

POBRANIE AZOTU, FOSFORU, POTASU, WAPNIA I MAGNEZU ORAZ WODY W RÓŻNYCH OKRESACH WZROSTU POMIDORA UPRAWIANEGO W SYSTEMIE CKP PRZY ZRÓŻNICOWANYCH POZIOMACH SIARCZANÓW W POŻYWCIE

Iwona Kowalska

Streszczenie. Badano pobranie azotu, fosforu, potasu, wapnia i magnezu oraz wody przez rośliny pomidora uprawiane w trzech niezależnych systemach cienkowarstwowych kultur przepływowych (CKP), zasilanych pożywką o zróżnicowanej zawartości siarczanów, tj. I – 200, II – 400 i III – 600 mg dm⁻³. Pobieranie składników i wody zależało głównie od fazy wzrostu, a w mniejszym stopniu od zawartości siarczanów w pożywkach. Średnie dzienne pobranie składników przez pojedynczą roślinę pomidora wynosiło (mg): azot – 131,4; fosfor – 31,6; potas – 229,6; wapń – 100,7; magnez – 23,2, natomiast wody – 1084 cm³.

Słowa kluczowe: pomidor, CKP, dzienne pobranie wody i składników pokarmowych, siarczany, faza wzrostu

WSTĘP

Pobieranie wody i składników pokarmowych przez rośliny zależne jest głównie od jej fazy wzrostu, a także od takich czynników, jak światło, temperatura, odczyn i stężenie soli środowiska korzeniowego, wzajemnych relacji pomiędzy składnikami, wilgotności podłoża i powietrza [He i in. 1999, Heinen i in. 2002]. W uprawach hydroponicznych częstym zjawiskiem jest akumulacja niektórych składników odżywczych w ryzosferze roślin [Papadopoulos i in. 1999]. Akumulacji podlegają między innymi jony siarczanowe, które są w nawozach mineralnych nośnikami niektórych makro i mikrośladników, a także naturalnym składnikiem wody [Lopez i in. 1996]. Potrzeby pokarmowe roślin w stosunku do siarczanów są niższe od pozostałych makroskładników, z tego względu część z nich zatrzymuje się w środowisku korzeniowym roślin. Wysokie zawartości siarczanów w pożywkach mogą oddziaływać na stopień pobrania innych składników pokarmowych, wpływając przez to na odżywienie i rozwój roślin [Cerdeira i in. 1984, Lopez i in. 1996].

Celem pracy było określenie wpływu zróżnicowanych zawartości siarczanów w pożywce na pobieranie składników pokarmowych i wody przez pomidora uprawianego w systemie cienkowarstwowych kultur przepływowych – CKP.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenie przeprowadzono w sezonie wiosenno-letnim w latach 2000 i 2001. Badaniami objęto rośliny pomidora szklarniowego odm. 'Cunero F₁', rosnące w ryniach trzech niezależnych systemów CKP zasilanych pożywką o zróżnicowanym poziomie wyjściowym siarczanów ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$), tj. zestaw I – 200, zestaw II – 400, zestaw III – 600. Zawartość pozostałych podstawowych składników w zestawach była jednakowa i dostosowywana do poszczególnych faz rozwojowych roślin, zgodnie z zaleceniami Wysockiej-Owczarek [2001]. W fazie wysadzania roślin do rynien uprawowych zawartość składników w pożywkach wynosiła ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): N – 210, P – 50, K – 250–280, Ca – 220, Mg – 60–70, Fe – 1,6, Cu – 0,07–0,1, Mn – 0,6–1,0, Zn – 0,2, B – 0,2–0,3, Mo – 0,02–0,03. Pierwszy poziom zawartości siarczanów w pożywce osiągnięto przez zastosowanie typowego nawozu wieloskładnikowego (Superba czerwona) przeznaczonego do upraw hydroponicznych. Pozostałe roztwory sporządzano na bazie nawozów pojedynczych, soli technicznych i kwasów.

Każdy zestaw składał się z 4 rynien uprawowych oraz 2 zbiorników (górny i dolny) na pożywkę. Ubytki wody z zestawów wynikające z parowania, pobierania przez rośliny i transpiracji uzupełniano automatycznie z sieci wodociągowej przez samoczynnie uruchamiane dozowanie wody. Zapewniało to stałą objętość pożywki w zestawie przez cały sezon uprawy. W każdym zestawie znajdowało się po 200 dm^3 pożywki (łącznie z pożywką znajdującą się w matach).

Rynny uprawowe wypełniano wełną mineralną Master (Grodan), o wymiarach 225×15×7,5 cm i przykrywano szczelnie białą-czarną folią. Do każdej rynny wysadzano po 4 rośliny w nacięcia wykonane w folii.

W doświadczeniu określano codzienne pobranie N, P, K, Ca, Mg (mg) i wody (cm^3) przez pojedynczą roślinę. W tym celu rozwój roślin podzielono na 5 faz (A, B, C, D, E; tabela 1 i 2), rozpoczynając od momentu zakorzenienia roślin w matach wełny mineralnej wypełniającej rynny systemu CKP, tj. po 6 dniach (w 2000 roku) i 7 dniach (w roku 2001) od wysadzania na miejsce stałe, a zakończono w dniu likwidacji uprawy (2000 rok – 141 dni, a 2001 – 134 dni). Pobranie składników pokarmowych przez roślinę wyliczano z różnicy pomiędzy ich ilością w pożywce na początku danej fazy wzrostu oraz ilością w nawozach wprowadzonych w trakcie jej trwania a ilością w pożywce na zakończenie tej fazy wzrostu.

Pobranie wody przez pojedynczą roślinę ustalano na podstawie ilości wody dolewanej automatycznie do zestawów (odczyt z licznika).

Na miejsce stałe pomidory wysadzano w fazie widocznych zawiązków kwiatowych na I gronie. Rośliny rosły w zagęszczeniu 3,4 na m^2 . Ogławianie przeprowadzano nad 8 gronem.

Kontrolę i korektę odczynu pożywki wykonywano codziennie, natomiast składu pożywki raz na 10-14 dni. Do analizy pobierano wyciąg z $\frac{3}{4}$ miąższości maty wełny mine-

ralnej wypełniającej rynny systemu CKP, a zarazem z połowy odległości pomiędzy dwoma sąsiadującymi roślinami. W początkowym okresie uprawy roślin oznaczenia prowadzono dodatkowo w pożywce pobranej z kapilar. Jednakże ze względu na brak różnic w zawartości siarczanów w pożywce pobranej z mat i kapilar w dalszych okresach uprawy zaniechano analizy pożywki z kapilar.

Odczyn (pH) pożywek ustalano metodą potencjometryczną, natomiast przewodność elektrolityczną (EC) za pomocą konduktometru. Zawartość N-NO₃ oznaczano metodą destylacyjną Bremnera w modyfikacji Starcka, a P metodą kolorymetryczną [Nowosielski 1988]. Zawartość K, Mg, Ca oraz mikroelementów oznaczono metodą absorpcji atomowej (AAS) na aparacie Unicam 969.

WYNIKI I DISKUSJA

W tabelach 1 i 2 przedstawiono dzienne pobieranie składników pokarmowych i wody przez rośliny pomidora w wyznaczonych fazach wzrostu. W poszczególnych latach uprawy pobranie, zarówno składników pokarmowych, jak i wody, zależało głównie od fazy wzrostu roślin. Wpływ zawartości siarczanów w pożywce na pobranie składników był mniej wyraźny.

Spośród analizowanych składników pokarmowych potasu rośliny pobierały najwięcej. Średnie pobranie K wynosiło 229,6 mg/roślinę/dzień. Jest to zgodne z wynikami Adamsa i Ho [1995], którzy wskazują, że potas jest składnikiem pobieranym w największych ilościach. W niniejszym doświadczeniu w obydwu latach uprawy najniższe pobranie K odnotowano w fazach A i B, tj. od sadzenia roślin do kwitnienia i zawiązywania owoców na IV gronie. Od tego momentu (fazy C, D i E) pobieranie K gwałtownie wzrastało, co mogło być związane z przejściem roślin z fazy wegetatywnej do generatywnej [Gertsson 1995]. Maksymalne pobranie potasu wykazano w fazie dojrzewania owoców, co było prawdopodobnie związane z udziałem tego składnika w budowaniu masy i wybarwianiu owoców. Wypełnianie owoców wiąże się ze zwiększaniem w nich zawartości suchej masy. Z drugiej strony istnieje liniowa zależność pomiędzy zawartością suchej masy w owocu pomidora a zawartością w nim potasu [Adams i Ho 1995]. Adams i Ho [1995] podają, że około 60% pobranego potasu jest transportowane do owoców. Wysokie pobranie potasu w tym okresie może wynikać również ze znacznego wzrostu ilości pobieranej wody, gdyż jak wykazano [Adams 1994], istnieje także ścisła zależność ($r > 0,9$) pomiędzy ilością pobieranego potasu i wody.

W fazie zawiązywania i dojrzewania owoców pobieranie wody przez rośliny przekraczało 1700 cm³, co mogło wynikać z dużej transpiracji roślin w tym okresie oraz z wysokiego zapotrzebowania owoców będących w tym czasie w fazie budowy masy. Średnio w owocu pomidora znajduje się od 90% do 95% wody. Woda nie jest pobierana w ciągu dnia z jednakowym tempem. Nocą woda, podobnie jak azot i potas, pobierana jest w niewielkich ilościach, natomiast maksimum pobrania wody i tych składników przypada na najjaśniejszą część dnia [Adams i Ho 1995]. Ilość pobieranej wody zależy również od EC pożywki [Schwarz i Kuchenbuch 1998], jednakże różnice pomiędzy roztworami pokarmowymi w niniejszym doświadczeniu były niewielkie ($\pm 0,3 \text{ mS}\cdot\text{cm}^{-1}$).

Tabela 1. Dzielne pobieranie składników pokarmowych (mg) i wody (cm³) przez roślinę pomidora przy zróżnicowanej zawartości siarczanów w pożywce – 2000 rok
 Table 1. Daily nutrient (mg) and water (cm³) uptake by tomato plant at different sulphate levels in nutrient solutions – year 2000

	Faza wzrostu (ilość dni) Stage of maturity (days)	mg SO ₄ dm ⁻³ pożywki mg SO ₄ dm ⁻³ solution	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	N:K	Woda Water
06.03.-21.03.00 (15)									
A	Od sadzenia (zakorzenienia)	I	37,4	7,5	32,3	44,1	15,4	1:0,9	120
	do kwitnienia I grona	II	44,4	13,4	40,0	44,8	14,7	1:0,9	148
	From transplanting till flowering of 1 st cluster	III	52,6	10,3	38,4	39,5	16,1	1:0,7	102
21.03.-18.04.00 (28)									
B	Od kwitnienia I grona do	I	98,8	29,7	131,2	51,7	15,1	1:1,3	625
	kwitnienia IV grona	II	106,0	29,6	138,0	72,4	16,6	1:1,3	560
	From flowering of 1 st cluster till flowering of 4 th cluster	III	117,7	32,6	145,3	52,0	23,6	1:1,2	728
18.04. –25.05. 00 (37)									
C	Od kwitnienia IV grona do dojrzewania owoców na I gronie	I	152,0	36,6	257,9	138	42,6	1:1,8	1733
		II	168,0	26,2	314,7	112	59,7	1:1,9	1719
	From flowering of 4 th cluster till ripening of fruits on 1 st cluster	III	188,0	37,6	325,6	129,5	22,4	1:1,7	1732
25.05.-30.06.00 (36)									
D	Od dojrzewania owoców na I gronie do dojrzewania owoców na IV i V gronie	I	132,5	49,9	314,4	185,3	35,9	1:2,4	1561
		II	157,0	52,0	329,9	198,7	31,3	1:2,1	1701
	From ripening of fruits on 1 st cluster till ripening of fruits on 4 th and 5 th cluster	III	154,0	44,0	340,0	121,2	24,9	1:2,2	1773
30.06.-25.07.00 (25)									
E	Od dojrzewania owoców na IV i V gronie do likwidacji uprawy	I	129,0	46,8	211,6	140,7	19,4	1:1,6	1108
		II	132,0	51,7	219,0	119,8	17,7	1:1,7	955
	From ripening of fruits on 4 th and 5 th cluster till the end of cultivation	III	134,7	40,2	199,0	104,8	13,3	1:1,5	960

I – 200; II – 400; III – 600 mg SO₄ dm⁻³

Rośliny zasilane pożywką o podwyższonej zawartości siarczanów miały tendencję do pobierania większych ilości potasu. Zależność ta nie dotyczyła fazy E, tj. od dojrzewania owoców na IV i V gronie do końca uprawy. Odzwierciedleniem większego pobrania potasu przez rośliny rosnące w zestawach z wyższą koncentracją siarczanów były wyższe zawartości tego składnika oznaczane w liściach [Kowalska i Sady 2003]. Z kolei Marschner [1995] podaje, że wysokie koncentracje siarczanów w środowisku korzeniowym roślin mogą zmniejszać absorpcje potasu przez rośliny. Mimo że tempo absorpcji kationów nie zależy od koncentracji anionów, Marschner [1995] wskazuje, że przy wysokich koncentracjach jony z niskim tempem absorpcji, tj. SO₄ i Ca, mogą znacznie zmniejszać pobieranie potasu i chlorków.

Tabela 2. Dzielne pobieranie składników pokarmowych przez pojedynczą roślinę pomidora w warunkach zróżnicowanej zawartości siarczanów w pożywce – 2001 rok

Table 2. Daily nutrient (mg) and water (cm³) uptake by tomato plant at different sulphate levels in nutrient solutions – year 2001

	Faza wzrostu (ilość dni) Stage of maturity (days)	mg SO ₄ dm ⁻³ pożywki mg SO ₄ dm ⁻³ solution	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	N:K	Woda Water
06.03.-27.03.01 (21)									
A	Od sadzenia (zakorzenienia) do kwitnienia	I	53,3	14,5	56,1	30,8	8,1	1:1,1	181
	I–II grona	II	53,5	15,0	62,6	7,8	7,8	1:1,2	190
	From transplanting till flowering of 1 st - 2 nd clusters	III	58,1	16,3	75,1	21,6	7,5	1:1,3	170
27.03.-27.04.01 (31)									
B	Od kwitnienia I-II grona do zawiązywania owoców na IV gronie	I	98,2	22,6	122	52,9	17,6	1:1,2	635
	From flowering of 1 st - 2 nd clusters till fruit formation of 4 th cluster	II	95,4	26,2	139,2	50,8	20,3	1:1,5	599
		III	91,9	26,7	130,3	53,8	18,2	1:1,4	621
27.04.-30.05.01 (33)									
C	Od zawiązywania owoców na IV gronie do zbiorów owoców na I gronie	I	160,0	43,7	352,8	107,4	19,9	1: 2,2	1787
	from fruit formation of 4 th cluster till fruit harvest of 1 st clusters	II	192,0	31,2	360,0	142,4	20,1	1: 1,9	1754
		III	185,5	45,6	380,0	148,5	30,4	1: 2,0	1839
30.05.-27.06.01 (28)									
D	Od zbiorów owoców na I gronie do dojrzewania owoców na IV i V gronie	I	133,0	19,2	238,0	108,9	19,1	1:1,8	1102
	from fruit harvest of 1 st cluster till ripening fruits of 4 th -5 th clusters	II	167,2	20,0	296,0	102,4	14,4	1:1,8	1001
		III	164,4	15,9	280,0	88,8	20,8	1:1,7	982
27.06.-18.07.00 (21)									
E	Od dojrzewania owoców na IV i V gronie do likwidacji uprawy	I	145,7	32,0	263,0	124,6	31,7	1: 1,8	947
	from ripening fruits of 4 th -5 th clusters till the end of cultivation	II	159,0	30,0	278,0	116,2	22,1	1: 1,7	843
		III	153,8	27,7	252,9	112,8	26,4	1: 1,6	891

Wpływ fazy wzrostu był również wyraźny w przypadku pobierania azotu. W pierwszym etapie wzrostu (faza A) rośliny pobierały około 40–60 mg azotu na dzień. Od kwitnienia I–II grona (faza B) zaznaczył się wzrost pobrania azotu, osiągając maksimum w fazie C, tj. od kwitnienia IV grona do dojrzewania owoców na I gronie, co może wiązać się ze wzrostem zapotrzebowania na azot w okresie największego przyrostu masy wegetatywnej. Stosunek pobrania N:K we wczesnych okresach wzrostu wynosił 1: 0,9–1,3 w kolejnych fazach stopniowo wzrastał, osiągając maksymalne wartości w fazie od zawiązywania owoców na IV gronie do dojrzewania owoców na IV i V gronie (1:1,7–2,4). Podobnie Adams [1999] podaje, że stosunek pobrania N:K w okresie

kwitnienia pierwszego grona powinien wynosić 1:1,2, po czym wzrasta do 1:2,5 w okresie kwitnienia IX grona. W większości faz wzrostu rośliny zasilane pożywką o wyższych zawartościach siarczanów (zestaw II i III) pobierały większe ilości azotu, co jest zgodne z obserwacjami Nukaja i Hashimoto [2000].

Pobieranie wapnia przez rośliny również ściśle zależało od fazy wzrostu i było najniższe w fazach A i B, natomiast osiągnęło maksimum w fazie D w roku 2000 i fazie C w roku 2001. Ilość pobieranego wapnia zależy w największym stopniu od pobrania wody, gdyż ten składnik jest transportowany ksylemem wraz z wodą [Adams i Ho 1995]. Z tego też powodu pobieranie wapnia było największe w okresie zwiększonej absorpcji wody. Czynniki mogące zmniejszać pobieranie wapnia są te wszystkie, które ograniczają pobieranie wody, a więc niska temperatura, wysoka wilgotność powietrza, zasolenie, brak światła.

Z drugiej strony nie wykazano jednoznacznego wpływu zawartości siarczanów na pobieranie wapnia, chociaż Lopez i in. [2002] podają, że wapń w pożywce może być uwsteczniony przez siarczany. O braku negatywnego wpływu siarczanów na pobieranie Ca przez rośliny w niniejszym doświadczeniu może świadczyć brak objawów suchej zgnilizny wierzchołkowej, a także prawidłowe odżywienie roślin tym składnikiem [Kowalska i Sady 2003].

Tabela 3. Średnie dzienne pobieranie składników pokarmowych (mg) i wody (cm³) przez roślinę pomidora przy zróżnicowanej zawartości siarczanów w pożywce

Table 3. Average daily nutrient (mg) and water (cm³) uptake by tomato plant at different sulphate levels in the nutrient solution

Rok uprawy Year	mg SO ₄ dm ⁻³ pożywki mg SO ₄ dm ⁻³ solution	N-NO ₃	P	K	Ca	Mg	Woda Water
2000	I	120,2	37,3	215,0	123,4	28,4	11867
	II	133,3	36,6	237,3	120,5	31,7	1182
	III	141,5	35,8	240,5	98,0	21,0	1233
	Średnia – Mean	131,7	36,6	230,9	114,0	27,0	1200
2001	I	121,1	27,8	214,8	85,8	19,2	994
	II	137,6	25,0	236,1	87,7	17,3	942
	III	134,5	27,6	233,6	88,6	21,7	968
	Średnia – Mean	131,1	26,6	228,2	87,4	19,4	968
Średnia ogółem – Total mean		131,4	31,6	229,6	100,7	23,2	1084

Pobieranie fosforu przez rośliny utrzymywało się na względnie stałym poziomie w czasie całego okresu wzrostu i nie podlegało wpływowi zawartości siarczanów w pożywce. Z drugiej strony analiza składu chemicznego liści pomidora wskazuje na istnienie ujemnej zależności pomiędzy poziomem siarczanów w pożywce a zawartością P w liściach [Kowalska i Sady 2003]. Często wskazuje się, że niskie temperatury pożywki są głównym czynnikiem ograniczającym pobranie fosforu [Adams i Ho 1995].

Spośród wszystkich analizowanych składników pokarmowych pobieranie magnezu utrzymywało się na najniższym poziomie, tj. średnio około 27,0 i 19,4 mg/roślinę/dzień w latach 2000 i 2001. Magnez pobierany był w relatywnie większych ilościach w koń-

cowych fazach wzrostu (C i D w 2000 r. i E w 2001 r.), co może wynikać z większego zapotrzebowania roślin na magnez w okresie dojrzewania owoców. Głównym czynnikiem decydującym o pobraniu magnezu jest tempo transpiracji [Marschner 1995]. Natomiast nie wykazano wpływu siarczanów na pobieranie magnezu.

W podsumowaniu należy stwierdzić, że pobieranie składników pokarmowych zależało głównie od fazy wzrostu, a w mniejszym stopniu od zawartości siarczanów w pożywkach. Średnie dzienne pobranie składników przez pojedynczą roślinę pomidora, w całym cyklu uprawy wynosiło (mg): azot – 131,4; fosfor – 31,6; potas – 229,6; wapń – 100,7; magnez – 23,2 (tab. 3). Średnie dzienne pobranie wody wynosiło 1084 cm³.

PIŚMIENNICTWO

- Adams P., 1994. Nutrition of greenhouse vegetables in NFT and hydroponic system. *Acta Hort.* 361, 245–257.
- Adams P., Ho L.C., 1995. Uptake and distribution of nutrients in relation to tomato fruit quality. *Acta Hort.* 412, 374–385.
- Adams P., 1999. Plant nutrition demystified. *Acta Hort.* 481, 341–344.
- 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, 1529–1543.
- Gertsson U. E., 1995. Nutrient uptake by tomatoes grown in hydroponics. *Acta Hort.* 401, 351–356.
- He Y., Terabayashi S., Asaka T., Namiki T., 1999. Effect of restricted supply of nitrate on fruit growth and nutrient concentrations in the petiole sap of tomato cultured hydroponically. *J. Plant Nutr.* 22(4–5), 799–811.
- Heinen M., Marcelis L. F. M., Elings A., Figueroa R., 2002. Effects of EC and fertigation strategy on water and nutrient uptake of tomato plants. *Acta Hort.* 593, 101–107.
- Kowalska I., Sady W., 2003. Effects of different sulphate levels at the root zone on the concentration of mineral compounds in the leaves of greenhouse tomato grown on NFT. *Acta Hort.* 604 (2), 499–504.
- 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., Christopher I. B., Tremblay N., Dorais M., Gosselin A., 2002. Uptake and translocation of sulphate in tomato seedlings in relation to sulphate supply. *J. Plant Nutr.* 25(7), 1471–1485.
- Marschner H., 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition, Academic Press, London.
- Nowosielski O., 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL Warszawa.
- Nukaya A., Hashimoto H., 2000. Effects of nitrite, chloride and sulfate ratios and concentration in the nutrient solution on yield growth and mineral uptake characteristics of tomato plants grown in closed rockwool system. *Acta Hort.* 511, 165–171.
- Papadopoulos A. P., Hao X., Tu J. C., Zheng J., 1999. Tomato production in open or closed rockwool culture systems with NFT or rockwool nutrient feedings. *Acta Hort.* 481, 89–96.
- Schwarz D., Kuchenbuch R., 1998. Water uptake by tomato plants grown in closed hydroponic systems dependent on the EC-level. *Acta Hort.* 458, 323–328.
- Wysocka-Owczarek M., 2001. Pomidory pod osłonami. Uprawa tradycyjna i nowoczesna. Hortpress, Warszawa.

NUTRIENT AND WATER UPTAKE IN DIFFERENT STAGES OF MATURITY OF GREENHOUSE TOMATO GROWN ON NFT AT DIFFERENT SULPHATE LEVELS IN NUTRIENT SOLUTION

Abstract. The aim of a study was to determine the nutrient and water uptake by tomato plant grown in three independent systems of the nutrient film technique (NFT), provided with the nutrient solutions containing different levels of sulphates: I – 200, II – 400, i III – 600 mg dm⁻³. Nutrient and water uptake depended mainly on stages of plant maturity, and in a less degree on the concentration of sulphates in the solution. Average daily uptake by single plant was (mg): nitrogen – 131.4; phosphorus – 31.6; potassium – 229.6; calcium – 100.7; magnesium – 23.2. Average daily uptake of water was 1084 cm³.

Key words: tomato, NFT, daily nutrient and water uptake, sulphates, stage of growth

Iwona Kowalska, Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Akademia Rolnicza w Krakowie, ul. 29 Listopada 54, 31-425 Kraków, e-mail: rokowals@cyfr-kr.edu.pl

Badania wykonano w ramach grantu 5 P06C 012 18 finansowanego przez KBN