

# 딸기의 循環式 固形培地 栽培에 適合한 培養液 開發

## Development of Optimum Nutrient Solution for Strawberry (*Fragaria ananassa* D.) in Hydroponics

윤혜진·홍연숙·최은영·이용범

서울시립대학교 환경원예학과

H. J. Yun · Y. S. Hong · E. Y. Choi · Y. B. Lee

Dept. of Environ. Hort., The University of Seoul, Seoul 130-743, Korea

T. 02. 210-2385(2968) hydroppo@uos.ar.kr. hydroppo@chollian.net

### 1. 실험목적

딸기는 숙근성 초본이며 내한성이 강한 과채류로 노지면적은 계속 감소하여 1996년에 907 ha이나, 시설재배면적은 계속 증가하여 6236 ha를 나타내고 있다. 이와 같이 딸기는 이제 대부분의 생산량이 시설 내에서 생산되고 있다. 유럽과 일본 등에서 딸기의 양액 재배 면적은 급속히 증가하고 있는데 비해 국내에서의 딸기 양액재배 면적은 극히 적은 면적에 지나지 않지만, 앞으로 생산성과 품질의 증가가 기대되는 작물이기 때문에 재배 면적의 증가가 기대되는 채소작물 중 하나이다. 따라서 순환식 고품 배지 재배에서 딸기의 양수분 흡수 패턴을 밝히고 생육과 환경특성에 적합한 배양액을 개발하여 실제 재배에 응용함으로써 생산성과 품질을 향상시키고자 본 실험을 수행하였다.

### 2. 재료 및 방법

#### (1) 순환식 고품배지경에서 딸기 배양액 개발

서울시립대학교 온실에서 공시작물로 딸기(*Fragaria ananassa* D.; “수홍”)의 유묘를 코코피트 배지에 1997년 10월 25일 이식하였다. 이식 후에는 정식 전까지 일본야채시험장 배양액을 공급하였다. 재배베드(0.4×1.2×0.2m)는 스티로폴 성형 제품을 사용하여 1베드당 8주를 15cm 간격을 1열로하여 코코피트와 펄라이트 베드에 각각 1997년 12월 13일에 정식하였으며, 수분증발을 막기 위해 정식 전에 흑백 플라스틱 필름으로 베드를 피복하였다. 배양액은 각 베드마다 20 l의 급배액용기를 설치하고 각각의 용기안에 30W 용량의 수중펌프를 설치하여 순환시켰고 배양액통 내부의 한쪽면에는 눈금자를 부착하여 흡수량을 측정하였다. 급액은 1일 15회 점적관수하였다. 배양액은 생육단계별 일본야채시험장 표준액 ( $\text{NO}_3\text{-N}$  16.0,  $\text{NH}_4\text{-N}$  1.3,  $\text{PO}_4\text{-P}$  4.0,  $\text{K}$  8.0,  $\text{Ca}$  8.0,  $\text{Mg}$  4.0  $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ )을 4수준의 농도로 (1/2배액, 3/4배액, 1배액, 2배액 농도)조성하여 매일 식물이 흡수한 양액의 양만큼의 양액을 공급해주면서 생육단계별로 양수분 흡수율(n/w), 배양액의 pH와

EC변화, 생육 및 수량을 조사하였다.

양수분 흡수율은 山崎(1982)방법에 따라 계산하였으며 양액은 1주마다 채취하여 NO.2 여과지로 걸러서 분석하였다. 배양액내 질소함량 측정은 Kjeldahl method에 의해 분석하였으며 인산은 vanadate법으로 470nm에서 비색계를 사용하였고, 칼슘, 칼리, 마그네슘은 원자흡광광도계를 사용하여 측정하였다. 생육조사는 실험 종료시에 실시하였다.

## (2) 개발 배양액의 적합성 평가

고형배지경에서 생육단계별로 양수분 흡수율에 따라 조성된 서울시립대 딸기 순환식 배양액(SCU)의 적합성 여부를 알아보기 위하여 기존의 다른 딸기 배양액의 하나인 Benoit (1992)씨의 순환식 배양액을 사용하여 비교 실험을 실시하였다. 공시작물은 딸기(*Fragaria ananassa* D. ; "수홍")를 사용하였고 정식은 1998년 4월 3일에 하였다. 실험에 사용된 배양액은 Benoit 1배액과 개발된 시립대 배양액(SCU)을 3가지 수준의 농도(1/2S, 1S, 2S)로 조성하여 펄라이트와 코코피트 배지별로 나누어 수행하였다. 정식 후 배양액의 pH와 EC 및 흡수량을 측정하여 일정수준으로 조절해 주었다.

전기전도도의 경우 SCU 배양액의 펄라이트 배지에서 1/2배액은 0.77mS/cm, 1배액은 1.35mS/cm, 2배액은 2.62mS/cm, 코코피트 배지에서 1/2배액은 0.74mS/cm, 1배액은 1.47mS/cm, 2배액은 2.40mS/cm으로, Benoit 배양액 1배액은 펄라이트와 코코피트 모두 1.08mS/cm로 조절해 주었다.

배양액내 무기성분함량 변화는 배양액을 생육단계별로 6번 채취하여 분석하였다. 배양액 분석은 위의 배양액 개발실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### (1) 순환식 고형 배지경에서 딸기 배양액 개발

딸기의 순환식 고형 배지경에 적합한 배양액 조성 및 농도를 알아보기 위하여 영양생장기 및 착과결실기로 나누어 양수분 흡수량을 조사하였다(표 1-1, 1-2). 펄라이트 배지에서  $PO_4$ -P, K의 양분흡수율에 비해 Ca와 Mg의 양분흡수율이 떨어지는 것을 알 수 있으며, 특히 영양생장기에 양분흡수율이 저조하던 K는 착과결실기에 그 흡수율이 증가함을 알 수 있다. 코코피트 배지의  $PO_4$ -P의 양분흡수율은 영양생장기에서 착과결실기로 생육이 진전됨에 따라 차츰 감소하였으며, 펄라이트 배지에서와 마찬가지로 K의 양분흡수율은 점차 증가하였다. Ca의 경우 1배액은 양분흡수량이 초기공급량과 비슷하였으나 다른 배액에서는 점차 흡수율이 감소하였고 Mg는 생육진전과 함께 흡수율이 약간 증가하였다.

배양액 개발기간동안의 근권내 pH와 EC의 변화를 보면, pH는 모든 배액에서 초기에 높아지는 경향을 보이다가 후기에 점차 낮아지는 경향을 볼 수 있었다. 전반적으로 코코피트 배지보다 펄라이트 배지에서 pH의 변화폭이 크고 불안정하였으며, 가장 생육이 좋았던 펄라이트의 1배액과 코코피트의 3/4배액이 변화폭이

가장 적었다. 또한, 초기의 일시적인 pH 상승은  $\text{NO}_3^-$  이온의 우선적인 흡수로 이루어지며, 이후 양이온 흡수로 인해 다시 낮아지는 것으로 보인다(그림 1, 2). EC의 경우 두 배지간에 별다른 차이가 없으며, 2배액에서 약간의 상승경향을 보여주는 것 외에는 실험기간 내내 안정된 경향을 보여주었다(그림 3, 4).

본 실험에 사용된 두 배지 중 코코피트는 근권내 pH, EC(특히 pH변화)가 전 생육기간동안 펠라이트 배지에 비해서 모두 안정된 변화를 보여주었는데, 이것은 코코피트가 양이온치환능력이 높아 근권이 안정된 경향을 보여주었기 때문인 것으로 생각된다.(이용범, 1997)

배양액 농도에 따른 딸기의 생육 및 수량은 표 2와 같다. 전반적으로 펠라이트 배지에서의 생육이 코코피트 배지의 생육보다 좋았으나, 생체중과 과실중 등을 모두 고려하여 볼 때 생육, 상품수량 등이 펠라이트 배지에서는 1배액이, 코코피트 배지에서는 3/4배액에서 높게 나타났다.

따라서, pH 및 EC가 안정적이고 생육이 높았던 펠라이트 배지의 1배액과 코코피트 배지의 3/4배액의 양수분흡수율을 선택하여 생육단계별로 개발된 딸기 고품배지경용 순환식 배양액을 조성하였다. 펠라이트 배지의 경우 영양생장기 동안에는 N 8.0, P 2.7, K 3.0, Ca 3.0 및  $\text{Mg } 2.5 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$ , 착과결실기 동안에는 N 10, P 3.0, K 5.8, Ca 3.0 및  $\text{Mg } 2.5 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$  이 적합한 것으로 나타났다(표 1-1).

코코피트 배지의 경우 영양생장기 동안에는 N 7.2, P 3.3, K 2.0, Ca 4.0 및  $\text{Mg } 1.0 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$ , 착과결실기 동안에는 N 9.5, P 2.3, K 4.4, Ca 4.4 및  $\text{Mg } 2.5 \text{ me} \cdot \text{L}^{-1}$  이 적합한 것으로 나타났다(표 1-2).

이렇게 조성된 배양액을 서울시립대 고품배지경용 순환식 딸기 배양액(SCU)으로 하였다(표 3).

## (2) 개발 배양액의 적합성 평가

본 실험에서 딸기 고품배지경용 순환식 배양액으로 개발된 서울시립대 딸기 배양액(SCU)의 적합성을 검증하기 위하여 Benoit씨가 개발한 딸기 순환식 배양액과 비교실험을 실시하였다.

Benoit 배양액과 새로 개발된 SCU 배양액을 사용하여 딸기를 재배했을 때 근권내 pH와 EC변화는 그림 5~8과 같다. 전체적으로는 pH와 EC에서 펠라이트 배지가 코코피트 배지보다 변화의 폭이 커서 생육기간 동안 불안한 경향을 보여주었으며, pH에서 코코피트 배지의 SCU 1배액이 Benoit 1배액에 비해 좀 더 안정된 경향을 보여 주었다. EC에서 모든 처리구의 수치가 상승하는 경향을 보이는 것은 순환식 양액재배에서 일어나는 양분의 집적현상과 관련된 것으로 보인다. 특히, EC에서 펠라이트 배지의 SCU 1배액이 2 주째되는 지점에서 수치 하강을 보이는 것과 pH의 같은 지점에서의 수치 상승은 연관이 있는 것으로 보이며, 이것은 질산태 질소와 인산을 중심으로 한 음이온의 흡수가 왕성해지면서 영양 생육이 활발히 이루어진 결과라고 생각되어진다.

정식 49일후 생육은 펠라이트 1배액에서 가장 왕성하게 나타났다. 생육 조사 결과 대부분의 조사 항목에서 가장 높은 결과를 보여 주었다(표 4, 5).

생체중, 과실중, 당도 등을 종합하여 생육을 비교하면, 펄라이트 배지에서 SCU 1배액이 가장 우수하였고, 그 다음으로 Benoit 1배액이 높았으며, SCU 1/2배액의 경우 전체 평균과실중은 많았으나 과실의 당도가 낮아 상품성이 떨어진다고 생각된다. 코코피트 배지의 경우 SCU 1배액과 Benoit 1배액이 생육이 좋았지만, 모두 펄라이트 Benoit 1배액보다 생육이 낮았으며, 전체적으로 모든 처리구가 여러 항목에서 펄라이트 배지보다 낮았다.

이와 같은 결과는 식물체가 1배액에서 정상적인 생육을 하기에 충분한 근권내 무기양분을 유지하여 식물체내에서 영양분 결핍과 과잉을 막게 되어 왕성한 생육을 하였다는 것을 보여주는 것이라 생각되며, 적합성 검정실험 결과 SCU 배양액(배지별)은 기존의 Benoit 배양액보다 생육, 수량 등에서 우수하였음을 볼 수 있었다.

또한 위의 결과들을 통해 조성된 배양액에서 결실기에 부족하기 쉬운 N과 P를 재조절 해주어야 하고, 펄라이트의 경우 근권내의 안정된 pH를 유지하기 위해서 착과결실기에 비료공급량을 높여주어야 하는 것으로 나타났다.

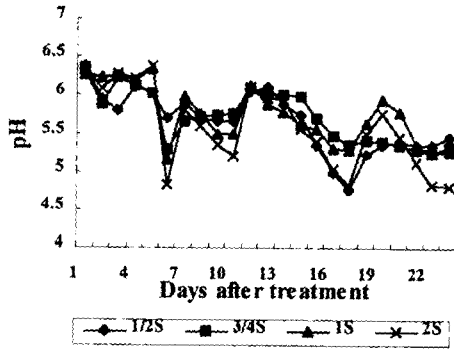


Fig. 1. Changes of pH in root zone based on different nutrient solutions and concentrations in perlite during 23 days after treatment.

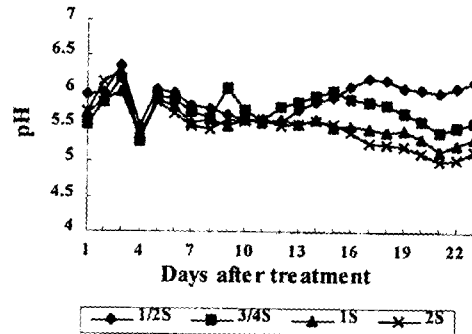


Fig. 2. Changes of pH in root zone based on different nutrient solutions and concentrations in cocopeat during 23 days after treatment.

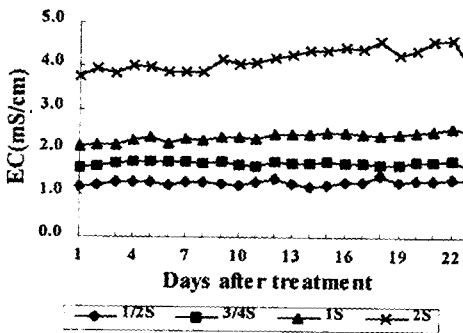


Fig. 3. Changes of EC in root zone based on different nutrient solutions and concentrations in perlite during 23 days after treatment.

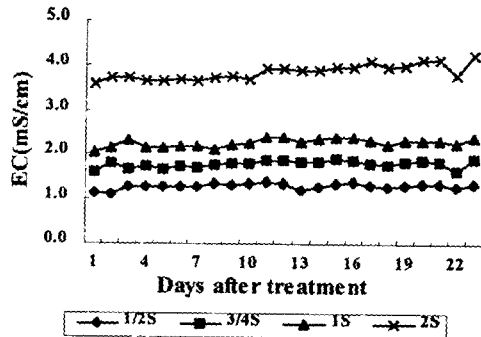


Fig. 4. Changes of EC in root zone based on different nutrient solutions and concentrations in cocopeat during 23 days after treatment.

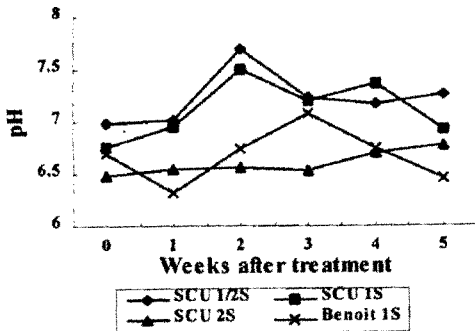


Fig. 5. Changes of pH in root zone based on different nutrient solutions and concentrations in perlite during 5 weeks after treatment.

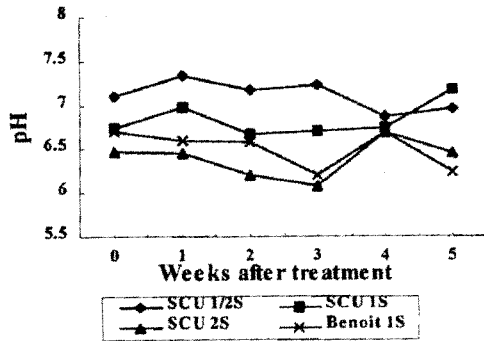


Fig. 6. Changes of pH in root zone based on different nutrient solutions and concentrations in cocopeat during 5 weeks after treatment.

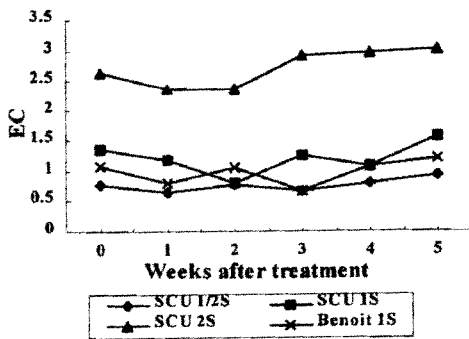


Fig. 7. Changes of EC in root zone based on different nutrient solutions and concentrations in perlite during 5 weeks after treatment.

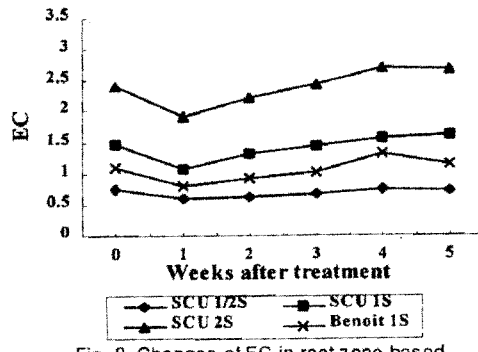


Fig. 8. Changes of EC in root zone based on different nutrient solutions and concentrations in cocopeat during 5 weeks after treatment.

Table 1-1. Calculated n/w values of strawberry plants based on the Yamasaki's formula in perlite substrate culture.

Growth stage	Nutrient conc.	Items measured	Water (ℓ)	Items measured	PO <sub>4</sub> -P	K	Ca	Mg
					(me·L <sup>-1</sup> )			
1/2 S <sup>z</sup>	a	20.0	y	1.68	3.53	3.10	1.99	
	w	3.71	y <sub>1</sub>	1.60	2.41	3.50	2.32	
	a / w	5.39	n / w <sup>y</sup>	2.01	2.52	1.34	0.55	
3/4 S	a	20.0	y	2.35	4.65	4.24	2.60	
	w	3.84	y <sub>1</sub>	2.38	5.06	4.80	2.95	
	a / w	5.20	n / w	2.20	2.93	1.89	1.15	
vegetative growth stage	1 S	a	20.0	y	3.11	6.52	5.68	3.48
		w	3.415	y <sub>1</sub>	3.20	7.26	6.21	3.66
		a / w	5.86	n / w	2.69	2.92	3.10	2.60
2S	a	20.0	y	5.74	11.51	9.81	5.95	
	w	2.69	y <sub>1</sub>	5.84	11.97	10.5	6.36	
	a / w	7.43	n / w	5.10	8.55	5.37	3.30	
1/2 S	a	20.0	y	1.68	3.53	3.10	1.99	
	w	9.815	y <sub>1</sub>	1.50	3.94	4.69	2.60	
	a / w	2.038	n / w	1.87	3.10	1.45	1.36	
3/4 S	a	20.0	y	2.35	4.65	4.24	2.60	
	w	11.68	y <sub>1</sub>	2.45	5.24	5.48	3.15	
	a / w	1.712	n / w	2.28	4.23	3.36	2.22	
reproductive growth stage	1 S	a	20.0	y	3.11	6.52	5.68	3.48
		w	9.895	y <sub>1</sub>	3.25	7.26	8.25	4.33
		a / w	2.021	n / w	2.96	5.76	3.06	2.60
2S	a	20.0	y	5.74	11.51	9.81	5.95	
	w	9.535	y <sub>1</sub>	6.16	11.97	14.68	7.37	
	a / w	2.098	n / w	5.27	11.00	4.46	4.39	

<sup>z</sup> Strength of nutrient solution

<sup>y</sup> The formula devised by Yamasaki to determine the amount of macronutrients and water uptake at regular intervals.

$$y > y_1, n/w = \frac{a}{w} (y - y_1) + y_1$$

$$y < y_1, n/w = y_1 - \frac{a}{w} (y_1 - y)$$

n; nutrient absorption

a; Initial volume of culture solution in each container (ℓ).

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

y; The initial concentration of macronutrients in culture solution (me·L<sup>-1</sup>).

y<sub>1</sub>; The final concentration of macronutrients in culture solution (me·L<sup>-1</sup>).

Table 1-2. Calculated n/w values of strawberry plants based on the Yamasaki's formula in cocopeat substrate culture.

Growth stage	Nutrient conc.	Items measured	Water (ℓ)	Items measured	PO <sub>4</sub> -P	K	Ca	Mg
vegetative growth stage	1/2 S <sup>z</sup>	a	20.0	y	1.68	3.53	3.10	1.99
		w	3.535	y <sub>1</sub>	0.71	4.89	2.45	2.10
		a / w	5.66	n / w <sup>y</sup>	6.20	-2.83	6.13	1.48
	3/4 S	a	20.0	y	2.35	4.65	4.24	2.60
		w	7.99	y <sub>1</sub>	1.69	6.52	4.20	3.64
		a / w	2.50	n / w	3.34	1.85	4.30	1.05
	1 S	a	20.0	y	3.11	6.52	5.68	3.48
		w	9.05	y <sub>1</sub>	1.78	9.87	4.88	4.27
		a / w	2.21	n / w	4.72	2.47	6.65	2.52
	2S	a	20.0	y	5.74	11.51	9.81	5.95
		w	4.76	y <sub>1</sub>	4.44	13.32	9.32	6.67
		a / w	4.20	n / w	9.89	5.72	11.38	3.63
reproductive growth stage	1/2 S	a	20.0	y	1.68	3.53	3.10	1.99
		w	7.645	y <sub>1</sub>	1.81	5.24	2.59	2.47
		a / w	2.62	n / w	1.46	0.76	1.25	1.22
	3/4 S	a	20.0	y	2.35	4.65	4.24	2.60
		w	16.47	y <sub>1</sub>	2.39	5.96	3.70	3.30
		a / w	1.21	n / w	2.34	4.37	4.35	2.46
	1 S	a	20.0	y	3.11	6.52	5.68	3.48
		w	21.635	y <sub>1</sub>	3.23	8.31	5.13	4.53
		a / w	0.92	n / w	3.12	6.66	5.64	3.56
	2S	a	20.0	y	5.74	11.51	9.81	5.95
		w	11.425	y <sub>1</sub>	6.45	15.40	10.13	7.50
		a / w	1.75	n / w	5.20	8.59	9.57	4.79

<sup>z</sup>, <sup>y</sup> See table 1-1.



Table 2. Effect of different nutrient concentrations on the growth and yield of strawberry plants using the nutrient solution of Nutrient Horticultural Research station in Japan.

Substrate	Nutrient Conc.	No. of Leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Petiole length (cm)	Fresh weight (g/plant)	Fruit weight (g/plant)	Soluble solid (°Brix)
Perlite	½S	42.0	6.1	6.2	16.9	38.58	14.66	10.4
	¾S	35.6	8.5	7.2	14.4	30.42	14.51	11.1
	1S	44.8	8.4	7.1	15.9	42.09	15.47	10.2
	2S	41.0	8.2	6.8	13.8	40.74	9.72	9.9
Cocopeat	½S	34.4	6.9	5.7	11.3	18.80	7.65	10.8
	¾S	39.2	8.7	7.1	15.6	34.17	14.78	11.1
	1S	37.6	8.9	7.3	17.9	36.45	13.61	11.9
	2S	30.6	7.0	5.7	12.5	23.56	11.53	10.0
Significance								
Concentration		NS	*	NS	NS	**	NS	**
Substrate		NS	NS	NS	*	NS	NS	NS
Conc. × Sub.		**	**	NS	**	**	NS	**

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

Table 3. The concentration of macronutrient solution for strawberry substrate culture developed by SCU and Benoit in closed growing system.

Nutrient solution	Growth stage	N	me/ ℓ			Mg
			P	K	Ca	
SCU <sup>z</sup>	Vegetative stage	8.0	2.7	3.0	3.0	2.5
Perlite	Reproductive stage	10.0	3.0	5.8	3.0	2.5
SCU <sup>z</sup>	Vegetative stage	7.2	3.3	2.0	4.0	1.0
Cocopeat	Reproductive stage	9.5	2.3	4.4	4.4	2.5
Benoit		6.5	1.0	2.9	2.3	0.7

<sup>z</sup>SCU :nutrient solution of Seoul City University for strawberry substrate culture in closed growing system.

Table 4. Effect of each nutrient solutions on the growth of strawberry in closed growing system for perlite substrate at 49 days after transplanting.

Nutrient solution	Nutrient Conc.	No. of Leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Patiole length (cm)	Fresh weight (g/plant)	Fruit weight (g/plant)	Soluble solid (°Brix)
	½S	30	9.8	7.9	17.3	33.1	93.8	7.6
SCU	1S	74	11.0	11.0	22.0	114.1	87.8	10.4
	2S	42	11.0	8.9	18.0	66.4	57.4	8.4
Benoit	1S	45	10.0	9.5	19.8	49.4	70.6	9.5

Table 5. Effect of each nutrient solutions on the growth of strawberry in closed growing system for cocopeat substrate at 49 days after transplanting.

Nutrient solution	Nutrient Conc.	No. of Leaves	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Patiole length (cm)	Fresh weight (g/plant)	Fruit weight (g/plant)	Soluble solid (°Brix)
	½S	30	6.9	5.6	15.2	14.8	48.8	8.1
SCU	1S	63	10.0	8.5	20.1	64.8	64.8	10.3
	2S	73	9.8	8.5	18.9	64.5	49.2	10.6
Benoit	1S	34	9.8	8.7	17.4	32.8	62.2	9.9

#### 인용 문헌

- (1) Benoit. F. , 1992, Practical guide for simple soilless culture techniques, European vegetable Research and Development Center. p. 34 ~44
- (2) 이 용범, 1997, 양액재배용 배지, 한국양액재배연구회지 02(1) : 14~28