

植物耐蔭特性及 杜鵑花耐蔭指標研究

作物改良課 許雅婷

指導教授：張育森 博士

2015/06/22

大綱

- ▶ 前言
- ▶ 耐蔭植物特性(型態及生理)
- ▶ 杜鵑花的耐蔭特性
- ▶ 試驗規劃

前言

▶ 光需求

- ▶ 陽性、中性、陰性植物

▶ 耐蔭性

- ▶ 植物在弱光下的生活能力，包含發芽、生長、存活。(Poorter,1999)
- ▶ 主要由兩方面決定(1)植物本身的遺傳特性 (2)植物對光照條件的適應性
- ▶ Valladares等(2008)認為耐蔭性為植物間比較的相對值，並非表示光能利用能力的絕對數值。

耐陰性研究

光合作用
研究

▶ 耐陰性研究

▶ 光

▶ 耐陰特徵

▶ 快速判斷的標準? 合理實用

植物型態

葉綠體大小

葉片解剖結構

葉綠體螢光動力

電子傳遞鏈

葉綠素含量

淨光合速率

葉綠體數量

光學性質

前言

▶ 耐蔭性的應用

- ▶ 都市化高度發展，光照不足
- ▶ 室內植物發展

▶ 杜鵑花

- ▶ 全球約**850**種，台灣原生有**14**種及一疑問種。
- ▶ 重要的景觀花卉及盆花。
- ▶ 台灣常見的杜鵑分為平戶杜鵑、皋月杜鵑、久留米杜鵑及台灣原生杜鵑四大類
- ▶ 金山萬里、陽明山、埔里地區。
- ▶ 年產量約**300**萬株，產值超過**5000**萬。

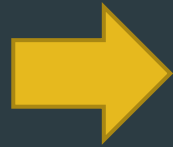
前言

- ▶ 營養生長光度21-42klux (陰天多雲的光度) ，夏日遮陰
- ▶ 花芽創始適宜光度20-28klux ，光度太低會使花苞夭折(張和呂, 2005)
- ▶ 美國佛羅里達，杜鵑通常以30%-55%遮陰栽培 (Ingram and Midcap, 1979)
- ▶ 台灣景觀用苗木生產時，多露天栽培
- ▶ 杜鵑花的耐蔭性
 - ▶ 耐蔭性強 (謝等,1981)或耐蔭性中等 (胡,1995;呂等,1999)



- ▶ 研究目的：解決杜鵑遮蔭的問題，尋找合適的杜鵑花耐蔭指標(快速、方便、準確)，並進行耐蔭篩選。

耐蔭植物的特性
型態
生理



杜鵑花的耐蔭指標有什麼?
(快速、方便、準確的量測)



解決遮蔭杜鵑生長不良
未遮蔭地選擇合適的栽培品種
提升遮蔭杜鵑的耐蔭力



耐蔭能力的提升

耐蔭篩選的應用

耐蔭植物的特性指標

▶ 型態指標

- ▶ 植株型態發育、生長量
- ▶ 葉片型態及解剖構造

▶ 生理指標

- ▶ 光合作用反應(光補償點、光飽和點、光合作用速率、暗呼吸速率、氣孔導度)
- ▶ 葉綠素a/b比值

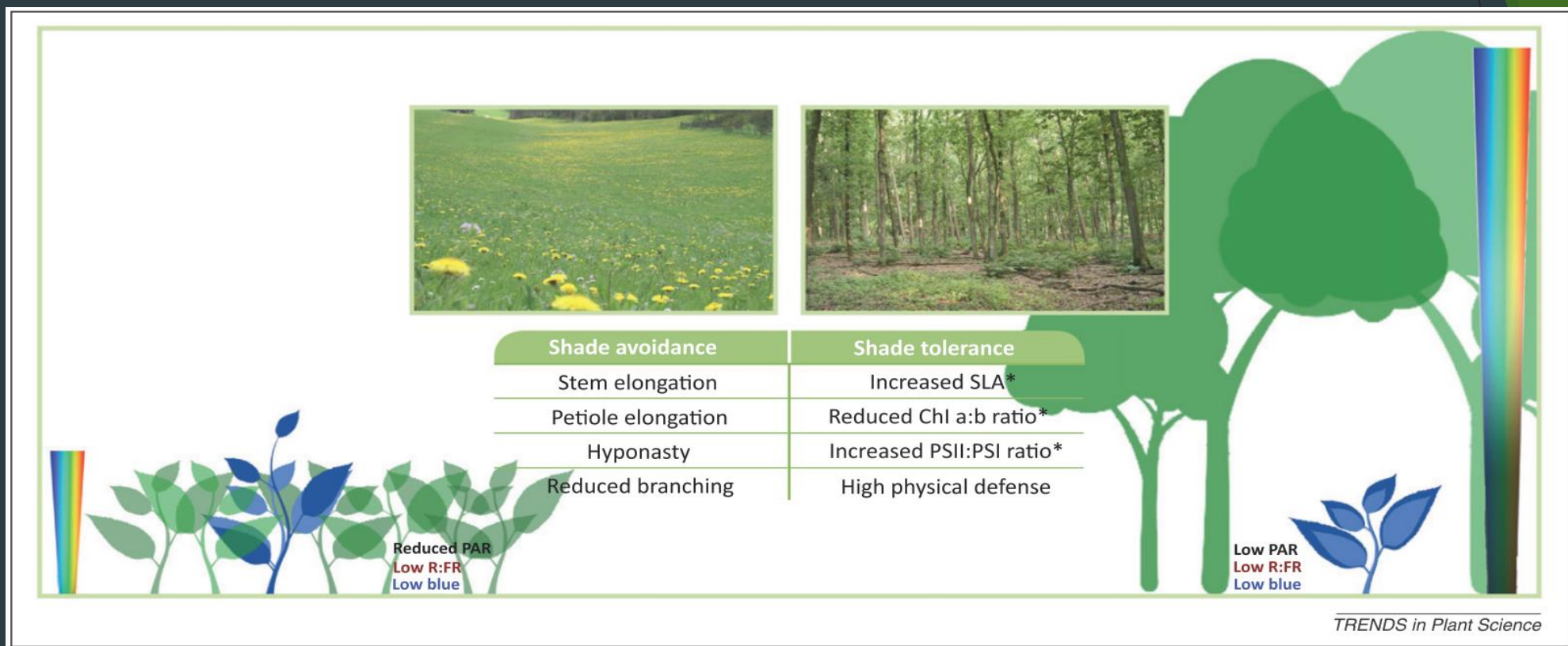


Figure 1. Two different strategies to cope with shade: shade avoidance, which is seen in, for example, grasslands (left: meadow in Emmereis, Allgäu, Germany) and shade tolerance, which is common in forest understories (right: forest understory in Bennekom, Gelderland, The Netherlands). All plants perceive the canopy-associated changes in light quality (reduced red:far-red ratio, reduced blue) and quantity [reduced total light intensity (photosynthetic active radiation, PAR)]. In shade-avoiding species, this perception leads to the induction of a set of traits to reach for the light (elongation of stem and petioles, hyponasty, and reduced branching) called shade avoidance. Shade-tolerating plants typically optimize carbon gain [increased specific leaf area (SLA) and photosystem (PS)II:PSI ratio, reduced chlorophyll (Chl) a:b ratio] and minimize damage (increased physical defense), although some traits are induced in both shade-avoiding and shade-tolerating species (marked with *).

- ▶ 生長發育及生長量
 - ▶ 偏向側向生長，而非直立生長
 - ▶ 葉片角度

(Gommers et al., 2013)

► 地上部/地下部 比值 高

耐蔭植物 義大利鼠李(*Rhamnus alaternus*)

Table 1

Effect of shading on growth, development and leaf color.

Parameters	Shading (%)				
	0 (S0)	32 (S25)	48 (S50)	84 (S65)	93 (S80)
Plant DW (g)	143.3 b	159.2 b	162.0 b	146.7 b	93.9 a
Shoot DW (g)	112.8 b	121.5 b	131.9 b	121.6 b	82.2 a
Root DW (g)	30.5 c	37.7 d	30.0 cd	25.1 b	11.6 a
Shoot/root	3.70 a	3.26 a	4.41 ab	4.71 b	7.38 c
Plant leaf area (dm ²)	25.39 a	20.19 a	23.78 a	41.19 b	49.23 b
Leaves per plant	1484 c	957 b	1057 b	1261 b	888 a
Individual leaf area (cm ²)	1.71 a	2.11 a	2.25 a	3.27 b	5.54 a
Specific leaf area (cm ² g ⁻¹)	43.9 a	57.2 b	62.3 b	97.9 c	156.2 d
Compactness index	0.27 a	0.10 b	0.10 b	0.05 c	0.05 c
Color tone (H)	106.0 a	109.3 b	111.8 b	115.4 c	116.5 c
Luminosity (L)	35.9 b	35.6 b	35.0 b	32.9 a	37.9 c
Saturation (C)	22.0 b	19.6 a	19.9 a	19.8 a	19.1 a

Different letters in the same row indicate statistically significant differences between means at $P < 0.05$ according to the least significant difference (LSD) test.

(Miralles et al., 2011)

► 葉片型態及解剖構造

- 葉色濃綠
- 葉面積增加，
- 葉片薄(Kitajima, 1994)
- 比葉重(單位葉面積之鮮重)
下降，耐陰者維持一定水平
 - 反應乾物質累積上的變化，不失為一個重要指標(白等,1999)

擷取更多光源

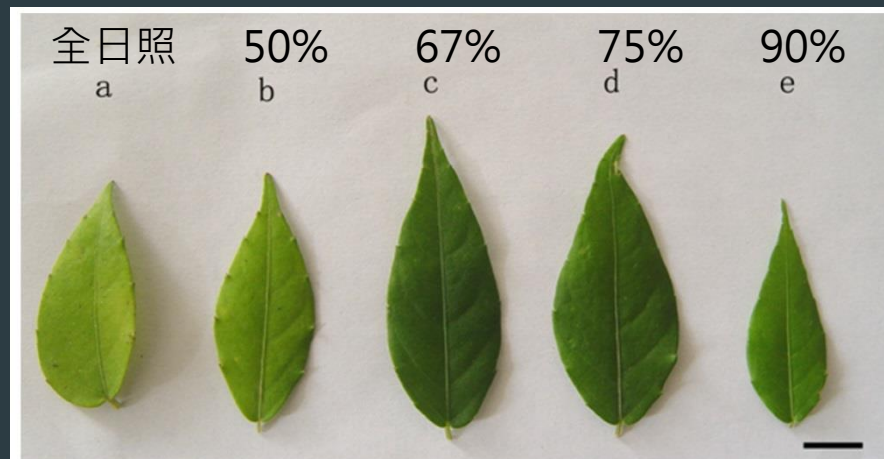
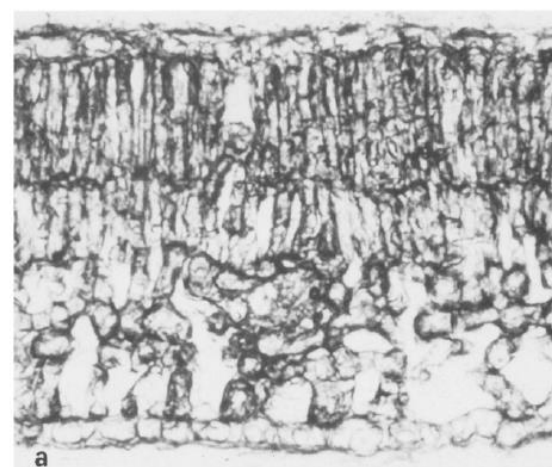


Fig. 2. Randomly chosen *T. hemsleyanum* leaves of plants from the various shade treatments. (a) Full sunlight. (b) 50% shade. (c) 67% shade. (d) 75% shade. (e) 90% shade. (Bar = 1 cm.)

耐陰植物
三葉崖爬藤

(Dai et al., 2009)

陽葉



陰葉

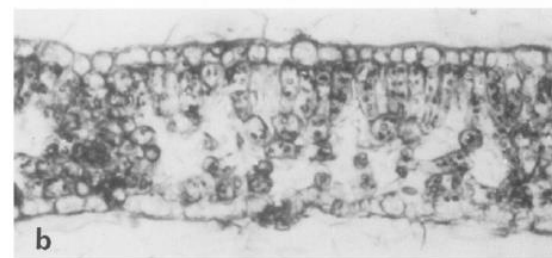


Figure 1. Cross section of (a) sun and (b) shade leaves of *Fagus sylvatica* L. Samples taken in August fixed in glutardialdehyde and embedded in paraffin wax (125 × 8)

歐洲山毛櫸

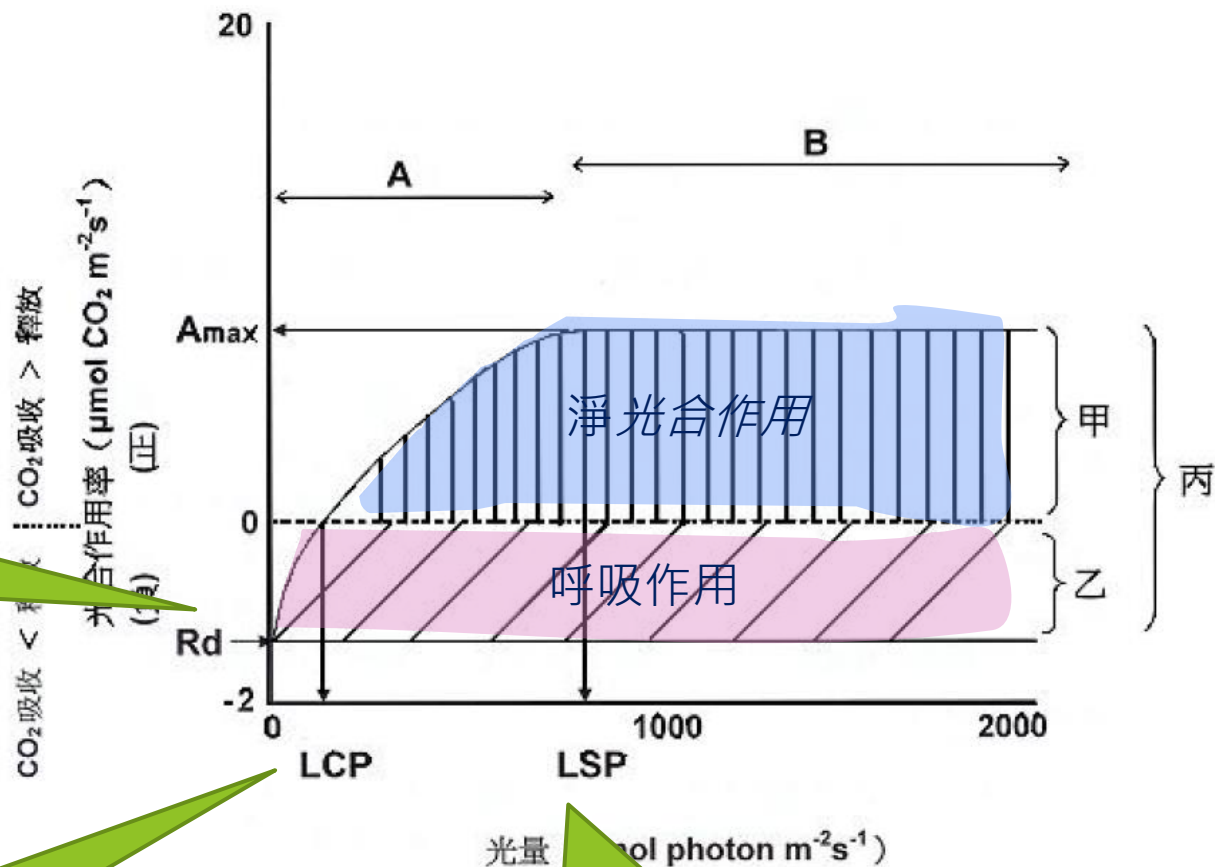
(Lichtenthaler et al, 1981)

暗呼吸率(Rd)：
當光量為零時的光合作用率。

光補償點(LCP)：
當葉片的光合作用率等於呼吸作用率，此時淨光合作用率為零

光飽和點(LSP)：

在一定的光強範圍內，植物的光合強度隨光照度的上升而增加，當光照度上升到某一數值之後，光合強度不再繼續提高時的光照度值



Rd:暗呼吸率 LCP:光補償點 LSP:光飽和點 Amax:最大光合速率

A:

甲

(Rubisco)活性或受質 Rubp 量

光合作用曲線-耐蔭植物

- ▶ 光補償點低、光量子效率大
- ▶ 光飽和點低
- ▶ 暗呼吸作用低

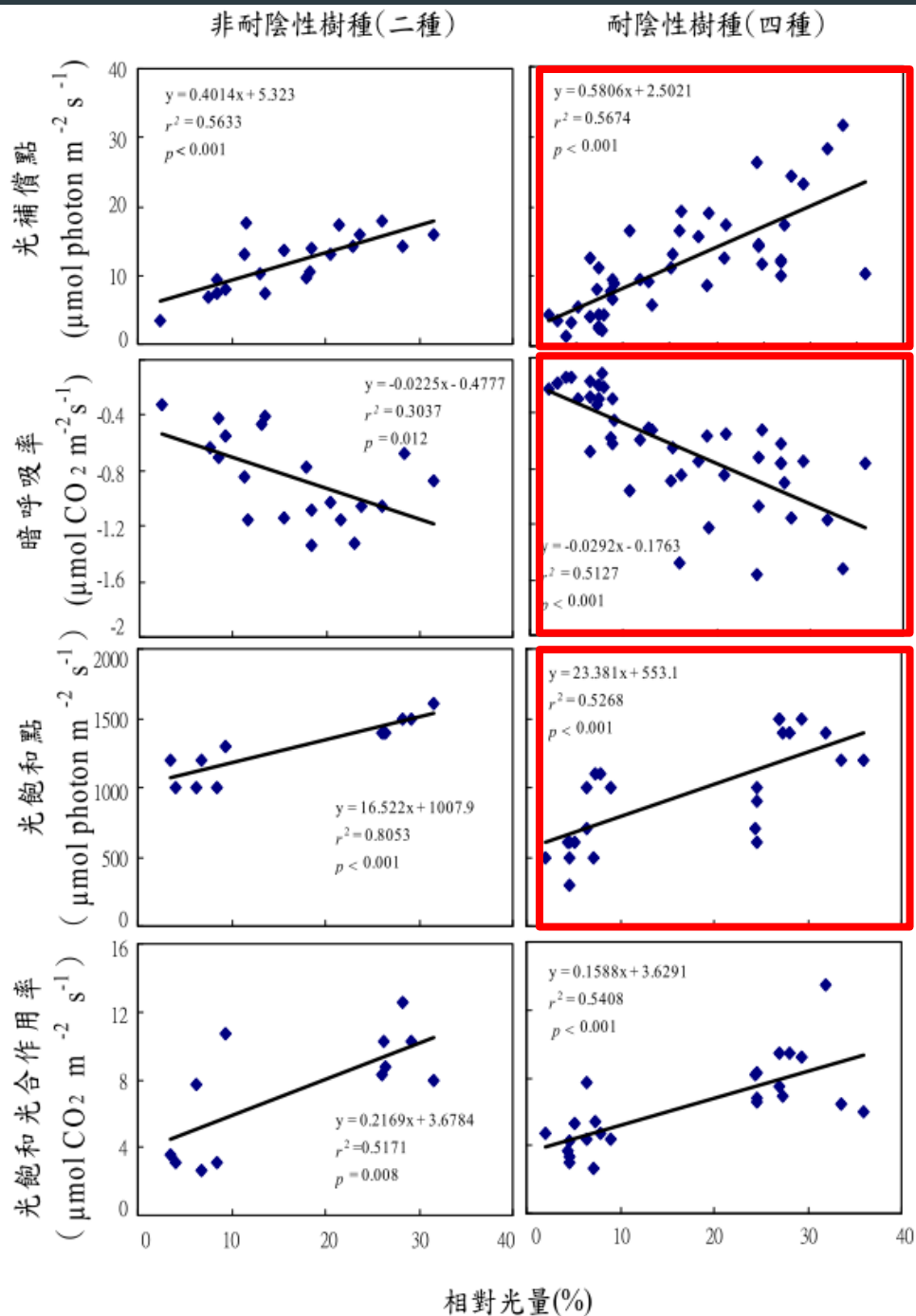
	陰性植物	陽性植物
光補償點 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)	10	20-30
光飽和點 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$)	60-199	399-598
光合速率 ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{min}$)	2-5	6-36
暗呼吸速率 ($\text{mgCO}_2/\text{dm}^2/\text{min}$)	0.06-0.16	0.4-0.8

(Boardman, 1977)

葉綠素含量

- ▶ 葉綠素含量高 (Anderson et al., 1973; Elias and Masarovicova, 1986)
- ▶ 葉綠素a/b比值低
 - ▶ 葉綠素a/b 陰性植物2.3 陽性植物2.8 (Anderson et al., 1973)

光補償點直接反應植物對弱光的利用能力，是植物耐蔭評價的重要指標(Baltzer & Thomas 2007)。



耐陰及非耐陰樹苗光合作用性狀可塑性比較

- ▶ 耐陰樹種由低光至高光 LCP、Rd及LSP有較大幅度的改變
- ▶ 非耐陰樹種Asat對光量的反應較大

(郭和賴, 2007)

圖 3. 南仁山森林耐陰與非耐陰性樹種苗木的光合作用光補償點、暗呼吸率、光飽和點、光飽和光合作用率分別與苗木生長處相對光量的關係。

- ▶ 葉綠素含量增加
- ▶ 葉綠素a/b 比值較低
- ▶ 葉綠素b和藍光吸收有關

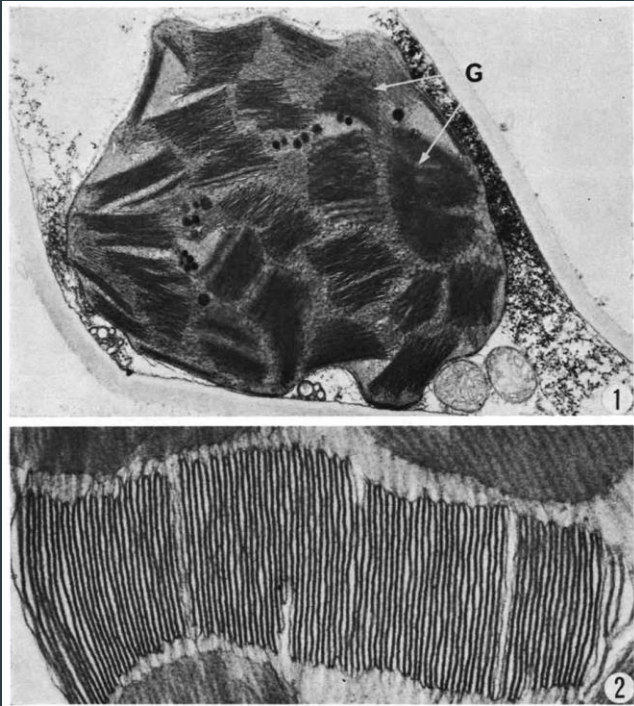


Fig 1 Section through an *Alocasia* chloroplast *in situ* showing large irregular grana (G) ($\times 15\,600$).

Fig 2 Section through a large granum of an *Alocasia* chloroplast *in situ* with more than 100 lamellae ($\times 46\,000$).

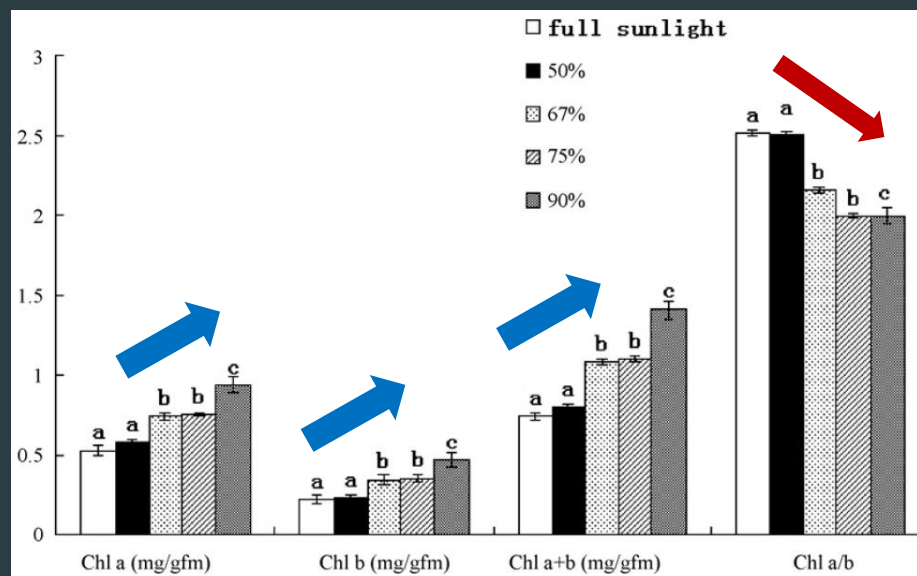


Fig. 5. Comparison of chlorophyll (Chl) content in leaves of *T. hemsleyanum* grown under full sunlight, 50% shade, 67% shade, 75% shade, 90% shade. Values are means $\pm$ S.E. (Different letters mark significant differences, $P < 0.05$.)

(Dai et al., 2009)

TABLE I

CHLOROPHYLL CONTENT OF CHLOROPLASTS

Chloroplast	moles chlorophyll per chloroplast	moles chlorophyll a per chloroplast	moles chlorophyll b per chloroplast	Chlorophyll a/ chlorophyll b molar ratio
<i>Alocasia</i>	$21.9 \cdot 10^{-16}$	$15.3 \cdot 10^{-16}$	$6.6 \cdot 10^{-16}$	2.31
<i>Cordyline</i>	$19.2 \cdot 10^{-16}$	$13.4 \cdot 10^{-16}$	$5.8 \cdot 10^{-16}$	2.30
<i>Spinach</i>	$4.5 \cdot 10^{-16}$	$3.3 \cdot 10^{-16}$	$1.2 \cdot 10^{-16}$	2.76
Pea mutant	$2.0 \cdot 10^{-16}$	$1.85 \cdot 10^{-16}$	$0.15 \cdot 10^{-16}$	12.4

(Anderson et al, 1973)

► 葉綠素螢光(CF)

- 螢光測值：Fo、Fv、Fm及 Fv/Fm。
- 遮光處理下，隨著光度的減少，耐陰性強之植物CF上升程度較明顯(吳,2003)

表 5.3 十種常見景觀植物於三種遮光度下葉綠素螢光值與低光度下之升降率

Table 5.3 The variation and chlorophyll fluorescence of three shading conditions of ten common ornamental plants.

Plant Species	0%shade	30%shade	variation ^y	85%shade	variation ^x
粗肋草 (<i>Aglaonema modestum</i>)	0.647c ^z	0.780b	(+20.56%)	0.823a	(+27.20%)
山茶花 (<i>Camellia japonica</i>)	0.804b	0.807b	(+0.37%)	0.821a	(+2.11%)
厚皮香 (<i>Ternstroemia gymnanthera</i>)	0.812b	0.838a	(+3.20%)	0.842a	(+3.69%)
鵝掌藤 (<i>Schefflera arboricola</i>)	0.825b	0.825b	(0%)	0.841a	(+1.94%)
九重葛 (<i>Bougainvillea spectabilis</i>)	0.819b	0.817b	(-0.24%)	0.826a	(+0.85%)
山櫻花 (<i>Prunus campanulata</i>)	0.829b	0.829b	(0%)	0.833a	(+0.48%)
黃槐 (<i>Cassia surattensis</i>)	0.827b	0.826b	(-0.12%)	0.832a	(+0.60%)
紫薇 (<i>Lagerstroemia indica</i>)	0.823b	0.825b	(+0.24%)	0.829a	(+0.73%)
黃金葉金露花 (<i>Duranta repens</i>)	0.846c	0.851b	(+0.59%)	0.861a	(+1.78%)
羊蹄甲 (<i>Bauhinia variegata</i>)	0.828b	0.826b	(-0.24%)	0.833a	(+0.60%)

^zMean separation in rows by Duncan's multiple-range, 5% level.

^y[(30%shade/0%shade)-1] %

^x[(85%shade/0%shade)-1] %

► 葉溫與氣溫差值 ΔT (°C)

表 5.4 植物光補償點與三種遮光度下各實測值之相關性

Table 5.4 The correlation between light compensation point and absolute value of different items of three shading conditions.

LCP vs.	Corelation equation	r value
ΔT (0%)	$y^z = -2.7262x + 36.932$	$r = -0.9834^{***}$
CF (0%)	$y = 151.59x - 95.458$	$r = 0.7643^*$
CF (30%)	$y = 423.02x - 321.17$	$r = 0.7071^*$
CF (85%)	$y = 423.16x - 326.24$	$r = 0.4374$

$^z y = \text{LCP}$

$^y df = 9$

(吳,2003)

表 5.2 十種常見景觀植物葉溫與葉溫差值， ΔT (°C)

Table 5.2 ΔT of ten common ornamental plants.

Plant Species	葉溫與氣溫差值， ΔT (°C)
粗肋草 (<i>Aglaonema modestum</i>)	11.50 a ^z
山茶花 (<i>Camellia japonica</i>)	7.94 b
厚皮香 (<i>Ternstroemia gymnanthera</i>)	6.67 c
鵝掌藤 (<i>Schefflera arboricola</i>)	5.89 d
九重葛 (<i>Bougainvillea spectabilis</i>)	2.56 e
山櫻花 (<i>Prunus campanulata</i>)	1.94 f
黃槐 (<i>Cassia surattensis</i>)	1.06 g
紫薇 (<i>Lagerstroemia indica</i>)	1.00 g
黃金葉金露花 (<i>Duranta repens</i>)	0.50 h
羊蹄甲 (<i>Bauhinia variegata</i>)	-1.60 i

^zMean separation in columns by Duncan's multiple-range, 5% level.

小結

指標類型	耐蔭植物反應
生長發育	偏向側向生長
	Shoot/root 高
葉片型態	葉色濃綠
	葉面積增加
	葉片薄
	比葉重下降
光合生理	光補償點低
	表觀量子效率高
	暗呼吸速率低
	光飽和點低
葉片生理	葉綠素含量增加
	葉綠素a/b 低
	遮蔭下葉綠素螢光上升明顯
	葉片氣溫差值大

- ▶ 光強度對杜鵑花 “Pink ruffles” 葉片生理及植株生長之影響(Andersen, 1991)
- ▶ 材料：西洋杜鵑“Pink ruffles”
- ▶ 處理：100%, 69%, 47%, 29%光照栽培
- ▶ 調查：氣體交換特性(氣孔導度、蒸散作用、二氧化碳濃度)、光合作用曲線、



Table 1. Leaf gas exchange characteristics of *Rhododendron* 'Pink Ruffles' under four degrees of exposure to full sun on selected dates during 1987 and 1988.^z Treatments were initiated 17 June 1987.

Variable and exposure (%)	Date						
	1987						1988
	19 June	28 June	29 June	10 July	28 July	15 Sept.	21 Sept.
A ($\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)							
100	7.1	1.9	4.3	5.0	4.2	4.4	2.6
69	6.8	2.4	3.8	7.3	5.8	7.0	4.9
47	6.7	3.8	4.0	7.5	6.8	8.7	6.4
29	5.3	3.6	2.3	6.5	5.8	6.9	4.0
LSD 5%	NS	1.4	0.9	NS	1.4	2.3	2.3
gs ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)							
100	198	59	124	124	120	143	70
69	229	85	144	170	150	196	122
47	229	95	161	208	243	245	133
29	230	93	149	159	212	284	134
LSD 5%	NS	29	NS	82	68	96	49
E ($\text{mmol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)							
100	6.1	2.3	3.7	4.7	4.8	5.6	3.1
69	6.2	2.9	4.0	5.9	5.4	6.5	4.4
47	5.8	3.1	4.3	6.3	6.7	6.7	4.5
29	6.0	3.0	4.0	5.2	6.0	7.0	4.0
LSD 5%	NS	NS	NS	1.6	1.4	1.2	1.2
Ci ($\mu\text{mol}\cdot\text{mol}^{-1}$)							
100	239	262	254	242	243	249	256
69	258	265	268	234	236	238	240
47	259	246	272	240	252	238	225
29	273	249	287	240	257	258	260
LSD 5%	19	NS	15	NS	13	NS	NS

^zPPF on each day in 100% sun was (in $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$): 19 June 1987, 1632; 28 June 1987, 2090; 29 June 1987, 688; 10 July 1987, 1924; 28 July 1987, 1867; 15 Sept. 1987, 2176; 21 Sept. 1988, 2064.

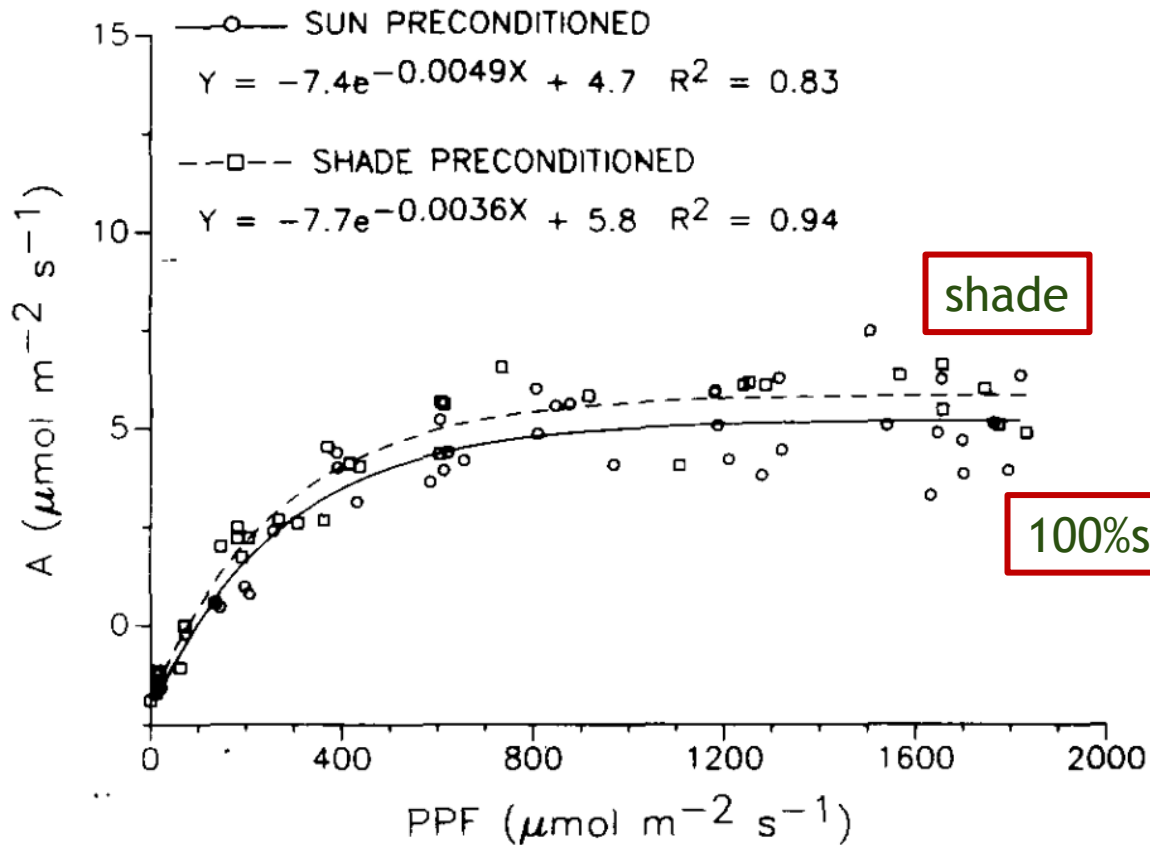


Fig. 2. Light response curve for leaves of *Rhododendron* x 'Pink Ruffles' leaves preconditioned to 100% or 29% sun for 54 days. The A was measured on 30 May 1990 (air = $31.4 \pm 0.2^\circ\text{C}$, LT = $30.1 \pm 0.2^\circ\text{C}$, VPD = $3.4 \pm 0.08 \text{ kPa}$) from 1000 to 1400 HR.

最大二氧化碳同化速率
(A_{max}) :

shade(29% sun) > sun

LCP :

shade reduced 25% than sun

Table 3. Growth characteristics and chl concentrations of *Rhododendron* × 'Pink Ruffles' during 1987 and 1988 under four light regimes. Treatments were initiated 17 June 1987.

Variable	Light regime (% of full sun)					LSD 5%
	100	69	47	29		
Increase in GI ² (cm)						
June 1987–Dec. 1987	6.4	11.6	12.9	16.0	+	2.2
June 1987–Nov. 1988	16.8	29.3	32.4	37.3	+	3.2
Total dry wt (g)						
1987	17.7	48.8	57.3	49.2	+	25.6
1988	89.2	152.4	159.0	171.3	+	25.3
Total leaf dry wt (g)						
1987	3.8	12.4	14.1	12.6	+	3.8
1988	36.8	49.8	49.1	48.8	+	10.6
Stem dry wt (g)						
1987	4.7	9.7	10.9	10.9	+	4.1
1988	23.1	42.2	45.0	49.6	+	8.7
Root dry wt (g)						
1987	9.3	26.6	32.3	25.7	+	21.1
1988	29.2	60.4	64.9	72.9	+	9.8
Shoot : root ratio						
1987	0.93	0.97	0.87	1.14		NS
1988	2.08	1.54	1.46	1.36		0.29

Table 3. Growth characteristics and chl concentrations of *Rhododendron* × ‘Pink Ruffles’ during 1987 and 1988 under four light regimes. Treatments were initiated 17 June 1987.

Variable	Light regime (% of full sun)				LSD 5%
	100	69	47	29	
Total leaf area (cm ²) ^y					
1987	318	1457	1300	1428	+ 679
1988	2991	3860	4483	4485	+ 760
Area/leaf (cm ²) ^y					
1987	2.1	4.0	3.9	6.2	+ 2.0
1988	3.4	3.8	4.6	5.2	+ 0.5
Dry wt/leaf (g) ^y					
1987	0.022	0.039	0.046	0.050	+ 0.009
1988	0.042	0.049	0.051	0.051	+ 0.005
LW (mg·cm ⁻²) ^y					
1987	12.1	9.4	12.6	8.6	NS
1988	12.2	13.0	10.9	10.0	- 1.3
Leaf chl concn (μg·cm ⁻²)					
1987	31.0	44.3	43.9	51.7	+ 11.0

^zGI = (height + width)/2.

^yDetermined from all leaves harvested.

擷取更多光源、
資源有效分配

► 型態部分

- 葉片寬大、薄、比葉重降低
- 葉色較綠
- 地上部/地下部比值 高
- 乾重較重
- $(株高 + 展幅) / 2$ 較大

► 生理部分

提高光能利用效率

- 遮陰處理，杜鵑花光合作用光補償點較低、光飽和點較高
- 氣孔導度增加

栽培光照	品質
100%	出現黃化及矮化
69%	良好
47%	
29%	植株緊密度不足

▶ 試驗目的：

- ▶ 選擇出適合杜鵑花耐蔭性篩選需要，簡單和準確的評價方法。
- ▶ 進行杜鵑花耐蔭評價

▶ 進行試驗項目：

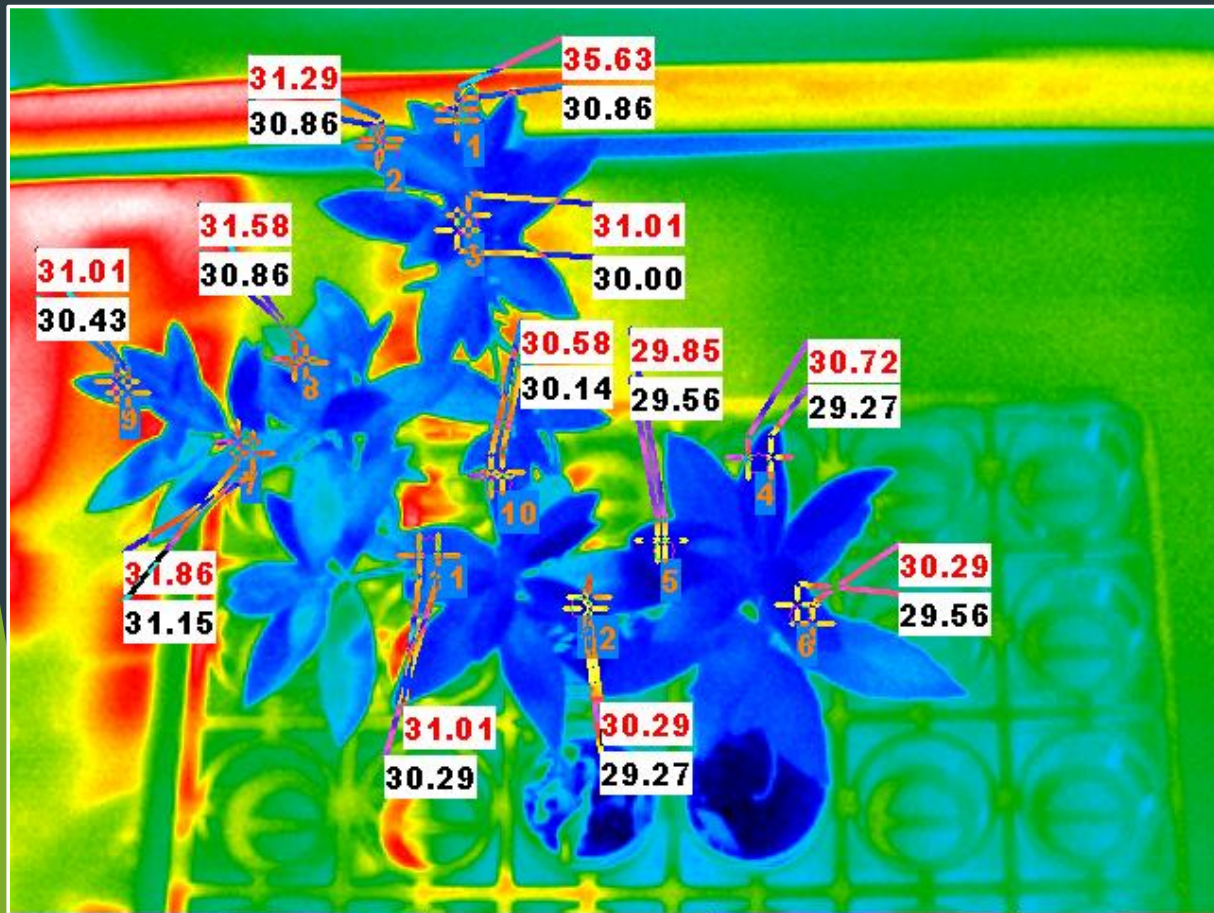
- ▶ 試驗一：耐蔭指標篩選
- ▶ 試驗二：以耐蔭指標進行杜鵑花篩選
- ▶ 試驗三：耐蔭能力的提升

指標類型	耐蔭植物反應
生長發育	偏向側向生長
	Shoot/root 高
葉片型態	葉色濃綠
	葉面積增加
	葉片厚度薄
	比葉重下降
光合生理	光補償點低
	表觀量子效率高
	暗呼吸速率低
	光飽和點低
葉片生理	葉綠素含量增加
	葉綠素a/b 低
	遮蔭下葉綠素螢光上升明顯
	葉片氣溫差值大

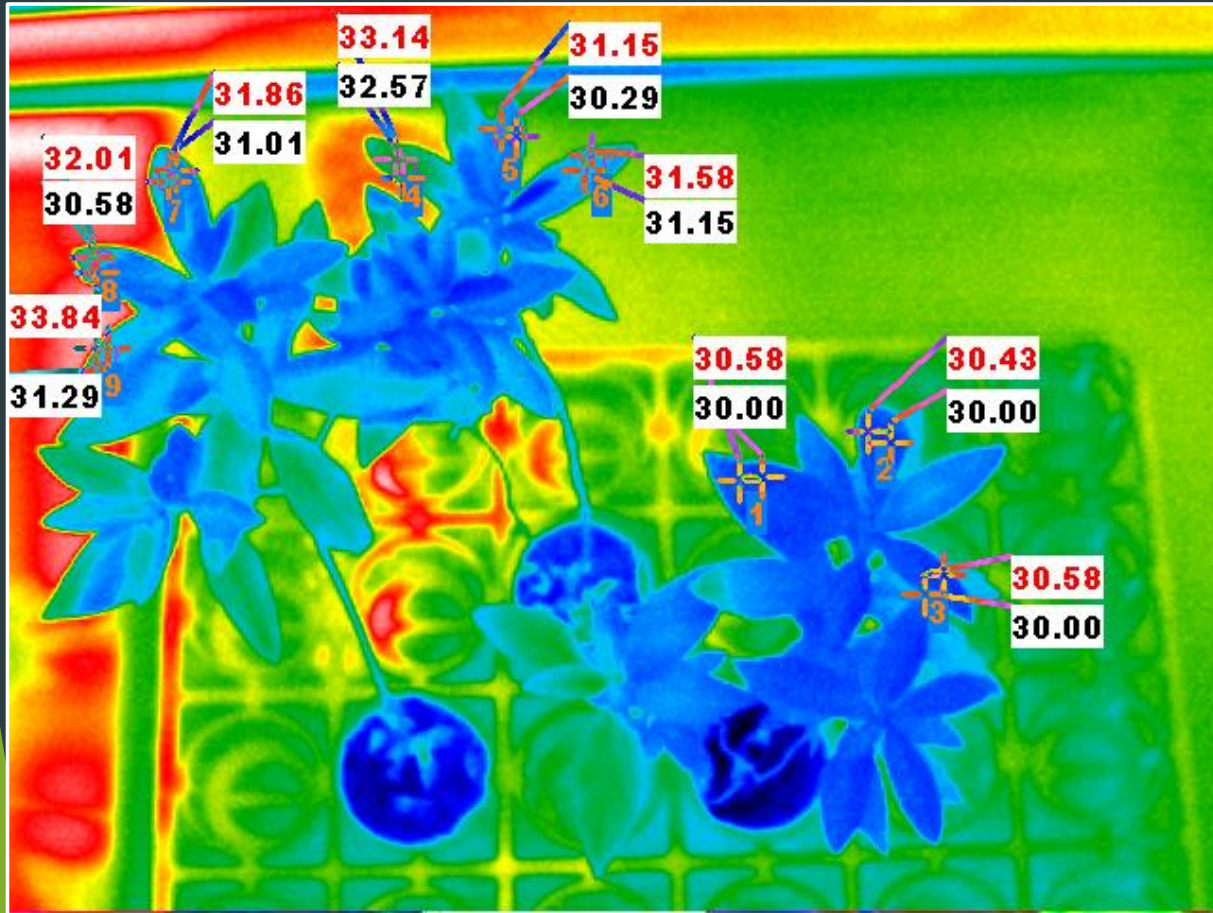
試驗一、耐蔭指標篩選

- ▶ 材料：平戶杜鵑艷紫、粉白、白琉球、台交11號、毛杜鵑
- ▶ 方法：處理不遮蔭、50%遮蔭網及90%遮蔭網栽培
- ▶ 測量項目：
 - ▶ 型態(株高、展幅、葉長、葉寬、葉片夾角、葉綠素讀值)
 - ▶ 葉溫氣溫差值
 - ▶ Fv/Fm

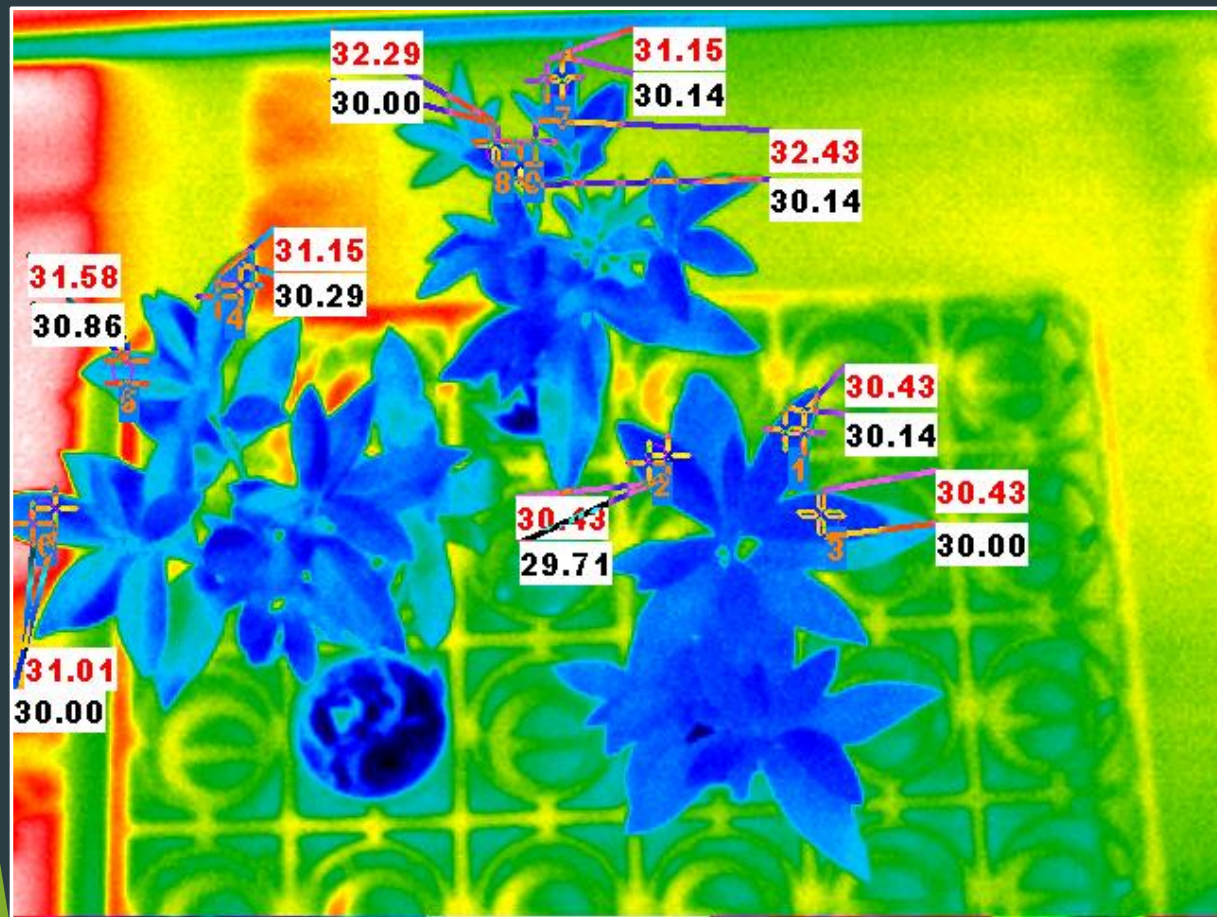
平戸一紫



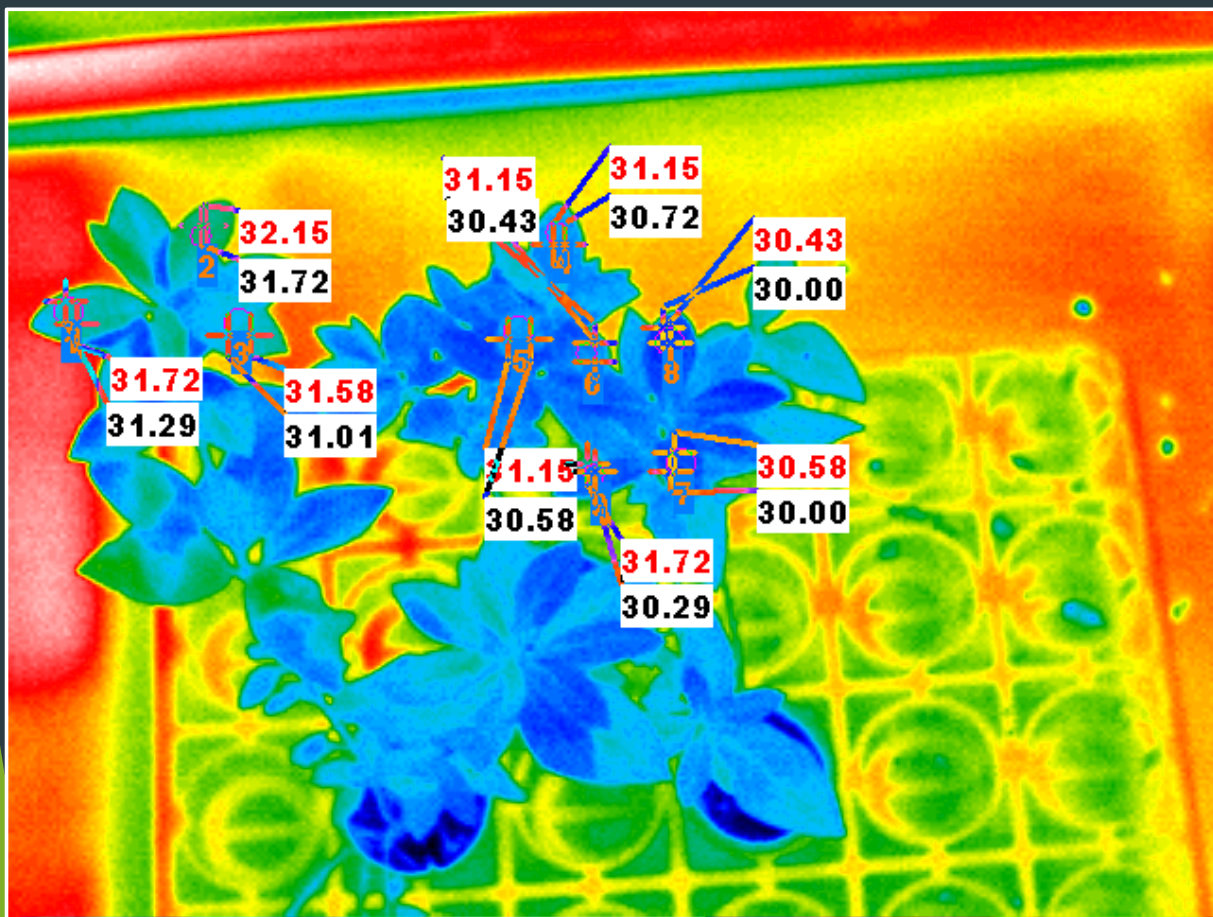
平戸一粉



平戸一白



毛杜鵑



試驗一、進一步試驗

- ▶ 材料：平戶杜鵑、久留米杜鵑、皋月杜鵑、西洋杜鵑、台灣原生杜鵑之3吋盆小苗
- ▶ 方法：於不同遮陰程度下栽培後，進行生理(光補償點、光飽和點、暗呼吸速率、光合速率、熱像儀)、型態(乾重、比葉重等)。

試驗二、以耐陰指標進行杜鵑花篩選

- ▶ 材料：杜鵑花經常使用商業品種及台灣原生杜鵑約20種之3吋盆扦插苗。
- ▶ 方法：以耐蔭性指標將各杜鵑品種進行耐蔭性評價。並與遮陰下的實際栽培狀況(生長及開花)做確認。

謝謝大家，敬請指教