

잎들깨의 플러그육묘에서 용탈률 및 시비농도가 생육 및 무기원소 흡수에 미치는 영향

최종명* · 윤화모 · 박종윤

배재대학교 자연과학부 원예조경학부 원예학 전공

Effect of Nutrient Concentrations and Leaching Percentage on Growth and Nutrient Uptake by *Perilla Frutescens* Britton var. *Japonica* Hara in Plug Culture

Jong Myung Choi*, Wha Mo Yoon and Jong Yoon Park

Division of Horticulture & Landscape Architecture, Pai Chai University,

Daejeon 302-235, Korea

Abstract

Effect of nutrient concentrations, fertigation frequency, and leaching percentage on crop growth and nutrient concentrations in root media were evaluated. The treatment of each irrigation with $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ of nitrogen in stage 2 and increase to $80 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ nitrogen in stage 3 had the highest crop growth at 34 days after sowing among treatments tested. Feeding with low nutrient concentrations and elevated frequency decreased crop growth. In treatments of each leaching percentage, feeding with low nutrient concentrations and elevated frequency resulted in increased tissue nutrient contents. The less tissue potassium content and higher calcium and magnesium contents were observed in treatment of 50% leach than those in 0% leach. All treatments tested had soil solution pH higher than 6.8.

* Corresponding author

Electrical conductivity in treatments of 50% leach were lower than those of 0% leach. Feeding with low nutrient concentrations and elevated feeding frequency in each leaching percentage resulted in increased electrical conductivity in soil solution of root media. Trends of medium nutrient concentrations were similar to those of electrical conductivity.

I. 서 언

혼합상토를 이용한 원예작물 재배를 위해서는 매 관수시 일정농도의 비료성분을 물에 용해시켜 시비(fertilization)와 관수(irrigation)를 동시에 성취하는 관비방법(fertigation)이 국내·외를 통해 적용되고 있다(Bunt, 1988; Hannan, 1997). 관비방법에서는 비료용액을 특정 작물의 생리 및 생육 특성에 맞게 변형시켜 플러그재배시 N과 K²O가 50~100mg·L⁻¹ 또는 분화재배시 150~200mg·L⁻¹이 되도록 농도를 조절하여 매 관수시 시비하거나, 농도를 3배 가량 높여 1주일에 1회씩 시비하고 있다(Hamrick, 1990; Koranski와 Laffe, 1990; Larson, 1992).

그러나 시비농도는 작물의 특성 또는 배수공을 통해 용탈되는 관개수의 양에 따라 변화되어야 한다. Nelson 등(1996)은 시비농도는 플러그묘의 생육단계와 용탈률(leaching percentage)에 따라 변화되어야 하며, Stage 2에서 용탈률이 0%가 되도록 관수할 경우 시비농도는 30mg·L⁻¹가 적당하고, 50% 용탈률에서는 50mg·L⁻¹로 농도를 조절하여 매관수시 시비하는 것이 바람직하다고 하였다. 그들은 또 Stage 3이후에 용탈률이 0, 25 및 50%가 되도록 관수량을 조절할 경우 매관수시 N과 K₂O를 50, 75 및 90mg·L⁻¹으로, 2회 관수시 1회 시비할 경우 75, 120 및 160mg·L⁻¹로 농도를 조절하는 것이 바람직하다고 하였다. Argo와 Biernbaum(1994; 1995)은 나팔백합과 포인세티아를 분화재배하면서 용탈률에 따른 시비농도 조절에 관해 연구하였으며 용탈률을 높일 경우 반드시 시비농도도 높여야 한다고 주장하였다.

이상의 연구들은 대부분 화훼작물의 분화나 플러그 재배와 관련한 것이며, 피트모쓰와 펄라이트 또는 피트모쓰와 질석을 혼합한 상태에서 수행되었다. 그러나 국내에서 최근에 생산되는 혼합상토들은 가격을 절감하기 위해 동남아에서 수입된 코이어(코코넛 피트)를 질석 또는 펄라이트와 혼합하여 물리·화학적성을 조절하고 있으며 일부 상토들은 부속왕겨를 포함한 채로 시판되고 있다(Choi 등, 2000). 혼합상토에 따라 보수성 및 무기염 보유능력이 다른 점을 고려할 때(Hannan, 1997), 국내 시판상토를 대상으로 용탈률에 따른 무

기염 농도변화가 밝혀져야 이를 근거로 작물재배에 적용할 수 있을 것이다.

채소용 잎들깨의 생산 및 식용은 우리나라가 갖는 독특한 문화이며, 많은 재배농가에서 잎들깨의 플러그 육묘를 하고 있으나 관련 연구가 국내·외에서 전혀 수행되지 않아 재배농가에서 많은 시행착오를 겪고 있다. 따라서 본 연구는 코이어 혼합상토를 대상으로 용탈률 및 시비농도에 따른 잎들깨의 생육, 무기원소 흡수 및 토양중 무기염 농도를 구명하므로써 기초자료를 확보하고자 수행하였다.

II. 재료 및 방법

조제과정에서 코이어가 혼합되고 시판중인 흥농바이오 상토[(주)흥농, 전북 김제]를 수집한 후 육안으로 판단하여 적당한 함량을 갖도록 수분을 첨가하였으며, 24시간 동안 밀봉하여 수분평형이 이루어지도록 기다렸다가 200공 플러그트레이에 충전하였다. 종자 파종전 혼합상토의 화학성을 분석한 결과 pH와 EC는 각각 5.69 및 $1.99\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 였다. 각 무기원소의 함량을 포화추출법으로 분석한 결과($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) $\text{NH}_4\text{-N}$ 130, $\text{NO}_3\text{-N}$ 148, $\text{PO}_4\text{-P}$ 49.4, K 53, Ca 49.8, Mg 43.5였다.

상토 충전 후 잎들깨(*Perilla frutescens* Britton var. *japonica* Hara) 'Heungnong'을 자동 파종시스템(Dadcon, Auto Seeding System, (주)대동기전, 경남 김해)을 사용하여 플러그트레이에 파종하였고, 온도 $22 \pm 1^\circ\text{C}$, 습도 $80 \pm 1\%$ 로 유지한 발아실에서 발아시켰다.

발아직후 모든 플러그트레이를 주간 22°C , 야간 14°C 로 조절한 육묘 온실로 옮긴 후 Hoagland 용액(Hoagland와 Arnon, 1950)의 N 농도 기준으로 시비시기와 농도를 아래와 같이 달리하여 관비하였다.

무처리(대조구): 매 관수시 증류수 관수,

A: Stage 2부터 $50\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로, Stage 3부터는 $80\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 농도를 조절하여 매 관수시 시비,

B: Stage 2부터 $70\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로, Stage 3부터는 $100\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 농도를 조절하여 1회 증류수 관수 후 1회 양액시비 반복,

C: Stage 2부터 $90\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로, Stage 3부터 $120\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 농도를 조절하여 2회 증류수 관수 후 1회 양액시비 반복,

D: Stage 2부터 $110\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로, Stage 3부터 $140\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 농도를 조절하여 매주 1회 양액을 관주하고 기타 관수시에는 증류수로 관수함

증류수 또는 양액을 관주할 경우 상기한 각 처리는 용탈률을 0, 25 및 50%로 다르게 조절하였다. 따라서 본 연구를 위한 실험은 시비농도조절 5처리×용탈률 조절 3처리×각 처리당 3반복으로 총 45 트레이를 완전임의로 배치하였다.

식물생육 조사는 파종 후 24일과 34일 2회에 걸쳐 수행하였으며 엽수, 하배축 길이, 엽장, 엽폭, 관부직경, 생체중 및 건물중을 측정하였다.

엽분석은 파종 후 34일에 수확된 식물체를 0.01N HCl 용액에 1분간 침지한 후 증류수로 수세하여 식물의 잎에 묻어 있는 이물질들을 제거하였다. 이후 70°C의 건조기에서 24시간 건조시킨 후 건물중을 측정하였으며, 건물중 측정 후 20mesh의 screen(0.9mm)에 통과되도록 Wiley mill로 분쇄하였다. 분쇄된 0.1g의 시료를 이용하여 semi-micro Kjeldahl 방법(Eastin, 1978)으로 전질소 함량을 분석하였고, 식물체내 무기성분 분석을 위하여 0.2g에 Ternary solution ($\text{HNO}_3:\text{H}_2\text{SO}_4:\text{HClO}_4=10:1:4$) 10mL를 가한 후 200°C에서 20~30분 회화시키고, 회색으로 변한 시료를 여과(No. 9)하였다. 다시 증류수를 첨가하여 100mL로 정량한 후 K, Ca, P, Mg, Fe, Na, Mn, Zn 및 Cu는 Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer(Thermo Elemental Tracescan. USA)를 이용하여 분석(Rural Development Administration, 2000)하였다.

토양분석은 파종 후 24일과 34일에 채취하여 수행하였다. 관수 2시간 후에 토양시료를 채취하여 포화추출법(Warncke, 1986)으로 토양용액을 추출하고, 미생물에 의한 NH_4^+ 의 산화를 억제시키기 위해 포화된 phenylmercuric acetate(1g/18mL D.W.)를 두방울 떨어뜨린 후 상토의 pH(Fisher scientific, model 20)와 EC(Orion, model 50)를 측정하였다.

NH_4^+-N 분석은 Chaney와 Marbach(1962)의 방법으로, NO_3^--N 은 Cataldo 등(1975)의 방법으로, K, Ca, P 및 Mg는 추출한 토양용액을 Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometer(Thermo Elemental TraceScan. USA)으로 분석하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

코이어 혼합상토를 이용한 잎들깨의 플러그 육묘시 용탈률 및 시비농도 조절이 파종 24일 및 34일 후의 작물생육에 미치는 영향을 Table 1과 2에 나타내었다. 파종 24일 후의 작물 생육(Table 1)에서 50% 용탈률을 적용하고 Stage 2와 3에 Hoagland 용액

의 질소 농도를 50 및 80mg · L⁻¹로 조절하여 관비한 처리에서 건물중과 생체중이 각각 0.34g 및 38.7mg으로 측정되어 가장 무거웠고, 시비농도 증가와 함께 관비횟수를 줄일 경우 생육이 저조하였다. 0%와 25%의 용탈률에서는 Stage 2와 3에 70 및 100mg · L⁻¹의 질소농도로 Hoagland 용액을 변화시켜 2회 관수시 1회 관비를 병행한 처리에서 생육이 우수하였고, 관비횟수를 줄일 경우 생육이 저조해지는 경향이었다. 동일한 시비농도 및 관비횟수를 적용 하고 용탈률을 조절한 경우 50% 용탈률에서 25%나 0% 용탈률에서 보다 작물 생육이 우수하였다.

파종 34일 후의 작물생육(Table 2)에서도 Hoagland 용액의 질소 농도를 Stage 2와 3에 50 및 80mg · L⁻¹로 조절하여 매 관수시 시비를 병행할 경우 각 용탈률내에서 생육이 가장 우수하였다. 시비농도를 증가시키면서 관비횟수를 줄인 처리들에서 생육이 저조하였으며, 각 용탈률내의 처리간 차이는 24일 후의 생육조사(Table 1)에서보다 커지는 경향이었다. 이와 같이 관비농도 증가와 함께 횟수를 줄인 처리들에서 생육이 저조한 이유는 플러그 셀의 적은 용적 때문에 상토의 수분 및 비료를 보유할 수 있는 양이 제한적일 수밖에 없고, 관비횟수를 줄일 경우 상토내의 비료농도가 적정치 이하로 자주 저하되었기 때문에 발생한 결과라고 판단된다.

Table 1. Effect of fertilizer concentrations (FC) in nutrient solutions and leaching percentage (LP) on the growth characteristics of *Perilla frutescens* grown in Heungnong - Bio media at 24 days after sowing in plug systems.

Treatment	Number of leaves	Length of hypocotyl (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (mg/plant)
<i>0% Leaching</i>							
FC							
Control ^z	2.33	16.3	16.8	15.8	1.19	0.21	24.2
A	3.00	16.1	17.8	16.0	1.30	0.24	28.3
B	2.67	16.0	17.1	16.3	1.30	0.24	29.4
C	2.33	15.9	17.0	16.2	1.23	0.23	27.8
D	2.33	16.0	16.9	15.9	1.22	0.23	27.3
<i>25% Leaching</i>							
FC							
Control ^z	2.67	15.0	16.8	16.1	1.23	0.23	26.4
A	3.33	16.4	16.8	16.9	1.22	0.24	29.6
B	3.33	17.0	18.3	16.8	1.27	0.26	30.8
C	3.33	16.3	17.2	16.3	1.26	0.24	29.0
D	3.00	15.8	16.9	16.2	1.24	0.23	27.5
<i>50% Leaching</i>							
FC							
Control ^z	3.00	17.3	17.3	16.7	1.19	0.26	29.2
A	4.00	17.7	20.8	19.9	1.34	0.34	38.7
B	4.00	18.9	20.3	19.0	1.34	0.32	36.1
C	4.00	18.5	19.3	17.8	1.24	0.28	32.6
D	3.67	17.5	17.7	17.0	1.22	0.27	30.4
FC	**	NS	**	***	*	**	**
LP	*	**	*	**	NS	**	**
FC×LP	NS	NS	*	**	NS	**	**

^zControl: irrigation with deionized water, A: Fertilization in each irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 50 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 80 mg · L⁻¹ in stage 3, B: Fertilization in every other irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 70 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 100 mg · L⁻¹ in stage 3, C: Fertilization every 3rd irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 90 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 120 mg · L⁻¹ in stage 3, D: Fertilization in each week with diluted Hoagland nutrient solution to 110 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 140 mg · L⁻¹ in stage 3.

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

Table 2. Effect of fertilizer concentrations (FC) in nutrient solutions and leaching percentage (LP) on the growth characteristics of *Perilla frutescens* grown in Heungnong - Bio media at 34 days after sowing in plug systems.

Treatment	Number of leaves	Length of hypocotyl (mm)	Leaf length (mm)	Leaf width (mm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (mg/plant)
<i>0% Leaching</i>							
FC							
Control ^z	4.00	31.3	25.3	24.3	1.25	0.41	39.4
A	4.67	32.8	31.2	29.2	1.69	0.55	57.6
B	4.33	34.2	30.0	28.2	1.64	0.49	53.5
C	4.33	37.0	27.7	26.5	1.59	0.42	45.7
D	4.00	33.2	26.2	25.8	1.47	0.40	42.4
<i>25% Leaching</i>							
FC							
Control ^z	4.00	29.3	23.3	22.6	1.44	0.37	37.0
A	6.00	28.8	31.5	28.8	1.75	0.57	59.4
B	5.67	31.5	28.5	27.5	1.68	0.51	52.3
C	5.00	32.7	25.8	24.8	1.65	0.43	47.5
D	4.33	31.2	24.8	24.8	1.59	0.39	41.5
<i>50% Leaching</i>							
FC							
Control ^z	4.00	29.9	26.0	25.2	1.40	0.38	41.3
A	6.00	40.2	35.3	30.5	1.96	0.78	79.8
B	6.00	38.8	33.0	31.7	1.80	0.65	69.0
C	5.00	34.7	27.0	26.7	1.69	0.42	48.6
D	4.67	31.5	26.8	26.0	1.60	0.40	45.7
FC	**	*	***	**	***	**	***
LP	*	NS	*	*	**	**	**
FC×LP	*	NS	*	*	*	*	**

^zControl: irrigation with deionized water, A: Fertilization in each irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 50 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 80 mg · L⁻¹ in stage 3, B: Fertilization in every other irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 70 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 100 mg · L⁻¹ in stage 3, C: Fertilization every 3rd irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 90 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 120 mg · L⁻¹ in stage 3, D: Fertilization in each week with diluted Hoagland nutrient solution to 110 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 140 mg · L⁻¹ in stage 3.

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

Table 3에는 파종 34일 후의 식물체 무기원소 함량을 분석하여 그 결과를 나타내었다.

Table 3. Effect of fertilizer concentrations (FC) in nutrient solutions and leaching percentage (LP) on the nutrient contents of *Perilla frutescens* based on dry weight of whole above ground plant tissue grown in Heungnong - Bio media and collected at 34 days after sowing in plug systems.

Treatment	T-N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
	----- (%) -----			-----			----- (g • kg ⁻¹) -----		
<i>0% Leaching</i>									
FC									
Control ^z	1.04	1.12	2.27	1.56	0.30	255	39.7	33.2	8.13
A	1.45	1.22	4.10	1.78	0.41	319	56.9	45.0	12.9
B	1.39	1.19	3.90	1.77	0.40	297	50.5	40.3	11.5
C	1.31	1.13	3.28	1.67	0.37	278	48.2	37.7	11.3
D	1.20	1.12	2.83	1.63	0.36	259	44.9	34.5	8.61
<i>25% Leaching</i>									
FC									
Control ^z	1.07	1.08	2.41	1.61	0.29	288	12.5	41.6	9.30
A	1.51	1.26	3.52	2.03	0.50	453	96.2	49.8	12.7
B	1.39	1.24	3.15	1.94	0.48	444	60.5	47.7	11.8
C	1.27	1.19	2.68	1.85	0.42	390	57.2	43.0	11.3
D	1.22	1.15	2.57	1.79	0.32	371	42.5	42.3	9.61
<i>50% Leaching</i>									
FC									
Control ^z	1.19	1.09	2.27	1.71	0.34	256	39.6	36.4	11.4
A	1.64	1.08	3.29	2.26	0.52	438	58.9	43.2	13.1
B	1.58	1.16	3.24	2.19	0.50	430	51.3	42.5	12.8
C	1.42	1.15	2.66	1.96	0.45	365	48.3	39.6	12.6
D	1.24	1.10	2.24	1.81	0.39	267	41.8	38.2	12.6
FC	**	*	**	*	*	*	NS	*	*
LP	*	NS	NS	*	*	NS	NS	NS	*
FC×LP	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS

^zControl: irrigation with deionized water, A: Fertilization in each irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 50 mg • L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 80 mg • L⁻¹ in stage 3, B: Fertilization in every other irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 70 mg • L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 100 mg • L⁻¹ in stage 3, C: Fertilization every 3rd irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 90 mg • L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 120 mg • L⁻¹ in stage 3, D: Fertilization in each week with diluted Hoagland nutrient solution to 110 mg • L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 140 mg • L⁻¹ in stage 3.

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

세 용탈률에서 모두 대조구의 질소함량이 낮았으며 Stage 2와 3에 각각 50 및 80mg • L⁻¹로 농도를 조절하여 매 관수시 시비와 관수를 병행한 처리에서 질소함량이 높았

고, 관비농도를 증가시켜 횡수를 줄일 경우 식물체내 질소함량이 낮았다. 인산함량의 경우 0% 및 25% 용탈률에서는 고농도의 시비로 관비횡수를 줄인 경우 식물체내 함량이 감소하였으나, 50% 용탈률에서는 처리간 경향을 찾기가 어려웠다. 용탈률을 달리 하고 동일한 시비방법을 적용한 처리들의 식물체내 인산함량은 0 및 25%에서 50% 용탈률을 적용한 처리에서 보다 높았다. 이러한 이유는 음이온인 인산이 상토내에 흡착되지 못하고 매 관수시 배수공을 통해 용탈되어 상토의 인산농도를 낮게 유지하고 (Table 4 및 5), 식물체의 흡수량 저하의 원인이 되었다고 판단된다. 칼륨, 칼슘 및 마그네슘의 식물체내 함량도 세 용탈률 공히 저농도로 관비를 자주한 처리들에서 식물체내 함량이 높았고, 고농도의 비료용액으로 관비횡수를 줄인 처리에서 낮았다. 칼륨과 마그네슘은 동일한 시비방법을 적용하고 용탈률을 증가시킬 경우 식물체내 함량이 높았으며, 칼슘은 용탈률이 높을수록 식물체내 함량이 감소하였다. 이는 기비로 혼합된 비료의 종류와 용해도 차이에 의해 발생된 결과라고 추정된다. 즉, 수용성인 칼륨과 마그네슘은 매 관수시 관수된 물과 함께 배수공으로 용탈되어 상토내의 농도를 낮게 유지하였으나, 용해도가 낮은 석회질 비료들은 상대적으로 용탈률이 적어 상토내의 농도를 높게 유지하였고 추비로 혼합된 비료와 함께 식물에 흡수되어 식물체내 함량이 높았다고 추정되나 추후 상세한 보완연구가 필요하다고 판단된다. 철, 망간, 아연 및 구리 함량은 비료농도를 높이고 관비횡수를 줄일수록 식물체내 함량이 낮았으며, 그 원인은 토양 pH와 관련지어서 판단할 수 있다. 즉, 비료농도를 높이고 관비횡수를 줄일수록 상토의 pH가 상승하는 경향이었으며 (Table 4와 5), 상토의 pH가 상승할수록 금속원소는 산화 및 불용화되기 때문에 (Bunt, 1988; Hannan, 1998) 식물체의 흡수량 저하로 귀착되었다고 판단된다.

Table 4. Effect of fertilizer concentrations (FC) in nutrient solutions and leaching percentage (LP) on the soil chemical properties of Heungnong - Bio root media and collected at 24 days after sowing of *Perilla frutescens* in plug systems.

Treatment	pH	EC (dS · m ⁻¹)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
----- (mg · L ⁻¹) -----								
<i>0% Leaching</i>								
FC								
Control ^z	6.39	0.79	1.12	28.2	11.8	25.1	30.0	15.4
A	5.95	1.52	3.24	57.3	22.5	60.7	49.7	40.0
B	6.26	1.35	2.21	41.7	19.3	40.6	43.2	30.3
C	6.31	0.96	1.76	36.2	13.4	31.4	37.1	26.5
D	6.34	0.91	1.24	32.8	12.4	30.2	37.1	24.6
<i>25% Leaching</i>								
FC								
Control ^z	6.70	0.51	1.04	29.8	8.68	15.9	20.7	10.3
A	6.13	1.45	1.65	67.6	18.0	68.2	51.6	39.1
B	6.26	1.24	1.30	63.8	16.4	58.7	48.0	36.1
C	6.38	0.68	1.21	41.7	12.2	55.6	30.8	13.9
D	6.59	0.54	1.18	33.9	10.4	17.4	24.3	11.9
<i>50% Leaching</i>								
FC								
Control ^z	6.95	0.26	0.61	18.7	5.74	12.4	12.6	5.12
A	6.06	1.03	1.52	59.2	18.7	76.9	49.7	34.2
B	6.33	0.72	1.39	41.5	17.9	46.3	41.6	26.6
C	6.38	0.56	1.12	30.7	6.99	31.1	37.2	22.7
D	6.73	0.26	1.06	29.4	6.16	15.2	14.2	6.73
FC	NS	***	**	**	**	*	**	**
LP	NS	*	*	NS	NS	NS	*	NS
FC×LP	NS	NS	*	NS	NS	NS	*	NS

^zControl: irrigation with deionized water, A: Fertilization in each irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 50 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 80 mg · L⁻¹ in stage 3, B: Fertilization in every other irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 70 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 100 mg · L⁻¹ in stage 3, C: Fertilization every 3rd irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 90 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 120 mg · L⁻¹ in stage 3, D: Fertilization in each week with diluted Hoagland nutrient solution to 110 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 140 mg · L⁻¹ in stage 3.

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

Table 5. Effect of fertilizer concentrations (FC) in nutrient solutions and leaching percentage (LP) on the soil chemical properties of Heungnong - Bio root media and collected at 34 days after sowing of *Perilla frutescens* in plug systems.

Treatment	pH	EC (dS · m ⁻¹)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	P	K	Ca	Mg
----- (mg · L ⁻¹) -----								
<i>0% Leaching</i>								
FC								
Control ^z	7.30	0.29	0.24	0.37	6.11	10.4	18.4	7.12
A	6.74	1.65	0.88	27.3	23.4	84.5	52.7	43.4
B	6.93	1.34	0.62	17.9	11.1	39.9	40.3	25.2
C	7.23	0.50	0.57	3.45	10.5	14.9	21.9	10.8
D	7.27	0.32	0.38	1.24	7.00	10.8	20.5	8.31
<i>25% Leaching</i>								
FC								
Control ^z	7.28	0.21	0.26	0.27	5.55	8.41	15.4	6.72
A	6.74	1.34	0.91	26.7	15.0	93.3	50.5	37.4
B	6.85	1.06	0.65	22.1	14.5	60.5	44.2	28.5
C	7.21	0.33	0.52	4.57	10.4	30.9	24.2	7.91
D	7.25	0.24	0.46	1.29	7.18	10.9	18.6	8.65
<i>50% Leaching</i>								
FC								
Control ^z	7.32	0.14	0.31	0.29	3.16	9.6	14.8	6.01
A	6.70	0.99	0.82	21.8	15.6	112	50.5	31.7
B	6.76	0.71	0.73	18.3	8.94	74.1	44.5	25.8
C	7.13	0.28	0.47	3.99	4.36	18.1	22.2	11.6
D	7.22	0.16	0.43	1.59	3.34	10.6	15.6	6.30
FC	*	**	**	**	**	**	**	**
LP	NS	*	NS	NS	*	*	NS	*
FC×LP	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

^zControl: irrigation with deionized water, A: Fertilization in each irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 50 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 80 mg · L⁻¹ in stage 3, B: Fertilization in every other irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 70 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 100 mg · L⁻¹ in stage 3, C: Fertilization every 3rd irrigation with diluted Hoagland nutrient solution to 90 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 120 mg · L⁻¹ in stage 3, D: Fertilization in each week with diluted Hoagland nutrient solution to 110 mg · L⁻¹ nitrogen in stage 2 and 140 mg · L⁻¹ in stage 3.

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

있들개의 플러그 육묘시 파종 24일 및 34일 후에 토양시료를 채취하여 화학적 특성을 분석하고 그 결과를 Table 4 및 5에 나타내었다. 24일후 상토의 pH는(Table 4) 0, 25 및 50% 용탈률의 대조구가 6.39, 6.70 및 6.95로 측정되어 높았고, 동일한 용탈률내의 시비구간에는 시비농도를 높여 관비횟수를 감소시킬 경우 pH가 상승하였다. 파종 34일후의 pH(Table 5)에서도 시비농도 및 횟수에 따른 경향은 24일후와 유사하였으나 대부분의 처리에서 7.0이상으로 측정되어 pH가 과도하게 높았다. Bunt(1988), Hannan(1998) 및 Nelson 등(1996)은 혼합상토를 이용한 작물재배에서 적정 pH는 5.5~6.2 범위라고 하였다. 본 연구에서 34일 후 측정된 pH가 과도하게 높아 금속원소들의 결핍증상을 유발할 가능성이 높아 pH를 저하시키기 위한 적극적인 조치가 필요하다고 판단되었다.

24일 및 34일 후의 전기전도도는 각 용탈률내에서 고농도의 비료용액으로 관비횟수를 낮출 경우 전기전도도가 낮아지는 경향이였으며 34일 후에 심하게 저하되었다. 동일한 시비방법 및 농도를 적용할 경우 용탈률이 높을수록 전기전도도의 저하가 심하였고, 관수된 물이 배수공을 통해 용탈될 때 상토에 존재하는 각종 무기염도 함께 용탈시키기 때문에 발생한 결과라고 판단된다(Argo와 Biernbaum, 1994; 1995).

Koranski(1990)는 플러그 육묘시 상토의 적정 전기전도도는 $1.0\sim 1.5\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 범위하고 하였으며, 본 연구결과에서 매 3회 관수시 1회 관비한 처리나, 1주일에 1회 관비한 처리들에서는 용탈률에 상관없이 시비농도 및 횟수를 증가시켜야 할 것으로 판단되었다.

상토의 각종 무기염 농도도 전기전도도와 유사한 경향을 나타내었다. 24일후의 농도보다(Table 4), 34일후의 각종 무기염 농도(Table 5)가 낮았으며, 식물체의 무기원소 흡수와 용탈이 원인이 되어 상토내의 농도를 낮추었기 때문에 발생한 결과라고 판단된다. 또한 각 용탈률내에서의 시비구간 차이는 고농도로 관비횟수를 줄일 경우 상토내의 농도가 저하되었고, 동일한 시비농도를 적용한 처리들간에는 용탈률이 높을수록 상토내의 농도가 낮아지는 경향이였다. Koranski(1990)나 Styer와 Koranski(1998)도 용탈을 및 시비농도와 관련된 내용에서 용탈률을 높일 경우 시비농도도 상승시켜야 한다고 주장하여 본 연구결과에서 용탈률에 따른 무기염 농도가 변화된 것에 대하여 이론적인 뒷받침을 하고 있다.

IV. 초 록

코이어 혼합상토에 관비 농도, 횃수 및 용탈률을 변화시킬 경우 작물생육, 무기원소 흡수 및 토양중 무기염 농도 변화에 미치는 영향을 구명하고자 본 연구를 수행하였다. 파종 34일 후의 작물 생육에서 Stage 2와 3에 50 및 80mg · L⁻¹의 질소농도를 적용하고 매 관수시 시비와 관수를 병행한 처리에서 생육이 우수하였으며, 시비농도를 증가시키고 관비횃수를 줄일 경우 생육이 저조하였다. 0, 25 및 50%의 용탈률내에서 시비농도를 저농도로 조절하여 관비횃수를 증가시킬 경우 식물체내 무기원소 함량이 높았다. 칼륨은 동일한 시비방법에서 용탈률을 증가시킬 경우 식물체내 함량이 감소하였고, 칼슘 및 마그네슘은 용탈률이 높을수록 증가하였다. 파종 34일 후에 측정된 토양 pH는 대부분 6.8 이상으로 측정되어 과도하게 높았으며, 각 용탈률내에서 고농도의 비료용액으로 관비횃수를 줄일 경우 전기전도도가 낮아졌고, 동일한 시비방법내에서는 용탈률이 높을수록 전기전도도가 저하되었다. 분석한 다량원소의 토양중 농도도 전기전도도와 유사한 경향을 보였다.

V. 참 고 문 헌

- Argo, W.R. and J.A. Biernbaum. 1994. Irrigation requirements, root-medium pH, and nutrient concentration of Easter lilies grown in five peat-based media with and without an evaporation barrier. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119:1151-1156.
- Argo, W.R. and J.A. Biernbaum. 1995. Root-medium nutrient levels and irrigation requirements of poinsettias grown in five root media. *HortScience* 30:535-538.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, London.
- Cataldo, D.A., M. Haroon, L.E. Schrader, and V.L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue. *Commun. Soil Sci. and Plant Analysis* 6:71-80.
- Chaney, A.L. and E.P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clinical Chem.* 8:130-132.
- Choi, J.M., H.J. Chung, and J.S. Choi. 2000. Physico-chemical properties of organic and inorganic materials used as container media. *Kor. J. of Hort. Sci. & Tech.* 18:529-535.

- Eastin, E.F. 1978. Total nitrogen determination for plant material containing nitrate. *Anal. Biochem.* 85:591-594.
- Hamrick, D. 1990. The 3C bedding plant plugs. p. 6-8. In: D. Hamrick (ed.). *GrowerTalks on plugs*. Geo. J. Ball Publishing, USA.
- Hannan, J.J. 1997. *Greenhouses: Advanced technology for protected horticulture*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA.
- Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water culture method for growing plants without soil. *Calif. Agr. Expt. Sta., Circ.*
- Koranski, D.S. 1990. Feed plugs early. p. 93-94. In: D. Hamrick (ed.). *GrowerTalks on plugs*. Geo. J. Ball Publishing, USA.
- Koranski, D.S. and S. Laffe. 1990. Checking out plugs up close p. 20-28. In: D. Hamrick (ed.). *GrowerTalks on plugs*. Geo. J. Ball Publishing, USA.
- Larson, R.A. 1992. *Introduction to floriculture*. 2nd ed. Academic Press, Inc., San Diego, CA, USA.
- Nelson, P.V. 1991. *Greenhouse operation and management*, 4th ed. Prentice Hall. Englewood Cliffs, NJ, USA.
- Nelson, P.V., J.S. Hwang, W.C. Fonteno, and D.A. Bailey. 1996. Fertilizing for perfect plugs II. p. 86-90. In: D. Hamrick (ed.). *GrowerTalks on plugs*. 2nd ed. Ball Publishing, USA.
- RDA. 2000. *Soil and plant analysis*. Rural Development Administration, Suweon, Korea.
- Styer, R.C. and D.S. Koranski. 1997. *Plug & transplant production; A growers guide*. Ball publishing, Batavia, Illinois.
- Warncke, D.D. 1986. Analysing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *HortScience* 211:223-225.