

## 상토의 물리·화학적 특성이 시설하우스 묘삼의 생육에 미치는 영향

최재을<sup>†</sup> · 이누리 · 한진수\* · 김정선 · 조서리 · 심창용\*\* · 최종명  
충남대학교 농업생명과학대학, \*(주)장원, 설록차연구소, \*\*(주)신성미네랄

### Influence of Various Substrates on the Growth and Yield of Organically Grown Ginseng Seedlings in the Shaded Plastic House

Jae Eul Choi<sup>†</sup>, Nu Ri Lee, Jin Soo Han\*, Jeong Sun Kim, Seo Ri Jo, Chang Yong Shim\*\* and Jong Myung Choi

College of Agric. & Life Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

\*Sulloc Cha R&D Center, Jangwon Co. Ltd, Seogwang, 1241, Andeok-myeon, Seogwipo 697-922, Korea.

\*\*Shin Sung Mineral Co. Ltd., Cheonga-myeon, Goesan-gun, Chungbuk 367-833, Korea.

**ABSTRACT :** This research was conducted to investigate the influence of various organic substrates on growth and yield of organically grown ginseng seedlings in a shaded plastic house. In the investigation of optimal substrate, the eight substrate were formulated by adjusting blending rate of peatmoss, perlite, coir dust(coco peat), and vermiculite. Then, the changes in physico-chemical properties of root substrates as well as their influences on the growth characteristics and yield were determined at six months after sowing. The elevation of the blending rate of peatmoss from 50% to 70% with decrease in the rate of inorganic component (mixture of perlite and vermiculite) from 50 to 30% resulted in the increase in container capacities and decrease in total porosities and air-filled capacities. The concentrations of NH<sub>4</sub>-N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> and K increased as the incorporation rate of castor seed meal, phosphate ore, and langbenite, respectively, were elevated during the root medium formulations. The PPV-1 and PPV-4 substrates produced high stem length, stem diameter, shoot fresh weight, leaf area and root length among eight substrate. Root fresh weight was heaviest in PPV-4 compound nursery media. The results of this experiment will be utilized in the new substrate application for ginseng organic culture in shaded vinyl house.

**Key Words :** *Panax ginseng*, Seedlings, Substrates, Growth, Yield, Organic Culture, Vinyl House

## 서 언

인삼 주산지에서는 초작지가 부족하여 토양소독, 표토 제거, 논재배를 통한 담수 등으로 토양 병원균을 제거하거나 객토하여 인삼을 연작하는 경우가 많다. 이러한 재배법은 주로 4년 근 인삼을 생산하는데 적용하고 있지만 6년 근의 홍삼 원료를 생산하는 데는 병 발생에 따른 수량 저하 등 많은 위험 부담을 내재하고 있다. 따라서 많은 농가가 초작이 가능한 지역으로 이동하여 인삼을 재배하고 있다. 또한 인삼을 재배하기 위해서는 1-2년의 예정지 관리, 파종, 이식, 해가림시설 설치, 병충해 및 잡초 방제, 채굴 등의 작업에 많은 노동력이 필요하나 농촌인구의 고령화로 숙련된 노동력이 급속히 감소하고 있다.

초작지 부족 및 농촌인구의 고령화와 함께 잦은 기상재해 등도 인삼생산의 안정화에 걸림돌이 되고 있다. 따라서 이상의 문제점을 극복하기 위한 재배방법을 개발할 필요가 있으며, 무병상토를 이용하여 시설하우스 내의 유기농 인삼재배도

대안이 될 수 있다. 시설하우스 내에서 인삼을 육묘하면 재배 환경을 인위적으로 조절하여 적은 공간에서 대량생산이 가능하고, 유기농 무병묘의 생산, 노동력의 절감 등 많은 장점이 있다. 즉, 인삼의 시설재배는 시설하우스 안으로 빛물의 유입을 막아 병해의 발생을 억제하고, 폭풍우, 저온, 폭설 등의 자연재해를 줄일 수 있다. 따라서 유기농 시설재배법이 개발되면 연작 피해 및 농약잔류 해결과 함께 예정지 관리, 농약살포 및 제조작업 등에 필요한 노동력의 절감이 가능하다.

유기농 묘삼생산은 이상과 같은 여러 장점이 있음에도 불구하고 유기농 인삼재배용 상토 개발, 저비용 재배 시설, 고온피해 해결, 병충해를 방제하기 위한 유기농 친환경 자재의 개발, 유기농 인삼의 유통문제 등이 해결되지 않아 실용화에 어려움이 있다.

그러나 관련 연구는 꾸준히 수행되어 왔는데, 미국삼의 유기농 묘삼생산을 위해 Proctor 등 (2010)은 버미큘라이트, 피트모스, Promix-BX 배지를 이용하여 온실에서 유기농 육묘를

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5729 (E-mail) choije@cnu.ac.kr

Received 2011 October 14 / 1st Revised 2011 December 5 / 2nd Revised 2011 December 6 / Accepted 2011 December 7

하였으나 포장 재배보다 좋은 결과를 얻지 못하였다. Li (2005)는 펠라이트, 피트모스, forestry sand를 혼합한 상토에 미국삼 종자를 파종하고 유기농 비료로 수경재배를 하였으며, 포장재배에 비하여 근중은 50% 이하이나 총 사포닌은 큰 차이가 없었다고 하였다. Park 등 (1986)은 고려인삼을 포트에 심어 양액재배를 한 결과 무기성분에 따라 진세노사이드 함량이 다르다고 하였으며, Park 등 (2002)은 피트모스, 모래, 재활용 압면 또는 입상 압면 등을 이용한 양액재배로 압면배지에서 재배한 결과 수량이 가장 많았다고 하였다. Lee 등 (2010)은 석회보르도액을 활용한 친환경 재배기술을 검토하였고, 하우스 재배를 할 경우 관행재배에 비하여 근중이 44% 증가하였고, 병해의 발생이 현저히 감소하였으며, gisenoside 함량도 차이가 거의 없다고 보고하였다 (Lee et al., 2011).

이상과 같이 인삼의 시설재배 또는 양액재배에 관한 연구가 수행되었으나 아직까지 고려인삼의 유기농 시설재배에 관하여는 수행된 연구 결과가 없다. 유기농 재배가 일반 시설재배 또는 양액재배와 다른 점은 유기농 상토를 이용해야 하며, 화학비료를 녹인 양액 대신 유기질 비료 추출물을 시비해야 한다. 따라서 유기농 인삼재배를 위해서는 유기농 상토의 개발이 가장 중요한 과제이다. 또한 재배 시설, 고온피해, 병충해 방제용 유기농 자재의 개발, 유통문제 등이 해결되어야 실용화가 가능할 것이다.

최근에 유기농산물의 생산 및 소비 증가에 따라 건전묘 생산을 위한 수도용 및 원예용 유기상토가 개발되었으나 아직까지 인삼용 유기상토는 개발되지 않았다. 혼합 상토는 구성 재료의 혼합비율을 변화시켜 보수성과 통기성 등 물리적 특성을 조절하고 상토조제 과정에서 작물의 생육에 필요한 영양분의 추가 및 pH와 EC 등 화학성을 조절한다. 보편적으로 2~4 종류의 유·무기 물질을 조합하여 물리·화학성을 조절하는데, 피트모스나 코이어더스트(코코피트) 등 유기물질은 보수성 증가와 함께 양이온교환용량 증가를 목적으로, 그리고 무기물 중 버미큘라이트는 양이온교환용량 증가 및 양분 공급의 목적으로, 그리고 펠라이트는 통기성과 투수성을 향상시킬 목적으로 혼합한다. 특히 인삼의 생장은 pH와 염류농도에 민감하게 반응하기 때문에 구성 재료의 선택이 매우 중요하다.

따라서 우리나라에서 가장 중요한 약용작물인 인삼의 육묘에 적합한 유기농 상토를 개발하기 위하여 유기농 원자재의 혼합비율에 따라 변화된 상토의 물리·화학적 성질이 묘삼의 생육에 미치는 영향을 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험종자 및 하우스 시설

본 실험은 2010년 4월부터 충남대학교 농업생명과학대학 부속농장의 몽골형 비닐하우스에서 수행하였다. 하우스 구조는

높이 5 m, 너비 8.4 m, 몽골폭 1.2 m, 몽골높이 1.2 m이고, 직사광선을 차단하기 위하여 차광율 85%의 검정색 차광망을 비닐 위에 씌웠다.

스티로폼 포트 (500 × 300 × 170 mm)에 혼합한 상토를 충전하고 충분히 물을 준 다음, 개갑 된 재래종 종자를 농가에 서 구입하여 3 × 3 cm의 간격으로 4월 16일에 파종하였다.

비닐하우스내의 환경 조절을 위해 발아 전에는 15°C 이상, 발아 후에는 25°C 이상으로 온도가 상승할 경우 온도 감지센서에 의해 측면과 몽골 측창의 비닐이 자동으로 개폐되도록 조절하였고, 측면환기에 의해 온도 상승을 억제시켰다. 재배 중 지하수로 관수하였으며 화학 비료나 농약은 전혀 처리하지 않았다.

### 2. 상토 조성

상토는 피트모스, 펠라이트, 버미큘라이트, 코코피트의 혼합 비율을 조절하여 묘삼 생장에 적합하도록 물리적 특성을 조절하였으며, 상토 조제과정에서 천연 인광석, 람베나이트, 고토석회(dolomite), 피마자박을 소량 첨가하였다. 상토 구성재료의 혼합비율은 Table 1에 나타내었다.

### 3. 상토분석

상토의 물리성 분석은 Choi 등 (2007)의 방법에 준해 공극률, 기상률, 액상률 및 가비중을 측정하였다. 상토제조 후 1:5 (상토 : 증류수; v/v)로 희석한 후 그 추출용액의 pH와 EC를 측정하였다. 이 용액에서 NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>는 Thermo Genesys 10 (Thermo Fisher Scientific Inc.)을 이용하여 비색 측정하였고, K, Ca 및 Mg는 pH 7.0 NH<sub>4</sub>OAc 용액으로 추출한 후 원자흡광분석계로 분석하였다. 전반적인 분석 방법은 농촌진흥청 토양화학성 분석 방법 (RDA, 2003)에 준하여 수행하였다.

### 4. 생육조사

생육조사는 9월 27일에 경장, 경직경, 지상부 생체중, 엽면적, 근장, 근직경, 근 생체중을 40개체씩 3반복으로 조사하였다. 통계 분석은 DMRT를 이용하여 유의차를 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 상토의 물리·화학적

인삼 파종 전에 분석한 상토의 물리·화학적 특성은 Table 1과 2에 나타내었다. 토양 물리적 특성에서 피트모스 70%에 펠라이트와 버미큘라이트를 2:1 (v/v)로 조합하여 30% 혼합할 경우 공극률이 78.8~80.6%, 용기용수량이 68.3~70.5%, 그리고 기상률이 8.3~12.3%의 범위로 측정되었다. 그러나 피트모스의 비율을 50%로 낮추고 펠라이트와 버미큘라이트를 4:1

상토의 물리·화학적 시설하우스 묘삼의 생장에 미치는 영향

**Table 1.** The formulation of root substrates used in this study.

Substates	Composition							
	% (v/v)				g/L			
	Pt	Pl	Vc	Co	Po	Lb	Dm	Cm*
PPV-1	70	20	10	–	–	–	–	–
PPV-2	70	20	10	–	0.3	0.4	0.2	2.0
PPV-3	70	20	10	–	0.6	0.8	0.4	4.0
PPV-4	50	40	10	–	–	–	–	–
PPV-5	50	40	10	–	0.3	0.4	0.2	2.0
PPV-6	50	50	10	–	0.6	0.8	0.4	4.0
PC	–	40	–	50	0.3	0.4	0.2	2.0
PV	50	–	50	–	0.3	0.4	0.2	2.0

\*Abbreviations; Pt: Peatmoss, Pl: Perlite, Vc: Vermiculite, Co: Cocopeat, Po: Phosphate ore, Lb: Langbenite, Dm: Dolomite, Cs; Castor seed meal.

**Table 2.** Physical properties of root substrates (RS) used in the experiment.

Substates*	Total porosity (%)	Containe capacity (%)	Air-filled porosity (%)	Bulk density (g/cc)
PPV-1	78.88	70.53	8.35	0.127
PPV-2	78.78	70.53	8.25	0.127
PPV-3	80.59	68.32	12.28	0.131
PPV-4	80.65	67.51	13.14	0.115
PPV-5	80.03	68.81	11.22	0.133
PPV-6	81.15	70.02	11.13	0.119
PC	75.88	67.15	8.73	0.124
PV	72.26	64.59	7.67	0.107

\*See Table 1 for treatment description.

**Table 3.** Chemical properties of substrates determined at the end of experiment in this study.

Substrates*	pH (1 : 5)	EC (dS/m)	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	Avail.P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Ex-Ca	Ex-K	Ex-Na
			(mg/L)		(cmol/L)			
PPV-1	6.38	0.03	124.4	38.2	18.45	23.53	14.95	6.51
PPV-2	6.36	0.14	148.4	43.4	28.85	26.25	14.98	6.92
PPV-3	6.29	0.23	221.2	65.8	110.14	30.44	15.74	7.11
PPV-4	5.97	0.05	91.0	54.6	10.69	21.84	14.95	5.48
PPV-5	5.97	0.13	103.6	77.0	45.86	26.45	14.95	5.87
PPV-6	6.00	0.28	133.0	70.0	92.91	26.86	15.03	6.33
PC	6.45	0.21	56.0	14.0	97.33	4.07	15.30	7.82
PV	6.35	0.20	47.6	53.2	62.16	29.6	17.23	5.49

\*See Table 1 for treatment description.

(v/v)로 조합한 물질을 50%로 조절할 경우 공극률이 80.0-81.2%로, 용기용수량이 67.5-70.0%, 그리고 기상률이 11.1-13.1%로 측정되었다. 이상의 결과를 통해 직경이 큰 펄라이트나 버미큘라이트의 비율이 증가함에 따라 공극률 및 토양통기성의 지표인 기상률이 증가하고, 보수성의 지표인 용기용수량이 감소함을 알 수 있었다.

Table 3에서와 같이 상토의 pH는 5.97~6.45의 범위에 속하

였으며, 피토모스의 비율이 증가하고 펄라이트 비율이 감소하면 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 첨가하지 않은 PPV-1과 4 상토가 각각 0.03과 0.05dS/m로 다른 상토에 비하여 월등히 낮았다. 그러나 유기질 및 무기질 자재를 첨가한 PPV-2, 3, 5, 6, PC 및 PV 상토는 0.13~0.28 dS/m

로 측정되어 무시비구에 비하여 크게 증가하였다.

상토의 NH<sub>4</sub>-N 농도는 47.6~221.2 mg/L, NO<sub>3</sub>-N 농도는 14.0~77.0 mg/L 범위로 피토모스와 피마자박의 함량이 증가함에 따라 이들 성분의 농도도 높아졌다. 인산농도는 18.45~110.14 mg/L로 천연인광석의 첨가량이 많아질수록 농도도 증가하였다. K 농도는 14.95~15.74 cmol/L로 상토의 종류에 따라 차이가 크지 않았다. Ca 농도는 피토모스와 버미클라이트를 혼합한 상토는 21.84~30.44 cmol/L이었으나 피토모스와 버미클라이트가 첨가되지 않은 PC 상토는 4.07 cmol/L로 다른 상토에 비하여 월등히 낮았다.

인삼 재배가 적합한 토양의 화학성은 pH가 5.0~6.0, EC 0.25~0.50 dS/m, 인산 70~200 mg/L, 칼리 0.2~0.5 cmol/L, 칼슘 2.0~4.5 cmol/L이며, 재배 가능한 토양의 화학성은 pH가 6.5 이하, 염류농도 1.0 dS/m 이하, 인산 300 mg/L 이하, 칼리 0.8 cmol/L 이하, 칼슘 6.0 cmol/L 이하이다 (Choi *et al.*, 1996).

본 시험에 사용한 인삼육묘용 상토의 화학성을 위의 기준치와 비교한 결과 pH는 PPV-4, 5, 6 상토가 적합하고 나머지 상토는 허용범위에 포함되었다. EC는 PPV-6 상토만 적합하고 나머지 상토는 약간 부족하였다. 인산은 전 상토가 적합하다고 판단하였다.

인삼종자를 파종하여 7월 27일에 생육특성을 조사한 결과는 Table 4와 같다. 경장은 PPV-1, 2, 4 및 PC 배지에서 8.00~8.75 cm로 PPV-3, 5, 6 및 PV 배지의 6.56~7.24 cm보다 증가하였다. 경직경은 PPV-2, 3, 5, 6 배지에서 1.20 cm 미만이었으나 PPV-1, 4, PC, PV 배지에서는 1.20~1.27 cm 이상으로 약간 증가하였다. 개체당 엽면적은 PPV-2, 3, 5, 6 및 PC 배지가 14.05~14.74 m<sup>2</sup> 이고, PPV-1, 4, PV 배지는 15.43~15.65 m<sup>2</sup> 로 약간 증가하였다.

지상부 개체당 생체중은 PPV-3, 5, 6 배지가 25~27 g이고 PPV-1, 4, PC, PV 배지는 32~34 g으로 약간 증가하였다. 이 상과 같이 경장, 경직경 및 지상부 생체중은 PPV-1, 4, PC 배지에서, 엽면적은 PPV-1, 4, PV 배지에서 생육이 우수한

경향이었으며, PPV-3, 5, 6 배지에서 약간 저조한 경향이였다.

뿌리의 길이는 PPV-1, 2, 4, 6 배지에서 9.22~10.46 cm 이 상이었으며, PPV-3, 5, PC, PV 배지에서는 9.0 cm 미만이었다. 뿌리의 직경은 각각 PPV-5와 6배지가 5 mm 및 5.35 mm이었으며, 나머지 배지에서는 4.55~4.76 mm 이었다.

뿌리 개체당 생체중은 PPV-4 배지가 0.75 g으로 가장 무거웠고, PPV-1 배지 0.68 g, PPV-2 배지 0.60 g, PPV-5 배지 0.58 g, PV배지 0.56 g, PPV-3 배지 0.53 g, PPV-6 배지 0.51 g, PC 배지 0.50 g 순으로 가벼웠다.

이상과 같이 뿌리의 길이는 PPV-1, 2, 4, 6 배지에서, 뿌리 생체중은 PPV-1, 2, 4, 5배지에서 무거웠다. 즉 피토모스, 펠라이트 및 버미클라이트를 5:4:1 및 7:2:1의 비율로 혼합한 배지에서 지상부 및 지하부의 생육이 가장 좋았다. 피토모스와 펠라이트를 혼합한 기본 배지에 유기질 및 무기질 자재를 첨가한 경우 인삼의 생육이 약간 억제되었으며, 첨가량이 증가할수록 억제정도도 증가하였다. 이러한 현상은 유기질 및 무기질 자재의 첨가가 EC를 증가시켰기 때문으로 생각된다. 지상부와 지하부의 생육관계를 보면 지상부의 생육이 좋은 PPV-1, 2, 4 배지에서 뿌리의 길이 및 생체중도 우수하였다.

이상과 같이 인삼육묘용 배지는 피토모스, 펠라이트 및 버미클라이트를 혼합한 배지에 유기질 및 무기질 자재를 첨가하지 않은 배지에서 가장 우량한 묘삼을 생산할 수 있었다. Nam (1990)은 염류농도 증가에 따른 생장억제는 EC 0.3 mmho/cm 이상에서 현저하게 나타났으며 EC 0.1 mmho/cm 에 비해 근중이 40% 이상 감소하였다고 하였다. 따라서 유기질 및 무기질 자재를 첨가하지 않은 배지에서 초기생육이 양호하고 수량이 높았던 것은 인삼의 묘삼이 염류에 매우 약하므로 EC와 관련이 있을 것으로 생각한다.

이상의 결과를 고려할 때 묘삼의 생장은 상토의 물리성과 화학성 모두에 영향을 받았다고 판단한다. 묘삼의 생장량을 극대화시키기 위해서는 물리성중 토양통기성의 지표인 기상율을 13% 이상으로 조절하고, 상토에 존재하는 총 비료량을 나타

**Table 4.** Growth characteristics of ginseng seedlings at six months after sowing in Mongolian shaded plastic house as influenced by various formulations of root substrates.

Substrates*	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Shoot fresh weight (g/plant)	Leaf area (cm <sup>2</sup> / plant)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root fresh weight (g/plant)
PPV-1	8.75a	1.21a	0.33a	15.65a	10.46a	4.55b	0.68b**
PPV-2	8.26ab	1.17a	0.33a	14.56c	9.25b	4.76b	0.60bc
PPV-3	7.21c	1.19a	0.25bc	14.71bc	8.47c	4.55c	0.53cd
PPV-4	8.35ab	1.23a	0.32ab	15.50ab	9.65b	4.76b	0.75a
PPV-5	6.78cd	1.16a	0.27abc	14.74bc	8.09cd	5.00ab	0.58cd
PPV-6	6.49d	1.19a	0.25a	14.44c	9.22b	5.35a	0.51d
PC	8.00b	1.20a	0.34a	14.05c	8.54c	4.65b	0.50d
PV	7.24c	1.27a	0.34a	15.43ab	7.78d	4.62b	0.56cd

\*See Table 1 for treatment description.

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

내는 EC를 0.05dS/m 이하로 조절해야 한다고 판단하였다.

본 연구에서 선발된 인삼의 유기농 배지는 생산자가 쉽게 구입할 수 있으며, 배지의 충전이나 보충작업이 간편하고 물리성이 우수하여 생육도 양호하므로 유기농 인삼용 상토로서 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

### 감사의 글

이 연구는 2010년도 충남대학교 학술연구비에 의해 수행된 결과로 이에 감사를 드립니다.

### LITERATURE CITED

- Argo WR.** (1998). Root medium physical properties. HortTechnology 8:481-485.
- Choi JM, Ahn JW and Ku JH.** (2007). Growth and nutrient uptake of tomato plug seedlings influenced by elevated blending rate of perlite in coir and peatmoss substrates. Horticulture, Environment and Biotechnology. 48:270-276.
- Jeong PG.** (1995). Use of vermiculite in agriculture. Journal of Mineralogical Society of Korea. 8:23-26.
- Lee SW, Kim GS, Hyun DY, Kim YB, Kim JW, Kang SW and Cha SW.** (2010). Effects of spraying lime-bordeaux mixture on yield, ginsenoside, and 70% ethanol extract contents of 3-year-old ginseng in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:157-161.
- Lee SW, Kim GS, Hyun DY, Kim YB, Kim JW, Kang SW and Cha SW.** (2011). Comparison of growth characteristics and ginsenoside content of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) cultivated with green house and traditional shade facility. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19: 157-161.
- Li TSC.** (2005). Hydroponic organically grown American ginseng. Journal of Ginseng Research. 29:182-184.
- Mok SG, Lee IH and Chun SG.** (1996). Korea ginseng. In Choi *et al* (ed.) Korea Ginseng & Tobacco Research Institute. DaeJeon, Korea. p.145-147.
- Nam KY.** (1990). Concentration on the growth and yield of Korean ginseng plant(*Panax ginseng* C.A. Meyer). Chungnam National University Press. DaeJeon, Korea. p.63-64.
- Olympious CM.** (1992). Soilless media under protected cultivation rockwool, peat, perlite and other substrates. Acta Horticulturae. 323:215-231.
- Park H, Lee MK and Lee CH.** (1986). Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on ginsenoside composition of *Panax ginseng* root grown with nutrient solution. Journal of Korean Agricultural Chemical Society. 29:78-82.
- Park KW, Yang DS and 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 and 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.
- Wilson GCS.** (1986). Use of vermiculite as a growth medium for tomatoes. Acta Horticulturae. 150:283-288.
- Yi ES, Choi BY, Yoon ST and Kim YH.** (2007). Effect of nurseries on production of high quality seedlings in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:177-1182.