

자루재배용 배지종류가 토마토 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향

이용범 · 박권우* · 노미영 · 채의석 · 박소홍 · 김수현
서울시립대학교 환경원예학과, *고려대학교 원예학과

Effects of Ecologically Sound Substrates on Growth and Yield of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) in Bag Culture

Lee, Yong-Beom · *Park, Kuen-Woo · Roh, mi-Young

Chae, Eui-Suk · Park, So-Hong · Kim, Su-Hyun

Dept. of Env. Hort., Seoul City Univ. Seoul 130-743

*Dept. of Hort Sci., Korea Univ., Seoul 136-701

Summary

The purpose of this research was to develop ideal substrates for the production of good quality tomatoes in bag culture system and also to improve media with low or no environmental pollution by blending and mixing artificial substrate including peatmoss, perlite, vermiculite, granular rockwool, polyphenol resin foam, bark, and smoked rice hull.

The highly efficient media proved by experiments were vermiculite, smoked rice hull, polyphenol resin foam, granular rockwool, and perlite, which showed good results in the early growth as well as the marketable yield of tomato in the bag culture.

Tomato plants grown in the media mixed with peatmoss, vermiculite and granular rockwool at the ratio of 3 : 1 : 1 (by volume) showed the highest marketable yield, and the next at the ratio of 2 : 1 : 1. The perlite-granular rockwool mixtures at the ratio of 2 : 3 and 1 : 4, and the peatmoss vermiculite mixtures at the ratio of 2 : 3 and 3 : 2, seemed to be promising media for bag culture.

키 워 드 : 토마토, 자루재배, 배지, 압면, 펄라이트

Key words : tomato, bag culture, substrate, rockwool, perlite

서 론

양액재배는 토양을 사용하지 않고 작물재배에 적합한 무기비료 성분을 수용액으로 근권에 공급하여 작물을 기르는 방법이다. 이러한 양액재배는 17세기부터 유럽의 영국과 프랑스에서 시작된 후, 순수수경재배와 모래와 자갈같은 배지를 사용하는 양액재배방법이 미국에서 1920년과 1930년초에 본격적으로 연구되기 시작하여 양액재배 기초가 확립되었다.

한편, 유럽에서는 2차 세계대전후에 본격적으로 양액재배에 대한 관심을 갖고 실용화 연구가 수

행되었다. 그 결과 1965년부터 영국의 온실작물연구소에서 새로운 수경재배법인 NFT(nutrient film technique)를 연구하여 1970년대초에 실용화시켰다¹⁾. 이 방법은 간단한 양액재배 형태로서 시설비가 저렴하고 양호한 산소 공급과 적은 배양액으로 재배가 가능하여 벨기에와 네덜란드를 중심으로 1970년대 들어 기존의 수경재배법을 빠른 속도로 대체해 나갔다²⁾.

한편 배지를 이용한 양액재배는 초기에 모래, 자갈을 이용하다가 1960년 말 peatmoss를 이용한 peat bag culture가 이루어졌다. 그후 덴마크의 Grodan사에서는 농업용 압면을 1968년에 개발하였고,

본 연구는 1991년도 학술진흥재단 연구비로 수행하였음.

1970년대말부터 유럽 전역에서 양액재배용 배지로 활용하기 시작하였다⁹⁾. 현재 암면재배가 유럽을 중심으로 전세계에서 각광을 받기 시작한 것은 암면의 물리화학적 특성이 탁월하고, 수매 전염병의 전파를 극소화 할 수 있으며, 시설비가 다른 양액 재배보다 값싸게 드는 간이한 형태의 bag culture 양액재배방식이기 때문이다⁹⁾. 그 결과 1989년 통계에 의하면 네덜란드, 덴마크, 스웨덴에서는 온실 채소작물의 50% 이상, 프랑스와 벨기에는 40% 이상이 암면재배로 이루어지고 있다. 국내에서 양액 재배는 1954년에 중앙농업기술원에서 처음 시작하였으며, 담액수경용 농시표준액을 개발하였다. 그러나 1960년에 연구가 중단된 후 역경, 사경, 훈탄재배가 독농가 수준에서 이루어지고 이 후 각 도진흥원과 원예시험장에서 간헐적으로 연구되었다.

1980년대 중반부터는 원예시험장, 농과대학 등에서 각종 양액재배 시스템에 대한 연구가 이루어졌으며, 1986년부터 금강(주)에서 농업용암면이 개발되었다^{8,10)}. 1990년대 들어 과채류와 장미의 암면재배가 이루어지고 있으며, 엽채류는 주로 NFT와 담액수경으로 재배되고 있다. 이러한 양액재배 시설면적은 1985년에 4.2ha, 1989년 8.1ha, 1992년 추정치가 약 10.5ha로서 계속 증가추세를 보이고 있다.

이상에서 볼 수 있듯이 세계 양액재배는 유럽을 중심으로하여 배지경중 암면재배방법이 과채류와 화훼작물의 장기재배에 주로 이용되고 있고, NFT 방식은 엽채류와 일부 화훼작물 재배에 이용되고 있다. 그러나 폐암면의 처리문제가 크게 대두되면서 (62.5 m³/ha/year) 그 대체 배지의 개발에 많은 연구인력이 투입되고 있는 실정이고, 농업환경보전의 측면에서 관주식 암면재배에서 순환식 암면재배로 전환이 점차 이루어지고 있는 상황이다⁹⁾. 이처럼 전 세계적으로 암면을 이용한 양액재배가 활기를 띠고 있으나 이미 사용한 암면의 처리가 사회문제로 대두되고 있어 환경오염의 염려가 없거나 혹은 있더라도 상대적으로 적은 배지를 개발하여 암면을 대체하도록 해야한다.

따라서 본 실험은 앞으로 암면을 대체할 수 있는 배지를 개발하는데 주안점을 두고 시설비와 운영비가 저렴하면서 우리 기후환경에 적합한 자루재배용 배지를 개발하기 위해서 토마토를 중심으로 다양한 종류의 배지를 단용 및 혼합 배지로 하여 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 배지종류 및 혼합배지 조성

Bag culture용 배지로서 이용 가능성을 보기 위하여 사용한 단용배지는 폐기처리시 환경오염의 염려가 없거나 적은 bark(소립), 모래, 목탄(3~20 mm), 훈탄, 왕겨, 입상면(금강), 질석(# 2), perlite (2~4mm), 폴리페놀수지(오아시스), peatmoss, 및 대조용 배지로서 암면 slab(금강) 을 사용하였다.

1년차 실험결과¹⁰⁾에 따라 단용배지외에도 위에 사용한 단용배지의 상호 단점을 보완할 수 있는 혼합배지를 조성하였다. perlite의 물리성중 유효수분함량을 증대시키기 위하여 perlite에 입상면을 혼합하여 사용하였다. 또 배지산도를 조절하기 위하여 peatmoss에 입상면을 혼합처리하였으며, 배지화학적성을 보완하고자 peatmoss와 질석을 혼합배지로 조성하였다. 배지의 화학성과 산도 조절을 고려하여 peatmoss+질석+입상면을 혼합하여 조성하였다. 그외에도 질석에 왕겨와 목탄을 각각 혼합한 배지, 왕겨에 암면과 peatmoss를 혼합한 배지도 함께 조성하여 실험을 수행하였다.

2. 작물 재배 관리

각종 배지를 이용한 양액재배는 극세튜브를 이용하여 점적관수 시스템으로 하였으며, 배양액 공급은 생육단계와 날씨에 따라 적량이 공급될 수 있도록 하였다. 배양액은 Allen Cooper의 NFT배양액 중에서 Fe의 농도를 3 ppm, Mn 1 ppm으로 조정하여 사용하였다¹¹⁾.

1991년과 1992년에 걸쳐 살펴 본 양액재배에 공시된 작물은 토마토로서 광수토마토(중앙종묘)를 이용하였다. 공시토마토는 1차 실험을 1991년 3월 10일 파종하여 암면 포트를 이용하여 육묘한 뒤 5월 7일에 정식하였다. 2차 실험은 1992년 4월 16일 파종하여 암면 포트 육묘후 6월 9일에 정식하여 실험을 수행하였다. 수량조사는 5화방까지 계속한 결과를 종합하였다. 토마토 재배 배양액 농도는 생육초기에는 1.5 mS/cm, 착과되면서 0.8~1.2 mS/cm로 하여 관리하였다.

배양액의 pH는 pH meter(TOA, HM-20E)를 사용하였고, 전기전도도는 EC meter(TOA, CM-20E)를 이용하여 측정하였다. 배지종류에 따른 작물의 생리적 반응을 보기 위하여 광합성, 기공 확산저항 및 기공확산속도는 portable photosynthesis system (Li-Cor 6200)을 이용하여 측정하였다. 측정시간은

온실내의 광조건이 충분한 상태에서 주로 오전에 측정하였다. 과실의 vitamin C 함량은 spectrofluorometer(Kontron SFM)을 이용하여 형광광도법⁷⁾으로 조사하였다.

배지를 담은 자루 규격은 1년차에서는 폭 45cm, 길이 60cm, 두께 0.1mm의 녹색 비닐 포대를 이용하여 각 배지를 30ℓ 넣고 각 식물체를 2주씩 재배하였으며, 1992년에는 15ℓ 들이 스티로폼 상자에 1주씩 정식하고 실험하였다. 배양액 공급량은 식물의 크기와 날씨에 따라 주간에 2~6회씩 공급하였으며, 야간에는 1회 공급하였다. 배수는 자루와 용기 높이 1/4위치에 배수구를 설치하였으며 기타 재배관리는 원예시험장 표준 경증법에 따라 수행하였다.

결과 및 고찰

1. 단용배지를 중심으로한 토마토 bag culture

단용배지에서 토마토를 재배하여 광합성을 측정 한 결과(Table 1) 압면(slab)배지에서 가장 높은 광합성 속도를 나타냈다. 다음으로 높은 광합성 속도를 보인 처리는 perlite, 입상면, 훈탄, 폴리페놀수지(PRF), 질석, peatmoss 등에서 였다. 반면에 bark, 목탄, 모래 등에서 낮은 광합성량을 나타냈다.

기공확산속도가 높은 처리는 perlite, peatmoss, 질석, 입상면, 훈탄 등이었고 모래, bark, 목탄 배지에서는 낮은 기공확산속도를 나타내 가스교환이 원활하지 않음을 보여 주었다.

Table 1. Gas exchange parameters of tomato leaves in various substrate at 27 days after transplanting. Leaf temperature was 30°C and photon flux density was $800 \pm 40 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

Substrate	Stomatal conductance (cm/s)	CO ₂ assimilation ($\mu\text{mol/m}^2/\text{s}$)
Perlite	6.975	18.5
Vermiculite	5.813	17.1
Peatmoss	6.315	17.0
Bark	2.642	14.5
Charcoal	2.955	12.2
Smoked rice hull	5.001	17.7
Sand	2.463	14.9
PRF ²⁾	4.563	17.5
Rockwool(Granular)	5.120	18.2
Rockwool(Slab)	3.499	20.8
Soil	2.172	12.1

²⁾ PRF=polyphenol resin foam

정식 10일 후 처리별 생육을 보면(Table 2), bark, 목탄 및 peatmoss에서 활착이 지연되어 생육이 낮은 경향을 보여 토양에 정식한 것과 같은 생육량을 보였다. 그외의 배지에서는 활착이 잘 되어 조기 생육이 왕성하게 이루어지는 것을 보여주었다.

Table 2. Growth characteristics of tomato plants as influenced by different substrates in bag culture on 17 May 1991.

Substrate	Plant height(cm)	Leaf(cm)		Stem diameter (mm)
		Length	Width	
Perlite	21.8	5.9	3.1	6.1
Vermiculite	20.6	6.3	3.3	5.8
Peatmoss	22.6	5.9	3.1	6.0
Bark	18.4	4.5	2.3	4.3
Charcoal	17.8	6.0	2.9	5.6
SRH ²⁾	21.3	6.3	3.2	6.3
Sand	22.2	6.8	3.3	6.0
PRF ³⁾	21.3	6.4	3.3	5.9
Rockwool(G)	22.1	6.5	3.3	6.0
Rockwool(Slab)	22.5	6.5	3.3	6.1
Soil	23.7	5.8	3.4	5.1
LSD 0.05	2.3	0.5	0.4	0.7

²⁾ SRH=smoked rice hull
Sowing date : 10 March 1991.

³⁾ PRF=polyphenol resin foam
Transplanting date : 7 May 1991.

정식 27일 후에는 질석에서 가장 많은 생육량을 보였으며, 훈탄, 모래 및 입상면을 배지로 한 처리에서도 많은 생육량을 보였다. 반면에 bark와 peatmoss에서 생육량이 적었으며, 목탄배지에서는 생육이 빠르게 회복되는 경향을 나타냈다(Table 3).

생육후기 과실을 제외한 생육량은 질석에서 제일 많았고, perlite, PRF, 입상면, 훈탄, 모래 및 목탄에서 주당 1200g 이상을 나타냈다. 반면에 peatmoss, bark 등의 배지에서 생육량이 가장 적은 결과를 보였으나 토양재배보다는 높은 생육량을 보였다(Table 4).

Peatmoss에서의 생육량 저하는 peatmoss 배지 자체가 다른 배지에 비해 투수성이 낮는데 기인한 것으로 보인다. 이러한 peatmoss는 토양재배에서 토양소독비의 증가로 인하여 토양 대신 사용하기 시작하여 많은 연구자들이 그 활용성을 높이기 위해

perlite, 질석, 암면, polystyrene 등을 첨가하여 물리성이 개선된 배지 개발 가능성에 대한 연구가 이루어지고 있다¹⁵⁾. 한편 peatmoss를 압축한 형태로 한 peat board가 스웨덴에서 생산되어 양액재배 활용성이 검토되면서 peatmoss 운송과 시스템 설치상에 큰 변화를 가져오고 있다¹⁾.

Bark에서 생육량 저하는 Nichols¹²⁾가 소나무 bark에서 언급한 bark 자체가 catechins, pro-cyanadims, stilbenes와 같은 식물에 유독한 phenol compound가 완전히 제거되지 않는데 기인하지 않았나 생각된다.

수량에서는 주당 상품과수는 질석이 25개로 가장 많았고 모래, PRF, 입상면이 20개 이상의 수량을 보였고, perlite, 목탄이 17개를 나타냈다. 평균과중은 훈탄에서 약 230g을 나타내 가장 무거웠으며, 질석, perlite, 모래, PRF, 입상면 등이 180g 수준 혹은 그 이상을 나타냈다(Table 5).

과실의 비타민 C함량은 전반적으로 토양에서보다 높았으며, bark에서 특히 높은 경향을 보였다. 이것은 수경재배에서 양분흡수가 원활하고 특히 Mn의 흡수가 많아지면서 나타난 것으로 보인다(Table 5).

Table 3. Growth characteristics of tomato plants as influenced by different substrates in bag culture on 3 June 1991.

Substrate	Plant height(cm)	Leaf(cm)		Stem diameter(mm)
		Length	Width	
Perlite	86.5	41.5	43.0	114.1
Vermiculite	82.5	46.5	46.0	140.8
Peatmoss	74.5	39.0	37.5	83.9
Bark	64.0	35.5	32.0	67.4
Charcoal	78.5	40.0	36.5	101.2
SRH ²⁾	87.0	42.5	44.0	131.9
Sand	84.0	42.0	43.0	131.6
PRF ³⁾	85.1	41.1	43.2	118.9
Rockwool(G)	86.2	41.5	43.3	123.4
Rockwool(Slab)	87.2	41.6	43.8	125.9
Soil	76.2	35.5	31.0	72.3
LSD 0.05	7.2	3.1	2.9	18.4

²⁾ SRH=smoked rice hull
Sowing date : 10 March 1991

³⁾ PRF=polyphenol resin foam
Transplanting date : 13 May 1991.

Table 4. Growth characteristics of tomato plants as influenced by different growing media in bag culture on 17 July 1991.

Substrate	Plant height(cm)	Leaf(cm)		Stem diameter(mm)		Fresh weight (g/pl)
		Length	Width	Upper	Lower	
Perlite	237.5	46.0	49.0	17.2	18.9	1282.5
Vermiculite	251.8	53.8	51.8	21.4	20.9	1612.5
Peatmoss	238.8	42.8	41.8	15.9	16.6	945.0
Bark	240.5	42.8	44.0	12.4	16.1	962.5
Charcoal	222.8	44.8	42.8	17.6	17.3	1300.0
SRH ²⁾	210.0	48.3	46.8	19.5	20.0	1412.5
Sand	212.8	48.5	51.5	18.6	17.3	1300.0
PRF ³⁾	221.4	45.6	48.3	17.4	19.2	1285.0
Rockwool(G)	215.0	45.0	48.5	17.2	19.0	1280.0
Rockwool(Slab)	222.6	44.9	48.7	17.4	19.1	1293.5
Soil	208.3	40.5	43.5	16.9	16.0	807.5
LSD 0.05	21.4	4.2	3.9	1.4	1.3	172.7

²⁾ SRH=smoked rice hull

³⁾ PRF=polyphenol resin foam

Sowing data : 10 March 1991

Simidchiev 등¹³⁾은 토마토 배지 재배에서 perlite, 질석 및 암면의 이용 가능성이 높다고 평가하고 있다. 특히 산업화 측면에서는 perlite와 암면의 활용성이 클 것이라고 언급하고 있다. 그러나 본 연구결과에서 perlite의 수량이 암면이나 질석에 비해서 만족스럽지 못한 것은 모든 배지에 균일하게 양액을 공급하는 관계로 perlite에 적합한 양액 농도 및 공급량의 차이로 인한 것으로 판단된다. 한편 폴리페놀수지(PRF)는 토마토 생육 및 수량에서 좋은 결과를 보여주고 있는데, Benoit¹⁾ 등은 PRF가 물리화학적 특성이 안정되어 있고 암면보다 장기간 사용이 가능하다고 하고 있어 지속적인 검토가 필요하였다.

단용배지에서 토마토 상품과수는 질석, 암면(Slab), 입상면, PRF, 모래 등의 배지에서 주당 20개 이상을 나타냈다. 평균과중은 혼탄, 질석, perlite, 모래, PRF, 입상면, 암면 등에서 180g 이상을 나타냈다. 반면에 peatmoss, bark 등에서 평균과중이 가벼웠다.

Table 5. Marketable fruit yield of tomato as influenced by growing media in bag culture.

Substrate	Fruit number	Average fruit weight(g)	Yield (kg/pl)
Perlite	17.5	186.2	3.26
Vermiculite	25.0	198.2	4.96
Peatmoss	19.0	133.6	2.54
Bark	18.5	151.4	2.80
Charcoal	17.0	171.6	2.92
SRH ²⁾	19.0	229.7	4.37
Sand	21.5	185.0	3.98
PRF ³⁾	21.0	181.2	3.81
Rockwool(G)	21.5	179.0	3.85
Rockwool(Slab)	22.5	182.6	4.11
Soil	19.5	153.5	3.00
LSD 0.05	1.7	216	0.76

²⁾ SRH=smoked rice hull

³⁾ PRF=polyphenol resin foam

상품수량은 주당 4kg 이상인 처리가 질석과 혼탄 처리에서 나타났으며, 3.8 kg 이상은 모래, 입상면, polyphenol 수지(PRF) 처리에서 나타났다. Peatmoss, bark 및 목탄은 주당 3kg 미만의 수량을 얻었다(Table 5).

상품과율은 질석, bark, 모래, 입상면 처리에서 75% 이상을 나타낸 반면에 peatmoss, 목탄 처리에서는 낮은 상품과율을 나타냈다(Table 6). 과실의 품질면에서 당도는 질석과 bark 처리에서 가장 높은 당도를 보인 반면에 peatmoss 처리에서는 당도의 감소가 뚜렷했다. 공동과율은 모래와 목탄배지에서 많이 나타났으며 peatmoss와 bark에서는 나타나지 않았다. PRF, 질석, 혼탄, 입상면에서 4~5% 수준의 공동과율을 나타냈다. 배꼽썩음과 발생은 peatmoss 처리에서 10% 이상을 나타냈으며, perlite 및 bark에서는 나타나지 않았다(Table 6).

Table 6. Fruit quality of tomato plant grown in various substrates.

Substrate	Marketable yield ratio (%)	Soluble Solids (°Brix)	Puffy fruit (%)	Blossom end rot (%)	Vitamin C (mg/100g FW)
Perlite	70.6	5.0	8.0	0	16.8
Vermiculite	76.9	5.4	6.2	7.6	17.8
Peatmoss	69.2	4.8	0	11.3	17.2
Bark	79.1	5.3	0	0	18.8
Charcoal	69.9	5.2	12.5	7.1	16.5
SRH ²⁾	71.4	5.0	6.7	1.7	16.5
Sand	75.4	5.0	14.4	1.8	15.1
PRF ³⁾	74.0	5.2	6.4	2.8	16.9
Rockwool(G)	75.0	5.2	5.0	2.5	17.5
Rockwool(Slab)	77.2	5.2	5.5	3.1	17.2
Soil	68.0	5.4	6.0	4.0	14.2
LSD 0.05	5.1	NS	4.2	3.5	3.2

²⁾ SRH=smoked rice hull

³⁾ PRF=polyphenol resin foam

이상에서 단용배지중 peatmoss와 목탄의 생육 및 수량이 불량한 것은 배지의 화학성과 물리성이 불량한데 기인하는 것으로 보였다. 한편 질석과 혼탄에서 생육 및 수량이 높았는데 이것은 이들 배지의 유효수분량이 적합한데 그 원인이 있는 것 같았다¹⁰⁾. 암면과 같은 수준의 수량을 나타낸 페놀수지는 앞으로 perlite와 더불어 좀더 깊이 있는 연구의 필요성이 있다고 보여진다. 특히 안정된 화학적 특성을 보였던 perlite는 유효수분량이

낮으므로 순환식 수경 등으로 전환하여 충분한 배양액을 공급한다면 훌륭한 양액재배 system으로 구성할 수 있으리라 본다. 자루재배용 배지로 활용하기 위해서는 perlite의 단점인 유효수분함량을 높일수 있는 peatmoss와 입상면을 혼합하는 것이 적합한 것으로 보였다. 이러한 결과는 Benoit 등¹⁾, Sonneveld 등¹⁴⁾과 Willson^{15,16)}, Willson등¹⁷⁾의 연구에서도 같은 경향을 보여주었다.

2. 혼합배지를 이용한 토마토 Bag culture

각종 배지를 물리성과 화학성을 고려하여 조성한 배지에 토마토를 재배하여 광합성을 측정한 결과 perlite와 입상면, peatmoss와 질석, peatmoss+질석+입상면을 혼합한 처리에서 높은 광합성을 나타내었고, 기공저항이 낮으며, 기공확산속도는 높은 경향을 보여 주었다(Table 7).

Table 7. Gas exchange parameters of tomato leaves in various mixing substrates. Leaf temperature was 28°C and photon flux density was 450 μmolm⁻²s⁻¹ at 25 days after transplanting

Mixing substrate ²⁾	Stomatal Conductance (cm/s)	CO ₂ assimilation (μmol/m ² /s)
P : RW		
1 : 4	14.23	12.55
2 : 3	10.78	11.62
3 : 2	15.06	11.95
4 : 1	8.69	10.02
PM : RW		
1 : 4	8.75	9.84
2 : 3	8.51	10.77
3 : 2	13.60	14.81
4 : 1	10.21	12.35
PM : Ver		
1 : 4	11.51	11.50
2 : 3	16.96	14.68
3 : 2	12.47	11.35
4 : 1	5.72	7.42
PM : Ver : RW		
1 : 1 : 1	16.00	13.11
2 : 1 : 1	18.02	15.15
3 : 1 : 1	15.11	13.04
1 : 1 : 2	13.99	12.81
1 : 1 : 3	9.28	12.34

Mixing substrate ²⁾	Stomatal Conductance (cm/s)	CO ₂ assimilation (μmol/m ² /s)
RH : Ver		
1 : 1	10.12	10.87
2 : 1	8.50	9.20
3 : 1	6.02	8.97
RH : RW : PM		
1 : 1 : 1	10.68	11.22
2 : 1 : 1	10.50	11.09
3 : 1 : 1	10.72	11.22
Ver : CH		
1 : 4	8.70	10.20
1 : 1	11.94	11.02
4 : 1	11.09	11.62

²⁾ P : perlite, RW : rockwool(G), PM : peatmoss, Ver : vermiculite
RH : rice hull, CH : charcoal
Sowing : 16 April 1992.
Transplanting : 9 June 1992.

혼합배지중에서도 혼합비율에 따른 차이를 보면, perlite 20~60%와 입상면 40~80%수준에서 10 cm/s이상의 높은 기공확산속도와 광합성을 나타냈다. Peatmoss와 입상면 혼합배지에서는 peatmoss 60~80%와 입상면 20~40%수준에서 높은 기공확산속도와 광합성을 보였고, peatmoss+질석+입상면의 혼합배지에서는 암면이 60%혼합된 처리를 제외하고는 모두 높은 기공확산속도와 광합성을 나타냈다(Table 7). 반면에 왕겨와 질석 혼합배지, 왕겨+입상면+peatmoss 혼합배지, 질석과 목탄의 혼합배지에서는 8~11μmol/m²/s수준의 광합성을 나타냈다.

혼합배지에서 토마토 생육량을 보면 perlite 80%+입상면 20%, peatmoss 20%+입상면 80%, peatmoss 80%+질석 20%, 왕겨 20%이상처리, 목탄 50%이상 처리에서 생육량이 낮게 나타났다. 그외의 처리에서는 높은 생육량을 나타냈으며, 특히 peatmoss+질석+입상면의 혼합배지 전처리에서 높은 생육량을 보였다(Table 8).

혼합배지에서 토마토 수량은 perlite와 입상면을 혼합한 처리, peatmoss와 질석을 혼합한 처리, peatmoss+질석+입상면의 처리에서 높은 수량을 나타냈다(Table 9).

혼합 배지별 토마토 수량은 perlite와 입상면을

혼합한 처리에서 가장 높았으며, 다음으로 peatmoss와 질석 혼합구, peatmoss, 질석 및 암면을 혼합한 시험구에서 높은 수량을 나타내었다.

고형 배지의 혼합 비율별 토마토 수량은 perlite 20~40% 수준과 입상면 80~60%수준에서 높은 수량을 보였다. Peatmoss와 암면 혼합처리에서는 peatmoss 60% + 입상면 40% 에서 높은 수량을 보

였고, peatmoss와 질석 혼합처리에서는 peatmoss 40~60%와 질석 60~40% 혼합비율에서 높은 수량을 나타냈다. Peatmoss + 질석 + 입상면을 혼합한 처리에서는 peatmoss를 50~60%로 하고 질석과 입상면을 각각 25~20%로 혼합하였을 때 가장 높은 수량을 나타냈다.

Table 8. Growth of tomato plants grown at various mixing ratio of substrates at 25 days after transplanting.

Mixing substrate ²⁾	Plant height (cm)	Stem diameter (cm)	Leaf		Fresh weight(g/plant)		
			Length (cm)	Width (cm)	Leaves	Stem	Total
P : RW							
1 : 4	143.2	1.15	35.5	34.0	415.7	208.6	624.3
2 : 3	133.1	1.14	34.2	32.0	353.0	184.0	537.0
3 : 2	120.7	1.18	34.2	33.9	340.0	185.0	525.0
4 : 1	131.5	1.12	32.2	32.9	308.6	148.6	457.2
PM : RW							
1 : 4	119.2	1.02	33.7	32.8	270.0	154.0	424.0
2 : 3	124.2	1.18	36.0	29.2	346.7	200.0	546.7
3 : 2	134.4	1.13	32.6	35.0	386.0	208.0	594.0
4 : 1	137.4	1.20	36.2	37.6	390.0	214.0	604.0
PM : Ver							
1 : 4	121.1	1.24	34.5	31.7	380.0	194.0	574.0
2 : 3	132.1	1.32	38.2	38.8	390.0	202.9	592.9
3 : 2	125.1	1.18	34.7	34.5	400.0	195.7	595.7
4 : 1	132.6	1.24	34.5	33.8	282.0	164.0	446.0
PM : Ver : RW							
1 : 1 : 1	127.4	1.18	37.0	36.4	400.0	207.0	607.0
2 : 1 : 1	136.7	1.11	36.7	35.4	412.0	210.0	622.0
3 : 1 : 1	134.8	1.24	35.5	33.2	388.0	202.0	590.0
1 : 1 : 2	123.3	1.18	34.9	34.2	386.0	198.0	584.0
1 : 1 : 3	131.2	1.23	34.2	32.8	433.0	200.0	633.0
RH : Ver							
1 : 1	115.7	1.08	30.9	29.4	390.0	186.7	576.0
2 : 1	126.4	1.12	29.9	26.9	310.0	162.0	472.0
3 : 1	123.3	1.11	31.6	28.0	320.7	166.7	486.7
RH : RW : PM							
1 : 1 : 1	121.4	1.09	35.3	35.4	374.0	170.0	544.0
2 : 1 : 1	122.9	1.00	33.2	33.0	332.0	152.7	484.0
3 : 1 : 1	115.4	1.00	34.4	31.8	333.0	182.0	515.0
Ver : CH							
1 : 4	118.8	1.00	31.7	31.3	176.7	112.0	288.0
1 : 1	114.9	1.09	32.0	30.9	358.0	190.0	548.0
4 : 1	121.0	1.10	32.8	31.0	390.0	188.0	578.0
LSD _{0.05}	11.4	0.12	2.6	2.4	35.3	18.9	64.0

²⁾ P : perlite, RW : rockwool(G), PM : peatmoss, Ver : vermiculite
RH : rice hull, CH : charcoal

왕겨에 질석, 입상면+peatmoss를 혼합한 처리에서는 왕겨의 비율이 높아질수록 수량이 낮아지는 경향을 보였다. 목탄에 질석을 혼합한 처리에서도 목탄의 비율이 높아질수록 수량은 낮았다. 이처럼 왕겨 혼합처리의 토마토 생육 및 수량이 불량하였던 것은 초기에 수분보유력의 저하로 인한 것으로 보이며 후기부터는 왕겨 발효과정에서 질소 요구량이 커진데 기인한 것으로서 사용기간도 1~2년 정도로 한정될 것으로 보였다. 한편 목탄의 화학성을 조정하는데 있어서 질석의 활용가능성을 보았으나 양액공급후 목탄배지의 높은 pH, 높은 K 함량, 낮은 Ca 함량으로 인하여¹⁰⁾ 좋은 결과로 유도되지 않았다. 따라서 목탄을 사용할 경우는 가능한 충분한 기간동안의 전처리가 필요하다는 것을 보여주었다.

Table 9. Effect of various mixing substrates on marketable yield and quality of tomato plant

Mixing substrate ²⁾	Marketable yield		Average fruit weight (g)	Soluble solids (°Brix)
	Fruit Number	Fruit Wt. (g/plant)		
P : RW				
1 : 4	18	3529	196.1	5.9
2 : 3	25	3752	150.1	5.0
3 : 2	20	3244	162.2	4.9
4 : 1	20	3031	151.6	5.3
PM : RW				
1 : 4	12	1766	147.2	5.8
2 : 3	14	2014	143.9	4.8
3 : 2	23	3512	152.7	5.2
4 : 1	14	2501	178.6	5.6
PM : Ver				
1 : 4	23	3165	137.6	5.3
2 : 3	22	3625	164.8	5.9
3 : 2	22	3532	160.5	4.9
4 : 1	21	2994	142.6	4.6
PM : Ver : RW				
1 : 1 : 1	19	2625	138.2	5.2
2 : 1 : 1	22	3703	168.3	5.5
3 : 1 : 1	28	4520	161.4	5.2
1 : 1 : 2	19	3356	176.6	5.4
1 : 1 : 3	11	1894	172.2	4.5

Mixing substrate ²⁾	Marketable yield		Average fruit weight (g)	Soluble solids (°Brix)
	Fruit Number	Fruit Wt. (g/plant)		
RH : Ver				
1 : 1	19	2848	149.9	4.8
2 : 1	16	2177	136.1	5.1
3 : 1	11	1721	156.5	5.0
RH : RW : PM				
1 : 1 : 1	24	3393	141.4	5.3
2 : 1 : 1	18	2761	153.4	4.8
3 : 1 : 1	9	1413	157.0	4.9
Ver : CH				
1 : 4	8	1160	145.0	5.8
1 : 1	9	1566	174.0	4.6
4 : 1	13	2320	178.5	4.4
LSD 0.05	3	345	21.6	0.4

²⁾ P : perlite, RW : rockwool(G)
 PM : peatmoss, Ver : vermiculite
 RH : rice hull, CH : charcoal

Wilson¹⁶⁾과 Benoit¹⁷⁾은 양액 재배용 배지로서 perlite의 활용 가능성을 높게 평가하였는데 단용 배지로서는 물리성 개량의 필요성이 높아 perlite에 입상면을 혼합하였던 결과 토마토 생육 및 수량 등에서 좋은 결과를 나타냈다. 이것은 perlite의 안정된 화학성과 입상면 혼합으로 보완된 유효수분 함량 증가로 인한 것으로 보인다. 특히 이 혼합처리에서는 관주식 뿐만 아니라 농업환경오염수준을 낮추기 위해서 순환식 양액재배로 해도 큰 무리 없이 활용할 수 있는 기상과 충분한 공급량을 보유하고 있다. 더불어 어느정도 보완된 유효수분 함량과 고온처리가 되어있어 병충해 위험성이 적고 화학적으로 안정되어 있기 때문에 산업화 시키기에 적합한 것으로 보였다. 배지들의 화학성을 보완하기 위해서 혼합처리한 peatmoss+질석+입상면 처리에서도 peatmoss를 50~60%로 하고 나머지를 질석과 입상면을 같은 양 혼합한 경우에서 토마토 생육 및 수량이 높게 나타났다. 이러한 처리는 자루재배전용 배지로서 개발하기 위해서 좀더 많은 작품에서 폭넓은 연구가 이루어져야 될 것으로 보였다.

결과적으로 이상의 결과에서 배지종류별 배양액 관리측면이 확립된다면 과채류 자루재배용 배지로서 암면을 대체할 수 있는 단용배지의 개발 가능성을 보였으며, 혼합배지에서는 안정된 물리화학성을 가지는 배지조성으로 새로운 작물재배법으로 정착시킬 수 있는 배지 개발 가능성을 보였다.

적 요

국내 원예시설이 고정화되면서 각종 연작 장애가 나타남에 따라 객토와 토양소독의 필요성이 커지고 있으나 객토와 토양소독에 소요되는 비용 증가가 큰 문제로 대두되고 있다.

이에 따른 간이한 양액재배 시스템으로서 농가에서도 투자비용과 운용비용이 저렴하면서 환경오염의 염려가 없거나 적은 각종 인공배지를 활용한 토마토 자루재배(bag culture) 실험결과는 다음과 같다.

1. 단용배지를 이용한 토마토 자루배재에서 질석, 혼탄, 모래, 페놀수지(PRF), 입상면, perlite 등에서 생육, 수량 및 품질면에서 이용가능성이 높고 이들 배지의 단점을 보완한다면 압면 대체도 가능할 것으로 보인다.

2. 혼합배지를 이용한 토마토 자루재배에서 perlite와 입상면 혼합처리에서는 perlite 20~40%수준과 입상면 80~60%수준에서, peatmoss와 질석 혼합처리에서는 peatmoss 40~60%와, 질석 60~40% 혼합비율에서, peatmoss+질석+입상면 혼합처리에서는 peatmoss를 50~60%로 하고 질석과 입상면을 각각 25~20%로 혼합한 경우에서 각각 높은 수량과 품질을 보여주었다.

인 용 문 헌

1. Benoit, F. and N. Ceustermans. 1990. The use of recycled polyuretane as an ecological growing medium. *Plasticulture*. 88 : 41-48.
2. Boodley, J.W. 1984. Foam in horticulture advanced technology now. *ISOSC Proc. 6th Int. Congress Soilless Culture*. 149-150.
3. Boodley, J. W. 1984. Foam substrate application in North America. *ISOSC Proc. 6th Int. Congress Soilless Culture*. 146-147.
4. Bunt, A. C. 1984. Physical properties of mixtures of peats and minerals of different particle size and bulk density for potting substrates. *Acta. Hort.* 150 : 143.
5. Fikwark, W. 1983. Industrial production of peat substrates. *Acta. Horti.* 150 : 593.
6. Graves, C. J. 1983. The nutrient film technique. *Hort. Rev.* 5 : 1-44.
7. 주현구 외 6인, 1991. 식품분석법. 유림문화사. pp. 187-188.
8. 이용범. 1988. 새로운 양액재배용 배지 rock-wool의 특성과 이용. *시설원예연구*. 1 : 75-87.
9. 이용범. 1992. 시설 채소 재배의 실태와 수경재배 방향. *도시근교 농업 발전 심포지움(서울시 농촌지도소)*. 수입개방대책. 63 : 5-70.
10. 이용범, 박권우. 1992. 과채류 수경재배로서 bag culture system에 대한 연구. *한국학술진흥재단*.
11. 이용범, 한동욱. 1988. 양액재배용 압면의 물리화학적 특성과 오이생육에 대한 영향. *서울시립대학교 논문집*. 22 : 329-339.
12. Nichols, D. G. 1979. The use of soilless media in Victoria. *Hort. Rcs. Centre. Levin, New Zealand*.
13. Simidchiev, C., K. Miliev, and V. Kanazirska. 1984. The industrial application of hydroponics in Bulgaria. *ISOSC Proc. 6th. Congress Soilless Culture*. 575-594.
14. Sonneveld, C. and G.W.H.Welles. 1984. Growing Vegetables in substrates in the Netherlands. *ISOSC Proc. 6th Int. Congress Soilless Culture*. 613-632.
15. Wilson, G.C.S. 1984. The physico-chemical and physical properties of horticultural substrates. *Acta. Horti.* 150 : 19-32.
16. Wilson, G.C.S. 1986. Tomato production in different growing media. *Acta. Horti.* 178 : 115-119.
17. Wilson, G.C.S. and G.M.Hitchin. 1984. The developments in hydroponic systems for production of glasshouse tomatoes. *ISOSC Proc. 6th Int. Congress Soilless Culture*. 793-800.