



키토산과 UV처리에 따른 2년생 인삼의 생육특성 및 성분변화

문지원¹ · 장인배² · 장인복³ · 김영창⁴ · 서수정^{5*}

Changes in the Growth Characteristics and Compound Contents of 2-Year Old Ginseng according to Chitosan and Ultraviolet Light Treatment

Ji Won Moon¹, In Bae Jang², In Bok Jang³, Young Chang Kim⁴ and Su Jeoung Suh^{5*}

ABSTRACT

Received: 2021 May 17
1st Revised: 2021 June 10
2nd Revised: 2021 June 20
3rd Revised: 2021 July 7
Accepted: 2021 July 7

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 is a medicinal plant known for its pharmacological effects as a secondary metabolite. Ginsenosides and polyphenols are the most important compounds of ginseng. These compounds and biological active depend on the cultivation conditions.

Methods and Results: We used chitosan and an ultraviolet (UV) light elicitor on a 2-year old ginseng plant for increasing active compounds and biological activity. The chitosan that we used were obtained from *Gryllus bimaculatus* (chitosan A) and mealworm beetle (chitosan B). Chitosan B enhanced the growth, active ingredient content and physiological activity of ginseng overall. Although UV had a negative effect on ginseng growth, it increased the active compound content and biological activity.

Conclusions: Chitosan is an eco-friendly organic material, believed to be easy to treat in growing ginseng. Therefore, the use of chitosan is thought to be an appropriate agent to increase the amount of ginsenoside, and enhance others compounds and physiological activity.

Key Words: Bed Soil Chemicals, Bioactive Compound, Chitosan, Ginsenoside, Growth Characteristics, Ultraviolet

서 언

인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 약리적 효과로 익히 알려진 약용식물 중 하나이며, 이에 따라 동아시아 지역에서는 과거부터 널리 이용되었다 (Ahn *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2020). 인삼의 약리적 효과는 인삼에 존재하는 이차대사산물로부터 기인한다는 사실 또한 여러 연구들을 통해 보고되었다 (Qian *et al.*, 2009).

인삼 특유의 사포닌인 ginsenosides는 테르페노이드계 물질로 인삼의 대표적인 이차대사산물 중 하나이다 (Faizal and Geelen, 2013; Seong *et al.*, 2019). 인삼 ginsenosides는 1960년대 6 종이 처음 발견되면서부터 연구되기 시작했고 (Shin *et al.*, 2015), 현재까지 약 200 여종이 밝혀졌다 (Kim,

2018). 또한, 인삼에는 사포닌 외에도 폴리페놀, 산성다당체, 플라보노이드 등 많은 이차대사산물이 함유된 것으로 보고되었다 (Lee *et al.*, 2017). 이러한 이차대사산물은 조건과 환경에 따라 생합성 과정이 변화하기 때문에 (Kochan *et al.*, 2018), 재배환경에 따라 인삼의 유효성분 함량은 달라진다고 보고되었다 (Wang *et al.*, 2016).

키토산은 키틴에서 아세틸기를 제거하여 제조한 물질로서 셀룰로오스와 유사한 구조를 가진다 (Lee *et al.*, 1998), 갑각류 (게, 새우 등)의 껍질, 곰팡이 (버섯)·효모의 세포벽, 곤충의 피부 외벽 등에서 추출되고, 수산기와 아미노기를 가지고 있어 반응성이 높다 (Youn *et al.*, 2018). 키토산은 유기농자재로서 농업에서의 활용 가능성에 관하여 연구되고 있는데 (Won, 2017). 인삼에 적용된 예로는 키틴과 키토산을 처리한

*Corresponding author: (Phone) +82-43-871-5616 (E-mail) ssuh15@korea.kr

¹국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 농업연구사 / Researcher, Ginseng Research Division, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

²국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 농업연구사 / Researcher, Ginseng Research Division, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

³국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 농업조사부 / Researcher, Ginseng Research Division, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁴국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 농업연구관 / Researcher, Ginseng Research Division, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

⁵국립원예특작과학원 인삼특작부 인삼과 전문연구원 / Researcher, Ginseng Research Division, NIHHS, RDA, Eumseong 27709, Korea.

인삼 모상근의 사포닌 함량 증진에 효과가 있음이 보고된 바 있다 (Oh *et al.*, 2000).

이상기상으로 성층권 오존층이 감소하면서 태양으로부터 방출되는 자외선의 대기 중 농도가 점차 늘어나고 있으며 (Cho *et al.*, 2001), 자외선 중에서도 UV-B (280 nm - 315 nm) 파장대가 생태학적으로 중요한 인자가 되고 있다 (Kataria *et al.*, 2013). 일반적으로 강한 자외선은 식물에 악영향을 미치지 만, 일부 파장만을 선택적으로 처리할 경우 플러그 묘의 생육을 크게 저해하지 않으면서 카로티노이드 함량 감소도 큰 영향을 받지 않는다는 결과가 보고된 바 있다 (Jeong, 2009). 인삼에 적용된 예로는 In 등 (2006)이 UV 처리 기간이 길어질수록 인삼 모상근의 생장은 억제되지만, 사포닌 함량은 증대되었다고 보고하기도 하였다.

이에 따라 본 연구는 친환경 제재인 키토산을 인삼에 처리함에 따라 인삼의 생리 반응이 어떻게 변화하는지 확인하고자 실시하였다. 또한, 기존에 많이 쓰인 갑각류 유래 키토산이 아닌, 수급 및 활용도 면에서 이점이 있는 곤충 유래 키토산을 이용하여 영양원적 요소로서의 효과를 분석하고자 하였다.

한편, 이상기상으로 대기 중 자외선 방출량이 변화될 경우 인삼의 생육 변화에 미치는 영향에 대해 확인함으로써 변화하는 자외선 환경을 인삼 재배에 긍정적으로 활용할 수 있는 방법을 모색하고자 하였다. 이를 위해 UV 광원을 파장별, 세기별로 처리하였을 경우 2년생 인삼의 ginsenosides, 총 폴리페놀 함량, 항산화 활성 등의 변화를 통해 인삼의 생리활성 변화를 확인하였다.

본 결과를 인삼의 약리적 효과를 높여주면서, 균일한 품질을 안정적으로 생산할 수 있는 재배방법을 증진시키기 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료 및 재배관리

2년생 묘삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer)을 상토와 포트틀을 이용하여 재배하였다. 포트 (52.0 cm × 35.7 cm × 20.0 cm)에 약 15 l의 상토를 넣고 동일한 힘으로 다진 후, 묘삼을 24 주 (6 행 4 열)로 재식하였다. 상토는 인삼전용상토를 구매하여 사용하였다.

키토산 처리는 A (*Gryllus bimaculatus*, Power life, Gwangju, Korea), B (Mealworm beetle, edible-bug, Busan, Korea)를 포트 당 각각 2 g 씩 증류수에 녹여 상토에 고루 섞어주었다. 각 처리별로 3 반복으로 실험하였다. 키토산 실험은 충북 음성군 농촌진흥청 인삼특작부 자동화 유리온실에서 수행하였으며, 온도는 20°C - 30°C로 관리하였다.

UV 처리는 재식 후 일주일 후 지상부가 상토 위로 출현한 이후부터 light-emitting diode (LED) 광원을 기본으로 UV-A

(395 nm)와 UV-B (310 nm) 처리구별로 20 W의 세기로 처리하였고, 주간 (9시 - 18시)에만 처리하고, 야간에는 UV 처리는 하지 않았다. 대조구는 LED 광원만을 처리하였으며 각 처리별로 3 반복으로 실험하였다.

LED는 620 nm - 650 nm의 적색 파장과 450 nm - 470 nm의 청색 파장이 3 : 1의 비율로 혼합된 형광등 타입을 이용하였다. UV 실험은 충북 음성군 농촌진흥청 인삼특작부 LED실에서 수행하였으면, 온도는 20°C - 30°C로 관리하였다.

UV가 처리된 각 인삼의 지상부와 지하부의 총 폴리페놀 함량 분석, 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거능 측정, 아질산염 소거능 측정을 위하여 추출물을 제조하였다. 각 동결 건조한 분말 시료 2 g을 70% 에탄올로 24 시간 상온에서 추출한 후, 감압증류기 (JP/N-1000VW, Eyela, Miyagi, Japan)를 이용하여 농축하였으며, 농축액을 DMSO로 희석하여 100 mg/ml - 200 mg/ml의 농도로 추출액을 제조하였다.

2. 인삼 생육조사

인삼의 생육 조사는 한 포트 당 10 개체씩을 무작위로 선별하여 실시하였으며 지상부는 초장, 경직경, 엽장, 엽폭, 엽록소 함량 (SPAD), 생체중 (줄기 + 잎)으로 총 6 개 항목을 측정하였으며 지하부는 근장, 근직경, 생체중으로 총 3 개 항목을 측정하였다.

엽록소함량은 SPAD-502 Plus (Konica minolta Inc., Tokyo, Japan)을 이용하여 3 반복 평균치를 사용하였다. 경직경은 버니어캘리퍼스 (CD-15APX, Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)으로 토양 표면 상단부 3 cm 부위를 측정하였다. 지하부의 근직경은 경직경과 같은 방식으로 버니어캘리퍼스 (CD-15APX, Mitutoyo Co., Tokyo, Japan)를 이용하였다.

3. 토양 화학성 조사

토양 이화학적 성분은 인삼의 생육 조사와 함께 인삼이 식재된 토양을 채취하여 분석하였다. 토양 채취는 격자식으로 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, 2 차로 분쇄기 (SFM-555SP, SHINIL Electronics Co., Ltd., Cheonan, Korea)로 곱게 마쇄하여 분말 시료로 만들어 유기물 함량 (OM)을 분석하였다. 토양 화학성 분석은 농촌진흥청 토양화학분석법에 준하였다 (NIAS, 2000).

4. Ginsenoside 분석

동결 건조한 분말시료에 대해 10 종의 ginsenoside (Re, Rg1, Rf, Rb1, Rg2, Rg3, Rh1, Rc, Rb2, Rb3, Rd) 표준품

을 사용하였으며 (ChromaDex, Irvine, CA, USA), 분석 방법은 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 μ m membrane filter (Agilent Technologies Inc., Santa Clara, CA, USA)로 여과하여 분석시료로 이용하였다 (Kim *et al.*, 2010).

분석시료를 ultra performance liquid chromatography (UPLC, Nexera X2, Shimadzu, 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 이었다. UV 검출 파장은 203 nm로 설정하였다 (Moon *et al.*, 2019).

5. 총 폴리페놀 함량 분석

UV 광원 처리한 인삼을 대상으로 지상부와 지하부의 총 폴리페놀 함량을 Folin-Denis (1912) 방법을 이용하여 분석하였다 (Hong *et al.*, 2012).

추출물 20 μ l에 gallic acid standard 20 μ l와 Folin-calteu reagent 20 μ l를 넣고 3 분간 실온 반응시킨 후, 1% Na₂CO₃ 160 μ l를 분주하였다. 그 후 45 분 동안 암조건으로 반응시켰다. 반응 완료 후 UV-VIS spectrophotometer (Varioskan LUX, Thermo Fisher Scientific Inc., Wilmington DE, USA)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료에 함유된 총 폴리페놀 함량은 gallic acid를 이용하여 5 ppm - 1,000 ppm 농도의 표준곡선을 작성하였고 시료의 흡광도 수치를 대입하여 농도를 결정하였다.

6. DPPH 라디칼 소거능

UV 광원 처리한 인삼을 대상으로 지상부와 지하부의 항산화 활성 변화를 측정하기 위해, DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능을 측정하였다. DPPH는 라디칼이 있어 polyhydroxy 방향족 화합물, 방향족 아민류 등에 의해 환원되며, 이때 라디칼이 소거되면서 자색이 탈색되는 정도를 흡광도로 측정한다 (Moon, 2017). 추출액 제조 방법은 총 폴리페놀 분석에서의 추출액 제조 방법과 동일하게 사용하였으며 DPPH 라디칼 소거 활성 검정은 Blois (1958)의 방법을 변형하여 측정하였다.

추출액 100 μ l에 0.2 mM DPPH solution 100 μ l을 분주한 후 암조건에서 30 분간 반응시켰다. 반응 완료 후 UV-VIS spectrophotometer (Varioskan LUX, Thermo Fisher Scientific Inc., Wilmington, DE, USA)를 이용하여 517 nm에서 흡광도

를 측정하였다.

7. 아질산염 소거 활성

UV 광원 처리한 인삼을 대상으로 지상부와 지하부의 아질산염 라디칼 소거능을 측정하였다. 아질산염은 N-nitrosamine 반응의 전구물질로 함량이 높을수록 발암물질인 N-nitrosamine 생성할 가능성이 높다 (Sung *et al.*, 1997). 추출액 제조 방법은 총 폴리페놀 분석에서의 추출액 제조 방법과 동일하게 사용하였으며 아질산염 소거 활성은 Gray와 Dugan (1975)의 방법을 참조하여 검정하였다.

1 mM NaNO₂ 100 μ l에 추출물 200 μ l, 0.1 N HCl (pH 1.2) 1 ml를 넣고 37°C에서 1 시간 반응시켰다. 1 시간 반응 후, 시험관에 2% acetic acid 5 ml를 넣고 Griess A (30% acetic acid + 1% sulfanilic acid)와 Griess B (30% acetic acid + 1-naphthylamine)를 1 : 1 비율로 혼합한 용액을 400 μ l를 첨가한다. 이를 상온, 암조건 하에서 15 분간 반응시키고 UV-VIS spectrophotometer (Varioskan LUX, Thermo Fisher Scientific Inc., Wilmington DE, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다.

8. 통계분석

통계분석은 SAS Enterprise guide 7.1 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석 (ANOVA)을 실시한 후 처리 간 인삼 생육, ginsenoside, 페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, 아질산염 소거능 간의 유의차를 확인하여 5% 유의수준에서 Duncan's Multiple Range Test (DMRT)로 분석하였다 ($p < 0.05$).

결과 및 고찰

1. 인삼 생육 특성

키토산 처리에 따른 인삼 (*Panax ginseng* C. A. Meyer) 생육을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 생육 150 일에는 지상부는 낙엽 등으로 고사하여, 지하부 생육만을 조사하였다. 생육조사 결과 50 일까지는 대조구의 생육이 우세한 반면, 생육 100 일에는 키토산 처리를 한 B 처리구의 엽장, 엽폭, 근경 생육이 양호하였다. 또한, 생육 150 일에는 통계적으로 유의차가 크지는 않았지만 수치적으로 키토산 B 처리구의 지하부 생육이 근중 2.03 g, 근경 6.96 mm, 근장 18.1 cm으로 나타나 양호한 생육을 보였다.

Oh 등 (2000)은 키토산을 30 mg/l의 농도로 인삼 모상근에 처리하였을 때 생산량이 증가하였다고 보고한 바 있으며, 또한 키토산 처리 시 잔디 생장이 유의성 있게 증가하였다고 보고되었다 (Jang and Yoon, 2011). 처리한 키토산의 제재의 종류는 연구에 따라 다르지만, 전반적으로 키토산 처리가 인

Table 1. Growth characteristics of root and shoot in 2-years old ginseng cultivation after chitosan treatments.

Growing days	Chitosan treatments	SW ¹⁾ (g)	SL ²⁾ (cm)	Leaf SPAD	LL ³⁾ (cm)	LW ⁴⁾ (cm)	RL ⁵⁾ (cm)	RWD ⁶⁾ (mm)	RWT ⁷⁾ (g)
50	A	0.68 ^b	6.4 ^b	28.94 ^a	5.5 ^b	2.5 ^b	10.8 ^a	5.25 ^a	0.71 ^b
	B	0.78 ^{ab}	6.8 ^{ab}	26.73 ^b	5.7 ^{ab}	2.7 ^a	11.5 ^a	5.04 ^a	0.84 ^a
	Control	0.84 ^a	7.2 ^a	28.40 ^{ab}	6.1 ^a	2.9 ^a	11.3 ^a	5.24 ^a	0.83 ^{ab}
100	A	0.76 ^a	6.5 ^a	26.01 ^a	5.6 ^a	2.7 ^b	15.9 ^a	6.09 ^a	1.50 ^a
	B	0.80 ^a	6.8 ^a	24.98 ^a	6.8 ^a	2.8 ^a	13.9 ^{ab}	6.59 ^a	1.54 ^a
	Control	0.78 ^a	6.7 ^a	21.74 ^b	6.0 ^a	2.8 ^a	13.5 ^b	6.32 ^a	1.50 ^a
150	A	-	-	-	-	-	14.2 ^b	6.70 ^a	1.77 ^a
	B	-	-	-	-	-	18.1 ^a	6.96 ^a	2.03 ^a
	Control	-	-	-	-	-	14.3 ^b	6.72 ^a	1.65 ^a

Chitosan treatment A is chitosan originated from *Gryllus bimaculatus* and chitosan treatment B is chitosan originated from mealworm beetle. ¹⁾SW: shoot weight, ²⁾SL: stem length, ³⁾LL: leaf length, ⁴⁾LW: leaf width, ⁵⁾RL: root length, ⁶⁾RWD: root width, ⁷⁾RWT: root weight. All data are presented on means (n = 30). *Means with different alphabets vary significantly with DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05) within same growing days.

Table 2. Growth characteristics of shoot and root in 2-years old ginseng cultivation under UV light treatments.

Growing days	Ultraviolet treatments	SW ¹⁾ (g)	SL ²⁾ (cm)	Leaf SPAD	LL ³⁾ (cm)	LW ⁴⁾ (cm)	RWD ⁶⁾ (mm)	RWT ⁷⁾ (g)
10	UV-A	0.68 ^a	11.0 ^a	31.63 ^a	4.1 ^b	1.8 ^b	4.48 ^a	0.59 ^b
	UV-B	0.76 ^a	11.2 ^a	31.58 ^a	4.7 ^a	2.2 ^a	4.56 ^a	0.60 ^a
	Control	0.75 ^a	11.9 ^a	31.70 ^a	4.5 ^{ab}	1.9 ^b	4.51 ^a	0.62 ^a
20	UV-A	0.81 ^b	12.2 ^a	35.65 ^a	4.5 ^b	2.0 ^b	3.71 ^a	0.53 ^a
	UV-B	1.01 ^a	12.4 ^a	35.55 ^a	5.6 ^a	2.5 ^a	3.25 ^{ab}	0.52 ^a
	Control	0.93 ^{ab}	12.5 ^a	33.72 ^a	5.2 ^a	2.2 ^{ab}	3.11 ^a	0.53 ^a
30	UV-A	1.02 ^a	13.3 ^a	36.75 ^a	5.9 ^a	2.57 ^a	4.40 ^{ab}	0.55 ^{ab}
	UV-B	0.97 ^a	11.9 ^b	36.76 ^a	6.0 ^a	2.63 ^a	4.14 ^b	0.52 ^b
	Control	0.94 ^a	12.1 ^{ab}	36.47 ^a	5.7 ^a	2.56 ^a	4.60 ^a	0.57 ^a

UV A is 395 nm and UV B is 310 nm. ¹⁾SW: shoot weight, ²⁾SL: stem length, ³⁾LL: leaf length, ⁴⁾LW: leaf width, ⁵⁾RL: root length, ⁶⁾RWD: root width, ⁷⁾RWT: root weight. All data are presented on means (n = 30). *Means with different alphabets vary significantly with DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05) within same growing days.

삼 생육에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

UV 광원 처리에 따른 인삼 생육을 측정된 결과는 Table 2와 같다. UV-A를 처리한 경우에서 지상부 생육은 생육 30 일에 생체중 1.02 g, 경장 13.3 cm, 엽장 5.9 cm로 대조구에 비해 다소 증가하였고, 지하부 생육은 근장 13.6 cm, 근경 4.40 mm, 근중 0.55 g 으로 대조구에 비해 감소하는 경향을 보였다. UV-B를 처리한 경우, 지하부 생육은 생육 30 일에 근장 13.9 cm, 근경 4.14 mm, 근중 0.52 g 으로 대조구에 비해 감소하는 경향을 보여 전체적으로는 UV 조사에 의해 인삼 지하부 생육이 저하되는 것을 확인할 수 있었다.

이러한 결과는 In 등 (2006)이 UV 조사에 의해 인삼 모상근의 생장은 다소 억제되었다고 보고한 결과와 유사하였으며 오이 묘에 UV-B를 7 일정도 처리하였을 때 생육에 심한 장해양상을 나타냈다고 보고한 결과와도 (Jeong, 2009) 유사하

였다. Bae 등 (1997)은 오이 묘에 UV-B를 조사한 결과 엽면적의 생장이 감소하였고, 이는 UV가 세포의 신장과 분열 생장에 관여하는 사이토키닌을 억제하였다고 보고하였는데 본 연구 결과에서도 마찬가지로 UV에 의한 인삼 생육 장해양상이 나타난다는 결과를 확인할 수 있다.

2. 키토산 처리에 따른 상토 화학성 변화

키토산 처리에 따른 상토 화학성 분석 결과는 Table 3과 같다.

토양산도는 키토산 처리구 모두에서 생육 일수가 길어짐에 따라 5.78 - 5.82에서 7.52 - 7.58로 높아졌고, 대조구 역시 같은 경향을 보였다. 토양 염류는 키토산 처리구 모두에서 초기 0.05 ds/m에서 생육 150 일에 0.09 ds/m - 0.10 ds/m로 점차 증가하는 것을 확인하였으나, 유기물 함량은 일정한 경

향을 보이지 않았다. 키토산 A 처리구의 유기물 함량은 289.15 g/kg에서 292.84 g/kg로 초기 함량보다 많아진 반면, 대조구의 유기물 함량은 305.33 g/kg에서 279.51 g/kg로 초기 함량에 비해 다소 감소하였다. 질산태 질소는 키토산 처리구 모두에서 일정한 경향을 보이지 않았으나, 생육 150 일이 경과한 대조구에서 0.26 mg/kg로 현저하게 감소한 것을 확인하였다.

이는 Seok 등 (2004)이 상추 포트에 키토산을 처리 후 토양산도는 높아지고, 유효인산이 감소하였다고 보고한 결과와 비슷한 경향을 보였다. 키토산 처리 후 토양산도가 높아지는 이유는 유래한 키틴 종류에 따라 차이가 있지만, 산성 수용액에서 용해되기 때문인 것으로 사료된다 (Won, 2017).

3. Ginsenoside 함량 변화

키토산 처리에 따른 인삼 지상부의 ginsenoside 함량 변화는 Table 4와 같다. 생육 100 일에는 총 ginsenoside 함량이 키토산 처리에 관계없이 7.45% - 8.14%에서 4.64% - 6.37%로 감소되어지는 것을 확인하였다. 또한, 대조구에 비해 키토산 처리를 한 2 개 실험구의 감소량이 약 2 배가량 컸다. PD/PT 비율 또한 모든 처리에서 큰 폭으로 감소하였다.

10 종의 ginsenoside 가운데 함량 비율이 가장 높은 Re의 변화량을 분석하면, 모든 처리에서 생육 일수가 길어짐에 따라 감소하였다. 이는 앞선 총 ginsenoside와 PD/PT 비율의 감소 비율의 큰 이유 중에 하나일 것으로 추측할 수 있다. Rg1은 키토산 B 처리에서만 감소하였고, 대조구와 키토산 A 처리구에서는 증가하였다. 이때, Rb1은 대조구에서만 변화가

Table 3. Changes of bed soil chemicals properties in 2-years old ginseng cultivation after chitosan treatments.

Growing days	Chitosan treatments	pH (1 : 5)	EC ¹⁾ (ds/m)	OM ²⁾ (g/kg)	NO ₃ -N (mg/kg)	Av. P ₂ O ₅ (mg/kg)	Exchangeable cation (cmol _e /kg)			
							K	Ca	Mg	Na
0	A	5.82 ^a	0.05 ^a	289.15 ^a	0.86 ^b	12.89 ^a	0.07 ^a	3.15 ^a	2.61 ^a	0.14 ^a
	B	5.78 ^b	0.05 ^a	291.59 ^a	1.06 ^a	9.92 ^b	0.07 ^a	3.27 ^a	2.69 ^a	0.14 ^a
	Control	5.64 ^c	0.05 ^a	305.33 ^a	0.91 ^b	11.33 ^{ab}	0.07 ^a	3.15 ^a	2.59 ^a	0.13 ^a
50	A	7.16 ^b	0.05 ^b	257.18 ^a	0.83 ^a	1.58 ^a	0.06 ^a	4.06 ^a	3.85 ^a	0.23 ^a
	B	7.22 ^a	0.07 ^a	260.62 ^a	0.90 ^a	2.81 ^a	0.06 ^a	3.93 ^a	3.89 ^a	0.21 ^b
	Control	7.22 ^a	0.05 ^b	262.23 ^a	0.84 ^a	2.41 ^a	0.04 ^b	3.88 ^a	3.88 ^a	0.20 ^b
100	A	7.45 ^b	0.06 ^b	272.15 ^a	0.70 ^a	2.24 ^a	0.05 ^a	4.21 ^a	3.80 ^a	0.26 ^a
	B	7.52 ^a	0.06 ^b	263.18 ^b	0.62 ^a	2.19 ^a	0.04 ^b	3.98 ^a	3.61 ^a	0.22 ^b
	Control	7.52 ^a	0.07 ^a	273.01 ^a	0.62 ^a	1.26 ^b	0.03 ^c	4.11 ^a	3.77 ^a	0.25 ^{ab}
150	A	7.58 ^b	0.10 ^a	292.84 ^a	0.89 ^a	1.34 ^a	0.05 ^a	4.48 ^a	4.45 ^a	0.32 ^a
	B	7.52 ^b	0.09 ^b	271.09 ^c	0.91 ^a	0.47 ^a	0.04 ^b	4.32 ^a	4.40 ^a	0.30 ^a
	Control	7.72 ^a	0.06 ^c	279.51 ^b	0.26 ^b	0.41 ^a	0.04 ^c	4.56 ^a	4.37 ^a	0.26 ^b

Chitosan treatment A is chitosan originated from *Gryllus bimaculatus* and chitosan treatment B is chitosan originated from mealworm beetle. ¹⁾EC; electrical conductivity, ²⁾OM; organic matter. All data are presented on means (n = 30). *Means with unlike alphabets are significantly different by DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05) within same growing days.

Table 4. Differences of ginsenoside contents in shoot of 2-years old ginseng after chitosan treatments.

Growing days	Chitosan treatments	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
50	A	7.453 ^b	0.605 ^c	3.448 ^a	0.982 ^c	0.077 ^a	0.023 ^b	0.114 ^a	0.066 ^b	0.220 ^c	0.275 ^c	0.044 ^c	2.203 ^b
	B	8.144 ^a	0.755 ^b	3.365 ^a	1.071 ^a	0.066 ^b	0.025 ^a	0.114 ^a	0.083 ^a	0.310 ^a	0.380 ^a	0.059 ^a	2.671 ^a
	Control	7.602 ^b	0.798 ^a	3.001 ^b	1.037 ^b	0.067 ^b	0.023 ^b	0.099 ^b	0.066 ^b	0.287 ^b	0.343 ^b	0.054 ^b	2.624 ^a
100	A	4.641 ^c	0.140 ^c	2.843 ^b	1.113 ^a	0.007 ^b	0.016 ^a	0.094 ^c	0.023 ^c	0.042 ^c	0.074 ^c	0.013 ^c	0.418 ^c
	B	5.553 ^b	0.366 ^b	3.090 ^a	0.855 ^c	0.007 ^b	0.015 ^b	0.099 ^a	0.041 ^b	0.140 ^b	0.211 ^b	0.027 ^b	1.069 ^b
	Control	6.370 ^a	0.591 ^a	2.876 ^b	1.009 ^b	0.009 ^a	0.016 ^a	0.096 ^b	0.066 ^a	0.249 ^a	0.367 ^a	0.039 ^a	1.645 ^a

Chitosan treatment A is chitosan originated from *Gryllus bimaculatus* and chitosan treatment B is chitosan originated from mealworm beetle. ¹⁾Total; total ginsenoside, ²⁾PD/PT; protopanaxadiol/protopanaxtriol, ³⁾PT; protopanaxtriol, ⁴⁾PD; protopanaxadiol. All data are showed by the means (n = 30). *Means with different alphabets vary significantly with DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05) within same growing days.

없었고, 키토산 두 처리 모두 감소하였다. 지상부 ginsenoside 함량은 키토산 처리에 의해 감소하는 것을 확인하였다.

키토산 처리에 따른 인삼 지하부의 ginsenoside 함량 변화는 Table 5와 같다. Total ginsenoside 함량은 생육 100 일이 경과한 후 0.76% - 0.94%까지 높아졌다가 150 일이 되면서 다시 초기보다 감소하는 경향을 보였다. PD/PT 비율 역시 생육 100 일에 0.75% - 0.84%로 가장 높았다.

10 종의 ginsenoside 가운데 함량 비율이 가장 높은 Re의 변화량을 분석하면, 키토산을 처리하고 생육 100 일이 경과한 후 증가하였다가 감소한 반면 대조구는 계속 감소하는 추세를 보였다.

Rg1은 키토산 처리에 관계없이 모두 증가했다가 감소하는 경향을 보였고, Rb1 역시 처리에 관계없이 모두 감소하는 경

향을 보였다. 키토산을 처리하고 생육 100 일이 경과한 후 키토산 A 처리구에서는 지하부의 total ginsenoside 함량 증진에 가장 효과가 높았고, 키토산 B 처리도 대조구에 비해선 긍정적인 영향을 준 것을 확인하였다. 다만 생육일수가 150 일로 더 길어질 경우 모든 처리에서 함량이 오히려 감소하기 때문에, 생육 100 일에 키토산을 처리할 경우 지하부 ginsenoside 함량 증진에 효과가 있는 것을 확인할 수 있었다.

이와 같은 결과는 키토산을 30 mg/l 의 농도로 인삼 모상근에 처리하였을 때 ginsenoside 함량 증진에 효과가 있다는 보고와 유사하였다 (Oh *et al.*, 2000). 또한, Lee 등 (2004)은 인삼 부정근에 5 mg/l 의 키토산을 처리한 결과 대조구의 약 9%의 ginsenoside 함량증대 효과가 있음을 보고하였다. 타 작물의 경우 콩나물에 키토산을 농도별로 처리하였을 때, 모

Table 5. Differences of ginsenoside contents in root of 2-years old ginseng after chitosan treatments.

Growing days	Chitosan treatments	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
50	A	0.712 ^a	0.810 ^a	0.215 ^a	0.073 ^c	0.042 ^b	0.029 ^b	0.035 ^a	0.124 ^a	0.080 ^a	0.068 ^a	0.016 ^a	0.031 ^a
	B	0.699 ^a	0.632 ^b	0.222 ^a	0.099 ^b	0.042 ^b	0.033 ^a	0.032 ^{ab}	0.112 ^b	0.059 ^b	0.055 ^b	0.014 ^b	0.029 ^a
	Control	0.756 ^a	0.728 ^a	0.222 ^a	0.112 ^a	0.043 ^a	0.029 ^b	0.032 ^b	0.118 ^{ab}	0.082 ^a	0.070 ^a	0.017 ^a	0.032 ^a
100	A	0.945 ^a	0.770 ^b	0.255 ^a	0.157 ^a	0.050 ^a	0.036 ^a	0.036 ^a	0.119 ^a	0.099 ^a	0.090 ^a	0.015 ^a	0.088 ^a
	B	0.832 ^b	0.754 ^b	0.226 ^a	0.138 ^a	0.044 ^b	0.031 ^b	0.036 ^a	0.108 ^b	0.086 ^b	0.079 ^b	0.013 ^b	0.072 ^b
	Control	0.756 ^c	0.840 ^a	0.188 ^b	0.132 ^a	0.038 ^c	0.025 ^c	0.028 ^b	0.104 ^b	0.079 ^b	0.076 ^b	0.013 ^b	0.073 ^b
150	A	0.576 ^a	0.542 ^b	0.207 ^{ab}	0.083 ^b	0.050 ^b	0.003 ^b	0.030 ^a	0.071 ^b	0.047 ^b	0.049 ^b	0.010 ^a	0.026 ^b
	B	0.641 ^a	0.507 ^b	0.232 ^a	0.103 ^a	0.056 ^{ab}	0.003 ^{ab}	0.031 ^a	0.076 ^b	0.048 ^b	0.050 ^b	0.011 ^a	0.030 ^a
	Control	0.625 ^a	0.633 ^a	0.192 ^b	0.097 ^{ab}	0.060 ^a	0.004 ^a	0.030 ^a	0.090 ^a	0.058 ^a	0.058 ^a	0.012 ^a	0.025 ^b

Chitosan treatment A is chitosan originated from *Gryllus bimaculatus* and chitosan treatment B is chitosan originated from mealworm beetle. ¹⁾Total; total ginsenoside, ²⁾PD/PT; protopanaxadiol/protopanaxtriol, ³⁾PT; protopanaxtriol, ⁴⁾PD; protopanaxadiol. All data are showed by the means (n = 30). *Means with different alphabets vary significantly with DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05) within same growing days.

Table 6. Differences of ginsenoside contents in shoot of 2-years old ginseng under UV light treatments.

Growing days	Ultraviolet treatments	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
10	UV-A	2.333 ^a	0.226 ^a	1.392 ^a	0.421 ^a	0.019 ^b	0.005 ^a	0.074 ^a	0.031 ^a	0.040 ^a	0.053 ^a	0.070 ^a	0.229 ^a
	UV-B	1.893 ^c	0.181 ^c	1.142 ^c	0.373 ^b	0.018 ^b	0.004 ^a	0.067 ^b	0.021 ^c	0.025 ^c	0.034 ^c	0.055 ^c	0.155 ^c
	Control	2.163 ^b	0.197 ^b	1.274 ^b	0.436 ^a	0.021 ^a	0.005 ^a	0.071 ^a	0.026 ^b	0.033 ^b	0.045 ^b	0.060 ^b	0.191 ^b
20	UV-A	2.131 ^b	0.356 ^c	1.203 ^a	0.287 ^c	0.019 ^a	0.004 ^c	0.059 ^a	0.041 ^b	0.047 ^c	0.071 ^c	0.086 ^b	0.314 ^b
	UV-B	2.636 ^a	0.483 ^a	1.220 ^a	0.477 ^a	0.017 ^{ab}	0.005 ^a	0.058 ^a	0.044 ^a	0.079 ^a	0.112 ^a	0.146 ^a	0.477 ^a
	Control	2.320 ^b	0.388 ^b	1.213 ^a	0.380 ^b	0.016 ^b	0.005 ^b	0.058 ^a	0.046 ^a	0.060 ^b	0.088 ^b	0.086 ^b	0.368 ^b
30	UV-A	1.733 ^c	0.313 ^c	0.825 ^c	0.444 ^b	0.009 ^a	0.002 ^c	0.040 ^b	0.033 ^c	0.028 ^c	0.040 ^c	0.005 ^c	0.307 ^c
	UV-B	2.417 ^a	0.521 ^a	0.883 ^a	0.650 ^a	0.007 ^b	0.011 ^a	0.039 ^b	0.047 ^a	0.071 ^a	0.093 ^a	0.012 ^a	0.605 ^a
	Control	1.820 ^b	0.400 ^b	0.855 ^b	0.391 ^c	0.008 ^a	0.006 ^b	0.045 ^a	0.038 ^b	0.039 ^b	0.052 ^b	0.007 ^b	0.381 ^b

UV A is 395 nm and UV B is 310 nm. ¹⁾Total; total ginsenoside, ²⁾PD/PT; protopanaxadiol/protopanaxtriol, ³⁾PT; protopanaxtriol, ⁴⁾PD; protopanaxadiol. All data are showed by the means (n = 30). *Means with different alphabets vary significantly with DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05) within same growing days.

든 처리에서 대조구보다 조사포닌과 soyasaponin 함량이 높았음을 보고한 바 있다 (Oh *et al.*, 2007). 또한, 생육 일수가 150 일 이상 길어질 경우 오히려 ginsenoside 함량이 감소하는 이유는 Rb1과 Rg1과 같이 일부 ginsenoside가 토양산도와 부의 상관관계를 가지기 때문인 것으로 유추할 수 있다 (Kim *et al.*, 2020). 키토산 처리에 따른 토양 화학성 분석 결과를 통해 생육기간이 길어질수록 토양산도가 높아짐을 알 수 있었다. 따라서 키토산 처리 후 생육기간이 길어질수록 토양 중 토양산도는 높아지고, 이로 인해 150 일 이상 재배할 경우 일부 ginsenoside 함량이 감소한 결과를 뒷받침할 수 있다.

UV 처리에 따른 인삼 지상부의 ginsenoside 함량 변화는 Table 6과 같다. 총 ginsenoside가 UV-A 처리구에서는 생육 경과 일수에 따라 2.33 %에서 1.73%로 계속 감소하는 추세를 보였고, UV-B 처리구와 대조구는 생육 20 일까지는 계속 증가하다가 생육 30 일 경과 후에는 감소하는 추세를 보였다. PD/PT 비율 역시 UV-A 처리구에서는 증가하였다가 감소하는 경향을 보인 반면, UV-B 처리구와 대조구는 꾸준히 증가하는 경향을 보였다. 이를 통해 광원의 효과로는 UV-B가 지상부의 ginsenoside 함량 증진에 유효한 것을 확인하였다.

UV 처리에 따른 인삼 지하부의 ginsenoside 함량 변화는 Table 7과 같다. 모든 처리구의 총 ginsenoside 함량이 생육 20 일 경과 시 3.31% - 3.72%로 가장 높았다가, 생육 30 일 경과 시부터 감소하는 경향을 보였다. 이는 ginsenoside 10 중 중 함량 비율이 높은 Re의 변화 추세와 비슷한 경향을 보였다. 따라서 UV 처리는 특정 시기인 생육 20 일에 인삼 지하부의 총 ginsenoside 함량 증진에 유효함을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 In 등 (2006)이 UV 조사에 의해 인삼 모상근의 사포닌 함량이 증가되는 경향을 나타내었다는 보고와 유사하였다.

PD/PT 계열은 생육 일수가 진전됨에 광원에 관계없이 다소 증가하는 추세를 보였다. 이는 PT 계열인 Re의 함량이 생육 일수가 길어짐에 따라 큰 폭으로 감소하는 것에서 기인한 것으로 유추할 수 있다.

4. 총 폴리페놀 함량 변화

UV 처리에 따른 지상부와 지하부의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Table 8과 같다. 총 폴리페놀 함량은 생육 일수와 관계없이 지상부 0.062 mg·GAE/g - 0.073 mg·GAE/g, 지하부 0.062 mg·GAE/g - 0.094 mg·GAE/g이었다.

과장별로 분석한 결과 지상부는 UV-A 과장에서 20 일 경에 0.073 mg·GAE/g로 대조구 대비 약 10% 가량 높았고, 지하부 역시 UV-A 과장에서 20 일 경에 0.094 mg·GAE/g로 대조구 대비 약 34% 가량 높았다. 또한, 생육 30 일에도 UV-A 처리구의 지상부와 지하부의 총 폴리페놀 함량이 나머지 두 처리구에 비해 통계적으로 가장 높았다. 이를 통해 UV-A 과장이 인삼의 총 폴리페놀 함량 증진에 유효한 영향을 주는 것을 확인하였다. 이와 같은 결과는 식용꽃 팬지에 UV를 처리하였을 때, 대조구에 비해 총 폴리페놀 함량이 높았다는 보고와 비슷한 경향을 보였다 (Lee and Kim, 2018). UV-B 처리구에서는 UV-A만큼 큰 효과는 확인할 수 없었지만, 생육 10 일에 지하부의 총 폴리페놀 함량은 0.078 mg·GAE/g로 대조구보다 약 16.4% 높았다. 이와 같은 결과는 *paubrasilia echinata*가 증가한 UV-B에 반응하여 폴리페놀 함량이 증가하였다는 보고와 비슷한 경향을 보였다 (Cuzzuol *et al.*, 2020).

5. DPPH 라디칼 소거능

광 과장별로 지상부와 지하부의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 결과는 Table 8과 같다. 생육 20 일의 UV-A 처리구 지

Table 7. Differences of ginsenoside contents in root of 2-years old ginseng under UV light treatments.

Growing days	Ultraviolet treatments	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
10	UV-A	2.737 ^b	0.868 ^a	0.925 ^c	0.223 ^b	0.140 ^b	0.005 ^b	0.172 ^a	0.450 ^a	0.341 ^a	0.303 ^a	0.052 ^a	0.127 ^c
	UV-B	3.137 ^a	0.817 ^{ab}	1.073 ^a	0.292 ^a	0.163 ^a	0.005 ^{ab}	0.192 ^a	0.515 ^a	0.385 ^a	0.290 ^a	0.050 ^a	0.171 ^a
	Control	2.898 ^{ab}	0.724 ^b	1.041 ^{ab}	0.277 ^a	0.170 ^a	0.006 ^a	0.186 ^a	0.346 ^b	0.373 ^a	0.299 ^a	0.054 ^a	0.146 ^b
20	UV-A	3.307 ^c	0.707 ^c	1.335 ^a	0.221 ^c	0.172 ^c	0.005 ^c	0.205 ^b	0.540 ^c	0.363 ^c	0.274 ^c	0.047 ^c	0.146 ^c
	UV-B	3.629 ^b	0.814 ^b	1.315 ^b	0.327 ^a	0.181 ^b	0.006 ^b	0.172 ^c	0.617 ^b	0.409 ^b	0.363 ^b	0.060 ^b	0.179 ^b
	Control	3.718 ^a	0.934 ^a	1.197 ^c	0.313 ^b	0.196 ^a	0.006 ^a	0.209 ^a	0.642 ^a	0.490 ^a	0.408 ^a	0.067 ^a	0.194 ^a
30	UV-A	2.676 ^a	0.986 ^{ab}	0.436 ^b	0.478 ^a	0.163 ^a	0.153 ^a	0.118 ^b	0.479 ^a	0.352 ^a	0.293 ^a	0.058 ^a	0.147 ^b
	UV-B	2.501 ^a	1.061 ^a	0.405 ^b	0.471 ^a	0.133 ^b	0.098 ^c	0.106 ^b	0.442 ^a	0.311 ^b	0.290 ^a	0.056 ^a	0.187 ^a
	Control	2.653 ^a	0.919 ^b	0.480 ^a	0.471 ^a	0.146 ^{ab}	0.135 ^b	0.151 ^a	0.454 ^a	0.332 ^{ab}	0.295 ^a	0.057 ^a	0.132 ^c

UV-A is 395 nm and UV-B is 310 nm. ¹⁾Total; total ginsenoside, ²⁾PD/PT; protopanaxadiol/protopanaxtriol, ³⁾PT; protopanaxtriol, ⁴⁾PD; protopanaxadiol. data are showed by the means (n = 30). *Means with different alphabets vary significantly with DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level (p < 0.05) within same growing days.

상부의 DPPH 라디칼 소거능이 57.32%으로 대조구 대비 약 18% 가량 높았고, 지하부 역시 68.82%로 대조구 대비 약 189% 가량 높아 월등하게 큰 활성을 보였다. 이 결과는 앞선 총 폴리페놀 함량의 결과와 비슷한 경향을 보였다. 이를 통해 UV-A 파장을 20 일 가량 인삼에 조사하였을 경우 DPPH 라디칼 소거능이 가장 높은 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 UV-A 파장이 DPPH 라디칼 소거능 활성 증진에 유효한 영향을 주는 것을 확인하였다.

이와 같은 결과는 오이 종자를 받아서 UV-A를 조사한 결과 항산화 활성이 증가한다고 보고한 결과 (Kim *et al.*, 2000)와 일치하였다. 또한, Cho 등 (2013)은 수확한 딸기에 UV-A를 처리한 경우 항산화 활성이 높아졌다고 보고하였다.

UV-A 처리구와는 다르게 UV-B 처리구에서는 항산화 활성을 확인할 수 없었다. 지상부의 DPPH 라디칼 소거능은 생육 20 일에 47.2%, 생육 30 일에 33.8%로 대조구보다 통계적으로 낮았다. 또한, 지하부의 DPPH 라디칼 소거능 역시 생육 20 일에 14.8%, 생육 30 일에 11.2%로 대조구에 비해 낮은 활성을 보였다.

이와 같은 결과는 메밀씨에 UV-B를 처리하였을 때, DPPH 라디칼 소거활성은 확인할 수 없었다는 결과와 비슷한 경향을 보였다 (Tsurunaga *et al.*, 2013).

6. 아질산염 소거 활성

광 파장별로 지상부와 지하부의 아질산염 소거능 활성을 측정 한 결과는 Table 8과 같다. 인삼 지상부의 아질산염 소거능 활성을 분석한 결과 생육 초기에는 대조구에서 32.18%로 가장 높았으나, 생육 일수가 길어질수록 UV 처리구의 활성이

대조구 대비 약 27% - 150%까지 높아지는 것을 확인하였다. 또한, 지하부의 결과는 UV-B 파장을 20 일간 처리하였을 때 84.65%로 다른 처리에 비해 월등하게 높았다. 이 결과 역시 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능과 UV-A 파장에서 높은 활성을 보여 비슷한 경향을 보였다. 다만, 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능과 다른 점은 UV를 10 일 정도 더 처리하였을 때 월등하게 높아진다는 것이다.

UV 처리를 가한 인삼의 아질산염 소거 활성과 관련된 보고는 찾아보기 어렵다. 다만 UV와 같은 스트레스는 식물체 내 활성산소를 유발시켜 이로 인한 항산화 활성 증진과 밀접한 관련이 있다는 결과는 다수 보고되었으며 (Sakalauskaitė *et al.*, 2013; Csepregi *et al.*, 2017), 수확 후 열 처리를 한 경우 아질산염 소거능이 높아졌다는 결과가 보고된 바 있다 (Kang *et al.*, 2006). 이를 통해 인삼에 어떠한 스트레스를 처리할 경우 기능성 물질 함량이 증가되거나, 항산화 효능이 증진되는 것과 비슷한 경향으로 아질산염 소거능 또한 높아진다고 추론할 수 있다.

본 연구에서는 UV 처리에 따라 2년생 인삼의 생육과 토양 화학성, ginsenoside 함량 및 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능과 아질산염 소거능 활성 변화를 분석하였으며 키토산 처리에 따라 2년생 인삼의 생육과 토양화학성, ginsenoside 함량을 측정하였다.

UV 파장은 A, B 에 따른 일정한 경향은 없었으나 대조구에 비해서는 총 폴리페놀 함량, DPPH와 아질산염 라디칼 소거능 증진에 효과를 보였다. 다만, UV 처리에 의한 생육증진 효과는 일부 항목을 제외하고 유의차가 없었다.

키토산 A를 처리한 후 약 100 일 후 인삼 뿌리의 ginseno-

Table 8. Differences of total polyphenol contents, DPPH radical and nitrite scavenging activity in shoot and root of 2-years old ginseng under UV light treatments.

Growing days	Ultraviolet treatments	Shoot			Root		
		Total Polyphenol Contents (mg·GAE/g)	DPPH radical scavenging activity (%)	Nitrite radical scavenging activity (%)	Total Polyphenol Contents (mg·GAE/g)	DPPH radical scavenging activity (%)	Nitrite radical scavenging activity (%)
10	UV-A	0.071 ^a	51.6 ^a	26.2 ^b	0.068 ^b	26.6 ^a	35.2 ^b
	UV-B	0.070 ^{ab}	54.4 ^a	15.8 ^c	0.078 ^a	28.9 ^a	57.4 ^a
	Control	0.068 ^b	55.1 ^a	32.2 ^a	0.067 ^b	20.1 ^b	36.6 ^b
20	UV-A	0.073 ^a	57.3 ^a	25.3 ^a	0.094 ^a	68.8 ^a	46.5 ^b
	UV-B	0.064 ^b	47.2 ^c	20.8 ^a	0.065 ^c	14.8 ^c	84.7 ^a
	Control	0.066 ^b	48.6 ^b	10.1 ^b	0.070 ^b	23.8 ^b	27.7 ^c
30	UV-A	0.062 ^a	50.9 ^a	22.3 ^b	0.073 ^a	29.1 ^a	27.2 ^b
	UV-B	0.064 ^a	33.8 ^c	30.7 ^a	0.062 ^b	11.2 ^b	40.6 ^a
	Control	0.063 ^a	47.7 ^b	24.3 ^b	0.062 ^b	13.2 ^b	23.3 ^c

UV-A is 395 nm and UV-B is 310 nm. ¹Total; total ginsenoside, ²PD/PT; protopanaxadiol/protopanaxtriol, ³PT; protopanaxtriol, ⁴PD; protopanaxadiol. data are showed by the means (n = 30). *Means with different alphabets vary significantly with DMRT (Duncan's Multiple Range Test) at 5% level ($p < 0.05$) within same growing days.

side 함량이 약 대조구 대비 약 27%가량 높아졌다. 키토산 B를 처리한 후 약 150 일 후 인삼 뿌리 무게가 대조구 대비 약 23%가량 증가되었다. 또한, 100 일과 150 일에 키토산 처리에 의한 인삼의 수량과 유효성분을 함께 증진시키는 효과를 확인할 수 있었다.

키토산은 친환경 유기등록제재 중 하나로 생육 중인 인삼에 처리하기에도 용이할 것으로 판단되며 키토산을 이용하면 인삼의 수량 증대는 물론 유효성분 함량 및 생리활성 증진을 위한 적절한 재배 방법이 될 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ015735012021)과 2021년도 농촌진흥청 국립원예특작과학원 전문연구원 과정 지원 사업에 의해 이루어진 결과로 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- 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.
- Bae GY, Lee YB and Park SH.** (1997). Effect of fertilization on UV-B sensitivity of cucumber plant. *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 16:227-232.
- Blois MS.** (1958). Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*. 181:1199-1200.
- Cho HK, Lee BY, Lee JS and Park SW.** (2001). A seasonal climatology of erythemal ultraviolet irradiance over Korea. *Asia-Pacific Journal of Atmospheric Sciences*. 37:525-539.
- Cho JH, Lee JY, Lee MJ, Oh HN, Kang DH and Jhune CS.** (2013). Comparative analysis of useful β -glucan and polyphenol in the fruiting bodies of *Ganoderma* spp. *Journal of Mushroom Science and Production*. 11:164-170.
- Csepregi K, Coffey A, Cunningham N, Prinsen E, Hideg É and Jansen MAK.** (2017). Developmental age and UV-B exposure co-determine antioxidant capacity and flavonol accumulation in *Arabidopsis* leaves. *Environmental and Experimental Botany*. 140:19-25.
- Faizal A and Geelen D.** (2013). Saponins and their role in biological processes in plants. *Phytochemistry Reviews*. 12:877-893.
- Folin O and Denis W.** (1912). On phosphotungstic-phosphomolybdenic compounds as color reagents. *The Journal of Biological Chemistry*. 12:239-243.
- Gray JI and Dugan LR Jr.** (1975). Inhibition of N-nitrosamine formation in model food systems. *Journal of Food Science*. 40:981-984.
- Hong JY, Lee SK, Cho YJ, Kim CJ, Kim NS, Kim CT and Maeng JS.** (2012). Effect of post-harvest ultraviolet irradiation on biological activities in strawberries. *Food Engineering Progress*. 16:69-73.
- In JG, Park DS, Lee BS, Lee TH, Kim SY, Rho YD, Cho DH, Jin CW and Yang DC.** (2006). Effects of white light and UV irradiation on growth and saponin production from ginseng hairy root. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 14:360-366.
- Jang TH and Yoon JH.** (2011). Growth response of kentucky bluegrass and creeping bentgrass by foliar spray with chitosan formulation and seaweed extracts during fall season. *Asian Journal of Turfgrass Science*. 25:195-201.
- Jeong SW.** (2009). Effects of Ultraviolet spectra on physiological and growth responses of vegetables in greenhouse. Ph.D. Thesis. Gyeongsang National University. p.22-35.
- Kang KS, Yokozawa T, Kim HY and Park JH.** (2006). Study on the nitric oxide scavenging effects of ginseng and its compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 54:2558-2562.
- Kataria S, Guruprasad KN, Ahuja S and Singh B.** (2013). Enhancement of growth, photosynthetic performance and yield by exclusion of ambient UV components in C₃ and C₄ plants. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*. 127: 140-152.
- 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 HY, Shin DH and Kim KU.** (2000). Effects of different UV-B levels on growth, antioxidant contents and activities of related enzymes in cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Korean Journal of Environmental Agriculture*. 19:309-313.
- Kim JH.** (2018). Pharmacological and medical applications of *Panax ginseng* and ginsenosides: A review for use in cardiovascular diseases. *Journal of Ginseng Research*. 42:264-269.
- Kim KY, Um YR, Eo HJ, Park HW, Jeon KW and Kim HJ.** (2020). 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 Journal of Plant Research*. 33:255-262.
- Kochan E, Szymczyk P, Kuźma Ł, Szymańska G, Wajs-Bonikowska A, Bonikowski R and Sienkiewicz M.** (2018). The increase of triterpene saponin production induced by trans-anethole in hairy root cultures of *Panax quinquefolium*. *Molecules*. 23:2674. <https://doi.org/10.3390/molecules23102674> (cited by 2021 May 1).
- Lee BS, In JG, Song WS and Yang DC.** (2004). Increase of ginsenosides production by the treatment of chitosan and jasmonic acid in the adventitious roots of Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer). *Korean Journal of Plant Resources*. 17:48-53.
- Lee G, Choi GS, Lee JY, Yun SJ, Kim WK, Lee HJ, Baik MY and Hwang JK.** (2017). Proximate analysis and antioxidant activity of cultivated wild *Panax ginseng*. *Food Engineering Progress*. 21:208-214.
- Lee KG, Lee YW, Kweon HY, Yeo JH, Park IK, Nan J and Seol KY.** (1998). Structural characteristics of insect chitin/chitosan. *Korean Journal of Sericultural Science*. 40:158-162.

- Lee YB and Kim WS.** (2018). Effects of UV-B radiation timing on growth and antioxidants in edible flower pansy. *Flower Research Journal*. 26:102-108.
- Moon JW, Jang IB, Yu J, Jang IB, Seo SJ, Lee SW.** (2019). Changes in growth characteristics, biological activity and active compound contents in ginseng of different ages. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 27:383-389.
- Moon JW.** (2017). Agricultural characteristics and pharmacological functionality of *Hericium erinaceus*. Master Thesis. University of Seoul. p.20-22.
- National Institute of Agricultural Science and Technology (NIAST).** (2000). Methods of soil chemical analysis. Rural Development Administration. Suwon, Korea. p.89-93.
- Oh BY, Park BH and Ham KS.** (2007). Effects of chitosan treatment on changes of soyasaponin contents in soybean sprouts. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 36:584-588
- Oh SY, Park HJ, Choi KH, Meang SJ, Yang KJ and Yang DC.** (2000). The production of ginsenosides from ginseng hairy root by treatment of the chitin and chitosan. *Journal of Ginseng Research*. 24:68-73.
- Qian ZM, Lu J, Gao QP and Li SP.** (2009). Rapid method for simultaneous determination of flavonoid, saponins and polyacetylenes in folium ginseng and radix ginseng by pressurized liquid extraction and high-performance liquid chromatography coupled with diode array detection and mass spectrometry. *Journal of Chromatography A*. 1216:3825-3830.
- Sakalauskaitė J, Viskelis P, Dambrauskienė E, Sakalauskienė S, Samuolienė G, Brazaitytė A, Duchovskis P and Urbonavičienė D.** (2013). The effects of different UV-B radiation intensities on morphological and biochemical characteristics in *Ocimum basilicum* L. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 93:1266-1271.
- Seok WY, Oh JS, Kim DH, Chung WB and Jeong SJ.** (2004). Effect of microbial product on microorganisms in soil and the growth of leaf lettuce. *Korean Journal of Organic Agriculture*. 14:427-436.
- Seong BJ, Kim SI, Jee MG, Lee HC, Kwon AR, Kim HH, Won JY and Lee KS.** (2019). Changes in growth, active ingredients, and rheological properties of greenhouse-cultivated ginseng sprout during its growth period. *Korean Journal of Medicinal Crop Science*. 27:126-135.
- Shin BK, Kwon SW and Park JH.** (2015). Chemical diversity of ginseng saponins from *Panax ginseng*. *Journal of Ginseng Research*. 39:287-298.
- Sung NJ, Lee SJ, Shin JH and Kim JG.** (1997). Effects of drying method on N-nitrosamine formation in squid during its drying. *Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition*. 26:614-619.
- Wang J, Li J, Li J, Liu S, Wu X, Li J and Gao W.** (2016). Transcriptome profiling shows gene regulation patterns in ginsenoside pathway in response to methyl jasmonate in *Panax quinquefolium* adventitious root. *Scientific Reports*. 6:37263. <https://doi.org/10.1038/srep37263> (cited by 2021 May 1).
- Won Ran.** (2017). Insect-based chitin research and its potential application to insect industry in Korea. *Journal of Chitin and Chitosan*. 22:215-220.
- Youn HG, Kim ES and Yoon SD.** (2018). Preparation and adsorption ability of chitosan-based biomaterials for the selective separation of 4-isopropylphenol as a phenolic compound. *Journal of Chitin and Chitosan*. 23:120-127.
- Zhang H, Abid S, Ahn JC, Mathiyalagan R, Kim YJ, Yang DC and Wang Y.** (2020). Characteristics of *Panax ginseng* cultivars in Korea and China. *Molecules*. 25:2635. <https://www.mdpi.com/1420-3049/25/11/2635> (cited by 2021 May 1).