Kor. J. Hort. Sci. Technol. 30(6):657-663, 2012 DOI http://dx.doi.org/10.7235/hort.2012.12028

# '설향' 딸기의 토경 육묘에서 칼슘 시비가 모주의 생장, 생리장해 발현, 및 자묘 발생에 미치는 영향

최종명[1*] · 남민호[1] · 이희수[1] · 김대영[2] · 윤무경[2] · 고관달[2]

[1]충남대학교 농업생명과학대학 원예학과, [2]국립원예특작과학원 채소과

# Influence of Ca Fertilization on the Growth and Appearance of Physiological Disorders in Mother Plants and Occurrence of Daughter Plants in Propagation of 'Seolhyang' Strawberry through Soil Cultivation

**Jong Myung Choi[1*], Min Ho Nam[1], Hei Soo Lee[1], Dae-Young Kim[2], Moo Kyung Yoon[2], and Kwan Dal Ko[2]**

*[1]Department of Horticulture, College of Agriculture, Chungnam National University, Daejon 305-764, Korea*
*[2]Vegetable Research Division, National Institute of Horticultural & Herbal Science, Suwon 440-706, Korea*

**Abstract.** The Ca deficiency is a serious problem in the propagation of domestically bred 'Seolhyang' strawberry through soil cultivation. The objective of this research was to investigate the impact of the Ca containing fertilizers on the decrease of Ca deficiency symptoms and in the growth of mother and daughter plants. To achieve this, chemicals of 1.125 mM $Ca(OH)_2$, 0.375 mM $MgCl_2$, and 1.25 mM KCl were blended to contain the K:Ca:Mg (4:2:1) and the influence was compared to a commercial fertilizer, Azuro-Calma ($NO_3$-N 13%, $K_2O$ 1%, CaO 16%, MgO 6%), when those were applied as solutions with the electrical conductivity (EC) controlled to 0.6 or 1.0 $dS \cdot m^{-1}$. During 120 days after transplant, the Azuro-Calma was more effective than the combined fertilizer in the reduction of mother and daughter plants on which Ca deficiency was appeared. The application of two Ca containing fertilizers resulted in the heavier fresh and dry weights of mother plants. The treatments of 1.0 $dS \cdot m^{-1}$ of two fertilizers were more effective than those of 0.6 $dS \cdot m^{-1}$. The combined fertilizer was also more effective than Azuro-calma on the growth of above ground plant tissue. The results in length, fresh and dry weight of runners occurred from a mother plants showed that the treatment of 1.0 $dS \cdot m^{-1}$ of combined fertilizer was most effective followed by those of 1.0 $dS \cdot m^{-1}$ of Azuro-Calma, 0.6 $dS \cdot m^{-1}$ of combined fertilizer, 0.6 $dS \cdot m^{-1}$ of Azuro-Calma, and control. The fresh weights of daughter plants were heavier in the treatments of Ca application than those in the control treatment, but the differences between 0.6 $dS \cdot m^{-1}$ and control were not significant. The above results indicate that Azuro-Calma is more effective in decreasing plants showing the Ca deficiency symptoms. However, the combined fertilizer of K:Ca:Mg is more desirable when we are concerned about the decrease of crops showing Ca deficiency as well as increase of the growth in above ground plant tissue.

***Additional key words*:** Ca deficiency, fertilizer, runner

## 서 언

국내 딸기 재배의 주요 작형은 9월에 정식하여 11월부터 수확하는 촉성재배 또는 10월 하순에 정식하여 다음 해 1월 이후에 수확하는 반촉성재배이다. 농가에서는 판매가격이 높은 11월에 출하량을 늘리려고 노력하고 있으며, 촉성재배 면적이 증가하는 추세이다. 촉성재배는 대기온도가 낮은 겨울철에 플라스틱 하우스 등 시설물 내에서 가온 또는 보온을 통해 생육 온도를 조절하고, 불량한 환경조건에서도 생육이 잘 이루어지는 품종을 대상으로 이루어진다. 최근 국

***Corresponding author:** choi1324@cnu.ac.kr

※ Received 7 February 2012; Revised 19 March 2012; Accepted 26 March 2012.

내에서 육성되어 국내 총 딸기 재배면적의 60% 이상을 점유하는 '설향' 딸기도 촉성재배를 겨냥하여 육성되었다(RDA, 2008).

딸기(*Fragaria* × *ananassa* Duch.)는 영양번식 작물로 런너에서 발생한 자묘를 분주한 후 어린묘를 양성하여 정식묘로 이용한다. 딸기 촉성재배를 위해서는 장마철인 6-9월 초에 육묘를 하며, 상대습도가 높은 환경조건으로 인해 각종 생리장해가 발생하고 탄저병 등이 심각한 문제로 대두되고 있다(Jang et al., 2009; Nam et al., 2006; Yun et al., 2009). 대기 습도가 높은 환경조건에서는 뿌리 세포의 비원형질 경로(apoplastic pathway)를 통해 흡수되는 Ca 등이 심각하게 영향을 받아 흡수량이 급감하고 생리장해의 발생 원인이 된다(Bennett, 1993; Marschner, 1995; Nelson, 2003).

특히 '설향' 딸기의 경우 작물이 생육을 하면서 근권부의 pH를 산성화시키는 독특한 흡비특성을 가지며 토양에서 재배할 경우 정식 6주 후에 근권부 pH가 5 이하로 저하되는 경우가 빈번히 발생한다. 근권부의 pH가 산성으로 변할 경우 근권부에 존재하는 Ca 및 Mg의 불용화가 촉진되어 이들 원소의 흡수량 저하 및 생리장해 발현의 원인이 된다(Bennett, 1993; Choi et al., 2010; Marschner, 1995).

작물이 흡수하는 Ca의 양이 생장을 위해 적절한 수준보다 적을 경우 식물체에 독특한 결핍 증상이 발생한다. 딸기에서 Ca 결핍증상은 신엽, 정단부위, 또는 새롭게 발생하는 런너의 생장부위에서 발현된다(Choi et al., 2010). 육묘중인 딸기의 경우 런너 끝의 생장부위가 갈변하면서 괴사하는 현상으로 Ca 결핍증상이 나타나므로 1차 또는 2차 자묘 발생 이후에 런너의 끝이 괴사하고 그 이상의 자묘를 채취할 수 없다. 아울러 1차 또는 2차 자묘 등 런너에서 초기에 발생한 자묘의 경우에도 Ca 결핍 증상이 나타나 양성묘로 이용할 수 없는 문제점을 갖는다.

딸기는 품종별로 생육 특성이 다르고 시비량에 따른 생육 반응의 차이가 크다(Choi et al., 2009). '설향' 딸기의 경우 시비농도에 대한 생육 반응 등 재배생리와 관련한 연구가 충분히 이루어지지 않은 채 농가에 보급되었고, 육묘과정에서 많은 문제점이 발생하고 있다. 따라서 '설향' 딸기를 토경육묘하면서 칼슘을 포함한 비료의 농도를 조절한 양액을 공급할 때 모주의 생장, 생리장해 발현, 및 자묘 발생에 미치는 영향을 구명하고자 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

플러그에서 육묘되어 본엽이 3매인 '설향' 딸기의 유묘를 확보한 후 잔뿌리가 상하지 않도록 최대한 주의하면서 뿌리 부분을 물로 수세하여 상토를 완전히 제거하였다. 준비된 식물체는 시설하우스 안의 토양에 정식하였는데 정식 전 분석한 토양의 이화학적 특성은 다음과 같다: pH(1:5 $H_2O$) 6.1, 유기물 함량 24g·kg$^{-1}$, 전질소 함량 10g·kg$^{-1}$, Avg. $P_2O_5$ 130mg·kg$^{-1}$, 교환성 양이온 K 0.7, Ca 4.8 및 Mg 1.3cmol$^{+}$·kg$^{-1}$.

정식한 유묘는 30-10-10[N-$P_2O_5$-$K_2O$, ㈜ 도프] 비료를 200배가 되도록 지하수로 희석하여 매주 1회 토양이 충분히 적셔지도록 42일간 관비하였다. 정식 후 42일째에 모든 식물체는 신엽 3매만 남긴 채 하위엽을 제거하였고, 조성된 처리 용액을 공급하기 시작하였다.

본 연구를 위한 처리용 비료는 1.125mM $Ca(OH)_2$, 0.375mM $MgCl_2$, 1.25mM KCl을 혼합한 비료와 Azuro-Calma[(주) 도프]였으며 Azuro-Calma는 $NO_3$-N 13%, $P_2O_5$ 0%, $K_2O$ 1%, CaO 16%, MgO 6%를 함유한 비료였다. 처리는 무처리, 혼합 비료 EC 0.6dS·m$^{-1}$, 혼합 비료 EC 1.0dS·m$^{-1}$, Azuro-Calma[(주) 도프] EC 0.6dS·m$^{-1}$, Azuro-Calma[(주) 도프] EC 1.0dS·m$^{-1}$로 5처리를 두어 1주일에 1회 관주 처리하고 기타 관수 시에는 지하수만 공급하였다. 본 연구의 모주 정식을 위한 실험구는 난괴법 3반복으로 배치하였으며, 무처리를 포함한 5처리, 각 처리당 3반복, 그리고 반복당 10 식물체로 총 150 개체를 모주로 정식하였다.

지붕은 비가림을 유지한 채 하우스 측면을 1.2m 이상으로 완전히 개방한 플라스틱 하우스에서 실험을 수행하였다. 실험 기간 동안 평균 온도는 주간 26℃, 야간 16℃였고, 상대습도 60-70%, 평균일장 15h, 그리고 광합성유효광양자속은 330-370μmol·m$^{-2}$·s$^{-1}$였다.

모주의 지상부 생육은 초장, 초폭, 엽장, 엽폭, 엽수, 엽록소함량, 관부직경, 지상부 생체중 및 지상부 건물중을 조사하였다. 관부직경은 지제부 상단 1cm를 측정하였고, 지상부 생체중을 측정한 후 80℃ 건조기에서 48시간 건조한 후 무게를 측정하여 건물중으로 삼았다. 엽록소 함량은 신엽을 기준으로 3번째 엽을 엽록소측정계(Minola, Model SPAD-502)를 사용하여 측정하였다. 기타 조사항목은 Choi et al.(2000)의 방법에 준하여 조사하였다.

칼슘 시비농도가 모주 및 자묘의 식물 생육에 미치는 영향을 조사하고 Duncan의 다중검정을 하였다. 통계분석은 CoStat 프로그램(Monterey, California)으로 수행하였다.

## 결과 및 고찰

토경 육묘에서 칼슘 결핍증상이 발현한 모주의 식물체수는 대조구인 무처리구에서 10식물체당 4.6 식물체로 가장

많았다. 본 연구에서 조합한 비료를 처리하거나 상업용으로 시판되는 Azuro-Calma 비료를 처리할 경우 Ca 결핍증상을 보인 개체수가 뚜렷하게 감소하였다. 또한 본 연구를 위해 조합한 칼슘 비료보다 상업용으로 시판되는 Azuro-Calma 비료가 Ca 결핍증상 발현을 억제시키는 데에 더욱 효과적이었다(Fig. 1). 이와 같은 차이가 발생한 원인은 처리한 비료의 조성에서 원인을 찾을 수 있다고 생각한다. 본 연구에서 조합한 비료는 K, Ca 및 Mg을 모두 포함하고 있는 반면 Azuro-Calma 비료는 상대적으로 적은 양의 K 함량(1%)을 가지며 Ca과 Mg의 비율이 높았다. 따라서 비료용액을 처리할 때 동일한 EC로 관비용액의 농도를 조절할 경우 때 본 연구의 조합비료보다 Azuro-Calma의 Ca 농도가 상대적으로 높고 Ca 결핍증상의 발현 억제에 더욱 효과가 있었다고 생각한다.

정식 120일 후 조사한 모주의 생장에서 무처리구에 비해 모든 칼슘 비료 시비구에서 생체중과 건물중이 무거웠다(Fig. 2). 생체중의 경우 무처리구가 식물체당 약 90g의 생체중으로 조사된 반면 혼합비료를 0.60dS·m$^{-1}$로 시비한 처리에서 약 114g, 혼합비료 1.0dS·m$^{-1}$ 처리에서 123g, Azuro-Calma 0.6dS·m$^{-1}$ 처리 109g, 그리고 Azuro-Calma 1.0dS·m$^{-1}$ 처리 122g으로 조사되었다. 두 종류 비료를 0.60dS·m$^{-1}$ 로

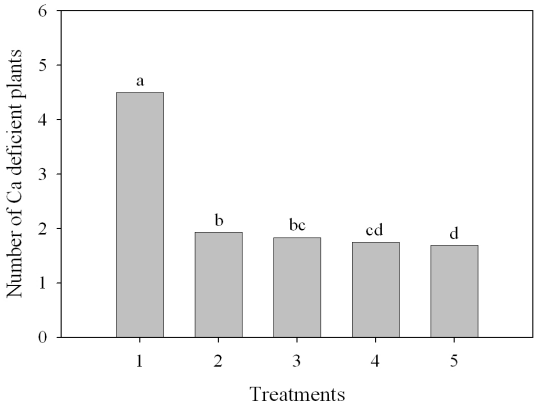


**Fig. 1.** Influence of Ca application in soil propagation of 'Seolhyang' strawberry on the number of mother plants appearing Ca deficiency symptoms out of 10 mother plants during the period of 120 days after transplant (Treatments 1, control; 2 and 3, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of combined fertilizer of 1.125 mM of $Ca(OH)_2$, 0.375 mM of $MgCl_2$ and 1.25 mM of KCl, respectively; 4 and 5, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of commercial fertilizer Azuro-Calma). Bars with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

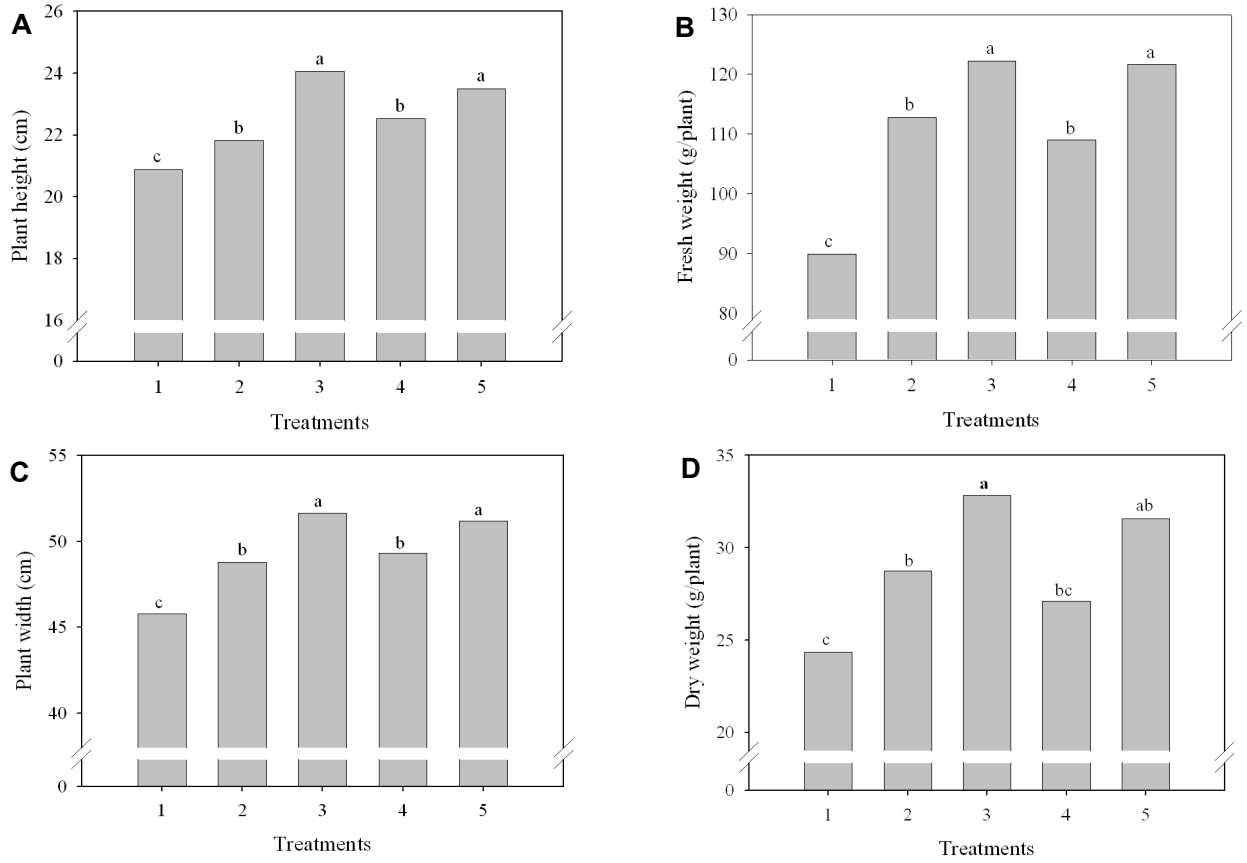


**Fig. 2.** Influence of Ca application in soil propagation of 'Seolhyang' strawberry on the differences in fresh and dry weight of mother plants at 120 days after transplant (Treatments 1, control; 2 and 3, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of combined fertilizer of 1.125 mM of $Ca(OH)_2$, 0.375 mM of $MgCl_2$ and 1.25 mM of KCl, respectively; 4 and 5, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of commercial fertilizer Azuro-Calma). Bars with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

시비한 처리보다 1.0dS·m$^{-1}$로 처리할 경우 조사한 생육지표에서 우수하였지만 동일한 전기전도도로 조절하여 처리한 두 종류 비료 간 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 건물중을 측정한 결과도 생체중을 측정한 결과와 유사한 경향이었다. 이상의 결과를 고려할 때 혼합비료 또는 Azuro-Calma를 0.6dS·m$^{-1}$로 농도를 조절하는 것보다 1.0dS·m$^{-1}$로 농도를 조절하여 처리하는 것이 칼슘 결핍증상의 발현 억제 또는 생체중과 건물중 생산에 더 효과적이라고 판단하였다. 그러나 본 연구에서는 1.0dS·m$^{-1}$의 농도까지만 실험을 하였으므로 1.0dS·m$^{-1}$ 이상으로 농도를 조절하였을 때 식물 생장에 미치는 영향은 추후 보완 연구가 필요하다고 생각한다.

정식 120일 후 모주의 다른 생육 조사 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 엽수, 엽병장은 두 종류 비료를 1.0dS·m$^{-1}$로 시

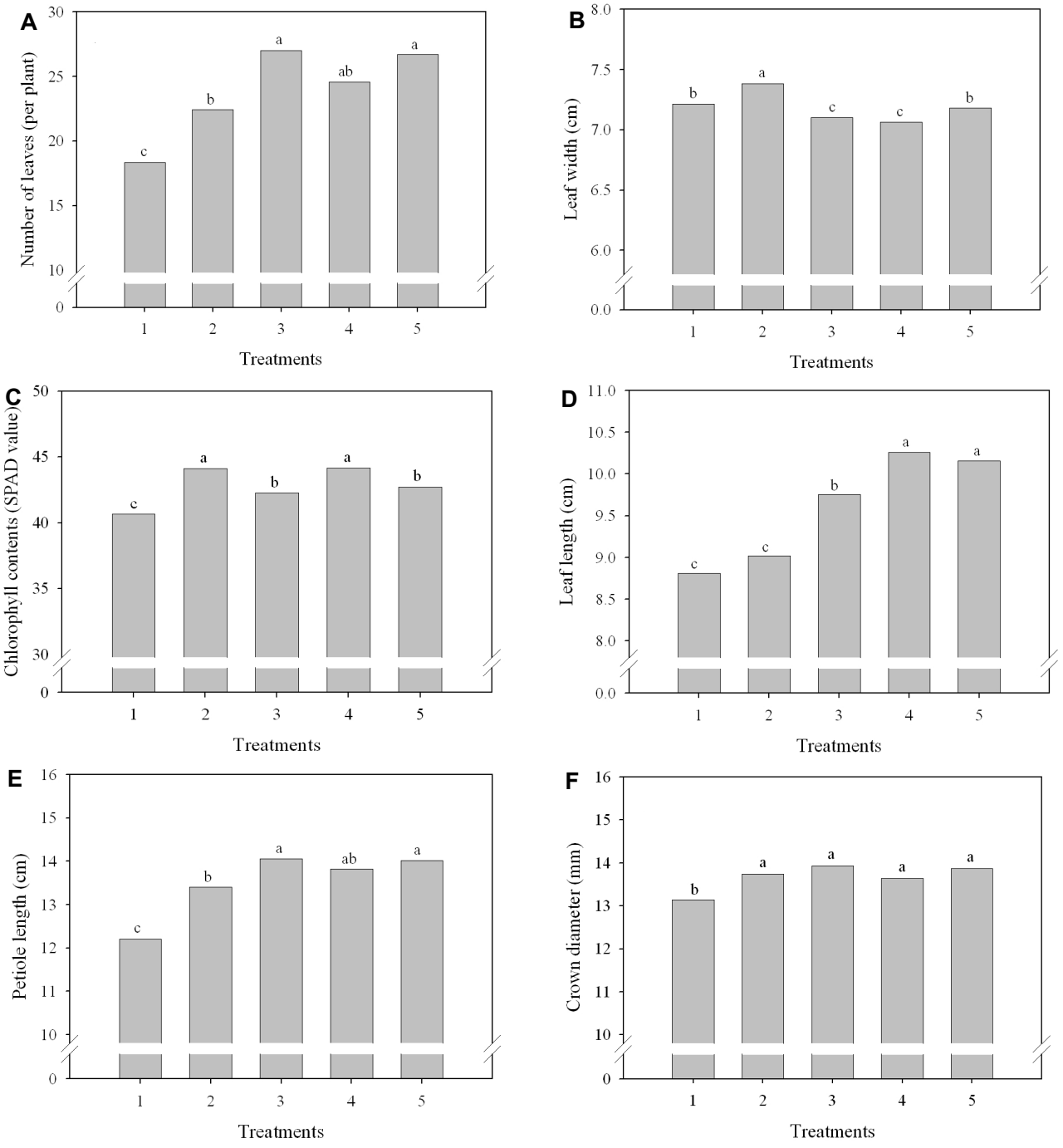


**Fig. 3.** Influence of Ca application in propagation of 'Seolhyang' strawberry through soil cultivation on the differences in growth of mother plants at 120 days after transplant (Treatments 1, control; 2 and 3, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of combines fertilizer of 1.125 mM of $Ca(OH)_2$, 0.375 mM of $MgCl_2$ and 1.25 mM of KCl, respectively; 4 and 5, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of commercial fertilizer Azuro-Calma). Bars with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

비한 처리에서 가장 컸고 두 종류 비료 간 통계적인 차이가 없었다. 또한 두 종류 비료를 0.6dS·m$^{-1}$로 처리할 경우 유의하게 작아졌으며, 무처리구에서 생장이 가장 저조하였다. 그러나 엽장과 엽폭에서는 다른 경향을 나타내었다. Azuro-Calma를 시비한 처리의 경우 본 연구의 조합비료를 시비한 경우보다 뚜렷하게 엽장이 길었던 반면 엽폭이 좁아 본 연구를 위해 혼합한 비료를 시비할 경우 엽의 형태가 긴 타원형에서 짧은 타원형태로 변하는 것을 알 수 있었다. 그러나 이러한 현상이 발현되는 이유에 관해서는 추후 보완 연구를 수행하여야 할 것으로 판단한다.

본 연구의 조합비료나 Azuro-Calma를 시비할 경우 무처리보다 엽록소 함량이 높았으며, 두 비료 모두 0.6dS·m$^{-1}$으로 시비한 처리에서 1.0dS·m$^{-1}$으로 시비한 처리들보다 높았다. 이러한 결과는 지상부의 생체중 및 건물중 생산량과 연관지어 판단할 수 있다. 두 종류 비료 1.0dS·m$^{-1}$으로 시비할 경우 지상부 생장량이 많았지만 상대적으로 엽록소 함량이 낮아졌으며, 유사한 엽록소 함량인 조건에서 지상부 생장량이 많아지므로 희석 효과가 발생하였다고 판단한다.

모주에 대한 칼슘 비료의 종류 및 농도가 모주로부터 발생한 런너의 총길이, 생체중 및 건물중에 미치는 영향을 Fig. 4에 나타내었다. 본 연구의 조합비료를 1.0dS·m$^{-1}$로 시비한 처리의 런너길이가 모주당 약 170cm로 가장 길었고, Azuro-Calma 1.0dS·m$^{-1}$ 처리에서 153cm, 조합비료 0.6dS·m$^{-1}$ 처리가 146cm, Azuro-Calma 0.6dS·m$^{-1}$ 처리 121cm, 그리고 무처리 117cm였으며 처리 간 통계적인 차이가 뚜렷하였다. 모주로부터 발생한 식물체당 런너 생체중 및 건물중도 런너길이와 유사한 경향을 보였다. 본 연구의 조합비료를 1.0dS·m$^{-1}$로 처리한 경우 생체중과 건물중이 각각 8.4g 및 2.2g으로, Azuro-Calma를 1.0dS·m$^{-1}$로 시비한 처리에서 7.8g 및 1.9g, 조합비료 0.6dS·m$^{-1}$로 시비한 처리에서 7.3g 및 1.75g, Azuro-Calma 0.6dS·m$^{-1}$ 처리에서 6.4g 및 1.45g, 그리고 무처리구에서 5.6g과 1.37g으로 조사되었다.

이와 같이 본 연구의 조합비료나 Azuro-Calma의 비료 종류에 따라 런너 생장량에서 차이가 발생하는 것은 비료의 조성에서 원인을 찾을 수 있다고 판단한다. 런너 등 식물체에서 새롭게 발생하여 생장하는 부위는 물질의 이동에서 강력한 수용부(sink) 역할을 하며 식물체의 다른 부위에서 탄수화물이나 각종 무기염을 끌어들이는 부위가 된다(Marschner, 1995). 탄수화물의 경우 잎에서 생합성된 후 식물체의 각종 작용부위로 전이되는데 식물체 내 탄수화물의 이동에 큰 영향을 미치는 원소가 칼륨이며, 충분한 양의 칼륨이 시비될 때 탄수화물의 이동량이 증가한다. 본 연구에서 조합한 비료는 K, Ca 및 Mg이 4:2:1의 비율이며 Azuro-Calma의 1:16:8 비율보다 월등히 K 비율이 높다. 따라서 높은 K 비율로 인해 식물체내의 탄수화물 이동량이 증가하였고, 런너의 신장 및 생체중과 건물중 생산에 긍정적인 효과를 미쳤다고 판단한다.

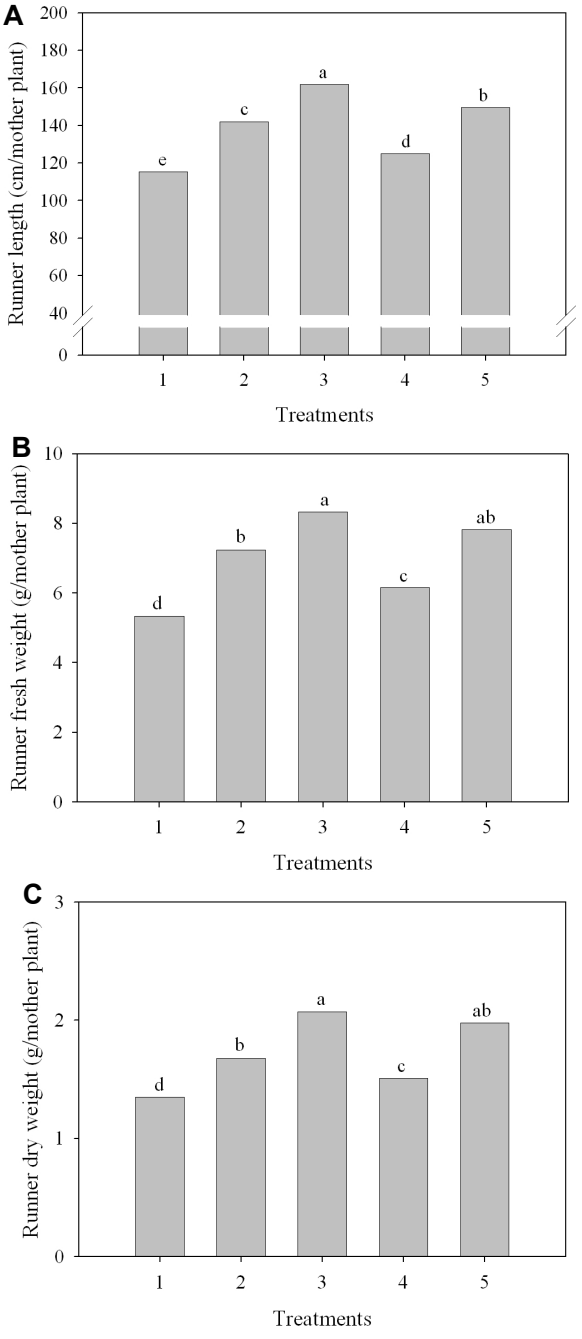


**Fig. 4.** Influence of Ca application in propagation of 'Seolhyang' strawberry through soil cultivation on the differences in length, fresh and dry weight of all runners occurred from each of mother plants during the 120 days after transplant (Treatments 1, control; 2 and 3, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of combined fertilizer of 1.125 mM of $Ca(OH)_2$, 0.375 mM of $MgCl_2$ and 1.25 mM of KCl, respectively; 4 and 5, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of commercial fertilizer Azuro-Calma). Bars with the same letter are not significantly different by Duncan's multiple range test at $p \leq 0.05$.

모주로 발생한 자묘의 생육 중 엽수, 생체중 및 관부직경을 자묘 발생 차수별로 구분하여 Fig. 5에 나타내었다. 가장 처음 발생한 1차 자묘로부터 4차 자묘까지 발생차수가 높아짐에 따라 엽수, 생체중 및 관부직경이 적거나 가늘어지는 경향이었다. 칼슘 비료의 종류 및 농도를 비교할 때 엽수와 관부직경은 비료의 종류나 농도에 따른 차이가 뚜렷하지 않았지만 생체중은 비교적 뚜렷하게 영향을 받았다. 모든 자묘 발생차수에서 무처리구의 자묘 생체중이 가장 가벼웠고, Azuro-Calma 0.6dS·m$^{-1}$ 처리, 본 연구의 조합비료 0.6dS·m$^{-1}$ 처리, Azuro-Calma 1.0dS·m$^{-1}$ 처리, 그리고 본 연구의 조합비료 1.0dS·m$^{-1}$ 처리의 순으로 무거운 경향이었으며 앞에서 설명한 것과 동일한 원인에 기인한 것으로 생각한다.

모주로부터 발생한 전체 자묘 중 2차 자묘의 생체중과 건물중을 Fig. 6에서 비교하였다. 칼슘 종류나 농도에 따라 2

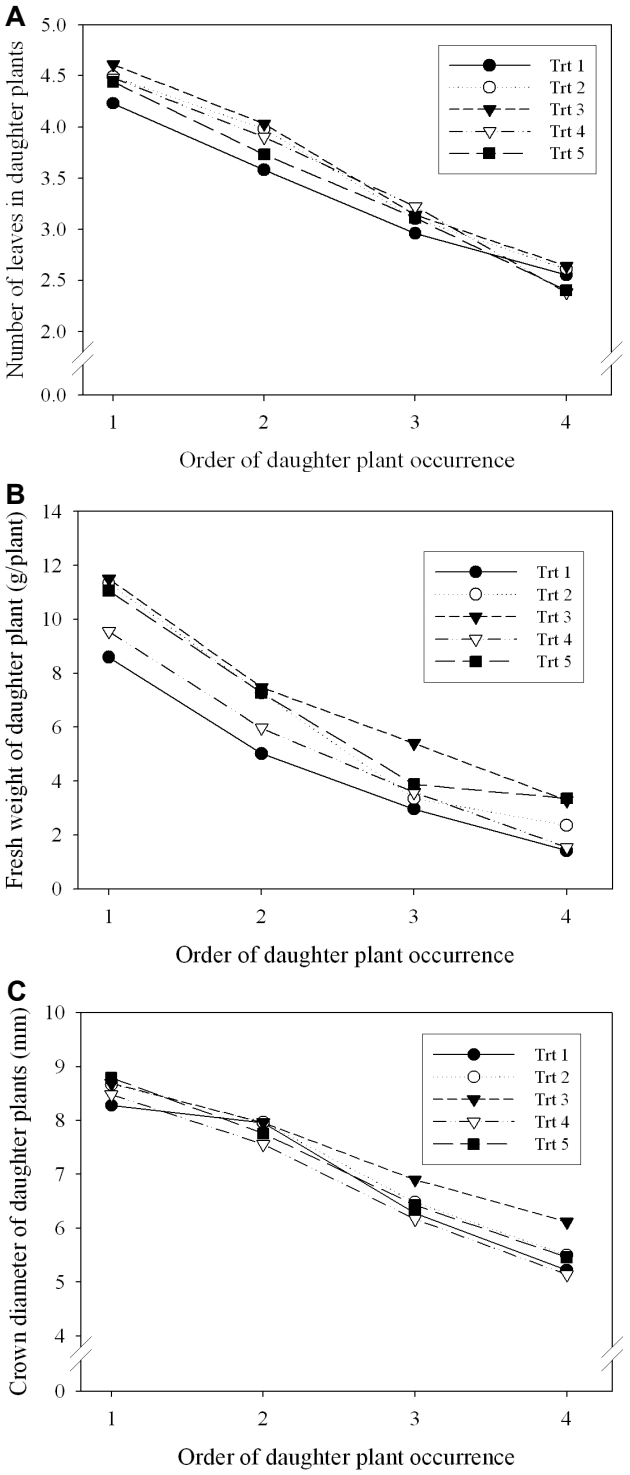


Fig. 5. Influence of Ca application in propagation of 'Seolhyang' strawberry through soil cultivation on the differences in leaf numbers, fresh weight and crown diameter from order of daughter plant occurrence (Treatments 1, control; 2 and 3, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of combined fertilizer of 1.125 mM of $Ca(OH)_2$, 0.375 mM of $MgCl_2$ and 1.25 mM of KCl, respectively; 4 and 5, 0.6 and 1.0 dS·m$^{-1}$ of commercial fertilizerAzuro-Calma.).

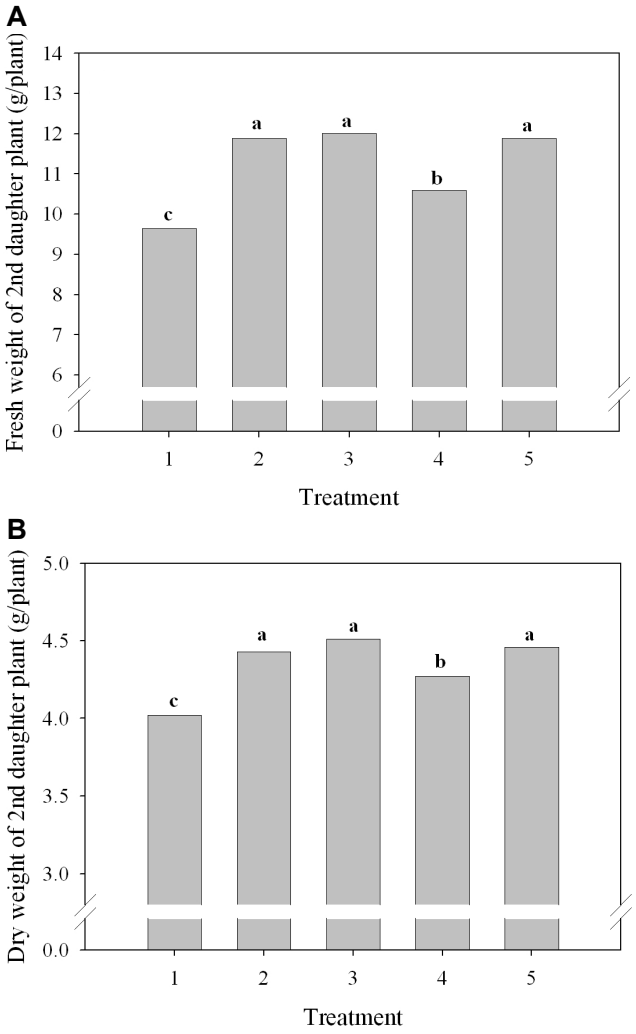


**Fig. 6.** Influence of Ca application in propagation of 'Seolhyang' strawberry through soil cultivation on the differences in fresh and dry weight of 2nd daughter plants occurred from mother plants at 120 days after treatment (Treatments 1, control; 2 and 3, 0.6 and 1.0 ds·m$^{-1}$ of cobaed fertilizer of 1.125mM of $Ca(OH)_2$, 0.375 mM of $MgCl_2$ and 1.25 mM of KCl, respectively; 4 and 5, 0.6 and 1.0 ds·m$^{-1}$ of commercial fertilizer CalMag.).

차 자묘의 생체중과 건물중이 유사한 경향을 보였으며, 생체중과 건물중 모두 본 연구의 조합비료 0.6dS·m$^{-1}$ 및 1.0dS·m$^{-1}$ 그리고 Azuro-Calma 1.0dS·m$^{-1}$ 등 세 처리 간에는 통계적인 차이가 인정되지 않았다. 그러나 Azuro-Calma 0.6dS·m$^{-1}$ 처리와 대조구에서는 유의하게 가벼워지는 경향이었다.

## 초 록

국내에서 육성된 '설향' 딸기에서 칼슘결핍 증상이 빈번하게 발생하고 육묘 시 모주의 생육 저하, 자묘 채취량 감소 및 자묘 품질저하의 원인이 되어왔다. 따라서 단일 비료를 조합하여 K, Ca 및 Mg이 4:2:1의 비율이 되도록 조절한 비료 또는 상업용으로 시판되는 Azuro-Calma를 0.6dS·m$^{-1}$ 또는 1.0dS·m$^{-1}$로 조절하여 토양에 관주처리할 경우 모주 생육 및 자묘 발생에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다. 정식 후 120일 동안 무처리구에 비해 모든 칼슘 비료 시비구에서 칼슘 결핍증상이 발현된 모주 수가 뚜렷하게 감소하였으며 본 연구의 조합비료보다 Azuro-Calma의 효과가 우수하였다. 무처리구에 비해 모든 칼슘 비료 시비구에서 모주의 생체중과 건물중이 무거웠다. 또한 두 종류 비료 모두 0.6dS·m$^{-1}$ 처리보다 1.0dS·m$^{-1}$로 시비농도를 높일 경우 지상부 생장량이 많았고, 본 연구의 혼합비료가 Azuro-Calma보다 지상부 생체중과 건물중 증가에 더 효과적이었다. 혼합비료 1.0dS·m$^{-1}$ 처리에서 가장 긴 런너 길이를 보였고, Azuro-Calma 0.6dS·m$^{-1}$ 처리는 무처리구와 비슷한 경향을 보였다. 런너의 생체중과 건물중 역시 혼합비료 1.0dS·m$^{-1}$ 처리에서 가장 무거웠으며 Azuro-Calma 1.0dS·m$^{-1}$ 처리에서도 생육이 우수하였다. 무처리구보다 칼슘 시비구에서 자묘의 생체중이 더 무거웠지만 칼슘을 시비한 처리중에는 Azuro-Calma 0.6dS·m$^{-1}$ 처리가 가장 가벼웠다. 이상과 같은 결과는 Ca와 Mg이 주요 구성 성분인 Azuro-Calma가 칼슘 결핍 증상을 감소시키기에는 더 효과적이지만 K:Ca:Mg의 비율을 조절하여 세 종류 비료를 동시에 시비하는 것이 칼슘 결핍증상 억제와 모주 및 자묘의 생장량 증가에 효과적이라고 판단한다.

**추가 주요어:** 칼슘 결핍, 비료, 런너

## 인용문헌

Bennett, W.F. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. APS Press, St. Paul, Minn.

Choi, J.M., S.K. Jeong, K.H. Cha, H.J. Chung, and K.S. Seo. 2000. Deficiency symptom, growth characteristics, and nutrient uptake of 'Nyoho' strawberry as affected by controlled nitrogen concentration in fertilizer solution. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 41:339-344.

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.

Choi, J.M., T.I. Kim, S.K. Jeong, M.K. Yoon, D.Y. Kim, and K.D. Ko. 2010. Causes, diagnosis, and corrective procedures of nutritional disorders in strawberry. Mirae Gihock, Suwon, Korea.

Jang, W.S., H.S. Kim, T.I. Kim, and Y.G. Nam. 2009. Comparison of cultivars on production of runner and daughter plant in strawberry. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27(Suppl. II):25. (Abstr.)

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press Inc., San Diego, USA.

Nam, M.H., S.K. Jeong, Y.S. Lee, J.M. Choi, H.K. Kim. 2006. Effects of nitrogen, phosphorus, potassium and calcium nutrition on strawberry anthracnose. Plant Pathol. 55:246-249.

Nelson, P.V. 2003. Greenhouse operation and management. 6th ed. Prentice Hall, NJ.

Rural Experiment Administration (RDA). 2008. Cultivation manual of new cultivar 'Seolhyang' strawberry. RDA, Suwon, Korea.

Yun, H.K., J.H. Kwak, D.Y. Kim, and M.K. Yoon. 2009. Reduction of the occurrence of anthracnose by underground drip irrigation for strawberry nursery field. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27(Suppl. I):58. (Abstr.)