

인삼 채종 횟수가 생육, 수량 및 진세노사이드 함량에 미치는 영향

김영창^{1†} · 김장욱² · 조익현³ · 방경환⁴ · 김동휘⁵ · 이정우^{6‡}

Effects of the Number of Seed Harvesting on Growth, Root Yield and Ginsenoside Content in Ginseng

Young Chang Kim^{1†}, Jang Uk Kim², Ick Hyun Cho³, Kyeong Hwan Bang⁴, Dong Hwi Kim⁵ and Jung Woo Lee^{6‡}

ABSTRACT

Received: 2023 March 21
1st Revised: 2023 March 28
2nd Revised: 2023 April 4
3rd Revised: 2023 April 5
Accepted: 2023 April 5

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.

Background: This study aimed to provide basic data for seed production and management system to the farmers via the degree of root yield reduction, based on continuous ginseng seed harvesting. **Methods and Results:** Yunpoong and Gumpoong ginseng varieties were selected. The planting density was set to 70 plants in 7 rows and 10 column in a 1.8 m × 0.9 m plot. The number of seed harvesting was 1 to 4 times from 3-year-old while growing a 6-year-old. Twelve treatments were performed according to the annual number of seed harvest. For both ginseng varieties, root yield was the highest when treated without seed harvesting and it, decreased as the number of harvested seed increased. The rate of yield loss in ginseng was on average 24.8%, 36.4%, 45.0%, and 56.3% in the seeds harvested for 1, 2, 3, and 4 times, respectively, compared with non-harvesting. Contrastingly, no notable difference was observed between the number of harvested seeds and ginsenosides content in white and red ginseng.

Conclusions: Ginseng farmers can manage seed harvesting by evaluating root yield with the number of seeds harvests, Additionally, root loss can be effectively managed with continuous seed harvests while ensuring high quality.

Key Words: *Panax ginseng* C. A. Meyer, Ginsenoside Content, Seed Harvesting Number, Yield



서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Mey.)은 산형화과 (*Umbelliferae*) 인삼속 (*Panax*) 식물로 종자 생산량이 매우 적은 편이며, 개화는 5월 초중순경에 화서 가장자리에서부터 시작하여 중앙까지 개화하는데 10일에서 15일 가량 소요된다.

인삼은 1년생에서는 개화가 되지 않으며 2년생은 개화가 되나 (Chung *et al.* 1989) 이는 1년생의 생육이 우수하였을 경우이며, 종자가 결실이 되어도 2 개 – 5 개 내외이다. 본격적인 개화는 3년생 때부터 시작되며 종자량은 20 개 – 30 개

정도이고, 4년생에서는 40 개 – 50 개, 5년생에서는 50 개 – 60 개, 6년생에서는 60 개 – 70 개 수준이어서 우수한 품종 보급을 위해서는 상당한 시간이 소요된다 (RDA, 2018).

현재 인삼 품종은 2000년대 초반부터 품종을 육성하여, 현재까지 천풍, 천량 등 33 개 품종이 등록되었으며 (KSVS, 2023), 품종마다 고유의 특성을 보유하고 있어 재배 농가는 선호도에 따라 품종을 선택하여 재배하고 있다 (Kim *et al.*, 2014).

일반적으로 인삼 품종은 수량성, 병해충 저항성, 고품질, 고온 등 자연재해 저항성 등 재래종의 결함을 보완하여 개발되

[†]Corresponding author: (Phone) +82-63-238-0883 (E-mail) ycpiano@korea.kr

[‡]Co-corresponding author: (Phone) +82-43-871-5612 (E-mail) enzymers@korea.kr

¹농촌진흥청 융복합혁신전략팀 연구관 / Researcher, Convergence and Innovation Strategy Team, Research Policy Bureau, RDA, Jeonju 54875, Korea.

²농촌진흥청 인삼특작부 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

³단국대학교 식량생명공학전공 조교수 / Assistant professor, Department of Crop Science and Biotechnology, Dankook University, Cheonan 31116, Korea.

⁴농촌진흥청 인삼특작부 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁵농촌진흥청 인삼특작부 연구관 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁶농촌진흥청 인삼특작부 연구사 / Researcher, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

었기 때문에 농가에서는 품종을 재배함으로 인해 소득 향상과 우수한 품질의 인삼을 안정적으로 생산할 수 있다 (Kim *et al.*, 2013a; Kim *et al.*, 2017). 최근 지구 온난화로 인해 고온장해, 병해충, 염류장해가 많이 발생하여 인삼의 안정 생산에 많은 어려움을 겪고 있어 이에 대한 우수한 저항성을 가진 품종 보급이 매우 시급하다 (Kim *et al.*, 2014). 인삼 품종이 위와 같은 장점이 있음에도 불구하고 보급률은 18% 정도로 아주 낮은 실정이다. 이는 3년생부터 본격적인 개화와 낮은 증식 배율, 그리고, 농가에서는 5년근 및 6년근 수확 시 지하부 수량 감소를 줄이기 위해 4년생에서 1 회 채종하기 때문에 우량 품종 종자 보급을 위해서는 상당한 시간이 필요하다.

품종 종자의 대량 증식을 위해 조직배양을 하여 재분화체 식물체를 토양순화에 성공하였으나 (Kim *et al.*, 2013b), 낮은 순화율을 높이고 오랜 휴면기간의 단축을 위한 연구가 더 필요하다. 인삼의 휴면기간 단축을 위해 종자와 묘삼 휴면타파 연구 (Kim *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2016)가 시도되어, 온실 내에서 2 회/년 재배가 가능하나 대량 증식을 위해서는 온실 면적과 고비용으로 인해 연구용으로는 가능하나 실용화 되기에는 현실적으로 한계점이 있다.

따라서, 인삼 종자를 조기에 보급하기 위해서는 연생에 관계없이 매년 종자를 수확하여 보급하는 것이 절실히 요구되고 있다. 하지만, 대부분의 인삼재배 농가에서는 매년 종자 수확 시 수량이 감소할 것이라고 생각하고 있으나 대략 얼마의 수량이 감소할 것인지에 대한 자료는 미흡한 실정이다.

따라서, 본 시험은 인삼 종자 연속 채종에 따른 수량 감소 정도를 제시함으로써 국내 종자 수급과 관련한 종자·종묘 생산 및 보급체계 구축에 대한 기초자료로 이용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 시험재료 및 재배방법

본 시험에 이용된 재료 (*Panax ginseng* C. A. Mey.)는 농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부 (충북 음성) 시험포장에서 연풍과 금풍을 대상으로 2013년부터 2016년까지 4년에 걸쳐 3년생에서 6년생까지를 조사하였다. 재식밀도는 1.8 m × 0.9 m 당 7 행 10 열로 70 주씩으로 하였다. 6년생을 재배

하는 동안 채종 횟수는 1 회 - 4 회까지 하였고, 모두 12 처리를 하여 채종 횟수를 달리 하였으며, 6년근을 수확할 경우 4년생 때 1 회 채종하는 것을 대조구 (T3)로 두었다 (Table 1). 한 처리당 재식 주수는 140 주로 하였고, 처리당 3 반복을 실시하였다.

피복자재는 청색 3 겹 + 흑색 1 겹의 4 중식 차광망으로 설치하였고, 고온장해를 예방하기 위해 흑색 2 중식 차광망을 6월 상순에 덧씌웠다. 병해충 방제, 잡초 제거 등 기타 재배관리는 인삼 GAP 표준재배지침에 준하여 관리하였다 (RDA, 2012a).

2. 생육조사

화회 제거는 농가에서 일반적으로 실시하고 있는 개화 50% 이하일 때 실시하였고, 지상부는 잎이 완전히 전엽되고 5월 하순에 경화되었을 때 조사하였으며, 조사항목은 경장, 경직경, 엽장, 엽폭, 엽병수, 엽수를 조사하였다. 지하부는 9월 하순 수확하여 단위 면적당 수량과 개체당 수량을 조사하였다. 지상부와 지하부 특성은 농촌진흥청 연구조사 분석기준 (RDA, 2012b)에 준하여 조사하였다.

3. 백삼 및 홍삼 제조

12 처리별 지하부 진세노사이드 분석을 위해 백삼과 홍삼을 제조하였다. 백삼을 제조하기 위해 12 개 처리 별 수확한 6년근 뿌리를 세척한 후 60°C와 70°C사이에서 24 시간 건조하였다. 홍삼은 수삼을 세척하여 증삼기에 넣은 후 90°C와 100°C사이에서 24 시간 증숙한 후 다시 60°C와 70°C사이에서 24 시간 동안 건조하여 제조하였다 (MAFRA, 2017).

4. Ginsenosides 분석

진세노사이드는 Re, Rg1, Rf, Rb1, Rg2, Rc, Rb2, Rb3, Rd (Chroma Dex, Santa Anna, CA, USA) 9 종을 분석하였다. Kim 등 (2008) 방법에 따라 마쇄한 인삼 분말 시료 0.2 g과 70% MeOH 2 ml를 넣고 잘 혼합한 후 50°C에서 30 분 동안 초음파 추출한 뒤 4°C, 13,000 rpm에서 15 분 동안 원심분리 (Powersonic 410, Hwashin Tech Co., Ltd., Seoul, Korea)하여 얻은 상등액을 2 ml tube에 취한 다음 1 ml

Table 1. The number of seed harvesting times during 6 years by treatment.

Years	Treatment											
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7	T8	T9	T10	T11	T12
3	×	○	×	×	×	○	×	×	○	○	×	○ ¹⁾
4	×	×	○	×	×	○	○	×	×	○	○	○
5	×	×	×	○	×	×	○	○	○	○	○	○
6	×	×	×	×	○	×	×	○	×	×	○	○

¹⁾○; seed harvesting, ×; removal flower bud.

를 Sep-Pak C18 cartridge (Water Corporation, Milford, MA, USA)를 이용하여 정제한 후 추출액을 0.45 μm 의 membrane filter (Gilson, Mansfield, TX, USA)로 여과한 후 이용하였다.

Agilent 1100 series HPLC system (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)을 이용하여 진세노사이드 함량을 측정하였고 이동상의 유속은 0.5 – 0.8 ml/min로 조정하였고, 칼럼 온도는 50°C, UV 검출기의 파장은 203 nm로 고정하였다. 분석을 위한 column은 Halo RP-amide column (4.6 mm \times 150 mm, 2.7 μm , Wilmington, DE, USA)을 사용하였다 (Yu *et al.*, 2016).

5. 통계 분석

통계 분석을 위해 SAS (Version 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하여 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 5% ($p < 0.05$) 수준에서 유의성 검정을 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 지상부 생육 특성

6년생 연풍과 금풍의 지하부 수확까지 3년생부터 1 – 4 회 채종까지 모두 12 처리를 한 결과 지상부 특성은 Table 2, Table 3과 같다.

연풍 품종의 경장은 무채종시 38.3 cm, 1 회 채종 시 평균 36.7 cm, 2 회 채종 시 평균 31.4 cm, 3 회 채종 시 평균 33.4 cm, 4 회 채종 시 24.7 cm로 채종을 전혀 하지 않았거나,

1 회 채종한 경우가 대체로 길었으며, 4 회 채종한 처리구에서 가장 짧았다. 그러나, 2 – 3 회 채종시는 채종 횟수가 적다고 해서 경장이 길지는 않았다 (Table 2). 금풍 품종도 경장은 채종을 하지 않은 처리구에서 39.1 cm로 가장 길었고, 1 회 채종 시 평균 35.9 cm, 2 회 채종 시 34.3 cm, 3 회 채종 시 33.1 cm, 4 회 채종 시 29.4 cm로, 채종을 전혀 하지 않았거나, 1 회 채종한 경우가 대체로 길었으며, 4 회 채종한 처리구에서 가장 짧았으나 통계적 유의성은 없었다 (Table 3).

지하부 수량과 상관관계가 높다고 보고된 경직경의 경우 (Kim *et al.*, 2015) 무채종일 경우 연풍은 8.8 cm, 금풍은 9.6 cm로 가장 두꺼웠으며, 1 회 채종은 평균 8.1 cm, 7.9 cm로 2 회 또는 3 회 채종 시 보다 두꺼운 편이었으며, 채종 횟수가 적을수록 경직경이 두꺼운 경향은 있었으나 처리간 유의성은 없었다.

엽수는 연풍, 금풍 모두 5년생에서 1 회 채종 (T4)에서 가장 많았고, 무채종일 경우 두 번째로 많았다. 엽수도 채종 횟수가 많으면 줄어들었지만 유의성을 나타내지는 않았다.

이상의 결과와 같이 경장을 비롯한 지상부 6 개의 조사 항목에서 연풍과 금풍의 경우, 모두 무채종일 때와 5년생 때 1 회 채종 시 지상부 생육이 다른 처리구보다 우수하였다 (Table 2 and Table 3).

2. 지하부 생육 특성

12 개 처리별 연풍과 금풍의 6년근 뿌리 수량을 조사한 결과는 Fig. 1과 같다. 지하부 수량은 연풍과 금풍 모두 3년생에서 6년생까지 전혀 채종하지 않은 처리구에서 평균 개체중

Table 2. The growth characteristics of aerial parts by number of seed harvesting times in 6-year-old Yunpoong cultivar.

Treatment	SL ¹⁾ (cm)	SW ²⁾ (mm)	LL ³⁾ (cm)	LW ⁴⁾ (cm)	NP ⁵⁾ (No.)	NL ⁶⁾ (No.)	
0 times	T1	38.3±3.80 ^{abc}	8.8±1.73 ^a	17.7±2.40 ^a	7.9±1.10 ^a	9.1±1.27 ^{ab}	43.9±2.19 ^{b*}
	T2	37.2±2.10 ^{ab}	7.8±1.12 ^{bcd}	15.6±2.10 ^b	7.1±1.10 ^b	7.3±3.27 ^{bc}	36.5±4.26 ^c
	T3	38.1±2.70 ^a	7.7±1.53 ^{bcd}	15.3±2.80 ^b	7.0±1.10 ^b	6.7±2.36 ^{bc}	32.9±2.66 ^c
1 times	T4	36.2±2.50 ^{abc}	8.7±1.54 ^{ab}	15.9±2.30 ^{ab}	7.3±1.10 ^b	10.2±5.79 ^a	50.6±3.92 ^a
	T5	35.3±2.70 ^{abc}	8.2±0.99 ^{abc}	15.9±1.90 ^{ab}	7.2±0.90 ^b	6.9±2.42 ^{bc}	33.6±4.59 ^c
	Mean	36.7±2.51	8.1±1.63	15.7±2.22	8.8±1.13	7.8±2.38	7.2±2.69
2 times	T6	33.7±4.00 ^c	6.9±0.66 ^{de}	15.0±1.40 ^b	6.7±0.70 ^c	6.1±2.51 ^c	30.0±3.67 ^c
	T7	26.9±2.80 ^e	5.6±0.75 ^{fg}	12.4±1.60 ^{cd}	5.4±0.90 ^d	6.3±1.77 ^{bc}	26.2±4.53 ^d
	T8	28.8±3.20 ^d	6.7±0.84 ^{def}	14.6±1.80 ^b	6.6±0.60 ^c	5.5±2.22 ^c	27.9±2.79 ^d
	T9	36.0±3.20 ^{abc}	7.4±0.63 ^{cde}	14.7±1.70 ^b	6.6±0.90 ^c	5.7±3.54 ^c	28.1±3.25 ^{cd}
	Mean	31.4±3.10	6.7±0.68	14.2±1.58	7.9±0.72	5.9±2.58	6.4±3.12
3 times	T10	33.4±2.70 ^c	6.5±1.32 ^{ef}	13.9±2.00 ^{bc}	6.6±0.90 ^c	5.9±1.97 ^c	29.5±3.85 ^c
	T11	33.4±3.80 ^c	7.2±1.07 ^{cde}	15.0±2.10 ^b	6.9±1.00 ^b	6.2±2.05 ^c	30.7±3.33 ^c
	Mean	33.4±2.88	6.9±1.29	14.5±2.05	8.2±0.98	6.1±2.02	6.8±3.58
4 times	T12	24.7±2.30 ^{de}	5.5±0.63 ^g	11.3±1.20 ^d	5.7±1.00 ^d	5.3±2.31 ^c	31.7±3.92 ^c

¹⁾SL; stem length, ²⁾SW; stem width, ³⁾LL; leaf length, ⁴⁾LW; leaf width, ⁵⁾NP; number of petiole, ⁶⁾NL; number of leaves. *Different letters are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

Table 3. The growth characteristics of aerial parts by number of seed harvesting times in 6-year-old Gumpoong cultivar.

Treatment		SL ¹⁾ (cm)	SW ²⁾ (mm)	LL ³⁾ (cm)	LW ⁴⁾ (cm)	NP ⁵⁾ (No.)	NL ⁶⁾ (No.)
0 times	T1	39.1±2.40 ^{a*}	9.6±1.79 ^a	17.1±2.40 ^a	7.6±1.50 ^a	5.4±0.47 ^b	24.8±1.75 ^{bc}
	T2	36.5±2.10 ^b	7.5±0.82 ^{bcd}	15.3±1.40 ^{bcd}	6.9±1.00 ^{abc}	4.9±0.32 ^{bc}	24.7±1.95 ^{bc}
1 times	T3	34.5±3.10 ^{bc}	7.6±1.27 ^{bc}	16.0±1.70 ^{bc}	7.2±1.00 ^{ab}	4.8±0.44 ^{bc}	23.7±2.69 ^{bc}
	T4	36.2±2.10 ^b	9.1±1.10 ^{ab}	16.7±2.40 ^{ab}	6.8±1.00 ^{abc}	5.9±2.37 ^a	33.4±5.64 ^a
	T5	36.2±2.50 ^{bc}	7.3±0.81 ^{cde}	16.3±1.50 ^b	6.7±0.60 ^{abc}	5.0±0.32 ^{bc}	24.3±0.71 ^{bc}
	Mean	35.9±2.12	7.9±1.20	16.1±1.78	6.9±0.98	5.2±0.27	8.4±2.58
	T6	35.3±2.70 ^{bc}	7.5±0.76 ^{bcd}	15.1±1.40 ^{bcd}	6.2±0.70 ^{bc}	4.9±0.32 ^{bc}	24.2±1.62 ^{bc}
2 times	T7	34.3±2.40 ^{bc}	7.6±1.40 ^{bc}	14.5±2.40 ^{bcd}	6.5±1.30 ^{bc}	5.0±1.65 ^{bc}	27.0±4.23 ^b
	T8	34.1±3.60 ^{bc}	6.4±0.67 ^{efg}	14.2±1.90 ^{cde}	6.4±0.80 ^{bc}	4.9±0.33 ^{bc}	23.8±1.64 ^{bc}
	T9	33.4±3.10 ^{cd}	6.5±0.84 ^{def}	15.6±2.40 ^{bcd}	6.7±0.70 ^{abc}	4.7±0.48 ^{bc}	23.1±2.28 ^{bc}
	Mean	34.3±2.13	7.0±0.78	14.9±1.50	6.5±0.89	4.9±0.92	7.6±2.21
3 times	T10	35.1±1.50 ^{bc}	7.1±0.89 ^{cde}	15.4±2.00 ^{bcd}	6.6±0.80 ^{bc}	4.7±0.48 ^{bc}	23.4±2.59 ^{bc}
	T11	31.1±3.40 ^{de}	5.9±0.73 ^{fg}	13.7±1.60 ^{de}	6.0±0.90 ^c	4.5±0.53 ^{bc}	22.1±2.60 ^c
	Mean	33.1±2.53	6.5±0.81	14.6±1.85	6.3±0.81	4.6±0.52	6.9±2.39
4 times	T12	29.4±3.00 ^e	5.5±0.80 ^g	13.0±1.50 ^e	5.9±0.60 ^c	4.3±0.48 ^c	21.1±1.79 ^c

¹⁾SL; stem length, ²⁾SW; stem width, ³⁾LL; leaf length, ⁴⁾LW; leaf width, ⁵⁾NP; number of petiole, ⁶⁾NL; number of leaves. *Different letters are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

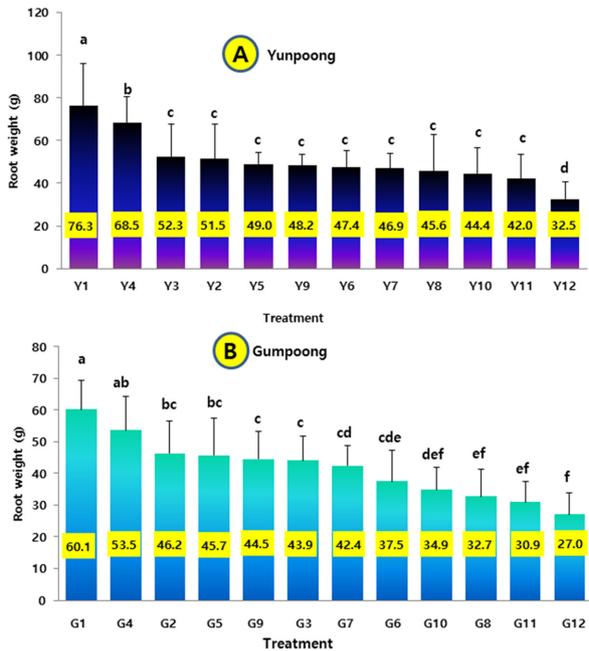


Fig. 1. Comparison of root weight by seed harvesting in 6-year-old ginseng. (A); variety of Yunpoong, (B); variety of Gumpoong. Vertical bars indicate means ± S.D. The numbers in the bar graphs are the average root weights of 3 repetition per treatment. *Different letters are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

이 76.3 g (Y1)과 60.1 g (G1)으로 가장 높게 나타났다. 1 회 채종시에는 5년생에서 1 회 수확한 처리구에서 연풍 (Y4)과

금풍 (G4) 모두 두 번째로 많은 수량을 나타냈다. 품종에 관계 없이 3 - 6 년 동안 4 회 채종할 경우 지하부 수량은 연풍 (Y12)은 32.5 g, 금풍 (G12)은 27.0 g으로 가장 적게 나타났다.

한편, 연풍 품종은 1 회, 2 회, 3 회, 4 회 채종 시에는 평균 개체중은 55.3 g, 47.0 g, 43.2 g 그리고 32.5 g으로 나타나 채종 횟수에 따라 근중의 차이는 나타났으나, 4 회 채종과 5년생에서 1 회 채종을 제외한 나머지 처리구간에는 유의성을 나타내지는 않았다. 채종 횟수에 따라 연풍 품종의 지하부 수량은 무채종에 비해 1 회 채종 시 27.5%, 2 회 채종 시는 38.4%, 3 회 채종 시는 45.3%, 4 회 채종 시는 57.4%의 감모율을 나타내어 4 회 채종 시는 무채종에 비해 절반 이상이 감소하는 것으로 나타났다 (Table 4).

금풍 품종도 1 회, 2 회, 3 회, 4 회 채종 시는 평균 개체중은 47.3 g, 38.8 g, 31.8 g 그리고 27.0 g 으로, 1 회, 4 회 채종을 한 처리구를 제외한 2 회와 3 회 채종 간의 유의성은 나타나지 않았다. 뿌리 수량은 무채종에 비해 1 회 채종 시 21.3%, 2 회 채종 시는 33.8%, 3 회 채종 시는 47.1%, 4 회 채종 시는 55.1%의 감모율을 나타내었다 (Table 4).

한편, 채종 횟수에 따라 감모율의 변이 폭을 줄이기 위해 같은 처리간에 연풍과 금풍을 합쳐 평균을 구했을 때는 1 회, 2 회, 3 회, 4 회 채종 시는 평균 개체중은 51.3 g, 43.4 g, 37.5 g 그리고 29.8 g으로, 지하부 감모율은 무채종에 비해 1 회 채종 시 24.8 %, 2 회 채종 시 36.4%, 3 회 채종 시 45.0%, 4 회 채종 시 56.3%의 감모율을 나타냈다 (Table 4).

일반적으로 농가에서는 6년생을 재배할 때 4년생에서 1 회, 4년생 및 5년생을 재배할 때는 3년생에서 1 회 채종을 한다.

Table 4. Comparison of root loss rate according to the number of seed harvests in ginseng.

Cultivars	Number of seed harvesting					
	0	1	2	3	4	
Yunpoong	Root weight(g)	76.3±4.03 ^a	55.3±3.71 ^b	47.0±3.09 ^c	43.2±2.94 ^c	32.5±2.42 ^d
	Weight loss rate(%)	-	27.5	38.4	45.3	57.4
Gumpoong	Root weight(g)	60.1±1.66 ^a	47.3±2.21 ^b	38.8±2.35 ^c	31.8±2.62 ^c	27.0±1.76 ^d
	Weight loss rate(%)	-	21.3	33.8	47.1	55.1
Average	Root weight(g)	68.2±8.83 ^a	51.3±5.07 ^b	43.4±3.98 ^c	37.5±4.44 ^c	29.8±3.49 ^d
	Weight loss rate(%)	-	24.8	36.4	45.0	56.3

^aDifferent letters are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

인삼은 뿌리를 생산하는 것을 목적으로 하기 때문에 수량을 높이기 위해서는 채종을 하지 않는 것이 좋으나, 모종삼 생산이나 파종을 위해서 종자를 수확해야 한다. 6년생 재배 시 종자를 수확할 때는 지상부 생육이 왕성한 4년생이 적합하다고 하였지만 (RDA, 2018b), 생육 정도에 따라 본 연구의 결과처럼 5년생 시기에 수확하는 것도 좋을 것으로 판단된다. 한편, 예정지 관리 시 퇴비를 과다 사용하여 지상부가 과번무하거나 지하부가 과대 비대할 경우 뿌리가 썩을 우려가 있으므로, 이를 대비하여 4년생과 5년생 시기에 연속으로 종자 채취를 하여 생장을 약간 늦추는 것도 효과적인 방법이라 생각한다.

3. 백삼의 ginsenoside 함량

12 개 처리별 연풍과 금풍의 6년근에 대한 백삼의 ginsenoside 함량에 대한 조사를 한 결과는 Table 5, 6과 같다.

연풍 백삼의 전체 사포닌 함량은 6년생까지 재배하면서 2 회 채종한 처리구 (T6, T8)에서 각각 4.21, 4.14%로 가장 높

게 나타났고, 전혀 채종하지 않아 수량이 가장 높은 처리구 (T1)에서 2.13%로 가장 낮게 나타났다 (Table 5). 반면, 금풍에서는 1 회 채종한 처리구 (T5)와 2 회 채종한 처리구 (T6)에서 2.30%, 2.22%로 가장 높게 나타났고, 1 회 처리구 (T4)와 2 회 채종한 처리구 (T9)가 1.20%, 1.25%로 가장 낮게 나타나 같은 횟수로 채종한 처리구라도 진세노사이드 함량의 차이가 남으로 인해 채종 횟수와 백삼의 사포닌 함량과는 관계가 없는 것으로 판단된다.

채종 횟수와 사포닌 함량과의 연관성을 찾기 위해 수량 감소가 다소 적게 나타난 채종 횟수 2 회 이하와 수량 감소가 많이 나타난 3 회 이상 처리구로 구분하여 평균 함량을 조사한 결과, 2 회 이하에서 연풍과 금풍은 각각 3.19%와 1.67%였으며, 3 회 이상에서는 3.22, 1.80%로, 2 회 이하 채종에서 각각 0.03, 0.13% 낮게 나타나 수량이 높게 나타날수록 사포닌 함량이 낮게 나타났는데, 이는 Han 등 (2013)이 보고한 내용과 일치했다.

Table 5. Comparison of ginsenosides content in 6-year-old white ginseng of Yunpoong cultivar.

Treatment	Ginsenosides content (%)										
	Re	Rg1	Rf	Rb1	Rg2	Rc	Rb2	Rb3	Rd	Total	
0 times	T1	0.35±0.03	0.36±0.02	0.13±0.00	0.71±0.01	0.04±0.00	0.25±0.01	0.22±0.01	0.03±0.00	0.04±0.00	2.13±0.08 ^f
	T2	0.50±0.01	0.49±0.01	0.17±0.00	1.43±0.02	0.06±0.00	0.43±0.01	0.39±0.01	0.05±0.00	0.10±0.00	3.62±0.05 ^b
1 times	T3	0.40±0.01	0.44±0.01	0.13±0.01	1.05±0.04	0.06±0.00	0.38±0.02	0.34±0.02	0.05±0.00	0.07±0.00	2.92±0.09 ^d
	T4	0.36±0.01	0.42±0.01	0.13±0.00	0.89±0.01	0.05±0.00	0.27±0.00	0.24±0.00	0.04±0.00	0.04±0.00	2.44±0.04 ^e
	T5	0.52±0.03	0.53±0.02	0.17±0.00	1.49±0.01	0.06±0.00	0.41±0.01	0.37±0.01	0.05±0.00	0.08±0.00	3.68±0.09 ^b
2 times	T6	0.57±0.01	0.50±0.02	0.19±0.01	1.80±0.01	0.07±0.00	0.49±0.01	0.44±0.00	0.06±0.00	0.09±0.00	4.21±0.02 ^a
	T7	0.47±0.01	0.55±0.02	0.16±0.01	1.21±0.01	0.07±0.00	0.37±0.01	0.32±0.00	0.05±0.00	0.08±0.00	3.28±0.00 ^c
	T8	0.54±0.04	0.60±0.03	0.18±0.02	1.81±0.10	0.06±0.00	0.43±0.02	0.39±0.02	0.06±0.00	0.07±0.00	4.14±0.23 ^a
	T9	0.36±0.01	0.39±0.01	0.12±0.00	0.81±0.01	0.05±0.00	0.23±0.01	0.22±0.00	0.03±0.00	0.04±0.00	2.25±0.03 ^f
3 times	T10	0.43±0.02	0.40±0.00	0.14±0.00	0.96±0.03	0.06±0.00	0.29±0.01	0.24±0.01	0.04±0.00	0.07±0.00	2.63±0.07 ^e
	T11	0.44±0.03	0.52±0.02	0.21±0.00	1.49±0.02	0.06±0.00	0.40±0.01	0.36±0.01	0.05±0.00	0.09±0.00	3.62±0.09 ^b
4 times	T12	0.44±0.04	0.51±0.02	0.15±0.01	1.49±0.01	0.05±0.00	0.35±0.01	0.30±0.00	0.05±0.00	0.08±0.00	3.42±0.08 ^b
	Mean	0.45±0.04	0.48±0.03	0.16±0.02	1.26±0.05	0.06±0.01	0.36±0.02	0.32±0.08	0.05±0.00	0.07±0.00	3.40±0.12

^aDifferent letters are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

Table 6. Comparison of ginsenosides content in 6-year-old white ginseng of Gumpoong cultivar.

Treatment	Ginsenosides content (%)										
	Re	Rg1	Rf	Rb1	Rg2	Rc	Rb2	Rb3	Rd	Total	
0 times	T1	0.17±0.01	0.37±0.01	0.09±0.00	0.67±0.02	0.02±0.00	0.14±0.00	0.11±0.00	0.02±0.00	0.05±0.00	1.65±0.04 ^c
	T2	0.23±0.02	0.42±0.00	0.10±0.00	0.68±0.01	0.02±0.00	0.17±0.00	0.15±0.00	0.02±0.00	0.07±0.00	1.86±0.04 ^b
1 times	T3	0.17±0.01	0.33±0.01	0.08±0.00	0.52±0.01	0.02±0.00	0.13±0.00	0.11±0.00	0.02±0.00	0.04±0.00	1.42±0.02 ^d
	T4	0.18±0.01	0.28±0.01	0.04±0.00	0.41±0.01	0.02±0.00	0.12±0.00	0.11±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	1.20±0.02 ^e
	T5	0.29±0.00	0.46±0.01	0.10±0.00	0.91±0.01	0.01±0.00	0.22±0.00	0.20±0.00	0.03±0.00	0.08±0.00	2.30±0.02 ^a
2 times	T6	0.26±0.01	0.44±0.01	0.11±0.00	0.85±0.02	0.02±0.00	0.23±0.01	0.21±0.00	0.03±0.00	0.07±0.00	2.22±0.05 ^a
	T7	0.24±0.02	0.16±0.01	0.07±0.00	0.44±0.02	0.04±0.00	0.17±0.01	0.17±0.01	0.03±0.00	0.03±0.00	1.34±0.08 ^d
	T8	0.20±0.00	0.36±0.02	0.10±0.00	0.72±0.03	0.02±0.00	0.16±0.01	0.12±0.01	0.02±0.00	0.07±0.00	1.76±0.08 ^b
	T9	0.20±0.02	0.24±0.01	0.07±0.00	0.38±0.01	0.04±0.00	0.14±0.00	0.14±0.00	0.02±0.00	0.02±0.00	1.25±0.05 ^e
3 times	T10	0.27±0.01	0.35±0.01	0.10±0.00	0.68±0.00	0.03±0.00	0.18±0.01	0.16±0.00	0.03±0.00	0.04±0.00	1.84±0.01 ^b
	T11	0.19±0.01	0.39±0.02	0.10±0.00	0.69±0.00	0.02±0.00	0.14±0.00	0.12±0.00	0.02±0.00	0.06±0.00	1.72±0.04 ^b
4 times	T12	0.28±0.02	0.48±0.01	0.09±0.00	0.69±0.01	0.01±0.00	0.12±0.00	0.10±0.00	0.02±0.00	0.05±0.00	1.83±0.05 ^b
	Mean	0.22±0.02	0.36±0.01	0.09±0.00	0.63±0.02	0.02±0.00	0.16±0.01	0.14±0.01	0.02±0.00	0.05±0.00	1.70±0.03

^aDifferent letters are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

4. 홍삼의 진세노사이드 함량

12 개 처리별 연풍과 금풍의 6년근에 대한 홍삼의 ginsenoside 함량에 대한 조사를 한 결과는 각각 Table 7, 8과 같다. 연풍 품종에서는 2 회 채종한 처리구 8과 6에서 사포닌 함량이 각각 5.43%, 5.32%로 가장 높게 나타났으나, 2 회 채종한 처리구 7과 9에서는 3.51%와 3.08%로 가장 낮게 나타났다. 금풍 품종에서는 1 회 채종한 처리구 5와 2 회 채종한 처리구 7에서 각각 3.32, 3.23%로 가장 높게 나타났고, 1 회 채종한 처리구 4에서 2.37%로 가장 낮게 나타났다.

홍삼도 백삼과 마찬가지로 채종 횟수에 따른 사포닌 함량과의 차이점을 찾을 수 없어 채종 횟수 2 회 이하와 수량이 낮게 나타난 3 회 이상으로 구분하여 평균 함량을 조사한 결과, 2 회 이하에서 연풍과 금풍은 각각 4.42%와 2.88%였으며, 3 회 이상에서는 4.63%, 2.75%로, 연풍은 2 회 이하 채종 시 0.21% 정도 낮게 나타났고, 금풍은 0.13% 높게 나타나 품종 각각으로 구분했을 때는 수량과 ginsenoside 함량과는 관계가 없는 것으로 나타났다.

반면, 연풍과 금풍 품종을 합쳐서 채종 횟수별 ginsenoside 함량을 조사했을 경우 2 회 이하 채종 때는 3.65%, 3 회 이상 처리시는 3.69%로 2 회 이하 채종 했을 때가 0.04% 낮아 백삼과 같은 경향을 나타냈지만 그 차이는 미미했다. 따라서, 채종 횟수에 따른 지하부 수량과 홍삼의 ginsenoside 함량과는 차이가 없는 것으로 나타났지만, 명확한 데이터를 얻기 위해서는 같은 채종 횟수에서 수확한 후 크기별로 구분하여 홍삼의 ginsenoside를 분석할 필요가 있을 것으로 생각된다. 한편, ginsenoside 종류별 연근 판별이 가능하다는 보고는 있지만 (Lee et al., 2017), 홍삼 크기에 따른 ginsenoside 함량

과 관계를 보고한 내용은 아직까지 없는 실정이므로 추가적인 검토가 필요할 것으로 생각된다.

인삼은 최종 산물이 뿌리이기 때문에 재배 농가에서는 지하부 수량을 높이기 위한 육종, 재배적인 방법이 적극적으로 도입되고 있다. 육종적 측면에서는 기존 재배종인 재래종을 수량성과 품질이 우수한 천량, 금선, 케이원 등 우량 품종으로 대체하여 재배하는 농가가 늘어나고 있다. 재배적 측면에서는 이식 전 예정지 관리를 철저히 하고, 이식 후에는 병해충 관리와 재해 예방에 중점을 두고 있다. 또한, 인삼을 재배하는 동안 다음 세대를 이어가기 위해 종자를 수확하여 파종한다. 대부분의 인삼 농가는 수확 연근에 따라 4년근은 3년생에서, 6년근은 4년생에서 통상적으로 1 회 채종을 하는데, 이는 종자를 덜 수확함으로써 지하부 수량을 높이기 위한 방법이다. 하지만, 몇 연생에서 또는 몇 회를 채종 했을 때 수량이 얼마나 감소 되는지에 대한 정보는 없는 실정이다.

본 연구를 통하여 뿌리 감모율은 무채종에 비해 1 회 채종 시 24.8 %, 2 회는 36.4%, 3 회는 45.0%였고, 3년생부터 6년생까지 매년 종자 수확을 했을 시 56.3%까지 감소함을 알 수 있었다 (Table 4). 뿌리 수량을 최대로 얻기 위해서는 채종을 전혀 하지 않는 것이 좋으나, 재배 도중 지상부가 과번무하거나 지하부가 과비대하면 지하부가 부패할 우려가 있으므로 4년생과 5년생 연속으로 채종하여 생장을 늦추는 것도 효과적인 방법이다.

또한, 우량 신품종을 조기에 대량 보급하기 위해서 3년생부터 6년생까지 매년 종자를 수확하는 것이 좋지만 수량 감소가 예상됨으로, 이 때 발생하는 감모율을 제시함으로써 채종포 재배 농가의 수량 감소 보전비 산정 등에 활용할 수 있을 것으로 본다.

Table 7. Comparison of ginsenosides content in 6-year-old red ginseng of Yunpoong cultivar.

Treatment	Ginsenosides content (%)										
	Re	Rg1	Rf	Rb1	Rg2	Rc	Rb2	Rb3	Rd	Total	
0 times	T1	0.19±0.00	0.19±0.00	0.13±0.00	1.76±0.05	0.11±0.00	0.69±0.02	0.48±0.02	0.06±0.00	0.18±0.01	3.80±0.10 ^{cd}
1 times	T2	0.22±0.01	0.22±0.01	0.16±0.00	2.15±0.03	0.13±0.00	0.85±0.01	0.64±0.01	0.08±0.00	0.25±0.01	4.70±0.08 ^b
	T3	0.24±0.01	0.25±0.00	0.15±0.01	2.10±0.06	0.11±0.00	0.83±0.02	0.64±0.02	0.08±0.00	0.21±0.00	4.61±0.10 ^b
	T4	0.20±0.01	0.21±0.01	0.13±0.01	1.90±0.06	0.11±0.00	0.80±0.03	0.60±0.02	0.07±0.00	0.18±0.01	4.20±0.15 ^c
	T5	0.27±0.01	0.28±0.01	0.18±0.00	2.46±0.02	0.13±0.00	0.88±0.01	0.66±0.01	0.08±0.00	0.22±0.01	5.15±0.06 ^a
2 times	T6	0.28±0.00	0.23±0.00	0.17±0.00	2.46±0.10	0.14±0.00	0.94±0.04	0.75±0.03	0.09±0.00	0.26±0.01	5.32±0.18 ^a
	T7	0.18±0.01	0.20±0.01	0.12±0.00	1.62±0.02	0.10±0.00	0.63±0.01	0.42±0.01	0.05±0.00	0.19±0.00	3.51±0.06 ^d
	T8	0.26±0.02	0.27±0.02	0.17±0.01	2.54±0.02	0.14±0.00	0.97±0.01	0.76±0.01	0.09±0.00	0.24±0.00	5.43±0.09 ^a
	T9	0.15±0.01	0.15±0.01	0.10±0.00	1.32±0.02	0.10±0.00	0.62±0.01	0.42±0.01	0.06±0.00	0.14±0.01	3.08±0.07 ^e
3 times	T10	0.24±0.01	0.24±0.01	0.15±0.00	1.98±0.04	0.12±0.00	0.85±0.02	0.65±0.02	0.08±0.00	0.25±0.00	4.55±0.11 ^b
	T11	0.21±0.01	0.25±0.02	0.15±0.01	2.16±0.01	0.11±0.00	0.78±0.00	0.62±0.00	0.08±0.00	0.19±0.00	4.54±0.05 ^b
4 times	T12	0.23±0.02	0.28±0.02	0.17±0.01	2.35±0.04	0.12±0.00	0.81±0.02	0.57±0.01	0.07±0.00	0.20±0.01	4.81±0.11 ^b
	Mean	0.22±0.02	0.23±0.02	0.15±0.01	2.07±0.03	0.12±0.00	0.80±0.02	0.60±0.02	0.07±0.00	0.21±0.01	4.47±0.08

^aDifferent letters are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

Table 8. Comparison of ginsenoside content in 6-year-old red ginseng of Gumpoong cultivar.

Treatment	Ginsenosides content (%)										
	Re	Rg1	Rf	Rb1	Rg2	Rc	Rb2	Rb3	Rd	Total	
0 times	T1	0.14±0.00	0.17±0.01	0.08±0.00	1.38±0.03	0.09±0.00	0.54±0.01	0.34±0.01	0.04±0.00	0.15±0.00	2.93±0.06 ^{bf}
1 times	T2	0.12±0.01	0.17±0.00	0.08±0.00	1.19±0.05	0.07±0.00	0.52±0.02	0.33±0.02	0.04±0.00	0.20±0.01	2.73±0.10 ^{de}
	T3	0.11±0.00	0.23±0.01	0.10±0.00	1.48±0.02	0.05±0.00	0.51±0.01	0.24±0.00	0.04±0.00	0.17±0.01	2.92±0.04 ^b
	T4	0.09±0.00	0.13±0.00	0.07±0.00	1.02±0.03	0.05±0.00	0.48±0.02	0.34±0.02	0.04±0.00	0.14±0.00	2.37±0.08 ^e
	T5	0.12±0.01	0.25±0.02	0.10±0.01	1.60±0.07	0.05±0.00	0.59±0.03	0.36±0.02	0.05±0.00	0.20±0.01	3.32±0.17 ^a
2 times	T6	0.13±0.00	0.24±0.00	0.09±0.00	1.38±0.03	0.06±0.00	0.55±0.01	0.26±0.01	0.04±0.00	0.24±0.01	2.99±0.06 ^b
	T7	0.12±0.00	0.15±0.00	0.11±0.00	1.46±0.01	0.08±0.00	0.60±0.00	0.51±0.00	0.06±0.00	0.14±0.00	3.23±0.02 ^a
	T8	0.11±0.00	0.21±0.01	0.09±0.00	1.26±0.03	0.04±0.00	0.53±0.02	0.32±0.02	0.05±0.00	0.19±0.01	2.79±0.08 ^c
	T9	0.10±0.01	0.10±0.00	0.09±0.00	1.13±0.04	0.09±0.00	0.52±0.02	0.47±0.02	0.05±0.00	0.11±0.00	2.66±0.11 ^{de}
3 times	T10	0.13±0.01	0.19±0.01	0.07±0.00	1.30±0.01	0.07±0.00	0.52±0.01	0.32±0.01	0.04±0.00	0.18±0.00	2.81±0.01 ^{bc}
	T11	0.11±0.01	0.24±0.01	0.09±0.00	1.26±0.07	0.05±0.00	0.46±0.02	0.20±0.01	0.03±0.00	0.18±0.01	2.62±0.13 ^d
4 times	T12	0.11±0.01	0.21±0.01	0.08±0.00	1.31±0.02	0.06±0.00	0.51±0.01	0.32±0.01	0.04±0.00	0.17±0.00	2.81±0.05 ^{bc}
	Mean	0.12±0.01	0.19±0.01	0.09±0.01	1.31±0.05	0.06±0.00	0.53±0.02	0.33±0.02	0.04±0.00	0.17±0.01	2.85±0.08

^aDifferent letters are significantly different at 5% by Duncan's Multiple Range Test (DMRT, $p < 0.05$).

한편, 채종 횟수에 따른 수량과 백삼이나 홍삼의 ginsenoside 함량은 큰 차이를 나타내지 않았지만, 백삼의 경우 수량이 다소 높게 나타난 2 회 이하 채종시 ginsenoside 함량이 다소 높게 나타났으나, 홍삼의 경우는 차이가 없는 것으로 나타났지만, 정확한 결과를 얻기 위해서는 홍삼의 크기별 ginsenoside 함량을 분석해 볼 필요가 있을 것으로 본다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ010494012016)

의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Chung CM, Nam KY and Kim YT.** (1989). Effects of growth regulators on dormancy breaking of dormant bud in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Breeding Science. 21:47-51.
- Han JS, Tak HS, Lee GS, Kim JS and Choi JE.** (2013). Comparison of ginsenoside content according to age and diameter in *Panax ginseng* C. A. Meyer cultivated by direct

- seeding. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 21:184-190.
- Kim DH, Kim YC, Bang KH, Kim JU, Lee JW, Cho IH, Kim YB, Son SW, Park JB and Kim KH.** (2015). Effects of GA₃ and alternating temperature on breaking bud dormancy of *Panax ginseng* C. A. Meyer seedling. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:379-384.
- Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SE, Kim YC, Lee SE, Son YD, Lee MJ, Park CB, Park HK, Cha SW and Song KS.** (2008). Extraction and preprocessing methods for ginsenosides analysis of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 16:446-454.
- Kim YC, Kim DH, Bang KH, Kim JU, Hyun DY, Lee SW, Kang SW, Cha SW, Kim KH, Choi JK, Han SH, An YN and Jeong HN.** (2013a). A high yielding and salt resistance ginseng variety 'Cheonryang'. Korean Journal of Breeding Science. 45:434-39.
- Kim YC, Kim JU, Bae BS, Kang JY, Kim DH, Hyun DY and Lee JS.** (2017). Distribution of stem vestige according to ginseng cultivars and determination of root age by ginsenoside types of red ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 25:217-223.
- Kim YC, Kim JU, Lee JW, Hong CE, Bang KH, Kim DH, Hyun DY, Choi JK, Seong BJ, An YN, Jeong HN and Jo IH.** (2017). 'Kowon', a new Korean ginseng cultivar with high yield and alternaria blight resistance. Horticultural Science Technology. 35:499-509.
- Kim YC, Kim YB, Kim JU, Lee JW, Jo IH, Bang KH, Kim DH and Kim KH.** (2015). Difference in growth characteristics of 5-year-old ginseng grown by direct seeding and transplanting. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 23:480-488.
- Kim YC, Kim YB, Park HW, Bang KH, Kim JU, Jo IH, Kim KH, Song BH and Kim DH.** (2014). Optimal harvesting time of ginseng seeds and effect of gibberellic acid(GA₃) treatment for improving stratification rate of Ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) seeds. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 22:423-428.
- Kim YC, Park HW, Kim OT, Bang KH, Kim JU, Hyun DY, Kim DH, Cha SW and Choi JE.** (2013b). Soil acclimatization of regenerated plants by gibberellic acid treatments of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Plant Resources. 26:084-089.
- Korea Seed and Variety Service(KSVS).** (2023). The plant variety protection database: chunpoong. Korea Seed and Variety Service. Gimcheon, Korea. <http://www.seed.go.kr> (cited by 2023 Jan 10).
- Lee JW, Kim YC, Kim JU, Jo IH, Kim KH and Kim DH.** (2016). Effects of gibberellic acid and alternating temperature on breaking seed dormancy of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24:284-293.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs(MAFRA).** (2017). The statistics database: Statistical sourcebook of ginseng. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Sejong, Korea. <http://www.mafra.go.kr> (cited by 2022 April 01).
- Rural Development Administration(RDA).** (2012a). Good agricultural practice of ginseng. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.77-79.
- Rural Development Administration(RDA).** (2012b). Research criteria for agricultural science and technology research criteria. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.759-770.
- Rural Development Administration(RDA).** (2018). Ginseng cultivation standard farming text book 103. Rural Development Administration. Jeonju, Korea. p.40-264.
- Yu J, Jang IB, Suh SJ and Kweon KB.** (2016). Effects of nutrient solution on growth and amount of ginsenoside of two year old ginseng grown under hydroponic culture. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 24:198-206.