

## 바이오세라믹, 貝火石 및 麥飯石의 混入處理가 수박, 오이 및 토마토의 幼苗生長에 미치는 影響

朴順基 · 金洪箕 · 鄭淳柱  
全南大學校 農科大學 園藝學科

**Effects of Substrates Supplemented with Bioceramic, Crushed Shell and Elvanite  
on the Growth of Watermelon, Cucumber and Tomato Seedlings.**

Park, S. G. · Kim, H. G. · Chung, S. J.  
*Dept. of Hort., Coll. of Agr., Chonnam Nat'l Univ., Kwangju 500-757, Korea*

### Abstract

This experiment was carried out to examine the effect of various functional materials such as bioceramic powders, crushed shells and elvanites supplemented to the each substrate on the seedlings growth of cucumber, watermelon and tomato. The seedlings were grown in pots filled with substrates of bioceramic powders, crushed shell and elvanites. The growth of cucumber seedlings in terms of plant height, stem diameter, leaf width, leaf area, plant fresh and dry weight was promoted by adding the bioceramic powder (1 to 2g/kg), crushed shells (20 to 80g/kg) or elvanites (20 to 80g/kg). Watermelon seedlings in terms of plant height, number of leaves and leaf area were greater than those of the control by adding bioceramics (1 to 2g/kg). Plant height was also promoted by the adding of bioceramic power from 16 days after treatment. But leaf area was increased from 8 days after treatment, while stem diameter was not affected. Watermelon seedlings were also influenced by adding crushed shells (20 to 80g/kg) and elvanites (20 to 40g/kg) into each substrate. The growth of characteristics of tomato seedlings were promoted by adding 1 to 3g/kg of bioceramics, 10 to 80g/kg of crushed shells or 20 to 40g/kg of elvanites, respectively. Especially, root growth was greatly influenced by bioceramic powder, whereas the shoot growth(leaves and stem) was stimulated by crushed shells and elvanites supplemented into substrate.

## I. 서 언

최근 생산 및 소비의 주년화와 이에 따른 시설재배 면적의 확대, 농업노동력의 부족 및 농업의 국제경쟁력 강화의 필요성 등으로 육묘에 있어서도 공정육묘를 통한 규격화와 안정화의 단계로 접어들고 있으며, 특히 육묘기 배지의 중요성이 크게 부각되고 있다(本多勝雄, 1995; 池田幸弘, 1991). 육묘용배지는 작물에 필요한 양수분을 공급하고, 뿌리와 배지에 산소와 이산화탄소 등 가스교환이 원활하며, 작물체의 지지기능이 충분해야 한다(최종명, 1995; de Kreij and de Bes, 1989; Lemaire, 1995). 또한 육묘는 균일하며 정식후 활착이 빠르고 질병 등의 장애가 없어야 한다. 과채류에 있어서 고품질 건묘육성 방법은 대체적으로 값이 비싼 과채류 종자의 발아력을 증대시켜 경제적 손실과 작업노력을 절감하는 한편, 과중후 육묘기간을 단축시키고 육묘환경을 양호하게 조성하므로써 정식후 생산성과 품질에도 중요한 영향을 미치게 된다. 과채류의 플러그묘 생산은 종자발아 환경을 최적 조건으로 조성해 줌으로써 발아능력을 극대화하고 묘의 초기생육을 증진시키는데 중점을 두고 연구가 진행되어 왔다(稻山光男, 1992; 이용범 등, 1993). 이러한 측면에서 최근에 세라믹(鄭等, 1992; 韓, 1990), 패화석 및 맥반석 등의 이용을 통한 근권의 물리성 개선 및 뿌리의 활착을 증대시켜 뿌리의 활력을 증대시키려는 시도가 일부 보고되고 있으나 이에 관한 구체적인 과학적 증거가 부족한 실정이다. 장파장인 원적외선을 방사하는 세라믹은 인위적으로 가열하여 만든 비금속성의 무기질 고체로 농산물의 급속 건조나 발아촉진 등에 이용되고 있다. 맥반석은 주성분이 무수규산(73.6%), 산화알루미늄(15.3%)이므로 강한 흡착력을 지니고 있어 물속의 중금속 오염물질(수은, 카드뮴, 시안 및 칼키 등)뿐만 아니라 각종 유기물질, 세균, 악취 등 인체에 유해한 성분들을 흡착 분해시키는 것으로 알려지고 있으며, 패화석은 패층을 분쇄하여 만든 것으로 산화칼슘(52.8%)이 다량 함유되어 있어 산성토양을 중화하고 개량하는데 널리 이용되고 있다. 그러므로 본 연구에서는 농업적으로 신소재로서 활용이 늘어나고 있는 바이오세라믹, 패화석 및 맥반석 등을 농도별로 토양에 혼입처리시 오이, 토마토 및 수박 등의 육묘에 미치는 영향을 조사하므로써, 향후 이러한 농업용 신소재의 대단위 이용을 통한 건묘육성의 기초자료로 활용하고자 실시하였다.

## II. 재료 및 방법

30℃ 최아후 발근된 공시품종 『오이(은성백다다기), 수박(무등산수박) 및 토마토(서광토마토)』를 1997년 5월 7일 포트(지름 13cm)에 과중하였다. 육묘에 사용된 TKS-II 상토 1kg당 바이오세라믹 파우더(bioceramic powder, 코니産業株式會社, 粒渡: 50 $\mu$ m)는 1, 2, 3 및 4g을, 패화석(crushed shell)은 10, 20, 40, 80g을, 그리고 맥반석(elvanite)은 10, 20, 40 및 80g을 각각 혼화하여 사용하였다. 맥반석(유기농업협회)의 성분이 SiO<sub>2</sub> 60.34%, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 15.9%, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.08%, FeO 2.11%, MgO<sub>2</sub> 4.53%, CaO 1.64%; NaO<sub>2</sub> 3.05%, K<sub>2</sub>O 3.27%,

TiO<sub>2</sub> 0.35%, MnO, 0.41%인 분말을 사용하였고 패화석은 패총을 분쇄하여 만든 것으로 산화칼슘(52.8%정도)이 함유된 것을 이용하였다. 생장조사는 초장, 엽수, 경경, 엽장, 엽폭, 근장, 생체중 및 건물중 등을 4일간격으로 5회 조사하였다.

### Ⅲ. 결과 및 고찰

오이육묘 배양토에 바이오세라믹 분말을 1~2g/kg으로 혼합처리한 경우 초장, 경경, 생체중 및 건물중에서 약간의 증가가 있었으나 처리량을 그 이상 증가시키면 대조구보다 적어었다(표 1). 鄭 等(1992)은 0.02%의 바이오세라믹을 오이의 근권에 처리한 결과 시스템에 따라 엽면적 확보 및 과실수량을 증가시키는데 효과가 있다고 하였는데 본실험에서도 엽폭과 엽면적에서 상당히 증가함을 보였다. 패화석과 맥반석을 오이육묘 배양토에 처리하였을 경우에는 초장, 엽수, 엽폭, 엽면적, 생체중 및 건물중에서 양호한 것으로 나타났다. 특히 패화석을 처리하였을 경우에 생장이 가장 양호하였고 그 다음이 맥반석, 바이오세라믹, 대조구의 순으로 나타났다. 배양토내 혼합비율은 패화석이 20~80g/kg, 맥반석이 20~80g/kg, 바이오세라믹이 1~2g/kg으로 처리하였을 때 효과가 큰 것으로 나타났다.

Table 1. Growth characteristics of cucumber seedlings as affected by bioceramics, crushed shells and elvanites at 20 days after treatment.

Characters Treatments	Plant ht. (cm)	No. of leaves	Stem dia. (mm)	Root length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh wt. (g/plant)			Dry wt. (g/plant)			
								Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	
Control	15.9ghi	5.3cd	5.7	13.9	14.6e	12.6	265.7gh	10.3fg	3.6efg	4.1efgh	1.18cd	0.24cd	0.27cd	
Bioceramic (g/kg)	1	16.8fgh	5.7bc	6.5	15.0	15.7cd	12.0	350.7cde	11.3ef	3.9def	3.5gh	1.39bc	0.24cd	0.23de
	2	19.2ef	4.7ef	6.3	13.2	16.2bc	12.6	361.0cde	10.9ef	4.5cd	7.2a	1.38bc	0.31bc	0.38a
	3	14.0h	4.3f	5.5	13.2	13.5f	10.4	251.7h	8.1h	2.9g	5.8bc	1.11d	0.21d	0.25de
	4	14.7hi	5.0de	6.4	15.2	13.0f	12.2	300.3fg	9.4gh	3.2fg	6.6ab	1.27cd	0.23d	0.25de
Crushed shell (g/kg)	10	20.3de	5.7bc	6.6	13.7	15.4cde	11.6	346.7cde	11.5def	4.8bc	5.5bcd	1.33bcd	0.35b	0.33ab
	20	21.8cd	6.0ab	6.5	15.8	16.8ab	12.5	426.7b	13.4b	5.3b	4.8cde	1.57ab	0.35b	0.25de
	40	25.5ab	6.3a	6.9	16.1	17.4a	12.6	472.0a	15.2a	6.6a	5.0cde	1.70a	0.44a	0.26d
	80	26.7a	6.0ab	6.2	13.8	17.5a	12.5	355.3cde	13.3bc	6.7a	4.7def	1.74a	0.44a	0.20e
Elvanite (g/kg)	10	17.4fg	5.0de	6.2	15.9	15.1de	12.2	321.7ef	10.2fg	4.0de	3.6fgh	1.40bc	0.27cd	0.25de
	20	21.5cde	6.0ab	6.5	13.8	15.6cd	11.4	384.3c	12.2bcde	5.4b	5.3cd	1.72a	0.34b	0.32bc
	40	20.9de	5.7bc	6.5	14.7	15.7cd	12.0	374.3cd	12.7bcd	5.0bc	4.7def	1.66a	0.34b	0.24de
	80	23.6bc	5.7bc	6.1	13.4	15.9bcd	12.4	342.7def	12.0cde	5.3b	3.5gh	1.70a	0.41a	0.27cd

<sup>2)</sup> Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

Table 2. Growth characteristics of watermelon seedlings as affected by bioceramics, crushed shells and elvanites at 20 days after treatment.

Characters Treatments	Plant ht. (cm)	No. of leaves	Stem dia. (mm)	Root length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh wt.(g/plant)			Dry wt.(g/plant)			
								Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	
Control	17.1b	5.3de	4.8efg	11.1def	8.3bc	7.9	126.7def	6.1cd	2.6bc	1.4a	1.08a	0.26ab	0.09ab	
Bioceramic (g/kg)	1	22.1a	7.3a	4.7efg	10.4efg	8.6bc	161.0abc	6.7bc	3.0a	0.9c	0.79bc	0.29a	0.08cd	
	2	14.7c	7.3a	4.7fg	14.8b	8.5bc	8.6	146.7bcd	6.2cd	2.4bc	0.9c	0.54def	0.19de	0.09bc
	3	10.0f	5.0ef	4.5g	13.3c	7.1cd	7.4	102.7gh	5.0e	1.4f	0.8cd	0.53def	0.19de	0.07d
	4	14.6c	5.3de	5.2cdef	17.2a	8.2bc	8.0	115.3efg	5.4de	2.3c	1.2b	0.64cde	0.29a	0.08cd
Crushed shell (g/kg)	10	9.7f	6.3abc	5.2cdef	12.5cd	7.7cd	8.4	142.7cd	7.3b	1.8de	0.9c	0.72bcd	0.20cd	0.10a
	20	13.1cd	6.7ab	6.0ab	10.4fg	10.1a	10.1	176.0a	8.8a	2.6abc	0.9cd	0.90ab	0.23bc	0.08bcd
	40	14.2c	7.3a	6.4a	9.6fg	9.7a	9.1	176.3a	8.9a	2.8ab	0.7de	0.79bc	0.22cd	0.09ab
	80	12.2de	6.7ab	5.8bc	12.4cde	8.9b	9.1	165.0ab	9.4a	2.5bc	0.8cd	0.68cd	0.21cd	0.08cd
Elvanite (g/kg)	10	7.8g	5.3de	5.3cde	9.4g	7.2cd	7.7	103.0gh	5.2de	1.5de	0.4fg	0.40f	0.13f	0.03f
	20	10.8ef	6.0bcd	5.6bcd	9.6fg	7.8cd	8.2	133.7de	6.5bc	1.8d	0.5ef	0.57def	0.18de	0.06e
	40	9.7f	5.7cde	5.6bcd	10.3fg	8.4bc	8.6	110.7fg	6.5bc	1.4de	0.5fg	0.45ef	0.13f	0.04f
	80	9.5fg	4.3f	5.6bcd	9.8fg	6.7d	7.0	83.0h	4.8e	1.5de	0.3g	0.45ef	0.15ef	0.04f

<sup>2)</sup> Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

바이오세라믹을 수박에 처리하였을 경우에는 초장, 엽면적에서 효과가 인정되었으나 줄기의 두께에는 영향하지 않았다(표 2). 엽면적, 초장 및 경경의 변화를 1직선회귀식으로 나타낸 결과 그림 1, 2와 같다. 식물은 정상적인 식물생장과 발육을 위해서는 칼슘이 필수적으로 요구(Kirkby and Pilbean, 1984)되는데 수박재배에서 칼슘이 부족하면 배꼽썩이과를 발생(Shear, 1975)하는 반면 공급량이 지나치면 오히려 수량이 감소(Sundstrom and Carter, 1983)하기도 한다. 현재 석회질비료의 대용으로 사용되기도 하는 조개껍질가루(趙成鎭 等, 1987)는 석회성분이 40~50% 정도여서 농가에서는 산성토양의 중화에 주로 사용하나 토양의 입단화를 촉진함과 동시에 근권내 뿌리의 발달을 유도함으로써 도장억제 및 도복 등을 방지할 수 있을 것으로 생각된다.

초장은 파종후 16일에 처리효과가 나타났고 엽면적은 처리후 8일부터 증가하였는데 송등(1995)이 보고한 것보다는 약간 빨랐다. 바이오세라믹을 1~2g으로 처리하였을 경우 초장, 엽수 및 엽면적에서 양호하게 나타났다. 패화석과 맥반석을 처리하였을 경우 엽수, 경경, 근장 및 엽면적에서 양호한 결과를 나타내었는데 패화석은 20~80g으로 처리한 경우에 엽수, 경경, 엽폭 및 엽면적에서 양호하게 나타났다. 맥반석은 엽수, 경경, 엽면적에서 20~40g으로 처리한 경우에 약간의 효과가 있는 것으로 나타났다.

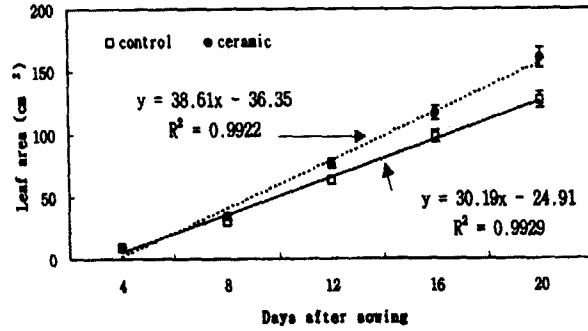


Fig. 1. Changes in leaf area of watermelon seedlings as affected by supplementing bioceramic powder into substrate.

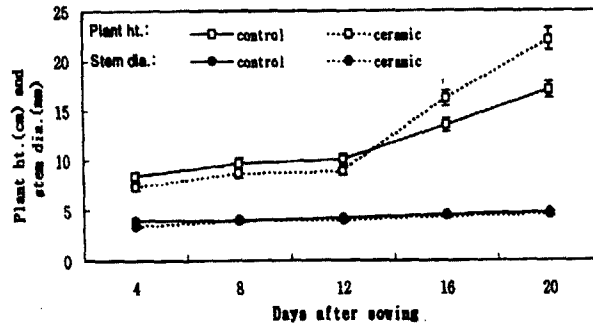


Fig. 2. Changes in plant height and stem diameter of watermelon seedlings as affected by supplementing bioceramic powder, crushed shell and elvanite into substrate used.

바이오세라믹, 패화석 및 맥반석을 토마토에 처리하였을 경우에도 농도별로 처리에 대한 효과가 인정되었다(표 3). 특히, 초장, 엽수, 경경, 근장, 엽장, 엽폭, 엽면적, 생체중 및 건물중 등 전체 항목에서 효과가 나타났다. 바이오세라믹은 1~3g으로 처리하였을 경우 초장, 엽수, 경경, 엽장, 엽폭 및 엽면적에서 상당히 양호하게 나타났으며, 패화석을 처리한 경우 엽수, 경경, 엽폭 및 엽면적에서 양호하게 나타났으나 농도에 의한 성장차이는 나타나지 않았다. 맥반석은 20~40g으로 처리한 경우에 초장, 엽수, 경경, 근장, 엽장, 엽폭, 엽면적, 생체중 및 건물중에서 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히 토마토에 처리한 경우 바이오세라믹은 패화석과 맥반석이 엽과 줄기의 성장에 크게 관여한 것보다 뿌리에 더 영향하였는데 李 等(1996)이 보고한 토마토에 바이오세라믹을 처리한 경우 엽과 줄기의 성장보다는 뿌리와 과방의 성장에 많은 영향을 미친다는 것과 유사하였다.

Table 3. Growth characteristics of tomato seedlings as affected by bioceramics, crushed shells and elvanites at 20 days after treatment.

Characters Treatments	Plant ht. (cm)	No. of leaves	Stem dia. (mm)	Root length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf length (cm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	Fresh wt.(g/plant)			Dry wt.(g/plant)			
								Leaf	Stem	Root	Leaf	Stem	Root	
Control	8.4h	4g	3.9g	15.0f	7.4f	9.7h	54.3i	2.1g	0.7g	1.2c	0.22gh	0.04h	0.10cd	
Bioceramic (g/kg)	1	20.7a	7a	5.9a	17.7def	13.7a	17.9a	192.0a	6.5a	3.8a	2.4b	0.76a	0.29a	0.18a
	2	18.8b	6.3b	5.1b	18.0cdef	12.6bc	16.9b	173.7b	6.4a	2.8bc	2.0b	0.65b	0.18b	0.15b
	3	19.6b	6.3b	4.6cde	19.4cdef	12.7b	14.8cde	147.0c	5.2b	3.0b	3.9a	0.67ab	0.19b	0.19a
	4	14.5ef	6bc	4.5de	23.0bcd	10.3e	12.7g	89.7gh	3.0def	1.7ef	2.3b	0.50c	0.17bc	0.17ab
Crushed shell (g/kg)	10	12.8g	5.7cd	4.4ef	22.3bcde	11.1de	14.6de	113.7ef	3.8cd	1.6efg	0.8def	0.31def	0.06gh	0.06e
	20	12.0g	5.3de	4.1fg	16.4f	10.4e	12.7g	90.7gh	2.7efg	1.3f	0.4g	0.23fgh	0.05gh	0.02f
	40	15.0def	5ef	4.5de	15.4f	10.7e	14.1ef	67.0i	2.2fg	1.6efg	0.5fg	0.17h	0.06gh	0.02f
	80	14.1f	4.7f	4.6cde	17.3ef	11.2de	13.1fg	73.0hi	2.7efg	1.5fg	0.7efg	0.18h	0.06gh	0.02f
Elvanite (g/kg)	10	15.1de	5.3de	4.7cde	30.6a	11.2de	14.1ef	98.7fg	3.4cde	2.0de	0.8def	0.31def	0.11ef	0.08de
	20	15.9d	5ef	4.8cde	30.1a	12.6bc	15.6c	123.0de	4.2c	2.1d	1.1cd	0.36de	0.12de	0.09cde
	40	14.4ef	5.7cd	4.9bc	23.4bc	12.3bc	15.6c	126.7de	4.1c	1.9de	0.7def	0.41d	0.08fg	0.06e
	80	17.0c	5ef	4.6cde	26.7ab	11.9cd	15.5cd	140.0cd	3.8cd	2.5c	0.9cde	0.25fgh	0.14cd	0.11c

<sup>2)</sup> Mean separation within columns by DMRT at 5% level.

이는 바이오세라믹을 근권에 처리시 세라믹으로부터 방사되는 원적외선에 의해서 관주되는 배양내 이온의 미세구조적인 물질변화가 일어나 뿌리로의 건물분배가 많았던 것으로 생각된다. 한편 칼슘은 세포막의 neutral lipid fraction을 증가시켜 막구조와 기능을 보호하여 노화로 인한 세포의 붕괴를 지연(Paliyath et al., 1984)키는데 패화석을 처리한 경우 유묘의 자엽이 대조구에 비해 황화되는 현상이 지연된 것을 볼 수가 있었다. 또한 칼슘의 처리는 호흡과 에틸렌의 발생 억제, 노화지연 및 기타 생리적 장애를 감소시키며 곰팡이나 박테리아의 침입에 대한 내성을 증가시키고(Faust and Shear, 1972; Tingwa and Young, 1974), 카드뮴 등의 중금속의 흡수를 일시적으로 경감(Chubin and Street, 1981; White and Chaney, 1980)시키는데 보리짚 등의 유기물과 혼용하면 중금속의 제거가 더 많다(Larsen and Schierup, 1981)고 보고하였다. 그러므로 칼슘이 많이 함유된 패화석의 처리는 건묘 육성이 가능할 것으로 생각되는데, 배짚섞이과 방지 등의 품질면에서도 연구가 더 이루어져야 하겠지만 생산성에도 상당히 기여할 것으로 생각된다. 또한, 공정육묘를 위한 묘의 규격화와 안정화를 위해서는 육묘에 사용되는 배지도 매우 중요하지만(本多藤雄, 1995; 池田幸弘, 1991), 과채류의 육묘는 최적 환경조건을 조성함으로써 발아능력을 극대화하고 묘의 초기생육을 증진시켜(稻山光男, 1992; 이용범 등, 1993), 정식후 생산성과 품질도 향상될 수 있어야 한다. 따라서 이러한 신소재를 원예작물 재배에 이용

하면 토양병해의 발생 경감, 농약과 화학비료의 절감, 토양 물리성 개선 및 뿌리의 활력을 증대시켜 결국은 수량증대 및 품질향상에도 기여할 것으로 생각된다.

#### IV. 적 요

오이육묘 배양토내 혼합비율은 바이오세라믹 분말이 1~2g/kg, 패화석 20~80g/kg, 맥반석 20~80g/kg으로 처리하였을 때 초장, 경경, 엽폭, 엽면적, 생체중 및 건물중에서 약간의 증가가 인정되었다. 수박의 육묘에서는 바이오세라믹을 1~2g으로 처리하였을 경우 초장, 엽수 및 엽면적에서 양호하게 나타났는데 초장은 파종후 16일에 처리효과가 나타났고 엽면적은 처리후 8일부터 증가하였으며 줄기의 두께에는 영향하지 않았다. 패화석과 맥반석을 20~80g, 20~40g으로 각각 처리한 경우에 엽수, 경경 및 엽면적 등에서 수박의 육묘에 약간의 효과가 있는 것으로 나타났다. 또한, 토마토 육묘의 경우에도 혼합처리에 대한 효과가 인정되었다. 바이오세라믹은 1~3g, 패화석 10~80g, 맥반석은 20~40g으로 처리한 경우에 초장, 엽수, 경경, 근장, 엽장, 엽폭, 엽면적, 생체중 및 건물중 등에서 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히 토마토에 처리한 경우 바이오세라믹은 패화석과 맥반석이 엽과 줄기의 성장에 크게 관여한 것보다 뿌리에 더 영향하였다.

#### 인 용 문 헌

1. 최중명, 1995. 닭털의 혼합이 배양토의 물리성변화에 미치는 영향, 韓園誌, 36(5): 707-714.
2. 趙成鎭 外 9人, 1987. 新稿 肥料學, 鄉文社, p.251.
3. Chubin, R.G. and J.J. Street. 1981. Adsorption of cadmium on soil constituents in the presence of complexing ligands. Jour., of Environ., Qual. 10(2) : 225-228.
4. 鄭淳柱 · 李範宣 · 李政弼, 1992. Bioceramic의 농도별 처리가 상추와 토마토의 발아에 미치는 影響, 全南大學校 論文集 農林水産篇 37 : 59-66.
5. 鄭淳柱 · 李範宣 · 李政弼 · 姜宗求, 1992. 根圈의 바이오세라믹 處理가 養液栽培 오이의 生育 및 收量에 미치는 影響, 全南大學校 論文集 農林水産篇 37 : 67-76.
6. de Kreij, C. and S.S. de Bes. 1989. Comparison of physical ananalysis of peat substrates. Acta Horti. 238:23-36.
7. Faust. M. and C.B. Shear. 1972. The effect of calcium on respiration of apples. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 97:437-439.
8. 韓忠洙, 1990. 遠赤外線による農産物の乾燥に関する研究. 博士學位論文 日本北海道大學.
9. 本多勝雄, 1995. 셀 형성묘利用의 諸問題(1). I. 種苗生産上の問題(1). 農および園 70(5): 61-65.

10. 池田幸弘, 1991. フラグ用配合土特性と機能, 苗生産システム 國際シンポジウム 實行委員會主催第 3回講演會, pp.52-65.
11. 稻山光男, 1992. 野菜의 플러그묘 生産과 그 利用現況과 課題, 韓國農資材産業協議會, pp.109-116.
12. Kirby, E.A. and D.J. Pilbean. 1984. Calcium as a plant nutrient. *Plant Cell & Environ.* 7 : 397-405.
13. Larsen, V.J. and H.H. Schierup. 1981. The use of straw for removal of heavy metals from waste water. *Journal of Environ. Qual.* 10(2) : 188-193.
14. 李正玄 · 李範宣 · 鄭淳柱, 1996. 바이오세라믹 粉末의 葉面撒布와 培養液內 處理가 噴霧耕栽培 토마토의 生長과 果實品質에 미치는 影響, 生物生産施設環境 5(1) : 50-56.
15. 이용범 · 박권우 · 노미영 · 채의석 · 박소홍 · 김수현, 1993. 자루재배용 배지종류가 토마토 생육, 수량 및 품질에 미치는 영향, 한국생물생산시설환경학회지 2(1) : 37-45.
16. Lemaire, F. 1995. Physical, chemical and biological properties of growing medium. *Acta Horti.* 396:273-284.
17. Paliyath G., B.W. Poovaiah, G.R. Munske and J.A. Magnuson. 1984. Membrane fluidity in senescing apple : effects of temperature and calcium. *Plant & Cell Physiol.* 25:1083-1087.
18. Shear, C.B. 1975. Calcium-related disorders of fruits and three vegetables. *HortScience* 10:361-365.
19. 송현갑 · 유영선 · 이건중, 1995. 바이오세라믹이 수박 · 참외의 생육과 품질에 미치는 영향, 農村熱에너지 研究報告論文集 11(1) : 1-23.
20. Sundstrom, F.J. and S.J. Carter. 1983. Influence of K and Ca on quality and yield of watermelon. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 108:879-881.
21. Tingwa, P.O. and R.E. Young. 1974. The effect of calcium on the ripening of avocado (*Persia americana* Mill) fruits. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 99 : 540-542.
22. White, M.C. and R.L. Chaney. 1980. Zinc and cadmium and manganese uptake by soybean from two zinc and cadmium amended coastal planin soils, *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 44 : 308-313.