

황토와 피트모스 혼합배지가 수경재배 토마토 'Mascara'의 품질과 배액에 미치는 영향

나택상^{1*} · 최경주¹ · 윤봉기¹ · 조명수¹ · 김희곤¹ · 김효중¹ · 손동모¹ · 유용권²

¹전남농업기술원 원예연구소, ²목포대학교 원예과학과

Effect of Mixture Media of Red Clay and Peatmoss on Quality and Drainage Solution in Hydroponics of *Solanum lycopersicum* 'Mascara'

Taek Sang Na^{1*}, Kyong Ju Choi¹, Bong Gi Yoon¹, Myoung Soo Cho¹, Hee Gon Kim¹,
Hyo Joong Kim¹, Dong Mo Son¹, and Yong Kweon Yoo²

¹Horticulture Division, Jeollanamdo Agricultural Research and Extension Service, Naju 523-830, Korea

²Department of Horticultural Science, College of Natural Science, Mokpo Nat'l Univ., Muan 534-729, Korea

Abstract. This study was conducted to examine the effects of coir, peatmoss, and red clay (20%) + peatmoss (80%) media on quality and drainage solution in hydroponics of *Solanum lycopersicum* 'Mascara'. The tomato seedlings were planted in media on 29 April, and supplied with Yamazaki's tomato solution of EC 2.0 dS · m⁻¹ and pH 6.5. Tomato fruits were harvested from 13 June to 24 August. Drainage amount decreased when solar radiation and air temperature were high. However, drainage amount were not different among coir, peatmoss, and red clay + peatmoss media. The EC of drainage in red clay + peatmoss medium was higher than that in other media during the cultivation period. Also, soil state and available moisture content was more in red clay + peatmoss medium than in coir or peatmoss media. The soluble solids of tomato fruits increased by 10~17% at 5.5°Brix in red clay+peatmoss medium compared with 5.0~4.7°Brix in coir or peatmoss media. Also, the acidity of fruits was the highest to 0.66% in red clay + peatmoss medium than the others. The total yield of fruits in red clay + peatmoss medium increased significantly by 9.1% at 8,428 kg than at 7,725 kg in peatmoss medium, and ratio of marketable yield was higher than the other media. Therefore, red clay (20%) + peat moss (80%) medium is recommend for growth and quality of fruits in hydroponics of *Solanum lycopersicum* 'Mascara'.

Key words : available moisture content, marketable yield, soluble solids, tomato, total yield

서 론

국내 토마토 수경재배 면적은 2003년도에 223ha였으나 2011년에는 367ha로 완만한 증가세를 보이고 있고, 2011년도의 전체 토마토 전체 생산량은 368,224MT, 10a당 평균수량은 6,294이다(MFAFF, 2012). 양액재배에 사용되고 있는 배지로는 펄라이트와 암면이 전체 수경재배 면적의 77% 정도를 차지하고 있으며(Lee 등, 2005), 일부에서는 천연배지로는 팽화왕겨, 톱밥, 피트모스, 밤나무 껍질입자 등과 같은 천연배지들이 사용되고 있고(Kim 등, 2000; Park과 Lee, 2001). 최근에는 phenolic foam LC와 phenolic foam LC-lite라는 물리성 조절이

가능한 배지가 개발되었다(No 등, 2012).

재배면적과 생산량의 증가에도 불구하고 토마토의 품질은 크게 향상되지 않아 상품성에 따른 가격 차이가 심화되고 있는 실정이다. 특히 과실의 크기가 균일하면서도 당도가 높은 고품질 토마토는 수요가 급증하여 일반토마토에 비해 2배 이상의 가격으로 판매되고 있다(Kang과 Choi, 2009). 과실의 크기가 균일하면서 당도가 높은 고품질 토마토를 생산하기 위해서는 여러 가지 환경요인을 최적의 상태로 관리하는 것이 필수적인데, 특히 토양수분은 식물의 생육뿐만 아니라 과실의 품질에 영향을 미치는 가장 중요한 요인 중의 하나로 알려져 있다(Stevens과 Rudich, 1978). 과실의 당도는 품종에 따른 유전적 차이도 있지만 토양수분 관리 등과 같은 재배기술에 따라 상당한 차이가 있다고 하였다(Nuruddin 등, 2003). 당도는 급액제어 방법의 차이보다는 배지의 종류에 영향을 많이 받았다고 하였다(Kim 등, 2010).

*Corresponding author: tsna57@korea.kr

Received November 6, 2012; Revised December 12, 2012;

Accepted December 24, 2012

수경재배 시 배지 수분의 수직분포는 하부로 갈수록 수분함량이 많다고 하였다(Sim과 Kim, 2009). 배지의 무게변화는 배액적극법의 경우 일사량이나 생육단계에 관계없이 일정한 범위 내에서 안정적으로 유지되었으나 일사량법과 타이머법에서는 일사량과 생육단계 등에 따라 매우 변동이 심해 적합하지 않다고 보고하였다(Sim 등, 2006).

토마토 양액재배에는 주로 암면, 펄라이트, 코코피트, 피트모스 배지가 사용되는데 암면의 물성은 밀도가 80kg/m³로 가볍고, 공극률이 96%나 되는 다공질이고 무균배지이나 섬유의 표면이 친수성이기 때문에 물이 있을 때와 없을 때 성질이 달라진다. 펄라이트는 높은 온도에서 구워내므로 무균, 무취, 무독성 배지이며, 세포 입자 구조가 개방세포 구조이다. 또한, 수분흡수력이 뛰어나고 무기영양소를 함유하지 않으며 다른 배지와 혼합할 때는 pH를 5.0 이상으로 유지해야 한다. Coir는 아자겍질로 판자처럼 성형화 시킬 수 있어 암면슬라브 같이 만들 수 있는데 바닷가에서 채취하는 것은 염도가 높아 주의해야 한다. 피트모스는 수 만년 전에 늪지대에서 생성된 유기물질로 염기치환용량과 최대용수량이 높는데 pH가 3.2에서 5.5로 낮은 특성을 지니고 있다(Kim 등, 2000b). 토마토의 품질과 수량을 증대시키기 위해서는 수분관리가 필수적이고, 유기물 혼용배지를 사용하면 높은 CEC, EC 및 수분보유력으로 생육과 수량을 증대시킨다고 하였다(Park 등, 2003). 황토는 50~60%가 SiO₂로 구성되어 있어 규소 성분이 많이 함유되어 있는데(Hwang, 2012), 황토를 배지로 사용시 규소 성분에 의해 작물의 품질에 영향을 미칠 뿐만 아니라 높은 수분보유력을 지니고 있어 수량 증가의 효과가 나타난다(Takahashi와 Miyake, 1974). 따라서 본 연구는 토마토 'Mascara' 품종을 코코피트, 피트모스 단용배지와 피트모스에 황토를 혼합한 배지에서 양액재배하여 품질과 수량에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다.

재료 및 방법

본 연구는 2011년 4월 29일부터 8월 24일까지 전남농업기술원 1-2W형 플라스틱하우스(폭 8m, 길이 40m, 측고 2.5m, 동고 4.5m) 2개동에서 수행하였다. 시험품종은 산포 농협육묘장에서 53일간 육묘한 완숙토마토 'Mascara' 품종을 사용하였다. 정식 하루 전에 배지를 포습시킨 후 2011년 4월 29일에 주간 30cm, 조간 80cm로 정식하였다. 양액은 Yamazaki 토마토 전용 양액을 EC 2.0dS·m⁻¹, pH 6.5로 조정하여 생육 초기에는 6회, 중기에는 9회, 후기에는 12회를 주당 100ml씩 공급하였다. 배지는 Coir, 황토 + 피트모스(2 : 8V/V)혼합, 피트모스(관행)로 하였고,

난괴법 3반복으로 반복당 10개체를 사용하였다. 재배 중 측지는 5cm 이상 자랐을 때, 적화 및 적과는 1화방부터 9화방까지 모든 군에서 하였으며, 군당 과실은 3~4개를 착과시켰다. 6월 13일부터 8월 24일까지 과실이 90% 정도 착색되었을 때 수확하였고, 상품과, 기형과, 소과로 나누어 품질과 생육을 조사하였다. 생육조사는 농촌진흥청 농업과학기술 연구조사 분석기준에서 제시하는 항목과 조사방법에 준하여 초장, 엽장, 엽폭, 경경, 과중을 조사하였다. 잎은 각각의 개체에서 가장 긴 잎을 선정하여 측정하였고, 배지의 물리성은 토마토 수확 후 조사하였다. 온실 내의 환경관리를 위해서 복합환경제어 시스템(HP500, Spain)을 사용하였다. 온실내 온도는 야간 최저 16°C가 되도록 하였고, 주간에는 22.5°C에서 측창이, 27.5°C에서 천창이 열리도록 하였다. 정밀한 온도 관리를 위하여 층과 층의 온도차이가 1°C 이상이면 공기교반기가 작동되도록 하였다. 온도와 습도 기록은 COCO 100(한국)을 사용하였고, 양액의 pH와 EC는 10일 간격으로 양액을 채취하여 pH는 pH/ISE 측정기(76P, Istek Inc. Korea)로, EC는 EC/Conductivity/TDS 측정기(43C, Istek Inc. Korea)를 사용하여 측정하였다. 양액 이온 분석은 0.45μm Membrane filter를 통과한 여액을 30배로 희석시켜 이온크로마토그래피(IC-761, Metrohm, Swiss)로 분석하였다. 통계 처리는 SAS프로그램(SAS9.2, SAS Institute Inc., USA)을 이용하여 실시하였다.

결과 및 고찰

코코피트, 피트모스, 황토와 피트모스 혼합 등 배지에 따른 pH를 조사한 결과 피트모스가 4.3으로 가장 낮았고, 코코피트 6.0, 황토와 피트모스 혼합배지는 5.8로 나타났다. 황토와 피트모스 혼합배지에서 고상이 16.2%로 가장 높았고, 공극률은 75.3%로 가장 낮은 것으로 나타났다. 피트모스 배지는 고상이 7.1%로 가장 낮았고, 공극률은 92.9%로 가장 높았다. 유효수분함량은 황토와 코코피트 혼합배지가 87.6%로 가장 높았고, 피트모스 배지에서 50.7%로 가장 낮았다. 가비중의 경우에도 황토와 코코피트 혼합배지가 가장 높았고, 피트모스 배지에서 가장 낮았다(Table 1).

토마토 양액재배에서 급액량은 배지에 상관없이 일사량에 따라 동일하게 공급하였는데, 배액량은 일사량과 온도에 따라 차이를 보여 주었다. 7월 19일에 일사량이 7,625Wh/m²로 많으면서 온도가 30.2°C로 상승되었을 때 배액량이 크게 감소하였다. 그러나 온도가 28.0~28.4°C로 높으면서 상대적으로 일사량이 5,345~5,608Wh/m²로 많지 않았던 8월 2일과 8월 3일에는 배액량이 많았다. 또한 일사량이 7,208Wh/m²로 많았던 8월 18일에는 온도

Table 1. The pH and physical characteristics of media used in this study.

Medium	pH	Solid state (%)	Volume of voids(%)	Available moisture content (%)	Bulk density (g/m ³)
Coir	6.0 a	14.5 a	89.1 b	80.0 b	0.08 b
Red clay (2) + Peatmoss (8)	5.8 a	16.2 a	75.3 c	87.6 a	0.85 a
Peatmoss	4.3 b	7.1 b	92.9 a	50.7 c	0.07 b

^aMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

Table 2. Change in drainage amount of media by accumulated radiation, temperature, and supply amount of nutrient solution during the growing period in hydroponics of *Solanum lycopersicum* 'Mascara'.

Treatment	18 May	20 May	7 June	17 June	21 June	28 June	19 July	2 August	3 August	
Accumulated radiation (Wh/m ²)	7,208	5,507	6,693	3,639	6,511	4,227	7,625	5,608	5,345	
Average temperature (°C)	20.0	23.6	22.9	20.1	25.6	24.1	30.2	28.0	28.4	
Supply amount of nutrient solution (A)(l)	91.2	91.2	160	160	144	155	156	180	180	
Coir	Drainage amount (B1)(l)	31	27	56	64	21	46	14	72	81
	Ratio (B1/A) (%)	33.9	29.6	35.0	40.0	14.5	29.6	9.0	40.0	45.0
Red clay (2) + Peat moss (8)	Drainage amount (B2)(l)	30	28	58	65	20	46	15	73	80
	Ratio (B2/A) (%)	32.9	30.7	36.3	40.6	13.9	29.7	9.6	40.6	44.4
Peat moss	Drainage amount (B3)(l)	30	27	57	64	21	47	16	71	81
	Ratio (B3/A) (%)	32.9	29.6	35.6	40.0	14.6	30.2	10.2	39.4	45.0

가 20°C로 낮아 상대적으로 일사량이 비슷했던 7월 19일에 비해 배액량이 많은 것으로 나타났다. 이와 같이 토마토 양액재배에 있어서 배액량은 일사량과 온도에 의해 좌우되며, 일사량이 많고 온도가 높았을 때 배액량이 감소하는 것을 알 수 있었다. 그러나 코코피트, 피트모스, 황토 + 피트모스 등 배지별 배액량은 차이가 거의 없었다(Table 2).

토마토 양액재배시 5월 23일부터 8월 24일까지 코코피트, 황토+피트모스, 피트모스 등 배지별 급액과 배액의 EC 농도를 측정 한 결과는(Fig. 1)에 나타나 있다. 급액은 재배 초반기부터 후반기까지 EC 2.0 ± 1dS · m⁻¹ 수

준이었다. 그러나 배액의 EC는 전반적으로 배지 종류에 상관없이 재배 초반기에 EC 2.6~3.2dS · m⁻¹로 높게 유지되다가 후반기로 갈수록 낮아졌으며, 특히 8월 16일 이후 급격히 낮아지는 현상을 나타내었다. 배지별 배액의 EC는 차이를 보였는데, 피트모스 단용 배지에서 재배기간동안 다른 배지에 비해 배액의 EC가 낮게 나타났으며, 황토와 피트모스 혼합배지에서는 중기 이후에 높게 나타났다.

토마토 양액재배시 코코피트, 황토 + 피트모스, 및 피트모스 등 배지별 급액과 배액의 pH를 측정 한 결과는 Fig. 2에 나타나 있다. 급액 pH는 재배 초반기부터 후반

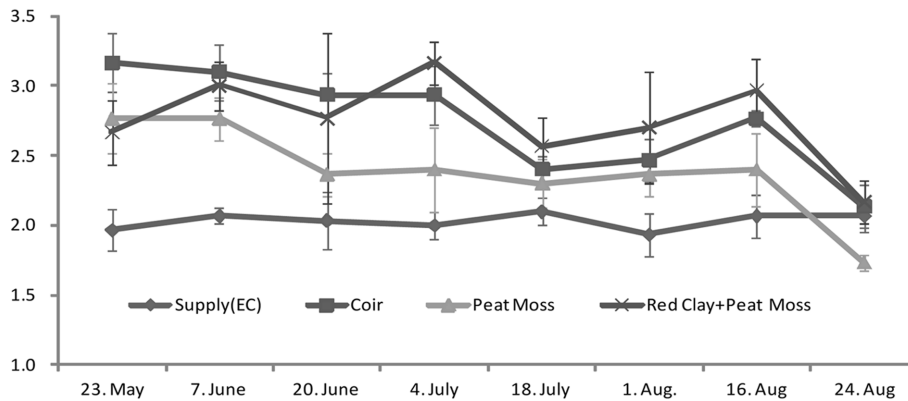


Fig. 1. Change in EC of media during the growing period in hydroponics of *Solanum lycopersicum* 'Mascara'. Vertical bars represent standard error of the mean (n=4).

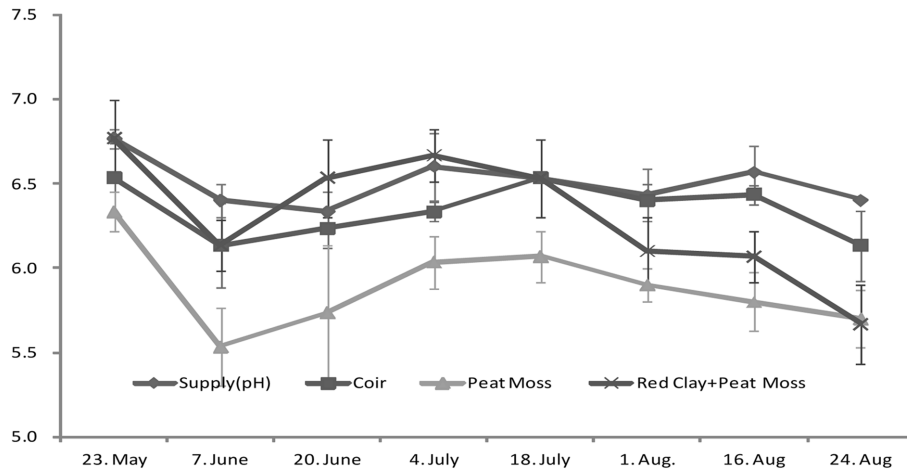


Fig. 2. Change in pH of media during the growing period in hydroponics of *Solanum lycopersicum* ‘Mascara’. Vertical bars represent standard error of the mean (n=4).

Table 3. Effect of media on fruit quality in hydroponics of *Solanum lycopersicum* ‘Mascara’.

Medium	Length of fruit (cm)	Diameter of fruit (cm)	Solidity (ØKgf · m)	Soluble solids (°Brix)	Acidity (%)
Coir	5.8 a ²	6.7 a	1.29 a	5.0 a	0.61 a
Red clay (2) + Peatmoss (8)	5.7 a	6.8 a	1.11 a	5.5 a	0.66 a
Peatmoss	5.8 a	6.7 a	1.14 a	4.7 a	0.50 a

²Mean separation within columns by Duncan’s multiple range test at 5% level.

기인 8월 16일까지 6.3~6.8 수준으로 유지되었으나, 이후 8월 24일에 6.4로 낮아졌다. 배액의 pH는 배지 종류에 따라 차이를 보였는데, 전반적으로 다른 배지에 비해 피트모스 배지에서 배액의 pH가 5.5~6.3으로 낮게 나타났다. 재배 초반기에는 코코피트 배지에 비해 황토 + 피트모스 배지에서 배액의 pH가 높았으나, 후반기로 갈수록 역전되어 코코피트 배지가 더 높은 것으로 나타났다. 과채류 재배시 피트모스 배지는 배양액공급 후 2일째 배지 내 pH가 4.3으로 낮아졌다고 하였는데(Park과 Kim, 1998), 본 연구에서도 코코피트나 황토혼합배지에 비해 낮은 것으로 나타났다.

토마토 과실이 90% 정도 착색되었을 때 수확하여 생육을 조사하였는데, 과장은 코코피트 배지와 피트모스 배지에서 길었고, 황토와 피트모스 혼합배지는 약간 짧은 편이었으나 통계적인 유의성은 없었다. 과경의 경우에도 황토와 피트모스 혼합배지가 코코피트와 피트모스 단용 배지에 비하여 0.2cm 더 길었으나 통계적인 차이는 나타나지 않았다. 경도는 코코피트 배지에서 1.29ØKgf · m로 가장 높았고, 황토와 피트모스 혼합배지에서 1.11ØKgf · m로 가장 낮게 나타났다. 당도는 황토와 피트모스 혼합배지에서 5.5°Brix로 가장 높았고, 피트모스 배지에서 4.7°Brix로 가장 낮게 나타났다. 산도는 황토와 피트모스 혼합배지에서 0.66%로 가장 높았고, 피트모스 배지에서

0.50%로 가장 낮았다. 또한 과실의 당도는 품종에 따른 유전적 차이도 있지만 토양수분 관리 등과 같은 재배기술에 따라 상당한 차이가 있다는(Nuruddin 등, 2003) 보고와 같이, 황토를 혼합한 배지에서 당도가 단용배지로 재배한 토마토에 비해 높게 나타났으며 산도도 높았다(Table 3). 황토에 많이 함유되어 있는 규소는 작물의 생장과 품질에 영향을 미치며, 수경재배 토마토에서 배양액의 규소 함량이 높을수록 과실의 당함량이 증가하는데, 이는 과실 내의 환원당 함량이 증가하기 때문이다(Kim 등, 2003a, b). 또한 토마토나 딸기의 경우 뿌리에서 흡수한 규소가 선단부로 자유롭게 전류되고, 특히 과실 비대기에 과실 내 규소함량이 높아진다고 하였다(Kim 등, 2002; Miyake와 Takahashi, 1986). 따라서 본 연구에서 황토와 피트모스 혼합배지에서 당도가 높은 원인은 황토에 포함되어 있는 규소 성분의 영향이 있을 것으로 생각되었다.

토마토를 배지별로 양액재배한 후 수확하여 조사한 결과, 수량은 황토와 피트모스 혼합배지에서 8,428kg/10a로 가장 많았고, 이 중에서 상품성이 있는 과실은 7,624kg/10a으로 총 수량의 92.6%를 차지하여 상품수량의 비율이 다른 배지보다 더 높았다. 피트모스 단용배지는 총 수량에 있어서도 7,725kg/10a로 가장 적었으며, 상품수량의 비율도 91.2%로 가장 낮았다(Table 4).

Table 4. Effect of media on yield in hydroponics of *Solanum lycopersicum* 'Mascara'.

Medium	Yield (kg/10a)			Ratio of marketable fruit (%)	Index
	Total	Marketable	None-marketable		
Coir	8,260	7,579 ab ^z	681	91.8	107
Red clay (2) + Peatmoss (8)	8,428	7,624 a	624	92.6	108
Peatmoss	7,725	7,043 b	682	91.2	100

^zMean separation within columns by Duncan's multiple range test at 5% level.

과실의 수량을 증대시키기 위해서는 수분이 충분히 공급되어야 하고, 광합성에는 CO₂, 광, 수분 등이 필요하며 한 분자의 CO₂를 고정하는 데는 약 70배 정도의 수분을 흡수해야 한다(Park과 Kim, 1998). 양액재배에서는 수분이 부족하여 기공이 닫히는 경우가 없었기 때문에 수량이 많은데 유효수분 함량이 중요한 요인으로 작용한다. 모래, 펄라이트, 해포석 배지를 단용으로 사용하여 양액 재배했을 때 펄라이트가 수량이 가장 높았다(Martinez, 1992). 그러나 펄라이트의 수분함유량이 69%인데 반해, 유기성 배지인 펄버섯 배지, 피트모스, 입상암면은 각각 86.2%, 91.2%, 81.7%이다(Jeong과 Park, 2002). 따라서 배지에 황토를 혼합하면 Table 3에서와 같이 유효수분함량이 증가하였는데, Jeong과 Park(2002)의 연구에서도 유사한 결과를 보고한 바 있다. Park 등(2001)은 토마토 양액재배시 유기물을 혼용한 배지에서 CEC, EC, 및 수분보유력이 높게 유지되어 생육과 수량에 효과적이라고 하였다. 본 연구에서도 황토를 피트모스와 혼합하였을 때 다른 배지에 비해 EC가 높게 유지되었고, 유효수분 함량이 높아 수량 및 품질이 향상된 것으로 판단되었다.

적 요

본 연구는 토마토 'Mascara' 품종을 코코피트, 피트모스, 황토와 피트모스 혼합배지에서 양액재배시 생육과 품질에 미치는 영향을 알아보고자 실시하였다. 토마토 묘를 4월 29일에 정식하였고, Yamazaki 토마토 전용 양액을 EC 2.0dS·m⁻¹, pH 6.5로 조정하여 공급하였다. 토마토 과실은 6월 13일부터 8월 24일까지 수확하여 생육과 품질을 조사하였다. 토마토 양액재배에 있어서 배액량은 일사량이 많고 온도가 높았을 때 배액량이 감소하였으나, 코코피트, 피트모스, 황토 + 피트모스 등 배지별 배액량은 차이가 없었다. 피트모스 단용 배지에서 재배 기간동안 다른 배지에 비해 배액의 EC가 낮게 나타났으며, 황토와 피트모스 혼합배지에서 높게 나타났다. 황토와 피트모스 혼합배지는 다른 배지보다 고상이 많았고, 유효수분함량이 가장 높았다. 토마토의 당도는 황토와 피트모스 혼합배지에서 5.5°Brix로 가장 높았고, 피트모스 배지에서 4.7°Brix로 가장 낮게 나타났다. 산도는 황

토와 피트모스 혼합배지에서 0.66%로 가장 높았다. 수확량은 황토와 피트모스 혼합배지에서 8,428kg/10a로 가장 많았고, 상품성이 있는 과실수량의 비율도 다른 배지보다 더 높았다.

주제어 : 가용성고형물, 상품수량, 유효수분함량, 총수량, 토마토

사 사

이 연구는 농촌진흥청(PJ0072822011) 연구비의 지원에 의해 수행되었음.

Literature Cited

Hwang, I.H. 2012. Geographical characteristics of Muan Hwangto. MS thesis, Chonnam National University, Kwangju.

Jeong, B.R. and K.W. Park. 2002. Development of growing media for plug and hydroponic culture of vegetable and floral crops. Min. of Agri. and for. (ARPC Report).

Kang, N.J. and Y.H. Choi. 2009. Influence of irrigation levels on plant growth and fruit quality in *Lycopersicon esculentum* Mill. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 27:93-101.

Kim, K.S., Y.S. Kim, Y.H. Kim, K.W. Park, H.Y. Son, J.I. Lee, Y.B. Lee, J.S. Lee, C.W. Lim, and Y.J. Jong. 2000a. Management and protected horticulture. Hyangmoonsa, Seoul, Korea. p.242-244.

Kim, O.I., J.Y. Cho, and B.R. Jeong. 2000b. Medium composition including particles of used rockwool and wood affects growth of plug seedling of petunia 'Romeo'. Kor. J. Hort. Sci. & Technol. 18:33-38.

Kim, S.E., S.Y. Sim, and Y.S. Kim. 2010. Comparison on Irrigation Management by Integrated Solar Radiation and Coir Bag Culture for Tomato. Journal of Bio-Environment Control 19(1):12-18.

Kim, Y.C., K.Y. Kim, K.W. Park, H.K. Yun, T.C. Seo, J.W. Lee, and S.G. Lee. 2003a. Influence of silicate application on the sucrose synthetic enzyme activity of tomato in perlite media culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:172-176.

Kim, Y.C., K.Y. Kim, H.D. Suh, K.W. Park, H.K. Yun, T.C. Seo, J.W. Lee, and S.G. Lee. 2003b. Effect of granular sili-

- cate application on quality and shelf life of tomato in perlite culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 44:321-324.
- Kim, Y.C., K.Y. Kim, K.W. Park, H.K. Yun, T.C. Seo, J.W. Lee, and S.G. Lee. 2002. Silicon absorption characteristics of tomato grown under perlite culture. J. Kor. Soc. Hort. Sci. 43:392-394.
- Lee, S.H., S.Y. Sim, S.U. Lee, M.W. Seo, J.W. Lim, H.G. Lee, and K.W. Park. 2005. Effect of amount of reutilized sawdust after enokitake cultivation on growth and yield of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill) in recycled or non-recycled hydroponics. Kor. J. Hort. Sci. Technol. 23:372-376.
- Martinez, P.F. 1992. Soilless culture of tomato in different mineral substrate. Acta Hort. 323:251-259.
- Ministry for Food, Agriculture, Forestry and Fisheries (MFAFF). 2012. Vegetables Production an Actual Output in 2011. p. 39.
- Miyake, Y. and E. Takahashi. 1986. Effect of silicon on the growth and fruit production of strawberry plants in a solution culture. Soil Sci. Plant Nutr. 32:321- 326.
- No, K.O., J.H. Kang, H.M. Kim., C.H. An, B.R. Jeong, and S.J. Hwang. 2012. Use of Pellet Type Phenolic Foam as a Medium for Production of Plug Seedlings of 'Madison' Tomato. Journal of Bio-Environment Control. 21(3):199-206.
- Nuruddin, M.M., C.A. Madramootoo, and G.T. Dodds. 2003. Effects of water stress at different growth stages on greenhouse tomato yield and quality. HortScience 38:1389-1393.
- Park, K.W., H.S. Lee, H.M. Kang, and Y.J. Lee. 2003. Effect of recycled substrates culture on the growth and quality components of hydroponically grown tomatoes (*Lycopersicon esculentum* Mill). Kor. J. Hort. Sci. Technol. 21:267-272.
- Park, K.W. and Y.B. Lee. 2001. The direction of development of Korean hydroponic culture in new millenium. The 3rd international symposium on new horizons of hydroponics in new millenium in Proc. Kor. Hydroponics Soc. p. 3-23.
- Park, K.W. and Y.S. Kim. 1998. Hydroponics in horticulture. Academy book Co. Seoul, Korea. p. 178-185.
- Sim, S.Y. and Y.S. Kim. 2009. Management of Dripper Position in Tomato Perlite Bag Culture. Journal of Bio-Environment Control 18(4):413-419.
- Sim, S.Y., Y.S. Kim, S.Y. Lee, S.W. Lee, M.W. Seo, J.W. Lee, and S.J. Kim. 2006. Characteristics of Root Media Moisture in Various Irrigation Control Methods for Tomato Perlite Bag Culture. Journal of Bio-Environment Control 15(1): 113-119.
- Stevens, A.M. and J. Rudich. 1978. Genetic potential for overcoming physiological limitations on adaptability, yield and quality in the tomato. HortScience 13:673-678.
- Takahashi, E. and Y. Miyake. 1974. Concern for silicon deficiency symptom in tomato. Agriculture and Horticulture. 49:15-20.