

## Polyacrylic Acid Sodium Salt를 혼합한 세 종류 상토에 고토석회의 시비 수준이 포트덤 ‘Lima Honey’의 생육 및 무기원소 흡수에 미치는 영향

최종명<sup>1\*</sup>·왕현진<sup>2</sup>·원미경<sup>3</sup>

<sup>1</sup>배재대학교 원예조경학부, <sup>2</sup>충남대학교 원예학과, <sup>3</sup>충남농업기술원 예산국화시험장

### Effect of Application Rate of Dolomite in Three Media Containing Polyacrylic Acid Sodium Salt on Growth and Nutrient Contents of Potted Chrysanthemum ‘Lima Honey’

Jong Myung Choi<sup>1\*</sup>, Hyun Jin Wang<sup>2</sup>, and Mi Kyong Won<sup>3</sup>

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

<sup>2</sup>Department of Horticulture, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>3</sup>Chrysanthemum Experiment Station, Yeoktap-ri 37-52, Oga-myun, Yesan-gun, Chungnam 340-910, Korea

**Abstract.** This research was conducted to determine the plant growth and nutrient contents of potted chrysanthemum ‘Lima Honey’ as influenced by application rate of dolomite in three root media, peatmoss+vermiculite (1:1, v/v), peatmoss+composted rice hall (1:1, v/v), and peatmoss+composted pine bark (1:1, v/v). All root media contained polyacrylic acid sodium salt (PASS) at a rate of 4.5 g · L<sup>-1</sup>. In crop growth at 40 and 80 days after transplanting, elevated application rates of dolomite up to 6.0 g · L<sup>-1</sup> in three root media increased fresh and dry weights per plant. But the treatment of 9.0 g · L<sup>-1</sup> had less fresh and dry weights than those of 6.0 g · L<sup>-1</sup>. Tissue phosphorus content decreased and those of Ca and Mg increased by the elevated application rates of dolomite. Elevated application rates of dolomite in three root media resulted in the increase of pH, EC, and the concentrations of K, Ca, and Mg at 43 days after transplanting. Those at 80 days after transplanting were also increased, but the differences among treatments were less significant as compared to those at 43 days after transplanting. From the results of dry weight in potted chrysanthemum ‘Lima Honey’, the proper application rate of dolomite to three root media containing PASS at a rate of 4.5 g · L<sup>-1</sup> were 6.0 g · L<sup>-1</sup>.

**Key words :** dry weight, dolomite, soil nutrient concentrations, tissue nutrient contents

\*Corresponding author

## 서 언

산업 부산물인 왕겨나 수피 등을 부숙시키지 않은 채 혼합상토의 구성 재료로 포함하고, 이를 분화재배에 이용한다면 resin, tannin, terpine, acetic acid 등에 의한 생육 억제가 발생할 가능성이 높다. 또한 미생물에 의해 셀룰로오스 등이 분해되면서 질소 결핍을 유발하기도 한다(Nelson, 2003). 따라서 완숙된 유기물질이 상토 구성재료로 이용되며, 부숙과정에서는 부숙을 촉진시키기 위하여 일정한 양의 질소, 인산 및 칼륨 등이 첨가되고, 이는 혼합상토 조제 후에도 작물 생육에 영향을 미친다. 따라서 상토 구성 재료의 변화는 혼합 상토 물리·화학적 특성의 변화를 초래할 수밖에 없다(Choi 등, 1999a; 1999b).

피트모스 등의 유기물질은 대부분 강산성이며, 혼합상토 조제 후 pH를 교정하지 않고 작물재배에

이용한다면 Ca, Mg, 및 인산 결핍의 원인이 된다. 따라서 대부분의 혼합상토가 pH를 교정하기 위하여 석회질 비료를 혼합한 채 판매되고 있으며, 혼합상토의 낮은 완충력으로 인해 용해도가 낮은 고토석회를 혼합한다(Bunt, 1988; Hanan, 1998). 기비로 혼합되는 고토석회가 토양수에 의해 용해되면 pH를 상승시킴과 동시에 Ca과 Mg으로 분리되어, 작물에 대한 두 원소의 공급원이 된다(Nelson, 2003).

분화 등 용기재배는 그 특성상 관수를 자주 할 수밖에 없으며, 보수성이 낮은 상토를 이용할 경우 노동력, 관수하는 물의 사용량 및 비료 사용량의 증가를 초래하여 생산비 증가의 원인이 된다. 재배농가에서는 고흡수성수지를 상토에 혼합함으로써 보수성을 증가시키고, 관수횟수를 줄이려고 노력하고 있다. 그러나 고흡수성 수지의 수분 흡수는 토양 무기염 농도에 많은 영향을 받는다. Wang(2004)에 의하면 국내에서 유일하게 생산되는 고흡수성수지인 polyacrylic acid sodium salt(PASS)의 수분 흡수능은 토양에 존재하는 양이온의 농도가 높아질수록 감소하며, 특히 1가 양이온보다 2가 양이온에 의한 수분 흡수능 저하가 심하다고 하였다.

혼합상토의 pH 교정 및  $Ca^{2+}$  및  $Mg^{2+}$ 를 공급하기 위하여 고토석회를 혼합할 경우 고토석회의 주 성분인  $Ca^{2+}$ 과  $Mg^{2+}$ 가 토양수에 용해된 후 PASS의 수분 흡수능에 영향을 미칠 수밖에 없고, 결국 작물 생육 및 무기원소 흡수량도 변화될 수밖에 없다. 따라서 포트-명 재배에 PASS를 혼합한 상토를 이용할 경우 기비로 혼합되는 고토석회의 시비수준에 따른 작물생육과 무기원소 흡수를 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

Choi 등(1999a; 1999b)의 방법에 준해 부숙된 유기물질, 직경 2~4 mm인 버미큘라이트, 그리고 피트모스(Acadian Peat Moss LTD, Canada)를 수집하였다. 이후 피트모스+버미큘라이트(1:1, v/v; PV), 피트모스+부숙왕겨(1:1; v/v; PR), 그리고 피트모스+부숙수피(1:1; v/v; PB)의 상토를 조제하였다. 모든 상토에는 고흡수성 수지인 polyacrylic acid sodium salt[(주) 송원산업, PASS]를  $4.5g \cdot L^{-1}$ 의 비율로 건조된 상태에서 혼합하였다. 석회질 비료는 고토석회( $CaMg(CO_3)_2$ )를 0.0, 3.0, 6.0 및  $9.0g \cdot L^{-1}$ 의 비율로 시비하였다.

이외에도 미량원소복합제인 Micromax(Sierra Chem, Co. Milpitas, CA)를  $0.11g \cdot L^{-1}$ , 토양습윤제인 Aqua-Gro<sup>®</sup>를  $0.11g \cdot L^{-1}$ ,  $Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$  및  $KNO_3$ 를 각각  $0.9g \cdot L^{-1}$ , 그리고  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ 를  $0.11g \cdot L^{-1}$ 로 상토 조제과정에서 첨가하였다. 이후 육안으로 판단하여 적절한 함량이 되도록 수분을 첨가하고, 24시간 밀봉하여 수분평형이 된 후 내경 10cm의 플라스틱 화분에 채우고 플러그 육묘된 포트-명 'Lima Honey'를 정식하였다. 정식된 화분을 재배온실에 위치시켰고, 재배중 시비는 3요소를 20-10-20(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O)으로 배합하여 질소 농도 기준으로  $450mg \cdot L^{-1}$ 으로 매주 1회 관비하였다. 관비 중간에는 상토가 건조함을 고려하여 지하수를 관수하였으며, 관수 또는 관비시 용탈률을 50%로 조절하였다(Yelanich와 Biernbaum, 1993). 실험은 2003년 3월 2일부터 10주 동안 수행하였고, 재배온실의 온도는 최저 16°C~최고 25°C를 유지하였으며, 습도는 자연상태를 유지하였다.

정식 43일 후 및 수확기인 80일 후에 지상부를 채취하여 식물체의 생육을 조사하였고, Choi(1994)와 동일한 방법으로 식물체의 무기물 함량을 분석하였는데, 지상부 전체를 분석 대상으로 하였다.

토양 분석도 정식 43일 및 80일 후에 수행하였다. 관수 2시간 후에 토양시료를 채취하여 Warncke(1986)의 방법으로 추출하였고, 미생물에 의한  $NH_4-N$ 의 산화를 억제시키기 위해 포화된

phenylmercuric acetate (1g/18mL D.W.)를 두방울 떨어뜨린 후, 상토의 pH, EC, 및 무기원소 농도를 분석하였다.  $\text{NH}_4\text{-N}$  분석은 Chaney와 Marbach(1962)의 방법으로,  $\text{NO}_3\text{-N}$ 은 Cataldo 등(1975)의 방법으로, 그리고  $\text{P}_2\text{O}_5$ 의 분석은  $20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  보다 농도가 높을 경우 Chapman과 Parker (1961)의 방법으로,  $20\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$  보다 낮을 경우에는 Murpy와 Riley(1962)의 방법으로 비색정량하였다.

식물체 및 토양의 무기원소 분석에서 질소분석은 Kjeldahl 분해 및 증류장치(Buchi digestion unit 412 및 distillation unit B-324, Swiss), 비색정량을 위해 흡광분석기(CE-5001, Cecil, England), 기타 무기원소 분석을 위해 원자흡광분석기(AA-680, Shimadzu, Japan), 그리고 pH meter(Fisher-20, USA)와 EC meter(Orion-50, USA)를 사용하였다.

## 결과 및 고찰

Table 1은 PASS를  $4.5\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 의 비율로 혼합한 각종 상토에 고토석회의 시비비율을 달리하여 국화 'ima Honey'를 분화재배하면서 정식 43일 후 지상부 생육을 조사한 결과이다.

PV 상토에 고토석회의 시비비율을 증가시킴에 따라 식물체당 엽수가 증가하였으며, 관부직경도 무처리구 부터  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  처리까지 굵어졌으나  $9.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  처리에서 다시 가늘어 졌다. 생체중 및 건물중도 무처리구 부터  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  처리까지 무거워졌다가  $9.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 다시 가벼웠는데, 생체중에서는 1% 수준의 직선 및 2차곡선회귀가 성립하였고, 건물중에서는 5% 수준의 직선 및 2차곡선회귀가 성립하여 경향을 발견할 수 있었다.

PR 및 PB 상토에 고토석회의 시비비율을 증가시킨 경우 무처리부터  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  처리까지 생체중 및 건물중이 무거워지다가  $9.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 에서 다시 생육이 저조하였다. 두 종류 상토 역시  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 고토석회를 시비한 처리에서 생체중 및 건물중이 가장 무거웠고, 직선 및 2차곡선회귀가 성립하여 경향이 뚜렷하였다.

Table 2에는 출하기인 정식 80일 후에 지상부 생육을 조사하여 그 결과를 나타내었다. PV 상토에서 고토석회가 혼합되지 않은 무처리구의 초장, 초폭, 관부직경, 생체중 및 건물중 등의 생육지표에서 가장 저조하였다. 고토석회를 혼합한 처리들에서 무처리구 보다 엽수를 제외한 생육지표에서 유의하게 우수하였으나, 고토석회 시비비율에 따른 차이는 인정되지 않았다. 무처리구 부터  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  처리구 까지 고토석회의 시비비율이 많아질수록 생체중과 건물중이 무거워지고,  $9.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  처리에서  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$  처리 보다 가벼워져 직선 및 곡선회귀가 성립하였으나 고토석회를 3.0, 6.0 또는  $9.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 시비한 처리간의 통계적인 차이는 인정되지 않았다. PR 및 PB 상토에서도 정도의 차이가 있을 뿐 PV 상토에서와 유사한 경향을 보였다. 본 실험에서 PASS가 혼합된 세 종류 상토에 국화를 분화 재배할 경우 적절한 고토석회의 시비량은  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 라고 판단되었다.

Table 3은 PASS를 혼합한 세 종류 혼합상토에서 고토석회의 시비수준을 달리하여 분화 재배한 포트-덤 'ima Honey'를 정식 43일 후에 지상부를 수확하여 건물중에 기초한 무기원소 분석을 한 결과이다.

PV 상토에서 식물체내 K, Na, 및 Cu 함량은 고토석회의 시비 수준 간 차이가 없었다. 고토석회의 시비 수준이 증가할수록 식물체내 인산 함량이 감소하고, Ca 및 Mg 함량이 증가하였다. 인산

함량의 감소는 시비된 고토석회 속에 포함된 Ca나 Mg가 토양용액에 용해됨에 따라 이들과 결합하는 인산량이 증가하고, 상토 내에서 불용화되어 식물체의 흡수량 감소위 원인이 되었다고 판단된다(Lindsay, 1979). Ca와 Mg의 식물체내 함량 증가는 고토석회의 구조[CaMg(CO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>]와 연관지어 생각할 수 있다. 고토석회가 토양수에서 용해되어 가용화된 Ca와 Mg의 양이 증가하므로써 흡수량 증가의 원인이 되었다고 판단된다. 고토석회의 시비량 증가로 식물체내 Fe, Mn, 및 Zn 등의 함량이 감소하였다. Lindsay(1979) 및 Hanan(1998)은 토양 pH 변화에 따른 미량 금속원소의 화학평형을 설명하면서, Ca나 Mg 등의 시비량 증가를 통해 토양 pH가 상승할 경우 불용화되는 금속원소의 양이 급격히 증가하고, 식물체내 흡수량 저하의 원인이 된다고 하여 본 연구에서와 유사한 결과를 보고한 바 있다.

PR 상토에서도 고토석회의 시비량 증가는 식물체내 인산함량의 감소 및 칼슘함량의 증가를 초래하였고, 두 원소를 제외한 분석한 모든 무기원소에서 고토석회의 시비 수준에 따른 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 이와 같이 PR 상토에서 PV 상토에서 보다 고토석회의 시비량에 대한 반응이 둔감하게 나타난 것은 국화 정식 전 PR 상토가 보유한 무기원소의 농도가 너무 높아 시비된 고토석회의 효과가 상대적으로 약해졌기 때문이라고 판단되었다. PB 상토에서 고토석회의 시비량에 대한 국화식물체의 무기물 함량도 PV 상토에서와 유사하였다.

출하기에 지상부를 수확하여 무기물 함량을 분석한 결과(Table 4), PV 상토에서 고토석회의 시비량이 증가할수록 식물체내 P 및 Na 함량이 감소하였고, P는 5% 수준의 직선 및 2차곡선회귀가, Na는 1% 및 0.1% 수준의 직선 및 2차곡선회귀가 성립하였다. 식물체내 인산함량 감소는 앞에서 설명한 것과 동일한 원인 때문이라고 판단되며, Na 함량의 감소는 흡수과정에서 양이온간 길항작용이 발생하였기 때문이라고 판단되었다. Mengel과 Kirkby(1987) 및 Marschner(1995)도 토양에 특정 양이온의 시비량을 증가시켜 토양농도가 높아질 경우 다른 양이온의 흡수량을 저하시키며, 흡수한 양이온 총량에서는 차이가 크지 않다고 하여 본 연구결과를 뒷받침하고 있다. PR 상토나 PB 상토에서도 정도의 차이가 있을 뿐 PV 상토에서와 유사한 경향을 보였다.

Table 5는 PASS를 혼합한 상토에 고토석회의 시비량을 달리하고 국화를 정식하기 전에 분석한 혼합상토의 화학적 특성이다.

PV 상토에 고토석회의 시비비율 증가는 pH와 EC가 증가한 반면 인산 농도가 감소한 원인이 되었으나, Ca와 Mg는 고토석회 시비 수준에 따른 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 인산농도의 감소는 Table 3에서 설명한 것과 동일한 원인 때문이라고 판단되며, 미미한 수준이지만 Ca 및 Mg 농도의 증가는 고토석회가 토양수에 용해되면서 이온화되어 토양농도 증가의 원인이 되었다고 시료된다. PR 상토나 PB 상토에서도 고토석회의 혼합량 증가는 pH 및 EC의 상승, 인산농도의 감소, 및 Ca 농도 증가의 원인이 되었다.

국화를 정식하고 43일 후에 상토의 화학적 특성을 분석한 내용을 Table 6에 나타내었다. 고토석회의 혼합량이 증가할수록 상토의 pH 및 EC가 상승하였으며, 시비 수준에 따른 차이는 정식 전 결과(Table 5) 보다 더욱 뚜렷하게 나타났다. 인산농도가 저하하고 Ca, Mg, 및 K 농도가 상승하였는데, P, Ca, 및 Mg는 앞에서 설명한 것과 동일한 원인 때문이며, K 농도는 양이온간 길항작용 때문에 발생한 결과라고 판단된다. 즉, 고토석회 시비에 따라 토양 중 Ca 및 Mg의 농도가 증가하고, 식물이 무기염을 흡수하는 과정에서 양이온간 길항작용이 발생하여 K 흡수량의 저하와 함께 상토에 잔존하는 K 양이 증가하였다고 판단된다.

PR 상토나 PB 상토에서도 pH, EC, P, Ca, 및 Mg는 PV 상토에서와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 PR 상토에서 고토석회의 시비량이 많아질수록 NO<sub>3</sub>-N의 토양 농도가 저하되고 각 처리 간 차이가 뚜렷한 것은 예상 밖의 결과이며 추후 보완 연구가 필요하다고 판단되었다. PR 또는 PB

상토에서는 K 농도가 뚜렷한 차이를 보이지 않았는데, 이는 정식 전 상토가 보유한 K 농도가 높아 추비로 첨가된 K에 영향을 덜 받았기 때문이라고 사료된다.

정식 80일 후 출하기에 조사한 세 종류 상토의 화학적 특성도 정식 전이나(Table 5) 정식 43일 후(Table 6)의 결과와 유사한 경향이었다(Table 7). 그러나 고토석회의 시비 수준에 따른 처리 간 차이는 정식 43일 후 조사한 결과보다 뚜렷하지 않았다. 이는 43일 후 분석한 결과의 경우 기비로 첨가되거나 정식단계에서 상토에 존재하는 비료에 많은 영향을 받았으나, 작물 재배 기간이 길어짐에 따라 정식 전 상토에 존재하던 무기물의 영향이 감소하고, 추비된 비료들의 영향이 커지면서 상토 간 차이가 적어졌다고 판단되었다.

이상의 내용을 요약하면 고흡수성 수지 PASS를  $4.5\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 혼합한 각각의 상토에서 고토석회를  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 로 시비할 경우 정식 43일과 80일에 조사한 식물 생육이 가장 우수하였으며 바람직한 고토석회 시비량이라고 판단되었다.

## 적 요

본 연구는 혼합상토의 보수성 증가를 목적으로 피트모스+버미큘라이트(1:1, v/v), 피트모스+부속왕겨(1:1, v/v), 그리고 피트모스+부속수피(1:1, v/v)의 세 종류 상토에 고흡수성 수지 polyacrylic acid sodium salt를 혼합한 후 기비로 고토석회의 시비량을 변화시킬 경우 포트-멤 ?ima Honey'의 생육 및 무기원소 흡수에 미치는 영향을 구명하고자 수행하였다. 무처리부터  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 까지 세 종류 상토에 고토석회의 시비비율이 증가할수록 정식 43일 및 80일 후의 생체중 및 건물중이 무거웠다. 그러나  $9.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 으로 고토석회를 시비할 경우  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 으로 시비한 처리에서 보다 건물중 및 생체중이 가벼웠고, 생육이 저조하였다. 고토석회의 시비수준이 높아질수록 세 종류 상토에서 재배된 식물체내 인산 함량이 감소하고, Ca 및 Mg 함량이 증가하였다. 고토석회의 혼합량이 증가할수록 43일 후 상토 pH 및 EC와 K, Ca, 및 Mg 농도가 상승하였고, 인산농도가 저하하였는데, 고토석회 시비 수준에 따른 차이는 정식 전 결과에서 보다 더욱 뚜렷하였다. 정식 80일 후에도 43일 후와 유사한 경향을 보였으나, 시비 수준에 따른 처리 간 차이는 43일 후 분석한 결과보다 뚜렷하지 않았다. 본 연구의 결과 PASS가 혼합된 세 종류 상토에 국화를 분화 재배할 경우 적절한 고토석회의 시비량은  $6.0\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$ 라고 판단되었다.

주제어 : 건물중, 고토석회, 식물체 무기원소 함량, 토양 무기염 농도

## 인 용 문 헌

1. Bunt, A.C. 1988. Media and mixes for container grown plants. Unwin Hyman, London.
2. Cataldo, D.A., M. Haroon, 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.
3. Chaney, A.L. and E.P. Marback. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. Clinica Chem. 8:130-132.
4. Chapman, H.D. and F.P. Parker. 1961. Methods of analysis for soils, plants and waters. p. 169-170. Univ. of Calif., Div. of Agr. Sci.
5. Choi, J.M. 1994. Increased nutrient uptake efficiency by controlling nutrient release in floral crops. PhD Diss., North

Carolina State Univ., Raleigh, NC.

6. Choi, J.M., H.J. Chung, and J.S. Choi. 1999a. Physical properties of pine bark affected by peeling method and improving moisture retention capacity. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:363-367.
7. Choi, J.M., H.J. Chung, B.K. Seo, and C.Y. Song. 1999b. Improved physical properties in rice hull, saw dust and wood chip by milling and blending with recycled rockwool. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 40:755-760.
8. Hanan, J.J. 1998. Greenhouses: Advanced technology for protected horticulture. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ.
9. Lindsay, W.L. 1979. Chemical equilibria in soils. John Wiley & Sons, New York.
10. Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. p. 436-478. Academic Press. Inc., San Diego.
11. Mengel, K. and E.A. Kirkby. 1987. Principles of plant nutrition. 4th ed. p. 347-384. International Potash Institute, Bern, Switzerland.
12. 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.
13. Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, Englewood Cliff, NJ.
14. Wang, H.J. 2004. Physicochemical properties of root media as influenced by incorporation of polyacrylic acid sodium salt and its effect on growth and nutrient uptake of marigold in plug production, PhD Diss., Chungnam National Univ., Daejeon Korea.
15. Warncke, D.D. 1986. Analysing greenhouse growth media by the saturation extraction method. HortScience 211:223-225.
16. Yelanich, M.V. and J.A. Biernbaum. 1993. Root-medium nutrient concentration and growth of poinsettia at three fertilizer concentrations and four leaching fractions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 118:771-776.

**Table 1.** Effect of application rate of dolomite in three root media containing polyacrylic acid sodium salt at a rate of 4.5g L<sup>-1</sup> on growth characteristics of potted chrysanthemum 'Lima Honey' at 43 days after transplanting (mid-crop).

Level of dolomite (g L <sup>-1</sup> )	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Number of leaves	Crown diameter (mm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
<i>Peatmoss + Vermiculite (1:1, v/v)</i>						
0.0	13.8 a <sup>z</sup>	16.7 a	41.0 b	0.494 b	14.2 b	1.21 b
3.0	13.6 a	16.2 a	41.0 b	0.574 a	18.4 a	1.41 a
6.0	13.1 a	16.3 a	41.8 b	0.638 a	19.1 a	1.49 a
9.0	12.5 a	15.5 a	47.3 a	0.582 a	19.0 a	1.45 a
Significance <sup>y</sup>						
Linear	ns	ns	*	*	**	*
Quadratic	ns	ns	*	ns	**	*
<i>Peatmoss + Composted rice hull (1:1, v/v)</i>						
0.0	12.0 a	14.3 a	36.5 a	0.473 b	14.2 b	1.21 b
3.0	10.7 b	13.7 a	38.3 a	0.496 ab	14.0 b	1.20 b
6.0	12.7 a	15.2 a	41.2 a	0.574 a	17.1 a	1.40 a
9.0	12.9 a	14.5 a	42.3 a	0.528 ab	14.9 b	1.24 b
Significance						
Linear	ns	ns	*	*	ns	ns
Quadratic	ns	ns	ns	ns	*	*
<i>Peatmoss + Composted pine bark (1:1, v/v)</i>						

0.0	12.2 a	15.4 a	42.3 b	0.469 b	16.9 b	1.34 b
3.0	12.8 a	15.5 a	41.8 b	0.539 ab	17.7 ab	1.38 b
6.0	12.7 a	15.5 a	44.8 ab	0.591 a	19.0 a	1.57 a
9.0	13.5 a	15.9 a	49.5 a	0.583 a	18.1 ab	1.48 ab
Significance						
Linear	ns	ns	*	ns	*	*
Quadratic	ns	ns	*	ns	*	**

<sup>2</sup>Mean separation within a column for each root medium by DMR test at  $P=0.05$ .

<sup>3</sup>Significance: \*\*\* $P=0.001$ ; \*\* $P=0.01$ ; \* $P=0.05$ ; NS, not significant; L, linear; and Q, quadratic.

**Table 2.** Effect of application rate of dolomite in three root media containing polyacrylic acid sodium salt at a rate of 4.5 g L<sup>-1</sup> on growth characteristics of potted chrysanthemum 'Lima Honey' at 80 days after transplanting (end-crop).

Level of dolomite (g L <sup>-1</sup> )	Plant height (cm)	Plant width (cm)	Number of leaves	Crown diameter (mm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)
<i>Peatmoss + Vermiculite (1:1, v/v)</i>						
0.0	17.9 b <sup>2</sup>	16.9 b	54.3 a	4.10 b	46.9 b	5.30 b
3.0	20.2 a	19.3 a	55.5 a	4.53 ab	63.1 a	6.69 a
6.0	20.9 a	19.4 a	58.0 a	4.73 ab	65.0 a	7.01 a
9.0	20.8 a	19.9 a	54.0 a	5.03 a	61.6 a	6.78 a
Significance <sup>y</sup>						
Linear	ns	**	ns	*	*	*
Quadratic	ns	**	ns	*	*	*
<i>Peatmoss + Composted rice hull (1:1, v/v)</i>						
0.0	17.1 b	17.0 a	51.7 b	4.12 b	37.7 b	4.42 b
3.0	18.1 ab	18.3 a	62.2 a	4.50 ab	46.9 ab	5.63 ab
6.0	18.1 ab	16.9 a	61.0 a	4.58 a	50.4 a	5.90 a
9.0	19.7 a	18.9 a	63.8 a	4.61 a	40.0 ab	5.03 ab
Significance						
Linear	*	ns	*	**	ns	ns
Quadratic	ns	ns	*	*	*	*

<i>Peatmoss + Composted pine bark (1:1, v/v)</i>						
0.0	20.1 a	19.2 ab	73.0 a	4.43 b	56.2 a	6.34 ab
3.0	19.1 a	19.8 a	79.0 a	4.73 ab	58.8 a	6.39 ab
6.0	19.8 a	18.8 ab	79.7 a	4.84 a	58.7 a	6.55 a
9.0	19.0 a	18.3 b	76.0 a	4.40 b	56.8 a	6.16 b
Significance						
Linear	ns	ns	*	ns	ns	ns
Quadratic	ns	ns	*	*	*	*

<sup>2</sup>Mean separation within a column for each root medium by DMR test at  $P=0.05$ .

<sup>3</sup>Significance: \*\*\* $P=0.001$ ; \*\* $P=0.01$ ; \* $P=0.05$ ; NS, not significant; L, linear; and Q, quadratic.

**Table 3.** Effect of application rate of dolomite in three root media containing polyacrylic acid sodium salt at a rate of 4.5 g L<sup>-1</sup> on changes of tissue nutrient contents of potted chrysanthemum 'Lima Honey' collected at 43 days after transplanting (mid-crop).

Level of dolomite (g L <sup>-1</sup> )	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
	----- (%) -----						----- (mg/kg) -----			
<i>Peatmoss + Vermiculite (1:1, v/v)</i>										
0.0	2.12 b <sup>z</sup>	1.33 a	2.10 a	0.77 b	0.65 b	0.75 a	373 a	390 a	97.7 a	2.47 a
3.0	2.21 ab	1.19 ab	2.05 a	0.82 b	0.66 b	1.06 a	288 b	245 b	66.1 b	3.51 a
6.0	2.17 b	1.04 ab	2.29 a	1.04 a	0.74 ab	0.59 a	199 c	208 b	58.6 b	2.36 a
9.0	2.31 a	1.00 b	2.24 a	1.06 a	0.83 a	0.75 a	209 c	200 b	56.0 b	1.54 a
Significance <sup>y</sup>										
Linear	*	**	ns	**	*	ns	**	*	*	ns
Quadratic	ns	**	ns	**	*	ns	**	*	**	ns
<i>Peatmoss + Composted rice hull (1:1, v/v)</i>										
0.0	2.49 a	1.20 a	2.10 a	1.03 b	0.70 a	0.46 a	231 a	335 a	66.8 a	2.68 a
3.0	2.20 a	1.03 b	2.00 a	1.10 b	0.70 a	0.47 a	198 a	324 a	59.6 a	2.30 a
6.0	2.24 a	1.08 b	1.97 a	1.23 a	0.73 a	0.40 a	204 a	375 a	58.5 a	2.49 a
9.0	2.47 a	1.00 b	2.10 a	1.26 a	0.79 a	0.41 a	188 a	371 a	58.4 a	2.12 a
Significance										
Linear	ns	*	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Quadratic	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns

*Peatmoss + Composted pine bark (1:1, v/v)*

0.0	2.28 a	1.18 a	2.10 a	0.80 b	0.70 a	0.42 a	204 a	255 ab	50.0 a	1.96 a
3.0	2.10 a	1.19 a	2.08 a	1.04 ab	0.70 a	0.52 a	193 a	262 a	55.9 a	1.93 a
6.0	2.33 a	1.12 b	1.98 a	1.04 ab	0.72 a	0.45 a	195 a	222 ab	51.3 a	2.23 a
9.0	2.05 a	1.11 b	2.08 a	1.39 a	0.74 a	0.42 a	191 a	198 b	57.7 a	1.97 a
Significance										
Linear	ns	*	ns	**	*	ns	ns	*	ns	ns
Quadratic	ns	*	ns	**	*	ns	ns	*	ns	ns

<sup>z</sup>Mean separation within a column for each root medium by DMR test at  $P=0.05$ .

<sup>y</sup>Significance: \*\*\* $P=0.001$ ; \*\* $P=0.01$ ; \* $P=0.05$ ; NS, not significant; L, linear; and Q, quadratic.

**Table 4.** Effect of application rate of dolomite in three root media containing polyacrylic acid sodium salt at a rate of 4.5 g L<sup>-1</sup> on changes of tissue nutrient contents of potted chrysanthemum ‘Lima Honey’ collected at 80 days after transplanting (end-crop).

Level of dolomite (g L <sup>-1</sup> )	T-N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	Na	Fe	Mn	Zn	Cu
	----- (%) -----						----- (mg/kg) -----			
<i>Peatmoss + Vermiculite (1:1, v/v)</i>										
0.0	1.96 b <sup>z</sup>	0.67 a	2.40 a	0.85 b	0.15 c	0.64 a	173 a	163.3 a	39.2 a	2.17 a
3.0	2.09 a	0.66 a	2.39 a	0.89 b	0.22 b	0.33 b	176 a	132.2 a	40.2 a	3.38 a
6.0	2.08 ab	0.58 b	2.34 a	0.96 ab	0.37 a	0.23 b	178 a	121.9 a	32.8 a	2.55 a
9.0	2.00 ab	0.60 b	2.34 a	1.17 a	0.41 a	0.35 b	167 a	121.7 a	37.9 a	2.97 a
Significance <sup>y</sup>										
Linear	ns	*	*	**	***	**	ns	ns	ns	ns
Quadratic	*	*	ns	**	***	***	ns	ns	ns	ns
<i>Peatmoss + Composted rice hull (1:1, v/v)</i>										
0.0	2.52 ab	0.70 a	2.35 a	0.96 a	0.41 a	0.26 a	165 a	218 b	48.0 a	2.83 a
3.0	2.49 ab	0.68 a	2.33 a	1.08 a	0.42 a	0.34 a	144 a	267 a	38.1 a	2.64 a
6.0	2.40 ab	0.65 a	2.40 a	1.11 a	0.44 a	0.28 a	99 a	195 b	47.5 a	3.09 a
9.0	2.57 b	0.65 a	2.32 a	1.10 a	0.46 a	0.28 a	101 a	181 b	39.5 a	2.31 a

Significance										
Linear	ns	ns	ns	*	*	ns	*	ns	ns	ns
Quadratic	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns
<i>Peatmoss + Composted pine bark (1:1, v/v)</i>										
0.0	2.78 b	0.66 a	2.39 a	0.93 b	0.40 ab	0.33 a	128 a	132 a	54.1 a	2.33 b
3.0	2.96 a	0.63 a	2.37 a	0.85 b	0.38 b	0.38 a	116 a	130 a	52.5 ab	3.03 b
6.0	1.92 c	0.64 a	2.41 a	1.11 a	0.43 a	0.37 a	119 a	112 ab	42.9 b	5.14 a
9.0	1.98 c	0.60 a	2.34 a	1.12 a	0.43 a	0.30 a	108 a	97 b	41.5 b	2.85 b
Significance										
Linear	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns
Quadratic	**	ns	ns	*	ns	ns	ns	*	*	ns

<sup>2</sup>Mean separation within a column for each root medium by DMR test at  $P=0.05$ .

<sup>3</sup>Significance: \*\*\* $P=0.001$ ; \*\* $P=0.01$ ; \* $P=0.05$ ; NS, not significant; L, linear; and Q, quadratic.

**Table 5.** Effect of application rate of dolomite in three root media containing polyacrylic acid sodium salt at a rate of 4.5 g L<sup>-1</sup> on changes of soil chemical properties at transplanting of potted chrysanthemum 'Lima Honey'.

Level of dolomite (g L <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K	Ca	Mg	Na	
----- (mg L <sup>-1</sup> ) -----										
<i>Peatmoss + Vermiculite (1:1, v/v)</i>										
0.0	5.38 b	2.31 b	29.1 a	167.9 a	636 a	348.3 a	76.4 a	75.7 a	71.3 a	
3.0	5.39 b	2.39 b	32.1 a	140.1 a	633 a	368.8 a	85.8 a	84.3 a	69.8 a	
6.0	5.49 ab	3.18 a	27.3 a	130.9 a	629 a	305.9 a	90.3 a	96.9 a	74.3 a	
9.0	5.60 a	3.37 a	31.8 a	146.2 a	507 b	355.1 a	95.6 a	101.4 a	66.9 a	
Significance <sup>y</sup>										
Linear	**	**	ns	ns	*	ns	**	***	ns	
Quadratic	**	**	ns	ns	*	ns	**	***	ns	
<i>Peatmoss + Composted rice hull (1:1, v/v)</i>										
0.0	5.86 a	1.54 c	70.2 ab	620.1 a	1766 a	425.4 a	112.5 b	176.2 a	52.0 a	
3.0	5.99 a	1.74 bc	73.2 ab	613.2 a	1758 a	411.3 a	136.6 ab	176.2 a	49.1 a	
6.0	6.13 a	2.66 ab	67.3 b	521.7 a	1582 ab	443.8 a	136.6 ab	231.5 a	58.2 a	
9.0	6.16 a	2.91 a	74.5 a	544.9 a	1478 b	454.7 a	145.5 a	208.2 a	62.4 a	

Significance									
Linear	*	**	ns	ns	*	ns	**	*	ns
Quadratic	*	*	ns	ns	*	ns	*	*	ns
<i>Peatmoss + Composted pine bark (1:1, v/v)</i>									
0.0	5.90 b	2.37 a	62.7 a	172.3 a	320 a	460.0 a	102.0 b	124.0 a	66.4 a
3.0	6.13 a	2.52 a	60.3 a	156.8 a	319 a	457.7 a	136.8 ab	148.4 a	73.2 a
6.0	6.18 a	2.71 a	60.0 a	210.4 a	233 b	436.6 a	136.1 ab	147.9 a	68.6 a
9.0	6.28 a	3.08 a	61.1 a	188.0 a	237 b	446.9 a	155.4 a	155.2 a	65.1 a
Significance									
Linear	**	*	ns	ns	*	ns	*	*	ns
Quadratic	*	*	ns	ns	**	ns	**	*	ns

<sup>z</sup>Mean separation within a column for each root medium by DMR test at  $P=0.05$ .

<sup>y</sup>Significance: \*\*\* $P=0.001$ ; \*\* $P=0.01$ ; \* $P=0.05$ ; NS, not significant; L, linear; and Q, quadratic.

**Table 6.** Effect of application rate of dolomite in three root media containing polyacrylic acid sodium salt at a rate of 4.5 g L<sup>-1</sup> on changes of soil chemical properties at 43 days after transplanting of potted chrysanthemum 'Lima Honey'(mid-crop).

Level of dolomite (g L <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	----- (mg L <sup>-1</sup> )			
						K	Ca	Mg	Na
<i>Peatmoss + Vermiculite (1:1, v/v)</i>									
0.0	5.58 b <sup>z</sup>	2.25 c	0	89.5 a	207 a	81.2 b	49.0 b	19.3 b	124.2 a
3.0	5.71 b	2.39 bc	0	136.4 a	184 a	91.6 b	54.3 ab	23.0 ab	117.6 a
6.0	6.10 ab	2.71 b	0	106.1 a	138 a	111.8 ab	55.8 ab	30.0 a	125.9 a
9.0	6.45 a	3.31 a	0	140.1 a	123 a	130.6 a	68.8 a	34.9 a	118.7 a
Significance <sup>y</sup>									
Linear	**	**	nd	ns	**	**	***	**	ns
Quadratic	**	***	nd	ns	**	*	***	**	ns
<i>Peatmoss + Composted rice hull (1:1, v/v)</i>									
0.0	5.94 b	3.67 b	4.43	143.7 a	172 a	237.0 a	30.0 c	21.2 c	110.7 a
3.0	6.36 ab	4.28 ab	0	91.2 ab	153 ab	231.4 a	39.2 c	21.7 c	113.1 a

6.0	6.42 a	4.20 ab	0	71.0 b	94 bc	203.8 a	57.6 b	39.5 b	90.8 a
9.0	6.58 a	4.60 a	0	44.4 b	78 c	233.2 a	77.9 a	55.5 a	95.6 a
Significance									
Linear	*	*	nd	**	**	ns	***	***	ns
Quadratic	*	*	nd	**	*	ns	***	***	ns
<i>Peatmoss + Composted pine bark (1:1, v/v)</i>									
0.0	5.59 b	3.36 b	0	84.3 a	128 a	128.7 a	42.7 b	20.4 a	128.4 a
3.0	5.74 b	3.37 b	0	156.4 a	121 a	134.3 a	51.8 ab	31.6 a	121.0 a
6.0	5.98 b	3.46 ab	0	121.2 a	83 b	135.9 a	59.0 ab	33.1 a	116.9 a
9.0	6.52 a	3.74 a	0	83.7 a	89 b	135.5 a	71.8 a	34.9 a	127.2 a
Significance									
Linear	***	*	nd	ns	**	ns	***	*	ns
Quadratic	**	*	nd	ns	**	ns	***	**	ns

<sup>2</sup>Mean separation within a column for each root medium by DMR test at  $P=0.05$ .

<sup>3</sup>Significance: \*\*\* $P=0.001$ ; \*\* $P=0.01$ ; \* $P=0.05$ ; NS, not significant; L, linear; and Q, quadratic.

**Table 7.** Effect of application rate of dolomite in three root media containing polyacrylic acid sodium salt at a rate of 4.5 g L<sup>-1</sup> on changes of soil chemical properties at 80 days after transplanting of potted chrysanthemum 'Lima Honey' (end-crop).

Level of dolomite (g L <sup>-1</sup> )	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K Ca Mg Na			
						(mg L <sup>-1</sup> )			
<i>Peatmoss + Vermiculite (1:1, v/v)</i>									
0.0	5.32 b <sup>2</sup>	2.36 a	0.54 a	136.0 a	167 a	184.2 a	68.5 b	38.8 a	90.9 a
3.0	5.65 a	2.49 a	0.94 a	154.7 a	153 a	172.9 ab	80.8 a	41.9 ab	78.3 ab
6.0	5.71 a	2.51 a	0.13 a	148.5 a	119 b	170.2 ab	84.9 a	42.9 ab	69.1 b
9.0	5.71 a	2.63 a	0.40 a	161.2 a	142 ab	157.8 b	83.6 a	45.9 a	74.3 ab
Significance <sup>3</sup>									
Linear	**	*	ns	ns	*	ns	*	*	*
Quadratic	***	*	ns	ns	*	ns	*	*	*
<i>Peatmoss + Composted rice hull (1:1, v/v)</i>									
0.0	5.63 b	1.43 b	0.40 a	56.2 a	332 a	139.1 a	39.4 b	22.7 b	48.5 a
3.0	5.88 a	1.53 ab	1.12 a	50.7 a	289 ab	148.1 a	43.4 ab	25.4 ab	47.0 a

6.0	5.96 a	1.64 ab	4.97 a	28.3 a	256 b	134.9 a	46.7 ab	31.7 a	47.7 a
9.0	5.97 a	1.79 a	1.21 a	44.8 a	252 b	129.0 a	50.5 a	31.9 a	38.2 a
Significance									
Linear	*	*	ns	ns	*	ns	*	*	ns
Quadratic	***	*	ns	ns	*	ns	*	*	ns
<i>Peatmoss + Composted pine bark (1:1, v/v)</i>									
0.0	5.38 b	1.59 b	1.21 a	101.9 a	143 a	129.1 a	43.0 b	27.3 b	48.6 b
3.0	5.77 a	1.70 b	1.75 a	127.7 a	145 a	128.4 a	64.6 a	30.5 b	54.6 b
6.0	5.94 a	1.82 ab	1.21 a	113.1 a	138 ab	121.3 a	66.1 a	35.4 ab	54.0 b
9.0	5.91 a	2.24 a	1.21 a	131.0 a	129 b	138.5 a	68.0 a	45.1 a	69.0 a
Significance									
Linear	**	**	ns	ns	*	ns	*	**	*
Quadratic	**	**	ns	ns	*	ns	*	**	*

<sup>2</sup>Mean separation within a column for each root medium by DMR test at  $P=0.05$ .

<sup>3</sup>Significance: \*\*\* $P=0.001$ ; \*\* $P=0.01$ ; \* $P=0.05$ ; NS, not significant; L, linear; and Q, quadratic.