

## 遮光對荷蘭薄荷光合作用及生長之影響

簡文婕<sup>1)</sup> 陳錦木<sup>2)</sup>

關鍵字：遮光、光合作用、荷蘭薄荷

**摘要：**荷蘭薄荷 (*Mentha spicata* L.) 為臺灣居家常見盆栽，本試驗以荷蘭薄荷 5 寸盆栽為材料，進行三種遮光處理並以露天為對照，分別為遮光 0%、34%、51% 及 77%。與對照組相比，於遮光 77% 下處理 43 天後，荷蘭薄荷之莖長、節間長及葉面積分別提升 2.3 倍、4.1 倍及 3.5 倍。葉片厚度則是在遮光 0% 下最厚，為 1.28 mm，隨著遮光程度增加葉片厚度減少。葉片電解質滲透率則隨遮光程度增加而減少，遮光 0% 時數值最高，為 53.52%。SPAD-502 值則隨遮光程度增加呈現先上升後下降的變化。在遮光 34% 的條件下荷蘭薄荷具有最高的最大光合作用速率  $12.12 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，高於露天對照組  $9.26 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

### 前 言

隨著都市發展，高樓林立，市區內可供種植面積逐漸縮小 (劉等, 2014)。室內、陽臺、露臺或家庭庭院種植皆屬都市園藝範疇，其栽培環境隨建築樣態不同而有複雜的環境條件 (吳和沈, 2010)。都市之建築物密度提高及規模擴大，影響建築物採光 (Leslie, 2003)。據李雅君 (2016b) 調查目前臺北市市民在家栽培植物環境多為陽台，其次是屋頂，植物生長受日光的影響，光線因照射到太陽的時數隨建物坐落方向及是否有鄰近建物的遮擋而有不同，在城市中更為明顯 (Song *et al.*, 2018; Tan and Ismail, 2014)。與全日照環境相比，建築物互相遮擋會使光合作用有效輻射 (Photosynthetically active radiation; PAR) 降低大約 50% (Taib *et al.*, 2019)。若將植株於屋頂等空間種植，通常會受到陽光直射，Fujita (2001) 提到大多數植物在夏天於高溫和強風的作用下，承受著極度高溫和乾旱的壓力環境。臺灣地處亞熱帶地區，這種夏季高光強度也是都市園藝需要考慮的因素。為了提高作物產量及產品品質，確定最佳或最低的光照需求是非常重要的。

---

1) 國立中興大學園藝學系研究生。

2) 國立中興大學園藝學系助理教授、通訊作者。

食用盆栽近年來已成為居家種植的新趨勢。食用盆栽的概念與可食地景 (edible landscaping)相似，兼具食物生產與環境綠化功能，符合現代人多目標的需求特性 (Castro *et al.*, 2018；謝，2018)。

荷蘭薄荷因其濃郁香氣、生長快速及具多樣化食用性等特點，為台灣居家常見盆栽之一，但常因光線環境不佳而生長不良。本試驗選用五寸之荷蘭薄荷盆栽，於三種遮光下進行處理，並以露天栽培作為對照，進行生長與形態調查及光合參數的測量，以找出居家種植綠薄荷之適宜光環境。

本試驗建立荷蘭薄荷盆栽作物對遮光環境之形態及生理資訊，供未來研究、推廣及篩選都市園藝作物時之參考。

## 材 料 方 法

### 一、植物材料

荷蘭薄荷 3.5 寸黑軟盆苗購自台中市神岡區京府園藝，於 108 年 3 月 4 日換盆至盆徑 14.7 cm，盆高 13.2 cm 之磚紅色硬質塑膠盆中，介質為泥炭土 (TS4, Klasmann-Deilmann, Germany)：珍珠石 (KMAUF, 荷蘭)=3：1 混合。待其馴化適應後於 108 年 3 月 11 日移至試驗場地進行處理。試驗期間每盆施用 14N-11 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-13 K<sub>2</sub>O 之緩釋肥 (新好康多 1 號 180 天, Hi-Control®, Shizuoka, Japan)5 g 以及每兩週施用 1,000 倍之 Peters 速效性肥料 (20N-20P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-20K<sub>2</sub>O)。植物依水分需求 2~3 天人工澆水一次，並視情況噴灑藥劑防治病蟲害。

### 二、試驗處理

試驗地點於國立中興大學園藝試驗場葡萄中心之大網室內，床架上以鐵架設有 180 cm 長×120 cm 寬×190 cm 高之空間，以 50% 與 70% 黑色針織網 (金櫃園藝資材公司, 苗栗縣, 臺灣) 覆蓋，以網室外露天栽培作為對照組，製造四種不同光度環境，分別為露天對照、網室內未遮光處理、網室內 50% 黑色針織網覆蓋及 70% 黑色針織網覆蓋，實際遮光比率分別為 0% (全日照)、34%、51% 及 77%。試驗期間各處理以光度及溫度感應器 (HOBO® Pendant® MX Temperature/Light Data Logger MX2202, Onset, USA) 紀錄氣象資料，每 15 分鐘紀錄一筆。

### 三、調查項目

#### 1. 生長形態調查

- (1) 莖長：由介質表面至枝條頂端之長度。
- (2) 節間長：以尺測量距頂端大約五公分處之節間長度。
- (3) 葉面積：摘取葉片後鋪平，以數位相機拍攝，再利用 image J (National Institute of Health, Md., USA) 軟體進行圖像分析，計算葉面積。

- (4) 葉片長寬：以尺測量葉片最長及最寬位置。
- (5) 葉片厚度：以游標尺測量成熟葉片之厚度。
- (6) 葉綠素計讀值：以葉綠素計 (SPAD-502 plus, Minolta Co., Tokyo, Japan) 隨機測量三片完全展開葉並取平均值，測量時避開葉脈，以免影響儀器判讀。原理是利用葉片對650 nm及940 nm兩種波長之吸收率的差異，來估算葉綠素之相對含量。
- (7) 地上部乾鮮重：取植株所有地上部 (莖及葉) 進行測量，途中噴水並以密封之夾鏈袋盛裝，防止樣品失水。先秤取鮮重，再放置於牛皮紙袋中以70°C烘乾72小時至樣品完全乾燥，再秤取其乾重。
- (8) 葉片電解質滲漏率：取一片葉圓片 (直徑1.2 cm) 放入EC瓶中，並加入10 ml純水，以100 rpm震盪3小時後，以電導度計 (electrical conductivity meter, SC-2300, SUNTEX, Taiwan) 測定初始電導度 (initial electrical conductivity,  $EC_0$ )；再將EC瓶置於-20 °C下，以低溫破壞其膜體系統，三天後取出解凍再次以100 rpm震盪3小時，測定其最大電導度 (maximum electrical conductivity,  $EC_1$ )。計算公式： $EC (\%) = (EC_0/EC_1) \times 100 \%$ 。
- (9) 生長勢：試驗期間每星期調查荷蘭薄荷之莖長並記錄，連續調查直至試驗結束。

## 2. 葉片之光合作用測定

於0800 HR至1500 HR測量植株之淨光合作用，以可攜式光合作用測定儀 (LI-6400, Li-Cor, Lincoln, Nebr., USA) 紀錄各處理之展開新成熟葉 (由頂芽往下數約第三至第四對葉) 之淨光合作用速率。以葉夾夾取葉片進行測量，每處理3重複。葉箱中使用紅藍光光源，控制葉箱內光度為0、5、25、50、100、200、400、500、700、1,000、1,500及2,000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，葉溫設定為 $25 \pm 2$  °C，利用乾燥劑silica gel (sorbead orange chameleon, Engelhard, USA) 調控葉箱內濕度。流速控制為500  $\mu\text{mol} \cdot \text{s}^{-1}$ ，以大氣中輸入 $\text{CO}_2$ 濃度為 $410 \pm 10$   $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ，植物材料使用之葉夾面積為6  $\text{cm}^2$ ，葉箱中平均濕度控制在 $60 \pm 3\%$ 。

在光度為0、5、25、50、100  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 之淨光合作用速率與光量進行直線迴歸 ( $y = y^0 + ax$ )， $y^0$ 為暗呼吸速率 (dark respiration rate,  $R_d$ )， $a$ 為光量子效率， $y^0/a$ 計算為光補償點。在光度為0、5、25、50、100、200、400、500、700、1,000、1,500及2,000  $\mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 測得之淨光合作用速率與光量進行曲線迴歸 ( $y = y^0 + a [1 - e^{-bx}]$ )。曲線計算該葉片測得的最大淨光合作用速率 ( $A_{\text{max}}$ ) 數值乘以95%為光飽和光合作用速率 (light saturated rates of photosynthesis,  $A_{\text{sat}}$ )，該數值對應之光量即為光飽和點 (light saturation point, LSP)。計算公式如下所列：

$$A_{\text{sat}} = [y^0 + a^{*(1-0)}] * 0.95$$

$$LSP = \ln[1 - (A_{\text{sat}} - y^0)/a] / (-b)$$

$$LCP = y^0/a$$

## 四、統計分析

本試驗採隨機完全區集設計 (Randomized Complete Block design, RCBD) 四種光照強度，每處理3重複，每重複6株。試驗之數據以統計軟體SAS (version 9.0, Cary, NC, USA)

進行分析，以ANOVA (analysis of variance)變方分析判別顯著性，並以LSD (least significant difference)進行多重比較。

## 結 果

### 一、遮光程度對荷蘭薄荷植株形態之影響

遮光處理43天後，荷蘭薄荷莖長及節間長隨遮光程度提高而增加，0%遮光處理後其株高為31.83 cm，34%、51%及77%遮光處理後莖長分別為41.27、60.40及73.60 cm (表1)，各處理間有顯著差異。節間長的變化趨勢與莖長相同，0%遮光處理後其節間長為1.26 cm，77%遮光處理後節間長最長，為5.26 cm，各處理間有顯著差異 (表1)。各處理期間薄荷之莖長變化如圖1所示。不同遮光處理之植株全株形態之差異如圖2所示，於遮光77%下薄荷莖為匍匐生長。

葉片之長、寬及葉面積一樣隨著遮光程度增加而提升 (表1、圖3)，遮光0%之葉面積為3.19 cm<sup>2</sup>，遮光34%、51%及77%之葉面積分別為7.82、10.39及11.39 cm<sup>2</sup>，遮光後葉面積顯著高於對照組，且各處理間成顯著差異 (表1)。葉片厚度則是在遮光0%下最厚，為1.28 mm，隨著遮光程度增加葉片厚度減少，34%、51%及77%遮光處理之葉片厚度分別為0.96、0.75及0.45 mm，各處理間成顯著差異 (表1)。結果顯示遮光後之葉片SPAD-502值高於遮光0%之數值，51%遮光處理下薄荷葉片有最高之SPAD-502值，數值為32.67 (表1)。不同遮光處理之葉片形態之差異如圖3所示。

表 1. 遮光程度對荷蘭薄荷處理 43 天後植株形態之影響。

Table 1. Effect of different shading percentage on plant growth of *Mentha spicata* after treatments for 43 days.

Shading level(%)	Stem length (cm)	Node length (cm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Leaf thickness (mm)	Leaf area (cm <sup>2</sup> )	SPAD-502 value
0	31.83 d <sup>z</sup>	1.26 d	3.45 d	1.99 d	1.28 a	3.19 d	29.97 c
34	41.27 c	1.92 c	3.94 c	2.59 c	0.96 b	7.82 c	31.57 b
51	60.40 b	3.04 b	4.88 b	3.16 b	0.75 c	10.39 b	32.67 a
77	73.60 a	5.26 a	5.60 a	3.74 a	0.45 d	11.39 a	31.63 b

<sup>z</sup> different letters indicate significant differences between treatment by Fisher's least significant difference at  $p \leq 0.05$ .

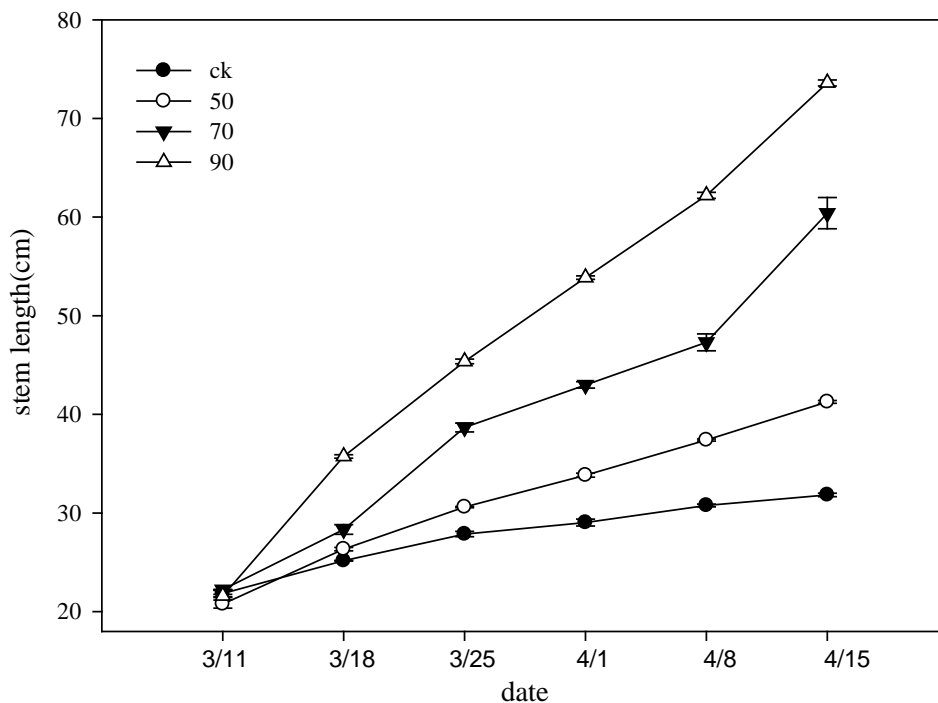


圖 1. 不同遮光程度下荷蘭薄荷莖長變化。

Fig. 1. Variation of stem length of *Mentha spicata* under different shading degree.

鮮重隨遮光程度提升呈先增加後減少的趨勢，遮光 0%、34%、51%及 77%之鮮重分別為 37.20、38.92、45.25 及 23.21 g，遮光 34%及 51%之鮮重顯著高於對照組，但乾重則是遮光 0%數值最高，為 10.20 g(表 2)。葉片電解質滲漏率則隨遮光程度增加而減少，遮光 0%時值最高，為 53.52%，遮光 51%及 77%之葉片電解質滲漏率分別為 42.73%及 42.83%，兩者間無顯著差異(表 2)。

## 二、葉片光合作用曲線之影響

遮光處理 43 天後，荷蘭薄荷之葉片淨光合作用值在光度  $400 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  以下隨光度增加而快速增加，接著漸漸增加並達到最大值，未觀察到光抑制反應。荷蘭薄荷於遮光 34% 下其 Pn 值最高，其次是遮光 0%及 51%，遮光 77%時 Pn 值最低(圖 4)。結果顯示薄荷在遮光 34%時有最高之 LSP，為  $667.1 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，其餘處理之 LSP 位於  $432\sim 553 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  之間，最大光合作用速率同樣是遮光 34%之處理最高，為  $12.12 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，顯著高於其他處理。各處理下光量子效率則介於  $0.040\sim 0.047 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$  之間，顯著高於遮光 77%之光量子效率  $0.023 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$ (表 3)。

表 2. 遮光程度對荷蘭薄荷處理 43 天後地上部鮮、乾重及葉片電解質滲漏率之影響。

Table 2. Effect of different shading percentage on shoot fresh weight, shoot dry weight, electrolyte leakage in *Mentha spicata* after treatments for 43 days.

Shading level(%)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Electrolyte leakage (%)
0	37.20 b <sup>z</sup>	10.20 a	53.52 a
34	38.92 b	6.45 b	45.58 b
51	45.25 a	6.45 b	42.73 c
77	23.21 c	2.19 c	42.83 c

<sup>z</sup> different letters indicate significant differences between treatment by Fisher's least significant difference at  $p \leq 0.05$ .

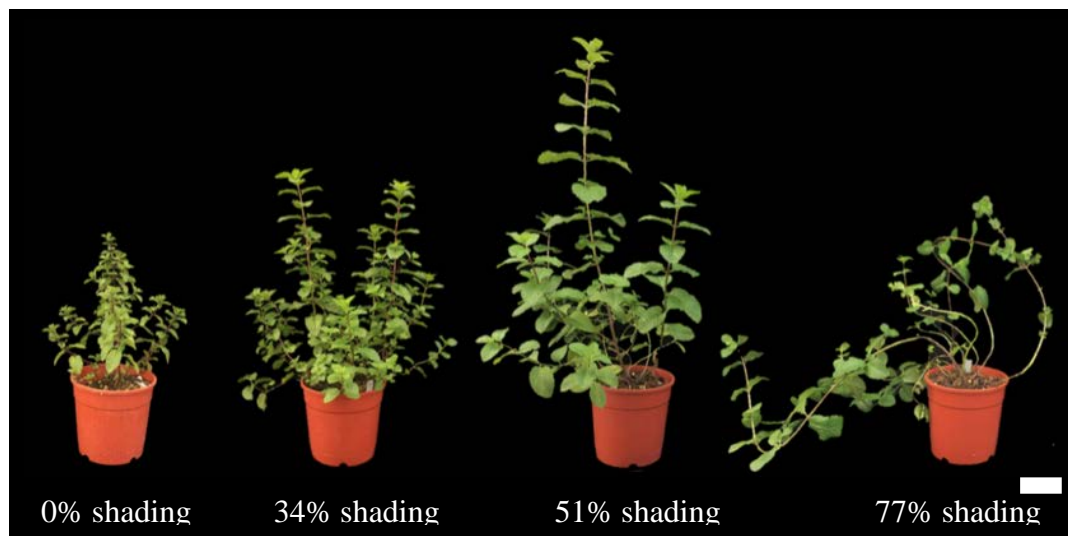


圖 2. 遮光程度對荷蘭薄荷植株形態之影響。

Fig. 2. Effect of shading level on the plant morphology of *Mentha spicata*.(bar = 5 cm).

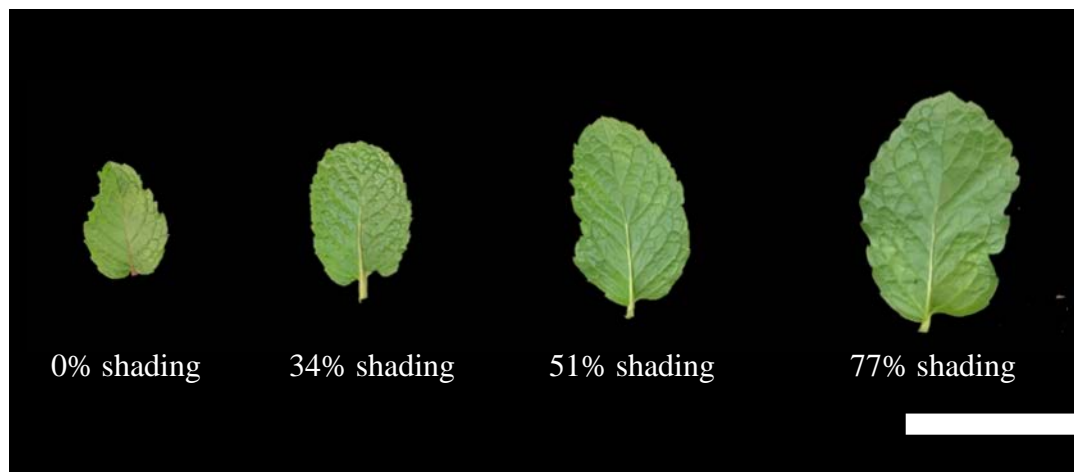


圖 3. 遮光程度對荷蘭薄荷葉片形態之影響。

Fig. 3. Effect of shading level on the leaf morphology of *Mentha spicata*. (bar = 5 cm).

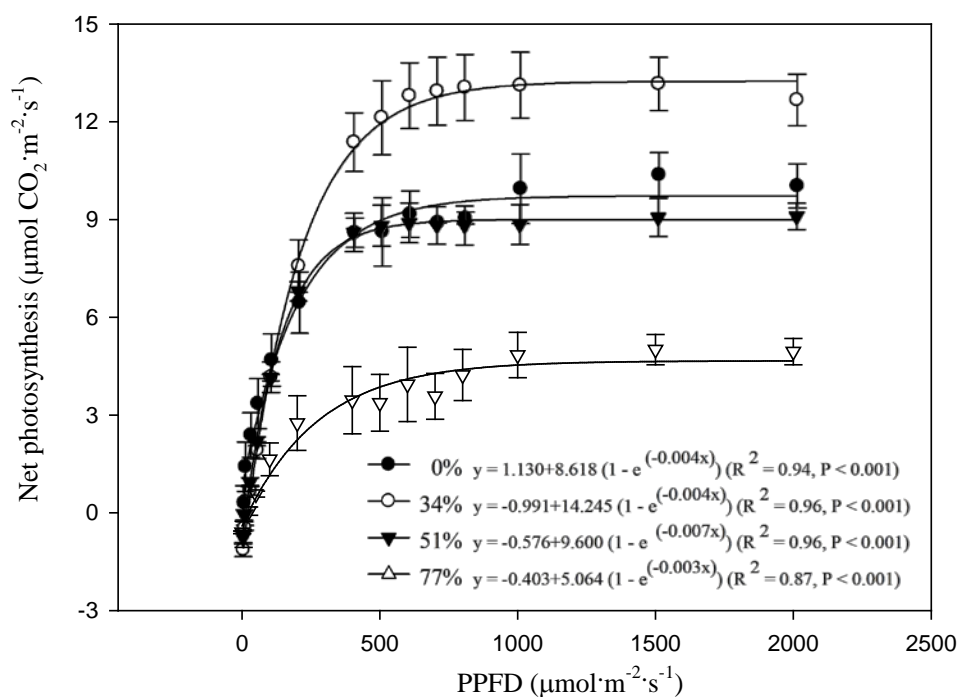


圖 4. 不同遮陰程度對荷蘭薄荷處理 43 天後光合作用曲線之影響。

Fig. 4. Effect of different shading degrees on photosynthesis curves of *Mentha spicata* treated for 43 days. Bars indicate standard error of the mean and were not visible if smaller than the symbol. (Experimental duration: 2019/5/31-2019/6/3).

表 3. 遮光程度對荷蘭薄荷之光補償點、光飽和點、最大光合作用速率、暗呼吸速率及光量子效率之影響。

Table 3. Effect of different shading percentage on light compensation points (LCP), light saturation point (LSP), light saturated rates of photosynthesis (Asat), dark respiration rate (Rd), and quantum yield ( $\Phi$ ) on *Mentha spicata*. (Experimental duration: 2019/5/31-2019/6/3).

	LCP	LSP	Asat	Rd	$\Phi$
Shading level(%)	( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	( $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	( $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )	( $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$ )
0	0.91 d <sup>z</sup>	553.2 ab	9.26 b	1.05 a	0.040 a
34	15.10 b	667.1 a	12.12 a	-0.67 b	0.047 a
51	11.08 c	432.1 b	8.78 b	-0.48 b	0.046 a
77	26.70 a	437.8 b	4.20 c	-0.63 b	0.023 b

<sup>z</sup> different letters indicate significant differences between treatment by Fisher's least significant difference at  $p \leq 0.05$ .

## 討 論

光是影響植物生長與發育的重要環境因子之一，為適應不同的光強度，會改變植株形態以獲取更多光源，達到最大光能使用 (Dou *et al.*, 2018; Li *et al.*, 2016; Zheng and Labeke, 2017)。本試驗結果顯示荷蘭薄荷莖長隨遮光程度增加而增加，於遮光77%時植株明顯較柔弱易倒伏。這種莖及節間長之增加可能原因為光線不足使植株徒長，或是在弱光環境中，植物為獲取充足的陽光，會增加莖部生長速度，從而引起節間明顯延長(Han *et al.*, 2015; Valladares and Niinemets, 2008)。另外隨遮光程度增加，參試植物之葉面積增加，此種變化有利於增加受光面積及便於光穿透葉綠體 (Han *et al.*, 2015; Zheng and Labeke, 2017)。

荷蘭薄荷葉片厚度有隨遮光程度上升而減少之情形，Son等 (2018)進行大白菜葉片結構的觀察時發現，在光照條件 $1,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 處理49天後，植株之葉片柵狀組織發育良好，細胞排列整齊緊密，柵狀組織形態呈矩形；在 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 之條件下，葉片柵狀組織形態異常或呈圓形，海綿組織細胞間隙明顯大且鬆散。此外，葉片厚度和柵狀薄壁組織的長度與光強度呈正相關。當PPFD從 $200 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 增加到 $1,000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 時，柵狀組織的長度和細胞數量增加。本次試驗結果與前人研究相似，在低光處理時植物之葉面積較大，但葉片厚度減少，這種變化為適應性的形態學特徵，可以減少植物於較高光強度下的水分喪失 (Deng *et al.*, 2012a; Han *et al.*, 2015; Zheng and Labeke, 2017)。



使用葉綠素讀值計 (SPAD-502)測量葉片之相對葉綠素含量及綠色程度，隨遮光程度增加葉片SPAD-502之值增大，推測是為了增進光利用效率，於適度遮光下之葉片葉綠素含量增加，造成葉片綠色程度提升 (Deng *et al.*, 2012b; Scuderi *et al.*, 2012)。這種葉色改變為光馴化(Light acclimation)現象，植物會調適其光合作用結構的構造及功能 (Valladares and Niinemets, 2008)。

試驗中荷蘭薄荷之鮮重測量結果顯示，適度遮光有利植株鮮重提升，荷蘭薄荷之鮮重隨光強度的下降呈增加後減少的趨勢，於遮光51%之鮮重最重。遮光會使株高及節間長明顯增加，影響葉片大小及厚度，而上述變化使植株易倒伏且柔軟脆弱，間接造成乾鮮重降低，另外過度遮光後植株因光合作用下降，乾物質累積不足導致生長緩慢，也是造成植株乾重下降的原因之一。

葉片電解質滲漏率為反應植物細胞膜受損程度的一項基本指標 (李和謝, 2012)。試驗結果顯示，荷蘭薄荷於遮光0%時其葉片電解質滲漏率為42%，顯著高於其他處理。說明在遮光0%全日照環境下之光強度或溫度環境對上述兩種作物而言過高，超出其光飽和點為一逆境，葉片電解質滲漏率是反映植物膜系統狀況的一個重要生理生化指標，強光及高溫皆可能造成荷蘭薄荷之細胞膜受損，膜蛋白受傷害因而使細胞質的胞液往外滲漏，導致膜通透性增大，進而使葉片電解質滲漏率增加。

植物為適應不同光環境除改變自身形態，其植株整體光合作用能力也有所改變，瞭解植株於不同光度下之光合作用反應為研究其對光適應性的生理基礎 (Deng *et al.*, 2012b)。由荷蘭薄荷之光合作用曲線得知，於遮光34%之Pn值大於遮光0%。Son等 (2018)在大白菜的實驗中提到，高光照引起了光抑制，比在低光度下更讓植物不適應，這種現象可能是由於過量光照造成氣孔暫時關閉，使光合作用能力下降。Fu等(2012)之萵苣實驗中提出，600及800  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 使其Fv / Fm值下降，在100  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 處理中反而沒有處於逆境的反應，表示強光會給予植物逆境，尤其在萵苣生長前期，植株處於逆境的環境下，Fv/Fm值下降代表PS II反應中心光傷害或是螢光消散增加，兩者為逆境干擾植物生理的指標。

本試驗中，荷蘭薄荷其光補償點隨遮光程度增加而增加，光飽和點及最大光合作用速率於遮光34%下最高，暗呼吸速率隨遮光程度增加而下降。通常耐陰能力較強的植物具有較低的光補償點以及較小的暗呼吸速率，這是因為在低光環境中，植物為保證自身能大量的積累有機物，及正常生命活動的進行，會降低光補償點以提高植物利用弱光的能力，同時降低呼吸速率，減少因呼吸而消耗有機物 (Deng *et al.*, 2012ab)。

食用盆栽作物兼具觀賞及食用價值，故其產量及外觀品質良好與否的主要指標，由試驗結果推薦荷蘭薄荷於遮光 34~51%下栽培，因此光度下生長之植株生長勢佳且不倒伏，且鮮重高，產量佳。

## 參考文獻

- 吳衛華、沈群。2010。庭園園藝-城市市區發展都市農業的最佳模式。農產品加工創新版 2010: 78-80。
- 李芸嫣、謝慶昌。2012。番木瓜葉片高溫逆境指標之比較。興大園藝 37: 13-23。
- 李雅君。2016b。都市導入可食地景策略與現況探索-以新北市為例。逢甲大學景觀與遊憩系碩士論文，臺北。139pp。
- 劉黃碧圓、李亭頤、洪進雄、許文燦。2014。都市農耕居家綠活園藝。科學研習 53: 16-23。
- 謝田富。2018。試述可食地景在園林景觀中的應用。綠色環保建材 1: 247-247。
- Castro, J., S. K. Ostoić, P. Cariñanos, A. Fini, and T. Sitzia. 2018. "Edible" urban forests as part of inclusive, sustainable cities. *Unasyuva* 69: 59-65.
- Deng, Y., C. Li, Q. Shao, X. Ye, and R. Tang. 2012b. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: II. Morphology, anatomy and physiology. *Scientia Hort.* 144: 19-28.
- Deng, Y., C. Li, Q., Shao, X. Ye, and J. She. 2012a. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: I. Photosynthetic characteristics and chloroplast ultrastructure. *Plant Physiol. Biochem.* 55: 93-102.
- Dou, H., G. Niu, M. Gu, and J. G. Masabni. 2018. Responses of sweet basil to different daily light integrals in photosynthesis, morphology, yield, and nutritional Quality. *HortScience* 53: 496-503.
- Fu, W., P. Li, and Y. Wu. 2012. Effects of different light intensities on chlorophyll fluorescence characteristics and yield in lettuce. *Scientia Hort.* 135: 45-51.
- Fujita, S. 2001. Construction method and assignment of rooftop and wall-surface greening. *J. Japan Soc. Reveget. Tech.* 27: 407-412.
- Han, S., J. Jiang, H. Li, A. Song, S. Chen, and F. Chen. 2015. The differential response of two chrysanthemum cultivars to shading: photosynthesis, chloroplast, and sieve element-companion cell ultrastructure. *HortScience* 50: 1192-1195.
- Leslie, R. P. 2003. Capturing the daylight dividend in buildings: why and how? *Build. Environ.* 38: 381-385.
- Li, A., S. Li, X. Wu, J. Zhang, A. He, G. Zhao, and X. Yang. 2016. Effect of light intensity on leaf photosynthetic characteristics and accumulation of flavonoids in *Lithocarpus litseifolius* (Hance) Chun. (Fagaceae). *Open J. For.* 6: 445-459.
- Scuderi, D., F. Giuffrida, S. Toscano, and D. Romano. 2012. Growth, physiological response, and quality characteristics of weeping fig in response to shading levels and climatic conditions.

HortScience 47: 1586-1592.

- Son, I. C., K. H. Moon, E. Y. Song, S. H. Wi, H. H. Seo, Y. E. Moon, V. Reddy, J. Yang, R. Sicher, and S. Oh. 2018. Growth and physiological responses of chinese cabbage to different light intensity until leafy head formation. Hort. Sci. Technol. 36: 151-160.
- Song, X. P., H. T. Tan, and P. Y. Tan. 2018. Assessment of light adequacy for vertical farming in a tropical city. Urban For. Urban Green. 29: 49-57.
- Taib, N., Z. Ali, A. Abdullah, F. S. Yeok, and R. Prihatmanti. 2019. The performance of different ornamental plant species in transitional spaces in urban high-rise settings. Urban For. Urban Green. 43: 126393.
- Tan, P. Y. and M. R. B. Ismail. 2014. Building shade affects light environment and urban greenery in high-density residential estates in Singapore. Urban For Urban Green 13: 771-784.
- Valladares, F. and Ü. Niinemets.. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst. 39: 237-257.
- Zheng, L. and M. C. Van Labeke. 2017. Chrysanthemum morphology, photosynthetic efficiency and antioxidant capacity are differentially modified by light quality. J. Plant Physiol. 213: 66-74.

## Effects of Shading on Photosynthesis and Growth of *Mentha spicata*.

Wun-Jie Jian<sup>1)</sup> Chin-Mu Chen<sup>2)</sup>

Key words : Shading, Photosynthesis, *Mentha spicata*

### Summary

*Mentha spicata* L. is a common potted plant in Taiwanese homes. In this experiment, a 5-inch potted spearmint plant was used as the material and subjected to shading treatment and the open air as a control. The shading was 0%, 34%, 51% and 77%, respectively. In comparison, the stem length, internode length and leaf area of spearmint increased by 2.3 times, 4.1 times and 3.5 times respectively after being treated with 77% shading for 43 days. The leaf thickness is the thickest under 0% shading, which is 1.28 mm, the thickness of the leaf decreases with the increase of shading degree, and the leaf electrolyte leakage decreases with the increase of shading degree. The value is the highest at 0% shading, which is 53.52%. The SPAD-502 value first increases and then decreases with the increase of shading degree. Under the condition of shading 34%, the spearmint has the highest maximum photosynthesis rate of  $12.12 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ , which is higher than the open-air control group of  $9.26 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ .

---

1) Student in M.S. program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Assistant Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

Corresponding author.