

# 人蔘과 잎담배의 光合成阻害에 미치는 溫度條件

裨成國\*·許溢\*·石井龍一\*\*·玖村敦彥\*\*

## Thermal Inhibition to Photosynthesis of Ginseng and Tobacco Plants

Seong Kook Bae,\* Il Heu,\* Ryuichi Ishii\*\* and Atsuhiko Kumura\*\*

### ABSTRACT

Photosynthetic inhibition to temperature were conducted with ginseng(4 year old) and tobacco(var. Bulgaria). The plants were kept under various temperature conditions from 10°C to 40°C and 440μE/m<sup>2</sup>/sec for 3 and 6hrs, and net CO<sub>2</sub> uptake were measured after 2hrs at 25°C. Photosynthetic optimal leaf temperature of ginseng was 21°C and tobacco was 25°C. Stomatal resistance and mesophyll resistance increased at high temperature. Especially, stomatal resistance seemed to have a significant role in determining the temperature responses of photosynthesis. In tobacco photosynthetic capacity was not changed by temperature treatment for 3hrs. However, 6hrs exposure reduced 8% of net photosynthesis at 40°C and 12% at 10°C. Ginseng plants exposed for 6hrs at 40°C lost photosynthetic capacity by 83%. Temperature responses of ginseng were very sensitive at above-optimum temperature resulting greater thermal inhibition other than photoinhibition.

### 緒 言

잎담배의 生育適溫은 27°C 範圍로써 13°C 以下에서는 生育이 抑制되며,<sup>21)</sup> 人蔘은 日覆內 生育適溫이 20~25°C 以下로<sup>15)</sup> 잎담배보다 낮고 光合成適溫도 25Klux에서 15°C, 30Klux 에서는 20~22°C이다.<sup>14)</sup> 또한 人蔘은 20°C에 비해 30°C에서는 光合成量이 顯著히 減少되며,<sup>9)</sup> 30°C 以上에서는 眞光合成量보다 呼吸量이 더 클 뿐 아니라<sup>14)</sup> 25°C 以上에서도 新芽의 枯死 및 根腐의 發現頻도가 크고, 病發生, 早期落葉 및 畝株率 等이 增大하여 減收原因이 된다고 하였다.<sup>16)</sup> 이와 같이 잎담배는 低溫에서, 人蔘은 高溫에서 各各 生育障害를 더 크게 받음과 同時에 光合成阻害도 받게 된다. 溫度에 의한 光合成阻害는 低溫에 의한 경우 氣孔抵抗의 增加와 葉綠體機能의 阻害 때문이라 하였고,<sup>11)</sup> 高溫에 의한

경우는 細胞間隙 안에 있는 CO<sub>2</sub> 濃도에 依存되며 溫度가 增加함에 따라 CO<sub>2</sub> 依存度도 顯著히 增加되는 데<sup>2)</sup>, CO<sub>2</sub>의 液相溶解度도 葉溫增加에 의해 크게 減少된다고 하였고<sup>8)</sup> 氣孔은 高溫일 수록 닫히는 경향으로 氣孔反應이 크다고 하였다.<sup>3, 6, 23)</sup> 그러나 Berry는 高溫에 의한 可逆의인 光合成阻害 程度를 調節하는 要因들은 氣孔閉鎖가 아니고<sup>2)</sup>, 氣孔抵抗의 制限<sup>4, 5, 13, 17, 20, 23)</sup>과 光呼吸反應에 의한 O<sub>2</sub>의 阻害<sup>7, 8, 12)</sup>나 暗呼吸 때문이라 하였고<sup>7)</sup>, Monson 等<sup>12)</sup> Weis<sup>22)</sup>는 RuBP(ribulose-1, 5-bisphosphate)의 再生率에 대한 制限도 光合成阻害에 일부 責任이 있을지 모른다고 하였다.

이와 같이 高溫에 의한 CO<sub>2</sub> 同化作用의 阻害現象은 40°C까지 完全 可逆의이라고 하여<sup>12, 19)</sup> 대부분 自然環境 下에서는 光合成의 阻害는 可逆的이라고 보나 作物에 따라서 그 反應이 각기 다를 뿐 아니라 한번 阻害를 받은 人蔘의 경우는 2時間 後에도 回

\* 韓國人蔘煙草研究所(Korea Ginseng & Tobacco Research Institute)

\*\* 日本 東京大學 農學部(Faculty of Agriculture, The University of Tokyo, Japan) (1985. 5. 20 接受)

復되지 않은 것으로 보아 沮害現象이 累積的인 경우는 生育에 대단히 크게 影響을 미칠 것으로 본다. 따라서 本 實驗은 光影響을 排除한 弱光條件에서 溫度만을 달리 處理하였을 경우 溫度에 의한 光合成 沮害程度를 밝혀서 翌담배나 人蔘의 光合成量을 增大시킬 뿐 아니라 人蔘의 生育期間을 延長시키는데 그 資料를 얻고자 實驗한 바 그 結果를 報告한다.

### 材料 및 方法

翌담배는 *N. tabacum* cv. Bulgaria와 人蔘(*Panax ginseng*) 4年生으로 處理前까지는 前報<sup>1)</sup>와 同一하게 生育시켰으며, 同一時期에 먼저 葉溫을 10°C에서 40°C까지 變化시키면서 光合成速度와 呼吸速度를 調査한 뒤 溫度를 10, 20, 30, 35, 40°C로 區分하여 處理期間은 3, 6時間동안 光度 440  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 와 濕度 70  $\pm$  5%의 條件인 Growth Chamber(Indoor) 내에서 處理하였다. 光合成速度의 調査는 溫度變化에 따라 安定된 後 測定하기 위하여 處理前은 1時間동안, 處理後는 2時間동안 各各 葉溫 25°C와 光度 및 濕度는 處理時와 同一條件에 遵後 調査하였다. 測定時  $\text{CO}_2$  濃度는 345 ppm 條件에서 調査하였고 다른 環境은 前報<sup>1)</sup>와 同一하다. 또한 氣孔抵抗( $R_s$ )과 葉肉抵抗( $R_m$ )도 前報<sup>1)</sup>와 同一한 方法으로 測定하였다.

### 結果 및 考察

葉溫變化에 대한 光合成速度나 呼吸速度를 調査하여 光合成 適溫을 밝히기 위하여 光度 450  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ (13,700 Lux) 條件에서 葉溫을 10°C부터 40°C까지 變溫處理를 하였을 경우 人蔘의 光合成量은 그림 1과 같다. 20~22°C에서 光合成速度는 6.9  $\text{mg CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 로 最高에 달하였다. 朴等<sup>14)</sup>도 氣溫에서 거의 같은 結果를 報告하여 本 實驗의 結果보다는 약간 높은 傾向이었으나 이 範圍의 溫度가 人蔘의 光合成 適溫으로 考慮되었다. 또한 10°C의 低溫에서 보다 高溫에서 光合成 速度는 顯著히 低下하여 40°C에서는 4  $\text{mg CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 로 20°C에서 보다 40.6%가 減少되었는데 李等<sup>9)</sup>도 氣溫 30°C에서 顯著히 減少된다고 하여 人蔘生育에 미치는 影響은 高溫에서 대단히 큰 것으로 보였다. 暗呼吸量도 葉溫 30°C부터는 크게 增加하여 40°C에서 -1.8

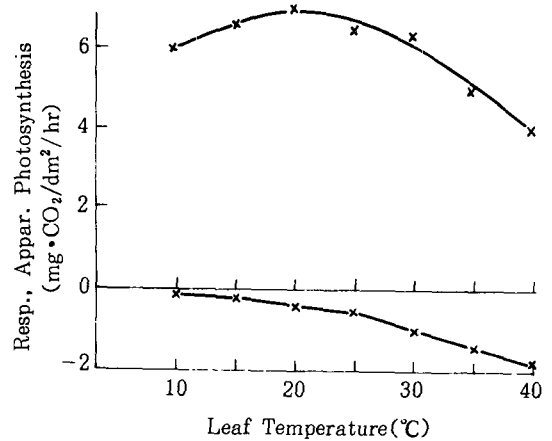


Fig. 1. The temperature dependence of apparent photosynthesis and respiration of ginseng in the condition of 450  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$

$\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 이었으나 朴等<sup>14)</sup>은 30°C 이상의 氣溫에서는 呼吸量이 眞光合成量보다 컸다고 한 바와는 상당히 적은 傾向을 보였다.

翌담배는 1,270  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 의 光度下에서 葉溫變化에 따른 光合成과 呼吸速度는 그림 2와 같이 葉溫 25°C에서 13.7  $\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 로 가장 높은 光合成速度를 보여 光合成 適溫으로 나타났다. 또한 40°C에서 7.3  $\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ , 10°C에서 7.1  $\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 로 高溫이나 低溫에서는 光合成速度가 크게 低下되었다. 그러나 呼吸量은 溫度가 높은 40°C에서 -3.0  $\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 로 많았지만 人蔘

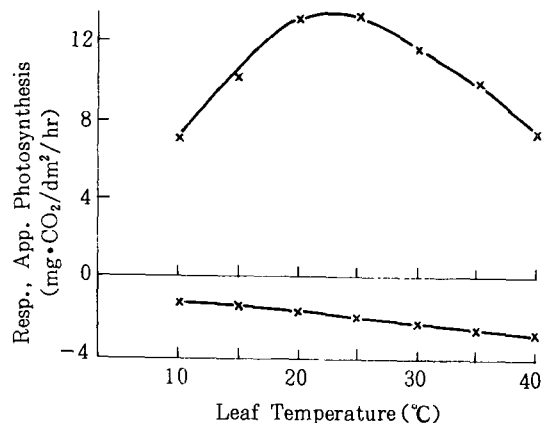


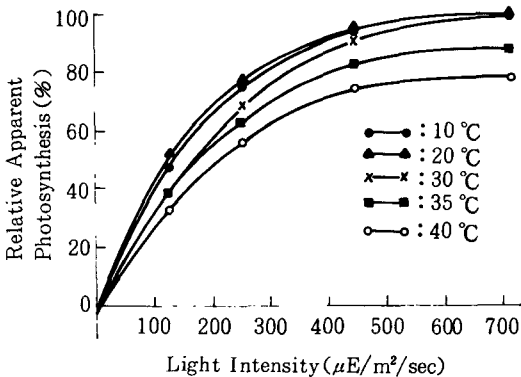
Fig. 2. The temperature dependence of apparent photosynthesis and respiration of tobacco in the condition of 1270  $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$

의 光合成速度에 대한 呼吸速度의 比보다는 훨씬 적은 傾向이었다.

人蔘의 葉溫別 氣孔抵抗( $R_s$ )은 表 1 에서와 같이 高溫일수록 顯著하게 增加되어 40°C에서는 55.6 sec/cm, 잎담배에서도 19.38 sec/cm로 나타났으나 Monson<sup>12)</sup>은 光合成의 沮害가  $R_s$ 의 增加 때문에 나타나지 않았다고 하였다. 그러나 Ferrar<sup>4)</sup>와 Slatyer<sup>20)</sup>은 可逆的인 溫度의 沮害程度를 調節하는 것으로 알려진 要因 들 중에  $R_s$ 의 制限이라고 하였고, 溫度가 上昇되었을 때  $R_s$ 는 增加하거나 아니면 增加狀態를 維持한다고 하였으며,<sup>4, 5, 13, 17, 20, 23)</sup> 이러한  $R_s$ 의 增加는 高溫이 孔邊細胞에 미친 影響 때문이라고 하여<sup>16)</sup>  $R_s$ 는 高溫에 의한 光合成沮害에 큰 要因으로 보였다. 또한 10°C의 低溫下에서도  $R_s$ 가 多少 增加하는 傾向으로 특히 잎담배에서는 뚜렷히 나타냈는데 Martin 等<sup>11)</sup>도 低溫에 의해 光合成의 沮害는  $R_s$ 의 增加와 葉綠體 機能의 損傷 때문이라고 하였다.

**Table 1.** Effect of leaf temperatures from 10°C to 40°C on stomatal resistance and mesophyll resistance.

Leaf Temperature (°C)	$R_s$ (sec/cm)		$R_m$ (sec/cm)	
	Ginseng	Tobacco	Ginseng	Tobacco
10	13.36	13.11	9.27	5.56
15	10.55	8.04	8.38	2.57
20	10.45	8.06	8.13	3.20
25	13.52	8.57	9.15	2.74
30	15.78	11.60	11.28	6.59
35	24.60	11.87	14.09	6.60
40	55.60	19.38	15.45	5.43

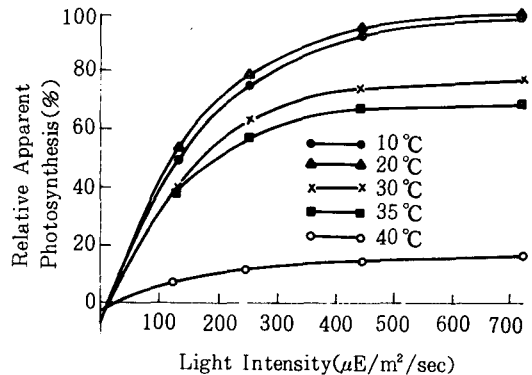


**Fig. 3.** Apparent photosynthesis rate of ginseng after treatment during 3 hrs. in each temperatures.

葉肉抵抗( $R_m$ )은 人蔘이나 잎담배에서  $R_s$ 만큼 크게 增加되지 않았으며 잎담배보다는 人蔘에서 溫度 上昇에 의해 더 增加하는 傾向이었는데(表 1), Ku<sup>9)</sup>는 生育適溫 以上에서 光合成에 대한 큰 制限은 溫度에 대한  $CO_2$  溶解度의 依存 때문일지도 모른다고 하였고,  $CO_2$ 의 液相 溶解度는 葉溫 增加에 의해 顯著히 減少된다고 하였으며, Ishii 等<sup>7)</sup>은  $CO_2$  擴散 抵抗은 溫度와 光合成 사이의 關係를 決定하는 첫번째 要因으로 考慮된다고 하였다. 또한 Monson<sup>12)</sup>도  $CO_2$ 에 대한 細胞內의 抵抗은 葉溫이 增加하므로써 增加되었다고 하여 高溫에서 光合成 沮害는 葉肉抵抗에 의해서도 크게 影響을 받는 것으로 보였다.

溫度의 沮害程度를 調査하기 위하여 氣溫 10°C에서 40°C까지 3時間 處理한 後의 人蔘의 光合成 速度는 그림 3 과 같이 20°C와 10°C에서는 處理前과 差異가 認定되지 않았으나 35°C부터는 顯著하게 高溫沮害를 받아서 12.5%, 40°C에서는 28%가 各各 處理前보다 低下하였다.

그러나 6時間 동안 處理한 結果는 그림 4 와 같이 더욱 뚜렷한 高溫沮害를 보여서 30°C에서는 22.5%, 35°C에서는 31%, 40°C에서는 83%가 處理前보다 各各 低下되었다. 이와 같이 溫度에 의한 光合成沮害는 대부분의  $C_3$  植物에서 40°C까지는 충분히 可逆的이라고 하여<sup>12, 19)</sup> 人蔘의 경우도 可逆的인 沮害現象이라고 보나 葉溫 25°C에서 2時間 동안 溫度反應을 安定시켰음에도 回復되지않고 繼續 크게 光合成의 沮害를 받고 있는 것으로 보아 만일 이러한 沮害現象이 累積的인 경우는 人蔘生育에 대단히 큰 問題가 될 것으로 본다. 本實驗의 結果



**Fig. 4.** Apparent photosynthesis rate of ginseng after treatment during 6 hours in each temperature.

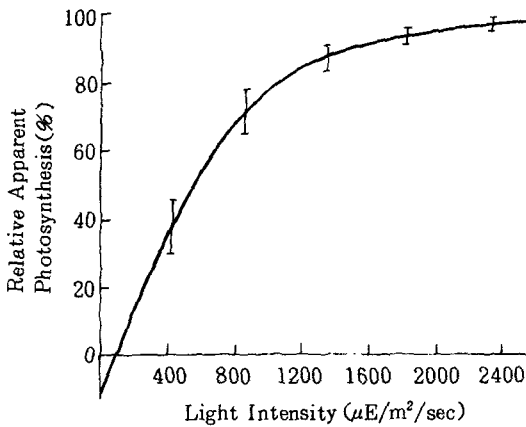


Fig. 5. Apparent photosynthesis rate of tobacco after treatment 3 hours in each temperatures from 10 °C to 40 °C.

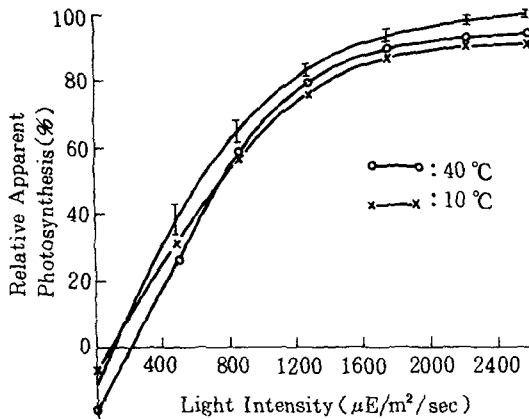


Fig. 6. Apparent photosynthesis rate of tobacco after treatment during 6 hours in each temperatures.

로 보아 光에 의한 障害<sup>1)</sup> 보다는 高温障害가 더 甚한 것으로 보여서 生育期間중 温度管理는 가장 重要한 環境調節 要因중의 하나라고 생각한다. 生育適溫 以上の 温度에서 光合成의 減少는 氣孔抵抗이 크게 되어서 CO<sub>2</sub>가 擴散抵抗에 影響을 미치게 되고, 4, 5, 13, 17, 20, 23) 光呼吸과 暗呼吸이 增大되기 때문이며<sup>7)</sup> 또 O<sub>2</sub> 濃度도 增加하게 되어 O<sub>2</sub> 障害가 크게 된다고 한다.<sup>7, 8, 12)</sup> 그리고 Berry<sup>2)</sup> 등<sup>10, 12, 22)</sup>은 RuBP의 再生率에 대한 減少의 結果라고 하므로써 温度에 의한 光合成의 沮害現象은 複合的인 要因이 介在하는 것으로 본다. 그러나 아직도 그 原因이 確實하게 밝혀진 바가 없어 이에 대한 研究가 더 要望된다.

잎담배도 人蔘과 同一하게 3時間 處理에서는 그림 5와 같이 處理後 2時間안에 光合成沮害는 回復되어서 전혀 沮害現象이 나타나지 않았지만, 6時間 處理에서는 그림 6과 같이 40 °C에서 8%가, 10 °C에서 12%가 各各 處理前보다 減少되었다. 따라서 잎담배는 人蔘보다 高温障害가 거의 일어나지 않았으나 低温에 의한 沮害程度는 多少 크게 나타났으므로 生育期間중 低温障害가 일어나지 않도록 栽培되어야 할 것으로 생각된다.

## 摘 要

移植後 生育初期의 잎담배 Bulgaria와 人蔘 4年生을 利用하여 温度條件 10, 20, 30, 35, 40 °C에서 光強度 440 μE/m<sup>2</sup>/sec 條件으로 3, 6時間동안 各各 處理한 後 葉溫 25 °C 條件에서 2時間 後에 CO<sub>2</sub> 濃度 345 ppm에서 光-光合成速度를 調査하였다.

1. 處理前 10 °C에서 40 °C까지의 葉溫變化에서 人蔘의 光合成速度는 低温보다 高温에서 顯著히 低下되었는데, 잎담배는 人蔘보다 光合成速度의 變化가 더 심하였으며 高温보다도 低温에서 더 低下되었고, 人蔘은 葉溫 21 °C에서 6.9 mg · CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/hr로, 잎담배는 25 °C에서 13.7 mg · CO<sub>2</sub>/dm<sup>2</sup>/hr로 各各 가장 커서 光合成 適溫으로 보였다.

2. 葉溫變化에 의한 R<sub>m</sub>나 R<sub>s</sub>는 高温일수록 增加되어서 温度에 의한 光合成沮害는 R<sub>m</sub>과 R<sub>s</sub>의 影響이 크게 미치는 것으로 보였고 R<sub>m</sub>보다는 R<sub>s</sub>가 더 크게 作用되었다.

3. 잎담배는 3時間 處理에서 光合成速度의 變化가 없었으나 6時間 處理에서는 40 °C에서 8%가, 10 °C에서 12%가 低下되어 低温에 의한 影響이 더 크게 나타났다.

4. 人蔘은 3時間 處理에서 40 °C에서는 28%, 35 °C에서는 12.5%가 低下되었으며, 6時間 處理에서는 40 °C에서 거의 光合成能力이 喪失되었고 35 °C에서 35%, 30 °C에서 22.5%, 10 °C에서 2%가 各各 低下되어서 人蔘의 光合成作用에는 光條件보다 高温條件이 아주 큰 影響을 미치는 것으로 보였다.

## 引 用 文 獻

1. 裴成國 · 許 益 · 石井龍一 · 玖村教彦. 1985. 光條件이 人蔘과 잎담배의 光沮害에 미치는 影

- 響. 韓作誌 30(2): 126-130.
2. Berry, J. and O. Bjorkman. 1980. Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 31: 491-543.
  3. Downes, R. W. 1970. Effect of light intensity and leaf temperature on photosynthesis and transpiration in wheat and sorghum. *Aust. J. Biol. Sci.* 23: 775-782.
  4. Ferrar, P. J. 1980. Environmental control of gas exchange in some savanna woody species. I. Controlled environment studies of *Terminalia serices* and *Grewia flavescens*. *Oecologia* 47: 204-212.
  5. Hall, A. E., E. D. Schulze and O. L. Lange. 1976. Current perspectives of steady-state stomatal responses to environment. In O. L. Lange, L. Kappen, E. D. Schulze, eds, *Water and Plant Life*. Springer Verlag, Berlin. pp. 169-188.
  6. Heath, O. V. S. and H. Meidner. 1957. Effects of carbon dioxide and temperature on stomata of *Allium cepa* L. *Nature* 180: 181-182.
  7. Ishii, R., R. Ohsugi and Y. Murata. 1977. The effect of temperature on the rates of photosynthesis, respiration and the activity of RuDP carboxylase in barley, rice and maize leaves. *Japan. Jour. Crop Sci.* 46(4): 516-523.
  8. Ku, S. B. and G. E. Edwards. 1977. Oxygen inhibition of photosynthesis. I. Temperature dependence and relation to  $O_2/CO_2$  solubility ratio. *Plant Physiol.* 59: 986-990.
  9. 李鍾喆·千成基·金鏡泰·曹在星. 1980. 遮光下の溫度 및 光度가 高麗人蔘의 光合成 및 根生長에 미치는 影響. 韓作誌 25(4): 91-98.
  10. Lilley, R. M. C. and D. A. Walker. 1975. Carbon dioxide assimilation by leaves, isolated chloroplasts and ribulose bisphosphate carboxylase from spinach. *Plant Physiol.* 55: 1087-1092.
  11. Martin, B., D. R. Ort and J. S. Boyer. 1981. Impairment of photosynthesis by chilling temperatures in tomato. *Plant physiol.* 68: 329-334.
  12. Monson, R. K., M. A. Stidham, G. J. Williams III, G. E. Edwards and E. G. Uribe. 1982. Temperature dependence of photosynthesis in *Agropyron smithii* Rydb. *Plant Physiol.* 69: 921-928.
  13. Neilson, R. E. and P. G. Jarvis. 1975. Photosynthesis in sitka spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). IV. Response of stomata to temperature. *J. of Appl. Ecol.* 12: 879-891.
  14. 朴 薰·李鍾華·裴孝元·洪榮杓. 1979. 人蔘葉의 光合成과 呼吸에 미치는 光度 및 溫度的 影響. 韓土肥誌 12(1): 49-53.
  15. \_\_\_\_\_. 1980. 人蔘의 溫度에 對한 生理反應 II. 葉의 生理, 地溫, 氣溫, 病菌의 生育. 高麗人蔘學會誌 4(1): 104-120.
  16. \_\_\_\_\_. 柳基中·李鍾律. 1982. 人蔘根 新芽의 暗下生育에 미치는 溫度的 影響. 高麗人蔘學會誌 6(1): 11-16.
  17. Raschke, J. K. 1970. Temperature dependence of  $CO_2$  assimilation and stomatal aperture in leaf sections of *Zea mays*. *Planta* 91: 336-363.
  18. Rogers, G., P. J. H. Sharpe, R. D. Powell and R. D. Spence. 1981. High-temperature disruption of guard cells of *Vicia faba*. Effect on stomatal aperture. *Plant Physiol.* 67: 193-196.
  19. Schreiber, U. and J. A. Berry. 1977. Heat induced changes of chlorophyll fluorescence in intact leaves, correlated with damage of the photosynthetic apparatus. *Planta* 136: 233-238.
  20. Slatyer, R. O. and P. J. Ferrar. 1977. Altitudinal variation in the photosynthetic characteristics of snow gum, *Eucalyptus pauciflora* Sieb ex Spreng. II. Effects of growth temperature under controlled conditions. *Aust. J. Plant Physiol.* 4: 289-299.
  21. Tso, T. S. 1972. *Physiology and biochemistry of tobacco plants*. Dowden, Hutchinson & Ross, Inc. pp. 22.
  22. Weis, E. 1981. Reversible heat-inactivation of the Calvin Cycle: A possible mechanism of the temperature regulation of photosynthesis. *Planta* 151: 33-39.
  23. Wuenschel, J. E. and T. T. Kozlowski. 1971. The response of transpiration resistance to leaf

temperature as a desiccation resistance mechanism in tree seedlings. *Physiol. Plant* 24: 254-259.