podzielone. Na przykład **Drost i in.** (1997) nie wykazali istotnego wpływu wysokich koncentracji siarczanów (dochodzących do 1743 mg dm<sup>-3</sup>), obecnych w wodzie stosowanej do irygacji, na zawartość Ca w brokule i fasoli.

**Tabela 2**

**Wpływ zróżnicowanych poziomów siarczanów w pożywce na zawartość suchej masy i składników mineralnych w blaszkach liściowych pomidora uprawianego na matach kokosowych w systemie bez recyrkulacji pożywki (BR) i CKP**

**Effect of different sulphate levels in the nutrient solution on dry matter content and mineral composition of leaves of tomato grown on coconut fiber in the O-WR system and NFT**

Wyszczególnienie Item	System BR System O-WR		NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	System CKP System NFT			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	Poziom siarczanów Sulphate levels (mg dm <sup>-3</sup> )			Poziom siarczanów Sulphate levels (mg dm <sup>-3</sup> )			
	200	600		200	400	600	
Sucha masa (%) Dry matter (%)	10,82	11,42	n.i., n.s.	11,32	11,42	10,86	n.i., n.s.
Makroskładniki (% sm): Macroelement (% d.m.):							
N	4,59	4,22	0,319	4,80	4,79	4,68	n.i., n.s.
S	1,85	2,43	0,437	1,64	1,95	2,54	0,528
P	0,65	0,27	0,163	0,73	0,59	0,34	0,129
K	3,93	4,00	n.i., n.s.	4,04	4,11	4,20	n.i., n.s.
Ca	3,43	3,08	0,344	3,41	3,16	3,15	0,235
Mg	0,87	0,88	n.i., n.s.	0,69	0,62	0,58	n.i., n.s.
S-SO <sub>4</sub>	1,29	1,93	0,594	1,24	1,58	1,71	0,178

n.i. – różnice nieistotne statystycznie.

n.s. – no significant differences.

Należy jednak zaznaczyć, że pomimo zmniejszenia zawartości Ca w roślinach pomidora, we wszystkich wariantach nawożenia rośliny znajdowały się w zakresie optymalnego odżywienia tym składnikiem (**Papadopoulos** 1991).

Bez względu na system uprawy (BR czy CKP), a także termin pobierania liści do analizy, zawartość barwników asymilacyjnych, tj. chlorofilu a, b i karotenoidów nie podlegała wpływowi zróżnicowanych zawartości siarczanów w środowisku korzeniowym roślin (tab. 3). Podobnie **Lopez i in.** (1996) nie wykazali wpływu podwyższonych zawartości siarczanów w strefie korzeniowej na zawartość barwników asymilacyjnych w liściach pomidora.

Tabela 3

**Wpływ zróżnicowanych poziomów siarczanów w pożywce na zawartość barwników asymilacyjnych w liściach pomidora uprawianego na matach kokosowych w systemie bez recyrkulacji pożywki (BR) i CKP (mg g<sup>-1</sup> świeżej masy)**  
**The effects of sulphate levels in the nutrient solution on the content of assimilation pigments in the leaves of tomato grown on coconut fiber in the O-WR system and NFT (mg g<sup>-1</sup> fresh matter)**

Wyszczególnienie Item	System BR System O-WR		NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>	System CKP System NFT			NIR <sub>0,05</sub> LSD <sub>0,05</sub>
	Poziom siarczanów Sulphate levels (mg dm <sup>-3</sup> )			Poziom siarczanów Sulphate levels (mg dm <sup>-3</sup> )			
	200	600		200	400	600	
Termin I <sup>1</sup> Stage I <sup>1</sup>							
Chlorofil a Chlorophyll a	2,26	2,28	n.i., n.s.	2,29	2,51	2,41	n.i., n.s.
Chlorofil b Chlorophyll b	0,90	0,96	n.i., n.s.	0,86	0,76	0,96	n.i., n.s.
Karotenoidy Carotenoids	0,95	1,00	n.i., n.s.	0,91	1,10	1,00	n.i., n.s.
Termin II <sup>1</sup> Stage II <sup>1</sup>							
Chlorofil a Chlorophyll a	1,49	1,54	n.i., n.s.	1,55	1,55	1,43	n.i., n.s.
Chlorofil b Chlorophyll b	0,61	0,55	n.i., n.s.	0,51	0,44	0,52	n.i., n.s.
Karotenoidy Carotenoids	0,70	0,67	n.i., n.s.	0,64	0,67	0,63	n.i., n.s.

<sup>1</sup>Termin I – faza wiązania owoców na IV gronie, Termin II – faza wybarwiania pierwszych owoców.

<sup>1</sup>Stage I – fruit formation on the 4th cluster, Stage II – ripening of the first fruits.

## Wnioski

1. Bez względu na system uprawy następowała kumulacja siarczanów w środowisku korzeniowym, jednakże w systemie BR kumulacja siarczanów była większa w porównaniu do systemu CKP. Mogło to decydować o różnicach w plonowaniu roślin pomiędzy badanymi systemami uprawy.

2. Większe z badanych koncentracji siarczanów (400 i 600 mg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> dm<sup>-3</sup>) wpłynęły na stan odżywienia mineralnego roślin wyrażający się obniżeniem zawartości wapnia i fosforu.

3. Zawartość siarczanów w obu systemach uprawy nie miała wyraźnego wpływu na wartość odżywczą owoców.

## Literatura

- Alarcon A.L., Madrid R., Egea C.** (1997): Hydric and nutrient element of a tomato crop and rockwool: ionic interrelationships. *J. Plant Nutr.* 20 (120): 1811-1828.
- Auerswald H., Schwarz D., Kornelson C., Krumbein A., Bruckner B.** (1999): Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. *Sci. Hort.* 82: 227-242.
- Arnon D.J.** (1949): Coppr enzymes isolated chloroplast oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiol.* 24: 1-15.
- Drost D.T., MacAdam J.W., Dudley L.M., Soltani N.** (1997): Response of bean and broccoli to high-sulfate irrigation water. *HortTech.* 7 (4): 429-434.
- Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Kozirowski B.** (1976): Fizykochemiczne badanie wody i ścieków. Arkady, Warszawa: 329-330.
- Lopez J., Tremblay N., Voogot W., Dube S., Gosselin A.** (1996): Effects of varying sulphate concentrations on growth, physiology and yield of the greenhouse tomato. *Sci. Hort.* 67: 207-217.
- Lopez J., Dorais M., Tremblay N., Gosselin A.** (1998): Effects of varying sulphate concentrations and vapour pressure deficits (VPD) on greenhouse tomato fruit quality, foliar nutrient concentration and amino acid components. *Acta Hort.* 458: 303-310.
- Nowosielski O.** (1974): Metody oznaczania potrzeb nawożenia. PWRiL, Warszawa.
- Nukaya A., Voogt W., Sonneveld C.** (1991): Effects of NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> and Cl ratios on tomatoes grown in recirculating system. *Acta Hort.* 294: 297-304.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z.** (1991): Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa.
- Papadopoulos A.P.** (1991): Growing greenhouse tomatoes in soil and soilless media. Agriculture and Agri-Food Publication 1865/E.
- Pivot D., Reiset A., Gillioz J.M., Ryser J.P.** (1998): Water quality, climatic environment and mineral nutrition of tomato (*Lycopersicon esculentum*) in closed soilless cropping system. *Acta Hort.* 458: 207-214.
- Rutkowska U.** (1981): Wybrane metody badań składu i wartości odżywczej żywności. PZWL, Warszawa.
- Shinohara Y., Hata T., Maruo T., Hohjo M., Ito T.** (1999): Chemical and physical properties of the coconut-fiber substrate and the growth and productivity of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) plants. *Acta Hort.* 481: 145-149.
- Wettstein D.** (1957): Chlorophyl – letale und der Submikroskopische Fromvechel der Plastidem. *Exp. Cell Res.* 12: 427-506.

- Wysocka-Owczarek M.** (2001): Pomidory pod osłonami. Uprawa tradycyjna i nowoczesna. Hortpress, Warszawa.
- Yemm E.W., Wills A.J.** (1954): The estimation of carbohydrates in plant extracts by antrone. *Biochemistry J.* 57: 508-514.
- Zekki H., Gauthier L., Gosselin A.** (1996): Growth, productivity and mineral composition of hydroponically cultivated greenhouse tomatoes, with or without nutrient solution recycling. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121 (6): 1082-1088.

THE EFFECT OF DIFFERENT SULPHATE LEVELS IN THE ROOT ZONE  
ON THE YIELD AND QUALITY OF TOMATO GROWN ON COCONUT-FIBER  
SUBSTRATE IN THE NFT OR OPEN SYSTEM

S u m m a r y

Tomato plants cv. 'Cunero' were grown on coconut-fiber in two different systems: NFT (3 tubes) or open, without the recirculation of nutrient solution (O-WR, 2 tubes). At the beginning of experiment the nutrient solutions contained different sulphate levels: I – 200, II – 400 and III – 600 mg  $\text{SO}_4^{2-} \text{dm}^{-3}$  in the NFT and I – 200 and II – 600 mg  $\text{SO}_4^{2-} \text{dm}^{-3}$  in the O-WR system. The accumulation of sulphates in the root environment was observed in both systems, however, higher levels of accumulated sulphates were shown in the O-WR system. The accumulation of sulphates affected tomato yield only in the O-WR system. Elevated sulphate levels could influence the nutritional status of plants, mainly macro nutrient contents, as well as dry matter and sugar content in tomato fruits grown in the O-WR.