

## 일사비례제어에 의한 절화장미(*Rosa hybrida* cv Cardinal)의 급액량 구명

나택상<sup>1\*</sup> · 김정근<sup>1</sup> · 최경주<sup>1</sup> · 기광연<sup>1</sup> · 유용권<sup>2</sup>

<sup>1</sup>전남농업기술원, <sup>2</sup>목포대 생명공학부

### Study on Optimum Water Supply by Solar Radiation in Cut Rose(*Rosa hybrida* cv Cardinal)

Taek Sang Na<sup>1\*</sup>, Jeung Gun Kim<sup>1</sup>, Kyong Ju Choi<sup>1</sup>, Gwang Yeon Gi<sup>1</sup>, and Yong Kweon Yoo<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Horticultural Research Division, Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Service, Naju 520-715, Korea

<sup>2</sup>Division of Biotechnology and Resources, Mokpo Nat'l Univ., Chunggye 534-729, Korea

**Abstract.** This study was carried out to find optimum accumulative solar radiation in 'Cardinal' of Perlite Media. The pH was stable from 6.0 to 6.7 during cultivation. Electric conductivity by drainage was higher water than by supply water and electric conductivity was increased at later. Inorganic compound, such as phosphoric, kalium and magnesium were accumulated in crossed system. Especially, kalium and magnesium were highly accumulated. When solar radiation high, consumption of the amount of nutrient solution were increased. Sap flew was 273 g·hr<sup>-1</sup> per hour from 10:30 to 11:00 AM. However there was no relationship between solar radiation and the amount of sap flew. When amount of solar radiation was 250 W·hr<sup>-1</sup>, cut rose 'Cardinal' nutrient consumption was 212.8 mL at nutrient supply of 50 mL. The yield of cut rose 'Cardinal' was 154.6 ea/10a in perlite media. In the 'cut rose 'Cardinal'', nutrient solution was 50 mL as supplied at solar radiation of 200 W·hr<sup>-1</sup> and nutrient solution was 30mL as supplied at solar radiation of 250 W·hr<sup>-1</sup> at low solar radiation in perlite.

**Key words :** accumulated solar radiation, nutrient solution, perlite media

## 서 언

시설재배에서 일사량에 의한 급액제어는 현재 상업적으로 많이 사용하는 방법이다. 이것은 일사량과 수분 흡수량의 관계를 고려하여 일사량이 시간이 경과함에 따라 누적되어 일정한일사량에 도달하면 급액이 되는 방법이다(Hanan, 1967; Maree, 1981; Hartmann 과 Zengerle, 1985). 수분관리는 수량증대, 품질향상 및 노력절감 등의 관점에서 매우 중요하다. 작물에 필요한 수분을 합리적으로 관리하기 위해서는 증발산량을 파악해야 한다. 뿌리로부터 흡수된 양분이 증산에 의하여 체내로 이동되는 흡수속도는 증산속도에 체내수분 변화량을 더한 것 이므로 체내 수분변화량을 무시하면,

증산속도는 흡수속도와 동일하기 때문에 흡수량을 측정함으로써 증산속도를 구할 수 있다고 하였다(Yabuki, 1985). 일사량과 증산량간에는 높은 상관관계가 있기 때문에 작물의 흡수량과 일사량에도 밀접한 관련이 있다고 할 수 있고, 작물에 의한 수분 흡수는 일사량에 거의 비례한다고 하였다(Smith, 1988; Katou, 1994). 또한 작물의 수분소비량은 일사량이 강하고 기온이 높을수록 그리고 습도가 낮고 바람이 강할수록 증가하므로, 여름철에는 겨울철의 2~3배가 되고 흐리거나 비 오는 날에는 맑은 날의 1/5 정도로 현저히 낮아진다고 하였다(Tanaka, 1996). 일사량과 작물의 수분 흡수량에는 높은 상관이 있기 때문에 적산일사량에 따라 그 날 하루에 필요한 급액량을 추정할 수 있다고 하였다(Smith, 1988). 일사량에 의한 급액제어는 온실 내 외부에서 측정된 일사량만 가지고 급액량을 결정하지만

\*Corresponding author: tssna@hanmail.net  
Received May 20, 2008; accepted June 25, 2008

다른 급액 방법 보다는 실용화 면에서 유리하다(De Graff, 1988). 일사량에 의한 급액제어는 작물의 증산량에 의한 수분흡수량과 일사량이 비례한다는 이론을 바탕으로 일사량이 일정한 적산량에 도달하면 급액 될 수 있도록 하는 방법으로 재배기간 중 일사량에 대한 기상자료를 바탕으로 1일 급수시간범위와 급수량을 추정할 수 있고, 이들 자료로 어느 지역의 계절별 작물의 수분소비량 계산이 가능하다고 하였다(Burger, 1994; Smith, 1988). 또한 일사 센서와 수위센서를 병용하면 24시간 급액관리하는데 용이하다고 하였다(Japan Protect Horticulture. 1996). 각 배지의 물리적 특성에 따라 수분흡수량 및 배액량에 차이가 있고, 이에 따라 적정 일사량 범위에서도 차이를 보였는데, Hayasi(1991)은 장미양액의 1회 급액시간은 5분 전후이며 1본당 1일 급액량은 겨울인 경우 250~400ml, 여름인 경우 600~800ml를 기준으로 하고 있는 것으로 보고하였다. 본 시험에서는 일정한 일사량에 도달할 경우 장미 '카디날' 품종의 재배 배지별 적정 급액량을 구명하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

이 시험은 전남 나주소재의 전남농업기술원 시험포장 와이드스팬형 유리온실 330m<sup>2</sup>에서 순환식 양액재배로 하였다. 양액은 C. Sonneveld 순환식을 지해수 분석 결과를 반영하여 사용하였으며, 급액은 일사량 비례제어로 하였다. 급액시점은 적산일사량이 200, 250, 300Wh/m<sup>2</sup>에 도달시 급액이 되도록 하였으며, 1회 급액량은 30, 40, 50ml가 급액 되도록 조합하여 처리하였다. 장미 품종은 'Cardinal'를 2000. 3. 27 삽목하였고, 사용된 삽수는 줄기 하부 1마디 5소매엽부터 상부 1마디 5소매엽 까지 1마디씩 채취하여 50공 트레이를 이용하여 지피포트에 삽목하였다. 삽목상은 50% 차광망으로 차광하였으며, 관수는 미스트분사로 맑은 날은 6분 간격으로 18초간, 흐린 날은 18분 간격으로 6초간을 기준으로 하여 매일 조정하였다. 정식은 2000년 4월 28일에 하였는데 재식거리는 폭 50cm 스티로폼 베드에 주간 15cm, 조간 30cm로 하였으며, 베드 높이는 80cm, 베드와 베드 사이는 140cm로 하였다. 급액은 CNL버튼을 이용하여 마이크로류뷰에 드립퍼를 연결하여 사용하였다. 배지는 펠라이트

단용과 암면(7)+펠라이트2호(3) 혼용배지를 사용하였다. 시험기간은 2000년 9월 27일부터 2001년 9월 26일까지이고, 시험구는 분할구배치법 3반복으로 하였다.

외부 기상인 일사량, 온도, 습도는 무인기상 측정장비(CR10X, Campbell. Co. U.S.A)로 측정하였고, 온실의 환경관리를 위해서 복합환경제어 시스템(HP500, Spain)을 사용하였다. 온실 온도관리는 야간 최저 16±0.5°C, 주간은 22±0.5°C에서 측량이, 27±0.5°C에서 천창이 열리도록 하였고, 일사량이 650±25 W·hr<sup>-1</sup> 이상에서 50% 차광 하였다. 정밀한 온도 관리를 위하여 공기교반기를 온도차이가 상, 하 1°C 이상이면 작동하도록 하였다. 양액공급을 위해서는 양액 자동공급기(HP6000, PC, Spain)를 사용하여 적산일사량에 의해서 각각의 처리마다 급액량을 다르게 하였다. 생육조사는 절화품질 및 수량을 연중 6회를 실시하였으며, 처리 당 10분씩 3반복으로 조사하여 상품성이 없는 줄기는 절곡하여 동화지로 사용하였다. 기타 재배 관리는 농촌진흥청 표준영농교본 장미재배와 양액재배 기술에 준하였다.

양액분석을 위해 10일 간격으로 채취하고 즉시 pH는 pH/ISE Meter(76P, Istek Inc. Korea)로, EC는 EC/Conductivity/TDS Meter(43C, Istek Inc. Korea)로 측정하였다. 양액 이온 분석은 Memberance filter 0.45 µm로 여과하여 30배로 희석시킨 다음 이온크로마토그래프(IC-761, Metrohm, Swiss)를 이용하여 분석하였다. 수액의 흐름은 줄기의 가시를 제거하고 관부에서 10위에 Sap Flow System(meter), (DYNAMAX INC. USA)를 설치하여 측정하였다. 재배상의 온도와 습도는 Data Logger(LI-1400, LI-Cor U.S.A)를 이용하였다.

## 결과 및 고찰

시험기간의 월평균 적산일사량은 2001년 8월이 5,582W·hr<sup>-1</sup>으로 가장 높았고 일조시간이 짧은 12월은 1,717W·hr<sup>-1</sup>로 가장 낮게 나타났는데 일조시간이 많은 여름철에는 높게 나타나고 일조시간이 적은 겨울철에는 일사량이 낮은 경향을 보였다. 월평균 급액 횟수는 일사량이 많은 '00년 8월에 적산일사량 200 W·hr<sup>-1</sup>에 급액한 구가 25회로 가장 많았고 일사량이 적은 '01년 1월에는 8회로 적었다. 적산일사량 250

일사비례제어에 의한 절화장미(*Rosa hybrida cv Cardinal*)의 급액량 구명

**Table 1.** According to accumulative radiation to supply times by different season.

Accumulative Radiation (W·hr <sup>-1</sup> )	Season	Supply times
200	Aug. 2000	25
	Jan. 2001	8
250	Aug. 2000	20
	Jan. 2001	6
300	Aug. 2000	16
	Jan. 2001	5

W·hr<sup>-1</sup>에서 급액한 구는 '00년 8월에 20회, '01년 1월에 6회, 적산일사량 300W·hr<sup>-1</sup>에서 급액한 구는 '00년 8월에 16회 '01년 1월에 5회로 적산 일사량간에 뚜렷한 차를 보였다(Table 1).

필라이트 배지에 있어서 온도는 Table 2에 나타나 있다. 여름철인 8월 24일과 가을철 10월 15일에 조사했을 때는 적산일사량과 급액량에 따른 배지별 엽온과 배지온도에 차이가 없었다. 적산일사량과 급액량에 따

른 엽온과 배지온도는 차이는 확인 할 수 없었다.

pH변화는 필라이트 배지에서 8월 17일에 2.9까지 일시적으로 떨어지기도 하였으나 전반적으로는 pH6.0에서 6.7사이로 안정적이었다. EC는 급액보다는 배액에서 높게 나타났고 후기로 갈수록 높아지는 경향이 있었다. EC는 배지내에서 크게 변화하지 않았으나, 여름철에 높게 나타나 강 등(2000)이 여름철에 증발량이 많다는 결과와 비슷하다. 무기성분은 비순환식 C. Sonneveld처방 기준으로 보면 인산과 칼리, 마그네슘이 집적됨을 알 수 있었는데, 특히 칼리와 마그네슘은 각각 기준량 195 ppm, 18보다 집적됨을 알 수 있었다(Table 3). 이는 Böhme(1995)과 Zekki 등(1996)이 제시한 양분의 집적으로 장미의 수량과 품질이 떨어질 수 있다는 주장과 일치하는 것이었다.

3월 25일 일사량 1,928W·hr<sup>-1</sup>에서 장미 수액의 흐름은(Fig. 1) 23시 15분부터 측정을 시작하여 다음날 05시까지 하였는데, 10시 30분에서 11시 사이에

**Table 2.** The effects of medium, accumulative amount of solar radiation, and supply amount of nutrient solution on the leaf and medium temperature in closed system of cut rose 'Cardinal'.

Season	Accumulative Radiation (W·hr <sup>-1</sup> )	Amount supply times	Leaf temp. (°C)	Medium temp. (°C)
Summer Aug. 24	200	30	31.8	29.8
		40	31.1	29.8
		50	31.0	29.8
	250	30	32.0	29.5
		40	32.0	29.5
		50	31.4	29.7
	300	30	31.4	29.8
		40	31.2	29.8
		50	31.3	29.5
Fall Oct. 15	200	30	30.2	21.0
		40	30.6	21.1
		50	30.7	21.6
	250	30	30.1	21.0
		40	30.5	21.4
		50	30.4	21.2
	300	30	30.1	21.0
		40	30.5	21.4
		50	30.4	21.2

**Table 3.** Change in nutrients according to season in closed system of cut rose 'Cardinal'. (Unit: mg/L<sup>-1</sup>)

Season	pH	EC (ds/m)	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	PO <sub>4</sub> -P	K	Mg	Ca	SO <sub>4</sub> -S
Spring	6.1	2.0	144	0	64	252	28	114	61
Summer	6.6	2.3	120	0	72	217	88	166	95
Fall	6.0	1.8	138	0	44	212	35	111	38
Winter	6.7	2.2	160	0	52	278	50	141	82

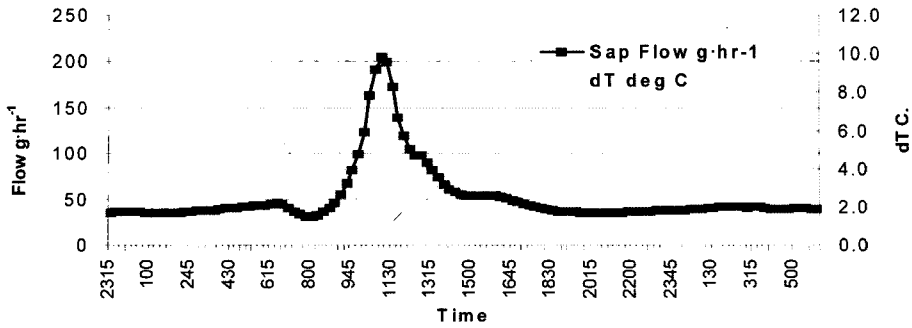


Fig. 1. Daily sap flow by accumulation radiation in closed system of cut rose 'Cardinal' in perlite medium at 1,928 W·hr<sup>-1</sup>.

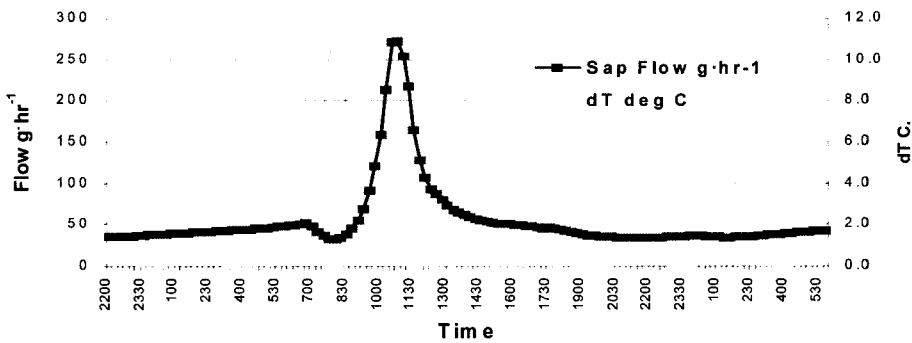


Fig. 2. Daily sap flow by accumulation radiation in closed system of cut rose 'Cardinal' in perlite medium at 4,936 W·hr<sup>-1</sup>.

204g·hr<sup>-1</sup>로 가장 많았다. 작 물의 흡수량과 일사량간에는 밀접한 관련성(Smith, 1988; Katou, 1994)이 있는데, 이 시험에서도 유사한 경향을 나타냈다.

8월 25일 적산일사량 4,936W·hr<sup>-1</sup>에서의 장미 수액은 22시 00분부터 측정을 시작하여 다음날 05시 30분까지 하였는데, 10시 30분에서 11시 사이에 273 g·hr<sup>-1</sup>로 나타났다(Fig. 2). 이는 3 월 25일 일사량

1,928W·hr<sup>-1</sup>보다 3배정도 많으나 수액흐름은 69 g·hr<sup>-1</sup> 증가에 그쳤는데, 이는 일사량 증가에 비례하여 수액흐름의 증가를 가져오지 않는다는 것을 알 수 있었다.

각각의 적산일사량 수준에서 양액소모량을 보면 적산일사량 200W·hr<sup>-1</sup> 처리에서는 1회 급량 40ml 구에서 198.6ml로 많았다. 250W·hr<sup>-1</sup>에서는 50ml구에서

Table 4. Nutrient consumption((/Plant) in perlite medium according to accumulation amount of solar radiation and supply amount of nutrient solution.

200 <sup>2</sup> W·hr <sup>-1</sup>			250 W·hr <sup>-1</sup>			300 W·hr <sup>-1</sup>		
30 <sup>3</sup> ml	40 ml	50 ml	30 ml	40 ml	50 ml	30 ml	40 ml	50 ml
164.7	198.6	196.3	191.4	191.3	212.8	197.4	191.0	195.0

<sup>2</sup>When solar radiation reaches at 200, 250, 300 W·hr<sup>-1</sup>, nutrient solution is applied.

<sup>3</sup>Nutrient solution supply of 30, 40, 50 ml/plant/time.

Table 5. Rate of drainage(%) in perlite medium according to accumulatoin amount of solar radiation and supply amount of nutrient solution.

200 <sup>2</sup> W·hr <sup>-1</sup>			250 W·hr <sup>-1</sup>			300 W·hr <sup>-1</sup>		
30 <sup>3</sup> ml	40 ml	50 ml	30 ml	40 ml	50 ml	30 ml	40 ml	50 ml
62.8	68.1	73.7	48.8	61.3	65.6	38.8	54.6	62.5

<sup>2</sup>When solar radiation reaches at 200, 250, 300 W·hr<sup>-1</sup>, nutrient solution is applied.

<sup>3</sup>Nutrient solution supply of 30, 40, 50 ml/plant/time.

일사비례제어에 의한 절화장미(*Rosa hybrida* cv Cardinal)의 급액량 구명

**Table 6.** The effect of accumulation amount of solar radiation and supply amount of nutrient solution on the growth and flowering characteristics in the closed system of cut rose 'Cardinal' cultured in perlite medium.

Accu. radiation	Amou. supply/plant	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf No.	Flower high (cm)	Flower diameter (cm)	Petal no.
200 <sup>z</sup>	30 <sup>y</sup> ml	65.0	6.8	9.4	4.7	9.7	26.1
	40	67.5	6.8	10.2	4.7	10.5	25.9
	50	63.8	6.7	9.5	4.6	10.2	25.6
	Ave.	65.4	6.7	9.7	4.6	10.1	25.9
250	30	66.8	7.3	10.1	4.7	10.3	26.1
	40	65.5	7.0	9.9	4.6	10.2	26.0
	50	64.7	6.8	10.3	4.8	11.6	25.5
	Ave.	65.7	7.0	10.1	4.7	10.7	25.9
300	30	67.6	7.0	10.3	4.5	9.8	25.8
	40	65.9	7.1	10.1	4.6	9.5	25.9
	50	64.5	6.8	9.7	4.6	9.3	25.8
	Ave.	66.0	6.9	10.0	4.6	9.5	25.8

<sup>z</sup>When solar radiation reaches at 200, 250, 300 Wh/m<sup>2</sup>, nutrient solution was applied.

<sup>y</sup>Nutrient solution supply of 30, 40, 50 ml/plant/time.

**Table 7.** The effect of accumulation amount of solar radiation on yield in the closed system of cut rose 'Cardinal'.

The amount of solar radiation	Supply amount of nutrient solution	Yield					
		1st <sup>z</sup>	2nd	3rd	4th	5th	6th
200 <sup>y</sup>	30 <sup>x</sup>	25.7 d	15.0 bc	11.0 ab	39.3 b	27.7 bc	22.3 bcd
	40	32.0 ab	15.7 bc	10.0 bc	42.7 ab	26.0 c	22.0 bcd
	50	30.7 abc	19.0 a	12.3 a	40.7 b	22.3 d	19.7 d
250	30	33.0 a	15.3 bc	7.7 d	39.0 b	24.7 cd	23.7 bc
	40	30.7 abc	15.7 bc	12.3 a	47.0 a	25.3 cd	21.3 cd
	50	31.3 ab	17.7 ab	12.0 ab	47.3 a	25.7 cd	20.6 cd
300	30	26.0 cd	16.3 abc	10.7 ab	33.3 c	30.3 b	27.7 a
	40	26.3 cd	13.7 c	10.7 ab	37.3 bc	30.0 b	25.0 ab
	50	27.3 cd	16.7 ab	8.3 cd	33.0 c	33.6 a	23.3 bc

<sup>ns,\*,\*\*</sup> Nonsignificant or significant at P<0.05 or 0.01, respectively. The alues followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test (P<0.05).

<sup>z</sup>1st: '00. Sep. 27~Oct. 29, 2nd: '00. Nov. 27~Dec. 27, 3rd: '01. Jan. 26~Mar. 4, 4th: '01. Mar. 31~Jun. 15, 5th: '01. Jul. 3~Jul. 23, 6th: '01. Aug. 3~Sep. 26

<sup>y</sup>When solar radiation reaches at 200, 250, 300 Wh/m<sup>2</sup>, nutrient solution was applied.

<sup>x</sup>Nutrient solution supply of 30, 40, 50 ml/plant/time.

212.8ml, 300W·hr<sup>-1</sup>에서는 30m<sup>2</sup>에서 197.4ml였는데(Table 4) 장미의 수량은 250W·hr<sup>-1</sup>에서는 50m<sup>2</sup>에서 154.6본·10a<sup>-1</sup>로 가장 많아 양액소모량이 많을수록 수량이 많음을 알 수 있었다.

배지의 배액율은 전체적으로는 일사량이 많으면 높아지는 경향이었는데 급액시점이 짧은 200W·hr<sup>-1</sup>, 급액량이 많은 50ml/ 처리에서 73.7%로 많았고, 급액시점이 긴 300W·hr<sup>-1</sup>, 급액량이 적은 30ml/ 처리에서 38.8%로 적었다(Table 5). 2002년 4월 17일의 경우

높은 일사량에도 배액율이 낮은 것은 광합성에는 일사량 이외 온도, 습도, CO<sub>2</sub> 등이 관여한다는 것을 확인할 수 있었다(Kang, 2000).

적산일사량과 급액량 처리에 따른 생육특성이 Table 6와 같이 나타났다. 절화장은 적산일사량 300W·hr<sup>-1</sup>에 30ml/ 급액처리시 67.6cm로 가장 길었고, 엽수도 10.3개로 많았다. 줄기의 직경은 적산일사량 250W·hr<sup>-1</sup>에서 30ml/ 급액처리에서 가장 굵었다. 꽃대의 직경과 높이는 250W·hr<sup>-1</sup>에 50ml/ 급액처리에서 가장 좋았으

며, 꽃잎수는  $250W \cdot hr^{-1}$ 에 30m/ 급액처리에서 가장 많았다. 평균 절화장은 65.7cm, 경경은 6.9mm, 엽수 9.9매, 화고 4.6cm, 화폭 10.1cm, 꽃잎수 25.8매로 나타났다.

수량은 적산일사량  $250W \cdot hr^{-1}$ 에서 50m/급액한 구가 153.4본/10주으로 많았고,  $200W \cdot hr^{-1}$ 에서 30m/ 급액처리에서 가장 적었다. 급액량 간에는 주당 40m/를 급액한 구가 148.8본/주로 많았다. 계절별로는 일사량이 적은 1차에서는 적산일사량  $250W \cdot hr^{-1}$ 에서 30m/를, 2, 3차에서는 적산일사량 200에서 50m/를 급액한 처리가 많았고, 일사량이 많아지는 4차는 250에서 50m/를 급액한 구가, 5차는  $300W \cdot hr^{-1}$ 에서 50m/를 급액한 처리가 많았으나 일사량이 줄어드는 6차는  $250W \cdot hr^{-1}$ 에서 30m/를 급액한 처리가 많아졌다(Table 7). 따라서 펠라이트 배지에서 절화장미 'Cardinal' 재배시 일사량이 적을 때는  $200W \cdot hr^{-1}$ 에서 50m/를 1일 6~10회 급액하고 일사량이 많을 때는 250에서 30m/를 22~30회 급액하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

## 적 요

본 시험은 펠라이트 배지에서 적산일사량에 따른 급액이 장미 'Cardinal'의 생육에 미치는 영향을 고찰하기 위하여 수행하였다. 배지내의 pH는 6.0에서 6.7사이로 안정적이었고 EC는 급액보다는 배액에서 높게 나타났는데 후기로 갈수록 높아지는 경향이였다. 무기 성분은 비순환식 C. Sonneveld처방 기준으로 보면 인산과 칼리, 마그네슘이 집적됨을 알 수 있었는데, 특히 칼리와 마그네슘은 각각 기준량 195ppm, 18보다 집적됨을 알 수 있었다. 배지의 배액율은 전체적으로는 일사량이 많으면 높아지는 경향이였다. 장미 수액은 오전 9시 경부터 12시까지 흐름이 있었는데, 10시 30분에서 11시 사이에  $273g \cdot hr^{-1}$ 이었는데 일사량에 비례하여 수액흐름이 증가하지는 않았다. 양액소모량은  $250W \cdot hr^{-1}$ 에서는 50m/구에서 212.8m/로 많았는데 수량도 154.6본/10a로 많아 양액소모량이 수량에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 펠라이트 배지에서 양액공급량은 11월부터 3월에  $200W \cdot hr^{-1}$ 에서 50m/를 1일 6~10회 급액하고 일사량이 많을 때는  $250W \cdot hr^{-1}$ 에서

30m/를 1일 22~30회 급액하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

**주제어** : 적산일사량, 양액, 펠라이트 배지

## 인 용 문 헌

1. Böhme, M. 1995. Effects of closed systems in substrate culture for vegetable production in greenhouses. *Acta Hort.* 396:45-54.
2. Burger, D.W. 1994. Intermittent mist control via solar cells. *Hort. Technology* 4:273-274.
3. De Graff, R. 1988. Automation of the water supply of glasshouse crops by means of calculating the transpiration and measuring the amount of drainage water. *Acta Hort.* 229:219-231.
4. Hanan, J. J. 1967. A solar integrator for greenhouse use. *Colorado Flower Grower's Association, Bulletin* 203 p. 55.
5. Hartmann, H.D. and K.H. Zengerle. 1985. Neue Methode zur Optimierung der Bewässerung. *Gemuese* 21(5) :227-229.
6. Hayasi, I. 1991. Rockwool Culture Technic. p. 104-126. In: *Cut rose cultivation of new technic.* Seunmondoshinko Co. Tokyo.
7. Katou, T. 1994. Cut Flower Hydroponic Culture-Rockwool Hydroponic Soil Culture-. *Agriculture Forest Fish Culture Co. Tokyo.* pp. 115-116.
8. Kang, Y.H., Y.M. Kyeon, H.J. Kim, U.S. Shim, J.B. Lee, Y.N. Hong. 2000. *Plant Physiology.* Academia Books. p. 123. Seoul (in Korean).
9. Maree, P.C.J. 1981. Dependence of water requirements of *Lycopersicon esculentum* planted in rockwool on incoming solar radiation. *Acta Hort.* 115:59-67.
10. *Japan Horticulture Protected: Hydroponic Culture Method,* Seunmondoshinko Co, 1996, pp 43-44.
11. Smith, D.L. 1988. Rockwool in horticulture. p. 24-35, 47-72. *Grower Books, London.*
12. Tanaka, K. 1996. *Hydroponic Culture Method. - Hydroponic Culture in Method of Character and Method-Rock wool.* Seunmondoshinko Co, Tokyo. pp. 16-17, 31-34.
13. Yabuki, M. 1985. *Agriculture Environment Control Engineering.* Ashahi Co. Tokyo. pp. 59-79.
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.