

칼슘 시비농도가 잎들깨의 생육과 양분 흡수에 미치는 영향 Effect of Calcium Concentrations in Fertigation Solution on Growth and Nutrient Uptake of *Perilla frutescens*

최종명 · 박종윤¹

배재대학교 과학기술바이오대학,¹금산군 농업기술센터

Division of Horticulture & Landscape Architecture, Paichai University,

Daejeon 302-735, Korea

Gumsan Agricultural Development Technology Center,

Chungnam 302-213, Korea

서 론

개별 무기원소의 과부족에 의해 발생하는 독특한 증상의 특징이 정확하게 묘사되어 설명되어 있어야지만 추후 동일한 작물 및 품종에서 유사한 증상이 발생하였을 때 그 원인을 판단할 수 있고 영양상태를 진단할 수 있다(Robinson, 1974; Sprague, 1964; Wallace, 1951).

무기원소의 생리장해가 식물체에 나타날 경우 식물체 분석결과를 기준으로 원인을 파악하는 경우에도 선행 연구결과와 비교함으로써 결핍된 원소와 과잉된 원소를 판단하여야 하지만, 현재까지 잎들깨의 Ca 함량에 관한 자료가 없다.

따라서 칼슘의 시비농도를 조절하여 잎들깨를 관비재배하면서 결핍증상을 인위적으로 유발하여 그 증상의 특징을 밝히고, 시비농도에 따른 식물 생육 반응, 결핍증상 발현시기의 식물체내 무기원소 함량을 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

양액조성은 Hoagland 용액(Hoagland와 Arnon, 1950)을 변화시켜 Ca농도를 0, 1.5, 3.0, 4.5, 6.0mM로 조절하고 pH를 6.0으로 조절한 후 관주하였고(Table 1), 용탈률(leaching percentage)을 35~40%로 유지하므로써 무기염의 배지 내 집적을 방지하였다.

식물생육 조사는 양액을 관주하기 시작한 날로부터 65일째에 엽수, 경장, 엽장, 엽폭, 줄기직경, 엽록소, 지상부 생체중 및 지상부 건물중을 조사하였고, 엽록소 함량은 Chlorophyll Meter(Minolta, Model SPAD-502)를 사용하여 측정하였다.

지상부 무기물 분석은 전질소(T-N)함량(Eastin, 1978)을 분석하고, 시료의 일부분은 Ternary solution($\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4=10:1:4$)으로 회화한 후 ICP(Thermo Elemental Tracescan, USA)로 칼슘 및 기타 무기원소를 분석하였다.

엽병의 무기원소 농도는 양액관주 65일 째에 엽병을 채취하여 유발에 담고 마쇄하였는

데, 생체시료 1g 당 증류수 5mL와 2N HCl을 0.5mL 첨가한 후 15분 간격으로 3회 교반하였다. 총 60분을 기다려 부유물이 침전된 후 NO. 2 여과지로 여과시키고, 그 용액을 분석에 이용하였다.

토양분석은 양액관주 시작일로부터 65일에 양액을 관주하고 2시간을 기다려 토양시료를 채취하였고, 증류수:토양을 2:1 조절하여 토양용액을 추출하였으며(RDA, 1988), 추출 후 pH, EC, 및 무기원소 농도를 분석하였다.

결과 및 고찰

1. Ca 시비수준별 식물 성장 및 결핍 증상

Ca 결핍증상은 신생엽에서 발현되었다. 정상엽이 위쪽으로 전개되는데 비해 Ca 결핍엽은 아래쪽으로 구부러지면서 잎가장자리에 기형화된 부분이 형성되고 잎 가장자리가 부분적으로 갈변하면서 괴사하는 증상을 보였다(Fig. 1과 2).

Table 2에는 관비용액속의 Ca 농도를 조절하여 시비하고 정식 65일 후 지상부의 생육을 조사하여 그 결과를 나타내었다. 엽장과 엽폭은 Ca 4.5mM 시비구에서 가장 길거나 넓었다. 관비용액의 Ca 농도가 높아질수록 엽록소 함량이 감소하여 처리간 통계적인 차이가 인정되었고, 0.1% 수준의 직선 및 2차 곡선회귀가 성립하여 뚜렷한 경향을 찾을 수 있었다. Ca 시비농도가 0.0mM부터 6.0mM 까지 높아질수록 식물 지상부의 생체중 및 건물중이 뚜렷하게 증가하여 처리간 통계적인 차이와 함께 직선 및 2차곡선회귀가 성립하여 경향을 찾을 수 있었다.

2. 지상부의 무기원소 함량

관비용액의 Ca농도를 0, 1.5, 3.0, 4.5 및 6.0mM 시비한 처리의 건물중은 식물체당 4.38, 4.5, 4.78, 5.23, 및 5.60g으로 조사되었고, 지상부 전체의 건물중에 기초한 Ca 함량은 각각 0.53, 1.58, 2.07, 2.45 및 2.57%로 분석되었다(Fig. 3). Benntt(1993)의 주장과 같이 최대생장을 한 Ca 6.0mM 시비구의 건물중인 5.60g의 90%를 상업용 재배를 위한 최저한계점으로 판단할 때 건물중이 5.04g 해당한다. 따라서 건물중 기준으로 약 0.7% 이상의 식물체내 Ca 함량을 가져야 결핍에 따른 생장억제 현상이 발현되지 않을 것으로 판단되었다.

3. 엽병추출액의 무기원소 농도

Ca 시비농도를 0, 1.5, 3.0, 4.5 및 6.0mM로 조절할 경우 지상부 전체의 생체중에 각각 22.9, 24.3, 24.7, 27.8 및 30.8g으로 조사되었고 엽병추출액의 Ca농도는 1,378, 1,669, 1,736, 1,773 그리고 1,798mg · kg⁻¹으로 분석되었다(Fig. 4). 최대생체중인 30.8g의 90%에 해당하는 27.7g을 수량방지를 위한 최저 한계점으로 간주 할 경우 엽병추출액속의 Ca농도가 1600mg · kg⁻¹ 이상을 유지할 수 있도록 시비량을 조절해야 할 것으로 판단되었다.

4. 토양 무기원소 농도

최대건물중을 생산한 6.0mM Ca시비구의 건물중이 식물체당 5.6g였으며 이때의 토양 Ca 농도는 $43.3\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 였다(Fig. 5). 5.6g의 90%에 해당하는 5.04g을 생장억제를 방지할 수 있는 최저한계점으로 판단할 때 $25\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 이상의 토양 Ca농도를 유지하도록 시비하여야 수량감소를 방지할 수 있다고 판단된다.

요약 및 결론

본 연구는 칼슘의 시비농도를 인위적으로 조절하여 잎들깨를 관비재배 하면서 칼슘의 시비수준이 생장과 결핍증상 발현에 미치는 영향을 구명하고, 생육을 우수하게 유지할 수 있는 식물체 및 토양의 한계농도를 밝히기 위하여 수행하였다. Ca이 결핍된 처리에서 지상부 생육이 억제되었으나, 다른 다량원소에 비해 그 정도가 크지 않았다. 칼슘 결핍증상은 신생엽에서 발현되었으며, 신엽이 아래쪽으로 구부러지면서 기형화되고, 기형화된 부분이 부분적으로 갈변하면서 괴사하는 증상이 나타났다. 무처리부터 6.0mM 까지 Ca 시비농도를 높일 경우 생체중과 건물중이 무거워졌으며, 엽록소 함량이 감소하였다. 생육이 가장 우수하였던 Ca 6.0mM 시비구의 건물중 및 건물중에 기초한 Ca 함량이 각각 5.60g 및 2.57%였고, 생체중 및 엽병추출액내 Ca 농도가 각각 30.8g 및 $1,798\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 였으며, 1:2로 추출한 토양 Ca 농도가 $43.335\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 였다. 따라서 작물 재배에서 수량 감소를 방지할 수 있는 최저한계농도는 지상부 건물중 기준으로 0.7%, 엽병추출액의 Ca 농도가 $1,600\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$, 그리고 토양 Ca 농도가 $25\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 라고 판단되었다.

인용문헌

1. Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. AS Press, St. Paul, Minn.
2. Eastin, E.F. 1978. Total nitrogen determination for plant material containing nitrate. Anal. Biochem. 85:591-594.
3. 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.
4. Robinson, J.B.D. 1984. Diagnosis of mineral disorders in plants. Chemical, New York.
5. Sprague, H.E. 1964. higger signs in crops: A symptoms. 3rd ed., David M차묘, New York.
6. Wallace, T. 1951. The diagnosis of mineral deficiencies in plants by visual symptoms, a color atlas and guide. His Majesty's Stationary Office, London.

Table 1. Composition of nutrient solution used to induce calcium deficiency symptoms.^z

Ca (mM)	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻
	----- (mM) -----								
0.0	6	5	0.0	2	0	9	0	2	0
1.5	4	5	1.5	2	0	11	0.5	2	0
3.0	4	5	3.0	2	0	11	1.0	2	0
4.5	3	5	4.5	2	0	12	2.0	2	0
6.0	3	5	6.0	2	0	12	4.0	2	0

^zMicronutrients (in g per L solution): FeSO₄ • 4H₂O 0.937g, MnCl₂ • 4H₂O 0.181g, H₃BO₃ 0.286g, ZnSO₄ • 7H₂O(0.022g, CuSO₄ • 5H₂O 0.008g, H₂MoO₄ • H₂O 0.009g.



Fig. 1. Differences in crop growth of *Perilla frutescens* at 65 days after planting as influenced by elevated calcium concentrations in the fertilizer solution (The Ca concentrations from left to right: 0, 1.5, 3.0, 4.5 and 6.0 mM).



Fig. 2. Calcium deficiency developed on the very youngest leaves. The young leaves developed “cupped” shape as they expand and were distorted with pronounced puckering with some tip and marginal chlorosis(Figures on left were normal plant and those on right were deficient plants).

Table 2. Influence of elevated calcium concentration in fertilizer solution on growth characteristics of *Perilla frutescens* at 65 days after transplanting.

Ca (mM)	Leaf length	Leaf width	Stem diameter	Plant height	Number of internode	Chlorophyll contents	Fresh weight	Dry weight
	(cm)	(cm)	(mm)	(cm)		SPAD	(g/plant)	(g/plant)
0.0	12.13	11.32	6.25	19.18	5	37.11	22.91	4.38
1.5	13.30	13.12	7.10	23.60	5	35.61	24.33	4.50
3.0	12.6	11.98	6.35	26.13	5	34.83	24.74	4.78
4.5	14.02	13.02	7.05	27.17	5	31.90	27.79	5.23
6.0	13.10	12.65	6.77	25.30	5	30.31	30.82	5.60
LSD _{0.05} ^z	0.16	0.11	0.26	0.41		1.68	3.56	1.30
Linear	***	**	NS	***		***	***	*
Quadratic	***	***	NS	***		***	**	*

^zLeast significant difference in each column by Duncan's multiple range test at $P = 0.05$.

NS,*,**,*** Nonsignificant or significant at $P = 0.05, 0.01$ and 0.001 , respectively.

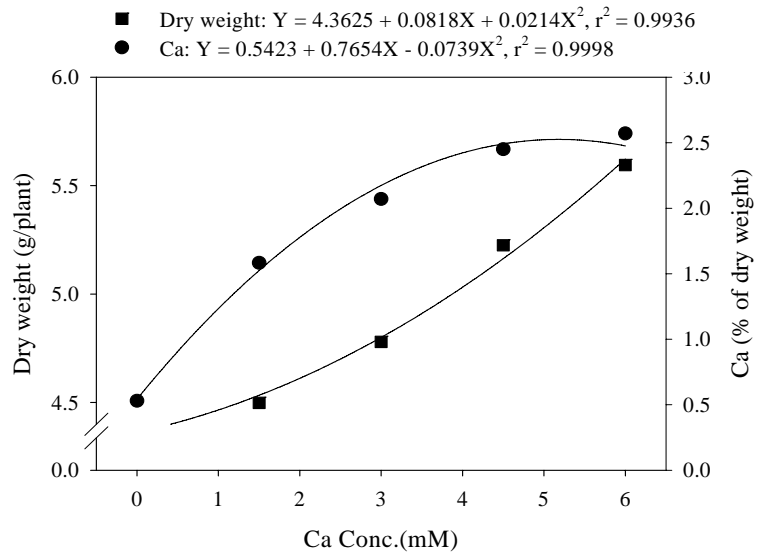


Fig. 3. Effect of elevated calcium concentrations in the fertilizer solution on changes in dry weight and calcium content of the whole above ground plant tissue at 65 days after planting.

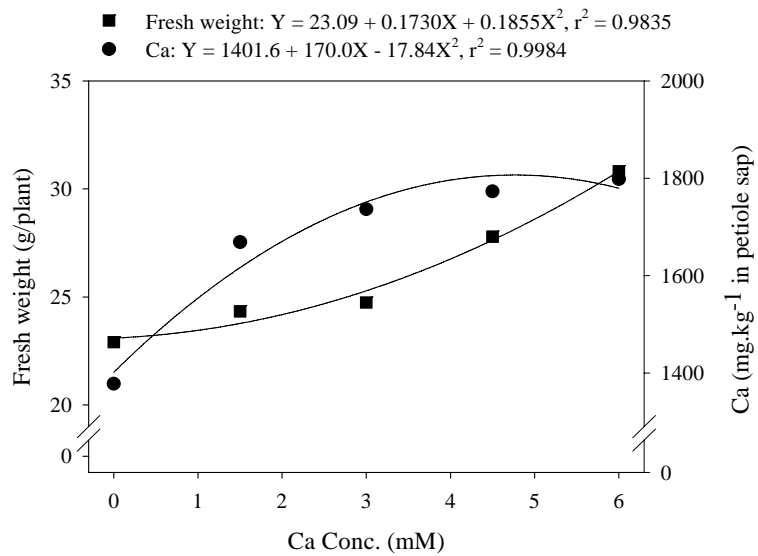


Fig. 4. Effect of elevated calcium concentration in the fertilizer solution on changes in fresh weight of above-ground plant tissue and calcium concentrations in petiole sap at 65 days after planting.

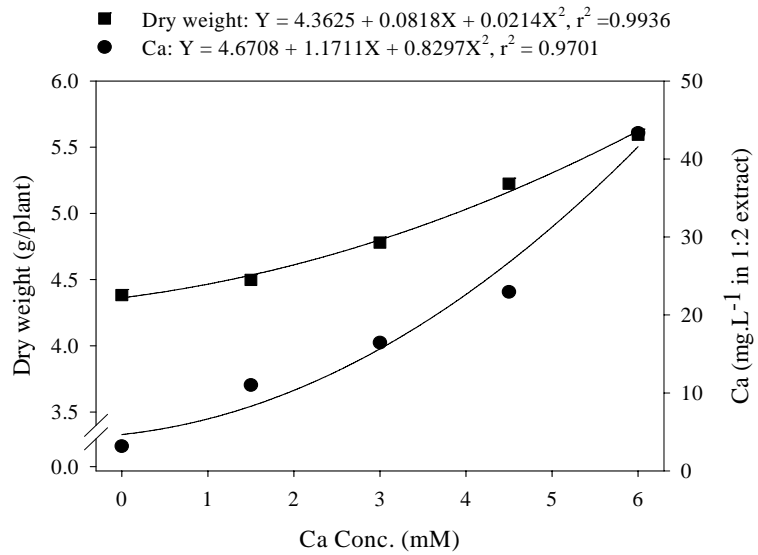


Fig. 5. Effect of elevated calcium concentrations in the fertilizer solution on changes in dry weight of above-ground plant tissue and calcium concentration in soil solution of root media at 65 days after planting.