Kor. J. Hort. Sci. Technol. 29(4):298-305, 2011

액상 칼슘 화합물 엽면살포에 의한 스탠다드 국화 '백마'의 줄기 경도 강화

이창희[1,2*] · 남미경[1]

[1]한경대학교 원예학과, [2]한경대학교 극동아시아생물자원연구소

Enhancement of Stem Firmness in Standard Chrysanthemum 'Baekma' by Foliar Spray of Liquid Calcium Compounds

Chang Hee Lee[1,2*] and Mi Kyong Nam[1]

[1]Department of Horticulture, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea
[2]Research Institute for the Far East Asian Bio-Resources, Hankyong National University, Anseong 456-749, Korea

Abstract. This study was conducted to enhance the stem firmness of standard chrysanthemum 'Baekma' bred in Korea for commercial quality improvement and inhibition of stem breaking during transportation through foliar spray with calcium agents. Calcium agent screening 'Baekma' was examined using $CaCl_2{\cdot}2H_2O$, $Ca(NO_3)_2{\cdot}4H_2O$, and OS-Ca (natural liquid calcium compounds extracted from oyster shell) depending on each concentration (0, 0.001, 0.01, 0.1, and 1.0%, respectively). All calcium agents sprayed with 1.0% caused chemical injury such as stem bending or leaf burn. OS-Ca also showed more sensitive response to chemical injury than the other calcium agents because OS-Ca was absorbed very well by 'Baekma' leaves. Maximum stem firmness measured during the final harvest was greater in OS-Ca than in the other calcium agents. Especially, maximum stem firmness was greatest in 0.01% OS-Ca. However, elastic strength and maximum bending stress were greater in 0.001% OS-Ca than in the others. Thus, OS-Ca ranged from 0.005 to 0.05%, which did not show any chemical injury, was finally selected as the first candidate for hardening the stem of 'Baekma'. The next experiment using OS-Ca was conducted with the concentrations of 0, 0.005, 0.01, and 0.05%, respectively. From the results, 0.05% OS-Ca showed better plant growth and parameters such as plant height, stem diameter (upper and middle part), the number of leaves, and dry weights of each part than the other concentrations of OS-Ca and control. As for stem firmness depending on OS-Ca concentration, the Ca content within stem, maximum firmness, elastic strength, and maximum bending stress of stem in 'Baekma' sprayed with 0.05% OS-Ca showed the highest values among all the treatments and it turned out to be very high level of significance between control and OS-Ca treatments. However, the area and percentage of the inside cavity within horizontal stem section in 'Baekma' did not show any significance between any treatments including control. Thus, stem firmness of 'Baekma' did not show any correlation with the inside cavity area of stem. In conclusion, we recommend foliar sprays with 0.05% OS-Ca at vegetative growth stage to enhance stem firmness of 'Baekma' during transportation.

***Additional key words*:** bending stress, Ca content, elastic strength, foliar application, inside cavity

서 언

스탠다드국화 '백마(Baekma)'는 2004년 국내에서 육성한 순백색의 대륜 국화(Shin et al., 2005)로서, 꽃잎 수(300장 내외)가 많고 노심현상이 발생하지 않으며, 꽃잎의 전개가 가지런하다는 장점을 가지며(RDA, 2008) 중앙부가 녹색을 띠고 볼륨감과 절화 수명이 우수하여 소비자로부터 호평을 받고 있다. 기존의 수출 주력 품종인 '신마(Jinba)'에 비해 여름재배시 화색의 변화가 적고 품질이 높아 2007년 처음 재배가 시작된 후, 재배 첫해에 일본시장에 시범 수출되어 일본 소비자들로부터 화색 및 절화 수명에 있어 좋은 반응을 얻음으로써, 일본 품종인 '신마'를 대체할 수 있는 우

***Corresponding author:** changheelee@hknu.ac.kr

※ Received 11 March 2011; Accepted 17 June 2011. 본 연구는 농촌진흥청 농업과학기술개발 공동연구사업(과제번호 : PJ006670200902)의 지원에 의해 이루어진 것임

수한 품종으로 평가를 받고 있다. 특히 2009년 200만$의 수출액을 기록하면서 전체 국화 수출액의 25%를 차지하고 있다(KATI, 2010).

'백마'는 다른 스탠다드 품종에 비하여 생육이 빠르고, 특히 여름철에 밀식되고 부적절한 환경관리를 하면 줄기의 신장이 더욱 빨라져, 줄기가 연약해지고, 절화 수확 시 줄기가 부러져 상품성이 떨어지는 현상이 발생된다고 하였다(RDA, 2008). Choi et al.(2009)는 이러한 '백마'의 줄기 부러짐을 방지하기 위하여 규산질 비료($K_2Si_2O_5$)를 엽면시비한 결과, 줄기의 경도와 강도는 무처리구에 비하여 시비구에서 높았으며, 60mg·L^{-1} 1회 시비에서 경도와 강도가 가장 높았다고 하였다. 또한 Goo(2008)는 칼라(*Zantedeschia aethiopica* 'Wedding March')에 칼슘제($CaCl_2$, 0.1%)를 엽면살포하여 줄기의 경도를 무처리구에 비해 55% 증가시켰다고 보고하였다. 이외에 칼슘제 엽면살포에 의한 화훼류의 줄기 경도 강화에 대한 연구는 거의 전무한 상태이다. Ca 이온은 토양에서뿐만 아니라 엽면시비에 의한 흡수율도 다른 원소에 비해 상대적으로 낮은데, 굴과 계란 껍질에서 추출한 액상 칼슘 화합물을 엽면시비할 경우 칼슘 증대 효과가 여러 작물에서 인정되었다고 한다(Choi et al., 2000; Moon et al., 1999). 하지만 이는 과실의 상품성 향상에 대한 연구가 대부분이다.

따라서 본 연구는 스탠다드 국화 '백마'에 칼슘제를 처리함으로써 줄기 경도를 강하게 하여 상품성을 향상시키고 수송시 줄기가 부러지는 현상을 방지하고자 수행하였다.

재료 및 방법

엽면살포용 칼슘제 선발

본 실험은 국립원예특작과학원에서 2004년에 육성한 스탠다드 국화 '백마'의 삽목발근묘를 사용하여 전북 익산시 왕궁면 흥암리의 국화 농가의 플라스틱하우스에서 수행하였다. 2009년 3월 20일 발근묘를 정식하여 7월 1일에 수확하는 하계 작형으로 재배하였으며, 단일처리는 5월 5일부터 실시하였다. 칼슘제 살포 시 잎에 약흔이 남아 상품성이 저하될 우려가 있는데, 이를 예방하기 위하여 칼슘제 중 수화 형태를 취한 염화칼슘($CaCl_2$·$2H_2O$, 100%, Duksan Pure Chemical Co., Ltd, Korea), 질산칼슘[$Ca(NO_3)_2$·$4H_2O$, 100%, Duksan Pure Chemical Co., Ltd, Korea], 그리고 굴 껍질에서 추출한 액상 천연 칼슘 화합물(OS-Ca®, CaO, 17%, M Horticultural Technique Research Institute, Hwaseong, Korea)을 사용하였다. 액상 천연 칼슘 화합물(OS-Ca)의 상세한 성분 조성은 Moon et al.(1999)와 Moon(1999)을 참조하였다. 처리농도는 Ca 함량을 기준으로 0, 0.001, 0.01, 0.1, 1.0%의 용액을 조제하여 정식 후 50, 70, 90일째 각각 엽면살포하여 처리구당 3회 칼슘제를 처리하였다. 칼슘제의 처리 방법은 식물체 전체에 소형 스프레이로 주당 50mL를 살포하였으며, 재배환경, 살포시간, 살포시기 및 기상상태에 따라 엽면살포 시 그 흡수량의 차이가 나타날 것으로 판단되어 살포시기를 햇빛이 약한 오전 혹은 차광상태에서 실시하였다.

시험구는 반복당 24주로 완전임의배치 3반복으로 배치하였다. 2009년 3월 20일에 로젯트 타파 후 재식거리를 12 × 12cm로 8주(1항당 65m)를 정식하였고, 동시 화아분화의 조건에 맞추기 위해 오전 2시부터 일출까지 전조하였으며, 삼파장등(25W, 4m 간격)이 설치되었다. 멀티피드(Multifeed, Haifa Chemicals Co. Ltd., Israel)를 양액으로 EC 1.8dS·m^{-1}로 맞추어 점적관수를 하였으며, 황토와 쌀맛나 골드[㈜풍농, 한국]를 600평에 20kg 4포를 시용하였다. 채화 및 최종 생육 조사는 7월 1일에 실시되었으며 초장, 엽수, 약해 발생 정도, 줄기 경도에 관련된 특성을 조사하였다. 줄기 특성은 상부(정단부에서 15cm 지점)과 중부(정단부에서 30cm 지점)로 나누었다.

선발된 칼슘제의 적정 농도 선발시험

본 실험은 이전 실험과 동일한 플라스틱하우스에서 수행하였고, 2009년 7월 30일 '백마'의 삽목발근묘를 정식하여 11월 4일에 수확하는 작형으로 재배하였으며 단일처리는 9월 26일부터 실시하였다. 본 실험에서는 액상 천연 칼슘 화합물(OS-Ca®)을 사용하였으며, 처리농도는 Ca 함량을 기준으로 0, 0.005, 0.01, 0.05%로 처리하였으며, 정식 후 50일, 70일, 90일째 각각 엽면살포하여 처리구당 3회 칼슘제를 처리하였다. 시험구는 반복당 40주로 완전임의배치 3반복으로 배치하였다. 2009년 7월 30일에 재식거리를 12 × 12cm로 정식하였고, 채화 및 최종 생육 조사는 11월 4일에 실시하였다. 초장, 화아직경, 엽장, 엽폭, 엽수, 총건물중, 엽건물중, 줄기 건물중, 화아건물중, 줄기 경도에 관련된 특성을 조사를 하였다. 줄기 특성은 상부(정단부에서 15cm 지점)와 중부(정단부에서 30cm 지점)로 나누었으며, 조사항목으로는 줄기 직경, 줄기 경도, 줄기 내 칼슘을 포함한 양이온 함량(%), 줄기횡단면의 공동(空洞, cavity) 관련 면적과 비율을 조사하였다.

줄기경도 측정

화뢰 단계에서 '백마' 절화를 수확하여 texture analyzer (TA Plus, LLOYD, UK)를 이용하여 줄기 부위별 상부(정단부에서 15cm 지점)와 중부(정단부에서 30cm 지점)로 나누어 각 처리구당 5반복 9개체씩 경도와 굴곡탄성을 측정하였다.

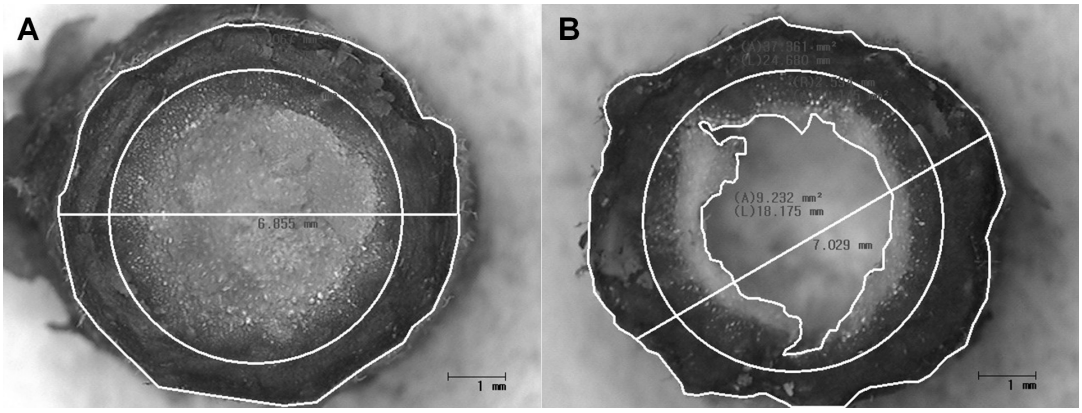

Fig. 1. Measuring method on horizontal stem section for total pith, cavity area, and percentage in cut standard chrysanthemum 'Baekma' (A, non-cavity in stem; B, occurrence of cavity in stem).

줄기 공동률 분석

줄기 직경과 공동률(%) 분석방법은 실체현미경(DE/MZ16A, Leica, Swiss)으로 칼슘제 처리별로 줄기 직경과 공동률(%)을 처리농도당 15개체씩 줄기의 상부와 중부로 나누고 개체의 각 부위당 1mm 두께의 횡단면을 3반복으로 Scalar Imaging Analysis Software(Scalar Imaging System, V2.88, Scalar Korea Co. Ltd., Daejeon)를 이용하여 부위별 면적을 측정하였다(Fig. 1).

식물체분해 및 분석

엽면살포용 칼슘제 선발실험은 수확한 절화의 줄기를 건조기에 넣어 건조시킨 후, microwave NO_3 분해장치(MARSXpress, CEM, USA)를 이용하여 분해하였으며, 각 처리구는 3반복씩 반복당 10주로 처리구당 총 30주를 분해하고 1주당 3반복의 분획물을 inductively coupled plasma(ICP, OPTIMA 7300DV, PerkinElmer, USA)을 이용하여 줄기 내 Ca 함량을 정량하였다.

자료 분석

통계분석은 SAS 프로그램(Statistical Analysis System, V9.1, Cary, NC, USA)을 이용하였고 처리 평균간 차이는 Duncan's multiple range test(DMRT)에 의하여 유의성을 검정하여 작성하였다.

결과 및 고찰

엽면살포용 칼슘제 선발

엽면살포용 칼슘제 선발시험에서는 3종류의 칼슘제인 염화칼슘 ($CaCl_2 \cdot 2H_2O$), 질산칼슘[$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$], 액상 칼슘화합물(OS-Ca)을 5수준의 농도로 20일 간격으로 3회 처리한 결과, 사용된 모든 칼슘제에서 1.0%(Ca 함량 기준) 처리

Table 1. Effects of calcium agents on chemical injury of leaves and stem in cut standard chrysanthemum 'Baekma'.

Ca (%)	Calcium compound		
	$CaCl_2 \cdot H_2O$	$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	OS-Ca
0.0	-[z]	-	-
0.001	-	-	-
0.01	-	-	-
0.1	-	-	+
1.0	+++	+++	+++

[z]Normal, -; low injury, +; medium injury, ++; high injury, +++. Symptoms of chemical injury were stem bending and leaf burn.

시 공통적으로 엽소 및 줄기가 휘는 강한 약해 현상이 나타났다(Table 1). 약해 정도는 OS-Ca에서 가장 심하였고, 0.1% OS-Ca 처리구에서도 약해 현상이 나타났다. 스프레이 국화 '금수'에서도 1.0% 염화칼슘의 엽면살포 시 잎 가장자리가 갈색으로 변하는 약해가 나타났다는 보고가 있었다(Hwang et al., 2008). 염화칼슘은 pH가 높아 농약과 혼용이 불가능하며 고온기 엽면살포는 약해가 발생할 수도 있으며, 질산칼슘을 엽면살포할 경우, 질소와 칼슘을 동시에 흡수하여 지나친 영양생장을 하게 되고, 탄산칼슘은 희석시 물에 칼슘이 잘 용해되지 않고 현탁액이 남아 있는 현상을 나타낸다고 하여 칼슘제 종류에 따른 차이가 있다고 하였다(Moon, 1999). 따라서 '백마'의 경우, 칼슘제 엽면살포시 칼슘 함량을 기준으로 1.0% 이하를 처리해야 할 것으로 판단되었으며, 특히 OS-Ca는 타 칼슘제에 비해 식물체 내로의 침투가 더욱 뛰어난 것을 알 수 있었다.

'백마'의 수확 후 생육 결과를 보면 0.001% $CaCl_2 \cdot 2H_2O$에서 초장, 부위별 줄기 직경, 엽수 모두 가장 우수한 생육 결과를 나타내었다(Table 2). 그러나 각 칼슘제의 1.0% 처리구는 약해에 의한 생육 저하가 뚜렷하게 나타났으며, 무처리구와 큰 차이를 보이지 않았다. Hwang et al.(2008)은

Table 2. Growth characteristics of cut standard chrysanthemum 'Baekma' as influenced by kind and concentration of calcium agents at the final harvesting date.

Compound	Ca (%)	Cut flower length (cm)	Stem diameter (mm)		No. of leaves
			15 cm[z]	30 cm	
Control	0.0	92.37 e[y]	7.38 ab	7.01 ab	49.80 de
$CaCl_2 \cdot 2H_2O$	0.001	114.23 a	7.71 a	7.41 a	59.40 a
	0.01	98.27 cd	7.10 abc	6.67 abc	57.27 ab
	0.1	99.93 cd	5.86 e	5.59 d	46.87 ef
	1.0	84.43 f	5.76 e	6.30 bcd	44.87 f
$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$	0.001	104.53 b	7.44 ab	6.91 abc	52.53 cd
	0.01	100.87 cd	7.35 ab	6.94 abc	54.33 bc
	0.1	99.53 cd	7.15 abc	6.70 abc	50.00 de
	1.0	86.53 f	6.24 de	6.14 cd	52.67 cd
OS-Ca	0.001	93.10 e	6.30 de	6.11 cd	57.67 ab
	0.01	101.83 bc	6.52 cd	6.11 cd	56.67 abc
	0.1	97.53 d	6.85 bcd	6.41 bcd	49.47 de
	1.0	73.07 g	4.69 f	6.32 bcd	38.67 g
Significance		***	***	**	***

[z]Distance from terminal flower bud.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.
,* Significant at $P = 0.01$ or 0.001, respectively.

염화칼슘, 질산칼슘, 탄산칼슘을 각각 0.25%, 0.5%, 1.0%의 농도로 살포한 결과, 살포농도가 높을수록 절화장이 짧게 나타났으며, 줄기 직경, 엽수, 엽장, 엽폭 등도 같은 경향으로 무처리에 비해 칼슘제의 살포 농도가 높을수록 작아지는 경향을 나타났다고 하였다. 본 실험 결과에서도 칼슘제 농도에 증가에 따른 생육 저하 현상이 일부 나타났으나 상대적으로 낮은 농도를 처리하여 Hwang et al.(2008)의 결과와 차이를 보였다. '백마'의 생육단계별 지제부 양액농도 변환 공급에 따른 생육 특성을 조사한 결과, EC를 2.0 → 2.0 → 2.0dS·m^{-1}로 변환한 처리구에서 가장 우수한 절화 품질이 나타났고 특히 식물체내 CaO의 함량이 증가하였다는 보고(Hwang et al., 2009)도 있었다. 따라서 칼슘제 및 적정 농도가 국화의 생육에 중요한 요인이라고 판단되었다.

'백마' 절화를 수확하여 texture analyzer를 이용하여 줄기 부위별(상, 중)로 경도와 굴곡탄성을 측정한 결과, 최대경도에서 0.01% OS-Ca 처리구가 줄기부위에 관계없이 가장 강하게 나타났고, 탄성강도와 최대굴곡강도에서는 0.001% OS-Ca 처리구가 가장 우수하게 나타났다(Table 3).

선발된 칼슘제의 적정 농도 선발시험

본 실험은 '백마'의 줄기 경도를 높이기 위한 목적으로 실시되었기에 앞선 결과를 토대로 줄기 경도 강화에 적합한 칼슘제로 최대경도, 탄성강도, 최대굴곡강도가 가장 우수하고 Ca 흡수력이 뛰어난 OS-Ca을 선발하였으며 약해가 나타나지 않았던 농도 범위인 0, 0.005, 0.01, 0.05%로 조정하여 적정 농도를 찾고자 하였다. '백마'의 수확 후 생육 결과를 보면 OS-Ca 0.05%에서 초장, 상·중부 줄기 직경 및 엽수에서 가장 우수하였고, OS-Ca 처리구간의 차이는 인정되지 않았지만 무처리구와의 차이는 고도의 유의성을 나타내었다(Table 4). 그러나 화아직경, 엽장 및 엽폭에서는 무처리구와 처리구간의 차이를 보이지 않았다. 또한 총건물중, 엽건물중, 줄기 건물중에서도 0.05% OS-Ca가 가장 우수하였으나, 줄기의 건물중을 제외하고는 유의성이 없었다(Table 5). Moon(1999)은 OS-Ca을 엽면살포한 후 수확시 수량을 조사한 결과 무처리에 비해 상추는 10.8%, 시금치 10.1%, 풋고추 8.5%, 건고추 9.3%의 생체중을 증대시킬 수 있었다고 하는데, 이와 같은 결과들은 잎과 과실의 두께가 두꺼워서 나타난 결과로 추정하였다. '백마'의 생육에서 특히 줄기의 직경과 건물중에서 0.05% OS-Ca 처리는 무처리구와의 차이가 현저하게 나타나 생육 자료만으로도 줄기 경도 강화에 효과적일 것으로 판단되었다.

'백마' 수확 후 texture analyzer를 이용하여 줄기 부위별(상, 중) 경도, 탄성강도, 최대굴곡강도를 측정한 결과, 부위에 관계없이 경도, 탄성강도, 최대굴곡강도에서 0.05% OS-Ca처리구가 가장 우수하게 나타났고, 무처리구에 비해 모든 OS-Ca처리구가 고도의 유의성을 나타내었다(Table 6). 따라서 줄기의 경도뿐만 아니라 휘어졌다 펴지는 탄성, 그리고 부러질 때까지 견디는 힘이 매우 높은 0.05% OS-Ca

Table 3. Stem firmness of cut standard chrysanthemum 'Baekma' as influenced by kind and concentration of calcium agents at the final harvesting date.

Compound	Ca (%)	Max. stem firmness (kgf)		Elastic strength (MPa)		Max. bending stress ($kgf{\cdot}cm^{-2}$)	
		15 cmz	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
Control	0.0	2.52 abc[y]	3.23 abc	132.7 cde	218.4 ab	148.9 bcd	220.2 a
$CaCl_2{\cdot}2H_2O$	0.001	1.82 cd	2.33 a-d	113.7 def	163.5 abc	119.2 de	164.9 abc
	0.01	2.89 ab	2.87 a-d	159.1 abc	184.3 abc	162.6 abc	186.3 abc
	0.1	2.30 bc	2.33 a-d	141.6 bcd	166.1 abc	145.0 bcd	167.8 abc
	1.0	1.20 de	2.15 bcd	87.4 f	144.0 c	93.8 e	146.0 c
$Ca(NO_3)_2{\cdot}4H_2O$	0.001	2.34 bc	2.60 a-d	151.8 a-d	172.9 abc	15 abc	180.0 abc
	0.01	2.78 ab	3.08 a-d	171.3 abc	212.5 ab	175.8 ab	214.3 a
	0.1	2.86 ab	2.81 a-d	171.1 abc	206.5 ab	179.8 ab	210.4 ab
	1.0	1.17 de	1.93 cd	99.0 ef	157.3 bc	131.5 cd	161.8 abc
OS-Ca	0.001	2.57 abc	3.01 a-d	189.9 a	221.6 a	192.3 a	224.5 a
	0.01	3.25 a	3.66 a	171.3 abc	201.9 abc	174.1 ab	205.1 abc
	0.1	2.88 ab	3.49 ab	174.7 ab	212.3 ab	177.1 ab	214.7 a
	1.0	0.84 e	1.66 d	76.3 f	144.7 c	97.0 e	148.9 bc
Significance		***	**	***	**	***	*

[z]Distance from terminal flower bud.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.
[*,**,***]Significant at P = 0.05, 0.01 or 0.001, respectively.

Table 4. Growth characteristics of cut standard chrysanthemum 'Baekma' as influenced by OS-Ca concentration at the final harvesting date.

Ca (%)	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)		Flower bud diameter (cm)	Leaf		
		15 cm[z]	30 cm		Length (cm)	Width (cm)	No. of leaves
0	71.3 c[y]	6.80 b	6.40 b	1.48 a	9.06 a	4.88 a	43.0 c
0.005	74.9 b	7.82 a	7.48 a	1.56 a	9.52 a	5.12 a	47.6 ab
0.01	72.1 bc	7.84 a	7.18 a	1.56 a	9.48 a	5.06 a	46.3 b
0.05	80.9 a	8.02 a	7.64 a	1.62 a	9.48 a	5.00 a	49.5 a
Significance	***	***	***	NS	NS	NS	***

[z]Distance from terminal flower bud.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.
[NS,***]Nonsignificant or significant at P = 0.001.

Table 5. Plant dry weights of cut standard chrysanthemum 'Baekma as influenced by OS-Ca concentration at the final harvesting date.

Ca (%)	Total (g)	Leaves (g)	Stem (g)	Flower bud (g)
0	9.48 a[z]	4.44 a	4.93 b	0.12 a
0.005	11.43 a	4.89 a	6.40 a	0.14 a
0.01	11.21 a	4.89 a	6.20 ab	0.12 a
0.05	12.27 a	5.14 a	7.01 a	0.12 a
Significance	NS	NS	*	NS

[z]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.
[NS,*]Nonsignificant or significant at P = 0.05.

처리구가 절화 수송시 줄기 부러짐 현상을 억제할 수 있는 가장 적합한 처리로 판단되었다.

국화 '백마' 품종은 여름 고온기에 줄기 공동현상이 발생하기 쉬우며, 줄기가 비어 있어도 절화수명에는 큰 문제가 없으나 생육이 불량하여 연약하게 자라면 줄기의 강도가 약하여 쉽게 부러지는 현상이 증가한다고 보고되어 있다(RDA, 2008). 이와 관련된 '백마'의 줄기 경도와 줄기 공동화 현상에 대한 관계 구명을 위하여 각 처리에 따른 줄기 횡단면의 공동면적을 광학현미경으로 분석한 결과, 줄기 횡단면의 공동률(inside cavity)과 수조직(pith) 비율에는 처리간 유의성은 없었으나, 상부 줄기의 수조직 비율이 칼슘제 처리구에서 높게 나타났다(Table 7).

'백마'의 줄기 공동화 현상과 그 원인에 대한 문헌적 근거는 아직 없으나, '백마'에서 주로 나타나는 현상이며 화아분화기 전까지는 나타나지 않다가 화아분화기 이후부터 급격히 진

Table 6. Stem firmness of cut standard chrysanthemum 'Baekma' as influenced by OS-Ca concentration at the final harvesting date.

Ca (%)	Max. stem firmness (kgf)		Elastic strength (MPa)		Max. bending stress (kgf·cm^{-2})	
	15 cm[z]	30 cm	15 cm	30 cm	15 cm	30 cm
0	2.23 b[y]	2.41 b	110.0 b	131.3 b	121.1 b	137.4 b
0.005	2.83 a	3.19 a	176.1 a	204.1 a	186.4 a	210.6 a
0.01	2.94 a	3.22 a	181.5 a	205.9 a	193.6 a	212.3 a
0.05	3.03 a	3.73 a	187.3 a	243.0 a	199.8 a	248.3 a
Significance	*	***	***	***	***	***

[z]Distance from terminal flower bud.
[y]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.
[*,***]Significant at P = 0.05 or 0.001, respectively.

Table 7. Percentage of inside cavity and pith area on horizontal stem section of cut standard chrysanthemum 'Baekma' as influenced by OS-Ca concentration at the final harvesting date.

Ca (%)	Inside cavity percentage (%)[z]		Pith area percentage (%)[y]	
	15 cm[x]	30 cm	15 cm	30 cm
0	7.7 a[w]	6.8 a	49.3 b	54.0 a
0.005	7.0 a	9.1 a	58.7 a	56.2 a
0.01	6.4 a	11.4 a	60.2 a	58.9 a
0.05	6.4 a	12.5 a	60.7 a	59.6 a
Significance	NS	NS	***	NS

[z]Inside cavity percentage (%) = cavity area (cm^2) / total area (cm^2) of horizontal stem section × 100.
[y]Pith area percentage (%) = pith area (cm^2) / total area (cm^2) of horizontal stem section × 100.
[x]Distance from terminal flower bud.
[w]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.
[NS,***]Nonsignificant or significant at P = 0.001.

행되는 것으로 알려져 있다(RDA, 2008). Hwang et al.(2009)은 '백마'의 양액재배 시 EC를 생육단계별로 변환시켜 2.0 → 2.0 → 2.0dS·m^{-1}로 처리한 구에서 줄기 공동화가 적게 나타났고, 줄기가 굵을수록 공동의 크기가 줄어들고 내피와 외피 사이의 두께가 두꺼운 경향을 나타내며, 초장, 줄기 직경 등 생육이 왕성할수록 줄기 공동의 크기가 줄어들며 그에 따라 절화품질이 향상된다고 하였다. 또한 Hwang et al.(2010)은 특히 에세폰 2,000배를 개화 30일전에 처리한 구가 무처리구 23%에 비해 공동의 면적이 16%로 가장 적게 나타난다고 하였다. 그러나 본 칼슘제 실험의 결과를 보면 무처리구 대비 OS-Ca 처리에 따른 줄기 직경(Table 4)은 증가하였고, 줄기의 경도 특성(Table 6)도 강화되었으나, 줄기 내 공동률 변화의 차이는 인정되지 않았으므로 줄기의 경도와 공동률간의 상관관계는 없는 것으로 나타났다.

OS-Ca 처리에 의한 '백마' 줄기 내 Ca 등의 함량은 질산분해법에 의한 ICP 측정 결과, Ca, K, P_2O_5에서 처리간 유의성을 나타내었으며, 0.05% OS-Ca 처리구가 Ca, K, P_2O_5에서 가장 높은 함량을 나타내었다(Table 8). 그러나 Mg과 Na은 처리간 차이가 없었다. 주목할 만한 점은 0.05% OS-Ca 처리구에서 특히 Ca 함량이 높은 것으로 나타났으며, 이는 기본 생육량, 줄기 건물중, 줄기 경도뿐만 아니라 Ca 함량에서도 탁월한 효과를 나타낸 0.05% OS-Ca 처리구가 '백마'의 줄기 경도 향상에 가장 적절한 처리구로 판단되었다. 최근 개발된 굴껍질로부터 추출한 OS-Ca은 고추(Moon et al., 1995), 사과(Moon et al., 1998a), 배(Moon et al., 1998b), 단감(Moon et al., 2002) 등에 엽면살포할 경우 칼슘 함량을 증대시켜 칼슘 부족으로 나타나는 생리장해 과실의 발생을 억제함과 아울러 저장력을 향상시킬 수 있다(Moon et al.,

Table 8. Contents of calcium and other ions in stem of cut standard chrysanthemum 'Baekma' as influenced by OS-Ca concentration at the final harvesting date.

Ca (%)	Ca (mg·kg^{-1})	K (mg·kg^{-1})	Mg (mg·kg^{-1})	Na (mg·kg^{-1})	P_2O_5 (%)
0	17.80 b[z]	95.86 bc	5.28 a	5.32 a	0.29 c
0.005	19.20 b	87.79 c	6.53 a	8.32 a	0.29 c
0.01	19.10 b	103.78 ab	3.80 a	7.99 a	0.35 b
0.05	22.60 a	107.35 a	6.43 a	9.30 a	0.39 a
Significance[y]	*	*	NS	NS	***

[z]Mean separation within columns by Duncan's multiple range test at P = 0.05.
[NS,*,***]Nonsignificant or significant at P = 0.001 or 0.05, respectively.

2000)고 하였다. 화훼류의 경우, 백합의 잎과 줄기 내 칼슘 함량도 OS-Ca 처리가 무처리구에 비해 각각 19.4%와 9.1% 증가하였다고 보고되었고, 침투된 칼슘 증가는 주로 수용성 및 치환성 칼슘으로 생리적 활성 칼슘이라고 보고하였다(Moon, 1999). 현재까지 보편적으로 이용되어 왔고 효과가 좋은 화합물은 염화칼슘으로 알려져 왔다. Choi et al.(2000)은 계란 껍질에서 추출한 액상 칼슘 화합물을 사과나무에 수관살포한 결과 과피나 외부 과육의 칼슘 함량이 염화칼슘 살포나 무처리에 비하여 증가되었으며, 액상 칼슘 화합물에는 계란 껍질 속에 존재하는 탄산칼슘(90.9%) 이외에도 단백질 7.56%, 지질 0.24%(Walton, 1973) 등의 유용한 물질이 공존함으로 칼슘의 흡수가 촉진되었을 것으로 설명하였다. 사과에서 Moon et al.(1998a, 1998b)이 밝힌 바와 같이 굴껍질에서 추출한 칼슘 화합물을 수관살포하였을 때 과실의 칼슘 함량 증가에 효과적이었는데 본 시험의 결과로 보아, 국화의 줄기에서도 칼슘 함량이 증대되었으며 이와 같은 효과는 원료에서 칼슘을 추출할 때 유효한 유기물이 함께 추출되어 칼슘의 흡수에 보조적인 역할을 한 것으로 추정된다. 또한 이러한 칼슘제를 이용한 식물 생육 촉진과 줄기 경도 강화는 식물체의 칼슘 흡수량과 관련이 있으며 고농도 칼슘제 처리 시 과잉흡수에 의한 약해 증상도 관찰되어 0.1% 미만이 약해 피해를 입지 않는 것으로 추정되었다(Table 1). 이상의 결과로 볼 때, 0.05% OS-Ca 처리구는 생육 촉진 및 줄기 경도 강화에 가장 적절한 엽면살포 농도로 판단되었고, 무처리구에 비해 초장은 13.5%, 총건물중은 29.4%, 줄기최대경도는 35.9% 증가하여 고품질의 '백마' 절화를 생산하여 생육촉진 및 줄기경도 강화가 가능할 것으로 보이나, 계절적인 환경요인의 차이로 살포시기에 따라 결과가 달리 나타날 수 있어 하계와 춘·추계 처리시 계절적 기후를 감안한 농도 조절이 필요할 것으로 판단되었다.

초 록

본 연구는 칼슘제의 엽면살포를 이용하여 국내육성 스탠다드 국화 '백마' 의 줄기 경도를 증대함으로써 상품성 향상 및 수송시 줄기가 부러져 절화의 품질이 떨어지는 문제점을 방지하고자 수행하였다. '백마'의 칼슘제 선발시험은 염화칼슘($CaCl_2 \cdot 2H_2O$), 질산칼슘[$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$], OS-Ca(굴껍질 에서 추출한 천연 액상 칼슘 화합물)을 사용하였으며 Ca 함량을 기준으로 처리농도는 0, 0.001, 0.01, 0.1, 1.0%로 엽면살포하였다. 모든 칼슘제 1.0% 처리구에서 엽소 현상과 줄기가 휘어지는 심한 약해가 나타났다. OS-Ca는 또한 다른 칼슘제보다 '백마'에 흡수가 가장 잘 되었기 때문에 가장 심한 약해 현상이 나타난 것으로 보인다. 수확 후 최대 줄기 경도는 다른 칼슘제 처리구보다 OS-Ca에서 더 높았으며, 특히 0.01% OS-Ca 처리구가 가장 우수하였다. 반면, 탄성강도와 최대굴곡강도에서는 0.001% OS-Ca 처리구가 다른 처리구보다 높게 나타났다. 따라서 OS-Ca 처리시 약해가 발생하지 않았던 농도인 0.005에서 0.05% 사이를 범위로 하여 '백마'의 줄기 강화에 적합한 칼슘제로 OS-Ca을 선정하였다. 다음 실험에서는 OS-Ca의 처리농도를 0, 0.005, 0.01, 0.05%로 세분화하여 처리하였다. OS-Ca 처리 후 생육을 조사한 결과, 0.05% OS-Ca에서 초장, 상중부 줄기 직경, 엽수 및 부위별 건물중에서 무처리와 다른 처리농도보다 우수하였다. OS-Ca의 농도에 따른 줄기 경도에 있어서는 줄기 내 칼슘 함량, 최대경도, 탄성강도, 최대 굴곡강도에서 0.05% OS-Ca 처리구가 가장 우수하게 나타났고, 무처리구와 OS-Ca 처리구 사이에서 고도의 유의성을 나타내었다. 그러나 줄기 횡단면의 총면적, 수조직 면적, 공동 면적, 공동률은 무처리구를 포함하여 모든 처리구 간의 유의성은 없었다. 따라서 '백마'의 줄기 경도와 줄기 공동률 간의 상관관계는 없는 것으로 판단되었다. 결론적으로, 백마의 영양생장기에 가장 적절한 엽면살포 칼슘제와 농도는 0.05% OS-Ca였으며, 수송 시 백마의 줄기 경도를 강화시킬 것으로 판단되었다.

추가 주요어 : 굴곡강도, 칼슘 함량, 탄성강도, 엽면살포, 공동

인용문헌

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

Choi, S.Y., Y.R. Lee, E.J. Huh, and H.K. Shin. 2009. Effect of planting density and a silicate fertilizer on strength of stem in chrysanthemum 'Baekma'. Flower Res. J. 17:147-151.

Goo, D.H. 2008. Effect of silicate and lime fertilizer on growth of *Zantedeschia aethiopica*. Flower Res. J. 16:222-227.

Hwang, I.T., K.C. Cho, H.G. Kim, G.Y. Ki, B.K. Yoon, J.G. Kim, J.H. Lim, S.R. Choi, and H.K. Shin. 2009. Reduction of stem cavity and improvement of flower quality in chrysanthemum 'Baekma' by hydroponic culture. Flower Res. J. 17:251-255.

Hwang, I.T., K.C. Cho, H.G. Kim, G.Y. Ki1, B.K. Yoon, K.J. Choi, J.H. Lim, S.R. Choi, and H.K. Shin. 2010. Reduction of stem inside-cavity and improvement of flower quality in chrysanthemum 'Baekma' by pH stabilization and foliar spray of ethephon. Flower Res. J. 18:238-243.

Hwang, I.T., K.C. Cho., Y.G. Na., H.G. Kim., G.Y. Gi., B.S. Kim, J.K. Kim, and K.S. Kim. 2008. Effect of foliar fertilization of calcium contained solutions on the growth of cut spray chrysanthemum. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 26(Suppl. I):83. (Abstr.)

Korea Agricultural Trade Information (KATI). 2010. Article

board: Chrysanthemum. http://www.kati.net/homepage/atkati/tra_info/export_list.jsp?MENUCODE=197&BBSID=1&ARTICLESEQ=97777.html.

Moon, B.W. 1999. Effects of liquid calcium fertilizer for horticulture crops. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 17:381-384.

Moon, B.W., I.K. Kang, Y.C. Lee, and J.S. Choi. 2002. Effects of tree-spray of liquid calcium compounds on the mineral nutrients, blossom-end browning, and quality of non-astringent persimmon fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43:54-57.

Moon, B.W., J.S. Choi, and M.Y. Park. 1998a. Effect of calcium compounds extracted from oyster shell on the calcium content in apple fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:454-459.

Moon, B.W., J.S. Choi, and M.Y. Park. 1998b. Effect of surfactant and calcium compounds extracted from oyster shell on concentration of apple fruit treated singly or with agrochemicals. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 39:716-720.

Moon, B.W., J.U. Lim, K.C. Shin, and Y.S. Kim. 1995. Effect of calcium compounds and $CaCO_3$ on mineral nutrient, plant growth, and blossom-end rot of red pepper. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 36:304-308.

Moon, B.W., S.T. Lim, and C.S. Choi. 1999. Effects of foliar sprays of liquid calcium fertilizer manufactured from oyster shell on calcium concentrations and quality of 'Niitaka' oriental pear fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:571-573.

Moon, B.W., S.T. Lim, C.S. Choi, and Y.K. Suh. 2000. Effects of pre- or post-harvest application of liquid calcium fertilizer manufactured from oyster shell on calcium concentrations and quality in 'Niitaka' pear fruits. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:61-64.

Rural Development Administration (RDA). 2008. Handbook of growing domestic chrysanthemum cultivar. Our 'Baekma' story. RDA, Suwon p. 33-38.

Shin, H.K., J.H. Lim, and Y.J. Kim. 2005. A new standard chrysanthemum cultivar 'Baekma' with large white flower. Kor. J. Breed. 37:119-120.

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