

인삼 논재배에 적응하는 품종 선발에 관한 연구

강승원[†] · 이성우 · 현동윤 · 연병열 · 김영창 · 김영철

농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

Studies on Selection of Adaptable Varieties in Paddy - Field of Ginseng Culture

Seung Weon Kang[†], Sung Woo Lee, Dong Yun Hyun, Byeong Yeol Yeon, Young Chang Kim and Young Chul Kim

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

ABSTRACT : Root yield and quality of ginseng cultured in paddy soil was low relatively compared with that of upland soil because of moisture injury in root during rainy season. Drainage class in soils generally divided into 6 classes, and it is possible to cultivate ginseng practically in imperfectly drainage class (IDC). This study carried out to select the varieties that is suitable for paddy soil, which is easy to be generated rusty-colored root and physiological-discolored leaf. Experiment plot arranged with the condition of soil humidity contents such as poorly drainage class (PDC) and imperfectly drainage class (IDC), and upland soil. Growth characteristics and root yield were investigated in four-year-old ginseng of varieties, Cheonpoong (CP), Yeonpoong (YP), Hwangsookjong (HS), and Jakyeongjong (JK). CP among four varieties showed the highest yield in IDC and CP was the lowest ratio in leaf discoloration and rusty-colored root. HS was followed by CP in the order of root yield, but it had the weakness that the ratio of rusty-colored root was high respectively.

Key Words : *Panax ginseng*, Paddy Soil, Drainage Classes, Growth Characteristics, Root Yield, Rusty Root Index, Cheonpoong Variety, Hwangsookjong

서 언

인삼 논재배란 벼를 재배한 논을 밭으로 전환하여 인삼을 재배하는 경우를 말한다. 다시말해 논에 밭작물 인삼을 재배해 논과 밭을 돌려짓는 농사 방법을 의미하며, 연작을 회피하는 최선의 경작방법으로 추천 되어지고 있다 (Jo *et al.*, 1996). 논토양과 밭토양은 토양 특성이 서로 다르기 때문에 생산성 및 품질 측면에서 다소 다른 특징을 보이는데 논재배 인삼과 밭재배 인삼의 수량성은 논재배가 다소 높게 나타나고 수삼등급비율도 높게 나타나고 사포닌 함량은 논재배 인삼 5.69%, 밭재배 인삼 5.64%로 큰 차이가 없는 것으로 보고 하였다 (Lee *et al.*, 1995; Lee *et al.*, 2004). 인삼재배는 밭토양에서 주고 재배되어온 관계로 연작장해로 인한 (Cho *et al.*, 1995; Kang *et al.*, 2007)초작지 고갈은 계속되어와 연작장해 해소를 위한 수단으로 논재배로 대체가 가능 하였는데 인삼수확 후 벼를 5~6년 재배 후 인삼재작이 가능하다고 하였다 (RDA, 2009). 아울러 80년대 후반에 논재배가 법적으로 어디서나 가능하게 되어 이때부터 인삼은 논재배가 시작 되었고 90년 이후 논재배 면적이 계속 증가 현재에는 30~40%를 점

유하고 있다. 또한 전국적으로 볼때 인삼 논재배 가능 면적은 421,000 ha로 추정되며 이를 배수등급별로 구분하면 배수적합 2%, 가능면적이 36%, 재배불량이 48%, 부적합이 14%를 나타내고 있어 논토양의 인삼재배 가능면적은 38% 이상을 점유하는 것으로 추정하고 있다 (NAAS, 1992).

또한 인삼은 최근 농업인구 고령화, 생산비상승 등으로 인하여 논에서의 휴경지가 늘어 벼대체 가능작물로 부각되고 있다. 그러나 논재배시는 밭토양과 달리 우기에 과습피해를 받기 쉬우며 배수가 용이하지 못한 논에서는 황증, 적변등 생리장해 발생이 높다고 보고 (Jo *et al.*, 1996; Lee *et al.*, 2004)하였고 벼재배시 화학비료 과다사용 및 축적으로 논하층토에 집적된 비료성분은 인삼 재배시 염류장해가 심하게 나타난다고 보고 하였다 (Park *et al.*, 1994). Lee *et al.* (1995)에 의하면 논토양 배수등급은 6등급으로 나누어지는데 인삼 논토양 재배적지는 배수 불량한 토양은 선정하지 않는 것이 좋다고 하였고 배수불량지는 뿌리에 적변발생이 심하여 토양 배수에 많은 신경을 써야 한다고 강조하였다. 특히 인삼 수량을 지배하는 중요한 인자는 토양수분함량이며 적절한 토양수분함량은 용수량의 63% (절대수분함량 19%) 수준이며 통기

[†]Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5551 (E-mail) ksw1954@korea.kr

Received 2010 November 6 / 1st Revised 2010 November 15 / 2nd Revised 2010 November 19 / Accepted 2010 November 22

성을 제한하지 않는한 지상부생육은 토양수분이 많은 편이 좋다고 보고하였다 (Nam *et al.*, 1980; Park *et al.*, 1982; Lee *et al.*, 2007).

한편 우리나라의 인삼품종은 재래종을 비롯하여 2002년에 육성된 천풍, 연풍, 2003년에 고풍, 선풍, 금풍을 비롯하여 2009년까지 총 9품종이 육성되었다. 이들 품종중 처음 육성된 천풍과 연풍이 보급된바 있으나, 이들의 보급실적은 미미하고 현재 순도가 상당히 낮아 혼계가 높은 실정이며, 아직까지는 재래종인 자경종이 대세를 이루며 그 외 황숙종과 등황숙종이 일부 재배되고 있다. 천풍은 체형이 양호하고 증속시 내공, 내백이 적어 홍삼제조용으로 적합하고 (Kwon *et al.*, 1998), 연풍은 줄기가 2개이상으로 엽면적이 크고 수량성이 높아 수삼용으로 많이 재배되고 재래종인 황숙종은 내변성은 강하나 적변 발생이 큰 단점이 있다고 하였다 (Kwon *et al.*, 1994; Kwon *et al.*, 2000). Lee *et al.* (2009)에 의하면 3년생인삼이 논토양 배수등급별로 품종간 반응을 검토한 결과 배수약간 불량지에서 천풍의 생육이 양호하다고 하였고 진세노사이드함량은 자경종과 천풍이 높다고 보고하였다. 밭토양의 초작지 고갈로 인한 인삼의 논재배 면적이 점차 늘어나는 실정이나 밭토양과 달리 논재배에 관한 실질적 연구는 많이 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구는 논토양 배수등급에 따른 적지실정과 논토양에 발생하기 쉬운 황증과 적변에 강한 품종을 선발하여 인삼 논재배 안정생산에 기여코자 수행한 바 진보 (Lee *et al.*, 2009)에 이어 최종 결과를 보고 하는 바이다.

재료 및 방법

본 실험은 진보 (Lee *et al.*, 2009)에서와 같이 천풍, 연풍, 황숙종 (재래종), 자경종 (재래종) 등 4품종을 공시 하였고 밭토양에 자경종을 이식하여 논토양과의 생육특성 및 수량성을 비교하였다. 묘삼은 2007년 3월중순 농가 (경기도 양주) 에서 구입 3월 하순경에 음성소재 인삼특작부 시험포장의 논·밭에 정식 하였고 2009년 10월에 4년생으로 수확 하였다.

논포장의 배수등급은 배수불량지 (예천통)과 배수약간 불량

지 (사촌통) 2곳의 논토양을 선정하였고 지하수위는 배수불량지가 47 cm, 배수약간불량지가 75 cm 였으며 평균 토양수분함량은 배수불량지 25.5%, 배수약간불량지가 21.0%였다.

예정지는 2006년에 수단그라스를 파종 예취하여 관리하였고 2007년 3월에 7행 × 9열 간격으로 3.3 m²당 63주씩 정식하였다. 해가림 구조는 후주연결식 A-1형이었으며, 4월 하순경 알루미늄으로 코팅된 은박차광판을 해가림 구조 위에 설치하여 재배하다가 6월 15일에서 9월 10일까지 흑색 2중직 차광망을 추가로 피복하여 고온장해를 예방하였다. 기타 재배관리는 농촌진흥청 인삼표준경작법에 준하였다. 시험구 배치는 난괴법 3반복으로 시험구당 면적은 13.2 m²이었으며, 이중 3.3 m²에서 수확하여 수량을 환산하였다. 시험포장의 배수등급별 시험전후 토양화학성은 Table 1과 같은데 시험전후 모두 유기물함량은 낮았고 배수약간양호지의 Ca함량이 낮았고 EC는 시험후에 높은 수준이었다.

지상부 생육 및 잎의 생리장해 (황증) 발생율은 2009년 7월 중순에 조사하였고 지하부 생육 및 수량성은 2009년 10월 중순에 조사하였다. 황증 발생율은 황증 발생주와 건진주의 비율로 나타냈으며, 적변지수 (Rusty root index)는 (X1 × 1) + (X2 × 2) + (X3 × 3) + (X4 × 4) / (X1 + X2 + X3 + X4) (X1 : 적변무, X2 : 30% 이하의 적변, X3 : 50% 내외의 적변, X4 : 70% 이상의 적변)의 공식으로 나타냈다. 엽록소함량은 비색계 (SPAD)로 측정후 검량식 ((0.046 × Spad value) + 0.6749)을 이용하여 엽록소함량으로 환산하였다.

결과 및 고찰

인삼 4년생 수확포장의 논토양에서 배수등급별 품종별 지상부 생육특성을 조사한 결과는 Table 2와 같으며 별도로 밭토양의 자경종 재배와의 생육특성을 비교하여 보았다.

배수등급별 평균 경장을 볼때 배수불량지는 배수약간불량지보다 길게 나타났는 데 이같은 현상은 토양수분과다로 인한 다소 식물체가 도장이 된 것으로 생각 되었다. 품종별로는 배수불량지에서는 자경종 > 천풍 > 황숙종 > 연풍순으로 길었으며 배수약간불량지의 경우는 천풍 > 황숙종 > 연풍 > 자경종 순

Table 1. Soil chemical properties of before and after experiment of 4-year-old ginseng at paddy and upland field.

Drainage classes	Experiment	pH (1 : 5)	OM (g/kg)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	Ex.cation (cmol ⁺ /kg)			EC (ds/m)
					K	Ca	Mg	
Poorly	Before	4.8	15.2	81.9	0.24	3.23	1.13	0.79
	After	5.0	15.4	105	0.47	3.60	0.97	1.36
Imperfectly	Before	4.9	14.8	75.2	0.44	2.64	1.01	0.76
	After	5.1	14.7	98	0.48	2.70	0.97	1.75
Upland Soil	Before	5.6	8.5	118	0.16	2.87	1.27	0.31
Standard	-	5.0~6.0	10~20	50~150	0.2~0.6	3.0~5.0	1.0~2.0	0.50이하

Table 2. Growth characteristics of four-year-old ginseng by drainage classes and varieties in paddy soil.

Drainage classes	Varieties	Stem length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Chlorophyll content (mg/g)	Discolored leaf ratio (%)	
Paddy soil	Poorly [‡]	JK [†]	30.6ab*	12.4a	5.3a	2.14d	70.8a
		HS	26.6bcd	11.9ab	4.8bc	2.43ab	54.2b
		CP	29.0bc	11.2bcd	4.9abc	2.31bc	46.0c
		YP	25.5cd	11.0bcd	4.5cd	2.10d	69.2a
		Average	27.9	11.6	4.9	2.25	60.1
	Imperfectly	JK	20.3e	9.3e	4.2d	2.20cd	44.1c
		HS	24.6d	10.4de	4.6c	2.50a	39.1d
		CP	33.5a	11.6abc	4.9abc	2.36ab	39.5d
		YP	22.7de	10.6cd	4.9abc	2.42ab	53.1b
		Average	25.3	10.5	4.7	2.37	44.0
Upland soil	JK	34.1a	12.4a	5.3a	1.70e	5.0e	

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

[†] JK : Jakyongjong, HS : Hwangsookjong, CP : Cheonpoong, YP: Yeonpoong

[‡] Soil moisture content : Poor (25.5%), Imperfect (21.0%)

으로 길게 나타나 배수등급에 관계없이 천풍이 가장 큰 특징을 보였다. 평균엽장은 배수불량지보다 배수약간양호지에서 길었으며 품종간에는 배수불량지에서 자경종 > 황숙종 > 천풍 > 연풍 순이었고, 배수약간불량지에서는 천풍 > 연풍 > 황숙종 > 자경종 순이었다. 엽폭은 엽장과 마찬가지로 배수불량지보다 배수약간불량지에서 더 컸으나 그 차이는 적었으며 품종간에 큰차이가 없었다. 엽록소 함량은 배수불량지보다 배수약간불량지에서 높았는데 품종별로 배수불량지에서 황숙종 > 천풍 > 자경종 > 연풍 순이었고, 배수약간불량지에서는 황숙종 > 연풍 > 천풍 > 자경종 순이었다. 배수등급에 관계없이 황숙종의 엽록소 함량이 가장 높았다. 논토양에 과습으로 나타나는 황증 발생율은 배수불량지보다 배수약간불량지에서 현저히 낮았으며 품종별로는 배수불량지에서 자경종 > 연풍 > 황숙종 > 천풍 순으로 높았고 가장 높고 천풍과 황숙종이 적었는데 이는 품종특성 비교시 황숙종이 자경종 보다 황증 발생이 적다고 보고 (Chung *et al.*, 1995)하여 비슷한 결과를 보였다. 또한 엽록소함량은 낮은 특징이 있고 황증 발생율은 상당히 낮게 나타나 배수에 의한 논 발토양의 생육 차이를 볼 수 있다.

결과적으로 지상부생육을 볼때 배수불량지보다 배수약간불량지가 양호하고 황증발생이 적었으며 품종별로는 천풍과 황숙종의 생육이 양호하여 전보 (Lee *et al.*, 2009)의 결과와 유사한 결과를 보였다.

배수불량지와 배수약간양호지 논토양에서 품종별 지하부생육특성과 수량성을 조사한 결과는 Table 3과 같다. 앞서와 같이 별도로 발토양의 자경종 재배와의 생육특성과 수량성을 비교하여 보았다.

논토양에서 인삼재배적지선정은 배수등급별로 볼때 배수약간양호지부터 가능지로 구분되어 있고 배수불량지는 저위생산지로 특별한 관리를 요하는 토양으로 구분되어 있다 (RDA.,

2009). 생존율은 배수등급별로 볼 때 배수불량지보다 배수약간양호지에서 현저한 차이를 보이고 있어 장기간 배수가 불량한곳에서 인삼재배는 생육에 지대한 영향을 미칠것으로 생각된다. 품종별로 볼 때 배수불량지는 연풍 > 천풍 > 황숙종 > 자경종 순으로 높았고 배수약간양호지는 황숙종 > 연풍 > 천풍 > 자경종 순으로 높아 신품종이 재래종보다는 생존율이 높았다. 이러한 결과는 천풍과 연풍 신품종이 자경종 (재래종)보다 생존율이 높다는 보고 (Kwon *et al.*, 1998; Kwon *et al.*, 2000)와 유사한 결과를 보였다. 근장은 배수불량지보다 배수약간불량지에서 더 컸는데, 배수불량지에서는 연풍이 가장 짧고 나머지 세 품종은 큰차이가 없었으나 배수약간불량지에서는 천풍의 근장이 나머지 세 품종에 비해 가장 긴 특징을 보였다. 동체장은 배수등급 및 품종간 큰 차이가 없었는데 배수불량지에서는 자경종이 가장크고 황숙종이 작았으며 배수약간불량지에서는 천풍이 가장 크고 황숙종이 가장 작은 특징을 보였다. 동체직경은 배수불량지가 배수약간불량지보다 짧았으며, 품종별로 볼 때 배수불량지의 경우 연풍이 가장 짧고 황숙종이 가장 길었으며 배수약간불량지에서는 황숙종이 가장 굵었고 그 외 나머지 품종은 차이가 없었다. 주당근중은 배수등급 및 품종에는 뚜렷한 차이를 보였으며 배수불량지 보다 배수약간불량지에서 뚜렷이 증가를 보였으며, 품종별로 볼때 배수불량지의 경우 황숙종> 천풍 > 자경종 > 연풍 순으로 무거웠으며 배수약간불량지에서는 천풍 > 황숙종 > 자경종 > 연풍 순으로 무거운 특징을 보였다.

뿌리의 적변발생을 지수로 나타냈는데 이는 토양수분, 염류농도, 인산함량, 축분퇴비에 영향을 받고 (Park *et al.*, 2006), 특히 논토양의 경우는 복합비료 과다사용은 양분과다 집적으로 토양을 악화시킨다고 보고 (Park *et al.*, 1994)하여 인삼의 장기 재배는 염류 장애로 인한 적변발생의 원인이 된다고 생

Table 3. Root growth characteristics and yield of four-year-old ginseng by drainage and varieties in paddy soil.

Drainage classes	Varieties	Survived plant ratio (%)	Root length (cm)	Tap root length (cm)	Tap root diameter (mm)	Root weight (g/plant)	Root yield (g/3.3 m ²)	Rusty root index [§] (0-3)	
Paddy soil	Poorly [‡]	JK [†]	31.4d*	25.1b	9.0ab	14.7c	7.1ef	157e	1.36cd
		HS	66.2c	26.4b	6.9c	16.7abc	11.9cd	557d	2.38a
		CP	70.0bc	25.3b	7.9bc	15.0bc	11.3de	533d	1.35cd
		YP	75.7abc	19.7c	7.4c	9.5d	4.2f	223e	2.19ab
		Average	60.8	24.1	7.8	14.0	8.6	368	1.82
	Imperfectly	JK	74.3abc	24.6b	7.4c	16.5abc	14.0bcd	705cd	1.01d
		HS	89.5a	24.3b	7.0c	17.8a	15.7abc	995ab	2.26a
		CP	86.7ab	27.8ab	9.4a	16.5abc	19.3a	1,171a	1.49cd
		YP	87.7ab	24.4b	7.7bc	16.6abc	12.3cd	757c	2.07ab
		Average	84.6	25.3	7.9	16.9	15.3	907	1.71
Upland soil	JK	64.8c	30.1a	7.5c	17.0ab	16.6ab	823bc	1.74bc	

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

[†] JK : Jakyongjong, HS : Hwangsookjong, CP : Cheonpoong, YP : Yeonpoong

[‡] Soil moisture content : Poor (25.5%), Imperfect (21.0%)

[§] Rusty root index : (X1 × 1) + (X2 × 2) + (X3 × 3) + (X4 × 4) / (X1 + X2 + X3 + X4), X1 : no visible lesions, X2 : slight lesions, X3 : medium lesions, X4 : serious lesions

각되었다. 본실험에서 배수등급별로 토양수분함량은 차이가 있어 배수약간불량지 보다 배수불량지에서 적변발생이 크게 나타났으며 품종간에 배수불량지의 경우 황숙종 > 연풍 > 자경종 > 천풍 순으로 적변발생이 컸으며 배수약간불량지의 경우는 황숙종 > 연풍 > 천풍 > 자경종 순으로 발생이 높았다. 또한 적변발생율은 품종간에 황숙종이 가장 높고 천풍이 가장 낮은 특징을 보였는데 이는 자경종에 비해 황숙종의 적변발생율에 뚜렷한 차이를 보인다고 보고 (Chung *et al.*, 1995)와 비슷한 결과를 보였다. 근수량성은 배수불량지보다 배수약간불량지에서 뚜렷이 증가 되었는데 Lee *et al.* (1995)은 논토양 배수불량지의 인삼작황이 불량하고 배수불량토양을 선정하지 않도록 보고하여 본 결과와 유사한 경향을 보였다. 품종별수량성은 배수불량지에서 황숙종 > 천풍 > 연풍 > 자경종 순으로 황숙종의 수량이 가장 높았으며, 배수불량지에서는 천풍 > 황숙종 > 연풍 > 자경종 순으로 천풍의 수량이 가장 높았다. 한편 밭토양재배 자경종의 지하 생육을 논 등급별로 비교 했을때 배수불량지보다는 전반생육이 양호하며 배수약간양호지와는 생존율은 낮은 경향이며 근장이 길고 근중은 무거운 경향이며 수량성은 다소 낮은 경향을 보였다. 특히 적변발생율은 거의 같은 수준을 보여 인삼논재배는 배수가 약간 양호한 토양 선정 시 밭토양과 비슷한 생산성을 유지할 수 있어 논재배시 토양 배수등급선정은 중요한 요인으로 생각되어진다.

이상을 배수등급별로 지생부와 지하부 생육을 비교 했을때 배수불량지와 배수약간불량지의 생존율 차이와 수량성 차이가 현저하여 인삼 논재배는 배수약간불량지부터 가능할 것으로 판단되며 또한 배수 불량지의 토양수분과다는 인삼 뿌리의 황증과 적변발생이 커서 품질을 저하시키는 원인이 될 것으로

생각 되었다. 배수등급에 따라 품종별 수량성은 현저한 차이를 보이므로 재배가능한 배수약간양호지에서의 생육과 수량성을 고찰해보면 자경종에 비해 천풍은 황증과 적변발생이 낮고 수량이 가장 높게 나타나 논재배 적응 품종으로 선발할 수 있었고, 황숙종은 수량성은 높으나 황증발생과 적변발생율이 높은 단점이 있었다.

따라서 결론적으로 인삼 논재배가 가능한 배수등급은 배수약간불량지부터 가능하고 천풍은 황증과 적변발생이 가장 낮고 수량면에서 유리하여 논토양의 적응품종이라고 생각되었다.

LITERATURE CITED

- Cho DH, Park KJ, Yu YH, Oh SH and Lee HS. (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. *Journal of Ginseng Research*. 19:175-180.
- Chung YY, Chung CM, KO SR and Choi KT. (1995). Comparison of agronomic characteristics and chemical component of *Panax ginseng* C. A. Meyer and *Panax quinqueflum* L. *Korean Journal of Ginseng Science*. 19:160-164.
- Jo Js, Kim CS and Won JY. (1996). Crop rotation of the Korean ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) and the rice in paddy field. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 4:19-26.
- 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.
- Kwon WS, Chung CM, Kim YT, Lee MG and Choi KT. (1998). Breeding process and characteristics of KG101, a

- superior line of *panax ginseng* C. A. Meyer. Journal of Ginseng Research. 22:11-17.
- Kwon WS, Lee JH, Kang JY, Kim YT and Choi KT.** (1994). Red ginseng quality of Jakyungjong and Hwangsookjong in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Breed. 26:400-404.
- Kwon WS, Lee MG and Choi KT.** (2000). Breeding process and characteristics of Yunpoong, a new variety of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Journal of Ginseng Research. 24:1-7.
- Lee IH, Kim MS, Park CS, Byen JS and Ohh SH.** (1995). Studies on the ginseng cultivated in paddy field. Ginseng Research Annual Report. p. 299-317.
- Lee SW, Hyun DY, Park CG, Kim TS, Yeon BY, Kim CG and Cha SW.** (2007). Effect of soil moisture content on photosynthesis and root yield (*Panax ginseng* C. A. Meyer) seedling. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:367-370.
- Lee SW, Kang SW, Kim DY, Seong NS and Park HW.** (2004). Comparison of growth characteristics and compounds of ginseng cultivated by paddy and upland cultivation. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 12:10-16.
- Lee SW, Kang SW, Seong NS, Hyun GS, Hyun DY, Kim YC and Cha SW.** (2004). Variation of growth characteristic and quality of ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) grown under upland and paddy field. Korean Journal of Crop Science. 49:389-393.
- Lee SW, Kim GS, Yeon BY, Hyun DY, Kim YB, Kang SW and Kim YC.** (2009). Comparison of growth characteristics and ginsenoside contents by drainage classes and varieties in 3-year-old ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). Korean J. Medicinal Crop Science. 17:346-351.
- Nam KY, Park H and Lee IH.** (1980). Effect of soil moisture on growth of *Panax ginseng*. Korean Society of Soil Science and Fertilizer. 13:71-76.
- National Academy of Agriculture Science, RDA.** (1992). Korean soil general remarks (Revised Edition). p. 481-490.
- Park BG, Jeon TH, Kim YH and Ho QS.** (1994). Status of farmers' application rates of chemical fertilizer and farm manure for major crops. Korean Society of Soil Science and Fertilizer. 27:238-246.
- Park H, Mok SK and Kim KS.** (1982). Relationship between soil moisture, organic matter and plant growth in ginseng plantation. Korean Society of Soil Science and Fertilizer. 15:156-161.
- RDA.** (2009). Ginseng cultivation standard farming text book-103 (Revised Edition). p. 103-106.
- RDA.** (2009). Ginseng preplanting soil management standard practices (2nd Edition). p. 22-29.