

## 고형배지경에서 배양액농도가 토마토의 생육에 미치는 영향<sup>1)</sup>

노미영 · 배종향 · 이용범 · 박권우\* · 권영삼\*\*

서울시립대학교 환경원예학과, \*고려대학교 원예과학과, \*\*원예연구소

### Effect of the Concentration of Nutrient Solution on the Growth of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Substrate Culture

Roh, Mi Young · Bae, Jong Hyang · Lee, Yong Beom · Park, Kuen Woo\* · Kwon, Young Sam\*\*

Dept. of Environ. Hort., Seoul City University

\*Dept. of Hort. Sci., Korea University

\*\*National Horticulture Institute

### SUMMARY

This study was carried out to investigate the effect of the concentration of nutrient solution on the growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. cv. seokwang) in substrate culture. The substrates used in the experiment were perlite, vermiculite, and peatmoss. Tomato plants were treated with different concentrations of nutrient solution, viz. 0.5, 1.0, 2.0, 3.0, and 5.0mS/cm at seedling stage and transferred to different treatments, 1.0, 2.0, and 3.0mS/cm after transplanting in each substrate. As the concentrations of nutrient solution increased from 0.5 to 3.0mS/cm at seedling stage, the CO<sub>2</sub> assimilation rates of seedlings increased in all three substrate culture. Beyond this range, the CO<sub>2</sub> assimilation rates of seedlings decreased. By increasing the concentrations of nutrient solution, plant height, leaf length, leaf width, stem diameter, and top dry weight increased in perlite and were high at 2–5mS/cm in vermiculite. On the other hand, in peatmoss, the best result was shown at 3.0mS/cm. Therefore, the adequate concentration of nutrient solution on early growth of seedlings differed among substrates and was shown to be 3.0–5.0mS/cm in perlite, 2.0–5.0mS/cm in vermiculite, and 3.0mS/cm in peatmoss. Generally, as the concentrations of nutrient solution increased from 1.0 to 3.0mS/cm after transplanting, dry weight increased significantly in all three substrate culture. However, dry weights of tomato plants grown under high concentration of 5.0mS/cm slightly increased both at seedling stage and after transplanting.

키 워 드 : 토마토, 고형배지경, 배양액농도, 펄라이트, 버미큘라이트, 피트모스

Key words : tomato, substrate culture, nutrient concentration, perlite, vermiculite, peatmoss

<sup>1)</sup> 본 연구는 1993년도 농촌진흥청 농업특정연구 개발과제에 의해 수행되었음

## 서 언

양액재배에서는 일반적으로 경엽이 번무하기 쉬운데, 상추나 시금치와 같은 엽채류의 경우는 경엽부위를 식용하기 때문에 그다지 문제시 되지 않으며 오히려 증수효과를 내기도 한다. 그러나, 과채류에서는 영양생장이 왕성하게 이루어져 경엽이 지나치게 번무하면 개화와 결실은 물론 과실의 비대가 지연되어 결과적으로 수확시기 및 수량에 큰 영향을 미친다. 그러므로 경엽의 영양생장이 적절히 이루어져야만 다수확 고품질의 과실생산이라는 목적을 달성할 수 있다. 경엽의 생장은 기상요인 과도 관련이 있지만, 특히 공급되는 배양액의 농도와 밀접한 관련이 있다. 또한, 작물은 생육단계에 따라 양분의 흡수특성이 다르기 때문에 생육단계별 적정배양액농도를 구명해야만 경엽이 번무하지 않고 적절한 생육을 하도록 유도할 수 있다. 특히, 과채류의 경우는 엽채류에 비하여 영양생장기와 생식생장기의 양분흡수량상이 상당히 달라진다. 그러나, 대부분의 농가에서는 일반적으로 작물의 전생육기간 동안 일정한 농도로 배양액을 관리하고 있는 실정이다.

한편, 작물의 생육단계별 적정배양액농도를 구명하는 실험이 수행되었다 하더라도, 대부분의 농도관련 자료들은 NFT와 같은 순수수경재배에서 얻어진 것들이고 고품배지경에서의 결과들은 그다지 많지 않다. 사실상 작물이 재배되고 있는 배지들은 순수수경재배와는 또다르게 각각 고유한 물리 화학적 성질을 가지고 있으므로, 배지종류별로 배양액농도를 다르게 관리할 필요가 있다. 배지를 이용한 양액재배에서, Wilson<sup>7, 8, 9, 10)</sup>은 펄라이트가 오이와 토마토를 재배하는데 가장 이상적인 배지라고 보고하였다. 또한 버미큘라이트는 토마토를

재배할 때 우수한 수량을 얻은데 있어 만족할 만한 배지이며, 피트모스도 토마토 생산을 위해 사용되는 인공배지로서 우수하다고 보고하였다<sup>11)</sup>.

따라서, 본 연구에서는 배양액농도가 각기 다른 물리 화학적 특성의 배지에서 자란 토마토의 생육에 미치는 영향을 조사하여 배지종류별, 그리고 생육단계별 적정배양액농도를 구명하고자 했다.

## 재료 및 방법

공시작물은 서광토마토(홍농종묘)를 사용하였다. 1993년 3월 20일에 혼합배지(버미큘라이트+펄라이트+피트모스)를 넣은 파종상자에 파종하고, 4월 15일 흑색비닐포트에 유묘를 이식하였으며, 5월 7일에 흰색 스티로폴 상자(내경 20×22.5×22.5cm)에 1株씩 정식하였다. 배지의 과습을 막기 위하여 상자의 바닥면으로부터 4cm 정도 되는 높이에 배수구를 설치하였다. 배지는 펄라이트, 버미큘라이트, 피트모스를 사용하였는데, 피트모스는 배지로 사용하기 전에 소석회를 사용하여 pH 6.0-6.5가 되도록 산도를 조절하였다. 배양액은 서울시립대학교 배양액을 사용하였으며 그 무기성분 조성은 Table 1과 같다. 실험구배지는 완전임의배치법으로 하였으며, 반복은 각각의 배지에 대하여 처리농도별로 3회 실시하였다. 각 배지별 처리배양액농도는 육묘기에는 0.5, 1.0, 2.0, 3.0 및 5.0 mS/cm로, 정식 후에는 1.0, 2.0 및 3.0mS/cm로 하였다. 배양액의 pH는 5.8-6.2 범위를 유지하도록 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 KOH를 이용하여 조절하였다. 배양액의 농도는 EC meter(TOA, CM-20E)를 이용하였고, pH는 pH meter(TOA, HM-20E)를 이용하여 측정하였다.

Table 1. Elemental composition of nutrient solution.

Nutrient solution	N	P	K	Ca	Mg	Fe ppm	Mn	B	Cu	Mo	Zn
SCU <sup>*</sup>	182	40	250	160	40	3	1	0.3	0.05	0.02	0.1

\*Nutrient solution of Seoul City University.

묘의 생육이 진전됨에 따라 1株마다 끈으로 유인해 주었다. 생육조사는 파종 후 52일 째와 128일 째에 실시하였는데, 조사항목은 초장, 경경, 최대엽장, 최대엽폭 및 생체중이었다. 생체중을 측정 한 식물체 시료들은 풍건건조기에 넣어 65℃에서 시료의 무게변화가 없을 때까지 건조시킨 다음 건물중을 측정하였다. 그리고, 토마토 잎의 생리적 활성을 측정하기 위하여 휴대용 광합성측정기(Li-cor 6200)를 이용하여 광합성속도, 가스확산속도 및 기공저항을 측정하였으며, 측정은 온실내의 광조건이 충분하고 식물체의 엽온이 높지 않은 오전에 실시하였다.

## 결과 및 고찰

토마토 유묘의 광합성에 대한 배양액농도의 영향을 <Fig. 1>에 나타냈다. 3가지 종류의 배지

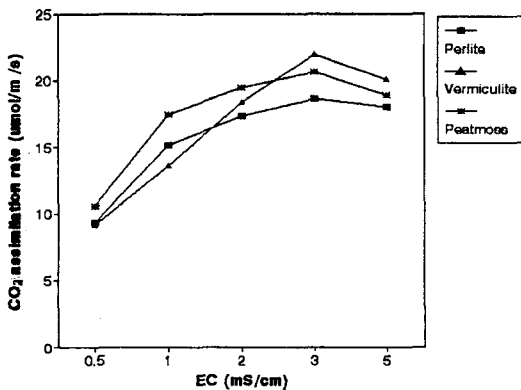


Fig. 1. Effect of nutrient concentration on CO<sub>2</sub> assimilation rates of tomato seedlings cultured at different substrate.

모두에서 배양액농도가 높을 수록 광합성속도가 높아지다가 5mS/cm에서는 약간 줄어드는 경향을 보였다. 버미큘라이트에서는 1mS/cm까지는 펄라이트나 피트모스에서보다 광합성속도가 뒤떨어졌으나 3mS/cm와 5mS/cm에서는 두 배지보다 광합성속도가 높았다. 펄라이트에서는 버미큘라이트와 피트모스에서보다 전반적으로 광합성속도가 낮았다.

초장, 엽장 및 엽폭은 모든 배지에서 배양액농도를 높임에 따라 증가하는 경향을 보였다(Table 2). 그러나, 경경은 펄라이트와 버미큘라이트에서는 배양액농도를 높임에 따라 계속 증가하였으나, 피트모스에서는 3mS/cm일 때 가장 높았다. 총건물중도 펄라이트와 버미큘라이트에서는 배양액농도를 높임에 따라 증가하였으나, 피트모스에서는 3mS/cm까지는 증가하다가 5mS/cm에서는 약간 감소하였다. 초장, 엽장, 엽폭, 경경 및 건물중의 결과로 볼 때, 펄라이트에서는 3-5mS/cm, 버미큘라이트에서는 2-5mS/cm가 생육초기에 알맞다고 생각된다. EC가 0.5mS/cm일 때는 3가지 종류의 배지에서 생육량이 모두 저조하여 1株당 펄라이트는 2.80g, 버미큘라이트는 4.50g, 피트모스는 2.82g이었다. 1mS/cm에서는 0.5mS/cm일 때보다 건물중이 증가하기는 하였지만 1mS/cm 이하에서는 2.0-5.0mS/cm보다 훨씬 저하되었다.

따라서, 육묘기의 배지별 적정배양액농도는 배지에 따라서 차이가 있으나 2mS/cm 이상은 되어야 할 것으로 생각된다. 배지별로 살펴보면, 펄라이트에서는 3-5mS/cm, 버미큘라이트에서는 2-5mS/cm, 그리고 피트모스에서는 3mS/cm가 가장 적정수준인 것으로 나타났다.

채소의 초기생육에 알맞은 토양용액의 EC는 상추에서는 2-3mS/cm, 시금치와 토마토에서는 2-4mS/cm, 사탕수수에서는 3-5mS/cm 정도이고, 채소간에 차이는 약간 인정되었을 뿐 예상했던 것보다는 작았다는 보고가 있다<sup>2)</sup>. 생육단계별로 보면, 시금치는 전생육기간에 걸쳐 2-4mS/cm가 알맞고, 토마토는 생육의 極初期에는 2-4mS/cm, 초기에는 2-6mS/cm가 알맞고 생육이 진전됨에 따라 적정폭은 약간 확대되는데, 각각의 채소 및 생육단계에 있어서 토양용액의 적정 EC는 4mS/cm 전후가 된다는 보고가 있으며<sup>2)</sup>, 또한 토마토의 생육장해 한계염류농도는 6-7mS/cm라는 보고도 있다<sup>3)</sup>. 이러한 보고들에서는 작물에 대한 적정배양액 관리농도가 상당히 높게 나타나고 있다.

그러나, 육묘기의 배양액농도가 작물의 후기 생육이나 수량 및 품질에 미치는 영향 등을 고려하면서도 경제적인 측면과 토양환경 보전측면을 고려할 때, 배지에 따라 차이가 나타나기는 하였으

Table 2. Effect of nutrient concentration of seedling stage on early growth of tomato at 52 days after sowing at different substrates.

Substrate	EC (mS/cm)	Plant height (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem diameter (cm)	Dry weight(g/plant)			
						Leaf	Petiole	Steme	Total
Perlite	0.5	12.5	10.3	6.7	0.42	1.44	0.33	1.03	2.80
	1.0	15.4	15.0	9.8	0.48	4.00	1.10	3.03	8.13
	2.0	19.8	21.1	14.7	0.57	4.27	1.97	4.90	11.14
	3.0	21.9	22.7	15.4	0.60	4.43	1.89	5.34	12.45
	5.0	22.4	22.2	16.4	0.63	6.06	2.81	5.50	14.37
	LSD <sub>0.05</sub>	1.7	1.1	1.0	0.04				1.40
Vermiculite	0.5	10.9	10.1	6.9	0.39	2.45	0.57	1.48	4.50
	1.0	13.0	14.4	9.4	0.46	3.88	1.07	3.02	7.97
	2.0	17.2	18.5	13.0	0.57	5.34	3.05	4.86	13.25
	3.0	18.8	21.1	14.2	0.60	6.21	2.82	5.51	14.54
	5.0	23.7	23.2	16.3	0.66	6.21	2.87	5.53	14.61
	LSD <sub>0.05</sub>	1.2	1.1	1.0	0.03				1.36
Peatmoss	0.5	11.6	11.5	8.1	0.37	1.51	0.97	2.82	
	1.0	12.3	13.2	8.8	0.40	3.30	1.95	6.15	
	2.0	15.5	17.3	12.8	0.49	4.20	3.43	8.94	
	3.0	19.7	20.7	15.1	0.58	6.00	5.43	14.33	
	5.0	20.8	20.8	15.5	0.54	5.67	4.85	12.65	
	LSD <sub>0.05</sub>	1.8	1.7	1.8	0.04			1.51	
Significance									
Substrate		**	**	NS	**	**	**	US	*
EC		**	**	**	**	**	**	**	**
sub. × EC		**	**	*	**	**	**	*	**

NS. \* \*\* Nonsignificant or significant F test at P=0.05 or 0.01

나 전반적으로 2-3mS/cm 정도에서의 관리가 합당하다고 본다. 이것은 그동안 일반적으로 행해져 온 배양액 관리농도보다 2배 정도나 높은 수준이라 볼 수 있는데, 이 자료는 저온기인 봄에 수행 되었으므로 고온기나 광량의 차이를 감안하여야 된다고 생각된다. 그러나, 저온기에는 배양액농도를 높은 수준으로 관리하는 것이 바람직하다는 결론을 도출할 수도 있다고 생각된다.

위의 보고들과는 달리, 토마토의 생육에 알맞은 배양액농도와 관련하여 일본의 연구은 EC를 낮게 하는 것이 좋다고 보고하고 있는데, 토마토를 암면재배할 경우는 육묘기 때에 1.2-1.8mS/cm로 관리하고, 7월 과종의 축성재배에서는 생육초기에는 1.2mS/cm, 개화비대기에는 1.4-1.8mS/cm, 수확기에는 1.6-2.2mS/cm를 목표로 관리한다고 하였다<sup>3)</sup>. 또한, 배양액의 적정농도는 품종에 따라 다르지만, EC 0.7-1.5 mS/cm가 알맞다는 보고도 있다<sup>8)</sup>. 한편, 유럽에서는 암면에 토마토를 과종하여 발아시에는 1.5mS/cm, 과종후 10일째부터는 2.5-3.0mS/cm, 제 3 본엽 전개시부터는 5mS/cm로 하여 정식 활착하여 생육할 때까지 이 농도를 유지하여 배양액을 관리할 것을 권장하고 있다. 같은 작물을 재배하는데 있어서도 이처럼 적정배양액농도가 다르게 나타나는 경우들이 있는데, 이것은 기상환경, 특히 광환경의 차이나 재배되는 품종의 차이에서 오는 결과라 생각된다. 유럽에서는 광이 부족한 관계로 배양액농도를 높게 관리하는 반면, 일본에서는 비교적 낮게 관리하기 때문에 적정배양액농도에 있어서 서로간에 차이가 생기는 것이다.

Adams<sup>1)</sup>는 고휘배지경이 아닌 NFT 방식으로 일정한 배양액농도에서 재배한 토마토를 가지고 3.3, 4.6, 6.7, 7.6 및 9.1mS/cm로 처리하여 실험한 연구에서 배양액농도를 3.3mS/cm에서 9.1mS/cm로 높임에 따라 잎의 건물중은 감소한다고 보고하였다. 본 실험에서도 피트모스에서는 건물중이 3mS/cm까지는 증가하였으나 5mS/cm에서는 감소하였다. 한편, 필라이트와 버미클라이트는 5mS/cm까지 계속 증가하였다. 버미클라이트의 경우는 양이온치환용량(CEC)이 19-22.5me/100g 정도로 비교적 높아 배지 자체의 완충능이 높기 때문에 높은 배양액농도에서도 좋은 생육을 보인

것이라 생각된다. 필라이트의 경우는 버미클라이트와 같은 완충능이 없기 때문에 높은 배양액농도에서 생육이 저조하리라 생각했었는데 버미클라이트와 마찬가지로 배양액농도를 높임에 따라 좋은 생육을 보였다. 이것은 보수력이 없는 필라이트에서는 배수속도가 빠르기 때문에 배양액농도가 높을 때 오히려 생육이 좋지 않았나 생각된다. 한편, 피트모스의 경우는 5mS/cm의 배양액농도에서 염류장해로 인하여 무기성분들의 흡수가 저해되어 생육이 저조하지 않았나 생각된다.

그러나, 배지를 전혀 사용하지 않고 배양액만으로 작물을 기르는 순수수경재배에서는 배양액농도의 허용폭이 좁아, 4mS/cm를 초과하면 작물에 염류장해가 나타나기 쉽다고 한다<sup>4)</sup>. 마찬가지로 Adams는 배지를 사용하지 않고 토마토의 뿌리가 배양액에 직접 닿게 하는 NFT 방식을 사용하였기 때문에, 근권환경의 완충능이 작아 배양액농도가 너무 높을 때에는 오히려 염류장해를 받음으로써 그 결과 3.3mS/cm보다는 4.6mS/cm에서 건물중이 감소한 것으로 생각된다.

육묘기와 정식 후의 배양액농도가 토마토 건물중에 미치는 영향을 각각의 배지별로 조사하였다(Fig. 2, 3, 4). 3가지 종류의 배지 모두에서 육묘기의 배양액농도를 높임에 따라 건물중이 증가하였다.

필라이트에서는 육묘기에 2-5mS/cm로 관리하였을 때 건물중이 높았는데, 이것이 정식 후에도 계속적으로 좋은 생장을 유도하여, 육묘기에는 2-5mS/cm로 관리하고 정식 후에는 2-3mS/cm로 관리하였을 때 건물중이 가장 증가하였다(Fig. 2). 육묘기에 0.5-1mS/cm의 저농도에서 자란 토마토는 정식 후에 배양액농도를 높여 재배하면 건물중이 증가하지만 육묘시 2mS/cm 이상으로 재배한 것에 비해서는 그 생육량이 적게 나타났다.

버미클라이트에서는 육묘기에 2-5mS/cm로 관리하여 정식 후에 2-3mS/cm로 관리하였을 때 건물중이 가장 증가하였다(Fig. 3). 피트모스에서는 육묘기에 2-3mS/cm로 관리하여 정식 후에 2-5mS/cm로 관리하였을 때 건물중이 가장 높았다. 육묘기에 5mS/cm로 관리하고 이후 1-3mS/cm로 관리하였을 때도 건물중이 높기는 하였으나 육묘기에 2-3mS/cm로 관리하여 이후

2-3mS/cm로 관리한 것보다 건물중도 낮았고 또 유묘에 고농도장해를 줄 우려도 있으므로 굳이 육묘기에 높게 관리할 필요는 없을 것으로 생각된다 (Fig. 4).

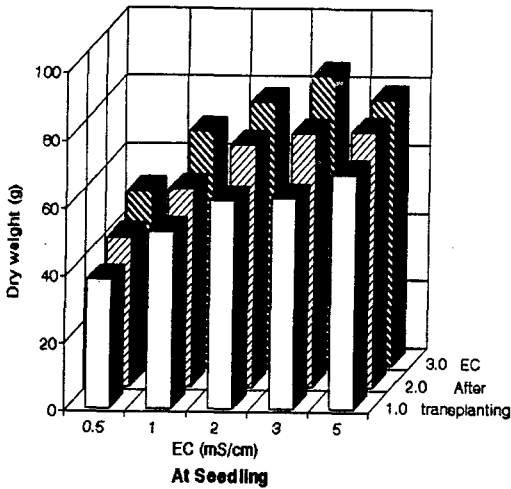


Fig. 2. Effect of nutrient concentration at seedling and after transplanting on dry weights of tomatoes at perlite.

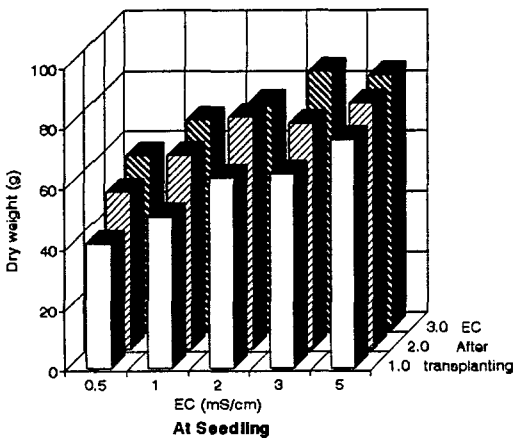


Fig. 3. Effect of nutrient concentration at seedling and after transplanting on dry weights of tomatoes at vermiculite.

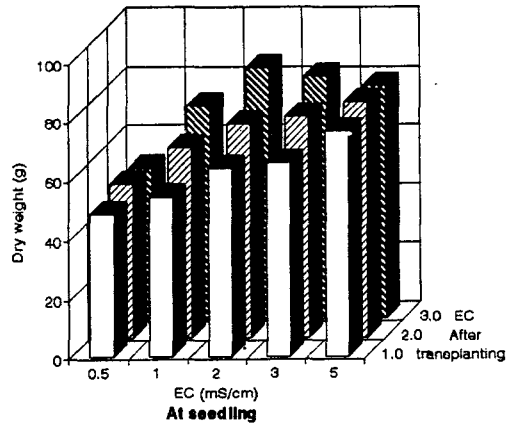


Fig. 4. Effect of nutrient concentration at seedling and after transplanting on dry weights of tomatoes at peatmoss.

## 적 요

고행배지경에서 배양액농도가 토마토의 생육에 미치는 영향을 구명하고자 본 실험을 수행하였다. 배지는 펄라이트, 버미큘라이트 및 피트모스를 사용하였으며, 묘들은 육묘기 때에는 0.5, 1, 2, 3 및 5mS/cm의 각기 다른 배양액농도로 재배되었고 정식후에는 1, 2 및 3mS/cm의 농도로 옮겨져 재배되었다. 육묘기 때에 배양액농도를 0.5mS/cm에서 3.0mS/cm로 높임에 따라 유묘의 광합성속도는 3가지 종류의 배지에서 모두 증가하였으며, 0.5-3.0mS/cm 범위 이상의 농도에서는 광합성속도가 감소하였다. 초장, 엽장, 엽폭, 경경 및 지상부 건물중은 펄라이트에서는 배양액농도를 0.5mS/cm에서 5mS/cm로 높임에 따라 계속 증가하는 경향을 보였으며, 버미큘라이트에서는 2-5mS/cm에서 높았으며, 피트모스에서는 3mS/cm일 때가 가장 높았다. 따라서 묘의 초기생장에 대한 배지별 적정배양액농도는 배지에 따라 차이가 있는데, 펄라이트에서는 3-5mS/cm, 버미큘라이트와 피트모스에서는 각각 2-5mS/cm, 3mS/cm인 것으로 나타났다. 정식 후에 배양액농도를 1mS/cm에

서 3mS/cm로 높임에 따라 3가지 종류의 배지에  
서 모두 건물중이 크게 증가하였다. 그러나, 육묘  
기와 정식 후에 계속하여 5mS/cm의 고농도로 재  
배한 것들의 건물중은 단지 조금 증가하였다.

## 인용문헌

1. Adams, P. 1990. Effect of salinity on the distribution of calcium in tomato(*Lycopersicon esculentum*) fruit and leaves. pp. 473-476. Plant nutrition-physiology and application, London.
2. 日本土壤肥料學會. 1993. 鹽集積土壤と農業. 博友社. p.88.
3. 日本施設園藝協會. 1991. 施設園藝における養液栽培の手引. 日本施設園藝協會, 東京. pp.34-37.
4. 青水伸雄. 1991. ハイテク農業と關聯施設-實務者のためのその技術と實際. システム農業, 東京. pp.69-70.
5. 清水 茂. 1969. 施設園藝の基礎技術. 誠文堂新光社, 東京. p.265.
6. 鈴木義彦, 川口哲男, 二宮敬治. 1976. 養液栽培に関する研究(第2報). トマトの品種と培養液濃度. 静岡縣農試験場 研究報告. 21:17-23.
7. Wilson, G. C. S. 1980. Perlite system for tomato production. Acta Horti. 99.
8. Wilson, G. C. 1983. Analytical analyses of perlite substrates. Acta Horti. 150 : 41-42.
9. Wilson, G. C. 1984. New perlite system for tomato production. Florentica International No. 2. pp23-26.
10. Wilson, G. C. 1986. Tomato production in different growing media. Acta Horti. 178 : 115-119.
11. Wilson, G. C. and MaGregor, A. J. 1977. Peat culture of tomatoes. West of Scotland Agric. College, Adv. Leaflet 20.

## 학 회 광 고

한국생물생산시설환경학회에서는 본 학회지인 “生物生産施設環境”에 광고게재를 희망하는 업체를 아래와 같이 접수하고 있사오니 많은 참여를 부탁드립니다.

- 아 래 -

1. 광고접수 : 수시접수(제4권 제2호에 게재할 광고는 10월31일까지)
2. 문의처 : 본 학회 사무국