

Research paper

## The relationship between seedling morphologies and physiological traits of *Michelia compressa*

Hsin-Yun Chung<sup>1</sup> En-U Lin<sup>2</sup> Chiung-Ping Liu<sup>2</sup> Bor-Hung Sheu<sup>2,\*</sup>

**【Abstract】** The growth difference between seedlings gradually manifested after they were transplanted to nursery. If environmental conditions were the same, then such differences resulted from individuals. The seedling morphology usually was the first standard and convenient to judge if the seedlings could be planted in the field. But whether the quality of seedlings could look from morphology? This study divided 230 seedlings of *Michelia compressa* into three levels, and then planted in the nursery. After 6 months later, to measured the morphological and physiological characters of seedlings, including height, basal diameter, numbers of node, internode length, dry biomass, chlorophyll index, photosynthesis and leaf fluorescence reaction. This experiment tried to figure out the relationship between morphology and physiology of seedling from the above results. The morphological parameters (height, basal diameter, numbers of node, internode length, Dickson quality index) showed significant difference among the three seedling levels. In terms of biomass, although the first seedling level had higher height, but not resulted in excessive growth. There was no significant difference between the first and second level seedlings in chlorophyll index, stomatal conductance, photosynthesis and Fv/Fm, but higher than the third seedlings. The difference between the first and second level seedlings unable to get from those physiological parameters, indicating the quality of seedlings could not only look from morphological characters.

**【Key words】** *Michelia compressa*, seedlings morphologies, seedlings physiologies

研究報告

## 探討烏心石苗木形態與生理性狀的關係

鍾欣芸<sup>1</sup> 劉恩好<sup>2</sup> 劉瓊霏<sup>2</sup> 許博行<sup>2,\*</sup>

**【摘要】** 烏心石苗木自移植至苗床後，苗木間的生長差異即逐漸表現出來，如果苗床的環境條件是相同的，則此種差異乃個體間使然。苗木出栽時的選拔常以外觀形態判斷，這乃是最方便的方法，但苗木的好壞是否就如同外觀所見？本試驗將230株的烏心石苗木區分為三級後，分別量測各

---

1. 新竹林區管理處

2. 中興大學森林系

\* 通訊作者，40227臺中市國光路250號Corresponding Author. 250 Kuokwang Rd., Taichung 40227 E-mail:bhsheu@nchu.edu.tw

種外觀形態、乾物量及測定每株苗木之葉綠素指數、光合作用與葉片螢光反應，試圖找出以外觀判斷苗木的良莠是否與苗木生理現象吻合？結果顯示各種形態參數（苗高、苗徑、節間數、節間長、Dickson品質指數等）在三級間均呈極顯著差異。而由乾物量視之，也沒有因為苗高生長較好而導致徒長現象。葉綠素指標、氣孔導度、光合作用及Fv/Fm等在第一、二級間無差異，但均較第三級顯著較高，此些生理指標無法分別第一、二級苗木的差異，因此不能全然解釋苗木品質的優劣。

【關鍵詞】烏心石、苗木形態、苗木生理

## 一、前言

苗木生長於苗床上，常因空間的競爭及苗木基因型的表現，而產生大中小不等的苗木。苗木品質的好壞常可用外觀形態與生理性狀判定（Mattsson, 1997; Haase, 2008），但因生理性狀常需有時間與儀器的需求才能獲得。因此苗木出栽時，一般以人為的判斷，決定苗木品質的優劣（Iyer & Wilde, 1982; Tohmaz & Hassan, 1990），此種判斷常須藉由有經驗者為之。雖然外觀的判斷是選擇苗木最方便的方法，但苗木的好壞是否就如同外觀所見的（O' Reilly & Keane, 2002）？苗木的形態性狀可視為生理活性的物理表現（Haase, 2008），且苗木生理活性的良窳乃是影響出栽後，小苗生長良好與否的重要條件的（Mattsson, 1997; O' Reilly & Keane, 2002）。苗木品質的生理檢定方法常用者有葉片螢光反應、光合作用、根的生長潛能（root growth potential, RGP）（Colombo, 2006）及根電解質滲漏量（root electrolyte leakage, REL）（O' Reilly & Keane, 2002）等。本研究的目的是測定烏心石苗木的各種形態，如苗徑、苗高、節間數、節間長等，及葉片螢光反應、光合作用及其相關生理性狀，以了解苗木外觀形態是否與其生理性狀具相關性。

## 二、方法

### 1. 材料

本研究選用烏心石（*Michelia compressa*）為材料，烏心石為台灣特有種植物，分佈於海拔200~2,200 m之闊葉樹林中，為台灣闊葉樹五木之一。烏心石小苗來自花蓮中華紙漿公司的贈予。為種子苗，種子來源不明，苗

高約15 cm。參考前人研究，此批苗木應為5~6個月苗齡（陳源長等，1990；蕭祺暉，1996；黃進輝、郭幸榮，1996）。

### 2. 試驗地

選擇中興大學北溝苗圃為試驗地點，北溝苗圃位在台中縣霧峰鄉，為一開闊之苗圃地。在此區選擇一20 x 12 m<sup>2</sup>之平坦地，在翻土深耕及施用有機肥後，闢寬1 m的苗床。

### 3. 育苗

烏心石小苗載回後即動員大批學生於同一時間（4月5日）栽種完畢，每株苗木間距為10 cm，並架設遮陰網及噴水設備。當年5月底至6月中的連續梅雨，苗床與苗木均被雨水傷害，受災過後，重新整床並移植未受災之苗木，由於苗木已較高，栽植間距改為20 cm。

### 4. 調查與分析：

移植後，苗木培育4個月後（苗齡約10個月），苗高已顯現出大小(照片1)，可供分級



照片1：培育4個月後已可分出苗木的大小  
Photo 1 : variable seedling height after grow 4 months

及測定的苗木共計227棵，將各苗木編號後區分為三級，苗木之分級方法是以苗高為基準，求得苗高平均值後，將苗高最高值減平均值再除以3及平均值減最低值亦除以3，計得6個苗高階，最高2苗高階為第一級，如下區分出第二級及第三級。苗木未再移植，隨機生長於苗床上，同時拆開遮光網。經分級的苗木再培育2個月後（苗齡約12個月），測量164株（每級分別為23、94及47株）之苗高與地際直徑，並計算每棵苗木之節間數及節間長。

由於無法破壞取樣，現場以葉綠素計（SPAD 502, Minolta, Japan）測各葉片之SPAD指數，每株測3葉片平均之。並於晴朗天氣現場測定每株苗木之光合作用（ADC, LCi Portable Photosynthesis System, UK）及其他相關生理參數，同時測葉綠素螢光反應（Portable Chlorophyll Fluorometer, PAM-2000, WALZ, Germany），連續三天測完後，挖取測定之苗木，帶回實驗室，分開地上部與地下部，以70°C烘乾，分別求得乾重。其餘苗木置於苗床再繼續培育2個月（苗齡約14個月），扣除死亡者外，剩餘苗木除量測苗高、地際直徑、節間數及節間長外，同樣於現場測定光合作用及其他相關生理參數。三級苗木分別測定7、15及7株。依此些形態數據，求得苗木之纖細比（slender ratio, 苗高（cm）/苗徑（cm）；Haase, 2008）、乾重量比（shoot/root, S/R）、Dickson品質指數（苗木乾種/((苗高(cm)/苗徑(mm))+ (梢重(g)/根重(g)))；Mattsson, 1997）、相對生長速率（relative growth rate, RGR,  $\ln W_2 - \ln W_1 / t_2 - t_1$ ；Hunt<sup>a</sup>, 1990）等。

### 三、結果與討論

#### 1. 苗木分級數量的消長

培育6個月之苗木（苗齡約12個月），依苗高分級後，以第二級苗數最多（圖1），這符合一般苗圃苗木等級的常態分布狀態，如

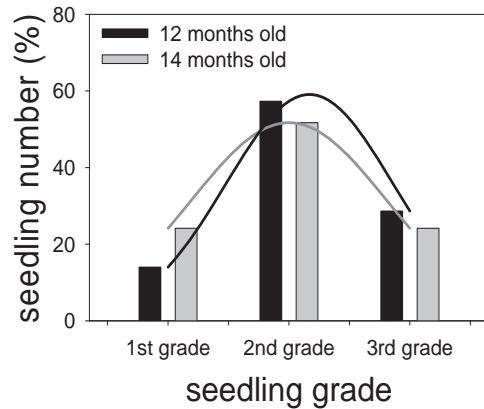


圖1：苗木各級分佈百分比

Fig.1 : the percentage of seedling numbers of different seedling grades

與再培育2個月的苗木（苗齡約14個月）分級比較，可發現第一級苗木比例增加，但第二及第三級則下降，此結果顯示較健壯的苗木可維持較高的成活率。如以相對生長速率（RGR）視之（表1），無論是地上部、根部或總重等均均以第一級最高，第二級次之，而第三級反為負生長，相對生長速率可表現出比絕對生長速率更細微變化的差異，如為負生長，即表示生長衰退（Hunta<sup>a</sup>, 1990）。由上述三級苗木相對生長速率的差異視之，亦可證實第一級苗木可維持較好的生長。

#### 2. 形質生長間之關係

首先將所有測得之形態資料列表比對（表1），因為分級方法是依苗高而定，因此苗高在各級間當然呈顯著差異，而苗徑亦顯示出各級間的極顯著差異，顯然以苗高區分各等級，但同樣可區分出苗徑級。三級苗木間之纖細比呈極顯著的差異，以第一級最高。苗木之纖細比在不同樹種間有很大差異，例如早期Korstian & Baker（1925）曾計算美國西部黃松（Ponderosa pine）之2+1及3年生苗之H/D比分別為27.37及33.02；花旗松（Douglas fir）則又有不同的結果，2+2及3+1年生苗之H/D比為29.02及46.67（Mexal & Landis, 1990）。闊葉樹如橡樹（*Quercus*

表1：烏心石苗木苗齡12及14個月的各項形態參數

Table 1 : The morphological characteristics of 12 and 14 months old *Michelia compressa* seedlings

|                     |                          | H<br>(cm)          | D<br>(mm)         | Slender<br>ratio<br>(H/D) | node<br>No.        | Internode<br>length<br>(mm) | S-DW<br>(g)       | R-DW<br>(g)       | S/R               | T-DW<br>(g)        | Dickson<br>index  |
|---------------------|--------------------------|--------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|-----------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-------------------|
| 12<br>months<br>old | 1 <sup>st</sup><br>grade | 46.23 <sup>a</sup> | 6.42 <sup>a</sup> | 73.22 <sup>a</sup>        | 28.83 <sup>a</sup> | 18.08 <sup>a</sup>          | 6.71 <sup>a</sup> | 3.11 <sup>a</sup> | 2.20 <sup>a</sup> | 9.81 <sup>a</sup>  | 1.04 <sup>a</sup> |
|                     | 2 <sup>nd</sup><br>grade | ±12.56             | ±1.41             | ±17.55                    | ±3.45              | ±5.14                       | ±4.40             | ±1.80             | ±0.69             | ±6.13              | ±0.59             |
|                     | 3 <sup>rd</sup><br>grade | ±7.02              | ±0.88             | ±12.32                    | ±2.60              | ±3.36                       | ±1.37             | ±0.72             | ±0.43             | ±2.04              | ±0.26             |
|                     | 4 <sup>th</sup><br>grade | 16.42 <sup>c</sup> | 3.89 <sup>c</sup> | 43.37 <sup>c</sup>        | 20.17 <sup>c</sup> | 8.15 <sup>c</sup>           | 0.75 <sup>c</sup> | 0.51 <sup>c</sup> | 1.50 <sup>b</sup> | 1.27 <sup>c</sup>  | 0.22 <sup>c</sup> |
|                     | 5 <sup>th</sup><br>grade | ±4.03              | ±0.82             | ±11.85                    | ±2.45              | ±2.19                       | ±0.37             | ±0.24             | ±0.39             | ±0.60              | ±0.11             |
| 14<br>months<br>old | 1 <sup>st</sup><br>grade | 51.71 <sup>a</sup> | 6.84 <sup>a</sup> | 76.84 <sup>a</sup>        | 29.00 <sup>a</sup> | 23.38 <sup>a</sup>          | 8.87 <sup>a</sup> | 3.90 <sup>a</sup> | 2.23 <sup>a</sup> | 12.77 <sup>a</sup> | 3.94 <sup>a</sup> |
|                     | 2 <sup>nd</sup><br>grade | ±7.58              | ±1.45             | ±9.61                     | ±1.83              | ±2.70                       | ±5.28             | ±2.05             | ±0.12             | ±7.33              | ±1.12             |
|                     | 3 <sup>rd</sup><br>grade | 31.04 <sup>b</sup> | 5.18 <sup>b</sup> | 60.67 <sup>b</sup>        | 25.94 <sup>b</sup> | 14.76 <sup>b</sup>          | 2.81 <sup>b</sup> | 1.68 <sup>b</sup> | 1.66 <sup>b</sup> | 4.49 <sup>b</sup>  | 2.42 <sup>b</sup> |
|                     | 4 <sup>th</sup><br>grade | ±5.56              | ±0.88             | ±9.58                     | ±2.41              | ±3.37                       | ±1.42             | ±0.70             | ±0.38             | ±2.07              | ±0.60             |
|                     | 5 <sup>th</sup><br>grade | 12.64 <sup>c</sup> | 3.09 <sup>c</sup> | 42.06 <sup>c</sup>        | 17.86 <sup>c</sup> | 7.06 <sup>c</sup>           | 0.39 <sup>b</sup> | 0.33 <sup>c</sup> | 1.17 <sup>c</sup> | 0.72 <sup>c</sup>  | 1.35 <sup>c</sup> |
| RGR                 | 1 <sup>st</sup><br>grade | 0.0129             | 0.0072            |                           |                    |                             | 0.0321            | 0.0261            |                   | 0.0303             |                   |
|                     | 2 <sup>nd</sup><br>grade | 0.0099             | 0.0045            |                           |                    |                             | 0.0221            | 0.0212            |                   | 0.0218             |                   |
|                     | 3 <sup>rd</sup><br>grade |                    |                   |                           |                    |                             |                   |                   |                   |                    |                   |
|                     | 4 <sup>th</sup><br>grade | -0.0301            | -0.0264           |                           |                    |                             | -0.0766           | -0.0495           |                   | -0.0648            |                   |
|                     | 5 <sup>th</sup><br>grade |                    |                   |                           |                    |                             |                   |                   |                   |                    |                   |

\*S-DW : shoot dry weight ; R-DW : root dry weight ; RGR : relative growth rate (H : cm cm<sup>-1</sup> week<sup>-1</sup> , D : mm mm<sup>-1</sup> week<sup>-1</sup> , DW : g g<sup>-1</sup> week<sup>-1</sup>)

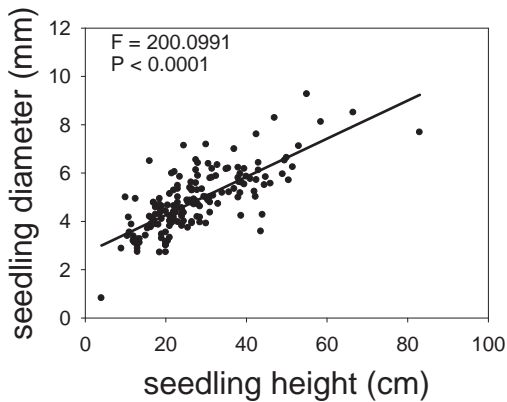


圖2：苗高與苗徑的關係

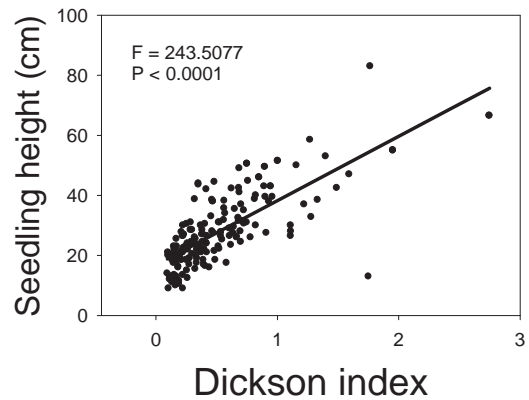


圖3：苗高與Dickson品質指數的關係

*leucotrichophora*) 之纖細比在3.58~3.98間 (Singh & Lavania, 2004) ; 烏心石在氮肥與磷肥不同處理下, H/D約在67~74間 (蕭祺暉, 1996) , 與本試驗之第一、二級苗木類近; 繖楊 (*Thespesia populnea*) 在不同鹽

分下生長120天後, H/D最高約為56 (范貴珠、陳心怡, 2002) 。雖然苗木纖細比極易求得, 且可表現出苗木出栽後的生長狀態 (Lopushinsky & Beebe, 1976 ; Mexal & Landis, 1990 ; Rose & Ketchum, 2003) , 但

因各樹種間差異甚大，因此不能完全以此比值表示苗木品質的優劣 (Haase, 2008)。苗木纖細比太高是否會產生徒長現象？本試驗之烏心石苗木之苗高或苗徑呈極顯著的直線關係 (圖2)，表示苗木的徑生長伴隨著苗木的高生長，且苗高與Dickson品質指數亦呈極顯著的關係 (圖3)，顯然沒有因纖細比高而有徒長現象。纖細比在培育6與8個月後，二者間經t檢定後，無論是何級苗木，均無顯著差異 (P值分別為0.6079、0.3305及0.7917)，顯然纖細比不會因培育期間的長

短而有所變化。此結果可更進一步證實苗高生長並無徒長現象。

各級苗木之節間數與節間長均呈現極顯著差異 (表1)，且苗高與節間數及節間長均成極顯著的相關 (圖4、5)，顯然苗高生長同時受節間數與節間長的影響。苗木之節間數與節間長雖然會受栽培環境，例如光量、光週期及溫度等的影響 (Berghage, 1998)，但本試驗是在同一環境下，且測試苗木是隨機排列，沒有環境影響的因素存在，因此不同等級間節間數與節間長的差異，顯然受遺傳

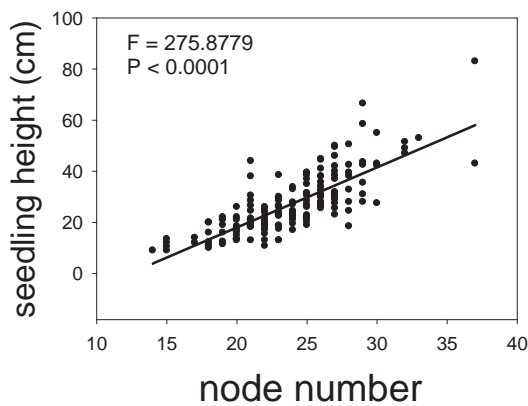


圖4：苗高與節間數的關係

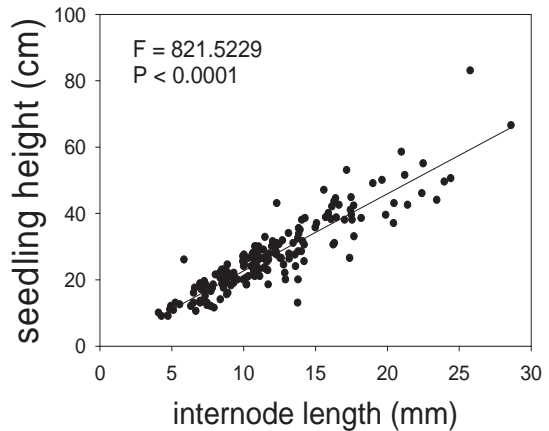


圖5：苗高與節間長的關係

基因的影響 (Strefeler, 1995; Hassani *et al.*, 2011)。

如以地上部、根部與總乾物量比較，均以第一級最高，且各級間亦呈極顯著差異。S/R (shoot/root) 乾物量比，在栽培6個月與8個月 (苗齡分別為約12及14個月) 後比較，乃以第一級最高，第二、三級在苗齡約12個月時無區別，但14個月後即顯出差異，而此差異主要發生在第三級苗木S/R下降甚多，此也顯示苗木品質差，會影響後續的生長。第一、二級苗木在苗齡約12與14個月時之S/R幾乎不變，經t檢定後 (P值分別為0.9106、0.9058， $\approx 1$ )，表示此二級苗木的莖與根以同比例生長。如以苗齡約14個月者視之，S/R分別為2.23、1.66及1.17。依Cleary

等提出之論點認為S/R在2~3時苗木品質較佳 (Cleary, *et al.*, 1978)，而德達松 (*Pinus taeda*) 則認為在2.5以下較好 (Boyer & South, 1987)。依此的標準，則烏心石苗木只歸類為第一級者才屬優良苗木。但Mexal & Landis (1990) 曾引述Korstian & Baker於1925年計算美國西部黃松之2+1及3年生苗之S/R則為2.29及3.42；花旗松之2+2及3+1年生苗之S/R為1.72與1.50。紅檜與台灣扁柏之11個月之穴直管苗的S/R為1.0~1.5 (陳岫女, 1990)。黃進輝 (1996) 測定烏心石7個月之苗木，在全光照下S/R為1.0~1.5間，與本試驗之第二級苗木相似。因此欲以此參數當為苗木品質之判斷應視苗木種類而定，尤其針葉樹與闊葉樹基本上形態即不一樣



(Jacobs, *et al.*, 2004)，判斷上更應分別視之。

Dickson品質指數隨著苗木級數的下降，品質指數也跟著下降(表1)。Dickson苗木品質指數係綜合苗木乾種、苗高、地際直徑等參數，可作為苗木品質檢定的依據(Mattsson, 1997)。Dickson品質指數在各樹種間差異甚大，也受苗木齡級的影響。例如Hunt(1990)認為花期松苗木之Dickson品質指數應高於0.2較良好。但闊葉樹如水黃皮在生長條件良好情形下，Dickson品質指數可達2.69(范貴珠、黃佳敏, 2005)。烏心石苗木在全光線下的平均Dickson品質指數為0.4(陳書憲等, 2011)與本試驗生長6個月時之第二級相仿。培育至8個月後，各級品質指數均提升，但各級間乃具顯著差異，以conilon 咖啡苗培30天及120天後，Dickson

品質指數亦均增加(Verdin Filho, *et al.*, 2014)。將影響Dickson品質指數的參數逐步回歸分析(stepwise regression analysis)，結果顯現受根乾重的影響最為顯著，玫瑰桉(*Eucalyptus grandis*)及濕地松(*Pinus elliottii*)的研究中，亦發現根乾重與Dickson品質指數的相關性最高(Binotto, *et al.*, 2010)。因此苗木根系的發育，攸關苗木品質良窳。但因根乾重必須破壞取樣，在苗木出栽時的形態判斷上，不可能實施，然而以苗高或苗徑判斷亦屬可行，因二者與Dickson品質指數的Pearson相關係數極為顯著，分別為0.8598及0.8147，P值均小於0.0001。

### 3.生理性狀

由於無法破壞取樣，生理性狀均在現場測定，所得結果如表2所示。

表2：烏心石苗木的各項生理性狀

Table 2 : The physiological traits of *Michelia compressa* seedlings

|               |                       | SPAD index                  | Ci/Ca                       | gs (mmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) | Pn (μmol m <sup>-2</sup> s <sup>-1</sup> ) | Fv/Fm                      | WUE (μmol mmol <sup>-1</sup> ) |
|---------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|--|----------------------------|--------------------------------|
| 12 months old | 1 <sup>st</sup> grade | 49.60 <sup>a</sup><br>±6.57 | 0.72 <sup>b</sup><br>±0.09  | 230.43 ± 200.10                            | 6.39 ± 3.09 <sup>a</sup>                   | 0.75 <sup>a</sup><br>±0.07 | 1.55 ± 0.53 <sup>a</sup>       |
|               | 2 <sup>nd</sup> grade | 45.17 <sup>b</sup><br>±9.03 | 0.75 <sup>ab</sup><br>±0.10 | 383.83 ± 502.58                            | 6.00 ± 2.43 <sup>a</sup>                   | 0.75 <sup>a</sup><br>±0.06 | 1.21 ± 0.76 <sup>b</sup>       |
|               | 3 <sup>rd</sup> grade | 37.17 <sup>c</sup><br>±8.49 | 0.79 <sup>a</sup><br>±0.09  | 464.26 ± 424.89                            | 5.24 ± 2.61 <sup>a</sup>                   | 0.72 <sup>a</sup><br>±0.08 | 0.93 ± 0.58 <sup>b</sup>       |
| 14 months old | 1 <sup>st</sup> grade | 49.93 <sup>a</sup><br>±7.69 | 0.71 <sup>a</sup><br>±0.07  | 182.86 ± 166.40                            | 5.81 ± 2.77 <sup>a</sup>                   | 0.79 <sup>a</sup><br>±0.01 | 1.82 ± 0.48 <sup>a</sup>       |
|               | 2 <sup>nd</sup> grade | 49.04 <sup>a</sup><br>±8.24 | 0.71 <sup>a</sup><br>±0.11  | 171.67 ± 153.02                            | 5.13 ± 1.71 <sup>ab</sup>                  | 0.78 <sup>a</sup><br>±0.06 | 2.12 ± 0.77 <sup>a</sup>       |
|               | 3 <sup>rd</sup> grade | 36.04 <sup>b</sup><br>±6.71 | 0.74 <sup>a</sup><br>±0.07  | 78.57 ± 59.84                              | 3.44 ± 2.70 <sup>b</sup>                   | 0.70 <sup>b</sup><br>±0.12 | 1.70 ± 0.57 <sup>a</sup>       |

\*Ci : intercellular CO<sub>2</sub> concentration ; Ca : air CO<sub>2</sub> concentration ; gs : stomatal conductance ; Pn : net photosynthesis ; Fv/Fm : primary efficiency of light conversion of PSII ; WUE : water use efficiency

筆者曾在現場以SPAD 502測得烏心石葉片之SPAD index後，取回該葉片測定葉綠素含量，二者呈極顯著的直線回歸關係(圖6)(許博行, 未發表)。因此SPAD index可表示葉綠素含量的指標。本試驗同樣以該儀

器現場測得各級苗木之SPAD index，結果顯示在生長6個月時，各級苗木間呈現顯著差異，但在生長8個月時，第一、二級間無差異，但第三級則顯著較低。葉綠素雖是評估植物生物量產出的參數之一(Jankauskienė &

Brazaitytė, 2008) , 但葉綠素含量很難單獨評估苗木品質, 需再加入其他參數 (Mattsson, 1997) 。

如果以生長8個月較穩定的狀況視之, 第三級苗木無論葉綠素指標、氣孔導度、光合作用及Fv/Fm等均較第一、二級為低。Ci/Ca可表示光合作用固定CO<sub>2</sub>的能力與氣孔調解CO<sub>2</sub>進入葉肉細胞的功能, 在一生理性狀良好的葉片, Ci/Ca會維持在約0.7的比值 (Von Caemmerer & Farquhar, 1981) , 本試驗烏心石之第一、二級苗木約在此範圍, 但第三級則偏高, 顯然第三級苗木固定CO<sub>2</sub>或氣孔調解能力均較差, 由上述的一些數據可顯示第三級苗木的生理性狀較差。

Fv/Fm乃表示光合作用系統II開放的程度, 也可間接表示光反應能力的大小及光合作用能力的高低 (Maxwell & Johnson, 2000; Brestic & Zivcak, 2013) , 在沒有逆境下, 其值在C3植物約維持在0.8 (何冠琳、許博行,

2001; Björkman & Demmig, 1987; Johnson, *et al.*, 1993) 。烏心石苗木之Fv/Fm與光合作用呈極顯著的關係 (圖7) , 表示Fv/Fm的高低亦可顯現苗木光合作用能力的大小。表2中第三級苗木的Fv/Fm較差 (0.70) , 而第一、二級則在0.78~0.79間, 對照於光合作用, 亦顯示第三級苗木較低, 也表示生理品質較劣。

苗木水分使用效率 (water use efficiency, WUE) 表示消耗一單位的水量 (以蒸散量表示) 可固定多少CO<sub>2</sub> (以光合作用表示) , C3植物在無缺水情形下約為2.0 μmol CO<sub>2</sub> mmol<sup>-1</sup> H<sub>2</sub>O (Taiz & Zeiger, 2006; Tambussi, *et al.*, 2007) 。本試驗樹種在苗齡約12個月時, 第一級苗木顯著有較高的水分使用效率, 但再經培養二個月後, 苗木生長較穩定時, 三級間即無顯著差異, 其值在1.70~2.21的合理範圍內。

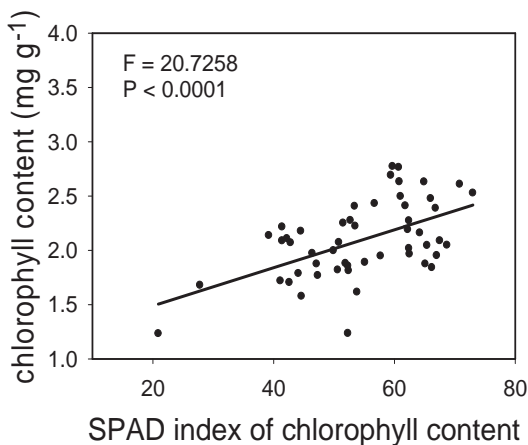


圖6：葉綠素含量與SPAD指數的關係

光合作用在苗齡約12個月時, 三級苗木間無顯著差異, 但持續培養到苗齡14個月時, 則第一與第二級無顯著差異, 但與第三級則呈現顯著差異, 如將光合作用與其他形態參數作Pearson相關分析 (表3) , 在苗齡約

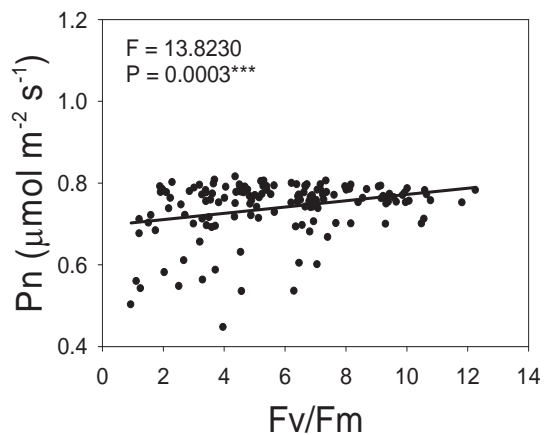


圖7：光合作用與Fv/Fm的關係

12個月時, 苗高、地徑、總重及Dickson 指數均與光合作用無顯著相關, 但苗齡約14個月時, 則均達P<0.05的顯著水準, 而未達P<0.01的極顯著水準, 比較表1及表2, 不論苗高、苗徑、總重及Dickson指數在苗齡12或

14個月時，三級間均呈顯著差異，也就是形態上是有差異的，但生理性狀的光合作用、SPAD指數及Fv/Fm則第一級與第二級間無差異，但與第三級則顯現差異，表示此些生理性狀無法完全解釋苗木形態上差異的原因。此現象就如同Jacobs等（2004）所述，苗木的生理性狀往往無法全然地反映在形態上，

尤其重要生理性狀的光合作用的單一因素，無法完全解釋苗木外觀品質的良窳（Van den Driessche, 1987）。因此苗木品質的優劣尚受其它因素影響，例如莖長、節間數與節間長（Hassani *et al.*, 2011）及各部位乾重等遺傳潛能（Hai, 2008; Godoy & da Silva Rosado, 2011）等。

表3：烏心石苗木光合作用與形態參數的Pearson相關係數

Table 3 : The Pearson correlations between photosynthesis and morphological characteristics of *Michelia compressa* seedlings

|               | H                    | D                    | T - DW               | Dickson index        |
|---------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| 12 months old | 0.0813 <sup>ns</sup> | 0.1277 <sup>ns</sup> | 0.0820 <sup>ns</sup> | 0.1243 <sup>ns</sup> |
|               | P = 0.3006           | P = 0.1032           | P = 0.2968           | P = 0.1128           |
| 14 months old | 0.4069*              | 0.4468*              | 0.3869*              | 0.4161*              |
|               | P = 0.0208           | P = 0.0104           | P = 0.0287           | P = 0.0179           |

## 五、參考文獻

- 何冠琳、許博行（2001）二氧化碳濃度與溫度對樟樹苗木之形質生長參數與葉綠素螢光反應之影響 *林業研究季刊* 23(3) : 1-20。
- 范貴珠、陳心怡（2002）土壤鹽度對繖楊苗木生長、水分狀態及葉綠素濃度之影響 *林業研究季刊* 24 (4) : 57-72。
- 范貴珠、黃佳敏（2005）鹽分對水黃皮苗木形質生長、水分狀態及植物體氯離子濃度之影響 *林業研究季刊* 27 : 67-82。
- 陳岫女(1990) 紅檜與台灣扁柏穴直管苗施肥的效應 *興大碩士論文*。
- 陳書憲、蔡佳彬、劉瓊霏（2011）不同光度處理對台灣三種原生闊葉樹苗木碳水化合物累積和分配的影響 *林業研究季刊* 33 : 65-76。
- 陳源長、方榮坤、廖天賜、林鴻忠（1990）烏心石之育苗造林試驗 *台灣林業* 16 (7) : 22-25。
- 黃進輝（1996）烏心石苗木形態於不同光度下之變化 *台大實驗林研究報告* 10 : 49-65
- 蕭祺暉（1996）施氮磷肥對烏心石苗木形態及

生理性質之影響 *國立台灣大學森林系碩士論文*

- Berghage, R. (1998) Controlling height with temperature. *HortTechnology*, 8(4), 535-539.
- Binotto, A. F., Lúcio, A. D. C., & Lopes, S. J. (2010) Correlations between growth variables and the dickson quality index in forest seedlings. *Cerne*, 16(4), 457-464.
- Björkman, O., & Demmig, B. (1987) Photon yield of O<sub>2</sub> evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. *Planta*, 170(4), 489-504.
- Boyer, J. N., & South, D. B. (1987) Excessive seedling height, high shoot-to-root ratio, and benomyl root dip reduce survival of stored loblolly pine seedlings. *Tree Planters' Notes*, 38(4), 19-22.
- Brestic, M., & Zivcak, M. (2013) PSII fluorescence techniques for measurement of drought and high temperature stress signal in crop plants: protocols and applications. In *Molecular Stress Physiology of Plants* (pp. 87-131).



- Springer India.
- Cleary B.D.; Greaves R.D. and Owston P.W. (1978) Seedlings. In: Regenerating Oregon's Forests. Oregon State Univ. School of Forestry. 65-97
- Colombo, S.(2006) The effects of lifting and handling on plant quality : The Ontario perspective p.39 in Plant Quality - A Key to Success in Forest Establishment, COFORD, National Council for Forest Research and Development. Dublin, Ireland.
- Godoy, T. G., & da Silva Rosado, S. C. (2011) Estimates of genetic gains for growth traits in young plants of *Eucalyptus urophylla* ST Blake. *Cerne*, 17(2), 189-193.
- Haase, D. L. (2008) Understanding forest seedling quality: measurements and interpretation. *Tree Planters' Notes*, 52(2), 24-30.
- Hai, P. H., Jansson, G., Harwood, C., Hannrup, B., & Thinh, H. H. (2008) Genetic variation in growth, stem straightness and branch thickness in clonal trials of *Acacia auriculiformis* at three contrasting sites in Vietnam. *Forest ecology and management*, 255(1), 156-167.
- Hassani, D., Soleimani, A., Mozaffari, M. R., Fahadan, A., Eskandari, S., & Avanzato, D. (2011) Evaluation of different Persian walnut offspring as seedling rootstocks. In *II Balkan Symposium on Fruit Growing 981* (pp. 449-452).
- Hunt, G. A. (1990) Effect of styroblock design and copper treatment on morphology of conifer seedlings. In: Rose, R.; Campbell, S.J.; Landis, T. D., eds. *Proceedings, Western Forest Nursery Association; 1990 August 13-17*.
- Hunt<sup>a</sup>, R. (1990) Basic growth analysis. Unwin Hyman Ltd. Publish.
- Hunt, R., Causton, D. R., Shipley, B., & Askew, A. P. (2002) A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany*, 90(4), 485-488.
- Iyer, J. G., & Wilde, S. A. (1982) A quick way to appraise the performance potential of tree planting stock. *Tree Planters' Notes*, 33, 26-27.
- Jacobs, D. F., Wilson, B. C., & Davis, A. S. (2004) Recent trends in hardwood seedling quality assessment. In *Proceedings of the conference "Forest and Conservation Nursery Associations-2006"* (Riley LE, Dumroese RK, Landis TD eds). RMRS-P-33, USDA Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fort Collins, CO, USA (pp. 140-144).
- Jankauskienė, J., & Brazaitytė, A. (2008) The influence of various substratum on the quality of cucumber seedlings and photosynthesis parameters. *Sodininkystė ir daržininkystė*, 27(2), 285-294.
- Johnson, G. N., Young, A. J., Scholes, J. D., & Horton, P. (1993) The dissipation of excess excitation energy in British plant species. *Plant, cell & environment*, 16(6), 673-679.
- Lopushinsky, W., & Beebe, T. (1976) Relationship of shoot-root ration to survival and growth of outplanted Douglas-fir and ponderosa pine seedlings (Vol. 274). US Dept. of Agriculture, Forest Service, Pacific Northwest Forest and Range Experiment Station.
- Mattsson, A. (1997) Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests*, 13(1-3), 227-252.
- Maxwell, K., & Johnson, G. N. (2000) Chlorophyll fluorescence—a practical guide. *Journal of experimental botany*, 51(345), 659-668.

- Mexal, J. G., & Landis, T. D. (1990) Target seedling concepts: height and diameter. In *target seedling symposium, meeting of the western forest nursery associations, general technical report RM-200* (pp. 17-35).
- O' Reilly, C., & Keane, M. (2002) Plant quality: what you see is not always what you get. *Report Submitted to Council for Forest Research and Development (COFORD), University College Dublin, Ireland.*
- Rose, R., & Ketchum, J. S. (2003) Interaction of initial seedling diameter, fertilization and weed control on Douglas-fir growth over the first four years after planting. *Annals of Forest Science, 60*(7), 625-635.
- Singh, V., & Lavania, S. K. (2004) Effect of acorn collection procedure and their characteristics on germination and early seedling growth of ban oak (*Quercus leucotrichophora* A. Camus) in Tehri Garhwal region of Uttaranchal, India. *Tropical Agricultural Research and Extension, 7*, 95-103.
- Strefeler, M. S. (1995) Growth response of 20 seed geranium cultivars to three day-night temperature regimes. *HortScience, 30*(7), 1465-1466.
- Taiz, L., & Zeiger, E. (2006) *Plant Physiology*. 4th. Ed. Pub. Sinauer.
- Tambussi, E. A., Bort, J., & Araus, J. L. (2007) Water use efficiency in C3 cereals under Mediterranean conditions: a review of physiological aspects. *Annals of Applied Biology, 150*(3), 307-321.
- Tohmasz, A. S., & Hassan, A. E. (1990) Use of vision system for recognizing plantable seedlings. Paper-American Society of Agricultural Engineers.
- Van den Driessche, R. (1987) Importance of current photosynthate to new root growth in planted conifer seedlings. *Canadian Journal of Forest Research, 17*(8), 776-782.
- Verdin Filho, A. C., Mauri, A. L., Volpi, P. S., da Fonseca, A. F. A., Ferrão, R. G., Ferrão, M. A. G., ... & Colodetti, T. V. (2014) Growth and quality of clonal plantlets of conilon coffee (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) influenced by types of cuttings. *American Journal of Plant Sciences, 5*(14), 2148.
- Von Caemmerer, S. V., & Farquhar, G. D. (1981) Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and the gas exchange of leaves. *Planta, 153*(4), 376-387.