

PIOTR CHOJURA<sup>1</sup>, ANDRZEJ KOMOSA<sup>2</sup>, EUGENIUSZ KOŁOTA<sup>3</sup>

## **WPLYW PH POŻYWEK NA DYNAMIKĘ ZAWARTOŚCI MAKROELEMENTÓW W LIŚCIACH POMIDORA SZKLARNIOWEGO UPRAWIANEGO W WELNIE MINERALNEJ**

*Z<sup>1,3</sup>Katedry Ogrodnictwa  
Akademii Rolniczej we Wrocławiu  
oraz z<sup>2</sup>Katedry Nawożenia Roślin Ogrodniczych  
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu*

**ABSTRACT.** Dynamics of macroelement contents in the leaves of greenhouse tomato cv. Cunero F<sub>1</sub> grown in rockwool by the nutrient solution pH from 4.50 to 6.50 was studied. It was found, that content of nitrogen increased at the period June-July and decreased July-August. The nutrient solution at pH 4.50-5.50 enhanced but 6.00-6.50 reduced nitrogen content in the leaves. Potassium content increased in the whole vegetation period, and the effect of nutrient solution pH was different in a given year of study. In the opposition to potassium, calcium contents decreased during plants growing. Higher levels of calcium in the leaves were related with the higher pH nutrient solutions ranged from 5.50-6.00. Sulfur content was lowering in the vegetation period with the nutrient solutions pH 4.50-6.00 and increased with pH 6.50. Dynamics of phosphorus and magnesium contents in the tomato leaves had polydirection trends in different years of study. It was shown high tolerance of tomato on pH nutrient solution ranged from 4.50-6.50. There were no visual symptoms of disorders on the leaves and in growth and development of plants.

**Key words:** rockwool, pH, macroelements, nutrient solution, tomato

### **Wstęp**

Jednym z podstawowych czynników decydujących o efektywnym wykorzystaniu składników pokarmowych przez rośliny jest odczyn podłoża. W uprawie pomidora w wełnie mineralnej zaleca się stosowanie pożywek o pH 5,50. Znany jest jednak silny efekt alkalizacji pożywki w matach z wełny mineralnej, zwłaszcza w początkowym okresie uprawy roślin (**Olympios** 1992, **Komosa** 1994). Nowoczesne technologie nawożenia umożliwiają precyzyjne sterowanie składem pożywki i utrzymaniem wła-

ściwego pH w strefie korzeniowej roślin. Jest również możliwe szybkie dostosowanie składu pożywki do fazy rozwojowej i aktualnych wymagań pokarmowych roślin (Atherton i Rudisch 1986). Pozwala to na uzyskanie wysokich plonów, racjonalne wykorzystanie i istotnie przyczynia się do zmniejszenia zanieczyszczenia środowiska naturalnego (Adams 1994).

Utrzymywanie niskiego pH środowiska korzeniowego, zbliżonego do pH 5,50, wymaga stosowania wysokich dawek kwasu azotowego lub/i fosforowego do pożywek. Brak jest jednak prac, które określałyby zasadność utrzymywania tak niskiego pH oraz dokumentowałyby kierunki zmian stanu odżywienia roślin w zależności od odstępstw od zalecanego odczynu. Celem pracy było określenie wpływu pH pożywek w zakresie od 4,50 do 6,50 na zmiany stanu odżywienia roślin pomidora makroelementami.

## Material i metody

Doświadczenia wegetacyjne wykonano w latach 2002-2003 w szklarni Stacji Badawczo-Dydaktycznej Roślin Warzywnych i Ozdobnych Katedry Ogrodnictwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Badania prowadzono na pomidorze szklarniowym odmiany Cunero F<sub>1</sub> uprawianym w wełnie mineralnej Grodan (maty 100 × 15 × 7,5 cm). Zastosowano fertygację kropłową bez recyrkulacji pożywki z 20-30% wypływem wód drenarskich. Rośliny uprawiano na 22 grona. Doświadczenie założono w układzie jednoczynnikowym, w 4 powtórzeniach, po 6 roślin w powtórzeniu, w jednej macie rosły 2 rośliny. W 2002 roku zastosowano pożywki o pH: 5,00, 5,50 i 6,00, natomiast w roku 2003: 4,50, 5,50 i 6,50.

Zawartość składników pokarmowych w podłożach wszystkich serii doświadczeń była taka sama z wyjątkiem siarczanów (tab. 1). Przedstawione w tej tabeli wyniki analiz wody i pożywek wykonano na początku trwania doświadczenia, w okresie ustawiania kostek z roślinami na matach. W dalszym okresie uprawy kontrolowano skład pożywek na podstawie pomiaru pH i EC w odstępach tygodniowych. Do zakwaszania pożywek stosowano kwas azotowy (65%). Pożywki przygotowano z następujących nawozów: Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>, KNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>6</sub>H<sub>2</sub>O, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, Fe-EDTA, MnSO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>·10H<sub>2</sub>O, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O, Na<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O. Stężone 100-krotnie pożywki, przygotowane w zbiornikach A i B, rozcieńczano dozownikami proporcjonalnymi Dosatron.

Częścią wskaźnikową był 8-9 liść od wierzchołka. W roku 2002 próby pobierano w połowie czerwca i lipca, natomiast w 2003 w połowie czerwca, lipca i sierpnia. W suchych liściach oznaczano ogólne zawartości makroelementów po mineralizacji na mokro w H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> następującymi metodami: P – kolorymetrycznie, K i Ca – fotometrycznie, Mg – ASA i S – nefelometrycznie. Azot ogółem oznaczono metodą Kjeldahla po mineralizacji liści w kwasie sulfosalicylowym z katalizatorami (Breś i in. 2003). Nasiona wysiewano 20 stycznia 2002 i 2003, rozsądę umieszczano w matach w pierwszej dekadzie marca. Rośliny uprawiano na 1 pęd w zagęszczeniu 2,7 szt. m<sup>-2</sup>. Zawartość składników przedstawiono w formie graficznej, natomiast opracowanie statystyczne zostało przedstawione w pracy (Komosa i in. 2004).

Tabela 1

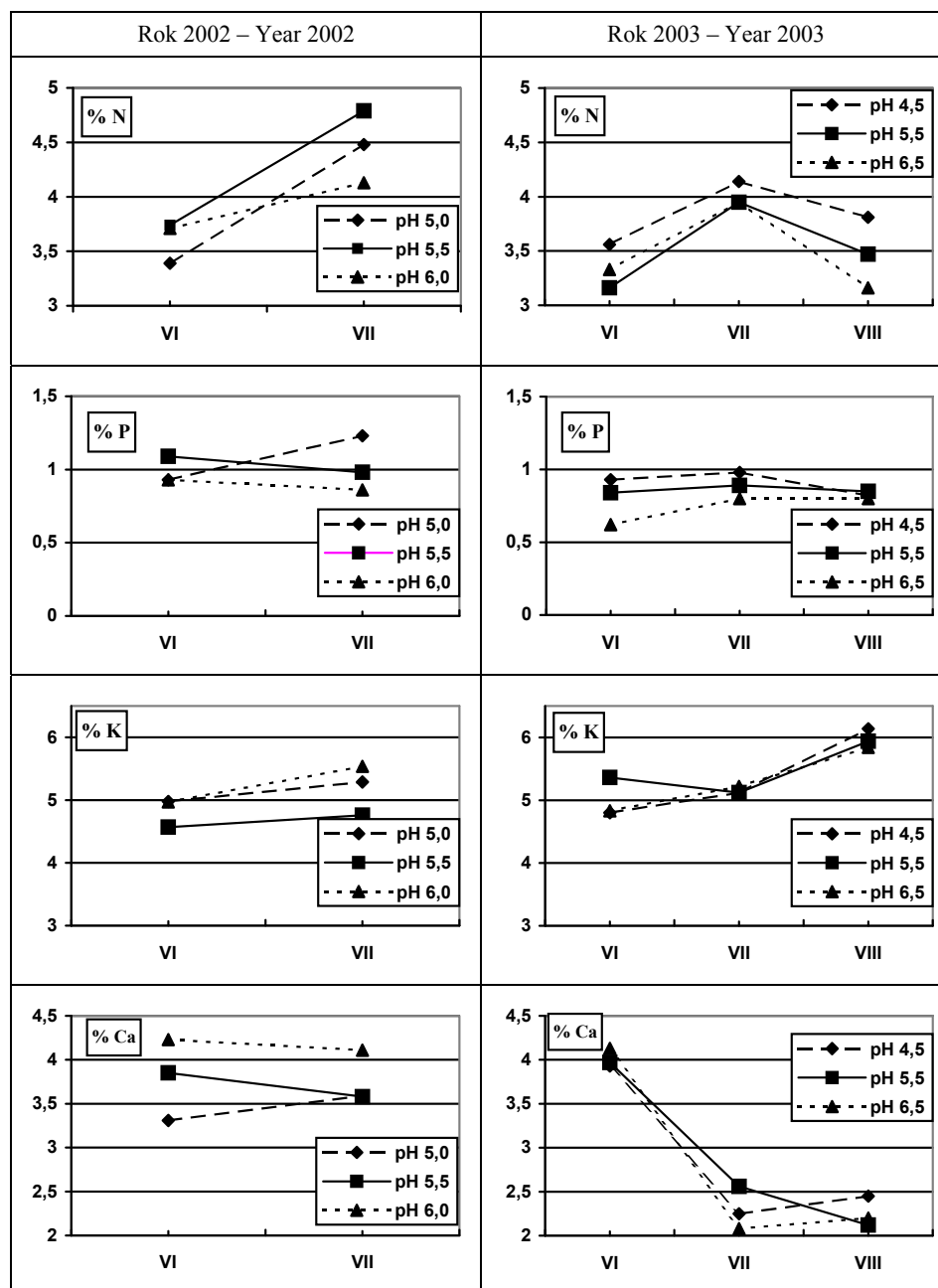
Zawartość składników oraz pH i EC wody i pożywek\*  
Nutrient contents, pH and EC of water and feeding solutions\*

Składnik Component	Woda Water	Założone poziomy Target levels	Pożywki – Solutions					
			pH 5,0	pH 5,5	pH 6,0	pH 4,5	pH 5,5	pH 6,5
			mg·dm <sup>-3</sup>					
			Rok – Year 2002			Rok – Year 2003		
N-NH <sub>4</sub>	śl.	–	2,8	3,1	2,5	4,5	1,8	2,5
N-NO <sub>3</sub>	3,9	225	172,0	162,0	169,0	185,5	185,5	161,0
P-PO <sub>4</sub>	1,0	66	57,8	44,7	62,1	68,3	68,9	55,7
K	1,8	394	320,6	271,3	319,0	366,4	345,3	348,2
Ca	70,8	160	96,9	108,5	89,1	83,0	82,2	99,6
Mg	25,1	90	69,0	63,9	67,9	70,3	69,4	66,3
S-SO <sub>4</sub>	29,2	168	99,3	95,7	100,1	150,8	150,8	128,5
Na	46,2	–	54,9	54,4	55,3	51,3	51,1	51,5
Cl	20,7	–	23,9	21,7	20,3	35,2	33,7	34,1
Fe	0,041	1,400	0,877	0,869	0,746	0,882	1,199	1,399
Mn	0,016	0,800	0,842	0,620	0,856	1,127	1,239	0,855
Zn	0,126	0,480	0,618	0,547	0,614	0,579	0,592	0,374
B	0,021	0,450	0,298	0,287	0,306	0,375	0,372	0,345
Cu	śl.	0,080	0,110	0,070	0,107	0,105	0,102	0,073
Mo	nb	0,080	nb	nb	nb	nb	nb	nb
HCO <sub>3</sub>	420,9	nb	nb	nb	nb	nb	nb	nb
pH	7,26	4,50-6,50	5,37	5,95	6,35	4,97	5,59	6,59
EC mS·cm <sup>-1</sup>	0,802	2,38-2,74	2,61	2,38	2,61	2,77	2,74	2,63

nb – nie badano.  
nb – no determined.

### Wyniki i dyskusja

Zawartość azotu ogółem w liściach zwiększała się od czerwca do lipca w dwóch latach badań, niezależnie od pH pożywek, przy czym w 2002 roku ten wzrost był wyższy niż w 2003 (ryc. 1). W sierpniu nastąpiło obniżanie zawartości azotu. Wyższą za-



Ryc. 1. Wpływ pH pożywek na dynamikę zawartości azotu, fosforu, potasu i wapnia w liściach pomidora (8-9 liść od wierzchołka) odmiany Cunero F<sub>1</sub> (% w s.m.)

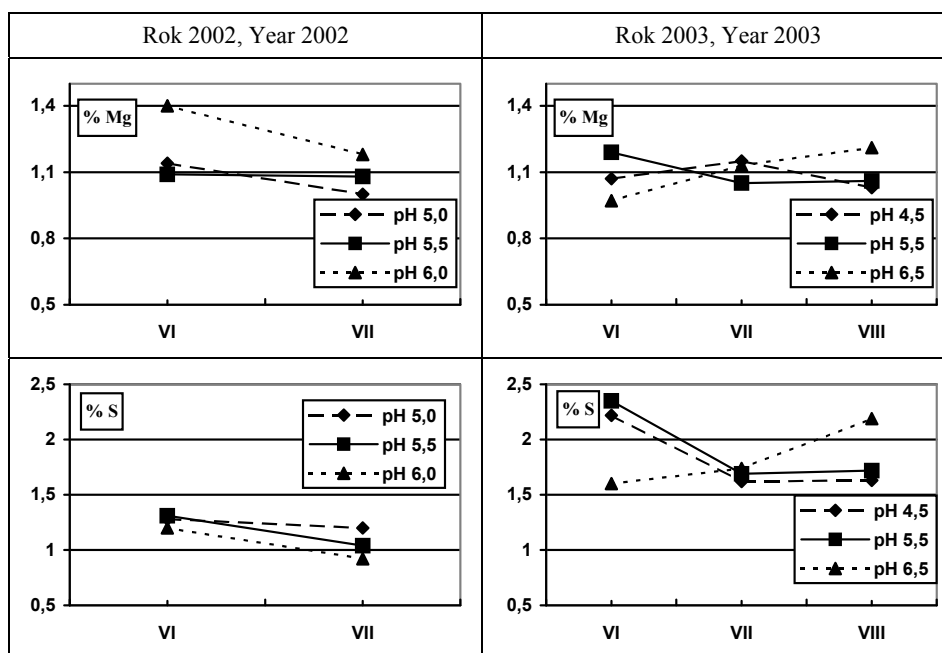
Fig. 1. The effect of pH nutrient solutions on the dynamics of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium contents in leaves (8-9 leaf from the top) of greenhouse tomato cv. Cunero F<sub>1</sub> (% d.m.)

wartość azotu w okresie od czerwca do sierpnia stwierdzono w liściach roślin nawożonych pożywkami o niższym pH 4,50-5,50. Stosowanie pożywek o pH 6,00-6,50 obniżało zawartość tego składnika.

Wpływ pH pożywek na zawartość fosforu w liściach był zróżnicowany. W roku 2002 zawartość tego składnika ulegała obniżaniu przy pH 5,50-6,00, natomiast w 2003 tylko przy pH 4,50. Silny wzrost zawartości fosforu stwierdzono przy pH 5,00 (2002 rok) i 6,50 (2003) (ryc. 1). **Kowalczyk** (2003) wykazał obniżanie zawartości fosforu w liściach ze wzrostem pH pożywek od 5,00 do 7,00. Należy jednak podkreślić, że przy standardowym pH pożywek zalecanych do uprawy pomidora w praktyce – wynoszącym 5,50 – w obu latach badań następowało obniżanie (rok 2002) lub utrzymywanie zawartości fosforu na zbliżonym poziomie (rok 2003). **Bar-Yosef i Imas** (1995) stwierdzili, że w okresie wegetacyjnym następowało wyraźne obniżanie zawartości fosforu w liściach pomidora od 0,50% do 0,25% P.

Dynamika zawartości potasu w obydwu latach badań była podobna. W okresie wegetacyjnym zawartość potasu wzrastała (ryc. 1). W 2003 roku przy pH pożywek 5,50 było w liściach mniej potasu niż przy 5,00 lub 6,00, w 2003 natomiast to zróżnicowanie było znacznie słabiej zaznaczone.

Wzrost zawartości potasu w okresie wegetacyjnym znajduje odzwierciedlenie w modyfikowaniu składu pożywki w zależności od fazy rozwojowej roślin. Według **Komosa i in.** (2002) na początku uprawy stosunek N:K w pożywce wynosi 1:1,2 i powinien wzrastać do 1:1,8 w pełni plonowania pomidora.



Ryc. 2. Wpływ pH pożywek na dynamikę zawartości magnezu i siarki w liściach pomidora (8-9 liść od wierzchołka) odmiany Cunero F<sub>1</sub> (% w s.m.)

Fig. 2. The effect of pH nutrient solutions on the dynamics of magnesium and sulfur in leaves (8-9 leaf from the top) of greenhouse tomato cv. Cunero F<sub>1</sub> (% d.m.)

Dynamika zawartości wapnia w liściach – z wyjątkiem roślin nawożonych pożywką o pH 5,00 w badaniach w 2002 roku – wykazywała tendencję malejącą w okresie wegetacyjnym (ryc. 1). Podobne wyniki uzyskał **Kowalczyk** (2003). Obniżanie zawartości wapnia szczególnie silnie zaznaczyło się w badaniach przeprowadzonych w 2003 roku w okresie od czerwca do lipca. Najwyższy poziom wapnia w liściach utrzymywał się przy nawożeniu roślin pożywkami o pH 6,00 (rok 2002) lub 5,50 (rok 2003).

Dynamika zawartości magnezu w liściach była zróżnicowana w poszczególnych latach badań. W pierwszym roku stwierdzono spadek zawartości magnezu w okresie wegetacyjnym, przy czym największą zawartość tego składnika stwierdzono u roślin nawożonych pożywką o pH 6,00 (rys. 2). Drugi rok badań nie potwierdził tych tendencji.

Zawartość siarki w liściach w okresie wegetacyjnym malała (ryc. 2). Wyjątek stanowiły jedynie rośliny nawożone w roku 2003 pożywką o pH 6,50, w których zawartość siarki silnie wzrastała. W roku 2002 stwierdzono spadek zawartości siarki w liściach wraz ze wzrostem pH pożywki od 5,00 do 6,00, natomiast w 2003 zmiany te były bardziej zróżnicowane w poszczególnych okresach wegetacji roślin.

## Wnioski

1. Zawartość azotu w liściach pomidora szklarniowego odmiany *Cunero F<sub>1</sub>* wzrastała w okresie od czerwca do lipca i obniżała się od lipca do sierpnia. Pożywki o pH 4,50-5,50 zwiększały, natomiast 6,00-6,50 obniżały zawartość azotu w liściach.

2. Zawartość potasu w liściach pomidora wzrastała w okresie wegetacyjnym, przy czym wpływ pH na poziom tego składnika w liściach był zróżnicowany w poszczególnych latach badań.

3. Stwierdzono obniżanie zawartości wapnia w liściach w okresie wegetacyjnym. Wyższe poziomy wapnia stwierdzono przy wyższym pH pożywek: 5,50-6,00.

4. W okresie wegetacyjnym zawartość siarki w liściach malała przy pH pożywek od 4,50 do 6,00. Wzrost pH do 6,50 zwiększał zawartość siarki w okresie wegetacyjnym.

5. Nie stwierdzono wyraźnej zależności między dynamiką zawartości fosforu i magnezu w liściach a zróżnicowanym pH pożywek w dwóch latach badań.

6. Wykazano dużą tolerancję pomidora na pH pożywek. Przy pH 4,50-6,50 nie stwierdzono symptomów zakłóceń w gospodarce składnikami pokarmowymi lub nieprawidłowego wzrostu roślin.

## Literatura

- Adams P.** (1994): Some effects of the environment on the nutrition of greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 366: 405-415.
- Atherton J.G., Rudisch J.** (1986): *The tomato crop*. Chapman and Hall, London.
- Bar-Yosef B., Imas P.** (1995): Phosphorus fertigation and growth substrate effects on dry matter production and nutrient contents in greenhouse tomatoes. *Acta Hort.* 401: 337-346.
- Breś W., Golecz A., Komosa A., Kozik E., Tyksiński W.** (2003): Nawożenie roślin ogrodnich. Wyd. AR, Poznań.

- Komosa A.** (1994): Nowoczesne technologie nawożenia roślin ogrodnich. W: V Jubil. Konf. Katedr Uprawy Roli i Nawoż. Roślin Ogrodn. „Nawożenie roślin ogrodnich – stan badań i perspektywy”. Poznań 9-10. 06. 1994, 21-24.
- Komosa A., Kołota E., Chohura P.** (2002): Wpływ stosunku N:K w pożywkach na plonowanie pomidora szklarniowego uprawianego w wełnie mineralnej. Roczn. AR, Pozn. CCCXLI, Ogrodn., t. 35, 117-123.
- Komosa A., Chohura P., Kołota E.** (2004): Wpływ pH pożywek na zawartość makroelementów w liściach pomidora szklarniowego uprawianego w wełnie mineralnej. Zesz. Nauk. AR, Szczecin (w druku).
- Kowalczyk W.** (2003): Interakcja pomiędzy pH a wybranymi składnikami pokarmowymi w środowisku korzeniowym pomidora i ogórka w uprawie w podłożach inertnych. Pr. dokt. Skierniewice 2003: 1-114.
- Olympios C.M.** (1992): Soilless media under protected cultivation. Rockwool, peat, perlite and other substrates. Acta Hort. 323: 215-235.

## THE EFFECT OF PH NUTRIENT SOLUTIONS ON DYNAMICS OF MACROELEMENT CONTENTS IN THE LEAVES OF GREENHOUSE TOMATO GROWN IN ROCKWOOL

### S u m m a r y

The effect of nutrient solution pH 4.50-6.50 used for fertigation of greenhouse tomato cv. Cu-nero F<sub>1</sub> cultivated in rockwool on dynamics of macroelement contents in leaves was examined. The content of nutrients in the index part of tomato (8-9 leaf from the top) was analysed in the middle of June, July and August. It was found, that content of nitrogen increased from June to July and decreased from July to August. The nutrient solution at pH 4.50-5.50 enhanced, but 6.00-6.50 reduced nitrogen content in the leaves. Potassium leaves content increased in the whole vegetation period, and the effect of nutrient solution pH varied in different years of study. In the opposition to potassium, calcium contents decreased during plants growing. Higher levels of calcium in the leaves were related with the higher pH nutrient solutions ranged from 5.50-6.00. Sulfur content was lowering in the vegetation period with the nutrient solutions pH 4.50-6.00 and increased with pH 6.50. Dynamics of phosphorus and magnesium contents in the tomato leaves had polydirection trends in different years of study. It was shown high tolerance of tomato on pH nutrient solution ranged from 4.50-6.50. There were no visual symptoms of disorders on the leaves and in growth and development of plants.