

산양삼 연근별 생육특성과 진세노사이드 함량 간의 상관관계 연구

김기윤¹, 엄유리², 어현지¹, 박홍우², 전권석³, 김현준^{2*}

¹국립산림과학원 산림약용자원연구소, 박사연구원, ²임업연구사, ³임업연구관

Study on the Correlation between the Ginsenoside Contents and Growth Characteristics of Wild-simulated Ginseng with Different Year-Roots (*Panax ginseng* C.A. Meyer)

Kiyoon Kim¹, Yurry Um², Hyun-Ji Eo¹, Hong Woo Park², Kwon Seok Jeon³ and Hyun-Jun Kim^{2*}

¹Ph.D. Researcher, ²Researcher and ³Senior Researcher, Forest Medicinal Research Center, National Institute of Forest Science, Yeongju 36040, Korea

Abstract - The aim of this study was to investigate the correlation between growth characteristics and ginsenoside contents of 7 and 13-year-old wild-simulated ginseng. The results of growth characteristics such as rhizome length, root length, fresh weight, cross-section area, surface area and volume were shows significantly higher in 13-year-old wild-simulated ginseng compare to 7-year-old wild-simulated ginseng. In the case of 11 ginsenoside contents, the contents of G-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1 and Rg2 were shows significantly higher in 13-year-old wild-simulated ginseng compare to 7-year-old wild-simulated ginseng. In addition, in the comparative analysis of ginsenoside contents between wild-simulated ginseng and cultivated ginseng, 13-year-old wild-simulated ginseng was shows significantly higher G-Rb1, Rd, Re, Rf and Rg1 ginsenoside contents compare to 4-year-old and 5-year-old cultivated ginseng. In the result of correlation analysis between growth characteristics and ginsenoside contents, the G-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1, Rg2 ginsenoside was shows significantly positive correlation with rhizome length, fresh weight, cross-section area, surface area, volume, while as the contents of G-Rb1, Re, Rf, Rg2 was shows significantly negative correlation with shoot diameter. The results of this study was might be help to provide useful information on the establish quality standard by the investigate correlation analysis between growth characteristics and ginsenoside content of wild-simulated ginseng.

Key words - Correlation analysis, Ginsenoside, Growth characteristics, *Panax ginseng* C.A. Meyer, Wild-simulated ginseng

서 언

산양삼(Wild-simulated ginseng)은 산림청 특별관리임산물로서 두릅나무과(Araliaceae) 인삼속(*Panax*) 인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)으로 ‘종자나 종묘를 산지에 직접 파종 및 이식하여 인공시설을 설치하지 않고 자연 상태로 키우는 삼’으로 정의하고 통일하여 사용하도록 하였다(KOFPI, 2013). 또한 산양삼은 [산림관리법] 제2조 1호의 차광막 등 인공시설 설치를 하지 아니하고 생산되는 삼으로 [임업 및 산촌진흥 촉진에 관한

법률]에 의거 관리되며 재배지 선정에서부터 종자, 종묘, 식재, 재배관리, 품질검사, 유통 등 모든 과정이 관리되고 있다(NIFoS, 2018).

최근 국민소득 향상 및 청정임산물에 대한 관심이 높아지면서 산양삼에 대한 소비자의 관심 및 수요가 증가하고 있다(Kim et al., 2019a). 이에 산림청은 ‘산양삼 산업 육성 대책’을 수립하여 표준재배법 개발, 유통·가공의 투명성, 약리성분·효능 등 과학적인 연구를 통한 산업 활성화를 추진하고 있다(KFS, 2019). 산양삼 생산·유통 실태조사에 따르면 전국적으로 2,845임가에서 재배하고 있으며, 생산량은 2013년도 26 톤에서 2018년도 130 톤으로, 생산액은 2012년도 328억 원에서 2018년 409억 원

*교신저자: E-mail mind4938@korea.kr
Tel. +82-54-630-5639

으로 증가하고 있다. 산양삼 판매량에 있어서는 전체 연근 중에서 7년근이 23.0%로 비중이 가장 높았으며, 판매가격은 13년근 이상에서 107.3천원 이상으로 유통되고 있는 실정이다(Jung, 2019). 그러나 산양삼 품질규격에 대한 정보 부족으로 연근에 따른 판매가격 설정에 어려움이 있다. 따라서 산양삼의 연근별 생육특성과 약리성분 차이 등에 과학적인 자료의 제시를 통해 산양삼 유통시장의 투명성 강화가 필요한 실정이다.

인삼의 주요한 생리활성물질은 진세노사이드[ginsenoside (G)], 폴리아세틸렌(polyacetylene), 산성다당체, 인삼담백질, 펙놀성 물질 등이 알려져 있다(Ko and Leem, 2009). 특히, 인삼의 진세노사이드는 구조에 따라 다양한 약리적 효능을 보이는 것으로 알려져 있으며 이들의 조성과 함량은 식물체 부위, 재배기간, 재배지 등에 따라서 차이가 있는 것으로 알려져 있다(Park *et al.*, 2003). Han *et al.* (2007)은 산양삼과 인삼(재배삼)의 진세노사이드 함량이 차이가 있으며, 특히 중추신경을 억제하는 ginsenoside Rb1, Rd, Re 등의 인삼사포닌 성분들이 산양삼에서 유의적으로 높은 함량을 나타내는 것으로 보고한 바 있다. 또한 Jeong *et al.* (2019)은 3년, 5년, 7년, 9년근 산양삼에 대한 생육특성과 진세노사이드 함량 연구에서는 ginsenoside Rb1, Re가 다른 연근과 비교하여 9년근 산양삼에 비교적 높게 확인되었다고 보고하였다. 그러나 다양한 재배지 및 13년근 이상의 산양삼에 대한 생육특성과 진세노사이드 함량에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구는 전국 다양한 산양삼 재배지에서 재배하는 산양삼 중 판매비중이 높은 7년근과 고가에 판매되는 13년근을 선정하여 7, 13년근 산양삼에 대한 형태특성 및 진세노사이드 함량을 분석하고, 연근별 산양삼의 생육특성과 진세노사이드 함량의 상관관계를 구명하고자 한다.

재료 및 방법

재료수집

본 연구에서 사용한 산양삼 시료는 2018년도 7월부터 9월까지 권역별(북부, 중부, 남부) 각 2개소 총 6개소의 산양삼 재배지(평창, 영월, 영주, 무주, 산청, 함양)에서 7년, 13년근 시료를 각각 3개체 씩 채취하였다. 수집한 시료는 종류수로 세척 후 표면의 수분이 제거될 때까지 실온에서 자연 음건하였고, 시료의 형태학적 특성을 관찰한 후 -70℃에서 동결 보관하였다. 산양삼 진세노사이드 분석의 대조구로 인삼(재배삼) 재료를 금산 재배지에서 4년, 5년근을 수집하여 사용하였다. 분석을 위한 시료는

동결건조기(FD8518, Ilshin, Korea)에 건조시킨 후 분쇄기로 분쇄한 다음 80 mesh standard sieve를 통과한 분말을 -70℃에서 보관하며 분석 시료로 사용하였다.

생육특성 조사

7년, 13년근 산양삼의 생육특성 조사는 작물별 특성조사 요령 인삼 준하여 뇌두길이(Rhizome length), 주근길이(Root length), 주근직경(Root diameter), 생중량(Root fresh weight) 등을 측정하였다(KSVS, 2014; Fig. 1). 또한 단면적(Cross-section area), 표면적(Surface area), 부피(Volume)를 측정하기 위하여 EPSON scanner (Expression 12,000XL, Japan)를 이용하여 스캔하였다. 스캔파일은 WinRHIZO™ Pro software (ver. 2017, Regent Instruments, Inc)를 사용하여 산양삼 지하부를 픽셀(Pixel) 단위로 측정 후, 넓이 단위로 변환하여 단면적, 표면적, 부피를 측정하였다(Wisam *et al.*, 2018).

시료 추출 및 시약

진세노사이드 분석을 위해 분쇄한 시료 0.2 g에 80% MeOH 10 mL를 가한 후 1시간 초음파추출(JAC-5020, KODO, Korea), 1시간 상온교반추출(HG-15D, Daihan, Korea)을 실시하였다. 추출액은 원심분리기(Labogene, BMS, Korea)에 10분간 원심 분리 하였으며, 상층액을 0.2 μm membrane filter (Whatma Syringe Filter, UK)로 여과하여 분석 시료로 사용하였다. 분석에 사용된 진세노사이드 표준품(G-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf,

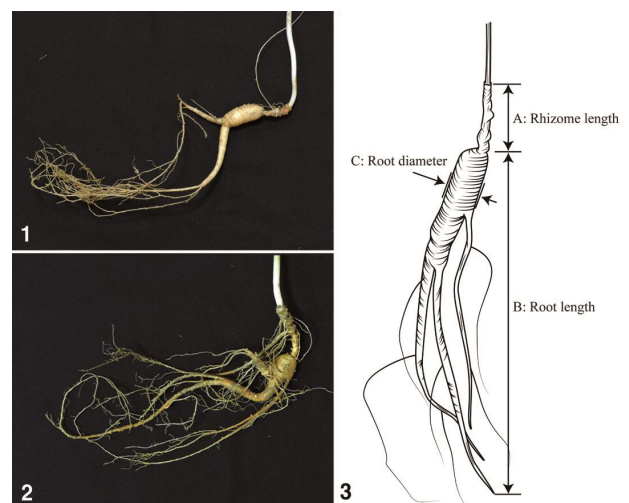
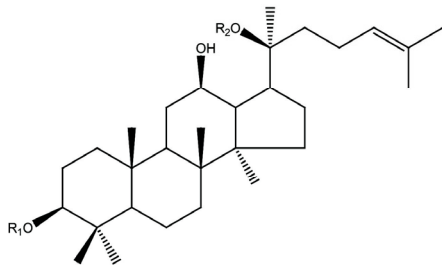
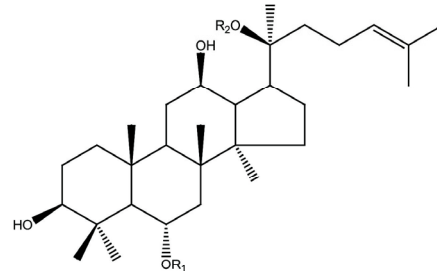


Fig. 1. Morphology of wild-simulated ginseng. (1) 7 year-old, (2) 13 year-old, (3) morphological characteristics measured in the study.



<Portopanaxadiol(PPD)-type ginsenoside>

- [1] Ginsenoside Rb1: R₁=Glc(2→1)Glc, R₂=Glc(6→1)Glc
- [2] Ginsenoside Rb2: R₁=Glc(2→1)Glc, R₂=Glc(6→1)Arap
- [3] Ginsenoside Rc: R₁=Glc(2→1)Glc, R₂=Glc(6→1)Araf
- [4] Ginsenoside Rd: R₁=Glc(2→1)Glc, R₂=Glc
- [5] Ginsenoside Rg3: R₁=Glc(2→1)Glc, R₂=H
- [6] Ginsenoside Rh2: R₁=Glc, R₂=H



<Portopanaxatriol(PPT)-type ginsenoside>

- [7] Ginsenoside Re: R₁=Glc(2→1)Rha, R₂=Glc
- [8] Ginsenoside Rf: R₁=Glc(2→1)Glc, R₂=H
- [9] Ginsenoside Rg1: R₁=Glc, R₂=Glc
- [10] Ginsenoside Rg2: R₁=Glc(2→1)Rha, R₂=H
- [11] Ginsenoside Rh1: R₁=Glc, R₂=H

Fig. 2. Chemical structures of portopanaxadiol(PPD) and portopanaxatriol(PPT)-type ginsenoside(Glc: β -D-glucopyranosyl, Arp: α -L-arabinopyranosyl, Araf: α -L-arabinofuranosyl, Rha: α -L-rhamnopyranosyl).

Rg1, Rg2, Rg3, Rh1, Rh2)은 ChromaDex에서 구입하였고, 진세노사이드의 구조식은 Fig. 2에 나타냈다. 추출 및 HPLC 분석에서 사용한 MeOH, Acetonitrile, Distilled water는 특급 및 HPLC 등급으로 J.T.Baker (USA) 제품을 사용하였다.

진세노사이드 함량 분석

진세노사이드 분석은 Ultimate 3000 HPLC (Thermo Dionex, USA)를 사용하여 분석하였다(Fig. 3). Column은 Inno C-18 column (4,6 × 250 mm, 5 μ m, YoungjinBiochrom, Korea) 사용하였으며, oven 온도는 50°C를 유지하였다. 이동상으로 solvent A는 water, solvent B는 acetonitrile을 선정하였고, 시간에 따른 용매의 조건은 다음과 같이 기울기 용리법으로 분석하였다. 0-1 min, 5% B; 1-45 min, 70% B; 45-55 min, 95% B; 55-60 min, 5% B로 설정하여 전개하였고, 모든 시료에 대한 분석시간은 60분간 분석을 실시하였다. 유속은 1.0 mL/min, 주입량은 10 μ L였으며, PDA 검출기는 UV 210 nm에서 측정하였다. 진세노사이드 표준품 11종은 각 농도(10, 25, 50, 100 μ g/mL)별로 분석한 후, calibration curve를 작성하여 각 시료에 대한 성분 함량을 정량하였다.

통계분석

분석된 데이터 값은 평균 \pm 표준오차(means \pm standard error, S.E.) 값으로 나타냈고, 실험값의 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System ver. 7.1) software를 이용하여

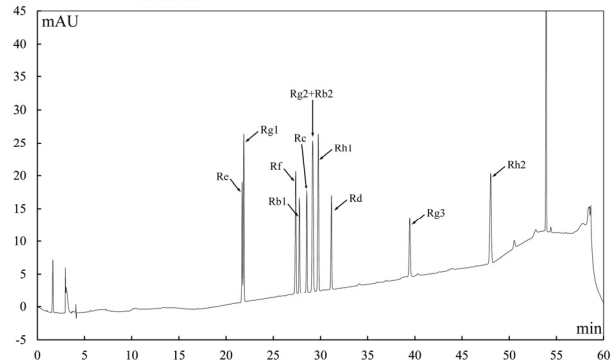


Fig. 3. HPLC chromatograms of 11 ginsenosides.

일원배치분산분석(one-way ANOVA)과 t-test 검정을 통해 유의수준 5% ($p < 0.05$)로 검증하였다.

결과 및 고찰

산양삼 생육특성

7년, 13년근 산양삼의 생육특성을 조사한 결과, 뇌두길이 12.5~34.2 mm, 주근길이 12.8~33.5 cm, 주근직경 8.1~28.9 mm, 생중량 3.12~8.30 g, 단면적 58.7~379.22 cm², 표면적 184.3~1685.1 cm², 부피 23.5~143.8 cm³로 확인되었다(Table 1). 부위별로는 뇌두길이와 뿌리길이는 함양 재배지에서 유의적으로 차이를 보였고, 주근직경은 평창과 무주 재배지에서 유의적인 차이를 보였으며, 생중량은 평창, 영월, 함양, 산청 재배지에서 유의

Table 1. Comparison of growth characteristic according to age of wild-simulated ginseng in 6 different cultivation fields

Cultivation fields	Age	Growth characteristics						
		Rhizome length (mm)	Root length (cm)	Root diameter (mm)	Fresh weight of root (g)	Cross-section area (cm ²)	Surface area (cm ²)	Volume (cm ³)
PC ^z	7	14.3 ± 0.63 a ^y	22.3 ± 2.56 a	22.1 ± 2.62 a	3.35 ± 0.58 b	190.7 ± 31.6 a	559.1 ± 99.2 a	49.6 ± 8.19 a
	13	26.2 ± 6.30 a	23.8 ± 3.05 a	11.1 ± 0.47 b	5.67 ± 0.58 a	271.1 ± 14.6 a	851.7 ± 45.9 a	68.0 ± 1.47 a
YW	7	21.6 ± 3.74 a	12.8 ± 1.16 a	27.2 ± 1.54 a	7.4 ± 0.67 b	257.4 ± 19.2 a	808.8 ± 60.4 a	79.8 ± 7.35 a
	13	28.2 ± 5.65 a	15.0 ± 0.47 a	28.9 ± 0.67 a	10.9 ± 0.69 a	372.5 ± 57.8 a	1170.4 ± 181.7 a	97.0 ± 13.2 a
YJ	7	19.5 ± 0.65 a	25.3 ± 2.14 a	14.5 ± 1.21 a	6.33 ± 0.57 b	293.7 ± 17.2 a	922.6 ± 54.2 a	79.4 ± 2.70 a
	13	24.4 ± 1.76 a	28.0 ± 1.73 a	14.9 ± 0.58 a	8.30 ± 0.39 a	379.2 ± 98.2 a	1191.4 ± 308.5 a	98.9 ± 18.9 a
MJ	7	18.0 ± 1.75 a	22.5 ± 1.35 a	8.1 ± 0.46 b	3.46 ± 0.26 a	147.1 ± 21.9 b	462.1 ± 68.7 b	43.3 ± 4.18 b
	13	34.2 ± 9.25 a	27.5 ± 4.10 a	11.3 ± 0.69 a	5.37 ± 0.74 a	336.9 ± 53.7 a	1058.5 ± 168.8 a	74.5 ± 6.00 a
HY	7	17.5 ± 3.28 b	20.1 ± 0.96 b	12.4 ± 0.96 a	3.6 ± 0.17 b	186.0 ± 24.3 b	584.5 ± 76.3 b	42.0 ± 3.66 b
	13	33.6 ± 3.35 a	33.5 ± 2.90 a	16.8 ± 1.49 a	12.5 ± 0.69 a	535.4 ± 43.5 a	1685.1 ± 136.6 a	143.8 ± 4.56 a
SC	7	12.5 ± 1.84 a	14.0 ± 2.63 a	12.5 ± 1.33 a	3.12 ± 0.82 b	58.7 ± 5.0 b	184.3 ± 15.8 b	23.5 ± 1.59 b
	13	27.3 ± 0.71 a	18.3 ± 2.06 a	9.6 ± 1.17 a	7.20 ± 1.20 a	224.7 ± 29.6 a	705.8 ± 92.9 a	73.7 ± 12.1 a
Total	7	17.2 ± 1.09 b	21.9 ± 1.22 b	13.7 ± 1.14 a	4.54 ± 0.45 b	188.9 ± 19.8 b	593.5 ± 62.1 b	52.9 ± 5.27 b
	13	29.0 ± 2.04 a	26.7 ± 1.46 a	13.1 ± 0.70 a	8.26 ± 0.68 a	353.3 ± 30.6 a	1110.0 ± 96.1 a	92.6 ± 7.31 a

^zCultivation field: PC (Pyeongchang), YW (Yeongwol), YJ (Yeongju), MJ (Muju), HY (Hamyang), SC (Sancheong).

^yValue in each column with different letters are statistically significant differences ($p \leq 0.05$) among the treatments according to least significant difference (LSD).

적인 차이가 확인되었다. 단면적, 표면적, 부피는 무주, 함양, 산청 재배지에서 13년근 산양삼이 7년근에 비해 유의적으로 높게 확인되었다. 전체 재배지의 7년근, 13년근 산양삼의 생육특성은 주근직경을 제외한 모든 형질에 있어 7년근에 비하여 13년근 산양삼 생육이 높은 것으로 확인되었다.

Jeong *et al.* (2019) 연구에 따르면 3년, 5년, 7년, 9년근 산양삼이 연근수가 증가 할수록 뇌두길이, 생중량이 증가하였으며, 뿌리 전체길이, 세근길이, 주근직경은 9년근이 다른 연근과 비교하여 감소하는 것으로 보고한 바 있다. 상기 선행연구와 본 연구 결과는 다소 차이를 보였으며, 이는 산양삼 재배지의 입지환경이 주요한 요인으로 작용한 것으로 판단된다. Kim *et al.* (2019c)은 13년근 산양삼의 생육특성과 입지환경을 분석한 결과, 지하부 생중량, 단면적, 표면적, 부피가 침활혼효림 재배지에서 활엽수 비율은 부의 상관관계, 침엽수 비율에서는 유의적인 정의 상관관계를 보인다고 보고한 바 있다. 또한 산양삼은 임지에서 재배함으로써 기상온도, 토양온도 등이 생육에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 따라서 재배지역에 따른 연근별 산양삼 생육과 임상, 미기상자료와의 종합적인 분석을 통해 산양삼 생육에 미치는 요인들에 대한 분석 연구가 필요하다고 사료된다.

산양삼 진세노사이드 함량

연근별 산양삼 진세노사이드(G) 11종의 함량을 분석한 결과, G-Rb1는 2.17~8.36 mg/g, Rb2는 1.26~5.29 mg/g, Rc는 1.26~4.50 mg/g, Rd는 0.39~1.71 mg/g, Re는 4.33~9.75 mg/g, Rf는 0.94~2.50 mg/g, Rg1는 1.94~7.18 mg/g, Rg2는 0.37~0.80 mg/g으로 특히, G-Rb1, Rb2, Rc, Re, Rg1의 함량이 높은 수치를 보였으며, G-Rg3, Rh1, Rh2는 검출되지 않았다(Table 2; Fig. 4A and B). 산양삼의 채집시기 및 재배조건에 따른 진세노사이드 함량 분석에서도 G-Rg1, Rb1, Rb2, Rc 및 Re가 주로 함유되어 있다고 보고하였으며(Nam, 1996; Chang, 1998), 연근별 산양삼 진세노사이드 함량을 조사한 Han *et al.* (2007)과 Jeong *et al.* (2019)의 연구에서도 G-Rg3, Rh1, Rh2가 확인되지 않아 선행연구와 유사한 경향을 확인하였다.

한편, 연근별 진세노사이드 함량을 살펴보면, 13년근 산양삼이 7년근 산양삼에 비해 G-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1, Rg2 함량이 높은 수치를 보였다. 지역별로 살펴보면, G-Rb1은 평창, 영월, 무주, 함양, 산청, G-Rb2은 영월, 무주, 산청, G-Rc, Rg1은 평창, 영월, 무주, G-Rd, Rf는 평창, 무주, 산청, G-Re는 평창, 영월, 무주, 함양, 산청, G-Rg2 함량이 무주, 산청에서 13년근 산양삼이 7년근 산양삼 보다 유의적으로 높은 수치를 보

Table 2. Comparison of ginsenoside content according to age of wild-simulated ginseng in 6 different cultivation fields

Cultivation fields	Age	Contents of ginsenoside (mg/g)										
		PPD ²						PPT				
		Rb1	Rb2	Rc	Rd	Rg3	Rh2	Re	Rf	Rg1	Rg2	Rh1
PC ³	7	2.17 ± 0.13b ^x	1.93 ± 0.29a	1.26 ± 0.14b	0.86 ± 0.04b	ND ^y	ND	4.46 ± 0.27b	0.94 ± 0.09b	1.94 ± 0.39b	0.40 ± 0.00a	ND
	13	5.52 ± 0.31a	2.13 ± 0.12a	1.91 ± 0.01a	1.71 ± 0.14a	ND	ND	6.11 ± 0.49a	1.77 ± 0.02a	4.57 ± 0.46a	0.54 ± 0.05a	ND
YW	7	4.46 ± 0.14b	2.68 ± 0.56b	2.26 ± 0.29b	1.45 ± 0.04a	ND	ND	5.42 ± 0.06a	1.61 ± 0.12a	4.61 ± 0.74b	0.55 ± 0.02a	ND
	13	10.7 ± 0.24a	5.17 ± 0.23a	4.20 ± 0.16a	1.55 ± 0.28a	ND	ND	7.58 ± 0.87a	2.50 ± 0.55a	7.18 ± 0.69a	0.46 ± 0.06a	ND
YJ	7	6.14 ± 0.82a	4.15 ± 1.35a	2.27 ± 0.56a	0.85 ± 0.06a	ND	ND	6.39 ± 0.47b	1.53 ± 0.12a	3.85 ± 0.18a	0.65 ± 0.01a	ND
	13	8.36 ± 0.68a	5.14 ± 1.27a	4.22 ± 0.71a	1.50 ± 0.27a	ND	ND	8.61 ± 0.56a	1.86 ± 0.20a	4.01 ± 0.27a	0.58 ± 0.04a	ND
MJ	7	2.79 ± 0.45b	1.26 ± 0.25b	0.99 ± 0.21b	0.52 ± 0.10b	ND	ND	4.67 ± 0.25b	1.31 ± 0.07b	2.96 ± 0.01b	0.37 ± 0.01b	ND
	13	6.37 ± 0.38a	2.67 ± 0.24a	2.57 ± 0.19a	1.62 ± 0.05a	ND	ND	7.12 ± 0.28a	1.71 ± 0.02a	4.84 ± 0.29a	0.79 ± 0.02a	ND
HY	7	8.07 ± 0.25b	2.50 ± 0.11a	2.30 ± 0.10a	0.97 ± 0.05a	ND	ND	6.37 ± 0.27b	1.61 ± 0.02a	4.57 ± 0.10a	0.60 ± 0.04a	ND
	13	12.9 ± 1.17a	5.29 ± 1.67a	4.50 ± 0.98a	1.32 ± 0.15a	ND	ND	9.75 ± 0.49a	2.10 ± 0.24a	6.63 ± 0.94a	0.80 ± 0.06a	ND
SC	7	8.03 ± 0.34b	3.38 ± 0.35a	2.21 ± 0.10a	0.39 ± 0.03b	ND	ND	4.33 ± 0.65b	1.00 ± 0.05b	4.10 ± 0.52a	0.48 ± 0.02b	ND
	13	12.6 ± 1.49a	1.67 ± 0.23b	3.86 ± 1.23a	0.81 ± 0.02a	ND	ND	10.9 ± 0.67a	2.23 ± 0.12a	4.28 ± 0.45a	0.77 ± 0.06a	ND

²PPD: protopanaxadiol-type ginsenoside; PPT: protopanaxatol-type ginsenoside.

³Cultivation field: PC (Pyeongchang), YW (Yeongwol), YJ (Yeongju), MJ (Muju), HY (Hamyang), SC (Sancheong).

^xValue in each column with different letters are statistically significant differences ($p \leq 0.05$) among the treatments according to least significant difference(LSD).

^yND: not detected.

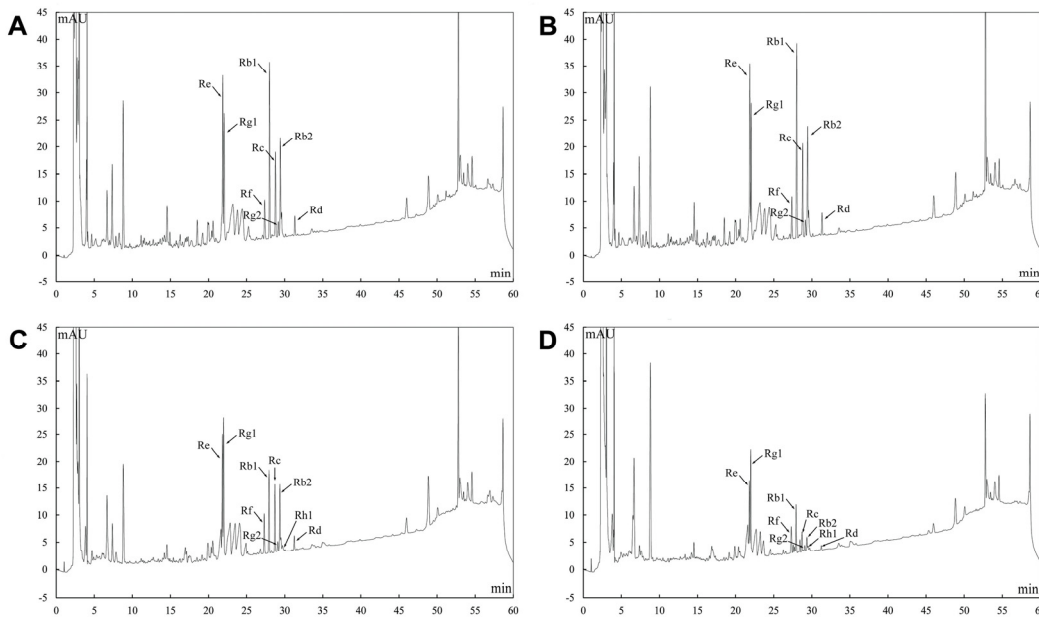


Fig. 4. HPLC chromatograms of ginsenosides in wild-simulated ginseng (A: 7-year-old, B: 13-year-old) and cultivated-ginseng (C: 4-year-old, D: 5-year-old).

였다. Moon (2015)은 안동, 서천, 화순, 홍천에서 수집한 산양삼의 진세노사이드 7종을 분석한 결과, 지역별 진세노사이드 조성의 정성·정량적 차이 보인다고 보고하였고, 이는 산양삼 진세노사이드 함량은 지역별로 차이가 있는 것으로 사료된다.

또한, 산양삼과 인삼(재배삼)과의 진세노사이드 함량 비교를 위해 7년, 13년근 산양삼과 4년, 5년근 인삼(재배삼)의 진세노사이드 11종 함량 비교를 수행하였다(Table 3; Fig. 4). 그 결과, 진세노사이드 11종 중에서 G-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1,

Table 3. Comparison of ginsenoside content of wild-simulated ginseng (7- and 13-year-old) and cultivated-ginseng (4- and 5-year-old)

Plant	Age	Contents of ginsenoside (mg/g)										
		PPD ^z						PPT				
		Rb1	Rb2	Rc	Rd	Rg3	Rh2	Re	Rf	Rg1	Rg2	Rh1
Wild-simulated ginseng	7	5.28 ± 1.43ab ^y	2.65 ± 0.19a	1.88 ± 0.19a	0.84 ± 0.16ab	ND ^x	ND	5.27 ± 0.18b	1.33 ± 0.04ab	3.67 ± 0.033ab	0.51 ± 0.02ab	ND
	13	9.41 ± 1.69a	3.68 ± 0.12a	3.54 ± 0.33a	1.42 ± 0.18a	ND	ND	8.35 ± 1.04a	2.03 ± 0.12a	5.25 ± 0.43a	0.66 ± 0.08a	ND
Cultivated-ginseng	4	3.85 ± 0.23b	2.87 ± 0.57a	2.44 ± 0.58a	0.60 ± 0.12b	ND	ND	4.34 ± 0.32b	1.14 ± 0.26b	2.61 ± 0.70b	0.48 ± 0.01ab	0.08 ± 0.08
	5	3.37 ± 0.64b	2.16 ± 0.62a	1.87 ± 0.42a	0.64 ± 0.22b	ND	ND	4.10 ± 0.45b	0.89 ± 0.19b	2.39 ± 0.41b	0.40 ± 0.06b	0.05 ± 0.05

^zPPD: protopanaxadiol-type ginsenoside; PPT: protopanaxatol-type ginsenoside.

^yValue in each column with different letters are statistically significant differences ($p \leq 0.05$) among the treatments according to Tukey's test.

^xND: not detected.

Rg2의 함량은 13년근 산양삼에서 가장 높았고, G-Rb1, Rd, Rf, Rg1 함량은 13년근 산양삼이 인삼(재배삼) 4, 5년근에 비해 유의적으로 높았으며, G-Re는 7년근 산양삼, 4년, 5년근 인삼(재배삼)에 비교하여 13년근 산양삼에서 유의적으로 함량이 높은 것으로 확인되었다. G-Rb2와 Rc는 산양삼과 인삼(재배삼) 간의 유의적인 차이를 확인할 수 없었다. Han *et al.* (2007)은 산양삼과 인삼(재배삼)의 진세노사이드 함량을 비교한 결과, 산양삼에서 중추신경을 억제하는 G-Rb1, Rd, Re가 유의적으로 높은 함량을 나타낸다고 보고하였으며, Ko and Leem (2009)은 인삼의 본초학적 고증과 성분학적 연구 내용을 고찰을 통해 산양삼의 기미(氣味)가 미한(微寒), 인삼(재배삼)을 온(溫) 또는 미온(微溫)으로 본초서에 기재한 것으로 판단된다고 보고한 바 있다. 본 연구에서도 기존에 선행연구를 지지하는 결과를 확인하였으며, G-Rf, Rg1의 경우 13년근 산양삼이 인삼(재배삼)보다 유의적으로 높은 함량 차이를 보이는 것을 본 연구를 통해 새로이 확인하였다.

산양삼 생육특성과 진세노사이드 함량 간의 상관관계

Pearson's 상관관계 분석을 통해 산양삼 7년, 13년근의 생육특성과 진세노사이드 함량 간의 상관관계를 분석한 결과, G-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1, Rg2은 산양삼 지하부의 뇌두길이, 생중량, 단면적, 표면적, 부피가 유의적인 정의 상관관계를 가지는 것으로 확인되었다(Table 4). 산양삼은 임지에서 무농약, 무비료를 원칙으로 7년이상 장기적으로 재배 및 생산하기 때문에 토양 특성 및 토양미생물군집 다양성이 중요하다 (Kim *et al.*, 2019b). Kim *et al.* (2019c)의 연구에 따르면, 산양삼 재배지 내 토양의 pH, K, Ca, Mg 함량이 낮을수록 산양삼의

생중량 면적, 부피가 유의적인 부의 상관관계를 가진다고 보고한 바 있다. 또한 Kim *et al.* (2019b)은 산양삼 생육은 토양 pH가 낮고 *Acidobacteria*의 상대적 빈도수가 높은 토양에서 증가하였으며, *Acicobacteriia* (class)와 *Koribacteraceae* (family)의 상대적 빈도수 산양삼의 생육과 유의적인 정의 상관관계가 있는 것으로 보고한 바 있다. 이러한 선행연구를 볼 때, 본 연구결과에서 특정 진세노사이드 성분이 산양삼 생육과 유의적인 정의 상관관계를 보이는 것은 산양삼 근권 토양의 특성 및 토양미생물군집 다양성과 밀접한 관계가 있는 것으로 판단된다. 향후, 산양삼 연근별 진세노사이드 성분조성, 생육특성과 토양의 환경·생물학적 요인들과의 상관관계 연구를 추가적으로 수행한다면 보다 명확한 정보를 제공할 수 있을 것이다.

한편, G-Rb1, Re, Rf, Rg2는 줄기직경과 부의 상관관계를 확인하였다. Li *et al.* (2009)은 이식재배 6년근 인삼의 생육특성과 진세노사이드 함량 간의 상관관계에서는 근직경과 진세노사이드 함량 간에 높은 부의 상관관계를 보인다고 보고하였고, Han *et al.* (2013)은 직파삼 4년, 5년, 6년근 인삼의 주근직경과 G-Rb1 함량은 연근과 관계없이 주근직경이 감소할수록 함량이 높아진다고 보고한 바 있어 본 연구결과를 뒷받침한다.

본 연구에서는 산양삼의 판매 비중이 높은 7년근과 고가에 판매되고 있는 13년근을 대상으로 생육특성과 진세노사이드 함량 간의 상관관계를 구명함으로써 연근에 따른 품질규격을 제시하고자 하였다. 본 연구의 결과를 통해 산양삼의 연근이 증가함에 따라 진세노사이드 함량 또한 유의적으로 증가하였고, 산양삼의 생육특성은 진세노사이드 함량과 유의적인 상관관계가 있음을 확인하였다. 향후, 7년근과 13년근 산양삼 이외에 다양한 연근수를 대상으로 생육특성과 진세노사이드 함량 간의 상관관계

Table 4. Pearson's correlation coefficient between ginsenoside content and growth characteristics of wild-simulated ginseng

Ginsenoside	Growth characteristics							
	Length of rhizome	Length of root	Diameter of root	Weight of root	Cross-section area	Surface area	Volume	
PPD ^z	Rb1	0.397* (0.016) ^y	0.116 (0.501)	-0.078 (0.651)	0.634** (0.000)	0.427** (0.009)	0.427** (0.009)	0.506** (0.002)
	Rb2	0.250 (0.141)	0.277 (0.102)	0.296 (0.080)	0.538** (0.001)	0.468** (0.004)	0.468** (0.004)	0.462** (0.005)
	Rc	0.474** (0.004)	0.285 (0.092)	0.057 (0.743)	0.699** (0.000)	0.527** (0.001)	0.527** (0.001)	0.601** (0.000)
	Rd	0.538** (0.001)	0.507** (0.002)	0.112 (0.516)	0.488** (0.003)	0.564** (0.000)	0.564** (0.000)	0.506** (0.002)
PPT	Re	0.511** (0.001)	0.211 (0.216)	-0.095 (0.582)	0.633** (0.000)	0.517** (0.001)	0.517** (0.001)	0.578** (0.000)
	Rf	0.359* (0.031)	0.338* (0.044)	-0.162 (0.345)	0.691** (0.000)	0.632** (0.000)	0.632** (0.000)	0.671** (0.000)
	Rg1	0.362* (0.030)	-0.139 (0.418)	0.344* (0.040)	0.649** (0.000)	0.541** (0.001)	0.541** (0.001)	0.543** (0.001)
	Rg2	0.439** (0.007)	0.262 (0.122)	-0.082 (0.635)	0.386* (0.020)	0.428** (0.009)	0.428** (0.009)	0.429** (0.009)

^zPPD: protopanaxadiol-type ginsenoside; PPT: protopanaxatiol-type ginsenoside.

^yCorrelation coefficient (R) written are significantly correlated between the variables compared. Negative values denote negative correlation and positive values denote positive correlation. Values in brackets means *p* value (***p*≤0.01, **p*≤0.05).

연구를 수행한다면 연근별 품질규격에 대한 보다 정확한 자료를 제시할 수 있을 것으로 판단되며, 이는 산양삼 유통시장의 투명성 강화에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

13년근을 대상으로 생육특성과 진세노사이드 함량 상관관계를 구명함으로써 연근에 따른 품질규격 정립에 유용한 정보를 제공할 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 7년, 13년근 산양삼의 생육특성과 진세노사이드 (G) 함량 간의 상관관계를 구명하기 위하여 수행되었다. 6개소의 산양삼의 생육특성을 조사한 결과, 뇌두길이, 뿌리길이, 생중량, 단면적, 표면적, 부피에 있어 13년근 산양삼이 7년근 산양삼에 비하여 유의적으로 높은 것을 확인하였다. 진세노사이드 11종에 대한 함량은 G-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1, Rg2 함량이 13년근 산양삼이 7년근 산양삼 보다 유의적으로 높은 수치를 확인하였다. 또한 산양삼과 인삼(재배삼) 진세노사이드 함량을 비교한 결과, 13년 산양삼에서 G-Rb1, Rd, Re, Rf, Rg1이 4년, 5년근 인삼(재배삼)에 비해 유의적으로 함량이 높은 것으로 확인되었다. 산양삼 연근별 생육특성과 진세노사이드 함량 간의 상관관계를 분석한 결과, G-Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1, Rg2 함량은 뇌두길이, 생중량, 단면적, 표면적, 부피와 유의적인 정의 상관관계를 보였으며, G-Rb1, Re, Rf, Rg2는 줄기직경과 부피의 상관관계를 확인하였다. 본 연구는 산양삼의 7년근과

사 사

본 연구는 국립산림과학원 일반연구사업 “고품질 산양삼 생산을 위한 친환경 재배기술 개발 (Project No. FP0802-2017)”의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

References

- Chang, H.K. 1998. Changes of saponin contents in *Panax ginseng* leaves by different harvesting months. Korean J. Food Nutr. 11:82-86 (in Korean).
- Han, J.S., H.S. Tak, G.S. Lee, J.S. Kim and J.E. Choi. 2013. Comparison of ginsenoside content according to age and diameter in *Panax ginseng* C.A. Meyer cultivated by direct

- seeding. Korean J. Medicinal Crop Sci. 21(3):184-190 (in Korean).
- Han, S.T., C.G. Shin, B.W. Yang, Y.T. Haham, U.D. Sohn, B.O. Im, S.H. Cho, B.Y. Lee and S.K. Ko. 2007. Analysis of ginsenoside composition of woods-grown ginseng roots. Food Sci. Biotechnol. 16(2):281-284.
- Jeong, B.G., G.R. Jung, M.S. Kim, H.G. Moon, S.J. Park and J. Chun. 2019. Ginsenoside contents and antioxidant activities of cultivated mountain ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) with different ages. Korean J. Food Preserv. 26(1):90-100 (in Korean).
- Jung, I. 2019. Production Status of Wild-simulated Ginseng and Characterization of Hamyang-gun. 2019 The Korean Society of Wild Ginseng Symposium. pp. 166-196 (in Korean).
- Kim, K., D. Jeong, H.J. Kim, K. Jeon, M. Kim and Y. Um. 2019a. A study on growth characteristics of wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) by direct seeding and transplanting. Korean J. Plant Res. 32(2):160-169 (in Korean).
- Kim, K., Y. Um, D.H. Jeong, H.J. Kim, M.J. Kim and K.S. Jeon. 2019b. Study on the correlation between the soil bacterial community and growth characteristics of wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Korean J. Environ. Biol. 37(3):380-388 (in Korean).
- Kim, K., Y. Um, D.H. Jeong, H.J. Kim, M.J. Kim and K.S. Jeon. 2019c. The correlation between growth characteristics and location environment of wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Korean J. Plant Res. 32(5):463-470 (in Korean).
- Ko, S. and K. Leem. 2009. Discussion of ginseng properties through a historical research of Korean ginseng. Kor. J. Herbology 24(3):169-172 (in Korean).
- Korea Forest Service (KFS). 2019. The Industry Development Countermeasure of Wild-simulated Ginseng. Korea Forest Service. Daejeon, Korea.
- Korea Forestry Promotion Institute (KOFPI). 2013. The Cultivation of Wild-simulated Ginseng : In Wild-simulated Ginseng and Cultural Environments. Korea Forestry Promotion Institute. Seoul, Korea. pp. 14-34.
- Korea Seed and Variety Service (KSVS). 2014. Know-how of Characteristics Investigation of The Crops : Ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Korea Seed and Variety Service. Gimcheon, Korea.
- Li, X., S.J. Kang, J.S. Han, J.S. Kim and J.E. Choi. 2009. Effects of root diameter within different root parts on ginsenoside composition of Yunpoong cultivar in *Panax ginseng* C.A. Meyer. Korean J. Medicinal Crop Sci. 17(6): 452-457 (in Korean).
- Moon, H.K. 2015. Quality characteristics and anti-diabetic effect of mountain-cultivated ginseng (Sanyangsam). Department of Food Science and Technology, Ph.D. Thesis, Kyungpook National University, Korea. pp. 56-59.
- Nam, K.Y. 1996. The New Korean Ginseng (Constituent and Its Pharmacological Efficacy). Korea Ginseng and Tobacco Research Institute. Daejeon, Korea. pp. 1-10.
- National Institute of Forest Science (NIFoS). 2018. Standard Cultivation Manual of Wild-simulated Ginseng, National Institute of Forest Science, Seoul, Korea.
- Park, C.K., B.S. Jeon and J.W. Yang. 2003. The chemical components of Korean ginseng. Food Industry and Nutrition 8:10-23.
- Wisam, A.R.A., A.A. Fadhil, H.K. Jamal and H.H. Wurood. 2018. Study physiology of roots growth for soybean by WinRhizo pro software with Vam3 genes. Food and Agricultural Science 1-22.

(Received 12 March 2020 ; Revised 9 April 2020 ; Accepted 13 April 2020)