

WPLYW DOKARMIANIA POZAKORZENIOWEGO SALETRĄ WAPNIOWĄ
NA ZAWARTOŚĆ SKŁADNIKÓW MINERALNYCH W LIŚCIACH,
ZAWIĄZKACH I OWOCACH JABŁONI ODMIANY 'ELISE'

Iwona Domagała-Świątkiewicz

Katedra Uprawy Roli i Nawożenia Roślin Ogrodniczych, Akademia Rolnicza
Al. 29 Listopada 54, 31-345 Kraków
e-mail: iwonadom@ogr.ar.krakow.pl

Streszczenie. Badania prowadzono w latach 2004-2005 w Stacji Doświadczalnej w Garlicy Murowanej koło Krakowa. Określano wpływ wczesnych oprysków 0,4% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ na zawartość wapnia oraz wzajemne proporcje pomiędzy składnikami mineralnymi w owocach jabłoni odmiany 'Elise' szczepionych na podkładce M-9. Drzewa opryskiwano 3 krotnie w odstępach 10-cio dniowych na przełomie czerwca i lipca. Badano zawartość składników mineralnych w liściach, zawiązkach i w owocach po zbiorze plonów. Wykonywane zabiegi pozakorzeniowego dokarmiania wapniem zwiększały istotnie zawartość Ca w zawiązkach jabłoni. Opryskiwania saletrą wapniową obniżały także stosunek N/Ca oraz K/Ca w owocach. Wczesne opryski $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ nie powodowały natomiast istotnego wzrostu zawartości Ca w jabłkach oznaczonej w okresie zbiorów owoców.

Słowa kluczowe: jabłonie, pozakorzeniowe dokarmianie, wapń, skład mineralny owoców

WSTĘP

Główna fizjologiczna rola wapnia polega na stabilizowaniu struktur półprzepuszczalnych błon cytoplazmatycznych. Błazka środkowa zbudowana jest z pektyn, które tworzą pektyniany wapnia o dużej trwałości, stanowiące barierę zapewniającą integralność komórki [21,22]. Ponadto wapń warunkuje selektywność pobierania jonów i umożliwia ich akumulację w owocach, zmniejsza intensywność oddychania, a także utrzymuje niższy wewnętrzny poziom etylenu, przez co podwyższa walory przechowywanych owoców [6, 11].

Brak wapnia powoduje około 30 różnego rodzaju chorób fizjologicznych owoców. Na pierwszym miejscu wymienia się gorzką plamistość podskórną, inne

to rozpad i szklistość miąższu, oparzelizna powierzchniowa, zbrunatnienie przygniezdne czy skorkowacenie miąższu [2,4,5,10,17].

Wapń należy do pierwiastków mało ruchliwych w roślinie. Transport Ca zachodzi głównie drogą apoplastyczną i w ksylemie. Transport w naczyniach odbywa się na zasadzie masowego przepływu, którego siłą motoryczną jest gradient potencjału wody oraz ciśnień hydrostatycznych [11,18]. Do organów słabo transpirujących należy owoc. Z tego względu do owocu może docierać mało wapnia, pomimo wysokiej zawartości tego pierwiastka w pozostałych częściach rośliny [7]. Pozakorzeniowe dokarmianie wapniem może być skutecznym sposobem zwiększenia jego zawartości w owocach [3,14,20]. Efektywność stosowania tego zabiegu jest jednak uzależniona od wielu czynników środowiskowych oraz związanych z samą techniką oprysku, m.in. od terminu i liczby wykonywanych zabiegów, rodzaju zastosowanego nawozu oraz jego stężenia [8,12,13,23].

Celem badań było określenie wpływu wczesnych opryskiwań saletrą wapniową na zawartość składników mineralnych w liściach, zawiązkach i owocach jabłoni odmiany Elise.

MATERIAŁY I METODY

Badania prowadzono w latach 2004-2005 w Stacji Doświadczalnej w Garlicy Murowanej k. Krakowa. Drzewa odmiany Elise, okulizowane na podkładce M.9 posadzono w 2000 r. w rozstawie 4 x 1,6 m. W rzędach drzew utrzymywano ugór herbicydowy, a w międzyrzędziach murawę. Wiosną w każdym roku prowadzenia doświadczenia stosowano doglebowe nawożenie azotem w dawce 50 kg N·ha⁻¹ przy użyciu ENTEC 26 (26% N w tym 18,6% N-NH₄ z dodatkiem inhibitora nityfikacji). Nawóz rozprowadzano w promieniu około 1 m wokół każdego drzewa, w obrębie pasów ugorów herbicydowych. Zabiegi ochrony przed chorobami i szkodnikami prowadzono zgodnie z zaleceniami dla sadów towarowych.

Doświadczenie założone w układzie całkowicie losowym w czterech powtórzeniach (jedno powtórzenie stanowiło 6 drzew) obejmowało:

1. Kontrolę (bez dokarmiania pozakorzeniowego)
2. Trzykrotne opryskiwanie (w odstępach 10 dniowych) 0,4% saletrą wapniową. Opryski rozpoczęto, po czerwcowym opadzie zawiązków. Do przygotowania cieczy roboczej użyto surfaktanta o nazwie Atpolan 80 EC (76% oleju parafinowego). Zużycie cieczy roboczej wynosiło średnio 1000 l ha⁻¹.

Analizy gleby

Próbki gleby pobierano z warstwy ornej 0-20 cm i podornej (20-40 cm) osobno z ugoru herbicydowego i murawy w terminie pobierania liści do analiz. Ocenę

zasobności gleb w składniki pokarmowe prowadzono metodą Egnera-Riehma i Schachtschabela. W próbkach glebowych oznaczono także węgiel organiczny metodą Tiurina, odczyn gleby w zawiesinie wodnej 1 M KCl (pH_{KCl}) przy stosunku gleby do wody (lub roztworu) 1:2 oraz wykonano analizę granulometryczną metodą aerometryczną Prószyńskiego [15].

Analizy liści

Próbki liści do analiz pobierano każdego roku na przełomie lipca i sierpnia. Części wskaźnikowe stanowiły liście wraz z ogonkiem pobrane z pędów nieowocujących (10 liści z drzewa). Materiał roślinny po wysuszeniu w 70°C poddano mineralizacji w mieszaninie kwasów $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4:\text{H}_2\text{SO}_4$ (6:2:0,8). Zawartość K, Mg i Ca oznaczono na spektrofotometrze absorpcji atomowej metodą płomieniową, a P spektrofotometrycznie z molibdenianem amonu. Azot ogółem w liściach oznaczono metodą Kjeldahla [15].

Analizy owoców

W 10 dni po każdym zabiegu dokarmiania pozakorzeniowego saletrą wapniową pobierano próbki jabłek ze środkowej (peryferyjnej) części drzewa z wysokości 1,5 m. Określano średnią masę zawiązka, jego średnicę oraz oznaczano zawartość N, K, Mg i Ca w zawiązkach po mineralizacji w mieszaninie kwasów $\text{HNO}_3:\text{HClO}_4:\text{H}_2\text{SO}_4$ według procedur opisanych przy analizie liści.

W pracy oceniano także plony owoców oraz zawartość składników mineralnych w owocach w okresie zbiorów.

WYNIKI I DYSKUSJA

Analizy gleby

Sad, w którym założono doświadczenie został posadzony na glebie ciężkiej (>35% części spławianych), o składzie pyłu ilastego w warstwie próchnicznej i podornej, zawartości węgla organicznego C_{org} – 0,88% w warstwie 0-20 cm ugoru herbicydowego i 0,7% w murawie oraz odczynie kwaśnym w zakresie pH_{KCl} 3,98-4,24. Oznaczona zawartość fosforu i magnezu była wysoka (odpowiednio > 4 mg P·100 g⁻¹ i >6 mg Mg·100 g⁻¹) zarówno w próbkach pochodzących z ugoru jak i murawy oraz warstwy 0-20 cm jak i 20-40 cm, natomiast potasu średnia (17,1-21,2 mg K·100 g⁻¹) (tab. 1). Stosunek potasu do magnezu (K/M) w glebie był poprawny, tj. poniżej 3,5.

Tabela 1. Zawartość w glebie przyswajalnych form fosforu i potasu
Table 1. Contents of P, K and Mg in orchard soil

Czynnik – Factor		pH w K Cl	P K Mg			K/Mg
			(mg 100·g ⁻¹)			
Rok	2004	4,24	4,01	20,7	7,09	2,9
Years	2005	3,98	5,69	17,6	6,28	2,8
Miejsce pobrania Place of sam- pling	Ugór herbicydowy Herbicide strip	4,15	4,80	19,0	6,44	3,0
	Murawa Grass strip	4,08	4,90	19,4	6,93	2,8
Warstwa gleby Soil layer (cm)	0-20	4,15	5,31	21,2	6,17	3,4
	20-40	4,07	4,39	17,1	7,20	2,4

Analizy liści

W obydwu latach prowadzenia doświadczenia oznaczone zawartości fosforu, magnezu i wapnia mieściły się w klasie zawartości przyjętej za optymalną dla liści jabłoni (tab. 2).

Tabela 2. Zawartość składników pokarmowych w liściach jabłoni
Table 2. Nutrient contents in apple leaves

Rok – Year	Obiekt Treatment	% s.m. (% d.m.)				
		N	P	K	Mg	Ca
2004	Kontrola Control	2,32	0,17	1,62	0,28	1,87
	0,4% Ca(NO ₃) ₂	2,23	0,16	1,48	0,24	1,74
2005	Kontrola Control	2,45	0,15	1,74	0,24	1,29
	0,4% Ca(NO ₃) ₂	2,56	0,15	1,51	0,23	1,45
NIR – LSD						
Rok – Year		0,116	n.i.	n.i.	0,056	0,193
Obiekt – Treatment		n.i.	n.i.	0,100	n.i.	n.i.
Rok x Obiekt		n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
Year x Treatment						

NIR dla p = 0,05 (LSD p = 0.05), n.i. – nie istotne (n.i. – not significant).

Wykazano, że w przypadku fosforu i wapnia niższe zawartości tych składników w liściach oznaczono w roku 2005. Warunki atmosferyczne wpływały także za zawartość azotu w liściach. W roku 2004 mieściła się ona w przedziale optymalnym,

natomiast w roku 2005 w wysokim, tj. $>2,4\%$ N w s.m. W obydwu latach prowadzenia doświadczenia w obiekcie kontrolnym zawartość potasu w częściach wskaźnikowych jabłoni była wysoka, tj. $>1,5\%$ K, natomiast optymalna w liściach pochodzących z drzew opryskiwanych saletrą wapniową.

Stosowane zabiegi traktowania drzew 0,4% saletrą wapniową nie wpływały istotnie na zawartość azotu, fosforu, magnezu i wapnia w liściach, aczkolwiek w drugim roku doświadczenia koncentracja N i Ca w liściach drzew traktowanych $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ była nieznacznie wyższa. Wykazano natomiast niższą zawartość potasu w częściach wskaźnikowych pobieranych z drzew opryskiwanych saletrą wapniową.

Analizy owoców

Większą średnią masą charakteryzowały się zawiązki owoców pobierane do analiz w roku 2005 (około 90 g) w porównaniu do pierwszego roku badań (77,6-81,2 g). Większe zawiązki miały równocześnie mniejszą suchą masę. Zabiegi traktowania drzew saletrą wapniową zwiększały masę zawiązków tylko w 2004 roku, natomiast istotnie obniżały suchą masę owoców w obydwu latach prowadzenia doświadczenia (tab. 3).

Tabela 3. Wpływ wczesnych oprysków saletrą wapniową na masę zawiązka, suchą masę oraz średnią ilość wapnia w zawiązku jabłoni odmiany Elise

Table 3. Effect of early spraying with calcium on fruitlet weight, dry mass and Ca accumulation in a fruitlet for 'Elise' apple

Rok Year	Obiekt Treatment	Masa zawiązka Fruitlet weight (g)	Sucha masa Dry mass (%)	Ilość Ca w zawiązku Ca quantity in a fruitlet (mg)
2004	Kontrola Control	77,6 a	14,0 b	4,93 a
	0,4% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	81,2 b	13,6 a	5,41 b
2005	Kontrola Control	91,1 a	12,4 b	2,94 a
	0,4% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	90,5 a	11,5 a	3,64 b

Wartości w kolumnach statystycznie zróżnicowane dla $p = 0,05$ – Values within columns significantly different for $p = 0.05$.

Większe zawiązki charakteryzowały się mniejszą ilością wapnia (2,94-3,64 mg Ca w przeliczeniu na jeden zawiązek) w stosunku do mniejszych zawiązków zbieranych w roku 2004 (4,93-5,41 mg Ca). Jak podaje Plisek [16] zawartość Ca w owocach wzrasta liniowo wraz ze wzrostem masy owocu. Większe owoce mają ogólnie więk-

szą zawartość wapnia, ale niższą koncentrację Ca w porównaniu do owoców mniejszych.

W obydwu latach prowadzenia doświadczenia owoce pobrane z drzew dokarmianych $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ zawierały więcej wapnia w przeliczeniu na masę zawiązka niż pochodzące z drzew nie traktowanych.

W tabeli 4 zamieszczono wyniki oznaczeń zawartości składników mineralnych w zawiązkach jabłoni pobieranych do analiz po 10 dniach od każdego wykonywanego zabiegu pozakorzeniowego dokarmiania saletrą wapniową. Warunki atmosferyczne panujące w kolejnych latach prowadzenia doświadczenia istotnie wpływały na zawartość azotu, magnezu i wapnia w owocach jabłoni odmiany Elise. Wyższą zawartością N oraz niższą zawartością Mg i Ca charakteryzowały się zawiązki pobierane do analiz w roku 2005. Średnia zawartość potasu w obu latach była natomiast zbliżona i wynosiła odpowiednio 1317 mg K w roku 2004 i 1323 mg $\text{K}\cdot\text{kg}^{-1}$ ś.m. owoców w roku 2005.

Generalnie w obydwu latach prowadzenia doświadczenia termin pobrania zawiązków do analiz wpływał na zawartość składników mineralnych, zarówno w przypadku próbek pochodzących z drzew obiektu kontrolnego, jak i opryskiwanych 0,4% saletrą wapniową. Te zależności uwidoczniły się szczególnie w pierwszym roku prowadzenia doświadczenia. Istotnie wyższą zawartością azotu, potasu, magnezu i wapnia charakteryzowały się owoce analizowane w pierwszym terminie pobierania próbek do analiz w stosunku do drugiego i trzeciego terminu. W roku 2005 obniżanie się zawartości składników mineralnych wraz ze wzrostem masy owoców obserwowano wyraźnie już tylko w przypadku azotu i magnezu w obydwu obiektach doświadczenia oraz wapnia w obiekcie kontrolnym.

Wykonywane zabiegi pozakorzeniowego dostarczania wapnia do owoców w formie 0,4% roztworu saletry wapniowej na przełomie czerwca i lipca istotnie zwiększały zawartość wapnia w zawiązkach jabłoni (tab. 4). W pierwszym roku prowadzenia badań wzrost ten był nieznaczny (średnio 4,5%) natomiast w roku 2005 stanowił około 20% w stosunku do owoców pochodzących z drzew nie traktowanych saletrą wapniową. Tomala (1996) zaleca rozpoczęcie opryskiwań solami wapnia odmian zimowych jabłoni w pierwszych dniach czerwca i nie później niż w drugiej połowie czerwca. W licznych badaniach wykazano, że nawożenie dolistne wapniem jest skuteczne dopiero w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego, gdzie jak wiadomo gwałtownie maleje zaopatrywanie roślin w Ca przez korzenie [3,14,23]. Casero i in. [3] donoszą, iż stosowanie oprysków solami wapnia w pierwszym okresie sezonu wegetacyjnego nie jest potrzebne i mija się z celem, gdyż wtedy wapń jest transportowany w wystarczającej ilości przez korzenie. Wapń w naczyniach ksylemu dociera efektywnie do młodych owoców, gdyż są to organy aktywnie transpirujące we wczesnych fazach rozwoju. W późniejszych okresach wzrostu i dojrzewania owoców

transport wapnia może zachodzić w bardzo ograniczony sposób i tylko drogą floemową. Zatem wtedy opryskiwania owoców roztworami zawierającymi wapń mogą skutkować wzrostem stężenia Ca w tkankach owoców [7,4,13].

Tabela 4. Wpływ wczesnych opryskiwań saletrą wapniową na zawartość składników pokarmowych w zawiązkach owoców odmiany 'Elise'

Table 4. Effects of early Ca spraying on N, K, Mg and Ca contents in 'Elise' fruitlets

Rok Year	Obiekt Treatment	Termin Term	N	K	Mg	Ca	N/Ca	K/Ca	
			mg·kg ⁻¹ ś. m. (mg kg ⁻¹ f. m.)						
2004	Kontrola Control	I	812	1483	87,1	89,0	9,1	16,7	
		II	695	1331	69,6	57,8	12,0	23,0	
		III	574	1182	61,4	53,1	10,8	22,3	
		Średnia Mean	694	1332	72,7	66,6	10,7	20,7	
		I	783	1434	77,2	88,0	8,8	16,2	
	0,4% Ca(NO ₃) ₂	II	684	1345	68,5	60,9	11,2	22,1	
		III	509	1128	60,7	59,1	8,6	19,1	
		Średnia Mean	659	1302	68,8	69,6	9,6	19,1	
		Średnia – Mean	676	1317	70,8	68,1	10,1	19,1	
		2005	Kontrola Control	I	760	1339	68,4	40,5	19,0
	II			695	1371	62,4	35,0	20,1	39,6
	III			610	1348	59,8	25,6	24,3	53,5
	Średnia Mean			688	1353	63,5	33,7	21,1	42,1
	I			785	1312	68,6	44,2	17,9	29,8
0,4% Ca(NO ₃) ₂	II		752	1320	61,0	34,6	21,8	38,2	
	III		635	1247	54,2	43,0	15,0	29,3	
	Średnia Mean		724	1293	61,3	40,6	18,3	32,4	
	Średnia – Mean		706	1323	62,4	37,2	19,7	37,5	
	NIR – LSD								
Rok – Year			27,1	n.i.	2,31	2,38			
Obiekt – Treatment			n.i.	n.i.	2,31	3,56			
Termin – Term			33,1	63,2	2,82	2,91			
Rok x Obiekt			38,3	n.i.	n.i.	n.i.			
Year x Treatment									
Rok x Termin – Year x Term			46,9	89,4	4,00	4,12			
Obiekt x Termin			n.i.	n.i.	n.i.	4,12			
Treatment x Term)									

NIR dla p = 0,05 LSD for p = 0.05 – n.i. – nie istotne (n.i. – not significant).

Baab (1997) podaje, że kilkukrotne opryskiwanie jabłek solami wapnia może zwiększyć zawartość tego składnika o 5-8 mg Ca na kg⁻¹ świeżej masy miąższu. Dzięki temu znacznie zmniejsza się ryzyko wystąpienia gorzkiej plamistości podskórnej. W przeprowadzonych badaniach obserwowano wzrost zawartości wapnia w owocach jabłoni odmiany 'Elise' trzykrotnie traktowanych 0,4% Ca(NO₃)₂ średnio na poziomie 3-6,9 mg Ca na kg ś.m. (tab. 4).

Opryskiwania saletrą wapniową obniżały nieznacznie zawartość magnezu w owocach, aczkolwiek zależność ta nie była obserwowana we wszystkich terminach pobierania próbek owoców do analiz (tab. 4).

Wykazano, że zabiegi pozakorzeniowego dostarczania wapnia do owoców istotnie obniżały stosunek N/Ca oraz K/Ca w owocach (tab. 4). Niezależnie od stosowanych w badaniach zabiegów stosunek azotu do wapnia w owocach mieścił się według Baaba [1] w zakresie przyjętym za normalny, tj. 10-20 N/Ca. Lafer [9] podaje, że stosunek N/Ca > 20 zwiększa niebezpieczeństwo pojawienia się chorób przechowalniczych. Według autora stosunek N/Ca < 10 można traktować jako bardzo dobry dla owoców jabłoni.

Wykazana relacja potasu do wapnia w zawiązkach analizowanych w roku 2005 była wysoka (K/Ca > 30) w stosunku do pierwszego roku badań (K/Ca 16,2-23 K/Ca). Tomala (2003) podaje, że zdolność przechowalnicza jabłek zależy często w większym stopniu od wartości stosunku K/Ca niż od zawartości każdego z tych składników oddzielnie. Według autora właściwe proporcje pomiędzy tymi składnikami powinny zawierać się w zakresie 25-30.

Ocena plonowania

Plony jabłek w obydwu latach prowadzenia doświadczenia były wyższe w przypadku drzew opryskiwanych saletrą wapniową w stosunku do nie traktowanych (tab. 5). Plonowanie drzew było lepsze w roku 2004, gdzie średnio uzyskiwano 21,3 kg z drzewa w obiekcie dokarmianym saletrą wapniową i 14,9 kg w kontroli w stosunku do roku 2005, gdzie zebrane plony wynosiły odpowiednio 16,4 i 11,8 kg.

Wyższą średnią masą owocu charakteryzowały się jabłka zbierane w pierwszym roku badań. Opryskiwania drzew saletrą wapniową zwiększały masę owocu w 2004 roku. Nie wykazano takiej zależności w drugim roku prowadzenia doświadczenia, w którym owoce z drzew traktowanych wapniem były istotnie mniejsze (tab. 5).

Tabela 5. Wpływ wczesnych opryskiwań saletrą wapniową na plon owoców, średnią masę owocu oraz ilość wapnia w przeliczeniu na jeden owoc jabłoni odmiany 'Elise'**Table 5.** Effect early spraying with Ca on harvest fruit weight, dry mass, and Ca accumulation in one fruit of 'Elise' apple

Rok Year	Obiekt Treatment	Plon (kg z drzewa) Crop (kg per tree)	Masa owocu Fruit mass (g)	Zawartość Ca Ca content (mg·kg ⁻¹)	Ilość Ca w owocu Ca quantity in a fruit (mg)
2004	Kontrola Control	14,9 a	224,2 a	31,28 a	6,99 a
	0,4% Ca(NO ₃) ₂	21,3 b	238,0 b	32,10 a	7,63 b
2005	Kontrola Control	11,8 a	197,2 b	30,10 a	5,94 a
	0,4% Ca(NO ₃) ₂	16,4 b	163,9 a	32,46 a	5,33 a

Zawartość wapnia w owocach jabłoni analizowanych w okresie zbiorów była podobna, niezależnie od sposobu traktowania drzew. Średnio mieściła się w zakresie 30,1-32,46 mg Ca mg·kg⁻¹ świeżej masy owoców. Zabiegi pozakorzeniowego dokarmiania owoców wapniem zwiększały istotnie ilość Ca w jednym owocu, ale tylko w pierwszym roku badań.

W 7-letnich badaniach Neilsen i Neilsen [14] wykazali, że w 4 na 7 przypadków wczesne opryskiwania 0,5% CaCl₂ istotnie podnosiły zawartość wapnia w zawiązkach owoców jabłoni, a tylko raz stwierdzono większą zawartość wapnia w owocach w okresie zbioru po wykonywanych zabiegach. Autorzy wykazali jednak, że wczesne opryski solami wapnia były skuteczniejsze w eliminacji gorzkiej plamistości jabłek niż opryski wykonywane przed zbiorem owoców.

WNIOSKI

1. Wykazano istotny wzrost zawartości wapnia w zawiązkach owoców jabłoni odmiany 'Elise' trzykrotnie opryskiwanych 0,4% Ca(NO₃)₂ na przełomie czerwca i lipca w stosunku do owoców nie traktowanych.
2. Stosowane zabiegi dokarmiania pozakorzeniowego jabłoni saletrą wapniową obniżyły relacje N/Ca oraz K/Ca w zawiązkach owoców.
3. Nie wykazano istotnego wpływu wczesnych opryskiwań saletrą wapniową na zawartość wapnia w owocach w czasie zbioru.

PIŚMIENNICTWO

1. **Baab G.:** Die Fleischbräune bei Braeburn. *Monatsschrift Magazin für den Gartenbau – Profi*, 85(8), 570-578, 1997.
2. **Ben J.:** Effect of the concentration of mineral constituents in apples on their postharvest quality and storage performance. I. Relations between the concentration of mineral constituents in apples and some factors determining their quality. *Folia Hort.*, 9, 51-57, 1997.
3. **Casero T., Benavides A., Recasens I., Rufat J.:** Preharvest calcium sprays and fruit calcium absorption in 'Golden' apples. *Acta Horticulturae*, 594, 467-473, 2002.
4. **Conway W.S., Sams C.E., Hickey K.D.:** Pre- and postharvest calcium treatment of apple fruit and its effect on quality. *Acta Hort.*, 594, 413-419, 2002.
5. **Fallahi E., Khemira H., Righetti L.T., Azarenko A.N.:** Influence of foliar application of urea on tree growth, fruit quality, leaf minerals, and distribution of urea-driven nitrogen in apples. *Acta Horticulturae*, 594, 603-610, 2002.
6. **Ferguson I., Drobak R.:** Calcium and the regulation of plant growth and senescence. *Hort Sci.*, 23, 262-266, 1988.
7. **Himelrick D.G., Mcduffie R.F.:** The calcium cycle: Uptake and distribution in apple trees. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 18, 147-149, 1983.
8. **Kahu K.:** Effect of preharvest foliar applied calcium on postharvest quality and storability of apples in Estonia. *Acta Hort.*, 594, 495-499, 2002.
9. **Lafer G.:** Mineralstoffanalysen von fürchten. *Besseres Obst.*, 2, 3-5, 1995.
10. **Marcelle D.:** Mineral nutrition and fruit quality. *Acta Horticulturae*, 383, 219-226, 1995.
11. **Marschner H.:** Mineral nutrition of higher plants. Academic Press, London, 1995.
12. **Mayr U., Schröder M.:** Influence of calcium sprays with different concentrations; spray timing and combinations with prohexadione-Ca on the mineral content in 'Boskoop' and 'Elstar' apples. *Acta Hort.*, 594, 97-103, 2002.
13. **Mengel K.:** Alternative or complementary role of foliar supply in mineral nutrition. *Acta Hort.*, 594, 33-47, 2002.
14. **Neilsen G.H., Neilsen D.:** Effect of foliar Zn, form and timing of Ca sprays on fruit Ca concentration in new apple cultivars. *Acta Hort.*, 594, 435-443, 2002.
15. **Ostrowska A., Gawliński S., Szczubiałka Z.:** Metody analizy i oceny właściwości gleb i roślin. Wyd. Instytutu Ochrony Środowiska, Warszawa, 1991.
16. **Plisek B.:** Development and prediction of calcium content in apples. *Acta Hort.*, 383, 463-475, 1995.
17. **Saure M.C.:** New views of the prerequisites for an occurrence of bitter pit in apple and its control by calcium sprays. *Acta Hort.*, 594, 421-425, 2002.
18. **Starck Z.:** Transport i dystrybucja substancji pokarmowych w roślinach. Wyd. SGGW Warszawa, 2003.
19. **Tomala K.:** Predicting storage ability of Cortland apples. *Acta Hort.*, 448, 67-74, 1997.
20. **Tomala K.:** Dokarmianie jabłoni wapniem ogranicza choroby przechowalnicze jabłek. *Sad nowoczesny*, 5, 7-8, 2003.
21. **Tretyn A.:** Wapń w komórkach eukariotycznych. PWN Warszawa, 1994.
22. **Zocchi G., Mignani I.:** Calcium physiology and metabolism in fruit trees. *Acta Hort.*, 383, 15-20, 1995.
23. **Zavalloni C., Marangoni B., Tagliavini M., Scudellari D.:** Dynamics of uptake of calcium, potassium and magnesium into apple fruit in a high density planting. *Acta Hort.*, 504, 113-121, 2001.

EFFECT OF FOLIAR CALCIUM NITRATE SPRAY ON THE MINERAL
NUTRIENT CONTENT IN LEAVES AND FRUIT OF 'ELISE' APPLES

Iwona Domagała-Świątkiewicz

Department of Soil Cultivation and Fertilization, Faculty of Horticulture, Agricultural University
Al. 29 Listopada 54, 31-345 Kraków
e-mail: iwonadom@ogr.ar.krakow.pl

Abstract. The study was carried out in 2004-2005 in the Experimental Station near Cracow, with five year-old 'Elise' apple trees on M.9 rootstock. Three sprays were applied with 0,4% $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ after postbloom (June-July) in each of the two years. The effect of mineral nutrient concentration in fruitlet and apple fruit at harvest was investigated. Results demonstrate that fruitlet Ca concentration was significantly higher in treated trees than in untreated ones. Lowest N/Ca and K/Ca ratios in fruit flesh tissues were reported as a result of Ca sprays. Early Ca sprays were not effective in increasing fruit Ca concentration determined at harvest.

Key words: apple, foliar nutrition, calcium nitrate, fruit mineral content