

상토에 기비로 혼합된 $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율에 따른 '녹광' 고추 플러그 묘의 성장

오상세 · 박명선 · 김현철 · 최종명*

충남대학교 농업생명과학대학 원예학과

Growth of 'Nokkwang' Hot Pepper Plug Seedlings as Influenced by Various Ratios of Pre-planting $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ in Root Substrate

Sang Se Oh, Myong Sun Park, Hyun Cheul Kim, and Jong Myung Choi*

Department of Horticultural Sciences, College of Agriculture & Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

Abstract. This study was conducted to determine the effects of a pre-planting fertilizers with various $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios in a coir dust:peatmoss:perlite (3.5:3.5:3.0, v/v/v) medium on the growth of hot pepper (*Capsicum annuum* L. cv. Nokkwang) plug seedling. Nitrogen levels were fixed to $300 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ and the $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios were varied to 0:100, 27:73, 50:50, 73:27, and 100:0. The 50-cell trays were filled with treatment media containing pre-plant fertilizers, then seeds were sown. After seeds were germinated, the trays were moved to greenhouse and seedlings were feed with 13-2-13 and 20-9-20 fertilizers, alternatively. The changes in pH and EC were measured every week and soil solution for nutrient concentrations were analyzed in week 0, 3, and 7. The measurements of seedling growths as well as analysis of tissue nutrient contents were also conducted in week 7. The varied $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios did not influence on the pHs of root media after incorporation of pre-planting fertilizers, but the ECs were heightened as proportion of NH_4^+ to NO_3^- were elevated. During the raising of seedlings, the pHs rose over time in the treatments of 0:100 and 27:73 ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$). The concentrations of all macro-elements in root media decreased gradually as seedlings grew in all treatments. The seedling growths 7 weeks after seed sowing were the highest in the treatments of 27:73 and 50:50 ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$) and those became worse in the treatments of higher NH_4^+ ratios than 73%. In terms of inorganic element contents based on the dry weight of above ground tissue, the treatment of 0:100 showed the lowest content of Ca, Mg, Na, Cu, Mn, and Zn. Based on the results, it is desired that NH_4^+ ratio in pre-planting fertilization is maintained to be 50% or less for the raising of hot pepper plug seedlings.

Additional key words : dry weight, EC, fresh weight, pH, nutrient contents

서 언

원예작물 용기재배를 위해 이용하는 혼합상토는 용기의 높이 등 형태에 적합하도록 물리 및 화학적 특성을 조절하여 작물 재배에 이용한다. 용기의 특성을 고려하여 노지토양보다 공극률을 높이고, 대공극 비율이 높은 상태로 물리적 특성을 조절하며, 이를 위해 직경이 큰 펄라이트, 버미큘라이트, 피트모스 및 코이어 더스트 등의 혼합비율을 높여서 조절한다(Choi 등, 2000).

원예용 상토로 이용되는 펄라이트나 버미큘라이트의 경우 직경 2~5mm 규격이 원예용 등급으로 인정되고

(Nelson, 2012), 이와 같은 크기는 직경 0.002mm 이하인 점토나 직경 0.002~0.005mm인 미사토보다 직경이 1,000배~2,500배 큰 것이다. 혼합상토를 구성하는 원료의 직경이 클 경우 표면적이 감소하고, 표면적 감소가 원인이 되어 입자 표면에 형성되는 음전하가 감소(통상 양이온치환용량으로 표현됨.)하며, 그리고 음전하량 감소가 토양의 물리·화학적 완충력이 낮아지는 원인이 된다(Choi 등, 2000). 물리·화학적 완충력이 낮으면 수분 및 양분의 과부족에 대하여 식물이 민감하게 반응하고 식물 생육이 저조해지는 경우가 자주 발생한다.

특히 최근 원예작물 묘생산을 위해 보편적으로 적용하는 플러그 육묘의 경우 한 식물체를 지주하는 상토의 양이 적으며, 플러그 트레이의 규격에 따른 차이가 있지만 한 식물체를 지주하는 상토의 양이 매우적다. Styer와 Koranski(1997)는 28cm × 56cm(가로 × 세로)의 플

*Corresponding author: choi1324@cnu.ac.kr

Received January 8, 2019; Revised February 22, 2019;

Accepted March 20, 2019

러그 트레이에 18공~800공의 셀을 만들며, 트레이 셀의 수가 많을수록 한 식물체를 지주하는 상토의 양이 적어 진다고 하였다. 국내 채소류 육묘의 경우 32-셀, 50-셀 및 72-셀 트레이가 많이 이용되며, 32-셀은 50~72mL, 50-셀은 36~62mL, 그리고 72-셀 트레이는 30~54mL의 트레이 내의 셀 용적을 갖는 것으로 알려져 있다. 따라서 셀수가 적을수록 트레이 내의 각 셀당 용적이 많고, 이로 인해 완충력이 증가하여 식물 생장에 유리하게 작용한다는 것은 농가에서도 충분히 인식하고 있다.

플러그 육묘의 경우 플러그 트레이에 상토를 충전하고 종자를 파종하여 발아시키며, 발아된 종자를 이식 전까지 육묘한다. 이 때 충전되는 대부분의 상토는 조제과정에서 일정량의 비료를 첨가하고, 비효가 부족할 시기에 추비를 하고 있다. 그러나 상토의 완충력에 따라 기비로 혼합되는 비료의 종류 및 양을 조절해야 한다. 특히 질소의 경우 NH_4^+ 나 NO_3^- 로 시비할 수 있고, NH_4^+ 의 경우 저농도에서는 상토의 양이온치환부위에 흡착되는 양이 많아 유실량이 적고, NO_3^- 보다 작물 생장에 유리하게 작용하지만, 고농도에서는 과잉피해가 빈번하게 발생한다. 그러나 NO_3^- 의 경우 상토의 양이온치환부위에 흡착되지 못하는 이유로 흡수효율이 낮아지는 문제를 갖는다.

따라서 과잉피해를 유발하지 않고 작물 생육이 우수한 범위 내로 NH_4^+ 의 시비 비율을 조절하는 것이 작물 생장이나 흡수효율 증진을 위해 바람직하지만 적합한 비율이 상토의 특성에 따라 다르다는 문제점을 갖고 있다. 이상 설명한 바와 같은 배경하에 ‘녹광’ 고추를 대상으로 기비로 혼합된 암모늄태 질소(NH_4^+)와 질산태 질소(NO_3^-)의 비율이 상토 화학성 변화와 육묘 생장에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

연구를 수행하기 위해 코이어 더스트:피트모스:perlite를 35:35:30%(v/v/v) 비율로 혼합한 상토를 조제하였다. 조제된 상토의 물리적 특성을 측정된 결과 공극률 82.4%, 용기용수량 62.7%, 기상률 19.7%였고, 1~4.98kPa의 수분장력하에 존재하는 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 수분이 19.5% 그리고 4.98~9.96kPa의 장력하에 존재하는 완충수가 5.5%로 측정되었다.

상토 구성재료를 혼합하는 과정에서 기비를 첨가하였으며 총질소의 농도를 $300\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 동일하게 조절된 조건에서 암모늄태 질소와 질산태 질소의 비율($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$)을 0:100, 27:73, 50:50, 73:27, 100:0으로 변화시켰다. 질소질 비료와 필수원소를 포함한 비료를 기비로 첨가하였고, 혼합한 비료의 종류와 양은 Sung 등(2016)의 조성 과 동일하게 하였다(Table 1).

Table 1. Kinds and amounts of pre-planting nutrient charge fertilizers incorporated during formulation of the mixture of coir dust:peatmoss:perlite 35:35:30% (v/v/v)².

Fertilizers ($\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$)	Treatments in $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios				
	0:100	27:73	50:50	73:27	100:0
$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$	1.69	1.69	1.01		
KNO_3	0.72	1.44			
KH_2PO_4	0.19				
MgSO_4	0.34	0.34	0.34	0.34	0.34
NH_4Cl		0.31	0.46	0.23	0.61
KCl		0.21	0.32	0.32	
K_2HPO_4		0.25	0.25	0.25	0.25
NH_4NO_3			0.17	0.46	
$\text{CaCl}_2\cdot 2\text{H}_2\text{O}$			0.42	1.05	1.05
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$				0.38	0.66
K_2SO_4					0.37
Micro-nutrient mix	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

²This table was also shown in the manuscript written by Sung et al. (2016).

질소 외에 모든 필수원소를 포함한 상태의 혼합상토를 50구 플러그 트레이에 충전하고 (주) 동부팜농의 ‘녹광’ (*Capsicum annuum* L. cv. Nokkwang) 고추 종자를 파종하였다. 파종한 플러그 트레이를 28~29°C로 온도를 조절된 발아실에 위치시켰고, 3일 뒤 종자가 발아된 후 즉시 플러그 트레이를 유리온실로 옮긴 후 육묘하였다. 파종 20일 후부터 추비를 시작하였고, 7~10일 간격으로 13-2-13과 20-9-20(N-P₂O₅-K₂O, Sunshine Technigro, USA) 비료를 질소 기준 $120\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 로 농도를 조절하여 두상관비하였으며, 필요시 지하수를 두상관수 하였다. 2018년 2월 26일 파종 후 2018년 4월 17일까지 육묘하는 동안 온실의 평균 주야간 온도는 28/16°C였으며, 평균 광도는 약 $370\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ (오후 2시 기준)였다.

상토의 pH 및 EC 변화는 매주 상토를 채취하여 측정하였다. 상토의 다량원소 농도 변화를 확인하기 위해 혼합상토 조제과정에서 기비를 혼합한 상토 시료를 고추 종자 파종 3주 및 7주 후에 채취하여 분석하였다. 식물체의 무기원소 함량 분석을 위해 파종 7주 후에 식물체 지상부를 수확한 후 0.01N HCl 용액으로 수세하여 잎 표면의 이물질을 제거하고 75°C 건조기에서 24시간 건조시켰다. 건조된 식물체는 20mesh 스크린을 통과하도록 분쇄한 후 건물중에 기초하여 분쇄된 식물체의 무기원소 함량을 분석하였다. 식물체의 지상부 생장은 파종 7주 후에 무작위로 수집한 15개체를 Choi 등(1997)의 방법에 따라 조사하였으며, 주요 조사항목은 초장, 초폭,

엽장, 엽폭, 엽수, 경직경, SPAD, 생체중 및 건물중이었다. 상토 및 식물체 무기원소 분석은 국립농업과학원표준법(NIAST, 2000)에 준하여 실시하였으며, 방법과 분석을 위해 사용한 기저재는 Sung 등(2016)과 동일하였다.

과중 7주 후에 각 처리별 15개체를 무작위로 선발하여 3반복으로 조사한 지상부 생장과 상토 및 식물체의 무기원소 함량 분석 결과는 CoStat 프로그램(Monterey, California, USA)으로 처리간 평균을 $p \leq 0.05$ 수준에서 비교하였고, 1차 및 2차항 회귀분석을 하여 $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율 변화에 따른 경향을 파악하였다.

결과 및 고찰

기비로 혼합된 $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율이 과중 7주 후 고추유묘의 지상부 생장에 미치는 영향을 조사한 결과를 Table 2와 Fig. 1에 나타내었다. $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율이 50:50인 처리구에서 지상부 식물체의 생체중과 건물중이 가장 무거웠으며, $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율이 27:73, 0:100으로 NO_3^- 비율

이 늘어난 경우 50:50 처리에 비한 감소 정도가 크지 않았다. 그러나 $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율이 73:27 또는 100:0으로 조절하여 NH_4^+ 비율이 높아질 때 생장이 심하게 저조하였고, $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율에 따른 생체중 및 건물중 변화에서 직선 및 2차곡선회귀가 성립하여 경향이 뚜렷함을 나타내고 있다. NH_4^+ 비율이 높은 처리구에서의 생장저하는 NH_4^+ 독성으로 인한 결과로 판단되며, Marschner(2012)는 NH_4NO_3 를 시비하면 NH_4^+ 가 먼저 흡수된 후 NO_3^- 의 흡수가 시작되며 이로 인해 pH가 낮아졌다가 다시 상승한다고 하였다. 또한 일반적인 경우 NH_4^+ 의 시비농도가 높아지면 H^+ 가 세포 외로 용출되지만 과도하게 근권부 NH_4^+ 가 고농도일 때 세포 내 pH stat이 적절하게 작동하지 못하여 세포질 및 액포의 pH가 저하하고 생육이 저조해지는 문제가 발생한다고 하였다. 그는 NH_4^+ 가 높은 경우 생육이 저조해지는 구체적인 이유로 pH stat이 부적절하게 작동하여 세포질 pH 조절이 어렵고 세포막을 가로질러 H^+ 이동이 어려워지는 문제 발생, 흡수되는 양이온과 음이온의 비율이 불균형

Table 2. Growth characteristics of hot pepper plug seedlings 7 weeks after sowing in 50-plug trays as influenced by various $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios of nitrogen incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizer in the coir dust:peatmoss:perlite (35:35:30%, v/v/v) medium.

Treatment ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$)	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of Leaves	Stem diameter (mm)	SPAD value	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
0:100	22.4	15.4	7.34	3.87	12.1	3.83	50.1	5.52	0.68
27:73	23.3	16.1	7.76	4.03	12.3	3.82	49.9	5.69	0.72
50:50	23.9	15.9	7.65	3.99	12.3	3.82	50.7	6.04	0.73
73:27	22.1	15.6	7.65	3.97	12.1	3.89	41.1	5.54	0.68
100:0	18.1	14.7	6.57	3.70	10.9	3.71	49.1	4.09	0.46
<i>F-significance</i>	***	NS	***	*	***	NS	NS	***	NS
L ^z	***	NS	**	NS	***	NS	NS	***	*
Q ^w	***	*	***	**	***	NS	NS	***	*

NS,***,***Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, and 0.001, respectively.
^zL: linear; ^wQ: quadratic in regression analysis.

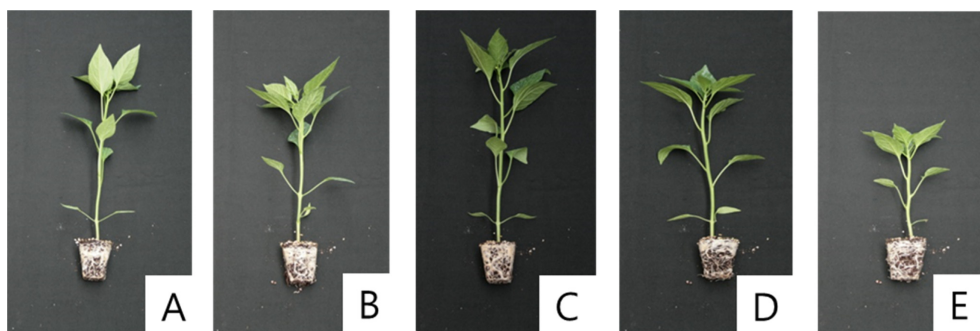


Fig. 1. Growth of hot pepper plug seedlings 7 weeks after sowing in 50-plug trays as influenced by various various $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios of nitrogen incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizer in the mixture of coir dust, peatmoss, and perlite 35:35:30% (v/v/v) ($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios: A, 0:100; B, 27:73; C, 50:50; D, 73:27; E, 100:0).

해서 energy, 광합성 산물, 물을 소비해야 하는데 NH_4^+ 가 불필요하게 원형질막을 가로질러 운반되면서 energy를 소비한다고 생육이 저조해지는 문제를 설명하고 있다. 또한 Fabrice 등(2008)은 세포 외의 NH_4^+ 농도가 높은 경우 세포내에 free-putrescine이 과다하게 축적되고 식물 세포막이 파괴되거나 조직 괴사 등의 현상이 발생된다고 보고한 바 있다. 작물 성장과 관련하여 Sonneveld와 Voogt(2009) 또한 NH_4^+ 비율을 30% 이내로 조절할 때 작물 성장에 유리하다고 보고한 바 있다. 본 연구에서는 100:0 처리구를 제외한 다른 처리간에는 지상부 생장의 통계적인 차이가 인정되지 않았지만 토양 pH나 EC 변화와 지상부 성장을 고려할 때 NH_4^+ 비율을 50% 이하로 유지하는 것이 바람직하다고 판단하였다.

육묘기간 동안 매주 상토 시료를 채취하여 pH와 EC의 변화를 측정하였고, 그 결과를 Fig. 2와 3에 나타내었다. 파종 전 상토의 pH를 측정한 결과 질소비율에 따른 처리간 차이가 뚜렷하지 않았으나 고추묘의 생장이 진전되면서 처리간 차이가 커지는 경향이였다. $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율이 100:0, 73:27 또는 50:50인 처리들은 파종 7주 후의 pH가 약 6 정도였지만 27:73 또는 0:100인 처리의 pH가 점차 상승하여 파종 7주 후 0:100인 처리는 7.40으로 측정되었다. 이는 지상부 생장이 증가하면서 비료의 흡수량이 증가하였고, NH_4^+ 또는 NO_3^- 의 흡수량 증가를 통해 상토 pH 변화에 미치는 영향이 증가한 것이 원인으로 파악된다. Marschner(2012)는 식물 뿌리의 무기원소 흡수는 펌프(pump), 담체(coupled transporter, carrier) 및 통로(channel)를 통해 이루어지고, 이중 1차 능동수송자인 펌프(pump)의 경우 ATP를 소모하면서 무기원소를 세포안으로 흡수하지만, 2차 능동수송자인 담체의 경우 전기화학적 기울기 차이에 의해 무기원소가 세포 안쪽으로 이동한다고 하였다. 그는 담체를 통해 양이온이 흡수될 때 H^+ 가 배출되는 역수송이 발생하고, 음이온이 흡수될 때는 H^+ 가 세포 안쪽으로 흡수되는 동반 수송 또는 OH^- 가 세포 밖으로 이동하는 역수송이 일어난다고 하였다. 따라서 본 연구의 NO_3^- 의 시비 비율이 높아짐에 따라 상토의 H^+ 가 감소하거나 OH^- 가 증가하여 상토 pH가 상승하였다고 판단한다. $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ 비율에 따른 상토의 pH 변화는 Choi(2007)가 매리골드를 대상으로 수행한 연구 그리고 Choi 등(2008)의 '매향' 딸기를 대상으로 수행한 연구에서도 유사한 경과가 보고된 바 있다.

파종 전 상토 분석 결과에서 NH_4^+ 비율이 높을수록 상토의 EC가 높았다(Fig. 3). 이는 NH_4^+ 비율을 높게 조절하는 과정에서 Cl^- 이나 SO_4^{2-} 등 NH_4^+ 와 결합된 상대이온의 농도가 증가한 것이 주요 원인이라고 생각하며 Table 1에 나타낸 기비 조성에 그 내용을 나타내었다. 그러나 모든 처리의 EC가 파종 3주 후까지 유사한 수준

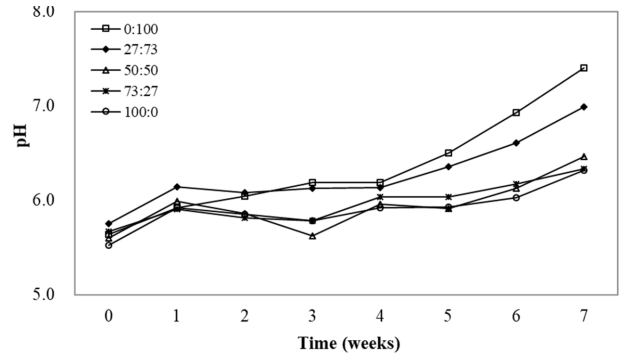


Fig. 2. Changes in pH of root media during the cultivation of hot pepper seedlings as influenced by various various $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios of nitrogen incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizer in the mixture of coir dust:peatmoss:perlite 35:35:30% (v/v/v).

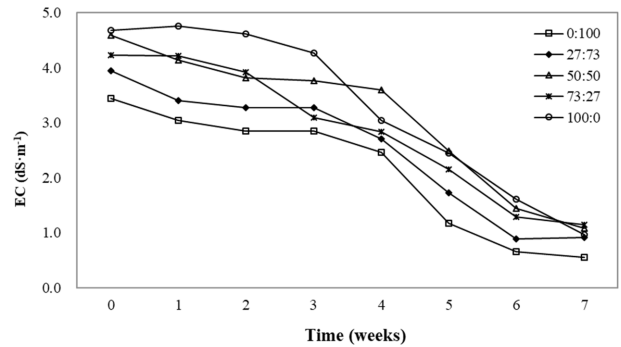


Fig. 3. Changes in EC of root media during the cultivation of hot pepper plug seedlings as influenced by various $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios of nitrogen incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizer in the mixture of coir dust:peatmoss:perlite 35:35:30% (v/v/v).

을 유지하다가 파종 3주 후부터 급격히 낮아지기 시작하였고, 파종 7주 후에는 0:100($\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$) 처리만 다른 처리보다 낮았을 뿐 나머지 처리간에는 차이가 뚜렷하지 않았다. 파종 3주 후부터 EC가 급격히 낮아진 것은 식물체의 지상부 성장량이 급증하면서 흡수량이 증가하고 지속적인 관수로 인해 근권부의 무기원소가 용탈된 결과라고 판단되었다.

고추 묘의 성장기간 동안 NH_4^+ 과 NO_3^- 의 비율에 따른 상토의 NH_4^+-N 과 $\text{NO}_3^- -\text{N}$ 의 농도 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 종자 파종 전 분석한 경우 NH_4^+ 시비 비율이 높을수록 상토의 NH_4^+-N 농도가 높은 경향이었고 처리간 차이가 뚜렷하였다. 그러나 파종 3주 후 모든 처리의 NH_4^+-N 농도가 낮아졌고 처리간 차이도 적어지는 경향을 보였으며, 파종 7주 후에는 모든 처리에서 매우 낮은 농도로 분석되었을 뿐만 아니라 처리간 차이도 없었다. 그러나 모든 처리의 $\text{NO}_3^- -\text{N}$ 농도는 파종 3주 후까지 파

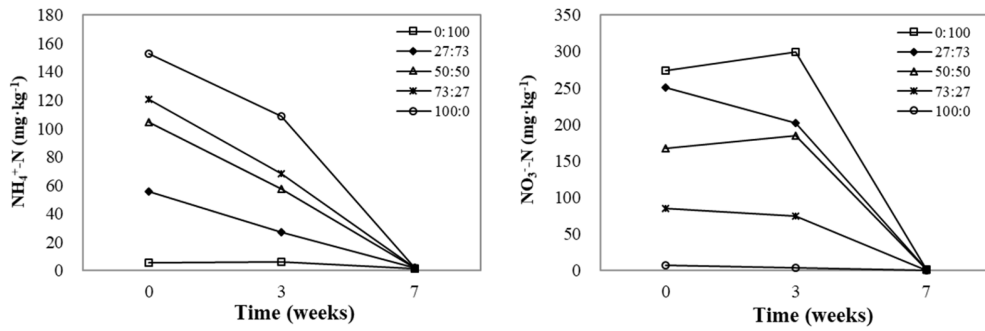


Fig. 4. Changes in the root medium concentrations of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ during the cultivation of hot pepper plug seedlings as influenced by various $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios of nitrogen incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizer in the mixture of coir dust:peatmoss:perlite 35:35:30% (v/v/v).

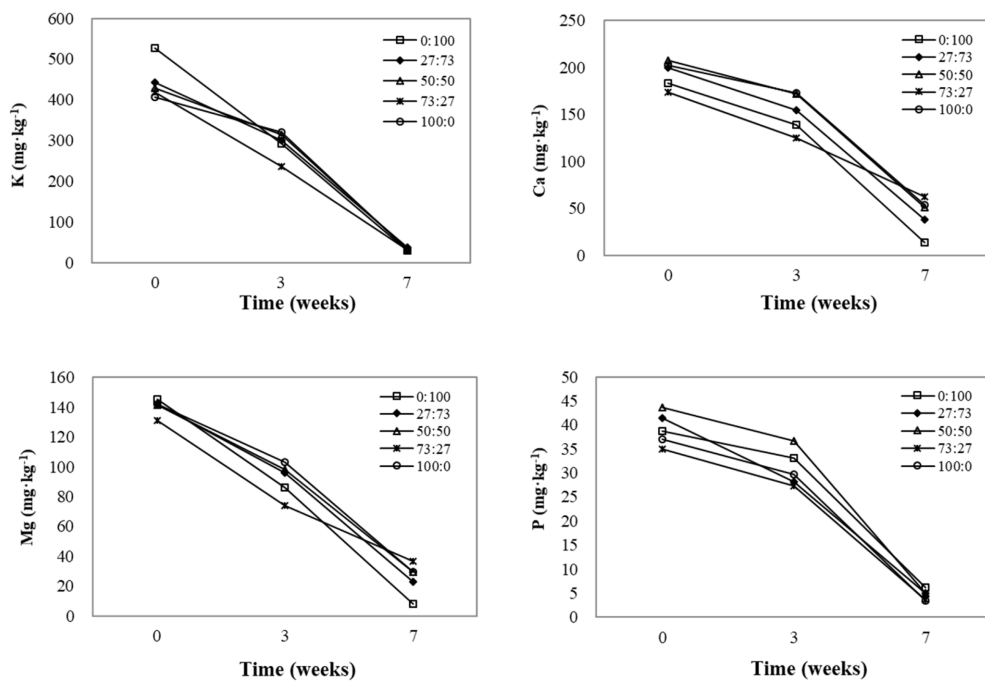


Fig. 5. Changes in the macro-element concentrations of root media during the cultivation of hot pepper plug seedlings as influenced by various $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ ratios of nitrogen incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizer in the mixture of coir dust:peatmoss:perlite 35:35:30% (v/v/v).

종 전과 유사한 수준을 유지하다가 그 이후에 급격히 농도가 낮아졌다. 파종 3주 후까지 모든 처리의 상토 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도가 급격히 낮아진 것에 비해 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 농도가 유사한 수준을 유지한 것은 NH_4^+ 가 급격히 NO_3^- 로 산화되고 있음을 의미한다. 이렇게 판단하는 이유는 이 시기에 식물생장이 급격히 일어나면서 모든 필수원소의 흡수량이 증가함에도 불구하고(Fig. 5의 다량원소 농도 변화 참조) $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 농도가 유사한 수준을 유지하였기 때문이며 NH_4^+ 가 토양 미생물에 의한 질산화성 작용에 의해 NO_3^- 로 변화되는 내용에 관하여 Choi(1994)나 Tate(1995)가 보고하였다. 또한, 파종 3주 후 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 과

$\text{NO}_3^-\text{-N}$ 의 농도가 급격히 낮아지는 이유는 Oh 등(2018)의 보고와 같이 식물체 생장에 따른 무기원소 흡수량이 증가하고, 관수로 인해 무기원소가 용탈되었기 때문이라고 판단하였으며, 이는 앞서 기술한 EC의 감소 원인과 같다.

상토의 다량원소 농도를 분석하여 변화되는 양상을 Fig. 5에 나타내었다. 모든 처리에서 정도의 차이가 있었을 뿐 파종 후부터 급격히 농도가 낮아졌고, 파종 7주 후 K와 P 농도는 모든 처리에서 매우 유사한 농도로 분석되었다. 그러나 NO_3^- 시비 비율이 높은 처리에서 상토의 Ca과 Mg 농도가 낮았으며 이는 Fig. 1에 나타난 상

Table 3. Influence of various NH₄⁺:NO₃⁻ ratios of nitrogen incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizer on the tissue nutrient contents of hot pepper based on the dry weight of whole above ground plant tissue 7 weeks after sowing in 50-plug trays.

Treatment (NH ₄ ⁺ :NO ₃ ⁻)	T-N	P	K	Ca	Mg	Na	Fe	Cu	Mn	Zn
	------(%)-----					------(mg·kg ⁻¹)-----				
0:100	4.48	0.30	6.32	1.03	0.67	0.13	158.5	13.08	81.3	311.3
27:73	4.93	0.34	7.37	1.03	0.71	0.14	168.8	11.27	66.7	317.8
50:50	6.14	0.45	8.48	1.13	0.82	0.13	174.7	12.19	57.6	304.9
73:27	6.01	0.49	8.37	1.00	0.79	0.17	209.4	14.44	73.7	342.4
100:0	6.06	0.44	7.29	0.83	0.59	0.13	166.8	7.35	57.7	304.1
<i>F-significance</i>	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
L ^z	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Q ^w	*	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

NS,* Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$.

^zL: linear; ^wQ: quadratic in regression analysis.

토의 pH 변화를 고려하여 판단할 수 있다. NO₃⁻ 비율이 높을수록 상토의 pH가 높았으며 pH가 상승할 경우 상토의 토양 용액에 존재하는 Ca과 Mg의 활성도가 높아지고(Lindsay, 2001) 식물에 의한 흡수량이 증가한다(Marschner, 2012; Sonneveld와 Voogt, 2009). 식물체에 의한 흡수량 증가는 상대적으로 상토 내에 존재하는 잔존량 감소의 원인이 되며 본 연구에서 NO₃⁻ 비율이 높은 처리의 Ca과 Mg 농도가 낮아진 원인이 되었다고 판단한다.

파종 7주 후의 지상부의 무기원소 함량을 분석한 결과를 보면(Table 3), P을 제외한 다른 원소에서는 처리간 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 T-N은 NH₄⁺:NO₃⁻ 비율이 50:50인 처리에서 가장 높고 이 보다 NH₄⁺ 비율이 높거나 낮을 때 식물체내 함량이 감소하였고, P 함량은 73:27 처리에서 가장 높고 이 보다 NH₄⁺ 비율이 높거나 낮을 때 감소하여, 두 원소 모두 0.05% 수준의 직선 및 2차곡선회귀가 성립하였으며 식물체내 함량이 뚜렷한 경향을 보이며 변화됨을 알 수 있었다. Yi 등(2013)은 식물체내 질소 함량이 NH₄⁺가 높은 처리에서 많았던 이유로 NH₄⁺가 NO₃⁻에 비해 빨리 흡수되고, 유기질소로의 전환도 빠르기 때문에 식물체내 질소 축적량이 많아진다고 보고하였다. 그리고, Ca과 Mg은 NH₄⁺ 비율이 73%를 넘었을 때 식물체내 함량이 가장 낮았는데, 이는 흡수과정에서의 양이온간 길항작용이 원인이 되었다고 판단한다(Marschner, 2012; Nelson, 2012).

이상의 결과를 고려할 때 고추 플러그묘 생산을 위해서는 NH₄⁺와 NO₃⁻를 혼합하여 상토에 기비로 처리할 때 NH₄⁺의 비율이 50%를 넘지 않도록 조절하는 것이 바람직하며, 그 이상의 비율에서는 독성이 발현될 수 있다고 판단된다.

초 록

상토에 기비로 혼합된 질소의 NH₄⁺:NO₃⁻ 비율이 ‘녹광’ 고추의 생장에 미치는 영향을 구명하고자 본 연구를 수행하였다. 실험을 위해 코이어 더스트, 피트모스 및 펄라이트를 부피 기준 35:35:30%로 혼합한 상토를 조제하였으며, 상토원료 혼합과정에서 총 질소 농도가 300mg·L⁻¹인 조건에서 NH₄⁺:NO₃⁻ 비율을 0:100, 27:73, 50:50, 73:27 및 100:0으로 조절한 5처리를 두어 실험하였다. 질소 외에 다른 필수원소를 포함한 비료는 모든 처리에서 동일한 농도로 조절하였고, 비료를 포함한 상토를 50구 플러그 트레이에 충전한 뒤 고추 종자를 파종하였다. 파종 전과 파종 후 상토의 pH, EC 및 다량원소 농도를 분석하였으며, 파종 7주 후에는 지상부 생장 조사와 식물체 무기원소 함량을 분석하였다. 파종 전 상토 pH는 질소 비율에 따른 차이가 뚜렷하지 않았으나 생장이 진행되면서 NO₃⁻의 비율이 높은 처리의 상토 pH가 상승하였다. NH₄⁺의 비율이 클수록 파종 전 상토의 EC가 높았으나 모든 처리의 EC가 파종 3주 후부터 급격히 낮아지는 경향을 보였다. 고추묘 생장이 진행됨에 따라 상토의 NH₄⁺-N, NO₃⁻-N 그리고 다른 종류의 다량원소 농도가 EC 변화와 유사한 경향을 보이며 낮아졌다. 파종 7주 후 고추의 지상부 생장을 조사한 결과 NH₄⁺:NO₃⁻ 비율이 27:73과 50:50 처리구에서 전반적인 생장이 우수하였고, NH₄⁺ 비율이 73% 이상일 경우 저조한 생장을 보였다. 또한 생장이 가장 우수하였던 50:50(NH₄⁺:NO₃⁻) 처리구의 식물체내 T-N, K, Ca 및 Mg 등 다량 무기원소 함량이 가장 높았다. 이와 같은 결과를 고려할 때 ‘녹광’ 고추의 플러그 묘 생산을 위해서는 상토에 기비로 혼합하는 전체 질소 중 NH₄⁺의 비

율을 27% 또는 50%로 조절하는 것이 묘 생장에 유리할 것으로 판단하였다.

추가 주제어: 건물중, EC, 생체중, pH, 무기원소 함량

Acknowledgement

본 연구는 2018년 충남대학교 학술연구비 지원에 의하여 수행되었음.

Literature Cited

- Choi, J.M. 1994. Increased nutrient uptake efficiency by controlling nutrient release in floral crops. Ph.D. Dissert., North Carolina State Univ., Raleigh, USA.
- Choi, J.M. 2007. Influence of pre-plant micronutrient sources and post-plant $\text{NH}_4\text{:NO}_3$ ratios in fertilizer solution on growth and nutrient uptake of marigold in plug culture. Hort. Environ, Biotechnol. 48:257-264.
- Choi, J.M., J.W. Ahn, J.H. Ku, and Y.B. Lee. 1997. Effect of medium composition on physical properties of soil and seedling growth of red pepper in plug system. J. Kor. Soc. Hortic. Sci. 38:618-624 (In Korean).
- Choi, J.M., H.J. Chung, and J.S. Choi. 2000. Physico-chemical properties of organic and inorganic materials used as container media. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 18:529-535.
- Choi, J.M., S.K. Jeong, and K.D. Ko. 2008. Influence of $\text{NH}_4\text{:NO}_3$ ratios in fertigation solution on appearance of ammonium toxicity, growth and nutrient uptake of 'Mae-hyang' strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). Korean J. Hortic. Sci. Technol. 26:223-229.
- Fabrice, H., M. Garnica, A.M. Zamarreño, J.C. Yvin, and J. García-Mina. 2008. Possible mechanism of the nitrate action regulating free-putrescine accumulation in ammonium fed plants. Plant Sci. 175:831-739.
- Lindsay, W.L. 2001. Chemical equilibria in soils, The Blackburn Press, Caldwell, NJ, USA.
- Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3rd ed. Academic Press Inc., San Diego, USA.
- Nelson, P.V. 2012. Greenhouse operation and management. 7th ed. Prentice Hall, NJ, USA.
- NIAST. 2000. Analysis methods of soil and plant. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration, Suwon, Korea (In Korean).
- Oh, S.S., Y.S. Kim, M.S. Park, H.C. Kim, and J.M. Choi. 2018. Changes in crop growth and nutrient concentrations of tissue and soil solution in raising of hot pepper plug seedlings as influenced by various pre-planting nitrogen levels incorporated into a inert medium. Protected Hortic. Plant Fac. 27:173-179.
- Sonneveld, C. and W. Voogt. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Springer. NY, USA, pp.405-419.
- Styer, R.C. and D.S. Koranski. 1997. Plug & transplant production: A grower's guide, Ball Publishing, Batavia, IL, USA.
- Sung, J.K., N.R. Lee, and J.M. Choi. 2016. Impact of pre-planting $\text{NO}_3\text{:NH}_4$ ratios in root media on the growth of tomato plug seedlings. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 34:727-735.
- Tate, R.L. 1995. Soil microbiology, John Wiley & Sons, Inc., NY, USA.
- Yi, H.J., J.M. Choi, S.W. Jang, and S.K. Jung. 2013. Influence of $\text{NO}_3\text{:NH}_4^+$ ratios solution on growth and yield of hop pepper (*Capsicum Annuum* L.) in pot cultivation. Korean J. Hortic. Sci. Technol. 31:65-71.