

## 研究報告

## 香葉樹、大香葉樹、臺灣雅楠、紅葉樹與山龍眼種子的儲藏性質

簡慶德<sup>1,3)</sup> 楊正釗<sup>1)</sup> 林讚標<sup>2)</sup>

### 摘要

本文旨在探討樟科3樹種和山龍眼科2樹種種子的儲藏性質，同時調查低溫濕藏對保存種子活力之效應。香葉樹和大香葉樹新鮮種子含水率分別為50.2和33.5%，發芽率分別為38.5和100%，然後被乾燥至各種不同含水率，並儲藏在-20、4和15°C。當此2樹種種子含水率降至9-11%時，種子發芽率仍保持最初新鮮種子的75%或更高，然發芽率隨儲藏時間增加而降低，4°C儲藏3個月後的發芽率已降為最初的30%左右，6個月後種子已無活力。種子在15°C的儲藏效果沒有4°C佳，且種子完全無法儲藏-20°C。因此，香葉樹和大香葉樹種子能忍受部分乾燥，但無法忍受零下低溫儲藏，可歸類為中間型的儲藏性質，但因其有效的乾藏期間很短，與其他中間型種子相比較，仍可細分為中間偏濕儲型態。臺灣雅楠、紅葉樹和山龍眼等種子皆對乾燥敏感，歸類為濕儲型。本研究5樹種種子皆能在低溫4°C下層積濕藏，依樹種不同其活力保存6至24個月不等，且低溫濕藏能顯著地降低種子平均發芽天數，達到發芽迅速整齊的效果。

關鍵詞：種子儲藏性質、濕儲型、中間型、香葉樹、大香葉樹、臺灣雅楠、紅葉樹、山龍眼。  
簡慶德、楊正釗、林讚標。2003。香葉樹、大香葉樹、臺灣雅楠、紅葉樹與山龍眼種子的儲藏性質。  
台灣林業科學19(2):119-31。

### Research paper

## Seed Storage Behavior of *Lindera communis*, *Lindera megaphylla*, *Phoebe formosana*, *Helicia cochinchinensis*, and *Helicia formosana* in Taiwan

Ching-Te Chien,<sup>1,3)</sup> Jeng-Chuann Yang,<sup>1)</sup> Tsan-Piao Lin<sup>2)</sup>

### 【 Summary 】

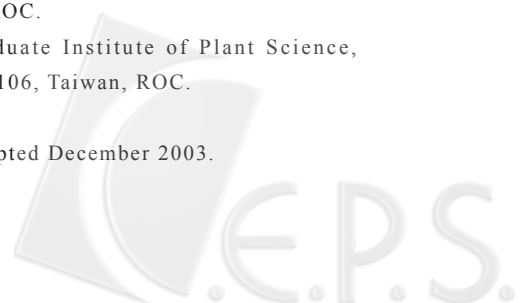
Seed storage behavior of *Lindera communis*, *L. megaphylla*, and *Phoebe formosana*

<sup>1)</sup> 行政院農業委員會林業試驗所育林組，100台北市南海路53號 Division of Silviculture, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 100, Taiwan, ROC.

<sup>2)</sup> 國立台灣大學植物科學研究所，106台北市羅斯福路4段1號 Graduate Institute of Plant Science, National Taiwan University, No. 1, Roosevelt Rd., Sec. 4, Taipei 106, Taiwan, ROC.

<sup>3)</sup> 通訊作者 Corresponding author, e-mail: chien@serv.tfri.gov.tw

2003年9月送審 2003年12月通過 Received September 2003, Accepted December 2003.



representing the Lauraceae, and *Helicia cochinchinensis*, and *H. formosana* representing the Proteaceae were studied. Effect of cold storage in moist sphagnum on retaining viability was also investigated for seeds of the 5 species. Seeds of the 5 species were dehydrated to various water contents, and stored at -20, 4, and 15°C for 1 y. Water contents of freshly harvested *L. communis* and *L. megaphylla* seeds were 50.2 and 33.5%, and germination percentages were 38.5 and 100%, respectively. When seeds of the 2 species were dried to water contents of 9~11%, their viability was maintained at 75% or greater of the original germination percentages. However, the seed viability decreased with an increase in storage time. The germination percentage decreased to 30% of the initial germination under 4°C storage for 3 months and decreased to nil at 6 months. Seeds stored at 15°C were not as good as those at 4°C, and all of those stored at -20°C were dead. Thus, the partial desiccation tolerance and freezing sensitivity of *L. communis* and *L. megaphylla* seeds are recognized as intermediate storage behavior. After further comparison with other species of the intermediate type, we believe that their properties lie between the intermediate and recalcitrant types due to their shorter effective storage period. Seeds of *P. formosana*, *H. cochinchinensis* and *H. formosana* were sensitive to desiccation and are characterized as having recalcitrant storage behavior. Seeds of the 5 species were capable of being stored for 6 to 24 months depending on species at moist-chilled temperature of 4°C with moist sphagnum, and mean germination time also gradually shortened following storage time.

**Key words:** seed storage behavior, recalcitrant type, intermediate type, *Lindera communis*, *Lindera megaphylla*, *Phoebe formosana*, *Helicia cochinchinensis*, *Helicia formosana*.

**Chien CT, Yang JC, Lin TP. 2003.** Seed storage behavior of *Lindera communis*, *Lindera megaphylla*, *Phoebe formosana*, *Helicia cochinchinensis*, and *Helicia formosana* in Taiwan. *Taiwan J For Sci* 19(2):119-31.

## 緒言

種子壽命因植物種類的不同而有相當大的差異。Roberts (1973)曾對種子的儲藏性質(storage behavior of seeds)介紹兩個新名詞：乾(正)儲型(orthodox type)和濕(異)儲型(recalcitrant type)。乾儲型種子成熟時的含水率較低，且繼續乾燥種子至含水率1~5%後也不會影響其活力，然當發芽環境適宜，這些乾燥種子能完全恢復代謝活力，發芽生長。有些乾儲型種子含水率降低至 $5 \pm 1\%$ ，密封儲藏在-18°C時，其種子活力可維持達百年或更長久(IBPGR 1976)。濕儲型種子成熟時的含水率較高，易遭受乾燥傷害，且對低溫敏感，通常不耐零下低溫儲藏。此外，一些濕儲型種子也會遭受零上低溫的寒冷傷害(chilling injury)，尤其是一些熱帶樹種的種子無法在5°C左右的溫度儲藏。至今，尚無成功方法可解決濕儲型完整種

子的長期儲存問題。

由於上述Roberts所做的種子儲藏性質分類—乾儲型和濕儲型，並不能滿足我們目前對這麼多植物種子在儲藏分類上的需求，例如阿拉伯咖啡(Ellis et al. 1990, Hong and Ellis 1995)、油椰子(Ellis et al. 1991)、柑橘類種子(Hong and Ellis 1995)，顯示另一種介於乾儲型和濕儲型中間的儲藏性質，依樹種不同這類種子含水率能降至7~12%，成功地被密封儲藏，然而更低的種子含水率將導致種子的敗壞死亡，且對零下低溫敏感(freezing sensitivity)，只有數個月至1年的儲藏壽命，故稱此類種子為中間型(intermediate type) (Hong and Ellis 1996)。中間型一般適當的儲藏條件為將種子含水率降至10~12%，儲藏在10°C以內的零上溫度。

臺灣位處亞熱帶地區，種子的儲藏性質有

乾儲型和濕儲型外，最近亦發現不少中間型的種子。乾儲型有針葉樹松科、杉科、柏科之毬果種子(Chung and Hu 1986)和闊葉樹小粒種子的台灣赤楊、楓香、木荷、大頭茶、黃連木、臺灣欒樹(Yang et al. 2000)、烏心石(Lin 1996b)和山櫻花(Shu et al. 2000)等；濕儲型有殼斗科種子(Lin 1995)和樟科種子(Lin and Chen 1993, Chien et al. 1994, Chien et al. 1995, Lin and Chien 1995, Chien and Yang 1997)等；中間型有樟樹(Chien and Lin 1999)和香桂(*Cinnamomum subavenium*)、大香葉樹(*Lindera megaphylla*)、小芽新木薑子(*Neolitsea parvigemma*) (Lin 1996a)等種子，這類型種子不像濕儲型種子，依樹種不同其種子能忍受乾燥的程度也不一樣。

為持續對濕儲型和中間型種子之儲藏性質差異能再進一步探討，本研究選擇樟科香葉樹(*Lindera communis* Hemsl.)、大香葉樹(*Lindera megaphylla* Hemsl.)、臺灣雅楠(*Phoebe formosana* (Hayata) Hayata)和山龍眼科紅葉樹(*Helicia cochinchinensis* Lour.)、山龍眼(*Helicia formosana* Hemsl.)等5種樹種，研究瞭解它們的種子儲藏性質，並結合本土和國外已知其他濕儲型和中間型的林木種子加以討論。

## 材料與方法

### 一、果實採集與處理

(一)香葉樹(Fig. 1A)果實於1998年11月10日採於高雄鳳崗山(Fengkangshan, Kaohsiung County)之單一母樹，海拔高度1,460 m。果實採收時因果皮多尚呈綠色，僅約3%果皮呈成熟之紅色，故果實帶有枝葉採收，攜回於溫室內噴水後熟至當年12月3日，再洗去軟化變紅黑的果皮及果肉，隨即將純淨的種子於室內表面陰乾，並開始進行新鮮種子含水率測定與乾濕藏試驗。

(二)大香葉樹又稱大葉釣樟(Fig. 1B)，果實於1999年11月16日採於中橫宜蘭支線南山(Nanshan, Ilan County)之單一母樹，海拔高度1,360 m。果實採收時完全呈現成熟黑色的狀

態，於溫室噴水2 d後洗去果肉，種子品質甚優，幾無浮水空粒。隨即將純淨的種子於室內表面陰乾，並開始進行新鮮種子含水率測定與乾濕藏試驗。

(三)臺灣雅楠(Fig. 1C)果實於1998年10月22日採於宜蘭明池(Mingchih, Ilan County)之單一母樹，海拔高度1,105 m。果實採收時部分果皮仍呈未熟之綠色，故帶枝葉採收果實，攜回於溫室內噴水後熟，再洗去變黑軟化的果皮及果肉，隨即將純淨的種子於室內表面陰乾，並開始進行新鮮種子含水率測定與乾濕藏試驗。

(四)紅葉樹(Fig. 1D)果實於1997年11月20日採於屏東大漢林道(Dahan Forestry Rd., Pingtung County)之單一母樹，海拔高度1,240 m。果實採收時約有50%已呈完全成熟之黑色，其餘綠果也已開始轉黑。本種因內果皮與外果皮均甚薄，且與種仁緊密接合，其間並無果肉存在，故單一果實可即謂種子。淘汰小粒種子，用稀釋1,000倍億力消毒，並於室內種子表面陰乾後開始進行新鮮種子含水率測定與乾濕藏試驗。

(五)山龍眼(Fig. 1E)果實於1998年4月24日採自宜蘭福山(Fushan, Ilan County)之二株母樹，海拔高度650 m。果實採收時外種皮已呈硬革質之黃褐色，種仁呈密實之紫白色，已達成熟階段。種實採回後立即以水選方式淘汰2%之浮水輕粒及小粒。本種果實與紅葉樹一樣，難以將果皮去除，故果實即可謂種子。本種種子之大小差異頗大，實驗的種子直徑從1.2~3.2 cm不等，但大多在1.5~2.0 cm之間。陰乾後的種子開始進行新鮮種子含水率測定與乾濕藏試驗。

### 二、乾藏種子含水率之控制

香葉樹種子利用LiCl, MgCl<sub>2</sub>, NaCl等飽和鹽溶液在15°C環境下乾燥，控制種子含水率3.6, 8.3, 11.1%，及室內陰乾一日的方式，控制含水率38.2%等四級。大香葉樹種子在室內利用風扇緩慢乾燥2.5 d，控制種子含水率9.2%，並利用矽膠乾燥劑(silica gel)之急速乾燥方式控制種子

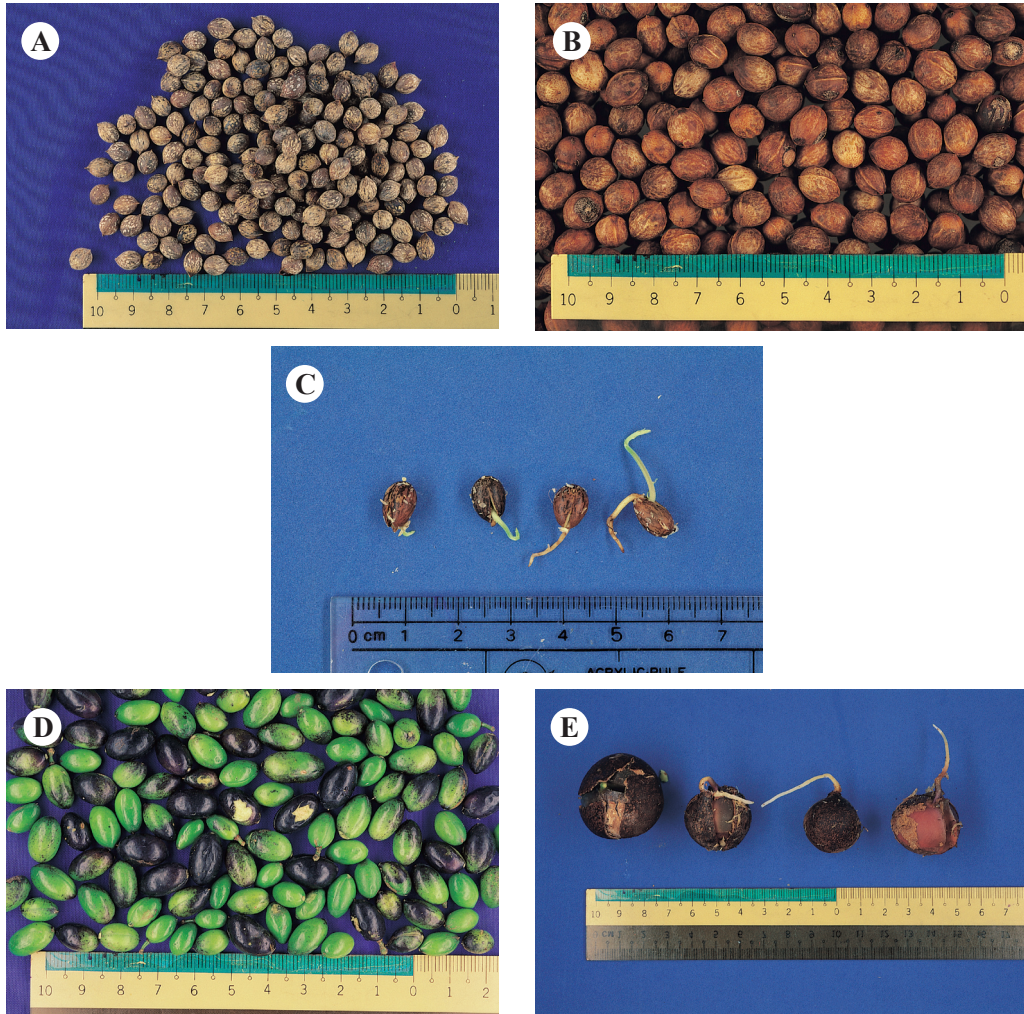


Fig. 1. A, *Lindera communis* Hemsl.; B, *L. megaphylla* Hemsl.; C, *Phoebe formosana* (Hayata) Hayata; D, *Helicia cochinchinensis* Lour.; and E, *H. formosana* Hemsl.

含水率5.7, 10.1, 15.0和19.0%等五級。臺灣雅楠種子以LiCl, MgCl<sub>2</sub>等飽和鹽溶液在15°C環境下乾燥, 控制種子含水率20.8和31.8%, 與原新鮮種子含水率49.3%共得三級。紅葉樹成熟種子甚難乾燥, 故以急速乾燥機先降低大量水分後再以LiCl, MgCl<sub>2</sub>及NaCl等飽和鹽溶液在15°C環境下乾燥, 控制種子含水率8.7, 11.9及25.3%等三級。山龍眼成熟種子亦甚難將水分抽離, 故採用急速乾燥機配合吸濕能力較強的LiCl飽和鹽溶液, 控制種子含水率16.2, 27.5及38.5%等三級。

上述五種各不同等級含水率種子立刻以

鋁箔袋分裝密封, 分別儲藏於-20, 4及15°C溫度, 再依試驗設計每隔一段時間作發芽試驗, 以檢定種子生活力(viability), 並以種子發芽率(germination percentage)表示之。有關利用過飽和鹽溶液處理種子含水率過程, 可參考Chien et al. (1994)報告。

### 三、低溫4°C層積濕藏處理

低溫層積濕藏是將適量種子混合濕水苔, 放入PE封口塑膠袋(厚度0.04 mm), 儲藏4°C。水苔與水比值約100/400 (w/w)。然後依各樹

種之不同試驗設計，分別定期取出進行發芽試驗。低溫濕藏期間仍需保持水苔含水量約為水苔乾重量之4倍，同時每個月打開PE封口袋，翻動水苔提供新鮮空氣，並補充適量水分。

#### 四、種子含水率測定與發芽方法

乾濕藏種子於試驗各階段均進行含水率測定，香葉樹、大香葉樹及台灣雅楠每重複逢機取5粒種子，紅葉樹及山龍眼則各取2粒，每粒種子均切成4 mm以下小塊後進行103°C和17 h之烘乾(ISTA 1996)，每一樹種重複4次，以鮮重與乾重差計算種子含水率，並以鮮重表示之。

發芽試驗之每一處理重複數與每重複之種子粒數依各樹種種子量多寡而異。大香葉樹每處理3重複，每重複40粒；香葉樹、臺灣雅楠與紅葉樹每處理4重複，每重複30粒；山龍眼每處理4重複，每重複10粒。發芽試驗以30°C/20°C變溫，12 h光照條件下進行，胚根突出5 mm視為發芽，每週記錄一次發芽數，以8(紅葉樹及山龍眼)、12(香葉樹)或16 wk(大香葉樹及臺灣雅楠)發芽期所得計算其發芽率及平均發芽時間。為瞭解各處理種子之發芽速率(germination rate)，依照下列公式計算平均發芽時間(mean germination time, MGT)，以天(d)為單位(Kotowski 1962)。MGT =  $(\sum n_i t_i) / N$ ， $n_i$ 表示種子從播種試驗開始之 $t_i$ 天的發芽數，而N表

示至試驗結束止之總發芽數。平均發芽時間可以告訴我們這批處理種子的發芽速度，並瞭解種子的發芽整齊度。

乾藏種子於發芽前需先置於盛有純水之密閉壓力箱內吸濕一日，目的在避免種子發芽時可能造成之浸潤傷害(imbibition damage)(Ellis et al. 1990)。種子發芽仍使用濕水苔介質，水苔含水量約為水苔乾重量的4倍。

試驗得到的數據以SAS套裝軟體做變方分析(ANOVA)，當差異顯著時再以鄧肯氏多變域分析法分析各處理間之差異顯著性，差異基準為5%。

## 結果

### 一、五樹種新鮮種子的發芽率與平均發芽時間

新鮮種子採集地點、日期、含水率、每公升種子粒數、發芽率及平均發芽時間等摘要於Table 1。五樹種新鮮種子即播之發芽率分別是香葉樹38.5%，平均發芽時間38 d；大香葉樹100%，平均發芽時間為51 d；臺灣雅楠72.5%，平均發芽時間為49 d；紅葉樹99.2%，平均發芽時間為35 d；山龍眼94.6%，平均發芽時間為26 d。每公升種子粒數以香葉樹和臺灣雅楠最多超過4,000粒，山龍眼最少僅有81粒。

**Table 1. Descriptions of the 5 species after seed collection**

Species	Origin (elevation)	Date collected	Moisture content (% wet basis)	Seeds (no./L)	Germination of fresh seeds (%) (mean germination time, d)
<i>Lindera communis</i> (香葉樹)	Fengkangshan, Kaohsiung (1460 m)	10 Nov. 1998	50.2	4375	38.5 ± 8.9 (37.7)
<i>Lindera megaphylla</i> (大香葉樹)	Nanshan, Ilan (1360 m)	16 Nov. 1999	33.5	1016	100 (50.7)
<i>Phoebe formosana</i> (台灣雅楠)	Mingchih, Ilan (1105 m)	22 Oct. 1998	49.3	4435	72.5 ± 8.3 (48.7)
<i>Helicia cochinchinensis</i> (紅葉樹)	Dahan Forestry Rd., Pingtung (1240 m)	20 Nov. 1997	69.0	1668	99.2 (35.4)
<i>Helicia formosana</i> (山龍眼)	Fushan, Ilan (650 m)	24 Apr. 1998	49.7	81	94.6 ± 6.3 (25.6)

## 二、低溫4°C層積對種子儲藏與發芽促進之效果

(一)香葉樹種子經4°C層積24個月後的發芽率與原新鮮種子發芽率無顯著差異，但發芽速度增加，即種子平均發芽時間(MGT)隨層積時間的延長而逐漸縮短，從新鮮種子38 d降至層積2個月後的28.8 d；8個月後的19.1 d；18個月後的12.2 d (Table 2)。種子含水率在24個月儲藏期間無顯著改變。

(二)大香葉樹種子經4°C層積12個月後仍維持高發芽率89.9%，與原新鮮種子發芽率比較並無顯著差異，但延長儲藏期至18個月則降低至61.9%，至24個月後活力完全喪失(Table 3)。種子平均發芽時間隨低溫濕藏時間增加而減少，從新鮮種子50.7 d降至濕藏1個月的34 d，3個月的17.7 d；9個月的7.7 d。種子含水率在濕藏9個月內無顯著變化，但12個月或以上則有升高的趨勢，這可能是瀕臨或死亡的種子會吸附較多水分之故。

(三)臺灣雅楠新鮮種子發芽率72.5%，在4°C層積24個月內均能維持與原新鮮種子相近之發芽率，尤其在濕藏7個月內發芽率略有提升，然濕藏24個月的發芽率在統計上並無顯著差異(Table

4)。種子平均發芽時間在新鮮種子需要48.7 d，然隨4°C層積時間的增加，其平均發芽時間逐漸下降，濕藏1個月後降為38.1 d，3個月後降為23 d，其後12個月內均維持在21-24 d，顯示低溫層積處理能增加種子的發芽速度。

(四)紅葉樹新鮮種子發芽率99.2%，經4°C層積儲藏10個月，其發芽率仍維持在90%左右，且儲藏過程中種子平均發芽時間由原新鮮種子35.4 d逐漸減少至8.0 d，發芽速率增加(Table 5)。種子含水率在儲藏過程中維持在70%左右，無顯著變化。

(五)山龍眼新鮮種子發芽率94.6%，經4°C層積6個月後之發芽率仍維持在90%以上(Table 6)。種子平均發芽時間隨儲藏時間增加而逐漸下降。種子含水率在儲藏期間稍有升高，然在統計上無顯著差異。

## 三、乾藏對種子活力之影響

(一)香葉樹新鮮種子含水率和發芽率分別為50.2和38.5%。當種子乾燥至含水率3.6, 8.3, 11.1及38.2%時，立即播種之發芽率分別是1.7, 22.5, 38.3及50.8% (Fig. 2)，可見本種種子不能忍受

**Table 2. Survival of *Lindera communis* seeds at 4°C stratification**

	1 mo	2 mo	3 mo	5 mo	8 mo	12 mo	18 mo	24 mo
Germination (%)	38.1 <sup>a</sup> ±4.3	39.5 <sup>a</sup> ±8.1	40.8 <sup>a</sup> ±7.6	39.6 <sup>a</sup> ±12.1	45.1 <sup>a</sup> ±18.1	42.5 <sup>a</sup> ±4.6	50.0 <sup>a</sup> ±11.6	35.3 <sup>a</sup> ±12.7
Mean germination time (d)	31.9 <sup>a</sup> ±3.2	28.8 <sup>a</sup> ±1.4	32.4 <sup>a</sup> ±2.4	28.9 <sup>a</sup> ±2.8	19.1 <sup>b</sup> ±1.2	18.6 <sup>b</sup> ±1.2	12.2 <sup>c</sup> ±2.7	13.8 <sup>c</sup> ±1.9
Moisture content (%)	47.4 <sup>abc</sup> ±5.3	43.4 <sup>c</sup> ±5.2	49.7 <sup>abc</sup> ±4.4	48.0 <sup>abc</sup> ±4.3	52.9 <sup>a</sup> ±1.4	44.7 <sup>bc</sup> ±3.2	50.0 <sup>abc</sup> ±2.0	50.8 <sup>ab</sup> ±1.4

<sup>1)</sup> Means ( $n = 4$ ) with the same letter in a row do not significantly differ ( $p = 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

**Table 3. Survival of *Lindera megaphylla* seeds at 4°C stratification**

	1 mo	3 mo	5 mo	7 mo	9 mo	12 mo	18 mo	24 mo
Germination (%)	96.4 <sup>a</sup> ±0.1	98.9 <sup>a</sup>	98.9 <sup>a</sup>	93.3 <sup>a</sup> ±2.7	97.6 <sup>a</sup> ±1.7	89.9 <sup>a</sup> ±7.1	61.9 <sup>b</sup> ±8.9	0
Mean germination time (d)	35.0 <sup>a</sup> ±4.7	17.7 <sup>b</sup> ±0.9	15.6 <sup>b</sup> ±0.6	8.8 <sup>c</sup> ±0.9	7.7 <sup>c</sup> ±0.3	10.8 <sup>c</sup> ±1.8	17.7 <sup>b</sup> ±0.7	-
Moisture content (%)	35.0 <sup>c</sup> ±3.5	39.4 <sup>bc</sup> ±2.2	37.8 <sup>c</sup> ±1.9	37.0 <sup>c</sup> ±1.7	39.6 <sup>bc</sup> ±2.2	43.2 <sup>ab</sup> ±1.5	47.8 <sup>a</sup> ±1.4	-

<sup>1)</sup> Means ( $n = 3$ ) with the same letter in a row do not significantly differ ( $p = 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

**Table 4. Survival of *Phoebe formosana* seeds at 4°C stratification**

	1 mo	3 mo	5 mo	7 mo	9 mo	12 mo	18 mo	24 mo
Germination (%)	80.4 <sup>a</sup> ±8.9	81.7 <sup>a</sup> ±2.0	79.3 <sup>a</sup> ±7.3	85.3 <sup>a</sup> ±2.1	76.1 <sup>a</sup> ±2.0	77.4 <sup>a</sup> ±8.2	77.2 <sup>a</sup> ±8.3	69.7 <sup>a</sup> ±15.7
Mean germination time (d)	38.1 <sup>a</sup> ±4.6	23.0 <sup>b</sup> ±0.9	21.3 <sup>bc</sup> ±2.0	23.9 <sup>b</sup> ±1.8	22.9 <sup>b</sup> ±2.4	22.2 <sup>bc</sup> ±0.9	16.6 <sup>c</sup> ±2.5	23.8 <sup>b</sup> ±6.6
Moisture content (%)	49.1 <sup>c</sup> ±2.8	49.9 <sup>bc</sup> ±2.4	55.3 <sup>ab</sup> ±4.6	54.2 <sup>abc</sup> ±0.5	50.9 <sup>bc</sup> ±0.9	50.6 <sup>c</sup> ±3.3	58.2 <sup>a</sup> ±2.5	-

<sup>1)</sup> Means ( $n = 4$ ) with the same letter in a row do not significantly differ ( $p = 0.05$ ) by Duncan's multiple range test; - : missing data.

**Table 5. Survival of *Helicia cochinchinensis* seeds at 4°C stratification**

	1 mo	2 mo	3 mo	4 mo	5 mo	6 mo	8 mo	10 mo
Germination (%)	93.1 <sup>a</sup> ±4.2	85.0 <sup>a</sup> ±5.5	83.6 <sup>a</sup> ±5.6	91.4 <sup>a</sup> ±4.1	88.3 <sup>a</sup> ±5.5	84.3 <sup>a</sup> ±5.7	83.3 <sup>a</sup> ±9.0	89.7 <sup>a</sup> ±6.0
Mean germination time (d)	29.2 <sup>a</sup> ±0.8	18.7 <sup>b</sup> ±0.8	14.9 <sup>c</sup> ±0.7	12.1 <sup>d</sup> ±1.2	10.4 <sup>e</sup> ±1.4	9.3 <sup>ef</sup> ±1.3	8.3 <sup>f</sup> ±0.7	8.0 <sup>f</sup> ±0.5
Moisture content (%)	-	70.6 <sup>a</sup> ±0.7	71.4 <sup>a</sup> ±1.4	71.0 <sup>a</sup> ±1.1	73.9 <sup>a</sup> ±3.1	73.4 <sup>a</sup> ±1.4	71.9 <sup>a</sup> ±1.2	71.7 <sup>a</sup> ±2.2

<sup>1)</sup> Means ( $n = 4$ ) with the same letter in a row do not significantly differ ( $p = 0.05$ ) by Duncan's multiple range test; - : missing data.

**Table 6. Survival of *Helicia formosana* seeds at 4°C stratification**

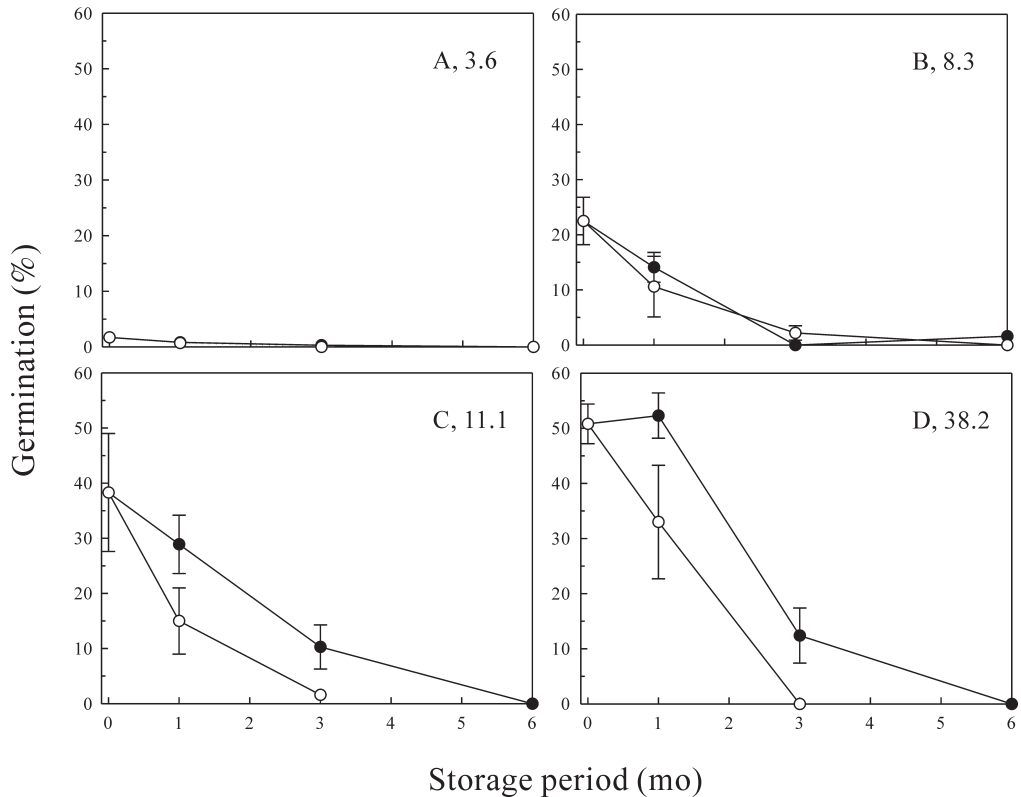
	1 mo	2 mo	3 mo	4 mo	5 mo	6 mo
Germination (%)	92.5 <sup>a</sup> ±8.3	97.7 <sup>a</sup> ±3.9	90.9 <sup>a</sup> ±7.4	97.7 <sup>a</sup> ±3.9	92.5 <sup>a</sup> ±8.3	96.9 <sup>a</sup> ±5.4
Mean germination time (d)	20.6 <sup>a</sup> ±2.5	20.3 <sup>a</sup> ±2.4	16.4 <sup>b</sup> ±1.7	7.5 <sup>d</sup> ±0.3	7.4 <sup>d</sup> ±0.4	12.7 <sup>c</sup> ±2.5
Moisture content (%)	50.2 <sup>b</sup> ±1.1	53.2 <sup>ab</sup> ±2.1	52.9 <sup>ab</sup> ±5.1	54.6 <sup>ab</sup> ±3.0	55.4 <sup>a</sup> ±1.0	57.4 <sup>a</sup> ±1.9

<sup>1)</sup> Means ( $n = 4$ ) with the same letter in a row do not significantly differ ( $p = 0.05$ ) by Duncan's multiple range test.

過度乾燥。種子含水率降至3.6%時活力幾乎完全喪失(Fig. 2A)。當含水率降至8.3%時雖種子仍保持原活力的60%，但4°C乾藏1個月後發芽率降至14.1%，3個月後則完全喪失活力；於15°C乾藏結果亦有類似的結果(Fig. 2B)。種子含水率11.1%者之即播發芽率仍維持在38.3%，幾與新鮮種子無異；當此含水率種子乾藏於4°C時，1個月後發芽率下降至28.9%，3個月後再下降至10.3%，6個月後則完全喪失活力；乾藏於15°C時，1個月後發芽率下降至15.0%，3個月後就幾乎完全喪失活力(Fig. 2C)。種子含水率38.2%者之即播發芽率為50.8%，當此含水率種子乾藏於4°C時，1個月後仍維持原有發芽率，然3個月後迅速下降至12.4%，6個月後則完全喪失活力；乾藏於15°C時，1個月後發芽率下降至33.0%，3個月後已完全喪失活力(Fig. 2D)。上述各級含水率種子均無法在-20°C下儲藏，10 d

儲藏(本試驗設計之最短儲藏時間)導致活力完全喪失。另外，4°C乾藏的種子對壽命之維持能力較15°C為佳。

(二)大香葉樹新鮮種子含水率和發芽率分別為33.5和100%。以急速乾燥方式將種子含水率降低至5.7, 10.1, 15.0及19.0%，立即播種所得之發芽率分別是2.7, 75.3, 99.3及97.3% (Fig. 3)，可見本種種子不能忍受過度乾燥。種子含水率降至5.7%時活力幾乎完全喪失(Fig. 3A)。當含水率降至10.1%時發芽率會顯著下降，但仍保持原有活力之75%；此含水率種子乾藏於4°C時，1個月後發芽率下降至45.1%，4個月後降至11.8%，6個月後則完全喪失活力；乾藏於15°C時，1個月後發芽率下降至57.0%，2個月後再下降至9.8%，4個月後幾乎完全喪失活力(Fig. 3B)。種子含水率15.0%者，剛乾燥完成之

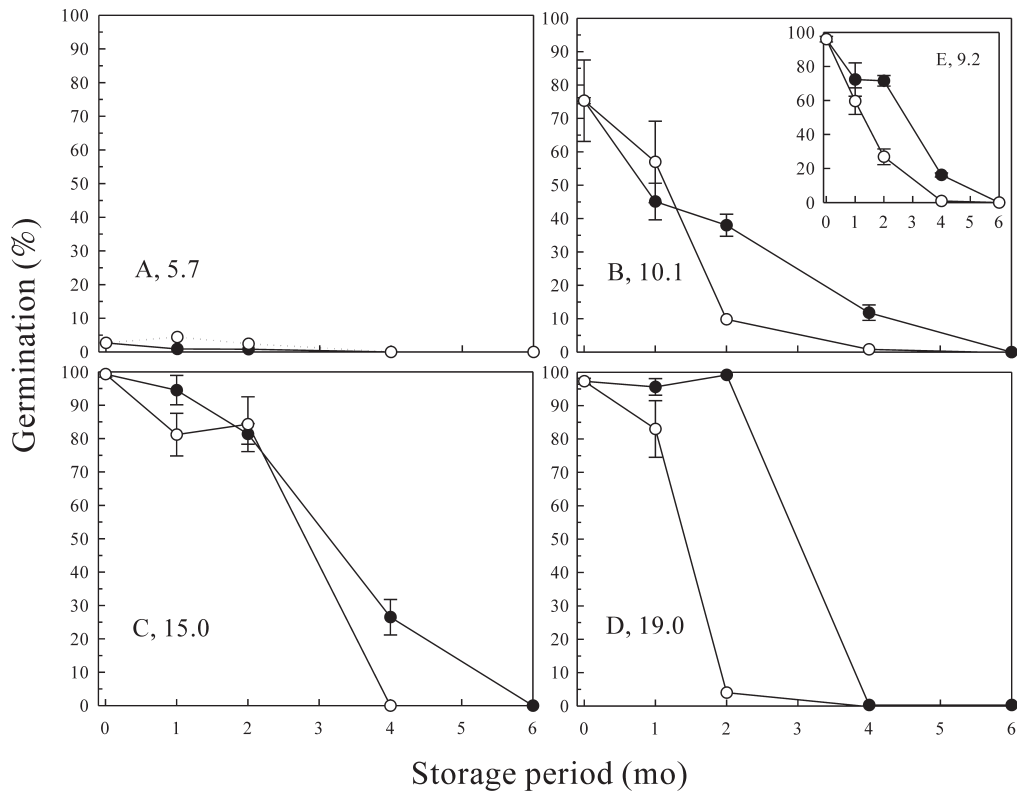


**Fig. 2.** Survival of *Lindera communis* seeds stored at 4 different moisture contents [A, 3.6; B, 8.3; C, 11.1; D, 38.2 (% fresh wet basis)] and 2 temperatures: ●, 4°C; ○, 15°C. Vertical bars represent treatment means ± s.e.

發芽率仍維持在99.3%，幾與新鮮種子無異；然此含水率種子乾藏於4°C時，1個月後發芽率仍維持有94.5%，2個月後稍降至81.4%，4個月後驟降至26.5%，6個月後則完全喪失活力；乾藏於15°C時，1個月後發芽率下降至81.2%，2個月後仍有84.3%，4個月後完全喪失活力(Fig. 3C)。種子含水率19.0%者，剛乾燥完成之發芽率為97.3%，當此含水率種子乾藏於4°C時，2個月後仍維持原發芽率，但4個月後完全喪失活力；乾藏於15°C時，1個月後發芽率稍降至83.0%，2個月後幾已完全喪失活力(Fig. 3D)。另外，以緩慢乾燥方式將種子含水率降低至9.2%，乾燥完成後之發芽率維持96%，但種子乾藏於4°C時，1個月後發芽率降至72.3%，2個月後微降至71.5%，4個月後降至16.2%，6個月後完全喪失活力；乾藏於15°C時，1個月後發芽

率降至59.6%，2個月後再降至26.9%，4個月後幾乎完全喪失活力(Fig. 3E)。上述各級含水率種子均無法在-20°C下儲藏，1 d儲藏(本試驗設計之最短儲藏時間)即導致活力完全喪失。另外，4°C乾藏的種子對壽命之維持能力較15°C為佳。

(三)臺灣雅楠新鮮種子含水率和發芽率分別為49.3和72.5%。當種子乾燥至含水率20.8、31.8及44.1%，即播發芽率分別是10.0、38.3及78.3% (Fig. 4)，可見本種種子非常不耐乾燥，含水率降至20%時活力幾乎完全喪失。種子含水率20.8%之初始發芽率僅餘10.0%，因此不適合乾藏(Fig. 4A)。種子含水率31.8%者，剛乾燥完成之發芽率僅餘38.3%，當種子乾藏於4°C時，2個月後發芽率下降至26.1%，4個月後就完全喪失活力；乾藏於15°C時，2個月後幾乎完全喪失活



**Fig. 3.** Survival of *L. megaphylla* seeds stored at 5 different moisture contents of A, 5.7%; B, 10.1%; C, 15.0%; D, 19.0%; and E, 9.2% (fresh wet basis) and 2 temperatures of ●, 4°C and ○, 15°C. Vertical bars represent treatment means  $\pm$  s.e. Moisture contents of A, B, C, and D were obtained using silica gel dehydration, and the moisture content of E was obtained by electric fan indoor drying for 2.5 d.

力(Fig. 4B)。種子含水率44.1%者，乾燥完成之初始發芽率為78.3%，當種子乾藏於4°C時，2個月後發芽率下降至47.0%，4個月後則完全喪失活力；乾藏於15°C時，2個月後就幾乎完全喪失活力(Fig. 4C)。上述各級含水率種子均無法儲藏在-20°C。另外，4°C乾藏的種子對壽命之維持能力較15°C為佳。

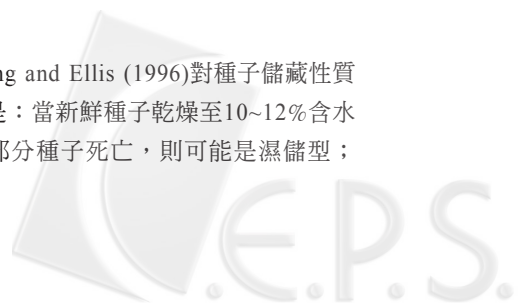
(四)紅葉樹新鮮種子含水率和發芽率分別為69.0和99.2%。當種子乾燥至含水率8.7, 11.9, 25.3及54.4%後即播，僅含水率54.4%最高者能有92.5%之發芽率，其餘各級含水率的種子均已死亡(資料未顯示)。因紅葉樹種子數量不足，未進行高含水率之乾藏試驗，然本種種子對乾燥甚

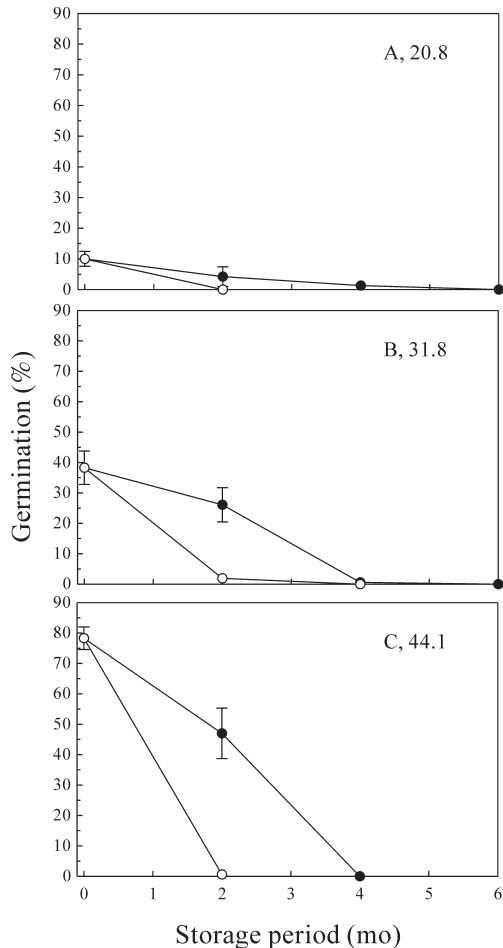
為敏感，當含水率下降至25%左右時種子均已死亡，符合濕儲型種子的特性。

(五)山龍眼新鮮種子含水率和發芽率分別為49.7和94.6%。將種子乾燥至含水率16.2, 27.5, 30.1及38.5%後即播，各級含水率種子均已死亡(資料未顯示)，顯示種子非常不耐乾燥，符合濕儲型種子的特性。

### 討論

根據Hong and Ellis (1996)對種子儲藏性質的認定標準是：當新鮮種子乾燥至10~12%含水率時，若大部分種子死亡，則可能是濕儲型；





**Fig. 4.** Survival of *Phoebe formosana* seeds stored at 3 different moisture contents of A, 20.8%; B, 31.8%; C, 44.1% (fresh wet basis) and 2 temperatures of ●, 4°C and ○, 15°C. Vertical bars represent treatment means  $\pm$  s.e.

若大部分種子仍存活，則將種子乾燥至5%含水率，此時大部分種子死亡，則可能是中間型；若大部分種子仍存活，將此種子密封儲存於-20°C溫度3個月以上，此時大部分種子死亡，則可能是中間型，若大部分種子存活，則可能是乾儲型。因此，濕儲型種子不耐乾燥，儘量保持原成熟時的含水率，而中間型種子能忍受部分乾燥，但對零下低溫敏感。本研究確定臺灣雅楠、紅葉樹和山龍眼等種子皆屬於濕儲

型，種子不耐乾燥，如臺灣雅楠種子低於18%含水率，紅葉樹種子低於25%含水率，山龍眼種子低於38%，皆敗壞死亡。香葉樹和大香葉樹種子分別在11.1%和9.2-10.1%含水率下仍保有75%以上的種子活力(Figs. 2, 3)，再降低種子含水率，則種子死亡率逐漸上升。因此，根據上述Hong and Ellis (1996)說法，這二樹種種子有可能是中間型的儲藏特性，然而這些含水率下降的種子並不能如預期地可以延長儲藏壽命，在短期間數個月內活力喪失。

比較其他中間型的林木種子，如樟樹(Chien et al. 1999)、印度棟(*Azadirachta indica*) (Gaméné et al. 1996)的儲藏性質，樟樹種子含水率6.7%在5和15°C下儲藏12個月，其發芽率能保持原來的60%，而印度棟種子含水率9~13%在20°C下儲藏12個月，仍保持高發芽率。反觀，本研究之香葉樹和大香葉樹種子含水率雖可降低至11%左右，但儲藏能力不佳，且含水率再下降時則導致種子活力減退。例如香葉樹種子含水率11%在4°C下儲藏3個月，發芽率下降28%，儲藏6個月後發芽率為零，且15°C的儲藏效果較4°C差。大香葉樹種子亦有類似的儲藏性。因此，整合過去前人對中間型研究結果，香葉樹和大香葉樹種子雖有中間型的儲藏特性，但我們認為傾向於中間偏濕儲型態。

本研究之五種新鮮種子經4°C層積濕藏，依樹種不同皆能保存一段時間而活力不變，從數個月至2 yr或可能更久。香葉樹和臺灣雅楠種子至少能保存2 yr，大葉釣樟和紅葉樹種子至少1 yr，山龍眼種子因當時採集數量較少，儲藏6個月後之發芽率在90%以上，相信亦能持續保存一段時間。回顧Wang et al. (1995)對已發表臺灣樹種種子儲藏性質的調查，發現不少種子能儲藏零下低溫1~3 yr間，尤其是樟科和殼斗科二大科部分種子，混合濕介質可在5°C儲藏上述時間。我們亦發現這些低溫濕藏的樟科種子有一部分能忍受較低含水率，如香桂(Lin 1996a)、樟樹(Chien and Lin 1999)、土肉桂(未發表資料)；另一部分不但能忍受較低含水率且具有休眠性，如生長海拔1,500 m以上的小芽新木薑子(Lin 1996a)。

Bonner (1990)將林木種子分為乾儲型、亞乾儲型、溫帶濕儲型和熱帶濕儲型等四類，以做為短期5 yr以下或長期20 yr以上之儲藏準則。Wang et al. (1995)根據Bonner分類法也將台灣種子分為此四類。本研究臺灣雅楠、紅葉樹和山龍眼等種子皆對乾燥敏感，但在高含水率下能忍受4°C低溫儲藏，顯示屬於臺灣溫帶濕儲型的特性。另外具有中間型特性的香葉樹和大葉欖樟種子，在乾燥下4°C儲藏壽命較15°C為長，這現象與國外中間型種子如咖啡、油椰子和印度棟等有寒冷傷害(chilling injury)不盡相同，顯示位處於亞熱帶地區之台灣林木種子確實具有別樹一格的特性，尤其是中間型的種子值得繼續的探討。

種子儲藏壽命的長短除了因樹種而異外，亦強烈受到採集時間和採收後處理過程的影響。一些報告認為乾儲型種子的品質與成熟度有關。當針葉樹種子儲藏方法正確時，其毬果可在種子自然成熟期掉落前採收，不會喪失種子的品質(Rediske 1969, Winston and Haddon 1981)。然而Ching and Ching (1962)調查發現花旗松(*Pseudotsuga menziesii*)提早採收雖有良好的發芽率，但小苗生長差。在濕儲型種子方面，種子在樹上最後幾星期間已達到成熟階段，發芽率高，但儲藏效果不清楚(Tompsett 1987, Finch-Savage and Blake 1994)。Panochit et al. (1986)報導熱帶柳桉樹(*Shorea roxburghii*)種子在自然落果前二星期採收儲藏會比自然落果後儲藏更佳。本島大葉楠(*Machilus kusanoi*)種子也發現愈後期採收的種子，在乾藏或層積濕藏下敗壞程度較提早二星期採收的要快，但是未達到成熟度採收之種子儲藏效果則非常差，然而不可否認的成熟種子之儲藏效果可能因樹種地點和採收年度不同而異(Chien and Lin 1997)。根據我們林木種子採收的經驗，成熟掉落的種子是無法獲得的，完全成熟而尚留在樹上的果實種子是常常不可祈求的，而我們常採到的種子是已成熟但果實顏色正在改變，這些果實需要一段後熟作用期，漿果、核果等利用溫室噴霧方式達到果肉變色、軟化的效果，毬果、蒴果、蓇葖果等利用陰乾處理。研究成

果告訴我們利用這些方法是可以達到最佳的儲藏效果。此外，乾燥速率亦稍影響種子的儲藏活力，大香葉樹種子經緩慢乾燥的結果較有利於種子壽命之維持(Fig. 3E)。

Farrant et al. (1988)認為濕儲型種子是連續性的，即對耐旱的表現因樹種不同可分為高、中、低耐旱型。高耐旱濕儲型種子能忍受相當量的水分流失，如*Araucaria hunsteinii*種子能忍受至含水率21%，*Quercus alba*種子能忍受8個月低溫儲藏，且在低溫下發芽(Tompsett 1982)，分布溫帶和亞熱帶；低耐旱濕儲型種子只能忍受極少量的水分流失，發芽迅速，對溫度敏感，分布熱帶和濕地；中耐旱濕儲型種子則介於二者之間，惟大部分種子對溫度敏感，且多分布熱帶地區。Hong and Ellis (1995)認為雖然中間型種子在乾燥儲藏的存活方面有些變異，如阿拉伯咖啡(arabica coffee)品系間存在著儲藏變化(Ellis et al. 1990)，但與乾儲型和濕儲型種子比較，這些變化是微小的，因此他們認為中間型種子是不連續性的。換言之，中間型種子的儲藏性質在不同樹種間仍是很類似的。本研究香葉樹和大香葉樹種子中間偏濕儲型的結果，或許可以想像在未來亞熱帶地區種子的儲藏資料逐漸建立後，中間型種子也將如同乾儲型和濕儲型一樣，有可能會呈現連續性的情形。

## 結論

新鮮採收的種子含水率除了大香葉樹為33.5%外，其餘香葉樹、臺灣雅楠、紅葉樹和山龍眼等種子約在50%或更高。此五樹種種子皆可在4°C層積濕藏6至24個月不等，且濕藏期間之平均發芽時間逐漸縮短，顯示4°C層積濕藏能促進發芽，且發芽整齊。利用濕水苔進行4°C層積處理一般能使種子保持原有含水率，種子含水率不會降低。臺灣雅楠、紅葉樹和山龍眼種子對乾燥敏感，屬於濕儲型。香葉樹和大香葉樹種子含水率可降至9~11%，初期活力仍保持原發芽率的75%或更高，然種子對零下低溫敏感，應屬於中間型的儲藏性質，但儲藏時間短，3個月後發芽率降為原來的50%以下，6個

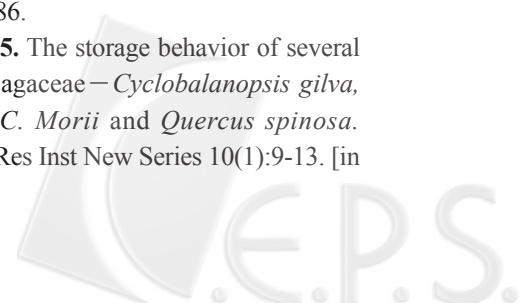
月後活力完全喪失，其儲藏效果與其他報告所稱中間型種子能忍受低含水率達數個月至一年以上不盡相同，因此我們認為這二樹種種子屬於中間偏濕儲型。

## 謝 誌

感謝吳濟琛、張雲翔等協助採種；王派鋒、陳冠璋、許吉勝、張宗怡、吳蘊庭、林君如、何倩雯、高巧齡、鄭佳鳳、田玉娟、蔡承憲、李淑華、李瓊美、劉冠宏、吳智翔等協助種子處理與發芽試驗等工作。

## 引用文獻

- Bonner FT. 1990.** Storage of seeds: potential and limitations for germplasm conservation. *For Ecol Mgmt* 35:35-43.
- Chien CT, Juang ST, Lin TP. 1994.** Further investigation of seed storage behavior of *Machilus zuihoensis* Hay. *Bull Taiwan For Res Inst* 9:271-4.
- Chien CT, Kao YP, Lin TP. 1995.** Effect of dry and wet storage on the seed viability of *Machilus konishii*. *Taiwan For Res Inst New Series* 10(3):337-40.
- Chien CT, Lin TP. 1997.** Effect of harvest date on the storability of desiccation-sensitive seeds of *Machilus kusanoi* Hay. *Seed Sci Technol* 25:361-71.
- Chien CT, Lin TP. 1999.** Effects of moisture content and temperature on the storage and germination of *Cinnamomum camphora* seeds. *Seed Sci Technol* 27:315-20.
- Chien CT, Yang JJ. 1997.** Effect of seed maturity on storability of *Litsea acuminata* seeds. *Taiwan J For Sci* 12(3):369-72. [in Chinese with English summary].
- Ching TM, Ching KK. 1962.** Physical and physiological changes in maturing Douglas fir cones and seeds. *For Sci* 8:21-31.
- Chung YL, Hu TW. 1986.** The storage of five important coniferous seeds of Taiwan. *Bull Taiwan For Res Inst* No. 467, 8 p. [in Chinese with English summary].
- Ellis RH, Hong TD, Roberts EH. 1990.** An intermediate category of seed storage behavior? 1. Coffee. *J Exp Bot* 41:1167-74.
- Ellis RH, Hong TD, Roberts EH, Soetisna U. 1991.** Seed storage behavior in *Elaeis guineensis*. *Seed Sci Res* 1:99-104.
- Farrant JM, Pammenter NW, Berjak P. 1988.** Recalcitrance — a current assessment. *Seed Sci Technol* 16:155-66.
- Finch-Savage WE, Blake PS. 1994.** Indeterminate development in desiccation-sensitive seeds of *Quercus robur* L. *Seed Sci Res* 4:127-33.
- Gaméné CS, Kraak HL, Van Pijlen JG, De Vos CHR. 1996.** Storage behavior of neem (*Azadirachta indica*) seeds from Burkina Faso. *Seed Sci Technol* 24:441-8.
- Hong TD, Ellis RH. 1995.** Interspecific variation in seed storage behavior within two genera — *Coffea* and *Citrus*. *Seed Sci Technol* 23:165-81.
- Hong TD, Ellis RH. 1996.** A protocol to determine seed storage behavior. IPGRI Technical Bulletin No. 1. Rome, Italy: International Plant Genetic Resources Institute.
- Kotowski F. 1962.** Temperature regulation to germination of vegetable seeds. *Proc Am Soc Hort Sci* 23:176-84.
- IBFPGR. 1976.** Report of IBPGR working group on engineering, design and cost aspects of long-term seed storage facilities. Rome, Italy: International Board for Plant Genetic Resources.
- ISTA. 1996.** International rules for seed testing. Rules 1996. *Seed Sci Technol* 24, Supplement 1-86.
- Lin TP. 1995.** The storage behavior of several species of Fagaceae — *Cyclobalanopsis gilva*, *C. glauca*, *C. Morii* and *Quercus spinosa*. *Taiwan For Res Inst New Series* 10(1):9-13. [in



Chinese with English summary].

**Lin TP. 1996a.** Seed storage behavior deviating from the orthodox and recalcitrant type. *Seed Sci Technol* 24:523-32.

**Lin TP. 1996b.** Effect of moisture content and temperature on the storability of seeds of *Michelia compressa* (Max.) Sargent. *Taiwan J For Sci* 11(4):373-84. [in Chinese with English summary].

**Lin TP, Chen MC. 1993.** Desiccation intolerance in seeds of *Machilus kusanoi* Hay. *Taiwan For Res Inst New Series* 8(2):143-7. [in Chinese with English summary].

**Lin TP, Chien CT. 1995.** Desiccation intolerance in seeds of six species of *Machilus*. *Taiwan For Res Inst New Series* 10(2):217-26. [in Chinese with English summary].

**Panochit J, Wasuwanich P, Hellum AK. 1986.** Collection and storage of seeds of *Shorea roxburghii* G. Don. *Embryon 2*. Saraburi, Thailand: ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre. p 62-7.

**Rediske JH. 1969.** Effect of cone-picking dates on Douglas fir seed quality. *For Sci* 15:404-10.

**Roberts EH. 1973.** Predicting the storage life of seeds. *Seed Sci Technol* 1:499-514.

**Shu BR, Chien CT, Chen YC. 2000.** Ger-

mination promotion and storage of *Prunus campanulata* Maxim. seeds. *Q J Chin For* 33(2):283-9. [in Chinese with English summary].

**Tompsett PB. 1982.** The effect of desiccation on longevity of seeds of *Araucaria hunsteinii* and *Araucaria cunninghamii*. *Ann Bot* 50:693-704.

**Tompsett PB, 1987.** A review of the literature on storage of dipterocarp seeds. *Proceedings of International Symposium: Forest Seed Problems in Africa*. Umeå, Sweden: Department of Forest Genetics, Swedish University. p 348-65.

**Wang BSP, Lin TP, Chien CT. 1995.** Classification of storage behavior of forest tree seeds. *Bull Taiwan For Res Inst New Series* 10(2):255-76. [in Chinese with English summary].

**Winston DA, Haddon BD. 1981.** Effects of early cone collection and artificial ripening on white spruce and red pine germination. *Can J For Res* 11:817-26.

**Yang JC, Chen YH, Lin TP. 2000.** Seed storage behavior of *Gordonia axillaries* (Boxb.) Dietr., *Pistacia chinensis* Bunge, and *Koelreuteria henryi* Dummer. *Taiwan J For Sci* 15(1):91-104.

