

## 토마토의 순환식 고품배지재배에 적합한 배양액 개발 <sup>1)</sup>

최은영 · 이용범 · 김재영\*  
서울시립대학교 환경원예학과  
\*건국대학교 원예학과

### Development of Optimal Nutrient Solution for Tomato Substrate Culture in Closed System

Choi, Eun Young · Lee, Yong Beom · Kim, Jae Young\*  
Dept. of Env. Hort., Seoul City University, Seoul 130-743, Korea  
\*Dept. of Hort., Kun Kuk University, Chung-Ju 380-701, Korea

### Abstract

This experiment was conducted to develop optimal nutrient solution for tomato plants, according to the plant growth stages in closed system. Perlite substrate was supplied with 1/2 and 1 strength of the solution of National Horticultural Research Station in Japan.

Plants grew better and the nutrient contents in the leaves were also proper in 1 strength.

Based on these results, optimal nutrient solution in perlite was composed by n/w of 1 strength according to the plant growth rates : N 13.5, P 3.3, K 7.0, Ca 7.0, Mg 3.5 me · L<sup>-1</sup> in seedling stage, N 14.2, P 3.3, K 8.0, Ca 7.5, Mg 4.0 me · L<sup>-1</sup> in vegetative stage and N 10.0, P 3.0, K 7.0, Ca 6.0, Mg 3.0 me · L<sup>-1</sup> in reproductive stage.

To examine the suitability of the nutrient solution developed in this experiment, tomato plants were grown in rockwool and supplied with two different composition and concentration of nutrient solution composed by n/w of 1 strength in perlite (SCUT) and by Research Station for Greenhouse Vegetable and Floriculture on the Netherlands (PBG).

pH and EC in SCUT were changed little in 1 strength but a significant change of pH was shown in 1/2 strength. Later, drained solutions in rockwool were also analyzed according to the plant growth stages. Low concentrations of N and P

<sup>1)</sup> 이 연구는 '95년도 농업과학분야 학술조성비로 수행되었음.

in root zone were shown in early growth stage but N was increased in reproductive stage, while, K, Ca, Mg concentration was consistent through the whole growth stage.

Considering these results, we found that the rebalance of N and P was needed, that is, reduction of N concentration in reproductive stage and increasing of P concentration in vegetative stage.

주제어 : 배양액, 순환식 양액재배, 고품배지 재배

Key word : nutrient solution, closed system, substrate culture.

## 서 언

최근 양액재배 면적은 413.9ha에 이르고 있으며 이중 397.3ha가 고품배지경으로써 압면과 펄라이트 및 혼합배지가 각각 33.6, 52.8, 13.6 %를 차지하고 있다. 작물별로 보면 과채류와 화훼류의 양액재배가 주종을 이루고 있다. 그 외에 현재 고품배지경 배지로서 이용되고 있는 것은 입상면, 폴리우레탄(PUR), 질석, 코코피트, 송이, 왕겨정도이다. 외국에서는 환경친화형 배지를 중심으로 이들 배지에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다 (Adsman, 1976; Karki, 1983; Wilson, 1983).

고품배지경은 지금까지 비순환식 양액재배 시스템의 형태로 이용되어 왔다. 이것은 작물의 증산량 및 양분흡수량을 고려하여 양액을 공급하고 양액재배시스템으로부터 나오는 배액을 그대로 하우스 내부나 외부로 버리는 방식이다(板東, 1991). 이러한 비순환식 양액재배는 토양재배와 비교해서 많은 장점이 있지만 계속 이용될 경우 유실되는 비료로 인한 경제적 손실을 일으키고 그로 인해 토양의 염류집적과 지하수 오염을 일으킬 수 있다. 이러한 환경적, 경제적인 문제 때문에 앞으로는 고품배지경에서도 배액을 회수하여 재사용할 수 있는 순환식 양액재배 시스템이 실용화되어야 한다.

Sonneveld(1993)는 순환식 시스템이 비순환식에 비해서 물량은 64%, N과 K는 각각 44% 와 50% 정도까지 줄일 수 있으므로 비료의 손실과 환경오염을 최소화하는 양액재배 방식이라고 하였다. 실제 네덜란드에서는 2000년까지 전 양액재배 농가가 순환식 양액재배시스템을 채택하도록 법으로 규정하고 있다 (Ammerlaan, 1993).

기존의 배액을 배출하는 비순환식 시스템에서 순환식 시스템으로 전환될 경우 그에 따른 양수분관리가 달라져야 한다. 그러나 아직 국내에서는 노 등(1997)이 오이의 순환식 배지 재배용 배양액을 개발한 것을 제외하고는 개발되어 있지 않아서 기존의 비순환식 배양액을 순환식과 비순환식에 관계없이 그대로 사용하는 실정이다. 외국에서 개발된 순환식 배양액은 일본의 순수수경용 야마자키 배양액과 네덜란드 온실작물연구소의 배양액이 있는데 국내에서는 현재 이것들을 구분없이 그대로 사용하고 있는 실정이다. 그러나 이들 배양액은 우리 나라 재배 환경에서 순환식 고품배지 재배에 적합하다고 할 수 없다.

따라서 본 실험은 재배기간이 긴 토마토의 생육단계별 양수분 흡수 특성을 고려한 순환식 고품배지 재배 배양액을 개발하고 재배과정중 양수분흡수 특성과 같은 기초자료를 얻기 위해 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 순환식 고행배지경에서 토마토 양수분 흡수율

토마토 순환식 고행배지경용 배양액 개발 실험은 순환식 양액재배에서 생육단계별 작물의 양분 흡수 패턴을 밝히고 최적 배양액을 개발하고자 1995년 7월부터 1995년 12월까지 수행하였다. 공시작물은 완숙계 '감복 토마토 (초원종묘)'를 사용하였다.

파종은 1995년 7월 10일에 하였고 이식은 압면포트에 하였다. 시험구 배치는 완전임의 배치 2반복으로 하였다. 실험에 사용한 배지는 펠라이트로써 사용전에 배지내 함유되어 있는 무기양분이 씻겨지도록 충분히 포수시킨 후 8월 24일에 정식하였다. 재배베드(0.4×1.2×0.2m)는 스티로폼 성형제품을 사용하여 1 베드당 3주를 40cm 간격으로 1열로 정식하였으며, 수분증발을 막기 위해 정식 전에 흑백 플라스틱 필름으로 베드를 피복 하였다. 배양액은 각 베드마다 27ℓ의 급배액용기를 설치하고 각각의 용기안에 30 W의 수증펌프를 설치하여 순환시켰다. 식물체의 매일의 흡수량은 배양액 통 내부의 한 쪽 면에 눈금자를 부착하여 측정 하였다. 급액은 1일 15회 점적관수 하였다.

배양액은 생육단계별로 일본 야채시험장 표준액 (NO<sub>3</sub>-N 16.0, NH<sub>4</sub>-N 1.3, PO<sub>4</sub>-P 4.0, K 8.0, Ca 8.0, Mg 4.0 me·L<sup>-1</sup>)을 2수준의 농도(1/2 배액, 1배액 농도)로 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 양액분석은 200ml정도씩 채취하여 분석하였다. 식물체 및 배양액내 질소는 질소분해장치 및 자동증류기(Büchi 323)로 측정하였고 식물체 및 배양액내 인산은 vanadate 법으로 비색계(Shimadzu, UV 2100)로 측정하였다. 식물체의 칼슘, 칼리, 마그네슘 함량

은 분해한 후 원자흡광광도계(Perkin Elmer 3100)를 사용하여 측정하고, 배양액은 그대로 걸러서 회석시켜 측정하였다. 과실의 당도는 당도계(Atago, N1)로 측정하였고 당산비는 NaOH량에 따른 citric acid 함량을 구하여 계산하였다. 생육조사는 엽장, 엽폭, 초장, 경경을 조사하였고, 생체중을 측정후 건조기에 넣어 65℃에서 72시간 건조시켜 건물중을 측정하였다. 근권내 배양액의 pH는 pH 미터기(TOA, HM-20E), 전기전도도는 EC 미터기(TOA, CM-20E)를 이용하여 측정하였다.

### 2. 개발 배양액의 적합성 평가

고행배지경에서 생육단계별로 양수분 흡수율에 따라 조성된 서울시립대 토마토 순환식 배양액(SCUT)의 적합성 여부를 알아보기 위하여 기존의 다른 토마토 배양액의 하나인 네델란드 온실작물연구소의 순환식 배양액(PBG)을 사용하여 비교 실험을 실시하였다. 공시작물은 '감복 토마토(초원종묘)'를 사용하였고 파종은 1996년 4월 18일, 이식은 5월 5일 압면포트에, 정식은 5월 17일에 하였다.

시험구배치는 압면배지를 완전임의 배치 2반복으로 하였고 배양액 농도는 SCUT 배양액과 PBG 배양액을 각각 3수준의 농도(1/2배액, 1배액, 2배액)로 구분하여 실험하였다. 정식 후부터 매일 배양액의 pH, EC 및 흡수량을 측정하였으며 2일 간격으로 배양액의 pH와 EC를 일정 수준으로 조절해 주었다.

배양액의 pH는 자동 pH조절기(PET-300A, Kawamoto)를, EC는 자동 EC조절기(Kawamoto, CETW - 300T)를 사용하였다.

실험에 사용된 두 가지 배양액은 펠라이트 배지에서 개발된 서울시립대 토마토 순환식 배양액(SCUT)과 네델란드온실작물연구소 순환식 배양액(PBG)을 사용하였다(표 1).

Table 1. The compositions of macronutrient solution in tomato perlite substrate culture developed by Seoul City University and Sonneveld(1993) in close system.

Nutrient solution	Growth stage	N	P	me · L <sup>-1</sup>		
				K	Ca	Mg
SCUT <sup>z</sup>	Seedling	13.5	3.3	7.0	7.0	3.5
	Vegetative	14.2	3.3	8.0	7.5	4.0
	Reproductive	10.0	3.0	7.0	6.0	3.0
PBG <sup>y</sup>		11.8	3.5	6.5	5.5	2.0

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

<sup>y</sup>PBG : nutrient solution of proefstation voor tuinbouw onder glas te Naaldwijk (Sonneveld and Straver, 1992)

전기전도도의 경우 SCUT 배양액과 PBG 배양액 모두 1/2 배액은 1.1 mS/cm, 표준액은 2.1 mS/cm, 2 배액은 3.9 mS/cm로 동일하게 조절하였고, 배양액의 pH는 모든 배양액에서 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>를 이용하여 pH 5.5 ~ 6.0 수준으로 조절하였다.

배양액내 무기성분함량 변화는 배양액을 생육단계별로 4번 채취하여 분석하였다. 배양액 분석 및 식물체 분석은 위의 배양액 개발실험과 동일한 방법으로 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 순환식 고품배지경에서 토마토 양수분 흡수율

토마토의 순환식 고품배지경에 적합한 배양액 조성 및 농도를 알아보기 위하여 육묘기, 영양생장기 및 결실기로 나누어 양수분 흡수량을 조사했을 때, 전체적으로 초기에 공급된 근권내 양분의 양과 양수분흡수율(n/w)에 의해 흡수된 양분의 양이 큰 차이를 나타내지 않았다. 특히 P는 생육단계에 무관하게 양수분 흡수율이 초기공급액과 거의 같은 수준을 나타내어 전

생육기간 동안 토마토 식물체에 의해 줄곧 요구되어지는 원소라는 것을 알 수 있다. K은 육묘기보다 영양생장기 및 결실기에 이르면서 흡수율이 증가하는 경향을 보였고 Ca은 결실기에 1 배액에서 양수분흡수율이 감소되는 경향을 보였고 Mg도 역시 영양생장기와 결실기의 1 배액에서 후기로 갈수록 점차 감소되었다. 이상의 결과에서 P와 K는 영양생장기에서 결실기에 이르기까지 공급된 양분의 양만큼 식물이 흡수한 것으로 판단할 수 있고 Ca, Mg은 생육이 진전됨에 따라 양수분 흡수율이 차츰 감소된다는 것을 알 수 있다.

재배기간동안 근권내 배양액의 pH와 EC 변화를 보면, pH는 1/2배액에서 생육초기에 높아지는 경향을 보이다가 후기로 갈수록 점차 안정되었다. 한편, 1배액에서는 pH가 낮아지다가 점차 안정되는 경향을 보였다(그림 1). 배양액의 전기전도도는 1/2 배액에서 안정된 반면에 1배액에서는 생육후기로 갈수록 높아지는 경향을 보였다(그림 2).

1배액에서 pH가 증가되다가 다시 낮아진 것은 전술한 바와 같이 배양액내에서 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 이온이 우선적으로 흡수되면서(Ikeda, 1981) 일

Table 2. Calculated n/w value of tomato based on the Yamasaki's formula..

Growth Stage	Nutr. conc.	Items measured	Water (L)	Items measured	PO <sub>4</sub> -P	K	Ca	Mg
					me · L <sup>-1</sup>			
Seedling	1/2 S	a	27.0	y	1.49	3.68	3.65	1.89
		w	33.74	y <sub>1</sub>	1.34	1.89	3.19	1.53
		a / w	0.8	n / w	<b>1.46</b>	<b>3.32</b>	<b>3.59</b>	<b>1.82</b>
	1S	a	27.0	y	3.28	7.37	7.34	3.72
		w	28.29	y <sub>1</sub>	2.44	5.99	8.30	4.45
		a / w	0.95	n / w	<b>3.24</b>	<b>7.30</b>	<b>7.39</b>	<b>3.76</b>
Vegetative	1/2 S	a	27.0	y	1.49	3.68	3.65	1.89
		w	18.92	y <sub>1</sub>	2.33	3.07	4.23	2.05
		a / w	1.43	n / w	<b>1.13</b>	<b>3.94</b>	<b>3.4</b>	<b>1.82</b>
	1S	a	27.0	y	3.28	7.37	7.34	3.72
		w	19.6	y <sub>1</sub>	3.56	6.97	7.0	3.90
		a / w	1.38	n / w	<b>3.3</b>	<b>7.92</b>	<b>7.47</b>	<b>3.44</b>
Reproductive	1/2 S	a	27.0	y	1.64	3.13	3.70	1.12
		w	57.45	y <sub>1</sub>	1.59	3.08	3.8	2.45
		a / w	0.47	n / w	<b>1.61</b>	<b>3.10</b>	<b>3.75</b>	<b>1.87</b>
	1S	a	27.0	y	3.61	6.30	7.40	4.1
		w	51.92	y <sub>1</sub>	2.43	7.98	4.80	3.9
		a / w	0.52	n / w	<b>3.0</b>	<b>7.10</b>	<b>6.15</b>	<b>3.0</b>

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

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

S: The nutrient solution of Horticultural Experiment Station in Japan.

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

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

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>).

시적으로 pH가 증가되다가 NO<sub>3</sub><sup>-</sup> 이온의 흡수가 다 이루어지고 나면 K 이온을 중심으로 한 양이온 흡수가 음이온보다 지속적으로 많이 이루어져서 배액내에 양이온과 음이온의 비가 1 내외가 되기 때문으로 추정된다. 또한 1배액에서 EC가 증가된 것은 양액이 순환되면서 후기로 갈수록 흡수된 이온보다는 많은 양의 이온이 근권내에 집적되었기 때문으로 생각되어진다.

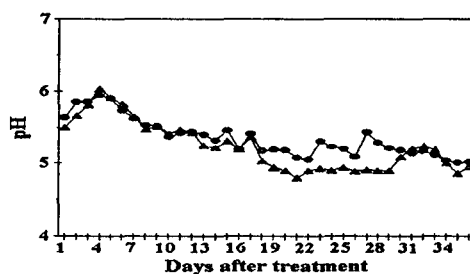


Fig. 1. Changes of pH in root zone as affected by the different nutrient strength in perlite substrate [pH: 1/2 S(●), 1 S(▲)].

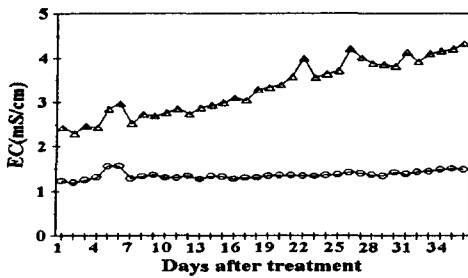


Fig. 2. Changes of EC in root zone as affected by the different nutrient strength in perlite substrate  
 different nutrient strength in perlite substrate  
 [pH: 1/2 S (●), 1 S (▲)]  
 [EC: 1/2 S (○), 1 S (△)]

배양액 농도에 따른 토마토의 생육 및 수량은 표 3과 같다. 전반적으로 1배액에서 생육, 상품과수 및 수량이 높게 나타났다. 이것은 근권내 pH, EC 변화폭이 작았기 때문에 작물의 양수분 흡수패턴이 일정하게 유지되었던 것에 기인하는 것으로 생각된다.

Table 3. Effects of different nutrient strength on the growth and yield of tomato plants using the nutrient solution of National Horticultural Research Station in Japan.

Nutrient Conc.	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	No. of fruits (No./plant)	Fruit weight (g/fruit)	Soluble solid content (°Brix)
1/2 S	215.0 b	44.3 b	48.5 b	9.33 a	14.0 a	164.3 b	5.63 b
1 S	227.3 a	50.3 a	53.8 a	9.33 a	14.0 a	202.2 a	6.97 a

The values followed by the same letter are not significantly different according to the Duncan's multiple range test (P < 0.05)

따라서, pH 및 EC가 안정적이고 생육이 높았던 1배액의 양수분흡수율을 선택하여 생육 단계별로 개발된 토마토 고품배지경용 순환식 배양액을 조성하였다. 육묘기 동안에는 N 13.5, P 3.3, K 7.0, Ca 7.0, 및 Mg 3.5 me · L<sup>-1</sup>, 영양생장기 동안에는 N 14.2, P 3.3, K 8.0, Ca 7.5, 및 Mg 4.0 me · L<sup>-1</sup>, 결실 비대기에는 N 10.0, P 3.0, K 7.0, Ca 6.0, 및 Mg 3.0 me ·

L<sup>-1</sup>로 조성한 것이 적합한 것으로 나타났다.

이렇게 조성된 배양액을 서울시립대 고품배지경용 순환식 토마토 배양액(SCUT)으로 하였다(표 1).

## 2. 개발 배양액의 적합성 평가

본 실험에서 토마토 고품배지경용 순환식 배양액으로 개발된 서울시립대 토마토 배양액(SCUT)의 적합성을 검증하기 위하여 화란온실작물연구소에서 개발한 토마토 암면 재배용 순환식 배양액(PBG)과 비교실험을 실시하였다.

PBG 배양액과 새로 개발된 SCUT 배양액을 사용하여 토마토를 재배했을 때 근권내 EC와 pH 변화는 그림 3과 같다. 전체적으로는 두 배양액 모두 1/2배액에서 변화의 폭이 컸는데 특히 생육초기에 그 변화의 폭이 컸고 점차 안정되는 경향을 보였다. 근권내 EC의 변화는 두 배양액 모두 1/2배액과 1배액에서는 전 생

육기간동안 안정된 경향을 보였고 2배액에서는 점차 증가되는 경향을 보였다. 佐佐木(1982)도 pH와 EC가 점차 안정된 것은 양이온과 음이온의 흡수가 균형을 이루었기 때문이라고 하여 이를 입증하고 있다. 생육초기에 근권내 pH의 변화가 나타난 것은 토마토 식물체가 생육초기에 수분흡수보다 양분흡수, 특히, 음이온인 NO<sub>3</sub>-N을 빠르게 흡수하였기 때문이나 점차 무기이온의 흡수가 균형을 이루면서 안정된 것

으로 보인다.

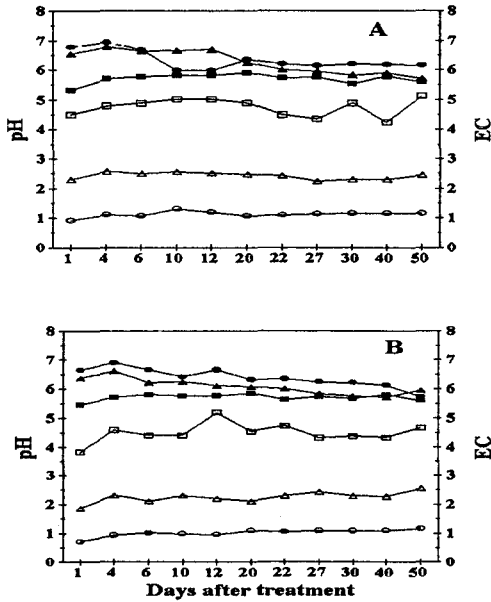


Fig. 3. Changes of pH and EC in root zone as affected by the different strength and nutrient solution [SCUT (A) pH : 1/2 S (●), 1 S (▲), 2 S (■), PBG (B) EC : 1/2 S (○), 1 S (△), 2 S (□)]

순환식 배양액인 PBG 와 SCUT 배양액의 1/2, 1, 2배액으로 토마토를 재배하면서 일주일 간격으로 배액을 채취하여 다량원소의 농도를 측정하였다(그림 4~8). 두 배양액 모두 1/2배액에서는 질소와 인의 함량이 너무 낮게 유지되어 생육저하의 원인이 될 수 있음을 보여주었고 2배액에서는 N, K, Ca, Mg이 생육 후기에 뚜렷하게 집적되는 것으로 나타났다. 반면에 1배액에서는 근권내 무기원소함량이 적정 수준을 유지하는 것으로 나타났다.

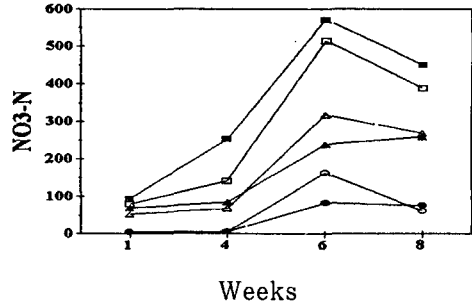


Fig. 4. Changes of N concentration( $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ ) in root zone based on different composition and strength of nutrient solution. [SCUT: 1/2 S (●), 1S(▲), 2S(■), PBG: 1/2 S(○), 1S(△), 2S(□)]

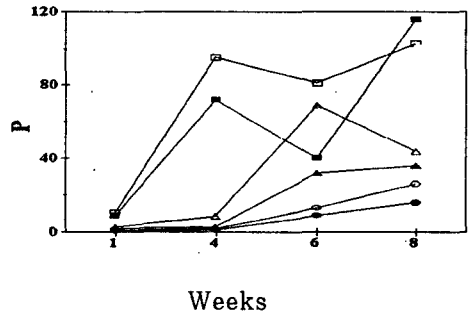


Fig. 5. Changes of P concentration( $\text{me} \cdot \text{L}^{-1}$ ) in root zone based on different composition and strength of nutrient solution. [SCUT: 1/2 S (●), 1S(▲), 2S(■), PBG: 1/2 S(○), 1S(△), 2S(□)]

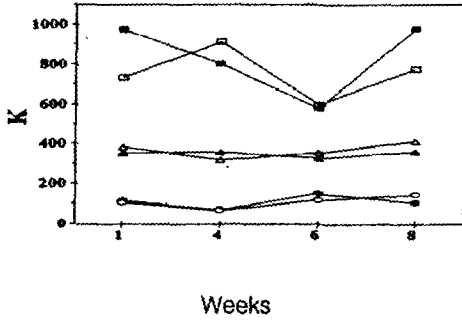


Fig. 6. Changes of K concentration (me · L<sup>-1</sup>) in root zone based on different composition and strength of nutrient solution.  
[SCUT: 1/2 S(●), 1S(▲), 2S(■),  
PBG: 1/2 S(○), 1S(△), 2S(□)]

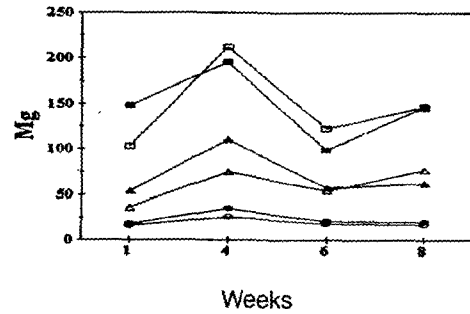


Fig. 8. Changes of Mg concentration (me · L<sup>-1</sup>) in root zone based on different composition and strength of nutrient solution.  
[SCUT: 1/2 S(●), 1S(▲), 2S(■),  
PBG: 1/2 S(○), 1S(△), 2S(□)]

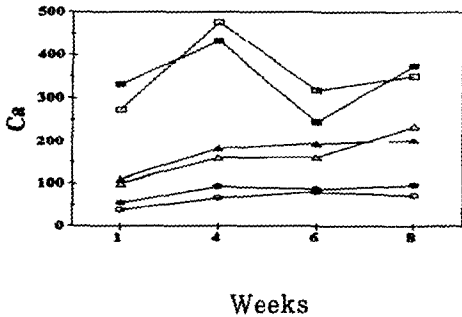


Fig. 7. Changes of Ca concentration (me · L<sup>-1</sup>) in root zone based on different composition and strength of nutrient solution.  
[SCUT: 1/2 S(●), 1S(▲), 2S(■),  
PBG: 1/2 S(○), 1S(△), 2S(□)]

정식 70일후 생육은 SCUT 1배액에서 왕성하게 나타났다. 특히 경경, 생체중 및 건물중이 SCUT배양액의 1배액에서 높았고 광합성 속도도 높게 나타났다(표 4).

이와 같은 결과는 식물체가 1배액에서 정상적인 생육을 하기에 충분한 근권내 무기양분을 유지하여 식물체내에 영양분 결핍과 과잉을 막게 되어 왕성한 생육을 하였다는 것을 보여주었다.

두 배양액에서 토마토의 수량은 전체적으로 2배액보다 1배액에서 높게 나타났으나 품질과 직결되는 과실의 당도 및 산 함량은 2배액에서 더 높은 것으로 나타났다. 과실의 과중이 적어 지더라도 품질을 좋게 하려면 고농도로 재배할 필요가 있다는 것을 보여주고 있다. 당도 및 산도는 전체적으로 SCUT 배양액에서 PBG 배양액보다 높게 나타났고 두 순환식 배양액 모두 1배액 이상에서 당도 및 산도가 높게 나타났다.

실제 Ohta등(1991)도 각기 다른 배양액 농도가 방울토마토의 상품성에 미치는 영향에 관한 실험에서 표준농도의 1.5 배나 2.0 배로 배양액 농도가 증가함에 따라 과실의 당도 및



Table 4. Effects of two nutrient solutions on the growth of tomato (var. Gambok) in closed growing system at 70 days after transplanting.

Nutrient solution	Nutrient conc.	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (mm)	Fresh weight		Dry weight		Photo synthesis ( $\text{CO}_2 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )
						Leaf (g)	Stem (g)	Leaf (g)	Stem (g)	
	1/2S	186	44.9	46.7	13.6	332	214	42.7	35.3	10.62
PBG	1S	161	48.9	48.5	15.3	544	268	61.5	39.4	12.65
	2S	179	49.3	56.7	15.2	576	268	76.5	39.8	10.82
	1/2S	166	44.0	50.0	15.8	489	255	58.7	35.8	10.30
SCUT	1S	171	50.6	53.8	17.2	600	313	72.2	45.6	17.27
	2S	180	47.3	51.1	16.6	557	292	66.6	42.5	7.30
Significance										
Nutrient Conc.		NS	**	NS	NS	**	NS	**	NS	**
Nutrient solution		NS	NS	NS	**	NS	NS	NS	NS	NS
Conc. × solution		NS	NS	NS	**	**	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 5. Effects of two nutrient solutions on the qualities of tomato fruits (var. Gambok) in closed system.

Nutrient solution	Nutrient conc.	Fruit weight ( $\text{kg} \cdot \text{plant}^{-1}$ )	Soluble solid content (A) (°Brix)	Citric acid (B) ( $\text{mg} \cdot \text{mL}^{-1}$ )	A/B	BER <sup>z</sup> (%)
	1/2S	1.5	5.17	0.96	5.38	0
PBG	1S	1.9	5.87	0.98	5.99	0
	2S	1.7	6.20	1.15	5.40	1.03
	1/2S	2.1	5.20	0.80	6.50	0
SCUT	1S	2.3	6.0	1.13	5.31	0
	2S	1.4	6.73	1.24	5.43	0.7
Significance						
Nutrient Conc.		**	NS	**	**	
Nutrient solution		**	**	**	**	
Conc. × Solution		**	**	**	**	

z : blossom-end rot per plant

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 ( $P < 0.05$ ).

적정산도는 성숙전 단계와 완숙단계 사이에서 증가하여 과실의 품질이 향상되었다고 보고하여 본 실험과 일치되었다.

## 적 요

순환식 펠라이트 고품배지경에서 토마토의 영양과 환경특성을 고려한 생육단계별 최적 배양액을 개발하고자 일본 야채시험장표준액(야시액)을 2 수준(1/2, 1.0 배액)으로 하여 실험을 하였다. 전반적으로 일본 야시액 1배액에서 생육이 좋았으며 식물체내 무기이온함량도 적정치로 나타났다. 따라서 1배액의 양수분 흡수율에 의해 토마토 순환식 고품배지경용 배양액을 조성 하였고 그것을 SCUT 배양액으로 하였다.

생육단계별로 육묘기, 영양생장기 및 결실기로 나누어 양수분 흡수율(n/w)을 계산한 결과, 육묘기에 N 13.5, P 3.3, K 7.0, Ca 7.0 및 Mg 3.5 me · L<sup>-1</sup>이었고, 영양생장기에는 N 14.2, P 3.3, K 8.0, Ca 7.5 및 Mg 4.0 me · L<sup>-1</sup>, 결실 비대기에는 N 10.0, P 3.0, K 7.0, Ca 6.0, Mg 3.0 me · L<sup>-1</sup>로 조성하는 것이 적합한 것으로 나타났다.

생육단계별로 조성된 시립대 순환식 토마토 배양액(SCUT)을 네덜란드의 순환식 배양액(PBG)과 함께 비교실험을 수행한 결과 근권내 pH 와 EC변화는 저농도구인 1/2배액에서 변화가 크게 나타나지 않았다. 근권내 무기이온함량 변화는 시립대액에서는 생육단계별로 조성 배양액을 바꾸어 공급하면서 실험한 결과 1/2 배액에서 근권내 N, P 함량이 적정수준이하로 나타났고 2배액에서는 근권내 N, K, Ca, Mg 함량이 집적되어 고농도로 되는 경향을 보였다. 반면에 1배액에서는 전반적으로 근권내 무기양분이 적정수준을 유지하고 있었으며 특히 시립대 배양액에서 토마토의 생육, 수량 및 품질이 높게 나타났다.

## 인 용 문 헌

1. Adsman, R. M. 1976. Amount and kind of growth media in soilless greenhouse tomato production. Hort. Sci. 11(3): 212-213.
2. Adams, P. and L. C. Ho. 1995. Differential effects of salinity and humidity on growth and Ca status of tomato and cucumber grown in hydroponic culture. Acta Hort. 401: 357-361.
3. Ammerlaan, J. C. J. 1993. Environment-conscious production system in Dutch glasshouse horticulture. Paper at ISHS International Symposium on new cultivation system in greenhouse. Caqliari, Italy.
4. Ikeda, H. 1981. Nitrate and ammonium-N absorption by vegetables from nutrient solution containing ammonium nitrate and the resultant change of solution pH. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 50 (2) : 225-230.
5. Karki, L. 1983. Peat bags as growing substrates for greenhouse tomatoes. Acta. Hort. 150: 333.
6. 日本施設園藝協會編. 1995. 野菜·果實·花きの高品質化ハンドブック. 養賢堂. pp. 25-28.
7. 佐佐木皓二. 1982. 養液栽培の現況と問題點(3). 水耕栽培における培養液處方と2,3の管理技術. 農業および園藝 57: 677-682.
8. Sonneveld, C. 1993. Hydroponic growing in closed systems to safeguard the environment. Australia Hydroponic Conference Hydroponics and The Environment. Monash University Melbourne

Australia 17-19 February. pp. 21-36.

9. Wilson, G. C. S 1983. Tomato production in bark substrates. Acta Hort. 150: 271.

