

## Mg 시비농도가 절화국 'Biarritz'의 생육과 양분 흡수에 미치는 영향

김정만 · 최종명\*<sup>1</sup> · 정해준<sup>1</sup>  
전라북도 농업기술원, <sup>1</sup>배재대학교

### Effect of Mg Concentration in Fertigation Solution on Growth and Nutrient Uptake of Cut Chrysanthemum 'Biarritz'

Jeong Man Kim, Jong Myung Choi\*<sup>1</sup>, and Hae Joon Chung<sup>1</sup>

Jeollabuk-do Agricultural Research and Extension Services, Iksan 570-704, Korea

<sup>1</sup>Division of Hort. & Landscape Architecture, Paichai Univ., Daejeon 302-735, Korea

**Abstract.** This study was carried out to investigate the effect of magnesium concentrations in fertilizer solution on growth and cut flower quality of chrysanthemum 'Biarritz'. The nutrient concentrations in plant tissue and soil solution of root media were also determined. Magnesium deficiency appeared on older leaves with interveinal yellow-green chlorosis. Marginal chlorosis and necrosis also developed on some of older leaves. Elevation of Mg concentration in fertilizer solution increased cut flower weight at harvesting stage resulting in the 8.84 g in 1.5 mM treatment. Dry weight of whole above ground plant tissue increased as Mg concentrations in fertilizer solution were elevated within the range from 0 to 15 mM, but that of 20 mM decreased compared to 15 mM treatment. The dry weight of 0.5, 1.0 and 1.5 mM treatments were 8.42, 8.75 and 8.84 g and tissue Mg contents of those based on the youngest fully expanded leaves at harvesting stage were 0.34, 0.53 and 0.71%, respectively. Based on dry weight and tissue Mg contents, Mg fertilization to maintain tissue contents higher than 0.64% is necessary to ensure flower quality and yield. By considering the concentration in 15 mM treatment, Mg concentration in soil solution of root media should be higher than  $3.68 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$  at harvesting stage.

**Additional key words :** critical concentration, deficiency symptom, soil solution concentration

## 서 언

재배하는 작물의 품질을 높이기 위해 수시로 토양 및 식물체를 분석하고, 분석결과를 해석하기 위하여는 기존의 여러 연구들을 통해 축적된 증상의 특징과 식물체 및 토양 중 한계농도에 관한 자료가 요구된다. 즉, 재배농가에서 취득한 분석결과와 선행된 결과를 비교함으로써 영양상태의 적절함을 진단할 수 있다.

Mg은 엽록소의 구성 성분이며, 식물체의 인산화 작용과 관련된 모든 효소에서 보조인자 역할을 한다. 또 식물체내 Mg의 수준이 낮을 경우 CO<sub>2</sub> 동화작용이 억제되어 탄수화물 생산량이 감소한다(Mengel과 Kirkby, 1987). Marschner(1995)에 의하면 Mg은 Ca과 유사하게 식물 뿌리의 자유공간(apoplastic pathway)을 통하여 수동적으로 흡수된 후 증산류에 영향을 받아 도

관에서 수동적으로 이동한다. 또한 토양에서는 pH가 산성으로 변할 경우 토양의 각종 무기염들과 결합하여 불용화되며 결핍증상이 유발된다.

Bunt(1988)는 국화의 정상생육을 위한 식물체내 Mg 함량은 건물중을 기준으로 0.35~0.65%이며, 0.15% 이하에서 생육이 저하한다고 하였다. Nelson(2003)은 정상생육을 위해서는 Mg이 최소 0.3% 이상 식물체내에 존재해야 하며, Kofraneck(1980)은 정상적인 생육을 위한 Mg의 수용범위는 0.14~1.5%라고 하였다. Choi(1994)는 정식 42일 후 가장 최근에 완전히 전개된 잎의 Mg 함량은 0.38~0.57%, 출하기 지상부 전체의 Mg 함량은 0.27~0.41% 범위에 포함되었다고 하였다. Williams 등(2000)은 국화 'Sunny Mandalay'의 비료 시험에서 정식 42일 후(mid-crop)의 가장 최근에 완전히 전개된 잎은 0.25~1.46%, 정식 71일 후

의 지상부 전체는 0.10~1.12%의 Mg 함량을 가졌고, 상기 범위내에서 특별한 Mg 결핍증상이 나타나지 않았다고 보고하였다. Williams와 Nelson (1997)도 'Sunny Mandalay'를 분화 재배하면서 mid-crop(정식 36일 후)의 최상위 엽은 0.27~1.08%, end-crop의 지상부 전체는 0.27~1.10%의 Mg 함량을 갖는 것으로 분석되었다고 하였다. 이상과 같이 보고자에 따른 차이가 발생하는 원인은 재배하는 품종 및 분석 부위에 따른 차이가 원인이 됨을 추정할 수 있으며, 국내에서 절화용으로 재배되는 품종을 대상으로 식물체 내의 적정함량에 관한 연구 결과가 시급하다고 할 수 있다.

본 연구는 Mg의 시비농도를 인위적으로 조절하여 작물생육 및 절화 품질에 미치는 영향을 밝히고 이와 관련된 식물체와 토양내 무기원소의 농도를 구명하여 무기원소와 관련된 생리장해를 판단할 수 있는 기초 자료를 확보하고자 수행하였다.

### 재료 및 방법

본 연구는 절화용 스프레이 국화인 'Biarritz'를 대상작물로 수행하였다. 삼목 2주후에 잎이 4~5매인 플러그묘를 플라워박스(용적 12,000 mL)에 질석(Ø2-3 mm)과 피트모스(Acadian, Canada)를 1:1(v/v)로 혼합한 상토를 충전한 후 정식하였다. 2002년 12월에 정식하였고, 온도는 주간 25°C, 야간 16°C가 되도록 가온 및 보온, 환기 관리를 하였다.

실험은 Hoagland 용액(Hoagland와 Arnon, 1950)을 기준으로 Mg 농도를 조절하여 5처리를 만들어 반복당 10주씩 3반복으로 150주를 정식하였다(Table 1). Ca의 시비농도 시험에서와 같은 지하시수를 이용하여 양

액을 조성하였고, pH를 6.0으로 조절하여 정식 직후부터 조성된 양액을 공급하였다. 양액은 매주 2~3회 급액하면서 기상 변화에 따라 가감하였고, 1회 급액량은 용탈률(leaching percentage)이 20~30%가 되도록 조절하였다.

식물체의 무기원소 분석은 Ca의 시비농도 시험과 같은 시기에 채취하였고, 동일한 방법으로 조제하여 분석시료로 이용하였다. 시료의 일부는 Kjeldahl 방법(Eastin, 1978; Model digestion 및 distillation unit B-324, Buchi)에 의한 전질소(T-N) 함량분석에 이용하였다. 기타 원소의 분석을 위해 건식분해법(Choi, 1994)으로 산화시킨 후 Chapman과 Pratt (1961)에 의한 P 함량과 원자흡광분석계(Model 680, Shimadzu)로 K, Ca, Mg, Na, Fe 및 Mn 함량을 분석하였다.

토양 분석은 식물체와 같은 시기에 Warncke (1986)의 방법으로 토양용액(soil solution)을 추출하였다. 추출 후 5.6%의 phenylmercuric acetate를 2-3방울 첨가하여 미생물에 의한 변질을 방지하였다. pH와 EC는 pH meter(Model 900A, Orion)와 EC meter(Model 122, Orion)로 측정하였다. 추출된 토양용액을 이용하여 NH<sub>4</sub>-N(Chaney와 Marback, 1962), NO<sub>3</sub>-N(Cataldo 등, 1975), P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>(Murphy와 Riley, 1962)는 비색정량하고, K, Ca Mg는 원자흡광분석기(Model 680, Shimadzu)로 분석하였다.

정식 4주 후부터 2주 간격으로 초장과 엽수를 조사하였고, 정식 109일 후에 절화장, 절화중, 엽수, 꽃수, 줄기직경, 화폭 및 건물중 등을 조사하였다. 절화장은 지체부에서 절화하여 최상단까지의 길이로 하였으며, 절화중은 절화장을 측정된 개체의 생체중을 측정하였고, 80°C에서 48시간 건조한 후 건물중을 측정하였다. 엽수는 각 절화 본수별로 총엽수를, 화수는 절화 1본

**Table 1.** Composition of nutrient solution used to investigate the effect of each nutrient on growth and flowering of chrysanthemum 'Biarritz'.<sup>2</sup>

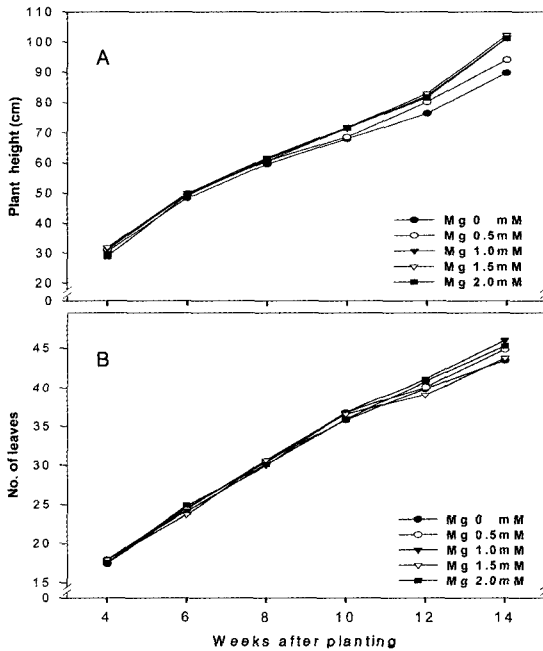
Concentration (mM)	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
	----- (mM) -----							
0	0	15	5	0	15	4.0	1	0
0.5	0	15	5	0.5	15	3.5	1	0
1.0	0	15	5	1.0	15	3.5	1	3
1.5	0	15	5	1.5	15	3.5	1	4
2.0	0	15	5	2.0	15	3.5	1	5

<sup>2</sup>Micronutrient : MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 1.81, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 2.86, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.22, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.08, H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 0.09 and Na<sub>2</sub>FeEDTA 0.79, g·L<sup>-1</sup>

당 개화된 꽃수를 조사하였다. 줄기직경은 지체부에서 5 cm 부위의 직경을 측정하였다.

### 결과 및 고찰

**생육 및 절화 특성:** Mg 시비 수준에 따른 절화국의 초장과 엽수의 변화는 Fig. 1과 같다. 관비용액 속



**Fig. 1.** Changes in plant height (A) and number of leaves (B) of chrysanthemum 'Biarritz' as influenced by elevated magnesium concentrations in the fertilizer solution.

의 Mg 농도를 증가시켜도 정식 8주 후까지의 초장 신장에는 크게 영향을 미치지 않아 처리간 차이가 뚜렷하지 않았다. 그러나 10주부터 Mg 농도에 따른 차이가 나타나기 시작하여 절화 수확기인 14주에는 무시비구와 0.5 mM Mg 시비구에서 다른 세 처리보다 유의하게 작았다(Fig. 1A와 Table 2). 엽수도 정식 10주 후까지는 차이가 크지 않았으나 12주부터 Mg 시비수준에 따른 차이가 발생하였고, 절화 수확기인 정식 14주 후에는 Mg 무시비구에서 뚜렷하게 적었다(Fig. 1B 및 Table 2). Shima 등 (1995)은 국화를 양액 재배 하면서 생체중의 변화를 조사하여 정식 18일 후부터 36일까지는 Mg의 시비농도가 낮아 정상적인 생육을 보였으나 정식 7주 이후부터는 Mg 시비농도가 낮으면 생체중 증가가 완만하고, 시비농도가 높아질수록 생체중이 무거웠다고 하였다. 이처럼 본 연구에서도 Mg 시비농도가 비교적 높았던 1.0 및 1.5 mM 시비구에서 초장이 길고, 엽수가 많은 것도 같은 맥락에서 해석된다.

Hoagland 양액을 기초로 Mg의 시비농도를 0, 0.5, 1.0, 1.5 및 2.0 mM로 조절하여 109일 동안 재배한 후 조사한 절화특성은 Table 2와 같다. 절화장은 1.0 mM Mg 시비구에서 104.6 cm로 가장 길었고, Mg 시비농도가 1.0 mM 이하이거나 이상일 경우 짧아져 5% 수준의 2차곡선회귀가 성립하였다. 절화중은 무처리구에서 식물체당 50.8 g이었으나 Mg 시비농도가 증가할수록 점차 무거워져 1.0 mM 시비구에서 54.6 g, 2.0 mM 시비구에서는 55.1 g이었다. 엽수는 Mg 시비농도가 높아질수록 많았는데, 무시비구와 0.5 mM 시비구에

**Table 2.** Effect of magnesium concentration in the fertilizer solution on growth and flowering characteristics of chrysanthemum 'Biarritz' at 109 days after planting.

Mg (mM)	Length of cut flower (cm)	Weight of cut flower (g/stem)	No. of leaves (per plant)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	No. of flowers (per plant)	Flower diameter (mm)
0.0	96.6	50.8	54.0	7.6	4.4	6.2	10.4	32.0
0.5	99.6	51.3	59.0	7.9	4.6	6.1	11.6	32.0
1.0	104.6	54.6	60.7	8.2	4.6	6.1	12.3	31.1
1.5	104.1	55.9	57.6	8.4	4.9	6.0	11.3	31.1
2.0	102.7	55.1	58.7	8.2	4.8	6.0	10.9	31.8
LSD <sub>0.05</sub>	1.68	1.98	3.49	0.44	0.39	0.30	1.02	1.2
Significance <sup>2</sup>	Q*	L*	NS	Q**	L*	NS	NS	NS

<sup>2</sup>Significance of trend: \*\*P=0.01; \*P=0.05; NS, nonsignificant; L, linear; Q, quadratic.

서 염수가 적었던 것은 노엽이 황화된 후 탈락한 원인으로 판단되었다. 엽장, 줄기 직경, 화수 및 화폭에 서는 처리간에 유의성이 인정되지 않았다. Mg의 시비가 토양재배에서 잎의 생체중과 꽃의 직경을 증가시켰고(Winsor, 1968), 특히 Mg 결핍에 의해서 꽃 크기가 감소하였다(Lunt 등, 1964)는 보고에 비추어 화수나 꽃의 직경에서 처리간 차이가 뚜렷하지 않았고, 경향도 발견할 수 없는 본 실험의 결과와는 차이가 있었다.

**결핍증상:** Mg 시비농도에 따른 정식 109일 후의 절화특성은 Fig. 2와 같다. 무시비와 0.5 mM 시비구에서는 생육이 저조하였고, 1.0 mM 이상 시비구에서는 외관상 절화장이 큰 차이가 없었다. 무시비와 0.5 mM 시비구는 노엽이 황화된 후 탈락하였으나 1.0 mM 이상의 시비구에서는 노엽이 녹색을 유지하였고 황화현상도 나타나지 않았다. 일부 노엽에서는 엽맥간 황화현상이 나타났으나(Fig. 3A), 일부 노엽에서는 엽신에 흑반

현상이 나타나고 잎가장자리가 괴사하는 증상(marginal chlorosis)이 나타났다(Fig. 3B).

Mengel과 Kirkby (1987)는 Mg의 결핍증이 노엽에서 먼저 발생한 후 점차 신엽쪽으로 확산된다고 하였다. Nelson (2003)은 Mg 결핍증상은 엽맥 사이가 황변 또는 황백화되는 것이 특징이며, 심하면 황변 부위가 괴사한다고 하였다. 국화(Windsor와 Adams, 1987) 뿐만 아니라 딸기(Choi 등, 2001), 토마토(Bennett, 1993) 및 대부분의 작물에서 결핍증상은 노엽에서 시작되고, 엽맥간 황화현상으로 특징 지을 수 있는데 본 연구의 결과와도 유사하였다.

**식물체내 무기원소 함량:** Mg의 농도를 변화시켜 시비하고 정식 48일 후에 가장 최근에 완전히 전개된 잎을 채취하여 건물중에 기초한 무기원소 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. 식물체내의 N 함량은 4.02~5.58% 사이로 분석되었고 Mg 시비농도가 증가할수록 식물체내 N 함량이 증가하여 0.1% 수준의 직

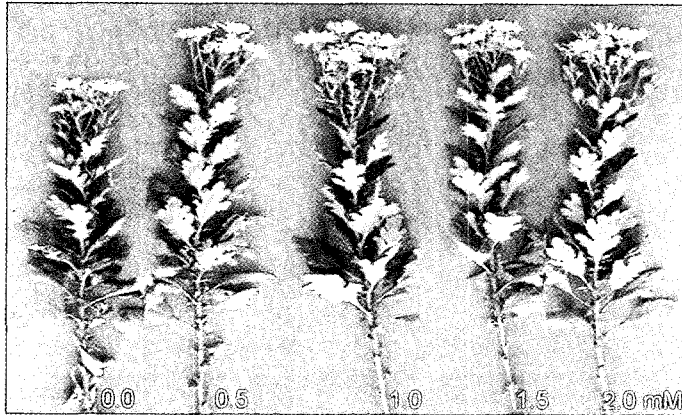


Fig. 2. Differences in crop growth of chrysanthemum 'Biarritz' at 109 days after planting as influenced by elevated magnesium concentration in the fertilizer solution.

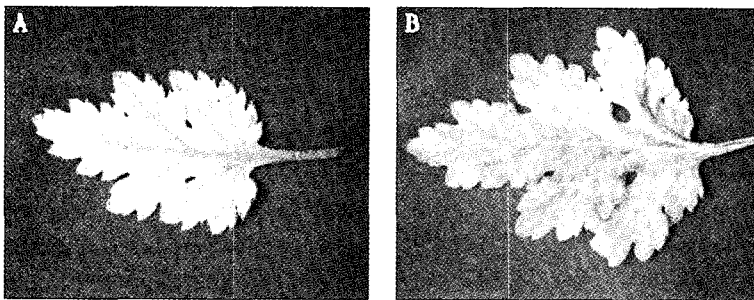


Fig. 3. Magnesium deficiency appeared on older leaves with interveinal yellow-green chlorosis (A). Marginal chlorosis and necrosis also developed on some of older leaves (B).

Mg 시비농도가 절화국 'Biarritz'의 생육과 양분 흡수에 미치는 영향

**Table 3.** Effect of magnesium concentration in the fertilizer solution on nutrient contents of the youngest fully expanded leaves at 48 days after planting.

Mg (mM)	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn
	----- (%) -----					---- (mg · kg <sup>-1</sup> ) ----		
0.0	4.02	1.04	3.78	0.81	0.30	0.11	187.8	43.5
0.5	4.35	0.91	3.37	0.81	0.46	0.09	162.7	50.3
1.0	4.82	0.85	3.08	0.78	0.44	0.09	129.7	53.1
1.5	5.30	0.79	2.84	0.72	0.51	0.09	128.7	51.9
2.0	5.58	0.75	2.62	0.54	0.54	0.11	155.8	53.1
LSD <sub>0.05</sub>	0.21	0.12	0.17	0.13	0.05	0.03	20.96	6.96
Significance <sup>z</sup>	L***	L***	L**	L*	L***	NS	NS	L***

<sup>z</sup>Significance of trend: \*\*\*P=0.001; \*\*P=0.01; \*P=0.05; NS, nonsignificant; L, linear; Q, quadratic.

선회귀가 성립하였다. 시비농도가 증가할수록 식물체내 P, K 그리고 Ca 함량이 점차 낮아져 처리 수준에 따른 통계적인 차이와 함께 각각 0.1%, 1%, 5% 수준에서 직선회귀가 성립하여 경향이 뚜렷하였다. Mg 시비농도 증가로 식물체내의 Fe 함량은 뚜렷한 경향을 보이지 않았으나 Mn 함량은 증가하였다.

정식 109일 후에 절화를 수확하여 가장 최근에 완전히 전개된 잎의 무기원소 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같은데 미량원소인 Fe 및 Mn은 Mg 시비농도가 증가해도 뚜렷한 경향은 없었으나, 다량원소인 N의 식물체내 함량은 증가하였고, P, K 및 Ca는 유의성이 인정되지 않으면서 감소하는 경향이였다. Mg 시비농도 증가에 따른 식물체내 N 함량의 증가는 뿌리에서 양이온인 Mg의 흡수량이 증가할 때 음이온의 흡수를 촉진하는 상호작용에 기인한 결과라고 판단된

다(Marschner, 1995; Mengel과 Kirkby, 1987). P, K 및 Ca의 감소 경향은 공통적인 원인과 각각 다른 원인이 동시에 작용한 것으로 판단된다. 공통적인 원인은 식물체내 무기원소 함량의 희석효과(dilution effect)를 예로 들 수 있다.

Marschner (1995)는 결핍 상태에 있는 특정 무기원소의 시비농도를 증가시킬 경우 작물 생육이 급격히 증가하고, 작물 생육의 증가는 다른 무기원소의 조직내 함량이 감소하는 결과를 초래한다고 하여 희석효과를 설명하였다. 무기원소별 개별적인 원인에서 P의 경우는 Mg 시비농도 증가로 토양 용액내 Mg과 P이 결합하여 불용화되기 때문에 작물의 P 흡수 저하의 원인이 되었다고 판단된다(Lindsay, 1979). 그러나 K와 Ca의 경우 상기한 희석 효과와 함께 흡수 과정에서 양이온 간 길항 작용이 발생하였다고 판단된다. 또한 특정 양

**Table 4.** Effect of magnesium concentration in the fertilizer solution on nutrient contents of the youngest fully expanded leaves at 109 days after planting.

Mg (mM)	N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Dry weight (g/plant)
	----- (%) -----					---- (mg · kg <sup>-1</sup> ) ----			
0.0	6.55	2.14	7.52	2.61	0.16	0.56	66.7	45.93	8.28
0.5	6.78	0.98	6.35	1.92	0.34	0.51	70.4	66.73	8.42
1.0	6.90	0.87	6.19	1.62	0.53	0.56	71.7	68.13	8.75
1.5	7.04	0.72	5.91	1.22	0.71	0.59	67.0	71.93	8.84
2.0	7.1	0.58	4.69	0.93	0.98	0.63	70.6	63.07	8.79
LSD <sub>0.05</sub>	0.24	0.15	0.19	0.15	0.06	0.11	19.3	7.8	0.84
Significance <sup>z</sup>	L***	L**	L**	L***	L***	NS	NS	NS	L***

<sup>z</sup>Significance of trend: \*\*\*P=0.001; \*\*P=0.01; NS, nonsignificant; L, linear; Q, quadratic.

이온의 토양내 농도를 증가시킬 경우 다른 양이온들의 흡수 저하로 연결되고, 특정 양이온의 농도를 변화시켜도 흡수하는 전체 양이온의 흡수량은 큰 차이를 보이지 않는다(Marschner, 1995; Mengel과 Kirkby, 1987)는 보고는 본 연구 결과를 뒷받침하고 있다.

Mg 시비수준에 따른 건물중 및 건물내 Mg 농도 변화는 Fig. 4와 같다. 건물중은 1.5 mM 처리구까지 시비농도가 증가함에 따라 증가하였으나, 2.0 mM 처리구에서는 감소하였다. 0.5, 1.0 및 1.5 mM 시비구의 건물중은 8.42, 8.75 및 8.84 g였고, 건물내 Mg 함량은 각각 0.17, 0.27 및 0.35%이었다. 최대 건물중을 보인 1.5 mM 시비구의 Mg 함량이 0.35%였는데, Ulrich

(1993)가 보고와 같이 최대 건물중을 생산할 때의 무기원소 함량보다 10% 낮은 함량을 정상 생육을 위한 최저한계점으로 간주할 때, 스프레이 국화 ‘Biarritz’의 정상 생육을 위해서는 최상위엽의 Mg 함량이 0.32% 이상을 유지해야 한다고 판단되었다. Bunt (1988)는 국화에서 정상 생육을 위한 식물체내 Mg 함량은 건물중 기준으로 0.35~0.65%라고 보고하였다. Nelson (2003)은 정상생육을 위해서는 최소 0.3% 이상의 식물체내 Mg 함량을 가져야 한다고 보고하였으며, Kofranek (1980)은 0.14~1.5%가 정상생육을 할 수 있는 범위라고 하였다. 이상의 보고들과 본 연구 결과를 비교할 때 Bunt (1988)나 Nelson (2003)이 주장한

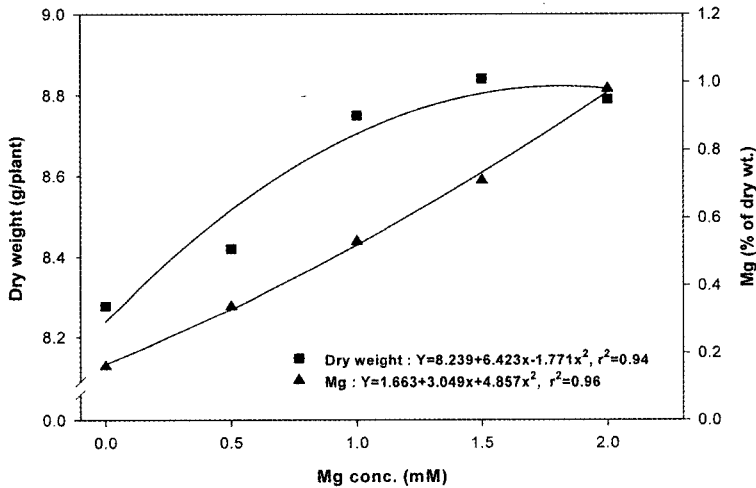


Fig. 4. Effect of magnesium concentration in the fertilizer solution on changes in dry weight of above-ground plant tissue and magnesium content of the youngest fully expanded leaves at 109 days after planting.

Table 5. Effect of magnesium concentration in the fertilizer solution on chemical properties in soil solution of root media at 48 days after planting.

Mg (mM)	pH	EC (dS · m <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P	K	Ca	Mg
			(mg · L <sup>-1</sup> SPES <sup>2</sup> )					
0.0	5.49	1.91	1.86	115.3	8.77	179.7	7.62	0.61
0.5	5.27	2.21	4.36	151.9	8.21	186.2	9.02	1.19
1.0	5.43	2.34	9.69	155.5	8.07	189.3	10.30	1.72
1.5	5.36	2.71	11.99	158.0	7.41	245.3	11.19	2.40
2.0	5.48	2.75	14.21	165.1	5.80	265.2	15.42	2.85
LSD <sub>0.05</sub>	0.12	0.31	3.69	16.73	0.71	11.36	4.82	0.76
Significance <sup>y</sup>	NS	L***	L***	NS	L***	L*	L***	L***

<sup>2</sup>SPES means saturated paste extraction solution.

<sup>y</sup>Significance of trend: \*\*\*P=0.001; \*P=0.01; NS, nonsignificant; L, linear.

Mg 시비농도가 절화국 'Biarritz'의 생육과 양분 흡수에 미치는 영향

것과 유사한 식물체내 함량에서 정상 생육을 위한 최저 한계농도가 형성된다고 판단되었다. 그러나 Kofraneck (1980)이 적정 범위라고 설정한 0.14~1.5%는 최저한 계점이 너무 낮았고, 스프레이 국화 'Biarritz'에서는 Mg 결핍증상이 발현되는 식물체내 함량이었다.

**토양 무기원소 농도:** 정식 48일 후에 토양 시료를 채취하여 포화추출법으로 분석한 결과는 Table 5와 같다. pH는 시비구간의 차이를 나타내지 않았으나, 시비농도가 증가할수록 EC는 상승하였으며, 0.1% 수준에서의 직선회귀가 성립하였고 유의차도 인정되었

다. Mg의 시비농도가 높을수록 P의 농도는 점차 감소하였고, K와 Ca의 농도는 점차 높아졌다. K와 Ca은 Mg과 뿌리에서의 흡수 과정에서 길항 작용이 발생하였고 Mg의 흡수량 증가를 통한 K와 Ca의 흡수량 저하로 인해 토양에 잔존하는 K와 Ca의 양이 증가하였다고 판단되었다(Mengel과 Kirkby, 1987; Marschner, 1995).

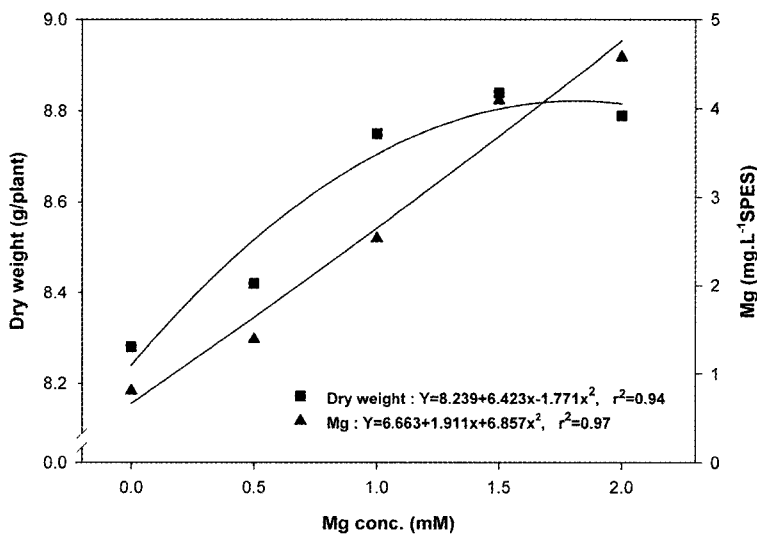
정식 109일 후인 절화 수확기에 토양 시료를 채취하여 분석한 결과(Table 6)에서 pH는 처리간 차이가 인정되지 않았다. EC는 시비농도가 증가할수록 점차

**Table 6.** Effect of magnesium concentration in the fertilizer solution on chemical properties in soil solution root media at 109 days after planting.

Mg (mM)	pH	EC (dS · m <sup>-1</sup> )	----- (mg · L <sup>-1</sup> SPES <sup>2</sup> ) -----						
			NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P	K	Ca	Mg	Dry weight (g/plant)
0.0	5.32	2.69	6.6	122.4	4.49	221.8	10.2	0.81	8.28
0.5	5.19	2.97	10.5	115.4	4.49	215.0	11.4	1.39	8.42
1.0	5.37	3.37	13.5	143.4	4.34	261.6	12.4	2.53	8.75
1.5	5.40	3.62	19.8	139.5	4.07	267.6	14.0	4.09	8.84
2.0	5.46	3.86	23.5	145.0	3.89	312.4	15.5	4.58	8.79
LSD <sub>0.05</sub>	0.22	0.47	0.46	11.42	0.21	12.10	1.31	0.47	0.84
Significance <sup>y</sup>	NS	L***	Q*	Q*	L*	Q**	L*	L***	L***

<sup>2</sup>SPES means saturated paste extraction solution.

<sup>y</sup>Significance of trend: \*\*\*P=0.001; \*\*P=0.01; \*P=0.05; NS, nonsignificant; L, linear; Q, quadratic.



**Fig. 5.** Effect of magnesium concentration in the fertilizer solution on changes of magnesium concentration in soil solution of root media and dry weight of the above-ground plant tissue at 109 days after planting (SPES means saturated paste extraction solution).

높아졌다. 생육 증가와 유사하게 시비량의 증가에 따라  $\text{NH}_4^+$  및  $\text{NO}_3^-$  농도가 높아졌으며 처리간 차이도 인정되었다. P 농도는 낮아지는 경향이었고, K, Ca 및 Mg의 농도는 상승하는 경향이었는데 Table 5에서 설명한 것과 같은 원인에 기인한다고 생각된다.

Mg 시비농도에 따른 건물중 및 토양 용액내 Mg 농도변화는 Fig. 5와 같다. 시비농도를 0.5, 1.0 및 1.5 mM로 시비한 처리에서 식물체당 8.42, 8.75 및 8.84 g의 건물이 생산되었고, 토양 용액내 Mg 농도는 1.39, 2.53 및 4.09  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 분석되었다. 최대 건물중을 보인 1.5 mM 시비구의 토양 Mg 농도가 4.09  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이었는데 Ulrich (1993)의 주장처럼 최대 건물중을 보인 처리보다 10% 낮은 토양 농도를 정상 생육을 위한 최저 한계농도로 간주할 경우 3.68  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  이상의 토양 Mg 농도를 유지하도록 시비하여야 할 것으로 판단되었다.

## 적 요

Mg의 시비농도를 인위적으로 조절한 후 국화를 재배하면서 각 원소의 시비수준이 생육과 절화 품질에 미치는 영향을 구명하고 생육을 우수하게 유지할 수 있는 식물체 및 토양의 한계농도를 밝히기 위하여 수행하였다. Mg 결핍증상은 노엽의 엽맥이 갈변한 후 엽 전체로 갈변 현상이 확산되고, 최종적으로 노엽이 탈락하는 특징을 나타내었다. Mg 시비농도가 증가할수록 정식 109일 후의 절화중이 무거워져 1.5 mM 시비구에서 8.84 g이었다. 건물중은 Mg 시비농도가 증가함에 따라 건물중도 증가하였으나, 2.0 mM 이상의 고농도 시비구에서는 오히려 감소하였다. 0.5, 1.0 및 1.5 mM 시비구에서의 건물중이 8.42, 8.75 및 8.84 g이었고, 최근에 완전히 전개된 잎의 Mg 함량이 각각 0.34, 0.53 및 0.71% 였다. 따라서 절화국 'Biarritz'의 품질을 우수하게 유지하기 위해서는 가장 최근에 완전히 전개된 잎(최상위에서 3~4번째 잎)의 건물중을 기준으로 0.64% 이상이 유지되도록 시비해야 하며, 건물중이 가장 무거웠던 1.5 mM의 토양 용액내 농도를 고려할 때 3.68  $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  이상의 Mg 농도가 되도록 시비하여야 한다.

**주제어** : 결핍증상, 토양 무기염 농도, 한계농도

## 인 용 문 헌

- Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. AS Press, St. Paul, Minn.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, London.
- Cataldo, D.A., M. Haren, L.E. Schrader, and V.L. Young. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 6:71-80.
- Chaney, A.L. and E.P. Marback. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clinical Chem. 8:130-132.
- Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1961. Method of analysis for soil, plants and waters. Univ. of Calif., Div. Agr. Sci., Berkeley, CA.
- Choi, J.M. 1994. Increased nutrient uptake efficiency by controlling nutrient release in floral crops. PhD Diss., North Carolina State Univ., Raleigh, NC, USA.
- Choi, J.M., S.K. Jeong, K.H. Cha, H.J. Chung, and K.S. Seo. 2001. Deficiency symptom, growth characteristics, and nutrient uptake of 'Nyoho' strawberry as affected by controlled magnesium concentrations in fertilizer solution. J. Kor. Soc. Hort Sci. 42:142-146.
- Eastin, E.F. 1978. Total nitrogen determination for plant material containing nitrate. Anal. Biochem. 85: 591-594.
- Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. Univ. of Calif. Agri. Exp. Sta. Circular 347.
- Kofranek, A.M. 1980. Mineral nutrition, In: R.A. Larson (ed.). Introduction to floriculture. Academic Press, New York.
- Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, New York.
- Lunt, O.R., A.M. Kofranek, and J.J. Orli. 1964. Some critical nutrient levels in *Chrysanthemum morifolium*, cultivar Good News. p. 398-413. In: C. Bould, P. Prevot, and J.R. Magness (eds.). Plant analysis and fertilizer problems. Amer. Soc. Hort. Sci. East Lansing, Mich.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press Inc., San Diego, USA.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. Intl. Potash Inst., Bern, Switzerland.
- Murphy, J. and J.F. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chim. Acta 27:31-36.
- Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, NJ.
- Shima, K., Y. Kageyama, and K. Konishi. 1995. Effect of magnesium levels in culture solution on growth and cut flower quality of chrysanthemum. J. Japan. Soc.



Mg 시비농도가 절화국 'Biarritz'의 생육과 양분 흡수에 미치는 영향

- Hort. Sci. 64:177-184.
18. Ulrich, A. 1993. Potato. p. 149-156. In: W.F. Bennett (ed.). Nutrient deficiencies & toxicities in crop plants. APS Press, St Paul, Minn.
  19. Warncke, P.D. 1986. Analysing greenhouse growth media by the saturation extraction method. Hort-Science 211:223-225.
  20. Winsor, G.W. 1968. Studies of the nutrition of flower crops. Scientia Hort. 20:26-40.
  21. Winsor, G. and P. Adams. 1987. Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol. 3. Glasshouse crops. Her Majesty's Stationery Office, London.
  22. Williams, K.A. and P.V. Nelson. 1997. Using pre-charged zeolite as a source of potassium and phosphate in soilless container medium during potted chrysanthemum production. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 122:703-708.
  23. Williams, K.A., P.V. Nelson, and D. Hesterberg. 2000. Phosphate and potassium retention and release during chrysanthemum production from precharged material: I. Alumina. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 125:748-756.