

규산칼륨 첨가 양액으로부터 6가지 분식물의 규소 흡수도

손문숙¹ · 송주연¹ · 임미영¹ · Iyyakkannu Sivanesan² · 김귀순² · 정병룡^{1,2,3*}

¹경상대학교 대학원 응용생명과학부(BK21 Program) 원예학과, ²경상대학교 농업생명과학연구원, ³경상대학교 생명과학연구원

Silicon Uptake Level of Six Potted Plants from a Potassium Silicate-supplemented Hydroponic Solution

Moon Sook Son¹, Ju Yeon Song¹, Mi Young Lim¹, Iyyakkannu Sivanesan²,
Gui Soon Kim², and Byoung Ryong Jeong^{1,2,3*}

¹Department of Horticulture, Division of Applied Life Science (BK21 Program),
Graduate School of Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

²Institute of Agriculture & Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

³Reserch Institute of Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

Abstract. This research was carried out to investigate silicon (Si) uptake levels by six potted plant species from a nutrient solution supplemented with K₂SiO₃. Uniform rooted plants of *Dendranthema grandiflorum* Ramat., *Spathiphyllum patinii* N.E. BR., *Kalanchoe blossfeldiana*, *Hedera helix* L., *Dianthus caryophyllus* L., and *Euphorbia pulcherrima* Willd. were grown in 350 mL boxes, one plant per box, containing a nutrient solution supplemented with either 0, 2.7, or 5.4 mM Si as K₂SiO₃. The nutrient solution in each container was adjusted to EC 1.5 mS·cm⁻¹ and pH 5.6. The solution in each container was aerated by an 1 m-long polyethylene tube, all connected to a vacuum pump. After 15 days of cultivation in a glasshouse Si contents in the roots and shoots were measured using the colorimetric molybdate method and amount of remaining Si in the nutrient solution was measured using the ICP-AES to calculate the amount of absorption. A simple regression analysis was performed to observe the changes in Si contents in the roots and shoots as affected by concentration of Si supplied to the solution. Among the six species tested, carnation had the greatest and poinsettia the lowest tissue levels of Si concentration in the root, whereas carnation had the greatest and kalanchoe the lowest tissue levels of Si concentration in the shoot. Based on the Si content in the whole plant, Si uptake levels by poinsettia, kalanchoe, and chrysanthemum were low, whereas those by spathiphyllum were intermediate, and those of English ivy and carnation were high. These results indicated that the uptake level of Si by the plant vary depending on plant species.

Additional key words: hydroponics, regression analysis, Si absorption, tissue Si

서 언

규소(Si)는 식물의 필수원소로 분류되지는 않지만, 규소를 첨가하여 재배한 식물은 생물적 또는 비생물적 스트레스에 대한 저항성이 증가되고, 식물의 강도를 높여 식물체를 직립하게 하여 광합성 효율을 증진시킨다(Epstein, 1999; Ma, 2004). 또한 규소는 토양개량제로서의 역할이 크고 방

사선과 중금속에 의한 독성의 피해를 절감시키는데 효과적이라고 보고되어(Ma and Tahakashi, 2002) 규소의 시용효과가 인정되고 있다. 규소는 지구표면에 산소 다음으로 많이 존재하는 원소임에도 불구하고 식물체는 가용성 규산(soluble silicic acid) 형태로만 흡수할 수 있으므로 토양에서는 식물이 0.1-0.6mM(2.8-16.9mg·L⁻¹) 정도만 흡수할 수 있다. 기존에 나와 있는 상업용 배지에는 가용성 규산이 거

*Corresponding author: brieong@gmail.com

※ Received 1 August 2012; Revised 11 December 2012; Accepted 18 December 2012. 손문숙과 송주연은 교육인적 자원부의 BK21 프로그램의 장학금을 수여 받았음. This research was supported by Technology Development Program for Agriculture and Forestry, Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries, Republic of Korea. Project No. 108102-5.

의 없어 규산염비료를 추가적으로 주어야만 식물들이 규소를 흡수할 수 있다(Epstein, 1999). 식물체가 규소를 흡수한다고 할지라도 규소를 잘 흡수한다고 밝혀진 버를 비롯한 몇몇 식물들의 잎에 축적된 규소 함량은 건물중의 약 0.1-10% 정도(Ma and Tahakashi, 2002)일 뿐이고, 그 외 식물들에 흡수되는 규소의 양은 아주 적다. 이에 Takashasi et al.(1990)은 규소 흡수 능력에 따라 식물체를 둔감형(rejective), 중간형(passive), 그리고 민감형(active)으로 분류하였다. 둔감형은 규소가 물보다 천천히 흡수되는 경우, 중간형은 물과 거의 비슷하게 흡수되는 경우로서 일반적으로 식물이 흡수하는 규소의 기준 값(평균값)에 가까운 경우, 그리고 민감형은 물보다 빠르게 흡수하여 양액에서 규소의 농도가 줄어들게 되는 경우이다(Mitani and Ma, 2005). 하지만 대부분의 원예작물은 뿌리와 잎에 축적된 규소의 양이 아주 적어 둔감형에 속하므로, 지금까지 연구된 모든 범위의 식물체의 규소 흡수 정도가 아닌 원예작물들만의 규소 흡수 정도를 알아보고 서로 비교하기 위한 연구가 필요하다.

원예작물에 대한 관심은 네덜란드에서의 온실산업 발달을 토대로 증가하게 되었고, 이것은 상업적인 양액재배시스템 개발로 이어지게 되었다. 따라서 각 원예작물의 최적 생육을 위해서 필요한 원소에 대한 연구가 최근까지도 활발하게 진행되고 있다(Rouphael et al., 2008; Silber et al., 2009). 하지만 원예작물에서의 규소의 역할과 메커니즘에 대해서는 연구가 거의 이루어져 있지 않다. Miyake and Takahashi (1978)가 몇 가지 원예작물의 수경재배에서 규소를 첨가하지 않았을 때 규소 결핍현상이 나타난다고 보고한 이후 원예작물에의 규소 시용효과에 대한 연구의 필요성이 증가하였지만 아직까지도 연구가 그다지 많지 않다. 특히 수경재배에서 사용되는 대부분의 배지는 규소를 공급하는 물질인 천연토양을 함유하지 않기 때문에 규소의 효과가 입증되면 배지나 양액에 규소를 첨가해주는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

따라서 본 연구는 현재 우리나라에서 사용되고 있는 무토양 배지가 담긴 용기에서 재배되는 주요 분식물 중 대표적 작물이라고 말할 수 있는 국화, 스파티필럼, 칼랑코에, 아이비, 카네이션 및 포인세티아의 양액에 첨가된 규소 농도에 따른 규소흡수 경향을 조사하고자 수행되었다.

재료 및 방법

실험재료

분식물 재배 시 양액에 규산칼륨(K_2SiO_3)을 첨가했을 때 규소 흡수 정도를 알아보기 위하여 국화(*Dendratherma*

grandiflorum Ramat.) ‘Happy Eye’, 스파티필럼(*Spatiphyllum patinii* N.E. BR.) ‘Hanggina’, 칼랑코에(*Kalanchoe blossfeldiana*) ‘Peperu’, 아이비(*Hedera helix* L.) ‘Mini Ivy’, 카네이션(*Dianthus caryophyllus* L.) ‘Tulla’ 및 포인세티아(*Euphorbia pulcherrima* Willd.) ‘Primere Red’를 이용하여 실험을 수행하였다. 국화는 상업상토(토실이상토, 신안그로, 진주), 스파티필럼은 펄라이트(미성펄라이트, 미성산업, 예산)와 피트모스(Pindstrup No. 1, Pindstrup Mosebrug A/S, Ryomgaard, Denmark)가 1:1(v/v) 비율로 혼합된 배지, 칼랑코에와 카네이션은 코이어(코코피트, 푸르미, 서울바이오, 음성)와 피트모스(Turba Stender, Stender AG, Schermbeck, Germany)가 1:1(v/v) 비율로 혼합된 배지, 아이비는 피트모스(Pindstrup No. 1, Pindstrup Mosebrug A/S, Ryomgaard, Denmark)와 펄라이트가 2:1(v/v) 비율로 혼합된 배지, 그리고 포인세티아는 펄라이트 배지(Oasis root cubes, Smithers-Oasis Co., Kent, OH, USA)에 정식하여 약 1개월동안 재배한 식물체를 사용하였다. 이 때 각 배지의 다량원소 K, Ca, Mg, P 및 S의 함량은 각각 0.07-8.10, 0.79-2.03, 0.34-0.76, 0.29-1.26 및 0.99-3.07mM이었고, 미량원소 Na, Fe, Mn 및 Si의 함량은 각각 0.30-7.87, 0.01-0.03, 0.00-0.02 및 0.03-0.48mM이었다.

실험방법

본 실험은 15일 동안 식물체가 흡수한 규소 함량을 분석하기 위해 모든 환경(온도, 습도, 광도)이 동일한 조건에서 경상대학교 유리온실에 설치된 94cm × 5cm × 370cm의 망형 철재벤치에서 수행되었다. 양액으로는 온실용 다용도액비[$Ca(NO_3)_2 \cdot 4H_2O$ 708.0mg·L⁻¹, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 246.0mg·L⁻¹, KNO_3 505.0mg·L⁻¹, $NH_4H_2PO_4$ 230.0mg·L⁻¹, H_3BO_3 1.24mg·L⁻¹, $CuSO_4 \cdot 5H_2O$ 0.124mg·L⁻¹, Fe-EDTA 4.0mg·L⁻¹, $MnSO_4 \cdot 4H_2O$ 2.2mg·L⁻¹, H_2MoO_4 0.08mg·L⁻¹, $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 1.15mg·L⁻¹]를 이용하였다. 규소를 공급하기 위해 K_2SiO_3 를 이용하여 Si를 0, 2.69, 또는 5.37mM의 농도로 첨가하였고, K_2SiO_3 의 공급에 의해 추가적으로 첨가된 K⁺는 KNO_3 와 HNO_3 를 사용하여 규소 이외의 모든 원소의 농도가 모든 처리양액에서 동일하게 되도록 조절하였다. 모든 처리에서 양액의 pH는 5.6, 그리고 EC는 1.5mS·cm⁻¹로 실험시작 전에 조정하였다.

350mL 투명용기(GA7 Magenta box, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)에 250mL의 양액을 디스펜서(Calibrex digital dispenser, Socorex ISBA SA, Renens, Switzerland)를 이용하여 채우고, 에어펌프(KM105HK1, 서원컴프레서, 용인)에 polyethylene(내경 3mm, 서원양행, 부천) 튜브를 연결하여 전체 실험기간 동안 2L·h⁻¹(노즐당 143mL·h⁻¹)의 속도로 공기를 주입하였다. 식물체를 지지하

기 위해 투명용기 뚜껑의 중앙에 직경 10mm의 구멍을 1개 뚫고, 스펀지를 이용하여 식물체를 지지함과 동시에 실험기간 동안 식물에 의한 증발산 이외의 수분손실을 최대한 억제하였다.

규소 분석

식물체에 흡수된 규소의 함량을 알아보기 위해 식물체를 지상부와 지하부를 나누어 건조하여 분쇄한 후, 0.1g씩을 정량하여 autoclave-induced digestion(Frants et al., 2008)과 calorimetric molybdate method(Taber et al., 2002)를 이용하여 측정하였다. 이 때 식물체는 양액으로부터의 오염을 최대한 막기 위해 건조하기 전에 수돗물로 깨끗하게 씻어 사용하였다. 식물체가 완전 분해된 용액으로부터 1mL의 시료를 취하여 16% acetic acid 5mL, 0.54% ammonium molybdate solution 1mL, 20% tartaric acid 0.5mL, reducing agent(Na_2SO_3 2g과 1-amino-2-naphthol-4-sulfonic acid를 25mL 증류수에 녹인 A액과 NaHSO_3 25g을 200mL 증류수에 녹인 B액을 섞어 250mL로 희석) 0.5mL를 순서대로 첨가하고, 30분 후 650nm에서 분광광도계(Libra S22, Biochrom, United Kingdom)를 이용하여 흡광도를 측정하여 계산하였다. 양액에 남아 있는 규소의 함량은 ICP-AES(Optima 4300DV/5300DV, Perkin Elmer Inc., Waltham, MA, USA)를 이용하여 측정하였다. 식물체의 총규소 함량은 뿌리와 신초의 총규소량을 합하여 구하였다.

실험구는 완전임의배치법으로 배치하고 각 처리당 6개체씩의 식물을 사용하였다. 통계분석은 SAS 프로그램(v. 9.1, Cary, NC, USA)을 사용하여 Duncan의 다중비교(DMRT)로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다. 또한, 측정치의 평균을 표준편차와 함께 표시하였으며, 양액에 첨가한 규소 농도에 따른 식물체 내 규소 함량의 변화는 단순회귀분석을 통해 검정하였다.

결과 및 고찰

지하부의 규소 함량

공급한 규산칼륨(K_2SiO_3)으로부터 6가지 분식물에 의해 흡수된 지하부의 평균 규소 농도는 2.7과 5.4mM Si 처리구에서 각각 2.58과 $3.24\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\text{ dw}$ 이었다(Fig. 1). 6가지 분식물 중에 카네이션은 각각 3.90과 $4.95\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\text{ dw}$ 로 가장 높았고, 포인세티아의 규소 농도는 2.7과 5.4mM Si 처리구에서 각각 1.72와 $2.15\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\text{ dw}$ 로 가장 낮았다(Fig. 1). 이 결과는 카네이션의 뿌리는 양액으로부터 규소를 빠르게 흡수한다는 사실을 보여준다. 그리고 Fig. 2에서 규소의 농

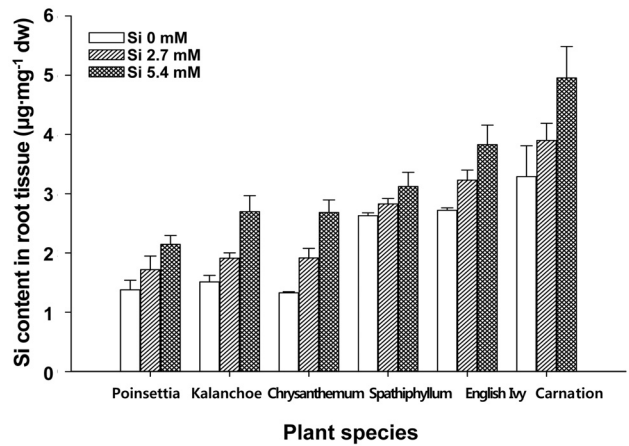


Fig. 1. Silicon contents in the root tissues of six potted plant species as affected by the concentration of Si supplemented to a nutrient solution for 15 day in the form of potassium silicate (K_2SiO_3) at 0 (control), 2.7 or 5.4 mM Si level.

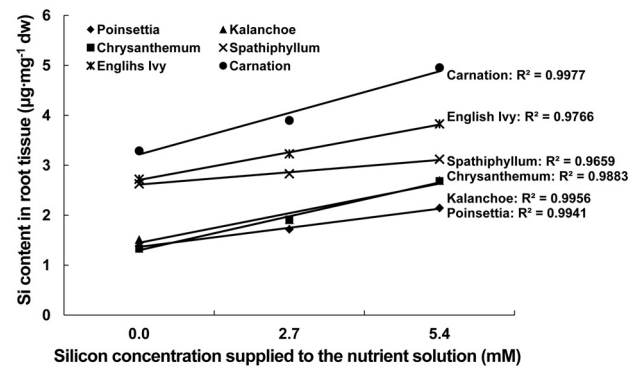


Fig. 2. A simple regression analysis between the Si concentration supplemented to a nutrient solution (x axis) for 15 days and Si content in the root tissue (y axis) of six potted plant species.

도에 따른 흡수 경향을 관찰하기 위하여 규소 농도와 각 식물의 지하부에 흡수된 규소 농도를 회귀분석한 결과, 기울기 값은 스파티필럼이 가장 낮았고 카네이션이 가장 높았다. 즉, 스파티필럼은 지하부에 규소가 빠르게 흡수되지만 처리한 규소 농도의 증가에 따른 규소 농도의 증가가 작았고, 카네이션은 규소의 흡수능력도 뛰어난 뿐만 아니라 규소 농도의 증가에 따라 흡수된 규소의 농도도 높았다.

지상부의 규소 함량

공급한 규산칼륨(K_2SiO_3)으로부터 6가지 분식물에 의해 흡수된 지상부의 평균 규소 농도는 2.7과 5.4mM Si 처리구에서 모두 $1.22\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\text{ dw}$ 이었다(Fig. 3). 이는 지하부의 평균 규소 농도가 2.7과 5.4mM Si 처리구에서 각각 2.58과 $3.24\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}\text{ dw}$ 인 것(Fig. 1)과 비교하면 상대적으로 낮았다. 이것은 뿌리에 흡수된 규소가 각 식물체의 지상부로 빠

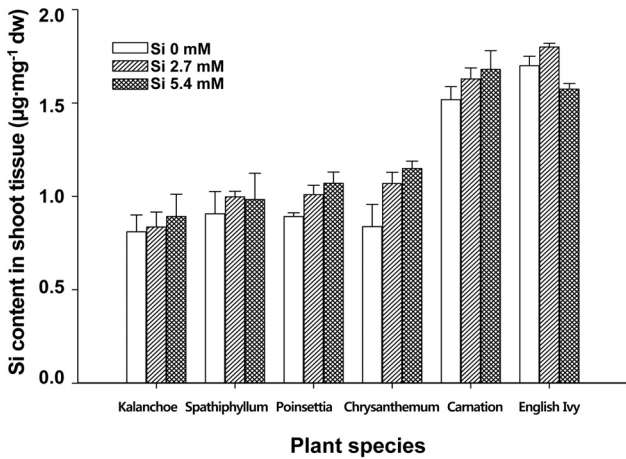


Fig. 3. Silicon contents in the shoot tissues of six potted plant species as affected by the concentration of Si supplemented to a nutrient solution for 15 days in the form of potassium silicate (K_2SiO_3) at 0 (control), 2.7 or 5.4 mM.

르게 이동되지 않았거나, 뿌리에 더 많이 축적되어 뿌리의 생장과 발달에 영향을 주거나 스트레스 저항성을 증진시키는 역할을 할 것이라고 생각된다(Hwang et al., 2005; Moon et al., 2008).

지상부의 규소 농도도 지하부와 동일한 방법으로 살펴본 결과 칼라코에의 2.7과 5.4mM Si 처리구에서 각각 0.84와 0.89 $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ dw로 가장 낮았고 카네이션에서는 각각 1.63과 1.68 $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ dw로 가장 높았다. 특히 카네이션은 지상부와 지하부 모두에서 높게 나타났는데, 이것은 뿌리에서 흡수된 규소를 가장 빠르게 지상부로 이동시켜 신초조직에서 규소 농도가 높아진 것에 기인하는 것으로 보인다. 특히 6가지 식물들의 지상부에 포함된 규소 함량은 각기 다른 것을 볼 수 있었다. 이것은 Mattson and Leatherwood(2010)의 연구에서 18가지 식물의 규소흡수 정도를 calorimetric method를 이용하여 분석한 결과 모든 식물에 축적된 규소 함량은 달랐으며, 특히 8개의 식물에서만 흡수된 규소의 함량이 크게 증가하였다는 결과와 일치한다. 지상부도 지하부와 동일하게 규소 흡수 경향을 알아보기 위해 회귀분석한 결과, 다른 모든 식물들은 양의 값을 나타냈지만, 아이비는 음의 값을 나타내

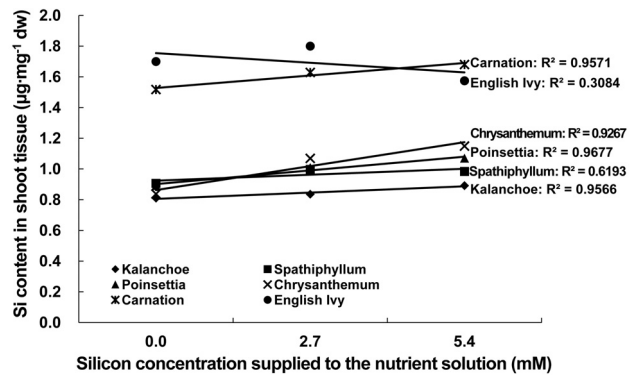


Fig. 4. Simple regression analysis between the Si concentration supplemented to a nutrient solution (x axis) for 15 days and Si content in the shoot tissues (y axis) of six potted plant species.

었다(Fig. 4). 특히 아이비는 지하부와 지상부에서 규소 농도가 높게 나타났지만 양액에 공급한 규소의 농도 증가에 따라 식물에 흡수된 규소 농도가 오히려 감소하였다. 이것은 Mintani and Ma(2005)가 규소흡수에 따른 식물의 분류에서 몇몇의 둔감형 식물들은 물보다 규소를 흡수하는 속도가 늦어 양액 내 규소 함량을 증가시킨다는 결과와 일치한다.

식물체당 총 규소 함량

공급한 규산칼륨(K_2SiO_3)으로부터 6가지 분식물에 의해 흡수된 식물체의 지하부와 지상부를 합친 식물체당 총 규소 함량은 포인세티아에서 가장 높게 나타났는데(Table 1), 이는 타 작물에 비하여 생체량이 가장 컸고 증산작용이 상대적으로 활발하게 이루어지면서 수분과 함께 많은 양의 규소가 흡수되었기 때문인 것으로 보인다.

그리고 이 값에 식물체의 총 건물중으로 나누어 단위 건물중당 규소 농도를 비교하였을 때 카네이션의 2.7과 5.4mM Si 처리에서 2.18과 2.24 $\mu\text{g}\cdot\text{mg}^{-1}$ dw로 모든 작물들 중 카네이션의 단위 건물중당 규소 함량이 가장 높게 나타났다(Fig. 5A).

양액 내의 규소 변화

공급한 규산칼륨(K_2SiO_3)으로부터 6가지 분식물에 의해

Table 1. Total silicon contents in six potted plants showing the uptake trend of Si supplemented to a nutrient solution.

Plant species	Total silicon content in plant (μg per plant)		
	0 mM Si	2.7 mM Si	5.4 mM Si
Chrysanthemum	581	708	1,016
English Ivy	803	871	922
Carnation	875	890	1,001
Spathiphyllum	1,681	1,791	2,217
Kalanchoe	1,711	1,905	1,820
Poinsettia	1,924	2,060	2,999

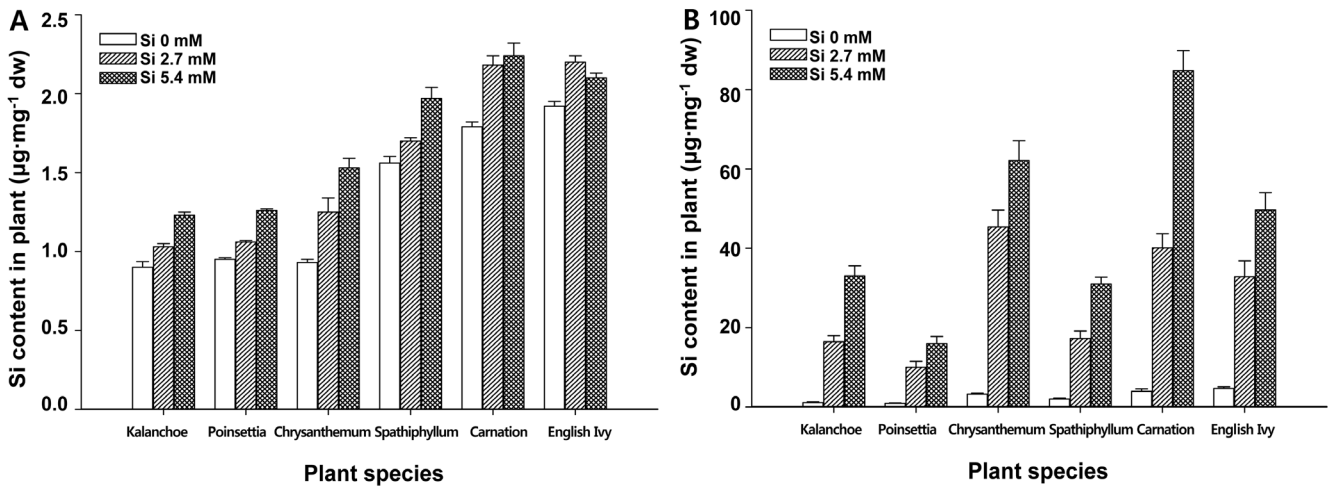


Fig. 5. A comparison of Si content in the plant as measured using the colorimetric molybdate method (A), and amount of Si decreased in the nutrient solution as measured using an ICP-AES (B). The Si was supplemented to a nutrient solution for 15 days in the form of potassium silicate (K_2SiO_3) at a 0 (control), 2.7 or 5.4 mM level, Each bar represents the mean \pm SD ($n = 3$).

흡수된 후 양액에 남은 규소 함량을 ICP-AES를 이용해 분석한 결과 2.7과 5.4mM Si 처리구에서 각각 1.8-2.3와 3.9-4.7mM이었다. 이 결과에서 보면 모든 식물체는 동일한 양의 규소를 흡수하려고 하지만 벼에서와 같이 뿌리에 의한 흡수를 도와줄 수 있는 Si transporter(*Lsi1*)의 역할이 없어 흡수를 증진시키지 못하였거나(Mattson and Leatherwood, 2010), 소량이 흡수되더라도 각각 지하부나 지상부로 이동하여 축적된 것으로 생각된다. Fig. 5는 식물이 흡수한 단위 건물중당 평균 규소 농도를 몰리브덴청법으로 분석한 값과 양액을 ICP로 분석하여 얻은 값을 비교하였다. 그 결과 카네이션에 의한 흡수가 가장 높게 나와 두 가지 규소 분석방법에서 흡수경향이 같은 것으로 나타났다.

식물별로 양액에 첨가된 규소의 흡수 정도를 알아보고, 회귀분석을 통해 흡수 경향을 분석한 결과 아이비를 제외한 모든 식물에서 공급농도의 증가에 따른 흡수도(양의 기울기 값)가 증가하였다. 이를 통해 본 실험에 공급한 규소 농도보다 더 높은 농도로 규소를 공급하면 각 식물체가 흡수할 수 있는 규소의 양이 더 많아질 것이라고 예상할 수 있으며, 이것은 Mattson and Leatherwood(2010)의 연구결과와 일치한다. 6가지 분식물의 흡수 정도를 보면, 카네이션은 지상부와 지하부에서 규소 농도가 가장 높았고, 농도에 따른 규소 흡수량이 비교적 많으므로 양액 내 규소 농도가 높아질수록 더 많은 규소를 흡수할 것이라고 예상되므로 높은 농도의 규소를 공급하는 것이 효과적이라고 판단된다. 아이비는 지상부와 지하부에서 흡수를 잘 하는 편이지만 식물체가 가질 수 있는 최대 규소 농도는 낮으므로 높은 농도의 규소를 공급하면 오히려 규소를 식물체 밖으로 내보려고 하는 경향을

나타냈다. 국화와 포인세티아는 지하부의 흡수가 낮았지만 지상부에는 중간정도의 함량을 가져 규소가 식물체 내에서 빠르게 이동하였고, 회귀분석에서도 비교적 높은 흡수 경향을 나타냈다. 스파티필럼은 지하부에서는 중간 정도로 함유하지만 지상부에서 낮은 농도를 보이므로 규소가 식물체 내에서 느리게 이동하였고, 회귀분석에서도 비교적 낮은 흡수 경향을 나타냈다. 칼란코에는 지상부와 지하부에서 모두 낮은 농도를 보였지만 농도에 따른 규소 흡수 능력이 비교적 높아 높은 농도의 규소를 공급하는 것이 더 효과적일 것으로 판단된다.

종합적으로 위의 결과들을 바탕으로 식물체 전체의 단위 건물중당 평균 규소 농도는 카네이션과 아이비에서 가장 높게 나타났고, 스파티필럼과 국화에서는 중간 정도이며, 칼란코에와 포인세티아에서는 가장 낮게 나타나(Fig. 5A) 6가지 분식물의 규소 흡수 정도와 흡수 경향이 서로 달랐다.

본 연구에 사용된 6가지 분식물은 전 세계적으로 대표적인 식물이라고 할 수는 없지만 다른 작물에 비해 원예적으로 소비가 많은 단기재배형 작물이다. 또한 지금까지 연구되지 않았던 각 분식물의 규소 흡수 정도에 따른 분류와 흡수 경향을 밝히는 것이므로 이 연구의 가치가 있다. 또한 현재까지 보고된 규소의 흡수경향에 따른 분류는 식물체 전체나 식물의 지상부를 중심으로 이루어져 있으므로 본 연구와 같이 지상부와 지하부로 나누어 규소흡수 능력을 비교하는 연구의 가치가 있다고 할 수 있다. 하지만 본 연구는 단기간에 걸친 식물들의 규소 흡수만을 관찰한 것이므로 장기간 재배에 따른 규소 흡수 정도를 기준으로 식물종을 분류하는 실험이 추가적으로 이루어진다면 규소의 이동속도 뿐만 아

나라 시비 수준에 대한 더 나은 권고안을 제시할 수 있을 것이라고 생각된다.

초 록

본 실험은 인공배지가 담긴 용기에서 재배되는 6가지 분식물의 지상부와 지하부에 흡수된 규소의 양과 각 양액에 첨가된 규소의 농도에 따른 흡수 경향을 구명하고자 수행되었다. 화훼농가에서 주로 재배되고 있는 분식물 중에서 국화, 스파티필럼, 칼랑코에, 아이비, 카네이션, 그리고 포인세티아를 선정하고 균일한 묘를 선별하여 350mL 마젠타 박스에서 재배하면서 K_2SiO_3 를 이용하여 Si를 0, 2.7 또는 5.4mM 농도로 첨가하였다. 각 마젠타 박스에 에어펌프에 1m 길이의 polyethylene 튜브를 연결하여 전체 실험기간 동안 $2L \cdot h^{-1}$ (노즐당 $143mL \cdot h^{-1}$)로 양액에 통기하면서 재배하였다. 양액의 EC는 $1.5mS \cdot cm^{-1}$ 로, pH는 5.6으로 실험 시작 전에 조정하였다. 모든 환경 조건이 동일한 조건에서 재배한 작물을 15일째에 수확하여 지하부와 지상부의 규소 함량을 몰리브덴청법을 이용하여 측정하였다. 이를 바탕으로 규소 흡수 정도와 농도에 따른 규소 함량 변화를 알아보기 위해 단순회귀분석을 통해 검증하였으며, 양액 내에 남아 있는 규소 함량은 ICP-AES을 이용하여 측정하였다. 6가지 분식물 중 지하부의 규소 함량은 카네이션에서 가장 높고 포인세티아에서 가장 낮았다. 그리고 지상부의 규소 함량은 카네이션에서 가장 높았고 칼랑코에에서 가장 낮았다. 지상부와 지하부를 합친 식물체의 총규소 함량은 포인세티아, 칼랑코에 및 국화는 규소 흡수 정도가 낮았고, 스파티필럼은 중간 그리고 아이비와 카네이션은 높게 나타났다. 본 연구의 결과에서 규소 흡수 정도는 식물마다 달랐고 회귀분석이 식물에 따라 다양하게 나타났다.

추가 주요어 : 수경재배, 회귀분석, 규소 흡수, 조직규소

인용문헌

- Epstein, E. 1999. Silicon. *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.* 50:641-664.
- Frants, J.M., J.C. Locke, L. Datnoff, M. Omer, and A. Widring. 2008. Detection, distribution, and quantification of silicon in floricultural crops utilizing three distinct analytical methods. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 39:2734-2751.
- Hwang, S.J., H.-M. Park, and B.R. Jeong. 2005. Effect potassium silicate on the growth of miniature rose 'Ponocchio' grown on rockwool and its cut flower quality. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 74:242-247.
- Ma, J.F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stress. *Soil Sci. Plant Nutr.* 50:11-18.
- Ma, J.F. and E. Takahashi. 2002. *Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan.* Elsevier Science, Amsterdam.
- Mattson, N.S. and W.R. Leatherwood. 2010. Potassium silicate drenches increase leaf silicon content and affect morphological traits of several floriculture crops grown in a peat based substrate. *HortScience* 45:1-5.
- Mitani, N. and J.F. Ma. 2005. Uptake system of silicon in different plant species. *J. Expt. Bot.* 56:1255-1261.
- Miyake, Y. and E. Takahashi. 1978. Silicon deficiency of tomato plant. *Soil Sci. Plant Nutr.* 24:175-189.
- Moon, H.H., M.J. Bae, and B.R. Jeong. 2008. Effect of silicate supplemented to medium on rooting of cutting and growth of chrysanthemum. *Flower Res.* 6:93-169.
- Roughael, Y., M. Cardarelli, E. Rea, and G. Colla. 2008. Comparison of the subirrigation and drip-irrigation systems for greenhouse zucchini squash production using saline and non-saline nutrient solutions. *Agric. Water Mangt.* 82:99-117.
- Silber, A., A. Bar-Tai, I. Levkovitch, M. Bruner, H. Yehezkel, D. Shmuel, S. Cohen, E. Matan, L. Kami, H. Aktas, E. Turhan, and B. Aloni. 2009. Manganese nutrition of peper (*Capsicum annuum L.*): Growth, Mn uptake and fruit disorder incidence. *Sci. Hort.* 123:197-203.
- Taber, H.G., S. Diane, and G. Lu. 2002. Extraction of silicon from plant tissue with dilute HCL and HF and inductive coupled argon plasma procedures. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 33:1661-1670.
- Takahashi, E., J.F. Ma, and Y. Miyake. 1990. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. *Comments Agric. Food Chem.* 2:90-122.