

Perlite 단용 및 혼용처리를 이용한 과채류 양액재배 기술 개발 I. 재배용기와 배지의 종류가 양액재배 오이의 성장과 과실품질에 미치는 영향

정순주* · 서범석** · 강종구* · 김홍기*

*전남대학교 농과대학 원예학과, **호남온실작물연구소

Development of Hydroponic Technique of Fruit Vegetables Using Perlite and Mixtures with Perlite as a Substrate

I. Effects of Containers and Substrates on the Growth and Fruit Quality of Hydroponically Grown Cucumber

Chung, S.J.*, B.S. Seo**, J.K. Kang*, H.G. Kim*

*Dept. of Hort., Coll. of Agric., Chonnam Nat'l Univ., Kwangju, Korea

** Honam Greenhouse Crop Research Institute, Kwangju, Korea

Abstract

This experiment was aimed to investigate the growth and yield responses of hydroponically grown cucumber as affected by cultural containers and substrates using perlite and mixtures with perlite. Containers used in this experiment were bed and box made of styrofoam, PE film and Wagner pot and substrates used were perlite, peatmoss, rice hull and carbonized rice hull. The results obtained were as follows;

Based on the growth and yield responses determined from the leaf area and total fruit weight, bed and box made of styrofoam was considered the best containers among tested for cucumber hydroponics. Recommendable substrates for hydroponically grown cucumber using perlite were evaluated in the order of perlite, perlite with rice hull and perlite with carbonized rice hull in styrofoam bed and box.

Increase in marketable yield and decrease in abnormal fruits was observed in the mixed substrates with rice hull or carbonized rice hull when compared to perlite single media.

Key word : cucumber, nutriculture, container culture, substrate, perlite

서 언

양액재배는 작물을 토양이 아닌 배지에 심어 인공적으로 조절된 양액을 급액하면서 재

배하는 방식을 의미하며 연작장해 방지, 작업의 생력화, 토양전염성 병원균의 회피를 통한 청정재배가 가능하다는 장점을 갖고 있다^{11,12)}. 이러한 양액재배의 기원은 최소한 17C로 거슬러 올라가는데 1666년 Boyle은 물만 채운 유리용기내에서 박하나 무의 일종을 재배하였고¹¹⁾, 이후 19C에 들면서 Liebig와 Knop, Sachs 등에 의해 영양생리학적 기초이론이 정립되면서 1920년대의 Gericke⁷⁾, 1960년대 영국의 Cooper⁵⁾에 의하여 양액재배 기술이 체계화되기 시작하였다. 한편, 배지를 이용한 양액재배는 1960년대 이전까지는 자갈과 모래가 주로 이용되었다가 1960년대 말에는 피트모스를 이용한 자루재배가 이루어졌으며, 1968년에는 덴마크의 Grodan사에서 농업용 압면(rockwool)을 개발하므로써 1970년대에 들면서 유럽에서는 압면재배가 성행하게 되었다.

국내에서는 양액재배가 1980년까지 초기 시설투자비가 많이 소요되고 재배기술이 까다롭다는 점때문에 보급이 제한되었으나 1990년대에 들면서 시설재배의 연작장해와 노동력의 과중 등이 큰 문제로 대두되면서 토마토, 오이, 상추 등 채소작물을 중심으로 양액재배의 보급이 확대되었다^{4,12)}. 국내 과채류 양액재배 면적은 1990년 이전까지 8.1ha였던 것이⁴⁾, 1994년말에는 급격히 증가하여 53.5ha로 확대되었으며 이중 토마토가 13.3ha(30.7%), 오이는 15.5ha로서 36%를 점유하고 있어 이들 2개 품목이 전체 양액재배 면적의 66.7%에 이르고 있는데 재배방식은 토마토의 경우 압면경이 44.9%, 오이는 펄라이트경이 58.4%로써 고품배지경이 상당부분을 차지한다¹²⁾. 이처럼 과채류의 양액재배에서 고품배지경 면적이 늘어나고 있는 것은 비고형배지경(수경)에 비해 근권의 환경에 대한 안정성이 증대되어 재배의 위험성을 경감시킬 수 있기 때문으로 생각된다. 그러나, 압면의 경우는 자체가 갖는 이화학적 특성이 작물에 매우 유용하지만 사용 후 폐기시 처리 문제가 크게 대두되면서 그 대체배지의 개발에 많은 연구가 집중되고 있

는데^{9,10)}, 최근에 산업과학기술연구소(전남 광양)와 원예시험장에서 펄라이트와 혼탄, 왕겨 등을 적정비율로 혼합하여 성형화한 대체배지가 개발되고 있는 중이다.

펄라이트는 영국, 이스라엘, 네덜란드 등에서 양액재배용 배지로써 이용하려는 연구개발이 많이 이루어져 있는데^{6,16)}, 1989년 영국의 HRI Stockbridge House에서 펄라이트와 압면을 이용하여 오이를 재배한 결과, 생산성에 유의차가 없었으며 품종에 따라 펄라이트 재배구에서 조기 수확이 가능한 것으로 보고하고 있다. 반면, 펄라이트의 경우 자체가 갖는 모관력은 크지만 입자 직경에 따라 배수성이 지나치게 커서 정식후 초기 활착이 곤란해질 우려가 있으므로 재배용기의 종류나 급액방법을 적정화하여야 하며 또한, 펄라이트의 입자 크기를 잘 선택하거나 왕겨, 혼탄, 입상 압면 등 다양한 이종 배지를 혼합한 배지의 활용 등도 검토할 필요가 있는 것으로 알려지고 있다^{11,16)}.

따라서, 본 연구는 과채류의 양액재배에 광범위하게 사용할 수 있는 펄라이트의 단용 및 혼합배지를 이용하여 생육과 수량을 안정화할 수 있도록 재배용기를 적정화하고 배지의 특성에 따른 급액액 관리방법과 이용 방법을 체계화하기 위하여 다양한 재배조에 펄라이트 단용 및 혼합배지를 충전하여 재배 실험을 수행하였다.

재료 및 방법

1. 재배조의 종류와 이용

펄라이트의 단용 및 혼합배지를 PE필름자루에 충전하여 재배할 경우 배지의 용량은 6~10 l/주 범위로 다양하며, 자루의 용량을 60 l 정도로 하여 6주를 재식하는 방법과 연결된 PE duct를 사용하기도 한다^{6,11)}. 최근에는 플라스틱으로 성형된 베드에 충전하거나

간이형 펠라이트 재배로 지면을 15cm 깊이로 부직포와 PE 필름으로 피복한 후 펠라이트를 충전하여 오이를 재배한 사례도 있으며, 영국에서는 자루나 gully 등에 충전하여 연구한 결과가 있다¹⁶⁾.

본 실험에서 사용한 재배용기는 스티로폼 성형베드(내부 H 15 × L 120 × W 40cm, 72ℓ), 스티로폼과실상자(내부 H 15 × L 50 × W 40cm, 30ℓ)와 자체 제작한 PE자루(두께 0.1mm, 직경 30cm, 길이 90cm, 60ℓ) 및 와그너 포트(Wagner pot, 직경 16cm, 높이 19cm, 3.8ℓ) 등을 사용하였다. PE자루의 충전배지 높이는 30cm였으며, 스티로폼 성형베드와 과실상자는 동일하게 15cm로 배지를 충전하였다. 또한, 와그너 포트의 경우는 16cm로 배지를 충전하여 충전량은 3.0ℓ였으며 여기에 2주를 재식하여 주당 배지량은 1.5ℓ였다. 스티로폼 성형베드의 재식주수는 10주(7.2ℓ/주), 스티로폼 과실상자는 3주(10ℓ/주)였으며 PE자루는 5주를 재식하여 주당 배지량은 12ℓ로 하였다.

2. 충전배지의 종류 및 급배액관리

본 실험에서는 배지의 조성을 펠라이트 단용(대립 펠라이트 70% + 세립 펠라이트 30%), 펠라이트:왕겨 혼합배지(대립 펠라이트 + 왕겨 = 70% : 30%), 펠라이트:훈탄 혼합배지(대립 펠라이트 + 훈탄 = 70% : 30%)로 처리하였다. 대립 펠라이트는 2.5mm~5.0mm, 세립 펠라이트는 2.5mm 이하의 직경을 가진 펠라이트(삼손, 파라트 1, 2호)를 사용하였다. 양액은 山崎의 오이처방액(EC 2.2mS/cm, pH 6.0)을 표준으로 하여 과실이 비대되기 시작하면서부터는 1.5배농도(EC 3.1mS/cm, pH 6.0)로 급액하였다. 양액의 공급 방법은 양액탱크(3ton)내 양액의 농도와 산도를 조절한 후 타이머를 이용하여 맑은 날은 11회, 흐린날은 6회 급액하였고 1회당 급액량은 주당 200ml로 하였다.

3. 재배관리 및 조사

본 실험은 1994년 8월부터 11월까지 전남대학교 농과대학 시설원에 실험포의 플라스틱 온실에서 실시하였다. 조생낙함오이(중양종묘)를 공시하여 8월 25일에 피트모스에 파종하였으며 본엽전개후 山崎의 오이처방액 1/2 농도로 양액육묘하였고, 본엽이 3~4매 전개된 9월 2일에 정식하였다.

조사항목은 초장, 경경, 엽수, 엽장, 엽폭, 절간장, 착과수, 착과절위, 엽과 경의 생체중 및 건물중을 정식후 25일부터 53일까지 7일간 격으로 5회 조사하였으며, 과실 수량조사는 정식후 34일부터 시작하여 62일까지 수량을 조사하였고 품질 비교를 위해 곤봉과, 어깨 빠진과 등 생리장해 및 기형과를 조사하였다.

결과 및 고찰

상이한 종류의 재배용기와 충전배지에 따라 정식후 53일된 오이의 생장량이 다르게 나타났는데 펠라이트 단용처리의 경우 스티로폼 재배용기 10ℓ를 충전한 과실상자에서 엽면적이 가장 많았으며 엽수를 제외한 초장, 경경, 절간장도 크게 나타났다. 배지량이 가장 적은 와그너 포트에서 생장량이 가장 저하된 결과를 보였으며 이 경우 펠라이트 단용보다는 생왕겨를 30% 정도 혼용한 처리구에서 엽면적과 경경이 충실한 결과를 보였고 훈탄을 혼합할 경우 초장이 증가되는 경향을 보였다(표 1).

이러한 결과는 Desmond⁶⁾와 이 등⁹⁾이 보고한 결과와 유사하게 펠라이트 용기재배의 경우 주당 배지의 용량이 6~10ℓ가 적당한 결과를 보였는데, 충전배지량이 가장 많았던 PE자루재배의 경우 배지의 높이가 30cm 정도로 높아지므로써 보습성이 저하된데 원인이 있는 것으로 추정되었는데, 그러한 이유로 훈탄을 30% 정도 혼합한 배지에서 엽수, 엽면적 및

Table 1. Growth responses of hydroponically grown cucumber as affected by different containers and substrates at 53days after transplanting.

Container	Substrate(%)	Plant ht. (cm)	Stem dia. (mm)	Internode length(cm)	No. of leaves	Leaf area (cm ²)
Styrofoam bed	Perlite 100	266.8 ^a	7.86 ^b	10.97 ^{cd}	17.0 ^{ab}	12,339.6 ^b
	Perlite 70 + RH 30	237.8 ^b	7.57 ^{cd}	10.48 ^{ef}	15.0 ^{cd}	10,126.2 ^d
	Perlite 70 + CRH 30	267.0 ^a	7.87 ^b	10.53 ^{de}	17.7 ^a	8,750.3 ^f
Styrofoam box	Perlite 100	275.5 ^a	7.88 ^b	11.48 ^{ab}	13.0 ^{ef}	12,679.3 ^a
	Perlite 70 + RH 30	277.0 ^a	7.77 ^{bc}	11.30 ^{bc}	16.0 ^{bc}	10,544.0 ^c
	Perlite 70 + CRH 30	241.5 ^b	7.59 ^c	10.06 ^{fg}	14.0 ^{de}	9,606.7 ^e
Plastic bag	Perlite 100	222.5 ^{de}	7.46 ^d	11.13 ^{bc}	12.0 ^{fg}	6,778.3 ^b
	Perlite 70 + RH 30	216.5 ^d	8.25 ^a	11.83 ^a	10.0 ^h	6,060.2 ⁱ
	Perlite 70 + CRH 30	238.5 ^b	7.11 ^e	10.37 ^{ef}	13.0 ^{ef}	8,096.8 ^g
Wagner pot	Perlite 100	174.0 ^f	7.10 ^e	9.67 ^g	11.0 ^{gh}	5,471.4 ^k
	Perlite 70 + RH 30	204.0 ^e	7.92 ^b	10.20 ^{eg}	12.0 ^g	6,131.4 ^j
	Perlite 70 + CRH 30	220.0 ^{cd}	7.33 ^{de}	10.48 ^{ef}	13.0 ^{ef}	5,778.0 ^j
Systems (A)		**	**	**	**	**
Substrates (B)		NS	**	**	**	**
A × B		**	**	**	**	**

Note : Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

RH and CRH represent rice hull and carbonized rice hull, respectively.

초장 생장량이 많아지는 결과를 보이므로써 이러한 추정이 가능케 하였다. 특히, PE자루 재배의 경우 펄라이트에 왕겨를 혼합할 경우 경경이 두터워지고 절간장도 늘어나지만 초장과 엽수는 상대적으로 적어 펄라이트 혼용배지으로써는 왕겨보다는 혼탄이 효과적인 결과를 기대할 수 있을 것으로 생각되었다. 특히, 엽면적은 경시적으로 2차 회곡곡선형 성장을 보였으며 재배용기를 스티로폼 성형베드와 과실상자를 사용한 처리구에서 생장이 급진적으로 이루어졌고, 그 경우도 펄라이트 단용구에서 보다 현저한 증가 경향을 보였다. 반면, 자루재배나 폼트재배에서는 엽면적의 증가 경향이 완만하였고, 이 경우 각각 혼탄과 왕겨에서 높게 나타났다(그림 1).

이러한 생장반응 결과 정식후 34일째인 10

월 8일부터 시작하여 62일째인 11월 3일까지 조사한 생산성과 품질에 있어서도 총 과실 생체중은 스티로폼 과실상자를 재배용기로 사용한 펄라이트 단용구에서 주당 938.8g으로 가장 높았으며, 역시 같은 용기의 왕겨 혼합배지에서 916.1g으로 높게 나타났다. 그러나 혼탄 혼합배지에서는 494.0g으로 절반 정도의 수량을 나타냈다. 이는 혼탄 혼합배지 처리구의 배액의 pH가 조사 후반기로 갈수록 상당히 낮게 나타났으며(pH 4.5~5.0), EC의 변화 또한 변화의 진폭(EC 2.6~4.0mS/cm)이 크게 나타난 영향으로 생각되었다(표 2).

재배용기에 따른 과실수량은 스티로폼 과실상자와 성형베드가 높고, 자루재배와 폼트재배가 아주 낮게 나타났다. 특히, 펄라이트 단용배지가 각 용기처리에서 과실수량이 높게

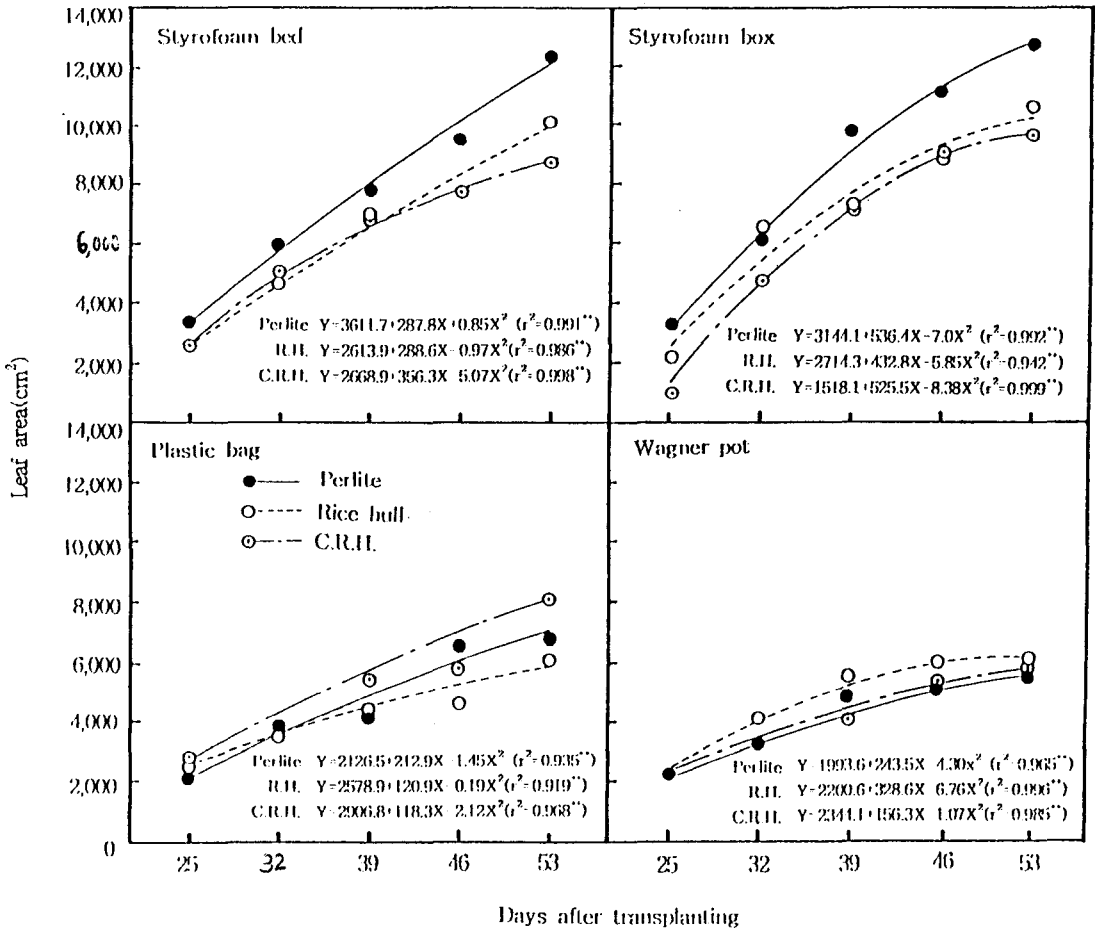


Fig. 1. Changes in leaf area of hydroponically grown cucumber as affected by different containers and substrates at 25 days after transplanting.

나타났으며, 왕겨 혼용배지는 자루재배를 제외한 다른 용기에서 가장 낮은 수량을 보였다. 처리별로는 스티로폼 과일상자를 용기로 한 펄라이트 단용구가 2097.1g으로 가장 많았으며 과수도 13.4개로 높게 나타났다. 상품과율은 스티로폼 성형베드와 과일상자에서 70% 이상을 나타냈으나 자루재배와 포트재배는 70% 이하로 나타났다. 곡과율과 선세과는 스티로폼 과일상자에서 낮았고 자루재배에서는 10% 이상으로 높게 나타나 양분 흡수와 이용성이 원활하지 못한 것으로 생각되었다.

혼탄을 이용할 경우 자체가 갖는 모관작용으로 유지된 양액이 작물의 양수분의 공급원으로 되지만 작물이 흡수하는 각종 성분의 비율은 각각의 성분 따라 차이가 있기 때문에 혼탄내부에 존재하는 양액의 조성 비율은 항상 변화한다. 특히 양액이 모관상승하여 혼탄 표면에서 수분을 증발하기 때문에 표층에는 염류집적이 일어나고 베드내의 양액조성은 이들의 상호작용에 의해 불균형을 이루게 된다. 이때문에 작물이 흡수하고 또는 증발에 의해 손실된 수분량을 새롭게 공급해주면 베드내의

Table 2. Fruit growth responses of hydroponically grown cucumber as affected by different containers and substrates. Data were obtained from Oct. 8 to Nov. 3.

System	Substrates(%)	Total fruit fresh wt. (g/plant)	No. of fruits (/plants)	Marketa-ble fruits %	Abnormal fruits %		
					Curved fruits	Tapering fruits	Others
Styrofoam bed	Perlite 100	1,917.6 ^a	12.3 ^a	76.4 ^b	10.5 ^{ab}	8.2 ^{de}	4.9 ^{fg}
	Perlite 70+RH 30	1,432.8 ^c	11.9 ^{ab}	77.3 ^b	8.8 ^{cd}	10.9 ^{bc}	3.0 ^g
	Perlite 70+CRH 30	1,353.0 ^{cd}	10.4 ^b	80.8 ^a	9.4 ^{bc}	7.6 ^{ef}	2.2 ^g
Styrofoam box	Perlite 100	2,097.1 ^a	13.4 ^a	74.6 ^c	9.9 ^{bc}	5.9 ^{fg}	9.6 ^{cd}
	Perlite 70+RH 30	1,796.3 ^b	11.8 ^{ab}	82.2 ^a	6.7 ^e	5.9 ^{fg}	5.2 ^{fg}
	Perlite 70+CRH 30	1,863.9 ^{ab}	10.6 ^b	80.2 ^a	9.0 ^{cd}	4.7 ^g	6.1 ^{ef}
Plastic bag	Perlite 100	1,087.4 ^{de}	9.2 ^{bc}	68.5 ^c	12.2 ^a	11.3 ^b	8.0 ^{de}
	Perlite 70+RH 30	856.1 ^e	8.2 ^c	70.7 ^{cd}	10.8 ^{ab}	6.9 ^f	11.6 ^{bc}
	Perlite 70+CRH 30	1,104.5 ^{de}	9.4 ^{bc}	68.1 ^c	11.2 ^a	12.5 ^b	8.2 ^{de}
Wagner pot	Perlite 100	1,119.3 ^{de}	8.5 ^c	64.6 ^d	11.7 ^a	6.3 ^f	17.4 ^a
	Perlite 70+RH 30	986.7 ^e	6.5 ^d	67.7 ^d	9.9 ^{bc}	8.8 ^{cd}	13.6 ^b
	Perlite 70+CRH 30	888.2 ^e	8.9 ^c	64.0 ^d	7.0 ^e	16.2 ^a	12.8 ^{bc}

Note : Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

RH and CRH represent rice hull and carbonized rice hull, respectively.

성분조성의 불균형은 해소될 수도 있고 오히려 더 조장할 수도 있다¹⁵⁾. 또한 혼탄은 생육이 진전됨에 따라 베드내 양분의 이동차가 발생하여 베드의 기층기에 따른 위치별 생육차가 심화된다¹⁴⁾. 따라서 혼탄을 이용하여 양액재배를 할 경우 가장 중요한 것은 양액의 공급방법이나 베드의 구조가 될 것이다. 본 실험에서 아주 불량한 생육반응을 보인 왕겨배지의 경우 이러한 배지내 양분의 불균형이나 pH의 불균형에 따른 생육부진으로 생각되었다.

또한 Wilson¹⁶⁾에 따르면 펄라이트 양액재배시 재배조의 하부에서 4cm 정도의 양액 저수조를 만드는 것이 좋다고 하였으나 본 실험에서는 저수조를 만들지 않아 양액의 모관작용에 의한 공급이 부족하고 급액 정지시간의 양수분 불균일이 더욱 심화되므로써 공급량이 많은 왕겨와 혼탄 혼합배지에서 생육이 저조

한 것으로 판단되었다.

Wilson¹⁶⁾은 펄라이트 재배시 배지의 높이를 24cm로 할 때 근근 형성을 위해 좋다고 하였으나 본 실험에서는 자루재배와 풋트재배를 제외한 다른 처리구에서 배지의 높이가 15cm 정도로 낮아도 생육이 더 양호하여 배지의 높이와 배지의 양에 대한 구체적 실험이 요구되었다.

Wilson¹⁷⁾과 Benoit 등²⁾은 양액재배용 배지로써 펄라이트의 활용 가능성을 높게 평가하였는데 펄라이트는 화학적으로 안정된 특성을 보이지만 유효수분 함량이 낮으므로 순환식수경 등으로 전환하여 충분한 배양액을 공급한다면 훌륭한 양액재배 시스템으로 구성할 수 있다고 하였으며¹⁰⁾, 펄라이트의 단점인 유효수분량을 높일 수 있도록 피트모스나 입상암면을 혼합하는 것이 좋다고 하였다^{2, 6, 17)}. 그러나 본 실험에서는 이와 상반된 결과를 보였

는데 이는 배지의 혼합량이 30%로 적은 편이고 양액의 모관흡수를 도울 수 있는 저수조를 설치하지 않고 곧바로 배액을 시킨데서 오는 차이라고 생각되었으며, 펄라이트의 입자크기에 대한 상세한 실험과 배지의 혼합비율 및 용기내 저수조의 수위조절에 대한 실험이 요구되었다.

적 요

본 실험은 배수성과 통기성이 우수한 양액 재배 배지로서 perlite와 구입이 용이한 왕겨 및 혼탄의 혼합배지를 이용하여 스티로폼 성형베드 및 상자, 플라스틱 자루, 포트 등의 재배용기의 차이와 배지의 종류에 따른 양액재배 오이의 생육 및 수량반응을 구명하고자 수행하였다.

1. 스티로폼베드와 상자가 다른 용기보다 초장이 높게 나타났으며, 스티로폼 상자를 용기로 사용할 때 펄라이트 단용처리구가 275.5cm, 왕겨 혼합처리구가 277.0cm로 초장이 가장 높았다.

2. 엽면적은 스티로폼 성형베드와 상자가 가장 높게 나타났고, 자루재배, 포트재배의 순으로 나타났다. 스티로폼 성형베드와 상자의 경우에는 펄라이트 단용>왕겨 혼합배지>혼탄 혼합배지의 순으로 나타났으나, 자루재배에서는 왕겨, 포트재배에서는 왕겨 혼합배지에서 엽면적이 높게 나타났다.

3. 과실수량은 스티로폼 상자를 용기로 한 펄라이트 단용구가 2097.1g으로 가장 많았으며 과수도 13.4개로 높게 나타났다.

4. 상품과율은 스티로폼 베드와 상자에서 70% 이상을 나타냈으나 자루재배와 포트재배에서는 70%이하로 나타났다.

5. 곡과율과 선세과는 자루재배에서 10% 이상으로 높게 나타난 반면 스티로폼 상자에서는 낮게 나타났다.

인용문헌

1. Adams, P. 1989. Hydroponic systems for winter vegetables. *Acta Hort.* 287:181-189.
2. Benoit, F. and N. Ceustermans. 1990. The use of recycled polyuretane as an ecological growing medium. *Plasticulture* 88:41-48.
3. Boyle, R. 1966. Origins of forms and qualities according to the corpuscular philosophy.(In. Olympios, C.M. 1992.) *Acta Hort.* 323:215-240.
4. 정순주. 1993. 우리나라의 양액재배 현황과 발전방향. 호남시설원예연구소. 1:1-67.
5. Cooper, A. 1979. The ABC of NFT. Grower Books. London. p.188.
6. Desmond, D. 1991. Growing in perlite. *Grower digest* 12. Grower Publications Ltd. UK. pp. 3-5.
7. Gericke, W. F. 1929. Aquaculture, a means of crop production. *American J. Bor.* 16:826.
8. 이용범. 1988. 새로운 양액재배용 배지 rockwool의 특성과 이용. 시설원예연구 1:75-87
9. 이용범, 박권우, 노미영, 채의석, 박소홍, 김수현. 1993. 자루재배용 배지 종류가 토마토 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향. *한국생물생산시설환경학회.* 2(1):37-45.
10. Martinez, P.F. 1992. Soilless culture of tomato in different mineral substrates. *Acta Hort.* 323:251-259.
11. Olympios, C. M. 1992. Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. *Acta Hort.* 323:215-240.
12. 서법석. 1994. 전남지역의 시설원예현황과

- 양액재배기술의 보급방향. 한국생물생산 시설환경학회 발표요지. 3(2):9-35.
13. Sonneveld, C. and G.W.H.Welles. 1984. Growing vegetables in substrates in the Netherlands. ISOSC Proc. 6th Int. Congress Soilless Culture. 613-632.
14. 丹原一寛, 近藤武由. 1974. もみ殻燻炭利用による施設そ菜の養液栽培(1)-その理論と實際. 農業および園藝 49:423-428.
15. 丹原一寛, 近藤武由. 1974. もみ殻燻炭利用による施設そ菜の養液栽培(2)-その理論と實際. 農業および園藝 49:551-555.
16. Wilson, G.C.S. 1985. New perlite system for tomatoes and cucumbers. Acta Hort. 172:151-156.
17. Wilson, G.C.S. 1986. Tomato production in different growing media. Acta Hort. 178:115-119.