

## WPLYW ZRÓŻNICOWANEGO POZIOMU SIARCZANÓW W POŻYWCIE I RODZAJU PODŁOŻA NA PLONOWANIE, STAN ODŻYWIENIA I JAKOŚĆ OWOCÓW POMIDORA UPRAWIANEGO W SYSTEMIE CKP

Iwona Kowalska

Akademia Rolnicza w Lublinie

**Streszczenie.** Badaniami objęto pomidora szklarniowego odm. Cunero F<sub>1</sub>. Rośliny uprawiano metodą cienkwarstwowych kultur przepływowych (CKP). Rynny uprawowe CKP wypełniano wełną mineralną lub matami kokosowymi i zasilano pożywką o zróżnicowanym poziomie wyjściowym siarczanów ( $\text{mg SO}_4^{2-}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), tj. 200, 400 i 600. Badano wpływ poziomu siarczanów i rodzaju podłoża na plonowanie, stan odżywienia i jakość owoców pomidora. W ciągu całego okresu uprawy obserwowano gromadzenie się siarczanów w pożywce bez względu na ich poziom w pożywce wyjściowej oraz rodzaj podłoża (organiczne lub mineralne). Podłoże organiczne (maty kokosowe) kumulowało większe ilości siarczanów w stosunku do podłoża mineralnego (wełna mineralna). Natomiast w pożywce recyrkulującej wyższe koncentracje siarczanów odnotowano w zestawach z wełną mineralną niż z matami kokosowymi. Bez względu na rodzaj podłoża kumulacja siarczanów w strefie korzeniowej nie miała wpływu na wielkość plonu ogólnego i handlowego oraz zawartość w owocach kwasu askorbinowego, cukrów i ich kwasowość. Uprawa na wełnie mineralnej wpłynęła na uzyskanie wyższych plonów w porównaniu do uprawy na podłożu kokosowym. Zarówno rodzaj podłoża jak i poziom siarczanów w pożywkach miały wpływ na stan odżywienia mineralnego roślin.

**Słowa kluczowe:** pomidor, siarczany, wełna mineralna, maty kokosowe, CKP

### WSTĘP

Poważnym utrudnieniem w systemach z recyrkulacją pożywki jest możliwość gromadzenia się zbyt dużych ilości niektórych jonów w środowisku korzeniowym roślin [Lopez i in. 1998, Papadopoulos i in. 1999, Pivot i in. 1999]. Dotyczy to głównie chlorków, siarczanów i dwuwęglanów [Zekki i in. 1996]. Źródłem jonów podlegających kumulacji są nawozy i woda używane do sporządzania pożywek. W wyniku gromadze-

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: Iwona Kowalska, Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Akademii Rolniczej w Krakowie, ul. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków, e-mail: rokowals@cyf-kr.edu.pl

nia się jonów może dochodzić do ich antagonizmów czy reakcji uwsteczniania się składników pokarmowych poprzez tworzenie się par jonów w roztworze pokarmowym [Adams 1971]. Procesy te mogą mieć wpływ na pobieranie składników pokarmowych przez rośliny, a także stanowić utrudnienie w eksploatacji systemów doprowadzających pożywkę (zatykanie emiterów).

Wielkość i tempo gromadzenia się siarczanów w strefie korzeniowej zależy prawdopodobnie od wielu czynników (w tym od gatunku rośliny, jej fazy rozwojowej, temperatury, jakości wody) [Zekki i in. 1996, Michałojć i Nowak 1998]. Ważny jest także rodzaj podłoża, chociaż zagadnienie interakcji pomiędzy rodzajem podłoża a tempem akumulacji siarczanów nie jest jeszcze w pełni wyjaśnione [Komosa i Gapys 1996].

Celem doświadczenia było określenie wpływu zróżnicowanego poziomu siarczanów w pożywce (200, 400 i 600 mg·dm<sup>-3</sup>) i rodzaju podłoża (maty kokosowe i wełna mineralna) w uprawie pomidora w systemie CKP na tempo gromadzenia się siarczanów w pożywce i podłożu oraz plonowanie, stan odżywienia i jakość owoców pomidora.

## MATERIAŁ I METODY

Badaniami objęto rośliny pomidora szklarniowego (*Lycopersicon esculentum* Mill.) odm. Cunero F<sub>1</sub> uprawiane metodą cienkowieńskich kultur przepływowych (CKP). Rynny uprawowe zestawów CKP wypełniano wełną mineralną Master (3 zestawy; I, II i III) lub matami kokosowymi Ceres (3 zestawy; IA, IIA i IIIA) i zasilano pożywką o zróżnicowanym poziomie wyjściowym siarczanów (mg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>·dm<sup>-3</sup>), tj. zestaw I i IA – 200, zestaw II i IIA – 400 i zestaw III i IIIA – 600. Przez pierwsze 3 tygodnie uprawy w zestawach z matami kokosowymi (IA, IIA i IIIA) obniżono poziom siarczanów i pozostałych składników w pożywce w stosunku do pożywek zasilających zestawy z wełną mineralną o 30%, tj. do 170, 280 i 420 mg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>·dm<sup>-3</sup>. Wynikało to z naturalnej obecności makroskładników w podłożu kokosowym (tab. 1). Najniższy poziom siarczanów w pożywce (zestawy I i IA) otrzymano poprzez zastosowanie nawozu wieloskładnikowego Superba Czerwona. Pozostałe pożywki przygotowano na bazie nawozów pojedynczych i kwasu. Pożywki nie różniły się koncentracją podstawowych makro- i mikroskładników (z wyjątkiem okresu pierwszych trzech tygodni), które utrzymywane były na poziomie zgodnym z zaleceniami Wysockiej-Owczarek [2001] dla poszczególnych faz wzrostu pomidora w uprawie na wełnie mineralnej.

Odczyn pożywki we wszystkich zestawach ustalano do poziomu pH 5,5–6,0 za pomocą kwasu azotowego, ortofosforowego lub siarkowego. W okresie uprawy roślin kontrolowano skład oraz odczyn pożywek i korygowano za pomocą odpowiednich nawozów i kwasów.

Tabela 1. Skład chemiczny podłoża kokosowego przed rozpoczęciem uprawy  
Table 1. Chemical composition of coconut fiber before cultivation

pH <sub>KCl</sub>	pH <sub>H<sub>2</sub>O</sub>	Stężenie soli Salt concentration g KCl·dm <sup>-3</sup>	mg·dm <sup>-3</sup>							
			N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	P	K	Ca	Mg	S-SO <sub>4</sub>	Na
5,74	6,30	0,93	10,5	38,5	63	246	435	196	42,7	25

Dodatkowo w odstępach 7–14-dniowych z każdego zestawu pobierano z kapilar pożywkę i analizowano na zawartość siarczanów. W chwili likwidacji uprawy wykonano analizę podłoża z mat kokosowych na zawartość siarczanów.

Stan odżywienia roślin oceniano na podstawie zawartości makro- oraz mikroelementów w blaszkach liściowych czwartego od góry w pełni wyrosniętego liścia. Materiał pobierano w dwóch terminach, tj. w fazie wiązania owoców na IV gronie oraz w fazie wybarwiania pierwszych owoców.

Plonowanie roślin oceniano na podstawie plonu ogólnego, handlowego i masy pojedynczego owocu w plonie handlowym.

Wartość odżywczą owoców określano na podstawie kwasowości (metodą miareczkową) [Rutkowska 1981], zawartości suchej masy (w 70°C), kwasu askorbinowego metodą Tillmansa, cukrów rozpuszczalnych metodą antronową [Yemm i Willis 1954] oraz likopenu [Umiel i Gabelman 1971].

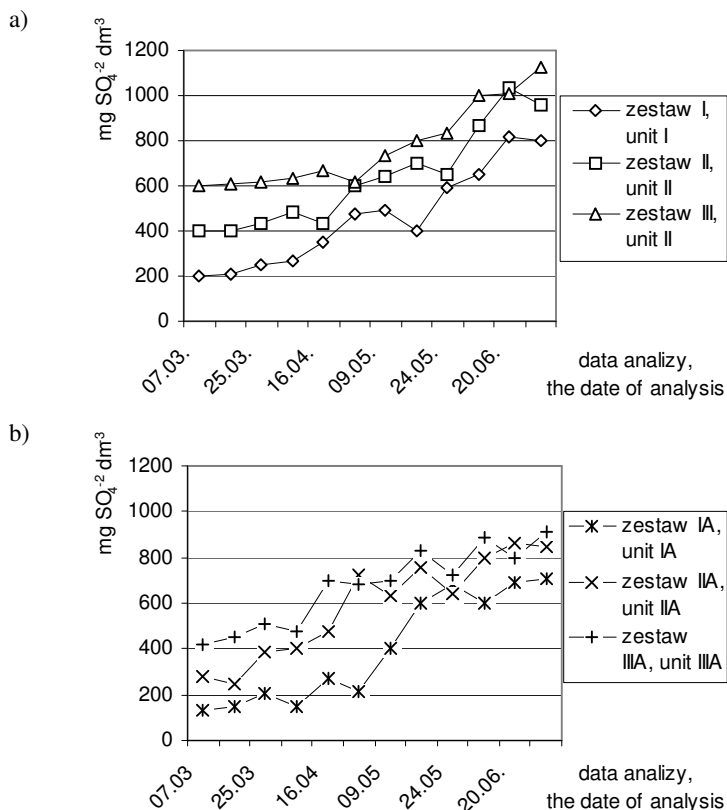
Skład mineralny pożywek i podłoża z kokosu oznaczano za Nowosielskim [1988], zawartość siarczanów metodą nefelometryczną [Hermanowicz i in. 1976, Ostrowska i in. 1991], po uprzedniej ekstrakcji octanem amonu podłoża z kokosu. Analizy liści na zawartość P, K, Ca i Mg wykonano w wyciągu sporządzonym przy użyciu 2% kwasu octowego [Nowosielski 1988], natomiast N metodą Kjeldahla. Zawartość mikroelementów oznaczano po uprzedniej mineralizacji materiału roślinnego „na sucho”. Zawartość S ogólnej oznaczano na aparacie Leco SC-132, natomiast siarczanów metodą nefelometryczną [Ostrowska i in. 1991] po ekstrakcji octanem amonu.

Uzyskane wyniki poddano dwuczynnikowej analizie wariancji, korzystając z procedury GLM programu SAS [1996]. Różnice pomiędzy średnimi dla badanych czynników analizowano testem rozstępu Duncana przy istotności  $\alpha = 0,05$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

**Gromadzenie się siarczanów w pożywce.** Bez względu na wyjściowe stężenia siarczanów w pożywkach, ich kumulacja była nieznacznie mniejsza w pożywce zestawów z podłożem organicznym (maty kokosowe, rys. 1b) niż mineralnym (wełna mineralna, rys. 1a). Różnice pomiędzy podłożami w kumulacji siarczanów w pożywce utrzymywały się na zbliżonym poziomie w całym okresie uprawy roślin. Najwyższe stężenie siarczanów w pożywce obserwowano w końcowym okresie uprawy, w wariantach o najwyższych stężeniach wyjściowych, tj. 600 mg·dm<sup>-3</sup>. Ostateczne poziomy siarczanów w pożywkach w tych zestawach, w uprawie na wełnie mineralnej i w matkach kokosowych wynosiły odpowiednio około 1100 i 900 mg·dm<sup>-3</sup>.

Dodatkowo w dniu likwidacji uprawy poddano analizie maty kokosowe na zawartość siarczanów. Oznaczana zawartość siarczanów w matkach kokosowych zwiększała się wraz ze wzrostem ich stężenia wyjściowego w pożywce i wynosiła około 1100, 1620 i 1800 mg·dm<sup>-3</sup>, odpowiednio w zestawach z zawartością wyjściową 200, 400 i 600 mg siarczanów w dm<sup>-3</sup>. Z drugiej strony w obiektach z wełną mineralną zawartość siarczanów w wyciągu z podłoża oraz w pożywce z tych zestawów była jednakowa.



Rys. 1. Dynamika gromadzenia siarczanów w pożywkach w zamkniętym systemie uprawy (CKP) na wełnie mineralnej (a) lub włóknie kokosowym (b), w zależności od poziomów wyjściowych siarczanów w pożywkach (zestaw I i IA – 200, II i IIA – 400, III i IIIA – 600 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>·dm<sup>-3</sup>)

Fig. 1. The dynamics of sulphate accumulation in the nutrient solution in closed cropping system (NFT) on rockwool (a) or coconut fiber (b), depending on the initial concentration of sulphates (unit I i IA – 200, II i IIA – 400, III i IIIA – 600 mg SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> dm<sup>-3</sup>)

Na znaczną kumulację jonów siarczanowych w matach kokosowych podczas uprawy pomidora w systemie bez recykulacji zwracali uwagę Ruprik i Breś [2002], a także Pawlińska i Komosa [2002]. Gromadzenie się siarczanów w samym podłożu kokosowym zmniejszało ilości siarczanów w pożywce. Jednakże ilość siarczanów w środowisku korzeniowym, będąca potencjalnie do dyspozycji roślin, była większa w przypadku mat kokosowych niż wełny mineralnej.

**Stan odżywienia roślin.** Stan odżywienia roślin pomidora oceniany na podstawie składu mineralnego blaszek liściowych pobranych w dwóch terminach, tj. w fazie wiązania owoców na IV gronie i w fazie wybarwiania pierwszych owoców, ilustrują tabele

2 i 3. W pierwszym terminie analizy (tab. 2) poziom siarczanów w pożywce miał istotny wpływ tylko na zawartość makroelementów. Wraz ze zwiększaniem się koncentracji siarczanów wzrastała zawartość S i S-SO<sub>4</sub>, natomiast malała zawartość P i Ca. Z kolei w następnej analizowanej fazie wzrostu roślin (tab. 3) wyższe zawartości siarczanów w pożywce powodowały zwiększenie zawartości N i S-SO<sub>4</sub> oraz, jak wyżej, istotne zmniejszenie koncentracji P i Ca. Zwiększenie koncentracji siarczanów w pożywce powodowało także wzrost zawartości siarki w liściach, jednak niepotwierdzony statystycznie. W tej fazie wzrostu obserwowano również istotny wpływ zwiększającego się stężenia siarczanów w pożywce na spadek zawartości Mo i B w liściach.

Tabela 2. Wpływ zróżnicowanych poziomów siarczanów w pożywce na zawartość suchej masy i składników mineralnych w blaszkach liściowych pomidora (faza wiązania owoców na IV gronie) uprawianego w rynnach systemu CKP wypełnionych wełną mineralną lub matami kokosowymi (2002 rok)

Table 2. Effect of different sulphate levels in the nutrient solution on dry matter content and mineral composition of leaves (at fruit formation on the IV<sup>th</sup> cluster) of tomato grown in the NFT system, in the plastic troughs filled with the rockwool slabs or coconut fiber (year 2002)

Wyszczególnienie Item	Poziom siarczanów Sulphate levels mg·dm <sup>-3</sup>			Podłoże – Medium		NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		
	200	400	600	wełna mineral- na rockwool	maty kokoso- we coconut fiber	poziom siarcza- nów sulphate level	podłoże medium	interak- cja inter- action
Sucha masa – Dry matter, %	11,36	11,67	11,15	11,50	11,28	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Makroskładniki, % sm – Macroelement, % d.m								
N	4,99	4,96	4,83	5,12	4,73	n.i., n.s.	0,15	n.i., n.s.
S	1,62	1,85	2,08	1,65	2,04	0,27	0,33	0,47
P	0,74	0,73	0,51	0,74	0,57	0,08	0,10	0,14
K	3,99	4,01	4,08	3,94	4,11	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Ca	3,36	3,23	3,13	3,27	3,21	0,21	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Mg	0,65	0,69	0,65	0,72	0,61	n.i., n.s.	0,04	n.i., n.s.
S-SO <sub>4</sub>	1,20	1,46	1,45	1,22	1,51	0,18	0,09	0,15
Mikroskładniki, mg·kg <sup>-1</sup> s.m. – Microelement, mg·kg <sup>-1</sup> d.m.								
Fe	136,66	135,15	141,61	151,01	123,93	n.i., n.s.	22,69	n.i., n.s.
Mn	137,00	115,61	103,47	146,37	91,01	n.i., n.s.	25,62	n.i., n.s.
Cu	33,02	37,65	36,60	37,75	33,76	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Zn	47,54	44,17	40,62	52,12	36,11	n.i., n.s.	11,37	n.i., n.s.
Mo	1,09	1,06	1,32	1,81	0,51	n.i., n.s.	0,36	n.i., n.s.
B	48,19	45,17	47,91	48,67	45,51	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.

n.i. – różnice nieistotne, n.s. – not significant

Liście pomidora rosnącego na wełnie mineralnej w porównaniu do obiektów z podłożem kokosowym, bez względu na stężenie siarczanów w pożywce wyjściowej, zawierały w pierwszym terminie analizy więcej N, P i Mg oraz Fe, Mn, Zn i Mo, natomiast mniej S i S-SO<sub>4</sub>. W drugim terminie analizy blaszki liściowe pomidorów rosnących na wełnie mineralnej zawierały istotnie więcej N, P, K, Ca i Mg oraz Mn, Mo i B, natomiast podobnie jak w poprzedniej fazie mniej S ( $\alpha > 0,05$ ) i S-SO<sub>4</sub> ( $\alpha < 0,05$ ), w porównaniu z pomidorami uprawianymi na podłożu kokosowym.

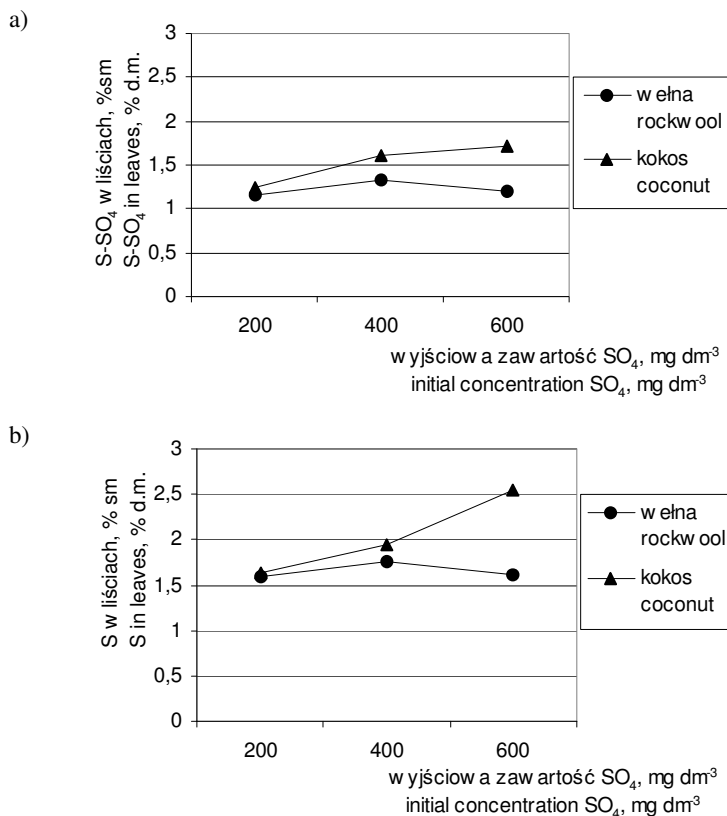
Tabela 3. Wpływ zróżnicowanych poziomów siarczanów w pożywce na zawartość suchej masy i składników mineralnych w blaszkach liściowych pomidora (faza wybarwiania pierwszych owoców) uprawianego w rynnach systemu CKP wypełnionych wełną mineralną lub matami kokosowymi (2002 rok)

Table 3. Effect of different sulphate levels in the nutrient solution on dry matter content and mineral composition of leaves (at first fruit ripening) of tomato grown in the NFT system, in the plastic troughs filled with the rockwool slabs or coconut fiber (year 2002)

Składnik Item	Poziom siarczanów Sulphate levels mg·dm <sup>-3</sup>			Podłoże – Medium			NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>	
	200	400	600	wełna mineral- na rockwool	maty kokoso- we coconut fiber	poziom siarcza- nów sulphate level	podłoże medium	interakcja inter- action
Sucha masa – Dry matter, %	10,85	11,26	11,28	10,97	11,29	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Makroskładniki, % sm – Macroelement, % d.m.								
N	4,36	4,56	4,57	4,56	4,44	0,11	0,09	n.i., n.s.
S	2,10	2,35	2,34	2,16	2,38	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
P	0,66	0,60b	0,40	0,61	0,52	0,06	0,07	0,10
K	3,97	3,93	4,01	3,68	3,26	n.i., n.s.	0,29	n.i., n.s.
Ca	3,84	3,84	3,41	3,86	3,53	0,21	0,26	0,36
Mg	0,62	0,73	0,71	0,75	0,62	n.i., n.s.	0,04	0,06
S-SO <sub>4</sub>	1,50	1,78	1,78	1,56	2,31	0,10	0,13	n.i., n.s.
Mikroskładniki, mg·kg <sup>-1</sup> sm – Microelement, mg·kg <sup>-1</sup> d.m.								
Fe	254,63	194,62	213,10	241,55	200,02	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Mn	166,88	125,64	150,33	190,72	104,51	32,06	26,19	n.i., n.s.
Cu	46,93	25,43	28,80	30,66	36,74	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Zn	64,31	53,43	38,21	60,16	43,81	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Mo	1,54	1,21	0,82	1,97	0,41	0,24	0,20	0,34
B	69,83	57,10	47,23	70,12	45,99	10,82	8,83	n.i., n.s.

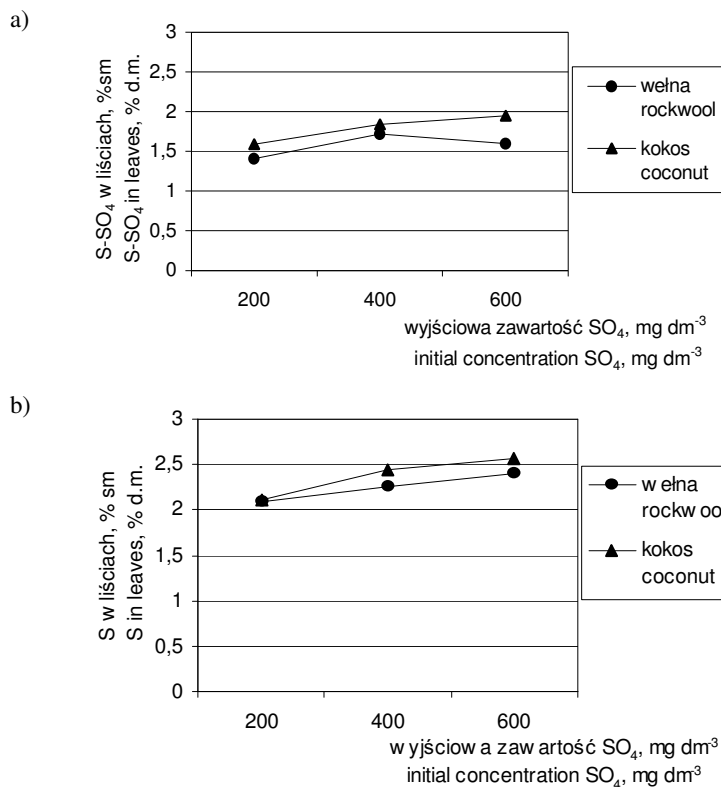
Jak podano wcześniej, kumulacja siarczanów w strefie korzeniowej w matach kokosowych była znacznie większa niż w matach z wełny mineralnej. Prawdopodobnie z tego powodu liście pomidorów uprawianych na wełnie mineralnej zawierały mniejsze ilości siarczanów i siarki. Mogło to umożliwić roślinom uprawianym na wełnie mineralnej pobieranie większej ilości takich składników pokarmowych, jak N, P, Ca i Mg oraz niektórych mikroelementów. Wielokrotnie wykazywano, że siarczany mogą hamować absorpcję innych składników pokarmowych [Boivin 1990, Marschner 1995, Lopez i in. 1996], co w większym stopniu mogło mieć miejsce w uprawie na matach kokosowych.

Dokładna analiza interakcji poziomu siarczanów z rodzajem podłoża (rys. 2a, 2b i 3a, 3b) wskazuje, że w 1 fazie wzrostu roślin (wiązanie owoców na IV gronie) zawartość S i S-SO<sub>4</sub> w blaszkach liściowych wzrastała w wyniku zwiększenia się koncentracji siarczanów w strefie korzeniowej roślin uprawianych na matach kokosowych, podczas gdy pozostawała relatywnie stała u roślin uprawianych na wełnie mineralnej. Także wpływ wzrastających poziomów siarczanów w pożywce wyjściowej na zmniejszenie zawartości P w liściach był wyraźniejszy u roślin uprawianych na matach kokosowych (istotna interakcja; tab. 2). Różnice w reakcji roślin uprawianych w wełnie mineralnej i w matach kokosowych na wzrastające stężenie siarczanów mogły wynikać z większej ich kumulacji w strefie korzeniowej w matach kokosowych w tej fazie rozwoju roślin.



Rys. 2. Wpływ zróżnicowanych poziomów siarczanów w pożywce i rodzaju podłoża na zawartość S-SO<sub>4</sub> i S w liściach pomidora będącego w fazie wiązania owoców na IV gronie  
 Fig. 2. Effects of different sulphate concentrations in the nutrient solution and the type of medium on the content of S-SO<sub>4</sub> and S in the leaves of tomato at fruit formation on the IVth cluster

W drugim terminie analizy (ryc. 3a i 3b) nie wykazano już istotnej interakcji poziomu siarczanów i rodzaju podłoża na zawartość S i S-SO<sub>4</sub> w blaszkach liściowych. W tej fazie rozwoju roślin nie wykazano różnic pomiędzy badanymi podłożami w reakcji roślin na coraz większe zawartości siarczanów w pożywce wyjściowej. Zawartość S-SO<sub>4</sub> w liściach wzrastała podobnie u roślin uprawianych zarówno na wełnie mineralnej, jak i na matach kokosowych (ryc. 3a). W każdym z zastosowanych wariantów stężenia siarczanów w pożywce wyjściowej zawartość ich w liściach roślin uprawianych na matach kokosowych była jednak większa niż u roślin rosnących na wełnie mineralnej, co mogło wynikać z większego gromadzenia siarczanów w matach kokosowych niż w wełnie mineralnej. Możliwe jednak, że poziom akumulacji siarczanów w matach wełny mineralnej był już wystarczająco duży w każdym zestawie dla ujawnienia się wpływu stężenia siarczanów na ich zawartość w liściach.



Rys. 3. Wływ zróżnicowanych poziomów siarczanów w pożywce i rodzaju podłoża na zawartość S-SO<sub>4</sub> i S w liściach pomidora będącego w fazie wybarwiania pierwszych owoców  
 Fig. 3. Effects of different sulphate concentrations in the nutrient solution and the type of medium on the content of S-SO<sub>4</sub> and S in the leaves of tomato at ripening of first fruits

**Plonowanie i jakość owoców.** Wzrastające stężenie siarczanów w strefie korzeniowej nie miało istotnego wpływu na plon ogólny i plon handlowy pomidora (tab. 4), wynoszący średnio w całym doświadczeniu odpowiednio 26,4 i 26,0 kg·m<sup>-2</sup>. Brak wpływu zróżnicowanych koncentracji siarczanów na plonowanie pomidorów jest zgodny z obserwacjami innych autorów [Nukaya i in. 1991, Lopez i in. 1996, Zekki i in. 1996]. Z drugiej strony zaznaczyła się wyraźna tendencja do zmniejszenia masy pojedynczego owocu w plonie handlowym wraz ze zwiększeniem stężenia siarczanów w pożywce.

Rośliny pomidora osiągały istotnie wyższe plony w uprawie na wełnie mineralnej niż na matach kokosowych (tab. 4). Podobnie Pawlińska i Komosa [2002] wykazali wyższe plonowanie pomidora uprawianego w podłożach mineralnych (wełna mineralna) w porównaniu do organicznych (trociny i mieszanina torfowo-korowa). Z kolei Nurzyński i in. [2001] nie obserwowali różnic w plonowaniu pomidora rosnącego na piasku,



wełnie lub torfie. Także w doświadczeniu Zekki i in. [1996], w którym porównywano podłoże mineralne (wełna mineralna) i organiczne (substrat torfowy) w systemie zamkniętym, nie wykazano istotnego wpływu podłoża na plonowanie pomidora.

Tabela 4. Wpływ zróżnicowanych poziomów siarczanów w pożywce na plonowanie i jakość owoców pomidora uprawianego w rynnach systemu CKP wypełnionych wełną mineralną lub matami kokosowymi (2002 rok)

Table 4. Effect of different sulphate levels in the nutrient solution on yield and fruit quality of tomato grown in the NFT system, in the plastic troughs filled with the rockwool slabs or coconut fiber (year 2002)

Wyszczególnienie Item	Poziom siarczanów, Sulphate levels, mg·dm <sup>-3</sup>			Podłoże – Medium		NIR <sub>0,05</sub> – LSD <sub>0,05</sub>		
	2200	4400	6600	wełna mineralna rockwool	maty kokosowe coconut fiber	poziom siarczanów sulphate level	podłoże medium	interakcja interaction
Plon ogólny Yield total, kg·m <sup>-2</sup>	27,22	26,52	25,39	28,03	24,72	n.i., n.s.	2,72	n.i., n.s.
Plon handlowy Marketable yield, kg·m <sup>-2</sup>	26,80	26,15	24,95	27,51	24,42	n.i., n.s.	2,62	n.i., n.s.
Średnia masa owocu – plon handlowy, Mean fruit weight – marketable yield, g	161	156	146	158	151	10,16	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Jakość owoców Quality of fruits								
Sucha masa Dry matter, %	5,02	5,13	5,16	5,02	5,18	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Kwasowość Titratable acidity, %	0,41	0,39	0,43	0,40	0,41	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Kwas askorbinowy, mg 100 g <sup>-1</sup> św.m. Ascorbic acid, mg 100 g <sup>-1</sup> f. w.	12,98	13,09	12,31	12,83	12,75	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Cukry, % św.m. Sugers, % f.w.	2,21	2,17	2,23	2,10	2,31	n.i., n.s.	n.i., n.s.	n.i., n.s.
Likopen, mg·kg <sup>-1</sup> św.m. Licopen, mg·kg <sup>-1</sup> f.w.	17,61	22,71	23,49	19,61	22,61	4,07	n.i., n.s.	n.i., n.s.

Przy prawidłowo dobranej pożywce odżywianie roślin w uprawie na wełnie mineralnej (podłoże inertne) jest bardziej zrównoważone niż na podłożach organicznych [Komasza 2002]. Mniejszy plon w uprawie na matkach kokosowych może także po części wynikać z oddziaływania siarczanów kumulowanych w tym podłożu w większym stopniu w strefie korzeniowej roślin, zwłaszcza w fazie wiązania owoców, co miało wpływ na stan odżywienia roślin (rys. 2a i 2b). Ponadto, jak wykazano w niniejszych badaniach, maty kokosowe zatrzymywały znaczne ilości wody (około 78% obj.), co pogarszało warunki powietrzne (około 15,8% obj.). Nadmierne uwilgotnienie podłoża ogranicza wymianę gazową, co może ujemnie wpłynąć na rozwój roślin i w konsekwencji na plonowanie roślin [Walczak i Sławiński 2000].

Stężenie siarczanów nie miało wpływu na jakość owoców pomidora ocenianą na podstawie kwasowości, zawartości kwasu askorbinowego i cukrów rozpuszczalnych

(tab. 4), co jest zgodne z wynikami badań innych autorów [Nukaya i in. 1991, Lopez i in. 1996, Zekki i in. 1996]. W kontekście wpływu siarczanów na jakość owoców najczęściej omawianym problemem jest występowanie objawów suchej zgnilizny wierzchołkowej, będącej następstwem niedoboru Ca w owocach [Lopez i in. 1998, Pivot i in. 1998]. W niniejszym oświadczeniu nie notowano objawów występowania tej choroby.

Badane podłoża nie miały wpływu na jakość owoców pomidora, podobnie jak to wykazał Celikel [1999]. Z kolei inni autorzy [Nurzyński 1996, Premuzic i in. 1998, Kowalska 2001, Nurzyński i in. 2001] wskazują na zróżnicowanie jakości owoców pomidora uprawianych na podłożach organicznych i mineralnych.

Jak wykazano w tabeli 4, wraz ze wzrostem stężenia siarczanów w pożywce zwiększała się istotnie zawartość likopenu w owocach pomidora. Pomidor i produkty jego przerobu są głównymi źródłami likopenu, jednego z najważniejszych karotenoidów w diecie człowieka [Shi i Le Maguer 2001]. W ostatnich latach wzrosło zainteresowanie likopenem jako składnikiem diety posiadającym silne właściwości antyoksydacyjne [Barrett i Anthon 2001].

Jak wykazano w niniejszych badaniach, podwyższenie stężenia siarczanów w środowisku korzeniowym może powodować zwiększenie zawartości likopenu w owocach pomidora. Wyniki tych badań wymagają jednak potwierdzenia w następnych doświadczeniach, zwłaszcza wobec braku informacji z tego zakresu w dostępnej literaturze, odnoszącej się do jakości owoców pomidora.

## PODSUMOWANIE

1. Uprawa pomidora w systemie zamkniętym z recykulacją pożywki powodowała kumulację siarczanów w strefie korzeniowej, bez względu na rodzaj podłoża.

2. Podłoże organiczne kumulowało większe ilości siarczanów w strefie korzeniowej w stosunku do podłoża mineralnego, co mogło mieć wpływ na stan odżywienia mineralnego.

3. Bardziej zrównoważone warunki mineralnego żywienia roślin w uprawie na wętnie mineralnej spowodowały lepsze plonowanie roślin niż na podłożu kokosowym.

4. Bez względu na rodzaj podłoża kumulacja siarczanów w strefie korzeniowej nie miała wpływu na wielkość plonu ogólnego i handlowego oraz zawartość w owocach kwasu askorbinowego, cukrów i ich kwasowość.

5. Podwyższenie stężenia siarczanów w pożywce przyczyniło się do wzrostu zawartości likopenu w owocach pomidora.

## PIŚMIENNICTWO

- Adams P., 1971. Ionic concentrations and activities in soil solutions. *Soil Sci. Amer. Proc.* 35, 420–426.
- Barrett D. M., Anthon G., 2001. Lycopene content of California-grown tomato varieties. *Acta Hort.* 542, 165–173.

- Boivin C., 1990. La recirculation de la solution nutritive en culture sur laine de roche. [In:] Cahier des conférences 9e Journée d'information sur les Cultures Abrisées, Université Laval, Quebec, Canada, 76–80.
- Celikel G., 1999. Effect of different substrates on yield and quality of tomato. *Acta Hort.* 491, 353–356.
- Hermanowicz W., Dożańska W., Dojlido J., Koziarowska B., 1976. Fizyczno-chemiczne badanie wody i ścieków. Arkady, Warszawa.
- Komosa A., 2002. Podłoża inertne – postęp czy inercja? *Mat. Konf. „Aktualne trendy w produkcji i stosowaniu podłoży ogrodniczych”* Lublin, 15–31.
- Komosa A., Gapys K. 1996. Zmiany składu pożywki w uprawie gerbery na podłożach inertnych w zamkniętym systemie nawożenia. *Zesz. Post. Nauk Roln.* 429, 163–167.
- Kowalska I., 2001. Effect of fertilization by various substrates on yielding and quality of greenhouse tomato. *Veg. Crops Research Bull.* 55, 19–22.
- 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 sulfate concentrations and vapor pressure deficits (VPD) on greenhouse tomato fruit quality, foliar nutrient concentration and amino acid components. *Acta Hort.* 458, 303–310.
- Marschner H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition, Academic Press, London.
- Michałojć Z., Nowak L. 1998. Zmiany zawartości składników pokarmowych, pH i zasolenia w podłożu z wełny mineralnej w uprawie pomidora. *Mat. Konf. „Efektywność stosowania nawozów w uprawach ogrodniczych”*. Lublin, 227–230.
- Nowosielski O., 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL. Warszawa.
- Nukaya A., Voogt W., Sonneveld C., 1991. Effects of NO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub> and Cl rations on tomatoes grown in recirculating system. *Acta Hort.* 294, 297–304.
- Nurzyński J., 1996. Fizjologiczne aspekty odżywiania się roślin w uprawach pod osłonami. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 429, 21–24.
- Nurzyński J., Michałojć, Jarosz Z., 2001, Mineral nutrient concentration in potting media (rockwool, peat, sand) and growth of tomato. *Veg. Crops Research Bull.* 55, 45–48.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z., 1991. Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Instytut Ochrony Środowiska. Warszawa.
- 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.
- Pawlińska A., Komosa A., 2002. Plonowanie oraz stan odżywienia pomidora szklarniowego odmiany Recento uprawianego w podłożach organicznych i inertnych. *Rocz. AR w Poznaniu CCCXLI Ogrodnictwo*, 35, 125–131.
- 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.
- Pivot D., A. Reiset, Gillioz J. M., 1999. Tomates en serre: substrats réutilisés, solutions recyclées. *Revue Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 31 (5), 265–269.
- Premuzic Z., Bargiela M., Garcia A., Rendina A., Iorio A., 1998. Calcium, iron, potassium, phosphorus and vitamin C content of organic and hydroponic tomatoes. *HortScience* 33 (2), 255–257.
- Ruprik B., Breś W., 2002. Wpływ zróżnicowanego nawożenia potasem na plonowanie pomidora uprawianego w włóknie kokosowym. *Rocz. AR w Poznaniu CCCXLI Ogrodnictwo* 35, 41–45.
- Rutkowska U., 1981. Wybrane metody badań składu i wartości odżywczej żywności. PZW, Warszawa.

- SAS, 1996. Release 6.12 for Windows. SAS Institute Inc., SAS Campus Drive, Cary, NC.
- Shi J., Le Maguer M., 2001. Degradation of lycopene in tomato processing. *Acta Hort.* 542, 289–296.
- Umiel N., Gabelman W. H., 1971. Analytical procedures for detecting carotenoids of carrot (*Daucus carota* L.) roots and tomato (*Lycopersicon esculentum*) fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 96, 702–704.
- Walczak R. T., Sławiński C., 2000. Fizyczne czynniki decydujące o wzroście i plonowaniu roślin warzywnych. *Ann. Univ. M. Curie-Skłodowska, Sec. EEE, Horticultura*, 8, 1–12.
- Wysocka-Owczarek M., 2001. Pomidory pod osłonami. Uprawa tradycyjna i nowoczesna. Hortpress, Warszawa.
- 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.
- Yemm E. W., Wills A. J., 1954. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. *Bioch. J.* 57, 508–514.

#### THE EFFECT OF DIFFERENT SULPHATE LEVELS IN THE NUTRIENT SOLUTION AND TYPE OF MEDIUM ON THE YIELD, MINERAL COMPOSITION AND QUALITY OF TOMATO GROWN IN THE NFT

**Abstract.** Greenhouse tomato plants (cv. Cunero F<sub>1</sub>) were grown in the NFT units with plastic troughs filled with either rockwool or coconut fiber. The initial concentrations of sulphates in the nutrient solutions were 200, 400 or 600 mg SO<sub>4</sub><sup>-2</sup> dm<sup>-3</sup>. The effect of different sulphate levels and type of medium on the yield, mineral composition and quality of tomato were studied.

Regardless of the initial sulphate level or type of medium, the accumulation of sulphates in the nutrient solution was observed in the beginning growing period. However, the organic medium (coconut fiber) cumulated more sulphates than mineral one. On the other hand, there was a higher concentration of sulphates in the recycling solution in the units with mineral (rockwool) medium compared to coconut fiber.

Regardless of the type of medium the accumulation of sulphates in the root zone had no influence on the total and marketable yields as well as on the level of ascorbic acid and sugar in the fruits and its acidity. However, the yield of tomato on rockwool was higher. But the sulphate levels and type of medium did not effect the mineral composition of plants.

**Key words:** tomato, sulphate, rockwool, coconut-fiber, NFT

Badania wykonano w ramach grantu KBN nr 5 P06C 012 18

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 29.03.2004