

# 垂直高架遮蔭物對秋作甜椒生育與光合能力之影響<sup>1</sup>

張書銘、邱建中、林金樹、沈 勳<sup>2</sup>

## 摘 要

本試驗採45與95度角之4m垂直高架遮蔭物，探討離遮蔭物不同距離甜椒生育及植株光合能力表現。試驗結果顯示，垂直高架遮蔭物，對臨近植株隨遮蔭時數增加及日射量減少，造成甜椒光量密度大幅減少。甜椒葉片葉肉傳導度與水分利用率，皆因遮蔭效果而明顯下降，植株羶化效率減少，淨光合成速率降低，因此採收甜椒植株高度、地上部鮮重、地下部鮮重及果粒鮮重均減少。

**關鍵字：**甜椒、光量密度、光合成速率。

## 前 言

台灣蔬菜生產區，主要集中在中南部嘉南平原及高屏地區。甜椒產地多分佈於雲林、高雄、彰化、台中、台南等縣。據台灣省農業年報統計資料指出，台灣地區1990~1996年之蔬菜栽培面積為 182,777 公頃，1990年甜椒栽培面積為 1,225公頃，1991~1996年栽培平均面積增加至2,429公頃，由於甜椒青脆不辣，可鮮食與煮食，為消費者喜愛。近年來，甜椒成交量與價格逐年上升，其中銘星(Min-Shin)品種，因較抗菸草嵌紋病毒(TMV)及馬鈴薯Y群(Potato Y virus group)病毒之病害，為本省推廣栽種之主要品種<sup>(1)</sup>。

許多研究指出遮蔭會影響作物生育與產量。Earley *et al.*<sup>(4)</sup>及Schmidt and Colville<sup>(16)</sup> 調查玉米，經水平式遮蔭處理，玉米穗重及稈重較對照組減少。Yoshida and Parao<sup>(21)</sup> 同樣利用水稻進行25%遮蔭，發現水稻在生殖生長期及穀粒充實期遮蔭時，水稻產量分別減少20%及10%。葉菜類之結球萵苣、芥菜、青蔥經30~73% 遮蔭處理，其生育性狀改變及產量減少<sup>(20)</sup>。不過，Sajjaponges and Roan<sup>(15)</sup> 指出當日射量減少35%，反而有利結球白菜生育表現。Russo<sup>(14)</sup>也觀察到不同品種之蕃茄對日射量減少，呈現不同差異的結果。

台灣隨經濟發展，鄉村已有都市化之情形，各種型式建築物林立，造成一些農作物遮蔭，特別是園藝類的蔬菜，一旦作物周邊環境日射量減少，其蔬果的光合作用能力會受到影響，而降低作物生育與產量，是頗值得重視課題，也是本研究的主題。

1. 台中區農業改良場研究彙報第 0452 號。

2. 台中區農業改良場約聘技師、研究員兼祕書、助理研究員、技士。

## 材料與方法

### 試驗材料

甜椒(銘星, Min-Shin)蔬菜種苗, 於1997年9月19日移植於台中區農業改良場試驗田。採複因子完全逢機區集設計, 光照來源方向分別為東側, 西側及植株分別種植離垂直高架遮蔭物距離為1m、4m、7m, 另採構築不同度角(45度角, 95度角) 之4m垂直高架遮蔭建築物。

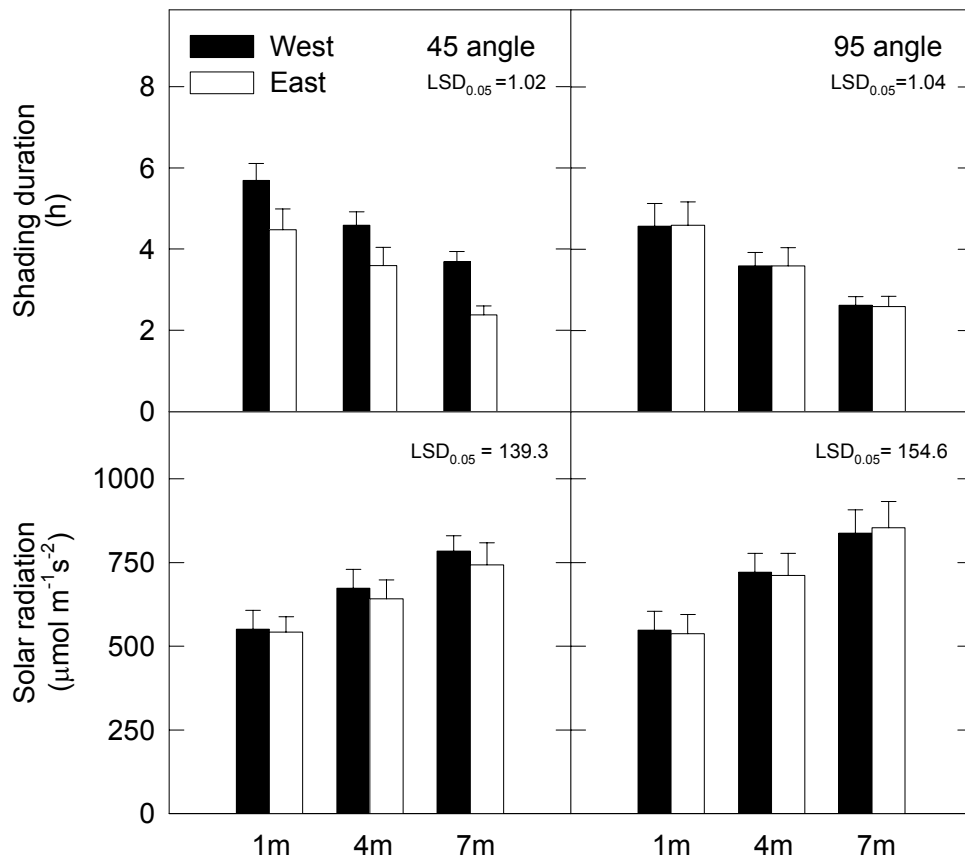
### 調查方法

- 一、遮蔭時數(h): 於晴天時, 在不同遮蔭時段測得45與95度角垂直高架遮蔭物, 東側與西側方向及1m、4m、7m距離, 播種至收穫期間每日平均遮蔭時數。
- 二、累積日射量( $\mu \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ): 於晴天時, 測得不同處理間之播種至收穫期間, 每日累積日射量平均值。
- 三、作物性狀: 調查不同處理之甜椒植株高度 (Plant height, cm plant<sup>-1</sup>), 地上部鮮重(Shoot FW, g plant<sup>-1</sup>), 地下部鮮重(Root FW, g plant<sup>-1</sup>), 果實果粒鮮重(Fresh weight, g fruit<sup>-1</sup>) 之平均值。
- 四、光合速率: 以攜帶式光合作用儀(LCA3, ADC出品), 於晴天時測定不同距離, 甜椒成熟葉片的光量密度(photosynthetic photon flux density, PPFD,  $\mu \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )、蒸散速率(transpiration rate, E, mmol H<sub>2</sub>O m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>)、淨光合成速率(net photosynthesis rate, Pn,  $\mu \text{ mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )、氣孔傳導度(stomatal conductance, gs, mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>)、氣孔內腔間CO<sub>2</sub>濃度(intercellular CO<sub>2</sub> concentration, Ci,  $\mu \text{ l L}^{-1}$ )等項目。並估算不同處理之葉肉傳導度(mesophyll conductance, gm, mol m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>)<sup>(5)</sup>, 及淨光合成速率與蒸散速率比值(Water use efficiency, WUE,  $\mu \text{ mol CO}_2 / \text{mmol H}_2\text{O}$ )<sup>(12)</sup>。
- 五、統計分析: 本試驗將不同處理之結果進行變方分析, 確定處理間之差異達顯著水準, 再進一步以最小顯著性差異(Least Significant Difference LSD<sub>0.05</sub>)判定各處理彼此間之差異。

## 結 果

### 遮蔭時數與累積日射量

甜椒9月19日種植至收穫期間, 在95度角垂直高架遮蔭西側及東側, 不同距離(1m、4m、7m) 遮蔭時數, 平均分別為4.57、3.59、2.62小時及4.59、3.59、2.59小時;另於45度角垂直高架遮蔭離西側及東側之1m、4m、7m距離, 所測得遮蔭時數, 平均分別為5.69、4.59、3.69小時及4.48、3.59、2.38小時(圖一)。就不同距離累積日射量而言, 在95度角垂直高架遮蔭下西側及東側, 離1m、4m、7m距離之累積日射量, 平均分別為547.54、720.72、837.21  $\mu \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 及537.32、711.07、854.01  $\mu \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ; 在45度角垂直高架遮蔭西側1m、4m、7m距離之累積日射量, 分別550.24、673.36、784.78  $\mu \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ , 而45度角垂直高架遮蔭下東側1m、4m、7m距離之累積日射量, 平均分別541.64、641.42、742.31  $\mu \text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (圖一)。



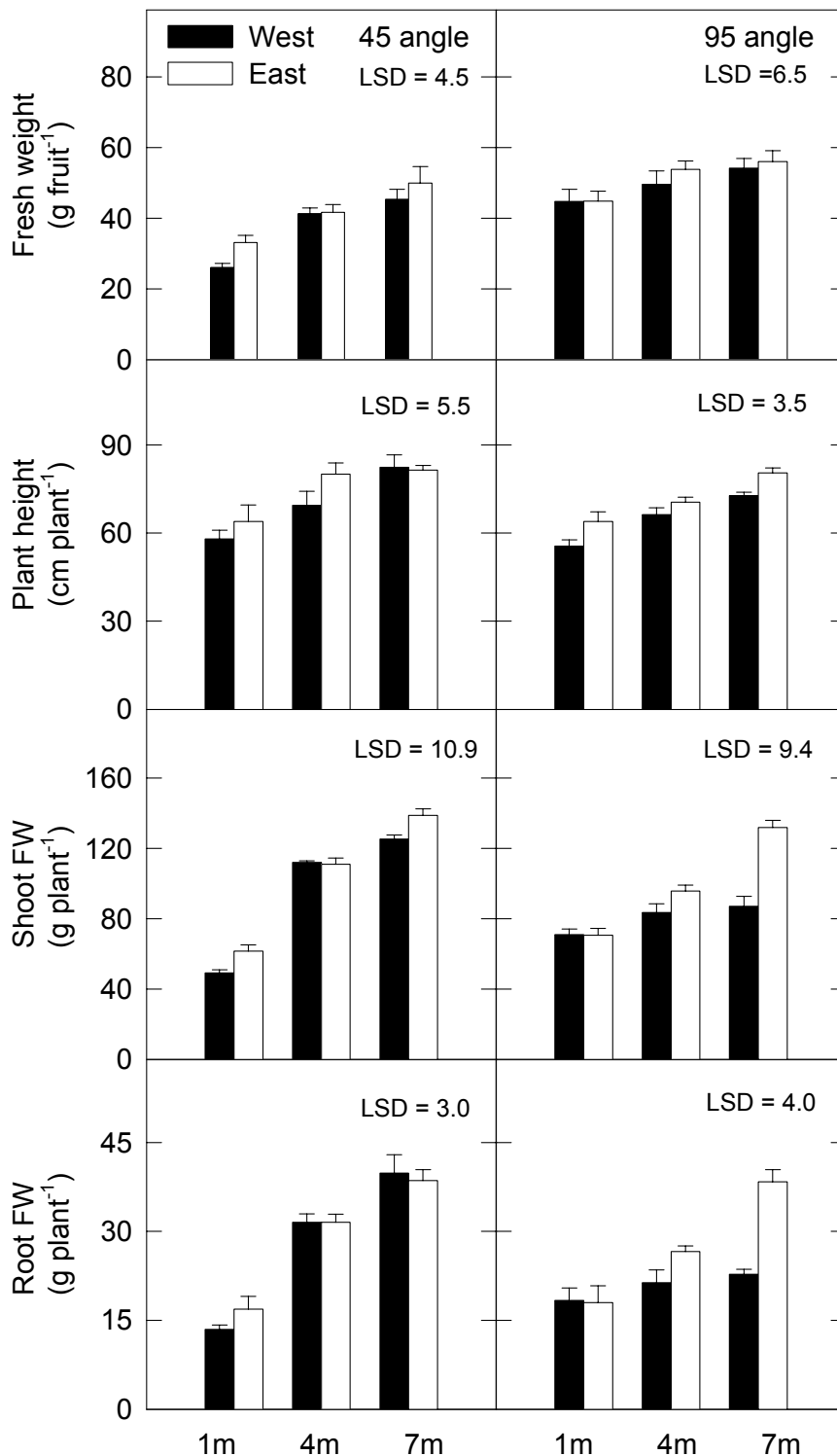
圖一、垂直高架遮蔭物下，不同光照來源與遮蔭距離對遮蔭時數及累積日射量之變化。

Fig. 1. Change of light direction and shade distance on shading duration and solar radiation (detected from 8:50am. to 4:30pm.) at 45 and 95 angles vertical shading. (field experiment at Taichung, DAIS).

#### 甜椒植株高度、地上部鮮重、地下部鮮重、果粒鮮重

45度角與95度角垂直高架遮蔭建築物，對離遮蔭物不同距離(1m、4m、7m)之甜椒植株高度、地上部鮮重、地下部鮮重、果粒鮮重都有顯著差異(表一，表二)；不論45度角與95度角垂直高架遮蔭，其植株高度、地上部鮮重、地下部鮮重、果粒鮮重，都隨離垂直高架遮蔭愈遠(7m)有遞增趨勢(圖二)。

45度角垂直高架遮蔭，距離為7m所收穫甜椒植株平均高度為81.88cm，較離遮蔭物1m及4m距離增加34%及10%，呈顯著二次增加效應(圖二，表一)；95度角離垂直高架遮蔭7m距離之甜椒植株平均高度76.63cm，較離遮蔭物1m及4m距離增加28%及12%，呈顯著一次增加效應(圖二，表二)。甜椒地上部鮮重，在45度角垂直高架遮蔭1m 距離，其地上部鮮重平均為55.37 g plant<sup>-1</sup>，較離遮蔭物4m及7m距離減少49%及57%；95度角離垂直高架遮蔭7m距離，所收穫之地上部鮮重為109.51 g plant<sup>-1</sup>，較離遮蔭物1m及4m距離增加26%及54%(圖二)。甜椒地下部鮮重，45度角垂直高架離遮蔭7m 距離植株，其地下部鮮重為39.23 g plant<sup>-1</sup>，分別較離遮蔭物1m及4m距離增加1.58倍及20%；95度角垂直高架遮蔭，離1m與4m距離地下部



圖二、不同光照來源及遮蔭距離對銘星甜椒之果粒鮮重、株高、地上部鮮重及地下部鮮重變化

Fig. 2. Change of light direction and shade distance on fresh weight per fruit, plant height, shoot fresh weight and root fresh weight of Min-Shin sweet pepper at 45 and 95 angles vertical shading. (field experiment at Taichung, DAIS).

鮮重為18.17與24.0g plant<sup>-1</sup>，僅為離遮蔭物7m距離59%與78%(圖二)。在45度角垂直高架遮蔭4m與7m距離之果粒鮮重為41.49g fruit<sup>-1</sup>與47.64g fruit<sup>-1</sup>，分別較離遮蔭物1m距離增加40%與60%；95度角垂直高架遮蔭，離1m與4m距離之果粒鮮重為44.78 g fruit<sup>-1</sup>與51.69 g fruit<sup>-1</sup>，僅為離遮蔭物7m距離81%與93% (圖二)。

表一、銘星甜椒於不同光照來源及遮蔭距離之 45 度角垂直高架遮蔭物下，株高、地上部鮮重、地下部鮮重及果粒鮮重之變方分析

Table 1. Analyses of variance (F values) for the effects of light direction and shade distance on plant height, shoot fresh weight, root fresh weight and fresh weight per fruit of Min-shin sweet pepper at 45 angle vertical shading (field experiment at Taichung, DAIS).

Source	df	Plant height	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Fresh weight per fruit
Treatments	5				
Light direction (LD)	1	2.29 <sup>ns</sup>	8.66*	0.83 <sup>ns</sup>	11.87**
Shade distance (SD)	2	73.17**	264.83**	337.29**	82.54**
Liner	1	141.58**	494.39**	646.57**	159.69**
Quadratic	1	4.75*	35.26**	28.01**	5.39*
LD*SD	2	12.60**	2.70 <sup>ns</sup>	3.35 <sup>ns</sup>	2.75 <sup>ns</sup>

\*, \*\* P<0.05, 0.01, respectively; ns, not signification (P>0.05)

表二、銘星甜椒於不同光照來源及遮蔭距離之 95 度角垂直高架遮蔭物下，株高、地上部鮮重、地下部鮮重及果粒鮮重之變方分析

Table 2. Analyses of variance (F values) for the effects of light direction and shade distance on plant height, shoot fresh weight, root fresh weight and fresh weight per fruit of Min-shin sweet pepper at 95 angle vertical shading (field experiment at Taichung, DAIS).

Source	df	Plant height	Shoot fresh weight	Root fresh weight	Fresh weight per fruit
Treatments	5				
Light direction (LD)	1	56.17**	60.87**	42.84**	1.46 <sup>ns</sup>
Shade distance (SD)	2	114.75**	85.28**	46.93**	12.89**
Liner	1	229.48**	170.52**	93.75**	24.84**
Quadratic	1	0.03 <sup>ns</sup>	0.03 <sup>ns</sup>	0.11 <sup>ns</sup>	0.95 <sup>ns</sup>
LD*SD	2	2.01 <sup>ns</sup>	30.47**	20.14**	0.51 <sup>ns</sup>

\*, \*\* P<0.05, 0.01, respectively; ns, not signification (P>0.05)

### 光合成速率

作物行光合作用時，其光量密度的多寡，會影響作物光合成速率。測得45度角及95度角垂直高架遮蔭，不同距離甜椒成熟葉片之PPFD，有顯著差異(表三，表四)。在45度角垂直高架遮蔭，所測得甜椒成熟葉片之PPFD，隨離遮蔭物距離(1m、4m、7m)越遠而增加，其平均值分別為199.36、743.89、873.92  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，及95度角所測得PPFD分別為 233.06、683.33、935.16  $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ，達顯著性差異(表五)。在45度角垂直高架遮蔭下所測得Pn，因不同距離(1、4m、7m)分別為4.00、10.07、11.84  $\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (表五)。95度角垂直高架遮蔭，7m距離所測得淨光合成速率(15.70  $\mu\text{mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ )，分別較離遮蔭物1m、4m距離增加3.34倍、1.7倍，呈顯著一次效應(表四，表五)。

表三、銘星甜椒於 45 度角垂直高架遮蔭物之不同光照來源與遮蔭距離下，光量密度、淨光合成速率、氣孔傳導度、葉面傳導度、蒸散速率、氣孔內腔 CO<sub>2</sub> 濃度、水分利用效率之變方分析

Table 3. Analyses of variance (F values) for the effects of light direction and shading distance on PPFD, Pn, gs, gm, E, Ci and WUE of Min-shin sweet pepper at 45 angle vertical shading (field experiment at Taichung, DAIS).

Source	df	PPFD <sup>1</sup>	Pn	gs	gm	E	Ci	WUE
Treatments	5			0.15 <sup>ns</sup>		3.01 <sup>ns</sup>		
Light direction (LD)	1	4.71 <sup>ns</sup>	15.35**		68.16**		2.15 <sup>ns</sup>	1.49 <sup>ns</sup>
Shade distance (SD)	2	40.18**	49.94**		107.96**		6.60*	19.47**
Liner	1	71.38**	90.94**		215.03**		8.35**	32.22**
Quadratic	1	8.98*	8.94*		0.88 <sup>ns</sup>		4.85 <sup>ns</sup>	6.72*
LD*SD	2	0.11 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>		10.36**		1.06 <sup>ns</sup>	0.01 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> PPFD (photon flux density), Pn (net photosynthesis rate), gs (stomatal conductance), gm (mesophyll conductance), E (evaporation rate), Ci (intercellular CO<sub>2</sub> concentration), WUE (water use efficiency).

\*, \*\* P < 0.05, 0.01, respectively; ns, not significant (P > 0.05).

表四、銘星甜椒於 95 度角垂直高架遮蔭物之不同光照來源與遮蔭距離下，光量密度、淨光合成速率、氣孔傳導度、葉面傳導度、蒸散速率、氣孔內腔 CO<sub>2</sub> 濃度、水分利用效率之變方分析

Table 4. Analyses of variance (F values) for the effects of light direction and shading distance on PPFD, Pn, gs, gm, E, Ci and WUE of Min-shin sweet pepper at 95 angle vertical shading (field experiment at Taichung, DAIS).

Source	df	PPFD <sup>1</sup>	Pn	gs	gm	E	Ci	WUE
Treatments	5			2.50 <sup>ns</sup>				
Light direction (LD)	1	1.64 <sup>ns</sup>	11.86**		9.28**	7.45*	1.35 <sup>ns</sup>	2.80 <sup>ns</sup>
Shade distance (SD)	2	58.76**	34.18**		78.82**	6.23*	38.83**	8.35**
Liner	1	114.47**	67.22**		154.31**	12.08**	77.49**	16.23**
Quadratic	1	3.05 <sup>ns</sup>	1.14 <sup>ns</sup>		3.28 <sup>ns</sup>	0.39 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>	0.47 <sup>ns</sup>
LD*SD	2	0.37 <sup>ns</sup>	3.09 <sup>ns</sup>		4.93*	3.84 <sup>ns</sup>	1.85 <sup>ns</sup>	0.18 <sup>ns</sup>

<sup>1</sup> Same as Table 3.

\*, \*\* P < 0.05, 0.01, respectively; ns, not significant (P > 0.05)

調查 45 度角、95 度角，垂直高架遮蔭之甜椒葉片氣孔內腔 CO<sub>2</sub> 濃度，遮蔭距離處理呈顯著差異(表三，表四)，垂直高架遮蔭 4m 與 7m 距離之 Ci 值，分別為 272.43、266.57  $\mu\text{l L}^{-1}$  與 241.56、272.84  $\mu\text{l L}^{-1}$ ，較 1m 遮蔭距離 Ci 值(308.90、309.74  $\mu\text{l L}^{-1}$ )小(表五)。甜椒葉片蒸散速率，在 95 度角垂直高架遮蔭下，隨離垂直高架遮蔭距離愈遠，E 值分別為 5.63、6.28、6.69 與 5.75、6.11、6.80  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$  增加，處理間達顯著差異(表四，表五)。在 45 度角垂直高架遮蔭，不同遮蔭距離間葉片蒸散速率分別為 5.63、6.28、6.69  $\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，但無顯著性差異(表三，表五)。葉片氣孔傳導度，在 45 度角與 95 度角之 1、4、7m 處理間，無顯著性差異，分別為 0.74~0.59、0.79~0.65、0.81~0.93  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (表五)。

估算在 45 度角與 95 度角下，不同處理間甜椒葉片葉肉傳導度，結果離垂直高架遮蔭距離愈遠，其 gm 值分別為 0.017~0.015、0.045~0.032、0.068~0.061  $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，呈顯著增加趨勢(表五)。在 45 度角垂直高架遮蔭，離遮蔭物 7m 與 4m 距離之水份利用效率，分別為 1.763 與 1.629

$\mu\text{ mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ，為1m距離WUE值之2.43倍與2.28倍，在95度角垂直高架遮蔭，7m距離之WUE值為2.359  $\mu\text{ mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$ ，分別為1m與4m距離之2.75倍與1.70倍(表五)。

表五、不同遮蔭距離對銘星甜椒之光量密度、淨光合成速率、氣孔內腔  $\text{CO}_2$  濃度、氣孔傳導度、葉肉傳導度、蒸散速率及水分利用效率影響

Table 5. Influence of shade distance on PPFD, Pn, Ci, gs, gm, E and WUE of Min-shin sweet pepper at 45 and 95 angles vertical shading (field experiment at Taichung, DAIS).

Shade distance	PPFD <sup>1</sup>	Pn	Ci	gs	gm	E	WUE
	$\mu\text{ mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\mu\text{ mol CO}_2\text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\mu\text{ l L}^{-1}$	$\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$	$\mu\text{ mol CO}_2/\text{mmol H}_2\text{O}$
<b>45 angle</b>							
1m	199.36	4.00	308.90	0.74	0.017	5.65	0.713
4m	743.89	10.07	272.35	0.79	0.045	6.28	1.629
7m	873.92	11.87	266.57	0.81	0.068	6.69	1.736
LSD(0.05)	178.05	1.84	28.15	0.41	0.007	1.05	0.402
<b>95 angle</b>							
1m	233.06	4.72	309.74	0.59	0.015	5.75	0.857
4m	683.33	8.98	272.84	0.65	0.032	6.11	1.386
7m	935.16	15.70	241.56	0.93	0.061	6.80	2.359
LSD(0.05)	146.34	2.99	17.27	0.35	0.008	0.68	0.831

Shading experiments detected from 8:50 to 10:20am. of West and from 2:30 to 3:50pm. of East.

<sup>1</sup> Same as Table 3.

## 討 論

一般水平遮蔭，多為控制日射量多寡，探討不同生育期植株光合速率改變，對作物產量影響之研究<sup>(8,17)</sup>。Smith et al.<sup>(18)</sup> 測得珍珠小米('Gahi-3' pearl millet)種植在不同(75%、50%)遮蔭下，植株鮮重較對照組減少57%、46%。Grabau et al.<sup>(6)</sup> 曾調查不同冬小麥品種，在不同生育期進行水平遮蔭處理，造成冬小麥花粉授粉率、穀粒重、產量皆較對照組減少。Allard et al.<sup>(2)</sup> 同樣利用高狐草進行不同光照密度遮蔭，發現低光密度照(30%)時，高狐草(tall fescue)地上部乾重、地上部鮮重、總乾重分別較高光照密度(100%)減少29%、25%、40%。蔓越橘經72%、93%於不同植株生育期進行遮蔭，發現蔓越橘在開花後遮蔭，其著果百分比、產量有顯著減少<sup>(13)</sup>。

垂直高架遮蔭方式，為作物種植於遮蔭建築物之不同距離，獲得不同強度光量密度之研究。本試驗甜椒種植於垂直高架遮蔭試區，愈靠近遮蔭物則遮蔭時間延長、光量密度減少(圖一)，導致甜椒植株淨光合速率降低，造成甜椒地上部鮮重、地下部鮮重、果粒鮮重減產(圖二)。顯示光量密度減少，會改變植株正常生育，降低作物產量。

通常，光量密度多寡，反應植株葉片淨光合成速率高低，所以適度光量密度，有利於植株光合效率提昇，將光能轉換為碳水化合物。許多研究顯示，降低植株環境中光量密度，會造成淨光合成速率減少，同時影響葉片氣孔導度、水份利用效率。Grant and Ryugo<sup>(7)</sup> 探討

奇異果(Kiwifruit)葉片，在遮蔭與未遮蔭處理下，發現長期間奇異果葉片之淨光合成速率、葉片氣孔導度，均較未遮蔭情況低。Allard et al.<sup>(3)</sup> 也指出當不同光量密度，會改變高狐草光合成效率，得知在低光量密度下，淨光合成速率僅為高光量密度78%。顯示在低光量密度環境中，會降低植株葉片光合成速率。本試驗中，與垂直高架遮蔭建築物距離愈遠，其光量密度逐漸遞增，並得知甜椒葉片之淨光合成速率，亦因植株與遮蔭物距離愈遠，有顯著增加趨勢(表五)。

影響作物淨光合成速率高低，就氣孔內腔間CO<sub>2</sub>濃度而言，葉片外CO<sub>2</sub>濃度固定時，細胞間隙CO<sub>2</sub>濃度可表示植株羧化效率(carboxylation efficiency)，當Ci值低時羧化效率高，Ci值高時羧化效率低，顯示當氣孔內腔CO<sub>2</sub>濃度減少時，植株羧化效率高，有助於葉片二氧化碳固定能力提昇。由本試驗，得知植株離遮蔭物距離愈遠則Ci值較低，且葉片氣孔傳導度、葉肉傳導度隨遮蔭物距離愈遠而增加(表五)，提昇作物二氧化碳固定及氣體交換能力，有效增加植株淨光合速率表現。許多試驗指出葉片氣孔傳導度強弱，與外界溫度及葉溫條件有關，但不是直接因素，本試驗得知離遮蔭物愈近，葉片氣孔傳導度及蒸散速率愈小，唯距離遮蔭物1m距離之葉肉傳導度明顯減少，顯示葉片羧化效率減緩，造成淨光合速率下降，同時呼吸作用增加，使得氣孔內腔間CO<sub>2</sub>濃度增加，導致葉片氣孔導度下降而關閉<sup>(11)</sup>。

水平遮蔭除降低光量密度外，往往會造成土壤溫度降低、土壤熱流量減少、土壤水份過多，導致周圍環境之微氣象改變，而影響作物蒸散速率<sup>(9)</sup>。本試驗結果中，45度角垂直高架遮蔭不同距離處理間，葉片蒸散速率無顯著差異(表一)，顯示垂直高架遮蔭，不易發生如水平遮蔭之土壤變異。植株在高光量(>800  $\mu$  mole m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>)密度，才能有效利用光源，進行氣體交換，有效提昇水份利用效率(WUE)，增加光合作用進行<sup>(19)</sup>。因此，Mahall and Schesinger<sup>(10)</sup> 指出，當PPFD小於400  $\mu$  mole m<sup>-2</sup>s<sup>-1</sup>，WUE隨光照密度遞減而減少。在垂直高架遮蔭建築物下，離遮蔭物距離為1m之光量密度最低，甜椒葉片之水份利用效率也最差(表五)，顯示離遮蔭物距離為1m之植株，由於為低光量密度，所以無法有效吸收利用光源，進行氣體交換，造成淨光合成速率降低。因此，垂直高架遮蔭建築物，造成周邊試區日射量減少，而影響甜椒光合能力。

## 誌 謝

本研究承蒙台灣大學農藝系高景輝教授、中興大學農藝系宋濟民教授大力斧正，鼎力協助，方得以順利完成，謹此一併致謝。

## 參考文獻

- 1.洪進雄 1995 台灣茄果類蔬菜產業之現況及產業 台灣蔬菜產業改進研討會專輯 pp.39-110.
- 2.Allard, G., C. J. Nelson and S. G. Pallardy. 1991a. Shade effects on growth tall fescue: I. Leaf anatomy and dry matter partitioning. *Crop Sci.* 31:163-167.
- 3.Allard, G., C. J. Nelson and S. G. Pallardy. 1991b. Shade effects on growth tall fescue: II. Leaf gas exchange characteristics. *Crop Sci.* 31: 167-172.

4. Earley, E. B., W. O. Mc Ilrath, R. D. Seif and R. H. Hageman. 1967. Effects of shade applied at different stages of plant development on corn (*Zea mays* L.) production. *Crop Sci.* 7:151-156.
5. Farquhar, G. D., von S. Caemmerer and J. A. Berry. 1980. A biochemical model of photosynthetic CO<sub>2</sub> assimilation in leaves of C<sub>3</sub> species. *Planta* 149:78-90.
6. Grabau, L. J., D. A. Van Sanford and Q. W. Meng. 1990. Reproductive characteristics of winter wheat cultivars subjected to postanthesis shading. *Crop Sci.* 30:771-774.
7. Grant, J. A. and K. Ryugo. 1984. Influence of Within-canopy shading on net photosynthetic rate, stomatal conductance, and chlorophyll content of Kiwifruit leaves. *HortScience* 19:834-836.
8. Imanishi, H. and Y. Imae. 1990. Effects of low light intensity and low temperature given at different developmental stages on flowering of gladiolus. *Acta Hort.* 226:189-196.
9. Lemon, E. R., D. W. Stewart and R. W. Shawcroft. 1971. The sun's work in a cornfield. *Science* 174: 285-293.
10. Mahall, B. E. and W. H. Schesinger. 1982. Effects of irradiance on growth, photosynthesis and water use efficiency of seedlings of the Chaparral shrub, *Ceanothus Megacarpus*. *Oecologia* 54: 291-299.
11. Martin, C. E., F. S. Harriis and F. J. Normaaan. 1991. Ecophysiological responses of C<sub>3</sub> forbs and C<sub>4</sub> grasses to drought and rain on tallgrass prairie in northeastern Kansas. *Bot. Gaz.* 152:257-262.
12. Pearcy, R. W., J. Ehleringer, H. A. Mooney and P.W. Rundel. 1980. *Plant Physiological Ecology*. Chapman and Hall, PP.262-293.
13. Roper, T. R., J. Klueh and M. Hagidimitriou. 1995. Shading timing and intensity influences fruit set and yield in cranberry. *HortScience* 30:525-527.
14. Russo, V. M. 1993. Shading of tomato plants inconsistently affects fruit yield. *HortScience* 28:1133.
15. Sajjaponges, A. and Y. C. Roan. 1983. Effect of shading and leaf-tying on summer Chinese cabbage. *HortScience* 18:464-465.
16. Schmidt, W. H. and W. L. Colville. 1967. Yield and yield components of *Zea mays* L. as influenced by artificially induced shade. *Crop Sci.* 7:137-140.
17. Seddigh, M. and G.D. Jolliff. 1994. Light intensity effects on meadowfoam growth and flowering. *Crop Sci.* 34: 497-503.
18. Smith, R. L., S. C. Schank and R. C. Littell. 1984. The influence of shading on associative N<sub>2</sub> fixation. *Plant Soil* 80: 43-52.
19. Valenzuela, H. R., S. K. O'Hair and B. Schaffer. 1991. Developmental light environment and net gas exchange of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*). *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 116:372-375.
20. Wolff, X.Y. and R. R. Coltman. 1990. Productivity of eight leafy vegetable crops growth under shade in Hawaii. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 115:182-188.
21. Yoshida, S. and F. T. Parao. 1976. Influence climatic on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: *Climate and Rice*. pp. 474-479. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

# Effects Vertical Shading on Growth and Photosynthesis of Fall Sweet Pepper<sup>1</sup>

Shu-Ming Chang, Chien-Chung Chiu, Chin-Shuh Lin and Sheen Shiun<sup>2</sup>

## ABSTRACT

This study was designed to evaluate the effect of 4m height of 45 and 95 angles vertical shading on the growth and photosynthesis of fall sweet pepper. The result was indicated that vertical shading increased shading duration, and decreased solar radiation, and subsequently decreased photosynthetic photon flux density. Vertical shading also decreased mesophyll conductance and water use efficiency of sweet pepper, therefore, carboxylation efficiency was lower, the net photosynthesis rate decreased and subsequently reduced plant height, shoot fresh weight, root fresh weight and fresh weight per fruit of sweet pepper.

**Key words:** sweet pepper, photosynthetic photon flux density, photosynthesis rate.

---

<sup>1</sup> Contribution No. 0452 from Taichung DAIS.

<sup>2</sup> Assistant, Senior Agronomist (secretary), Assistant Entomologist and Assistant Agronomist of Taichung DAIS, respectively.