

WIELKOŚĆ I JAKOŚĆ PLONU POMIDORA (*Lycopersicon esculentum* MILL.) W ZALEŻNOŚCI OD ZRÓŻNICOWANYCH POZIOMÓW SIARCZANÓW W UPRAWIE NA WELNIE MINERALNEJ¹

Iwona Kowalska, Włodzimierz Sady

Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych,
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

Wstęp

W uprawach hydroponicznych częstym zjawiskiem jest akumulacja (zateżnienie) niektórych składników odżywczych w ryzosferze roślin [LOPEZ i in. 1998; PAPA-DOPOULOS i in. 1999; PIVOT i in. 1999]. Dotyczy to przede wszystkim systemów z recyrkulacją pożywki [ZEKKI i in. 1996]. Akumulacji podlegają między innymi jony siarczanowe, będące w nawozach nośnikami niektórych makro- i mikrośladników oraz naturalnym składnikiem wody [LOPEZ i in. 1996; PIVOT i in. 1998]. LOPEZ i in. [1996] podają za Boivin, że siarczany nie są wchłaniane w tym samym tempie, jak inne składniki pokarmowe, przez co pozostają w środowisku korzeniowym. Jak donoszą ADAMS [1971] oraz CERDA i in. [1984], nadmierna akumulacja siarczanów może mieć negatywny wpływ na rozwój roślin w wyniku antagonistycznego wpływu siarczanów na pobieranie innych składników (np. Ca, P) oraz ich uwsteczniania. Wielu autorów uważa rośliny pomidora za tolerancyjne na wysokie koncentracje siarczanów [HU, SPARKS 1991; LOPEZ i in. 1996; ZEKKI i in. 1996]. Problem szkodliwości siarczanów na wzrost roślin pomidora obserwowano przy stężeniach powyżej 22,3 me·dm⁻³ (11,2 mmol·dm⁻³) [CERDA i in. 1984]. Natomiast NUKAYA i in. [1991] analizując wpływ różnych koncentracji SO₄⁻², Cl⁻ i NO₃⁻ w uprawie pomidora wykazali, że zawartość SO₄⁻² od 5–10 mmol·dm⁻³ i Cl⁻ 3–13 mmol·dm⁻³ w warunkach stałego zasolenia, tj. 3 mS·cm⁻¹ nie wpłynęła na plonowanie roślin. W badaniach LOPEZ i in. [1996] wyjściowe stężenie siarczanów wynoszące 20,8 mmol·dm⁻³ nie zmniejszyło tempa wzrostu roślin oraz nie wpłynęło na plon i jakość owoców pomidora.

Odmienna może być skala akumulacji siarczanów w systemach hydroponicznych. Między innymi WILK i KOMOSA [1998] wykazali nieznaczną akumulację siarczanów w środowisku korzeniowym roślin pomidora. Także ZEKKI i in. [1996] wykazali mniejszą akumulację siarczanów w systemach bez recyrkulacji niż z recyrkulacją.

¹ Badania wykonano w ramach grantu KBN nr 5 P06C 012 18.

Celem niniejszej pracy było określenie wpływu zróżnicowanych poziomów siarczanów w pożywce na zmiany ich koncentracji w środowisku korzeniowym roślin oraz na wielkość i jakość plonu pomidora, uprawianego na wełnie mineralnej w systemie bez recyrkulacji pożywki.

Materiał i metody

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2000 i 2001. Badaniami objęto rośliny pomidora (*Lycopersicon esculentum* MILL.) odmiany 'Cunero F₁', rosnące na wełnie mineralnej (Grodan) w systemie bez recyrkulacji pożywki. Przygotowano dwa niezależne układy hydroponiczne (zestawy) zasilane pożywką sporządzoną na bazie: I – nawozów pojedynczych, II – nawozu wieloskładnikowego Superba. Pożywki nie różniły się koncentracją podstawowych makro- i mikro-składników, która była dostosowana do wymagań pokarmowych roślin pomidora zgodnie z zaleceniami WYSOCKIEJ-OWCZAREK [1998]. Zróżnicowanie składu pożywek dotyczyło jedynie koncentracji siarczanów, która wynosiła 500 mg·dm⁻³ i 250 mg·dm⁻³, odpowiednio dla zestawu I i II.

W okresie wegetacji roślin badano tempo akumulacji siarczanów w środowisku korzeniowym poprzez analizę wyciągu pobranego z punktu wyznaczonego w połowie odległości pomiędzy dwoma sąsiednimi roślinami i zarazem z $\frac{3}{4}$ miąższości wełny mineralnej. Analizy wykonywano w ostepach 2-tygodniowych, rozpoczynając od momentu wysadzania roślin w otwory mat z wełny mineralnej.

Stan odżywienia roślin oceniano na podstawie zawartości makro- i mikro-składników w 4 liściu od góry, pobranym w fazie zawiązywania owoców na 1 i 2 gronie. Makroskładniki (P, K, Ca, Mg) oznaczano w przesączu uzyskanym przy użyciu 2% kwasu octowego [NOWOSIELSKI 1988], azot białkowy metodą Kjeldahla, natomiast mikroskładniki po uprzedniej mineralizacji „na sucho” materiału roślinnego.

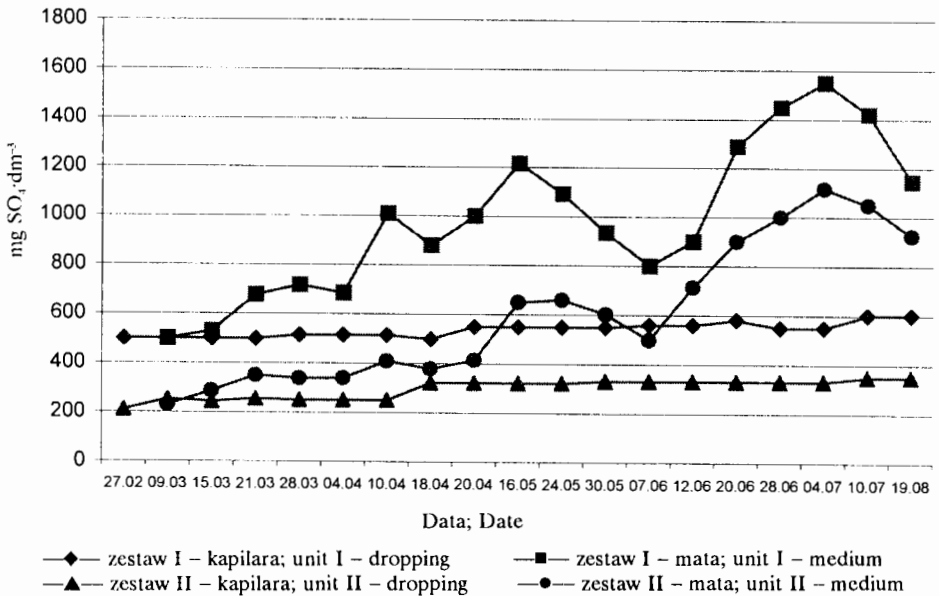
Wartość odżywczą owoców określano na podstawie: kwasowości – miareczkowo, zawartości suchej masy (w 70°C), kwasu askorbinowego metodą Tillmansa i cukrów rozpuszczalnych metodą antronową.

Każdy zestaw hydroponiczny obejmował 4 powtórzenia po 8 roślin. Zagęszczenie wynosiło 3,4 roślin·m⁻². Ogławianie przeprowadzono nad 8 gronem. Okres uprawy od wysadzania na miejsce stałe w roku 2000 wynosił 150 dni, a w roku 2001 – 154 dni. Uzyskane wyniki w każdym roku poddano jednoczynnikowej analizie wariancji.

Wyniki i dyskusja

Gromadzenie (akumulację) siarczanów w środowisku korzeniowym obserwowano w obydwu badanych zestawach hydroponicznych. Wzrost koncentracji siarczanów w trakcie całej uprawy nie był jednak systematyczny (rys. 1). Obserwowano przy tym wyraźną tendencję do większej akumulacji siarczanów w matach w zestawie I, tj. z roztworem o wyjściowej zawartości siarczanów wynoszącej 500 mg·dm⁻³. W końcowym okresie uprawy (początek lipca) stężenie siarczanów w matach zestawu I osiągnęło poziom 1550 mg·dm⁻³ (zawartość SO₄⁻² w pożywce na kapilarze w tym okresie wynosiła 550 mg·dm⁻³), natomiast w zestawie II stężenie w tym czasie osiągnęło wartość 1100 mg·dm⁻³ (zawartość SO₄⁻² w pożywce na

kapilarze w tym okresie wynosiła $330 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$). Akumulacja siarczanów w matkach obu zestawów wynikała prawdopodobnie głównie z przewagi transpiracji nad tempem pobierania składników pokarmowych przez rośliny. Brak systematyczności w akumulacji siarczanów w niniejszym doświadczeniu mógł więc wynikać ze zmieniającej się temperatury, wilgotności powietrza, wielkości powierzchni wegetacyjnej roślin (szczególnie liści), a więc czynników decydujących o intensywności transpiracji.



Rys. 1. Zmiany zawartości siarczanów w wełnie mineralnej w uprawie pomidora
Fig. 1. The changes of sulphate concentration in rockwool during tomato growth

Akumulacja siarczanów jest typowa dla systemów z recyrkulacją pożywki [LOPEZ i in. 1998; PIVOT i in. 1998], chociaż w badaniach WILK i KOMOSA [1998] nie obserwowano wyraźnej tendencji do takiej akumulacji. Ze względu na ciągły wpływ pożywki w systemach otwartych (drenaż) ma miejsce częściowe wypłukiwanie nagromadzonych jonów, w tym siarczanów. Koncentracja siarczanów w strefie korzeniowej jest pochodną głównie: stężenia w pożywce wyjściowej, tempa pobierania oraz wielkości wypłukiwania (drenażu) tych anionów. Czynniki te mogą powodować zróżnicowanie stopnia akumulacji siarczanów, obserwowane przez różnych autorów [ZEKKI i in. 1996; MICHAŁOJC, NOWAK 1998; WILK, KOMOSA 1998].

Siarczany akumulowane w strefie korzeniowej mogą zmniejszać aktywność jonową składników pokarmowych przez tworzenie związków trudno rozpuszczalnych, np. z Ca i przez to zmniejszać ich absorpcję [LOPEZ i in. 1996]. W efekcie roślina może odczuwać nie nadmiar siarczanów, a niedobory makro- i mikrośladników. Z badań wielu autorów [CERDA 1984; ZEKKI i in. 1996; LOPEZ i in. 1998] wynika, że rośliny pomidora mogą tolerować wysokie stężenia siarczanów do $10 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ [NUKAYA i in. 1991], a nawet do $20 \text{ mmol} \cdot \text{dm}^{-3}$ [LOPEZ i in. 1996]. W niniejszym doświadczeniu wysokie koncentracje siarczanów w strefie korzeniowej

pojawiły się i utrzymywały w zestawie I od drugiej połowy kwietnia i w zestawie II od początku lipca (rys. 1).

Otwartym pozostaje pytanie, czy stężenie siarczanów obserwowane w niniejszej pracy miało wpływ na plonowanie roślin pomidora?

Zróżnicowane koncentracje siarczanów w roztworze wyjściowym oraz ich akumulacja w strefie korzeniowej, tak w zestawie I jak i II, nie miały istotnego wpływu na plon ogólny i handlowy oraz masę owocu, bez względu na rok uprawy (tab. 1). Zaznaczyła się wyraźna tendencja do zmniejszenia plonu wczesnego w zestawie I (z wyższą koncentracją siarczanów), udowodniona statystycznie dla wyników badań uzyskanych w 2000 roku.

Tabela 1; Table 1

Plonowanie pomidora szklarniowego ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) uprawianego w latach 2000–2001
Yield of greenhouse tomato ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$) grown in 2000–2001

Rok Year	Pożywka Solution	Plon; Yield ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)			Średnia masa owocu (g) w plonie handlowym Average fruit weight (g) in marketable yield
		ogólny total	handlowy marketable	wczesny early	
2000	I	20,24	18,83	3,32	140
	II	21,58	19,36	4,46	135
	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	0,975	r.n.
2001	I	25,13	24,11	3,23	165
	II	25,31	23,45	3,75	168
	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

I – pożywka o zawartości siarczanów $500 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; nutrient solution with 500 mg sulphates in dm^{-3}

II – pożywka o zawartości siarczanów $250 \text{ mg}\cdot\text{dm}^{-3}$; nutrient solution with 250 mg sulphates in dm^{-3}

Tabela 2; Table 2

Wpływ siarczanów na zawartość wybranych składników odżywczych w owocach pomidora
The effect of sulphates on the concentration of selected nutrients in tomato fruit

Rok Year	Pożywka Solution	Sucha masa Dry matter (%)	Kwasowość Organic acids (%)	Kwas askorbinowy $\text{mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ św.m. Ascorbic acid $\text{mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ FM	Cukry Sugars (%)
2000	I	5,01	0,51	12,03	2,62
	II	5,57	0,49	11,99	2,61
	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
2001	I	5,29	0,44	11,04	2,52
	II	5,28	0,43	10,30	2,60
	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

I, II – objaśnienia jak w tab. 1; explanations see Tab. 1

Owoce nie różniły się również zawartością suchej masy, kwasu askorbino-
wego oraz cukrów i charakteryzowały się zbliżoną kwasowością (tab. 2). Także
LOPEZ i in. [1996] nie wykazali wpływu wysokich stężeń siarczanów na kwasowość
owoców pomidora oraz zawartość cukrów rozpuszczalnych. O braku wyraźnego
wpływu badanych koncentracji siarczanów w pożywkach na stan odżywienia mine-
ralnego roślin, z wyjątkiem fosforu w liściach, świadczą wykazane zawartości
podstawowych składników oznaczane w liściach i owocach (tab. 3 i 4). Istotnie
wyższe ilości fosforu wykazano w liściach pobranych z roślin rosnących przy naj-
niższym poziomie siarczanów w pożywce (obiekt II). Mogło to być wynikiem an-
tagonizmu pomiędzy siarczanami a jonami fosforu.

Tabela 3; Table 3

Wpływ siarczanów na zawartość składników mineralnych
w owocach pomidora szklarniowego

The effect of sulphates on the mineral composition of greenhouse tomato fruits

Rok Year	Pożywka Solution	N	P	K	Mg	Ca
		% s.m.; % DM				
2000	I	2,21	0,44	3,63	0,20	0,14
	II	2,33	0,49	3,65	0,19	0,16
	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
2001	I	2,07	0,39	4,18	0,18	0,17
	II	2,10	0,39	4,10	0,17	0,18
	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

I, II – objaśnienia jak w tab. 1; explanations see Tab. 1

Tabela 4; Table 4

Wpływ siarczanów na zawartość makro- i mikrośladników w liściach pomidora

The effect of sulphates on the macro- and microelement concentration
in tomato leaves

Rok Year	Pożywka Solution	N	P	K	Mg	Ca	Fe	Cu	Zn
		% s.m.; % DM					mg·kg ⁻¹		
2000	I	4,31	0,46	4,54	0,49	1,30	131	16	66
	II	4,19	0,67	4,39	0,45	1,20	127	14	71
	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.	0,09	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.
2001	I	5,20	0,47	4,66	0,61	2,39	93	11	64,1
	II	5,25	0,61	4,33	0,60	2,64	90	10	85,4
	NIR _{0,05} ; LSD _{0,05}	r.n.	0,14	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	r.n.	21,16

r.n. – różnice nieistotne; differences not significant

I, II – objaśnienia jak w tab. 1; explanations see Tab. 1

Szczególnie ciekawy jest brak wpływu siarczanów na zawartość Ca w liściach. Kation ten jest najczęściej analizowany w kontekście ewentualnego uwolnienia przez siarczany. Należy jednak zaznaczyć, że liście do analizy pobierano w połowie kwietnia, tj. w fazie wiązania owoców na 1 i 2 gronie. W tym okresie akumulacja siarczanów w strefie korzeniowej była jeszcze stosunkowo niewielka. Późniejsze analizy (Kowalska, dane niepublikowane) wskazują na istotne zmniejszanie zawartości Ca w liściach roślin będących w dalszych fazach wegetacji.

Wnioski

1. Uprawa pomidora w systemach hydroponicznych bez recyrkulacji pożywki powoduje kumulację siarczanów w strefie korzeniowej.
2. Stężenie siarczanów: 500 i 250 mg·dm⁻³ w roztworze wyjściowym oraz ich akumulacja w strefie korzeniowej nie ma wyraźnego wpływu na stan odżywienia roślin oraz wielkość i jakość uzyskanego plonu.

Literatura

- ADAMS P. 1971. *Ionic concentrations and activities in soil solutions*. Soil Sci. Amer. Proc. 35: 420–426.
- CERDA A., MARTINEZ V., CARO M., FERNANDEZ F.G. 1984. *Effect of sulfur deficiency and excess on yield and sulfur accumulation in tomato plants*. J. Plant Nutr. 7(11): 1529–1543.
- HU H., SPARKS D. 1991. *Sulfur deficiency influences vegetative growth, chlorophyll and element concentrations and amino acids of pecan*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 116: 974–980.
- LOPEZ J., DORAIS M., TREMBLAY N., GOSSELIN A. 1998. *Effects of varying sulfate concentrations and vapor pressure deficits (VPD) on greenhouse tomato fruit quality, foliar nutrient concentration and amino acid components*. Acta Hort. 458: 303–310.
- 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.
- MICHAŁOJCZ Z., NOWAK L. 1998. *Zmiany zawartości składników pokarmowych, pH i zasolenia w podłożu z wełny mineralnej w uprawie pomidora*. Konf. nauk. „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodnictwa”. Lublin, 8–9 VI 1998: 227–230.
- NOWOSIELSKI O. 1988. *Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie*. PWRiL, W-wa: 309 ss.
- NUKAYA A., VOOGT W., SONNEVELD C. 1991. *Effects of NO₃, SO₄ and Cl rations on tomatoes grown in recirculating system*. Acta Hort. 294: 297–304.
- PAPADOPOULOS A.P., HAO X. TUJ.C., ZHENG J. 1999. *Tomato production in open or closed rockwool culture systems with NFT or rockwool nutrient feedings*. Acta Hort. 481: 89–96.

PIVOT D., REISET A., GILLIOZ J.M. 1999. *Tomates en serre: substrats reutilisés, solutions recyclées*. Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic. 31(5): 265–269.

PIVOT D., REISET A., GILLIOZ J.M., RYSER J.P. 1998. *Water quality, climatic environment and mineral nutrition of tomato (*Lycopersico esculentum*) in closed soilless cropping system*. Acta Hort. 458: 207–214.

WILK B., KOMOSA A. 1998. *Fertygacja gerbery – zmiany składu pożywki*. Mat. konf. nauk. „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodnich”. Lublin, 8–9 VI 1998: 113–117.

WYSOCKA-OWCZAREK M. 1998. *Pomidory pod osłonami. Uprawa tradycyjna i nowoczesna*. Hortpress, W-wa: 148–150.

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.

Słowa kluczowe: pomidor, siarczany, fertygacja, wełna mineralna

Streszczenie

W doświadczeniu badano zmiany koncentracji siarczanów w środowisku korzeniowym roślin pomidora uprawianego na wełnie mineralnej w systemie bez recykulacji pożywki. Rośliny rosły w dwóch niezależnych układach hydroponicznych (zestawach) zasilanych pożywką sporządzoną na bazie: I – nawozów pojedynczych, II – nawozu wieloskładnikowego Superba. Pożywki nie różniły się koncentracją podstawowych makro- i mikrośladników, zróżnicowanie dotyczyło jedynie koncentracji siarczanów, która wynosiła $500 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ i $250 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$, odpowiednio dla zestawu I i II. Dodatkowo badano reakcję roślin pomidora na podwyższone stężenia siarczanów w roztworze odżywczym. Przez cały okres wegetacji roślin obserwowano akumulację siarczanów w matach wełny mineralnej. Nie wykazano istotnego wpływu siarczanów na plonowanie oraz na jakość owoców i stan odżywienia roślin pomidora.

YIELD AND QUALITY OF TOMATO GROWN IN THE ROCKWOOL AS RELATED TO DIFFERENT LEVELS OF SULPHATES IN THE MEDIUM

Iwona Kowalska, Włodzimierz Sady

Department of Soil Cultivation and Fertilization, Agricultural University, Kraków

Key words: tomato, sulphates, fertigation, rockwool

Summary

The aim of the study was to evaluate changes in the concentration of sulphates in nutrient solution in the rhizosphere of greenhouse tomato grown on the rockwool with free nutrient solution drainage.

The plants were grown in two independent hydroponic units and were fertilized with two nutrition media: I – single fertilizer, II – multifertilizer Superba. The solutions did not differ in the concentrations of macro- and microelements, but they contained different levels of sulphates; i.e. 500 and 250 mg·dm⁻³ in the – I and II solution, respectively. Additionally, the reaction of tomato on elevated concentrations of sulphates was also studied.

For the whole experimental period, the accumulation of sulphates in the rockwool was observed in both units. However, it did not have any effect on tomato yield and fruit quality. The plants were grown under optimal supply of all nutrients as shown by the leaf analysis.

Dr inż. Iwona **Kowalska**
Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja
ul. 29 Listopada 54
31-425 KRAKÓW
e-mail: rokowals@cyf-kr.edu.pl