

인삼 연풍의 근 부위별 직경이 진세노사이드 함량에 미치는 영향

李翔國 · 강선주 · 한진수 · 김정선 · 최재을[†]

충남대학교 농업생명과학대학

Effects of Root Diameter Within Different Root Parts on Ginsenoside Composition of Yunpoong Cultivar in *Panax ginseng* C. A. Meyer

Xiangguo Li, Sun Joo Kang, Jin Soo Han, Jung Sun Kim, and Jae Eul Choi[†]

College of Agric. & Life Science, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea.

ABSTRACT : This study was carried out to investigate the correlation between root diameter and ginsenoside composition of *Panax ginseng* C. A. Meyer cultivar Yunpoong. Dry matter ratio of main root was a little higher than that of lateral root and fine root, and that was higher by the increase of root diameter in the same root parts. Total ginsenosides composition of main and lateral roots increased by the decrease of root diameter, especially in lateral root. Similar resulted in fine root, but there was no significant difference where root diameter was below 2.5 mm. Except for ginsenoside-Rg₁, other ginsenosides component, PDs, PTs and total ginsenosides had highly negative correlation with the root diameter within whole root, main root+lateral root and lateral root+fine root, while Rg₁ had positive correlation with the root diameter.

Key Words : *Panax ginseng*, Yunpoong, Root Diameter, Ginsenoside Composition, Correlation

서 언

인삼의 사포닌 함량은 품종 (Ahn *et al.*, 2008), 년근 (Lim, 2005), 재배방법 (Lee *et al.*, 2005; Lim, 2005), 재식 위치 (Li *et al.*, 2009), 생육단계 (Choi *et al.*, 2009), 광량 (Lee *et al.*, 2007; Kim *et al.*, 2009) 등에 따라 다르다고 하였다.

인삼 뿌리의 사포닌 함량 분포는 형성층 (cambium)의 외변부 즉 피층 (cortex)과 피층의 외변부에 흩어져 있는 oil canal에 등골게 분포하고 있으며 인삼의 대부분을 차지하는 목질부 (xylem) 및 수 (pith)에는 거의 존재하지 않는다고 보고 하였다 (Kubo *et al.*, 1980; Tani *et al.*, 1981). Samukawa *et al.* (1995)은 표피 부위에 가장 많이 분포하고 사부와 목질부에도 그 함량은 적지만 사포닌이 분포하고 있다고 하였다. 이러한 결과는 사포닌은 뿌리전체에 분포하지만 대부분 주피에 많다는 것이다. Ahn (1992)과, Jo *et al.* (2001)도 사포닌의 함량은 중심부보다 피부와 형성층에 많다고 하였다. 따라서 인삼의 사포닌 함량은 피층이 차지하는 비율이 클수록 사포닌 함량이 많다는 것을 의미한다.

지금까지 인삼의 사포닌 함량과 관련이 있는 연구로는 사포

닌 함량과 조섬유, 지방, 회분, 무기성분 간의 상관관계 (Lee *et al.*, 1980), 6년근 인삼의 근 직경과 조사포닌 및 total ginsenosides 함량 간의 상관관계 (Kim *et al.*, 1984), 양분조성 (N, P, K)을 달리하여 양액재배한 2년근 인삼의 근중, 총사포닌, triol 총량 (PT), diol 총량 (PD), PT/PD와 ginsenoside 간의 상관관계, ginsenoside 상호관계, 총사포닌과 PT 및 PD의 상관관계 (Lee *et al.*, 1986), 엽록소 함량 및 비엽증과 엽증 조사포닌 함량 간의 상관관계 (Cheon *et al.*, 1991) 등이 있다.

그러나 지금까지 실험에 사용된 인삼 품종은 거의 전부 자경종으로 개체간의 차이가 비교적 크기 때문에 분석결과에 미치는 영향도 클 것으로 예상된다. 또한, 많은 연구자들은 사포닌의 함량연구에서 근중, 뿌리부위별, 년근별 등으로 구분하였지만 같은 년근, 근중이라 하더라도 직경은 큰 차이가 있다. 따라서 본 연구는 다수성 품종인 연풍을 근 직경별로 구분하여 사포닌 함량을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

충남대학교 농장에 칸 (180 × 90 cm) 당 7행 9열로 2004년

[†]Corresponding author: (Phone) +82-42-821-5729 (E-mail) choije@cnu.ac.kr

Received 2009 November 4 / 1st Revised 2009 November 18 / 2nd Revised 2009 December 8 / Accepted 2009 December 14

Table 1. Soil chemical properties of experimental field.

pH (1 : 5)	EC (dS/m)	P ₂ O ₅ (mg/kg)	NH ₄ -N (mg/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	OM (%)	Ex. K (mg/kg)	Ex. Mg (mg/kg)	Mn (mg/kg)
5.04	2.59	187.11	134.10	356.66	4.16	1.48	1.48	6.08

[†]Investigated date: August 22, 2007.

Table 2. Change of dry matter ratio by root diameter with different root parts of 6-year-old Yunpoong.

Main root		Lateral root		Fine root	
RD [†] (mm)	DMR (%)	RD (mm)	DMR (%)	RD (mm)	DMR (%)
42.0~44.0	31.8 ± 0.8	18.0~20.0	28.5 ± 0.5	3.0~4.0	26.9 ± 0.3
36.0~40.0	29.5 ± 1.3	13.0~14.0	27.6 ± 0.6	2.0~2.5	25.7 ± 0.3
27.0~30.0	29.3 ± 1.2	8.0~10.0	28.3 ± 0.4	1.0~1.5	23.7 ± 0.2
23.0~24.0	29.0 ± 0.5	6.0~7.0	27.3 ± 0.4	-	-

[†]RD: Root diameter, DMR: Dry matter ratio.

에 이식 재배한 6년생 연풍을 사용하였다. 해가림 설치 구조는 후주연결식으로 전주높이 180 cm, 후주높이 100 cm, 해가림 피복소재는 폴리에틸렌 차광망 4중직 (청색 3중직 + 흑색 1중직)을 사용하였으며, 일반관리는 농촌진흥청 표준인삼경작법에 준하였다. 시험포장 토양의 화학성질은 Table 1과 같다.

분석용 시료는 2009년 9월에 3칸을 전부 수확하여 건전한 개체만을 골라 사용하였다. 수확한 뿌리는 Digmatic caliper CD-15CP (Mitutoyo Corp. Japan)를 이용하여 주근, 지근, 세근 중앙부위의 직경을 측정하고, 주근은 42.0~44.0, 36.0~40.0, 27.0~30.0, 23.0~24.0 mm, 지근은 18.0~20.0, 13.0~14.0, 8.0~10.0, 6.0~7.0 mm, 세근은 3.0~4.0, 2.0~2.5, 1.0~1.5 mm로 등급을 분류하였다. 각각의 뿌리는 중앙부위를 약 0.8 cm 두께로 자른 후 주근, 지근은 50 g, 세근은 30 g씩 3반복으로 정량하고 -83°C freeze drier (Model FD-8512, Ilshin Lab Co., Ltd, Korea)에서 3일간 동결 건조하여 건물 중을 측정하고 건조비율 (건물중/생체중)을 산출 (Table 2)한 후 Wonder Blender (WB-1, 220-240 V, 820 W, SANPLATEC CORP.)를 이용하여 분말화한 후 사포닌 추출용 시료로 사용하였다.

2. 사포닌 분석 방법

사포닌 추출은 Shi *et al.* (2007)의 방법을 변형하여 사용하였다. 각 시료 3 g과 70% ethanol 75 ml를 250 ml의 삼각플라스크에 넣고 ultra-sonicator (60 khz, heat power 330 W; JAC Ultrasonica 4020, KODO, Korea)로 60 ± 5°C에서 1시간 추출하였다. 추출물을 냉각시켜 여과한 후 잔사에 70% ethanol을 넣고 앞의 방법으로 2회 반복 추출하였다. 3회 추출된 성분을 모아 rotary evaporator (LABOROTA 4000 efficient, Heidolph Instruments GmbH & Co. KG, GERMANY)를 이용하여 50°C에서 감압 농축시킨 후 건조된 물질에 HPLC용 증류수 25 ml를 가해 현탁하였다.

SPE 전처리 방법은 Kim *et al.* (2008)의 방법을 약간 변형한 Choi *et al.* (2009)의 방법을 사용하였다. 즉 Sep-Pak C₁₈ cartridge를 먼저 5 ml MeOH로 서서히 용출시켜 1차 conditioning을 하고 다시 5 ml dd-H₂O로 2차 conditioning시켰다. 추출시료액 5 ml를 cartridge에 loading하고 5 ml dd-H₂O로 서서히 용출하여 당류를 제거하고 5 ml 20% MeOH로 서서히 용출하여 지질 성분을 제거하였다. 이 cartridge에 10 ml 90% MeOH를 처리하여 서서히 ginsenoside 성분을 용출시켰다. 인삼추출 현탁액을 Sep-Pak C₁₈ cartridge에 통과시켜 0.45 µm polytetrafluoroethylene (PTFE) syringe filter (Waters, Milford, MA, USA)로 여과하여 HPLC [Futecs model NS-4000 apparatus (Daejeon, Korea), Evaporative Light Scattering Detector [(ELSD) Softa 300s]로 분석하였다. Column은 PRONTOSIL NC (250 × 4.6 mm)를 사용하였고 flow rate는 0.8 ml/min, column temperature는 35°C에서 실시하였다. HPLC 분석용매는 Solvent A (H₂O : ACN = 97 : 3), Solvent B (20 mM Ammonium Acetate : ACN : Methanol = 55 : 40 : 5), Solvent C (H₂O : ACN = 10 : 90)이고 Solvent A : B : C 100 : 0 : 0 (0분), 60 : 40 : 0 (7분), 48 : 52 : 0 (12분), 42 : 58 : 0 (31분), 25 : 75 : 0 (50분), 20 : 80 : 0 (66분), 15 : 85 : 0 (84분), 0 : 100 : 0 (100분), 0 : 50 : 50 (112분), 0 : 20 : 80 (130분)로 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 근 직경에 따른 건조비율

연풍의 부위별 근 직경에 따른 건조비율을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 주근, 지근, 세근의 건조비율은 각각 29.0~31.8, 27.3~28.5, 23.7~26.9%로 주근이 지근, 세근보다 다소 높게 나타났으며 같은 부위에서는 직경이 클수록 건조비율이

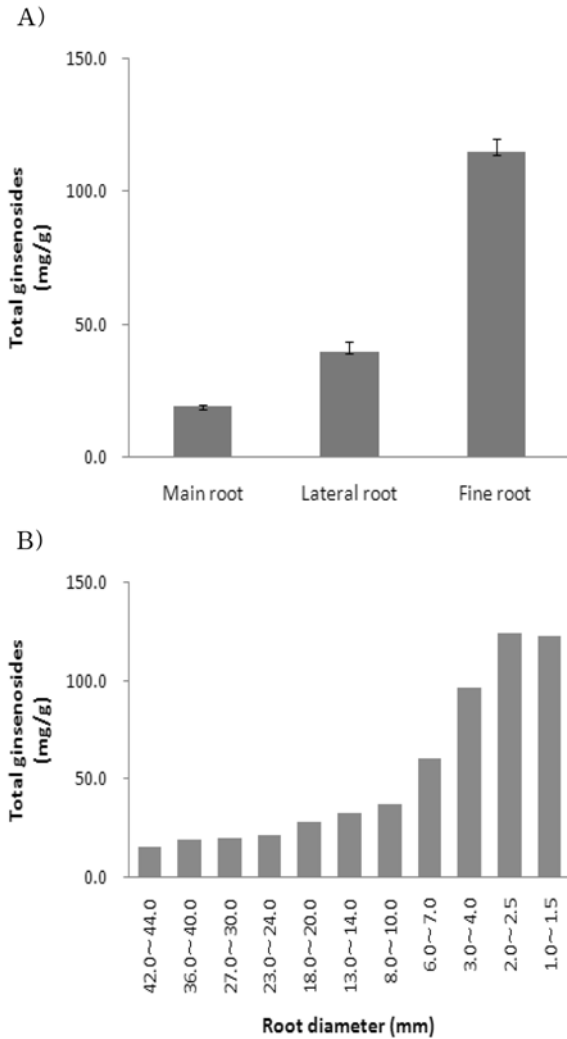


Fig. 1. Comparison of total ginsenoside composition by root parts (A) and root diameter (B) of 6-year-old Yunpoong.

높은 경향이였다. 이러한 현상은 수삼의 건물 중은 목질부의 비율, 조직 치밀도 등의 영향을 받으므로 건물 비율에서 차이가 있는 것으로 사료된다.

2. 근 직경에 따른 진세노사이드 함량

연풍의 뿌리 부위 및 직경에 따른 total ginsenosides 함량은 Fig. 1과 같다. 주근, 지근, 세근의 총 사포닌 함량은 각각 19.1, 40.0, 114.9 mg/g로 부위별로 차이가 많았다.

주근의 근 직경 42.0~44.0, 36.0~40.0, 27.0~30.0, 23.0~24.0 mm의 총 사포닌 함량은 각각 15.5, 19.4, 19.8, 21.6 mg/g로 직경이 작을수록 증가하였고, 지근의 근 직경 18.0~20.0, 13.0~14.0, 8.0~10.0, 6.0~7.0 mm의 총 사포닌 함량은 28.8, 33.2, 37.7, 60.4 mg/g로 직경이 작을수록 급증하였다. 세근에서도 근 직경 3.0~4.0, 2.0~2.5, 1.0~1.5 mm의 총 사포닌 함량은 96.7, 124.9, 123.3 mg/g로 2.5 mm 이하에서는 큰 차이가 없었다. 주근, 지근, 세근은 근 직경이 평균 1 mm 감소함에 따라 각각 0.3, 2.6, 10.2 mg/g 증가하여 지근, 세근의 근 직경에 따른 사포닌 함량의 감소비율은 주근에 비해 8.7, 34.0배 많았다.

연풍의 부위별 근 직경에 따른 PD/PT 비율 및 진세노사이드 구성성분 함량을 분석한 결과는 Table 3, Fig. 2와 같다. 주근, 지근, 세근의 PD/PT 비율은 각각 1.0~1.3, 1.4~2.4, 2.6~3.0, Rb₁ 5.9~9.0, 13.4~25.0, 40.8~50.4 mg/g, Rb₂ 0.4~0.6, 0.9~4.4, 6.9~10.2 mg/g, Rb₃ 0.2, 0.3~1.0, 1.6~2.5 mg/g, Rc 1.0~1.4, 1.8~11.0, 18.8~28.7 mg/g, Rd 0.1, 0.2~1.0, 1.6~4.1 mg/g, Re 1.4~3.7, 5.0~10.5, 17.2~24.0 mg/g, Rf 0.6~0.8, 0.6~1.6, 1.6~2.3 mg/g, Rg₁ 5.3~6.0, 4.5~6.0, 2.7~4.8 mg/g, Rg₂ 0.1~0.2, 0.3~0.5, 0.9~1.3 mg/g, Rh₁ 0.2, 0.3~0.9, 2.3~4.8 mg/g이었다.

이상과 같이 근 직경에 따른 부위별 PD/PT 비율 및 진세노사이드 구성 성분 함량은 Rg₁을 제외하면 세근, 지근, 주근

Table 3. Comparison of ginsenoside composition by root diameter with different root parts of 6-year-old Yunpoong.

Root part	Root diameter (mm)	Ginsenoside (mg/g)										PD/PT [†]
		Rb ₁	Rb ₂	Rb ₃	Rc	Rd	Re	Rf	Rg ₁	Rg ₂	Rh ₁	
Main root	42.0~44.0	5.9±0.1	0.4±0.0	0.2±0.0	1.0±0.0	0.1±0.0	1.4±0.0	0.6±0.0	5.6±0.0	0.1±0.0	0.2±0.0	1.0±0.0
	36.0~40.0	7.5±0.0	0.5±0.0	0.2±0.0	1.4±0.0	0.1±0.0	3.4±0.0	0.6±0.0	5.3±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	1.0±0.0
	27.0~30.0	9.0±0.1	0.5±0.0	0.2±0.0	1.3±0.0	0.1±0.0	1.5±0.0	0.8±0.0	6.0±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	1.3±0.0
	23.0~24.0	8.8±0.1	0.6±0.0	0.2±0.0	1.3±0.1	0.1±0.0	3.7±0.0	0.8±0.0	5.7±0.0	0.2±0.0	0.2±0.0	1.0±0.0
Lateral root	18.0~20.0	13.4±0.1	0.9±0.0	0.3±0.0	1.8±0.1	0.2±0.0	5.0±0.1	0.6±0.0	6.0±0.1	0.3±0.0	0.3±0.0	1.4±0.0
	13.0~14.0	14.6±0.0	1.5±0.0	0.4±0.0	3.4±0.0	0.4±0.0	5.1±0.0	1.0±0.0	5.9±0.1	0.3±0.0	0.6±0.0	1.6±0.0
	8.0~10.0	16.9±0.5	1.8±0.0	0.5±0.0	4.5±0.1	0.4±0.0	6.4±0.2	1.0±0.0	5.1±0.2	0.4±0.0	0.7±0.0	1.8±0.0
	6.0~7.0	25.0±0.2	4.4±0.1	1.0±0.0	11.0±0.2	1.0±0.0	10.5±0.1	1.6±0.0	4.5±0.1	0.5±0.0	0.9±0.0	2.4±0.0
Fine root	3.0~4.0	40.8±0.2	6.9±0.2	1.6±0.0	18.8±0.8	1.6±0.0	17.2±0.6	1.8±0.0	4.8±0.2	0.9±0.0	2.3±0.0	2.6±0.0
	2.0~2.5	49.3±0.1	10.2±0.1	2.5±0.0	28.7±0.4	2.9±0.0	20.3±0.0	2.3±0.0	3.6±0.0	1.2±0.0	3.9±0.1	3.0±0.0
	1.0~1.5	50.4±0.3	7.6±0.0	2.2±0.1	24.6±0.2	4.1±0.0	24.0±0.0	1.6±0.0	2.7±0.0	1.3±0.1	4.8±0.0	2.6±0.0

PD: Rb₁ + Rb₂ + Rb₃ + Rc + Rd, PT: Re + Rf + Rg₁ + Rg₂ + Rh₁.

인삼 연풍의 근 부위별 직경이 진세노사이드 함량에 미치는 영향

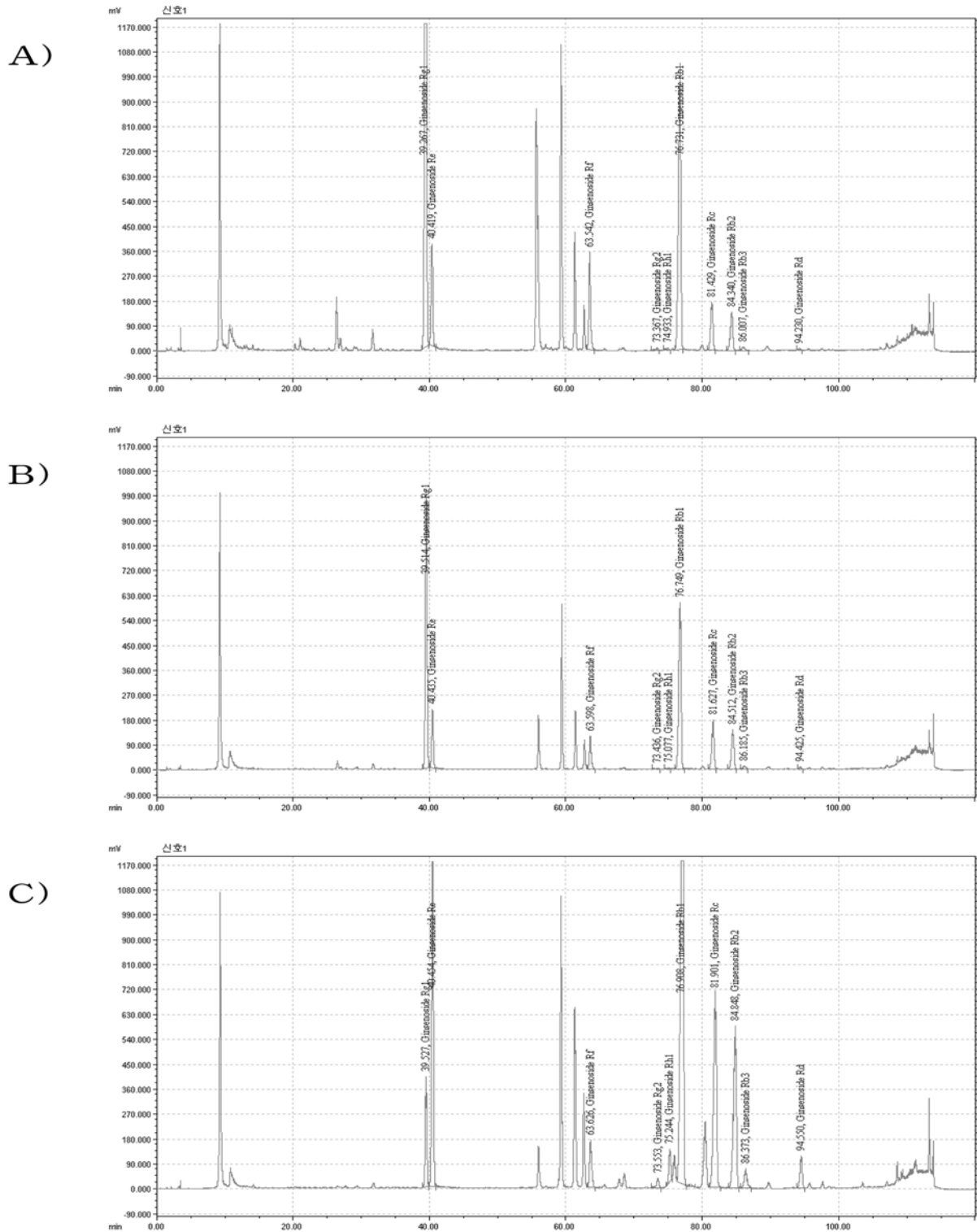


Fig. 2. HPLC profiles of ginsenosides from 6-year-old Yunpoong by different root diameter. A: 42.0~44.0 mm, diluted 10 times; B: 18.0~20.0 mm, diluted 20 times; C: 3.0~4.0 mm, diluted 40 times.

순으로 많았다. 주근의 직경이 작아짐에 따라 Rb₂, Rf, Rg₂는 증가하였고, Rb₃, Rd, Rh₁은 변화가 거의 없었으며, Rb₁, Rc, Re, Rg₁ 및 PD/PT 비율은 증가하는 경향이였다. 지근의 Rb₁, Rb₂, Rb₃, Rc, Rd, Re, Rf, Rg₂, Rh₁, PD/PT 비율은 직경이

Table 4. Regression equation and correlation coefficient between root diameter and ginsenoside composition in 6-year-old Yunpoong.

	Whole root		Main root + Lateral root		Lateral root + Fine root	
	$Y = \alpha + \beta X$	r	$Y = \alpha + \beta X$	r	$Y = \alpha + \beta X$	r
Rb ₁	$Y = -0.95X + 38.34$	-0.83	$Y = -0.42X + 22.16$	-0.89	$Y = -2.27X + 47.94$	-0.90
Rb ₂	$Y = -0.19X + 6.41$	-0.78	$Y = -0.07X + 3.03$	-0.74	$Y = -0.49X + 8.60$	-0.89
Rb ₃	$Y = -0.04X + 1.62$	-0.76	$Y = -0.02X + 0.73$	-0.75	$Y = -0.12X + 2.18$	-0.88
Rc	$Y = -0.54X + 18.13$	-0.76	$Y = -0.18X + 7.34$	-0.72	$Y = -1.50X + 25.05$	-0.89
Rd	$Y = -0.06X + 2.11$	-0.70	$Y = -0.02X + 0.70$	-0.75	$Y = -0.19X + 2.99$	-0.82
Re	$Y = -0.44X + 16.47$	-0.81	$Y = -0.18X + 8.81$	-0.84	$Y = -1.08X + 21.11$	-0.89
Rf	$Y = -0.03X + 1.71$	-0.82	$Y = -0.02X + 1.31$	-0.76	$Y = -0.08X + 2.04$	-0.89
Rg ₁	$Y = 0.05X + 4.21$	0.65	$Y = 0.01X + 5.18$	0.37	$Y = 0.16X + 3.37$	0.89
Rg ₂	$Y = -0.02X + 0.90$	-0.80	$Y = -0.01X + 0.47$	-0.91	$Y = -0.06X + 1.15$	-0.87
Rh ₁	$Y = -0.08X + 2.66$	-0.71	$Y = -0.02X + 0.82$	-0.85	$Y = -0.23X + 3.74$	-0.83
PD	$Y = -1.79X + 66.60$	-0.80	$Y = -0.71X + 33.96$	-0.85	$Y = -4.57X + 86.76$	-0.90
PT	$Y = -0.52X + 25.95$	-0.81	$Y = -0.22X + 16.60$	-0.84	$Y = -1.28X + 31.41$	-0.88
PD/PT	$Y = -0.04X + 2.56$	-0.89	$Y = -0.03X + 2.15$	-0.83	$Y = -0.09X + 2.88$	-0.94
Total	$Y = -2.31X + 92.55$	-0.80	$Y = -0.92X + 50.55$	-0.89	$Y = -5.85X + 118.17$	-0.90

작아짐에 따라 모두 증가하였지만 Rg₁은 감소하였다. 세근의 Rb₁, Rb₂, Rb₃, Rc, Rd, Re, Rg₂, Rh₁은 직경이 작아짐에 따라 증가하였고, Rf, Rg₁은 감소하는 경향이었으나 PD/PT 비율은 일정한 경향이 없었다.

연풍의 전체 뿌리, 주근 + 지근, 지근 + 세근의 근 직경과 진세노사이드 성분 간의 상관관계를 분석한 결과는 Table 4와 같다. 전체 뿌리와 total ginsenoside 간의 상관관계수는 -0.80로 높은 부의 상관을 보여주었고, PD, PT 및 PD/PT 간도 -0.89~ -0.80로 높은 부의 상관을 보였다. Rg₁을 제외한 진세노사이드 성분에서는 -0.83~-0.70의 높은 부의 상관을 보여주었지만 Rg₁에서는 0.65의 정의 상관을 보였다.

주근 + 지근과 total ginsenoside 간의 상관관계수는 -0.89로 높은 부의 상관을 보여주었고, PD, PT 및 PD/PT 간도 -0.85~-0.83로 높은 부의 상관을 보여주었으며, Rg₁을 제외한 기타 진세노사이드 성분과는 -0.91~-0.72의 높은 부의 상관을 보여주었지만 Rg₁과는 0.37의 낮은 정의 상관을 보여주었다. 지근 + 세근과 total ginsenoside 간의 상관관계수는 -0.90로 높은 부의 상관을 보여주었고, PD, PT 및 PD/PT 에서도 -0.94~-0.88로 높은 부의 상관을 보여주었으며, Rg₁을 제외한 진세노사이드 성분과는 -0.90~-0.82의 높은 부의 상관을 보여주었지만 Rg₁과는 0.89의 높은 정의 상관을 보여주었다. 부위별로 상관관계를 비교해 볼 때, total ginsenoside, PD, PT, Rb₁, Rd, Re는 지근 + 세근 > 주근 + 지근 > 전체 뿌리 순으로 근 직경이 작을수록 상관관계가 더욱 높았고, PD/PT 비율, Rb₂, Rb₃, Rc, Rf, Rg₁은 주근+지근 부분에서 상관관계가 가장 낮았으며, Rg₂, Rh₁은 주근+지근 부분에서 상관관계가 가장 높았다.

현재까지 근 직경과 ginsenoside 함량 간의 상관관계에 대한

연구는 거의 없으며, Kim *et al.* (1984)이 6년근 인삼의 근 직경과 total ginsenoside 함량 간의 상관관계를 분석한 결과 부의 높은 상관을 나타내었고 세근일수록 total ginsenoside 함량이 높으며 근 직경이 커질수록 함량이 낮아졌다고 하여 본 연구결과와 일치하였지만 실험에 사용된 인삼 근 직경이 언급되지 않았기 때문에 본 연구와 직접적으로 비교할 수 없었다. 또한, 인삼 근중과 ginsenoside 함량 간의 상관관계는 Christensen and Jensen (2009)이 미국삼에서 Rd에서만 낮은 부의 상관을 보여주었을 뿐 다른 진세노사이드와는 상관이 없다고 하였다.

Kim *et al.* (1987)의 연구결과에 의하면, 동체 조직의 구성은 피층 (epidermis + cortex)과 목질부가 대략 1:1로 비슷한 반면, 지근부에서는 2:1로 피층이 많았고 세근부는 목질부가 거의 없고 대부분 피층으로 구성되었다고 하였다.

본 연구에서 세근 부위의 사포닌 함량이 지근보다 약 2배, 주근보다 약 4배 정도 많았으며, 같은 부위에서는 직경이 작을수록 증가하였다. 이러한 결과는 지근과 세근의 근 직경이 주근에 비해 훨씬 작기 때문에 피층이 차지하는 비율은 세근에서 크고, 인삼의 근 직경이 클수록 목질부의 비율이 피층의 비율보다 크기 때문에 근 직경과 사포닌 함량은 부로 작용한다고 생각된다.

LITERATURE CITED

- Ahn IO, Lee SS, Lee JH, Lee MJ and Jo BG. (2008). Comparison of ginsenoside contents and pattern similarity between root parts of new cultivars in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Journal of Ginseng Research. 32:15-18.
- Ahn SD. (1992). Saponin contents, histological and cytological

- characteristics of ginseng root with physiological disorder. Korean Journal of Ginseng Science. 16:44-52.
- Cheon SK, Mok SK, Lee SS and Shin DY.** (1991). Effects of light intensity and quality on the growth and quality of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) I. Effects of light intensity on the growth and yield of ginseng plants. Korean Journal of Ginseng Science. 15:21-30.
- Choi JE, Li XG, Han YH and Lee KT.** (2009). Changes of saponin contents of leaves, stems and flower-buds of *Panax ginseng* C. A. Meyer by harvesting days. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 17:251-256.
- Choi KT, Ahn SD and Shin HS.** (1980). Correlations among agronomic characters of ginseng plants. Journal of Korean Society of Crop Science. 25:63-67.
- Christensen LP and Jensen M.** (2009). Biomass and content of ginsenosides and polyacetylenes in American ginseng roots can be increased without affecting the profile of bioactive compounds. Journal of Natural Medicines. 63:159-168.
- Jo JS, Cho HK, Park SH and Jung CS.** (2001). General feature and ginsenoside content of 6 years old ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) root. Korean Journal of Dietary Culture. 16:478-482.
- Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SW, 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 MJ, Li XG, Han JS, Lee SE and Choi JE.** (2009). Effect of blue and red LED irradiation on growth characteristics and saponin contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 17:187-191.
- Kim MW, Ko SR, Choi KJ and Kim CS.** (1987). Distribution of saponin in various sections of *Panax ginseng* root and changes of its contents according to root age. Korean Journal of Ginseng Science. 11:10-16.
- Kim MW, Lee JS and Nam KY.** (1984). Saponin contents in various parts of raw red ginseng. Korean Journal of Ginseng Science. 8:8-14.
- Kubo M, Tani T, Katsuki K, Ishzaki S and Arichi S.** (1980). Histochemistry. I. Ginsenosides in ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer, Root). Journal of Natural Products. 43:278-284.
- Lee CH, Park H and Lee JM.** (1980). Distribution and relationship of chemical constituents in *Panax ginseng*. Journal of the Korean Agricultural Chemical Society. 22:45-51.
- Lee MK, Min JS and Park H.** (1986). Relationship among ginsenosides of *Panax ginseng* root under the variation of mineral nutrients. Korean Journal of Ginseng Science. 10:101-107.
- Lee SW, Cha SW, Hyun DY, Kim YC, Kang SW and Seong NS.** (2005). Comparison of growth characteristics, and extract and crude saponin contents in 4-year-old ginseng cultured by direct seeding and transplanting cultivation. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 13:241-244.
- Lee SW, Kim GS, Lee MJ, Hyun DY, Park CG, Park HK and Cha SW.** (2007). Effect of blue and yellow polyethylene shading net on growth characteristics and ginsenoside contents in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 15:194-198.
- Li XG, Nam KY and Choi JE.** (2009). Difference of the ginsenosides contents according to the planting location in *Panax ginseng* C. A. Meyer. Korean Journal of Crop Science. 54:159-164.
- Lim WS.** (2005). Effects of interactions among age, cultivation method (location) and population on ginsenoside content of wild *Panax quinquefolium* L. one year after transplanting from wild. Korean Journal of Medicinal Crop Science. 13:254-261.
- Samukawa K, Yamashita H, Matsuda H and Kubo M.** (1995). Simultaneous analysis of ginsenosides of various ginseng radix by HPLC. Yakugaku Zasshi. 115:241-249.
- Shi W, Wang YT, Li J, Zhang HQ and Ding L.** (2007). Investigation of ginsenosides in different parts and ages of *Panax ginseng*. Food Chemistry. 102:664-668.
- Tani T, Kubo M, Katsuki T, Higashino M, Hayashi T and Arichi S.** (1981). Histochemistry. II. Ginsenosides in ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer, Root). Journal of Natural Products. 44:401-407.