

*Tomasz Kleiber, Tomasz Szablewski, Kinga Stuper-Szablewska,
Renata Cegielska-Radziejewska*

OKREŚLENIE WPŁYWU STRESU MANGANOWEGO NA ZAWARTOŚĆ PIERWIASTKÓW ŚLADOWYCH W LIŚCIACH POMIDORA (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.)

Katedra Żywienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu
Kierownik: prof. dr hab. *A. Komosa*

Celem przeprowadzonych badań była ocena zawartości pierwiastków śladowych (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) w liściach pomidora odmian 'Alboney F₁' i 'Emotion F₁' w warunkach stresu manganowego. Dla większości oznaczanych pierwiastków (z wyjątkiem kadmu i ołowiu) obserwowano tendencję spadkową ich zawartości w liściach pomidorów pod wpływem stresu manganowego. Zawartość pierwiastków metalicznych kształtowała się na poziomie (w mg·kg⁻¹ s.m. liści; średnia dla odmian): Al 0,023–0,046; Ba 3,56–3,76; Cd 0,399–0,405; Co 0,846–0,888; Cr 0,13; Ni 2,063–4,008; Pb 0,833–0,839.

Słowa kluczowe: mangan, części wskaźnikowe, pomidor, metale ciężkie, składniki śladowe.

Key words: manganese, index parts, tomato, heavy metals, trace elements.

Spośród 399,2 tysięcy ton warzyw uprawianych w szklarniach w Polsce aż 277 tysięcy stanowi produkcja pomidorów. Dla osiągnięcia optymalnych plonowania, zarówno jakościowego, jak i ilościowego roślin, zwłaszcza w przypadku intensywnych upraw pod osłonami, niezbędne jest stosowanie pożywek o zbilansowanym składzie chemicznym.

Pomiędzy poszczególnymi jonami mogą zachodzić wzajemne antagonistyczne lub synergistyczne oddziaływania. Przykładem antagonistycznych relacji są oddziaływania między manganem a potasem, wapniem, magnezem, żelazem, cynkiem czy też miedzią (1, 2). Mangan oddziałuje na szereg procesów życiowych roślin, między innymi prawidłowe funkcjonowanie enzymów: Mn-katalazy, dehydrogenaz, dekarboksylaz, hydroksylaz, kwaśnej fosfatazy, transferaz, dysmutazy np. SOD (3, 4, 5). Wykazano, że optymalna z punktu osiąganego plonu handlowego zawartość manganu w pożywce do fertygacji pomidora wynosi 0,3–0,6 mg·dm⁻³ i jest zróżnicowana w zależności od odmiany (6). Stosowanie zarówno niedostatecznych, jak nadmiernych/toksycznych stężeń tego składnika powoduje istotne pogorszenie plonowania roślin. Nadmierne odżywienie roślin manganem wpływa też na zawartość makro- i mikrośladników w liściach pomidora. Poznanie zachodzących zmian jest ważne, gdyż składniki są przemieszczane z liści do owoców, wpływając bezpośrednio na ich wartość żywieniową. Zbyt duża ilość metali ciężkich w spożywanej żywności może powodować poważne zaburzenia zdrowotne, takie jak: rozedmę płuc, zapalenie

oskrzeli i pęcherzyków płucnych w przypadku kadmu lub zaburzenia w syntezie hemoglobiny, funkcjonowaniu nerek i układu rozrodczego czy też zaburzenia obwodowego układu nerwowego w przypadku ołowiu (7).

Celem przeprowadzonych badań była ocena zawartości pierwiastków metalicznych (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) w liściach pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) w warunkach stresu manganowego.

MATERIAŁ I METODY

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzono w Katedrze Żywienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Materiał doświadczalny stanowiły odmiany 'Alboney F₁' i 'Emotion F₁' pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.). W liściach pomidorów uprawianych w warunkach stresu manganowego oceniano zawartość wybranych pierwiastków metalicznych (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb). Doświadczenie wykonano w układzie 2-czynnikowym (czynnik A: stężenie manganu; czynnik B: odmiana) w 4 powtórzeniach. Wszystkie zabiegi agrotechniczne w trakcie wegetacji roślin stosowano zgodnie z aktualnymi zaleceniami.

Rośliny uprawiano z zastosowaniem fertygacji w systemie zamkniętym bez recyrkulacji. Skład chemiczny wody wodociągowej, na bazie której przygotowano pożywkę do fertygacji roślin był następujący: N-NH₄ śl., N-NO₃ – 3,7, P-PO₄ – 0,3, K – 1,8, Ca – 57,3, Mg – 13,4, S-SO₄ – 58,3, Na – 22,7, Cl – 42,2, Fe – 0,08, Mn – 0,06, Zn – 0,50, Cu – śl., B – 0,011, Mo – śl., HCO₃ – 277,5, pH – 7,00, EC – 0,735 mS·cm⁻¹. Zawartość badanych pierwiastków śladowych oznaczona zgodnie z normą PN-EN ISO17294-2:2006 wynosiła (w mg·dm⁻³): Ba 0,92, Cr <0,001, Al < 0,005, Cd <0,0002, Co <0,001, Ni <0,002, Pb < 0,001. Skład chemiczny wełny mineralnej, w której uprawiano rośliny był następujący (w %): P₂O₅ 0,2–0,9, K₂O 0,7–1,3, CaO 17,5–21,2, MgO 5,2–9,0, Fe₂O₃ 6,4–8,4, MnO 0,1–0,5, Na₂O 1,2–2,2, SiO₂ 40,7–42,9, Al₂O₃ 17,8–19,4, TiO₂ 0,7–2,5, (w mg·kg⁻¹): As <4; Cd <0,5, Pb <10, Hg <0,01. Do fertygacji stosowano pożywkę standardową o następującym składzie chemicznym (w mg·dm⁻³): N-NH₄ 2,2, N-NO₃ 230, P 50, K 430, Ca 145, Mg 65, Cl 35, S-SO₄ 120, Fe 2,48, Zn 0,50, Cu 0,07, pH 5,50, EC 3,00 mS·cm⁻¹. Roztwór wodny manganu (w postaci siarczanu manganu; MnSO₄·H₂O, 32,3% Mn) przygotowano i dodawano indywidualnie do poszczególnych zbiorników na poziomie 2,4; 4,8; 9,6; 19,2 mg Mn·dm⁻³. Próby oznaczono jako Mn-2,4; Mn-4,8; Mn-9,6; Mn-19,2. System fertygacji sterowany były komputerowo. W okresie intensywnego wzrostu i plonowania roślin (VI–VIII), dobowe zużycie pożywki wynosiło 3,0–3,5 dm³·roślina⁻¹ w 10–20 dawkach pojedynczych, przy zastosowaniu 20–30% wycieku nadmiaru pożywki z maty. Nadmiar pożywki zbierano i rozdeszczowano na trawniki.

W trakcie doświadczeń wegetacyjnych, w odstępach miesięcznych (połowa: VI, VII, VIII), pobierano próbki części wskaźnikowych (8.–9. w pełni rozwinięty liść licząc od wierzchołka). Na jedną próbkę średnią składało się 12 liści. Zebrane liście suszono w temp. 45–50°C, a następnie mielono. Stężenie wybranych pierwiastków oznaczono metodą spektrometrii absorpcji atomowej (AAS), z wykorzystaniem Spektrometru AA Varian Spectra AA 200 Plus (Agilent Technologies, Mulgrave, Victoria, Australia). Stosowano jednopierwiastkowe lampy katodowe HCL firm Varian oraz

Perkin Elmer. Dla każdego z metali wykonano procedurę optymalizacji warunków oznaczania. Wyniki analiz chemicznych poddano analizom statystycznym testem Duncana wnioskując przy $\alpha = 0,05$.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

W przeprowadzonych badaniach wykazano istotny statystycznie wpływ stężenia manganu w pożywce na zawartość glinu, baru, kadmu i ołowiu w częściach wskaźnikowych pomidora (tab. I).

W przypadku glinu średnia zawartość tego metalu mieściła się w zakresie 0,42–0,61 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. (odpowiednio dla Mn-19,2 i Mn-2,4). Dla obu badanych odmian pomidora najniższą zawartość glinu stwierdzono stosując najwyższe stężenie manganu (Mn-19,2). Istotne różnicowanie w zawartości glinu pomiędzy badanymi odmianami wykazano w przypadku najniższego i najwyższego stężenia manganu (Mn-2,4 i Mn-19,2). W przypadku obu badanych odmian najwyższą zawartość baru w liściach pomidora oznaczono stosując stężenia Mn-4,8 i Mn-9,6. Poza najwyższym stężeniem manganu Mn-19,2, stwierdzono istotny statystycznie wpływ odmiany pomidora na zawartość baru.

Tabela I. Zawartość glinu (Al), baru (Ba), kadmu (Cd) i ołowiu (Pb) w częściach wskaźnikowych pomidora pod wpływem stresu manganowego (w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ suchej masy)

Table I. Content of aluminium (Al), barium (Ba), cadmium (Cd) and lead (Pb) in index parts of tomato under manganese stress (in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dry matter)

Odmiana	Poziom Mn ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$)			
	Mn-2,4	Mn-4,8	Mn-9,6	Mn-19,2
Al				
'Alboney F ₁ '	0,048 bc*	0,062 d	0,073 e	0,038 a
'Emotion F ₁ '	0,074 e	0,056 cd	0,074 e	0,047 b
Średnia	0,061 b**	0,059 b	0,073 c	0,042 a
Ba				
'Alboney F ₁ '	24,78 c	26,91 d	24,98 c	20,29 b
'Emotion F ₁ '	13,20 a	23,54 c	21,71 b	20,04 b
Średnia	18,99 a	25,22 c	23,35 b	20,16 a
Cd				
'Alboney F ₁ '	0,453 e	0,150 a	0,379 d	0,372 d
'Emotion F ₁ '	0,337 c	0,236 b	0,381 d	0,377 d
Średnia	0,395 c	0,193 a	0,380 b	0,375 b
Pb				
'Alboney F ₁ '	0,899 a	0,944 bcd	0,980 d	0,948 bcd
'Emotion F ₁ '	0,929 abc	0,913 ab	0,921 ab	0,964 cd
Średnia	0,914 a	0,928 ab	0,951 bc	0,956 c

** Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$;

** Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Wykazano wielokierunkowy wpływ stresu manganowego na zawartość kadmu w liściach pomidora (tab. I). Dla obu badanych odmian pomidorów najmniejszą zawartość pierwiastka uzyskano stosując mangan na poziomie Mn-4,8. Istotny statystycznie wpływ odmiany pomidora na zawartość kadmu stwierdzono stosując niższe stężenia manganu (Mn-2,4 i Mn-4,8). Wraz ze wzrostem zawartości manganu stwierdzono wzrost stężenia ołowiu w liściach pomidora. Istotny statystycznie wpływ odmiany pomidorów na zawartość ołowiu wykazano jedynie w przypadku zastosowania stężenia manganu na poziomie 9,6 (Mn-9,6).

Wykazano istotny statystycznie wpływ manganu na obniżenie zawartość kobaltu, chromu i niklu w częściach wskaźnikowych pomidora (tab. II). Oznaczone zawartości kobaltu mieściły się w zakresie od 0,852 do 2,640 mg·kg⁻¹ s.m. (odpowiednio dla Mn-19,2 i Mn-2,4). Istotny statystycznie wpływ odmiany pomidorów na zawartość pierwiastka stwierdzono stosując mangan na poziomie Mn-4,8 i Mn-9,6. Zawartość chromu mieściła się w zakresie od 0,191 do 0,223 mg·kg⁻¹ s.m. (odpowiednio dla Mn-19,2 i Mn-2,4). Jedynie w przypadku zastosowania manganu na poziomie 9,6 (mg·dm⁻³) stwierdzono istotny statystycznie wpływ odmiany pomidorów na zawartość chromu. Oznaczona w badaniach zawartość niklu wynosiła od 2,535 do 4,044 mg·kg⁻¹ s.m. (odpowiednio dla Mn-19,2 i Mn-2,4). Dla obu badanych odmian pomidorów najniższą zawartość niklu stwierdzono dla najwyższego stężenia manganu w pożywce (Mn-19,2). Również w tym przypadku nie stwierdzono istotnego statystycznie wpływu odmiany pomidorów na zawartość oznaczanego pierwiastka (poza Mn-19,2).

Tab e l a II. Zawartość kobaltu (Al), chromu (Cr) i niklu (Ni) w częściach wskaźnikowych pomidora pod wpływem stresu manganowego (w mg·kg⁻¹ suchej masy)

Table II. Content of cobalt (Co), chromium (Cr) and nickel (Ni) in index parts of tomato under manganese stress (in mg·kg⁻¹ dry matter)

Odmiana	Poziom Mn (mg·dm ⁻³)			
	Mn-2,4	Mn-4,8	Mn-9,6	Mn-19,2
Co				
'Alboney F ₁ '	2,776 e*	1,711 cd	1,439 bc	0,961 ab
'Emotion F ₁ '	2,504 e	2,526 e	1,966 d	0,742 a
Średnia	2,640 d**	2,118 c	1,702 b	0,852 a
Cr				
'Alboney F ₁ '	0,221 e	0,216 d	0,201 b	0,190 a
'Emotion F ₁ '	0,225 e	0,216 d	0,211 c	0,191 a
Średnia	0,223 d	0,216 c	0,206 b	0,191 a
Ni				
'Alboney F ₁ '	4,111 d	4,031 cd	3,932 cd	1,984 a
'Emotion F ₁ '	3,977 cd	3,883 c	3,976 cd	3,087 b
Średnia	4,044 b	3,957 b	3,954 b	2,535 a

* Średnie w kolumnach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$;

** Średnie w wierszach oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie dla $\alpha = 0,05$.

Poddane badaniom pierwiastki są metalami ciężkimi lub pośrednimi o różnym znaczeniu i roli fizjologicznej. Niektóre metale ciężkie między innymi: Mn, Zn, Cu, Mo w niskich stężeniach pełnią funkcję mikroelementów. Kadm i ołów to metale ciężkie niebędące składnikami pokarmowymi, toksycznie wpływające na roślinę. Kadm w funkcjach fizjologicznych może zastępować cynk, ale w przeciwieństwie do niego jest toksyczny (4).

W literaturze brak jest prac traktujących o wpływie stresu manganowego na zawartość pierwiastków śladowych oznaczanych w badaniach własnych autorów. Jak podają inni autorzy (1, 2, 8, 9) w warunkach stresu manganowego zaburzeniu ulega odżywienie roślin innymi składnikami, zarówno makro, jak i mikroskładnikami, na przykład: Ca, Mg, Fe, Zn, Cu.

Dla większości oznaczanych pierwiastków obserwowano tendencję spadkową ich zawartości pod wpływem stresu manganowego. Takiej zależności nie stwierdzono w przypadku kadmu i ołowiu. *Tyksiński* i współpr. (10) podaje, że metale ciężkie (np. kadm) mogą mieć modyfikujący wpływ na zawartość składników (wapnia, sodu i fosforu) w liściach pomidora. W przypadku poszczególnych pierwiastków oznaczonych w badaniach własnych obejmowały one zakres (w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. części wskaźnikowych; średnia dla odmian): Al 0,023–0,046; Ba 3,56–3,76; Cd 0,399–0,405; Co 0,846–0,888; Cr 0,13; Ni 2,063–4,008; Pb 0,833–0,839.

Jamal Khan i współpr. (11) w uprawie pomidorów w glebie mineralnej oznaczyli większe zawartości pierwiastków w liściach pomidorów w porównaniu z wartościami uzyskanymi w badaniach własnych autorów (uprawa hydroponiczna w podłożu inertnym). W przypadku chromu, niklu i ołowiu wynoszą odpowiednio 0,91–1,97, 5,90–17 i 7,73–29,47 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. Jedynie w przypadku kadmu wykazano jego mniejszą zawartość w liściach (0,12–0,14 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Podobnie większą zawartość ołowiu i chromu w liściach pomidorów, odpowiednio w zakresie 1,24–1,91 i 7,75–8,99 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m., wykazano w badaniach *Castaldi* i *Melis* (12) prowadzonych w różnych typach podłoży uprawowych. Jedynie w przypadku kadmu oznaczone zakresy zawartości były mniejsze (0,22–0,25 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) niż w badaniach własnych. W przypadku pomidorów uprawianych w glebie mineralnej znacznie większe zawartości pierwiastków, wynoszące dla Cd 11,6–12; Cr 47,2–65,1; Pb 45–46,2; Ni 15,8–16,4; Co 3–4,2 (w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) wykazali *Adefemi* i *Awokunmi* (13). Podobnie dla pomidorów rosnących w glebie w pobliżu zakładów przemysłowych wykorzystujących związki ołowiu (produkcja farb) *Nwajei* i współpr. (14) przytaczają większe zawartości ołowiu (3,40–4,52 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) i chromu (0,1–0,52 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) w liściach pomidora, przy równocześnie mniejszej zawartości niklu (1,60–2,28 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.) i kobaltu (0,03–0,20 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m.). Różnice w zawartości pierwiastków metalicznych w badaniach poszczególnych autorów tłumaczyć można warunkami uprawy roślin oraz poziomem zanieczyszczenia gleby lub podłoża.

Generalnie oznaczone w częściach wskaźnikowych (8.–9. w pełni rozwinięty liść licząc od wierzchołka) zawartości pierwiastków metalicznych były większe, niż w przypadku owoców, przy zastosowaniu fertygacji pożywkami o takim samym składzie chemicznym, jak w badaniach własnych (dane niepublikowane autorów). Podobnie w badaniach innych autorów (11, 13) oznaczone w liściach zawartości Cd, Cr, Ni, Pb, Ni, Co były wyższe niż w owocach. *Adefemi* i *Awokunmi* (13) podaje, że

szereg kumulowania metali w różnych częściach pomidora przedstawia się następująco: liście>łodygi>korzenie>owoce.

W badaniach dotyczących zastosowania różnych podłoży do uprawy pomidorów wyższe zawartości Pb i Cd stwierdzono w owocach aniżeli w liściach, natomiast w przypadku chromu wykazano odmienną zależność (12). *Nwajei* i współpr. (14) natomiast oznaczyli zbliżoną zawartość Co, Cr, Ni i Pb w owocach i liściach pomidorów.

WNIOSKI

1. Dla większości oznaczanych pierwiastków obserwowano tendencję spadkową ich zawartości w liściach pomidorów pod wpływem stresu manganowego. Takiej zależności nie stwierdzono jedynie w przypadku kadmu i ołowiu.

2. W przypadku poszczególnych pierwiastków ich zawartości obejmowały zakres (w $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ s.m. części wskaźnikowych; średnia dla odmian): Al 0,023–0,046; Ba 3,56–3,76; Cd 0,399–0,405; Co 0,846–0,888; Cr 0,13; Ni 2,063–4,008; Pb 0,833–0,839.

3. Oznaczone w liściach pomidora zawartości pierwiastków metalicznych były wyższe, niż w przypadku owoców.

T. Kleiber, T. Szablewski, K. Stuper-Szablewska,
R. Cegielska-Radziejewska

DETERMINATION OF MANGANESE STRESS INFLUENCE ON CONTENT
OF TRACE ELEMENTS IN LEAVES OF TOMATOES (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.)

Summary

The aim of the study was to evaluate the content of trace elements (Al, Ba, Cd, Co, Cr, Ni, Pb) in the leaves of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. 'Alboney F₁' and 'Emotion F₁') under manganese stress. The following manganese nutrition levels (in terms of $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ of nutrient solution) were studied: 2.4, 4.8, 9.6, 19.2 (described as Mn-2.4, Mn-4.8, Mn-9.6, Mn-19.2). The plants were grown in rockwool with fertigation using nutrient solution with the following chemical composition (in $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): N-NH₄ 2.2, N-NO₃ 230, P 50, K 430, Ca 145, Mg 65, Cl 35, S-SO₄ 120, Fe 2.48, Zn 0.50, Cu 0.07, pH 5.50, EC 3.00 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. A downward trend of their contents was observed in the contents of those elements (except for cadmium and lead) in the leaves of tomato under manganese stress. The ranges for the metallic elements (mean values for cultivars, in $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dry leaves) were: Al 0.023-0.046; Ba 3.56-3.76; Cd 0.399-0.405; Co 0.846-0.888; Cr 0.13; Ni 2.063-4.008; Pb 0.833-0.839.

PIŚMIENNICTWO

1. *Savvas D., Papastavrou D., Ntatsi G., Ropokis A., Olympios C.*: Interactive effects of grafting and manganese supply on growth, yield, and nutrient uptake by tomato. *Hortsci.*, 2009; 44(7): 1978-1982. – 2. *Shenker, M., Plessner O.E., Tel-Or E.*: Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity. *J. Plant Physiol.*, 2004; 161: 197-202. – 3. *Humphries J. M., Stangoulis J.C.R., Graham R. D.*: Handbook of Plant Nutrition, A.V. Barker, D.J. Pilbeam (edit.), Taylor & Francis Group, 2007; 351-374. – 4. *Breś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E.* Żywnienie roślin ogrodnich. Podstawy i perspektywy. Komosa A. (red.), PWRiL, 2012; 204-205. – 5. *Millaleo R., Reyes-Díaz M., Ivanov A.G., Mora M.L., Alberdi M.*: Manganese as essential and toxic element for plants: transport, accumulation and resistance mechanisms. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 2010; 10(4): 476-494. –

6. Kleiber T.: Wpływ manganu na plonowanie pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) uprawianego w warze mineralnej. Nauka Przyr. Technol., 2014; 8, 2, #14. – 7. Fernandes, J. C., Henriques F.S.: Biochemical, physiological, and structural effects of excess copper in plants. Bot. Rev., 1991; (57): 246-273. – 8. Kasraei R., Rogríguez-Barrueco, Arroyo M.I.: The effect of Al and Mn on growth and mineral composition of *Casuarina equisetifolia* Forst. Fertilizers and Environment, 1996: 75-81. – 9. Lee T. J., Luitel B. P., Kang W. H.: Growth and physiological response to manganese toxicity in chinese cabbage (*Brassica rapa* L. ssp. *campestris*) Hort. Environ. Biotechnol., 2011; 52(3): 252-258. – 10. Tyksiński W., Bosiacki M., Budzik M.: Wpływ kadmu na jakość owoców pomidora i ich stan odżywienia. Roczn. AR Pozn., 2006; CCCLXXIX, Ogrodn. 40: 67-75.
11. Jamal Khan M., Tariq Jan M., Farhatullah, Ullah Khan N., Arif M., Perveen S., Alam S., Ullah Jan A.: The effect of using waste water for tomato. Pak. J. Bot., 2011; 43(2): 1033-1044. – 12. Castaldi P., Melis P.: Growth and yield characteristics and heavy metals content on tomatoes grown in different growing media. Commun. in soil sci. and plant analys., 2004; 35(1-2): 85-98. – 13. Adefemi O.S., Awokunmi E.E.: Uptake of heavy metals by tomato (*Lycopersicum esculentus*) grown on soil collected from dumpsites in Ekiti State, South West, Nigeria; Internat. J. of Chem., 2013; 5(3): 70-75. – 14. Nwajei G.E. Okwagi P. Nwajei R.I., Obi-Iyeke G.E.: Analytical assessment of trace elements in soils, tomato leaves and fruits in the vicinity of paint industry. Nigeria Res. J.of Rec.Sci., 2012; 1(4): 22-26.

Adres: 60-198 Poznań, ul. Zgorzelecka 4.