

인산 시비농도가 잎들깨의 생육과 양분 흡수에 미치는 영향

Effect of Phosphorus 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

만약 시비가 부적절하여 무기원소의 생리장해가 식물체에 나타날 경우 가시적인 증상 또는 식물체 분석결과를 기준으로 원인을 파악하는 경우가 많다(Bennett, 1993; Bould 등, 1983; Choi 등, 2000; Nelson, 2003). 그러나 동일한 무기원소가 결핍되어도 작물에 따라 발현되는 증상은 차이가 있다. 또한 식물체 분석결과를 기초로 무기원소 함량이 적절한지의 여부를 판단할 경우에도 선행 연구결과와 비교함으로써 결핍된 원소와 과잉된 원소를 판단하여야 하지만, 현재까지 잎들깨와 관련한 자료가 전무한 상황이라고 할 수 있다.

따라서 인산의 시비농도를 조절하여 잎들깨를 관비재배하면서 결핍증상을 인위적으로 유발하여 그 증상의 특징을 밝히고, 시비농도에 따른 식물 생육 반응, 결핍증상 발현시기의 식물체내 무기원소 함량을 구명하여 잎들깨 재배를 위한 최적 영양조건의 기초자료를 확보하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

양액조성은 Hoagland 용액(Hoagland와 Arnon, 1950)을 변화시켜 P농도를 0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0mM로 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 인산 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 교반하였으 며 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. P 시비수준별 식물 생장 및 결핍 증상

인산 결핍증상은 전체 지상부 생육이 심하게 억제되고, 노엽에서 초기증상이 발현되었다 또한 엽신과 엽병이 자주색을 띄었으며, 출현부위가 점차 갈변하고 점차 괴사하는 특징을 나타내었다(Fig. 1). 인산 시비농도가 높아짐에 따라 엽장 및 엽폭이 직선적으로 증가하여 4.0mM 인산 시비구에서 각각 13.4 및 12.8cm로 조사되었고, 줄기직경 및 엽경장도 증가하여 인산시비 농도가 잎들개의 생육에 많은 영향을 미쳤다(Table 2).

인산 무시비구, 0.5mM 및 4.0mM 시비구에서 생체중이 식물체당 0.48g, 9.28g, 그리고 25.5g으로 조사되었고, 건물중도 0.06g, 1.46g 및 4.13g으로 조사되었다. 인산 시비농도에 대한 생체중 및 건물중 증가는 0.1% 수준의 직선 및 2차곡선회귀가 성립하였으며, 뚜렷한 경향을 나타내고 있다.

2. 지상부의 무기원소 함량

인산시비 농도가 증가할수록 지상부 전체를 대상으로 분석한 식물체의 인산함량도 증가하여 무처리구가 0.06%, 1.0mM 시비구 0.23%, 그리고 4.0mM 시비구가 1.78%의 인산 함량을 가졌다(Fig.2). Bennett(1993)가 주장한 바와 같이 최대 건물중을 생산한 처리의 90% 건물중을 상업농 재배를 위한 최저 한계점으로 판단하고, 이때의 식물체내 인산함량을 생육 억제를 방지할 수 있는 최저한계점으로 판단하면 약 0.3%에 해당한다. 따라서 잎들개 재배에서 지상부 전체의 건물중에 기초한 인산함량이 0.3% 이상이 되도록 시비농도를 조절하여야만 상업농 재배에서 수량감소를 방지할 수 있다고 판단되었다.

3. 엽병추출액의 무기원소 농도

관비용액의 인산 시비농도를 0, 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0mM로 조절한 처리의 엽병추출액속의 인산농도가 19.4, 114, 218, 914 및 2,040mg · kg⁻¹ 로 분석되었다(Fig. 3). 최대 생체중을 생산한 4.0mM 인산 시비구의 생체중이 25.5g 이고 엽병추출액의 인산농도가 2040mg · kg⁻¹ 였는데, 최대 생체중이 90%에 해당하는 22.98g은 상업농 재배를 위한 최저 한계점으로 설정할 경우, 이때 엽병 추출액 내 인산농도는 약 900mg · kg⁻¹이 된다. 따라서 상업농 재배에서 수량감소를 피하기 위해서는 엽병 추출액의 인산농도가 900mg · kg⁻¹ 이상이 되도록 시비량을 조절해야 할 것으로 판단되었다(Bennett, 1993).

4. 토양 무기원소 농도

인산 시비농도를 4.0mM로 조절한 처리에서 최대 건물중을 생산하였고, 건물중은 4.13g으로 조사되었으며, 인산 시비농도를 0, 0.5, 1.0, 2.0 및 4.0mM로 조절한 처리에서 토양용액의 인산농도가 0.18, 0.19, 0.31, 0.63 및 1.26mg · L⁻¹로 분석되었다(Fig. 4).

따라서 최대 건물중인 4.13g의 90%에 해당하는 3.72g을 상업농재배에서 수량감소를 방지할 수 있는 최저한계점으로 판단할 경우(Bennett, 1993), 이때의 토양 인산농도는 약 0.57mg · L⁻¹에 해당한다. 그러므로 1:2 추출법으로 분석한 토양용액의 인산농도가 0.57mg · L⁻¹ 이상을 유지하도록 시비농도를 조절하여야 수량감소를 방지할 수 있다고 판단되었다.

요약 및 결론

본 연구는 인산의 시비농도를 인위적으로 조절하여 잎들깨를 관비재배 하면서 인산의 시비수준이 생장과 결핍증상 발현에 미치는 영향을 구명하고, 생육을 우수하게 유지할 수 있는 식물체 및 토양의 한계농도를 밝히기 위하여 수행하였다. 인산이 결핍될 경우 전체 지상부 생육이 심하게 억제되었으며, 노엽에서 초기증상이 발현되고, 엽병과 엽신이 자주색을 띄는 특징을 보였다. 증상이 나타난 부위는 점차 갈변하고 괴사하였다. 본 연구의 인산 시비수준 내에서는 농도가 높아질수록 식물 생육이 증가하여 0, 0.5 및 4.0mM 시비구에서 생체중이 각각 0.48g, 9.28g 및 25.5g 였고, 건물중이 0.06g, 1.46g 및 4.13g으로 조사되었다. 생육이 가장 우수하였던 4.0mM 처리에서 지상부 인산함량과 엽병추출액의 인산 농도가 1.78% 및 2,040mg · kg⁻¹ 였고, 이 보다 10% 낮은 식물 생육을 최저 한계점으로 판단한다면 각각 0.3% 및 900mg · kg⁻¹ 이상의 인산 농도를 유지하도록 시비해야 한다고 판단하였다. 정식 65일 후 인산 4.0mM 처리의 토양 인산 농도가 1.26mg · L⁻¹ 였으며, 이 또한 수량감소를 방지하기 위해 0.57mg · L⁻¹ 이상의 토양 농도를 유지하도록 시비해야할 것으로 판단되었다.

인용문헌

1. Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. AS Press, St. Paul, Minn.
2. Bould, C., E.J. Hewitt, and P. Needham. 1983. Diagnosis of mineral disorders in plants. Vol. 1. Principles. Her Majesty Stationery Office, London.
3. Choi, J.M., S.K. Jeong, K.H. Cha, H.J. Chung, and K.S. Seo. 2000. Deficiency symptom, growth characteristics, and nutrient uptake of 'Nyoho' strawberry as affected by controlled nitrogen concentration in fertilizer solution. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:339-344.
4. Eastin, E.F. 1978. Total nitrogen determination for plant material containing nitrate. Anal. Biochem. 85:591-594.

4. 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.
5. Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, NJ.

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

P (mM)	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻
	----- (mM) -----							
0.0	5	5	2	0	15	0	2	0
0.5	5	5	2	0.5	15	0.5	2	0
1.0	5	5	2	1.0	15	1.0	2	0
2.0	5	5	2	2.0	15	2.0	2	0
4.0	5	5	2	4.0	15	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 phosphorus concentrations in the fertilizer solution (The P concentrations from left to right: 0, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 mM). Phosphorus deficiency resulted in slow growth, lustreless leaves, suffused purple tining in older leaves.

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

P (mM)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Plant height (cm)	Number of internode	Chlorophyll contents SPAD	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
0.0	2.73	2.33	2.18	3.48	2	22.93	0.48	0.06
0.5	9.13	8.72	4.32	9.89	4	35.37	9.28	1.46
1.0	12.1	11.77	6.28	19.50	5	36.66	18.77	3.26
2.0	13.2	12.43	6.10	22.53	5	31.87	22.77	3.92
4.0	13.4	12.82	6.61	24.60	5	32.83	25.53	4.13
LSD _{0.05} ^z	0.12	0.16	0.14	0.32		1.53	3.85	0.79
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 $P = 0.01$ and 0.001 , respectively.

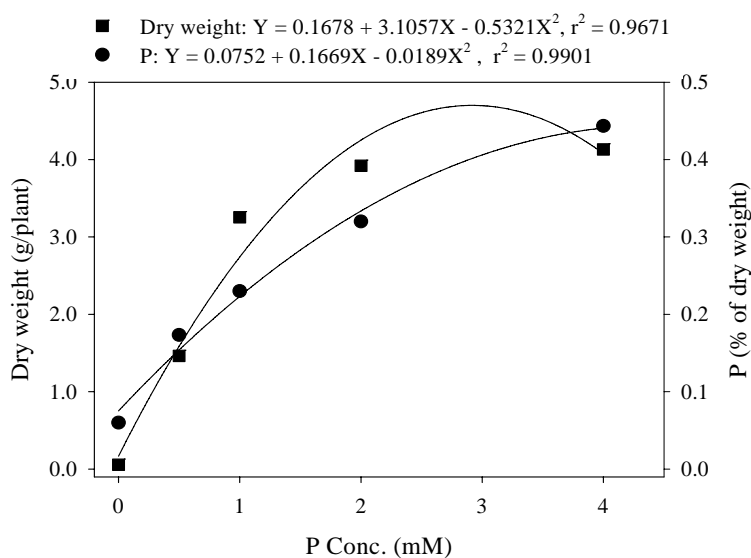


Fig. 2. Effect of elevated phosphorus concentrations in the fertilizer solution on changes in dry weight and phosphorus content of the whole above ground plant tissue at 65 days after planting.

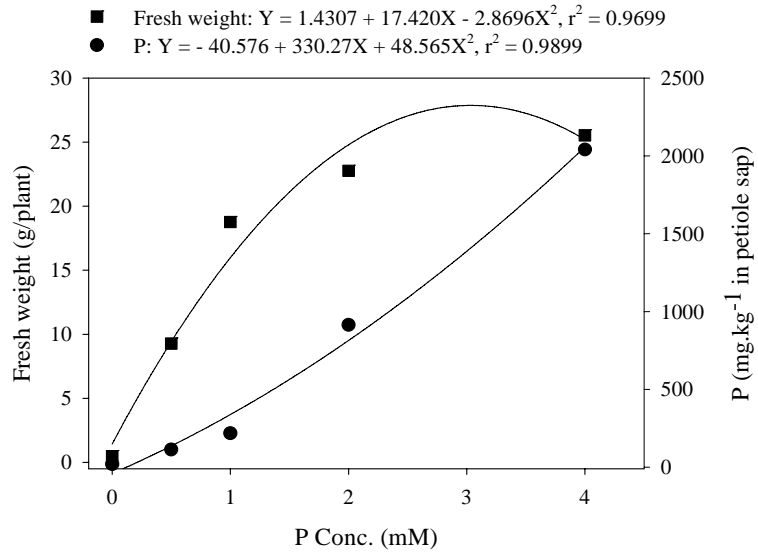


Fig. 3. Effect of elevated phosphorus concentration in the fertilizer solution on changes in fresh weight of above-ground plant tissue and phosphorus concentrations in petiole sap at 65 days after planting.

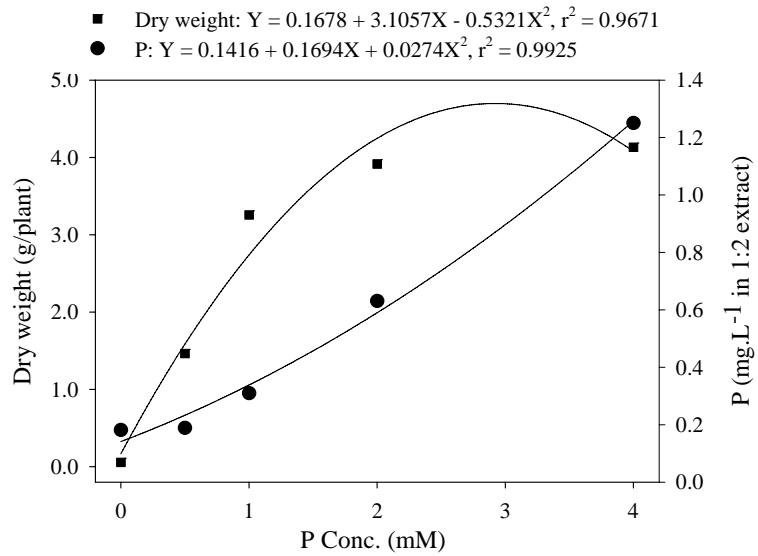


Fig. 4. Effect of elevated phosphorus concentrations in the fertilizer solution on changes in dry weight of above-ground plant tissue and phosphorus concentration in soil solution of root media at 65 days after planting.