

팬지 ‘Melody Yellow’의 플러그 육묘시 석회질 비료의 시비수준이 토양화학성 변화와 식물생장에 미치는 영향

이풍옥 · 이종석 · 최종명*

충남대학교 농업생명과학대학 원예학과

Impact of Application Rates of Pre-planting Liming Fertilizers on Changes in Soil Chemical Properties and Growth of ‘Melody Yellow’ Pansy in Plug Production

Poong Ok Lee, Jong Suk Lee, and Jong Myung Choi*

Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Abstract. Objective of this research was to investigate the influence of liming fertilizers on changes in soil chemical properties and growth of pansy ‘Melody Yellow’ in plug production. To achieve this, dolomite (DO) with 0, 1.0, 3.5, 8.0 or 13.0 g·L⁻¹ and calcium carbonate (CC) with 0, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, or 4.0 g·L⁻¹ in application rate were incorporated into peatmoss + vermiculite (1:1, v/v) during the formulation. The treatments of 3.5 g·L⁻¹ of DO and 2.5 or 3.0 g·L⁻¹ of CC had acceptable range of soil solution pH such as 5.6-6.2. Faster rising of pH was observed in root media containing CC rather than those of DO, indicating higher solubility of CC. The soil Ca concentrations in all treatments of CC were 2 times as high as those of DO. The treatments of 3.5 or 8.0 g·L⁻¹ of DO had the highest soil Mg concentrations, but all treatments of CC had lower soil Mg concentrations than control indicating that additional applications of Mg fertilizers are required. The elevated application rate of DO or CC resulted in the increase of fresh and dry weight; however, plant heights were not influenced by application of liming fertilizers. The results of tissue analysis showed that application of DO or CC influenced the Ca and Mg contents, but did not influence the contents of other nutrients such as N, P, Fe, Mn, Zn and Cu.

Additional key words: Ca, calcium carbonate, dolomite, EC, Mg, pH

서 언

플러그 육묘용 상토는 피트모스나 코이어 등의 유기물질과 질석이나 펄라이트 등의 광물질중 2-3종류의 재료를 적정비율로 혼합하여 토양 물리성과 화학성을 조절한다(Carpenter, 1994; Nelson, 2003). 플러그 재배의 경우 트레이의 셀 용량이 적어서 식물체 당 상토의 양이 매우 적으며, 이로 인해 완충력이 낮고 pH가 쉽게 변하여 무기원소의 결핍과 과다현상이 자주 발생한다(Fonteno, 1996; Nelson, 2003). 특히 피트모스가 혼합된 상토는 근권부의 pH가 4.0 이하의 강산성으로 변하여 발아율 저하나 발아 후 각종 생리 장애 발생의 원인이 되어 플러그 묘의 상품성을 저하시킨다(Shoemaker와 Carlson, 1990; Styer와 Koranski, 1997).

그러므로 종자 파종 전 또는 발아 후 생육중에 석회질 비료를 시비하여 상토의 pH를 조절해 주어야 한다.

토경재배에서는 주로 소석회(Ca(OH)₂)를 이용하여 토양 산도를 교정한다(Lim, 2005). 소석회의 경우 가공과정 중 열처리를 하여 용해도를 높였기 때문에 너무 빠르게 토양 pH를 변화시키며, 토양보다 완충력이 낮은 혼합상토에서는 과도하게 높은 용해도가 생육 중인 식물 뿌리에 피해를 유발할 수 있어 사용하지 않는다(Nelson, 2003). 국내 상토제조 회사들도 피트모스가 혼합된 상토의 pH 조절을 위해 상토제조 과정에서 탄산석회(CaCO₃)나 고토석회[CaMg(CO₃)₂]를 혼합하고 있다.

상토에 혼합된 탄산석회나 고토석회는 토양산도를 교정하는 역할뿐만 아니라 시비된 후 토양수에 용해되면서 탄산석회는 Ca⁺⁺, 고토석회는 Ca⁺⁺과 Mg⁺⁺이 발생하여 두 원소의 비료원이 된다(Nelson, 2003). 석회질 비료의 시비를 통

*Corresponding author: choi1324@cnu.ac.kr

※ Received 14 January 2010; Accepted 16 June 2010.

해 토양산도가 변하면 근권부에 존재하는 각종 무기원소의 식물 이용도가 변화된다. 일반적으로 pH가 7.0 이상으로 상승하면 Fe, Mn, Zn, Cu, B 등 미량원소의 흡수율이 저하하고, 토양 pH가 강산성으로 변하면 Ca, Mg, $H_2PO_4^-$ 등 다량원소의 흡수율이 저하한다(Choi 등, 2009; Nelson, 2003). 또한 상토의 pH 변화는 상토내에 존재하는 각종 원소들 상호간 결합 또는 분리의 원인이 되어 관련 원소들의 용해도를 변화시킨다(Hanan, 1998). 따라서 기비로 혼합된 석회질 비료와 다른 성분 들과의 상호작용이 밝혀져야 적절한 시비 체계가 확립될 수 있지만 아직까지 관련 연구가 수행되지 않았다.

그러므로 상토의 pH교정을 위해 고토석회와 탄산칼슘의 처리량을 변화시켜 상토의 pH조절 및 토양중 무기염의 농도 변화를 분석하고, 이들이 팬지의 생장에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

피트모스(Acadian Peat Moss Ltd, Canada)와 질석(No. 2)을 1:1(v/v)로 혼합하여 상토를 조제하였고, 상토 혼합시 삼중과인산석회(triple superphosphate)를 $1.3g \cdot L^{-1}$, 미량원소복합제인 Micromax(Sierra Chem, Co. Milpitas, CA)를 $0.9g \cdot L^{-1}$, 그리고 토양습윤제인 AquaGro wetting agent(Aquatrols Corp. of America, Pennsauken, NJ)를 $0.9g \cdot L^{-1}$ 로 첨가하였다.

상토 혼합과정에서 두 종류의 석회질 비료를 첨가하였는데 고토석회 [$CaMg(CO_3)_2$]를 0.0, 1.0, 3.5, 8.0, $13.0g \cdot L^{-1}$ 로, 탄산칼슘($CaCO_3$)은 0, 2.0, 2.5, 3.0, 3.5, $4.0g \cdot L^{-1}$ 의 비율로 혼합하였고, 각 처리는 3반복으로 배치하였다. 상토 혼합시 육안으로 판단하여 적절한 수분함량을 갖도록 함수량을 조절하였고, 혼합 후 24시간 밀봉하여 수분평형이 일어나도록 기다렸다가 200 플러그 트레이에 충전하였다. 충전 후 팬지(*Violar tricolor*) 'Melody Yellow'종자를 파종하여 유리온실에서 재배하였는데, 재배중 주간 $24^\circ C$, 야간 $13^\circ C$ 이상으로 온도를 조절하였고, 상대습도 60-70%, 광도는 $330-370\mu mol \cdot m^{-2} \cdot s^{-1}$ 그리고 평균 일장은 15-h 였다.

파종 56일 후 식물체를 수확하여 초장, 생체중 그리고 건물중 등 식물 생장을 조사하였고, 수확된 식물체는 0.01N HCl용액에 1분간 침지한 후 증류수로 수세하여 식물의 잎에 묻어있는 이물질을 제거하였다. 이후 $70^\circ C$ 의 건조기에서 24시간 건조시킨 후 건물중을 측정하였으며 건물중 측정후 1mm(20mesh)의 screen에 통과되도록 Wiley mill로 분쇄하였다. 분쇄 시료 0.1g을 이용하여 semi-micro Kjeldahl 방법

(Eastin, 1978)으로 전질소 함량을 그리고 시료 0.5g을 회화시켜 다른 필수원소를 분석하였다. 식물체 분석을 위한 방법 및 장비는 Choi 등(2009)과 동일하였다.

토양 분석은 파종 후 1주 간격으로 수행하였다. 관수 2시간 후에 토양시료를 채취하여 Warncke(1986)의 방법으로 토양용액을 추출하고, 미생물에 의한 NH_4^+ 의 산화를 억제시키기 위해 포화된 phenylmercuric acetate ($1g/18mL$ DW)를 두방울 첨가한 후 상토의 pH(pH meter, Fisher-29, USA)와 EC(EC meter, Orion-50, USA)를 측정하였다. 추출한 용액속의 NH_4^+ -N분석은 Chaney와 Marbach(1962)의 방법으로, NO_3^- -N은 Cataldo 등(1975)의 방법으로 분석하였다. 인산분석은 $20mg \cdot L^{-1}$ 보다 농도가 높을 경우 Chapman과 Parker(1961)의 방법으로, $20mg \cdot L^{-1}$ 보다 낮을 경우에는 Murpy와 Riley(1962)방법으로 분석하였다. 이후 0.5N HCl에 0.5% lanthanum과 $1000mg \cdot L^{-1}$ lithium이 용해된 lanthanum-lithium 용액을 이용하여 추출한 토양용액을 100배 희석한 후 원자흡광분석계(AA-680, Shimadzu, Japan)로 K, Ca 및 Mg을 분석하였다.

결과 및 고찰

상토의 pH를 조절하기 위하여 고토석회(dolomite)와 탄산칼슘(calcium carbonate)의 시비 비율을 조절하여 처리한 결과, 대조구(석회질 비료 $0.0g \cdot L^{-1}$)는 파종직 후 pH가 약 3.5정도였으며 0주부터 8주까지 3.5-4.3범위에 포함되었다(Fig. 1). 고토석회와 탄산칼슘 모두 시용량이 증가함에 따라 약 0.5씩 토양 pH가 상승하였으며, 탄산칼슘은 파종직 후(0주)와 8주째의 pH가 유사하였으나 고토석회를 사용한 처리에서는 완만하지만 8주까지 계속 pH가 상승하였다. 탄산칼슘 처리구에서 초기에 pH가 빠르게 변하는 것은 탄산칼슘이 고토석회보다 용해도가 높고, 탄산칼슘이 토양수에 존재하는 H^+ 와 결합하여 $CaCO_3$ 와 $2H^+$ 으로부터 $Ca^{++} + CO_2 + H_2O$ 의 반응이 이루어져 빠르게 토양 pH를 변화시킨 원인이 되었다고 판단되었다. Lim(2005)에 의하면 탄산석회는 100mL의 증류수당 0.01g이 용해되지만 고토석회는 25mL의 증류수당 0.01g 이하가 용해되어 탄산석회의 용해도가 높고 pH변화가 빠르다. 한편 Argo와 Biernbaum(1996)과 Williams 등(1988)은 상토에 고토석회를 혼합할 경우 2일 이내에 pH 변화가 일어나며 14일 이내에 안정된다고 보고하였으며, 본 실험에서도 유사한 경향을 나타내었다. Hanan(1998)과 Nelson(2003)은 혼합 상토에서의 적절한 pH 범위를 5.6-6.2로 제시하였는데 본 실험에 이용된 피트모스+질석(1:1; v/v)의 혼합 상토에서 고토석회 $3.5g$ 및 $8.0g \cdot L^{-1}$, 탄산

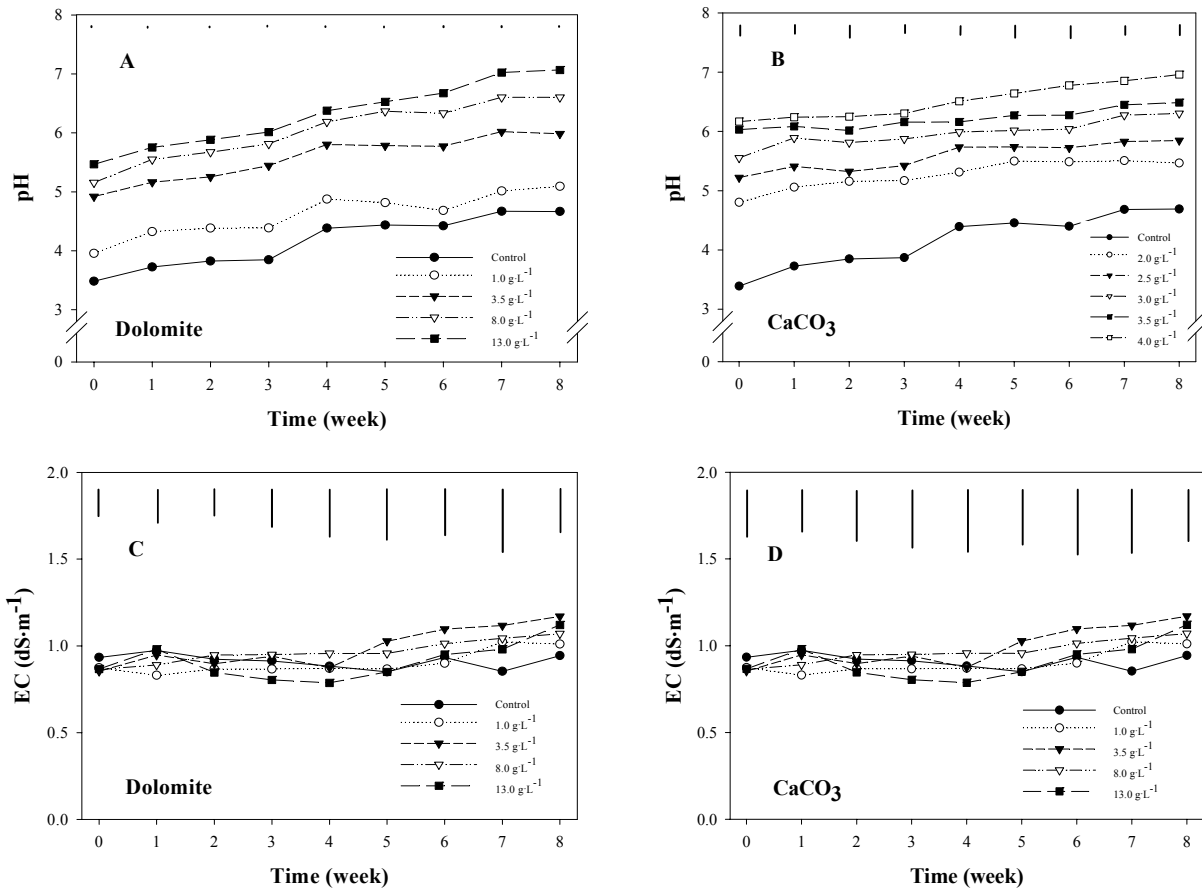


Fig. 1. Effect of pre-planting application rates of dolomite (A and C) and calcium carbonate (B and D) on the changes in pH and electrical conductivity (EC) of peatmoss+vermiculite media (1:1, v/v) during 8 weeks after sowing of 'Melody Yellow' pansy. Vertical bars represent the least significant differences (LSD) among treatments within each week.

칼슘은 2.5, 3.0 및 3.5g·L⁻¹ 처리가 수용될 수 있는 범위로 pH를 교정하였다.

팬지 종자를 파종하고 생장기간동안 석회질 비료의 사용에 따른 토양 전기전도도(electrical conductivity, EC)의 변화를 측정하여 Fig. 1에 나타내었다. 다소간의 차이가 있었지만 모든 처리구에서 0주부터 6주까지 0.9dS·m⁻¹ 정도의 비슷한 수준을 유지하다가 6주 이후에 약간씩 상승하는 경향이였다. Styer와 Koranski(1997) 그리고 Nelson(2003)은 상토를 이용한 플러그 육묘의 적절한 EC의 범위를 0.5-1.0dS·m⁻¹로, 그리고 Hamrick(1990)은 초화류의 플러그 육묘시 적정 EC의 범위를 0.3-1.0dS·m⁻¹으로 제시하였다. 본 연구에서 석회질 비료의 사용량이 증가하여도 가시적인 피해는 나타나지 않았지만, 안전한 플러그 육묘의 생산을 위해서는 EC를 낮춰야 할 것으로 판단하며, pH와 EC를 동시에 고려할 때 고토석회 3.5g·L⁻¹와 탄산칼슘 2.0 및 2.5g·L⁻¹가 적절한 사용량이 될 수 있다고 판단하였다.

두 종류 석회질 비료 시비에 따른 토양 Ca농도의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 탄산칼슘을 사용한 처리구가 고토석회

처리구보다 월등히 높은 Ca농도를 보였으며 탄산칼슘을 4.0g·L⁻¹의 비율로 시비한 처리는 0주에 Ca농도가 약 200 mg·L⁻¹ 정도였고, 8.0g·L⁻¹ 시비구의 Ca농도 100mg·L⁻¹보다 두배 이상 높았다. 탄산칼슘이 혼합된 처리에서 초기의 높은 Ca농도는 pH 변화(Fig. 1)와 연관지어 판단할 수 있다. 즉 탄산칼슘의 용해도가 고토석회의 용해도보다 월등히 높고(Lim, 2005), 높은 용해도는 토양 Ca농도의 빠른 증가와 초기 pH의 빠른 상승의 원인이 된 것으로 생각한다.

토양 Mg농도의 변화에 있어서 고토석회를 시비한 경우 탄산칼슘을 시비한 처리구보다 약 2배 정도의 높은 Mg농도를 보였고, 탄산칼슘을 시비한 구는 대조구와 유사하거나 낮은 Mg농도를 보였다(Fig. 2). 식물이 무기원소를 흡수하는 과정에서 Ca과 Mg은 길항작용을 하여 토양 중 Ca농도가 높을 경우 식물체가 Mg 결핍증상을 발생시키는 것은 잘 알려진 사실이다(Marschner, 1995). 일반적으로 근권부의 적정 Ca:Mg 비율은 2.5-3:1로 알려져 있으며(Choi 등, 2009; Nelson, 2003) 탄산칼슘으로 상토 pH를 교정할 경우 다른 비료로부터 Mg을 공급해 주어야 안전하게 작물을 생

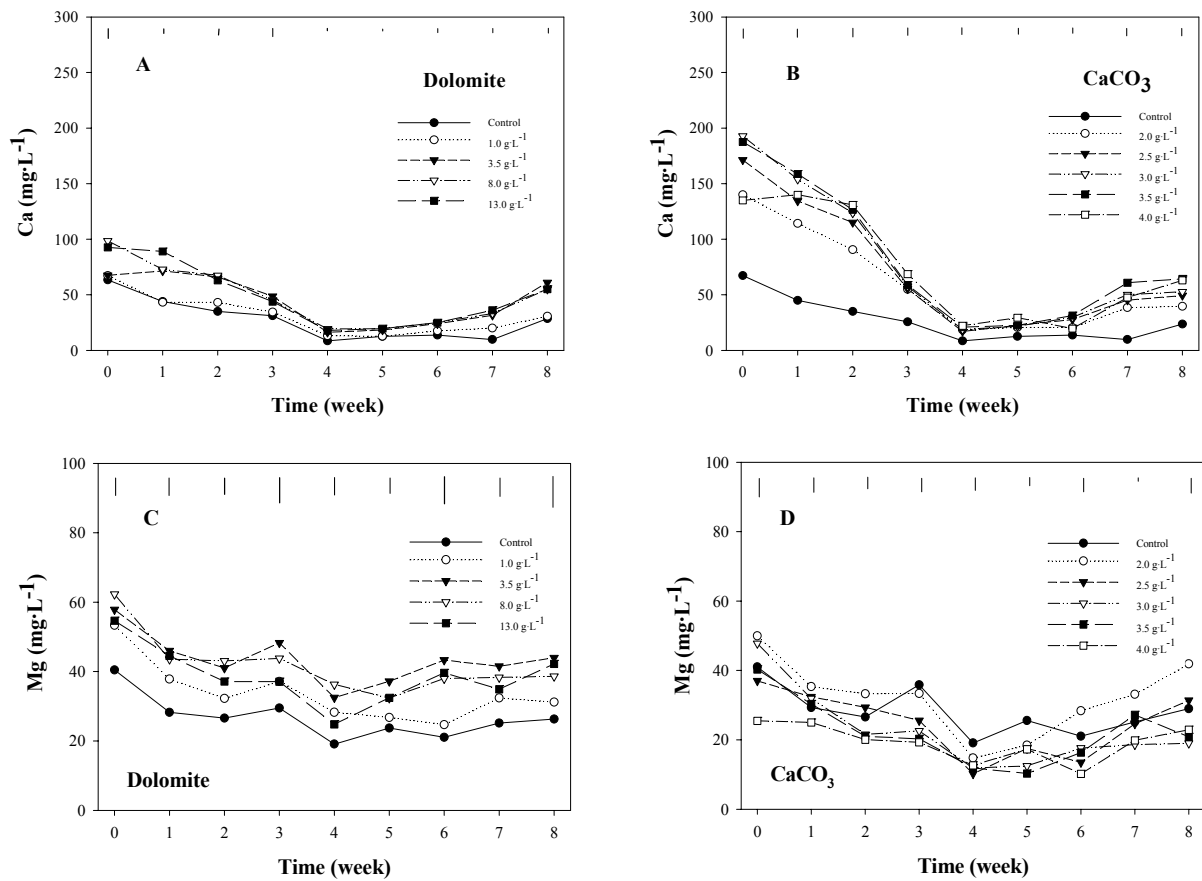


Fig. 2. Effect of pre-planting application rates of dolomite (A and C) and calcium carbonate (B and D) on the changes in calcium and magnesium concentrations of peat+vermiculite media (1:1, v/v) during 8 weeks after sowing of 'Melody Yellow' pansy. Vertical bars represent the least significant differences (LSD) among treatments within each week.

산할 수 있다고 판단한다.

인산은 상토 혼합과정에서 모든 처리구에 삼중과인산석회를 $1.3\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 씩 동일한 양을 시비하였음에도 고토석회와 탄산칼슘 시비량 변화에 따라 토양 인산농도가 다르게 분석되었다(Fig. 3). 고토석회를 시비할 경우 $3.5\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리구에서 인산 농도가 가장 높았지만 $13.0\text{g}\cdot\text{L}^{-1}$ 처리에서 가장 낮았고, 탄산석회 시비구에서도 탄산석회의 시비량이 많아질수록 토양 인산농도가 낮아지는 경향을 보였다. 토양에 혼합되지 않은 무토양 상토에서 $\text{PO}_4\text{-P}$ 가 식물에 가장 많이 흡수될 수 있는 적정 토양 pH는 약 5.0-6.0사이로 알려져 있으며 토양 pH가 과도하게 산성으로 변할 경우 인산이 알루미늄 또는 철 등의 금속원소와 결합하여 불용화되고 pH가 6.0 이상으로 높아질 경우 인산이 칼슘, 마그네슘 또는 나트륨 등과 결합하여 불용화된다고 보고되었다(Choi 등, 2009; Hanan, 1998; Nelson, 2003). 그러므로 본 실험에서 석회질 비료의 사용량이 증가함에 따라 인산농도가 낮게 분석된 것은 고토석회에 존재하는 Ca이나 Mg 또는 탄산석회의 Ca과 결합하여 불용화되었기 때문이라고 판단한다.

토양 K 농도는 고토석회와 탄산칼슘처리 모두 비슷한 농도로 분석되었고, 팬지 묘가 성장할수록 농도가 낮아지는 경향을 보였다(Fig. 3). 토양 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 농도는 고토석회와 탄산칼슘 처리구 모두 2, 3주째까지 일정한 농도를 유지하였으나, 4주 이후는 매우 낮은 농도로 분석되었다(Fig. 4). 이는 질산화작용에 의해 상토에 존재하는 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 가 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 으로 전환되고 있음을 의미하며, Choi(1994)는 대부분의 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 가 2주이내에 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 으로 전환된다고 하여 이를 뒷받침하고 있다. 토양 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 은 모든 처리에서 파종직후 농도가 낮았지만 점차 상승하여 2주 또는 3주째에 높은 농도를 보였으며, 이후 다시 낮아지는 경향이였다(Fig. 4). 2주부터 8주까지는 대조구를 제외한 각 처리간 뚜렷한 차이를 보이지 않았으며, 6주 후에는 다시 토양 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 농도가 높아지는 경향을 보였다. 0주부터 2주 또는 3주까지 농도가 증가하는 것은 토양 미생물에 의해 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 이 $\text{NO}_3^-\text{-N}$ 으로 변화되고 있음을 의미하며, 6주 후에 다시 농도가 높아진 것은 상토에 존재하는 유기태 질소가 토양미생물들에 의해 질소 무기화 작용을 거쳐 질산화 작용을 겪은 것으로 판단한다.

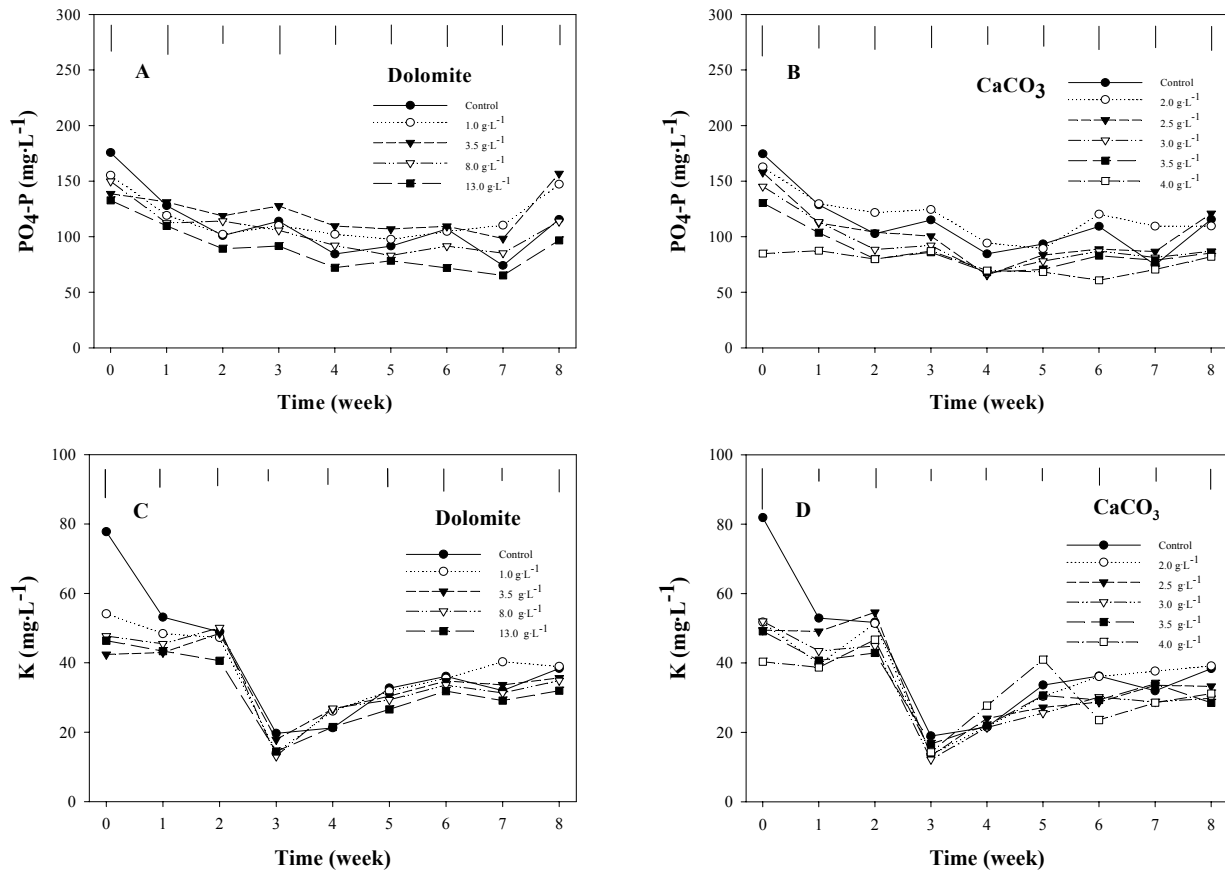


Fig. 3. Effect of pre-planting application rates of dolomite (A and C) and calcium carbonate (B and D) on the changes in phosphorus and potassium concentrations of peat+vermiculite media (1:1, v/v) during 8 weeks after sowing of 'Melody Yellow' pansy. Vertical bars represent the least significant differences (LSD) among treatments within each week.

(Choi, 1994; Tate, 1995).

고토석회와 탄산칼슘 시비량에 따른 파종 56일 후의 식물 생육 반응을 Fig. 5에 나타내었다. 고토석회의 시비량이 증가할수록 식물체의 초장이 커졌고, 생체중 및 건물중이 무거워졌으며, 13.0g·L⁻¹ 고토석회 시비구에서는 생체중 및 건물중이 각각 216mg 및 29mg으로 조사되었다. 탄산칼슘도 시비량을 증가시킬 경우 식물생장이 증가하는 경향이었으며, 초장, 생체중 및 건물중이 대조구는 각각 2.41cm, 179mg, 그리고 25mg였고 4.0g·L⁻¹ 탄산칼슘 처리구에서 3.41cm, 281mg, 그리고 34mg으로 유의하게 증가하였다. 본 연구의 탄산칼슘과 고토석회 시비 비율 범위 내에서의 식물 생장을 비교할 때 탄산칼슘 시비구의 식물생장이 고토석회 시비구의 생장보다 우수하였다. 그러나 정확한 원인이 불분명하여 추후 보완 연구가 필요하다고 판단하였다.

파종 56일 후의 식물체내 무기원소 함량은 Table 1에 나타내었다. 식물체 N함량은 3.5g·L⁻¹의 비율로 고토석회를 시비한 처리가 가장 높았고, 처리간 통계적인 차이가 있었지만 두 종류 석회질 비료시비에 따른 뚜렷한 경향은 찾을

수 없었다. 식물체내 인산 함량은 두 종류 석회질 비료 시비 수준에 따른 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 두 종류 석회질 비료의 시비비율이 높아짐에 식물체내 칼륨함량이 증가하는 경향을 보였다. Marschner(1995)와 Nelson(2003)은 시비를 통해 특정 양이온의 근권부 농도가 높아지면 흡수과정의 길항작용으로 인해 다른 양이온의 식물체내 함량이 감소한다고 보고하였다. 본 연구에서는 탄산칼슘 2.0g·L⁻¹를 제외한 모든 석회질 비료 시비구에서 석회질 비료의 시비수준이 높아질수록 식물체내 칼륨함량이 증가하였다. 이는 예상하지 못한 결과로써 추후 보완 연구가 필요한 부분이다.

식물체의 Ca함량은 탄산칼슘을 사용한 처리구가 고토석회를 사용한 처리들보다 약 2배 이상 높게 분석되었고, 토양 Ca 농도에 영향을 받은 것으로 판단한다. Fig. 5에 나타난 바와 같이 탄산칼슘을 사용한 처리들은 약 150-200mg·L⁻¹에 달하는 높은 Ca 농도를 보인 반면 고토석회가 사용된 처리들은 70-100mg·L⁻¹정도의 Ca농도를 보여 2배 이상 차이가 있었고, 높은 토양 Ca 농도가 식물체의 Ca함량에 영향을 미치는 것으로 판단된다. Mg함량은 고토석회를 사용한 처

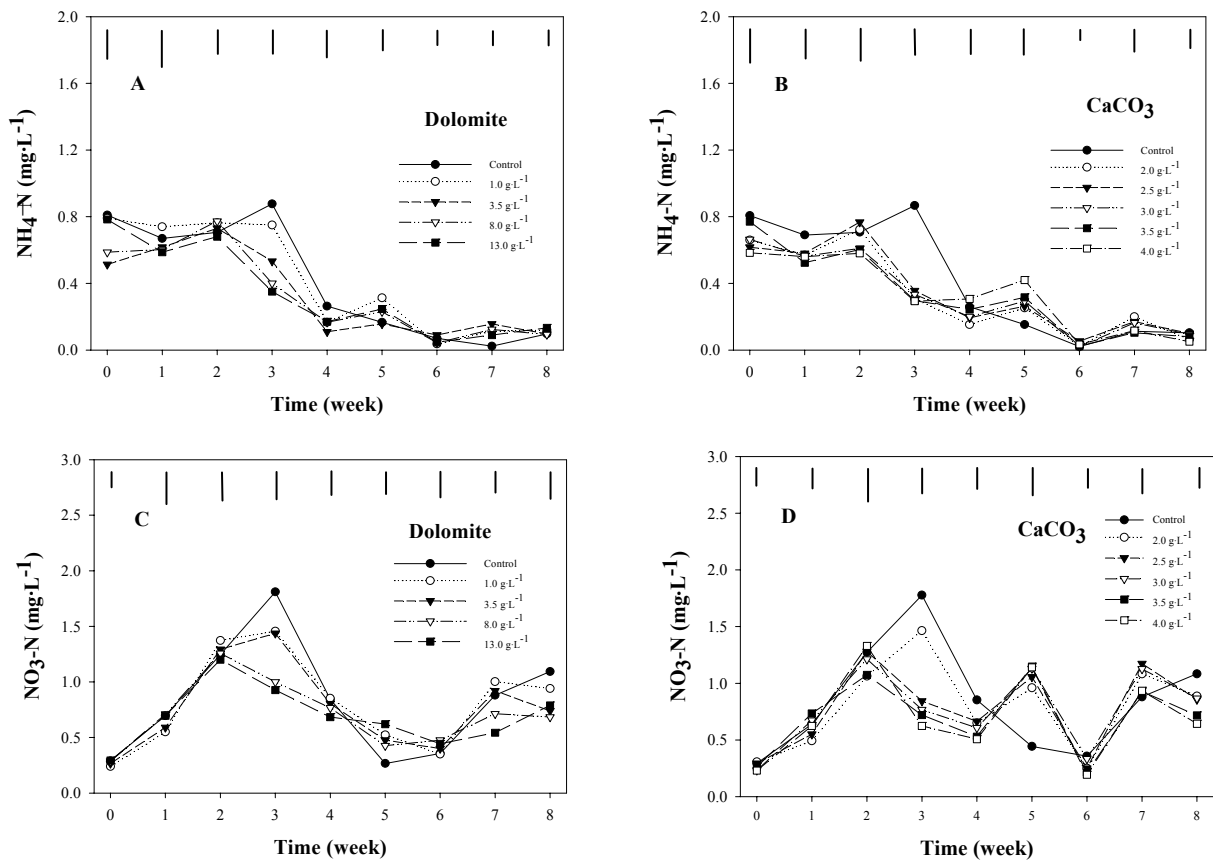


Fig. 4. Effect of pre-planting application rates of dolomite (A and C) and calcium carbonate (B and D) on the changes in ammoniacal nitrogen and nitrate nitrogen concentrations of peat+vermiculite media (1:1, v/v) during 8 weeks after sowing of 'Melody Yellow' pansy. Vertical bars represent the least significant differences (LSD) among treatments within each week.

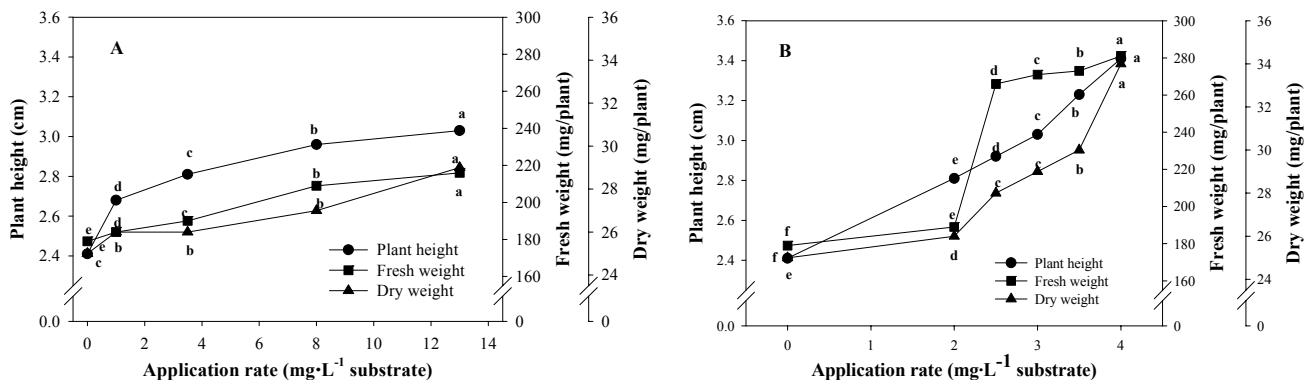


Fig. 5. Plant height, fresh weight and dry weight of pansy 'Melody Yellow' at 56 days after sowing as influenced by various amounts of pre-planting dolomite (A) and calcium carbonate (B). Values on each index of growth followed by same letter are not significantly different (Duncan's multiple range test, $P=0.05$).

리들이 탄산칼슘을 사용한 처리들보다 높게 분석되었다. 이는 고토석회 [$\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$]와 탄산칼슘(CaCO_3)의 구조에 기인하여 고토석회를 처리한 구들이 탄산칼슘을 처리한 구보다 높은 토양 Mg농도를 보였고(Fig. 5), 높은 토양 Mg농도가 고토석회를 사용한 처리들에서 Mg함량이 높아진 원인이 되었다고 판단한다. 또한 탄산칼슘을 처리한 구들은

대조구보다도 낮은 식물체내 Mg함량을 보였는데 탄산칼슘을 사용한 처리들이 대조구보다 상대적으로 높은 근권부 Ca농도를 보였고, Marschner(1995)가 보고한 바와 같이 길항작용에 의해 Mg흡수가 억제되었다고 판단된다. 식물체내 미량원소(Fe, Mn, Zn, Cu)의 분석에 있어서는 다소간의 차이는 있었지만 고토석회와 탄산칼슘간의 뚜렷한 통계적 차

Table 1. Nutrient contents based on the whole above ground plant tissue at 56 days after sowing of pansy 'Melody Yellow' as influenced by pre-planting application rates of dolomite and calcium carbonate in peatmoss+vermiculite (1:1, v/v) media.

Treatment (g · L ⁻¹)	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
 (%) (mg · kg ⁻¹)					
Control	1.75 b ^z	0.61 a	3.09 bcd	0.27 g	0.40 bcd	14.4 a	75.6 a	9.9 a	0.6 a
Dolomite									
1.0	1.75 b	0.62 a	3.11 bcd	0.34 fg	0.40 bcd	14.3 a	72.9 a	10.1 a	0.6 a
3.5	1.82 a	0.64 a	3.36 abc	0.39 ef	0.46 abc	17.7 a	77.7 a	10.7 a	0.6 a
8.0	1.65 d	0.65 a	3.62 ab	0.42 def	0.51 ab	16.2 a	78.9 a	8.6 a	0.4 a
13.0	1.54 f	0.69 a	3.73 a	0.47 cde	0.56 a	18.5 a	77.3 a	8.1 a	0.4 a
Calcium carbonate									
2.0	1.54 f	0.59 a	2.57 d	0.34 fg	0.31 d	13.3 a	73.6 a	9.7 a	0.6 a
2.5	1.61 e	0.63 a	3.22 cd	0.48 bcd	0.36 cd	13.8 a	73.7 a	9.7 a	0.4 a
3.0	1.68 c	0.64 a	3.30 cd	0.55 abc	0.36 cd	14.3 a	79.7 a	9.1 a	0.4 a
3.5	1.75 b	0.70 a	3.59 bcd	0.56 ab	0.40 bcd	15.2 a	80.5 a	10.5 a	0.4 a
4.0	1.54 f	0.68 a	3.61 abcd	0.61 a	0.40 bcd	19.1 a	84.5 a	11.6 a	0.5 a

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

이를 나타내지 않았다.

초 록

석회질 비료인 고토석회와 탄산칼슘의 시비수준이 'Melody Yellow' 팬지의 플러그 육묘시 토양화학성 변화와 식물생장에 미치는 영향을 구명하기 위해 본 연구를 수행하였다. 피트모스+버미큘라이트(1:1, v/v) 혼합상토에서 고토석회는 3.5g · L⁻¹, 탄산칼슘은 2.5 또는 3.0g · L⁻¹ 비율로 시비한 처리에서 이상적인 pH 5.6-6.2의 범위에 포함되었다. 탄산칼슘 처리구에서는 토양 pH가 빠른 속도로 상승한 후 안정되어 탄산칼슘이 고토석회에 비해 용해도가 높고 빠르게 토양 pH에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 상토의 Ca 농도는 두 종류 석회질 비료의 시비수준이 높아질수록 비례적으로 상승하였고, 탄산칼슘이 사용된 모든 처리에서 고토석회가 시비된 처리들보다 2배 이상 높은 농도로 분석되었다. 토양 Mg 농도는 고토석회 처리구에서 3.5와 8.0g · L⁻¹ 처리에서 가장 높게 나타났고, 모든 탄산칼슘 처리구에서 대조구보다 낮은 농도로 분석되어 추가로 Mg를 공급해 주어야 함을 알 수 있었다. 탄산칼슘 사용량이 증가됨에 따라 팬지 생체중과 건물중이 증가하는 경향이었으나 초장은 뚜렷한 차이를 나타내지 않았다. 식물조직분석을 통한 무기원소 함량은 Ca과 Mg은 처리간의 약간의 차이를 나타냈지만 대부분의 무기원소에서는 처리구 모두 뚜렷한 차이가 나타나지 않았다.

추가 주요어 : 칼슘, 탄산칼슘, 고토석회, 전기전도도, 마그네슘, 수소이온농도

인용문헌

- Argo, W.R. and J.A. Biernbaum. 1996. Availability and persistence of macronutrients from lime and preplant nutrient charge fertilizers in peat-based root media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 121:453-460.
- Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, London.
- Carpenter, T.D. 1994. Growing media and nutrient delivery systems for greenhouse vegetable and other crops. p. 120-131. In: North Regional Agricultural Engineering Service (ed.). *Greenhouse systems, automation, culture and environment*. New Brunswick, NJ.
- 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 Chemistry* 8:130-132.
- Chapman, H.D. and Parker. F.P. 1961. *Methods of analysis for soils, plants and waters*. p. 169-170. Univ. of Calif., Div. of Agr. Sci.
- 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., I.Y. Kim, and B.G. Kim. 2009. *Root Media*. Hageya, Daejeon, Korea.
- Choi, J.M., S.K. Jeong, and K.D. Ko. 2009. Characterization of symptom and determination of tissue critical concentration for diagnostic criteria in 'Maehyang' strawberry as influenced by phosphorus concentrations in the fertigation solution. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 27:55-61.
- Eastin, E.F. 1978. Total nitrogen determination for plant material containing nitrate. *Anal. Biochem.* 85:591-594.
- Fonteno, W.C. 1996. Media, fertilizer, and water. p. 59-96. In: D. Hamrick (ed.). *GrowerTalks on plugs II*. 2nd ed. Geo. J. Ball Publishing, USA.

- Hamrick, D. 1990. The 3C bedding plant plugs. p. 6-8. In: D. Hamrick (ed.). *Grower talks on plugs*. Geo. J. Ball Publishing, USA.
- Hanan, J.J. 1998. *Greenhouse: Advanced technology for protected horticulture*. Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J.
- Koranski, D.S. 1990. Production 101: Sorting the relationship between water quality feeding programs and media components. p. 78-82. In: D. Hamrick (ed.). *Grower talks on plugs*. Geo. J. Ball Publishing, USA.
- Lim, S.W. 2005. *Fertilizers*. Ilsinsa, Seoul Korea.
- Lindsay, W.L. 1979. *Chemical equilibria in soils*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. p. 505-565. Academic Press, San Diego, CA.
- Mastalerz, J.W. 1977. *The greenhouse environment*. p. 461-516. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. *Principles of plant nutrition*. 4th ed. p. 113-146. International Potash Institute, Switzerland.
- Murphy, J. and J.F. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27:31-36.
- Nelson, P.V. 2003. *Greenhouse operation and management*, 6th ed. Prentice Hall, N.J.
- Rosen, C.J., D.L. Allan, and J.J. Luby. 1990. Nitrogen form and solution pH influence growth and nutrition of two *Vaccinium* clones. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:83-89.
- Shoemaker, C.A. and W.H. Carlson. 1990. pH affects seed germination of eight bedding plant species. *HortScience* 25:762-764.
- Styer, R.C. and D.S. Koranski, 1997. *Plug & transplant production: A grower's guide*. Ball Publishing, Batavia, IL.
- Tate, R.L. 1995. *Soil microbiology*. John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Warncke, D.D. 1986. Analyzing greenhouse growth media by the saturation extraction method. *HortScience*. 21:223-225.
- Williams, B.J., J.C. Peterson, and J.D. Utzinger. 1988. Liming reactions in sphagnum peat-based growing media. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113:210-214.