



## Correlation analysis between growth characteristics and ginsenoside contents of 4-year-old wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) with different cultivation sites

Yeong-Bae Yun · Jeong-Hoon Huh · Dae-Hui Jeong · Jiah Kim · Yurry Um

### 지역별 4년근 산양삼의 생육특성 및 진세노사이드 함량 간의 상관관계 분석

윤영배 · 허정훈 · 정대희 · 김지아 · 엄유리

Received: 19 September 2022 / Accepted: 5 October 2022 / Published Online: 31 December 2022  
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2022

**Abstract** The aim of this study was to investigate the correlation between growth characteristics and ginsenoside contents of 4-year-old wild-simulated ginseng cultivated in different regions. Most of the soil properties except for available phosphate showed significantly higher in Pyeongchang than in other cultivation sites. The growth characteristics except for root length and number of rootlets showed significantly higher in Pyeongchang than in other cultivation sites. In the case of 8 ginsenoside contents, the content of F2-AS was significantly higher in Muju than in other cultivation sites and the content of F1 in Yeongju was significantly high. In Yeongwol, the contents of Rb1 and Re-p were significantly high and the content of Ro in Pyeongchang showed significantly higher than in other cultivation sites. Root length and soil pH did not show a significant correlation with any soil properties and growth characteristics of wild-simulated ginseng, respectively. Most of the growth characteristics showed significantly positive correlations with electrical conductivity, organic matter content, total nitrogen content, exchangeable cations ( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ), and cation

exchange capacity. Rb1 and Re-p showed significantly negative correlations with most of the growth characteristics of wild-simulated ginseng except for the number of rootlets. Ro showed a significantly positive correlation with stem length, number of leaflets per stem, leaflet length, leaflet width, and root diameter. The results of this study probably will help to provide useful information on the establish a quality standard by investigate correlation analysis between growth characteristics and ginsenoside content of 4-year-old wild-simulated ginseng.

**Keywords** Correlation analysis · Ginsenoside · Growth characteristics · *Panax ginseng* C.A. Meyer · Wild-simulated ginseng

## 서론

산양삼(Wild-simulated ginseng)은 식물분류학적으로 두릅나무과(Araliaceae) 인삼속(*Panax*)에 속하며, ‘종자 또는 종묘를 산지에 직접 파종 및 이식하여 인공시설을 설치하지 않고 자연 상태로 키우는 삼’으로 정의하고 산림청에서 특별관리임산물로 지정하여 관리하고 있다[1]. 또한, [임업 및 산촌진흥 촉진에 관한 법률]에 의거하여 산양삼은 차광막 등을 설치하지 아니하고 생산 및 관리되며, 재배지의 선정과 종자, 종묘, 식재, 재배관리, 품질검사, 유통 등 모든 과정이 관리되고 있다[2]. 최근 국민소득 향상 및 청정임산물에 대한 소비자의 인식이 변화함에 따라 산양삼에 대한 소비자의 관심 및 수요가 증가하고 있으며[3], 이에 따라 표준재배법 개발, 유통·가공의 투명성, 약리성분·효능

Yurry Um (✉)  
E-mail: urspower@korea.kr

Forest Medicinal Resources Research Center, National Institute of Forest Science, Yeongju, Gyeongbuk 36040, Republic of Korea

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.

등 과학적인 연구를 통한 산업 활성화를 추진하고 있다[4].

산양삼은 2011년 이후 고소득 작물로서 인식되어 재배농가와 생산량이 지속적으로 증가하는 추세인데[5], 산양삼의 재배 농가 수와 생산 면적은 각각 2011년 1,573임가와 6,355 ha에서 2020년 3,073임가와 11,096 ha로 꾸준히 증가하고 있으며, 생산량과 생산액은 2013년 26톤과 328억원에서 2020년 158톤과 466억원으로 증가하고 있다[5]. 연근별 생존율을 비교하였을 때, 4년근은 46.9%, 7년근은 30.1%, 10년근 이상은 10% 미만으로 나타났으며, 연근별 평균 판매가격은 4년근 9,712원, 7년근 30,168원, 10년근 67,402원, 13년근 102,667원으로 나타났다. 이처럼 7년 이상 재배를 해야 하는 산양삼은 연근이 높아질수록 고가에 판매가 이루어지고 있지만, 산양삼특구지자체에서 재배상 애로사항을 조사한 결과 재배기간이 길어질수록 도난 및 설치류 등의 동물에 의한 피해, 노동력 부족, 판로 부족 등의 어려움이 많은 것으로 나타났다[6]. 이에 더하여, 저년근 산양삼은 아직 품질규격에 대한 정보도 부족한 실정에 있어 저년근 산양삼의 생육특성과 약리성분 함량 차이 등에 대한 과학적인 자료의 제시를 통해 산양삼 품질관리 기준 설정이 필요한 실정이다.

산양삼과 인삼의 주요한 생리활성물질은 진세노사이드, 산성 다당체, 인삼단백질, 폴리아세틸렌, 페놀성 물질 등이 알려져 있다[7]. 특히, 산양삼과 인삼의 상품성 평가에 중요한 성분인 진세노사이드는 구조에 따라 약리효능이 다양하며, 식물체 부위, 재배기간, 재배지 등 다양한 요인에 따라서 조성 및 함량의 차이가 나타날 수 있다[8]. Han 등[9]은 산양삼과 인삼(재배삼)의 진세노사이드 함량에서 차이를 보이며, 특히 Rb1, Rd, Re 등의 진세노사이드의 함량이 산양삼에서 유의적으로 높은 것으로 보고한 바 있다.

현재 국내 산양삼 유통시장에서 가장 많은 판매가 이루어지고 있는 7년근과 13년근 등 고년근 산양삼의 입지환경과 진세노사이드 함량 등에 관한 연구는 활발하게 이루어지고 있는 반면 저년근 산양삼에 대한 활용 방법 및 이와 관련된 연구는 미미할 실정이다. 따라서 본 연구는 다양한 산양삼 재배지에서 수집한 4년근 산양삼 재배지의 토양이화학 특성 분석 및 산양삼의 형태적 생육특성과 진세노사이드 함량을 분석하고, 이들 간의 상관관계를 규명하여 저년근 산양삼의 품질규격 정립을 위한 기초자료로 제공하고자 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 산양삼 및 토양 시료 수집

본 연구에서 사용한 산양삼 시료는 2021년도 7월부터 9월까지 4개의 산양삼 재배지(평창, 무주, 영주, 영월)에서 4년근 산양삼 시료를 각각 5 본씩 채취하여 실험에 사용하였다(Fig. 1). 수집한 시료는 증류수로 세척한 후 표면의 수분이 제거될 때까지 실온에서 자연 음건하였고 시료의 형태학적 특성을 관찰한 후  $-70^{\circ}\text{C}$ 에서 동결 보관하였다. 분석을 위한 시료는 동결건조기에 건조시킨 후 분쇄기로 분쇄한 다음 80 mesh standard sieve를 통과한 분말을  $-70^{\circ}\text{C}$ 에서 보관하며 분석 시료로 사용하였다. 공시토양 시료는 각 재배지에서 표토를 제거한 후 토심 10-30 cm 깊이에서 근권 토양 100 g을 수집하였다. 토양 시료는 서늘

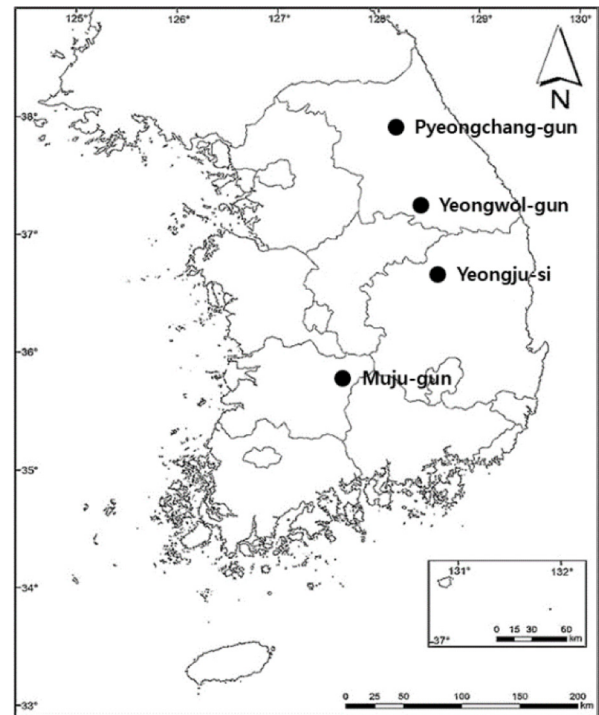


Fig. 1 Cultivation sites collecting samples of wild-simulated ginseng

하고 건조한 곳에서 풍건한 후에 2 mm sieve를 이용하여 거른 후 실온에서 보관하였다.

### 산양삼 재배지의 토양이화학성 조사

산양삼 재배지의 토양이화학성은 농촌진흥청에서 발간한 [종합검정실 분석 매뉴얼]을 참고하여 분석하였다[10]. 토양 pH와 전기전도도(electrical conductivity, EC)는 풍건토와 증류수를 1:5의 비율로 희석하고 30분간 진탕한 후에 각각 pH meter와 EC meter를 이용하여 측정하였다. 유기물(organic matter, OM)은 Walkley-Black법을 이용하였고, 전질소함량(total nitrogen, TN)은 토양 1 g에 진한 황산 5 mL을 넣고 Block digester를 이용하여 분해한 후 Kjeldhal 증류법으로 측정하였다. 유효인산(available phosphate, Avail.  $\text{P}_2\text{O}_5$ )은 Lancaster 침출법에 따라 1-amino-2-naphthol-4-sulfonic acid에 의한 흡광도법을 이용하여 측정하였다. 치환성 양이온(exchangeable cation)은 토양을 1 N-ammonium acetate ( $\text{NH}_4\text{OAc}$ )로 침출한 후 Inductively Coupled Plasma Optical Emission Spectrometry (ICP-OES)를 이용하여 측정하였다. 양이온치환용량(cation exchange capacity, CEC)은 1 N- $\text{NH}_4\text{OAc}$ 로 침출한 후 토양에 치환된  $\text{NH}_4^+$ 을 Kjeldhal 증류법으로 측정하였다.

### 산양삼의 생육특성 조사

지역별 4년근 산양삼의 생육특성 조사는 작물별 특성조사 요령(인삼)에 준하여 줄기길이(stem length), 줄기직경(stem diameter), 줄기당소엽수(number of leaflets per stem), 소엽길이(leaflet length), 소엽넓이(leaflet width), 뿌리길이(root length), 뿌리직경(root diameter), 세근수(number of rootlets), 전체 중량(total

weight), 지하부 중량(root weight), 건중량(dry weight) 등을 측정하였다[11].

**산양삼 시료 추출 및 시약**

지역별 4년근 산양삼에 함유된 진세노사이드 분석을 위하여, 분쇄한 시료 0.2 g에 70% methanol 10 mL을 가한 후 30분간 초음파추출(JAC-5020, KODO, Hwaseong, Korea)을 수행하였다. 추출액은 원심분리기(Labogene, BMS, Seoul, Korea)에 10분간 원심분리하였으며, 상층액을 0.2 µm membrane filter (Whatman Syringe Filter, Maidstone, United Kingdom)로 여과하여 분석 시 여과액은 증류수로 10배 희석하여 사용하였다. 분석에 사용된 진세노사이드 표준품은 ChromaDex (Los Angeles, CA, USA)에서 구입하였다. 추출 및 HPLC 분석에서 사용한 methanol, acetonitrile, 멸균증류수는 특급 및 HPLC 등급으로 J.T. Baker (Easton, PA, USA) 제품을 사용하였다.

**산양삼의 ginsenoside 함량 분석**

진세노사이드 분석은 LC-MS (Shimadzu LC/MS 8050, Tokyo, Japan)를 사용하여 분석하였다. 분석에 사용한 컬럼은 CORTECS UPLC C18 column 1.6 µm (2.1×100 mm, Waters Corp., MA, USA)를 사용하였으며, column 온도는 40 °C로 설정하여 유지하였다. 이동상으로 solvent A는 0.1% acetic acid (HCOOH) in water, solvent B는 0.1% HCOOH in acetonitrile/methanol (1:1, v/v)을 선정하였고, 시간에 따른 용매의 조건은 다음과 같이 기울기 용리법으로 분석하였다: 0-18 min, 40% B; 18-21 min, 80% B; 21-26.1 min, 99% B; 26.1-30 min, 40% B. 모든 시료에 대한 분석은 30분간 실시하였다. 유속은 0.4 mL/min, 주입량은 1 µL이었다. 각 시료의 흡광도는 photodiode array 검출기를 이용하여 210 nm에서 측정하였다. 진세노사이드 표준품을 농도별로 분석한 후(10, 25, 50, 100 µg/mL), calibration curve를 작성하여 각 시료에 대한 성분 함량을 정량하였다.

**통계분석**

분석된 데이터 값은 평균 ± 표준오차(means±standard error, S.E.) 값으로 나타냈고, 실험값의 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System ver. 7.1) software을 이용하여 재배지간 산양삼의 생육특성에 대한 통계분석을 Duncan’s Multiple Range Test (DMRT) 검정을 통해 유의수준 5% ( $p < 0.05$ )로 검증하였다. 4년근 산양삼 재배지의 토양이화학성 및 산양삼의 생육특성, 진세노사이드 간의 상관관계 분석은 IBM SPSS statistics (version 25, IBM Corp., Armonk, NY, USA) software를 사용하여 Pearson’s 상관계수(r)와 유의성( $p < 0.05$ )을 확인하였다.

**결과 및 고찰**

**지역별 산양삼 재배지의 토양이화학성**

각 지역별 산양삼 재배지의 토양이화학성을 조사한 결과, 평창 재배지의 토성은 사양토(sandy loam)이었으며, 무주 재배지는 양질사토(loamy sand), 영주 재배지는 사질식양토(sandy clay loam), 영월 재배지는 식양토(clay loam)으로 나타났다. 토양 pH는 4.23-4.61로 산성토양으로 나타났으며, 유기물 함량은 4.24-18.66%, 전질소함량은 0.17-0.58%, 유효인산은 0.04-0.71 mg/g, 치환성 양이온 중 칼륨(Exchangeable potassium, Ex. K)은 0.12-0.43 cmol<sup>+</sup>/kg, 칼슘(Ex. Ca)은 0.36-4.36 cmol<sup>+</sup>/kg, 마그네슘(Ex. Mg)은 0.11-0.82 cmol<sup>+</sup>/kg, 나트륨(Ex. Na)은 0.03-0.06 cmol<sup>+</sup>/kg, 양이온치환용량(CEC)은 14.97-39.79 cmol<sup>+</sup>/kg으로 나타났다(Fig. 2). 평창 재배지에서는 다른 재배지와 비교하여 유기물함량, 전질소함량, 치환성양이온(K, Ca, Mg), 양이온치환용량이 유의적으로 높게 나타났다. 토양 유기물은 토양 수분함량을 증가시키고, 식물에게 영양성분을 공급하는 역할을 하여 식물의 생육을 촉진시킬 수 있다[12]. 반면, 토양 pH와 유효인산은 무주 재배지에서 유의적으로 높게 나타났다. Kim 등[3]은 전

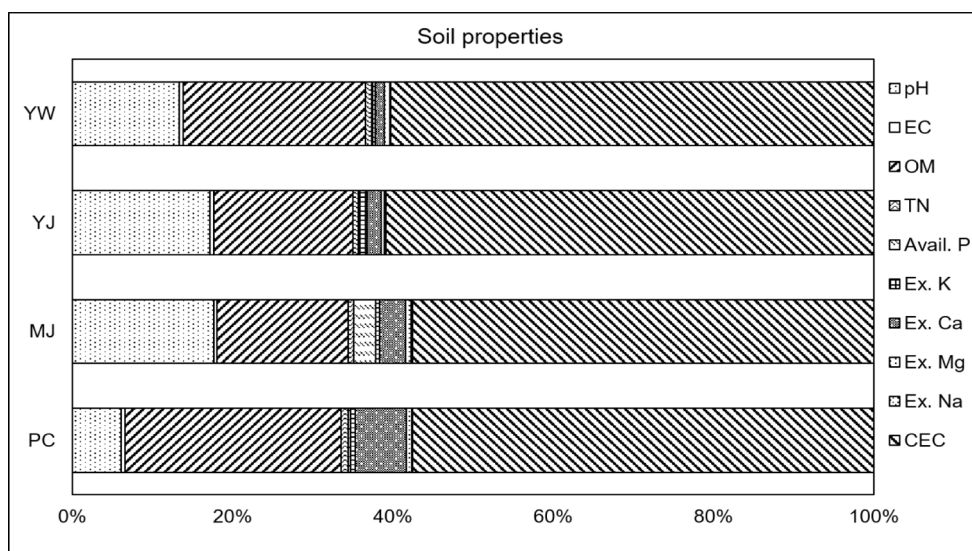


Fig. 2 Soil chemical properties of different wild-simulated ginseng cultivation sites

**Table 1** Growth characteristics of wild-simulated ginseng in different cultivation sites

	Stem length	Stem diameter	No. of leaflets per stem	Leaflet length	Leaflet width	Root diameter	Root length	No. of rootlets	Total weight	Root weight	Dry weight
	cm	mm	ea	cm	cm	mm	cm	ea	g	g	g
PC	18.68±1.61a <sup>2</sup>	2.06±0.14a	13±0.71a	8.36±0.48a	2.88±0.15a	6.32±0.19a	15.28±1.06a	20.8±1.98ab	3.43±0.56a	1.21±0.22a	0.41±0.08a
MJ	12.9±0.85b	1.64±0.06b	11.6±1.21a	5.7±0.36b	2.08±0.1b	5.46±0.49a	15.06±1.61ab	26.4±4.56a	1.53±0.2b	0.61±0.09b	0.22±0.03b
YJ	11.32±0.34b	1.14±0.04c	5±0b	3.92±0.28c	1.9±0.18b	3.3±0.22b	9.92±1.06b	9.6±1.47b	0.44±0.03c	0.17±0.02c	0.05±0.01c
YW	7.62±0.27c	1.06±0.06c	4.2±0.37b	2.84±0.47c	1.32±0.1c	3.11±0.25b	11.06±2.46ab	16±6.02ab	0.36±0.04c	0.16±0.02c	0.04±0.01c
P value	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***	0.076	0.0503	<0.0001***	<0.0001***	<0.0001***

<sup>2</sup>Value in each column are the means of five replication±SE with different letters are statistically significant differences among the treatments according to Duncan’s Multiple Range Test (DMRT). Significances are demonstrated as: \**p* <0.05, \*\**p* <0.01, and \*\*\**p* <0.001

국 산양삼 재배지의 토양 특성이 pH 4.0-6.0으로 산성 또는 약산성 토양이었으며, 유기물함량은 2-7%, 전질소함량은 0.15-0.8%, 치환성 칼륨은 0.3-0.7 cmol<sup>+</sup>/kg, 치환성 마그네슘은 1.0-1.5 cmol<sup>+</sup>/kg, 칼슘은 1.2-4.1 cmol<sup>+</sup>/kg으로 보고하였다. 토양내 함유량이 많을수록 적변에 영향을 끼치는 것으로 보고된 나트륨은 모든 재배지에서 낮게 나타나 적변 위험성은 적은 것으로 사료된다[13]. 국내 산양삼 재배지의 토성은 양질사토(loamy sand), 양토(loamy soil), 사양토(sandy loam)이며, 배수가 양호하고 토양 산도는 pH 4.0-6.0으로 산성 또는 약산성 토양으로 보고되었다[14]. 활엽수의 낙엽이 산림토양에 유기물을 공급하여 침엽수로 조성된 토양에 비해 유기물과 전질소함량이 높아짐에 따라[15,16], 평창 재배지는 침엽수보다 활엽수의 비율이 높은 재배지일 것으로 생각된다.

**산양삼 생육특성**

4개 지역 재배지에서 수집한 4년근 산양삼의 생육특성을 분석한 결과, 뿌리길이를 제외한 모든 산양삼 생육특성에서 재배지 간의 유의적인 차이가 있음을 확인하였다(Table 1). 평창 재배지에서 4년근 산양삼의 줄기길이(18.68 cm), 줄기직경(2.06 mm), 줄기당소엽수(13 ea), 소엽길이(8.36 cm), 소엽넓이(2.88 mm), 뿌리직경(6.32 mm), 전체 중량(3.43 g), 지하부 중량(1.21 g), 건중량(0.41 g)이 다른 재배지의 4년근 산양삼에 비해 유의적으로 가장 높았다. 뿌리 길이는 지역별로 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 세근수(26.4 ea)는 무주 재배지에서 재배한 4년근 산양삼에서 유의적으로 높게 나타났다. Jin 등[17]은 칼륨의 함량에 비하여 칼슘의 함량이 높을수록 생육이 양호하다고 보고하였는데, 다른 재배지는 2-7배의 차이를 보인 반면, 평창 재배지는 약 10배의 차이를 보임에 따라 평창 재배지의 대부분의 생육특성도 유의적으로 높은 수치를 보인 것으로 사료되며, 이는 선행 연구의 결과와 유사하게 나타났다.

**산양삼 진세노사이드 함량**

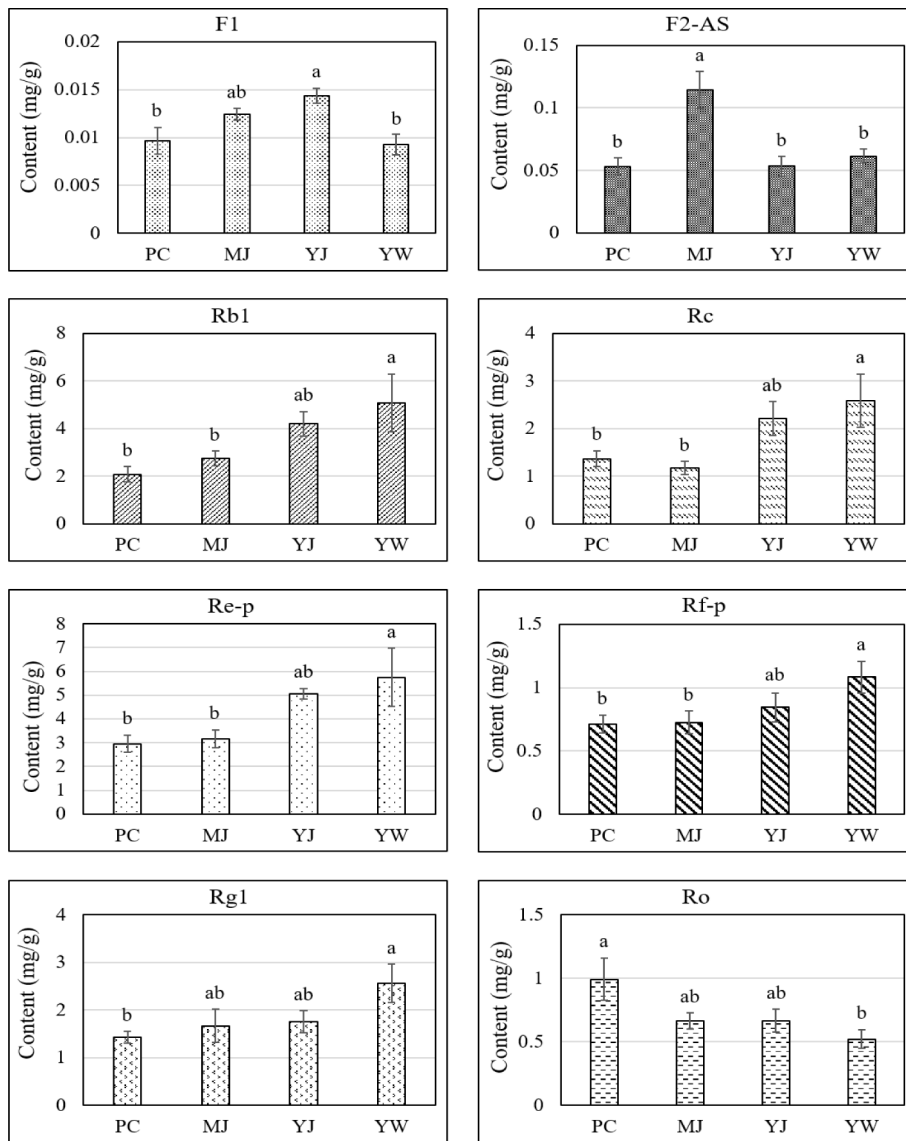
각 지역별 4년근 산양삼의 진세노사이드 8 종의 함량을 분석한 결과는 Fig. 3에 나타내었다. F1은 0.0093-0.0143 mg/g, F2-AS는 0.053-0.114 mg/g, Rb1은 2.08-5.08 mg/g, Rc는 1.17-2.58 mg/g, Re-p는 2.96-5.74 mg/g, Rf-p는 0.71-1.08 mg/g, Rg1은 1.43-2.56 mg/g, Ro는 0.52-0.99 mg/g으로 확인하였다. 진세노사이드 중 F1의 함량은 영주 재배지, F2-AS의 함량은 무주 재배

지, Rb1과 Re-p의 함량은 영월 재배지에서 유의적으로 높게 나타났다. 한편, 대부분의 산양삼 생육특성이 유의적으로 높았던 평창 재배지에서는 Ro만 다른 재배지와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다. Chen 등[18]의 연구에 의하면 토양 성분 및 특성의 차이에 의해 Rb1, Re, Rg1의 함량이 유의적인 차이를 보인다고 보고하였고, Yin 등[19]은 중국 내 지역에 따라 인삼의 진세노사이드 함량의 차이를 보고하였는데, 산양삼 재배지역에 따라 진세노사이드 함성에 관여하는 주요 효소 유전자의 발현 수준을 비교하였을 때, 3-hydroxy-3-methylglutaryl CoA reductase 과 dammarediol synthase의 유전자 발현이 진세노사이드 Re의 함량과 유의적인 상관관계를 보인다고 밝혔다. 이처럼 진세노사이드의 함량은 산양삼이 재배되는 지역의 입지환경과 그에 따른 진세노사이드 합성 관련 유전자의 발현 수준에 따라 차이가 발생하는 것으로 사료되며, 동일 지역에서도 산양삼의 연생과 수확시기 등의 다양한 요인에 따라 진세노사이드의 타입과 함량이 달라질 수 있을 것으로 사료된다[20,21].

**토양이화학성, ginsenoside 함량과 생육특성 간의 상관관계**

Pearson’s 상관관계 분석을 통하여 산양삼 생육특성과 토양이화학성 간의 상관관계를 분석한 결과, 전기전도도와 유기물함량, 전질소함량, 칼륨, 칼슘, 마그네슘, 양이온치환용량은 뿌리길이와 세근수를 제외한 다른 생육특성과 유의적인 정적 상관관계를 가지는 것으로 확인되었다(Table S1). 이러한 결과는 전기전도도와 유기물함량, 전질소함량, 칼륨, 칼슘, 칼슘, 양이온치환용량이 높을수록 대부분의 산양삼 생육특성이 증가하는 것을 의미한다. 특히적으로, 유효인산과 나트륨은 세근수와 유의적인 정적 상관관계를 보였다. Williamson 등[22]과 Anzooman 등[23]은 인산유효도가 높고 나트륨이 많은 토양에서 뿌리의 발달이 촉진된다고 보고하여, 본 연구의 결과가 선행 연구와 유사한 결과를 보임을 알 수 있다. 그러나, 토양 pH는 산양삼의 생육특성과 유의적인 상관관계를 보이지 않았다. 일반적으로 국내 산림 토양의 pH는 5.48로 비교적 낮은 산도를 보이며[24], 산양삼 재배에 적합한 토양 pH는 pH 5.5 내외로 알려져 있으나 [25], 본 연구에서 조사한 재배지들의 토양 평균 pH 4.37로, 최적 재배 조건보다도 낮은 pH 조건의 토양임에도 산양삼의 재배가 가능함을 보여주었다.

한편, 진세노사이드 중 Rb1과 Re-p, Rc는 줄기직경 및 줄기당소엽수, 소엽길이, 소엽넓이, 뿌리직경, 뿌리길이, 전체 중량,



**Fig. 3** Ginsenoside content of wild-simulated ginseng cultivated in different sites. Value with different letters are statistically significant differences ( $p < 0.05$ ) among the treatments according to Duncan’s Multiple Range Test (DMRT)

건중량 등 대부분의 생육특성과 유의적인 부의 상관관계를 보였다(Table S2). 특히적으로, Ro는 줄기길이, 줄기당소엽수, 소엽길이, 소엽넓이, 뿌리직경과 유의적인 정의 상관관계를 보였다. 8 종의 진세노사이드들 중 가장 많은 상관관계를 보인 산양삼의 생육특성은 줄기당소엽수와 뿌리직경으로 확인하였다. 본 연구 결과는 Kim 등[26]은 Re가 뿌리직경과 유의적인 부의 상관관계를 보였다고 보고한 것과는 유사한 결과였으나, Kim 등[27]은 뿌리길이가 진세노사이드 함량과 유의적인 정의 상관관계에 있다고 보고한 것과는 상이한 결과를 보임을 알 수 있다. 본 연구의 결과와 이전 연구 결과의 차이는 수집한 산양삼이 재배되고 있는 토양환경과 토양에 서식하고 있는 토양미생물군집 등의 차이로 나타날 수 있을 것으로 생각된다. 산양삼의 생육은 토양 pH가 낮고 *Acidobacteria*의 상대적 빈도수 (relative abundance)가 높은 토양에서 증가한다고 보고하였지만

[28], 본 연구 결과에서의 산양삼의 생육이 증가하지 않은 것으로 보아, 산양삼 재배지에 서식하고 있는 미생물의 군집이 기존에 보고된 산양삼 재배지와는 다를 수 있음을 보여준다. Han 등[29]은 4-6년근 직파 인삼의 뿌리직경이 Rb1의 함량과 연근에 관계없이 뿌리직경이 감소할수록 함량이 높아지는 유의적인 부의 상관관계를 보인다고 보고하였다. 또한, Li 등[30]은 이식 재배 6년근 인삼의 생육특성과 진세노사이드 함량에서 뿌리직경과 진세노사이드 함량 간에 높은 부의 상관관계를 보인다고 보고하여 본 연구의 결과를 뒷받침한다.

본 연구에서는 4년근 산양삼을 대상으로 하여 토양이화학성과 생육특성, 진세노사이드 함량을 분석하고 이들 간의 상관관계를 구명하여 기존에 연구되지 않은 저년근 산양삼의 재배환경 및 품질규격에 대한 기초자료를 제시하고자 하였다. 본 연구의 결과, 산양삼 재배지 내 토양 유기물 함량과 전질소 함량

이 높을수록 산양삼의 생육이 유의적으로 증가하였고, 산양삼의 생육특성은 진세노사이드 함량과 유의적인 상관관계가 있음을 확인하였다. 추후 본 연구의 결과를 바탕으로 다양한 연근별 산양삼의 생육특성 및 진세노사이드 함량 변화를 조사한다면, 산양삼의 품질규격 확립과 유통시장의 투명성 강화에 의한 소비자 인식 개선 및 산업화를 위한 데이터 구축에 기여할 수 있을 것으로 사료된다.

## 초 록

본 연구의 목적은 서로 다른 지역에서 재배된 4년근 산양삼의 생육특성과 진세노사이드 함량 간의 상관관계를 조사하는 것이다. 유효 인산을 제외한 대부분의 토양 특성은 다른 재배지에서 보다 평장에서 유의적으로 높았다. 뿌리 길이와 세근수를 제외한 생육특성은 다른 재배지보다 평창 재배지에서 유의적으로 높게 나타났다. 8종의 진세노사이드 함량의 경우, 무주 재배지의 F2-AS 함량은 다른 재배지보다 높았으며, 영주 재배지의 F1 함량은 유의적으로 높게 나타났다. 영월 재배지에서는 Rb1과 Re-p의 함량이 유의적으로 높았고, 평창 재배지에서 Ro의 함량은 다른 재배지보다 유의적으로 높게 나타났다. 뿌리 길이와 토양 pH는 각각 토양특성 및 산양삼의 생육특성과 유의적인 상관관계를 보이지 않았다. 대부분의 생육특성은 전기전도도 및 유기물 함량, 전질소 함량, 치환성양이온( $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ), 양이온치환용량과 유의적인 정의 상관관계를 보였다. Rb1과 Re-p는 세근수를 제외한 대부분의 산양삼 생육특성과 유의적인 정의 상관관계를 보였다. Ro는 줄기 길이, 줄기당 소엽수, 소엽 길이, 소엽 넓이, 뿌리 두께와 유의적인 정의 상관관계를 보였다. 본 연구의 이러한 결과는 4년근 산양삼의 생육특성과 진세노사이드 함량 간의 상관관계를 조사함으로써 품질 기준을 수립하기 위해 유용한 정보를 제공하는 데 도움이 될 수 있을 것이다.

**Keywords** 산양삼 · 상관관계 분석 · 생육특성 · 진세노사이드 · *Panax ginseng* C.A. Meyer

**감사의 글** 본 연구는 국립산림과학원 “산양삼 재배유형별 약리효능 기반 품질 규격화 연구(FP0802-2022-03)” 및 산림청 “산양삼복합물을 활용한 면역기능개선 소재 개발(2021377A00-2123-BD02)” 사업의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

## References

1. 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
2. National Institute of Forest Science (NIFoS) (2018) Standard Cultivation Manual of Wild-simulated Ginseng. National Institute of Forest Science. Seoul, Korea
3. Kim K, Um Y, Jeong DH, Kim HJ, Kim MJ, Jeon KS (2019) The correlation between growth characteristics and location environment of wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Korean J Plant Res 32: 463–470. doi: 10.7732/kjpr.2019.32.5.463
4. Korea Forest Service (KFS) (2019) The Industry Development Countermeasure of Wild-simulated Ginseng. Korea Forest Service. Daejeon, Korea
5. Korea Forest Service (KFS) (2021) Production of Forest Products. Korea Forest Service. Daejeon, Korea
6. Choi SI, Jeong DY, Kang HM, Oh HJ, Cho SJ, Kim H, Kim WO, Lee KM (2016) Political alternatives to revitalizing the cultivation and management of mountain ginseng. Korean Journal of Forest Economics 23: 19–30
7. Ko S, Leem K (2009) Discussion of ginseng properties through a historical research of Korean ginseng. Kor J Herbology. 24: 169–172
8. Park CK, Jeon BS, Yang JW (2003) The chemical components of Korean ginseng. Food Industry and Nutrition. 8: 10–23
9. Han ST, Shin CG, Yang BW, Hahm YT, Sohn UD, Im BO, Cho SH, Lee BY, Ko SK (2007) Analysis of ginsenoside composition of woods-grown ginseng roots. Food Sci Biotech 16: 281–284
10. Rural Development Administration (RDA) (2013) Analysis Manual of Comprehensive Examination Laboratory (Soil, Plant, Water and Liquid manure). Rural Development Administration. Suwon, Korea. pp. 31–53
11. Korea Seed and Variety Service (KSVS) (2014) Know-how of Characteristics Investigation of The Crops: Ginseng (*Panax ginseng* Meyer). Korea Seed and Variety Service. Gimcheon, Korea
12. Son JG, Cho JY (2009) Effect of organic material treatments on soil aggregate formation in reclaimed tidelands. Korean J Soil Sci Fert 42: 201–206
13. Hyun DY, Yeon BY, Lee SW, Kang SW, Hyun GS, Kim YC, Lee KW, Kim SM (2009) Analysis of occurrence type of physiological disorder to soil chemical components in ginseng cultivated field. Korean J Medicinal Crop Sci 17: 439–444
14. Lee DS (2010) Weather characteristic and growth of a forest ginseng cultivation site. J Korean Soc For Sci 99: 863–870
15. Kim C, Choo GC, Cho HS, Lim JT (2015) Soil properties of cultivation sites for mountain-cultivated ginseng at local level. J Ginseng Res 39: 76–80. doi: 10.1016/j.jgr.2014.06.004
16. Liu WW, Liu MC, Li HW, Zeng FS, Qu Y (2016) Influence of ginseng cultivation under larch plantations on plant diversity and soil properties in Liaoning Province, Northeast China. J Mt Sci 13: 1598–1608. doi: 10.1007/s11629-015-3753-x
17. Jin HO, Kim UJ, Yang DC (2009) Effect of nutritional environment in ginseng field on the plant growth of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). J Ginseng Res 33: 234–239. doi: 10.5142/JGR.2009.33.3.234
18. Chen W, Balan P, Popovich DG (2019) Analysis of ginsenoside content (*Panax ginseng*) from different regions. Molecules 24: 3491. doi: 10.3390/molecules24193491
19. Yin J, Wang W, Huang Y, Mu Y, Lv S (2017) Authentication of *Panax ginseng* from different regions. RSC Adv 7: 55646–55652. doi: 10.1039/C7RA09537F
20. Shi W, Wang Y, Li J, Zhang H, Ding L (2007) Investigation of ginsenosides in different parts and ages of *Panax ginseng*. Food Chem 102: 664–668. doi: 10.1016/j.foodchem.2006.05.053
21. Liu Z, Wang CZ, Zhu XY, Wan JY, Zhang J, Li W, Ruan CC, Yuan CS (2017) Dynamic changes in neutral and acidic ginsenosides with different cultivation ages and harvest seasons: Identification of chemical characteristics for *Panax ginseng* quality control. Molecules 22: 734. doi: 10.3390/molecules22050734
22. Williamson LC, Ribrioux SPCP, Fitter AH, Leyser HMO (2001) Phosphate availability regulates root system architecture in arabidopsis. Plant Physiol 126: 875–882. doi: 10.1104/pp.126.2.875
23. Anzooman M, Christopher J, Dang YP, Taylor J, Menzies NW, Kopitke PM (2019) Chemical and physical influence of sodic soils on the coleoptile length and root growth angle of wheat genotypes. Ann Bot 124: 1043–1052. doi: 10.1093/aob/mcz094
24. Kwon SD, Kang JH, Yoon JH, Moon HS (2011) An analysis on site, soil and cultivation characteristics of Korean mountain cultivated ginseng (*Panax ginseng*) field. Journal of Agriculture & Life Science 45: 81–88.
25. Jeon KS, Um YR, Chung CR, Park HW, Kim MJ (2018) Standard

- Cultivation Manual of Wild-simulated Ginseng. National Institute of Forest Science, Seoul, Korea. p. 15–20
26. Kim K, Um Y, Eo HJ, Park HW, Jeon KS, Kim HJ (2020a) Study on the correlation between the ginsenoside contents and growth characteristics of wild-simulated ginseng with different year-roots (*Panax ginseng* C.A. Meyer). Korean J Plant Res 33: 255–262. doi: 10.7732/kjpr.2020.33.4.255
  27. Kim K, Huh JH, Um Y, Jeon KS, Kim HJ (2020b) The comparative of growth characteristics and ginsenoside contents in wild-simulated ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) on different years by soil properties of cultivation regions. Korean J Plant Res 33: 651–658. doi: 10.7732/kjpr.2020.33.6.651
  28. Kim KY, Um Y, Jeong DH, Kim HJ, Kim MJ, Jeon KS (2019) 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: 380–388. doi: 10.11626/KJEB.2019.37.3.380
  29. Han JS, Tak HS, Lee GS, Kim JS, Choi JE (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: 184–190. doi: 10.7783/KJMCS.2013.21.3.184
  30. Li X, Kang SJ, Kim JS, Choi JE (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: 452–457