

TOMASZ KLEIBER

Katedra Żywnienia Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

WPLYW MANGANU NA PLONOWANIE POMIDORA (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.) UPRAWIANEGO W WELNIE MINERALNEJ

INFLUENCE OF MANGANESE ON YIELDING OF TOMATO
(*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.) CULTIVATED IN ROCKWOOL

Streszczenie. Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zróżnicowanych stężeń manganu w pożywce na plonowanie pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cvs. ‘Alboney F₁’ i ‘Emotion F₁’ pod kątem optymalizacji żywienia (eksperyment I) oraz pod kątem określenia progu tolerancji na ten składnik (eksperyment II). Rośliny uprawiano w welnie mineralnej z zastosowaniem pożywki o zróżnicowanych zawartościach manganu ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): eksperyment I, lata 2008-2011 – kontrola (0,06), 0,3, 0,6, 1,2 (zawartości te oznaczono symbolami, odpowiednio: Mn-0, Mn-0,3, Mn-0,6, Mn-1,2), eksperyment II, rok 2012 – 2,4, 4,8, 9,6, 19,2 (zawartości te oznaczono symbolami, odpowiednio: Mn-2,4, Mn-4,8, Mn-9,6, Mn-19,2). Do fertygacji roślin stosowano pożywkę standardową o następującym składzie chemicznym ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): 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. Wartość pH wynosiła 5,50, a EC – 3,00 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. Najwcześniej objawy zatrucia roślin manganem zaobserwowano w przypadku Mn-19,2 – po upływie półtora miesiąca uprawy, a w przypadku Mn-9,6 – po dwupółmiesięcznej ekspozycji na działanie pożywki. Przy stosowaniu Mn-4,8 stwierdzono początkowe objawy zatrucia roślin manganem po 3 miesiącach. Do poziomu Mn-1,2 stwierdzono istotny wpływ manganu na plon owoców klasy I, III, IV i VI. Odmiana pomidora wpływała jedynie na średni plon klasy I i V. Największy plon handlowy owoców odmiany ‘Alboney F₁’ uzyskano, stosując pożywki Mn-0,3 i Mn-0,6. W przypadku odmiany ‘Emotion F₁’ plon przy Mn-0 i Mn-0,3 był istotnie mniejszy niż przy Mn-0,6. Zawartość manganu w pożywce na poziomie 1,2 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$ jest – z punktu widzenia plonowania pomidora – nadmierna i przyczynia się do istotnego pogorszenia plonowania roślin, przy jednoczesnym braku objawów toksyczności. W zakresie stężeń nadmiernych i toksycznych (Mn 2,4–Mn-19,2) mangan istotnie oddziaływał na plon klas II–VI, a odmiana – na plon klas I, III, IV–VI.

Słowa kluczowe: stężenie hydroponiczne, plonowanie, toksyczność

Wstęp

Mangan jest jednym z ośmiu mikrośladników niezbędnych dla życia roślin, będąc jednocześnie – z chemicznego punktu widzenia – metalem ciężkim (jego masa atomowa wynosi 54,93). Składnik ten pełni wiele funkcji fizjologicznych, m.in. jest częścią enzymów: Mn-katalazy, dehydrogenaz, dekarboksylaz, hydroksylaz, kwaśnej fosfatazy, transferaz, dysmutazy (np. SOD), lignin, flawonoidów, a także kompleksu PS II-białko (LIDON i IN. 2004, DUCIC i POLLE 2005, HUMPHRIES i IN. 2007, BRĘŚ i IN. 2012). Mangan istotnie wpływa również na odżywienie roślin makro- i mikrośladnikami (GALVEZ i IN. 1989, KAZDA i ZNACEK 1989, SHENKER i IN. 2004, SAVVAS i IN. 2009).

Gatunkiem rośliny najczęściej uprawianym w Polsce pod osłonami jest pomidor – jest on równocześnie spośród wszystkich warzyw spożywany w największej ilości (SZNAJDER i IN. 2003, TOKARSKA 2010, SYTUACJA... 2012). Wielu autorów (PIRÓG 1999, CHOHURA 2000, WYSOCKA-OWCZAREK 2001, HALLMAN i KOBRYŃ 2002, NURZYŃSKI 2003, JAROSZ i HORODKO 2004, PAWLIŃSKA i KOMOSA 2002, JAROSZ i DZIDA 2005) za optymalną zawartość manganu w pożywce stosowanej do fertygacji pomidorów uważa 0,55-0,65 mg·dm⁻³. GÓRSKI (1981) twierdzi, że większość wód podziemnych znajdujących się na głębokości do 100 m zawiera do 0,5 mg Mn w 1 dm³, z kolei SAWINIAK (1990) podaje, że wody podziemne mogą zawierać nawet do 10 mg Mn w 1 dm³. Problemem jest narastające zanieczyszczenie manganem wód pobieranych z coraz mniejszej głębokości. Większość wód stosowanych w ogrodnictwie cechuje mała zawartość manganu (poniżej 0,5 mg·dm⁻³), jednak 5% wód zawiera go w zakresie 1-4,5 mg·dm⁻³ (BRĘŚ i IN. 2010). Możliwość wystąpienia wód o dużej zawartości manganu w rejonach o intensywnie rozwiniętym ogrodnictwie potwierdzają badania KOWALCZYKA i IN. (2010). FLOOD (1996) rekomenduje do stosowania w uprawach szklarniowych wodę o zawartości manganu 0,2-0,7 mg·dm⁻³. Według SONNEVELDA i VOOGTA (2009) woda przeznaczona do fertygacji nie powinna zawierać więcej niż 0,54 mg tego mikrośladnika w 1 dm³.

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu zróżnicowanych stężeń manganu w pożywce na plonowanie pomidora uprawianego metodą bezglebową w wełnie mineralnej, pod kątem optymalizacji żywienia (eksperyment I) oraz pod kątem określenia progów tolerancji na ten składnik (eksperyment II).

Material i metody

Doświadczenia wegetacyjne przeprowadzono w latach 2008-2012 w szklarni Katedry Żywienia Roślin Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu. Celem badań było optymalizacja żywienia manganem (eksperyment I) oraz określenie progów tolerancji na ten składnik (eksperyment II) pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill. cvs. 'Alboney F₁' i 'Emotion F₁'). Doświadczenie wykonano w układzie dwuczynnikowym (czynnik A: stężenie manganu, czynnik B: odmiana pomidora) w czterech powtórzeniach. Na jednym poletku uprawiano cztery rośliny. Wszystkie zabiegi agrotechniczne były zgodne z aktualnymi zaleceniami (ADAMICKI i IN. 2005).

Siew nasion do paluszków z wełny mineralnej (Grodan) przeprowadzano w I dekadzie marca każdego roku badań. Po 2-3 tygodniach siewki przesadzono do kostek z wełny mineralnej (Grodan, 10 × 10 × 10 cm). Po 3 tygodniach rośliny ustawiano na miejscu stałym. Uprawiano je w standardowej wełnie mineralnej (Grodan, 100 × 15 × 7,5 cm; V 11,25 dm³; 60 kg·m⁻³) w zagęszczeniu 2,5 rośliny na 1 m². Doświadczenia trwały do końca września każdego roku badań.

Skład chemiczny wody i pożywek

Rośliny uprawiano z zastosowaniem fertygacji w systemie zamkniętym bez recyrkulacji. Skład chemiczny wody wodociągowej, której użyto do przygotowania pożywki do fertygacji, był następujący (mg·dm⁻³): 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. Wartość pH wynosiła 7,00, a EC – 0,735 mS·cm⁻¹. Do fertygacji stosowano pożywkę standardową o następującym składzie chemicznym (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. Wartość pH wynosiła 5,50, a EC – 3,00 mS·cm⁻¹. Roztwór wodny manganu (w postaci siarczanu manganu: MnSO₄·H₂O, 32,3% Mn) był przygotowywany i dodawany indywidualnie do poszczególnych zbiorników o pojemności 1000 dm³ w następujących kombinacjach (mg·dm⁻³): eksperyment I, lata 2008-2011 – kontrola (0,06), 0,3, 0,6, 1,2 (kombinacje te oznaczono symbolami, odpowiednio: Mn-0, Mn-0,3, Mn-0,6, Mn-1,2), eksperyment II, rok 2012 – 2,4, 4,8, 9,6, 19,2 (kombinacje te oznaczono symbolami, odpowiednio: Mn-2,4, Mn-4,8, Mn-9,6, Mn-19,2). W przypadku kombinacji kontrolnej zawartość manganu w pożywce była równa jego zawartości w wodzie, której użyto do przygotowywania pożywki, i wynosiła 0,06 mg·dm⁻³. Pożywki przygotowywano z użyciem standardowych nawozów pojedynczych lub kompleksowych, przeznaczonych do upraw hydroponicznych. Zastosowano: saletrę potasową (13% N-NO₃, 38,2% K), saletrę wapniową (14,5% N-NO₃, 19,6% Ca), saletrę magnezową (11,0% N-NO₃, 9,5% Mg), fosforan monopotasowy (22,3% P, 28,2% K), siarczan potasu (44,8% K, 17,0% S-SO₄), siarczan magnezu (9,5% Mg, 12,7% S), chelat żelazowy Librel FeDP7 (7% Fe), siarczan miedzi (CuSO₄·5H₂O, 25,6% Cu), boraks (Na₂B₄O₇·10H₂O, 11,3% B) i molibdenian sodu (Na₂MoO₄·2H₂O, 39,6% Mo). Pożywki zakwaszono do pH 5,50 kwasem azotowym (38%), a wnoszona z kwasem dawka azotu była uwzględniona w zakładanym poziomie tego składnika. System fertygacji był sterowany komputerowo. W okresie intensywnego wzrostu i plonowania (czerwiec-sierpień) dobowe zużycie pożywki przez jedną roślinę wynosiło 3,0-3,5 dm³ w 10-20 dawkach pojedynczych, przy 20-30-procentowym wycieku nadmiaru pożywki z maty. Nadmiar pożywki zbierano i deszczowano na trawniki.

Zbiory i sortowanie owoców

W okresie wegetacyjnym (do końca września każdego roku badań) rejestrowano plon owoców. Zastosowano wybrane kody wielkości owoców zgodne z rozporządzeniem Komisji (WE) nr 771/2009 (ROZPORZĄDZENIE... 2009). Uwzględniono następujące klasy wielkości: I – średnica owocu powyżej 10,2 cm, II – 10,2-8,2 cm, III – 8,2-6,7 cm, IV – 6,7-5,7 cm, V – 5,7-4,7 cm oraz VI – poniżej 4,7 cm. Do plonu handlowego zaliczono owoce klas I-V.

Wyniki badań opracowano statystycznie za pomocą analiz wariancji i testu Duncana z obliczeniem najmniejszych istotnych różnic (NIR) na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.

Wyniki i dyskusja

Wpływ manganu na strukturę plonowania

Wykazano istotny wpływ zawartości manganu w pożywce na plon handlowy owoców pomidora (tab. 1). W przypadku odmiany 'Alboney F₁' plon handlowy po zastosowaniu pożywki Mn-0 był istotnie mniejszy niż po zastosowaniu pożywki Mn-0,3. W przypadku Mn-0,6 zarysowała się tendencja spadkowa (istotne zmniejszenie plonowania w przypadku Mn-1,2). Po zastosowaniu Mn-0,3 i Mn-0,6 plon handlowy nie różnił się od siebie istotnie. W przypadku odmiany 'Emotion F₁' plon handlowy po zastosowaniu MN-0 i Mn-0,3 był istotnie mniejszy niż po zastosowaniu Mn-0,6. Po zastosowaniu Mn-1,2 stwierdzono istotne zmniejszenie się plonu w porównaniu z wariantami stężeń, po których zastosowaniu plonowanie roślin było największe. Średni plon handlowy badanych odmian nie różnił się od siebie istotnie.

Tabela 1. Wpływ pożywki o zawartości manganu w zakresie od 0 do 1,2 mg·dm⁻³ na plonowanie 1 rośliny pomidora (średnia z lat 2008-2011) (kg)

Table 1. Influence of nutrient solution with manganese content in range from 0 to 1.2 mg·dm⁻³ on yielding of 1 tomato plant (mean from 2008-2011) (kg)

Odmiana Variety	Poziom Mn – Mn-level				
	Mn-0	Mn-0,3	Mn-0,6	Mn-1,2	Średnia mean
1	2	3	4	5	6
I klasa – I class					
'Alboney F ₁ '	0,27 ab	0,41 b	0,16 a	0,62 c	0,36 B
'Emotion F ₁ '	0,12 a	0,18 a	0,10 a	0,09 a	0,12 A
Średnia Mean	0,19 AB	0,29 BC	0,13 A	0,35 C	
II klasa – II class					
'Alboney F ₁ '	2,20 a	2,11 a	2,06 a	2,36 a	2,18 A
'Emotion F ₁ '	2,22 a	1,97 a	2,37 a	1,94 a	2,12 A
Średnia Mean	2,21 A	2,04 A	2,21 A	2,15 A	
III klasa – III class					
'Alboney F ₁ '	2,34 ab	2,50 ab	2,77 b	2,25 a	2,46 A

Kleiber T., 2014. Wpływ manganu na plonowanie pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) uprawianego w węglinie mineralnej. Nauka Przyr. Technol. 8, 2, #14.

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

1	2	3	4	5	6
‘Emotion F ₁ ’	2,23 a	2,50 ab	2,60 ab	2,58 ab	2,48 A
Średnia Mean	2,28 A	2,50 AB	2,68 B	2,42 AB	
IV klasa – IV class					
‘Alboney F ₁ ’	1,06 bc	1,32 c	1,10 bc	0,75 a	1,06 A
‘Emotion F ₁ ’	0,85 ab	0,90 ab	0,86 ab	1,05 bc	0,92 A
Średnia Mean	0,96 AB	1,11 B	0,98 AB	0,90 A	
V klasa – V class					
‘Alboney F ₁ ’	0,19 a	0,23 a	0,24 a	0,24 a	0,22 A
‘Emotion F ₁ ’	0,39 b	0,29 ab	0,40 b	0,29 ab	0,34 B
Średnia Mean	0,29 A	0,26 A	0,32 A	0,26 A	
VI klasa – VI class					
‘Alboney F ₁ ’	0,03 ab	0,03 abc	0,02 a	0,07 d	0,03 A
‘Emotion F ₁ ’	0,03 abc	0,04 abc	0,04 bc	0,05 cd	0,04 A
Średnia Mean	0,03 A	0,03 A	0,03 A	0,06 B	
Plon handlowy – Marketable yield					
‘Alboney F ₁ ’	6,05 a	6,56 c	6,32 bc	6,21 b	6,29 a
‘Emotion F ₁ ’	5,81 a	5,82 a	6,32 bc	5,93 a	5,97 a
Średnia Mean	5,93 A	6,19 AB	6,32 B	6,07 AB	
Udział plonu handlowego w plonie ogólnym (%) Contribution of marketable yield in total yield (%)					
‘Alboney F ₁ ’	99,5	99,5	99,7	98,9	99,5
‘Emotion F ₁ ’	99,5	99,5	99,4	99,2	99,3
Średnia Mean	99,5	99,5	99,5	99,0	

Średnie w wierszach oznaczone różnymi dużymi literami różnią się istotnie.

Średnie w kolumnach oznaczone różnymi dużymi literami różnią się istotnie.

Średnie oznaczone różnymi małymi literami różnią się istotnie.

Means in rows marked with various big letters differ significantly.

Means in columns marked with various big letters differ significantly.

Means in rows and columns marked with various small letters differ significantly.

W przeprowadzonych badaniach wykazano istotny wpływ manganu na strukturę plonów klas I, III, IV i VI (tab. 1). Bez względu na odmianę pomidora najmniejszy średni plon owoców klasy I uzyskano w przypadku Mn-0,6 (0,13 kg z 1 rośliny), a największy – w przypadku Mn-1,2 (0,35 kg z 1 rośliny), jednakże u odmiany ‘Emotion F₁’ nie różnicował się on istotnie w badanym zakresie stężeń manganu. Odmiana wpływała istotnie na średni plon owoców tej klasy, był on większy u odmiany ‘Alboney F₁’. Średni plon owoców II klasy nie był istotnie uzależniony od badanych czynników. Poziom żywienia manganem istotnie wpływał na średni plon owoców III klasy, przy czym odmiana nie różnicowała go. Z kolei plon owoców klasy IV był najmniejszy przy Mn-1,2 (średnio 0,90 kg z 1 rośliny), a największy przy Mn-0,3 (1,11 kg z 1 rośliny). Odmiana istotnie modyfikowała plon owoców tej klasy (dla poziomów Mn-0,3 i Mn-1,2). Na średni plon owoców klasy V poziom żywienia manganem nie wywierał istotnego wpływu; natomiast istotnie go różnicowała odmiana w przypadku Mn-0 i Mn-0,6. Istotnie mniejszy plon owoców klasy VI wydały rośliny odżywiane manganem w zakresie od Mn-0 do Mn-0,6, a większy przy Mn-1,2.

W badanym zakresie stężeń manganu w pożywce nie stwierdzono istotnych zmian udziału plonu handlowego w plonie ogólnym, który wynosił średnio 99,0-99,5% (tab. 1).

Biorąc pod uwagę uzyskiwany plon handlowy, należy stwierdzić, że zawartość manganu w pożywce wynosząca 1,2 mg·dm⁻³ jest nadmierna. Wpływa ona na istotne zmniejszenie obydwu badanych odmian. Jednocześnie na roślinach nie ma wizualnych objawów toksyczności wynikających z nadmiernego odżywienia manganem. Można przypuszczać, że zmniejszenie plonowania było następstwem pogorszenia efektywności fotosyntezy. Uzyskane wyniki potwierdzają badania SAVVASA i IN. (2009), którzy stwierdzili, że zarówno niedostateczne, jak i nadmierne stężenia manganu stosowane w żywieniu pomidora istotnie zmniejszają jego plonowanie. Podkreślić należy istotne różnice odmianowe dotyczące optymalizacji żywienia manganem. Dla odmiany ‘Alboney F₁’ optymalny zakres tego składnika w pożywce był szerszy (0,3-0,6 mg·dm⁻³) niż dla odmiany ‘Emotion F₁’ (0,6 mg·dm⁻³).

W eksperymencie II plonowanie pomidora, w przypadku obydwu badanych odmian, po zastosowaniu pożywki o zawartości 2,4 mg manganu na 1 dm³ było mniejsze niż po zastosowaniu dawki 1,2 mg·dm⁻³ w doświadczeniu I (tab. 2). Podobnie jak w eksperymencie I, w badanym zakresie stężeń manganu stwierdzono tendencję do wpływu tego składnika na strukturę plonów (klasy II-VI), a także istotne zmniejszenie się plonu handlowego. Odmiana istotnie różnicowała średnie plony handlowe pomidora (z wyjątkiem klasy III). Najmniejszy plon handlowy – u odmiany ‘Alboney F₁’ 4,44 kg z 1 rośliny, a u odmiany ‘Emotion F₁’ 2,80 kg z 1 rośliny – uzyskano po zastosowaniu do fertygacji pożywki o największej zawartości manganu. Nie wykazano istotnych zmian udziału plonu handlowego w plonie ogólnym.

Pomimo uzyskania wyraźnie mniejszego plonu handlowego (o 12% u ‘Alboney F₁’ i o 14,2% u ‘Emotion F₁’) po fertygacji pożywką zawierającą 2,4 mg Mn w 1 dm³ w stosunku do zawartości optymalnych (dla ‘Alboney F₁’ 0,3-0,6 mg·dm⁻³, dla ‘Emotion F₁’ 0,6 mg·dm⁻³), na roślinach nie stwierdzono objawów toksyczności. Potwierdza to tezę o stosunkowo dużej tolerancji pomidora na stres manganawy (FOY 1973, SAVVAS i IN. 2009). Jednakże SAVVAS i IN. (2009) stwierdzili istotną poprawę plonowania pomidora rosnącego na własnych korzeniach przy nawożeniu manganem w ilości 5,5 mg·dm³, przy równoczesnym istotnym zmniejszeniu plonowania roślin szczeplonych na podkładce.

Kleiber T., 2014. Wpływ manganu na plonowanie pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) uprawianego w węglinie mineralnej. Nauka Przyr. Technol. 8, 2, #14.

Tabela 2. Wpływ pożywki o zawartości manganu w zakresie od 2,4 do 19,2 mg·dm⁻³ na plonowanie 1 rośliny pomidora (2012 rok) (kg)

Table 2. Influence of nutrient solution with manganese content in range from 2.4 to 19.2 mg·dm⁻³ on yielding of 1 tomato plant (2012) (kg)

Odmiana Variety	Poziom Mn – Mn-level				
	Mn-2,4	Mn-4,8	Mn-9,6	Mn-19,2	średnia mean
1	2	3	4	5	6
I klasa – I class					
‘Alboney F ₁ ’	0,37 bc	0,63 c	0,62 c	0,55 c	0,54 B
‘Emotion F ₁ ’	0,19 ab	0,09 a	0,08 a	0,05 a	0,10 A
Średnia Mean	0,28 A	0,36 A	0,35 A	0,30 A	
II klasa – II class					
‘Alboney F ₁ ’	1,89 cd	2,06 d	1,95 d	1,67 bcd	1,89 B
‘Emotion F ₁ ’	1,94 d	1,50 bc	1,36 b	0,82 a	1,40 A
Średnia Mean	1,91 B	1,78 B	1,66 B	1,24 A	
III klasa – III class					
‘Alboney F ₁ ’	2,29 c	2,07 bc	1,79 bc	1,60 ab	1,94 A
‘Emotion F ₁ ’	2,16 bc	2,09 bc	1,62 ab	1,16 a	1,75 A
Średnia Mean	2,22 B	2,08 B	1,71 A	1,38 A	
IV klasa – IV class					
‘Alboney F ₁ ’	1,00 e	0,69 bc	0,53 ab	0,46 a	0,67 A
‘Emotion F ₁ ’	0,86 de	0,90 de	0,77 cd	0,66 bc	0,80 B
Średnia Mean	0,93 C	0,79 B	0,65 A	0,56 A	
V klasa – V class					
‘Alboney F ₁ ’	0,23 cd	0,07 a	0,16 abc	0,17 bc	0,16 A
‘Emotion F ₁ ’	0,28 d	0,26 d	0,21 cd	0,12 ab	0,22 B
Średnia Mean	0,25 B	0,17 A	0,18 A	0,14 A	
VI klasa – VI class					
‘Alboney F ₁ ’	0,02 ab	0,01 a	0,07 c	0,01 a	0,03 A
‘Emotion F ₁ ’	0,06 bc	0,13 d	0,01 a	0,03 ab	0,06 B
Średnia Mean	0,04 AB	0,07 B	0,04 AB	0,02 A	

Tabela 2 – cd. / Table 2 – cont.

1	2	3	4	5	6
Plon handlowy – Marketable yield					
‘Alboney F ₁ ’	5,77 e	5,51 de	5,04 cde	4,44 bc	5,19 B
‘Emotion F ₁ ’	5,42 de	4,83 cd	4,04 b	2,80 a	4,27 A
Średnia Mean	5,59 C	5,17 C	4,54 B	3,62 A	
Udział plonu handlowego w plonie ogólnym (%) Contribution of marketable yield in total yield (%)					
‘Alboney F ₁ ’	99,7	100,0	98,4	99,8	99,4
‘Emotion F ₁ ’	98,9	97,4	99,5	99,3	98,6
Średnia Mean	99,3	98,7	98,9	99,5	

Objaśnienia – jak pod tabelą 1.

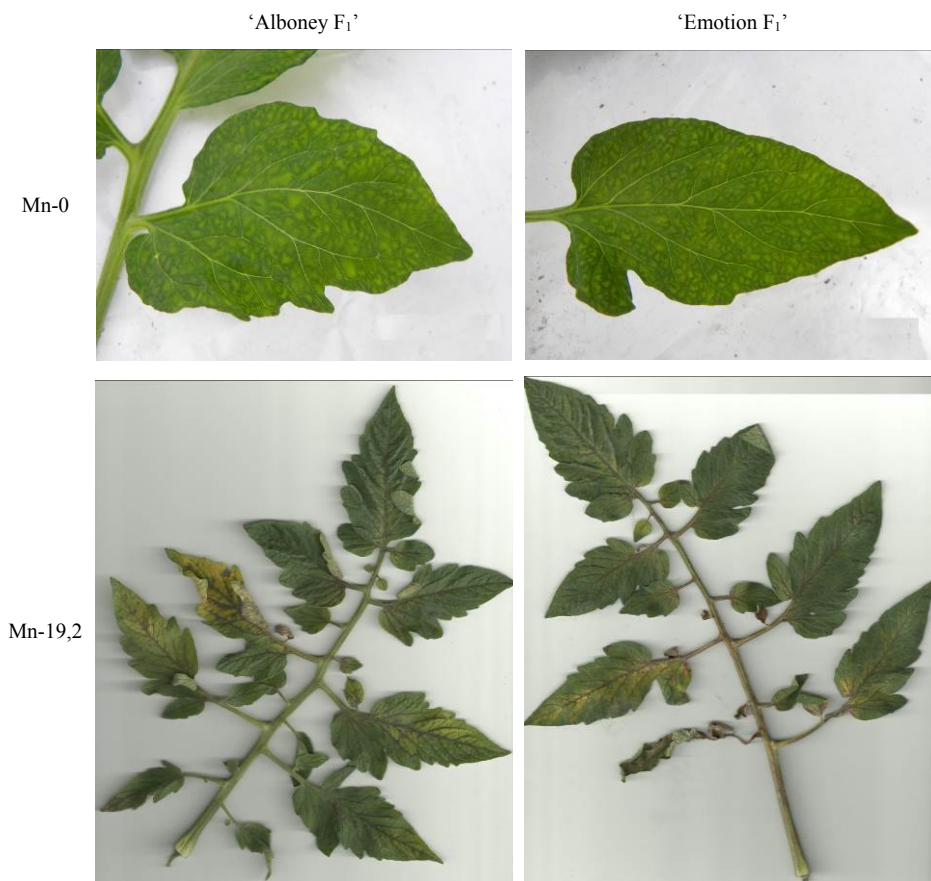
Explanations – as under Table 1.

Objawy niedoboru/nadmiaru składnika

Mangan jest pobierany w postaci jonu Mn⁺², a następnie szybko transportowany do części nadziemnych roślin, dlatego objawy niedoboru bądź nadmiaru tego składnika w pierwszej kolejności są tam właśnie widoczne (MARSCHNER 1988). Wizualne objawy toksyczności manganu mają postać brązowych plam na powierzchni starszych liści, chloroz, nekroz, wysuszenia i defoliacji liści oraz brązowienia korzeni (FOY i IN. 1978, HORST i MARSCHNER 1978, HORST 1988). Prawdopodobnie kolor plam pochodzi od utlenionych związków polifenolowych (HORST 1988, MARSCHNER 1988, 1998). Objawy toksyczności prowadzą do zmniejszenia intensywności fotosyntezy, a w konsekwencji do istotnego zmniejszenia plonowania roślin (HORST 1988, MARSCHNER 1998, BADORA 1999, BADORA i IN. 2000, KITAO i IN. 2001, REICHMAN i IN. 2001). W prezentowanym doświadczeniu w przypadku kombinacji kontrolnej (Mn-0) obserwowano występowanie objawów niedoboru manganu na liściach po 3 tygodniach od posadzenia roślin na miejsce stałe (rys. 1). Objawom niedoborów towarzyszyło istotne zmniejszenie plonu handlowego w stosunku do plonu uzyskiwanego przy stężeniach optymalnych dla badanych odmian.

Z kolei w zakresie zawartości manganu od Mn-0,3 do Mn-2,4 nie obserwowano wizualnych objawów nadmiaru lub toksyczności tego składnika. Najwcześniej objawy zatrucia roślin manganem zaobserwowano po półtoramiesięcznej ekspozycji roślin na działanie pożywki o zawartości manganu wynoszącej 19,2 mg·dm⁻³ (rys. 1).

Toksyczne stężenia tego składnika w pierwszej kolejności przyczyniały się do brązowania nerwów głównych i bocznych w listkach liścia złożonego. Kolejnym objawem były nekrozy liści złożonych oraz wierzchołka roślin i zamieranie kwiatostanów. W przypadku Mn-9,6 objawy toksyczności na liściach pojawiły się po dwupółmiesięcznej ekspozycji na działanie pożywki. Początkowe objawy zatrucia roślin manganem przy stosowaniu Mn-4,8 stwierdzono po 3 miesiącach. Pomidor wykazuje ponadto



Rys. 1. Objawy niedoboru (przy Mn-0) i toksyczności (przy Mn-19,2) manganu na liściach pomidora

Fig. 1. Manganese deficiency (at Mn-0) and toxicity (at Mn-19,2) symptoms on tomato leaves

bardzo dużą tolerancję w stosunku do chlorków (NURZYŃSKI i MICHAŁOJĆ 1998), siarki siarczanowej (KOWALSKA 2004), a także sumy składników pokarmowych i balastowych (BRĘŚ i RUPRIK 2007) czy też pH pożywek (CHOHURA i IN. 2004).

W prezentowanym doświadczeniu, pomimo nekroz występujących na liściach, nie obserwowano wizualnych symptomów toksyczności manganu na owocach pomidora. LE BOT i IN. (1990) wskazują na istotną rolę magnezu jako jonu wpływającego na wzrost tolerancji roślin na duże stężenia manganu w pożywce: magnez zmniejsza pobieranie manganu. Według tych autorów dobrym indykatorem toksyczności manganu jest relacja Mg:Mn. Innym jonem wywierającym łagodzący wpływ na toksyczne działanie manganu jest krzem (HORST i MARSCHNER 1978). Dotychczas prowadzono badania nad zastosowaniem krzemu jako jonu łagodzącego stres manganowy w przypadku fasoli (HORST i MARSCHNER 1978), jęczmienia (HORIGUCHI i MORITA 1987), ogórka (ROGAL-

LA i RÖMHELD 2002, DRAGIŠIĆ MAKSIMOVIC i IN. 2007), ryżu (HORIGUCHI 1988, ZANÃO JR i IN. 2010), wspięgi wężowatej (IWASAKI i IN. 2002, FÜHRS i IN. 2009). Krzem wpływa na zwiększenie tolerancji roślin na mangan, a nie na zmniejszenie jego pobierania.

Wnioski

1. Istotnie największy plon handlowy owoców odmiany ‘Alboney F₁’ uzyskano po zastosowaniu pożywki o zawartości manganu 0,3-0,6 mg·dm⁻³, a odmiany ‘Emotion F₁’ – po zastosowaniu pożywki o zawartości manganu 0,6 mg·dm⁻³.

2. Po zastosowaniu pożywki o zawartości manganu 1,2 mg·dm⁻³ stwierdzono istotne zmniejszenie plonu handlowego obydwu badanych odmian – jednocześnie na roślinach nie obserwowano objawów toksyczności wynikających z ich nadmiernego odżywiania manganem.

3. Wykazano istotny wpływ manganu na strukturę uzyskiwanych plonów.

4. Objawy szkodliwości nadmiernych/toksycznych stężeń manganu na roślinach były obserwowane po wielotygodniowej ich ekspozycji na działanie pożywek o dużej zawartości manganu. Najmniejsze stężenie manganu, przy którym zaobserwowano wizualne objawy jego toksyczności, wynosiło 4,8 mg·dm⁻³.

5. Pomidora można zaliczyć do roślin stosunkowo tolerancyjnych na duże stężenia manganu.

Literatura

- ADAMICKI F., DYŠKO J., NAWROCKA B., ŚLUSARSKI C., WYSOCKA-OWCZAREK M., 2005. Metodyka integrowanej produkcji pomidorów pod osłonami. PIORiN, Warszawa.
- BADORA A., 1999. Mobilne formy wybranych metali w glebach oraz niektóre aspekty ich immobilizacji. Rozpr. Nauk. AR Lubl. 225.
- BADORA A., FILIPEK T., GREŃDA A., 2000. Wpływ mobilnych form Al i Mn na plon i niektóre stosunki pomiędzy pierwiastkami w dwóch odmianach pszenicy jarej. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 472: 73-81.
- BREŚ W., GOLCZ A., KOMOSA A., KOZIK E., 2012. Żywnienie roślin ogrodnich. Podstawy i perspektywy. PWRiL, Poznań.
- BREŚ W., KLEIBER T., TRELKA T., 2010. Quality of water used for drip irrigation and fertigation of horticultural plants. Folia Hort. 22, 2: 67-74.
- BREŚ W., RUPRIK B., 2007. Uprawa drobnoowocowych odmian pomidora szklarniowego we włóknie kokosowym przy zróżnicowanym nawożeniu azotem i potasem. Część III. Akumulacja składników w podłożu. Acta Agrophys. 9, 2: 285-296.
- CHOHURA P., 2000. Zawartość składników pokarmowych w strefie korzeniowej, stan odżywiania i plonowanie pomidora szklarniowego w podłożach inertnych. Maszynopis. Kat. Ogrodnictwa AR, Wrocław.
- CHOHURA P., KOMOSA A., KOŁOTA E., 2004. Wpływ pH pożywek na dynamikę zawartości makroelementów w liściach pomidora szklarniowego uprawianego w węglinie mineralnej. Rocz. AR Pozn. 356, Ogrodn. 37: 29-35.
- DRAGIŠIĆ MAKSIMOVIC J., BOGDANOVIC J., MAKSIMOVIC V., NIKOLIC M., 2007. Silicon modulates the metabolism and utilization of phenolic compounds in cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown at excess manganese. J. Plant Nutr. Soil Sci. 170: 739-744.

Kleiber T., 2014. Wpływ manganu na plonowanie pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) uprawianego w warzywni mineralnej. *Nauka Przyr. Technol.* 8, 2, #14.

- DUCIC T., POLLE A., 2005. Transport and detoxification of manganese and copper in plants. *Braz. J. Plant Physiol.* 17: 103-112.
- FLOOD D., 1996. Irrigation water quality for British Columbia greenhouses. Floriculture Factsheet, April, file no. 400-06. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, British Columbia. Abbotsford Agriculture Centre, Abbotsford, BC.
- FOY C.D., 1973. Manganese and plants. Monograph of manganese. National Academy of Science, National Research Council, Washington DC.
- FOY C.D., CHANEY R.F., WHITE M.C., 1978. The physiology of metal toxicity in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* 29: 511-567.
- FÜHRS H., GÖTZE S., SPECHT A., ERBAN A., GALLIEN S., HEINTZ D., VAN DORSSELAER A., KOPKA J., BRAUN H.-P., HORST W.J., 2009. Characterization of leaf apoplastic peroxidases and metabolites in *Vigna unguiculata* in response to toxic manganese supply and silicon. *J. Exp. Bot.* 60, 6: 1663-1678.
- GALVEZ L., CLARK R.B., GOURLEY L.M., MARANVILLE J.W., 1989. Effects of silicon on mineral composition of sorghum grown with excess manganese. *J. Plant Nutr.* 12, 5: 547-561.
- GÓRSKI J., 1981. Kształtowanie się jakości wód podziemnych utworów czwartorzędowych w warunkach naturalnych oraz wymuszonych eksploatacją. IKŚ, Warszawa.
- HALLMAN E., KOBRYŃ J., 2002. Wpływ rodzaju podłoża na plonowanie pomidora drobnoowocowego (*Lycopersicon esculentum* var. *cerasiforme*) w uprawie szklarniowej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 485: 117-124.
- HORIGUCHI T., 1988. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants IV. Effects of silicon on alleviation of manganese toxicity of rice plants. *Soil Sci. Plant Nutr.* 34, 1: 65-73.
- HORIGUCHI T., MORITA S., 1987. Mechanism of manganese toxicity and tolerance of plants VI. Effect of silicon on alleviation of manganese toxicity of barley. *J. Plant Nutr.* 10, 17: 2299-2310.
- HORST W.J., 1988. The physiology of manganese toxicity. W: *Manganese in soils and plants*. Red. R.D. Graham, R.J. Hannam, E.C. Uren. Kluwer, Dordrecht: 175-188.
- HORST W.J., MARSCHNER H., 1978. Effect of silicon on manganese tolerance of bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.). *Plant Soil* 50: 287-303.
- HUMPHRIES J.M., STANGOULIS J.C.R., GRAHAM R.D., 2007. Manganese. W: *Handbook of plant nutrition*. Red. A.V. Barker, D.J. Pilbeam. Taylor & Francis, Boca Raton, FL: 351-374.
- IWASAKI K., MAIER P., FECHT M., HORST W.J., 2002. Effects of silicon supply on apoplastic manganese concentrations in leaves and their relation to manganese tolerance in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). *Plant Soil* 238: 281-288.
- JAROSZ Z., DZIDA K., 2005. Wpływ podłoża inertnych na plonowanie i skład chemiczny owoców pomidora uprawianego w szklarni. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska Sect. EEE* 15: 59-64.
- JAROSZ Z., HORODKO K., 2004. Plonowanie i skład chemiczny pomidora szklarniowego uprawianego w podłożach inertnych. *Rocz. AR Pozn.* 356, *Ogrodn.* 37: 81-86.
- KAZDA M., ZNACEK L., 1989. Aluminum and manganese and their relation to calcium in soil solution and needle in three Norway spruce (*Picea abies* L. Karst.) stands of Upper Australia. *Plant Soil* 114: 257-267.
- KITAO M., LEI T.T., NAKAMURA T., KOIKE T., 2001. Manganese toxicity as indicated by visible symptoms of Japanese white birch (*Betula platyphylla* var. *japonica*). *Environ. Pollut.* 111: 89-94.
- KOWALCZYK W., DYŚKO J., FELCZYŃSKA A., 2010. Ocena stopnia zanieczyszczenia składnikami nawozowymi wody z ujęć głębinowych na terenach o skoncentrowanej produkcji szklarniowej. *Now. Warzywn.* 51: 29-34. [http://www.inhort.pl/files/nawosci_warzywnicze/2010/tom_51/nw51_3.pdf].
- KOWALSKA I., 2004. Wpływ zróżnicowanego poziomu siarczanów w pożywce i rodzaju podłoża na plonowanie, stan odżywienia i jakość owoców pomidora uprawianego w systemie CKP. *Acta Sci. Pol. Hortor. Cult.* 3, 1: 153-164.

- LE BOT J., GOSS M.J., CARVALHO G.P.R., VAN BEUSICHEM M.L., KIRBY E.A., 1990. The significance of the magnesium to manganese ratio in plant tissues for growth and alleviation of manganese toxicity in tomato (*Lycopersicon esculentum*) and wheat (*Triticum sativum*) plants. *Plant Soil* 124: 205-210.
- LIDON F.C., BARREIRO M.G., RAMALHO J.C., 2004. Manganese accumulation in rice: implications for photosynthetic functioning. *J. Plant Physiol.* 161, 11: 1235-1244.
- MARSCHNER H., 1988. Mechanism of manganese acquisition by roots from soils. W: *Manganese in soils and plants*. Red. R.D. Graham, R.J. Hannam, E.C. Uren. Kluwer, Dordrecht: 191-204.
- MARSCHNER H., 1998. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, Harcourt Brace, London.
- NURZYŃSKI J., 2002. Plonowanie i skład chemiczny pomidora uprawianego w podłożu z wełny mineralnej oraz słomy. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 485: 257-262.
- NURZYŃSKI J., 2003. *Nawożenie roślin ogrodnich*. Wyd. AR, Lublin.
- NURZYŃSKI J., MICHAŁOJCZAK Z., 1998. Plonowanie pomidora uprawianego na wełnie mineralnej w zależności od nawożenia potasowego. *Zesz. Nauk. AR Krak.* 333, Ogrodn. 57: 235-239.
- PAWLIŃSKA A., KOMOSA A., 2002. Plonowanie i stan odżywienia pomidora szklarniowego odmiany Recento F₁ uprawianego w podłożach organicznych i inertnych. *Rocz. AR Pozn.* 341, Ogrodn. 35: 125-131.
- PIRÓG J., 1999. Wpływ podłoża organicznych i mineralnych na wysokość plonu i jakość owoców pomidora szklarniowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.* 466: 471-491.
- REICHMAN M.S., MENZIES W.N., ASHER J.C., MULLIGAN M.D., 2001. The response of *Eucalyptus camaldulensis* to elevated concentrations of Mn. W: *Development in plant and soil sciences*. Red. W.J. Horst i in. Kluwer, Dordrecht: 466-467.
- ROGALLA H., RÖMHELD V., 2002. Role of leaf apoplast in silicon-mediated manganese tolerance of *Cucumis sativus* L. *Plant Cell Environ.* 25: 549-555.
- ROZPORZĄDZENIE Komisji (WE) nr 771/2009 z dnia 25 sierpnia 2009 r. zmieniające rozporządzenie (WE) nr 1580/2007 w zakresie norm handlowych dotyczących sektora owoców i warzyw. 2009. *Dz. Urz. UE L* 223: 3-19.
- SAVVAS D., PAPASTAVROU D., NTATSI G., ROPOKIS A., OLYMPIOS C., 2009. Interactive effects of grafting and manganese supply on growth, yield, and nutrient uptake by tomato. *HortScience* 44, 7: 1978-1982.
- SAWINIAK W., 1990. Badania nad zastosowaniem wodorotlenku żelazowego do usuwania dużych ilości żelaza i manganu z wód podziemnych. *Zesz. Nauk. P. Śl.* 1053, Inż. Środ. 34.
- SHENKER M., PLESSNER O.E., TEL-OR E., 2004. Manganese nutrition effects on tomato growth, chlorophyll concentration, and superoxide dismutase activity. *J. Plant Physiol.* 161, 2: 197-202.
- SONNEVELD C., VOOGT W., 2009. *Plant nutrition of greenhouse crops*. Springer, Dordrecht.
- SYTUACJA gospodarstw domowych w 2011 r. w świetle wyników badania budżetów gospodarstw domowych. 2012. GUS, Warszawa. [http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/WZ_budżety_gospodarstw_domowych_w_2011.pdf].
- SZNAJDER M., MOSKALIK B., WIELICKA A., 2003. Wpływ wieku na zwyczaje konsumentów w zakresie spożycia owoców i warzyw. *Rocz. Nauk. SERiA* 7, 3: 173-178.
- TOKARSKA M., 2010. Rynek owoców i warzyw w Polsce. W: *Uczelnia dla gospodarki – gospodarka dla uczelni*. T. 2. Red. M. Ruda. PWSzZ, Krosno: 41-50.
- WYSOCKA-OWCZAREK M., 2001. Zaburzenia wzrostu i rozwoju pomidora. *Plantpress*, Kraków.
- ZANÃO L.A. JR, FERREIRA FONTES R.L., LIMA NEVES J.C., KORNDÖRFER G.H., TAVARES DE ÁVILA V., 2010. Rice grown in nutrient solution with doses of manganese and silicon. *Rev. Bras. Ciênc. Solo* 34, 5: 1629-1639.

INFLUENCE OF MANGANESE ON YIELDING OF TOMATO (*LYCOPERSICON ESCULENTUM* MILL.) CULTIVATED IN ROCKWOOL

Summary. The aim of the conducted studies was to determine the effect of different concentrations of manganese in nutrient solution on yielding of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cvs. 'Alboney F₁' and 'Emotion F₁' for optimization of the nutrition (experiment I) and to determine the threshold of tolerance of plants on the mentioned nutrient (experiment II). Plants were grown in rockwool using a nutrient solution with the differentiated contents of manganese ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): experiment I, 2008-2011 – control (0.06), 0.3, 0.6, 1.2 (described as Mn-0, Mn-0.3, Mn-0.6, Mn-1.2), experiment II, 2012 – 2.4, 4.8, 9.6, 19.2 (described as Mn-2.4, Mn-4.8, Mn-9.6, Mn-19.2). For plant fertigation was used standard nutrient solution with the following chemical composition ($\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$): 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 value was 5.50, and EC – 3.00 $\text{mS}\cdot\text{cm}^{-1}$. The earliest symptoms of manganese poisoning plants were observed in case of Mn-19.2 – a month and a half after the beginning of the cultivation, and in the case of Mn-9.6 – after 2.5 months of exposure to the nutrient solution. Initial signs of plants poisoning applying manganese Mn-4.8 were observed after a 3-month use of the nutrient solution. To the level of Mn-1.2 there was a significant effect of manganese on the tomatoes yield of class I, III, IV and VI. The variety affected the average yield of class I and V, only. The highest marketable fruit yield of 'Alboney F₁' was obtained using nutrient solutions with manganese content of 0.3 and 0.6 $\text{mg}\cdot\text{dm}^{-3}$. In the case of 'Emotion F₁' the yield by using Mn-0 and Mn-0.3 was significantly lower than in the case of Mn-0.6. In the application of the nutrient solution containing 1.2 mg Mn per 1 dm^3 significant reducing of yielding was found while the plants were not observed for symptoms resulting from excessive manganese nutrition. In range of excessive and toxic concentrations (Mn 2.4–Mn-19.2) manganese significantly influenced the yield of II-VI classes, while variety – of the I, III, IV-VI classes.

Key words: hydroponic concentration, yielding, toxicity

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Tomasz Kleiber, Katedra Żywności Roslin, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, ul. Zgorzelecka 4, 60-198 Poznań, Poland, e-mail: tkleiber@up.poznan.pl

Zaakceptowano do opublikowania – Accepted for publication:

30.01.2014

Do cytowania – For citation:

Kleiber T., 2014. Wpływ manganu na plonowanie pomidora (*Lycopersicon esculentum* Mill.) uprawianego w wełnie mineralnej. *Nauka Przyr. Technol.* 8, 2, #14.