

## 절화장미 수경재배시 배양액의 농도와 pH가 생육과 품질에 미치는 영향<sup>1)</sup>

이혜진 · 양은영 · 박금순 · 이용범 · 배종향<sup>1\*</sup> · 전경수<sup>2</sup>  
서울시립대학교 환경원예학과, <sup>1</sup>원광대학교 식물자원과학부,  
<sup>2</sup>원광대학교 생물환경과학부(생명자원과학연구소)

## Effect of EC and pH of Nutrient Solution on the Growth and Quality of Single-Stemmed Rose in Cutted Rose Production Factory

Hye Jin Lee, Eun-Young Yang, Keum-Soon Park, Yong-Beom Lee,  
Jong Hyang Bae<sup>1\*</sup>, and Kyung Soo Jeon<sup>2</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*

*<sup>2</sup>Division of Bio-Environment Science, Wonkwang University, Iksan 570-749, Korea*

**Abstract.** The experiment was conducted to investigate the effect of EC and pH of nutrient solution on the growth and quality of the single-stemmed rose grown in a rose factory installed with hydroponic system. The growth and quality of the single-stemmed rose were not significantly different from each other with the EC of the nutrient solutions 1.0~3.5 dS · m<sup>-1</sup>, which resulted in concluding high concentration of the nutrient solution was not necessary. The optimum range of the EC for single-stemmed rose was 1.5~2.0 dS · m<sup>-1</sup> considering plant growth, photosynthetic and transpiration rates. The optimum range of the pH for good plant growth without any visible physiological disorder was 4.0~6.0. Therefore, to keep the pH of the nutrient solution for rose low compared to other plants was beneficial for plant growth and uptake of the mineral ions.

**Key words :** deep flow technique, net CO<sub>2</sub> assimilation rate, plant factory, root activity, transpiration rate, water use efficiency(WUE)

\*Corresponding author

<sup>1)</sup>이 논문은 2002년도 원광대학교 교비지원에 의해 연구된 것입니다.

### 서 언

우리나라의 절화 장미가 시설재배 면적의 증가와 재배기술의 향상으로 일본 시장에서 품질을 인정받아 일본으로 수출되어 2003년에 10.4백만 달러를 차지하였다(RDA, 2004).

최근에는 저렴한 가격에 이용할 수 있는 casual flower에 대한 수요가 선진국을 중심으로 급증하고 있으며, 특히 일본에서 수입을 강력히 원하고 있는 실정이나 이에 대한 생산과 연구는 이루어지지 않고 있다. 따라서 노동집약적인 장미 생산체계는 기술 집약적인 공장생산 체계로의 전환이 절실히 요구되고 있으나 이

를 위한 관련기술과 시스템이 아직 취약한 실정이다.

차세대 첨단농업 재배기술인 식물공장은 재배시설 내에서 고도의 환경제어로 최적의 재배환경을 유지하면서 연중 균일한 품질의 식물을 자동 생산할 수 있는 시스템이라 할 수 있다(Park과 Kim, 1999). 그러나 화훼작물을 대상으로 한 식물공장에 관련된 연구는 기본설계 수준(Weel, 1996)이다.

장미의 식물공장 생산은 single-stemmed rose 방식이 적합하다. 이는 짧은 재배기간에 단위면적당 균일한 장미를 더 많이 생산할 수 있는 장점을 갖는다(Anderson, 1990; Bredmose와 Hansen, 1996a; Bredmose와 Hansen, 1996b; Stoltz와 Anderson, 1988; van Weel,

1996).

Single-stemmed rose에 관한 연구는 Bredmose와 Hansen(1996)이 삼수의 채취위치가 생육과 개화에 미치는 영향을 연구하였고, 또한 광량과 재식밀도에 따른 생육에 대한 조사가 이루어 졌으나 식물공장에 적합한 최적 근권환경에 대한 연구는 충분하지 않다.

따라서 본 실험은 절화 장미를 연중 계획 생산할 수 있는 장미 공장을 실용화 하고자 single-stemmed rose 수경재배시 배양액의 EC와 pH와 같은 지하부 환경요인이 장미의 생육과 생산에 미치는 영향을 밝혀 식물공장식 양액재배의 실용화에 필요한 기초자료를 얻고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 실험은 서울시립대학교 환경원예학과 온실에서 공시품종인 'Red Velvet' 품종을 2002년 2월 25일 삼목하여 발근된 묘를 2002년 4월 3일에 각 처리당 6주씩 10 cm × 10 cm로 정식 하였다. 재배시스템은 담액수경(deep flow technique; DFT)방식이고 배양액은 서울시립대학교 순환식 장미 배양액(Kang, 2001)을 사용하였다.

배양액의 EC는 EC meter(EC-93, Aalsmeer-Holland, Netherland)를 사용하여 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.5dS·m<sup>-1</sup>의 5처리구로 조절하였으며, 이때의 pH는 5.8 ± 0.02로 유지하였다. pH는 pH meter(pH-93, Aalsmeer-Holland, Netherland)를 사용하여 pH 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0의 5처리구로 조절하였으며, 이때의 EC는 1.5 ± 0.2dS·m<sup>-1</sup>로 유지하였다. pH 조절을 위해서는 NaOH와 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 사용하였고, 배양액은 2일 간격으로 보정하였다.

생육특성은 정식 35일 후 수확하여 절화 길이, 엽수, 경경, 지하부와 지상부의 생체중, 건물중, 최대엽장, 최대엽폭 등을 조사하였다. 건물중은 생육조사 후 지상부와 지하부를 각각 65°C의 건조기에 넣어 건조시킨 후 중량의 변화가 없을 때 측정하였고, 이들을 모두 마쇄하여 분석시료로 사용하였다.

광합성(Li-6400, Li-COR, USA)과 증산량(Li-1600, Li-COR, USA) 측정은 정식 30일 후에 위에서 부터 5번째 5소엽을 기준으로 측정하였다.

식물체 내 질소와 무기이온 함량을 조사하였는데,

질소는 질소자동증류기(Buchi 323, Buchi, Switzerland)로 증류하여 0.01 N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>로 적정하여 전질소함량을 측정하였다. 인산은 vanadate법으로 470 nm에서 비색계(UV 2100, Shimadzu, Japan)를 사용하여 분석하였으며, 칼륨, 칼슘, 마그네슘은 원자흡광광도계(3100, Perkin Elmer, USA)를 사용하여 정량한 후 건물중에 대한 백분율(%)로 환산하였다.

뿌리 활력은 triphenyl-tetrazolium chloride(TTC)법을 이용하여 측정하였다. 30일간의 처리 후 새로 나온 뿌리를 2~3cm 길이로 잘라 증류수로 세척하여 물기를 제거한 다음 5°C 냉암소에 보관하였다. 그 중 0.5 g을 시험관에 넣고 TTC 혼합용액[1% TTC 용액 : 인산나트륨 완충액(pH 7) : D.W=1:4:5]을 10mL를 가했다. 뿌리가 혼합용액에 침지되도록 하여 용액중에 기포발생이 없을 때까지 충분히 탈기시킨 후 30°C의 암상태에서 2시간 반응시킨 후 2N-H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 2mL를 가하여 반응을 정지시켰다. 뿌리를 꺼내 증류수로 잘 씻은 후 ethly acetate 3~5mL와 seasand를 소량넣어 유봉으로 마쇄하여 formazan를 추출하여 470nm에서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{뿌리활력}(\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}) = \frac{\text{생성된 for mazan}(\text{mg})}{\text{뿌리무게}(\text{DW}) \times \text{반응시간}(\text{h})}$$

뿌리 생육의 특성은 주당 뿌리의 길이, 생체중 및 건물중, 그리고 형태적 특성 등을 조사하였다.

## 결과 및 고찰

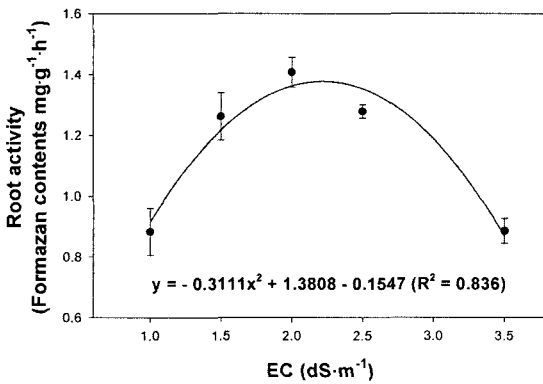
### 1. 배양액의 농도가 장미의 생육과 품질에 미치는 영향

배양액 농도에 따른 장미의 광합성률과 증산률은 처리간 유의성은 나타나지 않았지만 광합성률은 EC 1.0 ~2.0dS·m<sup>-1</sup>에서 가장 높게 나타났고, 증산률은 EC가 낮아질수록 높아지는 경향을 보였다. 한편 수분이용효율은 EC 1.5dS·m<sup>-1</sup>에서 유의성이 높게 나타났고 1.0dS·m<sup>-1</sup>에서 가장 낮게 나타났다(Table 1). 광합성률, 증산률, 수분이용효율 모두 배양액의 농도가 증가함에 따라 높아지는 경향을 보였으나 EC 2.5dS·m<sup>-1</sup> 이상의 고농도에서는 모두 낮아지는 경향을 보였다. 이는 배양액의 농도가 높아질수록 수분흡수가 어려워 증

**Table 1.** Effects of EC levels on photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency (WUE) of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique. (Measured at PAR 800900  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 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  $500 \pm 0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

EC ( $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ )	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 ( $\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{mol} \cdot \text{H}_2\text{O}^{-1}$ )
1.0	18.13 a <sup>2</sup>	3.55 a	37.46 c
1.5	18.72 a	3.41 a	53.82 a
2.0	18.30 a	3.13 a	47.34 b
2.5	16.81 a	3.25 a	46.44 b
3.5	17.78 a	2.99 a	43.00 b

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



**Fig. 1.** Effect of EC levels on root activity of single-stemmed rose 'Red velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks. Vertical bars represent standard error.

산작용이 낮아졌을 것으로 보며, EC  $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 와  $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 뿌리의 양수분 흡수가 원활히 이루어져 장미 생육에 영향을 미친 것으로 보인다.

배양액 농도별 뿌리의 활력을 측정하고자 tetrazolium 방법을 이용하였다. 본 시험에서는 tetrazolium salts로 triphenyl-tetrazolium chloride(TTC)를 사용하여 뿌리 내에 형성된 formazan을 용매인 ethyl acetate를 이용하여 추출한 다음, 그것을 흡광분석하여 뿌리의 활력을 계산하였다.

배양액 농도에 따른 뿌리의 활력은 EC  $1.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 와  $2.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  수준에서 높게 나타났으며, EC  $1.0\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 와  $3.5\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 에서는 낮게 나타났다. 그렇지만 배양액의 농도가 Fig. 2처럼 뿌리의 형태적 변화나 생육 저하 등에 큰 영향을 미치지 않아 처리간 뿌리의 활

**Table 2.** Mineral nutrient contents in leaves and roots of single-stemmed rose 'Red Velvet' as influenced by EC levels of nutrient solution for 5 weeks.

EC ( $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ )	Mineral nutrient (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
	Leaf				
1.0	5.86 c <sup>2</sup>	0.80 a	1.67 d	1.89 b	0.85 a
1.5	7.02 b	0.84 a	1.80 c	1.56 c	0.78 bc
2.0	7.49 ab	0.96 a	1.88 bc	2.23 a	0.80 b
2.5	7.53 ab	0.99 a	1.97 ab	1.52 c	0.76 c
3.5	7.56 a	1.08 a	2.06 a	1.05 d	0.66 d
	Root				
1.0	4.69 b	1.00 d	1.23 b	0.85 a	0.77 a
1.5	5.30 b	1.30 c	4.39 a	0.80 a	0.73 a
2.0	5.48 b	1.52 b	2.01 b	0.73 a	0.74 a
2.5	5.74 ab	1.71 a	1.63 b	0.56 a	0.71 a
3.5	6.65 a	1.53 b	1.19 b	0.57 a	0.61 b

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

력이 대체로 높게 나타났다고 생각된다.

배양액 농도가 지상부와 지하부 생육에 미치는 영향을 알아보기 위하여 엽내 무기성분 함량과 뿌리내 무기성분 함량을 분석하였다(Table 2). N과 K는 배양액의 EC가 증가함에 따라 엽내 무기이온함량도 증가하는 경향을 보였다. P는 처리간 유의성이 없었으나 N, K와 비슷하게 직선적으로 증가하였다. Ca은 EC 2.0 dS·m<sup>-1</sup>에서 가장 높게 나타나는 포화형을, Mg은 EC 2.0dS·m<sup>-1</sup>에서부터 급속히 감소하는 경향을 보였다.

뿌리 분석 결과도 엽분석 결과와 크게 다르지 않았는데, 뿌리내 N과 P의 경우 EC 2.5와 3.5dS·m<sup>-1</sup>에서 가장 높게 나타났고, K, Ca, Mg은 저농도에서 높게 나타났다.

일반적으로 식물의 무기성분의 흡수는 배양액내 무기성분 농도에 비례하는데(Adams, 1992) 본 연구의 N, P, K 이온에서는 같은 경향을 보였으나 다른 양이온인 Ca과 Mg은 상대적으로 최적형으로 나타날 수 있을 것으로 보였다.

배양액 농도에 따른 생육은 앞에서 언급한 결과에서와 같이 처리간 큰 차이는 없었지만 EC 1.0dS·m<sup>-1</sup>와 3.5dS·m<sup>-1</sup>를 제외한 EC 1.5~2.5dS·m<sup>-1</sup>에서 전반적으로 높게 나타났다(Table 3). 절화품질을 평가하는 가장 중요한 요인인 절화장도 EC 2.5dS·m<sup>-1</sup>에서 가장 높게 나타났다. 일반적으로 식물은 근권부 EC 농도가 높아짐에 따라 삼투포텐셜이 높아져 양수분의 흡수가 방해받아 생장이 억제된다. 본 실험에서도 고농도의 EC 3.5dS·m<sup>-1</sup>에서 생육이 가장 저조하였으며, 전체적인 품질은 EC 1.0dS·m<sup>-1</sup>와 3.5dS·m<sup>-1</sup>에서 낮았다.

지하부의 생육은 배양액 농도에 따른 큰 차이는 없었으나(Table 4) 저농도에 비해 고농도에서 생육이 양

**Table 4.** Effects of EC levels on roots growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks.

EC (dS · m <sup>-1</sup> )	Root length (cm)	Root weight (g)
1.0	37.3 ab <sup>z</sup>	27.1 a
1.5	37.5 ab	25.1 a
2.0	33.3 b	26.2 a
2.5	38.5 ab	22.9 a
3.5	42.5 a	26.3 a

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



**Fig. 2.** Effect of EC levels on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown at 35 days after transplanting in DFT.

호하였다(Fig. 2).

Sonneveld 등(1992)은 장미 수경재배에 있어 적합

**Table 3.** Effect of EC levels on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks.

EC (dS · m <sup>-1</sup> )	Cut flower			Stem diameter (cm)	Max. leaf		No. of leaves
	Length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)		length (cm)	Width (cm)	
1.0	48.6 b <sup>z</sup>	36.00 a	9.93 ab	0.56 b	15.4 a	12.9 b	10 b
1.5	53.4 ab	41.58 a	11.72 ab	0.65 a	15.2 a	13.5 ab	10 ab
2.0	53.2 ab	38.77 a	10.68 ab	0.59 ab	16.0 a	13.9 ab	11 ab
2.5	57.6 a	41.78 a	12.06 a	0.63 ab	16.6 a	15.2 a	9 a
3.5	47.1 b	35.40 a	9.44 b	0.62 ab	15.5 a	13.9 ab	9 ab

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

**Table 5.** Effects of pH levels on photosynthetic rate, transpiration rate and water use efficiency(WUE) of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique.(Measured at PAR 800~900  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ , 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  $500 \pm 0.5 \mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ).

pH	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 ( $\text{mol} \cdot \text{CO}_2 \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{H}_2\text{O}^{-1}$ )
3.0	14.55 b <sup>z</sup>	2.46 ab	46.62 b
4.0	17.65 a	2.63 ab	58.53 ab
5.0	18.40 a	3.30 a	68.58 a
6.0	17.55 a	3.18 ab	61.50 ab
7.0	15.95 ab	2.29 b	54.20 ab

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

한 배양액의 EC는  $1.5 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$  수준이라고 하였는데, 위의 결과들을 종합해 볼 때 절화 장미의 생육과 품질은 저농도( $1.0 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ )와 고농도( $3.5 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ )를 제외한 나머지 처리구는 배양액의 농도에 큰 영향을 받지 않는 것으로 보인다. 이상에서 지상부, 지하부를 모두 고려하여 장미에 적합한 배양액 EC는  $1.5 \sim 2.5 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 이며, 비료의 사용량을 고려하여 배양액을 고농도로 관리할 필요가 없다고 판단하여 EC 수준을  $1.5 \sim 2.0 \text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ 로 유지하는 것이 적절하리라 생각된다.

## 2. 배양액의 pH가 장미의 생육과 품질에 미치는 영향

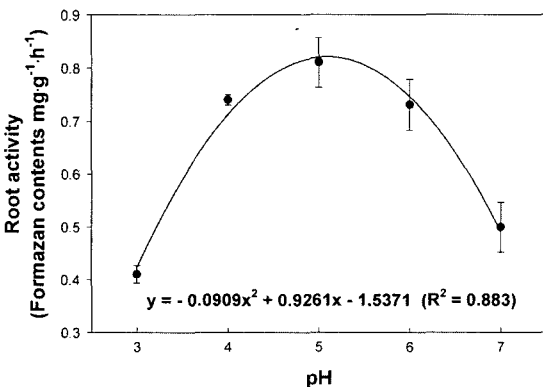
배양액의 pH에 따른 장미의 생리적 반응을 알아보고자 개화 직전에 장미의 광합성률, 증산률 및 수분이용효율을 측정하였다(Table 5). 광합성률과 증산률 모두 배양액의 pH 4.0~6.0에서는 큰 차이가 없었으나

뿌리 손상이 심한 pH 3.0에서는 광합성률과 수분이용효율이, pH 7.0에서는 증산률이 가장 낮게 나타났다. 수분이용효율이 pH 3.0에서 가장 낮게 나타났던 것은 pH 3.0에서 뿌리에 심한 손상을 받아 양수분 흡수가 제대로 이루어지지 않았기 때문인 것으로 보이며, pH 7.0에서 호흡률이 낮았던 것은 엽내 N, P, K, Ca, Mg 등의 다량원소의 흡수가 급격히 낮아진데(Table 6) 기인하는 것으로 보인다. Sonneveld(1992)는 장미에 적합한 배양액의 pH를 5.0~6.0이라고 보고하였는데, 본 실험에서는 이보다 조금 넓은 pH 4.0~6.0 사이에서 생리적 활성이 높게 유지되는 것으로 보였다.

배양액 pH에 따른 근활력은 pH 4.0~6.0에서 양호한 경향을 보였으며, 특히 pH 5.0에서 가장 높았으며, pH 3.0에서 가장 낮았고, 잎이 심하게 갈변되었던 pH 7.0에서도 낮게 나타났다.

位田(1982)은 뿌리 세포의 효소 활성이 H<sup>+</sup>의 농도에 영향을 받는다고 보고하였는데, pH가 높고 낮음에 따라 가시적인 장애를 나타내지는 않아도 생육에 영향을 미치며, pH가 낮아짐에 따라 옥신이나 사이토키닌의 활성이 낮아져 발근이나 뿌리신장이 나쁘다고 보고하였다. 그러나 다른 작물에 비해 장미의 경우는 pH 4.0~6.0 사이의 낮은 범위에서 뿌리신장과 지상부의 생육이 더 왕성하게 나타났다.

수확 후 엽내 무기함량을 분석한 결과 N과 P는 배양액의 pH가 증가함에 따라 pH 6.0까지 증가하는 경향을 보이다가 pH 7.0에서 급격히 감소하였다. K는 pH 5.0까지 배양액의 pH가 증가함에 따라 증가하다가 pH 6.0부터 급격히 감소하였으며, Ca는 pH 5.0에서 가장 높고 pH 3.0에서 가장 낮았다. Mg는 pH 4.0~6.0에서 높게 나타났다(Table 6). 이처럼 배양액 pH에



**Fig. 3.** Effect of pH of nutrient solution on root activity of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks. Vertical bars represent standard error.

절화장미 수경재배시 배양액의 농도와 pH가 생육과 품질에 미치는 영향

**Table 6.** Mineral nutrient contents in leaves and roots of single-stemmed rose 'Red Velvet' as influenced by pH levels of nutrient solution for 5 weeks.

pH	Mineral nutrient (%)				
	N	P	K	Ca	Mg
Leaf					
3.0	4.85 c <sup>d</sup>	0.34 c	1.38 c	1.19 d	0.36 b
4.0	6.28 ab	0.86 a	2.58 a	1.59 c	0.73 a
5.0	6.60 ab	0.87 a	2.08 b	1.84 a	0.69 a
6.0	7.36 a	0.91 a	1.50 c	1.71 b	0.76 a
7.0	5.79 bc	0.65 b	1.32 c	1.59 c	0.42 b
Root					
3.0	4.71 d	0.51 d	1.23 d	1.71 a	0.49 b
4.0	7.03 b	1.07 a	2.92 a	1.41 b	0.73 a
5.0	7.62 a	1.10 a	2.01 b	0.70 c	0.66 a
6.0	6.70 b	0.80 c	1.63 c	1.19 b	0.71 a
7.0	5.85 c	1.01 b	1.19 d	1.34 b	0.44 b

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

따른 엽내 무기이온 함량은 최적형의 커브를 나타내었는데 전체적으로 pH 5.0 수준에서 가장 높은 엽내 무기이온 함량을 나타내었다. Sonneveld(1992) 연구에서도 장미는 pH 5.0~6.0 범위에서 양분흡수가 잘 이루어진다고 하여 본 연구와 어느 정도 일치하는 것으로 보였다.

뿌리를 분석한 결과는 엽내 무기이온 함량에 비해 처리간 차이는 있었으나 엽 분석 결과와 마찬가지로 대부분의 무기양분이 pH 4.0~5.0 수준에서 가장 높은 수준을 보였다.

완전히 개화한 상태에서 수확한 절화 품질은 Table 7과 같다. 지상부의 절화 품질면에서는 가장 중요한 요인인 절화장이 pH 5.0~7.0 범위에서 가장 길게 나타났다. 생체중과 건물중, 경경, 최대 엽장, 엽폭, 엽수에서도 유의적인 차이는 없었으나 pH 5.0 이상

에서 대체로 높게 나타났다. 그러나 지하부의 생육상태를 보면 pH 3.0에서는 길이 생장이 제대로 이루어지지 않는 등 생육초기부터 심한 손상과 흑변이 관찰되었는데, 이는 극도로 낮은 배양액의 pH로 뿌리의 세포막이 붕괴된 것에 기인한다고 본다. 또한 pH 7.0에서는 뿌리의 길이나 전체 뿌리 양이 다른 처리에 비해 짧고, 적었으며 빨리 갈변되는 것이 관찰되었다(Fig. 4).

근장은 pH 3.0에서 가장 짧았으며, pH 4.0과 6.0에서 가장 길었다. 근중은 pH 4.0과 5.0에서 가장 무거웠다(Table 8). 특히 pH 3.0에서는 뿌리가 생육 초기부터 심한 흑변현상이 나타나면서 길이 생장이 거의 일어나지 않았다. 그러나 지상부의 생육이 다른 처리에 비해 그다지 나쁘지 않았는데 이는 다른 처리구에 비해 암면 안쪽으로 정상에 가까운 뿌리들이 발생, 분포

**Table 7.** Effects of pH levels on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks.

pH	Cut flower			Stem diameter (cm)	Max. leaf		No. of leaves
	Length (cm)	Fresh weight (g)	Dry weight (g)		Length (cm)	Width (cm)	
3.0	49.7 c <sup>d</sup>	33.1 a	8.8 b	0.5 a	15.3 a	14.7 ab	12.0 a
4.0	51.4 bc	35.4 a	11.7 a	0.6 a	15.5 a	13.1 bc	13.0 a
5.0	56.5 ab	38.2 a	11.4 ab	0.6 a	16.3 a	15.0 a	13.0 a
6.0	53.5 abc	39.1 a	11.4 ab	0.6 a	16.0 a	12.8 c	13.0 a
7.0	57.9 a	40.0 a	13.3 a	0.7 a	16.5 a	14.7 ab	13.0 a

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

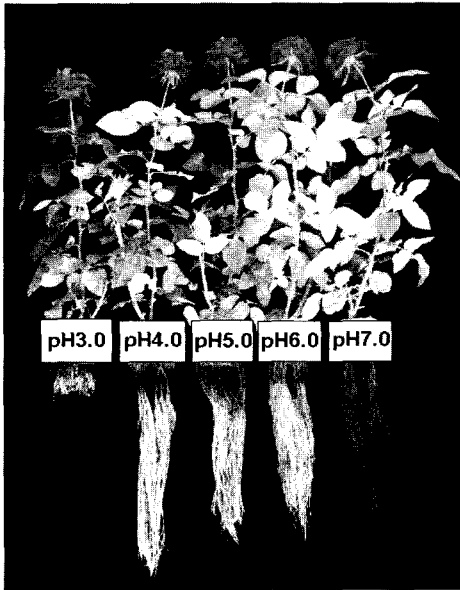


Fig. 4. Effects of pH levels on growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown at 35 days after transplanting in DFT.

Table 8. Effect of pH levels on roots growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 5 weeks.

pH	Root length (cm)	Root weight (g)
3.0	8.0 d <sup>2</sup>	12.2 b
4.0	40.8 a	24.8 a
5.0	33.0 b	24.5 a
6.0	39.0 a	13.7 b
7.0	26.5 c	13.0 b

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

하여 어느 정도의 양수분 흡수가 이루어진데 기인한 것으로 보인다.

배양액의 pH는 2차 절화지 수확 후 3차 절화지의 생육에도 영향을 미쳤다. 가장 중요한 요인인 절화장은 양적으로 이미 충분히 확보된 뿌리 때문에 2차 절화지에 비해 3차 절화지가 월등히 높았다. 3차 절화지도 2차 절화지와 마찬가지로 pH 4.0~6.0에서 생육이 전반적으로 높게 나타났다. 그러나 pH 3.0은 뿌리의 손상이 심하여 3차 절화지의 생육이 정상적으로 이루어지지 않았으며, pH 7.0도 뿌리의 갈변이 심하여 3차 절화지의 생육이 일어나지 않았다. 이처럼 배양액의 pH는 2차 수확 후 3차 화경의 생육에도 영향을 미치므로 근권내 적정 pH 유지는 수확 횟수를 늘리는 데도 필요하다.

## 적 요

본 실험은 장미 식물생산공장식 수경재배시 배양액의 EC와 pH와 같은 지하부 환경요인이 장미의 생육과 품질에 미치는 영향을 알아보려고 수행하였다.

배양액의 EC를 1.0~3.5dS·m<sup>-1</sup>로 처리하였을 때 장미의 생육과 품질에 미치는 영향은 큰 차이가 없어 비료의 사용량을 고려하여 배양액의 농도를 높게 관리할 필요가 없는 것으로 나타났다. 광합성률, 증산률 및 생육 등은 EC 1.0~1.5dS·m<sup>-1</sup>에서 높아 single-stemmed rose 수경재배에 있어 최적의 농도임을 알 수 있었다.

배양액의 pH는 pH 3.0과 7.0을 제외한 pH 4.0~6.0에서 광합성률과 증산률이 높게 나타나 장미는 배양액의 pH를 다른 작물에 비해 낮게 관리하는 것이 생육이나 무기이온 흡수에 있어 효과적인 것으로 나타났다.

**주제어** : 담액수경, 광합성률, 식물공장, 뿌리활력, 증산률, 수분이용효율

Table 9. Effects of pH levels on third shoot growth of single-stemmed rose 'Red Velvet' grown in deep flow technique for 7 weeks.

pH	Cut flower		Stem diameter (cm)	No. of leaves
	Length (cm)	Fresh weight (g)		
3.0	- b <sup>2</sup>	- b	- b	- b
4.0	65.93 a	46.89 a	0.73 a	12.0 a
5.0	62.53 a	47.81 a	0.75 a	13.0 a
6.0	57.20 a	34.21 a	0.67 a	14.7 a
7.0	- b	- b	- b	- b

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

## 인 용 문 헌

1. Adams, P. 1989. Crop nutrition in hydroponics. Acta Hort. 323:289-305.
2. Anderson, R.G. 1990. Use of pot plant mechanization techniques to produce short stemmed cut flower for supermarket bouquets. Acta Hort. 272:319-326.
3. 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.
4. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. Kang, M.J. 2001. Development of optimum nutrient solution for single-stemmed rose in a plant factory. The Univ. of Seoul. Korea.
9. Park, K.W. and Y.S. Kim. 1998. Hydroponics in horticulture. Academic Press, Seoul.
10. Rural Development Administration. 2004. Statistical data of soilless culture area in Korea.
11. Sonneveld, C. and N. Straver. 1992. Nutient solution of vegetables and flowers grown in water of substrate. Voedingsoplossingen glastuinbouw. No. 8. p. 15.
12. Stoltz, L.P. and R.G. Dutton. 1988. Rooting of single node cutting of roses. Acta Hort. 227:230-235.
13. Weel, P.A. Van, 1996. Rose factory design. Acta Hort. 440:298-303.
14. Yamazaki. 1982. The whole book for hydroponics. Hakyooasha, Japan.