

순환식 수경재배에서 재배시기별 장미의 무기이온 흡수특성과 적정 배양액 조성

양은영¹ · 박금순² · 오정심³ · 이해진³ · 이용범^{3*}

¹농촌진흥청 국립원예특작과학원 채소과, ²국립종자관리원 서부지소,
³서울시립대학교 환경원예학과

Seasonal Mineral Nutrient Absorption Characteristics and Development of Optimum Nutrient Solution for Rose Substrate Culture in a Closed Hydroponic System

Eun Young Yang¹, Keum Soon Park², Jeong Sim Oh³, Hye Jin Lee³,
Ju Hyun Lee¹, and Yong-Beom Lee^{3*}

¹Vegetable Research Division, NIHHS, RDA, Suwon 440-706, Korea

²Seobu Office, KSVS, MIFAFF, Iksan 570-892, Korea

³Dept. of Environmental Horticulture, Univ. of Seoul, Seoul 130-743, Korea

Abstract. This study was performed to develop a suitable nutrient solution for standard rose substrate culture in a closed hydroponic system. 1/4, 1/2, 2/3 and 1 strength of the nutrient solution made by Japan National Institute of Vegetable and Tea Science (JNIVT) were supplied. The photosynthesis rate, quality and growth of cut flower were higher in the 1/2 and 2/3 strength of nutrient solution during high and low temperature period. Based on the above results, optimum nutrient solutions (UOS) were composed by nutrient-water (n/w) absorption ratio with 1/2S (NO₃-N 6.8, NH₄-N 0.7, PO₄-P 2.0, K 3.8, Ca 3.0, Mg 1.2, SO₄-S 1.2me · L⁻¹) at high temperature season and 2/3(NO₃-N 9.7, NH₄-N 0.8, PO₄-P 2.2, K 5.0, Ca 3.9, Mg 1.5, SO₄-S 1.5me · L⁻¹) at low temperature season. The results of suitability examination showed that the EC level in newly composed nutrient solution (UOS) was more stable than other nutrient solutions due to its large amount of calcium and potassium. The growth of cut flower cultivated with UOS was higher than those of other nutrient solutions. Especially, the yield of cut flowers in UOS nutrient solution increased 1.4 times than that of other nutrient solution treatments. Consequently, the new nutrient solution investigated in this experiment was suitable for rose cultivation in a closed hydroponic system.

Key words : mineral nutrient uptake, photosynthesis, quality of cut flower, transpiration rate, water use efficiency

서 론

장미는 전 세계적으로 가장 널리 애용되고 있는 화훼작물로서 세계 3대 절화 중 하나이다. 또한 기호성이 커서 1992년 이후 유리온실의 보급과 유통지원 사업의 확대로 국내 재배면적이 급격히 증가하여 2007년 현재 698.3ha에 이르고 있다. 장미 절화 생산량은

4.24억본, 생산액은 1,352억원으로 국내 화훼 전체 면적의 8.7%, 생산액의 14%를 차지하고 있다(농림수산식품부, 2007). 절화 장미 생산에서 수경재배 면적은 꾸준히 증가하고 있으며, 2008년 현재 209.9ha에 달하며(농림수산식품부, 2008) 이러한 경향과 함께 생산성과 상품생산 기술이 향상되어 고품질의 절화 생산이 가능하게 되었다.

수경재배는 배양액의 재사용여부에 의해 순환식과 비순환식으로 나뉘는데 현재는 비순환식이 주류를 이루고 있으나 비순환식은 투입한 비료 중 식물에 흡수

*Corresponding author: yangyang@rda.go.kr
Received November 11, 2009; Revised November 19, 2009;
Accepted November 23, 2009

하지 않은 양을 방출하기 때문에 그에 따른 환경부담과 비료성분의 소실이 환경보존과 자원보전측면에서 바람직하지 않다는 의견이 많다. 이로 인해 국내 재배품종을 대상으로 국내환경에 적합한 수경재배 방식 하에서 양수분 흡수특성을 구명하고 그에 따른 순환식 수경재배용 배양액 조성의 필요성이 증대되고 있다. 폐액을 회수하여 재사용할 수 있는 순환식 고품배지경 시스템으로 전환한다면 비순환식에 비해 폐액으로 나가는 비료량을 1/7~1/8 수준으로 낮출 수 있어 환경보전적 측면에서 중요한 의미를 가질 수 있을 것으로 기대된다. 현재 장미 배양액은 일본의 아이찌현에서 개발한 비순환식 배양액(Gato, 1994)이 가장 많이 쓰이고 있으며, 순환식 배양액으로는 네덜란드의 PBG에서 개발한 순환식 배양액(Sonneveld and Straver, 1992)과 서울시립대에서 개발한 식물공장용 분무수경재배 배양액(Kang, 2001)이 있다. 그러나, 장미의 계절별 흡수특성 및 재배시기를 고려한 순환식 수경재배에 적합한 장미 전용 배양액은 개발되지 않은 실정이다. 따라서 본 시험에서는 계절별로 국내 환경조건에서 적용성이 높아 배양액의 pH, EC 및 무기이온의 안정성을 높일 수 있고 장기간 사용가능한 장미 전용 순환식 배양액을 개발하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험 1. 재배시기에 따른 장미 양수분 흡수특성

재배시기에 따른 장미의 양분 흡수 패턴을 조사하기 위해 대륙계인 'Vital'을 고품배지경으로 수경재배하였다. 암면 큐브에 단경삼목한 장미묘를 이용하여 일본야채다업시험장(Japan National Institute of Vegetable and Tea Science: JNIVT) 표준액($\text{NO}_3\text{-N}$ 16, $\text{NH}_4\text{-N}$ 1.33, P 4, K 8, Ca 8, Mg 4, S 4me · L⁻¹)을 정식 전까지 전기전도도(electrical conductivity: EC) 0.5dS · m⁻¹로 공급하였다. 정식 후부터 본 실험에 들어가기 전에는 EC 1.0dS · m⁻¹로 관리하였다. 재배베드는 30 × 75 × 21cm 규격의 성형스티로폼(가화빅, 한국) 베드를 사용하였으며 배지는 입상암면(중립, 서울암면, 한국)과 펠라이트(중립, 삼손 펠라이트, 한국)를 6 : 4 (v : v)로 혼합하여 실험 전에 배지 내에 함유되어 있는 다량의 무기양분이 씻겨지도록 충분히 배지를 포수시킨 후, 다시 각 처리용 배양액으로 포수시켰다. 베드

에서 수분증발을 막기 위해 정식 전에 흑백 플라스틱 필름으로 베드를 피복하였다. 배양액은 각 베드마다 30의 급배액용기를 설치하고 각각의 용기 안에 30W 용량의 수중전기펌프(UP 300, 협신위터디자인, 한국)를 설치하여 순환시켰고 배양액통 내부의 한쪽 면에 눈금을 표시하여 흡수량을 측정하였다. 급액은 1일 6회 점적관수하였고 용수는 증류수를 사용하였다. 배양액농도는 일본야채다업시험장 배양액을 1/4 strength(S), 1/2S, 2/3S, 1S 수준으로 조성하여 처리하였으며 시험구는 완전 임의배치 2반복으로 하였다.

배양액의 pH와 EC는 고온기에 적합한 배양액 개발의 경우 3일 간격으로, 저온기에 적합한 배양액 개발의 경우 5일 간격으로 조사 및 보정하였다. 배양액의 보충은 용기에서 줄어드는 양만큼을 각 처리구에 해당하는 농도의 양액을 채워주는 방식으로 하였다. 양수분 흡수특성 조사기간 동안 배양액에서의 pH는 5.0~7.5 범위에서는 조정을 하지 않고 측정만 하였다. 장미의 생육은 개화 후 절화 시 조사하였으며, 광합성과 증산량(Li-6400, Li-COR, USA) 측정은 실험 시작 4주 후에 성장점에서부터 5번째 5소엽을 기준으로 측정하였다.

배양액 내 무기성분 함량은 매주 시료를 200ml 채취하여 Whatman No. 2 여과지로 여과하여 분석하였다. 배양액내 질소분석은 질소자동 증류기(Büchi 323, Büchi, Switzerland)로 증류한 다음 0.01N H₂SO₄로 적정하는 방법을 이용하였다. 칼슘, 칼륨, 마그네슘 함량 및 미량요소 함량은 원자흡광광도계(Perkin Elmer 3100, Perkin Elmer, USA)를 사용하여 측정하였으며, 음이온은 Ion chromatography(DX-120, DIONEX, USA)로 분석하였다. 인산은 Vanadate법으로 470nm 파장에서 비색계(UV/VIS 2100, Shimadzu, Japan)를 이용하여 측정하였다.

식물체내 질소 함량은 건조한 시료를 0.5g 칭량하여 100ml 삼각 플라스크에 넣고 진한 H₂SO₄ 1ml와 50% HClO₄ 10용액을 가한 후 310~410에서 3~4시간 분해하였다. 분해액은 Whatman No. 6 여과지로 여과한 후 부족액은 증류수를 첨가하여 정확하게 volumetric flask 100ml로 맞추었다. 이 시료를 질소 자동증류기(Büchi 323, Büchi, Switzerland)로 자동 증류한 후 0.01N H₂SO₄로 적정하여 건물중 100g에 대한 무게(g)로 환산하였다. 무기 양이온은 원자흡

Table 1. Composition of nutrient solution used for rose in this study.

Nutrient solution	Temp.	NO ₃ -N	NH ₄ -N	PO ₄ -P	K	Ca	Mg	SO ₄ -S
		me · L ⁻¹						
UOS ^z	High	6.8	0.7	2.0	3.8	3.0	1.2	1.2
	Low	9.7	0.8	2.2	5.0	3.9	1.5	1.5
Aichi ^y (open)	High	12	1.1	3.5	5	7	2	2
	Low	11	2	3.5	4.5	6.5	2	3
PBG ^x (closed)		4.3	0.5	1.5	2.3	2.2	0.8	1
PBG (open)		11	1.25	3.75	5	7	1.5	2.5

^zNutrient solution of the University of Seoul for rose in hydroponics

^yNutrient solution of Aichi Horticultural Research Institute in Japan (Gato, 1994)

^xNutrient solution of proefstation voor bloemisterij en glasgroenpe (Sonneveld and Straver, 1992)

광광도계(Perkin Elmer 3100, Perkin Elmer, USA)를 사용하여 측정하였고, 인산은 Vanadate법으로 470nm 파장에서 비색계(UV/VIS 2100, Shimadzu, Japan)를 이용하여 측정하여 건물중에 대한 백분율(%)로 환산하였다. 식물체시료는 효소의 활동을 정지시키기 위하여 60°C 건조기에서 충분히 건조시킨 후 분쇄하여 식물체 분석용 시료로 사용하였다.

2. 시험 2. 개발된 배양액의 적합성 평가

장미 순환식 고품배지경 시스템에서 계절별 양수분 흡수율에 따라 조성된 배양액(UOS)의 적합성 여부를 알아보기 위하여 기존의 장미 배양액인 네덜란드 온실 작물 연구소의 순환식(PBG-Closed: Sonneveld and Straver, 1992), 비순환식 배양액(PBG-Open: Sonneveld and Straver, 1992), 아이찌현 배양액(Aichi: Gato, 1994)을 사용하여 비교실험을 실시하였다.

공시품종은 대륜계 장미인 ‘Vital’을 사용하였으며,

급액은 1일 6회 점적관수하였다. 배양액 농도는 고온 기에는 EC 1.2dS · m⁻¹, 저온기에서 EC 1.5dS · m⁻¹로 조성하여 처리하였다. 시험구는 완전 임의배치 2반복으로 하였으며, 각 배양액의 무기성분 조성은 Table 1과 같다.

실험 시작 후 1주일 간격으로 배양액의 pH, EC 및 흡수량을 측정하였고 생육 조사는 수확 후 실시하였다. 조사항목으로는 절화장, 생체중, 건물중, 5소엽의 수, 최대엽장, 최대엽폭, 꽃잎 수, 수확량 등을 조사하였다. 광합성과 증산량(Li-6400, Li-COR, USA) 측정은 실험 시작 4주 후에 생장점에서 3번째 위치한 5소엽을 기준으로 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 시험 1. 재배시기에 따른 장미 양수분 흡수특성
장미 순환식 배지경 재배시 고온기와 저온기 ‘Vital’

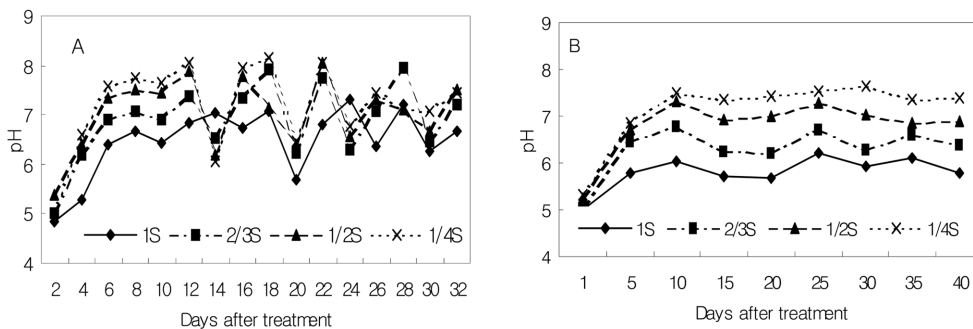


Fig. 1. Changes in the pH of nutrient solution in a closed substrate culture system of ‘Vital’ rose as affected by different nutrient strength (A: high temperature season, B: low temperature season).

순환식 수경재배에서 재배시기별 장미의 무기이온 흡수특성과 적정 배양액 조성

품종의 근권내 배양액의 pH 및 EC 변화는 Fig. 1, 2와 같다. 고온기 배양액의 pH 변화는 전반적으로 pH 5~7.5 범위에서 변하는 양상을 나타냈으나 처리간에 차이가 크게 나타나지는 않았으나 1/4S에서 그 변화가 크고 반면에 고농도인 1S에서 변화가 가장 적었다 (Fig. 1A). 배양액의 EC 변화는 저농도에서 대체적으로 안정적이었고, 비교적 고농도인 2/3S와 1S는 생육 중기를 지나면서 차츰 높아졌다. 고온기에서는 1/4S에

서 안정적인 EC를 보였으나 1/2S에서는 20일 이후부터 EC 변화 진폭이 커지는 경향이였다. 고농도인 2/3S와 1S에서는 재배 10일 이후부터 EC진폭이 커지기 시작하여 점차 커졌다(Fig. 2A). 노 등(1997)은 오이의 순환식 고품배지 재배용 배양액 개발 실험에서 같은 경향의 결과를 보고하였다. 저온기 재배시 1/2S와 1/4S에서는 pH가 7.0 이상을 유지하였으나 1S와 2/3S에서는 5.5~6.5 정도로 일정하게 유지되는 경향을 보

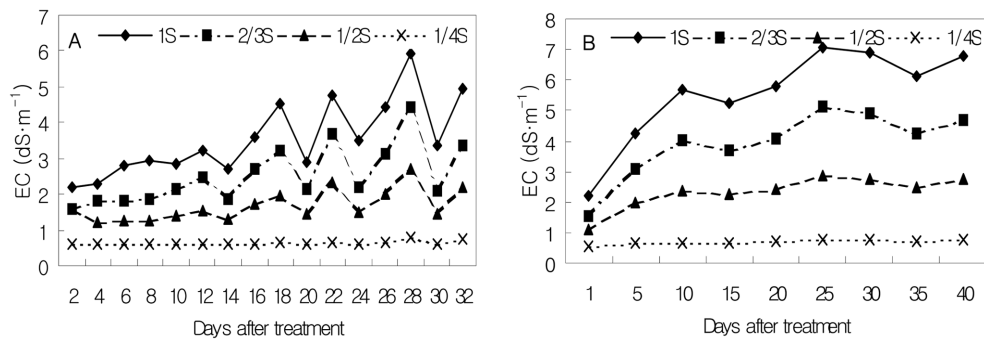


Fig. 2. Changes in the EC of nutrient solution in a closed substrate culture system of 'Vital' rose as affected by different nutrient strength (A: high temperature season, B: low temperature season).

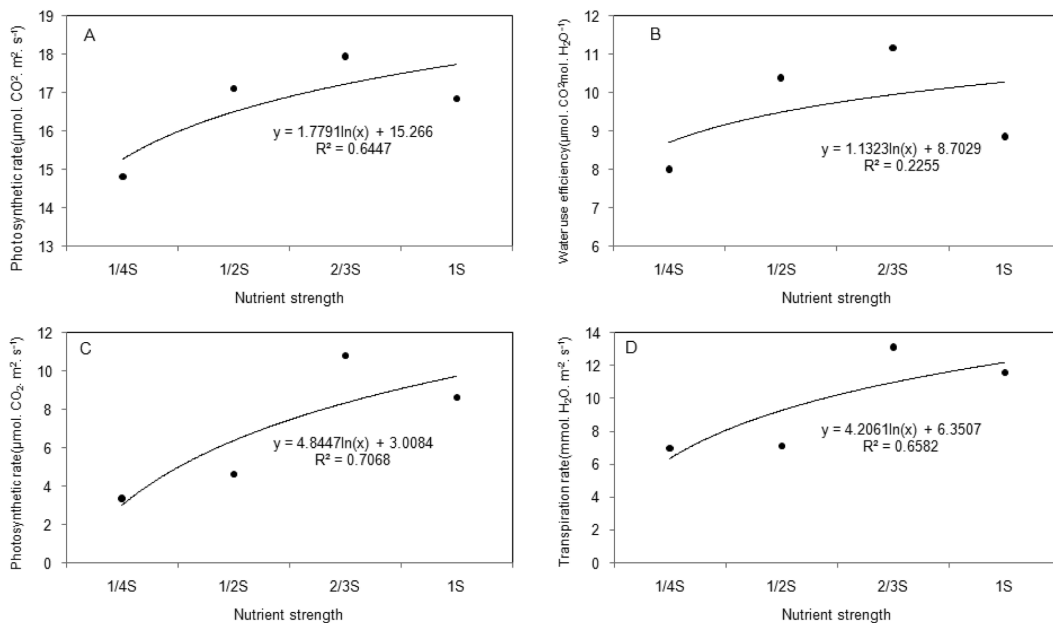


Fig. 3. Effects of different nutrient strength on the growth of 'Vital' rose in a closed substrate culture system using JNIVT (Japan National Institute of Vegetable and Tea Science)'s nutrient solution. A, B: high temperature season, C, D: low temperature season. Parameters were Measured at PAR 800~810 $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, air temp. $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$, leaf temp. $20 \pm 0.5^\circ\text{C}$, R.H. $60 \pm 0.5\%$, flow rate $500\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$, CO₂ $400 \pm 0.3\text{ppm}$.

였다(Fig. 1B). 이는 배양액의 농도가 낮을수록 근권의 pH가 높아졌다는 이전의 보고와 같은 경향이였다(Yeo and Lee, 2004; Yu *et al.*, 2006) EC는 재배기간동안 안정적인 변화를 나타내었으나 고농도인 1S에서는 높아지는 경향을 보였다(Fig. 2B).

순환식 수경에서 재배시기별 장미 ‘Vital’의 광합성 특성은 Fig. 3과 같다. 고온기 재배시 광합성 속도는 2/3S까지는 증가하다가 1S에서는 감소하였으며 수분이용효율도 광합성 속도와 같은 경향을 보였다. 저농도와 고농도 처리에서 광합성 속도가 낮았던 것은, 광합성에 필요한 무기이온의 흡수에 배양액의 농도가 영향을 주었기 때문이며(Roh, 1997; Bae and Kim, 2004) 염 농도가 높아짐에 따라 광합성량이 감소한다는 Lee 등 (1998)의 보고와 일치한다. 저온기 순환식 수경재배에서 광합성속도와 증산속도는 1/4S와 1/2S 처리구가 비슷하거나 오히려 감소하였으나 2/3S에서 유의적으로 높게 나타났다.

펠라이트와 코코피트의 혼합고형배지에 장미 ‘Vital’을 수경재배 하였을 때, 배양액의 농도차이에 따른 재배시기별 작물생육을 보면, 고온기의 절화수량은 배양액 농도처리간 차이가 없었으며 절화장, 경경, 생체중, 건물중 등이 1/2S에서 가장 높은 것으로 나타났다. 저

온기에 재배한 경우에는 고온기에 비하여 2/3S에서 절화수량이 많았으며 절화장을 비롯한 생육과 품질에서도 2/3S에서 가장 우수하였다. 장미는 저온기 재배시 저농도 보다 고농도의 처리에서 생육이 우수한데(김, 1997), 고온기에 비해 양수분 흡수가 적게 일어나는 저온기에는 흡수가 낮은 만큼 고농도의 배양액이 생육에 유리하게 작용한 것으로 보인다.

작물의 양분흡수 특성에 적합한 배양액 처방은 재배기간 중에 배양액내 이온 조성과 농도의 변화가 적어야 한다는 것을 의미할 뿐만 아니라 고품질의 생산물을 많이 얻으면서도 비료의 낭비가 적어 실질적인 생산성을 높이는 것이 그 궁극적인 목적이다(Ikeda, 1986). Yamasaki(1981)의 양수분흡수율에 따르면 모든 작물은 일사량, 온도, 습도, 재배양식, 생육단계 등에 따라 흡수율이 달라질 수 있으며, 농도의 변화가 있더라도 각 원소의 조성에는 변화를 주지 않는 것이 균형있는 배양액 조성이라 할 수 있다. 본 실험에서는 재배시기별로 근권 pH, EC 변화가 적고 광합성 속도 및 생육량이 높았던 1/2S, 2/3S의 양수분 흡수율을 기준으로 고온기에는 NO₃-N 6.8, NH₄-N 0.7, PO₄-P 2.0, K 3.8, Ca 3.0, Mg 1.2, SO₄-S 1.2me · L⁻¹ (UOS-HT), 저온기에는 NO₃-N 9.7, NH₄-N 0.8, PO₄-

Table 2. Effects of different nutrient strength on the growth of ‘Vital’ rose in a closed substrate culture system using JNIVT (Japan National Institute of Vegetable and Tea Science)’s nutrient solution at low temperature season.

Nutrient strength ^z	Cut flower					Leaf			No. of petals
	No.	Length (cm)	Stem diam. (cm)	Fresh wt. (g)	Dry wt. (g)	No.	Length (cm)	Width (cm)	
High temperature season									
1/4S	15	71.6	0.68	39.1	10.2	14.7	14.8	11.6	39.7
1/2S	15	76.3	0.71	45.4	11.9	16.5	15.2	13.3	40.3
2/3S	15	71.5	0.66	37.6	9.8	15.2	15.3	13.2	61.3
1S	14	69.1	0.63	33.1	9.2	15.7	13.7	11.2	44.0
LSD _{0.05}	1.4	4.68	0.06	6.15	1.35	0.9	-	1.12	16.39
Significance ^y	NS	*	*	*	*	*	NS	*	**
Low temperature season									
1/4S	15	80.8	0.66	37.7	9.9	15.7	14.7	11.7	30.0
1/2S	16	88.8	0.69	47.5	11.8	18.7	13.6	10.7	37.0
2/3S	18	105.3	0.89	66.8	16.0	18.3	15.0	13.2	41.3
1S	15	86.7	0.68	43.9	10.5	17	14.3	11.8	73.7
LSD _{0.05}	2.9	8.25	0.18	5.97	3.05	0.85	0.7	1.25	7.64
Significance ^y	**	**	**	***	*	*	*	*	***

^zNutrient strength of Japan National Institute of Vegetable and Tea Science's nutrient solution.

^yProbability of significant F values: NS, *, **, ***: non-significant or significant at p=0.05, 0.01, or 0.001, respectively.

순환식 수경재배에서 재배시기별 장미의 무기이온 흡수특성과 적정 배양액 조성

Table 3. Calculated n/w value of 'Vital' based on the Yamasaki's formula in the mixture of perlite and rockwool granular (v/v, 4 : 6).

Season	Nutrient strength	Items measured	Water (l)	Items measured	P	K	Ca	Mg
					me · L ⁻¹			
High temp. season	1/4 S	a	25	y	1.1	1.68	1.48	0.56
		w	39	y ₁	0.76	1.61	2.82	0.60
		a/w	0.64	n/w	0.98	1.65	1.96	0.58
	1/2 S	a	25	y	2.29	3.69	2.79	1.16
		w	40.5	y ₁	1.65	3.86	3.44	1.36
		a/w	0.62	n/w	2.04	3.75	3.04	1.24
	2/3 S	a	25	y	2.9	4.58	3.78	1.55
		w	43.2	y ₁	2.05	5.79	5.47	2.11
		a/w	0.58	n/w	2.54	5.09	4.49	1.79
	1 S	a	25	y	4.3	6.28	6.6	2.08
		w	47.7	y ₁	3.35	8.19	8.75	3.34
		a/w	0.52	n/w	3.85	7.19	7.62	2.68
Low temp. season	1/4 S	a	25	y	0.79	2.02	1.09	0.36
		w	16.3	y ₁	0.65	2.01	1.37	0.67
		a/w	1.53	n/w	0.87	2.02	0.93	0.19
	1/2 S	a	25	y	1.72	3.76	2.36	1.02
		w	22.7	y ₁	1.50	5.51	4.39	2.16
		a/w	1.10	n/w	1.75	3.58	2.16	0.90
	2/3 S	a	25	y	2.25	4.77	3.42	1.30
		w	27.9	y ₁	2.16	6.98	7.70	3.50
		a/w	0.90	n/w	2.24	5.00	3.86	1.53
	1 S	a	25	y	3.39	6.28	4.94	2.13
		w	24.6	y ₁	3.33	6.47	12.38	4.98
		a/w	1.02	n/w	3.39	6.28	4.82	2.08

n/w: The formula devised by Yamasaki to determine the amount of macro nutrients and water uptake at regular intervals during substrate culture.

If $y > y_1$, $n/w = (a/w)(y - y_1) + y_1$

$y < y_1$, $n/w = y_1 - (a/w)(y_1 - y)$

S: The nutrient solution of Japan national institute of vegetable and tea science.

a: Initial volume of culture solution in each tray (l).

w: The amount of water absorbed by plants (l).

y: The initial concentration of macronutrients in culture solution (me/l).

y₁: The final concentration of macronutrients in culture solution (me/l).

P 2.2, K 5.0, Ca 3.9, Mg 1.5, SO₄-S 1.5me · L⁻¹ (UOS-LT)인 장미 순환식 배양액을 조성하였다.

2. 시험 2. 개발된 배양액의 적합성 평가

장미 순환식 고휘배지경 시스템을 위해 새롭게 조성한 배양액의 적합성 여부를 알아보기 위하여 기존의 장미 배양액인 네덜란드 온실작물 연구소의 순환식, 비순환식 배양액, 아이찌현 배양액을 사용하여 재배시기별 비교 실험을 하였다.

고온기 재배실험에서 'Vital'의 pH는 배양액 종류간

에 차이가 없이 거의 비슷한 변화를 보였으며, 전반적으로 pH는 상승하는 경향을 보였다(Fig. 3). 일반적으로 배양액의 pH는 5.5~6.5 정도가 적합하고, 5.0~7.0의 범위에 있으면 작물은 정상적으로 생육한다(Taro, 1982). 배양액의 pH 변화는 UOS 배양액이 가장 변화폭이 적고, 안정적으로 유지되었다. 이는 개발된 배양액이 양이온과 음이온의 흡수가 다른 배양액 조성에 비하여 균형을 이루고 있기 때문이라고 판단되었다. Lee 등(2004)은 분무경 장미의 pH는 4.0~6.0 사이에서 생리적 활성이 높게 유지되었다고 보고하였는데 본

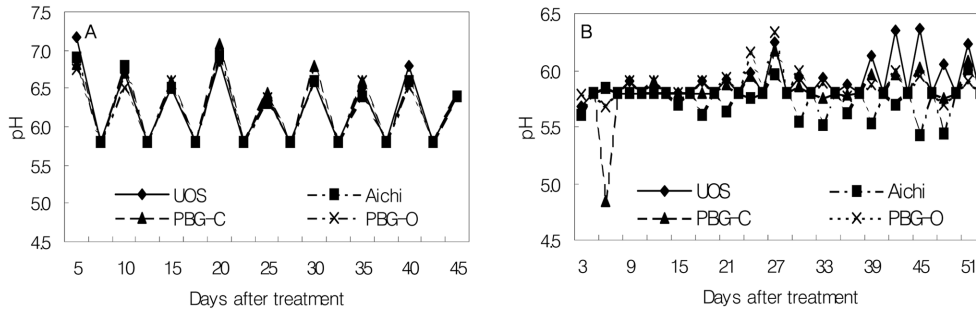


Fig. 4. Changes in the pH of nutrient solution in a closed substrate culture system of ‘Vital’ rose as affected by different nutrient solutions (A: high temperature season, B: low temperature season).

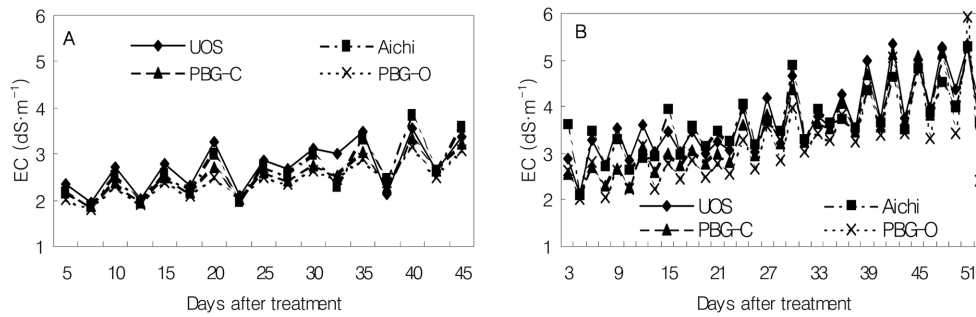


Fig. 5. Changes in the EC of nutrient solution in a closed substrate culture system of ‘Vital’ rose as affected by different nutrient solutions (A: high temperature season, B: low temperature season).

실험에서는 재배방식의 차이와 배양액 pH가 6.5~7.0 수준으로 높아지면 pH 5.8 수준으로 교정하였던 결과 일시적으로 pH가 7.0까지 되어도 생육에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 보인다.

고온기 배양액의 EC는 배양액 무기양분 함량이 높은 아이찌현 배양액이 가장 높았으며 네덜란드 비순환

식 배양액, UOS 배양액, 네덜란드 순환식 배양액 순으로 높게 나타났다. 모든 배양액에서 근권내 EC는 생육 후기로 갈수록 처리간 차이는 있으나 점차 높아지는 경향을 보였다. 저온기 실험에서는 UOS 배양액 처리구에 비하여 아이찌현 배양액과 네덜란드 비순환식 배양액 처리가 EC의 변화폭이 컸는데(Fig 3), 이

Table 4. Effects of different nutrient solutions on the growth of ‘Vital’ rose at high temperature season.

Nutrient solution	Cut flower length (cm)	Stem dia. (mm)	Fresh weight (g)	No. of leaf	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of petal	Dry weight (g)	Yield (no./plant)
UOS ^z	81.7	6.9	42.5	15.0	13.9	11.8	31.3	11.9	3.6
Aichi ^y	86.5	7.5	47.1	15.8	14.3	12.1	33.2	12.0	2.9
PBG-C ^x	82.3	6.9	42.2	15.8	13.8	11.9	30.0	11.4	2.7
PBG-O	81.9	6.8	44.2	16.2	13.3	11.4	27.6	9.8	2.8
LSD _{0.05}	-	-	-	-	-	-	-	-	0.24
Significance ^w	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*

^zNutrient solution of the University of Seoul for rose in hydroponics.

^yNutrient solution of Aichi Horticultural Research Institute in Japan (Gato, 1994).

^xNutrient solution of proefstation voor bloemisterij en glasgroenpe (Sonneveld and Straver, 1992).

^wProbability of significant F values: NS, *, **, ***: non-significant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01, or 0.001, respectively.

Table 5. Effects of different nutrient solutions on the growth of 'Vital' rose at low temperature season.

Nutrient solution	Cut flower length (cm)	Stem dia. (mm)	Fresh weight (g)	No. of leaf	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	No. of petal	Dry weight (g)	Yield (no./plant)
UOS ^z	89.6	7.0	44.0	17.9	14.4	11.7	34.8	10.8	4.6
Aichi ^y	85.3	6.8	41.7	16.7	13.9	11.4	35.3	10.4	1.9
PBG-C ^x	82.8	6.1	38.3	15.7	14.2	11.5	38.5	8.0	3.0
PBG-O	80.1	6.8	39.1	17.7	14.3	11.2	34.0	9.4	3.3
LSD _{0.05}	-	0.60	1.23	1.79	-	-	1.34	3.74	0.19
Significance ^w	NS	**	**	*	NS	NS	***	*	**

^zNutrient solution of the University of Seoul for rose in hydroponics.

^yNutrient solution of Aichi Horticultural Research Institute in Japan (Gato, 1994).

^xNutrient solution of proefstation voor bloemisterij en glasgroenpe (Sonneveld and Straver, 1992).

^wProbability of significant F values: NS, *, **, ***: non-significant or significant at $p \leq 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$, respectively.

는 배양액 구성 원소 중 Ca 및 P의 함량이 높아 시간이 지나면서 배양액 내에 축적된 것으로 보인다 (data not shown).

장미 'Vital' 고온기 재배시 절화장, 경경 및 생체중은 유의적인 차이가 없었으나 수확량의 경우 UOS 배양액 처리구에서 가장 많았다(Table 4). 저온기 재배시 경경, 생체중, 건물중이 UOS 배양액 처리구에서 가장 높았고 수확량의 경우 아이찌현 배양액 처리구에 비하여 약 140% 상승하였다(Table 5).

이와 같이 새로 조성한 UOS 배양액을 이용하여 고온기와 저온기에 순환식 재배한 결과 근권 내 pH, EC 변화가 안정적이었고 기존에 사용되고 있는 아이찌현 배양액, 네덜란드 순환식, 비순환식 배양액과 비교하여 절화의 품질 및 수량을 증대시킬 수 있어 고품배지경 장미 순환식 수경재배에 적합한 배양액이라고 판단되었다.

Mg 1.2, SO₄-S 1.2me · L⁻¹, 저온기의 경우 NO₃-N 6.8, NH₄-N 0.7, PO₄-P 2.0, K 3.8, Ca 3.0, Mg 1.2, SO₄-S 1.2me · L⁻¹ 이었다. 개발한 배양액의 적합성 평가실험 결과 UOS 배양액은 Ca, P 등의 이온이 장미의 양분흡수율보다 많이 함유된 기존의 배양액과 비교하여 근권 내 EC 변화가 안정적이었다. 또한 절화수량이 재배기간에 관계없이 기존 배양액보다 높은 결과를 나타내었고 특히 저온기 재배시 아이찌현 배양액 처리구에 비하여 수확량이 140% 증가하였다. 따라서 고품배지를 이용한 장미 순환식 수경재배시 새로 개발된 배양액을 사용할 경우 기존 배양액에 비해 비료절감의 효과와 함께 안정적인 생육 및 수량증대를 기대할 수 있다.

주제어 : 광합성, 수분이용효율, 양분흡수, 절화품질, 증산률

적 요

본 연구는 장미 순환식 수경재배 시 재배시기별로 적합한 배양액을 개발하고자 일본아채다업시험장 표준액을 1/4S, 1/2S, 2/3S, 1S로 하여 펄라이트와 입상암면을 4:6 부피비로 섞은 고품배지를 이용하여 실험을 실시하였다. 고온기재배의 경우 1/2S 처리구에서, 저온기의 경우 2/3S 처리구에서 광합성 속도, 절화 품질 및 생육이 우수하였다. 이를 토대로 1/2S(고온기), 2/3S(저온기) 처리구의 양수분 흡수율을 기준으로 새로운 배양액을 조성하였다. 이온의 조성은 고온기의 경우 NO₃-N 6.8, NH₄-N 0.7, PO₄-P 2.0, K 3.8, Ca 3.0,

인 용 문 헌

- Bae, J.H. and K.H. Kim. 2004. The effect of irrigation concentration on the growth and fruit quality of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) in fertigation. *J. Bio-Environment Control* 13(3):167-171.
- Gato, T. 1994. Management of mineral nutrient solution in cut flower cultivation. Tokyo, pp. 56-68
- Ikeda, H. 1986. Culture liquid management seen from nutritional property of crops. *Agriculture and Horticulture* 61:205-211
- Kang, M.J. 2001. Development of optimum nutrient solution for single-stemmed rose in a plant factory. M.S. Diss. The Univ. of Seoul. Korea.
- Kim, S.Y. 1997. Development of optimum nutrient

- solution for closed system in substrate culture of rose 'Red sandra'. M.S. Diss. The Univ. of Seoul. Korea.
6. Lee, S.G., J.S. Shin, Y.S. Seok, and G.K. Bae. 1998. Effect of salt stress on photosynthesis, free proline content and ion content in tobacco. *Korean J. Environmental Agriculture* 17(3):215-219.
 7. Lee, H.J., E.Y. Yang, K.S. Park, Y.B. Lee, J.H. Bae, and K.S. Jeon. 2004. Effect of EC and pH of nutrient solution on the growth and quality of single-stemmed rose in cutted rose production factory. *J. Bio-Environ. Cont.* 13(4):258-265.
 8. Ministry for food, agriculture, forestry and fisheries. 2007. Statistics of floriculture, p. 71.
 9. Ministry for food, agriculture, forestry and fisheries. 2008. Main statistics of food, agriculture, forestry and fisheries, p. 336.
 10. Roh, M.Y. 1997. Development of irrigation control system based on integrated solar radiation and nutrient solution suitable for closed system in substrate culture of cucumber. PhD Diss. The Univ. of Seoul. Korea.
 11. Sonneveld, C. and N. Straver. 1992. Nutrient solution for vegetables and flowers grown in water or substrate. *Voedingsoplossingen glastuinbouw. Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente in Netherland*, pp.42-43.
 12. Yamasaki, K. 1981. The problem and present state of hydroponic culture (1). Nutrient solution management of hydroponic culture-nutritive characteristics of each crop by nutrient/water. *Agr. and Hort.* 56(4):563-568.
 13. Yeo, K.H. and Y.B. Lee. 2004. Development of optimum nutrient solution for sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) in a closed system. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22(1):29-36.
 14. Yu, S.O., K.Y. Choi, K.S. Jeon, and J.H. Bae. 2006. Development of optimal nutrient solution of cherry tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. 'KoKo') in a closed soilless culture system. *J. Bio-Environ. Cont.* 15(1):54-60.