

## 질소 시비농도가 잎들깨의 생육, 생리장해 발현 및 무기원소 함량에 미치는 영향

최종명<sup>1\*</sup> · 박종윤<sup>2</sup>

<sup>1</sup>배재대학교 과학기술바이오대학, <sup>2</sup>금산군 농업기술센터

### Growth, Deficiency Symptom and Tissue Nutrient Contents of Leaf Perilla (*Perilla frutescens*) as Influenced by Nitrogen Concentrations in the Fertigation Solution

Jong Myung Choi<sup>1\*</sup> and Jong Yoon Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Division of Horticulture & Landscape Architecture, Paichai University, Daejeon 302-735, Korea

<sup>2</sup>Gumsan Agricultural Development Technology Center, Chungnam 302-213, Korea

**Abstract.** Objective of this research was to investigate the effect of nitrogen concentrations in the fertigation solution on growth and development of nutrient deficiency in leaf perilla (*Perilla frutescens*). The nutrient concentrations in above-ground plant tissue, petiole sap and soil solution of root media were also determined. Nitrogen deficiency resulted in dwarfed growth, small leaves, and bright yellow color of older leaves. The leaves of deficient plants became uniform yellowing in color and finally necrosis occurred on the deficient leaves. Elevation of N concentrations in the fertigation solution from 0 to 20 mM increased the crop growth in leaf length and width as well as fresh and dry weights of above ground plant tissue. That also resulted in the increase of chlorophyll contents. However, light toxicity symptoms such as abnormal leaf surface appeared on crops grown in 20 mM N fertilization. The plant growth was commercially acceptable in the treatments of 10 and 15 mM N. The plants with acceptable growth had 0.9 to 1.25% in N contents of above-ground plant tissue, 800 to 3,300 mg·kg<sup>-1</sup> in the NO<sub>3</sub>-N concentrations of petiole sap, and 28.7 to 47.3 mg·kg<sup>-1</sup> in the NO<sub>3</sub>-N concentrations of soil solution (1:2 extract) at 75 days after transplanting.

**Key words :** deficiency symptom, leaf perilla, nitrogen, tissue content

\*Corresponding author

## 서 언

식물이 뿌리로부터 흡수하는 개별 무기원소의 양이 적절한 영역보다 부족하거나 너무 많을 때에 독특한 증상이 묘, 줄기 및 뿌리 등에 나타난다(Bennett, 1993; Bould 등, 1983; Choi 등, 2000; Nelson, 2003). 또한 작물은 종류나 품종에 따라 식물체의 생육을 우수하게 유지할 수 있는 무기원소의 적정 범위가 다르다.

잎들깨의 경우 생육과 관련한 적정 질소 함량에 관해 많은 연구가 수행되지 않았다. 일부 수행된 연구 중 Kim(1994)은 잎들깨를 양액재배하면서 정식 19일 후 지상부 전체의 질소 함량이 1.5~2.5%범위일 때

최대 건물중을 생산하였다고 보고하였다. Park 등 (2002; 2003a; 2003b)은 잎들깨를 플러그 육묘하면서 파종 35일후의 식물체를 분석한 결과 질소 함량이 1.10% 이하로 분석된 처리에서 식물생육이 심하게 위축되었으며, 1.30~1.60%로 분석된 처리들에서 비교적 생육이 우수하였다고 보고하였다.

이와 같이 잎들깨에서 생육과 관련한 식물체 및 토양 농도에 관해 많은 연구가 수행되지 않았을 뿐만 아니라 보고자에 따라 식물체 및 토양의 적정 질소 농도 범위에서 차이가 크다. 아울러 질소 결핍증상의 특징도 구명되지 않아 적절한 시비체계를 확립하기 어렵고, 재배중 생리장해가 발생할 때 그 원인을 파악하

Table 1. Composition of nutrient solution used to induce nitrogen deficiency symptoms.<sup>2</sup>

N (mM)	K <sup>+</sup>	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Na <sup>+</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup>	Cl <sup>-</sup>
	(mM)							
0	5	5	2	0	0	1	3.5	10
5	5	5	2	0	5	1	3.5	5
10	5	5	2	0	10	1	3.5	0
15	5	5	2	0	15	1	3.5	0
20	5	5	2	0	20	1	3.5	0

<sup>2</sup>Micronutrients (in g per L solution): FeSO<sub>4</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.937 g, MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O 0.181 g, H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 0.286 g, ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O 0.022 g, CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O 0.008 g, and H<sub>2</sub>MoO<sub>4</sub>·H<sub>2</sub>O 0.009 g.

지 못해 교정시비에 많은 어려움이 있다.

따라서 질소의 시비 수준이 생장, 지상부의 무기원소 함량, 엽병 추출액의 무기원소 농도, 그리고 토양 무기원소 농도에 미치는 영향을 구명하여 시비체계 확립을 위한 기초 자료를 확보하기 위해 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

잎들깨(*Perilla frutescens* Britt.) ‘만추잎들깨’[(주)신젠타 코리아]를 육묘용 시판상토((주)농경)를 충전한 200구 플러그트레이에 파종하였다. 파종 후 온도 22±1°C, 습도 80±1%인 발아실에 넣고, 자엽이 출현하는 시기인 stage 2에 재배온실로 옮겨 육묘하였다. 육묘기간 중 화이분화를 억제하기 위하여 플러그 트레이에서 높이 1m, 전구간격 2m로 60w 백열전구를 설치하고 밤 12시부터 새벽 4시까지 광중단 처리(night break)를 하였다.

본엽이 2매 이상인 잎들깨를 뿌리 부분을 물로 수세하여 상토를 완전히 제거하고, 준비된 배양토에 정식하였다. 실험을 위해 펄라이트 1호와 2호[(주)삼손]를 1:1(v/v) 비율로 혼합한 상토를 조제하고 준비된 플라워박스(18cm×13cm×18cm)에 충전하였으며, 간격과 거리를 조절하여 플라워박스 당 10주씩 정식하였다. 본 연구는 질소 시비농도를 조절하여 5처리를 두었고, 각 처리당 4반복 그리고 각 반복당 10식물체로 총 200주를 정식하였다.

정식작업 완료 후 온도조절이 가능한 유리온실로 옮겨 재배하였으며, 재배기간 중 주간 25°C, 야간 8°C 이상으로 온실내의 온도를 조절하였다. 재배기간 중에도 육묘 방법에서와 동일하게 광중단 처리를 하였다.

잎들깨 육묘정식 후 10일 동안은 2일 간격으로 탈이온수를 관수하여 토양 중에 잔존할 가능성이 있는 무기염을 용탈시키고, 식물체내의 무기원소 함량을 최대한 낮은 수준으로 유지하였다. 이후 5일 간격으로 두상관수 방법으로 관비하였으며, 적정 토양수분을 유지하기 위하여 양액관수 후 3일째에 탈이온수로 1회 관수하였다. 각 처리별 양액은 탈이온수를 사용하여 EC 0.007dS·m<sup>-1</sup> 이하의 범위에 포함된 물로 조제하였고, Hoagland 용액(Hoagland와 Arnon, 1950)을 변화시켜 0, 5, 10, 15, 20mM로 N 농도를 조절하였다(Table 1). 양액조성 후 HCl 및 NaOH를 첨가하여 pH를 6.0으로 조절한 후 관비하였다.

식물생육 조사는 정식한 날로부터 75일째에 수행하였다. 생육조사 항목은 마디수, 경장, 엽장, 엽폭, 줄기 직경, 엽록소 함량, 지상부 생체중 및 지상부 건물중이었다. 마디수는 수확엽 윗마디까지 조사하였고, 줄기 직경은 지체부 상단 1cm를 측정하였다. 지상부의 생체중을 측정한 후 80°C 건조기에서 48시간 동안 건조한 후 무게를 측정하여 건물중으로 하였다. 엽록소 함량은 정단부로부터 세 번째 잎을 Chlorophyll Meter(Model SPAD-502, Minolta)를 사용하여 측정하였다.

식물체 분석을 위해 정식 75일 후에 지상부 식물체 전체를 수확하여 0.01N HCl 용액에 1분간 침지한 후 증류수로 수세하여 식물의 잎에 묻어 있는 이물질을 제거하였다. 이후 80°C의 건조기에서 48시간 건조시킨 후 20mesh의 screen(0.9mm)에 통과되도록 분쇄하였다.

분쇄된 시료를 Kjeldahl 방법(Eastin, 1978)으로 전질소(T-N)함량을 분석하였다. 또한 분쇄된 시료 0.5g에 Ternary solution(HNO<sub>3</sub>:H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>:HClO<sub>4</sub>=10:1:4) 10mL를 가한 후 200°C에서 20~30분 회화시키고 여과지(No. 9)로 여과하였다. 다시 증류수를 첨가하여

100mL로 정량한 후 Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer(ICP)를 사용하여 K, Ca, P, Mg, Fe, Mn, Zn 및 Cu를 분석하였다(Rural Development Administration, 1988).

엽병의 무기원소 농도는 정식 75일 후에 조성된 양액을 관주하고 2시간 경과 후 잎의 엽병을 채취하였다. 채취한 엽병은 0.2N HCl 용액으로 세척한 후 증류수로 다시 수세하고 물기를 제거하였다. 이 후 생체시료 1g 당 증류수 5mL와 2N HCl을 0.5mL 유발에 담고 15분 간격으로 3회 마쇄하였으며, 마쇄 후 60분을 기다려 부유물이 침전된 후 No. 2 여과지로 여과시키고, 그 용액을 분석에 이용하였다. 추출 용액의 NO<sub>3</sub>-N 농도는 흡광분석기를 사용하여 비색정량 방법(Cataldo 등, 1975)으로, K, Ca, P, Mg, Fe, Mn, Zn 및 Cu는 ICP로 분석하였다.

정식 75일 후에 양액을 관주하고 2시간을 기다려 토양내의 용액이 화학평형에 도달하였다고 판단될 때 토양시료를 채취하였다. 채취한 시료를 풍건하고 증류수와 토양을 2:1로 조절하여(RDA, 1988) 추출하였으며, 추출액의 pH와 EC를 측정하였다. 또한 추출용액의 NH<sub>4</sub>-N분석은 Chaney와 Marbach(1962)의 방법으로, NO<sub>3</sub>-N은 Cataldo 등(1975)의 방법으로, K, Ca, P 및 Mg는 ICP로 분석하였다.

본 연구를 위해 사용된 기자재는 탈이온수기(Water Purification System, Human Science Co), Kjeldahl oxidation and distillation unit(Model UDK 132, VELP Scientifica), ICP(Thermo Elemental Trace-Scan), 흡광분석기(Model UV-1700, Shimadzu), pH meter(model 520-A, Orion)와 EC meter(model 162,

Orion)였다.

질소 농도가 식물의 생육, 무기물 함량 및 토양 무기원소 농도에 미치는 영향은 각 처리별 Duncan의 다중검정과 회귀분석을 하였다. 회귀분석은 다항회귀분석을 통해 얻어진 1~3차항 회귀선중 최적예측 회귀함수를 결정하기 위해 R square 값과 Incremental F 값이 큰 회귀식을 적용 판단하였다. 통계분석은 CoStat 프로그램(Monterey, California)으로 수행하였다.

## 결과 및 고찰

질소를 시비하지 않은 0mM 처리구의 생장이 심하게 억제되어 상품성 있는 들깨 잎을 생산할 수 없었으며, 질소의 결핍 증상은 노엽부터 나타나 노엽의 엽신 전체가 황화되는 독특한 증상으로 발전하였다(Fig. 1). 따라서 질소 결핍 증상은 전체 식물 생육의 심한 억제 현상, 노엽에서 발생하는 잎 전체의 황화현상(chlorosis)으로 요약할 수 있다. 이상 잎들깨에서 나타난 N 결핍 증상은 국화(Kim 등, 2005), 딸기(Choi 등, 2000) 등에서 보고된 내용과 유사하게 노엽부터 발생하였다. 또한 노엽 전체가 황화되는 현상도 그들의 보고와 유사하였다. 그러나 Kim 등(2005)은 국화재배에서 노엽이 탈락되는 현상을 보였음에도 불구하고 전체 식물 생육은 심하게 위축되지 않았다고 보고하였으며, Lee(2003)도 백합재배에서 전체적인 품질이 저하되었지만 식물생육은 심하게 위축되지 않았다고 보고한 바 있지만, 본 연구에서 식물생육이 심하게 위축되어 이들의 결과와 차이가 있었다.

Table 2에는 정식 75일 후에 지상부 생육을 조사하여 그 결과를 설명하였다. 질소 시비농도가 높아질수록 엽장과 엽폭이 길거나 넓어졌으며, 엽록소 함량 및 생체중도 뚜렷하게 증가하였다. 질소농도에 따른 지상부 생육의 회귀분석 결과에서도 엽장, 엽폭, 생체중 및 건물중은 2차회귀식이 성립하였으며, 엽록소 함량은 1차회귀식이 성립하였다. 시비농도가 경장과 줄기 직경의 생육에도 뚜렷하게 영향을 미쳐 처리 간 차이가 분명하였고 직선회귀가 성립하였다. 생체중과 건물중을 조사한 결과도 시비농도가 높아질수록 무거워졌고 본 연구에서의 시비농도 범위내에서는 농도를 높일수록 생체중과 건물중이 증가하였다.

잎들깨는 엽채류로 엽장, 엽폭, 생체중 및 건물중이

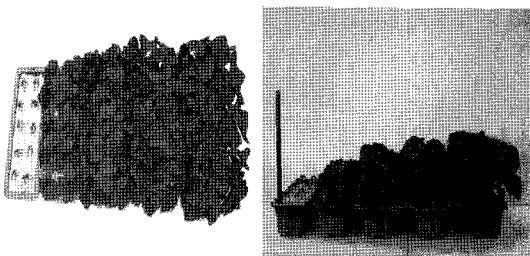


Fig. 1. Differences in crop growth of leaf perilla at 75 days after transplanting as influenced by elevated nitrogen concentrations in the fertilizer solution. The N concentrations from left to right: 0, 5, 10, 15 and 20 mM. Nitrogen deficiency resulted in dwarf growth, small leaves, and bright yellow color of older leaves.

**Table 2.** Influence of elevated nitrogen concentrations in fertilizer solution on growth characteristics of leaf perilla at 75 days after transplanting.

N (mM)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Plant height (cm)	Number of nodes	Chorophyll content (SPAD value)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
0	3.3 e <sup>z</sup>	2.6 e	2.54 e	5.2 e	3 b	13.8 e	1.1 d	0.29 c
5	9.6 d	9.2 d	5.42 d	13.9 d	5 a	26.6 d	14.5 c	2.37 bc
10	12.2 c	12.0 c	6.33 c	20.4 c	5 a	33.7 c	24.6 b	3.32 ab
15	13.6 b	12.8 b	6.71 b	24.1 b	5 a	39.7 b	28.2 a	5.49 a
20	14.7 a	13.5 a	7.06 a	27.1 a	5 a	43.8 a	31.2 a	5.50 a
Regression <sup>y</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	L <sup>***</sup>	L <sup>***</sup>	NS	L <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>

<sup>z</sup>Means followed by different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

<sup>y</sup>L, Q, <sup>\*\*\*</sup>, and NS are linear, quadratic, significant at  $P \leq 0.001$ , or nonsignificant, respectively.

**Table 3.** Influence of elevated nitrogen concentrations in fertilizer solution on tissue nutrient contents of leaf perilla based on whole above ground plant tissue at 75 days after transplanting.

N (mM)	T-N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	----- (%) ----- (mg·kg <sup>-1</sup> ) -----								
0	0.21 d <sup>z</sup>	0.58 a	2.45 a	2.11 a	0.44 a	350.1 a	314.9 a	79.97 a	26.7 a
5	0.97 bc	0.58 a	2.38 a	1.84 b	0.39 b	225.3 c	229.2 b	52.77 c	28.2 a
10	1.24 b	0.59 a	2.38 a	1.59 c	0.36 b	219.6 d	115.9 d	49.09 d	27.2 a
15	1.43 b	0.44 b	1.84 b	2.16 a	0.31 c	201.6 e	117.3 d	46.69 e	24.9 a
20	1.67 a	0.43 b	1.76 b	2.21 a	0.31 c	287.6 b	142.0 c	55.79 b	25.06 a
Regression <sup>y</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	NS

<sup>z</sup>Means followed by different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

<sup>y</sup>Q, <sup>\*\*\*</sup>, and NS are quadratic, significant at  $P \leq 0.001$ , or nonsignificant, respectively.

중요한 생육지표라고 할 수 있다. 본 연구에서 정식 75일 후에 조사한 생육조사 결과 모두 관비용액의 질소농도가 높아질수록 생장량이 증가하였지만 10~15mM에서 상품성이 좋았으며, 20mM은 잎 표면이 요철현상과 진록색이 되는 질소과잉 증상이 나타나 상품성 하락의 주요한 요인이 되었다(Data는 제시하지 않음).

Table 3에는 정식 75일 후 지상부 전체를 수확하여 건물중에 기초한 무기물 함량을 분석하여 그 결과를 나타내었다. 무시비구의 질소함량이 0.21%였으나 질소 시비농도가 증가할수록 식물체내 함량도 뚜렷하게 증가하여 20mM 시비구에서 1.67% 이었다. 또한 회귀 분석 결과 2차 곡선회귀가 각각 1% 및 0.1% 수준에서 적합함을 나타내고 있다.

Bennett(1993)는 최대생산량을 보인 처리의 90% 이상의 식물체내 질소함량을 갖도록 시비량을 조절하여야 상업용 재배에서 수량감소를 방지할 수 있다고 주장하였다. 본 연구에서 20mM N시비구의 건물중이

식물체당 5.5g이었고, 이 처리의 지상부 전체 질소 함량은 1.67%이었다. 그의 주장을 고려할 때 최대 건물중의 90%에 해당하는 건물중은 식물체당 4.95g이며, Fig. 2에서 4.95g을 생산할 때의 질소함량인 1.12% 이상이 되도록 시비하여야 잎들개의 수량감소를 방지할 수 있다고 할 수 있다. 그러나 본 연구에서 20mM 시비구에서 질소과잉 증상이 나타남으로 인해 과잉증상이 발현되지 않은 10~20mM 시비구의 질소 함량인 0.9~1.25% 범위를 적정 영역으로 삼아야 한다고 생각한다.

질소 시비량이 증가함에 따라 식물체내 P, K 및 Mg 함량이 감소하고, Ca함량이 증가하였다. 인산함량이 감소한 원인은 Mengel과 Kirkby(1987) 및 Marschner(1995)가 주장한 바와 같이 흡수과정에서 음이온간 길항작용이 중요한 원인이 되었을 것으로 판단하였다. 그러나 K와 Mg의 식물체내 함량 감소는 Table 2에 나타난 것과 같이 N시비량 증가로 식물체의 생육량이 증가하였고, 동일한 양의 두 원소가 흡수되어도 생육량 증가

질소 시비농도가 잎들깨의 생육, 생리장해 발현 및 무기원소 함량에 미치는 영향

**Table 4.** Influence of elevated nitrogen concentrations in fertilizer solution on nutrient concentrations in petiole sap of leaf perilla at 75 days after transplanting.

N (mM)	NO <sub>3</sub> -N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	(mg·kg <sup>-1</sup> )								
0	408 c <sup>z</sup>	589 e	2219 b	1458 c	1013 d	17.2 b	36.3 e	7.6 e	1.75 e
5	520 c	3025 a	8330 a	1812 a	1676 c	28.1 a	99.5 a	26.6 a	3.78 b
10	811 c	2688 b	9345 a	1811 a	1730 b	11.8 c	45.2 d	24.1 b	4.34 a
15	3342 b	1568 c	7088 ab	1786 b	1728 b	10.5 d	55.4 b	20.2 c	3.63 c
20	9129 a	1152 d	6124 ab	1783 b	1759 a	11.9 c	49.6 c	17.6 d	3.12 d
Regression <sup>y</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>*</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	L <sup>*</sup>	NS	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>

<sup>z</sup>Means followed by different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

<sup>y</sup>L, Q, \*, \*\*\*, and NS are linear, quadratic, significant at  $P \leq 0.001$ , or nonsignificant, respectively.

**Table 5.** The results of soil solution analysis at 75 days after transplanting as influenced by elevated nitrogen concentrations in fertilizer solution.

N (mM)	pH	EC	NO <sub>3</sub> -N	P	K	Ca	Mg
		(dS·m <sup>-1</sup> )	(mg·L <sup>-1</sup> )				
0	5.10 c <sup>z</sup>	0.266 a	0.85 e	11.50 a	29.49 a	24.12 a	4.53 a
5	4.97 d	0.234 b	12.58 d	11.00 b	15.30 b	20.91 c	3.40 b
10	5.23 b	0.179 d	28.71 c	2.75 c	7.02 d	16.94 e	1.82 d
15	5.90 a	0.149 e	47.34 d	1.02 e	3.80 e	18.53 d	1.57 e
20	5.80 a	0.212 c	85.64 a	1.41 d	8.73 c	22.60 b	2.53 c
Regression <sup>y</sup>	Q <sup>***</sup>	L <sup>**</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>	Q <sup>***</sup>

<sup>z</sup>Means followed by different letters are significantly different at 5% level according to Duncan's multiple range test.

<sup>y</sup>L, Q, \*\*, and \*\*\* are linear, quadratic, significant at  $P \leq 0.01$  and  $0.001$ , respectively.

를 통해 희석효과가 발생하였기 때문이라고 판단된다. 이렇게 판단하는 근거는 본 연구에서 N를 제외한 모든 필수원소를 동일한 농도로 조절하여 관비하였기 때문이다. 식물체내 Ca 함량이 증가한 것은 토양 pH 증가에 따라(Table 5) 가용화된 양이 증가하고 식물체내 함량증가로 귀착된 결과라고 생각한다(Hanan, 1998; Lindsay, 1979; Marschner, 1995; Nelson, 2003).

질소시비량 증가는 미량원소인 Fe과 Mn의 식물체내 함량이 감소한 원인이 되었다. 이는 Lindsay(1979)나 Nelson(2003)이 보고한 바와 같이 pH가 상승함으로써 근권부에서의 불용화가 촉진되고, 결국 흡수량이 감소하여 Fe과 Mn의 식물체내 함량 감소의 원인이 되었다고 판단되었다.

Table 4에는 정식 75일 후 엽병의 무기원소를 2N HCl 용액으로 추출하여 분석한 결과를 나타내었다. 0mM부터 20mM 시비구까지 N의 시비농도를 높임에 따라 엽병 내 NO<sub>3</sub>-N의 농도가 직선적으로 증가하여 0.1% 수준의 직선회귀가 성립하였다. Bennett (1993)

의 주장과 같이 20mM 질소 시비구의 생체중인 31.2g의 90%에 해당하는 28.06g을 상업용 생산을 위한 최저 한계점으로 판단할 때, 약 3,300mg·kg<sup>-1</sup> 이상이 되도록 질소 시비농도의 조절이 필요하지만, 잎들깨의 상품성 및 시장성 등의 요인을 고려할 때 10 및 15mM 시비구에 해당되는 800~3,300mg·kg<sup>-1</sup> 범위의 엽병 추출액속의 N 농도가 되도록 시비하는 것이 적합한 것으로 판단하였다.

0mM 시비구를 제외한 5mM 이상의 시비구에서 엽병 추출액의 P농도가 낮아져 0.1% 수준의 2차 곡선 회귀에 적합하였고, 처리간 차이가 뚜렷하였다. K 농도는 10mM N 시비구에서 9,345mg·kg<sup>-1</sup>으로 가장 높고, 5mM 이하나 15mM 이상의 N 시비구에서 낮아지는 경향이었으나 반복간 차이가 커 질소시비 농도에 따른 처리간 K 함량에서는 통계적인 차이가 인정되지 않았고 N 무처리구에서만 유의하게 낮았다. 5mM N 시비구에서 엽병의 Ca 농도가 가장 높았으며 N 시비농도가 높아질수록 Ca 농도가 낮아졌고, Mg 농도는 높아지는 경향이였다. 두 원소 모두 2차 곡선

회귀에 적합하여 통계적인 차이도 인정되었다. Ca과 Mg 분석 결과는 건물중에 기초한 무기원소 분석결과 (Table 4)와 다른 경향이다.

건물중에 기초한 무기원소 분석결과에서는 N 시비량이 증가할수록 식물체내 Ca 함량이 증가하고 Mg 함량이 감소하였으나, 엽병 추출액에서는 Ca 함량이 감소하고 Mg 함량이 증가하여 상반된 경향이었다. 그러나 그 원인이 불명확하여 추후 보완 연구가 필요하다고 판단하였다.

엽병추출액의 Fe, Mn, Zn 및 Cu 농도는 0mM 시비구를 제외한 5mM 이상의 N 시비구에서 농도가 감소하는 경향이었으며, 각 원소별 N 시비구간 통계적인 차이가 인정되었다. 본 연구에서 N 시비농도가 증가할수록 토양 pH가 상승하였으며 Lindsay(1979), Marschner(1995) 및 Nelson(2003)이 주장한 것과 같이 높아진 pH가 토양 중 금속원소들의 불용화를 촉진하고, 흡수량이 저하한 원인이 되었다고 생각한다.

Table 5에는 정식 75일 후 토양 시료를 채취하여 1:2(시료:증류수, v/v) 방법으로 추출한 후 토양 화학성을 분석하여 그 결과를 나타내었다.  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도를 5mM 이상으로 시비할 경우 시비농도가 높아질수록 pH가 상승하여 처리간 통계적인 차이와 함께 0.1% 수준의 2차 곡선회귀가 성립하여 상관관계가 뚜렷하였다. 전기전도도는 0mM 시비구부터 N 15mM 시비구까지 점차 낮아지다가 20mM 시비구에서 다시 높아지고 있어 2차 곡선회귀가 성립하였고 높은 상관관계를 보였다. 최대 건물중을 생산했던 20mM 시비구에서 건물중이 식물체당 5.5g이었고, 90%에 해당하는 4.95g을 수량감소를 방지할수 있는 최저한계 농도로 간주할 때(Bennett, 1993) 1:2 포화추출법을 적용한 토양  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도는 약  $39\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 에 해당한다. 그러나 20mM 시비구에서 질소 과잉증상이 발현하여 요철 현상이 발생하고 수확물의 품질이 저하된 점을 고려할 때 10~15mM 시비구의  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도인 28.71~47.34  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 를 적정범위로 삼을 수 있다고 판단하였다.

토양 용액의 인산, 칼륨 및 마그네슘 농도는 N 시비농도가 높아질수록 점차 낮아졌다. 이상 세 원소의 토양중 농도가 낮아진 것은 N 시비농도가 높아질수록 잎들개의 생장량이 증가하였고, 생장량이 증가함으로써 무기원소를 더 많이 흡수하여 토양에 잔존하는 세 원소의 농도가 낮아진 원인이 되었다고 판단한다. 특히

K와 Mg의 경우 음이온인  $\text{NO}_3\text{-N}$ 이 흡수될때 양이온의 흡수가 촉진되는 상호작용도 식물체의 흡수량 증가 및 토양 잔존량의 감소에 영향을 미쳤을 것이라고 생각한다(Marschner, 1995; Mengel과 Kirkby, 1987). Ca의 경우 10mM 질소 시비구에서 토양농도가 가장 낮았고, 5mM 이하로  $\text{NO}_3\text{-N}$  시비농도가 낮아지거나 15mM 이상으로 높아질때 토양농도가 증가하였는데,  $\text{NO}_3\text{-N}$  시비농도가 낮은 경우에는 생장량이 적어 흡수량이 적은 원인이 되었고, 고농도  $\text{NO}_3\text{-N}$  시비구에서는 토양 pH 상승을 통한 토양 Ca의 용해도가 증가하여 토양중 농도가 높게 분석된 원인이 되었다고 판단한다(Lindsay, 1979; Mengel과 Kirkby, 1987).

이상의 결과를 요약하면 잎들개 ‘만추잎들개’를 필라이트 배지경 재배한 결과 10~15mM 시비구에서 가장 바람직한 생장을 보였으며, 이때의 질소농도가 건물중 기준으로 0.9~1.25%, 엽병추출액의  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도가 800~3,300 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ , 그리고 1:2 추출법으로 분석한 토양  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도가 28.7~47.3 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 범위에 포함되었다.

## 적 요

본 연구는 질소의 시비농도를 인위적으로 조절하여 잎들개를 관비재배 하면서 질소의 시비수준이 생장과 결핍증상 발현에 미치는 영향을 구명하고, 생육을 우수하게 유지할 수 있는 식물체 및 토양의 한계농도를 밝히기 위하여 수행하였다. 질소 무시비구에서 지상부 식물생육의 심한 억제 현상과 노엽의 엽신 전체가 황화된 후 점차 괴사하는 결핍증상이 나타났다. 질소 시비농도가 높아질수록 정식 75일 후의 생체중과 건물중이 무거워졌고, 엽병 추출액의  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도와 토양  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도가 높아졌으나, 20mM 시비구에서는 질소 과잉증상이 나타났다. 10~15mM 시비구에서 가장 바람직한 생장을 보였으며, 이때의 질소 함량은 건물중 기준으로 0.9~1.25%, 엽병추출액 및 1:2 추출법으로 분석한 토양의  $\text{NO}_3\text{-N}$  농도가 각각 800~3,300  $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$  및 28.7~47.3 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 의 범위에 포함되었다.

**주제어** : 결핍증상, 식물체 무기원소 함량, 잎들개, 질소농도

인 용 문 헌

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. 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.
4. Chaney, A.L. and E.P. Marback. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clinical Chem. 8:130-132.
5. 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.
6. Eastin, E.F. 1978. Total nitrogen determination for plant material containing nitrate. Anal. Biochem. 85:591-594.
7. Hanan, J.J. 1998. Greenhouses: Advanced technology for protected horticulture. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
8. 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.
9. Kim, J.H. 1994. Studies on the absorption characteristics of nutrients to develop a hydroponic solution for leaf production of Perilla (*Perilla ocymoides* L.). PhD. Diss., Gyeongsang National Univ., Jinju, Korea.
10. Kim, J.M., J.M. Choi, H.J. Chung, and J.S. Jeong. 2005. Effect of nitrogen concentration in fertigation solution on growth and nutrient uptake of cut chrysanthemum 'Biarritz'. J. Kor. Flower Res. Soc. 13:143-151.
11. Lee, K.H. 2003. Effect of macro element concentrations in fertilizer solution on growth and nutrient uptake by Oriental hybrid lily 'Casa Blanca'. PhD Diss., Pai Chai Univ., Daejeon, Korea.
12. Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, New York.
13. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press Inc., San Diego, USA.
14. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. Intl. Potash Inst., Bern, Switzerland.
15. Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, NJ.
16. Park, J.Y. 2002. Effects of application time, concentration and leaching percentage of controlled fertilizer solution on growth and mineral contents of *Perilla frutescens* in plug system. MS Diss., Pai Chai Univ., Daejeon, Korea.
17. Park, J.Y., J.M. Choi, and W.M. Yoon. 2003a. Effect of nutrient concentrations and leaching percentage on growth and nutrient uptake by *Perilla frutescens* var. japonica in plug culture. J. Natural Sci. Pai Chai Univ. 13:83-96.
18. Park, J.Y., J.M. Choi, and W.M. Yoon. 2003b. Effect of leaching percentage and fertilizer concentrations on growth and nutrient content of *Perilla frutescens* var. japonica in plug culture with peatmoss containing medium. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:177-181.
19. Rural Development Administration, 1988. Soil chemical analysis. Suweon, Korea.