

# 遮光對平戶杜鵑‘艷紫’生長、光合作用及開花之影響<sup>1</sup>

許雅婷<sup>2</sup>、涂佩君<sup>3</sup>、張育森<sup>3</sup>

## 摘 要

杜鵑花為臺灣北部地區重要的都市綠美化花卉，然而不合適的種植環境嚴重降低杜鵑花存活、生長及開花表現。為提升都市杜鵑花觀賞品質，本研究以平戶杜鵑‘艷紫’為材料，探討遮光對其生長、光合作用及開花之影響。植株摘心後放置於搭設不同透光程度針織網，紀錄試驗期間 2016 年 7 月 11 日至 2016 年 9 月 10 日平均正午光度分別為 2,446、1,981、1,320 及 782 及 318  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，相當於 0%、19%、46%、68%及 87%遮光。試驗於夏季進行光合作用測定、植株生長及形態調查，隔年開花時調查開花表現。結果顯示，平戶杜鵑‘艷紫’之光需求偏向陽性植物，然而在低光環境下，平戶杜鵑‘艷紫’生理及形態上展現耐陰能力。於臺灣北部地區夏季以適度遮光（46%-68%遮光）具有較佳的生長及光合作用表現。開花表現以 0%至 68%遮光處理之花朵品質及花色表現較佳，87%遮光處理花朵數量及品質顯著降低。綜合言之，杜鵑花於臺灣北部地區夏季建議進行適度遮光（46%-68%遮光）栽培，而過度遮光（87%遮光）會影響植株生長及開花表現。

關鍵詞：杜鵑花、光強度、花朵品質

## 前 言

杜鵑花（*Rhododendron* spp.）為杜鵑花科杜鵑花屬植物，在臺灣北部地區為受歡迎的觀賞花木，依臺北地區綠籬植栽長度及使用率結果顯示，杜鵑花為第二，僅次於黃金金露花（陳，2010）。杜鵑花景觀應用種類中以平戶杜鵑最為廣用。

---

<sup>1</sup> 行政院農業委員會桃園區農業改良場研究彙報第 520 號。

<sup>2</sup> 桃園區農業改良場助理研究員(通訊作者, ythsu@tydais.gov.tw)。

<sup>3</sup> 國立臺灣大學園藝暨景觀學系助理及教授。

依照臺灣杜鵑花應用經驗，一般認為其耐陰能力高（謝等，2003）至中等（胡，1995；呂等，1999）。張和呂（2005）指出，杜鵑花營養生長之適宜光強度為 389 至 778  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，全日照環境栽培也可適應，但夏季若以輕度至半遮陰栽培可避免高溫及高光造成的日燒和落葉情形。Andersen 等（1991）指出，針對美國佛羅里達地區長期全日照栽培常綠杜鵑‘Pink Ruffles’造成植株矮化及黃化之現象，建議於 69%至 47%日照環境栽培，可有較健康且緊密的植株。

杜鵑花為臺灣北部地區重要的綠化植物，然而都會地區樓房密集，栽培環境變化大，遮陰之影響甚為嚴重。本試驗目的為調查遮陰對杜鵑花營養生長、光合作用生理反應及開花品質之影響，期望作為生產與綠化環境配置之參考。

## 材料與方法

### 一、植物材料

本試驗於行政院農業委員會桃園區農業改良場進行，參試材料為平戶杜鵑‘艷紫’（*R. × pulchrum* ‘Oomurasaki’）扦插苗。於 2016 年 6 月 15 日將 9 cm 盆苗定植於 15 cm 之塑膠盆，介質為泥炭苔（Peat moss, Kekkila OY, Finland）和真珠石以 3:1（v/v）比例混成。2016 年 7 月 11 日將生長良好之植株進行摘心處理並開始試驗。試驗期間以自動灑水系統進行水分供給，每日噴水 3 至 5 次，每次 5 min。每盆施以 14N-4.48P-10.79K 緩釋肥（新好康多 1 號 180 天, Hi-Control®, Shizuoka, Japan）2 g。試驗期間每 2 週以澆灌方式施用 1 次 20.0N-8.8P-16.6K 之液態肥料（Peters 20-20-20, Scotts, Marysville, OH, USA）1 g·L<sup>-1</sup>，每盆施用量為 200 mL。

### 二、試驗處理

#### （一）植物材料及遮光處理

所有試驗植株於 2016 年 7 月 11 日移入不同程度之遮陰網內進行試驗。以鉅管架設 90 cm 高之鐵架，以白紗網、50%黑色針織網及 70%黑色針織網（810#, 1010#, 豪建塑膠股份有限公司, 臺中市, 臺灣）覆蓋於鐵架上，製造 5 種遮光環境，分別為全日照、白紗網、50%黑色針織網、70%黑色針織網及雙層 50%黑色針織網，試驗期間平均光度分別相當於 0%、19%、46%遮光、68%遮光及 87%遮光全日照環境。本試驗採完全逢機設計（completely randomized design），每遮陰

處理 3 重複，每重複 3 株。試驗期間各遮陰處理設置 1 只光度及溫度感應器（HOBO® Pendant® Temperature / light data logger UA-002-64）紀錄氣象資料，每 1 h 紀錄 1 次。紀錄器之感光元件與地面呈水平，放置於床架上不受植株遮擋之位置，離地約 20 cm。照度（lux）數值在日照光源下轉換成 400-700 nm 之光量子密度（ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）的常數為 54（Thimijan and Heins, 1983），因此將田間測得之照度（lux）除以 54 轉換為光量子密度（ $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ）。

## (二) 光合作用測定

植株材料於 2016 年 8 月 26 日至 8 月 30 日（試驗 46 至 50 天），早上 8 時至下午 2 時測量植株之氣體交換速率。0800HR 至 1400HR 測量植株之淨光合作用，測量期間將植株移入平均濕度 76% 之生長箱，以水銀燈（Mercury lamp, Osram Sylvania, Manchester）為光源，製造與測量光度相近之環境光度。使用 GFS-3000 可攜式光合作用與葉綠素螢光測定儀（GFS-3000 portable gas exchange and fluorescence system, HeinaWalz GmbH, Germany）紀錄各處理之展開新成熟葉（約頂芽下數第 4 至第 6 片葉）之淨光合作用速率（net photosynthesis,  $P_n$ ）。以葉夾夾取新成熟葉片進行測量，每處理 3 重複，每株一片葉子為 1 重複。葉箱中使用紅藍光光源（LED-A/PAM- Fluoremeter 3055-FL），控制葉箱內光度為 0、25、50、75、100、200、400、700、1,000 及 1,200  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，葉溫為  $25^\circ\text{C}\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，利用乾燥劑（silica gel, sorbead orange chameleon, Engelhard, USA）及加濕器（ceramic granulate, Stuttgarter Masse）共同調控葉箱內濕度。使用  $\text{CO}_2$  小鋼瓶提供  $\text{CO}_2$  氣體，與蘇打石灰（Soda lime pellets with indicator, Merck KGaA, Darmstadt, Germany）共同調控葉箱內  $\text{CO}_2$  濃度。使用葉夾面積為  $3\text{ cm}^2$ ，葉箱中平均濕度控制在  $60\%\pm 3\%$  之間。並將流速（Flow）設定為  $750\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{s}^{-1}$ ， $\text{CO}_2$  濃度維持在  $400\text{ }\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。

在光度為 0、25、50、75 及 100  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  測得之淨光合作用速率與光量進行直線回歸（ $y = y_0 + ax$ ）， $y_0$  為暗呼吸速率（dark respiration rate,  $R_d$ ）， $a$  為光量子效率（quantum yields,  $\Phi$ ）， $y_0/a$  計算為光補償點（light compensation point, LCP）。在光度為 0、25、50、75、100、200、400、700、1,000 及 1,300  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  測得之淨光合作用速率與光量進行曲線回歸（ $y = y_0 + a[1 - e(-bx)]$ ）。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,  $A_{\text{sat}}$ ），該數值對應的光量即為光飽和點

(light saturation point, LSP)。計算公式如下表所列：

$$A_{\text{sat}} = [y_0 + a \cdot (1 - 0)] \cdot 0.95$$

$$\text{LSP} = \ln [1 - (A_{\text{sat}} - y_0) / a] / (-b)$$

### (三) 生長及開花調查

2016 年 9 月 10 日至 9 月 19 日 (試驗第 61 至 70 日) 進行植株生長及形態調查。記錄標定枝條的生長長度為枝條長度 (shoot length)；計算植株全株的總枝條數 (total shoot number)；以葉面積儀 (leaf area meter, Li-3100, LI-COR, Lincoln, Nebr, USA.) 計算完全成熟展開葉片 (由上往下數約第 4 片至 6 片) 之葉面積 (leaf area)，每株測定 3 片葉片取平均值為代表；取植株第 1 片完全成熟展開葉片，以網袋盛裝置於烘箱以 70°C 烘乾至重量不再變化 (約 3 日)，為葉片乾重 (leaf dry weight)，每株測定 3 片葉片取平均值為代表；比葉重 (specific leaf weight) 的計算以完全成熟展開葉片之乾重除以葉面積，每株測定 3 片葉片取平均值為代表。葉綠素計讀值 (SPAD-502 value) 以葉綠素計 (SPAD-502, Minolta Camera Co., Tokyo, Japan) 測量剛完全展開葉 (由上往下約第 4 至 6 片)，測點避開葉脈，以免影響葉綠素計之判讀，每株測定 3 片葉片取平均值為代表。

2016 年 11 月 22 日至 2017 年 3 月 21 日 (試驗第 134 至 253 日) 進行植株花苞及開花情形紀錄。計算植株全株之花苞數 (bud no.) 及花朵數 (flower no.)；以游標尺測量盛開花朵左右花瓣之距離為花徑 (flower diameter)；採集盛開之花朵測量其鮮重 (flower fresh weight) 及 60°C 烘乾 2 日後之乾重 (flower dry weight)；花色 (flower color) 的測量以分光測光儀 (Spectrophotometer, CM-2600d, KONICA MINOLTA sensing, Inc., Japan) 測量花瓣之明度 (value,  $L^*$ ) 及  $a^*$ 、 $b^*$  值。參考 McGuire (1992) 換算  $(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$  為彩度 (chroma,  $C^*$ ) 及  $b^*/a^*$  之反正切角度值  $[\arctan(b^*/a^*)]$  為色相 (hue angle,  $H^\circ$ )。

## 三、試驗期間光度環境

試驗期間 (2016/7/12-2017/4/20) 各月份之平均照度變化如圖 1 所示。2016 年 8 月之日照強度最高，其次為同年 7 及 9 月，9 月後光強度漸減，11 月至隔年 3 月全日照光強度約  $400 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。紀錄試驗期間 2016 年 7 月 11 日至 2016 年 9 月 10 日平均照度及溫度日變化如圖 2 所示，平均正午光度分別為 2,446、1,981、1,320 及 782 及  $318 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，平均光度 (光強度總和除以日照時數) 分別為 1,321、1,029、525、

393 及  $166 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。平均正午溫度分別為 41.3、39.6、35.0、33.7 及 31.8°C，白天平均溫度（溫度總和除以日照時數）分別為 34.4、33.2、30.9、30.1 及 29.3°C。本試驗中不同遮光程度之可見光譜分布如圖 3 所示，顯示其可見光譜光質相似。

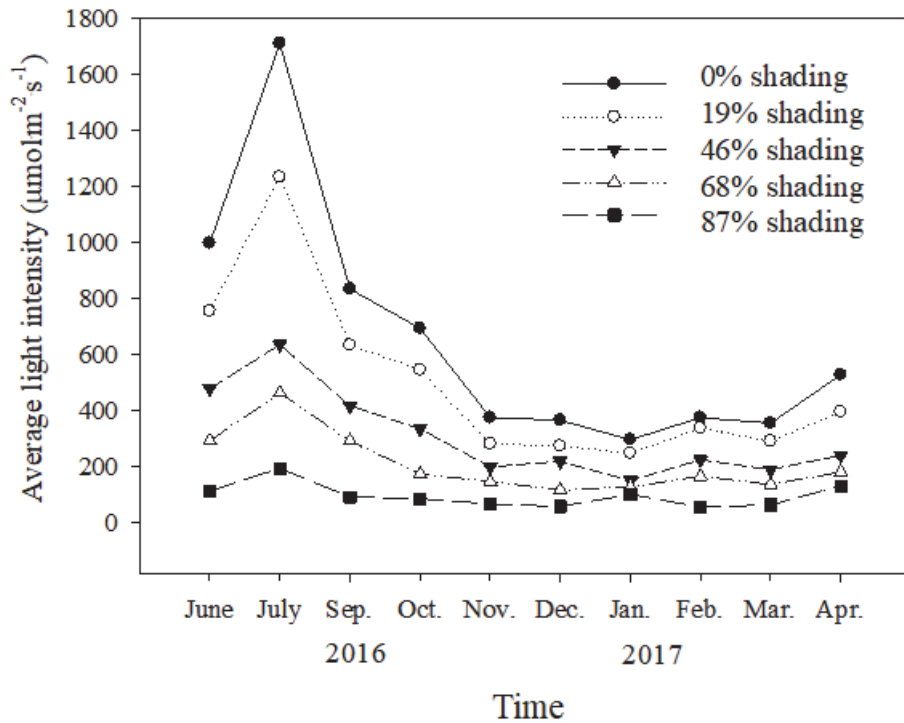


圖 1. 試驗期間各月份之平均照度變化

Fig. 1. Monthly variations of mean light intensity (PPFD) from June 11, 2016 to April 20, 2017 under various shading treatments. (2016/7/11-2017/4/20)

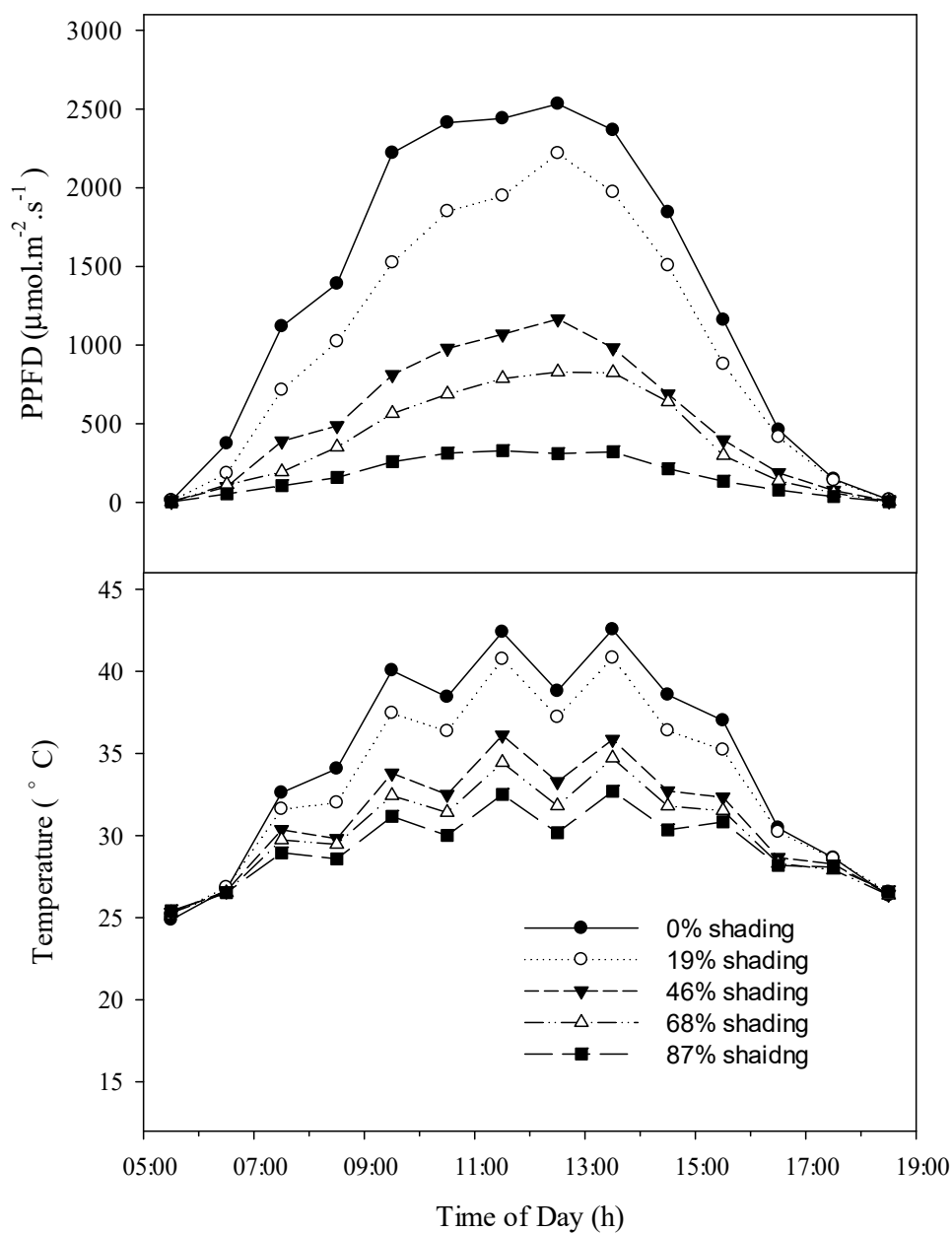


圖 2. 不同遮光下 2016/7/11 至 2016/9/10 期間平均照度及溫度之日變化

Fig. 2. Diurnal variations of mean light intensity (PPFD) and air temperature from June 11 to September 10, 2016 under different shading treatments.

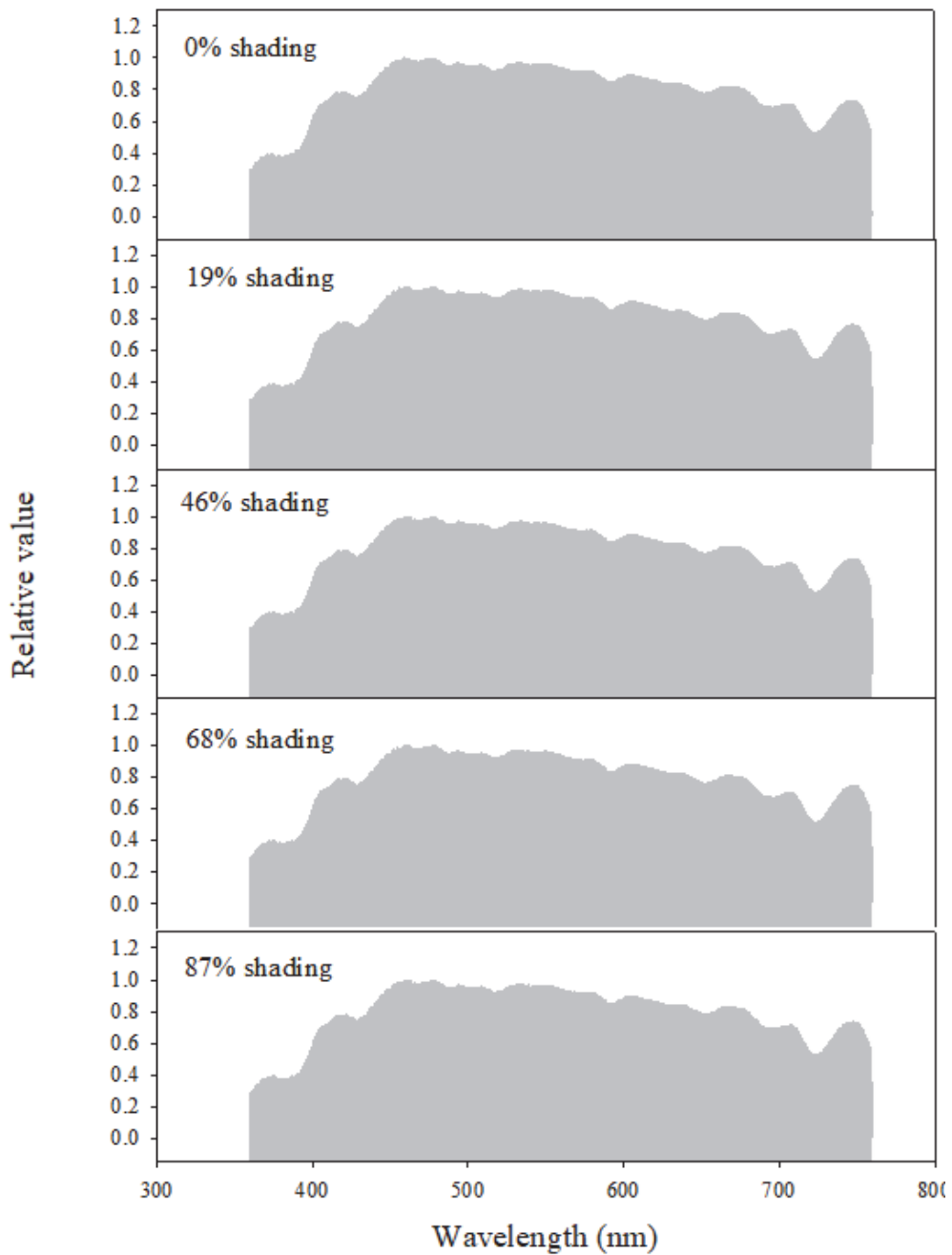


圖 3. 不同遮光之可見光光譜分布

Fig. 3. Spectral distribution of visible light under different shading treatments. (2017/5/5 10:00)

#### 四、統計分析及繪圖

試驗資料以 COSTAT 6.2 統計軟體 (CoHort Software, USA) 進行變異數分析 (Analysis of variance, ANOVA)，選用最小顯著差異法 (Least significant difference, LSD) 法，分析各處理間是否有顯著差異 ( $P < 0.05$ )，以 SigmaPlot 10.0 (SPSS Inc., USA) 進行繪圖。

### 結果與討論

#### 一、遮光對平戶杜鵑‘豔紫’生長及形態之影響

試驗結果平戶杜鵑‘豔紫’的枝條及葉片形態顯著地受到遮光處理影響 (表 1)。形態上，平戶杜鵑‘豔紫’的枝條長度、葉面積及葉綠素計讀值隨遮光程度增加而增加，比葉重隨遮光程度增加而下降。遮陰環境下，植物的生長及存活和截取光源的能力息息相關，因此植物在低光環境下展現形態及生理可塑性，以獲取更多光源 (Knapp and Smith, 1997; Valladares and Pearcy, 2000)。遮光環境下，枝條長度增加與藍莓 (*Vaccinium corymbosum*)、鳴子百合 (*Polygonatum odoratum*) 及鼠李 (*Rhamnus alaternus*) 相同 (林和葉, 2002; Miralles *et al.*, 2011; Scuderi *et al.*, 2012)。遮光環境下，植物枝條長度增加、節間長度增加，以利於接收光源 (Niinemets, 2008)。而遮光環境中，葉面積及葉色濃綠度增加有利光的截留和吸收 (Gommers *et al.*, 2013; Valladares and Niinemets, 2008)。遮光環境中，葉片因面積增加、乾重降低使得葉片單位面積的建構組織減少，比葉重下降，葉片變薄而有利於光的穿透至葉綠體 (Evans, 1999; Peri *et al.*, 2007)。綜合以上結果顯示，型態上平戶杜鵑‘豔紫’於低光環境中具有適應能力，具有一定程度的耐陰性。

植株生長方面，枝條數以 87% 遮光處理顯著較低，其他處理枝條數顯著較高 (表 1)。87% 遮光處理之日平均最高光強度為  $318 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，低於其光飽和點  $358 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ，顯示過度遮陰環境影響植株生長，光度過低使得 ATP 產量不足以供應固碳作用及碳水化合物生成，因此限制植株生長 (Levitt, 2015)。

表 1. 遮光對平戶杜鵑 ‘艷紫’生長之影響

Table 1. Effects of shading on growth of *Rhododendron* × *pulchrum* ‘Oomurasaki’. (61-70 DAT)

| Shading | Shoot length<br>(cm) | Shoot<br>(no.) | Leaf area<br>(cm <sup>2</sup> ) | Leaf dry weight<br>(mg) | Specific leaf weight<br>(mg·cm <sup>-2</sup> ) | SPAD-502<br>value |
|---------|----------------------|----------------|---------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------|-------------------|
| 0%      | 12.7 bc <sup>z</sup> | 21.3 a         | 9.2 c <sup>z</sup>              | 79.6 ab                 | 8.7 a                                          | 33.7 d            |
| 19%     | 11.9 c               | 22.8 a         | 9.3 c                           | 86.1 a                  | 9.3 a                                          | 38.4 c            |
| 46%     | 15.4 ab              | 22.0 a         | 11.4 ab                         | 84.3 ab                 | 7.5 b                                          | 44.4 b            |
| 68%     | 17.2 a               | 20.8 a         | 11.6 a                          | 76.0 b                  | 6.6 b                                          | 48.3 a            |
| 87%     | 18.3 a               | 13.3 b         | 10.7 b                          | 55.8 c                  | 5.2 c                                          | 43.0 b            |

<sup>z</sup> 同欄英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5%水準差異不顯著。

<sup>z</sup> Means within columns followed by same letters are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.

整體觀賞品質而言，平戶杜鵑‘艷紫’全日照或輕度遮光（0%遮光及 19%遮光）栽培，枝條長度較短、葉面積較小、葉色較淡綠；適度遮光（46%遮光及 68%遮光）栽培，葉面積較大、葉色較濃綠，具有較佳的觀賞品質；過度遮光（87%遮光）下，枝條長度較長，而總枝條數及葉乾重顯著較低，植株形態上顯得鬆散、不緊密，生長量及乾重累積降低。Andersen 等（1991）於美國佛羅里達栽培試驗指出，杜鵑‘Pink Ruffles’以長期全日照栽培，植株矮化及葉片黃化，69%至 29%日照栽培植株生長指數（plant growth index）表現較高，不過 29%日照栽培植株顯得較鬆散不緊密，與本試驗結果相近。

綜而言之，型態上平戶杜鵑‘艷紫’於低光環境中具有適應能力。臺灣北部地區夏季全日照至適度遮陰（0%遮光-68%遮光）對平戶杜鵑‘艷紫’有較佳的生長量。最佳的觀賞品質為適度遮光（46%遮光及 68%遮光）栽培，葉面積較大、葉色較濃綠、植株生長茂盛。

## 二、遮光對平戶杜鵑‘艷紫’光合作用之影響

平戶杜鵑‘艷紫’新成熟葉片的淨光合作用值（ $P_n$ ）在光度  $200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  以下快速增加，接著漸次增加並達到最大值（圖 4）。平戶杜鵑‘艷紫’光補償點（LCP）、暗

呼吸速率 ( $R_d$ ) 隨遮光程度增加而顯著降低。光補償點 (LCP) 以 0% 遮光處理最高 ( $17.51 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )，87% 遮光處理最低 ( $7.09 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )；暗呼吸速率 ( $R_d$ ) 以 0% 遮光處理最高 ( $0.76 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )，87% 遮光處理最低 ( $0.32 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ )。光飽和點 (LSP)、最大光合作用速率 ( $A_{\text{sat}}$ ) 則以 46% 及 68% 遮光處理顯著最高，0% 及 19% 遮光處理次之，87% 遮光處理顯著較低。光量子效率 ( $\Phi$ ) 於各日照處理間沒有差異 (表 2)。

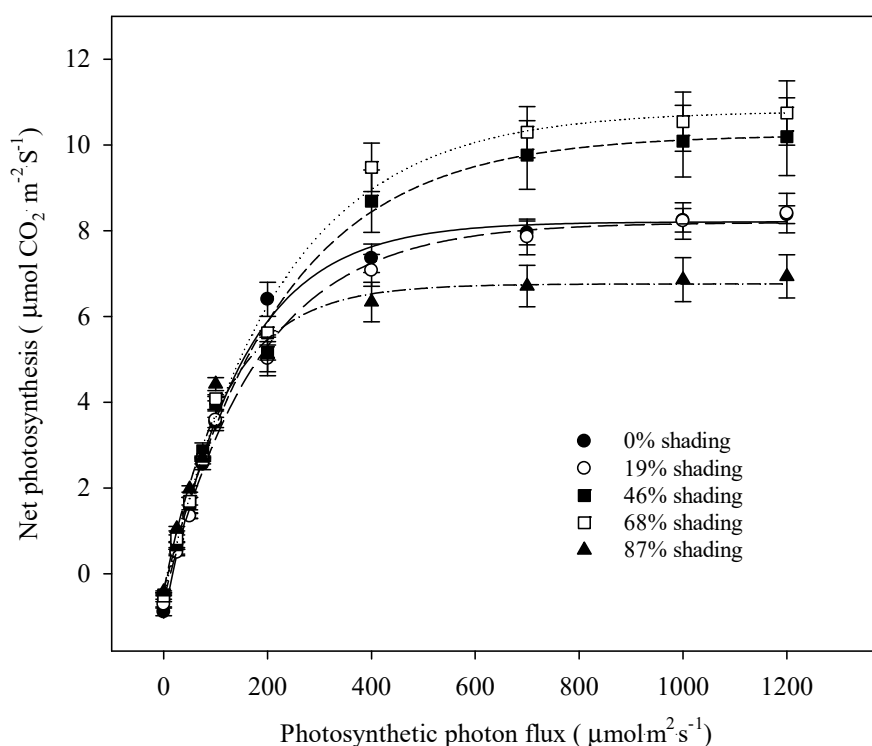


圖 4. 遮光對平戶杜鵑‘艷紫’新成熟葉片淨光合作用速率之影響

Fig. 4. Effect of photosynthetic photon flux (PPF) on just fully developed leaf net photosynthesis in Hirado azalea grown under various shadings. Bars represent standard error of the mean. (Experimental duration: 2016/8/26-2016/8/30)

|             |                                      |            |            |
|-------------|--------------------------------------|------------|------------|
| 0% shading  | $y = -1.04 + 9.2 (1 - e^{-0.0069x})$ | $R^2=0.99$ | $P<0.0001$ |
| 19% shading | $y = -0.61 + 8.8 (1 - e^{-0.0056x})$ | $R^2=0.98$ | $P<0.0001$ |
| 46% shading | $y = -0.37 + 11 (1 - e^{-0.0044x})$  | $R^2=0.96$ | $P<0.0001$ |
| 68% shading | $y = -0.49 + 11 (1 - e^{-0.0045x})$  | $R^2=0.98$ | $P<0.0001$ |
| 87% shading | $y = -0.38 + 7.1 (1 - e^{-0.0085x})$ | $R^2=0.95$ | $P<0.0001$ |

表 2. 遮光對平戶杜鵑‘艷紫’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 2. Effects of shading on light compensation points (LCP), light saturation points (LSP), light saturated rates of photosynthesis ( $A_{sat}$ ), dark respiration rate ( $R_d$ ), and quantum yield ( $\Phi$ ) on *Rhododendron*  $\times$  *pulchrum* ‘Oomurasaki’. (Experimental duration: 2016/8/26-2016/8/30)

| Shading | LCP<br>( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) | LSP<br>( $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) | $A_{sat}$<br>( $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) | $R_d$<br>( $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ) | $\Phi$<br>( $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$ ) |
|---------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 0%      | 17.51 a <sup>z</sup>                                           | 451.39 bc                                                      | 7.80 bc                                                                              | 0.76 a                                                                           | 0.044 a                                                           |
| 19%     | 15.73 a                                                        | 547.69 ab                                                      | 7.79 c                                                                               | 0.68 a                                                                           | 0.043 a                                                           |
| 46%     | 11.08 b                                                        | 688.88 a                                                       | 9.73 ab                                                                              | 0.49 b                                                                           | 0.045 a                                                           |
| 68%     | 10.50 b                                                        | 675.62 a                                                       | 10.26 a                                                                              | 0.46 bc                                                                          | 0.044 a                                                           |
| 87%     | 7.09 c                                                         | 358.89 c                                                       | 6.42 c                                                                               | 0.32 c                                                                           | 0.045 a                                                           |

<sup>z</sup> 同欄英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5%水準差異不顯著。

<sup>z</sup> Means within columns followed by same letters are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level.(n=3)

平戶杜鵑‘艷紫’之光反應曲線及測量之 LCP、 $R_d$ 、 $A_{sat}$ 、 $\Phi$  值與唐杜鵑 (*Rhododendron simsii* Planch.) ‘Thesla’ 相近，其 LCP 為  $18.9 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， $R_d$  為  $0.82 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， $A_{sat}$  為  $9.16 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， $\Phi$  為  $0.042 \mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{mol}^{-1}$  (Christiaens *et al.*, 2014)。

平戶杜鵑‘艷紫’之光補償點 (LCP)、暗呼吸速率 ( $R_d$ ) 隨遮光程度增加而顯著降低，LSP 及  $A_{sat}$  以部分遮光為最高之結果與迷人杜鵑 (*Rhododendron agastum* Balf. f. et W. W. Smith) (Zhou *et al.*, 2017) 相似。耐陰植物在低光下藉由降低其暗呼吸速率，因此光補償點降低，以增進耐陰能力，維持碳平衡而能長期生存 (Craine and Reich, 2005; Walters and Reich, 2000)，而平戶杜鵑‘艷紫’隨遮光程度增加而降低 LCP 顯示具有對低光的適應能力。LSP 及  $A_{sat}$  以部分遮光 (46%及 68%遮光) 為最高，0%及 19%遮光處理次之，可能為發生光抑制現象 (Osmond, 1994)。高光情況下，光合作用器官吸收了過多的光能而無法消散，就會提高葉片溫度，造成葉綠體中含葉綠素的光合反應中心的失能或損害 (Bertamini *et al.*, 2006)。適度遮光擋去過高光強度，避免強光高

溫對植物造成的傷害，植株具有較佳的生長表現，在垂葉榕 (*F. benjamina* L.)、三葉崖爬藤 (*T. hemsleyanum*) 及茉莉花 (*J. sambac* Ait.) (Dai *et al.*, 2009; Deng *et al.*, 2012; Scuderi *et al.*, 2012) 也有相同現象。

葉片對不同光度的光合作用反應形成光反應曲線 (light response curve)，為瞭解植物對光照及遮陰適應的基礎 (Björkman, 1981)。一般陰性植物的 LCP 約為 1 至 5  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，陽性植物的 LCP 約為 10 至 20  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (Taiz *et al.*, 2015)。Boardman (1977) 認為陽性植物的 LSP 為 399 至 598  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，陰性植物的 LSP 為 60-199  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；陽性植物的  $A_{\text{sat}}$  為 10.1 至 12.6  $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，陰性植物的  $A_{\text{sat}}$  為 1.3 至 3.2  $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 。本試驗中，不同光照處理平戶杜鵑‘艷紫’的 LCP 為 7.09 至 17.51  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，介於陰性植物及陽性植物之間，偏向陽性。LSP 為 358.89 至 688.88  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，具有陽性植物特性； $A_{\text{sat}}$  為 6.42 至 10.26  $\mu\text{mol}\cdot\text{CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，介於陰性植物和陽性植物之間，偏向陽性。因此，推論平戶杜鵑‘艷紫’的光需求偏向陽性植物。

### 三、遮光對平戶杜鵑‘艷紫’開花品質之影響

栽培光度顯著影響杜鵑花開花品質。結果顯示 87%遮光日照處理之花苞數、總花朵數、花徑、花朵鮮重及乾重皆顯著低於其他處理。0%遮光至 68%遮光日照處理之花苞數 11.37 至 14.67 個、總花朵數 41.8 至 47.5 個、花徑 7.26 至 7.70 cm；87%遮光日照處理之花苞數 3.89 個，總花朵數 15.1 個，花徑 6.31 cm。花朵鮮重及乾重以 19%遮光日照處理較高，0%遮光、46%遮光及 68%遮光處理次之，87%遮光處理較低 (表 3)。結果顯示，87%遮光日照處理花朵數量及品質顯著降低，而 68%遮光以上處理花朵數量及品質較佳，其中以 19%遮光日照處理表現最佳。

表 3. 遮光對平戶杜鵑‘艷紫’花苞數、總花朵數、花徑、鮮重及乾重之影響

Table 3. Effects of shading on number of flower buds and flowers, flower diameter, flower fresh weight and dry weight of *Rhododendron × pulchrum* ‘Oomurasaki’.

| Shading | Bud<br>(no.)         | Flower<br>(no.) | Flower              |                     |                   |
|---------|----------------------|-----------------|---------------------|---------------------|-------------------|
|         |                      |                 | Diameter<br>(cm)    | Fresh weight<br>(g) | Dry weight<br>(g) |
| 0%      | 11.37 a <sup>z</sup> | 46.0 a          | 7.37 a <sup>z</sup> | 1.33 b              | 0.12 b            |
| 19%     | 14.67 a              | 47.5 a          | 7.70 a              | 1.66 a              | 0.15 a            |
| 46%     | 13.44 a              | 46.3 a          | 7.28 a              | 1.49 ab             | 0.12 b            |
| 68%     | 12.67 a              | 41.8 a          | 7.26 a              | 1.49 ab             | 0.13 b            |
| 87%     | 3.89 b               | 15.1 b          | 6.31 b              | 1.11 c              | 0.08 c            |

<sup>z</sup> 同欄英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5%水準差異不顯著。

<sup>z</sup> Means within columns followed by same letters are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level. (n=18)

在臺灣北部，平戶杜鵑花芽多數於 7-8 月形成（宋和張，2000），而適合杜鵑花芽創始光度 370 至 518  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ （張和呂，2005）。本試驗中，87%遮光日照處理於 7、8 月份之平均光度 150-200  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，低於 370  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ （圖 1），因此影響花芽形成，花苞數顯著較低；而 0%遮光及 19%遮光日照於 7、8 月份之平均光度高於 518  $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，對花苞數量沒有影響。過度遮陰亦會降低藍莓（*Vaccinium corymbosum* L.）、茉莉花（*Jasminum sambac* L. Aiton）、毛枝綉線菊（*Spiraea alba* Du Roi）及沙漠玫瑰（*Adenium obesum* Forssk）開花數量（Deng *et al.*, 2012; Kim *et al.*, 2011; McBride *et al.*, 2014; Stanton *et al.*, 2010），以及降低牡丹花（*Paeonia lactiflora* Pall.）花朵乾重（Zhao *et al.*, 2012）。遮陰對花朵開放及花朵乾重的影響推測是由於遮陰限制光合作用產物對花苞的供給所造成（Geromel *et al.*, 2008; Raveh *et al.*, 1998）。

栽培光度影響杜鵑花‘艷紫’花色表現，其中遮光處理間色相沒有顯著差異，然而明度及彩度和日照程度有關。花朵明度以 87%遮光日照處理顯著較高（48.41），0%遮光至 31%日照處理顯著較低（44.42 至 44.82）。花朵彩度以 0%遮光至 68%遮光日照處理較高（39.88-41.88），87%遮光日照處理顯著較低（36.91）（表 4）。結果顯示光

度不影響花朵色相，皆為紫紅系，而 0%遮光至 31%日照處理間之花色表現相近，色彩飽和度高，花色鮮艷；87%遮光日照處理之花朵色澤偏白、色彩飽和度低（圖 5）。低光度亦造成牡丹花（*Paeonia lactiflora* Pall.）、洋桔梗（*Eustoma grandiflorum*）花色變淡，呈色不良主要是因為花青素含量減少導致（Griesbach, 1992; Zhao *et al.*, 2012）。

表 4. 遮光對平戶杜鵑‘艷紫’花朵之明度（L\*）、彩度（C\*）與色相（H°）之影響

Table 4. Effects of shading on value (L\*), chroma (C\*), and hue angle (H°) of *Rhododendron* × *pulchrum* ‘Oomurasaki’.

| Shading | L*     | C*      | H°      |
|---------|--------|---------|---------|
| 0%      | 44.4 b | 40.8 ab | 359.6 a |
| 19%     | 44.6 b | 40.6 ab | 359.6 a |
| 46%     | 44.4 b | 39.9 b  | 359.7 a |
| 68%     | 44.8 b | 41.9 a  | 359.6 a |
| 87%     | 48.4 a | 36.9 c  | 359.6 a |

<sup>Z</sup> 同欄英文字母相同者表示經 Fisher 的最小顯著差異性測驗在 5%水準差異不顯著。

<sup>Z</sup> Means within columns followed by same letters are not significantly different by Fisher's LSD test at 5% level. (n=18)



圖 5. 遮光對平戶杜鵑‘艷紫’花朵顏色之影響

Fig. 5. Effects of shading on flowers color of *Rhododendron* × *pulchrum* ‘Oomurasaki’.

## 結 論

1. 臺灣北部地區夏季以適度遮陰（46%遮光-68%遮光）具有較佳的生長及光合作用表現，其次為 0%遮光至 19%遮光，再次為 87%遮光。適度遮陰（46%遮光-68%遮光）同時具有較高的枝條長度、枝條數量、葉面積、葉片乾重、葉綠素計讀值，光合生理方面，亦具有較高的最大光合作用速率（ $A_{sat}$ ）、光飽和點（LSP）。0%遮光至 19%遮光日照處理之葉面積較小、葉色偏黃。87%遮光處理之枝條數量、葉片乾重顯著較低，枝條長而植株型態鬆散， $A_{sat}$  及 LSP 顯著較低。
2. 由平戶杜鵑‘艷紫’之光補償點（LCP）、光飽和點（LSP）及最大光合作用效率（ $A_{sat}$ ）表現推論其光需求偏向陽性植物。然而在低光環境下，平戶杜鵑‘艷紫’生理及形態上展現耐陰能力，透過葉面積、葉綠素計讀值增加，降低暗呼吸速率及光補償點，增進光捕捉，降低能量消耗而維持碳平衡。

3. 長期遮陰結果 0%遮光至 68%遮光處理之花朵品質及花色表現較佳，花朵品質部分，花苞數、花朵數、花徑、花朵乾重及鮮重顯著較高，其中以 19%遮光處理為最佳；花色鮮豔、彩度高。87%遮光處理花朵數量及品質顯著降低，花苞數、花朵數、花徑、花朵乾重及鮮重顯著較低，花朵色澤偏白、色彩飽和度低。而光度不影響花朵色相，所有光度處理皆為紫紅系。

## 參考文獻

- 呂勝由、簡慶德、蔡達全、何坤益、鍾慧元。1999。台灣地區內陸型工業區綠化實用圖鑑。臺北。經濟部工業局。
- 宋馥華、張育森。2000。台灣地區平戶杜鵑之開花習性。中國園藝 45:1-10。
- 林怡如、葉德銘。2002。遮光對鳴子百合地上部及根莖生長之影響。中國園藝 48:125-132。
- 胡長龍。1995。園林規劃設計。北京。中國農業出版社。
- 張育森、呂美麗。2005。杜鵑花。台灣農家要覽 (增修訂三版)-農作二。豐年社。
- 陳俊宏。2010。台北地區公園之綠籬、彩葉、耐陰植物應用現況調查研究。國立臺灣大學園藝暨景觀學系碩士論文。台北。
- 謝平芳、單玉珍、邱茲容。2003。植物與環境設計。臺北。知音出版社。
- Andersen, P., J. Norcini, and G. Knox. 1991. Influence of irradiance on leaf physiology and plant growth characteristics of rhododendron × 'Pink Ruffles'. J. Amer Soc. Hort. Sci. 116:881-887.
- Bertamini, M., K. Muthuchelian, M. Rubinigg, R. Zorer, R. Velasco, and N. Nedunchezian. 2006. Low-night temperature increased the photoinhibition of photosynthesis in grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. Riesling) leaves. Environ. Exp. Bot. 57:25-31.
- Björkman, O. 1981. Responses to different quantum flux densities. Physiol. Plant Ecol. I. Springer; pp 57-107.
- Boardman, N.K. 1977. Comparative photosynthesis of sun and shade plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 28:355-377.
- Christiaens, A., P. Lootens, I. Roldán-Ruiz, E. Pauwels, B. Gobinb, and M.C. Van Labeke. 2014. Determining the minimum daily light integral for forcing of azalea (*Rhododendron simsii*). Scientia Hort. 177:1-9.
- Craine, J.M. and P.B. Reich. 2005. Leaf-level light compensation points in shade-tolerant woody seedlings. New Phytol. 166:710-713.
- Dai, Y., Z. Shen, Y. Liu, L. Wang, D. Hannaway, and H. Lu. 2009. Effects of shade treatments on the photosynthetic capacity, chlorophyll fluorescence, and chlorophyll content of *Tetrastigma hemsleyanum* Diels et Gilg. Environ. Expt. Bot. 65:177-182.

- Deng, Y., Q. Shao, C. Li, X. Ye, and R. Tang. 2012. Differential responses of double petal and multi petal jasmine to shading: II. Morphology, anatomy and physiology. *Scientia Hort.* 144:19-28.
- Evans, J.R. 1999. Leaf anatomy enables more equal access to light and CO<sub>2</sub> between chloroplasts. *New Phytol.* 143:93-104.
- Geromel, C., L.P. Ferreira, F. Davrieux, B. Guyot, F. Ribeyre, M.B. dos Santos Scholz, L.F.P. Pereira, P. Vaast, D. Pot, and T. Leroy. 2008. Effects of shade on the development and sugar metabolism of coffee (*Coffea arabica* L.) fruits. *Plant Physiol. Biochem.* 46:569-579.
- Griesbach, R. 1992. Correlation of pH and Light Intensity on Flower Color in Potted *Eustoma grandiflorum* Grise. *HortScience* 27:817-818.
- Gommers, C.M., E.J. Visser, K.R. St Onge, L.A. Voesenek, and R. Pierik. 2013. Shade tolerance: when growing tall is not an option. *Trends Plant Sci.* 18:65-71.
- Kim, S.J., D.J. Yu, T.C. Kim, and H.J. Lee. 2011. Growth and photosynthetic characteristics of blueberry (*Vaccinium corymbosum* cv. Bluecrop) under various shade levels. *Scientia Hort.* 129:486-492.
- Knapp, A.K. and D.L. Smith. 1997. Leaf Angle, Light Interception, and Water Relations. *Amer. Biol. Teacher.* 59:365-368.
- Levitt, J. 2015. Water, radiation, salt, and other stresses. Elsevier. Academy Press. NY
- McBride, K., R.J. Henny, J. Chen, and T.A. Mellich. 2014. Effect of light intensity and nutrition level on growth and flowering of *Adenium obesum* 'Red' and 'Ice Pink'. *HortScience* 49:430-433.
- McGuire, R.G. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience* 27:1254-1255.
- Miralles, J., J. Martínez-Sánchez, J. Franco, and S. Bañón. 2011. *Rhamnus alaternus* growth under four simulated shade environments: Morphological, anatomical and physiological responses. *Scientia Hort.* 127:562-570.
- Niinemets, F.V.a.U. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. *Annu. Rev. Ecol. Evolution Systematics* 39:237-257.
- Osmond, C. 1994. What is photoinhibition? Some insights from comparisons of shade and

- sun plants. Environ. plant biol. p. 1-24.
- Peri, P.L., D.J. Moot, P. Jarvis, D.L. McNeil, and R.J. Lucas. 2007. Morphological, anatomical, and physiological changes of orchardgrass leaves grown under fluctuating light regimes. Agron. J. 99:1502-1513.
- Raveh, E., A. Nerd, and Y. Mizrahi. 1998. Responses of two hemiepiphytic fruit crop cacti to different degrees of shade. Scientia Hort. 73:151-164.
- 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.
- Stanton, K.M., S.S. Weeks, M.N. Dana, and M.V. Mickelbart. 2010. Light exposure and shade effects on growth, flowering, and leaf morphology of *Spiraea alba* du roi and *Spiraea tomentosa* L. HortScience 45:1912-1916.
- Taiz, L., E. Zeiger, I.M. Møller, and A. Murphy. 2015. Plant physiology and development. Sinauer Associates, Incorporated.
- Thimijan, R.W. and R.D. Hein. 1983. Photometric, radiometric, and quantum light unit of measure: a review of procedure for interconversion. HortScience 18:818-822.
- Valladares, F. and Ü. Niinemets. 2008. Shade tolerance, a key plant feature of complex nature and consequences. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics:237-257.
- Valladares, F. and R.W. Pearcy, 2000. The role of crown architecture for light harvesting and carbon gain in extreme light environments assessed with a structurally realistic 3-D model. In "Anales del Jardín Botánico de Madrid", 58:3-16.
- Walters, M. and P. Reich. 2000. Trade-offs in low-light CO<sub>2</sub> exchange: a component of variation in shade tolerance among cold temperate tree seedlings. Funct. Ecol. 14:155-165.
- Zhao, D., Z. Hao, and J. Tao. 2012. Effects of shade on plant growth and flower quality in the herbaceous peony (*Paeonia lactiflora* Pall.). Plant Physiol. Biochem. 61:187-196.
- Zhou, Y., L. Huang, X. Wei, H. Zhou, and X. Chen. 2017. Physiological, morphological, and anatomical changes in *Rhododendron agastum* in response to shading. Plant Growth Regul. 81:23-30

# Effect of Shading on Growth, Photosynthesis and Flowering of *Rhododendron* × *pulchrum* ‘Oomurasaki’<sup>1</sup>

Ya-Ting Hsu<sup>2</sup>, Pei-Chun Tu<sup>3</sup>, and Yu-Sheng Chang<sup>3</sup>

## Abstract

Hirado Azalea (*Rhododendron pulchrum*) is a popular ornamental plant in northern Taiwan. To improve visual quality, this research was conducted to investigate how shading intensity influences Hirado azalea ‘Oomurasaki’ growth, photosynthesis and flowering. After pinching, potted *R. × pulchrum* ‘Oomurasaki’ were grown under various shading intensity : 0%, 19%, 46%, 68% and 87%. Results showed that photosynthesis characteristic of *R. × pulchrum* ‘Oomurasaki’ were regarded to be sun plant. However, under shading environment *R. × pulchrum* ‘Oomurasaki’ showed adaptability physiologically and morphologically. In the summer of northern Taiwan, the best growth and photosynthesis performances were observed under 68% and 46% shading. The flower quality and color were better under 0%-68% shading, while significantly decreased under 87% shading. In summary, moderate shading (46%-68% shading) was recommended for *R. × pulchrum* ‘Oomurasaki’ in summer of northern Taiwan, while 87% shading would reduce plant growth and flowering performance.

Keywords: azalea, light intensity, flower quality

---

<sup>1</sup>. Contribution No.520 from Taoyuan DARES, COA

<sup>2</sup>. Assistant Researcher (Corresponding author, ythsu@tydais.gov.tw), Taoyuan DARES, COA.

<sup>3</sup>. Assistant and Professor, Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University.