

굴 껍데기에서 개미산으로 추출한 칼슘화합물과 활성제의 수관살포가 사과 '후지' 과실의 칼슘농도, 과피 형태 및 품질에 미치는 영향

문병우¹ · 강인규^{2*}

¹엠원예기술연구소, ²상주대학교 환경원예학과

Effects of Tree-spray of Calcium Formate Compound Extracted from Oyster Shell and Active Agent on the Calcium Concentration, Fruit Skin Shape, and Quality of 'Fuji' Apple Fruit

Byung Woo Moon¹ and In-Kyu Kang^{2*}

¹M Horticultural Technique Research Institute, #207 Business Incubator Center, Korea National Agricultural College, RDA, Hwaseong 445-893, Korea

²Dept. of Environmental Horticulture, Sangju National University, Sangju 742-711, Korea

Abstract. This study was carried out to investigate the effects of tree-spray of calcium formate compound extracted from oyster shell with several active agents on the calcium concentration, fruit skin shape and quality of 'Fuji' apple. The tree-spray of calcium formate compound extracted from oyster shell (Os-CaF, 52.4 mg·kg⁻¹) appeared to have more effectiveness on the calcium translocation into leaves, fruit skin and flesh than control. Addition of adjuvants to Os-CaF increased calcium concentration of 'Fuji' apple when sprayed three times before harvest. Among the active agents examined, the treatment ascorbic acid and polyvinyl alcohol (PVA) in leaves, Ag-colloidal and PVA in fruit skin, ascorbic acid, Ag-colloidal, and PVA in fruit flesh exhibited highest effectiveness. Fruit qualities (fruit weight, firmness, soluble solids, acidity and Hunter value) were not affect by Os-CaF on different concentrations and solutions of active agents.

Key words : acidity, active agent, fruit firmness, Hunter value, soluble solids

*Corresponding author

서 언

사과 과실에 칼슘이 부족하면 과피와 과육부위에서 각종 생리장해 및 병 발생이 나타나고 저장력 약화현상이 발생한다. 과실의 칼슘함량을 증가시키기 위하여 동절기에는 석회비료를 토양에 사용하고, 생육기 동안에는 칼슘염을 수관살포(Moon 등, 1998b)하여, 수확 후에는 칼슘용액에 과실을 침지(Yin 등, 2005)하거나, 감압 및 가압처리하여 부족한 칼슘을 적절히 공급하고 있다. 사과나무에서는 주로 석회비료를 토양에 사용하고 있으나 토양의 건조 및 다습, 과다시비, 저온, 고온 및 일조량 부족 등에 의하여 칼슘이 수체 내로 원활히 공급되지 않을 경우에는 수관 살포를 하여 부족분

을 공급하는데 수관살포용 칼슘염은 주로 염화칼슘을 사용하고 있다. 염화칼슘은 무기태 칼슘으로 과실로의 흡수량은 많으나, 고온기에는 약해 발생의 우려가 있으며 pH가 높아 농약과 혼용살포에 문제가 있고 용액 살포 후 염소이온이 분해되지 않아 잎이나 과실 표면 및 토양에 존재하여 환경오염이 될 수도 있다. 그러나 유기태 칼슘은 수관살포시 쉽게 분해되어 칼슘이온은 잎, 과실로 흡수되고 나머지는 물이나 이산화탄소로 분해되어 약해와 토양 오염을 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다. 최근 굴 껍질(Choi, 등 1997; Moon 등, 1998a, 1998b), 계란 껍질(Walton 등, 1973; Choi 등, 2000) 등 탄산칼슘이 많이 함유된 폐자원을 이용하여 산 분해처리 후 칼슘염을 얻어 칼슘비료의 원료나 칼

습부족 현상 방지 및 저장력 향상 목적으로 액상칼슘 비료로 개발되어 실제 농가에서 활용되고 있다.

따라서 본 연구는 미세 굴 껍데기로부터 개미산을 반응시켜 자연 분해성이 높아 토양 환경오염이 없는 개미산 칼슘화합물을 얻은 다음 몇 종류의 활성제를 첨가하여 제조된 칼슘화합물을 수관 살포한 후 수확 시 과실의 칼슘함량과 과피의 형태 및 과실 품질에 미치는 영향을 검토하여 유기태 칼슘의 실용화를 위한 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 시험은 경북 군위군 소보면 원예연구소 사과시험장 포장에서 실시하였으며 토양의 물리 화학성은 심토 10cm 및 30cm 부위의 토양을 채취하여 분석한 결과는 Table 1과 같다. 품종은 M.9에 접목된 ‘후지’ 7년 생을 이용하였다. 칼슘용액은 미세 굴 껍데기를 원료로 하여 35% 염산으로 추출한 Os-CaC(Ca 함량:178g·kg⁻¹)과 개미산(HCOOH)으로 추출한 Os-CaF(Ca 함량:26.2g·kg⁻¹)를 사용하였다. 개미산 칼슘의 수관살포시 적정 농도를 구명하기 위하여 Os-CaC용액을 대조로 하여 Os-CaF 26.2, 52.4mg·kg⁻¹ 농도를 각각 수확(10월 25일) 90일 전부터 7일 간격으로 3회 수관 살포하였고, 또한 적정 활성제의 효과를 구명하기 위하여 Os-CaF 52.4mg·kg⁻¹ 농도로 만든 용액에 xanthan gum(Xan) 5%, ascorbic acid(Aa) 5%, Tween 20(Tw 20, polyoxyethylene sorbitan monolaurate) 5%, Wax emulsion(We) 5%, Ag colloidal(AgCo) 5%, nonylphenol(NP 10) 5%, polyvinyl alcohol(PVA) 5%를 각각 첨가하여 위와 동일한 방법으로 수관에 충분히 살포하였다. K, Ca 및 Mg 분석용 시료 조제는 10월 25일에 엽과 과실을 채취하여 0.2% 빙초산으로 세척한 후 과피는 적도면 부위에 cork borer를 이용하여 punching한 다음, 과피 직하로부터 1mm 정도 두께를

과피로, 나머지 5mm 두께를 과육으로 구분하여 채취한 후 80°C 건조기로 10일간 건조하여 20mesh로 분쇄하여 분석용 시료로 사용하였다. 과점의 검경은 적속기에 수확한 과실을 채취하여 air gun으로 먼지를 제거한 다음 과피 중앙부에 있는 과점을 예리한 칼로 50×50mm 절단한 후 SEM(S-3500N, Hitachi, Japan)을 이용하여 100과 500으로 촬영하였다. 과실품질 조사는 10월 25일에 수확하여 각 처리별 과실을 대상으로 과중, 과육경도, 가용성고형물, 산함량 및 착색정도(Hunter value L, a, b)를 조사하였다. 과중은 30개의 과실 무게를, 경도는 universal 경도계(type UN, plunger φ8mm)로 측정하여 N값으로 표시하였으며, 가용성 고형물 함량은 디지털 굴절당도계(DBX-55 Atago, Japan)로 측정하였다. 총산 함량은 0.1N NaOH로 적정하고 능금산으로 환산하였다. 과피색은 색차계(Color Tehno System JX777, Japan)로 과실 적도면에서 과실 당 3부위를 측정하여 Hunter 값 L, a, b로 표시하였다. 시험구 배치는 난괴법 4반복으로 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 잎과 과실의 양이온 농도

굴 껍데기에서 추출하여 제조한 개미산 칼슘화합물(Os-CaF 52.4, 26.2mg·kg⁻¹)과 염산으로 추출하여 제조한 염화칼슘 화합물과(Os-CaC 356mg·kg⁻¹) 비교하기 위하여 칼슘 용액을 ‘후지’에 수확 90일전부터 7일 간격으로 3회 수관 살포하여 잎, 과피, 과육의 양이온 함량을 조사한 결과를 보면(Table 2), 잎의 K 함량은 무처리구에 비하여 Os-CaF 52.4mg·kg⁻¹ 처리는 현저히 감소되었으나, Os-CaC 356mg·kg⁻¹ 처리와는 큰 차이가 없었고, Ca 함량은 무처리에 비하여 모든 처리에서 현저하게 높았다. 과피에서는 K 함량은 무처리에 비하여 Os-CaF 26.2mg·kg⁻¹ 처리에서 현저하게 증가하였고, Ca 함량은 Os-CaC 및 Os-CaF 52.4mg·kg⁻¹ 처

Table 1. Soil conditions of the experiment field.

Soil depth ²	pH (1:5)	OM (g·kg ⁻¹)	P ₂ O ₅ (mg·kg ⁻¹)	Ex. cation (cmol·kg ⁻¹)			Soil texture
				K	Ca	Mg	
Top-soil	6.0	12.2	236	0.25	3.5	0.25	Sandy loam
Sub-soil	5.8	7.1	80	0.32	2.6	0.32	

²Top-soil; 10 cm, Sub-soil; 30 cm.

굴 껍데기에서 개미산으로 추출한 칼슘화합물과 활성제의 수관살포가 사과 ‘후지’ 과실의 칼슘농도...

Table 2. Effect of tree-spray of calcium formate compound extracted from oyster shell on the potassium, calcium, magnesium in leaf, fruit skin, and flesh of ‘Fuji’ apple at harvest.

Treatment ^z (mg·kg ⁻¹)	Leaf (g·100 g ⁻¹)			Fruit skin (g·kg ⁻¹)			Fruit flesh (g·kg ⁻¹)		
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
Control	10.5a ^y	5.36b	4.26a	4.95b	0.63b	0.50a	7.38a	0.14b	0.25a
Os-CaC(356.0)	8.9ab	5.59a	4.31a	4.67b	0.71a	0.47a	6.77b	0.15a	0.26a
Os-CaF(52.4)	8.2b	5.52a	4.22a	5.01ab	0.74a	0.48a	6.01c	0.17a	0.24a
Os-CaF(26.2)	10.6a	5.59a	4.24a	5.37a	0.65b	0.50a	7.19a	0.15b	0.26a

^zOs-CaC, calcium chloride compound extracted from oyster shell; Os-CaF, calcium formate compound extracted from oyster shell.

^yMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $p=0.05$.

리에서 유의하게 증가되었다. 과피 직하 5mm 부위 과육의 K 함량은 무처리에 비하여 Os-CaC 356mg·kg⁻¹ 및 Os-CaF 52.4mg·kg⁻¹ 처리에서 감소하였고, Ca 함량은 증가하였다. Mg 함량은 잎, 과피 및 과피 직하 5mm 부위의 과육에서는 처리 간 차이를 인정할 수 없었다.

식물체의 칼슘흡수정도를 구명하기 위하여 Os-CaF (52.4mg·kg⁻¹)의 용액에 활성제 7종을 첨가하여 ‘후지’에 수관 살포한 후 수확 시에 잎과 과실(과피와 과육)의 양이온 함량을 조사하였다(Table 3). 잎의 K 함량은 활성제를 첨가하지 않은 처리에 비하여 Xan 및 NP 10 첨가구가 현저히 높았으나, 다른 활성제 첨가구와는 차이가 없었다. Ca 함량은 활성제를 첨가하지 않은 처리에 비하여 Aa 및 PVA 처리에서 증가하였고, Tw 20 및 NP 10은 오히려 감소하는 경향을 보

였다. 과피의 Ca 함량은 PVA 처리구에서 현저한 증가를 보였고, Tw-20, We, NP 10 처리구에서 오히려 감소하였다. 그리고 과육의 Ca 함량은 Aa, AgCo, PVA 첨가처리구가 현저히 증가하였다. 그러나 잎의 Mg, 과피의 K 및 과육의 K, Mg 함량은 무처리구와 큰 차이를 인정할 수 없었다. 따라서 Os-CaF살포시 잎과 과실에 칼슘의 흡수율을 증가시키는 활성제는 PVA가 가장 효과적인 것으로 판단되었다.

굴 껍데기로 제조된 칼슘화합물 수관살포는 사과 과실의 칼슘함량을 증진시킬 수 있다고 여러 연구자들(Choi 등, 1997; Moon 등, 1998a; 1998b; 1999)이 시험한 바 있는데, 본 시험에서 이용된 칼슘이 미세 굴 껍데기에서 개미산으로 추출한 유기체 칼슘으로 칼슘염의 차이는 있지만 사과 과실에 칼슘증진 효과가 있는 것을 재확인할 수 있었다. 그리고 Moon 등(1998b)

Table 3. Effect of tree-spray of calcium formate compound extracted from oyster shell with some active agents on the potassium, calcium, magnesium in leaf, fruit skin, and flesh of ‘Fuji’ apple at harvest.

Treatment ^z (mg·kg ⁻¹)	Leaf (g·kg ⁻¹)			Fruit skin (g·kg ⁻¹)			Fruit flesh (g·kg ⁻¹)			
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	
Control	9.4b ^y	5.46b	4.20a	5.35a	0.66b	0.52a	7.10ab	0.14b	0.25a	
Xan	11.5a	5.50ab	4.29a	5.20a	0.61bc	0.48a	7.07ab	0.13b	0.26a	
Aa	10.6ab	5.60a	4.33a	5.09a	0.61bc	0.52a	7.10ab	0.16a	0.27a	
Os-CaF (52.4)	Tw 20	9.2b	5.04c	4.31a	4.98a	0.56c	0.51a	6.46b	0.14b	0.23a
	We	10.2ab	5.36b	4.24a	5.44a	0.59c	0.49a	6.80b	0.14b	0.25a
	AgCo	10.8ab	5.42b	4.29a	5.20a	0.70a	0.50a	7.57a	0.16a	0.26a
	NP 10	11.3a	5.00c	4.39a	5.39a	0.57c	0.52a	6.97ab	0.15ab	0.24a
PVA	9.4b	5.53a	4.23a	5.69a	0.73a	0.49a	7.20a	0.17a	0.28a	

^zOs-CaF (calcium formate compound extracted from oyster shell) manufactured Xan, xanthan gum 5%; Aa, ascorbic acid 5%; Tw 20, Tween 20 (polyoxyethylene sorbitan monolaurate) 5%; We, wax emulsion 5%; AgCo, Ag colloidal 5%; NP 10: nonylphenol 5%, PVA: polyvinyl alcohol 5%.

^yMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $p=0.05$.

은 Os-Ca살포시 활성제와 혼용처리를 하면 과실의 칼슘함량을 증가시킬 수 있다고 하였고, Yin 등(2005)은 염화칼슘 용액에 활성제를 첨가하여 과실을 침지처리한 결과 과피 및 과육의 칼슘 함량이 가장 증가되었다고 하였다. 이와 같이 활성제는 종류에 따라 칼슘함량 증진효과가 각각 다르며 오히려 감소시키는 결과(Mason, 1979)도 있다. 따라서 무기태 칼슘인 염화칼슘을 주로 사용한 다른 연구자들의 결과와 본 시험에서 사용된 유기태 칼슘과 비슷한 결과를 보여 활성제의 성질에 따라 칼슘흡수정도는 다소 차이가 있으나 칼슘형태에 따른 활성제의 효과는 차이가 없는 것으로 판단되었다.

2. 과피의 형태 관찰

칼슘화합물을 수관살포한 후 수확 시에 과실 중앙부위의 과점을 SEM으로 관찰한 결과(Fig. 1, 2), 무처

리에 비하여 OS-CaC와 OS-CaF처리 과실의 과점이 거칠고 과점 안에는 세포와 세포사이의 공간이 다소 커져 있음을 알 수 있었다(Fig. 1). 그리고 OS-CaF (52.4mg·kg⁻¹)에 각종 활성제를 첨가하여 과점의 변화를 관찰한 결과 다소 과점의 크기에 차이를 보이고 특히 PVA 활성제 첨가구에서 과점이 커졌음을 알 수 있었다(Fig. 2). 따라서 과실로의 칼슘흡수가 용이한 칼슘염면살포시기는 생육후기로 과점의 크기가 커지고 거칠어지면서 과점으로의 칼슘공급이 원활해지기 때문으로 추정할 수가 있었다. 일반적으로 사과와 과점 발달은 발육 초기에는 미약하게 발달하다가 수확이 가까워질수록 거칠어짐과 동시에 커지며 과점의 균열이 일어나며 성숙기에 도달한 과점의 형태는 품종에 따라 다르나 ‘후지’는 4각형 또는 5각형의 것이 많고 과실당 과점수는 913-1,578개 정도, 크기는 620-650μm로 큰 편이며, 균열 상태가 다른 품종과 달리 모나게 찢

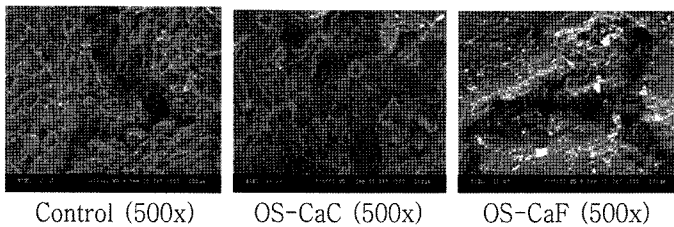


Fig. 1. Fruit lenticel structure after tree-spray of calcium formate compounds extracted from oyster shell of 'Fuji' apple at harvest by scanning electron micrographs. *OS-CaC, calcium chloride compound extracted from oyster shell; OS-CaF, calcium formate compound extracted from oyster shell.

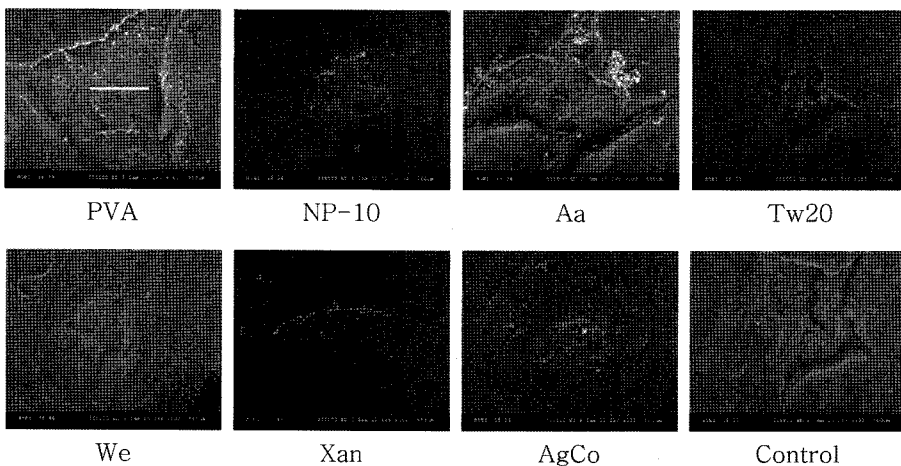


Fig. 2. Fruit lenticel structure after tree-spray of calcium formate compounds extracted from oyster shell with some active agents of 'Fuji' apple at harvest by scanning electron micrographs (100x). *PVA, polyvinyl alcohol 5%; NP10, nonylphenol 5%; Aa, ascorbic acid 5%; Tw20, Tween 20 (polyoxyethylene sorbitan monolaurate) 5%; We, wax emulsion 5%; Xan, xanthan gum 5%; AgCo, Ag colloidal 5%.

어저 형태가 특이하다고 하였다(Kim, 1988). 그리고 수관 살포에 의한 과실로의 칼슘 축적은 주로 큐티클 층과 표피세포 및 과점(과목)을 통하여 이루어지며 (McFarlane과 Berry, 1974), Moon 등(1998a)은 칼슘을 생육전기와 후기로 구분하여 수관살포할 경우 과피와 과육의 칼슘축적은 생육 후기살포가 효과적이며 이는 과피의 표면적, 과점의 수, 크기 차이로 칼슘침투가 용이하기 때문이라고 하였다. 과피의 구조변화는 Glenn 등(1985)은 과피 큐티클 층 외부의 왁스층은 과실발육이 진행될수록 발달하여 과면에서의 양분 흡수를 저해시키거나 과실발육 후반기에 큐티클과 왁스층의 균열이 일어나 이곳을 통한 양분의 침투가 용이해 진다고 하였으며, Schonherr와 Bukovac(1972)은 큐티클 층을 통한 칼슘확산 경로는 칼슘침투에 있어서 중요한 경로

이며 칼슘이온은 cutin matrix 및 친수성 펙틴과 외피 세포벽 부분을 반드시 통과하여야 된다고 하였다. 이러한 시험결과와 관련시켜 볼 때 유기태 칼슘인 Os-CaF을 ‘후지’ 사과에 공급시 생육후기에 활성제인 PVA와 혼용하여 살포하는 것이 과실로의 칼슘공급에 더 유리할 것으로 판단되었다.

3. 과실 품질

칼슘제 단독처리와 OS-CaF와 각종 활성제를 혼용하여 수채살포한 후 수확시 과실 품질을 조사한 결과 처리별 과실품질의 차이는 없었다(Table 4, 5). Moon 등(1999)에 의하면 사과에 굴 껍질에서 추출한 칼슘화합물을 수관 살포한 결과 수확 시에 과실의 경도 변화는 ‘쓰가루’에서는 없으나, ‘조나골드’와 ‘후지’에서는

Table 4. Effect of tree-spray of calcium formate compound extracted from oyster shell on the fruit quality and Hunter value of fruit skin in ‘Fuji’ apple at harvest.

Treatment ^z (mg·kg ⁻¹)	Fruit weight (g)	Firmness (N) ^y	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)	Hunter value		
					L	a	b
Os-CaC(356.0)	253a ^x	31.4a	12.4a	0.25a	41.6a	19.9a	16.0a
Os-CaF(52.4)	246a	31.4a	12.7a	0.29a	43.1a	18.2a	14.7a
Os-CaF(26.2)	276a	32.3a	11.7a	0.25a	41.6a	19.1a	13.8a
Control	278a	32.3a	12.8a	0.31a	39.6a	20.9a	13.0a

^zOs-CaC: calcium chloride compound extracted from oyster shell, Os-CaF: calcium formate compound extracted from oyster shell.

^yFlesh firmness : Newton(N)/φ8 mm plunger.

^xMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $p=0.05$.

Table 5. Effect of tree-spray of calcium formate compound extracted from oyster shell with some active agents on the fruit quality and Hunter value of fruit skin in ‘Fuji’ apple at harvest.

Treatment ^z (mg·kg ⁻¹)	Fruit weight (g)	Firmness (N) ^y	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)	Hunter value			
					L	a	b	
Control	269a ^x	32.3a	12.5a	0.28a	42.4a	19.2a	14.4a	
Xan	288a	31.4a	12.4a	0.31a	38.0a	23.8a	12.7a	
Aa	293a	30.4a	12.3a	0.27a	42.1a	18.1a	14.3a	
Os-CaF (52.4)	Tw 20	274a	31.4a	12.0a	0.29a	39.2a	21.3a	12.9a
	We 0.5	283a	30.4a	13.3a	0.31a	42.5a	19.6a	13.8a
	AgCo	282a	31.4a	12.7a	0.32a	42.4a	20.3a	14.4a
	NP 10	290a	32.3a	13.0a	0.29a	41.1a	20.2a	14.3a
PVA	283a	32.3a	12.0a	0.25a	38.8a	22.3a	12.9a	

^zOs-CaF: calcium formate compound extracted from oyster shell, Xan: xanthan gum 5%, Aa: ascorbic acid 5%, Tw 20: Tween 20(polyoxyethylene sorbitan monolaurate) 5%, We: wax emulsion 5%, AgCo: Ag colloidal 5%, NP 10: nonylphenol 5%, PVA: polyvinyl alcohol 5%.

^yFlesh firmness : Newton(N)/φ8 mm plunger.

^xMean separation within columns by Duncan’s multiple range test at $p=0.05$.

높아져 품종 간 차이가 있다고 하였으며, Choi(1989)와 Moon 등(1999)은 과육에 칼슘 함량이 높을 수록 저장 중에 과실 경도가 높게 유지된다고 하였다. 그러나 본 시험에서는 과피 및 과육의 칼슘농도가 증가하였음에도 불구하고 과실 경도는 차이가 없었는데 이는 무기태 칼슘과 유기태 칼슘염의 차이에서 나타난 결과인지, 아니면 과실의 경도 차이를 나타낼 정도로 칼슘농도가 증가되지 않았는지는 보다 더 세밀한 검토가 요구되었다.

적 요

본 연구는 굴 껍데기로 제조한 개미산 칼슘화합물에 몇 가지 활성제를 첨가한 용액 수관살포가 사과 '후지' 과실의 칼슘농도, 과점의 발육 및 품질에 미치는 영향을 구명코자 실시하였다. 굴 껍데기로부터 추출한 칼슘화합물(Os-CaF, 52.4mg·kg⁻¹)을 수관살포하였을 때 조직으로의 칼슘전이 효과는 무처리에 비하여 잎, 과피 및 과육에서 현저한 증가를 보였다. 그리고 Os-CaF에 활성제를 첨가하여 살포하였을 때 '후지' 과실의 칼슘 함량은 증가되었다. 특히, 잎에서는 ascorbic acid, polyvinyl alcohol을, 과피에서는 Ag-colloidal, polyvinyl alcohol을, 과육에서는 ascorbic acid, Ag-colloidal, polyvinyl alcohol을 첨가한 칼슘화합물이 칼슘 흡수량을 현저히 증가시켰다. 칼슘화합물의 농도 및 활성제 종류에 따른 과실품질(과중, 경도, 가용성고형물, 산 함량, 과피색)은 차이가 없었다.

주제어 : 가용성고형물, 과실 경도, 활성제, 헤티값

사 사

이 논문은 2004년도 상주대학교 기술혁신센터 연구비지원에 의해 수행되었음.

인 용 문 헌

1. Choi, J.S. 1989. Studies on various factors affecting

calcium accumulation in apple fruits. Ph.D. Diss., Chungnam Natl. Univ., Korea.

2. Choi, J.S., I.S. Woo, and J.K. Kim. 1997. Studies on development and utilization of activated calcium compound for improving fruit quality. Specific Res. Rpt. of R.D.A., Korea.

3. Choi, J.S., K.U. Lee, J.M. Choi, Y.J. Ahn, and J.H. Seo. 2000. Tree-spray liquid calcium compound extracted from egg-shell in apple tree. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:503-506.

4. Glenn, G.M., B.M. Poovaiah, and H.P. Rasmussen. 1985. Pathways of calcium penetration through isolated cuticles of 'Golden Delicious' apple fruit. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110:166-171.

5. Kim, S.B. 1988. Studies on the pathogenic fungus, chemical control and resistance of apple rot disease caused by *Botryosphaeria dothidea*. Ph.D. Diss., Wonkwang Univ., Korea.

6. Mason, J.L. 1979. Increasing calcium content of calcium-sensitive tissue. Commun. Soil Sci. plant Anal. 10:349-371.

7. McFarlane, J.C. and W.L. Berry. 1974. Cation penetration through isolated leaf cuticles. Plant Physiol. 53:723-727.

8. Moon, B.W., C.J. Choi, and J.K. Kim. 1998a. Effects of surfactant and calcium compounds extracted from oyster shells on the calcium content of apple fruit treated alone or with agrochemicals. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:716-720.

9. Moon, B.W., C.J. Choi, and M.Y. Park. 1998b. Effects of calcium compounds extracted from oyster shells on the calcium content in apple fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:454-459.

10. Moon, B.W., C.J. Choi, and K.H. Kim. 1999. Effects of calcium compounds extracted from oyster shells on the physiological disorder, pathogenic decay and quality in apple fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:41-44.

11. Schonherr, J. and M. Bukovac. 1972. Penetration of stomata by liquids. Plant Physiol. 49:813-819.

12. Yin, K.K., B.W. Moon, Y.J. Ahn, and J.S. Choi. 2005. Effect of postharvest dipping in CaCl₂ solutions with some adjuvants on the fruit quality and calcium concentration of 'Fuji' apples during storage. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23:181-187.

13. Walton, H.V., O.J. Cotterill, and J.M. Vandepopuliere. 1973. Composition of shell waste from egg breaking plants. Poultry Sci. 52:1836-1841.