

장미 일사비례제어에 의한 순환식 양액재배시 계절별 급액 EC농도 구명

나택상* · 최경주 · 조명수 · 기광연 · 유용권¹
전남농업기술원, ¹목포대 생명공학부

Determination of Optimum EC of Nutrient Solution by Season in Closed System of *Rosa hybrida* by Total Integrated Solar Radiation

Taek Sang Na*, Kyong Ju Choi, Myoung Soo Cho, Gwang Yeon Gi, and Yong Kweon Yoo¹

Horticultural Research Division, Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Services, Naju 520-715, Korea

¹Division of Biotechnology and Resources, Mokpo Nat'l Univ., Chunggye 534-729, Korea

Abstract. This study was carried out to determine the optimum EC supply by accumulation amount of solar radiation in closed system. EC concentration of drainage was higher than that of supply. The higher EC concentration of supply was, the lower pH of drainage was. It was no difference in the quality of cut rose 'Nobles' (*Rosa hybrida*), stem length, stem diameter, leaf number, petal length, and petal diameter by EC treatment by season. The yield was higher about 6% in treatment of EC 1.3 dS·m⁻¹ in April and May, about 10% in treatment of EC 1.0 dS·m⁻¹ in June, July and August, and about 10% in treatment of EC 1.0 or 1.3 dS·m⁻¹ in September and October than the others. In general, the yield of the cut rose was higher in treatment of (B) EC 1.3 mS/cm in spring, EC 1.0 dS·m⁻¹ in summer, EC 1.3 dS·m⁻¹ in autumn, and EC 1.6 dS·m⁻¹ in winter.

Key words : rose, recirculating hydroponic system, season, yield

*Corresponding author

서 언

장미(*Rosa hybrida*)는 화훼류 중에서 세계적으로 큰 비중을 차지하는 꽃으로 기원전 2000년경부터 재배되기 시작한 것을 벽화를 통해 알 수 있다. 오랜기간 동안 장미과의 다양한 속, 종으로 분화되어 현재 전 세계적으로 150여 원종이 분포하고 있으며, 북위 20도에서 70도에 주로 분포하고 남반부에는 자생하지 않는 것으로 알려져 있다(Krüssmann, 1982; Youn, 1989).

우리나라에 1991년 도입된 장미 수경재배는 '04년 현재 172.7 ha로 꾸준히 증가하고 있다(MAF, 2005), 현재의 장미 수경재배는 대부분 비순환식으로 급액량의 20~30%를 흘려버림으로써 환경오염과 생산비 증가의 요인이 되고 있어 환경오염 및 경제성을 고려할 때, 앞으로의 수경재배는 순환식으로 전환되어야 한다고 판단

된다(Bartosik 등, 1993; Jensen, 1997). 그러나 장미는 지상부와 근권부의 환경, 생육단계, 품종 등에 따라 작물의 양분 흡수 양상이 달라지고, 이로 인하여 배액내 무기 이온 조성비도 달라진다. 따라서 순환식 수경재배에서 지속적으로 배출되는 배액의 무기이온 성분비는 조건에 따라서 달라지게 되므로 배액의 무기이온량을 고려하지 않고 계속 사용하면 일정 성분의 무기이온이 집적되므로 작물의 생육 수량 및 품질을 저하시키는 문제점이 있다(Bhme, 1995; Zekki 등, 1996). 따라서 본 시험에서는 장미 순환식 수경재배에서 계절에 알맞은 적정 급액 EC 농도를 구명하고자 한다.

재료 및 방법

본 시험은 전남 나주 소재의 전남농업기술원 시험포

Table 1. Standard nutrient of component C. Sonneveld in closing system.

EC (dS·m ⁻¹)	NH ₄ -N	NO ₃ -N	SO ₄	PO ₄	K	Ca	Mg	Fe	B	Zn	Mn	Cu	Mo
	----- mmol/L ⁻¹ -----						----- μmol/L ⁻¹ -----						
0.7	0.85	4.3	0.5	0.5	2.15	0.9	0.5	15	15	3	5	0.5	0.5

장 와이드스판형 유리온실 330 m²에서 순환식 수경재배 시험포에서 실시되었다. 양액은 C. Sonneveld 순환식을 지하수 분석 결과를 반영하여 사용하였으며(Table 1), 급액은 일사량 비례제어로 하였다. 일사량, 기온, 습도는 무인기상 측정장비(CR10X, Campbell. Co., U.S.A)로 측정하였고, 온실내의 환경관리를 위해서 복합환경 제어 시스템(HP500, Spain)을 사용하였다. 온실내 온도 관리는 야간 최저 16±0.5, 주간은 22±0.5에서 측창이, 27±0.5에서 천창이 열리도록 하였고, 일사량 650±25 Wh·m⁻² 이상에서는 차광을 50% 되도록 설계되었다. 정밀한 온도 관리를 위하여 온도차이가 상, 하 1이상에서 공기교반기가 작동하도록 하였다. 양액은 원수보충 방식으로 양액자동공급기(HP6000, PC, Spain)를 사용하여 누적일사량에 의해서 각각의 처리마다 급액량을 다르게 공급하였는데, 생육조사는 절화품질 및 수량을 연중 6회('03. 5. 6~6. 4, '03. 6. 23~7. 24, '03. 8. 4~9. 5, '03. 9. 29~11. 4, '03. 12. 8~'04. 1. 26, '04. 3. 2~'04. 4. 19) 실시하였으며, 처리 당 10분씩 3반복으로 조사하여 상품성이 없는 줄기는 절곡하여 동화지로 사용하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 표준영농교본 장미재배와 양액재배기술에 준하였다.

'01년 5월 4일 정식된 장미 노블리스 품종 포장에 '02년 3월 1일부터 계절별 급액 EC 농도를 다르게 처리하였는데, 봄(3, 4, 5월), 여름(6, 7, 8월), 가을(9, 10, 11월), 겨울(12, 1, 2월)로 구분하여 EC를 (A)

0.7(여름)-1.0(봄,가을)-1.3(겨울), (B) 1.0(여름)-1.3(봄,가을)-1.6(겨울), (C) 1.3(여름)-1.6(봄,가을)-1.9(겨울) 3 처리시험구/산괴법으로 3반복 하였다. 급액시점과 급액량은 누적일사량이 250 Wh·m⁻² 될때 40 mL을 급액하였다. 재식거리는 폭 50 cm 스티로폼 베드에 주간 15 cm, 조간 30 cm로 하였으며, 베드 높이는 80 cm, 베드와 베드 사이는 140 cm로 하였다. 상토는 코코피트(7)+펄라이트2호(3)로 조제하여 사용하였다.

양액의 pH와 EC 측정은 10일 간격으로 양액을 채취하여 채취 즉시 pH는 pH/ISE 측정기(76P, Istek Inc., Korea)로, EC는 EC/Conductivity/TDS 측정기(43C, Istek Inc., Korea)를 사용하였다. 양액 이온 분석은 Memberance filter 0.45 μm로 여과를 통과한 여액을 30배로 희석시켜 이온크로마토그래프(IC-761, Metrohm, Swiss)로 분석하였다. 식물체의 무기물 분석용 시료는 채취하여 흐르는 물에 세척한 후 60°C, 24 시간 건조기에서 말려 분쇄하였다. 분말시료 0.5 g을 H₂SO₄-H₂O₂로 습식 분해 후 Whatman No. 6 여과지로 100 m가 되게 하였다. 인산은 470 nm UV에서 Vanadomolybdate 법으로(HP 8452A, Diode Array Spectrophotometer, U.S.A)측정 하였고, K는 766.5 nm, Ca은 422.7 nm. Mg은 285.2 nm 파장에서 원자흡광광도계(Perkin ELMER, Analyst 300, Norwalk CT 06859, U.S.A.) 전질소는 Kjeldahl 분해법으로(UDK 130A, Velp Scientifica, Italy)으로 측정하였다.

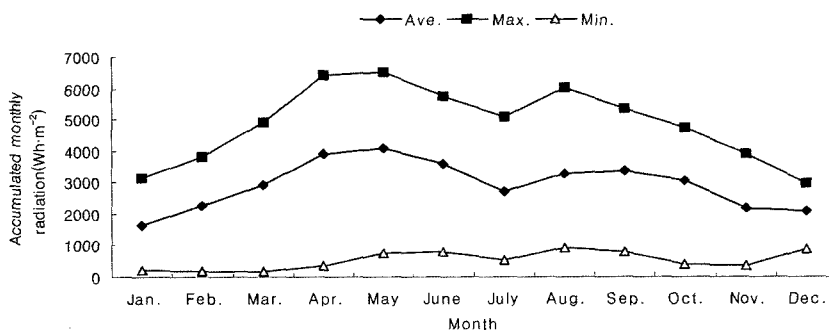


Fig. 1. Monthly accumulation amount of daily integrated solar radiation from January to December, 2002.

결과 및 고찰

Fig. 1은 시험 재배기간중 기간동안 월 평균 누적일사량으로 5월이 6,498 Wh·m⁻²로 가장 높았으며, 최저는 1월로 1,658 Wh·m⁻²로 나타났다. 일중 순간일사량은 13시부터 14시 사이가 높았는데, 8월이 891 Wh·m⁻² 가장 높았고, 1월이 276 Wh·m⁻²로 낮게 나타났다(Fig. 2).

Table 2는 급액시점을 250 Wh·m⁻²로 했을 때 월별 평균 급액횟수로 6월이 16회로 가장 많았고, 12월이 6회로 적었다.

계절별 EC 농도에 따른 장미 식물체 잎의 전질소

함량과 칼륨은 EC를 높게 급액한 처리에서 높았고, 인산은 낮게 급액한 처리가 높았으며, 칼슘과 마그네슘은 EC 농도에 따른 차이가 없었다(Table 3). 줄기의 경우 전질소 함량과 칼륨은 EC를 높게 급액한 처리에서 높았고, 인산, 칼슘, 마그네슘은 낮게 급액한 처리가 높았는데, 전체적으로는 인산을 제외한 나머지 이온은 앞에서 높게 나타났다.

급배액내 EC의 변화는 모든 처리에서 비교적 안정적으로 나타났는데(Fig. 3), 급액보다는 배액이 높았고 EC를 높게 관리한 처리에서 급배액 간의 농도차가 증가하는 경향을 보였다. 봄에는 EC 1.0으로 공급한 구가 급배액 간의 EC 농도차가 비교적 적었으며, 급액

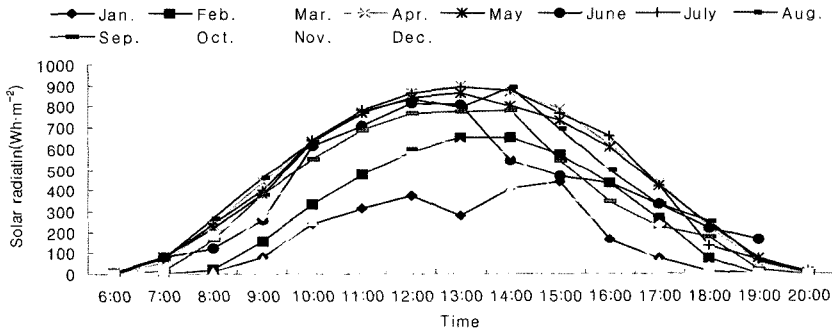


Fig. 2. Daily change of solar radiation during experiment period.

Table 2. Monthly supply time in closed substrate system.

		Month ²											
'02.3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	'03.1	2		
	13	14	13	16	11	10	14	11	7	6	7	8	

²The greenhouse was shaded with 50% screen more than 650±50 Wh·m⁻² in solar radiation.

Table 3. The difference of mineral content in leaf and stem according to EC treatments by season.

Treatment ²		Inorganic content				
		T-N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO
Leaf	A	3.00 a ³	0.46 a	3.78 b	0.33 a	0.15 a
	B	2.95 a	0.46 a	3.80 b	0.29 b	0.13 b
	C	3.18 a	0.42 b	3.98 a	0.30 b	0.14 ab
Stem	A	1.23 b	0.46 a	2.25 d	0.09 c	0.06 c
	B	1.29 b	0.43 b	2.50 c	0.06 d	0.05 c
	C	1.29 b	0.43 b	2.48 c	0.05 d	0.05 c

²Treatments in supply EC concentration of 0.7(Summer)-1.0(Spring, Autumn)-1.3(Winter) (A), 1.0(Summer)-1.3(Spring, Autumn)-1.6(Winter) (B), 1.3(Summer)-1.6(Spring,autumn)-1.9(Winter) (C).

³Mean separation within column's by Duncan's multiple range test at P=0.05.

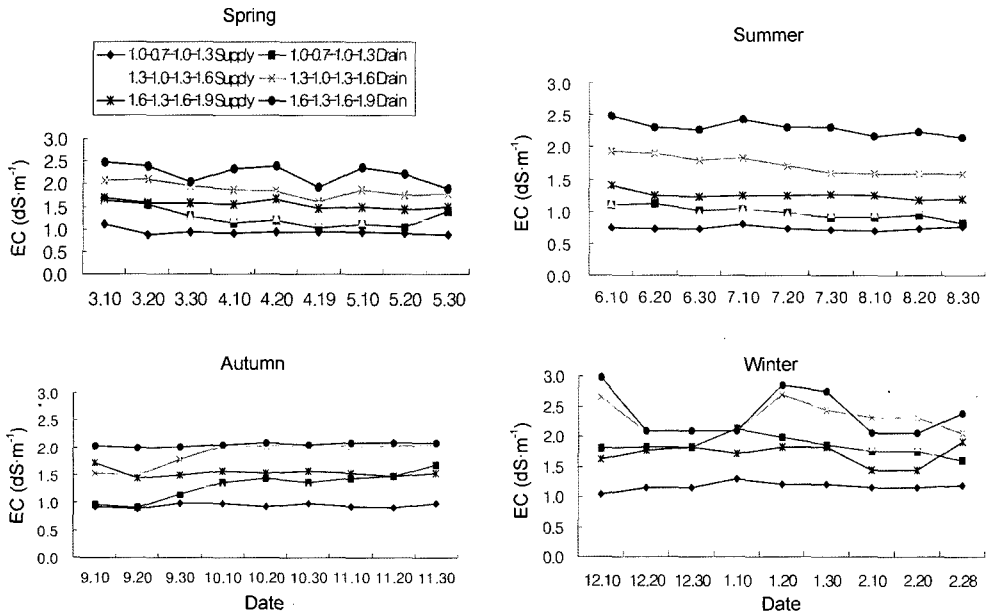


Fig. 3. Monthly change of EC of nutrient solution according to EC treatments by season.

EC 1.3과 1.6으로 공급한 구는 급배액 간의 EC농도 차가 0.5~1.0이었다. 이는 광량에 따라 배양액 농도를 조절하여 세포내 삼투압을 낮추어 뿌리가 배양액 원활히 흡수 할 수 있도록 한다(Benoit, 1992)결과와 유사하였다. 여름철에는 급액과 배액의 EC 농도차가 봄철보다는 크게 나타났는데 여름철 수분 손실이 많을 때는 배양액 농도를 낮게 관리할 것을 권장한다는 荒木(1986); Boertje(1986); Schwarz(1995)의 결과와 같이 가을철에는 급배액 EC 농도 차가 0.5정도로 줄어들었는데 급액 EC 농도 1.0 과 1.3에서 9월 하순부터 점점 높아지는 경향을 보였고, 1.6 급액구에서는 급배액의 EC 농도 차가 일정하게 유지하는 경향이였다. 겨울철에는 급액 EC 농도 1.3에서 급배액 간의 EC 농도가 거의 일정하게 유지되었으나 EC 1.6과 EC 1.9 급액에서는 배액의 EC 변화가 심하게 나타났는데, 이는 겨울철 일사량 변화 따른 것으로 생각되며 일사량에 따른 EC 농도 조절도 필요할 것으로 생각된다.

계절별로 EC 농도를 달리하여 공급하였을 때 매달 pH의 변화는 안정적으로 나타났는데(Fig. 4), 급액 EC가 높을수록 낮았으며, 급액보다는 배액의 EC가 높아지는 경향이였다. 또한 겨울철에 EC 1.6으로 급액한 처리의 배액 pH가 많이 떨어졌다. 이는 작물이

양분을 흡수할 때 수소를 방출하기 때문에 pH가 낮아지는 것으로 생각된다(Kang 등, 2000). 급액 EC를 봄 1.3, 여름 1.0, 가을 1.3, 겨울 1.6으로 급액한 처리에서 12월부터 익년 4월까지 배액의 pH가 저하되었는데 이는 광량에 따라 배양액 농도를 조절하여 세포내 삼투압을 낮추어 뿌리가 배양액을 원활히 흡수할 수 있도록 하며(Benoit, 1992), 왕성한 호흡작용으로 수소이온 방출이 많아지는 것(Lim, 1982)이라는 보고에 비추어 호흡작용이 왕성하면 수소이온 방출이 많아지고 따라서 배지 내 pH는 저하된 것으로 생각된다.

배양액의 질산태 질소 함량은 급액보다는 배액이 높아지는 경향이였고, EC 농도가 높을수록 높아지는 경향이였다(Fig. 5). 그러나 겨울철에 급액 EC 농도를 1.6으로 한 구와 1.9로 급액한 구의 배액의 질산태 질소 농도가 비슷한 것은 질산태 질소 EC 농도 1.6으로 공급한 처리의 pH가 겨울철에 낮아져 질산태 질소의 흡수가 저해된 것으로 생각된다. 이는 질산태 질소는 중성이나 알칼리성에서 흡수가 잘 되며(Kueak, 1982), 암모늄태 질소에 의하여 억제된다(Lim, 1982) 보고와 유사한 경향이였다.

배양액의 인산 함량은 급액보다는 배액에서 높게 나타나는 경향이였고 생육기간 중 안정적이었는데, 생육

장미 일사비례제어에 의한 순환식 양액재배시 계절별 급액 EC농도 구명

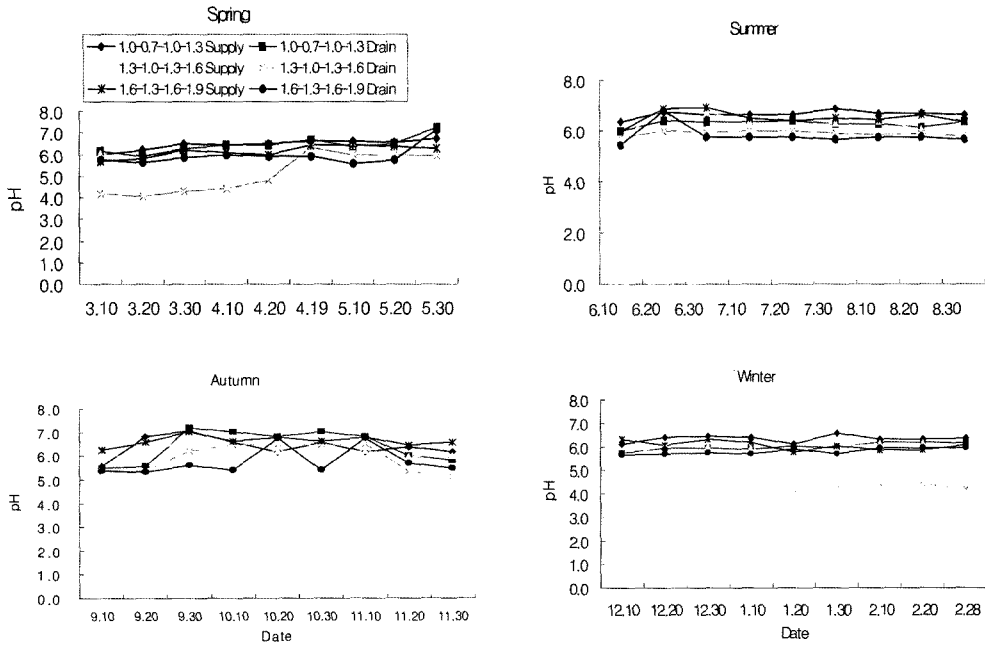


Fig. 4. Monthly change of pH of nutrient solution according to EC treatments by season.

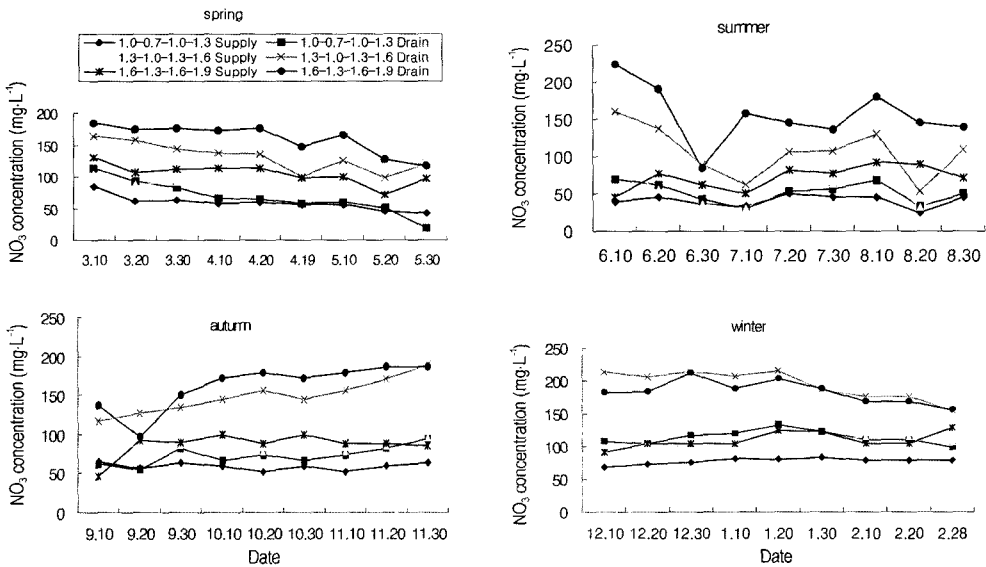


Fig. 5. Monthly change of Nitrogen according to EC treatments by season.

후기인 겨울철에는 EC 1.6으로 급액한 구의 배액이 1.9로 공급한 구보다 높아지는 경향을 보였다(Fig. 6). 이 처리는 배양액의 pH가 낮아지는데 인산이 산성조건에서 유리되는 알루미늄과 철이 인산알루미늄이나 인산철 등의 화합물로 쉽게 만들어지기 때문으로 생각된

다(Kueak, 1982).

칼륨은 급액보다 배액의 농도가 높았으며 생육기간 중 안정적이었는데, 생육후기인 겨울철에는 EC를 중간 정도 1.6으로 급액한 처리의 배액이 고농도 1.9로 공급한 처리보다 높아지는 경향이였다(Fig. 7).

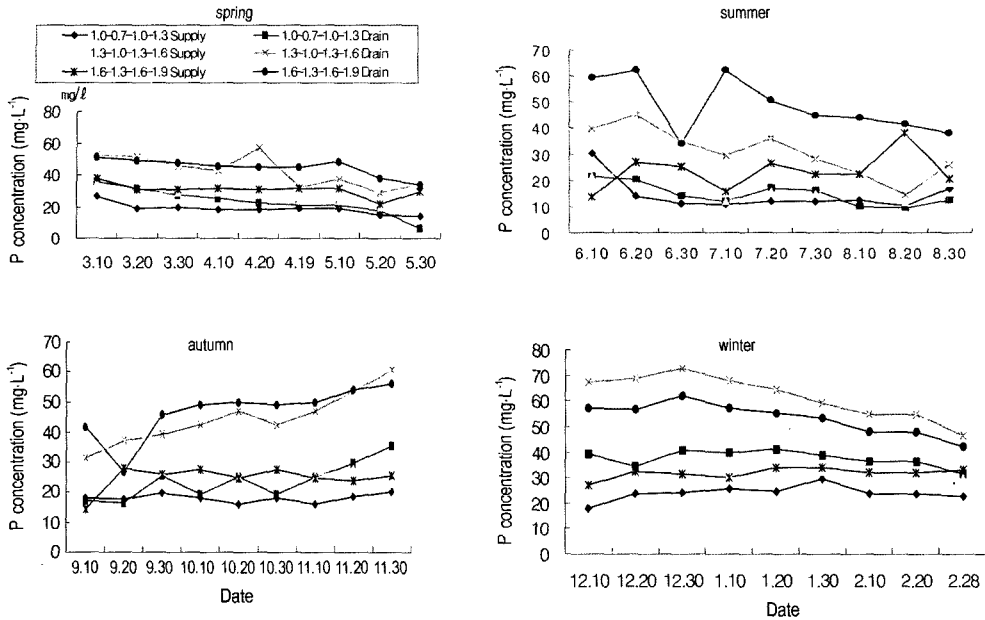


Fig. 6. Monthly change of phosphate concentration of nutrient solution according to EC treatments by season.

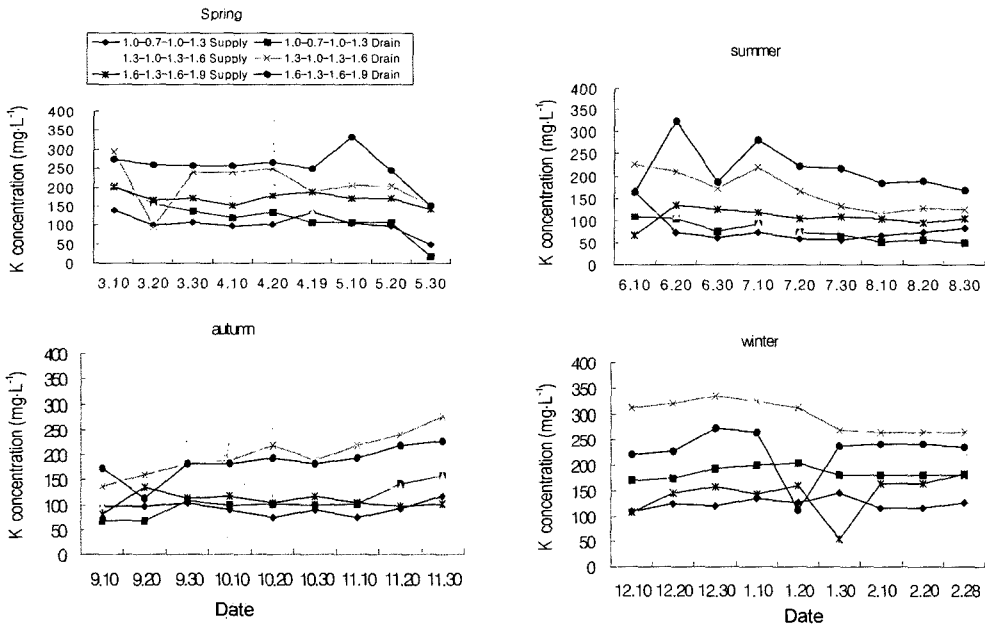


Fig. 7. Monthly change of potassium concentration of nutrient solution according to EC treatments by season.

마그네슘은 급액보다 배액의 농도가 높았으며 생육 기간 중 안정적이다가 생육후기인 겨울철에 농도가 높아져 집적이 일어났는데, 이는 마그네슘이 화합물로서 많은 효소반응에 활성물질로서 작용하기 때문으로

(Kucak, 1982) 생각된다(Fig. 8).

칼슘은 급액보다 배액의 농도가 높았으며 생육기간 중 안정적이었는데, 생육후기인 겨울철에 농도가 높아져 일사량, 온도 등에 의한 동화작용이 둔화된 것으로

장미 일사비례제어에 의한 순환식 양액재배시 계절별 급액 EC농도 구명

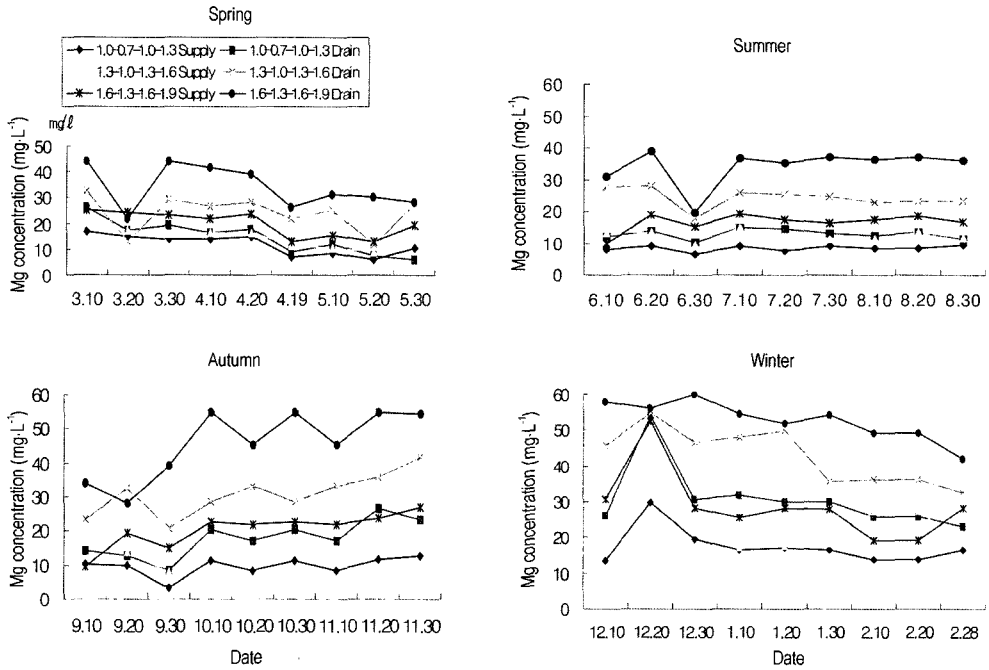


Fig. 8. Monthly change of magnesium concentration of nutrient solution according to EC treatments by season.

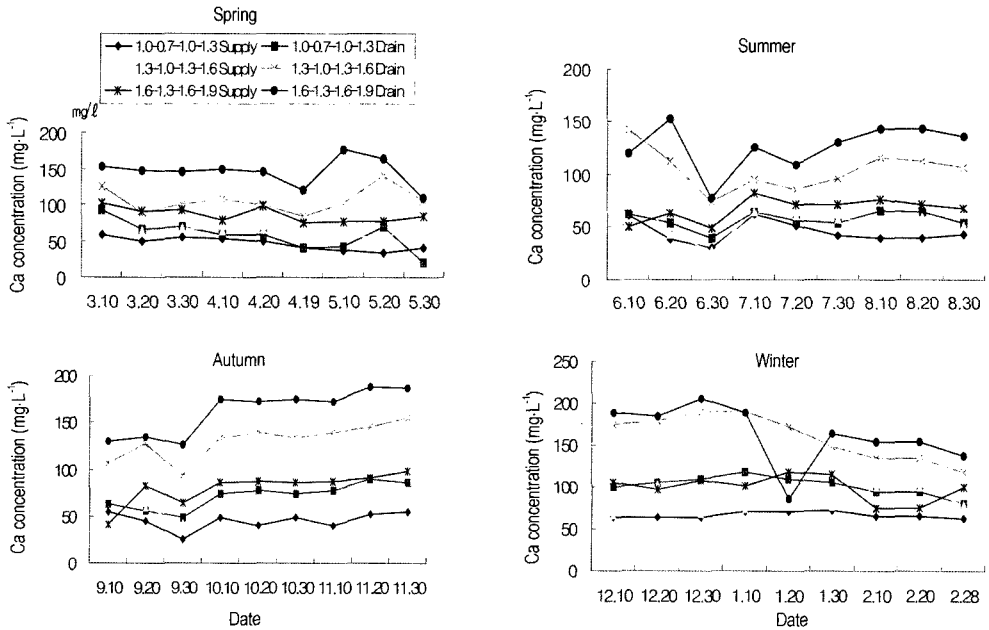


Fig. 9. Monthly change of calcium concentration of nutrient solution according to EC treatments by season.

생각된다(Fig. 9).

황산은 급액보다 배액의 농도가 높았으며 생육기간 중 안정적이었는데 생육후기인 겨울철에 농도가 높아져

일사량, 온도 등에 의한 동화작용이 둔화된 것으로 생각된다(Fig. 10). 특히 급액 EC 농도를 높게 한 처리의 배액에서 황산이온이 많이 나와 순환식에서는 황산

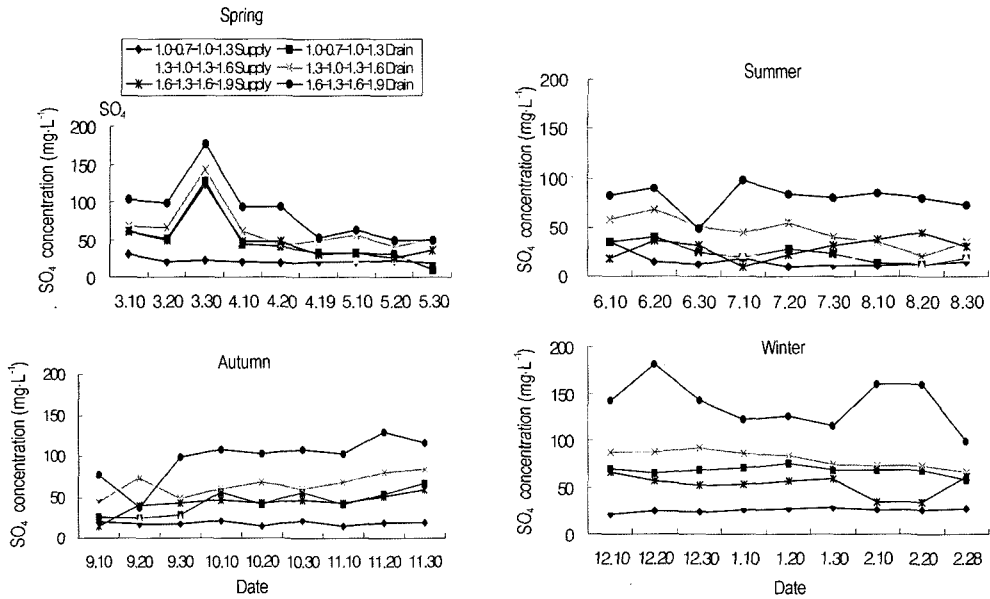


Fig. 10. Monthly change of sulphite according to EC treatments by season.

이온 공급에 주의가 필요할 것으로 생각된다(Fig. 10). EC 처리에 따른 장미의 절화품질은 절화장, 경경, 엽수, 화고, 화폭, 꽃잎수 등 절화품질에서 차이를 보이지 않았다(Table 4).

시험기간 동안에 조사된 처리간의 평균 절화장 분포를 보면 51~60가 33.3%로 가장 많았으나 70이상도 25.8%였다. 이는 노블리스 품종의 일반적인 절화품질과 비교하여 비슷하게 나타났다(Table 5).

Table 4. Effect of EC treatment on growth response of cut rose 'Nobles' growth in substrate culture.

Treatment ^z	Stem Length (cm)	Stem Diameter (mm)	No. of Leaf	Flower Height (cm)	Flower Diameter (cm)	No. of Petal
A	65 a ^y	6.2 a	11.4 a	4.4 a	8.5 a	48.0 ab
B	64 a	6.3 a	11.5 a	4.5 a	8.4 a	48.9 a
C	66 a	6.4 a	11.8 a	4.5 a	8.3 a	51.2 a

^zTreatments in supply EC concentration of 0.7(Summer)-1.0(Spring, Autumn)-1.3(Winter) (A), 1.0(Summer)-1.3(Spring, Autumn)-1.6(Winter) (B), 1.3(Summer)-1.6(Spring, autumn)-1.9(Winter) (C).

^yMean separation within column's by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Survey : From May 6. '03 to April 19. '04

Table 5. Effect of EC treatment on flower quality response of cut rose 'Nobles' growth in substrate culture.

Treatment ^z	Flowering Stem Length (cm)				
	> 40 Under	40~50	51~60	61~70	< 70 Above
A	0	10.7 a ^y	32.5 b	29.0 a	27.8 a
B	0	11.3 a	33.9 a	31.4 a	23.3 c
C	0	9.6 a	33.4 ab	30.8 a	26.2 b

^zTreatments in supply EC concentration of 0.7(Summer)-1.0(Spring, Autumn)-1.3(Winter) (A), 1.0(Summer)-1.3(Spring, Autumn)-1.6(Winter) (B), 1.3(Summer)-1.6(Spring, autumn)-1.9(Winter) (C).

^yMean separation within column's by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

Table 6. Effect of EC treatment on yield of cut rose 'Nobles' growth in substrate culture.

Treatment ^z	Period ^y												Total (Plant/Year)	
	1st		2nd		3rd		4th		5th		6th		Yield	Index
	Yield	Index ^x	Yield	Index	Yield	Index	Yield	Index	Yield	Index	Yield	Index		
A	20.8	102	28.3	95	33.0	99	26.7	110	17.3	114	20.5	99	146.7b ^w	102
B	21.5	106	31.5	106	37.8	113	26.8	111	17.7	117	20.7	100	156.0a	109
C	20.3	100	29.7	100	33.3	100	24.2	100	15.2	100	20.7	100	143.3b	100

^zTreatments in supply EC concentration of 0.7(Summer)-1.0(Spring, Autumn)-1.3(Winter) (A), 1.0(Summer)-1.3(Spring, Autumn)-1.6(Winter) (B), 1.3(Summer)-1.6(Spring, autumn)-1.9(Winter) (C).

^y1st. : '03. 5. 6~6. 4, 2end. : '03. 6. 23~7. 24, 3rd. : '03. 8. 4~9. 5, 4th. : '03. 9. 29~11. 4, 5th. : '03. 12. 8~'04. 1. 26, 6th. : '04. 3. 2~'04. 4. 19

^xAverage of yield index in during harvest time.

^wMean separation within column's by Duncan's multiple range test at $P=0.05$.

절화수량은 봄, 가을 1.0 여름 0.7 겨울 1.3으로 공급한 처리는 5월 수확에서는 많았으나 7월과 8월 수확에서는 떨어졌으며 10월과 12월 1월 수확에서는 수량이 늘었고, 3월 수확에서는 약간 줄었다. 봄, 가을 1.3 여름 1.0 겨울 1.6으로 공급한 처리는 5월, 7월, 8월 10월과 12월 1월 수확에서는 수량이 많았고, 3월 수확에서는 다른 처리와 비슷하였다. 봄 1.6, 여름 1.3, 가을 1.6, 겨울 1.9 처리는 5월 수확에서는 적었고, 7월, 8월, 9월, 10월, 12월, 1월 수확에서는 비슷하였고, 3월 수확에서는 비슷하였다. 전체 수량은 1.3-1.0-1.3-1.6 처리가 9% 더 많은 것으로 나타났으며, 계절에 관계없이 수량이 많아 계절에 따른 급액 EC 농도를 다르게 설정해야 할 것으로 생각된다 (Table 6).

적 요

계절별로 EC를 달리하여 처리한 결과, EC 농도는 급액보다 배액이 높았고 EC를 높게 급액하면 급배액 간의 농도차가 많았으며 pH는 급액 EC가 높을수록 배액의 pH가 낮았다. 장미품질은 절화장, 경경, 엽수, 화고, 화폭과 같은 장미의 품질에는 차이가 없었다. 수량은 4월과 5월에 EC 1.3으로 공급한 처리에서 6% 정도 많았고, 6, 7, 8월에는 EC 1.0으로 공급한 처리에서 10%정도 많았다. 또한 9월과 10월에는 EC 1.0과 1.3으로 공급한 처리에서 수량이 10%정도 많았다. 전체적으로는 EC를 봄에는 1.3, 여름에는 1.0, 가을에 1.3, 그리고 겨울에 1.6으로 조절한 (B)처리가 수량이 가장 많았다.

인 용 문 헌

1. 荒木浩一. 1986. 록울栽培の基礎と實際. 農業および園藝. 61(9):1093-1097.
2. Bartosik, M.L., K. Salonen, R. Jokinen, and K.R. Hukknen. 1993. Comparison of open and closed growing methods on peat and rock-wool and the leaching of nutrients. Acta Hort 342:303-305.
3. Benoit F. 1992. Practical guide for simple soilless culture techniques. European vegetable R & D Center p. 28-37. Belgium.
4. Boertje, G.A. 1986. The effect of the untrient concentration in the propagation of tomatoes and cucumber on rockwool. Acta Hort. 178:59-65.
5. Böhme, M. 1995. Effects of closed systems in substrate culture for vegetable production in greenhouses. Acta Hort. 396:45-54.
6. Jensen, M.H. 1997. Hydroponics. HortScience 32: 1018-1021.
7. Kang, Y.H., Y.M. Kwon, H.J. Kim, U.S. Shim, J.B. Lee, Y.N. Hong. 2000. Plant physiology. academy-books. p. 123. Seoul.
8. Krüssmann, G. 1982. Roses. BT Batsford LTD. London. p. 6.
9. Kueak, P.J. 1982. Agriculture & forest fertilizer. Hakmoonsa. p. 86. Seoul.
10. Lim, S.O. 1982. Plant science of nutrient-fertilizer. Ilshinsa. p. 12. Seoul.
11. MAF. 2005. Floriculture growth situation.
12. Schwarz, M. 1995. Soilless culturs management. Springer-Verlag, Berlin. p. 31-32, 43-56.
13. Youn, P.S. 1989. Horticulture & plant pictorial book. pp. 890-901. Jishinsanueb, Seoul.
14. Zekki, H., L. Gauthier, and A. Gosselin. 1996. Growth, productivity and mineral composition of hydroponically cultivated greenhouse tomatoes with or without nutrient solution recycling. J. Amer. Soc Hort. Sci. 121:1082-1088.