

## 해가림자재 종류와 녹비작물 재배에 따른 4년생 인삼의 생육과 진세노사이드 함량

성봉재\* · 김선익\* · 이가순\* · 김현호\* · 원준연\*\* · 서정덕\*\*\* · 조진웅\*\*\*\*<sup>†</sup>

\*충청남도 농업기술원, \*\*중부대학교, \*\*\*전주대학교, \*\*\*\*충남대학교 농업생명과학대학

### Growth Characteristics and Ginsenoside Contents of 4 Years Old Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by Shade Materials and Green Manure Crops

Bong-Jae Seong\*, Sun-Ick Kim\*, Ka-Soon Lee\*, Hyun-Ho Kim\*, Jun-Yeon Won\*\*,  
Jung D. So\*\*\*, and Jin-Woong Cho\*\*\*\*<sup>†</sup>

\*Chungnam Agricultural Research & Extension Service, Keumsan 32723, Korea

\*\*Joongbu University, Chungnam 32713, Korea

\*\*\*Jeonju University, Jeonju 55069, Korea

\*\*\*\*College of Agricultural and Life Sciences, Chungnam National University, Daejeon 34135, Korea

**ABSTRACT** This research carried out to figure out the effect of the green manure crop cultivated at a preparation field and the shading net on the growth, development, and quality of ginseng. Followings are results obtained from the research. Leaf width of ginseng under the shading net of a two-layered blue and two-layered black polyethylene net (TBTBPN) was good at rye and hairy vetch cultured group. Leaf length of ginseng under the shading net of a three-layered blue and one-layered black polyethylene net (TBOBPN) was good at barley and hairy vetch cultured group. Meanwhile, leaf width was good at hairy vetch cultured group. Leaf length of ginseng under a blue polyethylene sheet (BPS) was good at a barley and barley + hairy vetch cultured group, but stem length was shorter compare to other shading net cultivations. Root weight of ginseng was good under the shading net of a two-layered blue and two-layered black polyethylene net (TBTBPN) at a rye and hairy vetch cultured group, and was good under the shading net of a three-layered blue and one-layered black polyethylene net (TBOBPN) at a barley + hairy vetch cultured group, but there was no significant difference under blackout screen according to manure crop varieties. Ratio of rusty root was 10.2% at the barley cultured group under the shading net of a two-layered blue and two-layered black polyethylene net (TBTBPN), and was 23.1% at hairy vetch cultured group under shading net of a three-layered blue and one-layered black polyethylene net (TBOBPN). Ratio of rusty root was the lowest at a rye cultured group regardless the shading nets. Content of the ginsenoside was the highest

at the rye cultured group under the shading net of two-layered blue and two-layered black polyethylene net (TBTBPN), was the highest at the barley cultured group under the shading net of a three-layered blue and one-layered black polyethylene net (TBOBPN), and was the highest at the rye cultured group under the blackout screen.

*Keywords* : ginseng, green manure crop, shade net, ginsenoside

인삼은 초작지에서 재배하는 것이 보통이나, 인삼재배를 위한 초작지 부족으로, 최근에는 재작지 토양을 이용하거나, 밭을 깎아내고 관리하여 재배하는 방법, 인삼을 수확하고 1 m 이상 뒤집어 관리하여 재배하는 방법 및 Dazomet 입제를 사용하는 화학적 방법 등을 사용하여 인삼을 재배하고 있다(Seong *et al.*, 2014a; Seong *et al.*, 2014b). 우리나라의 인삼 재배면적은 초작지 부족, 연작장해 발생 및 기상여건 변화 등의 원인으로 2009년 19,702 ha로 가장 높은 재배면적을 보이다가 점차 감소되어, 2014년 14,652 ha로 매년 약 1,000 ha씩 감소되고 있다(MAFRA, 2014). 이로 인해, 연작장해 해결을 위하여 논을 밭으로 전환하는 답전윤환방식으로 토양을 관리하여 인삼을 재배하는 경작방법(Jo *et al.*, 1996)이 전국적으로 확대되고 있으며, 논에서는 인삼 뿌리썩음병원균의 기주 범위에 포함되지 않는 벼를 지역에 따라 2~5년간 지으면 인삼을 다시 경작할 수 있으며(Lee *et al.*, 2004), 답수에 의한 인삼 연작장해의 주요

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5725 (E-mail) [jwcho@cnu.ac.kr](mailto:jwcho@cnu.ac.kr)

<Received December 7, 2015; Revised December 13, 2015; Accepted December 13, 2015>

원인균인 *Cylindrocarpon destructans* 등의 밀도가 감소하고, 인삼생육을 억제하는 독소물질이 희석되어 다시 인삼의 재배가 가능한 것으로 알려져 있다(Cho *et al.*, 1995; Kang *et al.*, 2007; Lee *et al.*, 2007a).

인삼재배에 사용하는 P.E 차광망 색상별 광합성량은 적색(Red), 청색(Blue), 흑색(Black) 순으로 적색 차광망이 가장 많았고, 근수량은 적색과 청색 차광망이 관행 벚짚해가림에 비해 현저히 증가되었으나 적색 차광망에서는 적변삼 발생율이 높은 것으로 알려졌다(Mok *et al.*, 1994).

인삼을 4~6년 동안 안정적으로 재배하기 위해서는 양분의 공급이 중요하며, 인삼재배에서 토양 유기물함량은 인삼의 근 수량과 정의상관관계에 있으며(Park *et al.*, 1982), 토양에 존재하는 미생물 및 미소동물은 유기물의 분해과정 및 양분의 이동에 중요한 역할을 하며, 이들의 밀도와 다양성에 따라 유기물의 분해가 영향을 받는다(Fagan *et al.*, 2006)고 알려져 있다. 또한, 유기물 시용이 토양의 미생물량을 증가시킨다는 연구 결과들과 더불어(Peacock *et al.*, 2001; Pascual *et al.*, 2000), 유기물시용은 다양한 종류의 효소 활성을 높인다는 보고(Crecchio *et al.*, 2001; Madejon *et al.*, 2001)도 있다. 따라서 본 연구는 인삼재배를 위하여 예정지 토양에 재배하는 녹비작물의 종류가 인삼생육에 미치는 영향을 조사하여 인삼재배에 적합한 녹비작물의 선발 및 녹비의 종류에 따른 인삼의 경시적 생육변화, 뿌리의 경도, 조사포닌 함량 등을 조사하여 수량성 및 품질향상 조건을 개선하는 기초자료로 활용하기 위하여 수행하였다.

**재료 및 방법**

**생육조사 및 통계분석**

녹비작물인 호밀, 보리, 헤어리베치 및 보리+헤어리베치 혼합재배 토양에 묘삼을 이식한 후에 2013년 4월 하순에 청색

3+흑색 1의 4중직 차광망으로 해가림을 하여 생육관리를 하였고, 2015년 7월 중순에 엽장, 엽폭, 경장, 경직경 및 엽록소함량 등 지상부 생육을 조사하였으며, 10월 중순경에 채굴하여 녹비작물 재배구별로 근중, 근장, 근직경, 지근수 및 뿌리썩음병 발생을 등의 지하부 생육을 측정하였다. 각각의 형질은 처리구마다 10개체씩 표본을 채취하여 조사하였다. 통계분석은 통계처리 프로그램인 SAS 9.2를 이용하여 분산분석 후 평균값 비교(DMRT)를 하였다.

**조사포닌 및 진세노사이드 함량**

녹비작물 재배지에서 생산된 4년생 인삼의 뿌리는 세척 후 Lee *et al.* (2008)의 방법에 따라 70°C의 온도에서 열풍건조한 인삼을 100 mesh 입자의 크기로 분쇄한 것을 이용하였다. 수포화부탄올 추출법으로 조사포닌을 추출 정량하였으며, 진세노사이드 조성 및 함량은 조사포닌 추출한 것을 HPLC용 MeOH에 용해한 후 이를 membrane filter (0.20 µm pore size)로 여과, HPLC (Agilent 1200, USA)에 10 µl씩 주입하여 분석하였으며, 분석조건은 Lee *et al.* (2008b)의 방법과 같다.

**결과 및 고찰**

**녹비작물 재배지에서의 해가림자재별 인삼생육 특성**

해가림자재별 4년생 인삼 지상부 생육특성을 조사한 결과(Table 1~3), 흑2+청2(TBTBPN) 해가림 아래에서는, 엽장의 길이는 유의성이 없었으나 엽폭은 호밀과 헤어리베치 재배구의 생육이 우수하였고, 경장과 경직경은 큰 차이를 보이지 않았으며, 흑1+청3(TBOBPN) 재배구에서의 엽장은 보리와 헤어리베치 재배구가, 엽폭은 헤어리베치 재배구에서 생육이 양호하였고, 경장은 보리, 호밀 및 보리+헤어리베치 재배구에서 생육이 우수하였다. 차광지(BPS) 재배에서 엽장은 보리와 보리+헤어리베치 재배구에서 생육이 양호하였지만, 경장은 다른

**Table 1.** Aerial growth characteristics of 4 years old ginseng by green manures and shading material.

Shade material	Green manures	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll content (SPAD value)
	Control	14.6a	6.8ab	41.2a	5.7b	28.1b
	Rye	16.9a	7.1a	39.3a	7.5a	34.3ab
TBTBPN <sup>‡</sup>	Barley	16.4a	6.2b	44.1a	7.3a	30.7ab
	Hairy vetch	17.2a	7.3a	38.9a	7.6a	37.2a
	Hairy vetch+Barley	16.5a	6.7ab	45.9a	7.9a	32.5ab

<sup>‡</sup>Two-layered blue and Two-layered black polyethylene net (TBTBPN)

\*Means with same letters are not significantly different in DMRT (p<0.05)

<sup>†</sup>Investigation date : July 22, 2015

**Table 2.** Aerial growth characteristics of 4 years old ginseng by green manures and shading material.

Shade material	Green manures	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll content (SPAD value)
TBOBPN <sup>‡</sup>	Control	17.2ab	7.1ab	38.9c	8.2a	31.0a
	Rye	14.0c	6.5cd	48.9a	7.4a	32.3a
	Barley	17.6a	7.4b	49.5a	7.6a	37.5a
	Hairy vetch	18.1a	8.2a	40.6c	7.8a	35.4a
	Hairy vetch+Barley	15.5bc	6.3d	46.2a	6.7a	34.2a

<sup>‡</sup> Three-layered blue and One-layered black polyethylene net (TBOBPN)

\*Means with same letters are not significantly different in DMRT (p<0.05)

<sup>†</sup>Investigation date : July 22, 2015

**Table 3.** Aerial growth characteristics of 4 years old ginseng by green manures and shading material.

Shade material	Green manures	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Chlorophyll content (SPAD value)
BPS <sup>‡</sup>	Control	16.3b	7.1a	41.6ab	7.1b	22.2a
	Rye	16.9ab	7.4a	39.6b	7.7ab	26.4a
	Barley	17.0a	7.3a	38.7a	7.9a	24.7a
	Hairy vetch	17.7ab	7.6a	38.8b	7.8ab	22.4a
	Hairy vetch+Barley	17.8a	7.4a	44.4a	8.0a	21.1a

<sup>‡</sup>Blue polyethylene sheet (BPS)

\*Means with same letters are not significantly different in DMRT (p<0.05)

<sup>†</sup>Investigation date : July 22, 2015

**Table 4.** Underground growth characteristics of 4 years old ginseng by green manures and shading material.

Shade material	Green manures	Root length (cm)	Root weight (g)	Root diameter (mm)	Number of supporting root	Ratio of rusty root (%)
TBTBPN <sup>‡</sup>	Control	22.6a	29.6b	20.1a	4.6a	8.9
	Rye	29.0a	42.6a	20.8a	5.1a	0.8
	Barley	20.3a	38.4ab	21.9a	4.8a	10.2
	Hairy vetch	22.6a	45.0a	21.9a	6.0a	2.4
	Hairy vetch+Barley	21.1a	37.4ab	21.4a	4.8a	3.8

<sup>‡</sup>Two-layered blue and Two-layered black polyethylene net (TBTBPN)

\*Means with same letters are not significantly different in DMRT (p<0.05)

<sup>†</sup>Investigation date : October 13, 2015

해가림자재에 비해 감소된 결과를 보였는데, Park *et al.* (1987)에 의하면 고풍도는 경장을 줄인다고 보고한 바 있고, Lee (2007)도 같은 결과를 보고하였는데, 이는 본 실험에서의 비누수 자재인 차광지에서의 경장이 짧은 결과와 같은 경향이였다.

녹비작물재배지에서의 해가림자재별 4년생 인삼의 지하부 생육, 지근수 및 뿌리썩음병 발생율을 조사한 결과(Table 4~6), 근장은 해가림자재 및 녹비종류와 관계없이 통계적 유의성은 보이지 않았고, 근중은 흑2+청2(TBTBPN) 해가림에서는 호밀

과 헤어리베치 처리구에서, 흑1청3(TBOBPN) 해가림에서는 호밀과 보리+헤어리베치 재배구에서 생육이 양호하였지만, 차광지(BPS) 해가림에서는 녹비종류별 큰 차이를 보이지 않았다. 지근발생수는 차광망 해가림에서는 생육차이를 보이지 않았으며, 뿌리썩음병 발생율은 흑2+청2 차광망에서는 보리재배구에서 10.2%로 높았으며, 흑1+청3 자재에서는 헤어리베치 재배구에서 23.1%로 높았으나, 해가림자재에 관계없이 호밀재배구에서는 뿌리썩음병 발생율이 가장 적었다.

**Table 5.** Underground growth characteristics of 4 years old ginseng by green manures and shading material.

Shade material	Green manures	Root length (cm)	Root weight (g)	Root diameter (mm)	Number of supporting root	Ratio of rusty root (%)
TBOBPN <sup>♯</sup>	Control	24.6a	35.5b	21.3a	3.6a	8.9
	Rye	24.2a	56.8a	24.2a	7.3a	-
	Barley	25.5a	40.1ab	21.4a	6.7a	10.2
	Hairy vetch	27.1a	41.1ab	20.7a	5.7a	23.1
	Hairy vetch+Barley	26.6a	57.9a	25.3a	7.6a	9.7

<sup>♯</sup> Three-layered blue and One-layered black polyethylene net (TBOBPN)

\*Means with same letters are not significantly different in DMRT (p<0.05)

<sup>†</sup>Investigation date : October 13, 2015

**Table 6.** Underground growth characteristics of 4 years old ginseng by green manures and shading material.

Shade material	Green manures	Root length (cm)	Root weight (g)	Root diameter (mm)	Number of supporting root	Ratio of rusty root (%)
BPS <sup>♯</sup>	Control	24.0a	45.3a	22.3a	4.8b	18.1
	Rye	21.9a	43.1a	23.1a	6.2a	-
	Barley	27.1a	33.9a	20.7a	4.2b	-
	Hairy vetch	23.6a	45.0a	22.8a	5.7ab	-
	Hairy vetch+Barley	25.1a	44.0a	24.4a	5.9ab	8.7

<sup>♯</sup>Blue polyethylene sheet (BPS)

\*Means with same letters are not significantly different in DMRT (p<0.05)

<sup>†</sup>Investigation date : October 13, 2015

**Table 7.** Ginsenoside composition by green manure in 4 years old ginseng by green manures and shading material.

Shade material	Green manures	Ginsenosides concentration(mg/g, dry basis)								
		Rg2	Rg1	Rf	Re	Rd	Rc+Rb2	Rb3	Rb1	Total
TBTBPN <sup>♯</sup>	Control	1.5	2.2	0.9	4.9	1.4	1.7	0.1	4.5	17.1
	Rye	0.9	3.7	1.4	5.8	1.6	3.0	0.3	6.2	22.8
	Barley	0.8	2.5	0.9	4.7	1.1	2.2	0.1	4.1	16.4
	Hairy vetch	1.1	3.5	1.4	5.3	1.0	2.1	0.1	4.8	19.3
	Hairy vetch+Barley	1.0	3.0	1.0	4.8	1.7	3.2	0.3	5.9	20.9
TBOBPN <sup>♯</sup>	Control	0.8	4.3	1.7	4.9	0.9	2.0	0.1	4.2	18.9
	Rye	0.6	2.6	1.0	5.2	0.8	1.5	0.1	2.9	14.7
	Barley	0.7	3.3	0.9	5.1	1.4	3.1	0.4	5.3	20.2
	Hairy vetch	0.7	3.4	1.2	5.1	1.2	2.0	0.2	3.6	17.4
	Hairy vetch+Barley	0.7	2.7	1.0	4.2	0.9	1.6	0.1	2.9	14.1
BPS <sup>♯</sup>	Control	1.7	3.3	1.4	8.0	1.9	3.2	0.3	6.8	24.3
	Rye	1.9	4.0	1.5	6.7	1.3	3.0	0.4	6.3	26.6
	Barley	1.6	3.4	1.3	7.1	1.2	2.4	0.4	6.7	24.1
	Hairy vetch	1.6	4.7	1.8	6.2	1.5	2.9	0.3	6.2	25.3
	Hairy vetch+Barley	1.5	3.4	1.3	6.1	1.6	3.3	0.3	6.1	23.5

<sup>♯</sup> Two-layered blue and Two-layered black polyethylene net (TBTBPN)

<sup>♯</sup> Three-layered blue and One-layered black polyethylene net (TBOBPN)

<sup>♯</sup>Blue polyethylene sheet (BPS)

### 조사포닌 및 진세노사이드 함량

녹비작물 재배지 토양에서의 4년생 인삼 사포닌성분을 분석한 결과(Table 7), 흑2청2 차광망 재배구에서는 호밀재배구의 ginsenoside 함량이 가장 높았고, 흑1+청3 재배구에서는 보리 재배구가, 투광량이 많은 차광지 재배구에서는 호밀재배구가 높은 ginsenoside 함량을 보였으며, 차광망 해가림보다는 차광지 해가림에서 ginsenoside 함량이 높게 나타나는 경향을 보였는데, 이러한 결과는 Lee *et al.*(1983)과 Lee *et al.*(2007b)도 투광량이 많은 조건에서 뿌리의 진세노사이드 함량이 증가되고, 사포닌 함량 증가에는 엽의 생존기간이 중요한 역할을 한다는 보고와, 비누수해가림이 차광망에 비해 총 사포닌 함량이 증가하였다는 보고(Lee, 2007)와 일치하는 결과였다.

### 적 요

본 연구는 예정지에서 재배한 녹비작물과 해가림자재가 인삼의 생육과 품질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 실험하였던 바, 얻어진 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 흑2+청2(TBTBPN) 해가림에서의 인삼 엽폭은 호밀과 헤어리베치 재배구가 좋았고, 흑1+청3(TBOBPN) 재배구의 엽장은 보리와 헤어리베치 재배구가, 엽폭은 헤어리베치 재배구에서 생육이 좋았으며, 차광지(BPS) 재배에서 엽장은 보리와 보리+헤어리베치 재배구에서 생육이 좋았지만 경장은 다른 해가림자재에 비해 감소된 결과를 보였다.
2. 인삼 근중은 흑2+청2(TBTBPN) 해가림 처리는 호밀과 헤어리베치 재배구에서, 흑1+청3(TBOBPN) 해가림에서는 호밀과 보리+헤어리베치 재배구에서 생육이 좋았지만, 차광지(BPS) 해가림에서는 녹비종류별 큰 차이는 없었다.
3. 뿌리썩음병 발생율은 흑2+청2 해가림 처리는 보리재배구가 10.2%로 높았으며, 흑1+청3 해가림처리는 헤어리베치 재배구에서 23.1%로 높았으나, 호밀재배구는 해가림자재에 관계없이 뿌리썩음병 발생율이 가장 적었다.
4. 흑2청2 해가림 처리의 ginsenoside 함량은 호밀재배구가 가장 높았고, 흑1+청3 재배구에서는 보리재배구가 높았으며, 차광지 재배구는 호밀재배구가 높았다.

### 사 사

본 연구는 농촌진흥청에서 주관하는 녹비작물을 이용한 원예특작물의 연작장해 경감연구과제(과제번호 PJ00735805)의 연구비 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

### 인용문헌(REFERENCES)

- Cho, D. H., K. J. Park, Y. H. Yu, S. H. Oh, and H. S. Lee. 1995. Root rot development of 2-year old ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) caused by *Cylindrocarpon destructans* (Zinssm.) Scholten in the continuous cultivation field. *J. Ginseng Research*. 19 : 175-180.
- Crecchio, C., M. Curci, R. Mininni, P. Ricciuti, and P. Ruggiero. 2001. Short term effects of municipal solid waste compost amendments on soil carbon and nitrogen content, some enzyme activities and genetic diversity. *Biol. Fertil. Soils*. 34 : 311-318.
- Fagan, L. L., R. K. Didham, N. N. Winchester, V. Behan-Pelletier, M. Clayton, E. Lindquist, and R. A. Ring. 2006. An experimental assessment of biodiversity and species turnover in terrestrial vs canopy leaf litter. *Oecologia*. 147 : 335-347.
- Jo, J. S., C. S. Kim, and J. Y. Won. 1996. Crop rotation of the Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) and the rice in paddy field. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 4 : 19-26.
- Kang, S. W., B. Y. Yeon, G. S. Hyeon, Y. S. Bae, S. W. Lee, and N. S. Seong. 2007. Changes of soil chemical properties and root injury ratio by progress years of post-harvest in continuous cropping soils of ginseng. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 15 : 157-161.
- Lee, J. C., J. H. Choi, S. K. Cheon, C. H. Lee, and J. S. Jo. 1983. Studies on the optimal light intensity for growth of *Panax ginseng*. II. Effect of light intensity on the contents of saponin and free sugar in the ginseng leaf. *Korean J. Ginseng Research*. 29(s) : 3-18.
- Lee, S. W., S. W. Kang, D. Y. Kim, N. S. Seong, and H. W. Park. 2004. Comparison of growth characteristics and compounds of ginseng cultivated by paddy and upland cultivation. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 12 : 10-16.
- Lee, S. W., B. Y. Yeon, D. Y. Hyun, G. S. Hyun, C. G. Park, T. S. Kim, and S. W. Cha. 2007a. Effects of compost application level on seedling growth of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 15 : 138-141.
- Lee, S. W., C. G. Kim, M. J. Lee, D. Y. Hyun, C. G. Park, H. K. Park, and S. W. Cha. 2007b. Effects of blue and yellow polyethylene shading net on growth characteristics and ginsenoside contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 15 : 194-198.
- Lee, S. W., C. G. Kim, D. Y. Hyun, B. Y. Yeon, K. W. Lee, and S. W. Cha. 2008. Effects of light transmission ratio and soil moisture content on growth characteristics of seedling in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 16 : 207-210.
- Lee, C. H. 2007. Effects of shading material of rail shelter on growth and quality in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 15(4) : 291-295.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs). 2014. Statistical source book of ginseng 2013. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. pp. 2-3.

- Madejon, E., Burgos, R. Lopez, and F. Cabrera. 2001. Soil enzymatic response to addition of heavy metals with organic residues. *BBiol. Fertil. Soils*. 34 : 144-150.
- Mok, S. K., S. K. Cheon, S. S. Lee, and T. S. Lee. 1994. Effect of Shading net colors on the growth and saponin content of korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *Korean J. Ginseng Sci.* 18(3) : 182-186.
- Park, H., S. k. Mok, and K. S. Kim. 1982. Relationship between soil moisture, organic matter and plant growth in ginseng plantation. *J. Korean Soc. Soil Fert.* 15 : 156-161.
- Park, H., J. H. Yoon, J. S. Byen, and B. G. Cho. 1987. Effect of growth light and planting density on yield and quality of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J. Crop Sci.* 32(4) : 386-391.
- Pascual, J. A., C. Garcia, T. Hernandez, J. L. Moreno, and M. Ros. 2000. Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes. *Soil Biol. Biochem.* 32 : 1877-1877.
- Peacock, A. D., M. D. Mullen, D. B. Ringelberg, D. D. Tyler, D. B. Hedrick, P. M. Gale, and D. C. White. 2001. Soil microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate applications. *Soil Biol. Biochem.* 33 : 1577-1585.
- Seong B. J., K. S. Lee, S. H. Han, S. I. Kim, G. H. Kim, S. S. Lee, J. Y. Won, J. D. So, and J. W. Cho. 2014a. Comparison of Growth Characteristics and Quality of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by Different Shade Materials. *Korean J. Crop Sci.* 59 : 505-510.
- Seong, B. J., S. H. Han, S. S. Lee, G. H. Kim, K. S. Lee, H. H. Kim, J. Y. Won, J. D. So, and J. W. Cho. 2014b. Growth Characteristics and Ginsenoside contents of Korean Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by Green Manure Crops. *Korean J. Crop Sci.* 59 : 364-368.