

# 하우스 인삼재배에서 상토의 조성이 유기농 2년근 인삼의 생육 및 수량에 미치는 영향

이누리<sup>1</sup> · 김정선<sup>1</sup> · 조서리<sup>1</sup> · 최영규<sup>1</sup> · 최재율<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 농업생명과학대학

## Effects of various bed soil on the growth and yield of organically grown 2-year-old ginseng in the shaded plastic houses

Nu-Ri Lee<sup>1</sup>, Jung-Sun Kim<sup>1</sup>, Seo-Ri Jo<sup>1</sup>, Yeong-Kyu Choi<sup>1</sup>, Jae-Eul Choi<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>College of Agric. & Life Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

Received on 21 February 2012, revised on 2 March 2012, accepted on 23 March 2012

**Abstract :** This research was conducted to investigate the influence of organic bed soil substrates on growth and yield of organically grown ginseng transplantation in a shaded plastic houses. The pH and EC of the substrates used for this study were 5.93-6.78 and 0.03-0.15 dS/m, respectively. The concentrations of NH<sub>4</sub>-N and NO<sub>3</sub>-N were 14.01-68.63 mg/L, 5.60-58.83 mg/L respectively. and the average quantum in the shaded plastic houses was 11-15% of natural light. The maximum temperature in the shaded plastic houses is higher (3-7°C) than that of outside open field from the last part of April to early in August. Emergence date of ginseng was on March 21 in the mongolian type shaded plastic house, and was on March 29 in normal type shaded plastic house. Both roots and shoot growth of ginseng were excellent in the bed soils with PPV-2, compared with other compounds used. We concluded that the PPV-2 could be promising a good bed soil substrate for organic ginseng cultivation in shaded plastic house.

**Key words :** *Panax ginseng*, Bed soil, Yield, Organic culture, Plastic house.

## I. 서론

인삼 주산지에서는 초작지가 부족하여 초작이 가능한 지역으로 이동하여 인삼을 재배하고 있으며, 잦은 기상재해 등은 인삼생산의 안정화에 걸림돌이 되고 있다. 또한 인삼을 재배하기 위해서는 1-2년의 예정지 관리, 파종, 이식, 해가림시설 설치, 병충해 및 잡초 방제, 채굴 등의 작업이 필요하지만 농촌인구의 고령화로 숙련된 노동력이 급속히 감소하고 있다.

이러한 문제점을 극복하기 위한 방법 중의 하나는 비닐 하우스에서 무병상토를 이용한 인삼재배가 대안이 될 수 있다. 또한 비닐하우스 인삼 재배는 빗물의 유입을 막아 병해의 발생을 억제하고, 폭풍우, 저온, 폭설 등의 자연재

해를 줄일 수 있다. 따라서 하우스에서 유기농 인삼재배를 하면 연작 피해 및 농약잔류 해결과 함께 예정지 관리, 제조 작업, 해가림설치 등이 생략되어 노동력의 절감이 가능하다(Choi 등, 2011).

유기농 인삼 재배가 여러 가지 장점이 있음에도 불구하고 유기농 인삼재배용 상토 개발, 하우스 시설비, 고온피해, 병충해 방제용 유기농 자재의 미개발, 유기농 인삼의 유통문제 등이 해결되지 않아 실용화에 어려움이 있다.

Proctor 등(2010)은 온실에서 버미큘라이트, 피트모스 배지 등을 이용하여 유기농으로 미국삼의 유기농 육묘를 하였으나 포장 재배보다 좋은 결과를 얻지 못하였다. Li (2005)는 미국삼 종자를 펠라이트, 피트모스 등을 혼합한 상토에 파종하여 수경재배를 한 결과 포장재배에 비하여 근중은 50% 이하이나 총 사포닌은 큰 차이가 없었다고 하였다. Park 등 (2002)은 피트모스, 모래, 재활용 암면 등을

\*Corresponding author: Tel: +82-42-821-5729

E-mail address: choije@cnu.ac.kr

이용한 양액재배를 실시한 결과 인삼의 생육은 재사용 압면 배지에서 높았으며, 사포닌 함량에서는 일반토양에서 생육한 인삼과 차이가 없었다고 하였다. Kim 등 (2010)은 수경재배 묘삼의 생육과 사포닌 함량은 황토, 펄라이트, 팽화왕겨 및 모래와 원예 상토를 혼합한 배지에서 가장 우수하다고 하였다.

최근 Choi 등(2011)에 의하여 국내에서 하우스 유기농 묘삼생산에 관한 연구가 수행되었으나 인삼의 유기농 시설재배에 관한 연구는 보고되지 않았다. 유기농 재배는 묘삼재배에 비하여 생육기간이 길기 때문에 유기농 상토의 물리화학적 특성이 중요하며 생육기간 중에 영양분이 부족하면 유기질 액비를 시용해야 한다. 또한 고온피해, 친환경 병충해 방제제용의 개발, 유통문제 등이 해결되어야 실용화가 가능할 것이다.

따라서 본 연구는 우리나라에서 가장 중요한 약용작물인 인삼의 유기농 시설재배 적합한 유기농 상토를 개발하기 위하여 유기농 원자재의 혼합비율이 2년근 인삼의 생육에 미치는 영향을 조사하기 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 하우스 시설

본 실험은 2010~2011년에 걸쳐 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장의 몽골형 및 기본형 비닐하우스에서 수행하였다. 몽골형 하우스는 너비 8.4 m, 길이 31 m, 높이 5 m이고 몽골폭 1.2 m, 몽골높이 1.2 m 이다. 기본형 하우스는 너비 8.4 m, 길이 31 m, 높이 5 m의 형태이다. 몽고형은 비닐로부터 1 m 정도의 위쪽에, 기본형은 중앙의 비닐로부터 1 m 위에 지면과 수평형태로 차광율 85%의 검정색 차광망을 씌웠다.

### 2. 상토 조성

상토는 피트모스, 펄라이트, 버미큘라이트, 코코피트, 왕겨의 혼합비율을 조절하여 묘삼 생장에 적합하도록 물리적 특성을 조절하였으며, 인삼생육에 적합한 영양분을 보충하기 위하여 천연 인광석, 랑베나이트, 고토석회(Dolomite), 피마자박을 소량 첨가하였다. 상토 구성 재료의 혼합비율은 Table 1과 같다.

### 3. 재배법

스티로폼 포트(500×315×215 mm)에 각각의 상토를 채우고 농가에서 구입한 평균 0.7 g의 묘삼을 6×6 cm의 간격으로 12월 1일에 이식하였다.

비닐하우스내의 온도 조절은 출아 전 15℃, 출아 후에는 온도 감지센서로 25℃이상으로 상승할 경우 측창과 천창의 비닐을 자동으로 개폐하였다. 재배 중 지하수로 관수하였으며 화학 비료나 농약은 전혀 처리하지 않았다.

### 4. 상토 분석

상토의 화학성 분석은 상토제조 후 1 : 5(상토: 증류수; v/v)로 희석한 후 그 추출용액의 pH 와 EC를 측정하였다. 이 용액에서 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>N 및 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Thermo Genesys 10(Thermo Fisher Scientific Inc.)을 이용하여 비색 측정하였고, K, Ca 및 Mg는 NH<sub>4</sub>OAc(pH 7.0) 용액으로 추출한 후 원자흡광분석계로 분석하였다. 전반적인 분석 방법은 농촌진흥청 토양화학성 분석 방법(RDA, 2003)에 준하여 수행하였다.

Table 1. The combinations of bed soil substrates used in this study.

Substrates	Composition <sup>a)</sup>					
	% (v/v)					
	Pt	Pl	Vc	Co	Rh	Po
PPV-1	50	40	10	-	-	-
PPV-2	50	40	10	-	-	0.3
PPV-3	50	30	10	-	-	-
PPVC	25	40	10	25	-	-
PVC	-	40	10	50	-	-
PVR	50	-	10	-	20	-

<sup>a)</sup>Pt: Peatmoss, Pl: Perlite, Vc: Vermiculite, Co: Copeat, Rh: Rice hulls. Po: Phosphate ore.

5. 광량 및 온도 측정

하우스의 광량은 LI-1400 Datalogger(LI-COR, USA)을 이용하여 오전 6시부터 오후 5시까지 1시간 간격으로 측정하였고, 온도는 Thermo Recorder(T&D Co., Japan)을 이용하여 30분 간격으로 자동저장 되도록 하였고, 월별로 초순, 중순, 하순으로 나누어 평균온도, 최고온도를 계산하였다.

6. 생육 조사

생육조사는 9월 28일에 3층 베드에 위치한 인삼의 경장, 경직경, 지상부 생체중, 엽면적, 근장, 근직경, 근생체중을 40개체씩 3반복으로 조사하였다. 통계분석은 ANOVA(Analysis of variance), Duncan's Multiple Range Test, Least Significant Difference를 이용하여 유의차를 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 상토 성분

유기농 인삼 재배용 상토의 화학적 특성은 Table 2와 같다. 상토의 pH는 5.9~6.8의 범위를 보였으며, 코코피트나 왕겨의 비율이 증가하면 pH가 약간 상승하였다. EC는 천연인광석(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>: 20.25%), 랑베나이트(K<sub>2</sub>O: 21.5%, MgO 17.87%), 고토석회(MgO: 5%, CaO 29%), 피마자박(N: 5%, P: 2%, K: 15)을 첨가한 PPV-2와 코코피트를 첨가한 PPVC, PVR 상토가 0.1 dS/m 이상으로 다른 상토에 비하여 약간 높게 나타났다.

상토의 NH<sub>4</sub>-N 농도는 14.01~68.63 mg/L, NO<sub>3</sub>-N 농도는 5.60~58.83 mg/L 범위로 피트모스 함량이 증가함에 따라 이들 성분의 농도도 높아졌다. 인산농도는 6.06~110.14 mg/L 범위로 코코피트와 천연인광석의 첨가량이 많아질수록 농도가 증가하였다. K와 Ca 농도는 피트모스와 버미큘라이트를 혼합한 상토의 K농도는 4.47~9.66

Table 2. Chemical properties of bed soil used in this study.

Substrates <sup>a)</sup>	pH (1:5)	EC (dS/m)	NH <sub>4</sub> -N (mg/L)	NO <sub>3</sub> -N (mg/L)	Av. P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex-Ca	Ex -K (cmol/L)	Ex -Na
PPV-1	5.93	0.04	68.63	58.83	9.70	33.21	4.47	2.64
PPV-2	6.08	0.10	46.22	23.81	16.75	35.89	4.61	3.17
PPV-3	6.30	0.03	30.82	5.60	6.46	64.23	17.83	27.39
PPVC	6.61	0.08	23.81	22.41	18.56	30.19	8.23	24.52
PVC	6.78	0.15	14.01	19.61	15.13	31.05	9.40	21.95
PVR	6.58	0.04	28.01	22.41	6.06	30.97	9.66	2.65

<sup>a)</sup>See Table 1 for treatment description.

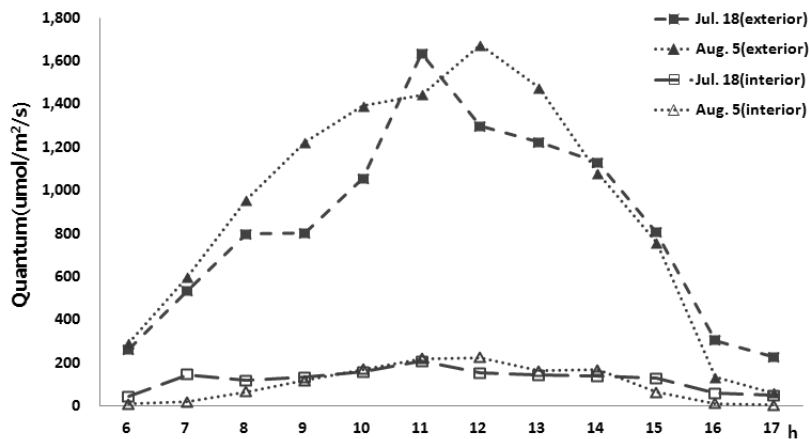


Fig. 1. Comparison of quantum inside and outside of the plastic house during daylight hour.

cmol/L, Ca농도는 30.19~35.89 cmol/L 범위를 보이며 상토의 종류에 따라 차이가 크지 않았으나, PPV 조성비에서 펄라이트함량이 감소한 PPV-3 상토는 각각 17.83 cmol/L, 64.23 cmol/L로 다른 상토에 비하여 월등히 높게 나타났다.

### 2. 하우스 내의 광량 및 온도변화

7월 18일과 8월 5일 맑은 날 오전 6시~오후 5시까지 하우스내의 광량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 7월과 8월의 평균광량은 각각 108.9, 97.3  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 로 자연광 731.1, 858.2  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ 의 11~15%로 인삼의 광합성 최적의 광량인 자연광의 10~15%(Jeong, 2007)의 범위에 속하였다.

하우스와 외부의 최고 및 평균기온은 그림 2와 같다. 하우스와 외부의 최고기온은 4월 중순까지는 차이가 없었으나 4월 하순~6월 중순은 3°C내외, 6월 중순~8월 초순은 하우스 내 기온이 외부보다 7°C 높은 경우도 있었다.

하우스와 외부의 1~9월 최고 및 평균 기온은 Fig. 2와 같다. 기본형 하우스의 1월 초~2월 중순까지의 평균기온은 -2.9~3.2°C, 2월 하순~4월 초순 5.2~11°C, 5월~6월 17.7~24.4°C, 7월 초~8월 상순 24.1~26.7°C, 9월 상순 22.1°C로 나타났다. 몽골형 하우스의 1월 초·중순 평균기온은 기본형보다 약 4°C정도 낮았으나 그 이후에는 기본형

과 차이가 거의 없었다. 기본형과 몽골형 하우스의 평균 기온은 외부기온의 평균보다는 약 1~2°C 낮은 경향이였다.

하우스와 외부의 최고 및 평균기온은 그림 2와 같다. 하우스와 외부의 최고기온은 4월 중순까지는 차이가 없었으나 4월 하순~6월 중순은 3°C내외, 6월 중순~8월 초순은 하우스 내 기온이 외부보다 7°C 높은 경우도 있었다.

### 3. 인삼 출아 시기

하우스 종류에 따른 출아율을 조사한 결과는 Fig. 3과 같다. 몽골형 하우스에서의 출아율은 3월 21일 38%, 3월

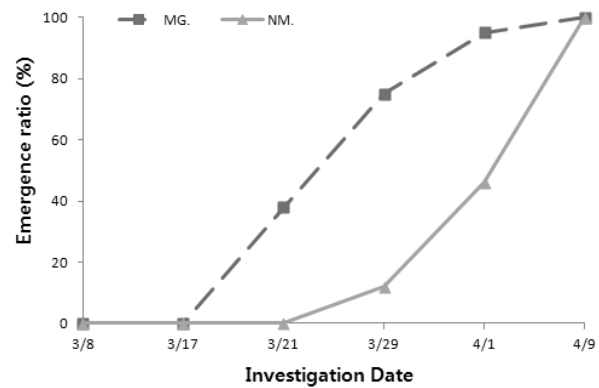


Fig. 3. Comparison of the seedling emergence ratio between Mongolian (MG) and Normal type (NM) of shaded plastic house.

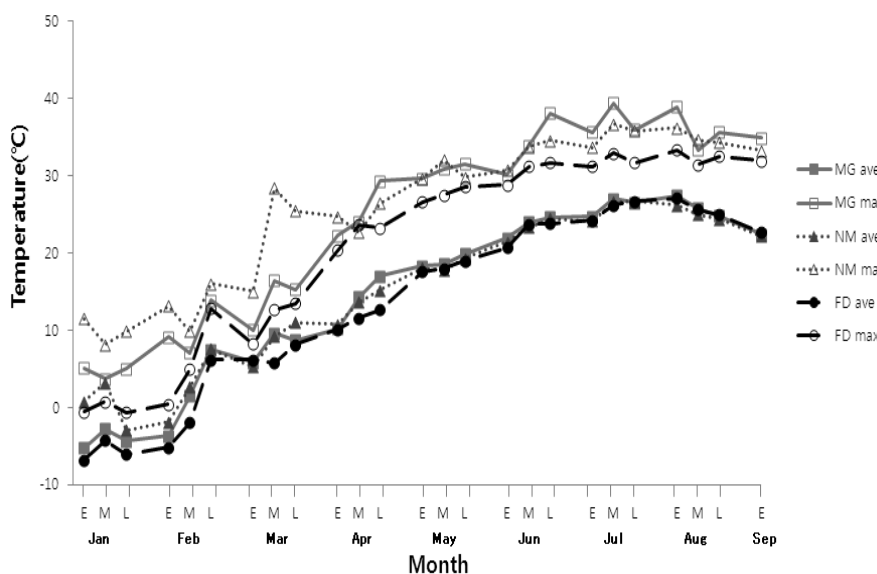


Fig. 2. Monthly changes in mean and maximum temperatures in two different type of shaded plastic houses. MG: Mongolian type plastic house; NM: Normal type plastic house; FD: Field.

**Table 3.** Mean squares (two-way ANOVA) for key growth traits of ginseng grown under different houses and bed soil substrates.

Source of variation	Growth traits						
	SL <sup>a)</sup>	SD	SFW	LA	RL	RD	RFW
A (House)	13.41**	0.07**	0.12**	8.01**	2.38 <sup>NS</sup>	45.11**	12.90**
B (Substrate)	88.11**	0.31**	0.02*	9.36**	58.47**	82.61**	9.73**
A×B	11.04*	0.03 <sup>NS</sup>	0.00 <sup>NS</sup>	3.54*	3.89**	24.30**	3.22*

<sup>a)</sup>SL: Stem length, SD: Stem diameter, SFW: Shoot fresh weight, LA: Leaf area, RL: Root length, RD: Root Diameter, RFW: Root fresh weight.

<sup>NS</sup>Non significant.

\*, \*\*significant at P<0.05, P<0.01, respectively.

**Table 4.** Growth characteristics of 2-year-old ginseng in Mongolian type shaded plastic house as affected by different formulations of bed soil substrates.

Substrates <sup>a)</sup>	Growth traits						
	SL (cm)	SD (mm)	SFW (g/plant)	LA (cm <sup>2</sup> /plant)	RL (cm)	RD (mm)	RFW (g/plant)
PPV-1	26.2a	2.29a	1.77b	82.5a	16.4ab	8.04bc	2.15bc
PPV-2	24.4ab	2.27ab	2.07a	82.3a	15.6ab	9.49a	2.78a
PPV-3	23.8ab	2.26ab	1.87ab	82.0a	15.6ab	7.95bc	2.34abc
PPVC	25.4a	2.25ab	1.90ab	81.2ab	17.2a	8.25b	2.66a
PVC	19.3b	1.92b	1.76b	79.5ab	18.5a	7.59c	2.12bc
PVR	24.0ab	2.19ab	1.65b	78.1b	18.2a	7.49c	2.02c
Field	25.8a	2.25ab	1.73b	82.1a	13.0b	8.22b	2.58ab

<sup>a)</sup>See Table 1 for treatment description.

SL: Stem length, SD: Stem diameter, SFW: Shoot fresh weight, LA: Leaf area, RL: Root length, RD: Root Diameter, RFW: Root fresh weight.

Mean separation within each column by Duncan's multiple range test at 5% level.

29일 75%, 4월 1일 95%, 4월 9일 100%이었고, 기본형 하우스는 3월 29일 12%, 4월 1일 46%, 4월 9일 100%로 몽골형에서 일찍 출아하였다. 포장에서 출아시키는 4월 하순경으로 하우스에서 약 20일 빨랐다.

#### 4. 하우스 및 상토의 종류에 따른 2년근 인삼의 생육특성

몽골형과 기본형 하우스와 상토의 종류에 따른 인삼의 생육 특성을 조사하여 분산분석한 결과는 Fig. 3과 같다. 하우스 종류에 따른 평균 초장, 경직경, 지상부 생체중, 엽면적, 근직경, 지하부 생체중의 차이는 고도의 유의성이 있었으나, 근장에서는 유의성이 인정되지 않았다. 상토의 조성에 따른 초장, 경직경, 엽면적, 근장, 근직경, 근중은 고도의 유의성이 있었고, 지상부 생체중은 5% 유의수준에서 차이가 인정되었다. 하우스와 상토 간의 상호작용은 지상

부 생체중과 엽면적을 제외한 초장, 엽면적, 지하부 생체중은 5% 유의수준에서 차이가 인정되었고, 근장과 근직경은 고도의 유의성이 인정되었다.

몽골형 하우스에서 2년근 인삼의 생육특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. PPV-1, 2, 3, PPVC, PVR 배지 및 관행재배에서 경장은 각각 26.2, 24.4, 23.8, 25.4, 24.0, 25.8 cm로, PPV-1, PPVC 및 관행재배에서의 경장이 PVC 배지보다 길었으며 유의성이 인정되었다. 경직경은 1.92~2.29 mm의 분포를 보였으며, PPV-1 배지의 경직경은 PVC 배지보다 굵었으며 유의성이 인정되었다. 개체당 엽면적은 PPV-1, 2, 3 및 관행재배에서 각각 82.5, 82.3, 82.0, 82.1 cm<sup>2</sup>로 PVR 배지 78.1 cm<sup>2</sup>와 유의성이 인정되었다.

지상부 개체당 생체중은 PPV-2 배지에서 2.07g으로 PPV-1, PVC, PVR 배지 및 관행재배에의 1.65(PVR)~1.77g(PPV-1) 보다 무거웠으며 유의성이 인정되었다.

**Table 5.** Growth characteristics of 2-year-old ginseng in Normal type shaded plastic house as affected by different formulations of bed soil substrates.

Substrates <sup>a)</sup>	Growth traits						
	SL (cm)	SD (mm)	SFW (g/plant)	LA (cm <sup>2</sup> /plant)	RL (cm)	RD (mm)	RFW (g/plant)
PPV-1	20.4b	2.15a	1.74bc	79.3ab	14.3ab	7.80ab	2.22ab
PPV-2	19.6b	1.93a	2.00a	81.2a	14.1ab	7.27bc	2.30a
PPV-3	23.1ab	2.08a	1.88ab	80.2ab	14.8ab	7.83ab	2.21ab
PPVC	22.1ab	2.08a	1.84ab	80.1ab	15.3a	7.89ab	2.32a
PVC	20.3b	1.82a	1.67bc	80.0ab	14.5ab	7.80bc	2.23a
PVR	19.0b	1.99a	1.61c	78.6b	13.2b	7.34c	1.83b
Field	25.8a	2.25a	1.73bc	82.1a	13.0b	8.22a	2.58a

<sup>a)</sup>See Table 1 for treatment description.

SL: Stem length, SD: Stem diameter, SFW: Shoot fresh weight, LA: Leaf area, RL: Root length, RD: Root Diameter, RFW: Root fresh weight.

Mean separation within each column by Duncan's multiple range test at 5% level.

이상과 같이 PPV-1, 2, 3, PPVC 배지 및 관행 재배에서 경장, 경직경 및 엽면적, 지상부 생체중은 생육이 비슷한 경향을 보였으며, PVC, PVR 배지에서는 다른 처리구에 비하여 생육이 저조하게 나타났다.

뿌리의 길이는 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지에서 각각 16.4, 15.6, 15.6, 17.2, 18.5, 18.2 cm로 나타났으며, PPVC, PVC, PVR 배지는 관행재배 13.0 cm보다 길었으며 유의성이 인정되었다. 뿌리의 직경은 각각 PPV-2 배지가 9.49 mm로 PVC, PVR 배지에서 각각 7.59, 7.49 mm보다 굵었으며 유의성이 인정되었다.

뿌리 개체당 생체중은 PPV-2와 PPVC 배지에서 각각 2.78, 2.66 g, 관행재배 2.58 g, PPV-3 배지 2.34 g, PPV-1 배지 2.15 g, PVC 배지 2.12 g, PVR 배지 2.02 g 순으로 낮게 나타났으며 PPV-2, PPVC 배지와 PPV-1, PVC PVR배지 간에는 유의성이 인정되었다.

기본형 하우스에서 2년근 인삼의 생육특성을 조사한 결과는 Table 5와 같다. 경장은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지에서 각각 20.4, 19.6, 23.1, 22.1, 20.3, 19.0 cm로 관행재배 25.8 cm보다 짧았으며 관행재배와 PPV-1, 2, PVC, PVR 배지간에는 유의성이 인정되었다. 경직경은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지에서 각각 2.15, 1.93, 2.08, 2.08, 1.82, 1.99 mm로 관행재배에서 2.25 mm보다 작았다. 개체당 엽면적은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지는 각각 79.3, 81.2, 80.2, 80.1, 80.0, 78.6 cm<sup>2</sup>로, 관행재배 82.1 cm<sup>2</sup> 보다 작았다.

지상부 개체당 생체중은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVC, PVR 배지에서 각각 1.74, 2.00, 1.88, 1.84, 1.67, 1.61 g이고 관행재배에서는 1.73 g이었다. PPV-2 배지와 PVR 배지 간에는 유의성이 인정되었다.

뿌리의 길이는 PPV-1, 2, 3, PVC, PVR 배지의 근장은 각각 14.3, 14.1, 14.8, 14.5, 13.2 cm, PPVC 배지가 15.3 cm로 가장 길었고, 관행재배에서는 13.0 cm로 가장 짧았다. PPV-1, 2, 3, PVC, PVR 배지에서의 근장은 각각 14.3, 14.1, 14.8, 14.5, 13.2 cm이고, 관행재배가 8.22 mm으로 가장 굵었다.

뿌리 개체당 생체중은 PPV-1, 2, 3, PPVC, PVR배지에서 각각 2.22, 2.30, 2.21, 2.32, 2.23, 1.83 g으로 관행재배 2.58 g보다 가벼웠으나 유의성이 인정되지 않았다.

기본형 하우스에서는 관행재배와 상토간의 유의차는 나타나지 않았으며, PVC, PVR 배지에서 생육이 약간 저조한 경향은 몽골형 하우스와 비슷하게 나타났다.

이상과 같이 유기농 인삼재배용 배지는 피토모스 펄라이트 및 버미큘라이트를 혼합한 배지에 유기질 및 무기질 자재를 소량 첨가한 배지에서 가장 우량한 인삼을 생산할 수 있었다.

본 연구에서 선발된 인삼의 유기농 배지는 생산자가 쉽게 구입할 수 있으며 배지의 충전이나 보충작업이 간편하고 생육도 양호하여 농약 잔류의 문제가 없는 유기농 인삼용 상토로서 활용할 수 있을 것으로 판단되었다.

## 감사의 글

본 연구는 2011년 농림수산물기술기획평가원 “인삼의 유기농 재배 시스템 개발”의 지원에 의하여 수행된 연구 결과의 일부임.

## 참고 문헌

Choi JE, Lee NR, Han JS, Kim JS, Jo SR, Shim CY and Choi JM. 2011. Influence of various substrates on the growth and yield of organically grown ginseng seedlings in the shaded plastic house. *Korean Journal of Medicinal Crop Sci.* 19: 441-445. [in Korean]  
Jeong CM. 2007. *Standard Ginseng Cultivation Method*. Joongbu Publisher. 530 pp. [in Korean]

Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SE, Kwon H, Cha SW, Park CB, Kim YB. 2010. Investigation of ginsenosides in different parts of *Panax ginseng* cultured by hydroponics. *Korean Society for Horticultural Science.* 28: 216-226. [in Korean]  
Li TSC. 2005. Hydroponic and organically grown American ginseng. *Journal of Ginseng Research.* 29: 182-184.  
Park KW, Yang DS, Lee GP. 2002. Effect of substrate on the population of Korean ginseng(*Panax ginseng* C.A. Meyer) in nutrient culture. *Journal of Bio-Environment Control* 11: 119-204.  
Proctor JTA, Palmer JW, Follett JM. 2010. Growth, dry matter partitioning and photosynthesis in American ginseng seedlings. *Journal of Ginseng Research* 34: 175-182.  
RDA. 2003. *Agricultural Science Technique Research Investigation and Analysis Standard*. Rural Development Administration. Suwon, Korea. [in Korean]