

**WPLYW DODATKU AMINOKWASÓW
DO ROZTWORU CHLORKU WAPNIA
NA FITOTOKSYCZNOŚĆ ORAZ POBIERANIE WAPNIA
PRZEZ JABŁKA ODMIANY ‘ŠAMPION’**

**EFFECT OF ADDITION OF AMINO ACIDS TO SOLUTION
OF CALCIUM CHLORIDE ON PHYTOTOXICITY
AND ABSORPTION OF CALCIUM BY ‘ŠAMPION’ APPLES**

Paweł Wójcik

Instytut Ogrodnictwa

ul. Konstytucji 3 Maja 1/3, 96-100 Skierniewice

Pawel.Wojcik@inhort.pl

Abstract

The aim of the study was to examine impact of addition of amino acids to solutions of calcium chloride (CaCl_2) on phytotoxicity and uptake of exogenous calcium (Ca) by apples. The experiment was carried out in 2014–2015 at a commercial orchard in southern Poland, on mature ‘Šampion’ apple trees. Apple trees were sprayed with CaCl_2 , 6 times in a growing season, at the standard rates of 3–10 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ per spray or at increased doses of 4.5–15 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ per spray. Additional trees were sprayed with CaCl_2 (both at the standard, and the increased rates) with addition of a preparation containing 42.3% of free amino acids, at a rate of 0.5 $\text{l}\cdot\text{ha}^{-1}$ per spray. The first spray treatment of CaCl_2 with/without amino acids was performed at 6 weeks after petal fall and the next at 13–18 d intervals. Trees unsprayed with CaCl_2 with/without amino acids served as control. The results showed that fruit yield, mean fruit weight and russeting of fruit were not affected by the studied sprays combinations. Only CaCl_2 sprays at increased rates caused leaf blade injury, and defoliation at 6 and 8 weeks after harvest. All spray combinations were able to increase apple Ca concentrations compared to those of the control trees. However, the highest fruit Ca status was found as a result of CaCl_2 sprays at the increased rates. Addition of amino acids to spray solutions of CaCl_2 , used both at the standard, and increased rates, decreased fruit Ca concentrations. It is concluded that taking into consideration the efficiency of CaCl_2 sprays in improving apple Ca status, addition of free amino acids, at least those with high molecular mass (e.g. arginine, tryptophan, tyrosine), to the spray solutions of the above salt is unjustified.

Key words: apples, calcium chloride, amino acids

WSTĘP

Skład mineralny jabłek ma wpływ na cechy jakościowe oraz ich zdolność przechowalniczą (Marcelle 1990; Tomala 1999). Wśród składników mineralnych szczególną rolę w jakości jabłek odgrywa wapń (Ca). Mała zawartość Ca w jabłkach zwiększa ich wrażliwość na pęknięcie oraz niektóre choroby fizjologiczne, tj.: gorzką plamistość podskórną, korkowacenie mięszu, różne typy rozpadów, zbrązowienie przygniezdne oraz szklistość mięszu (Fallahi i in. 1997; Raese 1996; Shear 1975). Jabłka o małej zawartości Ca są także podatne na choroby grzybowe występujące w okresie przechowywania oraz obrocie handlowym (Fallahi i in. 1997; Sams i Conway 1987).

Niedobór Ca w jabłkach jest powszechnym zjawiskiem, ponieważ preferencyjne jest przemieszczanie tego składnika do tkanek liści (Shear i Faust 1970; Stebbins i Dewey 1972). Nawet wysoka zawartość dostępnego lub wymiennego Ca w glebie nie gwarantuje uzyskiwania owoców o odpowiedniej zawartości Ca (Malakouti i in. 1999; Sadowski i in. 1965). Dlatego zachodzi konieczność dokarmiania jabłek Ca drogą pozakorzeniową. Opryskiwanie owoców roztworami związków Ca polecane jest obecnie niemal we wszystkich regionach uprawy jabłoni na świecie (Wójcik 2004).

Jednym z czynników decydującym o skuteczności opryskiwania Ca jest chemiczna forma związku Ca (Fernández i Eichert 2009; Harker i Ferguson 1988). Wysoką skuteczność wykazuje chlorek wapnia (CaCl_2) (Le Grange i in. 1998; Raese i Drake 2000, 2002). Nawozowy CaCl_2 jest powszechnie używany nie tylko z uwagi na wysoką skuteczność w polepszeniu zawartości Ca w owocach, ale także ze względu na niską cenę. W Polsce nawozowy CaCl_2 sprzedawany jest wyłącznie przez przedsiębiorstwo Soda Polska CIECH. Nawóz ten otrzymywany jest jako produkt uboczny w procesie pozyskiwania węgla sodu (Kępiński 1984).

Mimo wysokiej skuteczności opryskiwania CaCl_2 w zwiększaniu zawartości Ca w jabłkach, używanie tego nawozu ma pewne wady. Jedną z nich jest wysoka fitotoksyczność, wynikająca z obecności w nawozie domieszek chlorku sodu oraz wodorotlenku wapnia (Kępiński 1984). Ryzyko poparzenia liści w wyniku opryskiwań nawozowym CaCl_2 jest szczególnie podwyższone we wczesnych fazach wzrostu jabłoni (Fallahi i Eichert 2013). Dla zminimalizowania ryzyka poparzenia liści w wyniku opryskiwań CaCl_2 sadownicy często dodają do roztworu preparaty zawierające aminokwasy. Według producentów preparatów aminokwasowych nie tylko zmniejszają one ryzyko uszkodzeń liści, ale także polepszają pobieranie jonów Ca^{2+} przez owoce. Jednakże, powyższe zagadnienia nie były

przedmiotem badań naukowych. Z tego powodu celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu dodatku aminokwasów do roztworu użytkowego CaCl_2 na fitotoksyczność oraz pobieranie Ca przez jabłka.

MATERIAŁ I METODY

Lokalizacja, materiał roślinny oraz warunki wzrostu

Doświadczenie przeprowadzono w latach 2014–2015 w prywatnym sadzie w województwie rzeszowskim. Obiektem doświadczalnym były 6-letnie jabłonie (*Malus domestica* Borkh.) odmiany ‘Šampion’/M.9, posadzone w rozstawie $4 \times 1,5$ m (1666 drzew na ha) na glebie brunatnej, o następującym składzie mechanicznym w warstwie 0–20 cm: 62% frakcji piasku (1–0,05 mm), 18% pyłu (0,05–0,002 mm) oraz 20% części ilastych (< 0,002 mm). Wartość pH gleby wynosiła 5,8, a zawartość węgla (C) organicznego – $14 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, przyswajalnego fosforu (P) – $48 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, potasu (K) – $103 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, magnezu (Mg) – $44 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ i wymiennego Ca – $32 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$. Próbkę gleby do analizy pobrano wczesną wiosną 2014 roku wzdłuż linii rzędu drzew, w połowie odległości między sąsiadującymi drzewami. Skład granulometryczny oznaczono metodą areometryczną według procedury Casagrande w modyfikacji Prószyńskiego, odczyn – potencjometrycznie w 1 M roztworze KCl, C – metodą Dumas z użyciem analizatora TruSpec CNS (LECO Polska, Katowice), P i K – metodą Egnera-Riehma, Mg – metodą Schachtschabela, a Ca – metodą Kappena (Ostrowska i in. 1991).

Doświadczalne drzewa prowadzono w formie wrzeciona do wysokości 3 m. W rzędach drzew utrzymywano ugór herbicydowy o szerokości 1 m, a w międzyrzędziach – koszoną murawę. Każdego roku drzewa zasilano azotem (N) w dawce $60 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ w postaci saletry amonowej (34% N). Nawóz rozsiewano na powierzchnię pasów herbicydowych w fazie narzmiawiania-pęknięcia pąków. Jabłonie nie były nawadniane.

Zawiązki z doświadczalnych drzew przerzedzono chemicznie i ręcznie. Do chemicznego przerzedzania użyto preparatu Exilis w dawce $5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, zużywając 700 l wody. Opryskiwanie wykonywano, gdy zawiązki miały średnicę 9–12 mm. W połowie lipca wykonano ręczne przerzedzanie zawiązków, usuwając zawiązki zbyt małe, zniekształcone, uszkodzone mechanicznie oraz z objawami chorób i żerowania szkodników.

Drzewa nie były traktowane nawozami dolistnymi (z wyjątkiem CaCl_2) oraz stymulatorami wzrostu. Ochronę drzew przeciw patogenom i szkodnikom prowadzono zgodnie z zaleceniami dla towarowych sadów jabłoniowych.

Kombinacje i układ doświadczenia

Jabłonie opryskiwano 6-krotnie nawozowym CaCl₂ (78–80% CaCl₂; CIECH Soda Polska, Inowrocław), stosując zróżnicowane dawki w zależności od fazy wzrostu roślin oraz wariantu opryskiwania (tab. 1). Pierwsze opryskiwanie wykonano 6 tygodni po kwitnieniu, a pozostałe w ostępach 13–18 dni. Ostatnie opryskiwanie CaCl₂ przeprowadzono 7 dni przed zbiorem owoców. Mniejsze dawki CaCl₂ można uznać jako standardowe, polecane w Polsce dla sadów jabłoniowych (Wójcik 2009). W poszczególnych fazach wzrostu roślin zastosowano podwyższone o 50% dawki CaCl₂ celem spowodowania fitotoksyczności. Dodatkowe drzewa opryskiwano w standardowych lub podwyższonych dawkach CaCl₂ (według schematu podanego w tab. 1) z dodatkiem preparatu zawierającego aminokwasy, użytego w dawce 0,5 l·ha⁻¹ w każdym opryskiwaniu. Preparat zawierał 42,3% wolnych aminokwasów (17,3% argininy, 6,7% glicyny, 4,5% histydy, 3,5% alaniny, 3,1% kwasu glutaminowego, 2,1% proliny, 1,4% asparaginy, 0,8% seryny, 0,8% fenyloalaniny, 0,7% leucyny, 0,7% tryptofanu, 0,2% lizyny, 0,2% tyrozyny, 0,1% metioniny, 0,1% waliny, 0,1% izoleucyny – dane podane przez producenta preparatu), a jego odczyn wynosił 7,2 (oznaczony w 10% roztworze wodnym). Aminokwasy w preparacie pozyskiwano na drodze hydrolizy enzymatycznej z ubocznych produktów pochodzenia zwierzęcego. Drzewa nieopryskiwane CaCl₂ (z/bez aminokwasów) traktowano jako kontrolę.

Tabela 1. Schemat opryskiwań chlorkiem wapnia w standardowych i podwyższonych dawkach dla jabłoni odmiany ‘Šampion’

Table 1. Schema of sprays of calcium chloride at the standard or the increased rates for ‘Šampion’ apple trees

Opryskiwania CaCl ₂ Sprays with CaCl ₂	Liczba dni po kwitnieniu Number of days after flowering	Standardowe dawki CaCl ₂ Standard rates of CaCl ₂ (kg ha ⁻¹)	Zwiększone dawki CaCl ₂ Increased rates of CaCl ₂ (kg ha ⁻¹)
1	42	3	4,5
2	55 (57)*	4	6
3	72 (75)	5	7,5
4	86 (85)	7	10,5
5	100 (102)	9	13,5
6	115	10	15

*Liczba w nawiasie odnosi się do drugiego roku badań (2015)

Number in parenthesis concerns to the second year of the study (2015)

Opryskiwania wykonywano opryskiwaczem sadowniczym z „kolumnową” przystawką wentylatorową (Agrola Turbo), zużywając w każdym zabiegu 700 l wody na ha. Opryskiwania wykonywano pod wieczór, gdy temperatura powietrza wynosiła 15–20 °C.

Doświadczenie założono w układzie bloków losowych w 3 powtórzeniach. Jeden rząd drzew stanowił jeden blok. Między blokami znajdowały się dwa rzędy ochronne. Na każdym poletku było 20 drzew.

Pomiary i obserwacje

1. Poparzenia liści i ordzawienie owoców oceniano wizualnie, według 5-stopniowej skali bonitacyjnej, gdzie 1 – brak nekroz na blaszce liściowej lub ordzawień skórki owoców, 2 – nekroza liści/ordzawienie owoców na powierzchni do 25%, 3 – nekroza liści/ordzawienie owoców na powierzchni 26–50%, 4 – nekroza liści/ordzawienie owoców na powierzchni 51–75%, a 5 – nekroza liści/ordzawienie owoców na powierzchni > 75%. Obserwacje uszkodzeń liści i owoców wykonywano na próbie około 200 liści/owoców z poletka, znajdujących się w peryferyjnej części korony. Obserwacje prowadzono 3–5 dni po każdym opryskiwaniu CaCl_2 /aminokwasami.
2. Defoliacja została określona 4, 6 i 8 tygodni po zbiorze owoców, na 40 jednorocznych przyrostach z każdego poletka. Wyniki wyrażono jako procent opadłych liści w stosunku do całkowitej ich liczby na pędzie.
3. Plon owoców z każdego poletka zważono.
4. Średnia masa owocu została obliczona na próbie 20 kg jabłek z poletka.
5. Zawartość Ca w owocach oznaczono na próbie 40 jabłek z każdego poletka. Pobierano owoce wyrównanej wielkości, z peryferyjnej części korony, z wysokości 1,5–2,0 m nad ziemią. Owoce przemywano 0,01 M roztworem HCl, a następnie dwukrotnie wodą destylowaną. Z każdego jabłka brano 2 przeciwległe wycinki (ze skórką, lecz bez gniazda nasennego) stanowiące 1/4 część miąższu. Próbkę owoców suszono w temperaturze 70 °C. Po ich zmieleniu w młynku agatowym, próbki spalano „na mokro” w stężonym kwasie azotowym, z użyciem pieca mikrofalowego (model MLS 1200, Milistone, Inc., Monroe, CT, USA). Zawartość Ca oznaczono za pomocą spektrofotometru indukcji plazmowej (Thermo Jarrell Ash, Franklin, MA, USA) i wyrażono w stosunku do suchej masy owoców.

Analiza statystyczna

Wszystkie dane poddano jednoczynnikowej analizie wariancji (ANOVA). Do oceny istotności różnic między średnimi użyto testu

t - Duncana przy poziomie istotności $p = 0,05$. Dane dotyczące defoliacji były transformowane według funkcji Blissa. Pozostałe dane analizowano na wartościach rzeczywistych.

WYNIKI I DYSKUSJA

Jedynie opryskiwanie CaCl_2 w podwyższonych dawkach spowodowało poparzenia liści. Wpływ ten obserwowano po każdym z sześciu opryskiwań (tab. 2, 3). Uszkodzenia liści na drzewach opryskiwanych CaCl_2 w podwyższonych dawkach można przypisać obecności w nawozie jonów Cl^- (zarówno z CaCl_2 , jak i chlorku sodu – NaCl) lub wodorotlenku wapnia [$\text{Ca}(\text{OH})_2$]. Występowanie NaCl i $\text{Ca}(\text{OH})_2$ w nawozowym CaCl_2 wynika z tego, że nawóz ten pozyskiwany jest w procesie produkcji sody (węglanu sodu) metodą Solvay'a, podczas którego zarówno NaCl , jak i $\text{Ca}(\text{OH})_2$, stanowią produkty uboczne (Kępiński 1984).

Tabela 2. Wpływ kolejnych opryskiwań chlorkiem wapnia z/bez dodatku aminokwasów na poparzenia liści jabłoni odmiany 'Šampion' w roku 2014
Table 2. Effect of subsequent sprays of calcium chloride with/without addition of amino acids on leaf burn of 'Šampion' apple trees in 2014

Zabiegi opryskiwania Spray treatments	Poparzenia liści (skala 1–5); Leaf burn (1–5)*					
	Kolejne opryskiwania; Subsequent sprays					
	1	2	3	4	5	6
CaCl_2 w standardowych dawkach CaCl_2 at the standard rates	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
CaCl_2 w standardowych dawkach + aminokwasy; CaCl_2 at the standard rates + amino acids	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
CaCl_2 w podwyższonych dawkach CaCl_2 at increased rates	1,3 b	1,8 b	2,1 b	2,3 b	2,3 b	2,3 b
CaCl_2 w podwyższonych dawkach + aminokwasy; CaCl_2 at increased rates + amino acids	1,0 a	1,2 a	1,2 a	1,2 a	1,2 a	1,2 a
Kontrola; Control	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a

*Czym wyższa wartość, tym intensywniejsze oparzenia liści; The higher value, the severer leaf blade damage

Średnie w kolumnie oznaczone tą samą literą nie różnią się istotnie według testu Duncana przy poziomie istotności 0,05; Means within column with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

Tabela 3. Wpływ kolejnych opryskiwań chlorkiem wapnia z/bez dodatku aminokwasów na poparzenia liści jabłoni odmiany 'Šampion' w roku 2015
 Table 3. Effect of subsequent sprays of calcium chloride with/without addition of amino acids on leaf burn of 'Šampion' apple trees in 2015

Zabiegi opryskiwania Spray treatments	Poparzenia liści (skala 1–5); Leaf burn (1–5)*					
	Kolejne opryski; Subsequent sprays					
	1	2	3	4	5	6
CaCl ₂ w standardowych dawkach CaCl ₂ at the standard rates	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
CaCl ₂ w standardowych dawkach + aminokwasy; CaCl ₂ at the standard rates + amino acids	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a
CaCl ₂ w podwyższonych dawkach CaCl ₂ at increased rates	1,4 b	1,8 b	1,8 b	1,9 b	2,1 b	2,1 b
CaCl ₂ w podwyższonych dawkach + aminokwasy; CaCl ₂ at increased rates + amino acids	1,1 a	1,2 a	1,2 a	1,2 a	1,2 b	1,2 a
Kontrola; Control	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a	1,0 a

*Objaśnienie pod tabelą 2; Explanation under table 2

Należy podkreślić, że opryskiwanie CaCl₂ w podwyższonych dawkach z dodatkiem aminokwasów nie uszkadzało liści. Sugeruje to, że krytycznym czynnikiem determinującym fitotoksyczność była obecność Ca(OH)₂. Wynika to z faktu, że aminokwasy mają zdolność do kompleksowania kationów, w tym Ca²⁺, podczas gdy trwałe połączenia aminokwasów z jonami Cl⁻ nie występują (McMurry 2007).

W obu latach badań jedynie opryskiwanie CaCl₂ w podwyższonych dawkach spowodowało defoliację, a wpływ ten obserwowano 6 i 8 tygodni po zbiorze owoców (tab. 4). Prawdopodobnie, defoliacja była wynikiem poparzeń liści, gdyż uszkodzone tkanki liści produkują podwyższone ilości etylenu, który indukuje/stymuluje tworzenie się „warstwy odcinającej” między ogonkiem liściowym a pędem (Jackson 2003).

Plon owoców nie różnił się istotnie między badanymi wariantami opryskowymi i wynosił średnio 18,3 kg i 23,4 kg na drzewo, odpowiednio w 2014 i 2015 roku. Średnia masa owocu nie była uzależniona od wariantów opryskowych, wynosząc średnio 174 g w 2014 roku oraz 165 g w 2015 roku. Wyniki te wskazują, że mimo poparzeń liści oraz defoliacji na drzewach opryskiwanych CaCl₂ w podwyższonych dawkach, nie nastąpiło obniżenie plonowania oraz wielkości owoców. Ordzawienie zawiązków

i owoców było niewielkie i nie zależało od zabiegów opryskowych, wynosząc średnio po kolejnych sześciu opryskiwaniach: 1,1, 1,2, 1,3, 1,3, 1,3 i 1,3 w 2014 roku oraz 1,1, 1,2, 1,2, 1,3, 1,3 i 1,3 w 2015 roku. Uzyskane dane potwierdzają wcześniejsze wyniki badań, że liście jabłoni są bardziej narażone na uszkodzenia spowodowane opryskami nawozowym CaCl_2 niż owoce (Sadowski 1967). W badaniach Wójcika (1999, 2001) nawet jesienne opryskiwania nawozowym CaCl_2 w dawce $60 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ nie spowodowały uszkodzeń skórki jabłek odmiany ‘Gloster’ i ‘Jonagold’, pomimo znacznych poparzeń liści.

Tabela 4. Wpływ opryskiwań chlorkiem wapnia z/bez dodatku aminokwasów na defoliację jabłoni odmiany ‘Šampion’

Table 4. Effect of sprays of calcium chloride with/without addition of amino acids on defoliation of ‘Šampion’ apple trees

Zabiegi opryskiwania Spray treatments	Defoliacja; Defoliation (%)					
	2014			2015		
	Tygodnie po zbiorze owoców Weeks after harvest					
	4	6	8	4	6	8
CaCl_2 w standardowych dawkach CaCl_2 at the standard rates	0 a	15 a	21 a	0 a	8 a	21 a
CaCl_2 w standardowych dawkach + aminokwasy; CaCl_2 at the standard rates + amino acids	0 a	13 a	19 a	0 a	7 a	18 a
CaCl_2 w podwyższonych dawkach CaCl_2 at increased rates	0 a	23 b	35 b	0 a	14 b	37 b
CaCl_2 w podwyższonych dawkach + aminokwasy; CaCl_2 at increased rates + amino acids	0 a	15 a	19 a	0 a	9 a	21 a
Kontrola; Control	0 a	11 a	18 a	0 a	8 a	17 a

*Objaśnienie pod tabelą 2; Explanation under table 2

Wszystkie warianty opryskowe CaCl_2 z lub bez aminokwasów zwiększały zawartość Ca w owocach (tab. 5). Największą zawartość Ca w jabłkach stwierdzono w przypadku opryskiwania drzew CaCl_2 w podwyższonych dawkach. Dodatek aminokwasów do roztworów CaCl_2 , użytego zarówno w standardowych, jak i podwyższonych dawkach, powodował zmniejszenie pobierania Ca przez owoce. Obniżenie zawartości Ca w jabłkach po dodaniu aminokwasów do cieczy użytkowej CaCl_2 w podwyższonych dawkach nastąpiło do poziomu jaki stwierdzono w przypadku opryskiwań CaCl_2 w standardowych dawkach.

Tabela 5. Wpływ oprysków chlorkiem wapnia z/bez dodatku aminokwasów na zawartość wapnia w jabłkach odmiany ‘Šampion’
 Table 5. Effect of sprays of calcium chloride with/without addition of amino acids on ‘Šampion’ apple calcium concentration

Zabiegi opryskiwania Spray treatments	Zawartość Ca w owocach (mg kg ⁻¹ s.m.) Fruit Ca concentration (mg kg ⁻¹ d.m.)	
	2014	2015
CaCl ₂ w standardowych dawkach CaCl ₂ at the standard rates	248 c	318 c
CaCl ₂ w standardowych dawkach + aminokwasy; CaCl ₂ at the standard rates + amino acids	221 b	281 b
CaCl ₂ w podwyższonych dawkach CaCl ₂ at increased rates	289 d	362 d
CaCl ₂ w podwyższonych dawkach + aminokwasy; CaCl ₂ at increased rates + amino acids	248 c	315 c
Kontrola; Control	190 a	241 a

*Objaśnienie pod tabelą 2; Explanation under table 2

Przyczynę ograniczenia pobierania Ca przez jabłka w wyniku dodania aminokwasów do roztworów CaCl₂ można upatrywać w tworzeniu się związków kompleksowych, które ze względu na zwiększoną wielkość w porównaniu do uwodnionych jonów Ca²⁺ mają mniejszą zdolność do przenikania zewnętrznych warstw skórki owoców (Harker i Ferguson 1988). Powyższe stwierdzenie wydaje się prawdopodobne, gdyż w użytym preparacie najwięcej było argininy (około 40% w stosunku do całkowitej ilości aminokwasów), mającej wysoką masę molową (174,2 g). Jedynie tryptofan i tyrozyna mają większą masę molową niż arginina, lecz ich sumaryczna zawartość w testowanym preparacie wynosiła około 1%. O słuszności stwierdzenia, że przyczyną ograniczenia pobierania Ca przez jabłka w prezentowanym doświadczeniu były utworzone w roztworze CaCl₂ kompleksy Ca z aminokwasami (głównie arginina) mogą świadczyć badania Furuya i Umemiya (2002), w których wykazano ujemną korelację między pobieraniem ¹⁵N z różnych aminokwasów przez liście brzoskwini (*Prunus persica*), a ich masą molową. Biorąc powyższe pod uwagę można stwierdzić, że nawozy, w których Ca występuje w związkach kompleksowych z aminokwasami, szczególnie o wysokiej masie molowej (tj. arginina, tryptofan lub tyrozyna), powinny zawierać

odpowiednio dobrane adjuwanty, celem polepszenia przenikania tych kompleksów przez kutykulę owoców.

PODSUMOWANIE

Wyniki badań wykazały, że dodatek wolnych aminokwasów do roztworów użytkowych nawozowego CaCl_2 , zastosowanego w podwyższonych dawkach ($4,5\text{--}15 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), eliminował poparzenia liści jabłoni odmiany ‘Šampion’. Jednakże, niezależnie od użytej dawki CaCl_2 , dodatek aminokwasów do roztworów CaCl_2 ograniczał pobieranie Ca przez jabłka. Z tego powodu, dodawanie wolnych aminokwasów, przynajmniej tych o wysokich masach molowych (np. argininy, tryptofanu i tyrozyny), do roztworów użytkowych CaCl_2 jest nieuzasadnione. Użycie preparatów zawierających wolne aminokwasy do opryskiwań CaCl_2 mogłoby być celowe jedynie w przypadku zastosowania tego nawozu w podwyższonych dawkach wraz z odpowiednio dobranym adjuwantem, ułatwiającym przenikanie kompleksów aminokwas-Ca przez warstwę kutykuli jabłek.

Literatura

- Fallahi E., Conway W.S., Hickey K.D., Sams C.E. 1997. The role of calcium and nitrogen in postharvest quality and disease resistance of apples. *HortScience* 32(5): 831–835.
- Fallahi E., Eichert T. 2013. Principles and practices of foliar nutrients with an emphasis on nitrogen and calcium sprays in apple. *HortTechnology* 23(5): 542–547.
- Fernández V., Eichert T. 2009. Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: Current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences* 28: 36–68. DOI: 10.1080/07352680902743069.
- Furuya S., Umemiya Y. 2002. The influence of chemical. Forms on foliar-applied nitrogen absorption for peach trees. *Acta Horticulturae* 594: 97–103. DOI: 10.17660/ActaHortic.2002.594.8.
- Harker F.R., Ferguson I.B. 1988. Transport of calcium across cuticles isolated from apple fruit. *Scientia Horticulturae* 36(3–4): 205–217. DOI: 10.1016/0304-4238(88)90055-6.
- Jackson J.E. 2003. *Biology of apples and pears*. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 488 s. DOI: 10.1017/CBO9780511542657.
- Kępiński J. 1984. *Technologia chemiczna nieorganiczna*. PWN, Warszawa. 576 s.

- Le Grange S.A., Theron K.I., Jacobs G. 1998. Influence of the number of calcium sprays on the distribution of fruit mineral concentration in an apple orchard. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 73(4): 569–573. DOI: 10.1080/14620316.1998.11511016.
- Malakouti M.J., Tabatabaei S.J., Shahabil A., Fallahi E. 1999. Effects of calcium chloride on apple fruit quality of trees grown in calcareous soil. *Journal of Plant Nutrition* 22(9): 1451–1456. DOI: 10.1080/01904169909365726.
- Marcelle R.D. 1990. Predicting storage quality from preharvest fruit mineral analysis: A review. *Acta Horticulturae* 274(38): 305–314. DOI: 10.17660/ActaHortic.1990.274.38.
- McMurry J. 2007. *Chemia organiczna*. PWN, Warszawa.
- Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z. 1991. *Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin*. Instytut Ochrony Środowiska, Warszawa, 333 s.
- Raese J.T. 1996. Calcium nutrition affects cold hardiness, yield, and fruit disorders of apple and pear trees. *Journal of Plant Nutrition* 19: 1131–1155. DOI: 10.1080/01904169609365185.
- Raese J.T., Drake S.R. 2000. Effect of calcium spray materials, rate, time of spray application, and rootstocks on fruit quality of ‘Red’ and ‘Golden Delicious’ apples. *Journal of Plant Nutrition* 23(10): 1435–1447. DOI: 10.1080/01904160009382113.
- Raese J.T., Drake S.R. 2002. Calcium spray materials and fruit calcium concentrations influence apple quality. *Journal of the American Pomological Society* 56(3): 136–143.
- Sadowski A. 1967. Niektóre czynniki wpływające na występowanie gorzkiej plamistości podskórnej jabłek i możliwości jej zapobiegania. Instytut Sadownictwa, Skierniewice, 106 s.
- Sadowski A., Szymborska E., Wieczorek A. 1965. Studia nad gorzką plamistością podskórną jabłek. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego – Ogrodnictwo* 3: 41–62.
- Sams C., Conway W.S. 1987. Additive effects of controlled-atmosphere storage and calcium chloride on decay, firmness retention, and ethylene production in apples. *Plant Disease* 71(11): 1003–1005. DOI: 10.1094/PD-71-1003.
- Shear C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and vegetables. *HortScience* 4: 361–365.
- Shear C.B., Faust M. 1970. Calcium transport in apple trees. *Plant Physiology* 45(6): 670–674. DOI: 10.1104/pp.45.6.670.
- Stebbins R.L., Dewey D.H. 1972. Role of transpiration and phloem transport in accumulation of ⁴⁵Ca in leaves of young apple trees. *Journal of American Society for Horticultural Science* 97: 471–474.
- Tomala K. 1999. Orchard factors affecting fruit storage quality and prediction of harvest date of apples. *Acta Horticulturae* 485: 373–382. DOI: 10.17660/actahortic.1999.485.5.

- Wójcik P. 1999. 'Gloster' apple yield and fruit quality as influenced by frequency of calcium chloride sprays. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 7(4): 181–194.
- Wójcik P. 2001. 'Jonagold' apple fruit quality as influenced by fall sprays with calcium chloride at high rates. *Journal of Plant Nutrition* 24(12): 1925–1936. DOI: 10.1081/pln-100107604.
- Wójcik P. 2004. Nutrition and calcium fertilization of apple trees. W: Dris R., Jain S.M. (red.), *Production practices and quality assessment of food crops*, vol. 2. *Plant mineral nutrition and pesticide management*. Kluwer Academic Publishers, s. 111–128. DOI: 10.1007/1-4020-2536-x_4.
- Wójcik P. 2009. *Nawozy i nawożenie drzew owocowych*. Hortpress, Warszawa, 252 s.