

BARTOSZ MARKIEWICZ, TOMASZ KLEIBER

Katedra Żywnienia Roślin
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

WPLYW STOSOWANIA TYTANITU NA SKŁAD CHEMICZNY STREFY KORZENIOWEJ POMIDORA UPRAWIANEGO W WĘLNIE MINERALNEJ

INFLUENCE OF TYTANIT APPLICATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION
OF ROOT ZONE OF TOMATO GROWING IN ROCKWOOL

Streszczenie. Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu stosowania fertygacji tytanem na zmiany składu chemicznego pokarmowych składników strefy korzeniowej pomidora uprawianego w wełnie mineralnej (kontrola – bez stosowania Tytanitu, Ti-I – dawka roczna Tytanitu 2,01 mg na roślinę, Ti-II – 6,04 mg na roślinę, Ti-III – 12,08 mg na roślinę, Ti-IV – 24,16 mg na roślinę). Oznaczone zmiany zawartości składników pokarmowych, zasolenia i pH w strefie korzeniowej roślin były typowe dla uprawy tego gatunku. Nie wykazano generalnie istotnego wpływu tytanu na skład chemiczny standardowej pożywki stosowanej do fertygacji pomidora. Z badań wynika, że stosując fertygację pomidora pożywką z dodatkiem tytanu nie ma konieczności ingerowania w skład chemiczny standardowych pożywek stosowanych do uprawy pomidora w wełnie mineralnej.

Słowa kluczowe: pomidor, tytan, pożywka, środowisko korzeniowe

Wstęp

W badaniach nad optymalizacją żywienia roślin poszukuje się składników pozytywnie oddziałujących na ich wzrost i plonowanie. Wśród badanych składników śladowych mających cechę biostymulatorów jest tytan (MICHALSKI 2008, KLEIBER i MARKIEWICZ 2013). Nawozem oferowanym na rynku zawierającym ten składnik jest Tytanit (0,8% Ti; Intermag Olkusz). MICHALSKI (2008, za Pais'm 1983) oraz BORKOWSKI i IN. (2006) podają, że składnik ten korzystnie oddziałuje na wzrost aktywności jonów żelaza, zwiększenie wigoru ziaren pyłku i wzrost tempa pobierania składników pokarmowych, a także na poprawę zdrowotności roślin. Szereg dotychczasowych badań potwierdził

pozytywny wpływ tytanu aplikowanego w formie opryskiwania roślin na różne parametry ich wzrostu i rozwoju, dotyczy to różnych gatunków roślin, zarówno sadowniczych czy warzywnych, jak i ozdobnych (MARTINEZ SANCHEZ i IN. 1993, WÓJCIK i WÓJCIK 2001, JANAS i IN. 2002, WÓJCIK 2002, ALCARAZ-LOPEZ i IN. 2003, 2004, SERRANO i IN. 2004, BORKOWSKI i IN. 2006, DOBROMILSKA 2007, SKUPIEŃ i OSZMIĄŃSKI 2007 a, 2007 b, MALINOWSKA i KALEMBASA 2012). Wcześniejsza praca KLEIBERA i MARKIEWICZA (2013) dokumentuje istotny wpływ stosowania fertygacji tytanem na zwiększenie plonowania pomidora uprawianego w wełnie mineralnej – przy jednoczesnym istotnym wpływie na odżywienie roślin azotem, fosforem, wapniem i magnezem.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu dokorzeniowego aplikowania tytanu w formie fertygacji na zmiany chemizmu strefy korzeniowej pomidora uprawianego w wełnie mineralnej pod kątem zastosowania tytanu w intensywniej uprawie pomidora w tym podłożu.

Material i metody

Doświadczenia wegetacyjne nad wpływem fertygacji pomidora pożywką z dodatkiem tytanu przeprowadzono w latach 2010-2011. Badano wpływ fertygacji tym składnikiem na chemizm pożywek środowiska korzeniowego w stosunku do pożywki standardowej aplikowanej roślinom. Doświadczenia przeprowadzono w specjalistycznych szklarniach wyposażonych w nowoczesny system kontroli klimatu. Parametry klimatyczne (temperatura, zawartość CO₂, % RH) rejestrowano za pomocą programu Synopta. Obiekt szklarniowy był wyposażony w nowoczesny i sterowany komputerowo system fertygacji oraz kurtyny energooszczędne. Rośliny rosły w zagęszczeniu standardowym (2,7 rośliny na 1 m²). Wszystkie zabiegi agrotechniczne wykonywano zgodnie z zaleceniami dla uprawy pomidora (ADAMICKI i IN. 2005).

Badano następujące poziomy dokorzeniowego aplikowania tytanu: kontrola (bez stosowania tytanu), Ti-I (dawka roczna tytanu 2,01 mg na roślinę), Ti-II (6,04 mg na roślinę), Ti-III (12,08 mg na roślinę), Ti-IV (24,16 mg na roślinę). Źródłem tytanu był nawóz Tytanit (Intermag Olkusz). Szczegółową metodykę badań podaje wcześniejsza praca autorów (KLEIBER i MARKIEWICZ 2013). Doświadczenie przeprowadzono na pomidorze odmiany ISI 68249. Rośliny uprawiano w standardowej wełnie mineralnej (gęstość 60 kg·m⁻³, maty o wymiarach 100 × 15 × 7,5 cm). Doświadczenie przeprowadzono w sześciu powtórzeniach po dwie rośliny w każdym, w układzie losowym.

W doświadczeniu stosowano pożywkę o następującym składzie chemicznym (mg·dm⁻³): N-NH₄ – 2,0, N-NO₃ – 225,0, P-PO₄ – 50, K – 445, Ca – 150, Mg – 60, S-SO₄ – 115, Fe – 4,7, Mn – 0,3, Zn – 1,648, B – 0,40, Cu – 0,05, Mo – 0,08. Wartość pH wynosiła 5,50, a EC – 3,00 mS·cm⁻¹. Dawka pożywki oraz częstotliwość jej aplikowania zależały od fazy rozwojowej roślin oraz warunków pogodowych.

Próby pożywek z kroplowników (próby nr 1) oraz mat wełny mineralnej reprezentujących strefę korzeniową roślin (próby nr 2) pobierano o stałej porze dnia. Próby nr 1 pobierano bezpośrednio z kroplowników, natomiast próby nr 2 – za pomocą strzykawki lekarskiej, w połowie odległości między roślinami, w środkowej osi maty, wbijając igłę strzykawki do połowy miąższości. Próby pobierano w następujących terminach: 15.06, 15.07, 15.08. Analizę chemiczną pożywek wykonano bezpośrednio w badanych roztwo-

rach (bez ich stabilizacji) następującymi metodami: N-NH₄ i N-NO₃ – destylacyjnie według Bremnera w modyfikacji Starcka; P – kolorymetrycznie z wanadomolibdenianem amonu; K, Ca, Na – metodą fotometrii płomieniowej; Cl – nefelometrycznie z AgNO₃; S-SO₄ – nefelometrycznie z BaCl₂; B – kolorymetrycznie z kurkumina; Mg, Fe, Mn, Zn, Cu – metodą absorpcyjnej spektrometrii atomowej (ASA, na aparacie Carl Zeiss Jena); EC – konduktometrycznie; pH zbadano potencjometrycznie. Wyniki analiz chemicznych poddano analizie statystycznej testem Duncana przy $\alpha = 0,05$. W przypadku pH logarytmy zamieniono na wartości liczbowe, po czym wykonano analizę statystyczną testem Duncana, wnioskując przy $\alpha = 0,05$, a ostateczne wartości zmieniono na zapis logarytmiczny (pH).

Wyniki i dyskusja

Zawartość makroskładników

W przeprowadzonych badaniach nie stwierdzono istotnego wpływu stosowania tytanu na zawartość makroskładników w strefie korzeniowej roślin w odniesieniu do kombinacji kontrolnej (z wyjątkiem potasu i magnezu dla Ti-I) (tab. 1). Oznaczone zmiany zawartości makroskładników były typowe dla zachodzących w strefie korzeniowej pomidora uprawianego w welnie mineralnej. Stwierdzono istotny wzrost zawartości azotu azotanowego, wapnia i magnezu w pożywkach środowiska korzeniowego w porównaniu z pożywką aplikowaną roślinom, przy równoczesnej tendencji do zmniejszenia zawartości fosforu. Oznaczone zmiany zawartości siarki siarczanowej były nieistotne.

Zawartości azotu amonowego w welnie mineralnej kształtowały się w zakresie od 0,8 do 1,8 mg·dm⁻³ (odpowiednio dla Ti-I i Ti-III), a azotu azotanowego – od 297,5 mg·dm⁻³ w kombinacji kontrolnej do 318 mg·dm⁻³ w przypadku Ti-IV (tab. 1). Średnie zawartości fosforu w środowisku korzeniowym pomidora wynosiły od 48,1 mg·dm⁻³ do 52,2 mg·dm⁻³ (dla Ti-I i Ti-III), potasu było od 370,1 mg·dm⁻³ do 391,0 mg·dm⁻³, a wapnia – od 164,8 mg·dm⁻³ do 190,9 mg·dm⁻³ (w obydwu przypadkach odpowiednio dla Ti-I i kombinacji kontrolnej). Zawartości magnezu w pożywkach pobranych z mat uprawowych wynosiły od 64,5 do 69,3 mg·dm⁻³ (dla Ti-I i Ti-III), a siarki siarczanowej (S-SO₄) – od 129,0 do 129,5 mg·dm⁻³.

Zbliżone do oznaczonych w badaniach autorów zawartości azotu amonowego w środowisku korzeniowym pomidora uprawianego w welnie mineralnej oznaczyli KOMOSA i IN. (2010). Inni autorzy (KOMOSA i IN. 2009, JAROSZ i IN. 2011) podają, że w uprawie pomidora w welnie mineralnej zawartość azotu amonowego w matach uprawowych wzrasta. Zażyczenie azotu azotanowego w środowisku korzeniowym pomidora uprawianego w welnie mineralnej jest zjawiskiem typowym dla tego typu uprawy (KOMOSA i IN. 2009, JAROSZ i IN. 2011).

Podobny trend spadkowy zawartości fosforu w strefie korzeniowej pomidora oznaczyli KOMOSA i IN. (2009) – jednak wzrostowy trend podają JAROSZ i IN. (2011). Zawartości potasu oznaczone w badaniach własnych są wyraźnie mniejsze od przytaczanych przez KOMOSĘ i IN. (2010). Ci sami autorzy we wcześniejszych badaniach (KOMOSA i IN. 2009), a także JAROSZ i IN. (2011) w uprawie pomidora w welnie mineralnej

Tabela 1. Wpływ fertygacji pożywką z dodatkiem tytanu na zawartość makroskładników w środowisku korzeniowym roślin ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)Table 1. Influence of nutrient solution fertigation with titanium addition on the macroelements content in plants' root zone ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)

Miejsce pobierania próby Sampling place	Poziom Ti – Ti-level					
	kontrola control	Ti-I	Ti-II	Ti-III	Ti-IV	średnia mean
N-NH ₄						
Kroplownik – Dripper	1,8 b	1,8 b	1,8 b	1,8 b	1,8 b	1,8 b
Wełna mineralna – Rockwool	1,3 ab	0,8 a	1,6 b	1,8 b	1,6 b	1,4 a
Średnia – Mean	1,6 b	1,3 a	1,7 b	1,8 b	1,7 b	
N-NO ₃						
Kroplownik – Dripper	228,5 a	228,5 a	228,5 a	228,5 a	228,5 a	228,5 a
Wełna mineralna – Rockwool	297,5 b	310,0 bc	314,0 c	312,5 c	318,0 c	310,4 b
Średnia – Mean	263,0	269,3	271,3	270,5	273,3	
P-PO ₄						
Kroplownik – Dripper	56,3 c	56,3 c	56,3 c	56,3 c	56,3 c	56,3
Wełna mineralna – Rockwool	50,6 ab	48,1 a	51,0 ab	52,2 b	49,8 ab	50,3
Średnia – Mean	53,5	52,2	53,7	54,3	53,1	
K						
Kroplownik – Dripper	374,7 ab	374,7 ab	374,7 ab	374,7 ab	374,7 ab	374,7
Wełna mineralna – Rockwool	391,0 c	370,1 a	378,9 b	388,5 c	388,9 c	383,5
Średnia – Mean	382,9	372,4	376,8	381,6	381,8	
Ca						
Kroplownik – Dripper	110,3 a	110,3 a	110,3 a	110,3 a	110,3 a	110,3 a
Wełna mineralna – Rockwool	190,9 d	164,8 b	172,5 c	171,8 bc	172,6 c	174,5 b
Średnia – Mean	150,6 a	137,6 b	141,4 ab	141,1 ab	141,5 ab	
Mg						
Kroplownik – Dripper	60,8 a	60,8 a	60,8 a	60,8 a	60,8 a	60,8 a
Wełna mineralna – Rockwool	68,7 c	64,5 ab	65,8 bc	69,3 c	68,1 bc	67,3 b
Średnia – Mean	64,8	62,7	63,3	65,1	64,5	
S-SO ₄						
Kroplownik – Dripper	119,2	119,2	119,2	119,2	119,2	119,2
Wełna mineralna – Rockwool	129,0	129,5	129,0	129,1	129,5	129,2
Średnia – Mean	124,1	124,4	124,1	124,2	124,4	

Średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie.

Within rows the means marked with varied letters differ significantly.

stwierdzili istotny wzrost zawartości potasu w pożywkach środowiska korzeniowego. Zażęzanie potasu występuje także w uprawie pomidora w keramzycie i perlacie (JAROSZ i IN. 2011).

W badaniach własnych stwierdzono wzrost zawartości wapnia i magnezu (poza Ti-I) w pożywkach środowiska korzeniowego w porównaniu z pożywką aplikowaną roślinom. Jest to zjawisko typowe występujące w uprawie pomidora w wełnie mineralnej (KOMOSA i IN. 2009) oraz w keramzycie i perlacie (JAROSZ i IN. 2011). W przypadku siarki siarczanowej w strefie korzeniowej roślin oznaczono trend wzrostowy jej zawartości zbliżony do wartości podawanych przez KOMOSĘ i IN. (2009) oraz JAROSZA i IN. (2011).

Zawartość mikrośladników

Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania zawartości mikroelementów w pożywkach środowiska korzeniowego roślin związanego ze stosowaniem wzrastających stężeń tytanu (z wyjątkiem istotnego zmniejszenia zawartości miedzi w zakresie od Ti-I do Ti-III oraz wzrostu zawartości manganu dla Ti-IV) (tab. 2). W strefie korzeniowej roślin następowało silne uwstecznienie żelaza, manganu i miedzi, przy jednoczesnym istotnym wzroście zawartości cynku i chlorków. Średnia zawartość żelaza w pożywkach środowiska korzeniowego mieściła się w zakresie od $2,73 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ do $3,25 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (odpowiednio dla Ti-I i Ti-II), a manganu – od $0,09 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w kombinacji kontrolnej do $0,16 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w przypadku Ti-IV. Zawartości cynku były zbliżone i wynosiły od $0,43 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Ti-II) do $0,49 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Ti-III). Zastosowanie tytanu w dawce Ti-I spowodowało wyraźne zmniejszenie zawartości miedzi w pożywkach środowiska korzeniowego roślin (o $0,02 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$) w stosunku do kombinacji kontrolnej. Z kolei zawartość chlorków w matach uprawowych wynosiła od $45,4 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (Ti-IV) do $49,9 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ w kombinacji kontrolnej.

Tabela 2. Wpływ fertygacji pożywką z dodatkiem tytanu na zawartość mikrośladników i sodu w środowisku korzeniowym roślin oraz na ich EC i pH

Table 2. Influence of nutrient solution fertigation with titanium addition on the microelements and sodium content in plants' root zone and their EC and pH

Miejsce pobierania próby Sampling place	Poziom Ti – Ti-level					
	kontrola control	Ti-I	Ti-II	Ti-III	Ti-IV	średnia mean
1	2	3	4	5	6	7
Fe ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)						
Kroplownik – Dripper	3,44 b	3,44 b	3,44 b	3,44 b	3,44 b	3,44 b
Wełna mineralna – Rockwool	3,21 ab	2,73 a	3,25 ab	3,16 ab	3,17 ab	3,10 a
Średnia – Mean	3,33	3,08	3,35	3,30	3,31	
Mn ($\text{mg} \cdot \text{dm}^{-3}$)						
Kroplownik – Dripper	0,30 c	0,30 c	0,30 c	0,30 c	0,30 c	0,30 b
Wełna mineralna – Rockwool	0,09 a	0,10 a	0,11 a	0,10 a	0,16 b	0,11 a
Średnia – Mean	0,20	0,20	0,21	0,20	0,23	

Tabela 2 – cd. / Table 2 – cont.

1	2	3	4	5	6	7
Zn (mg·dm ⁻³)						
Kroplownik – Dripper	0,37 a	0,37 a	0,37 a	0,37 a	0,37 a	0,37 a
Wełna mineralna – Rockwool	0,45 bcd	0,44 bc	0,43 b	0,49 d	0,48 cd	0,46 b
Średnia – Mean	0,41	0,41	0,40	0,43	0,43	
Cu (mg·dm ⁻³)						
Kroplownik – Dripper	0,05 c	0,05 c	0,05 c	0,05 c	0,05 c	0,05 b
Wełna mineralna – Rockwool	0,05 c	0,03 a	0,04 ab	0,04 ab	0,05 bc	0,04 a
Średnia – Mean	0,05 b	0,04 a	0,05 b	0,05 b	0,05 b	
Na (mg·dm ⁻³)						
Kroplownik – Dripper	25,6 a	25,6 a	25,6 a	25,6 a	25,6 a	25,6 a
Wełna mineralna – Rockwool	42,0 c	35,9 b	38,3 b	37,8 b	36,9 b	38,2 b
Średnia – Mean	33,8	30,7	31,9	31,7	31,2	
Cl (mg·dm ⁻³)						
Kroplownik – Dripper	34,7 a	34,7 a	34,7 a	34,7 a	34,7 a	34,7 a
Wełna mineralna – Rockwool	49,9 d	48,2 cd	47,2 bc	49,5 d	45,4 b	48,0 b
Średnia – Mean	42,3	41,4	40,9	42,1	40,0	
EC (mS·cm ⁻¹)						
Kroplownik – Dripper	3,05 a	3,05 a	3,05 a	3,05 a	3,05 a	3,05 a
Wełna mineralna – Rockwool	3,60 b	3,65 b	3,61 b	3,58 b	3,54 b	3,60 b
Średnia – Mean	3,33	3,35	3,33	3,32	3,30	
pH						
Kroplownik – Dripper	5,46 a	5,46 a	5,46 a	5,46 a	5,46 a	5,46 a
Wełna mineralna – Rockwool	5,79 b	5,67 b	5,88 b	5,79 b	5,88 b	5,77 b
Średnia – Mean	5,57	5,52	5,60	5,57	5,60	

Średnie w rzędach oznaczone różnymi literami różnią się istotnie.
Within rows the means marked with varied letters differ significantly.

KOMOSA i IN. (2009, 2010), w przeciwieństwie do wyników naszych badań, stwierdzili istotne zanieżenie żelaza w strefie korzeniowej roślin. Ci sami autorzy (KOMOSA i IN. 2010) oznaczyli takie same tendencje zmian zawartości manganu, cynku i chloroków w pożywce pobranej z mat uprawowych w porównaniu z pożywką aplikowaną roślinom. Mangan jest składnikiem ulegającym uwstecznieniu (przejściu w formy trudno dostępne) w strefie korzeniowej roślin (KLEIBER 2012). Potwierdzają to wyniki przeprowadzonych badań własnych. Jednakże KOMOSA i IN. (2009) wskazują na brak

istotnych zmian zawartości tego mikroelementu w środowisku korzeniowym roślin. Oznaczony trend zmian zawartości cynku w pożywkach pobranych z mat uprawowych znajduje potwierdzenie w pracy KOMOSY i IN. (2009). Prace różnych autorów wskazują na różnice w zmianach zawartości miedzi w pożywkach środowiska korzeniowego pomidora. Składnik ten może podlegać istotnemu zateżeniu (KOMOSA i IN. 2010, KLEIBER 2012) lub zmiany mogą być nieistotne (KOMOSA i IN. 2009). CHOHURA (2000), odmiennie niż w przeprowadzonych przez autorów tej pracy badaniach, twierdzi, że składnikiem ulegającym najsilniejszemu zateżeniu w strefie korzeniowej pomidora jest miedź.

Zawartość sodu, zasolenie i pH

Wykazano istotny wzrost zawartości sodu w strefie korzeniowej roślin, która dla badanych kombinacji mieściła się w zakresie od $35,9 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ do $42,0 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$ (odpowiednio dla Ti-I i kontroli), przy zawartości w pożywce wynoszącej $25,6 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3}$. Sód jest składnikiem bardzo istotnie zateżającym się w środowisku korzeniowym pomidora (KOMOSA i IN. 2009, 2010, JAROSZ i IN. 2011, KLEIBER 2012). Pożywka pobrana z mat uprawowych odznaczała się istotnie większym EC (wzrost zasolenia na skutek zateżenia azotu azotanowego, wapnia, magnezu, cynku i chlorków) niż pożywka stosowana do fertygacji. Zasolenie w badanych obiektach było zbliżone i wynosiło od $3,54 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Ti-IV) do $3,65 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$ (Ti-I). We wszystkich badanych kombinacjach pożywka pobrana z mat uprawowych oznaczała się większą wartością pH niż pożywka aplikowana roślinom. Zmniejszenie kwasowości mogło być prawdopodobnie wynikiem zateżenia się dwuwartościowych kationów o charakterze alkalicznym: Ca^{2+} i Mg^{2+} oraz jednowartościowego Na^+ .

Wcześniejsze prace (KOMOSA i IN. 2009, 2010, JAROSZ i IN. 2011, KLEIBER 2012) potwierdzają wzrost zasolenia w strefie korzeniowej roślin w porównaniu z pożywką aplikowaną roślinom, przy równoczesnym istotnym wzroście jej pH. WYSOCKA-OWCZAREK (1998) podaje, że optymalne zasolenie pożywki w środowisku korzeniowym pomidora powinno mieścić się w zakresie $2,8\text{-}4,2 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. W przeprowadzonych badaniach we wszystkich kombinacjach EC mieściło się w zakresie zalecanym przy uprawie badanego gatunku. Alkaliczacja pożywki w matach uprawowych pomidora jest zjawiskiem typowym, co potwierdzają wcześniejsze prace (KOMOSA i OLECH 1996, PAWLIŃSKA 2003, KOMOSA i IN. 2010).

Zmiany zawartości składników pokarmowych

Szereg zateżenia składników pokarmowych w pożywkach środowiska korzeniowego przedstawiono w tabeli 3. Kształtował się on następująco (% dla średniej z badanych kombinacji): $\text{Ca} (+58,2) > \text{Na} (+49,2) > \text{Cl} (+38,3) > \text{N-NO}_3 (+35,8) > \text{Zn} (+24,3) > \text{Mg} (+10,7) > \text{S-SO}_4 (+8,4) > \text{K} (+2,3)$. Z kolei szereg zmniejszenia zawartości składników wyglądał następująco (%): $\text{Mn} (-63,3) < \text{N-NH}_4 (-22,2) < \text{Cu} (-20) < \text{P-PO}_4 (-10,7) < \text{Fe} (-9,9)$; EC pożywki w strefie korzeniowej roślin wzrosło o 18% w porównaniu z pożywką aplikowaną roślinom.

DYŚKO i KOWALCZYK (2005) podają, że na skład chemiczny pożywki w ryzosferze istotnie oddziałuje rozwój systemów korzeniowych roślin, jak również interakcje zachodzące pomiędzy poszczególnymi składnikami. KOMOSA i IN. (2010) podają, że

Tabela 3. Zmiany zawartości składników pokarmowych w strefie korzeniowej roślin w zależności od zawartości Ti w pożywce aplikowanej roślinom (%)

Table 3. Changes of nutrient element content in plants' root zone in relation to Ti content in nutrient solution supplied to the plants (%)

Składnik Element	Poziom Ti – Ti-level					
	kontrola control	Ti-I	Ti-II	Ti-III	Ti-IV	średnia mean
N-NH ₄	-27,8	-55,6	-11,1	0,0	-11,1	-22,2
N-NO ₃	+30,2	+35,7	+37,4	+36,8	+39,2	+35,8
P-PO ₄	-10,1	-14,6	-9,4	-7,3	-11,5	-10,7
K	+4,4	-1,2	+1,1	+3,7	+3,8	+2,3
Ca	+73,1	+49,4	+56,4	+55,8	+56,5	+58,2
Mg	+13,0	+6,1	+8,2	+14,0	+12,0	+10,7
S-SO ₄	+8,2	+8,6	+8,2	+8,3	+8,6	+8,4
Fe	-6,7	-20,6	-5,5	-8,1	-7,8	-9,9
Mn	-70,0	-66,7	-63,3	-66,7	-46,7	-63,3
Zn	+21,6	+18,9	+16,2	+32,4	+29,7	+24,3
Cu	0,0	-40,0	-20,0	-20,0	0,0	-20,0
Na	+64,1	+40,2	+49,6	+47,7	+44,1	+49,2
Cl	+43,8	+38,9	+36,0	+42,7	+30,8	+38,3
EC	+18,0	+19,7	+18,4	+17,4	+16,1	+18,0

w środowisku korzeniowym może następować zarówno wzrost, jak i zmniejszenie zawartości składników pokarmowych, w zależności od medium uprawowego. KOMOSA i IN. (2009) twierdzą, że w matach uprawowych pomidora następuje wzrost zawartości: Na > Fe > Ca > N-NH₄ > Cu > K > Cl > N-NO₃ > Mg > S-SO₄ > B – co potwierdzają wcześniejsze badania PAWLIŃSKIEJ (2003). W uprawie w węglinie mineralnej KOMOSA i IN. (2010) stwierdzili zateżenie Na > Ca > Cu > Fe > Cl > K > Zn > B > S-SO₄ > N-NO₃, przy równoczesnym zmniejszeniu zawartości Mg > P-PO₄ > N-NH₄ > Mn. JAROSZ i IN. (2011) podają, że zmiany zawartości składników pokarmowych w pożywkach środowiska korzeniowego są uzależnione od składu chemicznego samych pożywek stosowanych do fertygacji roślin. W przypadku stosowania pożywek o mniejszym EC (2,4 mS·cm⁻¹) szereg zateżenia składników kształtuje się następująco: N-NH₄ > P-PO₄ > Ca > S-SO₄ > K > N-NO₃ > Mg, podczas gdy przy zastosowaniu pożywki o większej koncentracji składników (EC = 3,6 mS·cm⁻¹) wygląda on tak: N-NH₄ > P-PO₄ > Ca > N-NO₃ > S-SO₄ > K > Mg.

Zdaniem KLEIBERA i MARKIEWICZA (2013) aplikowanie tytanu w formie fertygacji do strefy korzeniowej roślin istotnie modyfikuje zarówno ilościowe, jak i jakościowe plonowanie pomidora – wpływając jednocześnie istotnie na odżywienie roślin azotem, fosforem, wapniem i magnezem. Tymczasem w badaniach przeprowadzonych nad che-

mizmem pożywek strefy korzeniowej nie udowodniono istotnego zróżnicowania zawartości tych składników pod wpływem wzrastających poziomów żywienia roślin tytanem.

Biorąc pod uwagę aspekt praktyczny, można stwierdzić, iż stosując fertygację z dodatkiem tytanu do pożywki w uprawie pomidora prowadzonej w węglinie mineralnej nie ma konieczności ingerowania w skład chemiczny standardowych pożywek polecanych do uprawy tego gatunku.

Wnioski

1. Stwierdzono brak istotnego wpływu stosowania tytanu na zawartość makroskładników w strefie korzeniowej roślin w odniesieniu do kombinacji kontrolnej (z wyjątkiem potasu i magnezu dla Ti-I). Oznaczone zmiany zawartości makroskładników były typowe dla zachodzących w strefie korzeniowej pomidora uprawianego w węglinie mineralnej: nastąpił istotny wzrost zawartości azotu azotanowego, wapnia i magnezu w pożywkach środowiska korzeniowego w porównaniu z pożywką aplikowaną roślinom, przy równoczesnej tendencji do zmniejszenia zawartości fosforu. Oznaczone zmiany zawartości siarki siarczanowej nie były istotne.

2. Stwierdzono zbliżone tendencje zmian zawartości mikroskładników oraz sodu i chlorków we wszystkich badanych obiektach: istotne zmniejszenie zawartości żelaza, manganu i miedzi (w zakresie od Ti-I do Ti-III) w strefie korzeniowej roślin, przy równoczesnym istotnym załężeniu w niej cynku, sodu i chlorków.

3. Z uwagi na brak istotnych zmian zawartości składników w strefie korzeniowej roślin w stosunku do kombinacji kontrolnej (pozbawionej suplementacji Ti) nie ma konieczności ingerowania w skład chemiczny standardowych pożywek polecanych do uprawy pomidora w węglinie mineralnej.

Podziękowanie

Autorzy składają serdeczne podziękowania firmie Intermag z Olkusza za pomoc w przeprowadzeniu badań.

Literatura

- ADAMICKI F., DYŚKO J., NAWROCKA B., ŚLUSARSKI C., WYSOCKA-OWCZAREK M., 2005. Metodyka integrowanej produkcji pomidorów pod osłonami. PIORiN, Warszawa.
- ALCARAZ-LOPEZ C., BOTIA M., ALCARAZ C.F., RIQUELME F., 2003. Effects of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on plum (*Prunus domestica* L.). *J. Plant Physiol.* 160: 1441-1446.
- ALCARAZ-LOPEZ C., BOTIA M., ALCARAZ C.F., RIQUELME F., 2004. Effect of foliar sprays containing calcium, magnesium and titanium on peach (*Prunus persica* L.) fruit quality. *J. Sci. Food Agric.* 84: 949-954.
- BORKOWSKI J., FELCZYŃSKA A., STĘPOWSKI J., NIEKRASZEWICZ A., 2006. Effect of different compounds Biochikol 020 PC, calcium nitrate, Tytanit and Pomonit on the healthiness and the yield of Chinese cabbage. *Pol. Chitin Soc. Monogr.* 11: 201-207.

- CHOHURA P., 2000. Zawartość składników pokarmowych w strefie korzeniowej, stan odżywienia i plonowanie pomidora szklarniowego w podłożach inertnych. *Maszynopis. Katedra Ogródnictwa, AR, Wrocław.*
- DOBROMILSKA R., 2007. Wpływ stosowania Tytanitu na wzrost pomidora drobnoowocowego. *Rocz. AR Pozn.* 383, *Ogrodn.* 41: 451-454.
- DYŚKO J., KOWALCZYK W., 2005. Changes of macro- and micronutrients concentration in root medium and drainage water during tomato cultivation in rockwool. *Veg. Crops Res. Bull.* 62: 97-112.
- JANAS R., SZAFIROWSKA A., KŁOSOWSKI S., 2002. Effect of titanium on eggplant yielding. *Veg. Crops Res. Bull.* 57: 37-44.
- JAROSZ Z., MICHAŁOJCZ Z., DZIDA K., 2011. Changes in the chemical composition of the rhizosphere of tomato grown on inert substrates in a prolonged cycle. *J. Elem.* 16, 3: 387-396.
- KLEIBER T., 2012. Pollution of natural environment in intensive cultures under greenhouses. *Arch. Environ. Prot.* 38, 2: 45-53.
- KLEIBER T., MARKIEWICZ B., 2013. Application of "Titanit" in greenhouse tomato growing. *Acta Sci. Pol. Hortor. Cult.* 12, 3: 117-126.
- KOMOSA A., KLEIBER T., PIRÓG J., 2010. Contents of macro- and microelements in root environment of greenhouse tomato grown in rockwool and wood fiber depending on nitrogen levels in nutrient solutions. *Acta Sci. Pol. Hortor. Cult.* 9, 3: 59-68.
- KOMOSA A., OLECH R., 1996. Zróżnicowanie składu pożywki w zamkniętym systemie nawożenia pomidora szklarniowego. *Cz. II. Mikroelementy. Prace Kom. Nauk Roln. i Kom. Nauk Leśnych.* PTPN 81: 261-266.
- KOMOSA A., PIRÓG J., KLEIBER T., 2009. Changes of macro- and micronutrients in the root environment of greenhouse tomato grown in fiber wood. *Veg. Crops Res. Bull.* 70: 71-80.
- MALINOWSKA E., KALEMBASA S., 2012. The field and content of Ti, Fe, Mn, Cu in celery leaves (*Apium graveolens* L. var. *dulce* Mill. Pers.) as a result of Tytanit application. *Acta Sci. Pol. Hortor. Cult.* 11, 1: 69-80.
- MARTINEZ SANCHEZ F., NUNEZ M., AMOROS A., GIMENEZ J.L., ALCARAZ C.F., 1993. Effect of titanium leaf spray treatments on ascorbic acid levels of *Capsicum annum* L. fruits. *J. Plant Nutr.* 16, 5: 975-981.
- MICHALSKI P., 2008. The effect of Tytanit on the yield structure and the fruit size of strawberry 'Senga Sengana' and 'Elsanta'. *Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Sect. E* 63, 3: 109-118.
- PAWLIŃSKA A., 2003. Wpływ podłoża i pożywek na skład chemiczny rizosfery, stan odżywienia roślin i plonowanie pomidora szklarniowego. *Maszynopis. Katedra Nawożenia Roślin Ogrodniczych AR, Wrocław.*
- SERRANO M., MARTINEZ-ROMERO D., CASTILLO S., GUILLÉN F., VALERO D., 2004. Effect of pre-harvest sprays containing calcium, magnesium and titanium on the quality of peaches and nectarines at harvest and during postharvest storage. *J. Sci. Food Agric.* 84: 1270-1276.
- SKUPIEŃ K., OSZMIAŃSKI J., 2007 a. Estimation of 'Tytanit' influence on selected quality traits of strawberry fruits. *Electr. J. Pol. Agric. Univ. Ser. Food Sci. Technol.* 10, 3, #12. [<http://www.ejpau.media.pl/volume10/issue3/abs-12.html>].
- SKUPIEŃ K., OSZMIAŃSKI J., 2007 b. Influence of titanium treatment on antioxidants content and antioxidant activity of strawberries. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 6, 4: 83-94.
- WÓJCIK P., 2002. Vigor and nutrition of apple trees in nursery as influenced by titanium sprays. *J. Plant Nutr.* 25, 5: 1129-1138.
- WÓJCIK P., WÓJCIK M., 2001. Growth and nutrition of M.26 EMLA Apple rootstock as influence by titanium fertilization. *J. Plant Nutr.* 24, 10: 1575-1588.
- WYSOCKA-OWCZAREK M., 1998. *Pomidory pod osłonami. Uprawa tradycyjna i nowoczesna.* Hortpress, Warszawa.

INFLUENCE OF TYTANIT APPLICATION ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF ROOT ZONE OF TOMATO GROWING IN ROCKWOOL

Summary. The aim of the conducted studies was estimation of the influence of titanium fertigation application on the changes of chemical composition in root zone of tomato growing in rockwool (control – without dose of Tytanit, Ti-I – yearly dose 2.01 mg Ti per plant, Ti-II – 6.04 mg Ti per plant, Ti-III – 12.08 mg Ti per plant, Ti-IV – 24.16 mg Ti per plant). The changes of nutrients contents, salinity and pH in plants' root zone were typical for growing of that species. Generally there was no significant influence of titanium on the chemical composition of standard nutrient solution used to tomato fertigation. Research shows that while using nutrient solution fertigation of tomato supplemented with titanium there is no need to interfere with the chemical composition of standard solution used for the cultivation of tomato in rockwool.

Key words: tomato, titanium, nutrient solution, root zone

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:

6.05.2014

Do cytowania – For citation:

*Markiewicz B., Kleiber T., 2014. Wpływ stosowania Tytanitu na skład chemiczny strefy korzeniowej pomidora uprawianego w wełnie mineralnej. *Nauka Przym. Technol.* 8, 3, #34.*