



재배년수에 따른 인삼의 생육특성, 생리활성, 성분의 변화

문지원¹ · 장인배² · 유진³ · 장인복⁴ · 서수정⁵ · 이성우^{6*}

Changes in Growth Characteristics, Biological Activity and Active Compound Contents in Ginseng of Different Ages

Ji Won Moon¹, In Bae Jang², Jin Yu³, In Bok Jang⁴, Su Jeoung Seo⁵ and Sung Woo Lee^{6*}

ABSTRACT

Received: 2019 August 20
1st Revised: 2019 September 11
2nd Revised: 2019 October 18
3rd Revised: 2019 November 13
Accepted: 2019 November 13

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: Ginseng has been used as a medicine and functional food since ancient times. It is a perennial crop, and its whose commercial valuse increases with growing period and is affected by the atmosphere and soil environment.

Methods and Results: In a selected field, we measured air temperature under a shade structure and soil physicochemical properties, and determied plant and root growth as well as ginsenoside and total polyphenol content of one- to five-year-old ginsengs plants. Although air temperature above 30 °C was recored for more than 37 days, no marked growth inhibition of ginseng was detected. Among all soil physicochemical properties, except for pH, were within the allowable range the shortage increases with ginseng years. In five-year-old ginseng, the quantity is about 9.7% higher than the average weight by standard, indicating that is not affected by temperature when grown under a shade structure. Three-year-old ginseng contained the highest total ginsenoside and total polyphenol levels and exhibited the greatest DPPH radical scavenging activity.

Conclusions: The total ginsenoside and protopanaxadiol/protopanaxatriol ratio were both low at five-year-old ginseng plants, which was attributed to rapid growth of the root system in five-year-old plants. There were no significant differences in total polyphenol content and antioxidant activity between.

Key Words: *Panax ginseng* C. A. Meyer, Antioxidant, Ginsenoside, Growth Characteristics, Polyphenols

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 두릅나무과 (Araliaceae) 인삼속 (*Panax*)의 다년생 식물이며, 인삼의 원산지는 한반도 북부와 중국 동북지방으로써 2000 년 전부터 재배되어 왔으며, 한국을 대표하는 약용식물 중 하나이다 (Yang *et al.*, 2006; Lee *et al.*, 2018). 인삼속에는 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer), 미국삼 (*P. quinquefolius*), 삼칠삼 (*P. notoginseng*) 등 17 종이 있고 (Band *et al.*, 2012), 한반도를 비롯한 중국, 미국 등 위도 36°에서 47°까지

재배가 가능하다 (Li, 1995).

인삼의 효능을 대표하는 성분은 테르펜과 스테로이드 계열의 ginsenoside로 인삼의 사포닌을 특별히 ginsenoside라 명명하며 (Kiefer and Pantuso, 2003), ginsenoside는 3, 6번 탄소 결합구조에 따라 담마란계 (dammarane)와 올레아난계 (oleanane)로 구분 된다 (Le *et al.*, 2019). ginsenoside는 인삼에 약 3% - 6%정도 함유되어 있는 것으로 알려져 있으며, 현재까지 38 종 이상의 사포닌이 연구되었다 (Shin *et al.*, 2015). 특히, 홍삼 특유 성분인 Rg3의 효능으로는 신경, 근육 세포 등의 전위자극 반응에 중요한 역할을 하는 이온채널을

*Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5605 (E-mail) leesw@korea.kr

¹국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 연구사 / Researcher, Ginseng Research Division, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

²국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 연구사 / Researcher, Ginseng Research Division, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

³국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 연구사 / Researcher, Ginseng Research Division, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁴국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 연구원 / Researcher, Ginseng Research Division, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁵국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 박사후 과정 / Post-doc, Ginseng Research Division, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁶국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 연구관 / Senior Researcher, Ginseng Research Division, Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

조절한다고 보고되고 있다 (Nah, 2014). 인삼의 화학성분 중 사포닌 이외에 약 70% 이상의 유효성분들이 밝혀져 있다 (Park, 1996). 이러한 성분들에는 폴리아세틸렌, 산성다당체, 폴리페놀 등이 존재하는데 (Chung *et al.*, 2016), 그 중 폴리페놀은 대표적인 항산화물질로서 체내에서 유해한 활성산소를 무해한 형태로 변화시킨다고 보고되고 있다 (Cho *et al.*, 2013).

인삼은 한 토양에서 다년간 생육하는 작물로서, 환경의 영향을 많이 받은 작목이며 (Kim, 2016), 인삼 개체에 포함되어진 2차 대사산물은 같은 토양에서 생육하였다 할지라도 양적, 질적으로 다양한 분포를 나타낸다고 보고되고 있어 (Ryu *et al.*, 2012), 인삼이 가진 다양한 효능도 재배환경에 따라 서로 다르게 나타날 수 있을 것으로 생각된다. 또한, 일정한 품질의 인삼을 생산하기 위해 환경인자와의 관계 연구가 필수적인 것이다.

따라서 본 연구에서는 재배 년수에 따라 변화하는 인삼의 지상부·지하부 생육특성과 사포닌 및 폴리페놀과 같은 유효성분 함량, 항산화 활성에 대해 해가림 시설 내부 온도, 토양 이화학적 특성과의 연관성을 분석하여 각기 다른 재배양식에서도 품질이 표준화된 인삼 재배에 활용할 기초자료로 이용하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

국내 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer) 재배지역 중 면적이 22.1 km² (MAFRA, 2019)로 넓은 편에 속하는 경기 지역에서 인삼포장 1 곳을 선정하여, 5월 30일에 해가림 내 미기상 센서를 설치하고, 10월 17일에 수확을 하고 토양 이화학적 특성을 분석하였다. 이 포장의 토양은 양질사토이면서 개간지로 저위 생산지에 해당한다 (RDA, 2014). 시험 포장들은 동일 주소지의 약 99,000 m²를 개간한 토양으로 흙토람 (soil.rda.go.kr)에서 해당 토양에 대한 정보를 확인한 결과, 옥천통 (OGCHEON SERIES)이고 모재는 산성암이며 심토와 표토 모두 자갈 함량이 매우 적은 토양임을 확인하였다. 또한, 해당 토양의 배수등급은 불량하지만 경사도가 구획에 따라 약 2-7° 정도 있어, 실제 포장의 물 빠짐 정도는 양호하였다. 포장별로 종자를 직파한 1년근과 2-5년생으로 나누어 식재하였다. 해가림 자재는 전주 길이 170 cm, 후주 길이 130 cm인 전후주연결식으로 흑색 차광망과 청색 차광지를 사용하였다. 재식밀도를 9 행 7 열로 묘삼을 이식하였다.

수확 직후 세척을 한 뒤, 열풍건조기를 (DY-220HR, Daeyoung E&B Co., Ltd., Ansan, Korea) 이용하여 60°C로 48 시간 동안 건조하였다. 본 연구에 쓰인 인삼 시료는 사포닌 외 유효성분들도 조사하는 용도로도 쓰여 인삼의 한약재

표준공정지침에 명시된 50°C가 아닌 60°C로 건조하였다. 건조 후 분쇄기 (SFM-555SP, SHINIL Co., Ltd., Cheonan, Korea)로 곱게 마쇄하여 분말시료로 사용하였다.

2. 기상환경 측정 및 토양 이화학적 조사

해가림 시설 내부 온도는 데이터로거 (T&D Co., Tokyo, Japan)를 지상부 30 cm 상단에 설치한 뒤, 5월 30일부터 10월 17일까지 측정하였다.

토양 이화학적 특성은 10월 17일 수확을 하면서 채취하여 분석하였다. 토양 채취는 격자식을 지점을 선정하여 오가로 15 cm 깊이로 채취한 후, 일주일 가량 음건하였고, 건조 후 토양 시료를 전용 체 (2 mm)를 이용하여 1 차 선별한 시료는 토양산도 (pH), 전기전도도 (EC), 질산태질소, 유효인산 및 치환성 양이온 (K, Ca, Mg, Na) 8 종 분석에 사용하였고, 2차로 분쇄기 (SFM-555SP, SHINIL Co., Ltd., Cheonan, Korea)로 곱게 마쇄하여 분말 시료로 만들어 유기물 함량 (OM)을 분석하였다. 토양 화학성 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하였다 (NIAST, 2000).

3. 생육조사

지상부 생육조사는 6월 14일, 지하부 생육조사는 10월 18일에 실시하였다. 지상부 생육조사는 한 칸 당 중앙부위의 10 개체를 임의로 선택하여 6 항목 (엽록소 함량, 초장, 경장, 경직경, 엽장, 엽폭)을 조사하였다. 엽록소함량은 SPAD-502 Plus (Konica minolta Inc., Tokyo, Japan)을 이용하여 3 반복 평균치를 사용하였다. 경직경은 버니어캘리퍼스 (CD-15APX, Mitutoyo Co., Ltd., Tokyo, Japan)으로 토양 표면 상단부 3 cm 부위를 측정하였다. 지하부 생육조사는 한 칸에 해당하는 개체를 전수 수확하여, 그 중 생육이 중간정도인 개체 10 개를 임의로 선택하여 3 항목 (근중, 근경, 근장)을 조사하였다.

4. Ginsenoside 분석

열풍 건조한 분말시료에 대해 10 종의 ginsenoside (Re, Rg1, Rf, Rb1, Rg2, Rg3, Rh1, Rc, Rb2, Rb3, Rd)를 사용하였으며 (ChromaDex Inc., Irvine, CA, USA), 분석방법은 다음과 같다.

시료 0.2 g와 70% MeOH 2 ml를 잘 혼합한 뒤, 50 ± 1°C에서 30 분 정도 초음파 추출 후 4°C, 13,000 rpm으로 원심분리 하고, 분리된 상층액 1 ml를 Sep-Pak C18 cartridge (Waters Co., Milford MA, USA)를 이용하여 정제한 후 추출액을 0.45 μm membrane filter (Agilent Inc., Santa Clara, CA, USA)로 여과하여 분석시료로 이용하였다 (Kim *et al.*, 2010). 분석시료를 UPLC (Nexera X2, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 주입하여 3 반복으로 ginsenoside 함량을 측정하였다. 칼럼 온도는 50°C, Halo RP-amide column (4.6 mm ×

150 mm, 2.7 μ m, Thermo Fisher Scientific Inc., Wilmington, DE, USA)을 사용하였으며, 이동상의 유속은 0.5 ml/min - 0.8 ml/min 이었다. UV 검출 파장은 203 nm로 설정하였다 (Yu *et al.*, 2019).

5. 총 폴리페놀함량 분석

사포닌 외 인삼의 효능을 설명할 수 있는 성분으로 대표적 항산화물질인 폴리페놀을 선택하였으며 총 폴리페놀 함량은 Folin-calteu 시약을 이용하는 Folin-Denis 방법을 이용하였다 (Cho *et al.*, 2013).

열풍 건조한 시료 2 g을 70% 에탄올로 24 시간 상온추출한 뒤, 감압증류기 (JP/N-1000VW, Eyela Co., Ltd., Miyagi, Japan)를 이용하여 농축하였으며 농축물을 DMSO로 희석하여 100 mg/ml - 200 mg/ml 의 농도로 추출물을 제조하였다.

추출물 0.5 ml 에 Folin-calteu 시약 0.5 ml 를 넣고 3 분간 실온 반응시킨 후, 2% Na₂CO₃ 용액 1.5 ml 를 첨가한 뒤 2 시간 동안 암조건으로 반응시켰고 반응이 종료된 후, UV-VIS spectrophotometer (Varioskan LUX, Thermo Fisher Scientific Inc., Wilmington DE, USA)를 이용하여 750 nm 에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid 를 이용하여 5 ppm - 1,000 ppm 농도의 표준곡선을 작성하였고 시료의 흡광도 수치를 대입하여 농도를 결정하였다.

6. DPPH 라디칼 소거능 측정

인삼의 항산화 활성 평가를 위해 DPPH 라디칼 소거능 활성을 측정하였다. DPPH 라디칼 소거활성 실험은 항산화 효능 검정에 주로 이용되는 방법으로서 DPPH 시약은 분자 내 함유된 라디칼이 환원될 때 자색이 탈색되는 정도를 흡광도를 이용하여 측정한다 (Cho *et al.*, 2013).

재배 년수 별 인삼 추출물 시료는 총 폴리페놀함량 분석법에 사용된 방법과 동일하게 사용하였으며 추출물 0.1 ml 에 0.2 mM DPPH solution 0.1 ml 을 넣고 10 초간 혼합한다. 그리고 빛을 차단한 상태에서 30 분간 상온 반응시킨 뒤 517 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다 (Varioskan LUX, Thermo Fisher Scientific Inc., Wilmington DE, USA). 이를 blank와 시료와의 계산식을 통해 백분율 (%)로 환산하여 표기하였다.

7. 통계 분석

통계 분석은 SPSS 프로그램 (PASW Statics 18, IBM Co., Armonk, NY, USA)을 이용하여 분산분석 (ANOVA)을 실시 한 후 토양화학성, ginsenoside와 페놀함량간의 유의차를 확인하여 5% 유의수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 분석하였다.

결과 및 고찰

1. 인삼 생육 특성

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer) 생육은 년생이 높아짐에 따라 지상부와 지하부 모든 항목에서 점차 높아지는 경향을 보인다 (Table 2). 측정 항목 별로 살펴보면 4년근 경장은 64.1 \pm 6.4 cm로 Park 등 (1987)이 보고한 4년근 경장 27.4 \pm 6.6 cm과 비교하면 약 133.8%정도 높은 결과를 나타내었다. 이러한 차이는 본 연구의 대상종이 자생종이었는데 반하여 Park 등 (1987)의 연구에서는 특정 품종을 사용하였기 때문으로 생각되며 년생에 따른 생육특성이 차이가 환경의 차이 또는 품종의 특성차이에서 기인되는 것으로 생각된다. 년생별 근중 기준과 비교했을 때, 1년생은 -19.4% (6년근 수확용), 2년생은 +9.7%, 3년생은 -55.1%, 4년생은 -29.2%, 5년생은 +9.1% 가량 수량의 증감이 있음을 확인할 수 있었다 (Table 2).

인삼 생육 특성을 해가림시설 온도 측면에서 살펴본 결과를 Fig. 1에 나타내었다. 해가림 시설의 온도가 30 $^{\circ}$ C 이상인 일수가 7월은 11일부터 총 37 일간 지속되었다. 따라서 시설 내부 온도가 고온 상태로 오랫동안 유지되어 인삼의 생육에 있어 생리장해가 발생되었을 것으로 예측되었으나 근중 결과를 살펴본 결과 2년생은 +9.7%, 5년생은 +9.1% 수준으로 수량이 증가되어, 시설 내부 온도에 의해 생리장해가 발생되지 않은 것으로 판단된다. 이는 30 $^{\circ}$ C이상으로 7 일 이상 지속될 경우 고온 생리장해 또는 조기낙엽의 위험이 있다고 한 보고와 일치하지 않는 결과를 나타내었다 (RDA, 2014). 하지만 인삼 생육은 온도 이외에도 광, 토양 수분, 토양 화학성 등에도 영향을 받기 때문에 (RDA, 2014), 37 일간 지속된 고온에 생리장해를 받지 않은 것으로 사료된다.

인삼 생육 특성을 토양화학성 측면에서 본 결과를 Table 1에 나타내었다. 예정지관리 방법은 동일하였지만, 재배 기간이 증가함에 따라 년생별로 토양 화학성에 차이를 나타내었다 (Table 1). 토양 화학성분은 1년생에서 5년생까지 모든 항목에서 토양산도 (pH) 외에는 과도한 수준으로 나타난 항목이 없었고 대부분 적정 혹은 허용범위에 해당하였으며, 또 몇 개 항목은 부족 수준을 나타내었다. 이 결과는 본 실험의 토양이 개간지로 논이나 밭에 비해 척박지에 해당하므로 (RDA, 2014), 년생이 증가함에도 토양염류와 같은 요소에서 과도 수준이 아니었던 것으로 판단된다.

년생별 근중 기준보다 유의적으로 적은 수량을 보인 3년생, 4년생의 토양 이화학성을 예정지관리 기준 (RDA, 2014)과 비교한 결과는 Table 1과 같다. 3년생 토양은 높은 pH, 치환성 칼륨 (K⁺)과 유기물 (OM) 부족이, 4년생 토양은 유효인산 (P₂O₅), 치환성 칼륨 (K⁺), 치환성 칼슘 (Ca²⁺), 유기물 (OM) 부족이 문제가 될 수 있다. 이러한 결과는 Jin 등 (2011)이

Table 1. Chemical properties of soils after ginseng harvesting in October.

Year	pH (1:5)	EC ¹⁾ (ds/m)	OM (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol _e /kg)			
						K	Ca	Mg	Na
1	7.3±0.0 ^a	1.44±0.03 ^a	7.9±0.1 ^b	40.19±0.93 ^a	221.5±1.4 ^b	0.36±0.03 ^b	5.1±0.1 ^a	2.9±0.1 ^a	0.1±0.0 ^b
2	7.4±0.0 ^a	0.51±0.05 ^b	9.0±0.1 ^b	21.68±1.33 ^b	388.2±18.2 ^a	0.52±0.06 ^a	2.9±0.2 ^b	1.2±0.0 ^b	0.1±0.0 ^e
3	7.3±0.1 ^a	0.32±0.03 ^c	6.0±0.1 ^c	10.71±0.97 ^c	219.9±8.5 ^b	0.24±0.06 ^c	3.0±0.1 ^b	1.1±0.0 ^{bc}	0.1±0.0 ^d
4	6.3±0.4 ^b	0.25±0.02 ^d	5.5±1.2 ^c	5.44±3.50 ^d	81.8±6.0 ^c	0.30±0.07 ^{bc}	2.4±0.4 ^c	1.0±0.1 ^c	0.1±0.0 ^a
5	7.1±0.1 ^a	0.28±0.02 ^{cd}	3.8±0.2 ^d	9.69±2.39 ^c	95.4±1.9 ^c	0.11±0.01 ^d	2.0±0.1 ^d	0.6±0.0 ^d	0.1±0.0 ^c

¹⁾EC; electrical conductivity, OM; organic matter, Av. P₂O₅; available phosphate. All data are showed by the means ± SD (n = 3). *Means with unlike alphabets are significantly different by DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05).

Table 2. Growth characteristics of ginseng according to cultivation years.

Year	Leaf			Stem			Root		
	SPAD	LL ¹⁾ (cm)	LW ²⁾ (cm)	PH ³⁾ (cm)	SL ⁴⁾ (cm)	SW ⁵⁾ (mm)	RL ⁶⁾ (cm)	RWD ⁷⁾ (mm)	RWT ⁸⁾ (g)
1	27.78±2.87	8.1±1.12	3.7±0.6	4.3±2.0	19.5±2.2	2.84±0.45	16.3±3.0	4.8±0.6	0.81±0.28
2	33.15±1.41	8.1±1.43	3.7±0.6	8.5±1.5	24.8±3.0	2.17±0.28	19.8±1.1	11.5±0.9	6.94±1.20
3	31.52±3.11	11.5±1.98	4.9±0.7	20.3±4.7	41.8±6.9	4.00±0.53	22.1±1.8	17.2±2.4	17.51±5.76
4	38.93±3.11	15.6±2.75	7.0±1.5	33.6±3.5	64.1±6.4	7.50±1.30	30.3±6.1	22.6±3.5	43.85±15.56
5	37.89±4.18	17.1±2.49	7.2±1.2	37.0±8.3	70.8±10.2	9.09±1.49	36.8±4.8	30.3±6.5	101.60±53.90

¹⁾LL; leaf length, ²⁾LW; leaf width, ³⁾PH; plant height, ⁴⁾SL; stem length, ⁵⁾SW; stem width, ⁶⁾RL; root length, ⁷⁾RWD; root width, ⁸⁾RWT; root weight. All data are showed by the means ± SD (n = 3).

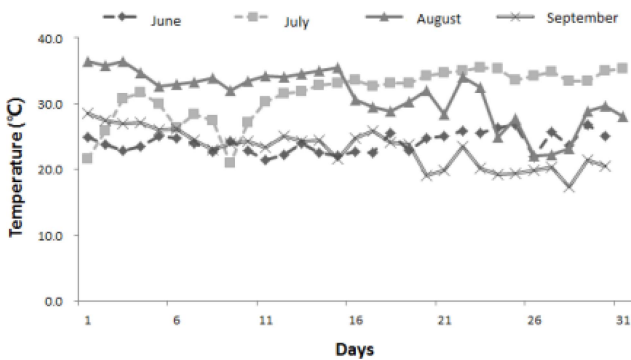


Fig. 1. Changes of daily mean temperature from June to September.

삼 생육에 밀접한 관계를 보이고 있는 화학적 주요인으로 유효인산과 치환성 칼슘이라고 한 보고와 일부 일치하였다.

2. Total ginsenoside

재배 년수별 인삼 뿌리의 ginsenoside 함량을 비교하여 본 결과 10 종의 ginsenoside 중 년수에 따라 일정한 패턴으로 높아지거나 낮아지는 물질은 없었으나 total ginsenoside의 경우 3년생에서 1.18±0.01%로 가장 높았고, 5년생에서 0.89 ± 0.03%로 가장 낮았다. Protopanaxadiol/proteooana xtriol (PD/PT) 비율은 1년생 (0.75 ± 0.02%)에서 4년생 (0.94 ± 0.03%)까

지 점차 높아지다가 5년생 (0.58 ± 0.2%)에서 급격하게 낮아지는 것을 확인할 수 있다.

Total ginsenoside, PD/PT 비율 두 항목 모두 5년생에서 가장 낮았다. 이는 10 종을 포함한 total ginsenoside가 4년생에서 5년생으로 성장하면서 전반적으로 감소하기 때문인 것으로 생각되며 이러한 결과는 ginsenoside는 인삼 뿌리가 비대해질수록 상대적으로 함량이 감소한다고 보고한 결과와 일치하였으나 (Mo *et al.*, 2015) 연구이 높아질수록 ginsenoside 함량이 증가하는 경향을 나타낸다는 보고 (Kim *et al.*, 1987)와는 서로 상반된 경향을 나타내었다. 연구이 높아지고 뿌리가 비대해질수록 단단한 목질부 비율이 커지는데, ginsenoside는 주로 피층에 함유되어 있어 상대적으로 그 양이 적어진다고 보고 (Han *et al.*, 2013)를 통해 연구이 높아짐에 따라 뿌리 생육은 고년근으로 갈수록 우수하나, ginsenoside는 인삼 뿌리가 비대해질수록 상대적으로 함량이 감소하는 것은 목질부와 피층의 상대적 비율에 의한 것이라고 사료된다.

Ginsenoside의 세부 물질을 보면 Rg1의 경우, 4년생은 0.16 ± 0.01%, 5년생 0.24 ± 0.01%으로 총량과 반대로 높아졌다. 이는 일부 품종 (천풍, 연풍, 금풍)에서 Rg1이 4년생에서 5년생으로 갈수록 높아진 보고한 결과와 일치하며 (Kim *et al.*, 2017), 연풍의 Rb1은 4년생에서 5년생으로 넘어가면서 유의적으로 함량이 낮아지는 결과와도 일치하였다 (Kim *et al.*, 2017). Rc의 경우, 4년생에서 5년생으로 넘어가면서 유의적

Table 3. Analysis of ginsenoside contents and PD/PT ratio of ginsenoside according to cultivation years.

Year	Total ¹⁾ (w/w%)	PD/PT ²⁾ (w/w%)	PT ³⁾ (w/w%)					PD ⁴⁾ (w/w%)				
			Re	Rg1	Rf	Rh1	Rg2	Rb1	Rc	Rb2	Rb3	Rd
1	1.12±0.02 ^b	0.75±0.02 ^c	0.35±0.02 ^a	0.12±0.01 ^{bd}	0.07±0.01 ^e	0.05±0.00 ^a	0.06±0.00 ^a	0.17±0.00 ^b	0.13±0.00 ^a	0.10±0.00 ^c	0.02±0.00 ^f	0.05±0.00 ^a
2	0.98±0.02 ^d	0.79±0.05 ^{bc}	0.25±0.00 ^b	0.16±0.01 ^c	0.08±0.00 ^d	0.03±0.00 ^c	0.04±0.00 ^b	0.17±0.01 ^b	0.11±0.00 ^b	0.10±0.00 ^c	0.02±0.00 ^d	0.04±0.00 ^b
3	1.18±0.01 ^a	0.82±0.03 ^b	0.22±0.01 ^c	0.21±0.01 ^b	0.15±0.01 ^a	0.04±0.00 ^b	0.03±0.00 ^c	0.22±0.01 ^a	0.14±0.00 ^a	0.12±0.00 ^a	0.03±0.00 ^a	0.04±0.00 ^c
4	1.04±0.02 ^c	0.94±0.03 ^a	0.22±0.01 ^c	0.16±0.01 ^c	0.09±0.00 ^f	0.04±0.00 ^b	0.04±0.00 ^b	0.22±0.01 ^a	0.12±0.01 ^b	0.11±0.00 ^b	0.02±0.00 ^b	0.03±0.00 ^c
5	0.89±0.03 ^e	0.58±0.02 ^d	0.16±0.01 ^d	0.24±0.01 ^a	0.12±0.00 ^b	0.02±0.00 ^d	0.02±0.00 ^d	0.17±0.00 ^b	0.07±0.00 ^f	0.06±0.00 ^d	0.02±0.00 ^e	0.00±0.00 ^d

¹⁾Total; total ginsenoside, ²⁾PD/PT; protopanaxadiol/protopanaxtriol, ³⁾PT; protopanaxtriol, ⁴⁾PD; protopanaxadiol. All data are showed by the means ± SD (n = 3). *Means with unlike alphabets are significantly different by DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05).

로 함량이 감소하였는 바 (Table 3), 이러한 결과는 재배 년수가 증가함에 따라 Rc의 함량이 유의적으로 증가한다는 보고 (Mo *et al.*, 2015)와 반대되는 경향을 나타내었다. 이와 같이 년근별 세부적인 ginsenoside 함량이 서로 다른 이유는 ginsenoside Rc의 경우 인삼 뿌리 중 동체보다 세근에 함량이 더 높다고 보고 (Lee *et al.*, 2011)에서 볼 수 있는 것과 같이 각 ginsenoside이 함유되어 있는 부위가 서로 다르기 때문으로 생각되며 이러한 함량 결과의 차이는 년생의 따른 차이 보다는 세근 발달 차이에서 기인한 것으로 보인다.

3. Total polyphenol contents

인삼 뿌리의 총 폴리페놀 함량은 3년생에서 36.67 ± 0.00 mg·GAE/g으로 가장 높은 결과를 나타내었으나 나머지 1, 2, 4, 5년생에서는 15.00 - 16.67 mg·GAE/g으로 유의적인 차이를 나타내지 않는 결과를 나타내어 (Fig. 2), 총 폴리페놀 함량이 4년생에서 가장 높고 3년생, 5년생의 순으로 나타낸다는 보고 (Chung *et al.*, 2016), 자경종 품종을 대상으로 연령별 총 페놀함량 비교한 결과 연령이 높을수록 지하부의 총 페놀함량이 증가한다는 보고 (Chon *et al.*, 2011)와 일치하지 않았다. 이와 같이 년생에 따른 총 폴리페놀함량이 서로 다른 결과가

나타나는 것은 인삼 재배 환경의 차이에 기인한 것으로 생각 된다.

지역적인 측면에서 본다면 Chung 등 (2016)의 연구는 강원 지역 (Chung *et al.*, 2016)에서 재배한 인삼을 구매하여 사용 하였고 Chon 등 (2011)의 연구는 전북지역에서 재배하고 있는 인삼을 대상으로 한 반면 본 연구는 경기지역에서 재배한 인삼을 대상으로 하였기 때문에 재배환경에 따라 2차 대사산물에 차이가 발생한다는 보고에서 보는 바와 같이 (Shi *et al.*, 2007; Szakiel *et al.*, 2011), 서로 다른 품종과 재배환경의 차이가 축적되는 2차 대사산물의 종류와 양에 차이를 가져올 수 있을 것으로 생각된다.

4. 연생별 항산화활성

인삼 뿌리의 DPPH 라디칼 소거능 활성을 측정할 결과 (Fig. 3) 1년생 45.08 ± 0.76%, 2년생 45.88 ± 0.97%, 3년생 46.49 ± 0.79%, 4년생 44.92 ± 0.29%, 5년생 43.11 ± 0.96%의 활성을 확인하였다. 통계적으로 3년생의 활성이 가장 높았고, 그 다음으로 1, 2년근이 비슷한 활성을 보였고, 4년근과 5년근으로 갈수록 활성이 근소하게 감소하는 경향을 확인할 수

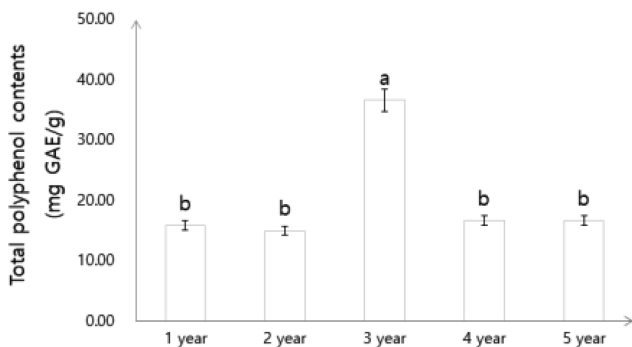


Fig. 2. Changes in total polyphenol contents of ginseng according to cultivation year. All data are showed as the means ± SD (n = 3). *Means with unlike alphabets are significantly different by DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05).

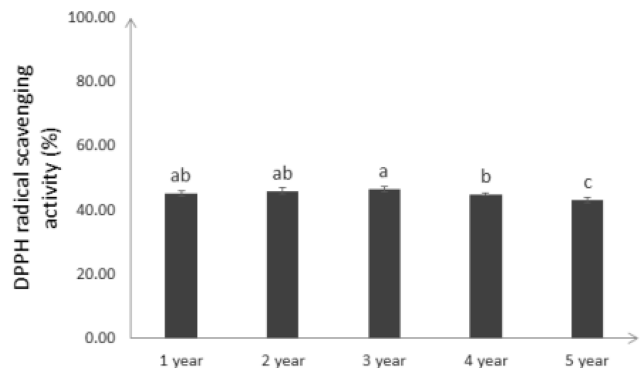


Fig. 3. Changes in DPPH radical scavenging activity of ginseng according to cultivation year. All data are showed as the means ± SD (n = 3). *Means with unlike alphabets are significantly different by DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05).

있었다. 년생별 인삼 뿌리의 DPPH 라디칼 소거능은 모든 연생에서 대표적 항산화물질인 ascorbic acid보다는 적었으나 참당귀 $47.1 \pm 5.7\%$ (Kang *et al.*, 2004), 황기 $47.8 \pm 5.0\%$ (Mou *et al.*, 2011)와 비교하여 유사한 수준의 DPPH 라디칼 소거 활성을 가진 것으로 확인된다.

3년근에서 폴리페놀 함량과 DPPH 소거능 활성이 수치적으로 가장 높았으나 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거 활성과의 상관관계는 확인할 수 없었으며 인삼의 라디칼 소거 효과는 플라보노이드 기인한다는 보고 (Lee *et al.*, 2004)를 고려하여 볼 때 인삼의 항산화 활성에 폴리페놀이 주요한 요인이 아닌 것으로 생각된다.

연생별 인삼 생육특성 및 유효성분의 변화를 확인한 결과, 인삼의 ginsenoside 및 항산화효과를 위해 섭취를 할 때 3년근 인삼을 섭취하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 수량성 면에서는 다소 적었지만, 인삼은 건강증진 효과를 위해 섭취하므로 적은 양이더라도 유효성분 함량이 높은 3년생을 선택하는 것이 적절할 것으로 보인다. 다만 본 연구의 결과는 특정 재배양식에 의거한 결과로 다양한 환경 조건에서 재배된 인삼에 대한 보편적인 결과를 아닐 것으로 사료된다. 따라서 농가마다 각기 다른 조건에서도 균일한 품질의 인삼을 생산할 수 있는 재배법 개발에 기초자료로 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ013623012019)과 2019년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 전문연구원과정 지원사업에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bang KH, Seo AY, Kim YC, Jo IH, Kim JU, Kim DH, Cha SW, Cho YG and Kim HS. (2012). Variations of agronomic characteristics of cultivars and breeding lines in Korean ginseng(*Panax ginseng* C.A.Mey.). Korean Journal of Medicinal Crop Science. 20:231-237.
- Cho JH, Lee JY, Lee MJ, Oh HN, Kang DH and Jhune CS. (2013). Comparative analysis of usefrul β -glucan and polyphenol in the fruiting bodies of *Ganoderma* spp. Journal of Mushroom Science and Production. 11:164-170.
- Chon SU and Kim YM. (2011). Differential physiological activity in different ages of *Panax ginseng*. Korean Journal of Crop science. 56:80-87.
- Chung IM, Lim JJ, Ahn MS, Jeong HS, An TJ and Kim SH. (2016). Comparative phenolic compound profiles and antioxidative activity of the fruit, leaves, and roots of Korean ginseng(*Panax ginseng* Meyer) according to cultivation years. Journal of Ginseng Research. 40:68-75.
- 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.
- Jin HO, Kwon HB and Yang DC. (2011). The characterization of critical ranges of soil physico-chemical properties of ginseng field and nutrient contents of ginseng leaves in gyeonggi province. Korean Journal of Plant Resources. 24:624-649.
- Kang SA, Han JA, Choue RW and Jang KH. (2004). DPPH radical scavenger activity and antioxidant effects of Cham-Dang-Gui(*Angelica gigas*). Journal of the Korean Society of food Science and Nutrition. 33:1112-1118.
- Kiefer D. and Pantuso T. (2003). *Panax ginseng*. American Family Physician. 68:1539-1542.
- Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SE, Kwon H, Cha SW, Park CB and Kim YB. (2010). Investigation of ginsenosides in different parts of *Panax ginseng* cultured by hydroponics. Korean Journal of Horticultural Science and Technology. 28:216-226.
- Kim JS. (2016). Investigation of phenolic, flavonoid, and vitamin contents in different parts of Korean Ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). Preventive Nutrition and Food Science. 21:263-270.
- 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.
- Le KC, Jeong CS, Lee HS, Paek KY and Park SY. (2019). Ginsenoside accumulation profiles in long- and short-term cell suspension and adventitious root cultures in *Panax ginseng*. Horticulture, Environment, and Biotechnology. 60:125-134.
- Lee SE, Lee SW, Bang JK, Yu YJ and Seong NS. (2004). Atioxidant activities of leaf, stem and root of *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 12:237-242.
- Lee SW, Kim GS, Hyun DY, Kim YB, Kim JW, Kang SW and Cha SW. (2011). Comparison of growth characteristics and ginsenoside content of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) cultivated with greenhouse and traditional shade facility. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 19:157-161.
- Lee SW, Lee SH, Seo MW, Jang IB, Jang IB, Yu J, Moon JW and Seo SJ. (2018). Effect of soil fumigation and maize cultivation on reduction of replant failure in ginseng. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 26:248-253.
- Li TSC. (1995). Asian and American ginseng: A review. HortTechnology. 5:27-34.
- Ministry of Agriculture Food and Rural Affairs(MAFRA). (2019). Ginseng statistics sourcebook. Ministry of Agriculture Food and Rural Affaris. Sejong, Korea. p.17.
- Mo HS, Lim JS, Yu J and Park KC. (2015). Comparison of chemical properties of soil and ginsenoside content of ginseng under organic and conventional cultivation systems. Korean Journal of Organic Agriculture. 23:509-522.
- Mou JC, Lee SN, Kim MG, Kim MH, Kim HJ, Jo HJ and Leem KH. (2011). Effects of astragali radix extracts on the elastase activity and DPPH and NO scavenging activities. Korea Journal of Herbology. 26:59-63.

- Nah SY.** (2014). Ginseng ginsenoside pharmacology in the nervous system: involvement in the regulation of ion channels and receptors. *Frontiers in Physiology*. 5:98. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fphys.2014.00098/full> (cited by 2018 May 20).
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST).** (2000). Methods of soil chemical analysis. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.89-93.
- Park H, Lee MG, Byen JS and Lee JR.** (1987). Relation between crop stand and yield in white ginseng cultivation area. *Journal of Korean Society of Crop Science*. 32:369-374.
- Park JD.** (1996). Recent studies on the chemical constituents of Korean ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean Journal of Ginseng Science*. 20:389-415.
- Rural Development Administration(RDA).** (2014). Ginseng. Rural Development Administration. Eumseong, Korea. p.92-184.
- Ryu KR, Yeom MH, Kwon SS, Rho HS, Kim DH, Kim HK and Yun KW.** (2012). Influence of air temperature on the histological characteristics of ginseng(*Panax ginseng* C. A. Meyer) in six regions of Korea. *Australian Journal of Crop Science*. 6:1637-1641.
- Shi W, Wang Y, Li J, Zhang H and Ding L.** (2007). Investigation of ginsenosides in different parts and ages of *Panax ginseng*. *Food Chemistry*. 102:664-668.
- Shin BK, Kwon SW and Park JH.** (2015). Chemical diversity of ginseng saponins from *Panax ginseng*. *Journal of Ginseng Research*. 39:287-298.
- Szakiel A, Paczkowski C and Henry M.** (2011). Influence of environmental abiotic factors on the content of saponins in plants. *Phytochemistry Reviews*. 10:471-491.
- Yang BW, Im BO and Ko SK.** (2006). Comparison of non-saponin composition and contents in fresh ginseng roots cultivated in different areas and at various ages. *Yakkak Hoeji*. 50:215-219.
- Yu J, Jang IB, Moon JW, Jang IB, Lee SW and Suh SJ.** (2019). Physicochemical characteristics of a 4-year-old ginseng based on steaming temperatures and times. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 27:85-95.