

## 人蔘의 種 및 品種間 光合成 特性比較

李盛植\* · 千成龍\* · 李鍾華\*

### Comparison of Photosynthetic Rates among *Panax* Species and Cultivars

Sung Sik Lee\*, Seong Ryong Cheon\* and Chong Hwa Lee\*

#### ABSTRACT

The study was carried out to investigate the effects of light intensity, temperature and seasonal trends on the photosynthesis as well as the physiological characteristics of *Panax* species and cultivars.

Four-year-old plant of Violet-stem variant, Yellow-berry variant, Mimaki and Russian ginseng of *Panax ginseng* C. A. Meyer and American ginseng of *Panax quiquefolium* L. were used for study.

These *Panax* species and cultivars were cultivated under the straw shading.

The light saturation point of leaves in Violet-stem variant, Yellow-berry variant, Mimaki and American ginseng were 15,000 lux, but that of Russian ginseng was 10,000 lux.

The optimum air temperature on the photosynthesis of Violet-stem variant, Yellow-berry variant, Mimaki and American ginseng were 20°C but that of Russian ginseng was 15°C under 15,000 lux.

The photosynthetic rates were increased in order of Russian ginseng, Mimaki, Yellow-berry variant, Violet-stem variant and American ginseng.

The respiration rates of ginseng leaves were increased according to the increasing of temperature, but it was not different among *Panax* species and cultivars.

Stomata frequency of American ginseng was highest, that of Russian ginseng lowest, while the length of stomata was reverse.

The total chlorophyll content of American ginseng and specific leaf weight of Mimaki were higher than other ginseng cultivars.

The root weight of American ginseng was heavier than others, but that of Russian ginseng was lighter. The number of leaflets per plant of 2-year-old plant and the root weight of 6-year-old plant were increased in order of Russian ginseng, American ginseng, Mimaki, Yellow-berry variant and Violet-stem variant.

#### 緒 言

人蔘은 宿根性 多年生 作物로서 生長이 매우 緩慢하고 種子에 依해 繁殖되며, 한 世代를 經過하는데

數年이 所要된다.

또한 人蔘은 自家受精作物로서 混系集團으로 數百 世代를 지나 오면서 品種이 分化되어 있지 못한 狀態로 栽培되어 오고 있는 實情이다.

그러나, 근래의 人蔘育種은 優良個體를 選拔하여

\* 韓國人蔘煙草研究所 曾坪人蔘試驗場 (Jeungpyung Ginseng Experiment Station, Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Jeungpyung, Chungbuk, 311, Korea) < 1987. 3. 19 接受 >

이를 純系分離하는 한편, 系統 및 品種間 交雜에 의한 優良遺傳子 創生을 위해 노력하고 있다.

이러한 研究의 遂行을 爲해 人蔘의 種 및 品種間 特性比較研究가 進行되어 왔는데, 이러한 特性의 比較로는 高麗人蔘의 紫莖種 및 黃熟種 혹은 美國蔘의 生育特性<sup>5)</sup>, saponin 含量<sup>1)</sup>, 開花特性<sup>2,7)</sup>, 葉 및 莖形質<sup>5)</sup>, 根의 形質<sup>5,6)</sup> 과 品種間 isozyme pattern<sup>15)</sup>에 關한 報告가 있다.

그러나 品種間 光合成 特性에 關한 研究는 단편적인 報告뿐이므로 本 實驗은 韓國人蔘煙草 研究所 曾坪試驗場의 品種保存用으로 栽培되고 있는 品種中 *Panax ginseng* C. A. Meyer 로 우리나라 栽培人蔘인 紫莖種과 黃熟種, 日本에서 育成된 미마끼, 蘇聯栽培人蔘 그리고 *Panax quinquefolium* L. 인 美國蔘을 同一한 環境條件下에서 栽培하여 이들의 種 및 品種間 光合成과 그에 關連된 形質들의 特性을 比較檢討하여 그 結果를 報告하고자 한다.

### 材料 및 方法

供試材料는 韓國人蔘煙草 研究所 曾坪試驗場의 品種保存用中 *Panax ginseng* C. A. Meyer 로 우리나라에서 栽培되는 人蔘의 主種을 이루는 紫莖種, 莖色이 綠色이며 열매가 黃色으로 익는 黃熟種(*P. ginseng*), 日本 長野人蔘試驗場에서 品質을 위주로 育成된 미마끼(*P. ginseng*), 蘇聯栽培人蔘(*P. ginseng*) 그리고 *Panax quinquefolium* L. 인 美國蔘을 使用하였다.

人蔘은 慣行 밭짓해가림(前柱 126 cm 後柱 72 cm) 下の 3行에서 生育된 4年根을 使用하였고 기타 栽培法은 標準人蔘耕作法<sup>11)</sup>에 準하였다.

光合成 및 呼吸測定은 赤外線分析에 의한 植物光合成 測定裝置(日本, 堀場社)를 使用하였고, 測定條件은 人蔘葉을 물속에서 절제한 후 수분을 공급하면서 溫度 및 照度가 조절되고 相對濕도가 80% 정도 유지되는 植物栽培床(日本, Koito 製) 내에서 種 및 品種別 掌葉 1장씩을 채취하여 溫度 및 照度を 조절하면서 光合成 및 呼吸을 測定하였고, 다른 個體의 掌葉을 같은 方法으로 3回 測定 比較하였다. 溫度 및 光度別 光合成 測定은 純同化率이 최대기인 6월에 하였으며, 日覆內 3行에 위치한 掌葉을 使用하였고, 時期別 光合成 測定時도 위의 시료채취 方法 및 반복수와 동일하였다. 葉의 形態의 特性인 比葉重, 葉綠素, 氣孔數 및 길이도 6월에 調査

하였다. 葉綠素 含量은 Arnon 法<sup>3)</sup>에 따라 測定하였고, 氣孔은 無色 매니큐어로 print 하여 광학 현미경을 이용하여 100倍와 600倍로 氣孔의 數와 길이를 調査하였다. 人蔘의 主要 地下部 形質들인 根生體重, 根直徑, 根長 및 洞直徑을 2年根은 3月末頃に 6年根은 9月末頃に 各各 調査하였고, 地上部形質인 葉長, 葉幅, 葉數 및 小葉數는 2, 6年根 共히 6月末頃に 調査 比較하였다.

### 結果 및 考察

人蔘의 最適光合成光度를 알기 위하여 光度別로 品種間 光合成을 測定한 結果는 그림 1 과 같다.

光飽和點은 紫莖種, 黃熟種, 美國蔘, 미마끼가 15,000 lux 内外로 비슷하였으나 蘇聯栽培人蔘은 10,000 lux 内外로 多少 낮았다. 光合成量은 美國蔘이 7.8 mg (CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h)로 많고, 紫莖種, 黃熟種 그리고 미마끼 順이었으나 蘇聯栽培人蔘이 4.8 mg (CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h)로 가장 낮았다. 蘇聯栽培人蔘

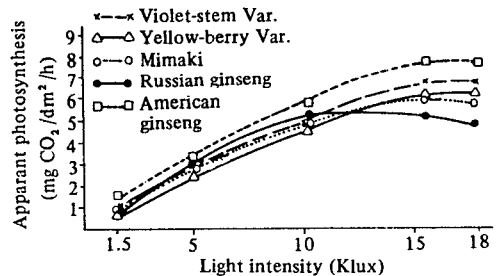


Fig. 1. Effect of light intensity on photosynthetic rates of 4-year-old plant in *Panax* species and cultivars. Temperature of photosynthesis was 20°C, but that of Russian ginseng was 15°C.

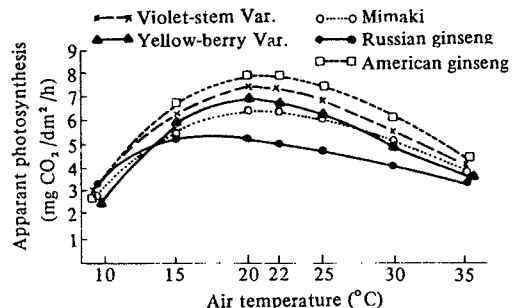


Fig. 2. Effect of air temperature on photosynthetic rates of 4-year-old plant in *Panax* species and cultivars. Measured on 15 Klux.

蔘은 10,000 lux 以上の 光度下에서는 他 品種에 비해 光合成量이 적었으나 10,000 lux 以下에서는 美國蔘을 除外한 他 品種보다는 오히려 光合成量이 많아서 低光度下에서 光合成能力이 높음을 알 수 있었다.

그림 2는 溫度別로 人蔘 品種間의 光合成能을 比較한 것이다.

光合成最適溫度는 美國蔘, 紫莖種, 黃熟種, 미마끼가 20°C程度로 비슷하였고, 蘇聯栽培人蔘은 15°C 内外로 이보다 낮았다. 人蔘의 光合成能力은 美國蔘, 紫莖種, 黃熟種, 미마끼 蘇聯栽培人蔘이 各各 7.8, 7.2, 6.8, 6.4, 5.1 mg(CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h)로 美國蔘의 光合成能이 가장 높았다. 溫度가 10°C 以下나 30°C 以上の 條件에서는 人蔘의 모든 品種에서 급격한 光合成의 低下를 나타내는 傾向이었다.

種 및 品種間의 呼吸을 測定한 結果는 그림 3과 같다.

供試한 人蔘의 모든 種 및 品種은 溫度가 增加함

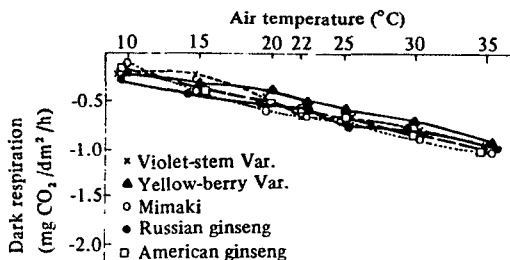


Fig. 3. Effect of air temperature on dark respiration rates of 4-year-old plant in *Panax* species and cultivars.

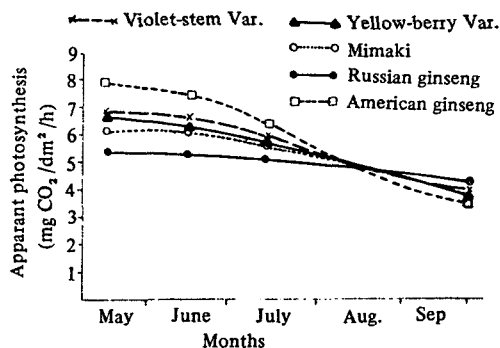


Fig. 4. Seasonal changes of apparent photosynthetic rates of 4-year-old plant in *Panax* species and cultivars. Russian ginseng was measured at 15°C, 10 Klux but other ginsengs were measured at 20°C, 15 Klux.

에 따라 暗呼吸量이 比例的으로 增加되었으나 品種間의 差異는 근소하였다.

人蔘의 生育時期別 光合成量은 5월~6월이 5~8 mg(CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h)로서 가장 높았고 時期가 경과함에 따라서 점차 감소되어 8월, 9월은 3~4 mg(CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h)로 급격히 감소되었다(그림 4).

品種間 光合成能의 差異는 美國蔘이 가장 높았고 紫莖種, 黃熟種, 미마끼, 蘇聯栽培人蔘 順으로 蘇聯栽培人蔘이 가장 낮았다. 이와같은 結果는 앞서 光度 및 溫度 條件別로 測定한 것도 같은 傾向이었다. 人蔘은 光度 및 溫度 등 生育環境條件이 다른 條件下에서 栽培된 것은 光合成能力도 差異가 난다는 結果가 報告<sup>12)</sup> 되어 있으나 本 實驗은 環境條件을 同一한 慣行日覆 아래 3行의 條件인 것으로 比較했으므로 光合成能力이 美國蔘이 높고 蘇聯栽培

Table 1. Comparisons of leaf characteristics of 4-year-old plant in *Panax* species and cultivars

Species and cultivars	S.L.W.* (mg/cm <sup>2</sup> )	Total chlorophyll content (mg/dm <sup>2</sup> )	Stomata	
			Frequency (ea/mm <sup>2</sup> )	Length (μm)
<i>Panax ginseng</i>				
Violet-stem variant	3.35 <sup>bc*</sup>	4.24 <sup>d</sup>	30.2 <sup>b</sup>	30.0 <sup>a</sup>
Yellow-berry variant	2.91 <sup>d</sup>	4.86 <sup>b</sup>	25.0 <sup>c</sup>	29.8 <sup>a</sup>
Mimaki	3.61 <sup>a</sup>	4.52 <sup>cd</sup>	20.9 <sup>d</sup>	28.2 <sup>a</sup>
Russian ginseng	3.42 <sup>b</sup>	4.77 <sup>bc</sup>	25.4 <sup>c</sup>	31.9 <sup>a</sup>
<i>Panax quinquefolium</i>				
American ginseng	3.32 <sup>c</sup>	6.14 <sup>a</sup>	37.5 <sup>a</sup>	25.3 <sup>b</sup>

\* S.L.W.: Specific Leaf Weight

\*\* Means within column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Duncan's new multiple range test.

人蔘이 낮은 것은 生理的인 特性으로 思料된다.

光合成과 關聯된 人蔘의 잎에 對한 形態的 特性을 調査한 結果는 表1과 같다.

比葉重은 미마끼, 蘇聯栽培人蔘, 紫莖種, 美國蔘 그리고 黃熟種 順으로 낮아서 미마끼의 葉이 가장 두꺼웠다.

葉綠素含量은 美國蔘이 6.14 mg (dm<sup>2</sup>) 로서 黃熟種, 蘇聯栽培人蔘, 미마끼, 紫莖種의 4.77 ~ 4.24 mg (dm<sup>2</sup>) 범위보다 높았다.

단위 葉面積當 氣孔의 數는 美國蔘이 37.5 個로 가장 많았고, 紫莖種이 30.2 個, 黃熟種과 蘇聯栽培人蔘이 25 個 內外였으나 미마끼가 20.9 個로 가장 적었다. 氣孔의 크기는 美國蔘이 25.3 μm 로 他品種의 28 ~ 30 μm 內外보다 적었다.

作物의 種間 光合成能力의 差異는 植物自體의 光合成 기관 및 反應계의 種間差異, 즉 葉의 組織形態的 差異, 光化學反應系 및 暗反應系의 差異에 따라 나타나는 것으로 알려져 있고,<sup>19)</sup> 또한 品種間 光合成能力의 差는 光合成速度와 比較的 相關이 높은 形質들로서 葉의 두께, 단위 葉面積當 蛋白態窒素含量이나 全窒素含量, 단위 葉面積當 葉의 生體重 혹은 乾物重, chlorophyll 含量 및 氣孔開度 等の 差異에 따른다는 報告<sup>19)</sup> 도 있다. 아울러 光合成과 밀접한 關聯이 있는 氣孔은 그 形態, 크기 및 數는 作物과 品種 뿐만 아니라 栽培環境條件에 따라서도 差異가 있다는 報告<sup>8, 10, 16, 17)</sup> 가 있다. 人蔘에서도 土壤水分, 光度에 따라서 氣孔의 數와 크기가 差異 있음이 報告<sup>12, 14, 15)</sup> 되어 있다.

人蔘의 異種인 美國蔘에서 光合成이 높은 것은 他作物의 結果<sup>9)</sup>와 같이 chlorophyll 含量이 많아서

光合成速度 增加에 기여했고, 또한 氣孔의 길이는 적지만 氣孔密度가 높으므로 光合成에 더 效果의이었던 것으로 思料된다.

그러나, 葉의 두께가 두껍거나 比葉重이 높으면 光合成 產物의 貯藏 能力이 کم으로 해서 光合成能力이 增加되는 것으로 알려져 있으나<sup>4)</sup> 옥수수와 大豆에서는 葉의 두께가 光合成速度와 相關이 있는 경우에도 比葉重과는 相關이 없는 경우가 있음이 報告<sup>19)</sup> 되어 있으며, 美國蔘은 比葉重이 낮아 光合成 增加와는 關聯이 적은 것으로 생각되나 葉의 두께와의 關係는 더 檢討되어야 할 것으로 생각된다.

表2는 2年根時의 根 및 葉의 特性을 나타낸 것인데 根生體重은 美國蔘이 1.35 g으로 가장 무거웠으나 蘇聯栽培人蔘이 0.76 g으로 가장 가벼웠다. 이것은 種子의 무게가 비슷하였으므로 種 및 品種間의 特性으로 생각된다.

根長은 品種間에 僅少하였고 根直徑은 美國蔘과 미마끼가 0.62 cm 內外로 굵었고, 蘇聯栽培人蔘이 0.54 cm로 가장 가늘었지만 統計的 有意性은 없었다.

中央小葉의 葉面積은 美國蔘이 가장 넓었고 葉長, 葉幅은 品種間에 비슷하였으나 蘇聯栽培人蔘은 各各 4.6, 2.5cm로 가장 적었다.

小葉數는 紫莖種, 黃熟種, 미마끼가 8.6 ~ 9.3 매 內外로 많았으나 美國蔘 및 蘇聯栽培人蔘은 各各 7.3, 5.4매로 적었다.

表3은 6年根時의 根 및 葉形質 特性을 나타낸 것인데 根重은 紫莖種, 黃熟種, 미마끼가 70 ~ 80 g 內外로 가장 무거웠고, 美國蔘이 57.2g, 蘇聯栽培人蔘이 33.8g으로 가벼웠다.

Table 2. Characteristics of the root and aerial parts of 2-year-old plant *panax* species and cultivars

Species and cultivars	Root			Middle leaflet			No. of leaflets per plant
	Weight (g/plant)	Length (cm)	Diameter (cm)	Area (cm <sup>2</sup> )	Length (cm)	Width (cm)	
<i>Panax ginseng</i>							
Violet-stem var.	1.21 <sup>ab*</sup>	14.9 <sup>a</sup>	0.58 <sup>a</sup>	16.9 <sup>b</sup>	6.8 <sup>a</sup>	3.4 <sup>a</sup>	9.3 <sup>a</sup>
Yellow-berry var.	1.17 <sup>b</sup>	13.2 <sup>a</sup>	0.57 <sup>a</sup>	16.5 <sup>b</sup>	7.5 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	8.7 <sup>ab</sup>
Mimaki	1.26 <sup>ab</sup>	12.1 <sup>a</sup>	0.63 <sup>a</sup>	17.8 <sup>b</sup>	5.9 <sup>a</sup>	3.1 <sup>a</sup>	8.6 <sup>ab</sup>
Russian ginseng	0.76 <sup>c</sup>	12.4 <sup>a</sup>	0.54 <sup>a</sup>	16.7 <sup>b</sup>	4.6 <sup>b</sup>	2.5 <sup>o</sup>	5.4 <sup>c</sup>
<i>Panax quinquefolium</i>	1.35 <sup>a</sup>	13.7 <sup>a</sup>	0.62 <sup>a</sup>	19.4 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>	7.3 <sup>b</sup>
American ginseng							

\* Means within column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Duncan's new multiple range test.

Table 3. Characteristics of the root and aerial parts of 6-year-old plant *Panax* species and cultivars

Species and cultivars	Root weight (g/plant)	Primary root		Leaf		No. of leaves	No. of leaflets
		Length (cm)	Diameter (cm)	Length (cm)	Width (cm)		
<i>Panax ginseng</i>							
Violet-stem var.	78.5 <sup>a*</sup>	6.5 <sup>a</sup>	2.6 <sup>a</sup>	14.1 <sup>a</sup>	8.9 <sup>a</sup>	5.0 <sup>a</sup>	23.4 <sup>a</sup>
Yellow-berry var.	81.1 <sup>a</sup>	6.1 <sup>a</sup>	2.7 <sup>a</sup>	14.5 <sup>a</sup>	6.5 <sup>c</sup>	5.0 <sup>a</sup>	25.4 <sup>a</sup>
Mimaki	71.7 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>	2.9 <sup>a</sup>	14.1 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>	4.7 <sup>a</sup>	23.7 <sup>a</sup>
Russian ginseng	33.8 <sup>a</sup>	5.0 <sup>b</sup>	2.1 <sup>a</sup>	14.3 <sup>a</sup>	7.1 <sup>bc</sup>	4.8 <sup>a</sup>	20.1 <sup>b</sup>
<i>Panax quinquefolium</i>							
American ginseng	57.2 <sup>b</sup>	6.8 <sup>a</sup>	2.3 <sup>a</sup>	14.4 <sup>a</sup>	7.9 <sup>b</sup>	3.6 <sup>b</sup>	18.0 <sup>b</sup>

\* Means within column followed by the same letter are not significantly different at the 5% level according to the Duncan's new multiple range test.

胴長에 있어서는 蘇聯栽培人蔘이 不良하였으나 胴直徑, 葉長 및 掌葉數形質들은 品種間에 有意성이 없었다.

葉幅形質에 있어서는 紫莖種이 가장 넓었고 다음이 美國蔘이었으며 미마끼가 가장 좁았다.

小葉數形質에 있어서는 紫莖種, 黃熟種 및 미마끼가 많은 편이었으나 美國蔘과 蘇聯栽培人蔘은 적은 편이었다.

美國蔘의 根種이 他 品種에 비해 2年根時에는 가장 무거웠으나 6年根 採掘時는 가벼웠는데, 이것은 美國蔘이 2年根時는 他 品種에 비해 葉面積이多少 넓고 光合成能力도 높았기 때문으로 생각된다. 그러나, 6年根에서는 美國蔘이 光合成能力이 가장 높음에도 불구하고 根重이 가벼웠던 것은 高麗人蔘보다 葉數가 적어서 全體의 葉面積이 적었기 때문에 同化量이 적어져서 뿌리발육이 不良한 것으로 생각된다. 이러한 사실은 人蔘의 根重과 相關이 높은 地上部 形質로는 莖直徑, 葉長, 葉幅, 掌葉數, 小葉數 등의 形質임이 알려져 있는데<sup>5)</sup> 그 중 葉長, 葉幅, 掌葉數, 小葉數 등은 모두 葉面積과 직접 關聯된 形質임을 감안할 때 葉面積이 직접 關連함을 증명해 주고 있다.

蘇聯栽培人蔘은 根重이 2年根이나 6年根에서 共히 最低值를 나타내었는데 이것은 光合成能力이 가장 낮았을 뿐만 아니라 葉長, 葉幅, 葉數에서 모두 적었기 때문에 同化物質의 生産量 低下에 의해 根發育이 不良했던 것으로 생각되어 진다.

高麗人蔘인 紫莖種, 黃熟種과 미마끼는 美國蔘을 除外하고는 光合成能力도 良好하였고 葉長, 葉幅, 葉數 등이 比較的 良好하여 根重이 무거웠던 것으로 생각된다.

以上の 結果를 종합해 보면, 美國蔘이 비록 根重은 가볍지만 光合成能力이 紫莖種과 黃熟種에 비해 높았음을 알 수 있었으며, *P. ginseng* 인 紫莖種, 黃熟種, 미마끼 및 蘇聯栽培人蔘 그리고 異種의 *P. quinquefolium* 인 美國蔘의 形質들의 特性이 人蔘의 新品種을 育成하는데에 素材가 될 것으로 思料된다.

### 摘 要

人蔘의 種 및 品種間 生理的 特性을 알기 위하여 벗갈 해가림하의 同一한 環境條件下에서 栽培된 *Panax ginseng* C. A. Meyer 인 紫莖種, 黃熟種, 미마끼, 蘇聯栽培人蔘 그리고 *Panax quinquefolium* L. 인 美國蔘을 光度, 溫度, 時期別 光合成能力和 氣孔, 葉綠素, 比葉重 및 地上部 形質들을 調査하였던 바 그 結果를 要約하면 다음과 같다.

1. 光飽和點은 紫莖種, 黃熟種, 미마끼 및 美國蔘이 15,000 lux 内外였고 蘇聯栽培人蔘은 10,000 lux 内外였다.
2. 光合成 最適 溫度는 紫莖種, 黃熟種, 美國蔘 및 미마끼가 20℃ 内外였으나 蘇聯栽培人蔘은 15℃ 内外였다.
3. 光合成速度(生育期)는 美國蔘이 7.8 mg(CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h) 程度로 가장 높았고, 紫莖種, 黃熟種, 미마끼가 약 6~7 mg(CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h) 였으며 蘇聯栽培人蔘은 5 mg(CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/h) 程度로 가장 낮았다.
4. 暗呼吸速度는 溫度가 높아짐에 따라 빨라지는 傾向이었으나 種 및 品種間에는 비슷하였다.
5. 단위 葉面積當 氣孔數는 美國蔘이 가장 많았

고 蘇聯栽培人蔘이 가장 적었으며 氣孔의 길이는 그 반대였다.

6. 葉綠素含量은 美國蔘이 가장 많았으며, 比葉重은 미마끼가 가장 높았다.
7. 2年根時 根重은 美國蔘이 가장 무거웠고 蘇聯栽培人蔘이 가장 가벼웠으나, 葉數는 紫莖種, 黃熟種, 미마끼가 많았고, 美國蔘, 蘇聯栽培人蔘 順으로 적었다.
8. 6年根時 根重은 紫莖種, 黃熟種, 미마끼가 가장 무거웠고, 美國蔘, 蘇聯栽培人蔘 順으로 가벼웠으며, 葉數도 같은 傾向이었다.

### 引用文獻

1. 安相得·崔光泰. 1984-5. 高麗人蔘과 美國蔘의 部位別 saponin 含量. 人蔘研究論文集. 韓國人蔘煙草研究所 4 : 72-79.
2. \_\_\_\_\_. 1984. 人蔘의 花器生長과 花序形質 및 開花特性. 高麗人蔘學會誌 8(1) : 30-41.
3. Arnon, D. L. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplast polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24:1-15.
4. Chatterton, N. J., D. R. Lee and W. E. Hungerford. 1972. Diurnal change in Specific Leaf Weight of *Medicago sativa* L. and *Zea Mays* L. Crop Sci. 12:576-578.
5. 崔光泰·安相得·朴圭鎮·梁德祚. 1983. 高麗人蔘과 美國蔘의 形質特性 및 形質間 相關關係. 高麗人蔘學會誌 7(2) : 133-147.
6. \_\_\_\_\_. 申熙錫. 1980. 人蔘의 各種 主要形質間의 相關關係. 韓作誌 25(3) : 63-66.
7. \_\_\_\_\_. 李鍾華·千成龍. 1979. 人蔘의 開花期 變異에 關한 研究. 高麗人蔘學會誌 3 : 35-39.
8. Dobrenz, A. K., L. N. Wright, A. B. Humphrey, M. A. Massengale and W. R. Kneebie. 1969. Stomata density and its relationship to water-use efficiency of blue panicgrass (*Panicum antidotale* Retz). Crop Sci. 9: 354-358.
9. Grumbach, K. H. and H. K. Lichtenthaler. 1982. Chloroplast pigments and their bioynthesis in relation to light intensity. Photochemistry and photobiology 35: 209-212.
10. Ishihara, K., Y. Ishide and T. Ogura. 1971. The relationship between environmental factors and behaviour of stomata in the rice plant. 2. On the diurnal movement of the stomata. Jap. J. Soci. 40: 497-500.
11. 전매청. 1983. 표준인삼경작법. 서울.
12. 이종철·천성기·김요태. 1980. 人蔘의 氣孔數分佈에 關하여. 高麗人蔘學會誌 4(1) : 49-54.
13. 李鍾華. 1983. 博士學位論文. 慶熙大學校. 서울.
14. 이성식·양덕조·김요태. 1982. 土壤含水量이 人蔘의 光合成 및 生育에 미치는 영향. 韓作誌 27(2) : 175-181.
15. \_\_\_\_\_. 이종화·박훈. 1984. 苗圃의 光度 및 土壤含水量이 人蔘의 生育에 미치는 影響. 高麗人蔘學會誌 8(1) : 65-74.
16. Miskin, K. E. and D. E. Rasmusson. 1970. Frequency and distribution of stomata in barley. Crop Sci. 10: 575-578.
17. Park, H., C. H. Lee, H. W. Bae and Y. P. Hong. 1981. Effect of light intensity and temperature on photosynthesis and respiration of *Panax ginseng* leaves. 人蔘文獻特輯 1:179-182.
18. 손응룡·박원목·이용세·안상득·천성룡. 1984. 人蔘品種間 Isozyme pattern 比較. 韓作誌 29(4) : 350-355.
19. 戸部義次. 1972. 作物の光合成と物質生産. 養賢堂. 東京. pp.103-122.