

研究報告

臺灣肖楠容器種子園之種子產量及品質之初期評估

李淑敏^{1,*} 姜保真²

【摘要】本研究以臺灣中部出雲山苗圃之臺灣肖楠 (*Calocedrus macrolepis* var. *formosana*) 容器種子園 (containerized seed orchards, CSOs) 各營養系母樹於2006至2008年間，未經開花結實促進處理，分析天然授粉 (open-pollination) 之種子產量及品質等性狀之早期表現，為林木種子園應用與經營之研究。

經變方分析 (ANOVA) 結果種子產量於不同結種年度間及營養系間有顯著差異。種子百粒重及生長箱發芽率於3年間亦有顯著差異，但在種源及營養系間則無顯著差異，種子產量之遺傳率 (heritability) 為1，種子百粒重及生長箱發芽率之遺傳率分別為0.11及0.31，顯示各營養系種子產量及生長箱發芽率皆受不同程度之遺傳控制，可作為未來種子園營養系汰劣存優選拔之指標。

以臺灣肖楠容器種子園2006~2008年之種子產量而言，與天然母樹林類似亦有結實週期 (periodicity of fruit production) 之變化，但兩者表現不同步。由外表型相關性 (phenotypic correlation) 分析結果得出，當年度種子產量與種子百粒重及生長箱發芽率之表現無明確相關性，惟皆與前年度表現有相關性，2007與2008年各營養系種子產量呈極顯著正相關 (0.4860, $P=0.0065$)；2006與2007年各營養系種子百粒重為顯著負相關 (-0.3812, $P=0.0376$)。因此應配合氣候及撫育管理方法持續進行相關研究及探討，釐清影響種子產量與品質之因素，以期達成種子園建置之初期目標。

【關鍵詞】臺灣肖楠、容器種子園、種子生產、發芽率、遺傳率、相關性

Research paperThe primary assessment of the seed yield and quality from a containerized seed orchard in *Calocedrus macrolepis* var. *formosana*Shu-ming Lee^{1,*} Israel Bau-jen Juang²

【Abstract】The research is based on the initial performance and analysis of the seed yield and seed quality of the *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* seeds which are open-pollinated without using flower-stimulating treatment from 2006 to 2008. The parent trees are planted in the containerized seed orchard of

1. 國立中興大學森林學系40227臺中市南區國光路250號。

Department of Forestry, National Chung Hsing University. 250, Kuo Kuang Rd., Taichung 40227, Taiwan.

2. 國立中興大學國際農學碩士學位學程

Department of International Master Program of Agriculture, National Chung Hsing University. 250, Kuo Kuang Rd., Taichung 40227, Taiwan.

* 通訊作者。

Corresponding author, E-mail:emilylee090203@gmail.com

Chu-yun-shan nursery where is located in the middle of Taiwan. The project is researched the application and management of the seed orchard.

The result of ANOVA showed that the differences of seed years and families can affect the yield of seeds. During 2006-2008, 100 seed weight and germination in growth chamber also have made significant differences. There is no significant difference between provenances and families. The narrow-sense heritability of seed yield is 1. The narrow-sense heritability of 100 seed weight and germination in growth chamber is 0.11 and 0.31 respectively. The data are revealed that the performances of seed yield and germination are controlled by genetic factors. That can be the indices of selecting the seed orchard's clones in the future.

According to the seed yield of *C. macrolepis* var. *formosana* containerized seed orchard 2006 to 2008, it had similar variation of periodicity of fruit production to the seed collecting area. But they are not asynchrony. The result of phenotypic correlation analysis showed that the seed yield is not relative between 100 seed weight and germination in the same year, but the parts of the data have been related to the ones of previous year. For instance, the seed yield in 2007 and 2008 are showed a positive correlation (0.4680, $P=0.0065$) for total of family. 100 seed weight in 2006 and 2007 is showed a negative correlation (-0.3812, $P=0.0376$).

Furthermore, we should study the relevant materials about climate condition and culture method for the experiment to carry on the research, so that we could distinguish between the effects of seed yield and seed quality in order to ensure achieving the initial goal of seed orchard.

【Key words】 *Calocedrus macrolepis* Kurz var. *formosana* (Florin) Cheng & L. K. Fu, containerized seed orchard, seed yield, germination, heritability, correlation

一、前言

臺灣於光復初期，多以外來樹種及少數鄉土樹種進行大規模之造林，至1960年代始重視本土固有重要樹種的造林，除設置母樹林 (selected stands for seed collection; seed collecting area) 及種子園 (seed orchard) 外，對於本土重要原生樹種之育苗研究仍相當少(許博行, 1990)。臺灣肖楠 (*Calocedrus macrolepis* Kurz var. *formosana* (Florin) Cheng & L. K. Fu) 為臺灣特有 (endemic) 之優良用材樹種，天然分佈地多在臺灣中部及北部海拔300~1,900 m山區，被視為提昇中低海拔暖帶林 (海拔500~1,800 m) 木材蓄積之主要造林樹種 (劉業經, 1979; 劉業經等, 1988)。從1980年起在宣導營造環境保護林之重要性下，逐漸受到重視而大量採種、育苗及造林，在平地景觀造林

及劣化地復育造林政策之推波助瀾下苗木供不應求 (鍾永立、胡大維, 1986a; 鍾永立、張乃航; 1990; 鍾振德等, 1998)。臺灣肖楠符合木材生產、水土保持、易栽植管理及景觀綠化之多樣化需求，民間私有地亦興起栽植風潮。提供優質種苗及育苗、造林技術之研發推廣有造林實務上之必要性。

臺灣肖楠造林最大的困難為不易獲得優良種子 (郭寶章, 1989; 鍾永立, 1992) 及造林木形質低劣，如多分叉及幹形扭曲等 (徐仁賢, 1988; 胡大維, 1992; 郭寶章, 1995)。現存天然母樹多生長於海拔1,600~1,800m山區，地處懸崖峭壁、母樹高大，由於採種危險，以往採取截枝大量採種結果嚴重損傷大多數母樹樹勢甚至枯死 (鍾永立, 1992)。復由於生育地遭受伐採、盜伐及天災導致臺灣肖楠天然族群持

續減少，以致採種日益困難，成本節節升高，已列為瀕臨滅絕之保護等級 (呂勝由, 1996)。為兼顧優質種苗生產及種源保育，種子園之建立、經營及應用誠為當今造林實務之首選 (郭寶章, 1989; 鍾振德等, 1998; 李淑敏、姜保真, 2012; Zobel and Talbert, 1984)。

營造林木種子園為林木育種工作之一環，林木種子園依建造方法可分為實生苗種子園 (seedling seed orchard) 與營養系種子園 (clonal seed orchard)，兩者都有明確的建造理論根據、施行步驟與預期效果。然而從過去實務經驗得知，無論那一類都需要大面積的平整園地、管理費工、建園時間長，耗資大等問題。在1970年代發展加速育種 (accelerated breeding)，採用於溫室內以容器培養所選定營養系嫁接木後，依營養系種子園建造模式直接置放於溫室或圃地，即室內 (indoor) 或溫室育種 (greenhouse breeding)，以不減少各營養系需要株數原則下，僅以小面積即能進行育種工作，有別於將嫁接苗栽植於林地之傳統固定種子園，稱為容器種子園 (containerized seed orchards, CSOs)，在國外有許多成功的應用實例 (Lambeth and Greenwood, 1985; Ho, 1991; Philipson, 1992; Johnsen *et al.*, 1994; Owens *et al.*, 2001)。研究發現即使溫室不予以人工加溫，亦可使室內容器盆栽的樹木開花較早於室外露天者，實行之後成果相當好，故建議擴大利用 (Greenwood, 1981)。且縮短了育種實務中兩個世代的時間，大大提昇了林木遺傳改良計畫的價值性，故成為林業先進國家林木育種之重要設施，以提供改良過的優良種子，供大規模經濟造林用 (王明麻, 2001; Zobel and Talbert, 1984; White *et al.*, 2007)。

位於臺中市和平區出雲山地區之臺灣肖楠種子園建立於1975~1979年間，為第一代種子園，生長良好樹型優美，惟尚無法大量結種達成設立之初期目標 (陳啓源等, 1993; 鍾振德等, 1998)。為解決無法開花結種之窘境，林務局東勢林區管理處於1999年建立容器種子

園，於2002年起收穫種子 (李淑敏、姜保真, 2012)。一般採自幼年實生苗林木之種子，咸知不適宜做為繁殖苗木之用，惟容器種子園母樹為嫁接成熟母樹枝條所培育，故其生理年齡應推論為相對應之成熟母樹年齡當無疑問。

調查2002至2010年容器種子園及母樹林不同年度之種子產量，以探討兩者是否有結實週期之變化，並以容器種子園建立初期2006~2008年間不同年度種子產量、種子百粒重及發芽率等特性，分析種子產量之變化對種子品質是否有影響，以了解種子產量及種子品質等性狀在營養系及種源間的遺傳變異，並評估其性狀表現是否可為選拔之指標，以作為臺灣肖楠容器種子園後續規劃育種策略之依據，並提供為臺灣肖楠種子生產、育苗及造林實務應用之參考。

二、材料與方法

種子園種子材料來自出雲山地區海拔約1,000 m，共有30個營養系 (clone) 之臺灣肖楠容器種子園，營養系接穗來源則為1975-1979年建立於同一地區的第一代營養系種子園 (附錄1) (李淑敏, 1997)。第一批於1999年春季嫁接成功後，於當年冬季移入口徑1台尺黑硬盆內培養，因植株日漸高大於2002年底採種後，移入2台尺 (61 cm)、深35 cm、底徑寬45 cm之塑膠或水泥容器內培養，採單株小區 (即每一區集中每一營養系僅有一株母樹)，每一區集之營養系以輪序配置法排列，株行距為2 × 2 m (李淑敏、姜保真, 2012)。種子園各年度母樹總數量詳如表1，為維持母樹正常生長需要各年度均施行例行性之除草、病虫害防治、移動切根及施肥，但未進行開花結實促進 (李淑敏、姜保真, 2012)。

(一) 種子園及母樹林種子年產量調查

1. 種子園種子年產量

種子園位出雲山苗圃採種方便無論結實多寡皆採種，即調查容器種子園於2001年起 (即嫁接後第3年) 以天然授粉方式之連年總結種

量。

2. 母樹林種子年產量

調查臺灣中部橫貫公路德基地區天然母樹之豐年採種量；因天然母樹生長地點相當分散採種不易，為考量採種成本及種子品質通常於豐年方大量採種，即於採種前若調查天然母樹至少25株母樹其樹冠幅一半有結種，即為豐年進行採種，若結種稀疏或幾無結種則視為欠年不採種。

為比較於苗圃集約經營管理之種子園與野外天然生母樹林之種子產量變化，於2002~2010年調查種子園種子產量及母樹林豐欠年及豐年採種量，以觀察兩者是否皆有結實週期之變化，及兩者是否呈同步變化。

(二) 種子園不同年度種子產量、種子百粒重及發芽率

於2006年首次收穫種子園全部30個營養系之種子，並於2006~2008年連續3年調查各營養系種子產量、種子百粒重及發芽率等性狀，於臺中市豐原區林務局東勢林區管理處種子冷藏庫進行種子秤重及檢測於生長箱內之發芽率。以每營養系為單位，各營養系100粒 (100粒 × 30營養系 = 3,000粒) 進行秤重及發芽率試驗，(因2006~2008年野外母樹林皆為欠年未採種，故無法取得種子做比較)，以各營養系之平均值比較種子之各項性狀表現差異。

1. 採種：於每年8-9月毬果顏色由綠轉黃褐色，且位樹幹冠基部毬果稍開裂視為毬果成熟，依各單株毬果成熟度分批採種，由於出雲山苗圃氣候過於潮濕，處理期間為顧慮毬果及種子發霉，故於採種後運至平地(大湖)於室內進行毬果蔭乾及手工脫粒等種子處理 (李淑敏、彭水養，2011)。

2. 種子大小及發芽試驗：各年度所採集種子均運存於林務局東勢林區管理處之種子冷藏庫，分營養系分別進行秤重及生長箱發芽試驗。

(1) 各年度收穫之毬果均以營養系別分開陰乾後，以人工進行脫粒取出種子，量測各營

養系種子總重量及逢機選取具翅且完整飽滿種子100粒以電子天平秤重，以g為單位記錄重量至小數點第四位。

(2) 生長箱發芽試驗

林務局所屬豐原區種子冷藏庫管理室內之生長箱 (@DENG YNG) 為內部分3層，每層各具一支燈管 (@東亞FL15D、15W) 做為控溫採光用之箱型立式結構。

各營養系種子計數及稱重後分別置入透明保鮮盒並標示營養系別，內與攪碎浸濕之適量水苔混合均勻即置入同一生長箱，以變溫處理，即每天照光8小時溫度30°C，無光照16小時溫度20°C (PM 17:00~AM 09:00)，仿照晝夜之溫度及光照變化之24小時循環進行促進發芽 (鍾永立、胡大維，1986b)。當褐色種皮開裂並露出白色胚根達5 mm時即視為發芽，每星期檢查1次並記錄發芽數量，並將發芽的種子挑出。若水苔過乾則噴灑適量水分。發芽期4週即播種後持續記錄檢查4次以計算累積發芽率。

(三) 統計分析

在本次的實驗中，對2006~2008年間臺灣肖楠容器種子園種子種子產量、種子百粒重及生長箱發芽率，以Hartley's F-max測驗 (Berenson *et al.* 1983)，結果在營養系間及種源間，皆呈顯著的變方非均值性 (non-homoscedasticity)。由於各年度、種源及營養系觀測值的均值與其標準偏差之比近似，故將原始觀測值經自然對數轉換，使資料型式符合變方分析之基本要求後，方進行統計分析。

1. 變方分析

30個營養系天然授粉收穫之種子性狀資料進行變方分析，以了解2006~2008年間之種子產量、種子百粒重及生長箱發芽率是否有差異(公式1)，並利用數量遺傳學估算其遺傳變方 (genetic variance) 成份及遺傳率 (heritability) (公式2) 等重要數值。

進行變方分析時，除種源間視為固定效應 (fixed effect)，餘種源內營養系間的變異原因視

為逢機效應 (random effect)，進行變方分析之統計模式如下：

$$Y_{ijk} = \mu + y_i + P_j + F_{k(j)} + \epsilon_{ijk} \dots \dots \dots (公式1)$$

Y_{ijk} = 第i年第j個種源內第k個營養系的觀測值， μ = 總平均， y_i = 第i個年度的效應， P_j = 第j個種源的效應， $F_{k(j)}$ = 第j個種源內第k個營養系的效應， ϵ_{ijk} = 誤差。

2. 遺傳率 (遺傳力)

遺傳率以百分比的形式，數值介於0到1之間，顯示一個生物族群中個體之間在某一性狀的差異係受微環境立地因子或遺傳因子所控制。生長性狀之遺傳率是由變方成份計算而來，而本次研究的材料係採取自容器種子園以天然授粉方式所生產之種子，故僅得到原優型母樹之部份遺傳變異，惟可將遺傳變異中之可加性遺傳變異 (additive variance) 及非可加性遺傳變異 (non-additive variance) 分開，故營養系 (種源內) 之變方成份等於全部的遺傳成分之四分之一，即為狹義遺傳率 (h^2) (van Buijtenen and Yeiser, 1989)。而可加性遺傳變方是種子園遺傳育種策略所要掌握的遺傳變方，當其愈大則遺傳率數值愈高，表示育種計畫將較有效率且可行 (姜家華等，1999)。

$$h^2 = \frac{V_A}{V_P} = \frac{4\sigma_{f(p)}^2}{\sigma_{f(p)}^2 + \sigma_e^2} \dots \dots \dots (公式2)$$

V_A = 可加性遺傳變方，

V_P = 外表型變方，

$\sigma_{f(p)}^2$ = 種源內營養系變方成分，

σ_e^2 = 機差項之變方成分。

3. 相關性

為了解2006~2008年間不同結種年度及豐欠年是否影響其種子產量、種子百粒重及發芽率，進行3年間種子性狀及生長箱發芽率之相關性分析，亦即將各營養系平均值，利用皮爾遜積差相關 (Pearson product-moment correlation)，及史皮爾曼等級相關 (Spearman's rank correlation)，來分析各性狀間外表型相關

的程度，以了解基礎之育林性質，並探討可否作為種子園間接選拔之指標。

三、調查與分析結果

(一) 種子園與德基地區天然母樹之年度種子產量

於2002-2010年間調查容器種子園各營養系母樹及母樹林之種子年產量，容器種子園於2002至2010年間結種量差異甚多，2002年10月母樹開花時因更換栽植容器 (2尺盆) 影響，2003年僅5株母樹結種，2005年底遭受泰利颱風災害，損傷部份母樹以致種子產量減少；德基 (達見) 地區天然臺灣肖楠母樹在2003~2005年均有結種供採種，2006~2008年間則結種數量不多 (欠年) 未採種，直到2009年才再度逢豐年並採種 (如表1)。

(二) 種子園不同年度種子產量、百粒重及生長箱發芽率的比較

量測2006-2008年容器種子園各營養系種子產量、種子之百粒重及生長箱發芽率，計算各年度平均值並列出各性狀表現較佳之前3名及表現較劣之後3名之營養系別及觀測值以利比較 (表2)。

由2006至2008連續3年種子園各營養系之種子性狀表現而言，11號為3連年種子產量皆良好之營養系；9號則為2008年種子產量及種子百粒重皆良好之營養系；14號是2006年種子產量良好及2008年生長箱發芽率良好的營養系；16號之種子百粒重於2006及2008年皆表現良好，同時是2006年生長箱發芽良好的營養系；15號則是2007年種子百粒重最重及2006年生長箱發芽率最好的營養系；29號是2007及2008年生長箱發芽率表現皆良好的營養系。

20號為2006年及2008年種子產量較少的營養系，亦是2008年種子百粒中最小的；4號也有同樣的情形，且為2006年及2008年生長箱發芽率較差的營養系；1號為2007年種子百粒重及2006年生長箱發芽率皆表現較差的營養系；10號則是2007及2008年生長箱發芽率皆表現不

表1. 臺灣肖楠容器種子園及德基母樹林2002~2010年種子產量

Table 1. The seed yield of *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* containerized seed orchard and De-Ji seed collecting area from 2002 to 2010

年度	種子園母樹 (株)	結種株數 (株) (結種株數比例)	結種營養系 (個) (結種營養系比例)	採種數量 (公升)	德基採種量 (公升)
2002	325	63(19%)	20(67%)	0.45	-
2003	493	5(1%)	-	-	700
2004	493	147(29%)	29(97%)	2.20	750
2005	485	238(49%)	30(100%)	10.00	60
2006	743	560(75%)	30(100%)	31.60	-
2007	820	268(33%)	30(100%)	3.50	-
2008	820	256(31%)	30(100%)	(1,084g)	-
2009	820	571(70%)	30(100%)	37.00	400
2010	820	(未調查)	30(100%)	48.00	200

註：以每公升約20,000個種子百粒重0.96 g，換算2008年採種量1,084 g約為5.65 L。(資料來源：林務局東勢林區管理處)

表2. 2006~2008年收穫種子產量、種子百粒重及生長箱發芽之營養系表現比較

Table 2. The comparison of the seed yield, 100 seeds weight and growth chamber germination from 2006 to 2008

年度	性狀	平均	前3名營養系編號 (量測值)			後3名營養系編號 (量測值)		
2006	ST(g)	165	25(389)	18(375)	11(368)	4(37)	20(51)	21(56)
2007	ST(g)	77	11(188)	8(151)	9(130)	6(9)	29(16)	10(16)
2008	ST(g)	35	9(165)	11(195)	14(66)	20(2)	25(5)	13(8)
2006	SW(g)	0.90	2 (1.17)	16(1.16)	19(1.10)	22(0.67)	24(0.71)	29(0.72)
2007	SW(g)	0.85	15(0.96)	10(0.93)	25(0.90)	2(0.74)	8(0.78)	1(0.80)
2008	SW(g)	0.98	9(1.19)	16(1.19)	1(1.16)	20(0.59)	4(0.81)	25(0.84)
2006	GGP (%)	77	15,16(92)	14,19(91)	11,26(89)	1(39)	4(50)	8(57)
2007	GGP (%)	84	17(93)	27(92)	29,12(91)	9(66)	10,19(75)	22(80)
2008	GGP (%)	54	29(80)	28,6(75)	16(72)	10(28)	4(30)	25(34)

註：1. ST：種子產量；SW：百粒種子重；GGP：生長箱發芽率；2006~2008：種子收穫年度；營養系編號以粗體顯示者為文中所說明表現較佳或較劣之營養系。

2. 2006及2007年皆於採種後即當年度9月後份即進行稱重及發芽試驗；2008年採收種子後因設備及人力因素，於採種後以-20°C冷藏2個月後進行生長箱發芽試驗，並因10及18號營養系測試時發霉，故影響平均發芽率。

良的營養系。

9號營養系是2007年種子產量較多，2008年種子產量及種子百粒重最大的營養系，卻是2007年生長箱發芽率最差的營養系；又25號是2006年產量最大的營養系，卻是2008年種子百粒種及生長箱發芽率表現較劣的營養系。

容器種子園於2006、2007及2008年所收穫之種子產量差異甚多，經變方分析結果於不同結種年度及營養系間有顯著差異 (表3及表4)，種子百粒重及生長箱發芽率於3年間亦有顯著差異，但在種源及營養系間則無顯著差異。種子

產量之遺傳率約為1，種子百粒重及生長箱發芽率之遺傳率分別為0.11及0.31，顯示各營養系種子產量及生長箱發芽率皆受不同程度之遺傳控制，而種子產量遺傳率約為1明確受到遺傳的控制，故可作為選拔的依據及育種的目標。

各營養系種子產量以2006年最多，2008年最少但種子百粒重最大 (表4)。

(三) 種子園不同結種年度間結種總量、種子百粒重與發芽率之外表型相關性

經外表型相關性分析2006~2008年種子產量、種子百粒重與發芽率結果 (表5)。

表3. 2006~2008年臺灣肖楠容器種子園種子產量之變方成分及遺傳率

Table 3. The variance component and heritability of *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* containerized seed orchard from 2006 to 2008

變異原因 Source	自由度 DF	Type III SS	均方 MS	F值 F-value	P值 P-value	變方成分 Var.Comp.
YEAR	2	43.22	21.61	44.54	<0.0001	
PROV	2	2.93	1.46	3.02	0.0567	
FAMILY (PROV)	27	23.38	0.86	1.79	0.0329	0.14(22.22%)
Error	58	28.14	0.48	4.62		0.49(77.78%)
Total	89	97.67				0.63(100.00%)
heritability	$h^2=(0.14/0.49)*4 \div 1$					

表4. 2006~2008年容器種子園各營養系平均種子產量、百粒重及生長箱發芽率之比較

Table 4. The comparison of mean of families of seed yield, 100 seed weight and germination from containerized seed orchard from 2006 to 2008

採種年度 代號	平均種子產量 (g) ST	平均百粒重 (g) SW	平均生長箱發芽率 (%) GPP
2006	165.86 ± 104.36a	0.90 ± 0.14b	77.2 ± 12.7a
2007	77.07 ± 44.34b	0.85 ± 0.05b	84.9 ± 5.8a
2008	35.63 ± 32.62c	0.99 ± 0.12a	54.3 ± 13.8b
P值	<0.0001	<0.0001	<0.0001
遺傳率 (h ²)	1.0	0.11	0.31

註：1. 全部30個營養系表現之平均值，為單株小區故各營養系之單株數量約相同。

2. 以Tukey HSD Test進行各營養系之平均值多重比較，相同英文字母表示無差異；±：SD；n=30。

表5. 2006~2008年容器種子園各營養系種子產量、種子百粒重與發芽率之外表型相關性

Table 5. The phenotypic correlation of seed yield、100 seed weight and germination from containerized seed orchard from 2006 to 2008

TRAIT	ST06	ST07	ST08	SW06	SW07	SW08	GGP06	GGP07	GGP08
ST06		0.3221 (0.0826)	0.2219 (0.2387)	0.0777 (0.6833)	-0.0350 (0.8546)	0.01757 (0.9266)	0.3944 (0.0310)	-0.2112 (0.2625)	0.1092 (0.5655)
ST07	0.2823 (0.1307)		0.4860 (0.0065)	0.0653 (0.7315)	-0.2819 (0.1312)	0.0070 (0.9706)	-0.1410 (0.4574)	-0.0036 (0.9850)	0.0455 (0.8115)
ST08	0.1600 (0.3985)	0.3508 (0.0573)		-0.0683 (0.7200)	-0.1977 (0.2951)	0.3927 (0.0318)	0.0157 (0.9343)	-0.4546 (0.0116)	0.2605 (0.1645)
SW06	0.1146 (0.5466)	0.1115 (0.5576)	-0.0892 (0.6392)		-0.3812 (0.0376)	0.3498 (0.0581)	-0.1208 (0.5247)	-0.3526 (0.0560)	-0.0778 (0.6828)
SW07	-0.0700 (0.7146)	-0.2734 (0.1424)	-0.2879 (0.1229)	-0.3549 (0.0543)		-0.2993 (0.1081)	0.1722 (0.3629)	0.2217 (0.2391)	-0.3277 (0.0771)
SW08	0.0122 (0.9488)	0.0687 (0.7181)	0.4376 (0.0156)	0.3513 (0.0570)	-0.3155 (0.0895)		0.0130 (0.9457)	-0.3259 (0.0788)	0.4242 (0.0195)
GGP06	0.3348 (0.0706)	-0.0695 (0.7152)	0.0969 (0.6105)	-0.1165 (0.5398)	-0.0351 (0.8540)	0.0332 (0.8618)		0.0550 (0.7728)	0.2200 (0.2428)
GGP07	-0.1661 (0.3804)	0.0572 (0.7639)	-0.0977 (0.6076)	-0.4082 (0.0251)	0.4073 (0.0255)	-0.3304 (0.0736)	0.07308 (0.7012)		-0.0358 (0.8509)
GGP08	0.1584 (0.4032)	0.0488 (0.7980)	0.2989 (0.1086)	-0.1067 (0.5747)	-0.3659 (0.0468)	0.3633 (0.0485)	0.2410 (0.1996)	-0.0721 (0.7047)	

註：1. 括號內係P值（顯著水準 $P < 0.05$ ，以粗體顯示）。

2. 表中右上方係皮爾遜積差相關係數；左下方係史皮爾曼等級相關係數。

3. ST：種子產量；SW：百粒種子重；GGP：生長箱發芽率；06~08：種子收穫年度。

1. 種子產量

2007與2008年各營養系種子產量呈極顯著正相關 (0.4860, $P = 0.0065$)，即2007年種子產量多的營養系亦為2008年多產之營養系；2006與2007年亦有相同正相關的趨勢惟未達顯著 (0.3221, $P=0.0826$)。

2. 種子百粒重

2006與2007年各營養系種子百粒重為顯著負相關 (-0.3812, $P = 0.0376$)，即2006年種子百粒重大的營養系，於2007年之種子百粒重反而是較小的；2007與2008年在史皮爾曼相關分析亦有負相關之趨勢惟未達顯著 (-0.3155, $P = 0.0895$)；2006與2008年間則有正相關之趨勢惟

未達顯著 (0.3498, $P = 0.0581$)，故臺灣肖楠種子園各營養系種子百粒重可能受前年種子百粒重大小之影響，且為波動性之變化。

3. 生長箱發芽率

2006年所收穫之各營養系種子在生長箱發芽率與當年之種子產量呈顯著正相關 (0.3944, $P = 0.0310$)；即生長箱發芽率較大的營養系亦是種子產量較多的，其餘年度則無。在2007年之生長箱發芽率與當年之種子百粒重在史皮爾曼相關分析中呈顯著正相關 (0.4073, $P = 0.0255$)；即生長箱發芽率較大的營養系亦是種子百粒重較重的，2008年亦是正相關 (0.4242, $P = 0.0195$)，但2006年則無相

關。

2007年各營養系生長箱發芽率與2008年之種子產量在皮爾遜相關分析中呈顯著負相關 (-0.4546, $P = 0.0116$)，又兩年間之種子產量為顯著正相關 (0.4860, $P = 0.0065$)。2006年與2007年的種子百粒重為顯著負相關 (-0.3812, $P = 0.0376$)，顯示種子產量、種子百粒重及生長箱發芽率皆受前年表現之影響，即種子產量多的營養系在次年種子產量亦是較多的，但其種子百粒重及生長箱發芽率的表現則不一定。

四、討論

(一) 種子園與德基地區天然母樹之年度種子產量比較

林務局歷年之大量採種地區原為中橫公路青山段光明橋附近之天然臺灣肖楠母樹林，受1999年921大地震重創，僅存少數劫餘母樹且樹勢衰弱無種可採，因此往後幾年育苗需用種子多改至鄰近之德基地區天然母樹採種。

分析2006、2007及2008年等3年各營養系所收穫之種子產量確有差異 (表3及表4)，推測應為母樹受結種週期之影響，亦即與野外母樹同樣亦有豐欠年之現象 (徐仁賢, 1988; 郭寶章, 1989; 鍾永立、張乃航, 1990; 鍾永立, 1992; Mukassabi *et al.*, 2012)，至於種子園2007~2008年結種量較少，推測係受母樹本身生理狀況所影響。但與野外母樹之豐欠年顯然不同步 (表1)。由外表型相關性 (phenotypic correlation) 分析結果得出，當年度種子產量與種子百粒重及生長箱發芽率之表現無明確相關性，惟皆與前年度表現有相關性 (表5)，與 Mutke *et al.* 於2003年以 *Pinus pinea* 營養系種子園為材料之研究論點相同。

以出雲山地區之臺灣肖楠種子園而言，結種與否及量之多寡，推測應受母樹本身之生理及遺傳因子所主導，非僅由外在的日照、水份及氣候等環境因子等因素之影響。而其養分之供應及營養生長與生殖生長之制衡是否影響母樹開花及結種量、遺傳控制或生理作用為何，

則尚待進一步之研究。

(二) 種子園種子產量

本研究每個毬果平均僅收穫1-2個飽滿種子，與鍾振德和郭幸榮 (2005) 之研究相同。母樹並未進行開花結實促進 (如修枝、切根、施用GA、溫室培養及加強磷鉀施肥等)，僅為維持母樹正常生長勢於栽培容器介質中混入1/2之有機介質，於每年4月著果後，每株施放台肥5號50-60 g，每年施放1-2次，種子採收後 (10月) 施放長效性有機肥料每株1-2 kg，每年施放2-3次 (間隔1-2個月)，以補充母樹因開花結種所消耗之介質肥份 (李淑敏、姜保真, 2012)。若於種子園進行開花結實促進，是否能增加種子產量、抑或傷害處理是否會影響母樹樹勢？亦尚待進一步的試驗及探討。

鍾振德等人 (2001) 採用相同種源與方法，1998年8月於六龜及蓮華池建立類似之容器種子園隔年即開花，六龜第1、2年開花株數比例分別為69%、12.6%，蓮華池分別為12.2%、4.5%，第一年兩處皆未結種，第二年兩處可採得少量毬果且具飽滿種子，發芽率25-100%不等，該研究與本試驗有諸多相異處，如不同培養地點、培養容器及撫育管理方法等，但從其在第3年亦能收穫種子的初步結果，有助本試驗確定建立容器種子園為收穫臺灣肖楠種子實用且可行的方法。

(三) 種子園種子百粒重

以2006年9月收穫之種子百粒重為0.88 g 為例，推估千粒重為8.8 g，較鍾永立及張乃航 (1990) 之7.33g、鍾永立 (1992) 之8g較重，惟較同一年度採於豐原區之種子11.46 g輕，但較2004及2005年於德基地區 (海拔1,300-1,600 m) 採種之0.60 g及0.69 g重，符合生長於海拔較低母樹所生產之種子較大之原則，惟種子大小亦受氣候及肥料等因子之影響 (Annapurna *et al.*, 2005; Mutke *et al.*, 2005) 為不爭的事實。

(四) 種子園種子生長箱發芽率

2006年度收穫之種子於生長箱平均發芽率為77%，較郭寶章 (1989)、鍾永立及張乃

航 (1990) 16-40%、林上湖 (2006) 58.5%高，顯示容器種子園收穫之種子品質優良，深具實務應用及推廣之價值。依據鍾永立及胡大維 (1986b) 試驗指出臺灣肖楠之基本發芽率約 29%，以 24 小時光照，溫度 20°C 處理之發芽率最高為 46%，並建議最好於 - 20°C 冷藏，最長以 2 年為限。從本試驗以 2004 年於德基地區採集之種子，於 2006 年底進行發芽試驗仍有 45% 之發芽率 (基本發芽率以上)，可見種子採集、處理及冷藏技術已可掌握，而臺灣肖楠容器種子園具種子生產穩定品質優良之特異表現，故其設置可調節採種方式，尤其可減少連年於天然母樹刻意採種之需求，呈顯更經濟有效利用及保育珍貴之種子資源。

容器種子園收穫之種子發芽率相當高，歸因於當地環境適宜、種子本身遺傳性質良好，以及有熟練之育苗技術與集約管理 (李淑敏、彭水養, 2011)，及容器種子園內各營養系母樹皆健全生長之直接因素外，推測應為各母樹間距離較近，各營養系母樹間較易授粉，而園區不大可掌握種子成熟程度進行採種，採種後不需長途運輸，種子品質較易掌控有關。

(五) 種子園不同年度種子產量、百粒重及生長箱發芽率之變方分析

容器種子園於 2006、2007 及 2008 年種子產量經變方分析結果於不同結種年度、種源及營養系間有顯著差異 (表 3 及表 4)，與 Chaisurisri 及 El-Kassaby (1993)、Burczyk 及 Chalupka (1997)、Mutke 等 (2003) 研究結果相同；雖然 Prescher 等 (2007) 研究表示營養系間的遺傳變異較預期來的小，但其種子園營養系開花與結種性狀之廣義遺傳率 (H^2) 亦達 0.48；由於本研究顯示各營養系種子產量的狹義遺傳率 (h^2) 約為 1，及生長箱發芽率的狹義遺傳率為 0.31，遺傳率表示其性狀受遺傳控制的強度，即種子產量及生長箱發芽率之性狀表現在種子園中受遺傳不同程度之控制，尤其是種子產量狹義遺傳率約為 1，故可作為種子園母樹選拔之指標，惟尚需釐清與育種目標性狀如木材生產或抗病

等性狀之相關性。

以種子園為材料的研究中，如楊政川 (1981) 以香杉 (*Cunninghamia konishii*) 單親營養系種子為材料，指出苗圃發芽率為 2.75~31.25%，且在營養系內、營養系間及種源間皆有顯著差異；Parker 等 (2006) 以 *Pinus strobes* 精選過種子為材料之研究結果，亦指出生長箱發芽率在 95% 以上，而且在營養系間有顯著的差異；Krakowski 及 El-Kassaby (2005) 以 *Pinus contorta* var. *latifolia* 及 *Picea glauca* 為材料，以精選過種子實驗室發芽率之遺傳率分別為 0.70~0.97 及 0.95~0.97，發芽率在營養系間亦有顯著差異，而種源間則無；Annapurna 等於 2005 年以 *Santalum album* 為材料指出，在不同年度的不同營養系間其種子重量及發芽率皆有顯著差異。

以天然林母樹為研究對象如母樹林或種子生產區的研究，多指出種子重量及發芽率在各種源間呈顯著差異 (Mukherjee Roy *et al.*, 2004; Annapurna *et al.*, 2005; Ginwal *et al.*, 2005; Loha *et al.*, 2006; Zheng *et al.*, 2009)，Ginwal 等 (2005) 以 *Jatropha curcas* 為材料，指出種子大小及重量非受遺傳控制，但種子發芽率有高遺傳率及中度遺傳增益。本研究之種子百粒重及生長箱發芽率在種源及營養系間無顯著差異，遺傳率亦偏低，應為容器種子園的母樹選擇僅局限於天然分布區之小部份 (中部地區的 3 個種源)，即取樣區域過小未能充份表現臺灣肖楠族群之遺傳多樣性，故應再擴大母樹取樣範圍，方可釐清臺灣肖楠天然族群種子性狀之遺傳變異。

(六) 種子園不同結種年度間種子產量、種子百粒重與發芽率之外表型相關性

若以種子產量較多的 2006 年視為種子園的豐年，其當年度種子產量較多的營養系，並沒有較大的種子百粒重，但有較高的生長箱發芽率 (表 2)，但生長箱發芽率有隨產量增加而增加之趨勢 (表 5)。推測臺灣肖楠種子園母樹之種子百粒重應是受限於母樹本身養份之供應，

因母樹樹體不大，樹高皆在2 m以下，所累積的養分有限之故；又母樹以2 m之株行距集中排列於苗圃培養，母樹間容易授粉故發芽率較野外母樹高，發芽率可達70%以上。

種子園種子產量較少的2007及2008年若視為欠年，2008年種子百粒重較2006年豐年者為大，且2007年有較佳的生長箱發芽率(表2及表5)的表現推測，欠年主因母樹的生理習性影響，或因雌雄毬花開花時間不一致、數量不均或氣候劇變以致授粉狀況不佳，導致種子產量減少，而養份僅供應少量之毬果發育，故種子百粒重較大，分析結果與傳統野外母樹採種之豐年種子產量較多、種子較重且發芽率較好之原則不符，因僅為種子園3連年之實驗數據故仍有待持續之觀察印證。

至於2008年發芽率不佳，或因2008年採收種子之發芽試驗因人力及設備不足，於採種後經過-20°C冷藏兩個月才進行，並有10及18號營養系種子發霉以致影響發芽率下降。

若視2006年為豐年，2007及2008年為欠年，2006年之種子百粒重量未較2007及2008年重，且發芽率亦無顯著較好，但種子百粒重及發芽率之表現確實受到前一年結種量多寡之影響而隨之呈波動性之變化，且與變方分析結果相同，各營養系之種子性狀在3年間之表現有顯著之差異(表3)，推測應與母樹本身生理狀況有關，又種子百粒重及生長箱發芽率於3年間雖有顯著差異，但在分析中與豐欠年無明確之相關性(表5)。臺灣肖楠容器種子園之種子生產與野外天然母樹一樣有結實週期之變化，但其種子百粒重與生長箱發芽率之表現不受影響，可能因種子園母樹於苗圃培養集約管理，其種子品質似不受結種週期之影響，即無關產量或豐欠年品質皆相當穩定良好。

臺灣肖楠種子園各營養系種子百粒重受前年種子百粒重大小之影響，且為波動性之變化。推測種子產量與種子百粒重似與母樹本身養份之消耗有關，即受生理作用之控制，因未配合氣候、降雨等環境及栽培管理如施肥量等

資料分析，故確實之原因尚無法得知，本文僅為種子園初期種子產量與品質之調查分析，應再長期持續調查研究，方可釐清種子園中影響種子產量及品質之因子，並進一步掌握應用於種子生產實務中。

五、結論

臺灣肖楠容器種子園於未進行開花結實處理下，於建立3年後開始收穫種子，以2002~2010年之種子產量而言，因母樹於苗圃培養集約管理，後續並具熟練之種子採集、處理及冷藏技術之故，無關產量或豐欠年種子品質皆相當穩定良好，平均種子百粒重達0.85 g以上，生長箱發芽率可達70%以上的表現，並已培育10萬株以上優質苗木(李淑敏、姜保真，2012)，提供為後裔試驗及復育造林之用，達成種子園設立之初期目標(Hinkle, 1969、陳啓峰，1984)。

可預見臺灣肖楠容器種子園之經營除能降低非常多的採種成本外，因其具種子生產之穩定性成為採種的主要處所，即可減少連年於天然母樹大量採種之需求，能更經濟及有效利用之。各營養系之表現今後尚待與實生苗於苗圃之苗木培養及造林地之後裔生長表現一併評估，方可做為種子園日後營養系選汰之參考，即需進一步進行苗木品質及後裔試驗之相關研究及探討，以了解種子園之在林業中所能發揮之實際效益，以達成「保育」及「生產」之雙重目標。

六、引用文獻

- 王明庥(2001) 林木遺傳育種學。中國林業出版社。242-243頁。
- 呂勝由(1996) 臺灣稀有及瀕危植物之分級彩色圖鑑(I)。行政院農業委員會第3頁。
- 李淑敏(1997) 利用無性繁殖法做臺灣肖楠營養系種子園之遺傳測試。中興大學森林學研究所碩士論文。50頁。
- 李淑敏、姜保真(2012) 出雲山苗圃臺灣肖楠容

- 器種子園建立及管理技術記要。臺灣林業 38(4) : 33-40。
- 李淑敏、彭水養 (2011) 出雲山苗圃臺灣肖楠育苗技術記要。環境綠化 55 : 37-48。
- 林上湖 (2006) 光對臺灣肖楠種子發芽與幼苗生長之影響。靜宜大學生態學研究所碩士論文。57頁。
- 胡大維 (1992) 臺灣肖楠遺傳結構與營養系選擇研究(二)。中低海拔闊葉樹林之研究。八十年成果報告彙編。行政院農業委員會。81-83頁。
- 姜家華等 (1999) 林木遺傳與育種學。國立編譯館。83-103頁。
- 徐仁賢 (1988) 臺灣肖楠育苗與造林。現代育林 3(2) : 70-72。
- 陳啓源、李瓊都、廖文志 (1993) 促進香杉肖楠種子園開花結實。中正農業科技社會公益基金會。八十年農業科技事業執行成果報告 133-136頁。
- 陳啓峰 (1984) 臺灣之林木改良事業。行政院農業委員會(農發會) 林業特刊第七號 6-12頁。
- 郭寶章 (1989) 育林學各論。國立編譯館。97-104頁。
- 郭寶章 (1995) 臺灣貴重針葉五木。中華林學叢書 956號。中華林學會。423-471頁。
- 許博行 (1990) 臺灣林業苗木培育文獻索引。行政院農業委員會及中興大學森林系 II 頁。
- 楊政川 (1981) 香杉單親後裔檢驗之早期結果。中華林學季刊 14(4) : 41-54。
- 劉業經 (1979) 臺灣經濟樹木育林學(一)。國立中興大學農學院。211-218頁。
- 劉業經、呂福原、歐辰雄 (1988) 臺灣樹木誌。國立中興大學農學院。94-96頁。
- 鍾永立、胡大維 (1986a) 省產五種重要針葉樹種子儲藏試驗。林業試驗所研究報告第 467號 1-8頁。
- 鍾永立、胡大維 (1986b) 光期與溫度變化對臺灣肖楠種子發芽之效應。林業試驗所研究報告季刊 1(2) : 63-70。
- 鍾永立、張乃航 (1990) 臺灣重要林木種子技術要覽。林業試驗所林業叢刊第 35號 7-8頁。
- 鍾永立 (1992) 園林中的老樹新秀—臺灣肖楠的培育。現代育林 8(1) : 51-54。
- 鍾振德、郭幸榮、楊政川 (1998) 臺灣肖楠開花結實之研究。林木種源交流研討會論文集。林業叢刊第 88號 17-24頁。
- 鍾振德、郭幸榮、楊政川 (2001) 重建臺灣肖楠營養系種子園以促進開花結實之初期結果。臺灣林業科學 16(3) : 181-196。
- 鍾振德、郭幸榮 (2005) 臺灣肖楠之生殖週期。臺灣林業科學 20(4) : 315-329。
- Annapurna, D., T. S. Rathore and P. V. Somashekhar (2005) Impact of clones in a clonal seed orchard on the variation of seed trait, germination and seedling growth in *Santalum album* L. *Silvae genetica* 54(4-5): 153-160.
- Berenson, M. L., D. M. Levine, and M. Goldstein (1983) Intermediate statistical methods and applications 1st Ed. Prentice-Hall Inc. New Jersey U. S. A. p.53-73.
- Burczyk, J. and W. Chalupka (1997) Flowering and cone production variability and its effect on parental balance in a Scots pine clonal seed orchard. *Annals of Forest Science* 54: 129-144.
- Chaisurisri, K. and Y. A. El-Kassaby (1993) Estimation of clonal contribution to cone and seed crops in a Sitka spruce seed orchard. *Annals of Forest Science* 50: 461-467.
- Hinkle, E. H. (1969) Final report silviculture and forest genetics in Taiwan. Forest and forest industry development project. A project of the Republic of China assisted by the united nations development program and the food and agriculture organization of the United

Nations. pp162.

- Ginwal, H. S., S. S. Phartyal, P. S. Rawat and R. L. Srivastava (2005) Seed Source variation in morphology, germination and seedling growth of *Jatropha curcas* Linn. in central India. *Silvae genetica* 54(2): 76-80.
- Greenwood, M. S. (1981) Reproductive development in loblolly pine. II. The effect of age, gibberellin plus water stress and out-of-phase dormancy on long shoot growth behavior. *American Journal of Botany* 68(9): 1184-1190.
- Ho, R. H. (1991) Promotion of cone production in potted black-spruce grafts, using gibberellins, heat-treatment and root-pruning. *Forest Ecology and Management*, 40: 261-269.
- Johnsen, O., O. G. Daehlen, G. Haug, B. S. Gronstad, and A. T. Rognstad (1994) Seed cone abortion and full seed production in an indoor seed orchard with potted grafts of *Picea abies*. *Scandinavian Journal of Forest Research* 9(4): 329-332.
- Krakowski, J. and Y. A. EL-Kassaby (2005) Lodgepole pine and white spruce germination: effect of stratification and simulated aging. *Silvae Genetica* 54(3): 138-144.
- Lambeth, C. C. and M. S. Greenwood (1985) Accelerated breeding and testing of Loblolly pine in the southern U. S. A. In: *Forest tree improvement 20. Proceedings from a meeting on Early testing \ juvenile-mature correlations \ and accelerated generation turn-over, held in Horsholm. Denmark.* p27-44.
- Loha, A., M. Tigabu., D. Teketay, K. Lundkvist and A. Fries (2006) Provenance variation in seed morphometric traits, germination, and seedling growth of *Cordia africana* Lam. *New Forests* 32: 71-86.
- Mukassabi, T. A., A. Polwart, T. Coleshaw and P. A. Thomas (2012) Scots pine seed dynamics on a waterlogged site. *Trees* 26: 1305-1315.
- Mukherjee Roy, S., R. C. Thapliyal and S. S. Phartyal (2004) Seed source variation in cone, seed and seedling characteristic across the natural distribution of Himalayan low level pine *Pinus roxburghii* Sarg. *Silvae genetic* 53(3): 116-123.
- Mutke, S., J. Gordo, J. Climent, and L. Gil (2003) Shoot growth and phenology modelling of grafted Stone pine (*Pinus Pinea* L.) in inner Spain. *Annals of Forest Science* 60: 527-537.
- Mutke, S., J. Gordo, and L. Gil (2005) Cone yield characterization of a stone pine (*Pinus Pinea* L.) clone bank. *Silvae Genetica*. 54(4-5): 189-197.
- Owens, J. N., J. Øystein, O. G. Daehlen, and T. Skroppa (2001) Potential effects of temperature on early reproductive development and progeny performance in *Picea abies* (L.). *Scandinavian Journal of Forest Research* 16: 221-227.
- Parker, W. C., T. L. Noland, and A. E. Morneault (2006) The effects of seed mass on germination, seedling emergence, and early seedling growth of eastern white pine (*Pinus strobes* L.). *New forests* 32: 33-49.
- Philipson, J. J. (1992) Optimal conditions for inducing coning of container-growth *Picea sitchensis* grafts: effects of applying different quantities of GA_{4/7}, timing and duration of heat and drought treatment, and girdling. *Forest Ecology and Management*. 53: 39-52.
- Prescher, F., D. Lindgren, C. Almqvist, J. Kroon, T. A. Lestander and T. Mullin (2007) Female fertility variation in mature *Pinus sylvestris* clonal seed orchards. *Scandinavian Journal*

- of Forest Research 22: 280-289.
- van Buijtenen, J. P. and J. L. Yeiser (1989) Exercise in quantitative genetics of forest trees. 1st Ed. Forest genetics laboratory Texas A & M University. U.S.A 106 pp.
- White, T. L., W. T. Adams, and D. B. Neale (2007) Forest Genetics. Cromwell Press. U.K. pp503.
- Zheng, Y. L., W. B. Sun, Y. Zhou and D. Coombs (2009) Variation in seed and seedling traits among natural population of *Tribonobalanus doichangensis* (A. Camus) Forman (Fagaceae), a rare and endangered plant in southwest China. New forests 37: 285-294.
- Zobel, B. and J. Talbert (1984) Applied forest tree improvement. 1st Ed. John Wiley and Sons Inc. pp505.

附錄1. 出雲山地區臺灣肖楠種子園之母樹種源記錄

Table 1. The provenances of *Calocedrus macrolepis* var. *formosana* seed orchard at Chu-yun-shan

營養系編號	種源	海拔 (m)	胸徑 (cm)	樹高 (m)	母樹年齡 (概約)
1	青山	1,270	93	24	310
2	青山	1,270	100	21	410
3	青山	1,260	150	26	620
4	青山	1,250	76	22	310
5	青山	1,320	47	16	180
6	青山	1,320	38	15	160
7	青山	1,330	73	15	310
8	青山	1,330	50	21	200
9	青山	1,300	118	26	490
10	青山	1,320	86	24	(缺)
11	青山	1,320	54	24	230
12	青山	1,390	50	18	200
13	青山	1,320	70	18	(缺)
14	青山	1,350	76	18	310
15	青山	1,350	46	18	180
16	青山	1,300	62	20	250
17	谷關	1,000	38	27	(缺)
18	谷關	1,000	38	27	(缺)
19	谷關	1,000	31	23	(缺)
20	青山	1,320	123	21	500
21	青山	1,320	135	24	550
22	青山	1,380	133	22	550
23	青山	1,500	74	19	300
24	青山	1,480	110	22	450
25	龍眼林	650	72	24	(缺)
26	龍眼林	650	82	25	(缺)
27	龍眼林	650	84	24	(缺)
28	龍眼林	650	90	25	(缺)
29	龍眼林	650	70	24	(缺)
30	龍眼林	650	82	24	(缺)

說明：青山 (光明橋) 及谷關 (八仙山) 行政區為臺中市和平區，龍眼林 (龍鳳瀑布) 位南投縣中寮鄉。(資料來源：林務局東勢林區管理處臺灣肖楠母樹記載表)

