



수경재배 시 1년생 묘삼 이식 후 경과일수에 따른 인삼의 생육 및 Ginsenoside 함량

정대희* · 이대영** · 장인배** · 유진** · 박기춘*** · 이응호**** · 김영준**** · 박홍우*†

*산림청 국립산림과학원 산림약용자원연구소, **농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부,
농촌진흥청 국립농업과학원 유기농업과, *주식회사 이노진팜

Growth and Ginsenoside Content of One Year Old Ginseng Seedlings in Hydroponic Culture over a Range of Days after Transplanting

Dae Hui Jeong*, Dae Young Lee**, In Bae Jang**, Jin Yu**, Kee Choon Park***, Eung Ho Lee****, Young Jun Kim**** and Hong Woo Park*†

*Forest Medicinal Resources Research Center, NIFOS, KFS, Punggi 36040, Korea.

**Department of Herbal Crop Research, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

***Organic Agriculture Research Division, NAAS, RDA, Wanju 55365, Korea.

****INNOGINFARM Co., Yecheon 36863, Korea.

ABSTRACT

Background: Ginseng produced by hydroponics can be cultivated without using agricultural chemicals; thus, it can be used as a raw materials for functional foods, medicines, and cosmetics. This study aimed to determine the optimal harvesting time to obtain the highest levels of ginsenoside and ginseng, as this was not previously unknown.

Methods and Results: One-year-old organic ginseng seedlings were transplanted and cultivated using hydroponics for 150 days in a venlo-type greenhouse, using ginseng nursery bed soil and a nutrient solution (NO₃⁻-N; 6.165, P; 3.525, K; 5.625, Ca; 4.365, Mg; 5.085, S; 5.31 mEq/l). Ginsenoside content and fresh and dry weights were higher at 120 days after transplanting than at 30, 60, 90, and 150 days. Total ginsenoside content was 11.86 times higher in the leaf and stem than in the root at 120 days after transplanting. Ginsenosides F1, F2, F3, and F5 were detected in ginseng leaves and stems. These chemical compounds are known to be effective in altering skin properties, including whitening, anti-inflammation, and anti-aging.

Conclusions: Optimal harvesting time for ginseng cultivated using hydroponics was 120 days after transplanting when the biomass and ginsenoside content were highest.

Key Words: *Panax ginseng* C. A. Meyer, Ginsenoside F1, F2, F3, F5, Hydroponics, Harvesting Time

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer) 은 빗물이 차단되고 오염되지 않은 물의 이용이 가능한 온실에서 수경재배 하면 합성 작물보호제를 사용하지 않고도 재배할 수 있을 뿐 아니라, 중금속 등 유해 물질에 노출되지 않아서 관행재배에 비하

여 청정재배에 유리하다. 무농약재배나 유기재배도 청정재배의 한 가지 유형이지만 수경재배에 비하여 노력이 많이 들고 재배하기도 어렵다.

청정재배한 인삼은 잎, 줄기, 뿌리를 모두 이용할 수 있다. 그러나 합성 작물보호제를 살포하여 재배한 묘삼 또는 고년근 인삼을 이용하여 수경재배를 한다면, 이미 오염된 것을 이용

†Corresponding author: (Phone) +82-054-630-5649 (E-mail) redradin39@korea.kr

Received 2018 October 1 / 1st Revised 2018 October 25 / 2nd Revised 2018 November 19 / 3rd Revised 2018 December 6 / Accepted 2018 December 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.

하기 때문에 청정재배라고 할 수 없다. 묘삼 생산단계부터 청정재배가 이루어져야만 진정한 청정생산이라고 할 수 있다.

인삼은 동일한 양액을 사용하여 수경재배를 하여도 배지 원료의 혼합 비율을 달리하면 생육은 물론 ginsenoside의 함량도 달라지며, 경엽의 ginsenoside 함량은 뿌리에 비하여 8 배 이상 많다 (Kim *et al.*, 2010). 따라서 수경재배 인삼의 부가가치 향상을 위해서는 경엽을 의약품, 화장품 및 건강보조식품의 소재로 활용해야 한다.

인삼 잎의 추출물은 항산화 (Jimenez-Perez *et al.*, 2018), 보습 및 미백 효과 (Lee *et al.*, 2018b)가 있어서 이를 이용한 새로운 화장품의 개발도 가능하다. 특히 인삼의 경엽에는 뿌리에 거의 없는 ginsenoside F1, F2, F3, F5 등이 존재하는데, 이들은 미백 (Lee *et al.*, 2003), 항산화, 피부의 각질세포 보호, 항노화 (Wang *et al.*, 2016), 알러지와 염증 개선 (Wang *et al.*, 2017), 주름과 여드름 개선 및 미백 효과 (Lee *et al.*, 2014)가 있다.

이와 같이 인삼의 경엽은 뿌리에는 거의 없는 ginsenoside를 함유하고 있어서 그 이용은 점차 확대될 것으로 전망된다. 기업에서는 이를 이용한 기능성 화장품을 개발하여 부가가치를 향상하고, 농업인은 기업체에 원료를 공급함으로써 새로운 소득을 창출할 수 있다. 이러한 사실을 반영하듯 몇 년 전부터 국내의 일부 기업에서는 청정재배 인삼의 추출물을 첨가한 화장품을 출시하여 소비자에게 좋은 반응을 얻고 있다. 이와 같이 뿌리는 물론 경엽을 포함한 청정인삼의 수요는 점차 확대되고 있으나, 지금까지 인삼의 수경재배 연구는 재배기간이 120 일에 한정되어 있어서 그 이상 재배할 경우에 나타나는 생육 및 ginsenoside의 함량변화 양상은 알 수 없다.

따라서 인삼을 150 일간 수경재배 하면서 생체중과 ginsenoside의 함량이 최고치에 도달하는 시점을 적정 수확 시기로 결정하고, 경엽의 ginsenoside F1, F2, F3 및 F5의 함량을 정량분석하기 위하여 본 연구를 수행하였다.

재료 및 방법

1. 인삼 수경재배

온실 내 기온과 일사량이 Fig. 1과 같이 유지된 700 m² 면적의 벤로형 유리온실에 폭 80 cm, 깊이 25 cm, 길이 5 m 규

Table 1. Growth average of 100 ginseng seedlings used for the experiment.

Root length (cm)	Root diameter (mm)	Latent bud (mm)		Root weight (g/plant)	
		length	width	Fresh	Dry
13.61±0.32*	5.62±0.28	2.55±0.16	2.83±0.24	1.10±0.08	0.15

*Values are presented as means ± SE (n = 100).

격의 스티로폼 성형베드의 윗부분이 지면에서 2 m 높이가 되도록 설치하고 (2 단 베드 중 상단), 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer) 육묘용 전용상토 (Shinsung Mineral Co., Ltd., Seongnam, Korea)를 20 cm 깊이로 채운 후 베드마다 10 cm 간격으로 물방울이 떨어지는 점적호스를 15 cm 간격으로 배열하였다.

농가에서 유기재배 한 재래종 묘삼을 구입하여 무게가 1 g 내외이고, 잠아와 뿌리의 상태가 좋은 개체를 선별하여 -4°C의 저장고에 저장하였다. 저장 중인 묘삼은 잠아 및 뿌리 조직의 손상을 방지하기 위하여 이식 전 3-5°C 범위로 온도가 유지되는 저장고에서 2 주간 해동한 후, 뇌두가 배지 표면으로부터 2 cm 깊이에 위치하도록 8×10 cm 간격으로 정식하였다.

묘삼은 2014년 3월 3일 정식하여 7월 31일까지 150 일간 재배하였으며, 정식 시 묘삼의 상태는 Table 1과 같았다.

NO₃-N; 6.165, P; 3.525, K; 5.625, Ca; 4.365, Mg; 5.085 및 S; 5.31 mEq/l의 농도로 조성된 인삼 육묘용 배양액 (IPET, 2000)을 자동양액공급장치 (HP-6000, Agronics Inc., Albuquerque, NM, USA)를 이용하여 전 생육기간 동안 양액의 pH는 5.8, EC (electrical conductivity)는 정식 후 75 일까지는 0.5 dS/m, 그 후 150 일까지는 0.7 dS/m로 조절하여 누적 일사량이 3,000 W/m²에 도달하면 인삼 1 주당 30 ml 씩 공급하였다.

광량의 조절을 위하여 베드 위에 차광막을 씌워 자연광의 13%가 작물에 도달할 수 있도록 하였고, 온실의 기온이 30°C 이상 올라가면 알루미늄이 50% 혼합된 차광막과 부직포로 천장과 측면의 광 투과를 차단하여 기온의 상승을 억제하였다. 그러나 흐린 날에는 인삼의 생육에 필요한 광량을 확보하기 위하여 차광을 하지 않았다.

정식 후 30 일 간격으로 인삼 시료를 20 주씩 채취하여 육안으로 소엽수율, 1 mm 간격의 플라스틱 자를 이용하여 초장을, 전자저울 (RE 260, CAS, Seoul, Korea)을 이용하여 생체중과 건물중을, 엽면적계 (Delta-T Devices Ltd., Cambridge, England)를 이용하여 엽면적을 각각 조사하였다.

인삼 재배온실의 온도와 일사량은 온도일사측정기 (Kipp and Zonen Inc., Delft, Netherlands)를 인삼 식물체의 최상부와 동일한 높이에 설치하여 측정하였으며, 실험 결과의 통계 분석에는 SAS (Enterprise Guide 7.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA) 프로그램을 이용하였다.

2. Ginsenoside의 분석

Ginsenoside의 분석을 위한 표준품 Rb1, Rb2, Rb3, Rc, Rd, Re, Rf, Rg1, Rg2, Rh1, F1, F2, F3 및 F5는 ChromaDex사 (Irvine, CA, USA)의 제품을, HPLC의 이동상 용매인 MeOH과 acetonitrile은 HPLC급 용매 (J. T Baker Chemical Co., Phillipsburg, NJ, USA)를 각각 사용하였다.

Ginsenoside의 정량분석에는 Agilent 1100 series HPLC system (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)을 이용하였다. 추출물은 membrane filter 여과 전에 모두 Sep-pak Plus C18 cartridge (Waters, Milford, MA, USA)를 사용하여 SPE 전 처리하였다.

80 - 100 mesh로 분쇄한 인삼 건조시료 0.2 g과 70% MeOH 2 ml를 원심분리 튜브에 담아 균질하게 혼합하여 ultrasonic bath (Powersonic 410, Hwashin Technology Co., Seoul, Korea)에 넣고, 50°C에서 30 분간 초음파 추출하여 15,000 rpm으로 3 분간 원심분리 한 후 상정액 1 ml를 취하여 SPE 전 처리하였다. Sep-pak Plus C18 cartridge를 3 ml MeOH로 용출 후 3 ml dd-H₂O로 용출하여 conditioning하였다. 상정액 1 ml를 cartridge에 loading하여 10 ml dd-H₂O로 용출하고, cartridge에 2 ml MeOH을 가하여 ginsenoside 성분을 용출한 후 HPLC 분석을 위해 0.45 µm membrane filter로 여과하였다 (Kim *et al.*, 2008).

HPLC 분석은 Halo® RP-Amide (4.6 × 150 mm, 2.7 µm) 컬럼 (Advanced Materials Technology Inc., Wilmington, DE, USA)을 사용하여 50°C에서 실시하였다. 이동상은 0 - 6 분; 27 → 28% acetonitrile, 6 - 10 분; 28 → 28%, 10 - 30 분; 28 → 34%, 30 - 33 분; 34 → 80% acetonitrile, 33 - 35 분; 27% acetonitrile의 조건으로 기울기 용리하였다. 이때 유속은 0.5 - 0.8 ml·min⁻¹로 하였고, UV 검출기의 파장 203 nm에서 흡광도를 측정하였다.

결과 및 고찰

1. 1년생 묘삼 정식 후 경과일수에 따른 인삼의 생육

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)의 생육 (Table 2)에 있어서 초장은 정식 후 60 일경에 생장이 정점에 이르렀고 그 후 150 일까지 24 cm 이상을 유지하였다. 소엽은 완전히 전개되지는 않았지만 정식 후 30 일 (이후 “정식 후”는 생략하고 경과일수만 표기)에 출현이 거의 완료되어 120 일까지 2.3 개 내외를 유지하다가 150 일에는 0.9 개로 61%나 감소하였다.

엽면적은 60 일에 이미 86.9 cm²로 최대치의 86%에 도달하였다. 60 - 120 일까지의 엽면적 증가율은 14%에 불과하였고, 150 일의 엽면적은 30 일에도 못 미치는 71.3 cm²로 급속히 감소하였다.

경엽과 뿌리를 합한 전초의 생체중은 정식 시의 1.10 g에 비하여 30 일 0.71 g, 30 - 60 일 1.26 g, 60 - 90 일 0.86 g, 90 - 120 일 사이에는 0.32 g씩 각각 증가하였으나, 150 일에는 120 일에 비하여 오히려 감소하였다. 30 - 60 일 사이에 전초의 생체중 증가량은 일평균 42 mg씩 총 1.26 g이었는데, 이는 전체 생체중 증가량의 40%에 해당하는 양이었다.

전초의 건물중도 생체중과 같이 정식 후 30 - 60 일 사이에 총 증가율의 54%인 0.219 g이 증가하였으며, 120 일에는 0.565 g으로 가장 무거웠으나 150 일에는 0.552 g으로 다소 감소하였다. 전초의 건물율은 30 - 150 일까지 13% 내외를 유지하였다.

경엽의 생체중은 30 일 1.15 g에서 120 일에는 1.74 g으로 51%가 증가하였으나 150 일에는 1.50 g으로 120 일에 비하여 14% 감소하였다. 그러나 뿌리의 생체중은 150 일까지 꾸준히 증가하여 30 일 0.66 g에서 150 일에는 2.53 g으로 3.8 배나 증가하였다. 120 - 150 일 사이에 뿌리의 생체중은 0.02 g이 증가한 반면 경엽의 생체중은 0.24 g이 감소하였다. 묘삼 정식 후 경과일수에 따라 다소 차이는 있으나 건물율은 경엽의 경우 10%를 상회하였고, 뿌리는 15% 내외를 각각 나타내었다.

뿌리의 생체중이 30 일까지 감소하였다가 그 후 다시 증가한 것은 source-sink theory로 설명할 수 있다 (Lemoine *et al.*, 2013). 즉, 묘삼 정식 후 뿌리의 생체중과 건물중이 가장 가벼웠던 30 일까지는 잎이 sink가 되고, 뿌리가 source가 되므로 뿌리에 존재하던 양분이 잎의 생장에 이용되었기 때문에 뿌리의 생체중은 감소한 것으로 보인다.

그러나 30 - 90 일 사이에는 새 뿌리가 발생하여 양수분의 흡수가 시작될 뿐 아니라 잎이 source가 되고, 뿌리는 sink가 되므로 잎에서 생성된 동화양분이 활발하게 뿌리로 전류되어 뿌리의 생체중이 증가한 것으로 생각된다 (Julius *et al.*,

Table 2. Growth of ginseng seedlings in hydroponics culture according to the days after transplanting.

Days after transplanting	Plant height (cm)	No. of leaflets	Leaf area (cm ² /plant)	Fresh weight (g/plant)			Dry weight (g/plant)			Dry matter (%)		
				Top part	Root	Whole plant	Top part	Root	Whole part	Top part	Root	Whole plant
30	22.100 ^b	2.300 ^a	74.200 ^d	1.150 ^d	0.660 ^c	1.810 ^e	0.125 ^d	0.098 ^d	0.223 ^c	10.900 ^b	14.800 ^a	12.900 ^{bc*}
60	24.500 ^a	2.400 ^a	86.900 ^c	1.380 ^c	1.690 ^b	3.070 ^d	0.142 ^c	0.260 ^c	0.402 ^b	12.400 ^a	15.400 ^a	13.900 ^a
90	24.700 ^a	2.300 ^a	93.000 ^b	1.510 ^b	2.420 ^{ab}	3.930 ^c	0.162 ^b	0.375 ^{bc}	0.537 ^a	10.800 ^b	15.500 ^a	13.700 ^a
120	24.900 ^a	2.300 ^a	101.300 ^a	1.740 ^a	2.510 ^a	4.250 ^a	0.182 ^a	0.383 ^b	0.565 ^a	10.500 ^b	15.300 ^a	13.300 ^b
150	24.000 ^a	0.900 ^b	71.300 ^d	1.500 ^b	2.530 ^a	4.030 ^b	0.160 ^b	0.392 ^a	0.552 ^a	10.700 ^b	15.500 ^a	13.100 ^b

*Mean with difference letters are significantly at $p \leq 0.05$ by Duncan's Multiple Range Test (DMRT).

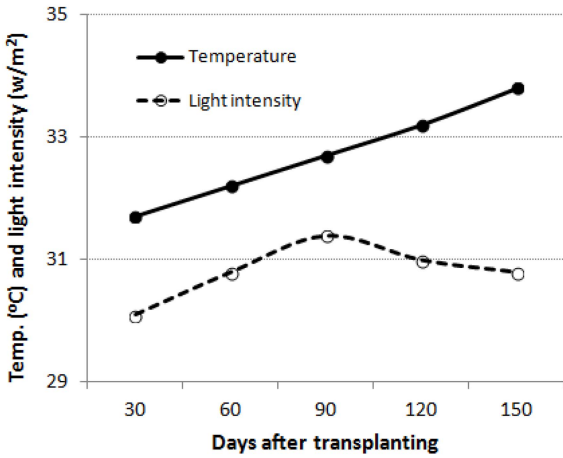


Fig. 1. Change of air temperature and light intensity according to the growing days after transplanting of one-year-old ginseng seedlings in a greenhouse.

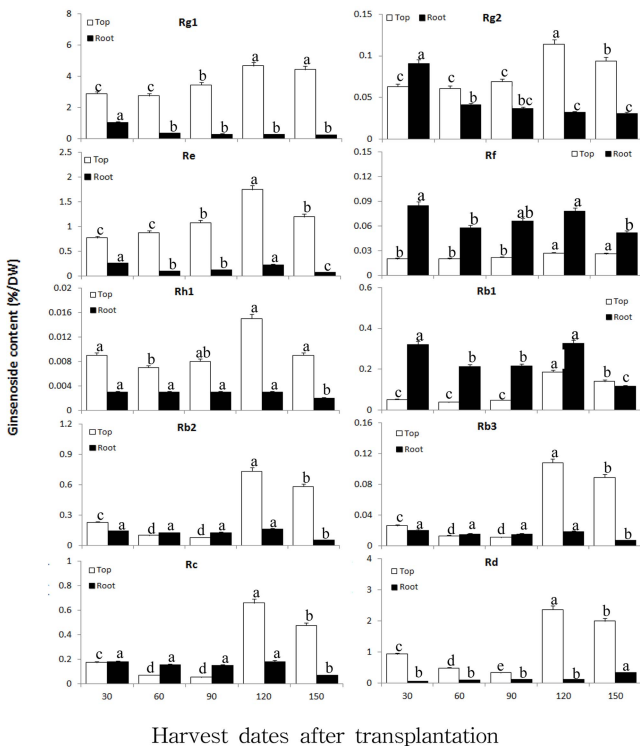


Fig. 2 Ginsenoside content of top part and root of ginseng seedlings in hydroponics culture according to the days after transplanting. Vertical bars indicated \pm standard errors ($n = 3$). Different lower-case letter above each bar indicated that the means were significantly different according to the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at $p \leq 0.05$.

2017).

뿌리의 경우 90 - 150 일 사이에도 생체중과 건물중의 증가가 완만하게 이루어졌으나 경엽의 생체중과 건물중은 120 일

이후 150 일까지 다소 감소하였다. 120 일 이후에 경엽의 생체중과 건물중이 감소한 것은 잎이 황화되고, 시간이 경과할수록 고사하는 소엽의 수가 증가하여 엽면적이 급격히 감소하였기 때문이다 (Table 2).

잎이 150 일까지 정상적으로 유지되지 못했던 원인은 인삼의 출엽 후 생육 적온은 21 - 25°C 범위이고, 30°C 이상이 되면 고온피해를 받는데 (Jeong, 2007), 본 실험에서는 온실의 월 평균 최고기온이 정식 후 30 일부터 31.7°C를 넘어섰고, 90 - 150 일 사이에는 32.7 - 33.2°C 범위의 고온에 노출된 시간이 많았기 때문으로 추정된다 (Fig. 1).

특히 본 실험을 수행한 온실은 냉방장치가 있었으나 고장으로 인하여 기온을 낮추는데 천창을 통한 자연환기에만 의존하였고, 광량 조절을 위한 고정식 차광막을 베드 위에 설치하였기 때문에 온실로 유입되는 햇빛을 차단하지 못하여 온실 내 기온 상승이 더 심했다. 물론 온실 내 기온이 30°C에 도달하면 지붕으로부터 1.5 m 아래 설치된 알루미늄 차광막이 자동으로 닫히도록 하여 기온의 상승을 억제하였지만, 인삼의 생육에 적합한 기온을 유지하기는 어려웠다. 더구나 실험용 베드는 지면으로부터 2 m 높이에 있어서 지면보다 기온이 더 높았다.

유리온실이나 비닐하우스에서 인삼의 수경재배 기간을 연장하고 정상적인 생육을 유지하려면 차광률이 85% 정도인 차광막을 온실 피복소재의 외면에, 온실 내부에는 차광률 50%의 알루미늄 차광막을 각각 설치하여 투광량을 손쉽게 조절할 수 있어야 할 것이다. 그리고 공기유동 팬 및 fog system을 설치하여 가동하면 온실 내 기온을 8°C 이상 낮출 수 있다 (Woo *et al.*, 1994). 뿐만 아니라 베드의 높이를 2 m에서 0.5 m로 낮추기만 해도 기온을 1.5°C 정도 낮출 수 있으므로 (RDA, 2013) 이러한 방법을 적극적으로 활용하는 것이 바람직하다.

2. 1년생 묘삼 정식 후 경과일수에 따른 인삼의 ginsenoside 함량

1년생 묘삼을 정식하여 150 일간 수경재배 한 인삼의 뿌리와 경엽에 함유된 ginsenoside의 경시적 변화는 Fig. 2와 같다.

뿌리의 개별 ginsenoside 함량을 살펴보면 ginsenoside Rg1, Rg2, Re, Rf, Rh1, Rh2, Rh3 및 Rc (이하 “ginsenoside”의 표기는 생략하고 개별 ginsenoside의 “명칭”만 표기)의 함량은 30 - 60 일 사이에 다소 감소하였다가 그 후 미세하게 증가하여 120 일에 각각 최대치에 도달하였다. Rh1의 함량은 30 일 이후 150 일까지 0.003% 수준을 유지하였고, Rd의 함량은 30 일 이후 꾸준히 증가하여 150 일에는 30 일의 4.9 배인 0.336%를 나타내었다.

경엽에 존재하는 개별 ginsenoside 중 Rg1, Rg2, Rh1, Rb1, Rb2, Rb3, Rc, Rd 등 8 종의 함량은 30 - 60 일까지

감소하였다가 그 후 증가하여 120 일에 최대치에 도달하였다. 120 일 경과 시 8 종의 ginsenoside 함량은 종류에 따라 차이가 있지만 뿌리에 비하여 경엽에서 3.6-20.7 배나 많았다. 그러나 Rf와 Rb1의 함량은 경엽보다 뿌리에서 2.9 배 및 1.8 배씩 더 많았으며, 본 실험에서 분석한 10 종의 ginsenoside 중 Rg1과 Re, 2 종이 차지하는 비율은 60.4%로 매우 높았다.

뿌리에 존재하는 대부분의 ginsenoside 함량이 60 일까지 감소한 것은 ginsenoside를 구성하고 있던 당이 경엽의 생장에 필요한 양분으로 사용되었고, 경엽의 경우 90 일까지 감소한 것은 60 일 이후 새 뿌리가 발생하여 양수분을 흡수하고 광합성 산물이 활발하게 생성되기는 하였으나, 그 양분이 경엽 뿐 아니라 뿌리의 생장에도 사용되어 sink size가 증가한 데 기인된 것으로 추정된다 (Julius *et al.*, 2017).

질환의 개선에 효과가 있는 8 종의 ginsenoside 함량은 뿌리에 비하여 경엽에 더 많았다. 즉, 인지력 개선 (Ghaeminia *et al.*, 2018)과 혈관을 확장하여 고혈압을 억제하는 Rg1 (Mook-Jung *et al.*, 2001), 혈당과 혈압을 낮추는 Re, Rb1, Rb2 및 Rb3 (Yokozawa *et al.*, 1985; Attele *et al.*, 2002; Wang *et al.*, 2014), 치매를 예방하는 Rd (Zhang *et al.*, 2016), 항염증 효과가 있는 Rc (Yu *et al.*, 2017), 자외선 B에 의한 피부 손상을 경감하는 Rg2 (Ha *et al.*, 2010), 유방암 발생을 억제하는 Rh1 (Lee *et al.*, 2003) 등이 그것이다. 그러나 항당뇨 (Lee *et al.*, 2018a) 및 항염증 (Kim *et al.*, 2018) 효과가 있는 Rb1과 Rf의 함량은 경엽에 비하여 뿌리에 더 많았다.

수경재배 인삼의 ginsenoside 함량은 대부분 뿌리에 비하여 경엽에 더 많았지만 반드시 수경재배를 해야만 경엽의 ginsenoside 함량이 증가하는 것은 아니다. 인삼을 관행 해가림 시설의 토양에서 재배해도 뿌리에 비하여 경엽의 ginsenoside 함량이 더 많아서 수경재배 하였을 때와 큰 차이가 없다 (Choi *et al.*, 2009).

관행 해가림재배의 경우 식물체가 강우와 해충에 상대적으로 많이 노출되므로 주로 온실을 이용하는 수경재배에 비하여 병해충의 피해가 많을 수밖에 없다. 따라서 작물보호제의 사용 없이는 정상적인 생육의 유지가 어려우므로 이의 극복을 위한 기술의 개발이 필요하며, 병해충의 방제기술이 개발된다면 굳이 생산비가 비싼 수경재배를 할 필요는 없다. 그리고 아직 밝혀지지 않은 개별 ginsenoside의 효과가 추가적으로 구명된다면, 경엽에 다량 함유되어 있는 ginsenoside의 보다 효율적인 이용 방안도 마련될 수 있다. 특히 본 실험에서 분석한 10 종의 ginsenoside 함량 중 60% 이상을 차지하는 Rg1과 Re의 새로운 활용방안 탐색도 매우 중요한 과제라고 할 수 있다.

경엽에서 검출된 ginsenoside 중 F1의 함량은 60 일 이후부터 증가하기 시작하여 150 일에 0.48%로 가장 많았던 반면,

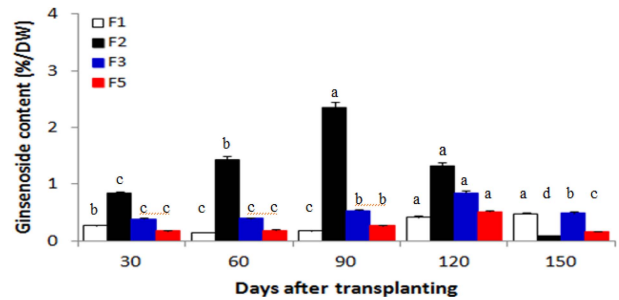


Fig. 3. Ginsenoside F1, F2, F3 and F4 content of leaf and stem of ginseng seedlings in hydroponics culture according to the days after transplanting. Vertical bars indicated \pm standard errors ($n = 3$). Different lower-case letter above each bar indicated that the means were significantly different according to the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at $p \leq 0.05$.

F2의 함량은 2.342%를 나타낸 90 일까지 증가하다가 그 후 150 일까지 상당한 양이 감소하였다. F3와 F5의 함량은 30 일 이후 꾸준히 증가하여 120 일에 0.85% 및 0.514%로 가장 많았으나 150 일에는 다소 감소하였다 (Fig. 3).

인삼의 잎이나 꽃받침의 추출물은 항산화 (Jimenez-Perez *et al.*, 2018), 보습 및 미백 효과 (Lee *et al.*, 2018b)가 있어서 화장품의 원료로 사용할 수 있다.

F1은 미백 (Lee *et al.*, 2003), 항산화, 피부의 각질세포 보호, 항노화 등의 효과가 있는데, 뿌리에는 거의 존재하지 않아서 Re와 Rg1을 cellulase KN을 이용하여 F1으로 전환하기도 하였다 (Wang *et al.*, 2016). 다른 ginsenoside를 F1으로 전환하는 목적은 F1을 화장품, 기능성 식품, 제약 산업에 활용하기 위해서이다. 그러나 수경재배로 생산한 인삼의 경엽에 함유된 F1은 150 일에 0.5%에 달하여 부가적인 시간과 비용이 소요되는 전환 방식에 비하여 경제적으로 획득할 수 있다.

F2는 알러지, 염증 (Wang *et al.*, 2017), 주름과 여드름 개선, 미백 (Lee *et al.*, 2014) 등에 효과가 있다. 본 실험에서 경엽의 F2 함량은 90 일에 2.3%로 다른 F 계열에 비하여 매우 많아서 이를 활용한 화장품이나 의약품 제조의 가능성을 보여주었다.

면역력 강화에 효과가 있는 F3 (Yu *et al.*, 2004)는 경엽에서 0.836%가 검출되었으며, HL-60 전골수성 백혈병 세포의 생장을 현저하게 억제하는 F5 (Nguyen *et al.*, 2010)도 미량 검출되었다.

이와 같이 경엽에 주로 존재하는 F1, F2, F3 및 F5는 다른 질환의 개선에도 도움을 주지만 피부미용에 상당한 효과가 있는 것으로 알려져 있으므로, 이의 활용을 위해 수율 향상을 위한 절대 함유량 및 생체중을 증가시킬 수 있는 재배기술의 개발이 요구된다. 그리고 인삼의 뿌리와 같이 경엽도 그 효능을 인증 받아서 신제품의 개발을 활성화 하고, 제품에 “기능

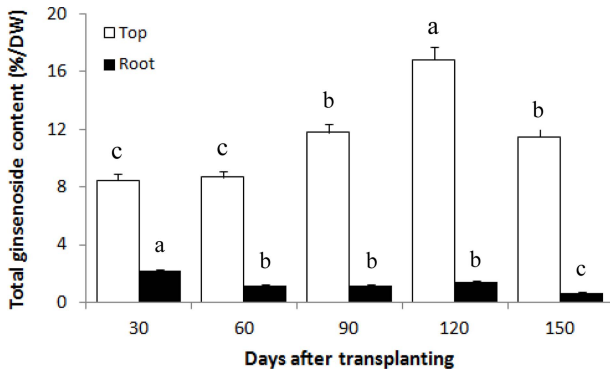


Fig. 4. Total ginsenoside content of ginseng seedlings in hydroponics culture according to the days after transplanting. Vertical bars indicated \pm standard errors ($n = 3$). Different lower-case letter above each bar indicated that the means were significantly different according to the Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at $p \leq 0.05$.

성"이란 단어를 사용하여 홍보 효과를 극대화할 필요가 있다. 여기서는 경엽에 존재하는 F1, F2, F3, F5 등 4 종의 ginsenoside를 동시에 정량분석 하였는데, 이것만으로도 본 연구는 상당한 의의가 있다고 할 수 있다.

총 ginsenoside 함량은 뿌리의 경우 30 일 이후 90 일까지 감소하다가 120 일에 1.42%로 증가하였으나, 정식 후 30 일의 2.212%보다는 훨씬 적었다. 경엽의 총 ginsenoside 함량은 60 일 후부터 꾸준히 증가하여 120 일에는 뿌리의 11.86 배에 해당하는 16.842%를 나타내었다 (Fig. 4).

총 ginsenoside 중 major ginsenoside인 Rg1, Re, Rb1, Rc, Rb2, Rd 등 6 종의 함유율은 뿌리와 경엽에서 88.9%와 97.5%를 각각 나타내었고, PT 계의 major ginsenoside 함량은 뿌리가 53.5%, 경엽이 37.1%를 각각 차지하여 뿌리의 경우는 Cui 등 (2013)이 보고한 비율과 비슷하였으나, 경엽에서의 비율은 상당히 낮아서 PT계에 속하는 major ginsenoside의 함유 비율은 식물체 부위에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다.

본 연구에서 조사된 뿌리와 경엽의 PD/PT의 비율은 1.342와 1.326으로 큰 차이가 없었다. Han 등 (2013)은 직파재배한 4년생 재래종 인삼 뿌리의 PD/PT 비율은 뿌리의 굵기에 따라 주근에서는 0.76 - 1.08, 지근 1.34 - 1.59, 세근 1.81 - 2.19의 범위를 각각 나타낸다고 보고하였다. 이들의 평균 PD/PT 비율은 1.356으로 본 실험에서 조사된 2년생 뿌리의 PD/PT 비율 1.342와 거의 일치하였다.

해가림 재배한 5년생 '연풍' 품종의 잎에 함유된 PD/PT 비율은 5월 15일에 1.29 (Choi *et al.*, 2009)로, 본 연구에서 조사된 잎의 PD/PT 비율 1.326과 큰 차이가 없었다. 그러나 Kim 등 (2010)은 1월에 정식하여 4 개월간 수경재배 한 '천풍' 품종의 잎에 함유된 PD/PT의 비율은 배지의 종류에 따라

0.413 - 0.741의 범위를 나타내었다고 하여 품종 및 재배 조건에 따라 그 비율이 달라짐을 알 수 있었다.

본 연구를 통하여 건강보조식품, 화장품, 의약품 등의 원료로 활용하기 위한 수경재배 인삼의 적정 수확 시기는 정식 후 120 일로 나타났다. 현재의 인삼 수경재배 기술 수준으로 볼 때 150 일에는 전반적인 잎의 황화와 일부 소엽의 고사로 인하여 생체중의 감소를 초래할 뿐 아니라, 재배기간이 120 일보다 30 일이 더 길어지기 때문에 생산비의 증가 요인이 되므로 이점이 없을 것으로 생각된다. 그러나 150 일에 함량이 가장 많은 경엽의 F1, 뿌리에 존재하는 Rd의 이용가치가 현저히 크다면 150 일 내외로 재배기간을 늘이는 것도 고려해볼 만 하다.

앞으로 재배기간의 연장 뿐 아니라 양액의 조성, 공급량, 일사량, 온도 등 다양한 환경요인을 적절히 조절하여 생체중과 ginsenoside의 함량을 증가시킬 수 있는 연구도 수행되어야 할 것이다.

감사의 글

본 연구는 농림식품기술기획평가원(과제번호: 115100-3)의 지원에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Attele AS, Zhou YP, Xie JT, Wu JA, Zhang L, Dey L, Pugh W, Rue PA, Polonsky KS and Yuan CS. (2002). Antidiabetic effects of *Panax Ginseng* berry extract and the identification of an effective component. *Diabetes*. 51:1851-1858.
- Choi JE, Li X, 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.
- Cui CH, Liu QM, Kim JK, Sung BH, Kim SG, Kim SC and Im WT. (2013). Identification and characterization of *Mucilagimibacter* sp. stain QM49 β -glucosidase and its use in the production of the pharmaceutically active minor ginsenosides (S)-Rh₁ and (S)-Rg₂. *Applied and Environmental Microbiology*. 79:5788-5798.
- Ghaeminia M, Rajkumar R, Kor HL, Dawe GS and Tan CH. (2018). Ginsenoside Rg1 modulates medial prefrontal cortical firing and suppresses the hippocampo-medial prefrontal cortical long-term potentiation. *Journal of Ginseng Research*. 42:298-303.
- Ha SE, Shin DH, Kim HD, Shin SM, Kim HS, Kim BH, Lee JS and Park JK. (2010). Effects of ginsenosides Rg2 on the ultraviolet B-induced DNA damage responses in HaCaT cells. *Naunyn-Schmiedeberg's Archives of Pharmacology*. 382:89-101.
- 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 seedling. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 21:184-190.

- Jeong CM.** (2007). Standard ginseng cultivation method. Joongbu Publisher. Cheongju, Korea. p.530.
- Jiménez-Pérez ZE, Singh P, Kim YJ, Mathiyalagan R, Kim DH, Lee MH and Yang DC.** (2018). Applications of *Panax ginseng* leaves-mediated gold nanoparticles in cosmetics relation to antioxidant, moisture retention, and whitening effect on B16BL6 cells. *Journal of Ginseng Research*. 42:327-333.
- Julius BT, Leach KA, Tran TM, Mertz RA and Braun DM.** (2017). Sugar transporters in plants: New insights and discoveries. *Plant and Cell Physiology*. 58:1442-1460.
- 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 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 MK, Kang H, Baek CW, Jung YH, Woo YC, Choi GJ, Shin HY and Kim KS.** (2018). Antinociceptive and anti-inflammatory effects of ginsenoside Rf in a rat model of incisional pain. *Journal of Ginseng Research*. 42:183-191.
- Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology and Food, Agriculture, Forestry and Fisheries(IPET).** (2000). Development on the method of nutrition culture for production of high quality ginseng seedling. Research Report of Korea Institute of Planning and Evaluation for Technology and Food, Agriculture, Forestry and Fisheries. p.39-72.
- Lee DH, Lee DS, Jung KW, Hwang GS, Lee HL, Yamabe N, Lee HJ, Eom DW, Kim KH and Kang KS.** (2018a). Protective effect of ginsenoside Rb1 against tacrolimus-induced apoptosis in renal proximal tubular LLC-PK1 cells. *Journal of Ginseng Research*. 42:75-80.
- Lee HY, Choi WY, Suh YC, Song CH, Lee CG and Im HW.** (2014). Cosmetic composition comprising of ginsenoside F2 for skin wrinkle improvement, skin whitening or anti-acne. Korea Patent. 10,146,056,9B1.
- Lee JO, Kim EJ, Kim JH, Hong YH, Kim HG, Jeong D, Kim JW, Kim SH, Park CW, Seo DB, Son YJ, Han SY and Cho JY.** (2018b). Antimelanogenesis and skin-protective activities of *Panax ginseng* calyx ethanol extract. *Journal of Ginseng Research*. 42:389-399.
- Lee YJ, Jin YR, Lim WC, Ji SM, Choi SH, Jang SY and Lee SK.** (2003). A ginsenoside-Rh1, a component of ginseng saponin, activates estrogen receptor in human breast carcinoma MCF-7 cells. *Journal of Steroid Biochemistry and Molecular Biology*. 84:463-468.
- Lemoine RR, Camera SL, Atanassova R, Dedaldechamp F, Allario T, Pourtau N, Bonnemain JL, Laloi M, Coutos-Thevenot P, Maurousset L, Faucher M, Girousses C, Lemonnier P, Parrilla J and Durand M.** (2013). Source-to-think transport of sugar and regulation by environmental factors. *Frontiers in Plant Science*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00272> (cited by 2018 Sep 16).
- Mook-Jung IH, Hong HS, Boo JH, Lee KH, Yun SH, Cheong MY, Joo IS, Hur K and Jung MW.** (2001). Ginsenoside Rb1 and Rg1 improve spatial learning and increase hippocampal synaptophysin levels in mice. *Journal of Neuroscience Research*. 63:509-515.
- Rural Development Administration(RDA).** (2013). Development of stable production technology for tomato by the improvement of greenhouse. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.7.
- Tung NH, Song GY, Kim JA, Hyun JH, Kang HK and Kim YH.** (2010). Dammaraane-type saponins from the flower buds of *Panax ginseng* and their effects on human leukemia cells. *Bioorganic and Medicinal Chemistry Letters*. 20:309-314.
- Wang L, Zhang F, Cao Z, Xiao Y, Li S, Yu B and Qi J.** (2017). Ginsenoside F2 induces the release of mediators associated with anaphylactoid reactions. *Fitoterapia*. 121:223-228.
- Wang Y, Choi KD, Yu H, Jin F and Im WT.** (2016). Production of ginsenoside F1 using commercial enzyme cellulase KN. *Journal of Ginseng Research*. 40:121-126.
- Wang Y, Dong J, Liu P, Lau CW, Gao Z, Zhou D, Tang J, Ng CF and Huang Y.** (2014). Ginsenoside Rb3 attenuates oxidative stress and preserves endothelial function in renal arteries from hypertensive rats. *British Journal of Pharmacology*. 171:3171-3181.
- Woo YH, Nam YI, Song CH, Kim HJ and Kim DE.** (1994). Studies on management of effective temperature and humidity in greenhouse at summer season. *Journal of Biological Production Facilities and Environmental Control*. 3:58-65.
- Yokozawa T, Kobayashi T, Oura H and Kawashima Y.** (1985). Studies on the mechanism of the hypoglycemic activity of ginsenoside-Rb₂ in streptozotocin-diabetic rats. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 33:869-872.
- Yu JL, Dou DQ, Chen XH, Yang HZ, Guo N and Cheng GF.** (2004). Immunoenhancing activity of protopanaxatriol-type ginsenoside-F3 in murine spleen cells. *Acta Pharmacologica Sinica*. 25:1671-1676.
- Yu T, Yang Y, Kwak YS, Song GG, Kim MY, Rhee MH and Cho JY.** (2017). Ginsenoside Rc from *Panax ginseng* exerts anti-inflammatory activity by targeting TANK-binding kinase 1/interferon regulatory factor-3 and p38/ATF-2. *Journal of Ginseng Research*. 41:127-133.
- Zhang X, Wang Y, Ma C, Yan Y, Wang X and Rausch WD.** (2016). Ginsenoside Rd and ginsenoside Re offer neuroprotection in novel model of Parkinson's disease. *American Journal of Neurodegenerative Disease*. 5:52-61.