

## 인삼잎의 광합성과 탄수화물·사포닌 함량에 미치는 항산화제의 효과

양덕조·김용해·양덕춘<sup>1</sup>·홍영남<sup>2</sup>

충북대학교 자연과학대학 생물학과

<sup>1</sup>한국인삼연구소연구원, <sup>2</sup>서울대학교 자연과학대학 생물학과

(1994년 10월 19일 접수)

## Effects of Antioxidants on the Photosynthesis and Carbohydrates/Saponin Contents in *Panax ginseng* Leaves

Deok-Cho Yang, Yong-Hae Kim, Deok-Choon Yang<sup>1</sup> and Young-Nam Hong<sup>2</sup>

Department of Biology, College of Natural Science, Chungbuk National University, Cheongju 360-763, Korea

<sup>1</sup>Korea Ginseng and Tobacco Research Institute, Taejeon 305-345, Korea

<sup>2</sup>Department of Biology, College of Natural Science, Seoul National University, Seoul 151-742, Korea

(Received October 19, 1994)

**Abstract**□ We studied the foliar wiping effects of antioxidants (ascorbate, glutathione and sodium azide), which effectively inhibited the chlorophyll bleaching or completely recovered the early stage of photosynthesis of *Panax ginseng* C.A. Meyer, on photosynthesis, stomatal resistance, free sugar, starch, and total saponin contents of ginseng under the excess light intensity (45 kLux) during 6 days. Ascorbate and glutathione, endogenous antioxidant, recovered photosynthesis and stomatal resistance, and reduced the photoinhibition by the excess light intensity (45 kLux) on free sugar, starch and total saponin contents. But sodium azide, exogenous <sup>1</sup>O<sub>2</sub> quencher, showed negative effect. Therefore, we assumed that carbohydrates and saponin metabolisms of ginseng by antioxidants (ascorbate, glutathione) were normal. For the reduction of inhibition by excess light in ginseng a program for the higher activation of antioxidants and antioxidative enzymes in ginseng leaf will be desirable.

**Key words**□ Antioxidants, ascorbate, glutathione, photoinhibition, ginseng.

### 서 론

인삼잎은 광에 대한 내성이 매우 약하여 강광에 노출되면 광합성 색소가 표백화되고 결국에는 고사하는 엽소현상이 나타난다.<sup>1,2)</sup> 인삼잎의 표백화현상은 광생리·생화학적인 장애현상(photophysio-biochemical disease)으로 인삼의 광합성 기구가 적색광(600~700 nm)을 과다하게 흡수하여 광역학적으로 생성되는

singlet oxygen(<sup>1</sup>O<sub>2</sub>)에 의한 광산화(photooxidation)작용이 그 원인이 밝혀졌다<sup>3, 6)</sup> 이와 같은 광산화 현상은 singlet oxygen이 강광에서 다량 생산되어 엽육세포에 내재된 색소체를 파괴하고 항산화 효소계를 불활성화시켜 엽소현상(leaf burning disease)을 촉진시킨다는 보고가 있다.<sup>7, 8)</sup> 이러한 결과를 기초로하여 엽소현상의 방제 방안으로 수종의 <sup>1</sup>O<sub>2</sub>-quencher/scavenger의 활용 가능성에 대하여 조사된바 있다.<sup>4)</sup> Yang 등<sup>5)</sup>은 엽록체와 틸라코이드를 각각 분리하여 수행한 *in vitro* 실험에서 뿐만 아니라, 정상적인 식물체(whole plant)를 이용한 *in vivo* 연구에서 <sup>1</sup>O<sub>2</sub>-

本 研究는 1993年度 教育部 基礎科學育成研究費 支援에 의한 것임(BSRI-93-416).

quencher/scavenger가 엽록소의 광산화(chlorophyll bleaching) 억제효과와 2만 lux이상의 강광에서 나타나는 인삼의 광합성 속도의 억제효과를 회복시켜 줄 수 있다는 사실을 규명한 바 있다.<sup>9)</sup> 또한  $\alpha$ -tocopherol, glutathione 그리고 ascorbate와 같은 내생  $^1\text{O}_2$ -quencher/scavenger가 초기에 유기된 광합성억제(photoinhibition)까지도 회복시킬 수 있음이 확인된 바 있다.<sup>9)</sup> 그리고 인삼잎에서 나타나는 광생리 기능, 즉 엽육세포의 엽록체 이동(chloroplast translocation), 기공개폐(stomatal movement), LHCP phosphorylation(광에너지 분배)와 같은 광조절 기능이 일반식물과 마찬가지로 작동하고 있으며, 청색광에서 광합성과 기공개도의 확장 등과 같은 광생리 기능이 촉진됨이 밝혀졌다.<sup>10, 11)</sup>

$^1\text{O}_2$ -quencher/scavenger 중에서 일부는 엽록소의 표백화를 현저히 억제하지만 동시에 광합성율을 저해하는 부작용을 나타내는 것도 있으며, 몇몇  $^1\text{O}_2$ -quencher/scavenger는  $\text{CO}_2$  고정에 특이한 억제작용이 나타나지 않았다.<sup>9)</sup>  $^1\text{O}_2$ -quencher/scavenger가 광합성의 초기단계에서 아무런 장애를 주지 않았지만, 장기적인 측면에서 고려해 볼 때 탄수화물 및 인삼 사포닌 대사에 나쁘게 작용한다면 실제적인  $^1\text{O}_2$ -quencher/scavenger의 활용이 제고되어야 할 것이다.

인삼의 사포닌 함량은 생육지의 광조건, 특히 광량변화에 따라 함량 차이를 보일 수 있으며, 광량이 증가하면 사포닌 함량도 증가된다는 보문이 있다.<sup>12, 13)</sup> 또한 인삼잎의 saponin함량이 줄거나 뿌리에 비해 많다고 하였다.<sup>14, 15)</sup> 인삼잎의 탄수화물 및 saponin대사는 인삼근의 탄수화물 및 saponin대사에 영향을 줄 수 있다. 따라서 본 연구에서는 강광에 의해서 가장 먼저 광피해를 받는 인삼잎에서 엽록소의 광산화를 효과적으로 억제하였던 수용성 항산화제인 ascorbate, glutathione 그리고 sodium azide를 정상식물체에 처리하여 광억제 현상이 유발되는 조건에서 인삼잎의 탄수화물 대사 및 사포닌 함량변화에 어떠한 영향을 미치는지를 조사하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 식물재료

본 실험에 사용된 인삼은 묘삼(생체중: 1.5g)을 일반 관행법<sup>16)</sup>으로 Phytotron(SYCCPG-440M, Korea)

에서 25°C, 40% RH 그리고 10 kLux조건(10 hrs, dark/14 hrs, light)하에서 재배하였으며, 잎의 크기와 초기 최대 광합성율이 유사한 개체들을 선발하여 실험에 사용하였다.

### 2. $^1\text{O}_2$ Quencher(ascorbate, glutathione 및 sodium azide) 처리 및 광처리

Ascorbate, glutathione 및 sodium azide의 처리는 초기 최대 광합성이 유사한 소엽에 처리하였으며, 광처리는 10 kLux에서 재배된 인삼을 광도별로 처리(10 hrs, dark/14 hrs, light)하였다. 광합성 및 기공저항을 측정하기 3시간 전에 ascorbate와 glutathione은 15 mM 그리고 sodium azide는 5 mM 농도의 수용액을 인삼잎의 이면에 도말(wiping)하였다.

### 3. 광합성 및 기공저항 측정

광원은 수은등과 나트륨 등을 사용하였으며, 광도는 phytotron내에 설치된 lift로 거리를 조정하여 조절하였다. 광합성 측정장치(Portable infrared  $\text{CO}_2$  analyzer, ADC Ltd., England)를 사용하여, Caemmerer와 Farguhar<sup>17)</sup>의 방법에 준하여 산출하였다. 광합성 측정조건은 25°C, 상대습도 40%에서 2.5 cm<sup>2</sup> cuvette에 150 ml·min<sup>-1</sup>의 유속으로 조절하였다. 기공저항은 automatic stomatal porometer MK<sub>3</sub>(DELTA-T DEVICES LTD, England)를 이용하였으며 25°C, 상대습도 40%에서 측정하였다.

### 4. 전분 함량측정

전분 함량측정은 Steven과 Israel<sup>18)</sup>의 방법에 준하여 수행하였다. 0.2 g 엽조직을 80% ethanol로 마쇄한 후 60°C에서 5시간 중탕하였다. 중탕 후 3,500 rpm에서 20분간 원심분리 후 상등액은 유리당과 사포닌 분석에 사용하고, 침전물은 0.2 N KOH를 첨가하고 30분간 boiling water에서 중탕하였다. 1 M acetic acid로 pH를 5.5로 맞춘 후 동량의 amyloglucosidase (*Rhizopus* mold, Sigma)용액 (400 unit/ml in 0.1 M  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ - $\text{Na}_2\text{PO}_4$ , pH 5.5)을 첨가한 후 45°C에서 5시간 동안 방치하였다. 분해는 1분 동안 끓는물에 방치한 후 glucose 정량 분석시료로 사용하였다. 포도당 분석용매는 ATP(1 mmol/L),  $\beta$ -NADP(0.5 mmol), hexokinase(yeast, 800 U/L), G-6-PDH(yeast, 500 U/L), 그리고  $\text{Mg}^{2+}$  (2 mmol/L)이 첨가되었고, 표준곡선에 대비하여 포도당 함량으로 전분함량을 산출하였다.

### 5. 유리당 및 사포닌 측정

유리당의 추출은 최 등<sup>19)</sup>의 방법에 준하여 추출하

였으며, 유리당의 함량은 김 등<sup>20)</sup>의 방법에 의하여 HPLC를 사용하여 당을 정성하고 Peak면적을 표준 곡선과 대비하여 환산하였다. 측정조건은 RI detector가 장착된 Waters Associates, Model 244(U.S.A.)를 이용하여 분석하였다. Column은 U. Bondapak Carbohydrate analysis로서 0.39×30 cm의 것을 사용하였고, eluent는 acetonitrile : water를 84 : 16(v/v)로 혼합하여 사용하였다. 인삼엽의 사포닌 추출은 Namba<sup>21)</sup> 및 Fujita 등<sup>22)</sup>의 방법에 준하여 butanol 추출증량법으로 추출하였으며, 사포닌 함량은 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>-vanillin 비색법<sup>23)</sup>으로 측정하였다.

### 결과 및 고찰

강광(50 kLux)하에서 인삼의 초기 광합성율 및 증산율을 거의 완벽하게 회복시켜주는 효과를 나타낸<sup>9)</sup> 가용성 항산화제인 ascorbate와 glutathione(GSH) 그리고 인삼에서 엽록소 광산화를 억제한 sodium azide (NaN<sub>3</sub>) 처리에 따른 5~6 days에서 항산화제의 효과를 알아보았다. 약 10 kLux에서 적용된 인삼잎에 광도별로 처리하면서 항산화제를 처리하였던 바, 10 kLux하에서 5일째까지 광합성율은 대조구, ascorbate, GSH 그리고 NaN<sub>3</sub> 처리구에서 98%이상 유지

되었다. 반면 30 kLux, 5일째 처리구에서 대조구는 30%까지 광합성이 억제되었고, ascorbate 처리구에서는 48%, GSH처리구는 42%로 대조구보다 10~18%정도 항산화제에 의한 광합성 보호효과를 나타내었다. 그러나 외생 <sup>1</sup>O<sub>2</sub>-quencher인 NaN<sub>3</sub>는 23.5%로 대조구보다 높은 광합성 억제율을 나타내었다(Table 2). 기공저항은 광합성율과 유사한 경향으로서 30 kLux, 5일째 처리구에서 대조구의 기공저항이 13.421 s·cm<sup>-1</sup>인 반면, ascorbate 처리구에서는 10.013 s·cm<sup>-1</sup>, GSH 처리구에서는 9.711 s·cm<sup>-1</sup>로 대조구보다 57%정도 강광에 의한 기공개도를 촉진시키는 효과를 나타내었다. 그러나 NaN<sub>3</sub> 처리구는 대조구보다 26% 기공개도를 억제하는 효과를 나타내었다(Table 3). 이러한 결과는 ascorbate와 GSH이 엽록체내의 대표적인 항산화 물질(antioxidant)로서 관련효소와 상호작용하여 광합수기구에서 생성되는 활성화 산소(<sup>1</sup>O<sub>2</sub>, O<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>)로부터 광합성 기구를 보호한 효과라고 생각된다. NaN<sub>3</sub>처리구는 45 kLux, 5일째 처리구에서 완전히 엽소되어 고사하는 현상을 나타내어 인삼의 광합성 및 광신호 전달의 광화학 반응에 직접적인 영향을 준 역효과로 유추된다.

광도에 따른 유리당과 starch의 함량변화에 미치는 ascorbate, GSH 그리고 NaN<sub>3</sub>의 효과를 조사하였다.

**Table 1.** Effects of ascorbate, glutathione (GSH) and sodium azide on the photosynthesis by various light intensity in the intact ginseng. Scavengers/quencher were applied to the leaf by foliar wiping 3 hours before the expose to the light

Days	Photosynthesis (mg CO <sub>2</sub> uptake·m <sup>-2</sup> ·s <sup>-1</sup> )				
	Control	Ascorbate	GSH	Sodium Azide	
Control	6.801±0.351 (100.0)				
10 kLux	1	6.840±0.271 (100.5)	6.749±0.471 (99.2)	6.830±0.210 (100.4)	6.792±0.254 (99.8)
	3	6.953±0.018 (102.2)	6.871±0.235 (101.0)	6.749±0.009 (99.2)	6.542±0.056 (96.2)
	5	6.748±0.564 (99.2)	6.708±0.542 (98.6)	6.789±0.013 (99.8)	6.712±0.110 (98.7)
20 kLux	1	5.317±0.126 (78.2)	6.340±0.321 (93.2)	6.421±0.631 (94.4)	4.542±0.214 (66.8)
	3	4.908±0.568 (72.1)	5.726±0.123 (84.2)	6.094±0.056 (89.6)	3.912±0.321 (57.5)
	5	5.113±0.478 (75.1)	5.644±0.652 (83.3)	5.767±0.521 (84.8)	3.452±0.354 (50.7)
30 kLux	1	4.908±0.135 (72.1)	6.176±0.165 (90.8)	5.399±0.465 (79.4)	3.201±0.652 (47.0)
	3	2.863±0.258 (42.1)	4.090±0.248 (60.1)	4.499±0.321 (66.1)	2.312±0.452 (33.9)
	5	2.045±0.651 (30.0)	3.272±0.146 (48.1)	2.863±0.098 (42.1)	1.672±0.345 (24.5)
45 kLux	1	4.704±0.128 (69.1)	5.726±0.231 (84.2)	4.908±0.324 (72.1)	3.114±0.651 (31.0)
	3	2.250±0.234 (33.0)	3.068±0.521 (45.1)	3.477±0.561 (51.1)	0.614±0.169 (9.0)
	5	0.818±0.147 (12.0)	2.045±0.120 (30.1)	1.309±0.387 (19.2)	ND

( ): % Photosynthesis. ND : No detection.

**Table 2.** Effects of ascorbate, glutathione (GSH) and sodium azide on the stomatal resistance by various light intensity in the intact ginseng. Scavengers/quencher were applied to the leaf by foliar wiping 3 hours before the exposure to the light

Days	Stomatal Resistances ( $s \cdot cm^{-1}$ )				
	Control	Ascorbate	GSH	Sodium Azide	
Control	5.957 ± 0.652 (100.0)				
10 kLux	1	5.936 ± 0.324 (99.6)	5.990 ± 0.321 (100.5)	5.679 ± 0.325 (112.0)	6.712 ± 0.714 (112.6)
	3	7.436 ± 0.614 (99.6)	6.354 ± 0.125 (106.6)	7.125 ± 0.564 (119.6)	7.412 ± 0.543 (124.4)
	5	7.521 ± 0.125 (126.0)	7.411 ± 0.521 (124.4)	7.565 ± 0.329 (126.9)	8.992 ± 0.712 (150.9)
20 kLux	1	5.946 ± 0.312 (99.8)	5.346 ± 0.234 (140.0)	5.997 ± 0.687 (151.0)	6.213 ± 0.912 (154.6)
	3	8.001 ± 0.125 (134.0)	7.918 ± 0.631 (132.9)	6.452 ± 0.562 (108.2)	10.812 ± 0.356 (181.5)
	5	8.921 ± 0.324 (149.7)	8.123 ± 0.821 (136.3)	8.247 ± 0.632 (138.4)	11.974 ± 0.742 (201.0)
30 kLux	1	6.256 ± 0.321 (172.1)	6.042 ± 0.961 (151.7)	5.872 ± 0.863 (165.7)	7.176 ± 0.512 (204.3)
	3	9.203 ± 0.125 (154.4)	8.918 ± 0.635 (149.7)	7.091 ± 0.098 (119.0)	13.784 ± 0.432 (231.3)
	5	13.421 ± 0.148 (225.2)	10.013 ± 0.542 (168.1)	9.711 ± 0.632 (168.1)	14.964 ± 0.513 (251.2)
45 kLux	1	6.667 ± 0.256 (179.0)	5.985 ± 0.125 (167.6)	6.286 ± 0.126 (139.1)	7.719 ± 0.913 (247.0)
	3	9.894 ± 0.478 (166.1)	9.001 ± 0.631 (151.1)	11.561 ± 0.397 (194.1)	18.212 ± 0.871 (305.7)
	5	14.894 ± 0.351 (250.0)	11.001 ± 0.120 (184.6)	12.561 ± 0.659 (210.8)	ND.

( ) : % Stomatal resistance. ND : No detection.

**Table 3.** Effects of ascorbate, glutathione (GSH) and sodium azide ( $NaN_3$ ) on the free sugar, starch and saponin contents by various light intensity in the intact ginseng. Scavengers/quencher were applied to the leaf by foliar wiping 3 hours before the exposure to the light

		Control	10 kLux	20 kLux	30 kLux	45 kLux
Fructose ( $mg \cdot g^{-1} fw^{-1}$ )	Control	2.539 ± 0.051	2.547 ± 0.061	2.516 ± 0.056	2.498 ± 0.045	2.221 ± 0.016
	Ascorbate		2.829 ± 0.064	2.712 ± 0.023	2.641 ± 0.095	2.359 ± 0.044
	GSH		3.475 ± 0.012	3.299 ± 0.065	2.734 ± 0.063	2.412 ± 0.062
	Sodium Azide		2.527 ± 0.112	2.501 ± 0.013	2.192 ± 0.147	ND
Glucose ( $mg \cdot g^{-1} fw^{-1}$ )	Control	4.598 ± 0.056	4.612 ± 0.064	4.819 ± 0.081	4.072 ± 0.042	4.044 ± 0.042
	Ascorbate		4.819 ± 0.061	5.749 ± 0.034	4.664 ± 0.025	4.199 ± 0.050
	(GSH)		6.058 ± 0.016	5.128 ± 0.065	4.199 ± 0.045	3.889 ± 0.063
	Sodium Azide		4.587 ± 0.071	4.601 ± 0.042	3.879 ± 0.017	ND
Sucrose ( $mg \cdot g^{-1} fw^{-1}$ )	Control	3.897 ± 0.023	3.984 ± 0.080	3.498 ± 0.019	3.365 ± 0.062	3.125 ± 0.046
	Ascorbate		3.769 ± 0.063	4.255 ± 0.064	4.012 ± 0.042	2.555 ± 0.036
	GSH		2.312 ± 0.046	4.741 ± 0.034	4.741 ± 0.062	3.769 ± 0.041
	Sodium Azide		3.884 ± 0.081	3.297 ± 0.094	2.991 ± 0.127	ND
Starch ( $mg \text{ Glc} \cdot g^{-1} fw^{-1}$ )	Control	9.019 ± 0.124	9.019 ± 0.052	8.983 ± 0.091	8.954 ± 0.012	8.860 ± 0.024
	Ascorbate		9.147 ± 0.064	9.121 ± 0.083	9.082 ± 0.042	8.964 ± 0.046
	GSH		9.156 ± 0.023	9.098 ± 0.076	9.047 ± 0.032	8.894 ± 0.039
	Sodium Azide		9.214 ± 0.074	7.911 ± 0.125	6.896 ± 0.132	ND
Saponin ( $mg \cdot g^{-1} fw^{-1}$ )	Control	75.981 ± 1.235	76.131 ± 2.234	67.541 ± 3.652	60.125 ± 1.249	56.142 ± 2.586
	Ascorbate		79.132 ± 1.321	78.130 ± 2.412	77.351 ± 2.641	77.431 ± 2.169
	GSH		77.112 ± 2.105	75.362 ± 1.325	72.115 ± 2.398	69.264 ± 2.541
	Sodium Azide		75.147 ± 2.542	62.531 ± 2.129	54.129 ± 1.974	ND

ND : No detection.

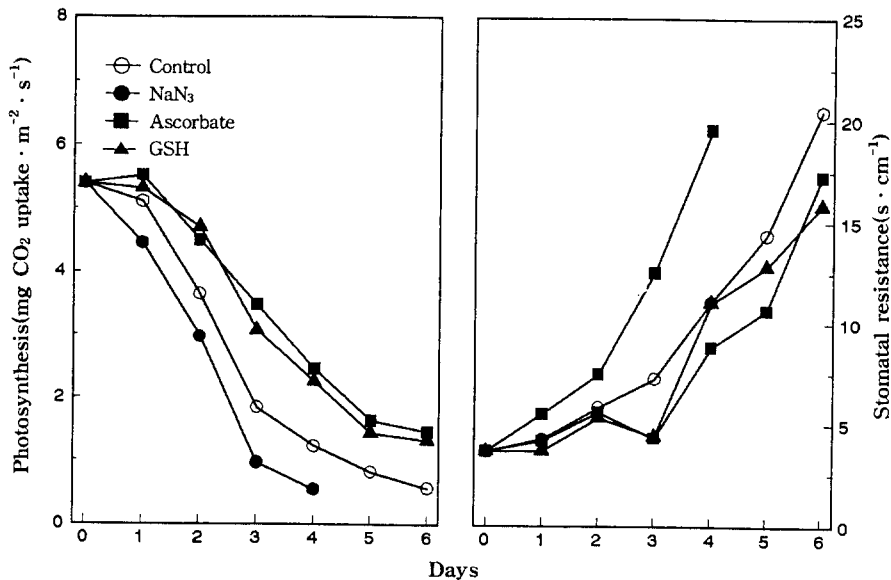


Fig. 1. Protective effects of ascorbate, glutathione (GSH) and sodium azide (NaN<sub>3</sub>) on the photosynthesis and stomatal resistance by excess light intensity (45 kLux) in the intact ginseng. Scavengers/quencher were applied to the leaf by foliar wiping 3 hours before exposure to the light. Standard error: 5~7%.

인삼잎에서 확인된 유리당은 fructose, glucose, sucrose, maltose 그리고 xylose가 검출되었으나, maltose와 xylose는 함량이 너무 적어 제시하지 않았다. Fructose, glucose는 대조구와 ascorbate 그리고 GSH처리구에서 광도가 증가함에 따라 유리당이 감소하는 경향을 나타내었으나, 30 kLux에서 대조구의 fructose 함량이 2.498 mg·g fw<sup>-1</sup>인 반면에 ascorbate 처리구에서는 2.641 mg·g fw<sup>-1</sup>, GSH 처리구에서는 2.734 mg·g fw<sup>-1</sup>로서 대조구보다 5~9% 높은 함량을 나타내었다. 반면, NaN<sub>3</sub> 처리구는 2.192 mg·g fw<sup>-1</sup>로서 대조구보다 12%정도 낮은 함량을 나타내었다 (Table 4). Glucose 함량 역시 fructose 처리구와 유사한 경향으로서 대조구보다 ascorbate, glutathione 처리구에서는 높았으나, NaN<sub>3</sub>처리구에서는 대조구보다 glucose 함량이 적었다. Starch 함량은 광도에 따른 모든 처리구에서 감소하는 경향이었고, ascorbate, GSH 처리구에서 대조구보다 높은 starch 함량을 나타내었으나, NaN<sub>3</sub> 처리구에서는 낮았다(Table 4). 이러한 결과로 미루어 볼때 항산화제가 강광에 의해 조직내에서 생성된 <sup>1</sup>O<sub>2</sub>을 효율적으로 제거함으로써 광합성 효율을 증대시킬 수 있음을 제시하여 준다.

광도에 따른 항산화제의 처리구에서 total sapo-

닌의 함량은 광도가 증가함에 따라 대조구는 초기보다 30 kLux에서 21% 감소한 반면, ascorbate, GSH 처리구에서는 5%이하로 감소되어 대조구보다 높은 total saponin 함량을 유지하였다. 그러나 NaN<sub>3</sub> 처리구는 29%로 대조구보다 높은 감소율을 나타내었다 (Table 4).

Yang은 인삼에서 강광(50 kLux)하에서 초기(1 hr) 광합성을 항산화제가 거의 완벽하게 회복시켜 준다고 보고하였다.<sup>9)</sup> 강광(45 kLux)을 장시간(1~6 days)처리할 때 항산화제에 의한 효과를 알아본 결과 광합성은 시간이 지나감에 따라 모든 처리구에서 급격히 감소하였다(Fig. 1). 처리 4일째, 광합성율은 대조구의 1.227 mg CO<sub>2</sub> uptake·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>보다 ascorbate 처리구 2.454 mg CO<sub>2</sub> uptake·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, GSH 처리구 2.250 mg CO<sub>2</sub> uptake·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>으로 1.5~2배 정도 높은 광합성율을 보였으며, 기공저항도 시간이 지나감에 따라 모든 처리구에서 급격히 증가하는 경향을 보였으나, ascorbate와 GSH 처리구에서는 대조구보다 낮은 기공저항을 보였다. 반면에 NaN<sub>3</sub> 처리구는 대조구보다 낮은 광합성율과 높은 기공저항을 나타내어 항산화제의 역효과를 나타내었다(Fig. 1). 이러한 결과로 미루어 볼때 강광에 의한 인삼의 광합성 및 기

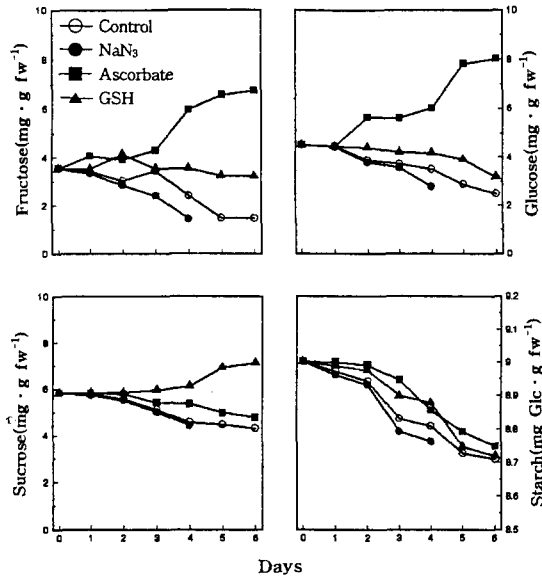


Fig. 2. Effects of ascorbate, glutathione (GSH) and sodium azide (NaN<sub>3</sub>) on the free sugar and starch content by excess light intensity (45 kLux) in the intact ginseng. Scavengers/quencher were applied to the leaf by foliar wiping 3 hours before exposure to the light. Standard error: 5~7%.

공저항의 피해를 항산화제가 일시적으로는 보호해 줄 수 있음을 제시하여 준다.

강광(45 kLux)하에서 free sugar와 starch 함량의 변화에서, 대조구는 시간이 지나감에 따라 fructose의 함량이 초기에 3.577 mg·g fw<sup>-1</sup> 인 것이 4일째 2.417 mg·g fw<sup>-1</sup>으로 급격히 감소한 반면, ascorbate 처리구에서는 시간이 지나감에 따라 fructose의 함량이 4일째에서 6.957 mg·g fw<sup>-1</sup>로 증가하였으며, GSH 처리구에서는 시간이 지나감에 따라 감소는 하였으나 대조구보다는 높은 fructose 함량을 보였다(Fig. 2). Glucose의 함량도 fructose와 유사한 경향을 나타내어 ascorbate 처리구에서 glucose의 함량이 증가하는 현상을 보였으며, GSH 처리구에서는 대조구보다 높은 glucose 함량을 보였다. Sucrose의 함량은 fructose와 glucose의 함량과는 반대로 시간이 지나감에 따라 대조구와 ascorbate 처리구에서는 감소하는 경향을 보였으나 대조구보다는 높았으며, glutathione 처리구에서는 시간이 지나감에 따라 증가하는 경향을 보였다. Ascorbate 처리구에서는 생성된 fructose와 glu-

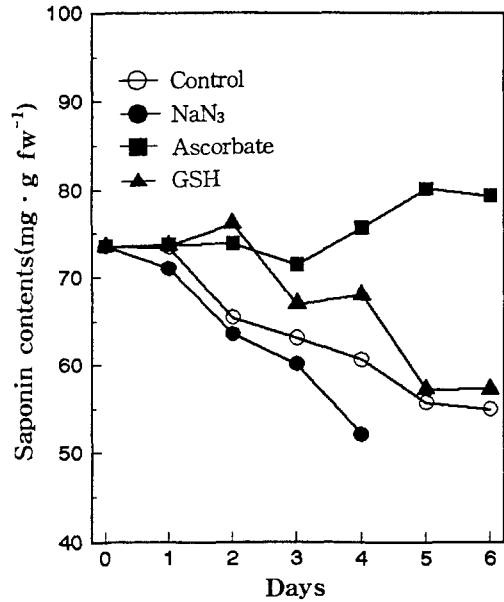


Fig. 3. Effects of ascorbate, glutathione (GSH) and sodium azide (NaN<sub>3</sub>) on the saponin contents by excess light intensity (45 kLux) in the intact ginseng. Scavengers/quencher were applied to the leaf by foliar wiping 3 hours before exposure to the light. Standard error: lower 5%.

cose가 sucrose로의 전환이 억제되었으며, GSH 처리구에서는 sucrose로의 전환이 잘 이루어진 것으로 생각된다. 강광하에서 starch 함량은 시간이 지나감에 따라 처리구 모두 감소하는 경향이였으며, ascorbate와 glutathione 처리구에서는 대조구보다 높았고, NaN<sub>3</sub> 처리구는 다소 낮은 경향을 나타내었다(Fig. 2).

강광(45 kLux)하에서 total saponin의 함량은 대조구와 GSH 처리구에서 시간이 지나감에 따라 감소하는 경향이였으나, 처리 4일째 GSH 처리구에서 total saponin 함량이 68.025 mg·g fw<sup>-1</sup>로서 대조구 60.636 mg·g fw<sup>-1</sup>보다 높은 total saponin 함량을 나타내었고, ascorbate 처리구에서는 75.668 mg·g fw<sup>-1</sup>로서 시간이 지나감에 따라 다소 증가하는 경향을 보였다. 반면 NaN<sub>3</sub> 처리구는 52.146 mg·g fw<sup>-1</sup>으로서 대조구보다 낮은 사포닌 함량을 나타내었다(Fig. 3).

이러한 결과들을 종합하여 볼때 내성항산화제인 ascorbate와 GSH가 인삼의 잎에서 강광에 의한 엽록소 표백화 현상에 대한 억제효과와 초기 광합성의 복구 뿐만 아니라 인삼의 탄수화물대사와 total sapo-

nin대사가 광광에 의한 억제를 차단할 수 있음을 보여주고 있다. 또한 합성  $^1\text{O}_2$  quencher인  $\text{NaN}_3$ 는 항산화에 대한 역효과를 나타낸 것으로 미루어 볼때 인삼에서 항산화제로 적당한 것은 내성  $^1\text{O}_2$  quencher가 더 효율적임을 보여주는 것이다. 인삼잎이 광광에 의해 광합성, 탄수화물대사 그리고 saponin대사가 억제되지 않기 위해서는 인삼잎내 가용성 내성 항산화제인 ascorbate, GSH와 항산화효소의 활성을 높이는 방안이 요구됨을 제시하여 준다.

## 요 약

인삼의 엽록소표백화 억제 및 광광에 의한 초기 광합성을 회복시켜주는 항산화제(ascorbate, GSH 그리고 sodium azide)가 인삼의 광합성, 기공저항, 탄수화물, total saponin 함량변화에 대한 영향을 조사하였다. 내성 항산화제인 ascorbate와 glutathione은 인삼의 광합성 및 기공저항을 회복시켜 주는 효과를 나타내었으며, 유리당과 starch, total saponin의 량에서도 광광에 의한 억제효과를 감소시켜 주는 효과를 나타내었다. 그러나 외생  $^1\text{O}_2$  quencher인 sodium azide는 역효과를 나타내었다. 그러므로 항산화제 처리에 의한 인삼의 탄수화물 대사와 saponin 대사는 정상적이라고 할 수 있으며, 광광에 의한 인삼잎의 피해를 줄이기 위해서는 인삼엽의 내성항산화물질 및 항산화효소의 활성을 높이는 방안이 기대된다.

## 인 용 문 헌

1. Yang, D. C., Yoo, H. S. and Yoon, J. J. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **11**(2), 101 (1987).
2. 양덕조, 채 쾌 : 전자파 복사선이 인삼엽조직 파괴 현상과 광합수 기구의 생화적 반응에 미치는 영향. 산학협동보고서 (1983).
3. Yang, D. C., Kim, M. W., Choi, J. D. and Lee, S. J. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **13**(1), 92 (1989).
4. Yang, D. C., Kim, M. W., Choi, C. and Kim, M. S. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **13**(1), 98 (1989).
5. Yang, D. C., Choi, J. D., Lee, S. J., Kim, Y. H. and Kang, Y. H. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **14**(1), 57 (1990).
6. Yang, D. C. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **14**(2), 135 (1990).
7. Yang, D. C., Kim, M. W., Lee, S. I. and Yun, K. Y. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **14**(3), 416 (1993).
8. Yang, D. C., Lee, S. J., Yun, K. Y. and Kang, Y. H. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **15**(2), 139 (1993).
9. Yang, D. C., Kim, M. W., Lee, S. J. and Yun, K. Y. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **17**(3), 232 (1993).
10. Yang, D. C., Kim, M. W., Lee, S. J. and Yun, K. Y. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **17**(3), 240 (1993).
11. Yang, D. C., Kim, M. W., Lee, S. J. and Yun, K. Y. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **17**(3), 240 (1993).
12. 이종화, 이미경 : 인삼연구보고서. 한국인삼연초연구소, p. 187 (1982).
13. 박 훈, 윤종혁, 이미경 : 인삼연구보고서. 한국인삼연초연구소, p. 215 (1985).
14. Bombadelli, E., Botani, A., Gbetta, B. and Marttineilli, E. M. : *Proceeding of the 2nd International Ginseng Symposium*, p. 29 (1978).
15. 김해중, 남성희, 福良義昭, 이석건 : 한국식품과학회지, **24**(2), 50 (1981).
16. 김득중 : 고려인삼재배. 일한출판사, 서울, p. 47 (1974).
17. Caemmerer, S. and Farguhar, G. D. : *Planta*, **153**, 376 (1981).
18. Steven, C. H. and Israel, D. W. : *Plant Physiol.*, **69**, 691 (1982).
19. 최진호, 장진규, 박길동, 박명환, 오성기 : 한국식품과학회지, **13**(2), 107 (1981).
20. Kim, H. J., Jo, J. S., Nam, S. H., Park, S. H. and Min, K. C. : *Korean J. Ginseng Sci.*, **6**(2), 115 (1982).
21. Namba, T., Yashijaki, M., Torinori, T., Kobashi, K., Mitsui, K. and Hase, J. : *Yakugaku Zasshi*, **94**(2), 252 (1975).
22. Fujita, M., Tokawa, H. and Shibata, S. : *Yakugaku Zasshi*, **82**, 1634 (1962).
23. Hiai, S., Oura, H., Hamanaka, H. and Odaka, Y. : *Planta Medica*, **28**, 131 (1975).