

## 배수등급이 다른 논토양에서 2년생 인삼의 품종별 생육 및 진세노사이드함량 차이

이성우<sup>†</sup> · 김충국 · 연병열 · 현동윤 · 신유수 · 강승원 · 차선우

국립원예특작과학원 인삼특작부

### Varietal Difference in Growth Response and Ginsenoside Contents of Two-Year-Old Ginseng Grown in Paddy Field with Different Drainage Conditions

Sung-Woo Lee<sup>†</sup>, Chung-Guk Kim, Byeong-Yeol Yeon, Dong-Yun Hyun, Yu-Su Shin, Seung-Won Kang, and Seon-Woo Cha

Ginseng Research Division, Department of Herbal Crop Research, RDA, Eumseng 369-873, Korea

**ABSTRACT** To select adoptable varieties in paddy soil with relatively high content of soil moisture, the growth characteristics and ginsenoside content of two-year-old ginseng was investigated in paddy soil with two types of drainage conditions such as poorly and imperfectly drained class, using 4 varieties, Cheonpoong (CP), Yeonpoong (YP), Hwangsookjong (HS) Jakyeongjong (JK). The ratio of survived plant in poor drainage conditions was higher than that in imperfect drainage conditions, and the ratio of discolored leaf in the former was lower than that in the latter. The ratio of survived plant was highest in HS, while lowest in YP. The ratio of discolored leaf was lowest in HS, while highest in YP among 4 varieties. Root weight per plant and yield were more distinctly decreased in poor drainage conditions than those in imperfect drainage conditions. Descending order of yield in poor drainage conditions was JK, CP, YP and HS, while CP, YP, JK and HS in imperfect drainage conditions. Varietal difference of rusty colored root was more distinct than that between poor and imperfect drainage conditions. The ratio of rusty colored root was relatively low in CP and JK, while high in YP and HS. Total ginsenoside content of two-year-old ginseng grown in poor drainage conditions was increased more than that in imperfect drainage conditions due to full growth of root. Regardless of different drainage conditions total ginsenoside content was highest in YP, while lowest in HS among 4 varieties, and there were no distinct difference between CP and JK.

**Keywords** : *Panax ginseng*, paddy soil, variety, yield, ginsenoside content

**인삼**은 연작장해가 심한 작물로 인삼을 한번 재배하고 난 후 10~15년간 재경작이 곤란하기 때문에 초작지를 찾아 재배해야 하지만 좁은 경지면적을 가진 우리나라에서 초작지를 찾기란 쉽지 않다. 인삼의 연작장해 원인은 뿌리썩음병원균(*Cylindrocarpon destructans*)에 의한 피해 때문으로 밝혀졌는데(Cho *et al.*, 1995; Rahman & Punja, 2005), 이 균의 후벽포자는 토양에 10년 이상 생존하면서 인삼에 피해를 준다(Kang *et al.*, 2007). 그러나 벼를 3~4년 재배하고 난후 인삼을 다시 재배하면 담수로 인한 병원균의 사멸로 인삼의 연작장해를 어느 정도 경감할 수 있어(Jo *et al.*, 1996) 풍기, 금산 등 주산지에서는 논토양을 이용한 인삼재배가 이루어지고 있다.

국내 논토양의 배수등급별 면적비율은 배수불량지 14.0%, 배수약간불량지 48.6%, 배수약간양호지 35.8%, 배수양호지 1.6%인데, 배수약간불량지 이상의 등급에서는 어느 정도 인삼재배가 가능할 것으로 예상되어 논토양에서의 인삼재배 확대 가능성은 크다.

논을 밭으로 전환하면 토양 이화학성에 변화가 생기는데, 토양삼상 중 기상의 비율이 증가하고 액상의 비율은 감소하며(Kim *et al.*, 2007), 공극율이 증가되고(Kim *et al.*, 1993) 유기물의 분해로 인해 질소, 인산, 가리 등 무기성분 함량이 증가한다(Kim, 1990).

인삼의 재배에 적절한 토양수분함량은 용수량의 63%(절대수분함량 19.8%) 수준이며(Lee *et al.*, 2007), 논토양처럼 배수가 불량할 경우 뿌리에 적변발생이 심해져 품질저하를 초래한다(Lee *et al.*, 2004). 또한 인삼 재배에 적합한 토양의 적정 염류농도는 0.50 dS/m 이하로 매우 낮은 수준인데(농촌진흥청, 2000), 논토양에서는 수도용 복비의 과다사용

<sup>†</sup>Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5543  
(E-mail) leesw@rda.go.kr <Received August 13, 2008>

으로 인한 토양염류농도의 증가(Park *et al.*, 1994)와 미량 요소의 과부족으로 인하여 잎에 생리장해(황증)가 발생하는 경우가 많다(Jo *et al.*, 1996).

초작지 부족으로 논재배 면적이 늘어나는 현실에서 논에 인삼을 재배하여 안정적 수량을 올리기 위해서는 내습성 품종의 선택과 배수등급을 고려한 적지선정, 그리고 배수관리를 통한 적정 토양수분 유지 등이 필요하지만 이에 대한 연구는 미진한 편이다. 따라서 논토양의 배수등급에 따른 품종별 생육특성과 진세노사이드함량을 조사하여 논재배 안정생산 기술개발을 위한 기초자료로 활용하고자 본 연구를 수행하였다.

## 재료 및 방법

본 시험은 배수불량지(예천통)와 배수약간불량지(사촌통) 논토양에서 천풍, 연풍, 황숙종, 자경종 등 4품종의 인삼 모종을 사용하여 2007년 3월에서 2008년 3월까지 음성 소재 인삼약초연구소 시험포장에서 수행하였다. 배수불량지와 배수약간불량지 논토양은 폭 2 m 정도의 실개천을 사이에 두고 양쪽에 위치해 있었는데, 배수불량지와 배수약간불량지의 낙차는 127 cm이었으며, 배수불량지의 지하수위는 평균 47 cm이었고, 배수약간불량지의 지하수위는 평균 75 cm이었다. 선정된 논토양의 평균 토양수분함량은 배수불량지가 25.5%이었고 배수약간불량지는 21.0%이었다.

묘삼 이식전 예정지관리를 위해 2006년 5월 상순경 녹비작물로 수단그라스를 파종하고 출수기에 예취, 경운하여 토양을 관리한 후 2007년 3월 27일 두둑 폭 90 cm, 골사이 90 cm의 이랑에 1년생 묘삼을 간(90×180 cm)당 7행 × 9열의 간격으로 3.3 m<sup>2</sup> 당 63주씩 정식하였다. 예정지관리 후의 토양화학성은 표 1과 같이 유기물함량과 Mg 함량은 인삼 재배 기준치보다 낮았으며, 유효인산, 가리, 석회함량은 적정 범위 내에 있었고 염류농도는 적정범위다 약간 높았다.

해가림 구조는 후주연결식 A-1형이었고 해가림 피복물은 폴리에틸렌으로 만든 시트에 알루미늄을 코팅하여 만든 피복자재(은박차광지)를 사용하였다. 4월 하순경 해가림 구조

위에 은박차광지를 설치하여 재배하다가 고온장해를 예방하기위해 6월 15일에서 9월 10일까지 흑색 2중직 차광망 추가로 피복하였다. 기타 재배관리는 인삼표준경작법(농촌진흥청, 2000)에 준하였다.

시험구 배치는 난괴법 3반복이었으며, 시험구당 면적은 13.2 m<sup>2</sup>이었다. 지상부 생육 및 잎의 생리장해(황증) 발생율은 7월 상순에 조사하였고 지하부 생육 및 수량성은 2008년 3월 하순에 조사하였으며, 수확된 인삼뿌리를 동결건조하여 진세노사이드 분석에 이용하였다. 진세노사이드 분석을 위한 전처리 방법 및 분석조건은 Lee *et al.*(2007)의 방법과 같다.

## 결과 및 고찰

### 배수등급과 품종별 지상부 생육 및 수량성

논토양에서 적응하는 품종 선발과 재배기술을 개발하기 위해 배수등급이 다른 논토양에서 2년생 인삼의 품종별 생육특성을 조사한 결과는 표 2와 같다. 배수불량지는 배수약간불량지보다 지상부 생존율이 현저히 떨어졌다. 품종별 지상부 생존율은 배수불량지에서 황숙종 > 천풍 > 자경종 > 연풍 순으로 낮아져 황숙종이 가장 높고 연풍이 가장 낮았는데, 황숙종의 생존율은 다른 품종보다 유의적으로 높은 특징을 보였다. 배수약간불량지에서는 황숙종>연풍>천풍>자경종 순으로 낮아져 황숙종이 가장 높고 자경종이 가장 낮았는데, 배수불량지에서와 같이 황숙종의 생존율이 가장 높았으나 품종 간 차이는 적었다. Kwon *et al.*(1994)도 황숙종은 내병성이 강하고 생존율이 가장 높다고 하여 본 실험과 비슷한 결과를 보고하였다. 엽장은 배수등급 간에 차이가 없었으나 경장과 엽폭은 배수약간불량지보다 배수불량지에서 오히려 더 큰 특징을 보였다. 품종간 경장, 엽장 및 엽폭을 비교해 보면 황숙종은 배수등급에 관계없이 경장, 엽장, 엽폭이 가장 작은 특징을 보였으나 천풍, 연풍, 자경종은 큰 차이가 없이 서로 비슷하였다. 잎의 황증 발생율은 배수등급에 따라 비교적 뚜렷한 차이를 보여 배수약간불량지보다 배수불량지에서 황증발생이 증가되었는데, 토양

**Table 1.** Soil chemical properties of the experiment field before transplanting of ginseng seedling.

Drainage classes	pH (1:5)	OM (g/kg)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (mg/kg)	Ex. Cation (cmol <sup>+</sup> /kg)			EC (dS/m)
				K	Ca	Mg	
Poor	5.0	11.2	89.3	0.25	3.22	0.97	0.72
Imperfect	4.9	11.1	85.9	0.25	2.92	0.97	0.69

**Table 2.** Growth characteristics of two-year-old ginseng in paddy soil with different drainage conditions.

Drainage classes	Varieties	Ratio of survived plant (%)	Stem length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Ratio of leaf discoloration (%)
Poor	CP	40.9c	5.4b	6.9a	3.5b	56b
	YP	28.3c	6.8a	7.0a	3.4b	65a
	HS	68.6b	4.3c	5.8b	3.0c	33c
	JK	32.9c	6.8a	7.6a	3.9a	58b
	Average	42.7	5.8	6.8	3.5	53.0
Imperfect	CP	88.8ab	5.5b	6.9a	3.4b	12d
	YP	89.4ab	6.4ab	7.3a	3.6b	11d
	HS	91.8a	3.9c	5.6b	2.8c	9d
	JK	73.8ab	5.6b	7.3a	3.5b	33c
	Average	86.0	5.4	6.8	3.3	16.3

\*Mean with same letters are not significantly different in DMRT (p=0.05)

<sup>1</sup> Investigation date: July 10, 2007, Shading material: PE sheet coated with aluminium

<sup>2</sup> CP: Cheonpoong, YP: Yeonpoong, HS: Hwangsookjong, JK: Jakyeongjong

**Table 3.** Root growth characteristics and yield of two-year-old ginseng in paddy soil with different drainage conditions.

Drainage classes	Varieties	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Root weight (g/plant)	Root yield (g/3.3 m <sup>2</sup> )	Ratio of rusty coloured root (%)
Poor	CP	19.6b	8.23cd	2.76bc	409.2abc	23.6c
	YP	18.9b	8.57bcd	2.31c	261.0cd	57.7b
	HS	18.4b	7.76d	1.99c	206.8d	77.7a
	JK	19.5b	8.11cd	3.06abc	413.0ab	29.9c
	Average	19.1	8.2	2.5	322.5	47.23
Imperfect	CP	23.7a	9.22abc	4.19a	580.3a	25.2c
	YP	21.5ab	9.78a	4.04a	565.3a	54.6b
	HS	19.9b	8.70bcd	2.56bc	339.0bcd	82.4a
	JK	20.5ab	9.50ab	3.64ab	509.5ab	25.1c
	Average	21.4	9.3	3.6	498.5	46.8

\*Mean with same letters are not significantly different in DMRT (p=0.05)

<sup>1</sup> Investigation date: March 20, 2008, Shading material: PE sheet coated with aluminium

<sup>2</sup> CP: Cheonpoong, YP: Yeonpoong, HS: Hwangsookjong, JK: Jakyeongjong

염류농도와 토양수분함량이 상승작용을 하여 배수불량지에서 황증발생이 더 심한 것으로 생각된다. 품종 간에 황증 발생을 비교해 보면 배수불량지에서는 황숙종이 가장 낮고 연풍이 가장 높았으며, 배수약간불량지에서는 황숙종이 가장 낮고 자경종이 가장 높아 논토양에서 황숙종은 잎의 황증 발생에 상당한 저항성을 가지고 있는 것으로 판단되었다.

배수등급이 다른 논토양에서 2년생 인삼의 품종별 지하부 생육 및 수량성을 조사한 결과는 표 3과 같다. 근장은 배

수약간불량지보다 배수불량지에서 더 작았으며, 배수등급에 관계없이 천풍이 가장 크고 황숙종이 가장 작은 특징을 보였다. 근직경도 근장과 마찬가지로 배수불량지에서 더 작았는데, 배수등급에 관계없이 연풍이 가장 크고 황숙종이 가장 작은 특징을 보였다. Lee *et al.*(2002)도 인삼의 신품종 중에서 근장은 천풍이 가장 크고 근직경은 연풍이 가장 크다고 하였다. 주당근중과 뿌리의 수량성은 배수약간불량지보다 배수불량지에서 더 작았는데, 배수불량지의 경우 수

량은 자경종 > 천풍 > 연풍 > 황숙종 순으로 자경종이 가장 크고 황숙종이 가장 작았으며, 배수약간불량지의 경우 천풍>연풍>자경종>황숙종 순으로 천풍이 가장 크고 황숙종이 가장 작아 배수불량지에서는 자경종과 천풍이, 배수약간불량지에서는 천풍과 연풍이 논재배 적응 품종으로 판단된다. 이처럼 배수등급에 따라 수량성의 차이를 보이는 것은 품종에 따라 습해와 토양염류농도에 적응하는 정도가 서로 다르기 때문으로 생각된다. Lee *et al.*(2002)은 재배환경이 비교적 양호한 밭토양에서 품종별 수량성은 연풍 > 금풍 > 고평 > 천풍 > 자경종 순으로 연풍의 수량이 가장 높다고 하여 본 실험과 다른 결과를 보고하였는데, 이는 품종마다 재배환경에 적응하는 정도가 달라 열악한 재배조건에서 품종 고유의 특성이 발현되지 못했기 때문으로 생각된다. 또한, 본 실험에서와 같이 배수불량지에서 연풍의 수량성이 낮았던 이유는 잎의 황증발생이 가장 심해 광합성율이 현저히 떨어졌기 때문으로 보이며, 배수약간불량지에서는 토양환경의 개선으로 잎의 황증발생이 현저히 감소되어 수량이 어느 정도 회복된 것으로 판단된다. 뿌리의 적변 발생율은 배수불량지가 배수약간불량지보다 약간 높았으나 그 차이는 매우 작았으며, Lee *et al.*(2007)이 토양수분함량의 차이에 따라 적변의 발생은 유의적 차이가 없다고 한 것을 고려할 때 토양수분 이외의 다른 조건이 적변발생에 영향을 줄 것으로 생각된다. 또한, 적변 발생율은 배수등급보다 품종간에 더 큰 차이를 보였는데, 품종별 적변율은 천풍과 자경종이 비교적 작고 연풍과 황숙종이 상당히 큰 특징을 보였

다. 본 실험에서 황숙종의 적변율이 가장 컸는데, Chung *et al.*(1995)도 황숙종의 적변율이 매우 높다고 하였다.

**배수등급과 품종별 진세노사이드 함량**

배수등급이 다른 논토양에서 2년생 인삼의 품종별 진세노사이드 함량을 조사한 결과는 표 4와 같다. 인삼의 사포닌 함량은 5년생에서 최고를 보이며, 한약재로 쓰이는 4~6년생 인삼의 개별 사포닌(진세노사이드) 함량은 Rb<sub>1</sub> > Rg<sub>1</sub> > Re > Rc 순으로 2년생과는 그 순서에서 차이를 보이는데 (Kim *et al.*, 1987), 본 실험에서 2년생 인삼의 진세노사이드 함량은 Re > Rg<sub>1</sub> > Rb<sub>1</sub> > Rc 순으로 4~6년생과는 다르지만 Kim *et al.*(1987)이 보고한 2년생의 분석결과와 비슷하였다. 배수등급에 따른 품종간 평균 진세노사이드 함량은 배수약간불량지보다 배수불량지에서 더 높은 특징을 보였으며, 총 진세노사이드 함량도 자경종을 제외한 3 품종 모두 배수약간불량지보다 배수불량지에서 더 높았다. 이와 같이 불량환경으로 인해 근중비대가 억제되었던 배수불량지에서 진세노사이드 함량이 증가되었는데, Lee *et al.*(1983)도 투광량이 지나치게 높은 재배환경에서 수량은 감소되는 반면 진세노사이드 함량은 증가되며, Lee *et al.*(2007)도 근비대가 억제되는 환경조건에서 진세노사이드 함량은 증가된다고 하였다. 품종 간에 진세노사이드 함량을 보면 배수불량지의 경우 연풍 > 천풍 > 자경종 > 황숙종 순으로 연풍의 진세노사이드 함량이 가장 높고 황숙종의 함량이 가장 낮았다. 배수약간불량지의 경우에는 연풍 > 자경종 > 천풍

**Table. 4.** Ginsenoside contents of two-year-old ginseng in paddy soil with different drainage conditions.

Drainage classes	Varieties	Rg <sub>1</sub>	Re	Rf	Rg <sub>2</sub>	Rb <sub>1</sub>	Rc	Rb <sub>2</sub>	Rb <sub>3</sub>	Rd	Total
Poor	CP <sup>1)</sup>	0.20bc	0.48a	0.09b	0.04a	0.18bc	0.25a	0.05cd	0.01b	0.04b	1.34b
	YP	0.36a	0.46ab	0.14a	0.04a	0.29a	0.22ab	0.12a	0.02a	0.05a	1.71a
	HS	0.10d	0.30e	0.05d	0.03b	0.13d	0.08e	0.07bc	0.01b	0.02c	0.81d
	JK	0.23b	0.36de	0.08bc	0.03b	0.18bc	0.16d	0.09b	0.02a	0.04b	1.19bc
	Aver.	0.22	0.40	0.09	0.04	0.20	0.18	0.08	0.01	0.04	1.26
Imperfect	CP	0.17c	0.39cd	0.08bc	0.03b	0.15cd	0.21abc	0.05cd	0.01b	0.04b	1.13c
	YP	0.33a	0.42bc	0.13a	0.03b	0.28a	0.20bcd	0.12bcd	0.02a	0.06a	1.60a
	HS	0.08d	0.27f	0.05d	0.03b	0.12d	0.09e	0.07bc	0.01b	0.02c	0.68d
	JK	0.20bc	0.38cd	0.08bc	0.03b	0.20b	0.18cd	0.09b	0.02a	0.04b	1.21bc
	Aver.	0.20	0.36	0.09	0.03	0.19	0.17	0.08	0.01	0.04	1.16

\*Mean with same letters are not significantly different in DMRT (p=0.05)

<sup>1)</sup> Investigation date: March 20, 2008, Shading material: PE sheet coated with aluminium

<sup>2)</sup> CP: Cheonpoong, YP: Yeonpoong, HS: Hwangsookjong, JK: Jakyongjong

> 황숙종 순으로 천풍과 자경종의 순서가 달라졌지만 배수 불량지에서와 같이 연풍의 진세노사이드 함량이 가장 높고 황숙종의 함량이 가장 낮았다. Lee *et al.*(2005)은 인삼 신품종에서 동체 부위의 총 진세노사이드 함량은 금풍 > 연풍 > 고풍 > 천풍 > 선풍 순으로 금풍과 연풍의 함량이 높고 천풍과 자경종은 서로 비슷하다고 하여 본 실험과 유사한 결과를 보고하였다.

### 적 요

논토양에서 적응하는 품종 선발과 재배기술을 개발하기 위해 배수등급이 다른 논토양(배수 불량지와 배수 약간불량지)에서 천풍, 연풍, 황숙종, 자경종 등 4 품종을 사용하여 2년생 인삼의 생육특성 및 수량성과 뿌리의 진세노사이드 함량을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 배수등급에 따라 지상부 생존율과 황증 발생율은 뚜렷한 차이를 보여 배수불량지에서는 지상부 생존율이 저하되고 황증 발생율이 증가하였는데, 배수불량지에서 황숙종은 지상부 생존율이 가장 높고 황증 발생율이 가장 낮았으며, 연풍은 지상부 생존율이 가장 낮고 황증 발생율이 가장 높았다.

2. 배수불량지에서는 배수약간불량지에 비해 지상부가 일찍 고사된 관계로 주당 근중이 작고 수량성도 뚜렷이 감소되었는데, 배수불량지에서의 수량성은 자경종 > 천풍 > 연풍 > 황숙종 순으로 자경종과 천풍의 수량성이 높았으며, 배수약간불량지에는 천풍 > 연풍 > 자경종 > 황숙종 순으로 천풍과 연풍의 수량성이 높았다.

3. 적변율은 배수등급보다는 품종 간에 더 큰 차이를 보였는데, 천풍과 자경종의 적변율은 비교적 작은 반면 연풍과 황숙종은 매우 큰 특징을 보였다.

4. 근 비대가 불량했던 배수불량지는 배수약간불량지보다 진세노사이드 함량이 증가되었는데, 배수불량지에서 품종별 총 진세노사이드 함량은 연풍 > 천풍 > 자경종 > 황숙종 순이었고 배수약간불량지에서는 연풍 > 자경종 > 천풍 > 황숙종 순으로 배수조건에 관계없이 연풍이 가장 높고 황숙종이 가장 낮았으며, 천풍과 자경종은 서로 비슷하였다.

### 인용문헌

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 Res.* 19(2) : 175~180.

Chung, Y. Y., C. M. Chung, S. R. Ko, and K. T. Choi. 1995. Comparison of agronomic characteristics and chemical component of *Panax ginseng* C. A. Meyer and *Panax quinquefolium* L.. *J. Ginseng Res.* 19(2) : 160-164.

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(1) : 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(3) : 157-161.

Kim, J. I., K. H. Rhee, Y. B. Oh, Y. J. Oh, and J. K. Lee. 1993. Crop combinations and rotation years for paddy-upland cropping system in middle part of Korea. *Korean J. Crop Sci.* 38(4) : 304-311.

Kim, L. Y. 1990. Changes of soil characteristics and crop productivity by the paddy-upland rotation system. I. Changes of soil physical properties. *Res. Rept. RDA (S&F)* 32(2) : 1-7.

Kim, M. T., J. H. Seo, H. S. Cho, K. Y. Seong, J. K. Lee, S. P. Eom, W. T. Jeon, and J. Y. Lee. 2007. Annual variation of soil properties and yield of soybean in paddy field. *Korean J. Crop Sci.* 52(4) : 370-374.

Kim, M. W., S. R. Ko, K. J. Choi, and S. C. Kim 1987. Distribution of saponin in various section of *Panax ginseng* root and changes of its contents according to root age. *J. Ginseng Res.* 11(1) : 10-16.

Kwon, W. S., J. H. Lee, J. Y. Kang, Y. T. Kim, and K. T. Choi. 1994. Red ginseng quality of Jakyung-jong and Hwangsook-jong in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J. Breed.* 26(4) : 400-404.

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. Crop Sci.* 28(4) : 497-503.

Lee, S. S. 2002. Characteristics of photosynthesis among new cultivars of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *J. Ginseng Res.* 26(2) : 85-88.

Lee, S. S., J. H. Lee, and I. O. Ahn. 2005. Characteristics of new cultivars in *Panax ginseng* C. A. Meyer. *J. Ginseng Res.* 29(s) : 3-18.

Lee, S. W., D. Y. Hyun, C. G. Park, T. S. Kim, B. Y. Yeon, C. G. Kim, and S. W. Cha 2007. Effect of soil moisture content on photosynthesis and yield of ginseng seedling (*Panax ginseng* C. A. Meyer) in Yangjik seedbed cultivation. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 15(6) : 367-370.

Lee, S. W., G. S. Kim, M. J. Lee, D. Y. Hyun, C. G. Park,

- H. K. Park, and S. W. Cha. 2007. Effect 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(3) : 194-198.
- 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(1) : 10-16.
- Park, B. G., T. H. Jeon, Y. H. Kim, and Q. S. Ho. 1994. Status of farmers' application rates of chemical fertilizer and farm manure for major crops. J. Korean Soc. Soil Sci. Fert. 27(3) : 238-246.
- Rahman, M. and Z. K. Punja. 2005. Factors influencing development of root rot on ginseng caused by *Cylindrocarpon destructans*. Phytopathology. 95(12) : 1381-1390.
- 농촌진흥청. 2000. 인삼재배. 삼미기획. p.78