

양액재배 절화장미의 생육단계별 N, P, K 흡수 및 체내성분 함량의 변화

최경이* · 조명환 · 서태철 · 노미영 · 이한철 · 이시영
원예연구소 시설원예시험장

Change in Uptake and Tissue Contents of N, P, and K at Different Growth Stages in Hydroponically-Grown Cut Roses

Gyeong Lee Choi*, Myeong Whan Cho, Tae Cheol Seo, Mi Young Roh,
Han Cheol Rhee, and Si young Lee

Protected Horticulture Experiment Station, NHRI, RDA. Busan 618-300, Korea

Abstract. During a 35-day growth cycle, N, P, and K uptake was determined by measuring changes in their contents in culture solutions. At harvest, plants were separated into the roots, base organs and shoot, and dried for tissue analysis for N, P, and K. The uptake rates of N, P, and K followed cyclical patterns that was related to shoot development and harvest, but were independent of the transpiration rate. Uptake of N declined from 5.6 mmol plant⁻¹ day⁻¹ just prior to the cycle initiation to 4.0 mmol plant⁻¹ day⁻¹ at day 15. Uptake rate steadily increased as flower stems reached maturity up to 10.3 mmol plant⁻¹ day⁻¹ at day 35. Uptakes rates of P and K followed similar patterns of N uptake. Tissue concentrations of N and P steadily decreased since day 15. Content of K was the lowest at day 20 and steadily increased thereafter. In the root tissue, N and K contents were the lowest at day 15, increased to day 30, and then decreased at day 35. Tissue P content was just a reverse of those of N and K.

Key words : growth cycle, hydroponics, nutrient solution

서 언

절화장미는 수경재배 비율이 높은 작물로 우리나라는 장미 재배면적 658ha 대비 210ha로 수경재배 비율이 32%를 차지하고 있다. 그런데 수경재배는 배양액 관리가 적정하지 않으면 각 양분의 과부족에 의한 영양장애와 생육불량이 발생하기 쉬워 적절한 양수분 관리가 필요하다(Bernstein, 1964). 장미 배양액으로는 네덜란드의 PBG 배양액(Sonneveld와 Straver, 1992)과 일본의 아이찌현 배양액(Gato, 1994)이 주로 이용되는데 기준농도는 EC 1.4~1.6 dS·m⁻¹이지만 비순환식 수경재배에서는 관행적으로 계절에 따라 일사량이 강할 때는 급액량을 늘리고 급액농도를 낮추며, 일사가 약할 때는 급액량을 줄이고 급액농도를 높여 관리하고

있다(Gato, 1994). 결국 양분의 주요한 조절수단은 수분흡수량을 기반으로 한 배양액의 EC 조절인 것이다. 순환식 수경재배에서는 배양액을 재이용하기 때문에 급액을 늘리고 낮은 농도로 급액하는 것이 Na⁺와 Cl⁻ 이온의 집적을 방지할 수 있어 바람직하다고 보고하기도 하였다(Bass와 van den Berg, 2004). 그런데 Bougoul 등(2000)은 수분의 흡수는 일사량과 강한 상관관계가 있지만 양분의 흡수는 이와 일치하지 않아 일사량이 다른 날의 25% 이하로 감소하여도 N흡수는 큰 차이가 없다고 하였는데 이와 같은 결과는 수분조절을 기반으로 한 급액관리의 한계가 될 수 있다.

또 장미는 수확이후 다음 수확까지의 35~50일의 생장주기로 반복적으로 수확되는데 생육단계에 따른 양분의 흡수특성(Cabrera 등 1995a)이 보고된 바 있으나 식물체 분석을 통한 흡수, 저장, 재분배는 N을 제외한(Cabrera 등 1995b) 다른 성분에 대한 시험 성적

*Corresponding author: Chlruddl@rda.go.kr
Received October 15, 2008; Accepted December 22, 2008

은 없다. 따라서 N, P, K의 생육단계별 흡수와 체내 성분의 변화를 구명하여 수경재배시 생육단계별 급액 관리 기준을 마련하기 위하여 본 시험을 수행하였다.

재료 및 방법

2005년 7월 21일부터 8월 25일까지 미국 캘리포니아주 University of California-Davis에서 시험을 수행하였다. 절화장미 ‘Kardinal’을 1년 동안 화분에서 키우다가 처리 30일전에 뿌리의 흙을 털어내고 8L 용기에 1주씩 이식하여 수경재배에 적응시켰다. 시험을 시작하기 전에 5매엽을 2장 남기고 적심하였으며 완전임의로 7개의 그룹으로 나누어 1그룹당 5주씩 배정하였다. 각 그룹은 5일 동안 식물생장상에 성장시켜 조사하였는데 야간 10시간은 암조건에서 20°C 온도로, 주간 14시간은 광을 $700\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 조사하고 25°C로 온도를 조절하였다.

5일마다 한 그룹씩 식물생장상에 옮겨 3일은 배양액만 교체한 후, 2일간의 배양액의 감소량을 조사하고 양분변화를 조사하기 위한 시료를 채취하는 방식으로 5일 사이에 2회 배양액을 교체하였다. 배양액은 0.5 mM NH_4^+ , 7.0mM NO_3^- , 0.5mM H_2PO_4^- , 3.0mM K^+ , 2.0mM Ca^{2+} , 1mM Mg^{2+} , 1mM SO_4^{2-} 인 Hoagland 배양액(Hoagland와 Aron, 1950)을 이용하였다. 공급 양액의 EC는 $1.0\text{dS}\cdot\text{m}^{-1}$ 으로, pH는

5.8~6.0으로 조절하였다. 건물중 및 식물체내 양분의 함량은 뿌리, 경화된 지상부 조직(줄기, 잎), 새로 발생한 절화지로 나누어 건조시킨 후 건물중을 재고 마쇄하여 식물체내 양분의 함량을 조사하였다. 양액의 양이온은 ICP(Intergra XL GBC)로 분석하였고, 음이온은 IC(Dionex DX-500)으로 분석하였다. 식물체는 건조시료 0.5g을 정량하여 습식분해액으로 분해한 후 N은 AA(Bran LUBBE)로 K는 ICP로 분석하였으며, P는 Cary100 비색법으로 분석하였다.

결과 및 고찰

증산량은 수확 직후에는 하루에 약 0.6L였으나 수확기에는 엽면적의 증가에 따라 1.8L까지 증가하였는데 (Fig. 1A) 이것은 일반적으로 암면 등의 배지를 이용할 때 여름철 급액관리 기준(Gato, 1994) 보다는 상당히 많은 것으로 이와 같은 결과가 발생한 것은 첫째, 담액수경재배이기 때문에 더 쉽게 수분을 흡수했을 것이고 둘째, 성장상에서 실험을 수행해도 미국의 캘리포니아의 여름철에 공기 중 상대습도가 상당히 낮아 증산량이 많았던 것으로 생각되며 셋째, 적심시 5매엽을 2장씩 남겨 엽면적이 상당히 많았기 때문으로 판단된다.

pH는 신초의 생장이 시작되는 10일경부터 신초가 왕성하게 성장하는 20일까지는 낮아지고 발육하기 시

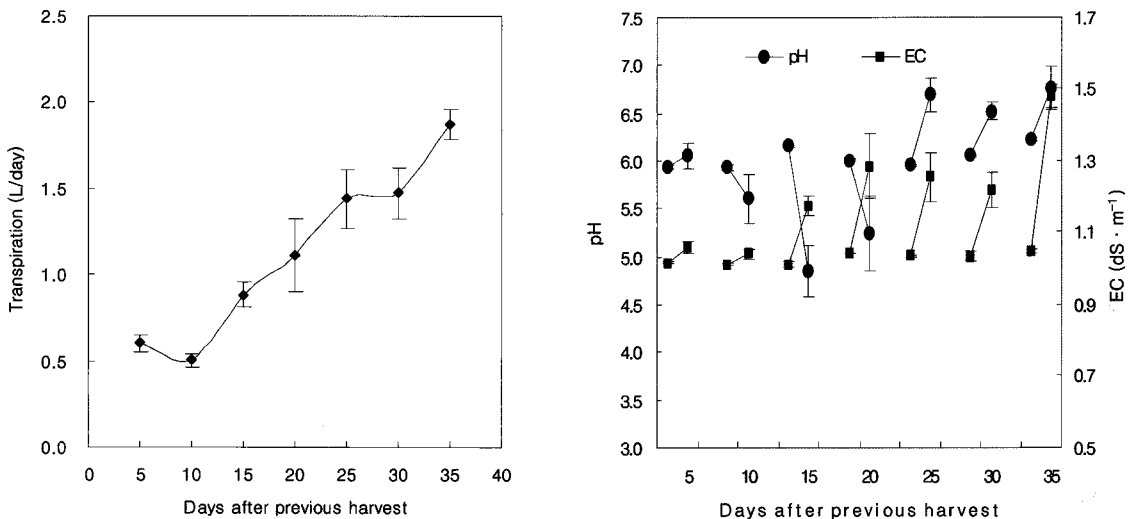


Fig. 1. Change in daily transpiration rate of the plant (A) and pH and EC (B) of the hydroponic solution used for ‘Kardinal’ rose over a flowering cycle.

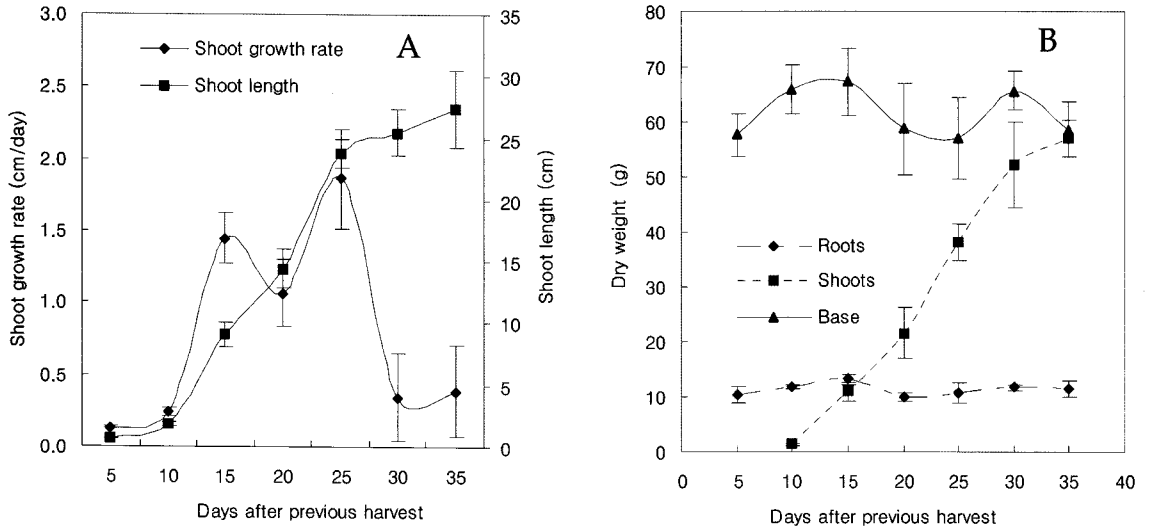


Fig. 2. Change in shoot development (A) and dry weight (B) of 'Kardinal' rose grown in a hydroponic solution over a flowering cycle. Data are means (\pm SE) of five plants.

작하는 25일경부터 수확기까지는 높아지는 경향을 나타내었다. EC는 신초가 성장하여 엽면적이 증가할수록 높아지는 경향을 나타내었다(Fig. 1B).

시험기간 동안의 성장 단계를 나누어 본다면 맹이는 시험 시작 후 10일경, 발되는 20일경, 수확기는 35일경에 도달하였는데 일평균 신초 성장율은 10일 이후부터 증가하였다가 25일 이후에는 둔화되었다(Fig. 2A).

뿌리의 건물중은 수확 후 10일과 15일에 약간 높게 나타난 것을 제외하고 생육기간을 통하여 유의한 차이가 발생하지 않았다. 이것은 Cabrera 등(1995b)이 뿌리의 건물중은 신초의 급속한 생장이 정지되는 시기부터 증가한다는 결과나, Kim 등(2005)이 수확 이후 뿌리의 생장이 멈추고 급격하게 세균이 죽었다고 한 것과는 다른 결과이다. 신초의 건물중은 맹이하여 성장하기 시작하는 10일 이후부터 지속적으로 증가하였으며, 지상부 묵은 조직의 건물중은 개체간의 차이에 기인한 것으로 보이며 성장단계에 따른 유의한 차이는 없었다(Fig. 2B).

생육기간 중의 N의 흡수 양상은 직전 수확이후 20일까지는 흡수량이 매우 적다가 이후 급격히 증가하는 경향을 나타내었다(Fig. 3). 이와 같은 패턴은 Cabrera 등(1995a)이 보고한 내용과 거의 비슷하며, 다른 목본류에서도 N의 흡수는 이와 비슷한 현상을 나타내는데(Gilliam과 Wright, 1978, Mertens와 Wright, 1978) 신초가 성장하는 동안에는 신초와 잎은 광합성의 주요

한 sink가 되므로 뿌리로의 탄수화물의 공급이 감소하므로 뿌리의 성장과 양분의 흡수와 같은 에너지가 요구되는 작용은 감소된다고 하였다. K의 흡수는 10일경에 가장 적어 1일 주당 0.75mmol이 흡수되었다 이후 점진적으로 증가하여 35일에는 3.8mmol까지 증가하였다. P는 N과 거의 비슷한 양상을 나타내었으나, 15일과 20일에는 흡수되지 않고 오히려 뿌리로부터 유출된 것으로 나타났는데(Fig. 3) 이런 유출현상은 첫째, 독물, O₂부족, Ca²⁺ 부족 등에 의해 일어나 결국 세포를 죽게 하는 경우, 둘째, 저염성 뿌리에서 흡수가 일정한 방향으로 유입될 때, 셋째, 뿌리에서 이온의 농도가 높을 때 일어난다고 하였는데(Salisbury와 Ross, 1994) 건물당 P의 농도가 이 시기에 매우 높았던 것(Fig. 3)으로 판단할 때 세 번째 이유가 원인으로 작용했을 가능성이 있다. Cabrera 등(1995a)의 결과에서도 K는 다른 이온보다 더 빠른 시기에 증가하기 시작하였는데 이것이 생리적으로 어떤 의미를 가지는지는 더 연구가 필요할 것으로 생각된다.

식물체 건물당 N의 함량은 묵은 지상부 조직에서는 15일까지는 증가하는 경향을 나타내다가 이후 점차 감소하였으며, 신초에서는 시간이 지날수록 점차 감소하였다. 뿌리에서는 수확이후 15일까지 점차 감소하다가 증가한 후 35일에는 농도가 낮아졌다. 뿌리나 묵은 지상부 조직에서 양분농도가 낮아지는 것은 신초가 성장할 때 필요한 양분이 이들 조직으로부터 재이동이 되

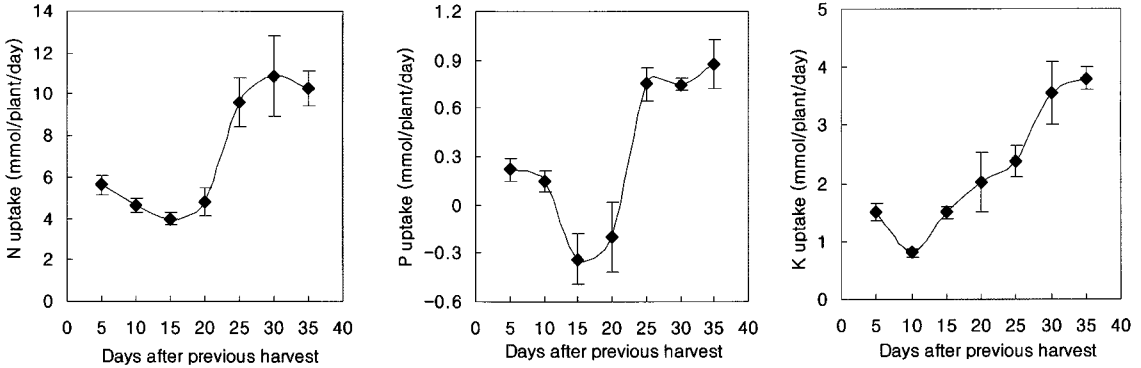


Fig. 3. Average daily uptake of N, P, and K by 'Kardinal' rose in a hydroponic solution over a flowering cycle. Data are means (\pm SE) of five plants.

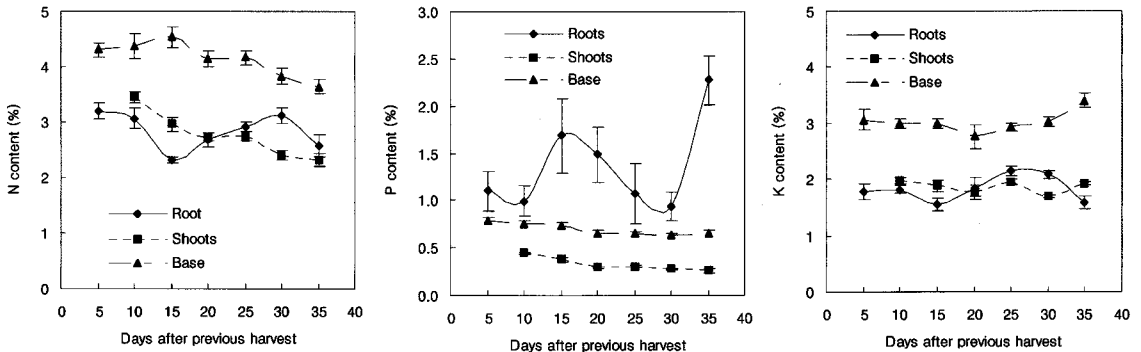


Fig. 4. Distribution of N, P, and K within 'Kardinal' rose over a flowering cycle. Data are means (\pm SE) of five plants.

있기 때문이라고 생각된다. Cabrera 등(1995b)은 신초의 급격한 생장 이후 각 조직의 N의 농도가 높아졌다고 한 것과 달리 본 시험에서는 30일에 비하여 35일째에 농도가 낮아졌다.

P는 뿌리에서 가장 높은 농도로 분포하였으며, 묵은 지상부 조직과 신초에서 점차 낮아지는 경향으로 다른 조직에서는 N과 비슷한 경향을 나타내었으나 뿌리에서는 거의 반대로 15일에 최대가 되었다가 30일까지 감소하고 35일째에 농도가 급격히 높아졌다. 15일째에 뿌리에서 1.69%로 높은 농도의 P가 존재한 것은 흡수패턴(Fig. 3)과 다른 조직으로부터의 재이동 총량으로 판단했을 때 본 시험의 결과로는 해석하기 어려운 부분으로 시험수행이나 분석상의 오차에 의한 것인지 추가적인 시험이 필요할 것으로 생각된다. K는 묵은 지상부 조직에서 수확후 20일까지는 농도가 낮아지다가 이후 점진적으로 증가하였으며 다른 조직은 N과 비슷한 양상을 나타내었다(Fig. 4). 전체적으로 수확기

에서 맹아이전까지 양분의 축적이 이루어질 것이라는 가설을 세웠으나 수확기에도 뿌리의 P와 묵은조직의 K의 농도를 제외하고 낮아지는 경향을 나타내었다. 따라서 이 시기에 뿌리로부터 양분을 충분히 공급받지 못했을 수도 있어서 더 높은 농도의 배양액을 공급해야 하는지에 대한 추가적인 실험이 필요할 것으로 보인다.

적 요

이전 수확으로부터 다음 수확기까지 35일 동안 생육 단계별 장미의 양분 흡수와 식물체내 재분배 및 이동 양상을 구명하여 수경재배 시 생육단계별 급액관리 기준을 마련하고자 본 시험을 수행하였다. 양분의 흡수는 증산량에 관계없이 작물의 생장단계에 따라서 다른 특성을 나타내었다. 주당 1일 N의 흡수는 생육초기 5.6mmol에서 감소하여 15일째에는 4.0mmol로 최소가

된 이후, 점차 증가하여 35일째에는 10.3mmol로 증가하였다. 묵은 지상부 조직의 N과 P 농도는 15일 이후 점차 감소하였으며, K는 20일에 최소가 되었다가 점차 증가하는 경향이였다. 뿌리에서는 N과 K는 15일에 최소가 되었다가 30일에 최대가 되었다가 35일째는 감소하였다. P는 N과 K의 농도 변화와 거의 반대 패턴이였다.

주제어 : 배양액, 생육단계, 수경재배

인 용 문 헌

1. Bass, R., and D. van den Berg. 2004. Limiting nutrient emission from a cut rose closed system by high-flux irrigation and low nutrient concentrations. *Acta Hort.* 644:39-46.
2. Bernstein, L. 1964. Salinity and roses. *Am. Rose Ann.* 49:120-124.
3. Bougoul, S., R. Brun, and A. Jaffein. 2000. Nitrate absorption-concentration of *Rosa hybrida* cv. Sweet Promise grown in soilless culture. *Agronomie* 20:165-174.
4. Cabrera, R.I., R.Y. Evans, and J.L. Paul. 1995a. Cyclic nitrogen uptake by greenhouse roses. *Sci. Hortic.* 63:57-66.
5. Cabrera, R.I., R.Y. Evans, and J.L. Paul. 1995b. Nitrogen partitioning in rose plants over flowering cycle. *Sci. Hortic.* 63:67-76.
6. Gato, T. 1994. Cut flower soilless culture. *Nongmonhyup.* p. 143-144.
7. Gilliam, C.H. and R.D. Wright. 1978. Timing of fertilizer application in relation to growth flushes of 'Helleri' holly (*Ilex crenata* Thunb.). *HortScience* 13:300-301.
8. Hoagland, D.R. and D.I. Arnon. 1950. The water-culture method for growing plants without soil. In *Circ.* 347, California Agricultural Experiment Station, University of California. p. 32.
9. Kim, W.S., M.Y. Roh, and J.H. Lieth. 2005. Modeling root growth of cut roses over flowering cycles. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 23(Suppl):107.
10. Mertens, W.C. and R.D. Wright. 1978. Root and shoot growth rate relationships of two cultivars of Japanese holly. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103:722-724.
11. Salisbury, F. and C. Ross. 1994. *Plant physiology.* 4th ed. Cell: Water, solution, and surfaces. p. 137.
12. Sonneveld, C. and N. Straver. 1992. Nutrient solutions for vegetables and flowers grown in water or substrates. *Voedingsoplossingen glastuinbouw.* No. 8. p. 15.