

비닐하우스에서 인삼 직파재배 시 유기물 처리에 따른 연차간 입모율 및 생육특성

박홍우* · 모황성* · 장인배* · 유진* · 이영섭* · 김영창* · 박기춘* · 이응호*[†] · 김기홍* · 현동윤**

*농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부, **농촌진흥청 국립원예특작과학원 기획조정과

Emergence Rate and Growth Characteristics of Ginseng Affected by Different Types of Organic Matters in Greenhouse of Direct-Sowing Culture

Hong Woo Park*, Hwang Sung Mo*, In Bae Jang*, Jin Yu*, Young Seob Lee*, Young Chang Kim*, Kee Choon Park*, Eung Ho Lee*[†], Ki Hong Kim* and Dong Yun Hyun**

**Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 369-873, Korea.*

***Planning and Coordination Division, RDA, Suwon 441-440, Korea.*

ABSTRACT : Shading and soil environment are the main factors of growth and yield in ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). Ginseng yield is directly related to survival rate because of increased missing plant for their growing period. Under field conditions, diseases and pests significantly affect plant survival rate. We evaluated the seedling establishment, growth and ginsenoside of the ginseng plants, under controlled management conditions in a plastic greenhouse, when their treated with different types of organic matter. Ginseng seeds were sown at a rate of three seeds per hole, and the seeding space measured 10 cm × 15 cm. Compared to the control, treatment of cattle manure vermicompost (CMV) was shown to increase seedling establishment and decrease ginsenoside content. Root weights of plants treated with CMV were higher than those of plants treated with other types of organic matter. In addition, seedling establishment of 2-year-old ginseng plants was decreased when it was compared to that of 1-year-old ginseng plants. Our results indicated that organic matter type and rate were associated with seedling establishment, growth characteristic and ginsenoside content in greenhouse of ginseng direct-sowing culture.

Key Words : *Panax ginseng*, Plastic Greenhouse, Seedling Establishment, Organic Matter, Emergence Rate

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 다년생 반음지성 작물로서 해가림 시설에서 재배되고 있으며, 해가림 시설은 인삼의 상품성 및 수량과 직결되기 때문에 이에 관한 연구는 지속적으로 수행되고 있다. 특히 해가림의 골조자재 및 구조, 피복자재의 종류, 생육 시기별 적정 광량의 구명, 미기상 환경 등에 관한 꾸준한 연구가 있었다 (Kim *et al.*, 1985; Lee, 2007; Oh *et al.*, 2010; Mok, 2011). 최근 지구 온난화에 따른 국지성 집중호우 등 이상기상에 대응하기 위한 방안으로 관행 해가림 인삼 재배보다 각종 재해에 안전성이 높은 비닐

하우스 재배가 관심을 받고 있다 (Choi *et al.*, 2012).

인삼의 직파재배는 이식재배에 비하여 생력화가 가능하고 묘삼의 구입 비용과 생산비를 절감할 수 있으며, 단위 면적당 생산량도 증가해 다수확이 가능하다 (Lee *et al.*, 1988, 2005; Seong *et al.*, 2010). 비닐하우스 재배는 기계적 장치를 설치하면 수분, 광량 등의 환경조절이 쉽고, 강우의 차단으로 병 발생이 적어서 작물보호제의 살포량을 줄일 수 있을 뿐 아니라 재배 안정성도 높다 (Nam *et al.*, 1980; Chen *et al.*, 1991; Lee *et al.*, 2011). 이와 같은 요인으로 하우스 직파재배 시 수량의 증가는 가능하지만 종자의 발아가 불균일하여 입모율이 낮아지는 단점이 있다 (Won and Jo, 1999; Lee *et*

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5551 (E-mail) leh6565@korea.kr

Received 2014 November 19 / 1st Revised 2014 December 4 / 2nd Revised 2015 January 7 / 3rd Revised 2015 January 20 / 4th Revised 2015 January 29 / 5th Revised 2015 February 2 / Accepted 2015 February 4

This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

al., 2005).

인삼은 한곳에서 최소 4~6년간 재배해야 하기 때문에 토양의 물리화학적 성에 크게 영향을 받는데, 예정지 관리 시 이를 보완하기 위하여 유기물을 사용한다 (Park et al., 1984; Lee et al., 1989). 논삼 재배에서는 볏짚, 가공발효퇴비 및 우분퇴비를 이용하고, 밭삼 재배에서는 퇴비 및 가축 분뇨를 많이 사용하고 있다 (Nam et al., 2002).

하우스 재배에서도 토양에 유기물을 적정하게 사용하면 토양 물리성 개선, 양분공급, 토양수분 유지, 미생물 활성 촉진 등 인삼 생육에 좋은 영향을 미친다. 유기물은 병원균의 생육을 억제하는 물질을 생성하여 토양병 발생 (모잘록병)을 억제한다 (Chung, 1989). 그러나 미부숙 유기물은 출아율을 감소시키기도 한다 (Lee et al., 2003). 유기물 처리시 토양의 물리성이나 시비관리 등의 재배법은 생산성에 영향을 미친다 (Lee et al., 1990, 1995; Jin et al., 2009; Kim and Jung, 2000).

인삼의 비닐하우스 재배에서 안정적인 입모율의 확보와 영양생리에 관한 연구가 이루어진다면 고품질 인삼의 집약생산이 가능할 것으로 보인다. 관행 해가림 시설에서 인삼을 이식 재배 할 경우 안정적인 생장을 위해서는 2~3년 동안의 예정지 관리가 필요하며, 비닐하우스에서 직파재배를 할 경우 예정지 관리에 사용되는 유기물의 종류에 따라 입모율의 차이가 크다 (Li and Wallis, 1994; Lee et al., 2003; Jang et al., 2014). 따라서 인삼 비닐하우스 직파재배 시 기비로 사용한 유기물의 종류에 따른 1~2년생 인삼의 입모율과 생육의 차이를 구명하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 유기물 처리 및 파종

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부의 육종포장에서 채종한 재래종을 이용하였다. 종자는 2012년 8월에 채종한 자경종을 개갑하여 $-2 \pm 1^\circ\text{C}$ 조건이 유지되는 저온저장고 [(주) JEILFINETECH, Cheonan, Korea]에 저장하여 사용하였다. 파종 전 직경 4 mm 이상의 건실한 종자를 분리하고 침중한 뒤 선별한 종자를 상온에서 24시간 동안 음건하여 2013년 4월 3일에 파종하였다. 토양에 사용한 유기물의 종류는 우분퇴비, 우분분변토, 볏짚퇴비, 왕겨숯, 갈잎퇴비 등 5종으로써 왕겨숯을 제외한 4종의 유기물은 10a당 1, 2, 3 ton씩, 왕겨숯은 10a 당 1, 2, 3 kl씩 각각 사용하고 파종 7주 전 토심 30 cm 내에 혼합 처리하였다. 재식밀도는 9행 \times 12열 (이랑규격 90 cm \times 180 cm)이었으며 모든 처리구는 입모율 확보를 위해 혈당 3립씩 파종하였다. 시험구는 난괴법 3반복으로 배치하였고 처리구당 면적은 3.24 m^2 로 하였다.

2. 예정지관리 및 토양분석

토성은 사질양토이었으며, 2012년 3월에 유박 1,200 kg/10a를 사용하고 호밀과 수단그라스를 재배하여 토양에 혼화하는 방법으로 예정지 관리를 1년 동안 하였다. 유기물은 Solvita® Digital Color Reader (Woods End Laboratories Inc., Mount Vernon, ME, USA)를 이용하여 부숙도를 측정 한 후 시험에 이용하였으며, 유기물과 토양화학성 분석은 농촌진흥청 식물체 및 토양 분석법에 준하여 실시하였다 (NIAS, 2000). 재배관리는 농촌진흥청 인삼 표준영농교본에 준하여 관리하였다 (RDA, 2009).

3. 비닐하우스 재배조건 및 생육특성 조사

비닐하우스의 규격은 측고 2.3 m, 동고 4.3 m, 폭 6 m, 길이 52 m의 2 연동이었으며 피복자재는 투광률이 10%인 청색 필름을 사용하였다. 비닐하우스 내 온도, 상대습도 및 광도는 Skye Data Hog (Skye Instruments Ltd., Llandrindod Wells, England)를 이용하여 측정하였다. 지상부 생육은 초장, 경장, 경직경, 엽장, 엽폭 등을, 뿌리는 근장, 근중, 잠아폭, 잠아길이, 근경, 지근수 등을 각각 조사하였고, 엽록소 측정은 SPAD-502Plus (Konica Minolta Inc., Tokyo, Japan)를 이용하여 측정하였다. 파종 후 1년생 및 2년생 인삼의 입모율과 생육조사를 하였는데, 입모율은 전체 주수를, 생육은 반복당 15개체를 채취하여 각각 조사하였다. 파종 후 입모율과 지상부 생육은 6월 20일에, 지하부는 10월 18일에 채취하여 각각 조사하였다. 모든 실험 통계처리는 SAS (Statistical Analysis System, version 4.3, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하였다.

4. 진세노사이드 분석

지하부의 사포닌 분석을 위해 10월 20일에 1년생 묘삼을 채취하여 9종의 진세노사이드를 분석하였다. 진세노사이드 표준품 9종은 Rg₁, Re, Rf Rb₁, Rg₂, Rc, Rb₂, Rb₃, Rd (Chroma Dex Inc., Santa Anna, CA, USA)였고 분석을 위한 용매는 GR-grade였다. HPLC는 1100 series (Agilent Technologies Inc., Waldbronn, Germany)를 사용하였고 분석을 위한 Column은 Halo® RP-Amide 4.6 \times 150 mm, 2.7 μm (Advanced Material Technology Ltd., Wilmington, DE USA)을 사용하였으며, injection volume은 뿌리와 지상부 각각 10 μl , 5 μl 이었다. HPLC 검출조건은 detector DAD 203 nm, run time 35 min였고 이동상은 0.5~0.8 ml/min이었으며 elution condition 각각 0-1 min, 27% B; 1-6 min, 28% B; 6-10 min, 28% B; 10-30 min, 34% B; 30-33 min, 80% B and 33-35 min, 27% B였다. 분석에 사용된 인삼 샘플은 동결 건조하여 분쇄한 100 mg을 2 ml micro tube에 취해 60분 동안 초음파추출 (Powersonic 410; Hwashin Tech.,

Seoul, Korea)하였다. Sep-Pak Plus C18 cartridges (Waters Corp., Milford, MA, USA)에 MeOH (70%)로 추출하였고 용액은 membrane filter (with a pore size of 0.45 μm)로 추출하여 최종 volume은 1 ml로 하였다.

결과 및 고찰

1. 비닐하우스 내부 미세환경

비닐하우스 내 광도는 오후 1시에, 기온과 상대습도는 오후 2시에, 지온은 오후 3시에 매일 측정된 후 월별 평균값을 산출하여 Table 1에 나타내었다. 6월에서 9월까지의 비닐하우스 내 습도는 7월에 90%, 기온, 지온 및 광도는 8월에 31°C, 25°C 및 131 μmol·m⁻²·s⁻¹로 다른 달에 비하여 각각 높았다. 인삼의 광포화점은 생육적온인 15~20°C에서 162~202 μmol·m⁻²·s⁻¹이고 온도가 30°C 이상일 때는 81~108 μmol·m⁻²·s⁻¹가 적합하다고 하였다 (Jeong, 2007). 또한 Lee 등 (2011)은 관행해가림보다 비닐하우스가 8월 상순 평균기온이 1.3°C 높았다고 하였다. 본 실험에서 1년생의 지상부가 10월 하순까지 유지되어 기상환경에 의한 장애는 크지 않았던 것으로 생각된다.

2. 유기물 종류 및 사용량별 토양 화학성의 변화

이산화탄소 (CO₂) 함량에 따른 색도 값으로 측정된 유기물의 부숙도는 우분퇴비, 우분분변토, 왕겨숯, 갈잎퇴비 등은 부숙 중기였고, 볏짚퇴비는 7.30으로 부숙 후기였다. 암모니아 (NH₃)의 색도는 4.7로 처리 간에 차이가 없었다. CO₂의 함량은 우분분변토 0.26%, 볏짚퇴비 0.14%였고, 암모니아의 함량은 갈잎퇴비가 0.07 μg으로 낮았다 (Table 2).

유기물의 화학성 중 총질소 (T-N)의 함량은 갈잎퇴비가 2.82%로 높았고 유기물 (OM)은 우분퇴비가 650.31 g/kg으로 다른 유기물에 비하여 많았다. P₂O₅ 함량은 우분분변토가 1.96%, K₂O은 왕겨숯이 1.57%, CaO은 갈잎퇴비가 5.12%, MgO은 우분퇴비와 우분분변토가 1.05%, Na₂O은 우분퇴비가 0.35%로 각각 다른 유기물에 비해 높았다. 그리고 Fe 함량은 우분분변토가 11,122 mg/l (1.00%), Zn은 우분퇴비가

328.83 mg/l, Mn과 Cu는 볏짚퇴비가 각각 1349 mg/l, 84.87 mg/l 이었다 (Table 3).

유기물의 처리에 따른 토양 화학성 분석 결과는 Table 4와 같다. 유기물의 처리량에 따라 pH, EC, 무기성분, 유기물의 함량은 증가하는 경향이었고, 인삼 재배를 위한 토양화학성 기준에 적합 또는 허용 범위에 포함되었으나 P₂O₅ 함량은 우분퇴비 3톤과 우분분변토 2, 3 ton을 사용한 경우 과다한 수준이었다. 유기물 함량은 대조구, 우분퇴비 1 ton, 우분분변토 2 ton 이하, 볏짚퇴비, 왕겨숯 2 ton 이하, 갈잎퇴비 1 ton 등을 사용하였을 때 부족한 것으로 나타났다 (RDA, 2009; Park *et al.*, 2014). 우분퇴비 3 ton과 왕겨숯 3 kl 처리구의 pH는 각각 6.73과 6.80으로 나타나 인삼 재배에 적합한 범위를 초과

Table 1. Monthly changes of average temperature, relative humidity and light intensity in a plastic greenhouse.

Month	Air ^{a)} temperature (°C)	Soil temperature (°C)	Relative humidity (%)	Light intensity (μmol·m ⁻² ·s ⁻¹)
June	27	21	85	68
July	27	23	90	91
August	31	25	79	131
September	25	21	64	118

^{a)}Measured time; air temperature and relative humidity, 2 p.m.; soil temperature, 3 p.m.; light intensity, 1 p.m.; everyday.

Table 2. Decomposed degree of organic fertilizers used for the experiment.

Organic fertilizer	Color ^{b)}		Contents	
	CO ₂	NH ₃	CO ₂ (%)	NH ₃ (μg)
CM ^{a)}	5.7	4.7	0.55	0.09
CMV	6.6	4.7	0.26	0.08
RSM	7.3	4.7	0.14	0.09
RHC	5.4	4.7	0.69	0.09
OLM.	5.4	4.7	0.67	0.07

^{a)}CM; Cattle Manure, CMV; Cattle Manure Vermicompost, RSM; Rice Straw Manure, RHC; Rice Husk Charcoal, OLM.; Oak Leaves Manure.

^{b)}Color range; CO₂ 1 ~ 8, NH₃ 1 ~ 5.

Table 3. Total nitrogen, organic matter and mineral content of organic fertilizer used for the experiment.

Organic fertilizer	T-N (%)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (%)	K ₂ O (%)	CaO (%)	MgO (%)	Na ₂ O (%)	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)
CM ^{a)}	1.89	650.31	1.22	1.27	2.26	1.05	0.35	3967.65	460.15	328.83	76.20
CMV	1.56	239.91	1.96	1.04	3.19	1.05	0.13	11122.31	692.37	326.18	65.75
RSM	0.66	125.39	0.16	0.36	0.74	0.41	0.02	10379.69	1349.85	129.81	84.87
RHC	0.12	502.08	0.19	1.57	0.35	0.11	0.03	876.25	538.02	66.08	11.81
OLM.	2.82	433.67	1.14	1.50	5.12	0.94	0.09	5242.63	1110.59	149.15	38.99

^{a)}CM; Cattle Manure, CMV; Cattle Manure Vermicompost, RSM; Rice Straw Manure, RHC; Rice Husk Charcoal, OLM.; Oak Leaves Manure.

Table 4. pH, EC, organic matter and mineral content of soil before culture in ginseng.

Treatment	pH	EC	OM	NO ₃	P ₂ O ₅	K	Mg	Na	Ca	
		dS/m	(g/kg)	(mg/kg)	(mg/kg)	(cmol ⁺ /kg)				
Control	6.17	0.13	4.13	3.25	168.05	0.09	0.98	0.04	5.62	
CM ^{a)}	1 ton ^{b)}	6.23	0.28	9.69	10.72	182.59	0.08	1.21	0.08	6.09
	2 ton	6.38	0.52	11.31	20.05	240.62	0.06	1.16	0.12	6.07
	3 ton	6.73	0.79	11.79	32.02	387.61	0.08	1.51	0.24	6.03
CMV	1 ton	6.27	0.14	4.05	3.73	194.59	0.09	0.95	0.04	4.81
	2 ton	6.38	0.20	5.56	7.14	359.64	0.09	0.98	0.05	5.03
	3 ton	6.49	0.69	11.01	26.84	600.31	0.12	1.60	0.13	7.15
RSM	1 ton	6.12	0.18	4.05	3.32	202.61	0.10	0.80	0.05	4.07
	2 ton	6.31	0.21	7.38	5.43	223.28	0.12	0.95	0.05	5.82
	3 ton	6.34	0.38	7.83	8.98	190.63	0.19	1.21	0.07	6.09
RHC	1 kl	6.14	0.12	4.00	1.46	162.36	0.08	0.75	0.04	3.94
	2 kl	6.31	0.12	7.67	2.42	177.18	0.07	1.13	0.04	6.03
	3 kl	6.80	0.19	10.07	4.19	163.89	0.09	1.05	0.04	6.13
OLM	1 ton	6.07	0.26	7.57	13.33	172.54	0.10	1.01	0.04	5.11
	2 ton	6.36	0.34	10.83	20.72	203.04	0.07	1.29	0.05	7.18
	3 ton	6.47	0.51	10.65	35.05	232.41	0.07	1.27	0.07	6.63

^{a)}CM; Cattle Manure, CMV; Cattle Manure Vermicompost, RSM; Rice Straw Manure, RHC; Rice Husk Charcoal, OLM.; Oak Leaves Manure.
^{b)}Supply amount of organic fertilizer per 10a.

하였고 타 처리구는 적정범위 수준이었다. EC는 0.50 dS/m 이하가 밭토양의 기준인데 우분퇴비와 우분분변토 3 ton 처리구에서 0.79 dS/m와 0.69 dS/m로 높았고 무처리, 우분분변토 1 ton, 왕겨숯 1 및 2 kl 시용구에서 0.1 dS/m로 낮았다. 질산태 질소 (NO₃) 함량은 모든 유기물에서 시용량이 많을수록 증가하였으며, Na 함량은 우분퇴비 3 ton 시용구에서 0.24 cmol⁺/kg로 가장 많았다. OM, K, Ca, Mg 등의 함량은 유기물의 처리량이 많을수록 증가하는 경향이였다. 특히 유기물 함량은 무처리와 우분분변토 1 ton 시용구에서 4.13 g/kg, 왕겨숯 1 kl 에서 4.00 g/kg 으로 타 처리에 비하여 낮았다.

우분퇴비와 우분분변토를 사용한 토양의 경우 시용량이 증가할수록 무처리구에 비하여 P₂O₅와 Na의 함량이 크게 많아졌는데, 이는 이들 두 유기물 자체의 P₂O₅와 Na₂O의 함량이 높았던 것에 기인된 것으로 생각된다. 또한 토양의 NO₃ 함량도 유기물의 시용량 증가와 함께 증가하였다. 유기물은 토양의 비옥도를 높여 작물의 생산력에 영향을 미치며 미생물에 의해 분해되어 영양원소를 공급할 뿐 아니라 토양입자의 구조 개선으로 공기와 수분의 이동을 촉진하고 토양 원충작용 등의 토양환경에 영향을 미친다 (Chung, 1989; Loveland and Webb, 2003). 미국삼 종자는 토양 중 인산 (P₂O₅)의 농도가 150~200 ppm 범위일 때 입모율이 증가하고 결주율은 감소한다 (Thomas and Michael, 1994). 그러나 묘삼의 생육시기에는 모잘록병에 의한 결주가 많이 발생한다 (Lee et al., 1978, Yu et al.,

1990). 이러한 결과들은 토양환경이나 종자의 상태가 인삼의 결주, 생장, 생리장해 등에 영향을 끼침을 보여주는 것이다.

3. 유기물 종류 및 시용량별 1년생 인삼의 입모율과 생육특성

유기물의 종류와 처리량에 따른 파종혈당 입모율은 우분퇴비 3 ton에서 99.6%로 높았고 무처리와 갈잎퇴비 3 ton에서는 83.3%와 89.8%로 낮았다. 혈당 3립씩 파종한 종자 중 1립 입모율은 처리 간에 차이가 없었으며, 2립 입모율은 우분분변토 3 ton 시용구에서 36.1%로 높았고 무처리와 왕겨숯 3 kl에서 각각 24.4 및 25.3%로 낮았다. 그리고 3립이 모두 출아한 경우는 왕겨숯 3 kl 에서 66.7%로 가장 높았고 갈잎퇴비 3 ton에서 52.2%로 낮았다. 파종구 내 유기물 종류에 따른 3립 출아율은 유의성이 없었고 2립 입모율은 우분분변토 3 ton에서 높았다 (Fig. 1). 종자 파종 후 유기물의 종류에 따른 인삼 종자의 입모율은 갈잎퇴비 3 ton이 89.8%로 가장 낮았고, 2년생에서도 83.3%로 낮았다. 그러나 무처리의 입모율은 1년과 2년차에 83.3%와 66.4%로서 유기물 처리구에 비하여 크게 낮았으며, 왕겨숯 2 kl를 제외한 유기물 처리에서는 1년차에 비하여 2년차에 결주율이 증가하였다. 입모율은 유기물의 종류 및 시용량에 따라 차이가 있을 뿐 아니라 파종 당년 종자의 입모율이 다음해의 입모율에 영향을 끼친다는 것이 확인되었다 (Table 5). 인삼 직파재배의 경우 입모율은 토양환경에 따라 크게 영향을 받는데, 입모율에 대한 자세한 연구보고는

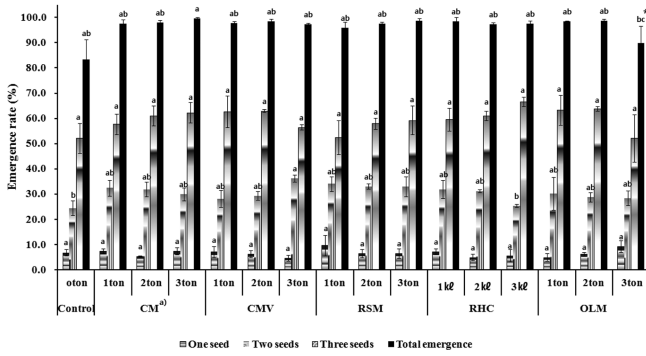


Fig. 1. Effect of organic fertilizer on emergence rate in 1-year-old ginseng. ^{a)}CM; Cattle Manure, CMV; Cattle Manure Vermicompost, RSM; Rice Straw Manure, RHC; Rice Husk Charcoal, OLM.; Oak Leaves Manure. *Error bars represent \pm SE (n = 3). Different letters indicate values significantly different by the DMRT ($p < 0.05$).

없으나 묘삼 이식재배에서의 결주율은 2년근 14.1%, 2~3년근 6.0%, 5년근 10.6%, 6년근 15.8%로 나타났다 (Kim, 1985). 인삼은 전반적으로 고년생으로 갈수록 결주율이 높아 지므로 초기에 높은 입모율을 확보하는 것이 매우 중요하다. 묘삼 생산 시 토양 중의 NO₃, P₂O₅, Na의 함량이 많으면 모질류병과 생리장해의 발생으로 인한 결주가 많아져 입모율이 감소한다 (Kang *et al.*, 2007, Hyen *et al.*, 2009, Park *et al.*, 2014). 하지만 하우스 직파재배 시 기비로 유기물을 사용하면 입모율이 높아지는 것으로 나타났다.

종자의 크기는 개갑률과 생존율에는 영향을 미치지 않고 생육에 주로 영향을 미치며, 종자 과중이나 묘삼 이식 시 강수량 또는 토성에 따라 토양 함수량이 차이를 보이는데, 사양토의 경우 토양수분 함량이 60%인 경우에 고사율과 근 부패가 적었으며, 이보다 많거나 적으면 고사율은 점차 증가 한다 (Nam *et al.*, 1980; Lee *et al.*, 1985, 2008).

지상부 생육에 있어서 초장은 무처리와 갈잎퇴비 3 ton에서 15.07과 15.29 cm로 타 처리에 비하여 길었고 우분퇴비 1 ton에서는 12.31 cm로 짧았다. 경장은 갈잎퇴비 3 ton에서 11.67 cm로 길었고, 우분퇴비 1 ton에서 9.11 cm로 짧았다. 경직경은 왕겨숯 3 kl에서 1.04 cm로 컸고 왕겨숯 1 kl와 2 kl에서는 0.72 cm로 작았다. 엽장은 우분퇴비 2 ton에서 4.15 cm로 가장 길었고 벚짚퇴비 3 ton에서 3.40 cm로 짧았으며, 엽폭은 갈잎퇴비 3 ton에서 1.97 cm로 넓었고 2 ton에서 1.76 cm로 좁았다. 엽면적은 우분퇴비 3 ton과 벚짚퇴비 2 ton에서 각각 11.84 cm², 11.61 cm²로 넓었고 왕겨숯 3 kl에서 8.21 cm²로 좁았다. 그러나 잎의 SPAD 값은 벚짚퇴비와 왕겨숯 3 ton에서 각각 36.95와 36.67로 높았다. 유기물 종류에 따른 평균 지상부 생육을 보면 초장은 갈잎퇴비에서 14.67 cm로 길었고 경장은 우분분변토와 갈잎퇴비에서 10.84 cm로 길었으며, 경직경은 0.99 mm로 우분퇴비에서 가장 굵었다. 엽장과 엽폭은 우분

Table 5. Emergence rate as affected by organic fertilizer in 2-year-old ginseng.

Organic fertilizer		Emergence rate (%)		
Type	Supply amount per 10a	1 st year	2 nd year	Reduction of yearly
CM ^{a)}	0 ton ^{b)}	83.3	66.4	17.0
	1 ton	97.5	91.4	6.2
	2 ton	98.1	89.5	8.6
	3 ton	99.7	94.4	5.2
	Mean	94.7	85.4	9.3
CMV	0 ton	83.3	66.4	17.0
	1 ton	97.8	89.2	8.6
	2 ton	98.5	85.8	12.7
	3 ton	97.2	95.4	1.9
	Mean	94.2	84.2	10.0
RSM	0 ton	83.3	66.4	17.0
	1 ton	96.0	85.8	10.2
	2 ton	97.5	89.8	7.7
	3 ton	98.8	95.1	3.7
	Mean	93.9	84.3	9.6
RHC	0 kl	83.3	66.4	17.0
	1 kl	98.5	87.7	10.8
	2 kl	97.2	98.1	-0.9
	3 kl	97.5	92.6	4.9
	Mean	92.6	83.3	9.3
OLM	0 ton	83.3	66.4	17.0
	1 ton	98.5	95.4	3.1
	2 ton	98.8	88.0	10.8
	3 ton	89.8	83.3	6.5
	Mean	94.1	86.2	7.9
Type (A)	ns	ns	ns	
Supply amount per 10a (B)	*** ^{c)}	***	ns	
Interaction (A × B)	***	***	ns	

^{a)}CM; Cattle Manure, CMV; Cattle Manure Vermicompost, RSM; Rice Straw Manure, RHC; Rice Husk Charcoal, OLM.; Oak Leaves Manure.

^{b)}Supplied amount of organic fertilizer per 10a.

^{c)}ns, *, **, ***, Non-significant and significant at $p = 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$, respectively.

퇴비에서 3.84, 우분분변토 1.89 cm로 각각 길거나 넓었고 엽면적은 갈잎퇴비에서 10.75 cm²로 타 처리에 비하여 넓었다. 유기물의 종류에 따른 초장, 경장, 경직경과 유기물의 사용량 별 초장, 경장, 경직경, 엽장, 엽면적 등은 고도의 유의성이 있었지만 유기물의 종류와 처리량 간의 상호작용 효과는 없는 것으로 나타났다 (Table 6).

Jin 등 (2009)은 연근별 (2~5년생) 인삼의 생육이 양호한

Table 6. Effect of organic fertilizer on the growth of aerial part in ginseng.

Organic fertilizer		Plant height (cm)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf area (cm ²)	SPAD value
Type	Supply amount per 10a							
CM ^{a)}	0 ton ^{b)}	15.07	11.09	0.83	4.03	1.89	10.20	34.98
	1 ton	12.31	9.11	0.99	3.59	1.89	10.19	35.67
	2 ton	13.67	9.55	0.94	4.15	1.92	11.84	35.28
	3 ton	13.84	10.23	1.03	3.68	1.81	9.16	33.60
	Mean		13.27	9.63	0.99	3.81	1.87	10.40
CMV	0 ton	15.07	11.09	0.83	4.03	1.89	10.20	34.97
	1 ton	13.97	10.82	0.94	3.89	1.93	10.59	35.95
	2 ton	14.46	10.67	0.94	4.06	1.87	11.39	35.41
	3 ton	14.75	11.03	0.97	3.56	1.88	9.66	34.98
	Mean		14.39	10.84	0.95	3.84	1.89	10.71
RSM	0 ton	15.07	11.09	0.83	4.03	1.89	10.20	35.51
	1 ton	13.77	10.08	0.85	4.02	1.89	10.21	35.42
	2 ton	14.07	10.24	0.81	3.84	1.91	11.61	34.98
	3 ton	13.80	10.23	0.75	3.40	1.84	9.03	36.95
	Mean		13.88	10.19	0.80	3.74	1.88	10.28
RHC	0 kl	15.07	11.09	0.83	4.03	1.89	10.20	36.25
	1 kl	14.24	10.32	0.72	3.82	1.96	11.38	34.98
	2 kl	13.71	9.82	0.72	3.76	1.80	9.86	34.43
	3 kl	13.30	9.79	1.04	3.49	1.78	8.21	36.47
	Mean		13.75	9.97	0.83	3.69	1.85	9.82
OLM	0 ton	15.07	11.09	0.83	4.03	1.89	10.20	34.98
	1 ton	14.82	10.66	0.95	4.02	1.92	10.98	34.55
	2 ton	13.89	10.20	0.94	3.66	1.76	10.07	35.03
	3 ton	15.29	11.67	0.98	3.66	1.97	11.18	36.67
	Mean		14.67	10.84	0.95	3.78	1.88	10.75
Type (A)		*** ^{c)}	***	***	ns	ns	ns	ns
Supply amount per 10a (B)		***	***	***	***	ns	***	ns
Interaction (A × B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^{a)}CM; Cattle Manure, CMV; Cattle Manure Vermicompost, RSM; Rice Straw Manure, RHC; Rice Husk Charcoal, OLM.; Oak Leaves Manure.

^{b)}Supplied amount of organic fertilizer per 10a.

^{c)}ns, *, **, ***, Non-significant, significant at $p = 0.05, 0.01$ and 0.001 , respectively.

포지와 불량한 포지의 토양 화학성에 대하여 보고하였는데, Ca, Mg 및 K의 성분비로 우량 포지는 6:2:1, 불량 포지는 4:2:1이었고 4년근의 생리장해 미 발생 포지는 9:3:1이라고 하였다. 묘삼 생산 시 초장과 관련된 육묘상토의 Ca, Mg 및 K의 비율을 보면 70:13:1이었던 갈잎퇴비 시용구에서 초장이 길었고 70:14:1이었던 우분퇴비 시용구에서는 초장이 짧았다. 지하부 생장은 우분분변토를 시용한 육묘용토에서 Ca, Mg 및 K의 비율이 57:11:1일 때 근장, 근직경, 잠아장, 잠아폭, 근중 등의 생육이 좋았다. Park 등 (2014)은 묘삼 상토 재배 시 근장, 근직경, 근중이 우수했던 상토의 Ca, Mg 및 K의 비율은 9:6:1이라고 하였다. 이러한 결과에서 육묘상토

의 Ca, Mg, K의 비율 중 묘삼의 생육에 가장 큰 영향을 미치는 성분은 Ca라는 것을 추정할 수 있다. 즉, 우량한 묘삼의 생산을 위한 육묘상토의 Ca 함량은 토양육묘의 경우 Mg와 K를 합친 함량의 475% 이상이어야 하고, 피트모스와 펄라이트 등을 혼합한 인공상토에서는 30% 정도 많아야 한다는 것을 알 수 있다. 토양을 이용한 육묘와 인공상토를 이용한 육묘에서 우량묘삼 생산을 위한 육묘상토의 양이온 중 Mg와 K에 대한 Ca의 함량 비율이 차이가 있는 것은 좀 더 세밀한 연구를 통하여 밝혀야 하겠지만, 인삼 육묘상토의 Ca 함량은 Mg와 K를 합한 것보다 많아야 한다는 사실이 여러 연구를 통하여 확인되었다. 본 연구에서는 모든 처리가 Ca의 함량이 높은

Table 7. Effect of organic fertilizer on the growth of root part in ginseng.

Organic fertilizer		Root length (cm)	Root diameter (mm)	Latent bud width (mm)	Latent bud length (mm)	Root weight (g)	No. of lateral root (ea)
Type	Supply amount per 10a						
CM ^{a)}	0 ton ^{b)}	10.94	3.87	1.21	1.76	0.44	12.90
	1 ton	6.90	4.62	1.32	1.63	0.38	9.63
	2 ton	8.91	4.34	1.27	1.61	0.42	10.97
	3 ton	8.27	5.07	1.38	1.75	0.51	11.97
	Mean	8.03	4.67	1.32	1.66	0.44	10.86
CMV	0 ton	10.94	3.87	1.21	1.76	0.44	12.90
	1 ton	9.91	4.59	1.31	1.66	0.47	13.83
	2 ton	9.57	4.85	1.31	1.69	0.50	12.77
	3 ton	12.03	4.94	1.46	1.87	0.56	12.80
	Mean	10.50	4.80	1.36	1.74	0.51	13.13
RSM	0 ton	10.94	3.87	1.21	1.76	0.44	12.90
	1 ton	9.86	3.60	1.21	1.62	0.38	13.26
	2 ton	8.66	3.78	1.07	1.44	0.45	13.93
	3 ton	6.68	4.53	1.02	1.95	0.44	14.97
	Mean	8.35	3.98	1.09	1.67	0.42	14.08
RHC	0 kl	10.94	3.87	1.21	1.76	0.44	12.90
	1 kl	10.99	3.71	1.11	1.83	0.46	18.20
	2 kl	7.80	3.94	0.98	1.66	0.38	16.33
	3 kl	6.03	5.28	1.27	1.69	0.36	7.67
	Mean	8.28	4.31	1.12	1.73	0.40	14.07
OLM	0 ton	10.94	3.87	1.21	1.76	0.44	12.90
	1 ton	10.12	4.64	1.36	1.85	0.45	12.90
	2 ton	7.40	4.43	1.15	1.63	0.31	10.83
	3 ton	10.88	4.53	1.33	1.72	0.49	12.80
	Mean	9.47	4.53	1.28	1.73	0.42	12.18
Type (A)		**** ^{c)}	***	***	ns	***	***
Supply amount per 10a (B)		***	***	***	***	***	*
Interaction (A × B)		ns	ns	ns	ns	ns	ns

^{a)}CM; Cattle Manure, CMV; Cattle Manure Vermicompost, RSM; Rice Straw Manure, RHC; Rice Husk Charcoal, OLM.; Oak Leaves Manure.

^{b)}Amount of applied organic fertilizer per 10a.

^{c)}ns, *, **, ***, Non-significant and significant at $p = 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$, respectively.

경향이였다. 또한 2년차에서는 무처리보다 유기물처리에서 입모율이 크게 높아 적절한 Ca 함량이 입모율 향상에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

지하부 생육에서 근장은 우분분변토 3 ton에서 12.03 cm로 길었고 왕겨숯 3 kl에서 6.03 cm로 짧았으며, 근직경은 왕겨숯 3 kl에서 5.28 mm로 컸고 벧짚퇴비 1 kl와 2 kl에서 각각 3.60 및 3.78 mm로 작았다. 잠아 폭은 우분분변토 3 ton에서 1.46 mm, 왕겨숯 2 kl에서 0.98 mm이었으며, 잠아 길이는 우분분변토 3 ton에서 1.87 mm로 길었고 2 ton에서 1.69 mm로 짧았다. 근중은 우분분변토 3 ton에서 0.56 g으로 무거웠고 갈잎퇴비 2 ton에서 0.31 g으로 가벼웠다. 측근은 왕겨숯 1 kl에서 18.20개로 왕겨숯 3 kl의 7.67개보다 2배 이상

많았다 (Table 7). 시용 유기물의 종류에 따른 근장, 근직경, 잠아폭, 근중, 측근수 등과 유기물의 시용량을 달리할 경우 측근을 제외한 지하부의 모든 생육지표에서 각각 고도의 유의성이 있었지만 유기물의 종류와 처리량 간의 상호작용효과는 없었다.

4. 유기물 종류 및 시용량별 1년생 인삼의 진세노사이드 함량

유기물의 종류에 따른 진세노사이드 함량은 유일하게 Re에서만 고도의 유의성을 나타내었다. 유기물 시용량에 경우 Re를 제외하고 모두 성분에서 유의성을 보였는데, 그 중 Rg₁, Rb₁, Rc, Rb₂가 고도의 유의성을 나타낸 반면, 시용 유기물의 종류와 시용량 간에는 진세노사이드 Re가 유의성을 보였다.

Table 8. Effect of organic fertilizer on ginsenoside content in ginseng.

Organic fertilizer		Rg ₁	Re	Rf	Rb ₁	Rg ₂	Rc	Rb ₂	Rb ₃	Rd	Total	PD/PT ^{c)}
Type	Supply amount per 10a											
CM ^{a)}	0 on ^{b)}	0.276	0.054	0.054	0.129	0.044	0.114	0.075	0.009	0.071	0.829	0.934
	1 ton	0.223	0.039	0.047	0.082	0.036	0.074	0.047	0.009	0.047	0.603	0.75
	2 ton	0.237	0.041	0.047	0.101	0.040	0.086	0.055	0.011	0.055	0.672	0.842
	3 ton	0.246	0.042	0.043	0.096	0.041	0.083	0.051	0.010	0.054	0.665	0.788
Mean		0.246	0.044	0.048	0.102	0.040	0.089	0.057	0.010	0.057	0.692	0.828
CMV	0 ton	0.276	0.054	0.054	0.129	0.044	0.114	0.075	0.009	0.071	0.829	0.934
	1 ton	0.251	0.045	0.050	0.107	0.044	0.092	0.057	0.011	0.062	0.718	0.846
	2 ton	0.258	0.048	0.047	0.111	0.045	0.097	0.056	0.011	0.069	0.744	0.865
	3 ton	0.264	0.041	0.047	0.113	0.045	0.102	0.065	0.013	0.063	0.752	0.895
Mean		0.262	0.047	0.050	0.115	0.044	0.101	0.063	0.011	0.066	0.761	0.885
RSM	0 ton	0.276	0.054	0.054	0.129	0.044	0.114	0.075	0.009	0.071	0.829	0.934
	1 ton	0.283	0.045	0.051	0.127	0.049	0.110	0.073	0.014	0.069	0.820	0.915
	2 ton	0.232	0.042	0.046	0.095	0.039	0.081	0.049	0.009	0.047	0.641	0.787
	3 ton	0.237	0.048	0.052	0.099b	0.038	0.083	0.054	0.010	0.043	0.664	0.768
Mean		0.257	0.047	0.051	0.113	0.042	0.097	0.063	0.011	0.058	0.738	0.851
RHC	0 kl	0.276	0.054	0.054	0.129	0.044	0.114	0.075	0.009	0.071	0.829	0.934
	1 kl	0.253	0.042	0.055	0.115	0.042	0.103	0.062	0.012	0.071	0.757	0.925
	2 kl	0.254	0.047	0.045	0.112	0.041	0.094	0.060	0.011	0.060	0.724	0.872
	3 kl	0.226	0.054	0.054	0.100	0.037	0.078	0.049	0.009	0.040	0.647	0.743
Mean		0.252	0.049	0.052	0.114	0.041	0.097	0.062	0.010	0.061	0.739	0.869
OLM	0 ton	0.276	0.054	0.054	0.129	0.044	0.114	0.075	0.009	0.071	0.829	0.934
	1 ton	0.264	0.055	0.051	0.117	0.047	0.099	0.064	0.012	0.061	0.769	0.846
	2 ton	0.283	0.097	0.052	0.072	0.035	0.058	0.051	0.006	0.029	0.683	0.464
	3 ton	0.245	0.065	0.058	0.122	0.038	0.112	0.070	0.013	0.073	0.796	0.958
Mean		0.267	0.068	0.054	0.110	0.041	0.096	0.065	0.010	0.059	0.769	0.801
Type (A)		ns ^{d)}	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Supply amount per 10a (B)		***	ns	**	***	**	***	***	**	**	**	**
Interaction (A × B)		ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

^{a)}CM; Cattle Manure, CMV; Cattle Manure Vermicompost, RSM; Rice Straw Manure, RHC; Rice Husk Charcoal, OLM.; Oak Leaves Manure.

^{b)}Amount of applied organic matter per 10a.

^{c)}PD/PT; Rb₁ + Rb₂ + Rb₃ + Rc + Rd/Re + Rf + Rg₁ + Rg₂.

^{d)}ns, *, **, ***, Non-significant and significant at $p = 0.05, 0.01, \text{ or } 0.001$, respectively.

Protopanaxadiol (PD)계인 Rb₁, Rb₂, Rb₃, Rc, Rd와 protopanaxatriol (PT)계인 Re, Rf, Rg₁, Rg₂ 간의 PD/PT는 무처리에서 0.934%로 가장 높았다. 모든 처리에서 묘삼시기에 PT계 사포닌 함량이 높은 것으로 나타났다. 9종의 총 진세노사이드 함량은 무처리에서 0.829%로 가장 높았고 유기물 처리구 중 벚짚퇴비 1 ton에서 0.820%, 갈잎퇴비 1 ton과 3 ton에서 0.769와 0.796%로 타 처리에 비하여 높았다 (Table 8, Fig. 2). 우분퇴비를 사용한 경우 초장 13.27 cm, 경장 9.3 cm, 근장 8.03 cm, 잠아폭 1.66 mm, 측근수 10.86개로 타 유기물 처리에 비해 생육이 저조하였는데, 모든 진세노사이드의 함량

또한 낮은 경향이였다. 4~5년근의 인삼에서는 근직경이 증가할수록 총 진세노사이드 함량은 감소한다고 하였는데 (Han *et al.*, 2013), 유기물 처리에 따른 1년생 묘삼의 경우에는 근직경이 증가할수록 총 진세노사이드의 함량은 대체적으로 낮았고 근직경과 총 진세노사이드 함량 간에는 일정한 경향을 나타내지 않았다. 이러한 결과는 고년근과 묘삼의 진세노사이드 함량에 차이가 있음을 나타낸다. Kim 등 (1995)은 4~5년근 인삼의 saponin 함량은 Na과는 부의 상관이었고 유기물과는 정의 상관이었으며, 진세노사이드 Rb₂의 함량은 토양 중 유효인산, 치환성 Na, Ca, Mg의 함량과 고도의 부의 상관성이 있다

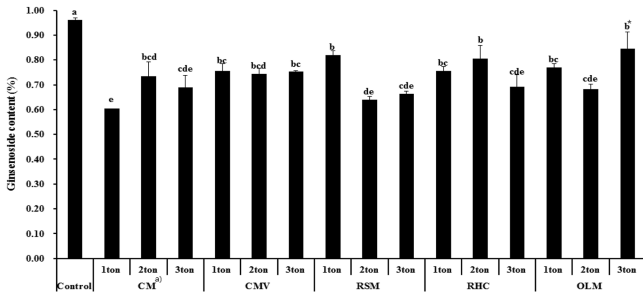


Fig. 2. Effect of organic matter on total ginsenoside content in ginseng. *Error bars represent \pm SE (n = 3). Different letters indicate values significantly different by the DMRT ($p < 0.05$). ^{a)}CM; Cattle Manure, CMV; Cattle Manure Vermicompost, RSM; Rice Straw Manure, RHC; Rice Husk Charcoal, OLM.; Oak Leaves Manure.

고 하였다.

우분분변토를 사용한 경우 근장 10.50 cm, 근직경 4.80 cm, 잠아장 1.74 mm, 근중 0.51 g로 타 처리에 비하여 지하부 생육이 우수하였고, 측근수는 벧짚퇴비에서 14.08개로 많았다. 근장, 근직경, 잠아폭, 근중 등의 지하부 생육은 우분분변토에서 좋았고 측근 수는 벧짚퇴비에서 많았다. 또한 사포닌 분석결과 우분분변토에서 Rb₁, Rg₂, Rc, Rd의 함량은 0.115, 0.044, 0.101, 0.066%로, 갈짚퇴비에서 Rg₁, Re, Rf, Rb₂의 함량은 0.267, 0.068, 0.054, 0.065%로 각각 타 처리에 비하여 높았다.

일반적으로 인삼은 재식밀도를 달리하여 1립 파종을 하는데, 시설의 설치비가 비싼 비닐하우스에서는 입모율의 확보를 위해 모든 처리구는 9주 12월의 재식간격으로 파종혈당 3립씩 동일하게 파종하였다. 비닐하우스 직파재배에서는 2년생에서도 80% 이상의 입모율을 확보하여 관행 해가림시설 하에서의 생존율 67%에 비하여 13%나 증가하였다 (Won and Jo, 1999). 무처리에 비하여 유기물을 처리한 경우 12년생 인삼의 입모율이 높을 뿐 아니라 성장량 또한 증가되었다. 본 연구에서는 우분분변토 3 ton을 사용했을 때 토양 중 P₂O₅의 함량은 600.31 mg/kg으로 과다 범위에 속하였음에도 불구하고, 파종당년과 2년생의 입모율은 각각 97.2%와 95.4%로 높았고 묘삼의 근중도 0.56 g으로 무거웠다. 2차 대사산물인 진세노사이드 함량도 우분분변토를 1~3 ton 사용하였을 때 0.744~0.755% 범위로 사용량 간에 큰 차이가 없어 우분분변토를 3 ton까지 사용하여도 안정적인 생육을 유지할 수 있는 것으로 나타났다. 현재 2년생 인삼 중 지상부가 우량한 개체만을 남겨두고 숙아준 상태이며, 이에 따른 병해충 발생, 생리장해, 성장, 사포닌 함량, 토양화학성 등에 대한 연구를 지속적으로 수행할 계획이다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청에서 주관하는 인삼 시설하우스 이용 직파재배 기술 개발(과제번호: PJ00941401) 과제의 연구비 지원으로 수행된 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Chen SK, Mok SK and Lee SS. (1991). Effects of light intensity and quality on the growth and quality of korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). II. Relationship between light intensity and planting density. *Journal of Ginseng Research*. 15:31-35.
- Choi JE, Lee NR, Jo SR, Kim JS and Choi YK. (2012). Effects of various bed soil substrates on the growth and yield of 2-year-old ginseng grown in the closed plastic house. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 20:217-221.
- Chung YR. (1989). Effect of decomposed organic matter on the suppression of soilborne plant diseases. *The Plant Pathology Journal*. 5:87-95.
- Han JS, Tak HS, Lee GS, Kim JS, Ra JW and Choi JE. (2013). Comparison of ginsenoside content and ratio of root tissue according to root age and diameter in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 21:342-347.
- Hyun DY, Yeon BY, Lee SW, Kang SW, Hyeon GS, Kim YC, Lee KW and Kim SM. (2009). Analysis of occurrence type of physiological disorder to soil chemical components in ginseng cultivated field. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 17:439-444.
- Jang IB, Hyun DY, Lee EH, Park KC, Yu J, Park HW, Lee SW, and Kim GH. (2014). Analysis of growth characteristics and physiological disorder of korean ginseng affected by application of decomposing plant residues in paddy-converted field. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 22:140-146.
- Jeong CM. (2007). *Standard ginseng cultivation*. Joongbu Publisher. Chongju, Korea. p.137-138.
- Jin HO, Kim UJ, and Yang DC. (2009). Effect of nutritional environment in ginseng field on the plant growth of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Journal of Ginseng Research*. 33:234-239.
- Kang SW, Yeon BY, Hyeon GS, Bae YS, Lee SW and Seong NS. (2007). Changes of soil chemical properties and root injury ratio by progress years of post-harvest in continuous cropping soils of ginseng. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 15:157-161.
- Kim DC, Chang SM and Choi J. (1995). Effects of the chemical properties of field soils on the contents of sugar and saponin in ginseng root. *Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry*. 38:72-77.
- Kim JG and Jung KY. (2000). Amount of maximum compost application on the long-term application with different organic material sources in upland soil. *Korean Journal of Soil Science & Fertilizer*. 33:182-192.
- Kim YT. (1985). Effect of cultural environment on ginseng yield.

- Collected Papers of the Agricultural College. Institute of Life Science and Natural Resources. Wonkwang University. 8:173-209.
- Lee CH, Kim HJ and Bae HW.** (1978). Chemical control of damping-off of ginseng caused by *Rhizoctonia solani*. Korean Journal of Plant Protection. 17:143-147.
- Lee CY.** (2007). Effects of shading material shelter on growth and quality in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:291-295.
- Lee GS, Lee SS and Chung JD.** (2003). Effect of several kinds of compost on growth status of aerial parts in ginseng seedlings. Journal of Ginseng Research. 27:24-31.
- Lee IH, Park CS and Song KJ.** (1989). Growth of *Panax ginseng* affected by the annual change in physico-chemical properties of ginseng cultivated soil. Journal of Ginseng Research. 13:84-91.
- Lee IH, Park CS, Song KJ, Han JG and Kim TS.** (1990). Effect of the application of several organic materials on ginseng growth. Journal of Ginseng Research. 14:427-431.
- Lee JC, Ahn DJ, Byen DJ, Cheon SK and Kim CS.** (1988). Effect of seeding rate on growth and yield of ginseng plant in direct-sowing culture. Journal of Ginseng Research. 22:299-303.
- Lee JC, Byen JS, Ahn DJ and Jo JS.** (1995). Effect of physical properties of soil on ginseng seedling growth in nursery bed. Journal of Ginseng Research. 19:287-290.
- Lee SW, Cha SW, Hyun DY, Kim YC, Kang SW and Seong NS.** (2005). Comparison of growth characteristics and extract and crude saponin contents in 4-year-old ginseng cultured by direct seeding and transplanting cultivation. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 13:241-244.
- Lee SW, Kim GS, Hyun DY, Kim YB, Kim JW, Kang SW and Cha SW.** (2011). Comparison of grow characteristics and ginsenosid content of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) cultivated with greenhouse and traditional shade facility. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:157-161.
- Li TL and Wallis MO.** (1994). Effect of soil phosphorus levels on seed emergence, seedling mortality and plant and root development of American ginseng. Journal of Ginseng Research. 18:134-136.
- Loveland P and Webb J.** (2003). Is there a critical level of organic matter in the agricultural soils of temperate regions: A review. Soil & Tillage Research. 70:1-18.
- Mok SK.** (2011). Research prospect and transition of shading structures of Korean ginseng field. Journal of Ginseng Research. 5:22-35.
- Nam KI, Park H and Lee IH.** (1980). Effect of soil moisture on growth of *P. ginseng*. Korean Journal of Soil Science & Fertilizer. 13:71-76.
- Nam YK, Lee JI and Han KH.** (2002). Production of organic compost to exclusive use in a ginseng. Journal of The Korea Organic Resource Recycling Association. 10:139-147.
- National Institute of Agricultural Science & Technology (NIAST).** (2000). Methods of soil and plant analysis. National Institute of Agricultural Science and Technology. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.103-146.
- Oh DJ, Lee CY, Kim SM, Li GY, Lee SJ, Hwang DY, Son HJ and Won JY.** (2010). Effects of chlorophyll fluorescence and photosynthesis characteristics by planting positions and growth stage in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:65-69.
- Park H, Lee Myong Gu, Lee JC and Byen JS.** (1984). Soil factors affecting ginseng seedling yield and their relation. Korean Journal of Soil Science & Fertilizer. 17:24-29
- Park HW, Jang IB, Kim YC, Mo HS, Park KC, Yu J, Kim JU, Lee EH, Kim KH and Hyun DY.** (2014). Growth characteristics of ginseng seedlings as affected by mixed nursery soil under polyethylene film covered greenhouse. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:1-6.
- Rural Development Administration(RDA).** (2009). Ginseng cultivation standard farming text book-103(Revised 1st ed.). Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.94-149.
- Seong BJ, Kim GH, Kim HH, Han SH and Lee KS.** (2010). Physicochemical characteristics of 3-year-old ginseng by various seeding density in direct-sowing culture. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 18:22-27.
- Thomas SL and Michael OW.** (1994). Effect of soil phosphorus levels on seed emergence, seedling mortality and plant and root development of American ginseng. Journal of Ginseng Research. 18:134-136.
- Won JY and Jo JS.** (1999). Farm study of direct seeding cultivation of the Korean ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Korean Journal of Medicinal Crop Science. 7:308-313.
- Yu YH, Cho DH, Lee IH and Ohh SH.** (1990). Effect of seeding depth on severity of damping-off ginseng seedlings caused by *Rhizotonia solani*. Journal of Ginseng Research. 14:432-436.