

종이포트 육묘시 기비로 혼합된 질소 시비수준이 배추와 청경채 생장에 미치는 영향

김현철¹ · 박명선¹ · 장윤아² · 안세웅² · 최종명^{1*}

¹충남대학교 원예학과, ²국립원예특작과학원 채소과

Influence of Varied Pre-planting N Levels in a Medium on the Growth of Chinese Cabbage and Pak-choi Seedlings in Paper Pot Raising

Hyun Cheul Kim¹, Myong Sun Park¹, Yoonah Jang², Sewoong An², and Jong Myung Choi^{1*}

¹Department of Horticultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

²Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Wanju 55365, Korea

Abstract. The optimum N concentrations incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizer were determined for seedling raising using cylindrical paper pots. A root medium was formulated by blending of peat moss (particles smaller than 2.84 mm were 80-90%) and perlite (1 to 3 mm) with the ratio of 7:3 (v/v). The treatment N concentrations incorporated during the root medium formulation were adjusted to 0, 150, 250, 500, and 750 mg·L⁻¹ and the concentrations of essential nutrients except N were equal in all treatments. After making of paper pots and putting into the 40-cell tray, the seeds of Chinese cabbage ('Chunmyeong Bom Baechu') and pak-choi ('Hanog cheonggyeongchae') were sown. During the raising of seedlings, weekly analysis of medium pH, EC and concentrations of inorganic elements were conducted. After 21 and 20 days after seed sowing of Chinese cabbage and pak-choi, the growth of the above-ground parts were measured and contents of inorganic elements in the plant tissues were analyzed. During the growing period, pH of the root media rose gradually and the EC decreased rapidly at week 3. The pH of root media at harvest was in the range of 5.3 to 5.9 in Chinese cabbage and 4.93 to 5.39 in pak-choi. Growth of the above-ground parts in terms of fresh and dry weight in both the plants were the highest in the 250 mg·L⁻¹ N treatment and the lowest in the control treatment. The elevation of pre-planting N concentrations in root medium resulted in the increase of tissue N content and decrease of P, Ca, and Mg contents. The regression equation derived from the influence of varied pre-planting N concentrations on dry weight of above-ground tissue were $y = -0.0036x^2 + 0.0021x + 0.0635$ ($R^2 = 0.9826$) in Chinese cabbage and $y = -0.16x^2 + 0.0009x + 0.032$ ($R^2 = 0.991$) in pak-choi. When the low critical concentration of pre-plant N is taken at the point where dry weight of above-ground tissue is 10% less than maximum (0.40 g in Chinese cabbage and 0.16 g in pak-choi), those point are 0.36 g and 0.144 g per plant in Chinese cabbage and pak-choi, respectively. The lower critical N concentrations of root media calculated from the regression equations are 196 mg·L⁻¹ for Chinese cabbage and 187 mg·L⁻¹ for pak-choi. These results indicate that optimum pre-plant N concentrations for seedling raising using paper pots are in the range of 196 to 250 mg·L⁻¹ for Chinese cabbage and 187 to 250 mg·L⁻¹ for pak-choi.

Additional key words : chemical properties, Chinese cabbage, nitrogen concentration, pak-choi

서 언

1990년도에 국내에 공정육묘가 도입된 후 2014년 기준 공정육묘장 수가 292개소, 그리고 육묘 면적이 195ha로 확대되었으며(KREI, 2014), 최근의 국내 육묘 시장 규모는 약 4,000억 정도로 업계에서 추정하고 있다. 규모

적인 확대뿐만 아니라 접목 활착을 위한 활착실 및 LED 광 시설의 도입, 시설의 자동화 등 기술적인 측면에서도 비약적인 발전이 있었다. 그러나 농업 인구의 고령화, 인건비 상승, 노동력 부족 등으로 육묘 시장이 침체되고 있으며, 이에 대한 해결책으로 육묘 및 본포 재배에서 높은 수준의 기계화 및 자동화가 요구되고 있다. 작물 생산을 위한 여러 종류의 작업 중 관수 및 병충해 방제는 기계화 및 자동화 비율이 비교적 높지만 정식과 수확작업의 자동화 비율은 여전히 미미한 실정이다(KREI, 2014).

*Corresponding author: choi1324@cnu.ac.kr

Received July 15, 2019; Revised August 20, 2019;

Accepted September 10, 2019

파종, 육묘, 본포 정식, 본포 재배 및 수확의 농업생산과정 중 가장 초기 단계에서 이루어지는 파종 및 육묘를 위해 공정묘 생산능기는 주로 플라스틱 육묘 트레이를 사용하고 있다. 플라스틱 트레이는 가볍고, 수분에 의한 강도 저하가 미미하며, 가격이 저렴하다는 장점을 갖지만, 이식시 트레이 파손율이 높아 재이용율이 낮고, 난분해성 재질로서 환경오염 문제를 유발하는 단점을 갖는다(Kim 등, 2010; Song 등, 2010). 만약 토양에서 자연 분해되는 생분해성 육묘포트를 이용한다면 플라스틱 트레이의 단점을 극복할 수 있으므로 이와 관련된 연구가 지속적으로 진행되고 있다(Lee 등, 2014; Song 등, 2010). 종이포트를 이용한 육묘는 육묘 과정 중 지하부 환경개선 그리고 육묘 후 정식시 기계정식에 편리한 장점을 갖는다. 정식시 종이가 뿌리를 둘러싼 상토를 감싼 상태로 유지하므로써 뿌리 손상이 감소하고 활착률을 증가시키며, 종이는 토양 내에서 자연분해되어 환경오염도 방지할 수 있다(Seo 등, 2017).

이미 국내의 일부 육묘장에서 종이포트를 사용하여 채소류 공정묘를 생산하고 있지만 종이포트를 제조하기 위한 종이 및 상토가 외국에서 전량 수입되고 있어 육묘의 생산단가 증가와 이를 이용하는 본포 재배농가의 경제적 부담으로 이어지고 있다. 또한 종이포트를 사용한 육묘는 기존 플라스틱 트레이를 이용한 육묘와 구조적 차이에 기인한 상토의 건조 정도가 다르고 시비농도나 시비횟수 등의 변화가 필요하지만 관련 연구는 아직 미비한 실정이다(Jang 등, 2018; Seo 등, 2017).

이와 같은 배경 하에 종이포트 제조용 상토의 개발과 시비체계를 확립하기 위한 연구를 본 실험실에서는 수행하고 있으며, 전체적인 연구 중 일부분으로서 상토에 기비로 혼합된 질소의 수준 차이가 두 종류 엽채류 묘 생장에 미치는 영향을 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

실험을 위해 2.84mm 이하(10mesh)의 입도 비율이 80~90%인 피트모스와 유통규격 1~3mm인 펄라이트를 7:3(v/v)의 비율로 혼합하여 상토를 조제하였다. 조제한 상토를 Choi 등(1999)의 방법으로 물리성을 측정된 결과 공극률 84.3%, 용기용수량 71.7%, 그리고 기상률 12.6%였고, Wallach 등(1992)와 Milks 등(1989)의 방법으로 총 보유한 수분 중 식물이 쉽게 흡수할 수 있는 수분(easily available water)과 완충수(buffering water)의 양을 측정된 결과 각각 34.1% 및 7.99%였다. 상토 조제 과정 중 질소를 0, 150, 250, 500 및 750mg·L⁻¹로 농도를 조절된 5처리구를 두어 기비로 첨가하였고 질소를 제외한 나머지 필수원소 및 미량원소의 농도는 모두 동일하게 조절하였다. 질소 시비수준은 NH₄NO₃를 이용하여 조절하였으며 각 처리별로 혼합된 비료의 종류 및 양은 Table 1에 나타내었다. 종이포트 묘는 Ellegaard사의 Ellepot system(T-H112, Denmark)으로 제작하여 40cell tray에 안치하였으며, Ellepot(40-130-1400-Landscape FSC, Denmark) 종이를 사용하여 제조하였다.

조제된 상토에 기비를 혼합한 후 배추(*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) ‘춘명봄배추’와 청경채(*Brassica campestris* L. ssp. *chinensis*) ‘하늬청경채’ 종자를 파종하였다. 파종한 종자는 약 28°C의 발아실에서 1~2일간 발아시킨 후 온실로 옮겨 육묘하였고, 파종 14일 후부터 13-2-13(N-P₂O₅-K₂O) 비료를 질소 기준 120mg·L⁻¹로 농도를 조절하여 2~3일 간격으로 두상관비하였다. 정식하기에 적합한 크기로 성장하였다고 판단한 배추는 파종 21일 후, 청경채는 파종 20일 후 무작위로 15개체씩 식물체의 초장, 초폭, 엽장, 엽폭, 엽수 및 지상부 생체중을 조사하였고 엽록소 측정계(Chlorophyll meter Konica Minolta Sensing, INC., Japan)를 사용하여 SPAD값을 측정하였다. 지상부 생체중을 측정할 후

Table 1. Amounts of pre-planting nutrient charge fertilizers incorporated into each N treatment during the formulation of peatmoss:perlite (7:3, v/v) medium in the paper raising of seedlings.

Fertilizers (g·L ⁻¹)	N treatments (mg·L ⁻¹)				
	0	150	250	500	750
Dolomite	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00
Micro-nutrient mix	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
CaCO ₃	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.39	0.39	0.39	0.39	0.39
CaCl ₂ ·2H ₂ O	0.18	-	-	-	-
KCl	0.31	-	-	-	-
KH ₂ PO ₄	0.14	-	-	-	-
NH ₄ NO ₃	-	0.08	0.37	1.08	1.80
Ca(NO ₃) ₂	-	0.30	0.30	0.30	0.30
KNO ₃	-	0.52	0.52	0.52	0.52
NH ₄ H ₂ PO ₄	-	0.12	0.12	0.12	0.12

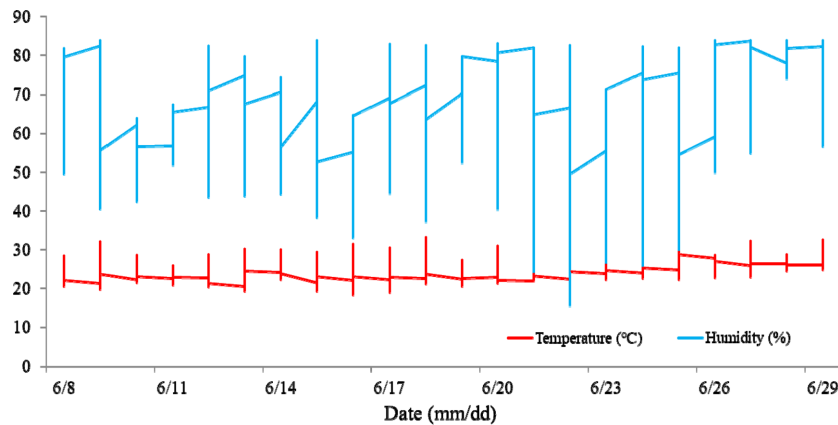


Fig. 1. Changes in temperature and relative humidity inside of the plastic house during the raising of vegetable seedlings.

75°C 건조기에서 48시간 동안 건조한 뒤 무게를 측정하여 건물중으로 삼았다. 작물 성장 기간 동안의 온도와 습도 변화는 Fig. 1에 나타내었다.

식물체 내의 무기원소 함량을 분석하기 위하여 수확한 식물체를 증류수로 수세하여 잎 표면의 이물질을 제거하였다. 이후 75°C에서 48시간 건조시켰으며, 0.9mm체(20mesh)를 통과하도록 분쇄한 후 전 질소(T-N) 및 기타 무기성분 함량 분석에 이용하였다. 분석방법 및 기자재는 Lee(2015)의 방법에 준하였다.

혼합 상토의 pH 및 EC는 파종 후 매주 근권부 상토를 채취하여 실온에서 풍건된 상토에 증류수를 첨가(1:10, w/w) 하여 반죽(saturated paste)을 만들고 화학평형상태에 도달하도록 실온에서 2시간 동안 기다렸다. 이후 3겹의 거즈로 짠 후 압력을 주어 생성된 추출 용액의 pH와 EC를 pH/EC meter(Multi meter CP-500L, Instek Co. Sungnam, Korea)로 측정하였고, 총 3반복으로 수행하였다. 또한 이 추출용액으로 상토의 양이온농도를 원자흡광분석기(Atomic Absorption spectrophotometer AA-7000, Shimadzu Co., Japan)로 분석하였고(Hendershot 등, 1993), NH₄-N(Chaney와 Marback, 1962), NO₃-N(Cataldo 등, 1975) 및 P₂O₅(Chapman 등, 1961) 농도는 분광광도계(UV-VIS Spectrophotometer UVmini-1240, Shimadzu Co., Japan)로 비색 정량하였다.

본 실험은 완전임의배치법 3반복(각 반복당 25식물체)으로 수행하였으며, 식물 생육조사 및 무기원소 분석 결과는 CoStat 6.311(CoHort Software, Monterey, California, USA)을 사용하여 Duncan 다중검정방법으로 5% 수준에서 처리 간의 차이를 비교하였다. 또한 질소 시비수준에 대한 성장반응을 1차 및 2차 회귀분석을 하여 경향을 판단하고자 하였다.

결과 및 고찰

배추 ‘춘명봄배추’를 파종한 21일 후까지 각 혼합상토의 pH와 EC의 변화를 매주 분석하여 Fig. 2에 나타내었다. 파종 전 상토의 pH는 4.3~4.45의 범위 내로 측정되었으며, 질소 750mg·L⁻¹ 처리구에서 pH가 가장 낮았다. 배추의 생장이 진행되면서 pH가 점차 상승하였으며 이는 기비로 첨가한 고토석회와 탄산석회가 용해되어 pH 상승의 원인이 되었다고 생각한다. 작물 재배 중 뿌리를 둘러싼 상토의 pH가 5.6~6.2의 범위일 때 모든 필수원소가 골고루 흡수될 수 있다고 다수의 연구자가 보고한 바 있다(Nelson, 2012; Sonneveld와 Voogt, 2009). 본 실험 결과에서 상토의 pH가 서서히 상승하여 3주 후에 5.6 이상으로 측정된 것을 감안할 때 반응이 빠른 탄산석회 비율을 증가시키고 반응이 느린 고토 석회의 비율을 낮추는 것이 파종 후 초기 pH를 빠르게 상승시키면서 파종 3주 후의 과도한 pH 상승을 방지할 수 있는 방법이라고 생각한다. Sonneveld와 Voogt(2009)는 소석회[Ca(OH)₂], 탄산석회(CaCO₃) 또는 고토석회[CaMg(CO₃)₂] 등이 혼합상토의 pH 조절을 위해 이용될 수 있으며, 첨가량은 혼합상토의 양이온치환용량 및 석회석 물질의 입경분포에 기인한 용해도를 고려하여 변화시킬 수 있다고 보고하였다. 아울러 Lindsay(2001)은 CaCO₃에 비해 CaMg(CO₃)₂의 용해도가 낮다고 보고하여 석회석의 종류를 변화시켜 상토의 pH를 조절하는 것이 가능하다는 저자들의 주장에 대하여 논리적 배경을 제공하고 있다.

Fig. 2에 나타낸 배추 육묘기간 동안 상토의 EC 변화에서 파종 전 상토는 질소 시비수준이 높아질수록 EC가 뚜렷하게 증가하였으며 모든 처리가 1.90~3.24dS·m⁻¹의 범위로 측정되었다. 파종 2주 후까지 유사한 수준을 유지하거나 낮아졌다 높아지는 등 각 처리별로 다른 양상

종이포트 육묘시 기비로 혼합된 질소 시비수준이 배추와 청경채 성장에 미치는 영향

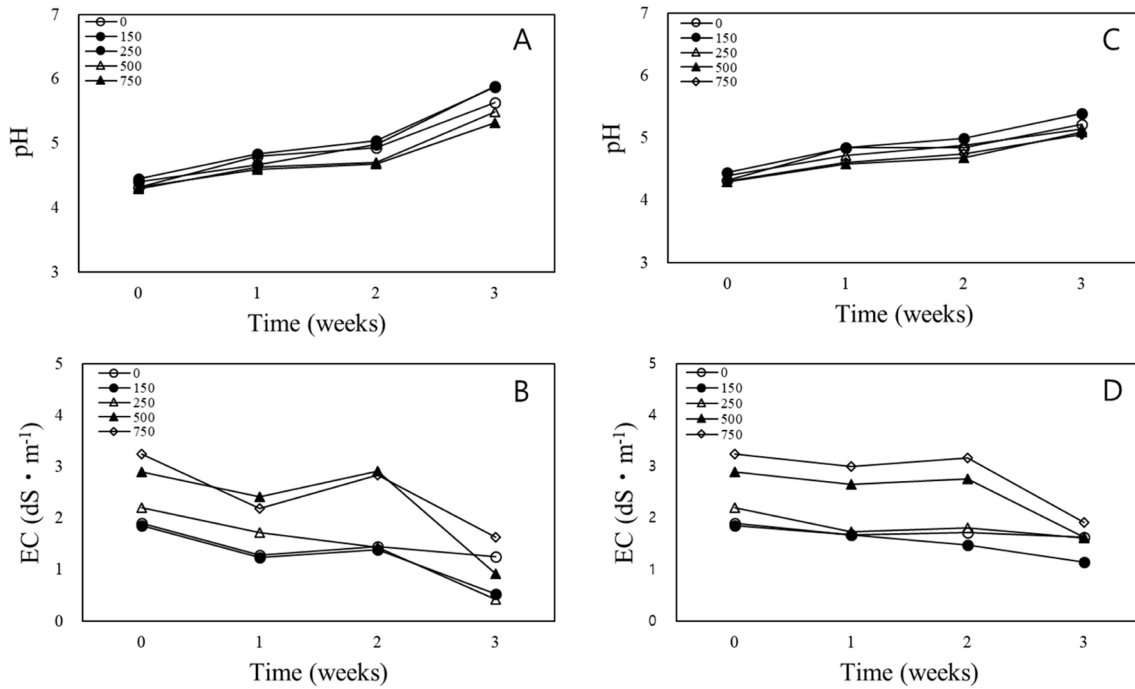


Fig. 2. Changes in pH and EC of the root media during the raising of Chinese cabbage (A and B) and pak-choi (C and D) seedlings as influenced by various amount of N concentrations ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) in incorporated as pre-planting fertilizer in the paper pot raising. The root medium was a mixture of peatmoss (80 to 90% of particles smaller than 2.84 mm) and perlite (1 to 3 mm grade) with the ratio of 7:3 (v/v).

을 보였지만, 파종 2주 후에는 모든 처리에서 낮아졌다. 파종 3주 후 모든 처리의 EC는 $0.36\sim 1.63\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 범위로 측정되었고, 기비로 혼합된 질소의 시비수준이 높은 처리에서 EC가 높았다. 청경채 육묘기간 동안 상토의 EC 변화는 배추와 유사한 경향을 보였으며 파종 3주 후 모든 처리가 $1.02\sim 2.39\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 로 측정되어 배추를 육묘한 상토의 EC보다 높았고, 이는 동일한 육묘기간 동안 청경채가 배추보다 질소를 제외한 나머지 영양분을 적게 흡수한 것이 원인이라고 판단한다(Table 3). 고농도 질소 시비구에서 저농도 질소 시비구보다 급격히 EC가 낮아진 이유는 기비로 혼합된 NH_4NO_3 가 토양수에 용해되면서 NH_4^+ 와 NO_3^- 가 생성되고 양이온치환 부위에 흡착되지 못하는 NO_3^- 가 관수시 쉽게 용탈되므로써 EC가 낮아진 주요 원인이 되었다고 판단한다(Choi 등, 2009; Sonneveld와 Voogt, 2009; Raviv와 Lieth, 2008).

청경채를 육묘한 상토의 pH 경향은 배추와 유사하였으나 파종 3주 후 상토의 pH가 배추는 5.3~5.9의 범위로 측정되었고 청경채는 4.93~5.39의 범위로 측정되어 청경채를 육묘한 상토의 pH가 낮았다. 이는 식물 뿌리가 NH_4^+ 을 흡수하는 과정에서 발생된 H^+ 가 근권부 pH를 산성으로 변화시키며(Marschner, 2012; Shim 등, 2018) 질소 흡수량이 많은 청경채(Table 3)가 상토 pH를 더 산성으로 변화시켰다고 생각한다.

두 작물을 파종하기 전 상토의 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 와 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 농도를 분석한 결과(Fig. 3), 질소 무시비구에서 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 와 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 의 농도는 약 12 및 $33\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 였으며, 질소 시비수준이 가장 높은 $750\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서는 각각 152 및 $300\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 분석되었다. $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 와 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 의 농도는 파종 3주 후 급격하게 낮아져서 500 및 $750\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구를 제외한 처리구에서 매우 낮은 농도로 분석되었다. 파종 2주 후에 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 와 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 농도가 증가한 이유는 파종 2주 후부터 추비를 시작하였기 때문이라고 생각한다. 파종 3주 후에 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 와 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 의 농도가 낮아진 이유는 작물의 성장량이 급격히 증가함에 따라 무기 원소 흡수량이 증가하였고, 잦아진 관수 횟수로 인해 상토에 잔존하는 무기 이온이 관수 시 발생하는 배액과 함께 배수공을 통해 용탈되었기 때문이라고 판단한다. Nelson(2012)도 작물 재배 기간중 상토에 기비로 혼합된 비료의 잔효 기간과 농도 저하에 관하여 본 연구 결과와 유사하게 설명한 바 있으며 이상의 결과를 뒷받침하고 있다. 청경채 육묘중 상토의 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 와 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 의 농도 변화 역시 배추를 육묘할 때와 유사한 경향을 보였다. 그러나 배추의 경우 $250\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서도 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 의 농도가 분석되지 않았지만 청경채는 파종 3주 후 질소 $250\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구의 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 농도가 $103.70\sim 114.35\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 로 분석되었으며, 이는 청경채가 배추보다 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 흡수

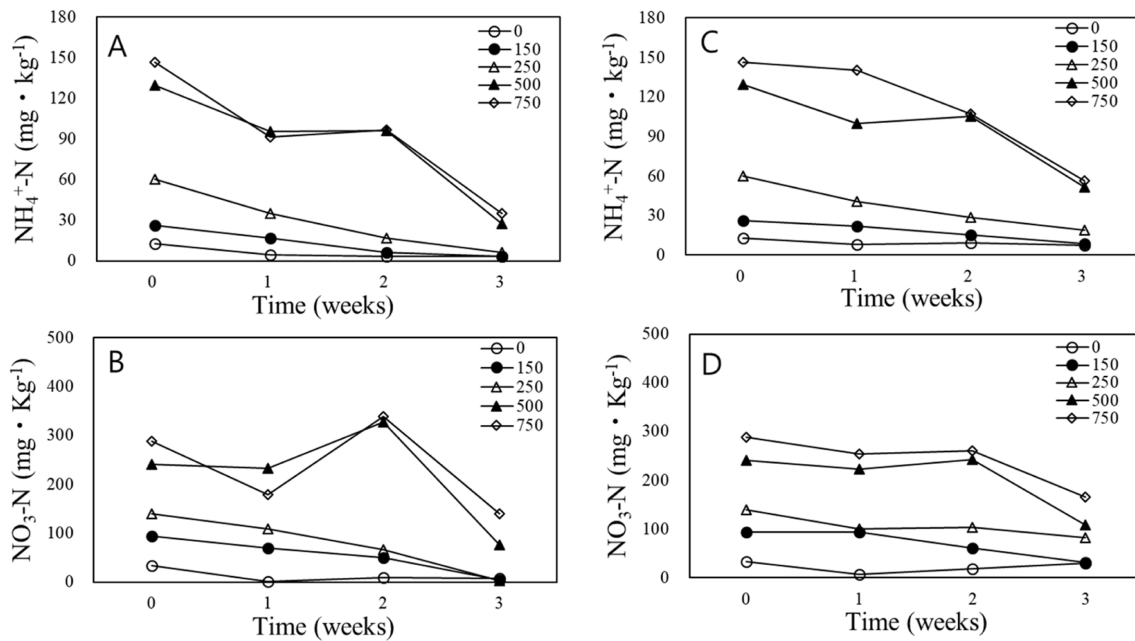


Fig. 3. Changes in the root medium concentrations of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ and $\text{NO}_3^-\text{-N}$ during the raising of Chinese cabbage (A and B) and pak-choi (C and D) seedlings as influenced by various amounts of N ($\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$) incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizers in the paper pot raising. The root medium was a mixture of peatmoss (80 to 90% of particles smaller than 2.84 mm) and perlite (1 to 3 mm grade) with the ratio of 7:3 (v/v).

량이 많고 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 흡수량이 적은 것을 의미한다고 생각한다.

파종 전 상토의 Ca, Mg, K 및 P 농도는 각각 23.95~34.43, 103.17~147.63, 151.02~174.51, 21.83~28.61 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 의 범위로 분석되었다(Fig. 4). 엽채류 두 종의 육묘기간 동안 다량원소의 농도 변화도 EC 변화와 유사하게 파종 3주 후에 큰 폭으로 낮아졌다. 또한 모든 시비구에서 질소를 제외한 다량원소의 기비량을 동일하게 조절하였는데 질소 750 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 상토 K, Ca 및 Mg 농도가 가장 높았으며, 이는 질소 농도의 차이를 위해 다량으로 시비한 NH_4NO_3 비료(Table 1)로 인해 상토의 pH가 산성으로 변한 것이 원인이라고 판단한다. 뿌리가 NH_4^+ 를 흡수할 경우 뿌리에서 H^+ 가 방출되어 상토의 pH가 산성으로 변하고, pH가 산성으로 변하면 상토에 존재하는 무기 원소의 가용화가 촉진된다(Choi 등, 2009; Silber, 2008; Lindsay, 2001). 배추의 근권부 pH 측정결과(Fig. 2), 질소 750 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 토양 산도가 가장 낮았고 이로 인해 상토 내의 다량원소 농도가 가장 높았다고 생각한다. 종자 파종 3주 후 상토의 다량원소 농도를 분석한 결과 Ca, Mg, K 및 P는 배추 육묘시 17.6, 43.5, 40.5 및 4.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 였고, 청경채 육묘시 26.4, 74.2, 84.2 및 9.2 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 였다. 이상의 결과는 청경채가 배추보다 질소를 제외한 무기원소 흡수

량이 적음을 의미하는 것이라고 생각한다.

파종 21일 후 배추의 지상부 생장을 조사한 결과(Table 2), 질소 무시비구의 지상부 생장이 가장 저조하여 초장, 지상부 생체중 또는 건물중이 가장 작거나 가벼웠다. 질소 250 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 시비구의 식물체당 지상부 생체중이 7.80g로 가장 무거웠고 500 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 보다 시비농도가 낮거나 높을 때 생체중이 가벼워져 질소시비수준에 따른 2차 곡선회귀가 뚜렷하게 성립하였다. 또한 배추묘의 웃자람 정도를 판단하기 위해 “지상부건물중/초장”으로 계산하여 판단한 결과(Seo 등, 2018), 250 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 생장이 가장 충실하였다(Fig. 5). 청경채는 파종 20일 후의 지상부 생장이 질소 250 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 시비구에서 가장 우수하였고, 이 처리의 지상부 생체중과 건물중이 식물체당 7.80g 및 0.40g으로 조사되었다. 질소 시비수준에 따른 청경채 묘의 충실도(지상부건물중/초장)를 나타낸 결과 250 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 가장 충실한 묘가 생산되었다. 질소 시비 수준에 따른 청경채의 생체중과 건물중 생산을 비교할 때 5% 수준의 통계적 차이가 인정되었고, 2차 곡선회귀가 0.1%수준에서 성립하여 경향이 뚜렷함을 나타내고 있다(Table 2).

배추 파종 21일 후에 지상부 식물체의 무기원소 함량을 분석한 결과(Table 3), 질소 시비수준이 높아질수록 T-N함량이 상승하였고 처리간 통계적인 차이가 인정되

종이포트 육묘시 기비로 혼합된 질소 시비수준이 배추와 청경채 생장에 미치는 영향

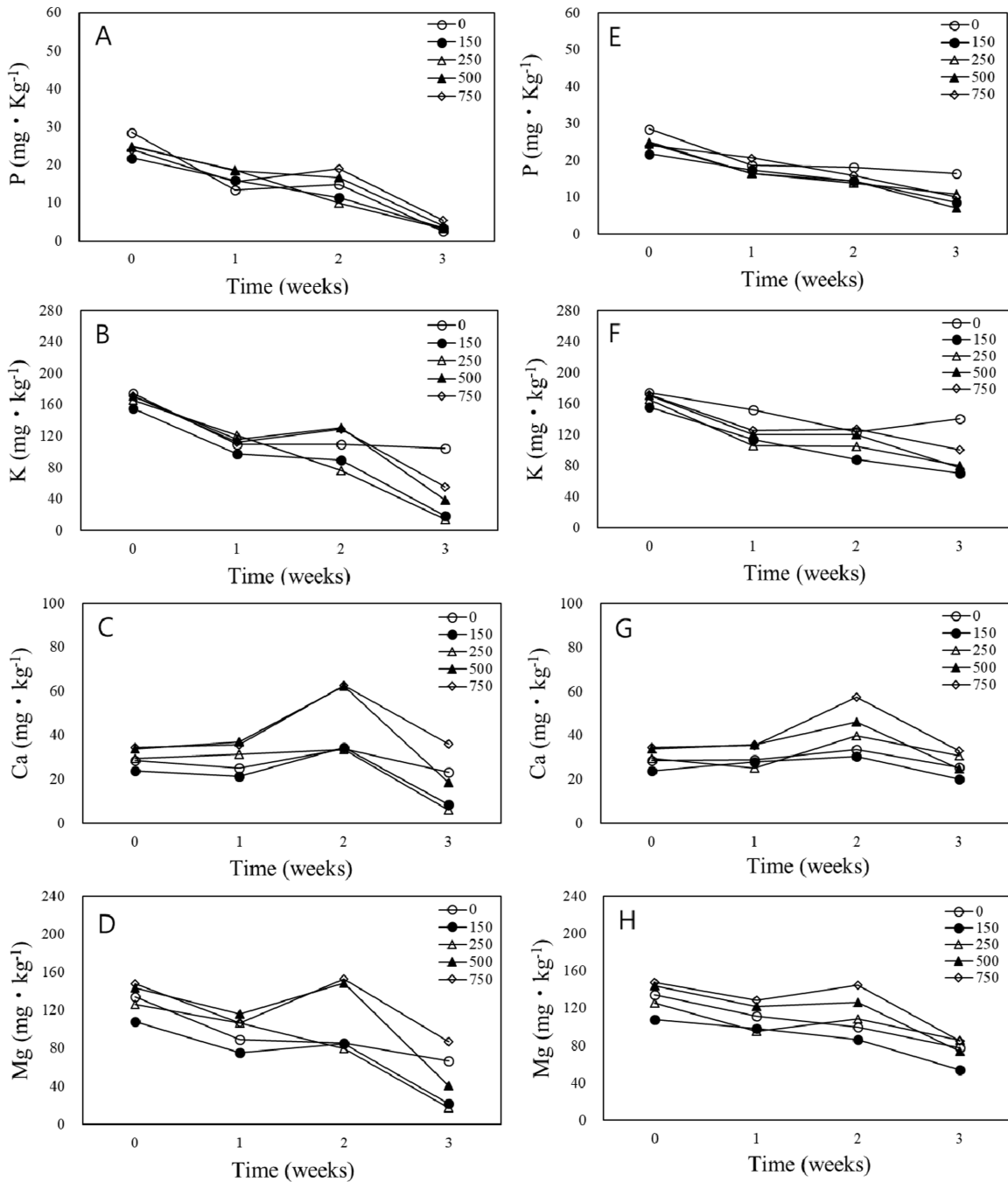


Fig. 4. Influence of varied N concentrations ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$) incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizers on the changes in P, K, Ca, and Mg concentrations of root media during the raising of Chinese cabbage (A, B, C, and D) and pak-choi (E, F, G, and H) seedlings using paper pots. The root medium was a mixture of peatmoss (80 to 90% of particles smaller than 2.84 mm) and perlite (1 to 3 mm grade) with the ratio of 7:3 (v/v).

었다. 지상부 생장이 가장 우수하였던 질소 $250\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 처리구의 T-N 함량이 6.03%로 분석되었다. 청경채의 파종 20일 후 식물체 무기원소 함량을 분석한 결과도 배추와 유사한 경향을 보였고, 지상부 생장이 가장 우수하

였던 $250\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ 시비구의 T-N 함량이 6.49%였다.

Bennett(1993)는 최대 식물체 생산량을 보인 처리의 90% 이상으로 식물 생장이 유지되도록 시비량을 조절하여야 수량감소를 방지할 수 있다고 주장하였다. 배추는

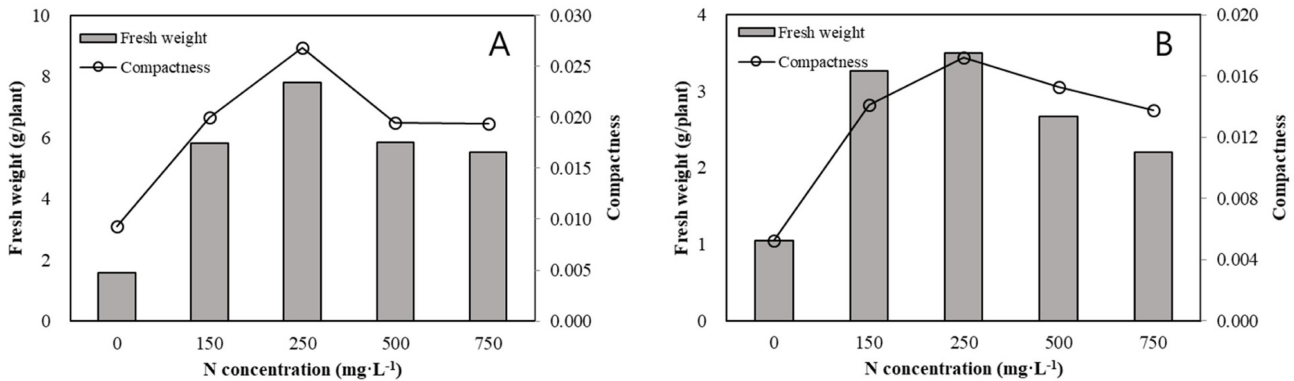


Fig. 5. Influence of varied N concentrations (mg·L⁻¹) incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizers on the changes in fresh weight of above ground tissue and compactness (dry weight/plant height of above ground tissue) of Chinese cabbage (A) and pak-choi (B) seedlings using paper pots. The root medium was a mixture of peatmoss (80 to 90% of particles smaller than 2.84 mm) and perlite (1 to 3 mm grade) with the ratio of 7:3 (v/v).

Table 2. Influence of varied N concentrations incorporated as pre-planting nutrient charge fertilizers on the growth of Chinese cabbage and pak-choi 21 and 20 days after seed sowing, respectively, in the paper pot raising of seedlings.^z

N (mg·L ⁻¹)	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of leaves	SPAD value	Fresh weight (g/plant)	Dry weight (g/plant)
0	7.5 d ^y	11.3 d	5.89 c	3.84 c	4.3 c	25.9 d	1.58 c	0.07 c
150	14.0 bc	16.4 c	8.67 b	6.02 b	6.5 b	29.3 c	5.82 b	0.28 b
250	14.9 a	20.7 a	9.83 a	6.98 a	7.1 a	30.9 b	7.80 a	0.40 a
500	14.4 ab	18.6 b	8.98 b	6.29 b	6.7 b	29.5 c	5.85 b	0.28 b
750	13.5 c	18.8 b	9.07 b	6.17 b	6.6 b	32.5 a	5.52 b	0.26 b
Linear	***	***	***	***	***	***	***	NS
Quadratic	***	***	***	***	***	***	***	***
0	5.7 c	9.5 c	4.63 c	2.75 c	3.8 c	30.0 c	1.05 d	0.03 c
150	9.9 a	12.4 b	6.15 a	4.55 a	5.8 ab	31.5 b	3.27 a	0.14 ab
250	9.3 a	13.7 a	6.15 a	4.63 a	6.0 a	32.4 b	3.50 a	0.16 a
500	8.5 b	11.6 b	5.68 b	4.15 b	5.9 ab	34.5 a	2.67 b	0.13 ab
750	8.0 b	10.3 c	5.60 b	4.05 b	5.7 b	33.9 a	2.20 c	0.11 b
Linear	*	NS	*	***	***	***	NS	NS
Quadratic	***	***	***	***	***	***	***	***

^zThe root medium was a mixture of peatmoss (80 to 90% of particles smaller than 2.84 mm) and perlite (1 to 3 mm grade) with the ratio of 7:3 (v/v).

^yMean separation within a column for each crop by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

NS,***Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$ and 0.001, respectively.

생장이 가장 우수한 250mg·L⁻¹ 질소 시비구의 건물중이 식물체당 0.40g이었고(Table 2), 최대 건물중의 90%에 해당하는 건물중은 식물체당 0.36g이다. 질소 기비 수준과 건물중의 회귀관계를 분석한 결과 $y = -0.0036x^2 + 0.0021x + 0.0635$ ($R^2 = 0.9826$)의 방정식이 성립하였고, 건물중 0.36g에서의 질소 기비 수준은 196mg·L⁻¹으로 계산

된다. 따라서 종이포트를 사용하여 품질이 우수한 배추 묘를 생산할 때 기비 수준을 196~250mg·L⁻¹의 범위로 조절하는 것이 적합할 것으로 판단하였다. 이러한 결과는 Sung 등(2016)이 배추의 플러그육묘시 질소기비수준을 250mg·L⁻¹로 조절하는 것이 바람직하다고 한 결과와 유사하였다. 청경채는 생장이 가장 우수했던 처리구의 건

Table 3. Influence of varied N concentrations incorporated as per-planting nutrient charge fertilizers on the tissue nutrient contents of Chinese cabbage and pak-choi based on the dry weight of above ground tissue 21 and 20 days after seed sowing, respectively, in the paper pot raising of seedlings.^z

N (mg·L ⁻¹)	T-N	Ca	Mg (%)	K	P	Fe	Cu	Mn	Zn	
										(mg·kg ⁻¹)
Chinese cabbage	0	4.83 c	0.33 a	0.43 bc	2.84 b	1.78 a	151.7 b	10.2 ab	337.7 a	490.5 a
	150	5.82 b	0.33 a	0.53 ab	4.14 a	1.68 a	213.4 ab	9.9 ab	339.6 a	353.5 b
	250	6.03 b	0.32 a	0.56 a	4.03 a	1.31 b	250.8 a	12.0 a	342.7 a	474.4 a
	500	6.70 a	0.23 a	0.46 bc	3.48 ab	1.27 b	198.8 ab	11.7 a	288.3 a	453.5 a
	750	6.11 b	0.25 a	0.42 c	3.06 b	1.08 b	154.2 b	8.4 b	291.0 a	440.3 ab
Linear	**	*	NS	NS	***	NS	NS	*	NS	
Quadratic	***	NS	*	*	***	NS	NS	NS	NS	
Pak-choi	0	5.67 a ^y	0.14 ab	0.32 ab	2.78 ab	0.48 c	269.2 a	6.9 a	156.9 b	398.3 a
	150	5.61 b	0.22 a	0.38 a	3.04 ab	0.97 a	153.4 b	6.9 a	240.0 a	358.4 a
	250	6.49 ab	0.20 ab	0.34 ab	3.30 a	0.94 ab	218.0 a	8.0 a	255.3 a	401.3 a
	500	7.42 a	0.19 ab	0.28 ab	3.01 ab	0.92 ab	159.8 b	7.9 a	223.1 a	454.1 a
	750	7.54 a	0.11 b	0.25 b	2.26 b	0.79 b	155.3 b	7.8 a	163.4 b	381.5 a
Linear	***	NS	*	NS	NS	*	NS	NS	NS	
Quadratic	***	*	*	*	***	*	NS	***	NS	

^zThe root medium was a mixture of peatmoss (80 to 90% of particles smaller than 2.84 mm) and perlite (1 to 3 mm grade) with the ratio of 7:3 (v/v).

^yMean separation within a column for each crop by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

NS,*,**,** Nonsignificant or significant at $p \leq 0.05, 0.01, \text{ and } 0.001$, respectively.

물중인 0.16g의 90%는 0.144g이며 질소 기비 수준과 건물 중의 회귀관계를 분석한 결과 $y = -0.16x^2 + 0.0009x + 0.032$ ($R^2 = 0.991$)의 회귀관계가 성립하였고, 건물중 0.144g에서의 질소 기비 수준은 187mg·L⁻¹으로 계산된다. 연구결과와 계산식을 적용할 때 종이포트를 사용하여 품질이 우수한 청경채 묘를 생산하려면 질소의 기비 수준을 187~250mg·L⁻¹의 범위로 조절하는 것이 적합할 것으로 판단한다. 또한 청경채의 식물체 내 질소함량이 배추보다 약 1% 높은 결과는 작물 생장의 건물중 생산과 연관지어 판단할 수 있다. 생장이 가장 우수하였던 250mg·L⁻¹시비구에서 배추는 식물체당 0.40g, 청경채는 0.16g의 지상부 건물중을 생산하였으며, 지상부 생장이 많았던 배추에서 희석효과(dilution effect)가 발생하여 식물체내 무기원소 함량이 낮아졌다고 생각한다(Marschner, 2012).

기비로 상토에 혼합된 질소 수준이 높아질수록 식물체 인산 함량이 감소하였다(Table 3). 이는 질소 시비량이 증가할수록 흡수 과정에서 음이온 간 길항작용이 발생하여 인산 흡수량이 적어진 원인이 되었다고 생각한다(Marschner, 2012). 또한 질소시비 수준이 높아질수록 알칼리성 원소인 K, Ca 및 Mg의 식물체 내 함량이 낮아졌으며, 이는 상토의 양이온치환 부위에 양이온이 흡착

될 때 발생하는 길항작용이 원인이라고 판단한다. 본 연구에서 질소 시비수준을 높이기 위해 NH₄NO₃의 시비량을 증가시켰다(Table 1). 시비 후 물에 용해되어 NH₄⁺와 NO₃⁻가 생성된 후 NH₄⁺가 상토의 양이온 치환부위를 점유하고, 흡착되지 못한 K, Ca 및 Mg이 관수 시 배수공을 통해 용탈되어 흡수량 감소의 원인이 되었다고 판단한다. 이미 Nelson(2012) 및 Marschner(2012)도 유사한 보고를 한 바 있다.

이상의 결과를 요약하면 다음과 같다. 배추와 청경채 종이포트 육묘를 위해 기비로 혼합된 질소 시비 수준을 변화시키고 작물 생장에 미치는 영향을 조사한 결과 배추는 196~250mg·L⁻¹의 범위로, 청경채는 187~250mg·L⁻¹의 범위로 질소 농도를 조절하는 것이 충실한 종이포트 묘 생산에 바람직하다고 생각한다.

초 록

종이포트 육묘를 위해 조제한 피트모스(>2.84mm 체를 통과한 비율이 80-90%)와 펄라이트(1~3mm 등급) 혼합상토(7:3, v/v)의 적정 질소 기비 수준을 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 기비로 혼합한 질소 농도를 0, 150, 250, 500 및 750mg·L⁻¹으로 조절하였고, 질소를

제외한 필수원소는 모든 처리에서 동일하게 농도를 조절하였다. 혼합상토를 40-cell 트레이에 충전한 뒤 배추 '춘명봄배추'와 청경채 '하늬청경채'를 파종하였고 파종 후 각각 21일 및 20일 육묘하였다. 파종 후 매주 상토를 수집하여 토양 pH, EC 및 무기원소 농도를 분석하였고, 재배 후 지상부 생장 조사와 식물체 무기원소 함량 분석을 하였다. 생장 기간 동안 상토의 pH는 완만하게 상승하였고, EC는 파종 3주 후 급격히 낮아졌다. 수확 시기에 배추를 육묘한 상토의 pH는 5.3~5.9의 범위로, 청경채를 육묘한 상토는 4.93~5.39의 범위로 측정되었고, 청경채를 육묘한 상토의 pH가 더 낮았다. 작물의 지상부 생장은 배추와 청경채 모두 질소 250mg·L⁻¹ 처리구에서 우수했으며 질소 무처리구에서 생장이 가장 저조 하였다. 식물체내의 무기원소 함량 분석결과 질소 시비수준이 높을수록 식물체내 질소 함량이 증가하고, P, Ca 및 Mg 함량이 낮아졌다. 질소 시비 수준에 따른 지상부 건물중 변화에서 배추는 $y = -0.0036x^2 + 0.0021x + 0.0635 (R^2 = 0.9826)$, 청경채는 $y = -0.16x^2 + 0.0009x + 0.032 (R^2 = 0.991)$ 의 회귀관계가 성립하였다. 생장이 가장 우수 하였던 처리구의 건물중인 배추 0.40g 및 청경채 0.16g의 90%를 우량묘 생산을 위한 최저한계로 간주할 때 각각 0.36g 및 0.144g의 건물중을 생산해야 한다. 또한 90%에 해당하는 건물중을 회귀식에 대입하여 계산하면 기비로 첨가할 질소 농도를 배추 육묘시 196~250mg·L⁻¹으로, 청경채 육묘시 187~250mg·L⁻¹으로 조절해야 한다고 판단하였다.

추가 주요어: 화학성, 배추, 질소농도, 청경채

사 사

This work was carried out with the support of "Cooperative Research Program for Agriculture Science & Technology Development (Project No. PJ01282703)", Rural Development Administration, Republic of Korea.

Literature Cited

Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. AS Press, St Paul, Minn.
 Chaney, A.L. and E.P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clin. Chem. 8:130-132.
 Chapman, H.D. and P.F. Pratt. 1962. Methods of analysis for soils, plants and waters. Soil Sci. 93:68.
 Cataldo, D.A., M. Maroon, L.E. Schrader, and V.L. Youngs. 1975. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. Comm. Soil Sci. Plant

Anal. 6:71-80.
 Choi, J.M., I.Y. Kim, and B.K. Kim. 2009. Root media, Hackyesa. Daejeon, Korea, 237-273.
 Hendershot, W.H., H. Lalonde, and M. Dugutte. 1993. Ion exchange and exchangeable cations, p. 167-176. In: M.R. Carter (ed.). Soil sampling and methods of analysis. Can. Soc. Soil. Sci., Lewis Publisher, Toronto.
 Jang, D.C., Y.W. Kwon, K.Y. Choi, and I.S. Kim. 2018. Comparison of growth characteristics fruit vegetable seedlings grown on cylindrical paper pot trays of plug trays. Protected Hort. Plant. Fac. 27:381-390.
 Kim, S.H., C.H. Kim, J.Y. Lee, J.J. Paek, J.M. Seo, H.J. Park, and H.C. Kim. 2010. Fundamental study on the development of eco-friendly seedling pots. J. Korea TAPPI. 347-351. (In Korean)
 Korea Rural Economic Institute (KREI). 2014. A study on management system and legislation for protection and nurture of raising seedlings industry. Korea.
 Lee, H.S. 2015. Effect and management of bicarbonate concentration in nutrient solution for the growth and physiological disorders in strawberry seedling production. Ph. D. Diss., Chungnam Natl. Univ., Daejeon, Korea. (In Korean)
 Lee, J.Y., C.H. Kim, G.S. Lee, H.S. Jo, H.G. Nam, H.H. Park, and S.O. Moon. 2014. Physico-chemical characteristics of biodegradable seedling pots made of paper mill sludges. J. Korea TAPPI. 46:9-18. (In Korean)
 Lindsay, W.L. 2001. Chemical equilibria in soils. John Wiley and Sons Ltd., Colorado State University, USA.
 Marschner, H. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. Vol. 89. Academic Press Inc., San Diego, USA.
 Milks, R.R., W.C. Fonteno, and R.A. Larson. 1989. Hydrology of horticultural substrates. II. Predicting physical properties of media in containers. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 114:53-56.
 Nelson, P.V. 2012. Greenhouse operation and management. 7th ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, USA.
 Raviv, M. and J.H. Lieth. 2008. Soilless culture: Theory and practice. Elsevier, London.
 Seo, T.C., S.W. An, S.M. Kim, C.W. Nam, H. Chun, Y.C. Kim, T.K. Kang, S.W. Kim, S.G. Jeon, and K.S. Jang. 2017. Effect of the seedlings difference in cylindrical paper pot trays on initial root growth and yield of pepper. Protected Hort. Plant. Fac. 26:368-377. (In Korean)
 Seo, T.C., S.W. An, H.W. Jang, C.W. Nam, H. Chun, Y.C. Kim, T.K. Kang, and S.H. Lee. 2018. An approach to determine the good seedling quality of grafted tomatoes (*Solanum Lycopersicum*) grown in cylindrical paper pot through the relation analysis between DQI and short-term relative growth rate. Protected Hort. Plant. Fac. 27:302-311. (In Korean)
 Shim, C. Y, I.S. Park, C.W. Lee, and J.M. Choi. 2018. Influence of compositions and concentrations of post-planting fertilizers on the growth of 'Nokkwang' hot pepper plug

- seedlings. Hort. Sci. Technol. 36:28-36. (In Korean)
- Silber, A. 2008. Chemical characteristics of soilless media. Soilless Culture. 210-244.
- Sonneveld, C. and W. Voogt. 2009. Plant nutrition of greenhouse crops. Springer. NY, USA.
- Song, D.B., E.J. Bae, C.H. Kim, and M.R. Huh. 2010. Analysis of plant growth effects using seedling pots made from paper mill sludges. J. Korea TAPPI. 42:12-19.
- Sung, J.K., N.R. Lee, and J.M. Choi. 2016. Growth of chine-ses cabbage plug seedlings as influenced by various pre-planting nitrogen concentrations in inert meda. Korean J. Hort. Sci. Technol. 34:616-625. (In Korean)
- Wallach, R., F.F. da Silva, and Y. Chen. 1992. Hydraulic characteristics of Tuff (Scoria) used as a container medium. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 117:415-421.