

整枝方式對茄子光合作用能力之影響¹

戴振洋² 陳榮五² 李文汕³ 張武男³

摘 要

本研究的目的是在於探討不同整枝處理(水平整枝與V型整枝)對茄子葉片光合作用能力之影響。試驗結果顯示茄子冠層的透光率，以V型整枝處理的株冠層較薄，葉層排列緊密，對光截取能力較佳。不同葉位的光合成速率，不同處理間均以盛花下第一片葉的光合成速率最高，其次依序為盛花上第一片葉、盛花下第三、五及七片葉。不同時期單葉光合作用速率則以在5月27日生育初期之V型整枝處理可達 $17.48 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ，而對照之水平整枝處理僅為 $16.48 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ；但在8月27日生育中期，V型整枝處理因棚架遮蔭效應之故，僅為 $15.90 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ，而以水平整枝處理 $18.37 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ 的表現較佳。不同整枝處理間，日變化情形均以上午9~11點為一日中光合作用速率的最高峰。

關鍵字：茄子、整枝、光合速率。

前 言

茄子(*Solanum melongena* L.)又名紅皮菜、紅茄仔、茄仔、落蘇、昆侖紫瓜，為茄科茄屬蔬菜植物。由於茄子性喜溫暖濕潤的氣候，適應性強，栽培容易，單位面積產量高，在台灣週年可以生產供應，且生食或加工皆適合，為本省夏秋季的重要蔬菜^(3,10)。

本省傳統栽培茄子，以水平低棚架整枝方式為主，由於行株距較密，且植株生長旺盛，以致枝葉擁擠，光能截取與利用效率較差，加上病蟲害發生容易，對於茄子的產量與品質影響至鉅⁽¹⁰⁾。一般分枝性較強之作物利用整枝處理，進行植株冠層之調整，可以提高產量與品質^(1,2,9,11,12,15,20)。張等人研究葡萄的不同棚架整枝方式，顯示利用不同整枝加以調整植株型，可以調節葉片對PAR光能截取和分配⁽⁶⁾。吳等人研究葡萄不同誘引方式對光合產物運移模式，結果以水平誘引方式處理，葉片運移的碳水化合物，大部分蓄積在上部枝葉部位；而垂直誘引者，其碳水化合物有向上、向下雙向等量運移的情形⁽⁵⁾。Chalmers針對桃樹型設計，使樹冠內部葉片與果實均有適當的分布，並且持續維持的話，其光合產物之實獲量可能比傳統的整枝方式加倍增多⁽¹³⁾。

一般茄子適合的葉面積指數為3~4之間，較早達到此指數，或保持這個指數的時間愈長(40~50天以上)，則愈有利於增產^(1,2)。如過於密植時，其上層葉群雖可達60,000~70,000 Lux，然自最上層向下降20 cm的葉群，僅有10,000 Lux，而茄子的光飽和點在40,000 Lux，光補償點在2,000 Lux^(2,8)，很明顯茄子之下層葉會因光強度不足，而影響其葉片之光合作用⁽²⁾。為

¹ 台中區農業改良場研究報告第 0470 號，為第一作者碩士論文之一部分。

² 台中區農業改良場助理研究員、場長。

³ 國立中興大學園藝學系副教授、教授。

了改善其枝葉繁茂所造成的相互遮蔭，群植內層光線不足的缺點，可利用整枝的技術加以克服^(1,2,20,21)。

鑑於有關茄子整枝方面的研究與報告尙屬闕如，極需建立相關資料以供產業研究之參考。本試驗的目的，即在探討茄子不同整枝方式可否影響茄子葉片光合成速率，以及整枝處理後之光合成日變化情形。

材料與方法

供試材料

供試品種為麻芝茄，1997年11月25日播種於彰化縣埔心鄉，採撒播方式育苗，育苗床之畦長寬為5×1.2 m，種子用量為800 mg/m²，以低隧道式塑膠布保溫，至2月16日取苗(84日齡苗)，以供定植材料。

試驗方法

將麻芝茄苗株於1998年2月16日定植於彰化縣大村鄉台中區農業改良場試驗田，畦寬為2 m，株距0.75 m，每畦種1行，畦面覆蓋銀黑色塑膠布，整枝處理方式在定植後，主幹留至50~60 cm，待著花後形成二個分枝，再各自留二個分枝，以此為茄子的四個主枝，4月初行二種整枝處理的主枝牽引，V型整枝處理為將主枝牽引成與地面成60度角。以水平整枝處理為對照，將其主枝水平牽引至兩側。每小區處理8株，採逢機完全區集設計，四重複。茄子生育期間的栽培管理依一般推廣方法行之⁽³⁾。

一、不同整枝方式之樹冠層光度測量

在採果中期8月27日調查株冠層光度，於晴朗無雲的天氣，以株幹為中心點，區分不同高度與距離。不同高度以自地面向上每隔20 cm為一測點，至高度140 cm為止。不同距離以主幹為中心點，向左右每隔20 cm為一測點，至80 cm處為止⁽⁷⁾。平均每株有7(高度)×8(距離)共計56個測點，每處理調查4株。在中午12點進行調查，測光方式採用PLC4上之測光計，將PLC4水平朝上進行測點，將所得之PPFD (photosynthetic photon flux density)以平均值表示，換算成各葉層的光透過率(light transmission ratio)。

二、整枝方式對茄子光合能力之影響

測定不同整枝處理對不同葉位(盛開花朵之上1葉及花朵之下1, 3, 5, 7葉)之葉片二氧化碳交換率(CO₂ exchange rate, CER)的影響，共測定2次，分別為5月27日生育初期，8月27日生育中期，以每處理取樣五片葉片，重複測定三天，每日當作為一重複，於晴天無雲之上午9時開始測量，所得數據以LSD表示其差異之顯著性。此外，進行不同整枝處理光合能力之日變化調查，在8月27日生育中期測定，以盛開花朵之下第1葉為材料，自上午6時至下午6時止，每隔一小時測定同一葉片，每次測定五片葉，重複三天，以了解茄子光合能力日變化情形。

二氧化碳交換率(CER)的測定

二氧化碳交換率測定之方法，依林測定方式，以手提開放式紅外線分析儀(ADC-model LCA4)外接Parkinson式同化槽(PLCB)，同化槽面積為6.25 cm²，測定時利用空氣壓縮機(ADC-model ASU (MF))使空氣流經矽膠乾燥劑，除濕後以300 ml/min之流速通過Parkinson式同化槽，再配合自動記錄處理機(ADC-model DL-4)記錄單位時間內CO₂之變化量，並同時記錄測定時之光量、相對濕度及葉溫。測定時以同化槽夾住待測的葉片，其同化槽可接受光線的葉面積為6.25 cm²，葉片的光度與葉溫之測定係分別利用附在Parkinson式同化槽上方之selenium photocell及Fenwal TN-1 thermistor測定，並利用這些資料自動轉換成氣孔傳導度⁽⁴⁾。

結 果

對茄子株冠層光度之影響

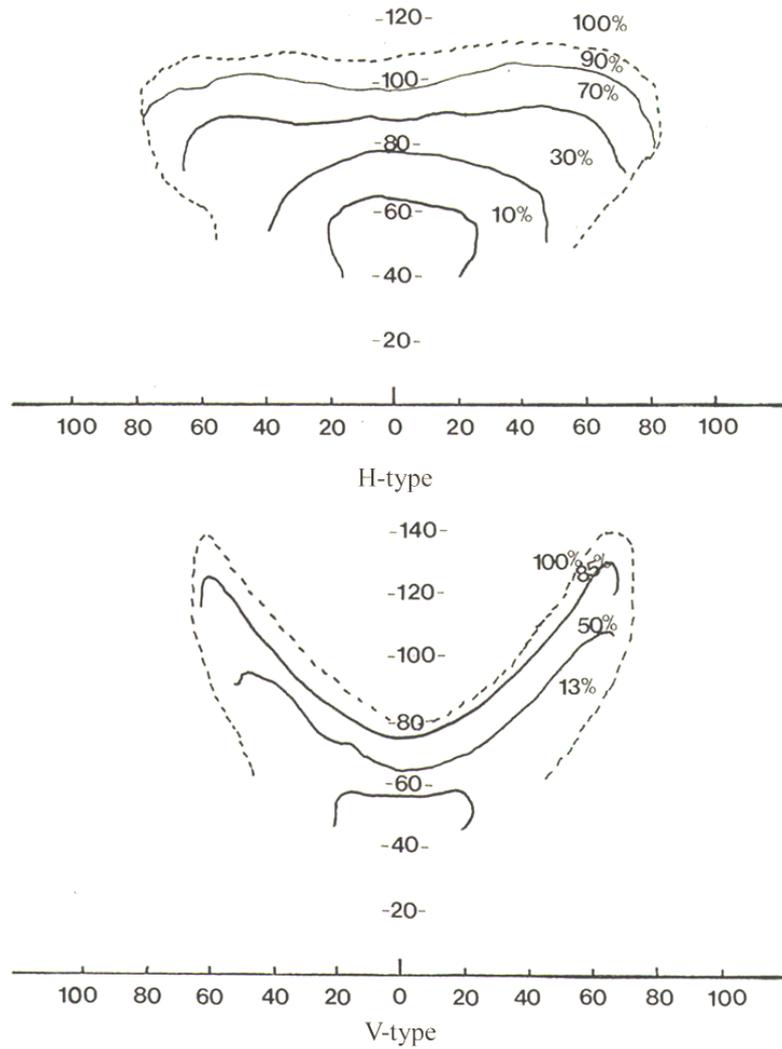
將1997年11月25日播種的茄苗(84日齡苗)，於1998年2月16日定植，4月時行不同方式的整枝，在8月27日晴空無雲的中午進行株冠層光度測量，結果(圖一)顯示水平整枝方式，在株冠層上端處下40~50 cm處的相對光強度(以株冠層上端處的光強度為100%，其光強度PPFD值計算，測量當時平均PPFD值約在2015 μmol/m²/s)僅為株冠層上端處的10%，其次為在株冠層上端處向下30 cm、20 cm與10 cm所測的相對光強度值分別為30%、70%與90%。在V型整枝方式，以在株冠層上端處向下20 cm的相對光強度僅為株冠層上端處為13%，而向下在15 cm與8~10 cm處，分別為50%及85%。

對不同葉位與時期之光合能力影響

為了解不同整枝處理對茄子葉片的光合成速率是否造成影響，於採收初期(5月27日)與採收中期(8月31日)進行不同葉位的單葉光合成速率調查，結果(表一)在採收初期，不同葉片位置的光合成速率均以V型整枝方式較高，其中以盛開花下的第一片葉光合成速率最高，其次分別為盛開花朵上的第一片葉、盛花花朵下的第三片葉、第五片葉與第七片葉，光合成速率依序為17.48、14.8、13.96、9.98與5.14 μmol CO₂/m²/s。水平整枝的不同葉片位置亦有相同的趨勢，以盛開花下第一片葉光合成速率最高，其次為盛花上的第一片葉、盛花下第三片葉、第五片葉與第七片葉，依序分別為16.48、14.18、12.00、6.54與6.08 μmol CO₂/m²/s。在採收中期(8月31日)則顯示，不論葉片位置，以水平式整枝的葉片光合成速率均高於V型整枝方式，不同葉片位置間，則與採收初期有相同的情形，以盛花下第一片葉，光合成速率最高，在水平整枝為18.37 μmol CO₂/m²/s，V型整枝為15.9 μmol CO₂/m²/s。

對光強度之影響

進一步探討不同整枝間對光強度的影響，將所測之日變化值進行分析，結果(圖二)顯示水平整枝方式的淨光合成速率隨光度增加的曲線較V型整枝方式大，水平整枝方式的光補償點約25~30 μmol/m²/s，隨著光強度的增加，光合成速率亦相對地增加，在1,500~1,600 μmol/m²/s時達到光飽和點，V型整枝方式的光補償點在8~10 μmol/m²/s，光飽和點為1,200~1,300 μmol/m²/s。



圖一、不同整枝處理葉層之光透過率。

Fig. 1. The distribution of light transmission ratio on H- and V-type training of eggplant.

表一、整枝處理對茄子生育期葉片光合成速率之影響

Table 1. The influence of training on net photosynthetic rate of eggplant

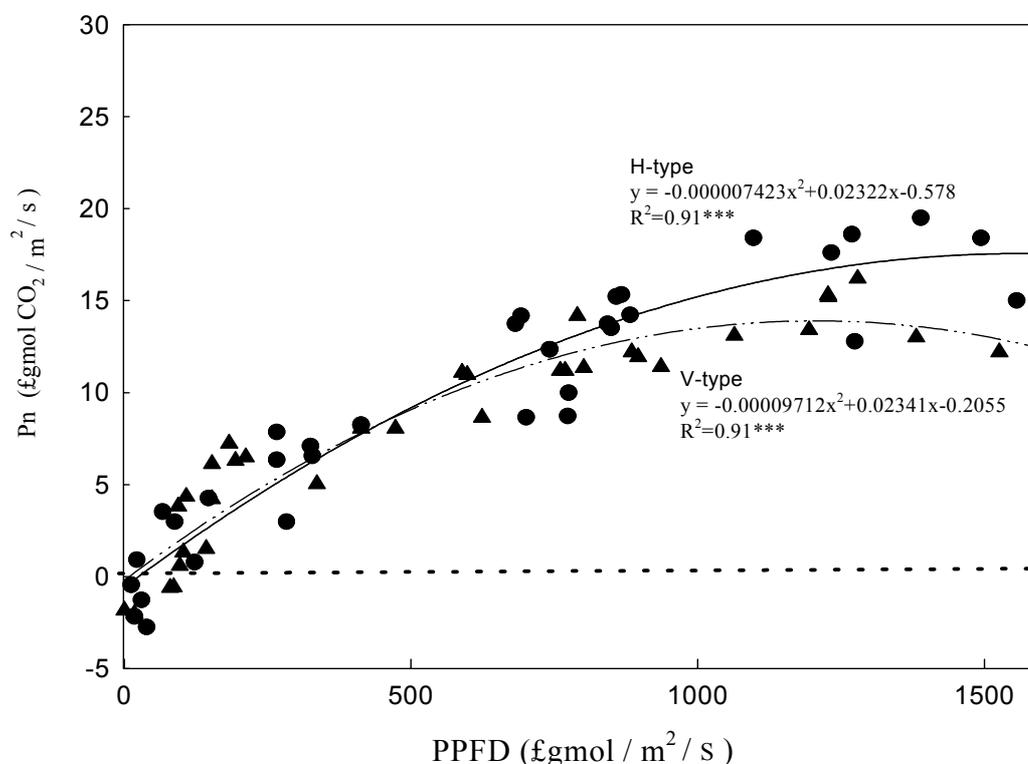
Leaf position	May 27, 1998		August 27, 1998	
	H-type	V-type	H-type	V-type
L1 ¹	14.18 ³	14.80	17.37	14.18
L2	16.48	17.48	18.37	15.90
L3	12.00	13.96	18.07	12.02
L4	6.54	9.98	11.42	10.04
L5	6.08	5.14	6.86	5.02
LSD5% ²	4.95	2.93	3.58	4.07

unit : $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$

¹ L1 was investigated at full blooming upper of 1 leaf. L2, L3, L4 and L5 were investigated at full blooming lower of 1, 3, 5 and 7 leaf.

² Mean separation by LSD at P=0.05 level.

³ Each value is the mean of 5 observations.



圖二、不同整枝處理間(水平整枝處理●與V型整枝處理▲)對茄子葉片淨光合成速率(Pn)與光度(PPFD)之關係。

Fig. 2. The relationship between net photosynthetic rate (Pn) and light intensity (photosynthetic photo flux of density; PPFD) of H- and V-type training (H-type ● and V-type ▲) on eggplant leaves.

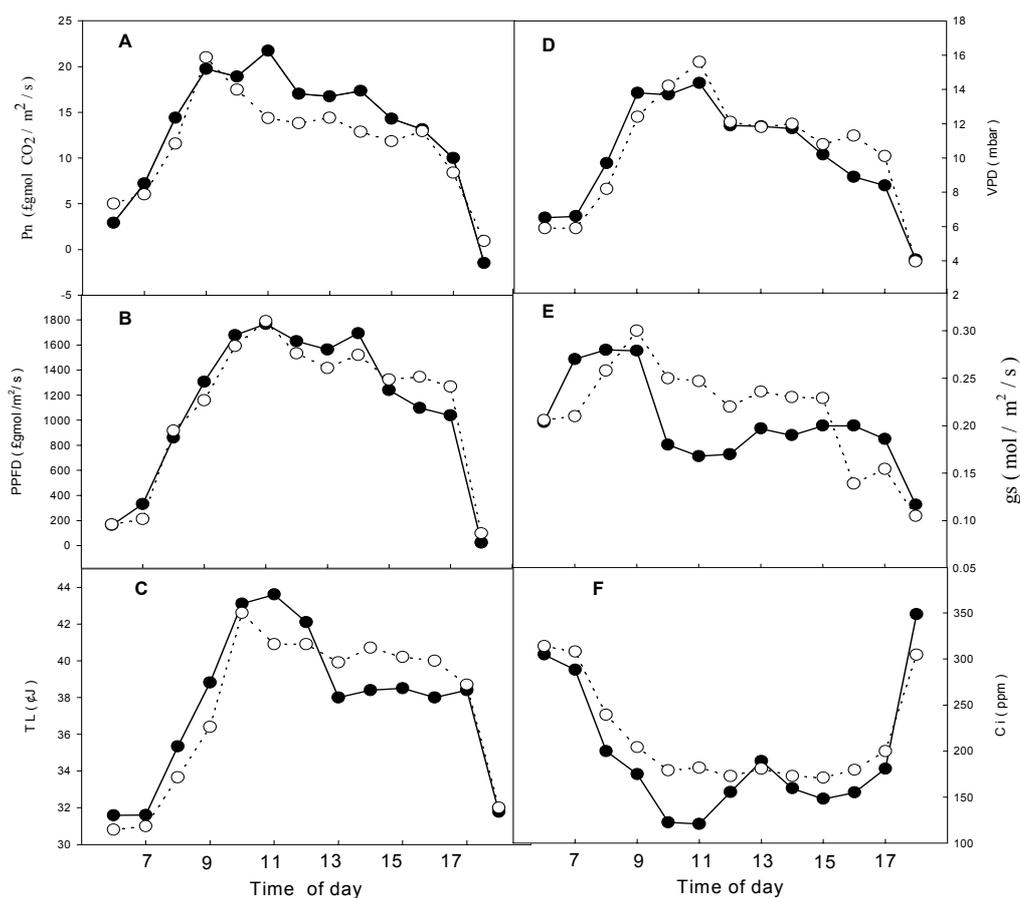
對日變化之影響

其不同整枝間葉片光合作用率日變化率上顯示(圖三)，茄子的淨光合作用速率最大值，水平式整枝處理在上午11點，淨光合作用速率可達 $21.7 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ，在V型整枝處理時為上午9點，淨光合作用速率約 $20.0 \mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ ，其後不同整枝間均有隨之下降的情形。葉片溫度則在11時，不同整枝間均達到最高葉溫，約為 $43\sim 45^\circ\text{C}$ 。蒸氣壓差的日變化趨勢與葉溫有相似的情形在最高葉溫，可達 $14\sim 16 \text{ mbar}$ 。

討 論

茄子經由整枝方式，對於各葉層分布(圖一)呈明顯的不相同，對光線的截取與利用亦不同。水平整枝處理，因枝葉分佈不若V型整枝處理的整齊，故在株冠層上端處向下約 30 cm (高約 80 cm 處)仍可透過光線，可達上層光度約 30% ，而V型整枝處理，枝條與葉片數維持在固定的數量，因此對光線的截取均由上層葉吸收以利用，下層(中心點 60 cm 處)測得的光度，僅為上層相對光度的 13% 。Chalmers認為樹冠葉層較薄者，樹冠光照利用較高，有助於葉片

光合作用效率之提升⁽¹³⁾。水平整枝處理的葉層較厚(圖一)，約40~50 cm，而V型整枝處理的葉層較薄約20~25 cm，且V型整枝處理的葉層呈V字型，故並無上下葉層重疊的情形，顯示V型整枝處理對單位面積上的太陽輻射能截取能力較高。



圖三、茄子不同整枝處理(水平整枝處理●與V型整枝處理○)之葉片淨光合成速率(Pn)(圖A)、光度(PPFD)(圖B)、葉溫(TL)(圖C)、蒸氣壓差(VPD)(圖D)、氣孔導度(gs)(圖E)及葉肉細胞間CO₂濃度(Ci)(圖F)之日變化。

Fig. 3. Diurnal changes of net photosynthetic rate (Pn)(A), light intensity (PPFD) (B), leaf temperature (TL) (C), vapor pressure deficit (VPD) (D), stomatal conductance(gs) (E), and intercellular CO₂ concentration (Ci) (F) of H- and V-type training(H-type ● and V-type ○) of eggplant in the field. Each date is a mean of 5 leaves, and 3 days per leaf.

不同葉位的光合成能力亦不相同，試驗指出不同整枝處理均以盛開花朵下第一葉的光合成速率最高。Kim and Hori研究茄子葉片光合成能力指出，在子葉上的第三、五及八葉，分別在第八葉、第十葉及十一葉齡時，測得的光合成能力不相同，其中以子葉上第八葉測得23.7 mgCO₂/dm²/h1最高，其次為子葉上第五葉為23.3 mgCO₂/dm²/h1，最低為子葉上第三葉僅為21.2 mgCO₂/dm²/h1，亦即以始花下第一葉(子葉上第八葉)的光合成能力最高⁽¹⁶⁾。本試驗亦有相同結果，以花朵下第一葉的光合成速率最高。

整枝處理對茄子葉片光合作用日變化情形(圖三),在一天之中的光合成速率高峰出現在9~11點之間,日變化類型應屬於單峰型,即此類作物的光合作用在一天中之中午前光合成速率達到最高峰,與玉米、桶柑⁽⁷⁾、葡萄⁽⁶⁾等均以上午的光合成速率高於下午的情形相同。在不同整枝處理間以水平整枝的最高峰出現較V型整枝遲二個小時,此可能與V型整枝屬於較蔭性葉有關。每種作物光合作用的光飽和點不盡相同,V型整枝的光飽和點約1200~1300 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ (圖二),由田間測的PPFD可知,上午9點時的光強度即可達到此數值,而水平整枝處理的光飽和點約1,500~1,600 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$,因此在9點時尚未達到光飽和點,大約在上午10點左右光強度才達到水平整枝處理之光飽和點,顯示水平整枝處理在較高的光強度下,才能滿足其葉對光強度的需求。Wolff and Coltman認為茄子'Waimanlo Long'品種在全日照(約2,200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)下才可達最大光合成速率⁽²⁴⁾。而齋藤指出茄子的光飽和點在4萬Lux(約740 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)⁽¹²⁾。本試驗茄子的光飽和點介於兩者之間;林氏認為此差異應是供試植株的生理狀況或環境條件不一致,及測定方法不同之故⁽⁴⁾。此外因V型整枝處理的棚架角度之故,造成V型棚架中心點早晚的遮陰效應,Syvertsen認為在柑桔葉片(幼葉與成熟葉)上,具有光馴化能力⁽²²⁾。換言之,作物對光有一定的適應性,長期在較弱光條件下,葉片對光照強度也不太敏感,此謂馴化(acclimation)⁽²³⁾。V型整枝處理其葉片可否與因光馴化而產生的現象仍有待進一步釐清。Farquhar and Sharkey兩位學者將影響光合成速率的因素,歸納為二大類:凡與CO₂供應有關的因素,如邊界層(boundary layer)、氣孔導度(stomatal conductance)、葉肉細胞CO₂濃度等,統稱為氣孔因素(stomata effect)。但是,在某些情形下,並不能完全以氣孔因素解釋作物光合成速率的抑制現象,此可能與光能轉化,或者與光酵素反應,或也可能是光合產物的迴饋抑制作用有關,此種與作物生化過程有關的葉肉因素,則稱為非氣孔因素(non-stomata effect)^(14,18,19)。本試驗茄子葉片蒸氣壓差、氣孔導度與葉溫隨著PPFD的增加而隨之增加,葉溫上升相對地增加蒸氣壓差,細胞間隙CO₂濃度的變化則在12點達最低。此說明由於較高的蒸散作用引起作物的水分相對的缺乏,影響到葉片上氣孔的開放,進而影響氣孔導度,此時氣孔導度僅為早上9時的60~70%之間,但葉片的光合成速率則無明顯的大幅度的下降,此現象顯然的說明,茄子淨光合成速率受非氣孔因素的影響。

參考文獻

1. 王炳天 1992 茄子高產栽培 金盾出版社 北京。
2. 李曙軒 1984 茄果類的栽培生理 p.281-345 蔬菜栽培生理 上海科學技術出版社 上海。
3. 林茂維 1995 茄子 p.441-444 台灣農家要覽(二) 台北 台灣。
4. 林信山 1991 台灣平地栽植溫帶型東方型之研究 國立中興大學植物研究所博士論文。
5. 吳敬德 賴宏輝 1980 葡萄植株光合產物運移之研究 (I)不同誘引方式下葡萄植株中光合產物的運移模式 中國園藝 26(2-3):78-86。
6. 張致盛 林嘉興 張林仁 1996 不同棚架對巨峰葡萄生長與光合成速率之影響 台中區農業改良場研究彙報 52:41-49。

7. 張哲嘉 林宗賢 1995 桶柑葉片光合作用特徵之研究 中國園藝 41(3):161-173。
8. 郭忠吉 陳惠美 陳秀珠 1990 精緻蔬菜生產與光之管理 p.81-89 精緻蔬菜產銷改進研討會專集。
9. 謹克終 1969 果樹整枝與剪定 國立編輯館 台北 台灣。
10. 戴振洋 1997 鮮食用茄子栽培管理 農業世界 164:96-99。
11. 早谷 潤 1995 青トウガウシの主枝1本立整枝法 農業および園藝 70(5):65-69。
12. 齋藤 隆 1982 ナス基礎編 農業技術大系 5:基3-227。
13. Chalmers, D. J. 1989. An analysis of growth and productivity of peach trees. Acta. Hort. 254:91-102.
14. Farquhar, G. D. and T. D. Sharkey. 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. Ann. Rev. Plant Physiol. 33:317-345.
15. Guo, F. C., Y. Fujime, T. Hirose and T. Kato. 1991. Effects of the number of training shoots, raising period of seedling and planting density on growth, fruiting and yield of sweet pepper. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 59(4):763-770.
16. Kim, J. H. and Y. Hori. 1985. Studies on growth and photosynthetic capacity of leaves in eggplant (*Solanum melongena* L.). J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 54(3):371-378.
17. Loreti, F., A. Tellini, R. Muleo, S. Morini and C. Masetti. 1996. Light environment at harvest time in two different nectarine training systems. Acta Hort. 374:103-112.
18. Nederhoff, E. M. 1992. Effects of CO₂ on greenhouse grown eggplant (*Solanum melongena* L.) I. Leaf conductance. J. Hort. Sci. 67(6):795-803.
19. Nederhoff, E. M. and K. buitelar. 1992. Effects of CO₂ on greenhouse grown eggplant (*Solanum melongena* L.) II. Leaf tip chlorosis and fruit production. J. Hort. Sci. 67(6):805-812.
20. Paksoy, M. and M. Akilli. 1994. The effects of different prunings on the yield and quality of eggplant cultivars grown in the greenhouse conditions. Acta Hort. 366:287-292.
21. Som, M. G. and T. K. Maity. 1986. Brinjal. p. 293-342. In: T. K. Bose (ed.). Vegetable crop in India. Calcutta India. Press Service.
22. Syvertsen, J. P. 1984. Light acclimation in citrus leaves. II. CO₂ assimilation and light, water, and nitrogen use efficiency. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 109:812-817.
23. Taiz, L. and E. Zeiger. 1991. Photosynthesis: The light reactions p.179-218. In: Taiz, L. and E. Zeiger (eds.). Plant physiology. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc.
24. Wolff, X. Y. and R. R. Coltman. 1989. Productivity under shade in Hawaii of five crops grown as vegetables in the Tropics. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(1):175-181.

The Influence of Eggplant Training on Leaf Photosynthetic Rate ¹

Chen-Yang Tai², Yung-Wu Chen², Wen-Shann Lee³ and Woo-Nang Chang³

ABSTRACT

The purpose of this research was to assess the influence of different training (H- and V-type) on photosynthetic rate of eggplant leaves. Results indicated that the light transmission of eggplant canopy in V-type training had thinner leaf layer and higher light interception than H-type training. The net photosynthetic rate was the highest at full blooming stage on lower 1 leaf followed by upper 1 leaf, lower 3, 5 and 7 leaf. The net photosynthetic rate of each leaf in H-type training detected at the early growth stage on May 27, was 16.48 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ which is lower than the V-type of 17.48 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$. At the mid growth stage on August 27, the net photosynthesis rate of H-type was 18.37 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$ which is higher than that of V-type at 15.90 $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2/\text{s}$. The highest level of photosynthesis rate appeared at 9~11 AM. in both training treatment.

Key words: eggplant, training, photosynthetic rate.

¹ Part of the master thesis of first author. Contribution No.470 from Taichung DAIS, COA.

² Assistant Horticulturist and Director of DAIS, COA.

³ Associate Professor and Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.