

光條件이 人蔘과 잎담배의 光阻害에 미치는 影響

裴成國* · 許 溢* · 石井龍一** · 玖村敦彦**

Effect of Light Conditions on Photoinhibition of Ginseng and Tobacco

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

ABSTRACT

Photoinhibition studies were conducted with ginseng (*Panax ginseng*) grown under shade and tobacco (*N. tobaccum* cv. Bulgaria) grown under full sunlight. The plants were exposed to light intensity of 580, 1280, 1770, 2580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ in normal air for 3, 6, 9 hours. Light saturation of ginseng was observed at 550 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ and that of tobacco was at 1600 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$. Tobacco exposed to high light intensity and long duration of light irradiation didn't show entire reduction in photosynthetic capacity. But in ginseng, 20.3% of photosynthesis was reduced in light intensity of 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ during 9 hours.

Light response in photosynthesis differed considerably between tobacco and ginseng, and ginseng exposed to high light intensity showed remarkable reduction in photosynthesis. The extent of photoinhibition of ginseng was dependent on the length of exposure to the high light intensity. Stomatal resistance of ginseng seemed not to be changed by photoinhibition but mesophyll resistance was increased.

緒 言

人蔘은 自然光의 10% 미만인 透光되는 半陰條件에서, 담배는 遮光되지 않은 強光下에서 各各 生育되고 있는데 Böhning 等¹⁾도 陽地植物과 陰地植物은 各各 光飽和點과 補償點이 다르다고 한 바와 같이 人蔘은 強光下에서 잎담배와는 달리 光阻害를 받음으로써 金²⁾은 自然光의 8%가, 李 等³⁾은 0%의 透光量이 人蔘의 生育에 適當하다고 하였고, 宮崎와 立道⁴⁾는 잎담배에서 25 Klux가 光飽和點이라고 報告하였다. Kok¹¹⁾는 過度한 光에너지는 光合成器官에 해로운 結果를 가질 수 있다고 하였고 特히 陰地植物은 強光下에서 현저한 光合成 能力의 減少를 보였다고 하였으며^{3,6)}, 陽地植物에서도 普通과 다른 光

強度나 照射時間에서 光阻害가 일어나고^{8,17)}, 弱光下에서 자랐을 경우도 強光을 照射하므로써 光阻害를 받았다고 하였다.^{1,6,16)} 이와 같이 正常的인 大氣條件에서 光飽和 以上の 光을 받았을 때 CO₂ 同化作用이 현저하게 減少됨을 報告하였다. 이러한 光阻害에 대한 機構는 아직 뚜렷이 밝혀지지는 않았으나 強光의 照射에 의해 過度하게 吸收된 光에너지는 葉綠體의 電子傳達과 CO₂ 固定에 있어서 그 能力을 超過하게 되어 光化學 反應部를 不活性으로 하여 光阻害가 일어나는 것으로 推定되고 있다.^{1,2,10)}

人蔘과 담배는 生育中 必要로 하는 光量이 各기 다른 作物으로써 光阻害 程度를 밝히고자 光量을 달리 處理할 경우 光量은 溫度에 따라서 그 미치는 影響이 다르고 葉溫을 上昇시키는 主要因이 되기 때문에 葉溫을 일정하게 한 條件에서 光阻害 程度를 밝히기

* 韓國人蔘煙草研究所(Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Suwon 170, Korea)

** 日本東京大學 農學部(Faculty of Agriculture, The University of Tokyo, Japan) < 1985. 1. 9 接受 >

위하여 試驗을 遂行하였던 바 그 結果를 報告한다.

材料 및 方法

잎담배는 *N. tobaccum* cv. Bulgaria를 1/6,500 a pot에 播種後 60日 苗를 移植한 後에 東京大學 農學部 溫室에서 25日 동안 生育시킨 후 供試하였고, 人蔘은 *Panax ginseng* 3年根으로 催芽促進을 위하여 gibberellin 100ppm 溶液에 1時間 浸漬한 후 1/4,000a pot에 移植하여 溫室에서 自然光 86.5% 遮光下에서 開葉 20日까지 生育시킨 후 供試하였다. 處理는 葉溫 $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 濕度 70%의 條件에서 共히 580, 1,270, 1,770, 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 의 光度로 3, 6, 9時間 동안 照射하였다. 光合成速度의 測定은 測定部位를 잎담배는 單葉으로, 人蔘은 1株別로 하였고, 光強度를 잎담배는 暗狀態에서 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 까지, 人蔘은 暗狀態에서 720 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 까지로 하였으며, 葉溫을 $22 \pm 0.5^\circ\text{C}$, 濕度를 70%, CO_2 濃度를 320ppm의 條件에서 各各 光-光合成速度를 光處理前과 處理後로 나누어 測定한 後 이를 比較하였다. 光合成의 飽和率(P_0)은 一定한 溫濕度條件에서 光強度에 의한 光合成速度를 調査하여 計算하였고, 이를 光量子 1個當 CO_2 固定數를 計算하여 光量子 收量(QY)를 測定하였다. 氣孔抵抗(R_s)과 葉肉抵抗(R_m)은 Gaastra (1959)가 提案한 數式으로 計算하였다. R_s 計算: $T = \frac{(\text{H}_2\text{O})l - (\text{H}_2\text{O})a}{r_s, \text{H}_2\text{O}}$

T: 同化箱의 入口와 出口의 絶對 濕度差, $(\text{H}_2\text{O})l$: 一定한 葉溫에서 100% 飽和된 水蒸氣量, $(\text{H}_2\text{O})a$: 同化箱의 入口와 出口의 絶對 濕度 平均.

$$R_m \text{ 計算: } P = \frac{(\text{CO}_2)a - (\text{CO}_2)l}{r_s, \text{CO}_2 + r_m} = \frac{(\text{CO}_2)a - (\text{CO}_2)l}{1.56 \times r_s, \text{H}_2\text{O} + r_m}$$

($r_s, \text{CO}_2 = 1.56 r_s, \text{H}_2\text{O}$ 이므로)

P: 光合成量, 1.56: 空氣中에서 CO_2 의 擴散係數, $(\text{CO}_2)a$: 同化箱內의 CO_2 濃度の 平均值, $(\text{CO}_2)l$: 葉綠體內의 CO_2 濃度. 葉溫은 熱電對 溫度計로 測定하였고, 同化箱의 入口와 出口의 溫度는 露點溫度計로, 濕度는 濕度分析機로 各各 調査하였다.

結果 및 考察

光阻害 程度를 調査하기 위하여 光處理에 앞서 溫室에서 生育된 人蔘과 담배의 光合成能力과 各溫

度別 光飽和點을 찾기 위하여 먼저 葉溫을 15°C 에서 35°C 까지 5°C 間隔으로 調節하면서 暗狀態에서 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 까지 光-光合成速度를 測定한 結果 人蔘은 그림 1와 같이 어느 溫度條件에서나 光飽和點은 550 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 附近에서 나타났으며, 20°C 條件에서 7.2 $\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 로 光合成速度가 가장 컸고 高溫일수록 光合成能力이 低下하여 35°C 에서는 5.2 $\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 로 나타났다.

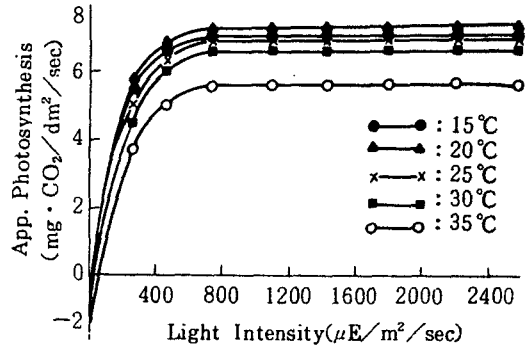


Fig. 1. Apparent photosynthesis rate of ginseng from dark to 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ under various temperature conditions.

人蔘 生育의 適正光度는 金⁹⁾은 自然光의 8% 透光量이라고 하였고, Grushitskii 와 Novichcova⁷⁾는 自然光의 3%(4,000 lux)~8%(10,000 lux)라고 報告하였으나 最近 李 等¹³⁾은 自然光의 18.5%에서, 李 等¹²⁾은 20%에서 各各 根收量이 많았기 때문에 보다 透光量을 增大시켜야 한다고 報告하였는데, 本實驗 結果에서도 550 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ (17,000 lux)에서 光飽和點을 이룬 점으로 보아 慣行 栽培時 日晝下の 光量이 5% 程度이므로 이 보다 透光量을 增大시키

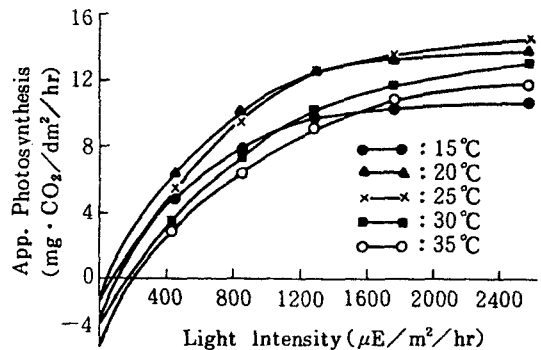


Fig. 2. Apparent photosynthesis rate of tobacco from dark to 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ under various temperature conditions.

도록 遮光材料를 選擇함이 바람직할 것으로 보였다.

잎담배의 光-光合成速度는 그림 2과 같이 葉溫 15°C인 低溫에서는 1,170 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ (35,000 lux)에서 光飽和點이 보였으나 20°C에서는 1,400 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ (42,000 lux)에서, 25°C 이상은 1,600 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ (48,000 lux)에서 光飽和點이 나타나서 溫度가 上昇할 수록 光飽和點도 높게 나타났다. 光合成速度는 25°C에서 14.3 $\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 로 가장 컸고, 20°C, 30°C, 35°C 順이었으며 15°C의 低溫에서는 10.3 $\text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 로 매우 낮았다. 따라서 담배의 光合成速度는 高溫에서 보다 低溫에서 더 크게 影響을 받는 것으로 보였다.

人蔘을 580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec} \sim 2,580 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 까지 光度別로 3, 6, 9 시간을 各各 處理한 結果는 그림 3과 같다. 3時間 處理했을 때 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서 光合成速度는 處理前과 比較하여 光合成能力이 88.6%로 11.4%의 光阻害 現象이 일어났고, 다른

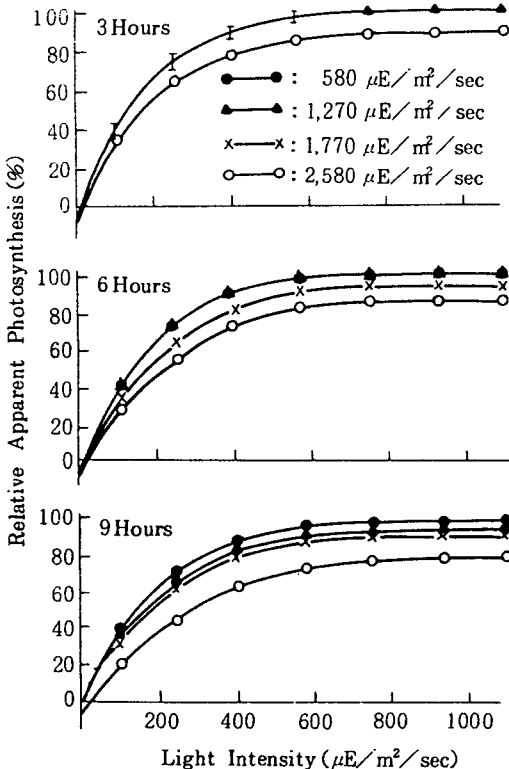


Fig. 3. Light curves of apparent photosynthesis in the leaves of ginseng with light irradiation of different intensity and duration.

光度에서는 處理前과 差異가 認定되지 않았다. 6時間 處理에서는 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서 光合成能力이 85.4%, 1,770 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서 94.2%로 14.6%, 5.8%의 光阻害가 各各 일어났고 그 以下の 光度에서는 나타나지 않았으며, 9時間 處理에서는 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서 光合成能力이 79.7%로 20.3%가, 1,770 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서는 90.5%로, 9.5%가, 1,270 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서는 91.5%로 8.5%의 光阻害를 各各 받았으나 580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서는 9時間을 處理하여도 光阻害가 일어나지 않았다. 이와 같이 光強度가 크고 照射時間이 길수록 光阻害作用도 크게 나타났는데, Hirata 等⁶⁾과 Powles & Osmond¹⁷⁾도 光阻害는 光強度, 光照射時間과 葉齡에 依存되었다고 하였다.

陰生植物인 人蔘은 透光量이 增加함에 따라 炭疽病, 斑點病 等の 病發生이 많았고^{13,16)}, 敏株率도 增加되며¹²⁾, 生育의 停止로 落葉이 빨라지고, 葉綠素의 生成 및 光合成이 阻害되었다고 하였다.¹³⁾ 또한 李 等¹²⁾은 透光量을 20%까지 增加하므로써 根重도 增加하였으나 30%에서는 減少되었다고 하였다. 이

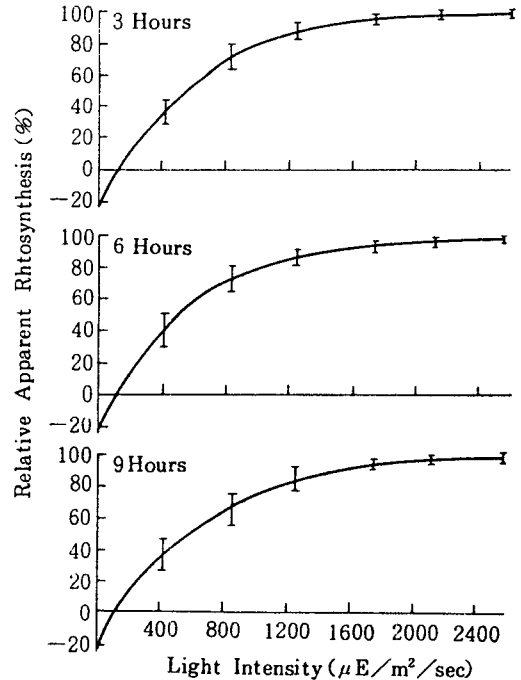


Fig. 4. Light curves of apparent photosynthesis in the leaves of tobacco with light irradiation of different intensities (580, 1,270, 1,770, 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$) and duration (3, 6, 9 hrs.).

Table 1. The saturated rate (Po), apparent quantum yield (QY), stomatal resistance (Rs) and mesophyll resistance (Rm) of the treated leaves of ginseng and tobacco.

Dura- tion (hr)	Light intensity ($\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$)	Ginseng				Tobacco			
		Po (%)	QY (%)	R_s (sec/cm)	R_m (sec/cm)	Po (%)	QY (%)	R_s (sec/cm)	R_m (sec/cm)
3	580	100	100	10.64	11.02	100	100	8.85	5.66
	1,270	100	100	10.95	9.81	100	100	9.10	5.50
	1,770	100	100	10.30	10.22	100	100	8.69	5.76
	2,580	93.5	93.3	10.21	11.65	100	100	9.60	5.15
6	580	100	100	10.85	9.87	100	100	9.32	5.36
	1,270	100	100	10.72	9.95	100	100	8.54	5.86
	1,770	94.2	89.6	11.17	12.86	100	100	9.75	5.08
	2,580	85.4	83.8	10.97	14.10	100	100	9.28	5.39
9	580	100	100	12.02	9.12	100	100	9.65	5.14
	1,270	91.5	91.7	11.50	11.45	100	100	8.58	5.83
	1,770	90.5	83.3	10.67	13.32	100	100	9.24	5.41
	2,580	79.7	80.5	12.62	17.76	100	100	8.32	6.08

와 같은 強光 照射에 의한 生育障害은 光度가 增加함에 따라 葉溫도 相對的으로 上昇하므로 단순히 強光에 의한 沮害인지 溫度에 의한 沮害인지는 區分할 수 없으나 光飽和 以上の 光 照射에 의해서 生育에 미치는 影響이 대단히 큰 것으로 報告되었다. 그러나 本 實驗에서는 葉溫을 生育過程에 固定한 후에 處理하였던 바 光沮害 現象은 뚜렷이 나타났으나, 光沮害를 가장 크게 받은 處理가 20.3%로써, 완두콩에서 $2,700 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 의 光을 6時間 處理하였을 경우 25.3%의 높은 光沮害가 나타났던 것으로 보아⁸⁾ 溫度를 排除한 強光條件만으로는 人蔘 生育에 아주 크게 障害을 미치지 않는 것으로 보였다.

Kok¹⁰⁾, Hirata 等⁸⁾, Powles & Critchley¹⁶⁾는 過度한 光에너지는 光合成的 器官에 해로운 結果를 가져와서 光沮害를 일으켰다고 하였으나 光沮害의 機構는 아직 뚜렷이 밝혀진 바가 없다. 本 實驗에서는 이를 밝히기 위하여 氣孔抵抗(R_s)과 葉肉抵抗(R_m)을 調査하였는데 Gauhl¹¹⁾은 gas 擴散에 대한 生理的 抵抗은 有意差가 없다고 하였으나 표 1과 같이 氣孔抵抗은 處理間에 差異가 뚜렷하지 않았지만 葉肉抵抗은 光沮害를 받은 處理에서 크게 나타났으므로 強光 照射에 의해 葉綠體에 到達할 때까지의 液相에 따른 擴散抵抗은 다소 크게 보였다. 또한 Björkman¹¹⁾은 光飽和點 以上の 光照射로 carboxydismutase의 酵素活性이 낮았다고 하였고, Kok¹⁰⁾, Björkman¹¹⁾ 등은 遮光植物이 正常的인 大氣條件에서 強光이 照射되었을 때 光化學反應部の 不活性인 結果로 이 光에너지가 葉綠體 電子傳達과 CO_2 同化作用에 대한 能力에 超過된데 起因한 것으로 推定하였다.

일담배는 人蔘과 똑같이 處理하였으나 어느 光度에서도 그림 4와 같이 光沮害 現象은 일어나지 않았다. Chen과 Huang⁵⁾도 單位葉面積當 乾物重이나 生重의 變化率은 光強度와 光照射期間에 대하여 正의 關係를 보였다고 하였고, Raper 等¹⁸⁾도 光照射期間이 增加되므로써 生重에 대한 乾物比도 增加되었다고 하여 飽和光 以上の 強光度에서도 光沮害가 일어나지 않음을 報告하였다.

光量子 收量은 표 1과 같이 光량이 클수록 外見上 光合成量보다 低下하는 傾向이었으나 큰 差異가 없이 光沮害를 받은 處理에서 光量子 收量도 低下하여 $2,580 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 의 光度로 9時間 處理한 區에서는 80.5%로 19.5%가 低下되었다.

摘 要

移植後 生育初期의 일담배(品種: Bulgaria)와 3年根 人蔘을 供試하여 光強度를 580, 1,280, 1,770, $2,580 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 로 各各 3, 6, 9時間을 葉溫 22°C 의 條件에서 處理한 후 CO_2 濃度 320 ppm에서 光-光合成速度를 調査하였다.

1. 處理前 人蔘의 光飽和點은 어느 溫度 條件에서나 공히 $550 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 程度였고, 光合成速度는 20°C 에서 7.2 , 35°C 에서 $5.2 \text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 이었다. 일담배는 光飽和點이 25°C 에서 $1,600 \mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서 나타났고, 光合成速度는 25°C 에서 14.3 , 15°C 에서는 $10.3 \text{mg} \cdot \text{CO}_2/\text{dm}^2/\text{hr}$ 이었다.

2. 일담배는 어느 處理에서나 光沮害가 일어나지 않았다.

3. 人蔘은 3時間 處理에서는 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 의 光度에서만 光合成速度가 11.4% 低下되었고, 9時間 處理에서는 1,270 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 光度에서 8.5%, 1,770 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서 9.5%, 2,580 $\mu\text{E}/\text{m}^2/\text{sec}$ 에서 20.3%로 各各 低下되어 光強度가 크고 照射時間이 길수록 光阻害가 컸다.

4. 人蔘에서 氣孔抵抗은 處理間에 差異가 없었으나, 葉肉抵抗은 光阻害를 받은 處理에서 크게 나타났고, 담배에서는 處理間에 差異가 認定되지 않았다.

引用 文 獻

1. Björkman, O. 1968. Further studies on differentiation of photosynthetic properties in sun and shade ecotypes of *Solidago virgaurea*. Plant Physiol. 21 : 84-99.
2. Björkman, O. and P. Holmgren. 1963. Adaptability of the photosynthetic apparatus to light intensity in ecotypes from exposed and shaded habitats. Plant Physiol. 16 : 889-914.
3. Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 28 : 355-377.
4. Bohning, R.H. and Christel A. Burnside. 1956. The effect of light intensity on rate of apparent photosynthesis in leaves of sun and shade plants. Amer. Jour. Botony 43 (8) : 557-561.
5. Chen, L. H. and B. K. Huang. 1970. Effect of light intensity and duration on relationship among leaf area, fresh weight and dry weight of tobacco leaves. Tobacco Science 14 : 58-62.
6. Gauhl, E. 1976. Photosynthetic response to varying light intensity in ecotypes of *Solanum dulcamara* L. from shaded and exposed habits. Oecologia (Berl) 22 : 275-286.
7. Grushvitskii, I. V. and L. M. Novichcova. 1957. Photosynthesis in ginseng. Bot. Zh. 42 : 751-756.
8. Hirata, M., R. Ishii, A. Kumura and Y. Murata. 1983. Photoinhibition of Photosynthesis in soybean leaves. I. Effects of different intensities durations of light irradiation on light response curve of photosynthesis. Japan. Jour. Crop Sci. 52 (3) : 314-318.
9. 金俊鎬. 1964. 人蔘의 生育에 대한 生理·生態學的 研究(IV). 서울大論文集(生農) 15 : 94-101.
10. Kok, B., E. B. Gassner. and H. J. Rurainski. 1965. Photoinhibition of chloroplast reactions. Photochem. Photobiol. 4 : 215-227.
11. Kok, B., 1956. On the inhibition of photosynthesis by intense light. Biochim. Biochem. Biophys. Acta. 21 : 234-244.
12. 李鍾喆·千成基·金鏡泰·曹在星. 1982. 人蔘生育의 最適光量에 關한 研究(第3報) 光度가 다른 條件에서의 床面被覆이 人蔘生育에 미치는 影響. 高麗人蔘學會誌 6 (2) : 154-161.
13. 李鍾華·李鍾喆·千成基·金鏡泰·安壽奉. 1982. 人蔘生育의 最適光量에 關한 研究(第1報) 光度가 人蔘의 地上部 生育 및 根收量에 미치는 影響. 高麗人蔘學會誌 6 (1) : 38-45.
14. 宮崎賢三·立道美朗. 1968. タバコの成熟にもなる光合成の推移と品種間差. 日作紀 37 : 135-139.
15. 吳承煥. 1981. 人蔘의 環境 및 寄生條件과 發病과의 關係. 高麗人蔘學會誌 5 (1) : 73-84.
16. Powles, S.B. and C. Critchley. 1980. The effect of growth light intensity on photoinhibition of intact attached bean leaflets. Plant Physiol. 65 : 1181-1187.
17. Powles, S. B. and C. B. Osmond. 1979. Photoinhibition of intact attached leaves of C_3 plants illuminated in the absence of both carbon dioxide and of photorepiration. Plant Physiol. 64 : 982-988.
18. Raper, C. D., W. H. Johnson and R. J. Downs. 1971. Factors affecting the development of flue-cured tobacco grown in artificial environments. I. Effect of light duration and temperature on physical properties of fresh leaves. Agron. J. 63 : 283-286.