

## 식물생산공장식 양액재배시 근권부 온도가 장미의 생육 및 품질에 미치는 영향<sup>1)</sup>

이혜진 · 이용범 · 배종향<sup>1\*</sup>

서울시립대학교 환경원예학과, <sup>1</sup>원광대학교 식물자원과학부(생명자원과학연구소)

### Effect of Root Zone Temperature on the Growth and Quality of Single-Stemmed Rose in Cutted Rose Production Factory

Hye Jin Lee, Yong-Beom Lee, and Jong Hyang Bae<sup>1\*</sup>

Dept. of Environmental Horticulture, University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

<sup>1</sup>Division of Plant and Resource Science, Wonkwang University, Iksan 570-749. Korea

**Abstract.** A rose factory type is a system that enables year-round, planned and mass production of high quality cut-rose. Conversion of a conventional system to a rose factory is essential to increase cut-rose export. Controlling root zone in cutted rose production factory is very important for economic and efficient production of rose. This study was conducted to determine optimum root zone temperature of nutrient solution in single-stemmed rose production system. The optimum temperature of the nutrient solution for growth, photosynthetic and transpiration rates for 'Red Velvet' was 15–20°C. Whereas the optimum temperature for 'Vital' was 10–15°C. However, growth was almost stopped at 30°C, resulting in concluding the adaptation of 'Vital' to high temperature was poor as compared with 'Red Velvet'.

**Key words :** cut flower length, net CO<sub>2</sub> assimilation rate, plant factory, root zone temperature, transpiration rate, water use efficiency(WUE)

\*Corresponding author

<sup>1)</sup>이 논문은 2003년도 원광대학교 교비지원에 의해 연구된 것입니다.

## 서 언

우리나라의 장미 재배면적은 1992년 이후 유리온실의 보급과 유통지원 사업의 확대에 2003년도에 821.0 ha로 확대되어 화훼 전체 면적의 12.0%, 생산액의 20.2%를 차지하였다. 이들은 일본으로 수출되어 수출액이 1992년에 27천 달러에 비해 2003년에 10.4백만 달러로써 385배 증가하였다(RDA, 2004).

이는 우리의 주요 수출 대상국인 일본의 꾸준한 소비량 증가에 따라 수입 의존도가 점점 늘어나고 있고, 국내 절화 장미의 품질이 인정을 받고 있기 때문에 수출 전망은 매우 밝다.

그렇지만 다른 나라와의 수출경쟁력 확보하기 위해서는 품질 향상과 생산 단가의 인하가 시급한 실정이다. 따라서 노동집약적인 장미 생산체계는 기술 집약적

인 공장생산체계로의 전환이 절실히 요구되고 있으나 이를 위한 관련기술과 시스템이 아직 취약한 실정이다. 또한 제한된 재배 면적, 부적합한 재배 환경, 인건비 상승과 농업에 대한 기피 인식 등이 소비자의 수요 욕구를 만족시킬 수 없기 때문에 식물 생산을 자동화할 수 있는 공장적 생산방식으로서의 전환이 필연적이다.

식물공장이란 재배시설 내에서 최적 재배환경을 유지하면서 연중 균일한 품질의 식물을 자동 생산할 수 있는 시스템 또는 고도의 환경제어로 식물을 주년 생산하는 시스템이라 할 수 있다(Park과 Kim, 1999).

장미 식물공장 시스템을 활용하기에 적합한 재배 방식은 single-stemmed rose 방식이 있다. 이는 짧은 재배기간에 단위면적당 균일한 장미를 더 많이 생산할 수 있는 장점을 갖는다(Anderson, 1990; Bredmose와 Hansen, 1996a; Bredmose와 Hansen, 1996b; Stoltz

와 Anderson, 1988; van Weel, 1996). Bredmose와 Hansen(1996)는 이와 관련하여 삼수의 채취 위치, 광량 및 재식밀도가 생육과 개화에 미치는 영향을 연구하였다.

근권온도에 따른 뿌리 생장은 뿌리 분열조직으로 동화산물의 전류와 직접적인 관계가 있다(Cumbus와 Nye, 1982). 근권온도가 낮으면 뿌리생육이 지연되어 길이는 짧아지고 두꺼워지며, 결뿌리의 발달이 약해진다(Gregory, 1983). 또한 근권부의 온도가 낮아짐에 따라 뿌리 생육에 필요한 당 및 무기양분의 축적과 각종 효소 및 호르몬의 분비가 원활하지 못하여 뿌리 생육이 불량해 짐으로서 결국 지상부로의 양수분 공급이 원활하게 이루어지지 않아 지상부의 생육이 불량해진다(Bowen, 1991).

Shanks와 Laurie(1949)는 장미의 지상부 생육에 적당한 근권부 온도는 16.4°C라고 하였으며, Brown과 Ormrod(1980)는 주간온도 16°C, 야간온도가 11°C인 조건에서 근권부를 25°C로 유지하면 생육과 절화 수량

을 높일 수 있다고 하였다. 또한 Schaupmeyer(1984)는 근권부 온도를 26~27°C로 높이면 수량이 9% 증수된다고 보고하였다.

그렇지만 절화 장미를 연중 계획 생산할 수 있는 장미 식물공장하에서 single-stemmed rose 수경재배시 배양액의 온도에 대한 연구는 미흡하다. 따라서 본 실험은 이에 대한 영향을 밝혀 장미 식물공장의 실용화에 필요한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

공시품종인 'Red Velvet'와 'Vital'을 2001년 11월 25일 삼목하여 발근된 묘를 2002년 1월 21일 분무경 방식으로 스티로폼(50×64×25cm) 베드에 정식하였다. 베드는 배액구 쪽에 30L 급배액 용기를 설치한 후 30W 용량의 수중 전기 펌프(UP 300, Hyupsin, Korea)를 사용하여 배양액을 순환시켰고, 베드 안쪽 지하부로부터 20cm 떨어진 지점에 시간당 120L 분무되는 미

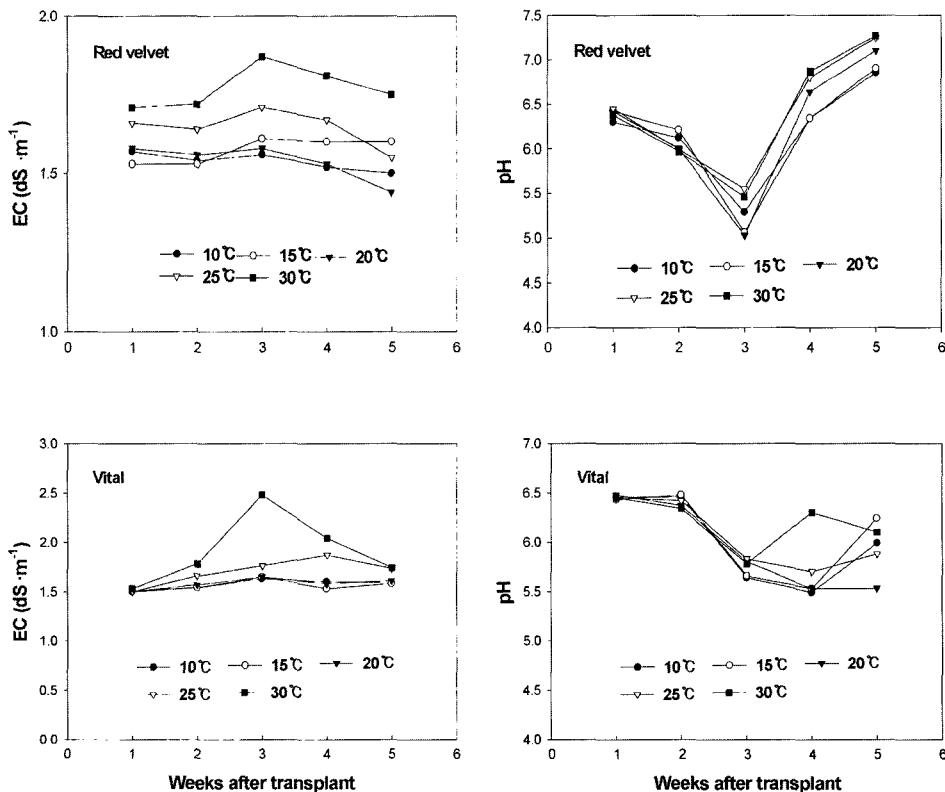


Fig. 1. Changes of pH and EC of nutrient solution in different root-zone temperature control.

스트를 10cm 간격으로 2개 설치하였다. 배양액은 서울시립대학교 순환식 장미 배양액(Kang, 2001)을 사용하여 배양액의 EC는  $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ , pH는  $5.8 \pm 0.2$ 로 2일 간격으로 조정하였다. 배양액의 온도는 급배액 용기에 자동온도조절기를 부착하여  $10 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $15 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $20 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ,  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ 로 조절하였다. 생육 중간에 절화장의 변화를 측정하였고, 개화시에 광합성률과 증산량을 측정하였다. 절화 장미의 생육과 품질은 정식 35일 후 수확하여 절화장, 경경, 엽수, 최대 엽장, 최대 엽폭 등을 조사하였다.

## 결과 및 고찰

배양액 온도에 따른 'Red Velvet'와 'Vital'의 EC와 pH 변화는 Fig. 1과 같다.

온도에 따른 배양액의 EC 변화는 배양액의 온도가 높을수록 증발량의 증가로 인하여 폭이 컸다. 즉 근권 온도가  $25\sim 30^\circ\text{C}$ 에서의 EC 변화폭이 큰 반면에  $10\sim 20^\circ\text{C}$ 에서는 EC 변화폭이 상대적으로 적게 나타났다. 근권온도에 따른 배양액의 pH는 EC에 비해 뚜렷한 경향은 없었으나 온도가 높을수록 배양액의 pH가 높은 경향을 보였다.

'Red Velvet'의 경우 배양액 온도별 광합성률과 증산률, 수분이용효율은 큰 차이는 없었으나  $15\sim 20^\circ\text{C}$ 에

서 광합성률, 증산률 및 수분이용효율이 가장 높게 나타났고 온도가 높아질수록 감소하는 경향을 보였다.

반면에 'Vital'은 'Red Velvet'에 비해 배양액의 온도가  $15^\circ\text{C}$ 에서 광합성률, 증산률 및 수분이용효율이 높았다. 고온일수록 광합성률과 증산률이 급격히 감소하는 경향을 보였으며, 특히 고온에 대한 적응능력이 'Red Velvet'에 비해 상대적으로 낮았다. 광합성률은 광,  $\text{CO}_2$ , 습도, 온도 등 여러 가지 요인에 의해 달라질 수 있다. Jiao 등(1991)은 장미의 광합성률에 관여하는 정도를 다중회귀분석( $R^2=0.86$ )을 통해 광이 70%,  $\text{CO}_2$  농도가 20%, 그리고 기온이 50% 정도 관여하는 것으로 보고하였다. 본 연구에서는 근권 온도에 따른 생리적 반응이 영향을 받으며, 특히 품종에 따른 반응 차이가 있음을 알 수 있었다.

배양액의 온도가 엽내 무기이온 함량에 미치는 영향은 Table 2와 같은데, 'Red Velvet'의 경우 N, P, K는  $10\sim 15^\circ\text{C}$  범위에서 가장 높게 나타났고, Ca은 처리간 차이는 없었으나  $15^\circ\text{C}$ 에서 가장 높았다. Mg은 저온보다는 고온에서 그 함량이 높게 나타났다. 반면에 'Vital'은 'Red Velvet'에 비해 처리간 차이가 나타나지 않았다.

장미의 생육 및 수량은 'Red Velvet'의 경우 근권부 온도가  $15^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$ 일 때 가장 높았다.  $30^\circ\text{C}$ 의 경우 다른 처리에 비해 지상부나 지하부 생육에서 별

**Table 1.** Effects of nutrient solution temperature on photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency(WUE) of single-stemmed rose 'Red Velvet' and 'Vital' grown in aeroponics (Measured at PAR  $800\sim 900 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , air temp  $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , leaf temp  $25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ , R.H.  $67.69 \pm 0.05\%$ , flow rate  $500 \pm 0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

Root-zone temperature ( $^\circ\text{C}$ )	Photosynthetic rate ( $\mu\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	Transpiration rate ( $\text{mmol} \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ )	WUE ( $\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O}^{-1}$ )
'Red Velvet'			
10	7.87 a <sup>2</sup>	1.58 b	71.76 c
15	10.60 a	2.68 a	89.92 a
20	9.71 a	2.49 a	88.16 a
25	8.89 a	2.31 a	77.97 b
30	8.45 a	2.16 ab	74.50 bc
'Vital'			
10	10.06 a	2.77 a	55.87 b
15	8.27 ab	2.16 b	145.24 a
20	5.27 c	1.72 c	73.69 b
25	5.90 bc	1.41 d	55.28 b
30	- d	- e	- c

<sup>2</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

**Table 2.** Mineral nutrient contents in leaves of single-stemmed rose ‘Red Velvet’ and ‘Vital’ as influenced by nutrient solution temperature grown in aeroponics for 5 weeks.

Root zone temperature (°C)	Mineral nutrient (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
‘Red Velvet’					
10	5.25 b <sup>c</sup>	0.81 b	2.46 ab	2.02 a	0.28 b
15	5.76 a	1.19 a	2.43 b	2.39 a	0.30 ab
20	4.80 bc	0.81 b	2.82 a	2.08 a	0.30 ab
25	4.53 c	0.78 b	2.12 bc	2.21 a	0.31 a
30	3.82 d	0.59 c	1.95 c	1.85 a	0.32 a
‘Vital’					
10	4.12 ab	0.75 a	2.64 a	1.42 a	0.17 a
15	3.42 b	0.56 a	2.46 a	1.24 a	0.13 a
20	2.99 b	0.71 a	2.64 a	1.34 a	0.16 a
25	5.12 a	0.60 a	2.54 a	1.57 a	0.20 a
30	- c	- b	- b	- b	- b

<sup>c</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

차이가 나타나지 않았던 것은 지하부의 고온이 생육을 저해하더라도 지상부가 감응하는 온도가 장미의 생육에 적합한 온도범위에 있었기 때문에 지하부 고온의 영향이 그리 크지 않았던 것으로 보인다. 또한 뿌리의 발생에 있어서 사진자료가 첨부되지는 않았으나 입상암면 pot 안의 뿌리 분포를 비교했을 때 10, 15, 20, 25°C에서는 입상암면 pot 안쪽으로 발생한 뿌리가 거의 없었으나 30°C에서는 입상암면 pot 안에 발생된

뿌리의 양이 월등히 많았다. 즉 고온의 피해를 피하기 위해 뿌리가 pot 안에서 발생한 것으로 생각한다.

온도에 따른 뿌리의 형태적 특징을 살펴보면 배양액의 온도가 높아질수록 뿌리가 가늘고 길게 발달하였으며 세근의 발생도 많은 반면, 배양액의 온도가 낮은 경우 뿌리의 굵기가 굵고 짧으며 세근발생이 잘 이루어지지 않았다. 따라서 ‘Red Velvet’은 고온보다는 15~20°C 사이의 온도 범위가 근권부와 지상부 생육, 질

**Table 3.** Effect of nutrient solution temperatures on growth of single-stemmed rose ‘Red Velvet’ and ‘Vital’ grown in aeroponics.

Root zone temperature (°C)	Cut flower			Stem diameter (cm)	Max. leaf		No. of leaf (ea/pl)
	Length (cm)	Weight (g)	Dry weight (g)		Length (cm)	Width (cm)	
‘Red Velvet’							
10	47.0 b <sup>c</sup>	37.16 a	8.28 a	0.66 a	17.5 a	16.0 a	8 b
15	55.5 a	37.63 a	8.22 a	0.69 a	19.7 a	17.3 a	11 a
20	55.0 a	31.81 a	7.93 a	0.67 a	19.5 a	16.5 a	11 a
25	51.5 ab	35.24 a	8.13 a	0.63 a	19.7 a	17.4 a	9 ab
30	51.7 ab	36.39 a	8.05 a	0.69 a	18.6 a	17.0 a	11 a
‘Vital’							
10	51.0 a	37.00 a	9.05 a	0.5 b	13.5 b	12.3 b	11 a
15	48.0 b	17.60 c	7.43 b	0.5 b	16.3 a	13.0 a	11 a
20	50.0 a	26.60 b	7.11 bc	0.6 a	13.3 b	10.6 c	11 a
25	47.8 b	20.85 c	8.91 c	0.5 b	13.0 b	13.0 a	9 b
30	- c	- d	- d	- c	- c	- d	- c

<sup>c</sup>Mean separation within columns by Duncan's multiple range test, 5% level.

화품질에 적정 범위인 것으로 생각된다.

반면에 'Vital'은 'Red Velvet' 보다 근권부 온도에 대해 민감한 반응을 보였다. 광합성률과 증산률 모두 10~15°C에서 높게 나타났고 생육 또한 같은 경향을 나타냈다. 30°C의 경우 생육초기에는 뿌리의 갈변과 저조한 생육을 보이다가 생육중반부터 고사되기 시작하여 실험종료시에는 전체가 고사하였다. 또한 'Red Velvet'은 근권부 온도에 적응하는 범위가 넓은데 비해 'Vital'은 그 범위가 좁고 민감하다. 따라서 'Vital'은 고온보다는 저온으로 근권부를 관리하는 것이 좋는데 그 범위는 10~15°C 정도가 적합하리라 생각한다.

## 적 요

장미 식물공장식 양액재배는 고품질의 절화를 대량으로 계획 생산할 수 있는 시스템으로 장미 수출증가에 따라 기존의 재배 방식에서 식물공장 형태로의 전환이 필수적이다. 또한 식물공장에서의 경제적이고, 효율적인 생산을 위한 지하부 환경의 최적 관리 기술 개발이 절실한 실정이다. 따라서 장미 식물공장에 적합한 single-stemmed rose 수경재배시 배양액의 온도과 같은 지하부 환경요인이 장미의 생육과 품질에 미치는 영향을 알아보고자 실험하였다.

배양액의 온도에 따른 'Red Velvet'의 광합성률, 증산량, 생육 및 수량이 15~20°C에서 높게 나타나 적정 배양액 온도임을 알 수 있었다. 반면에 'Vital'은 10~15°C에서 생육이 가장 왕성하고 30°C의 고온에서는 거의 생육이 이루어지지 않아 'Red Velvet'과는 달리 고온의 배양액에 대한 적응력이 낮은 것으로 나타났다.

**주제어** : 절화장, 광합성률, 식물공장, 근권온도, 증산률, 수분이용효율

## 인 용 문 헌

- Anderson, R.G. 1990. Use of pot plant mechanization techniques to produce short stemmed cut flower for supermarket bouquets. *Acta Hort.* 272:319-326.
- Bowen, G.D. 1991. Soil temperature, root growth, and plant function. p. 309-330. In: Y. Waise, A. Eshel, and U. Kafkafi (eds.). *Plant roots*. Maracel Dekker, New York.
- Bredmose, N. and J. Hansen. 1996a. Topophysis affects the potential of axillary bud growth, fresh biomass accumulation and specific fresh weight in single-stemmed rose (*Rosa hybrida* L.). *Ann. Bot.* 78:215-222.
- Bredmose, N. and J. Hansen. 1996b. Potential of growth and flowering in single-stemmed rose (*Rosa hybrida* L.) plants as affected by topophysis. *Acta Hort.* 440:99-104.
- Brown, W.W. and D.P. Ormrod. 1980. Soil temperature effects on greenhouse roses in relation to air temperature and nutrition. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 150(1):57-59.
- Cumbus, I.P. and P.H. Nye. 1982. Root zone temperature effects on growth and nitrate absorption in rape (*brassica napus* cv. Emerald). *J. Exp. Bot.* 33:1138-1146.
- Gregory, P.J. 1983. Response to temperature in a stand of pearl millet(*Pennisetum thyoides* S. & H.). VIII. Root development. *J. Ext Bot.* 37:379-388.
- Jin, Y.H. 2001. Determination of optimum substrate and hydroponic system for Pre-and Post- transplanting in a rose factory. The Univ. of Seoul. Korea.
- Kang, M.J. 2001. Development of optimum nutrient solution for single-stemmed rose in a plant factory. The Univ. of Seoul.
- Moss, G.I. 1983. Root zone warming of greenhouse tomatoes nutrient film as a mean of reducing heating requirements. *Journal of Horticultural Science* 58:103-109.
- Park, K.W. and Y.S. Kim. 1998. *Hydroponics in horticulture*. Academic Press, Seoul.
- Rural Development Administration. 2004. Statistical data of soilless culture area in Korea.
- Schaupmeyer, C.A. 1984. Response of commercial rose crop to root-zone warming. *Acta Hort.* 148:825-826.
- Shanks, J.B. and A. Laurie. 1949. Rose root studies; some effects of soil temperature. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 54:495-499.
- Stoltz, L.P. and R.G. Dutton. 1988. Rooting of single node cutting of roses. *Acta Hort.* 227:230-235.
- Weel, P.A. Van, 1996. Rose factory design. *Acta Hort.* 440:298-303.

- Anderson, R.G. 1990. Use of pot plant mechanization techniques to produce short stemmed cut flower for