

研究報告

破布子與朴樹種子的儲藏性質與發芽

楊正釗^{1,4)} 郭幸榮²⁾ 林讚標³⁾

摘要

本研究目的在明瞭破布子與朴樹種子的發芽特性並探討其儲藏性質。此二樹種具活力的新鮮種子於30/20°C變溫環境下6週內就可發芽完畢，平均發芽日數分別是15.6與11.8 d，故此二批種子均不具休眠性。也因此，4°C層積處理僅能提升發芽速率。破布子種子會隨4°C層積時間之延長而逐漸衰敗，層積9 mo後種子活力迅速下降，12 mo後就死亡殆盡。而朴樹種子在4°C層積經4 mo後會開始自行發芽，7 mo後具有活力的種子就完全發芽。故低溫濕藏亦非此二種子短暫儲藏的可行方法。當破布子與朴樹種子的含水率分別降低至4.5~12.7與3.8% (鮮重)，儲藏於-20和4°C經24 mo後其發芽率並無顯著下降，故判定其種子儲藏性質均屬乾儲型。

關鍵詞：破布子、朴樹、儲藏性質、乾儲型、層積。

楊正釗、郭幸榮、林讚標。2006。破布子與朴樹種子的儲藏性質與發芽。台灣林業科學21(4):447-59。

Research paper

Seed Storage Behavior and Germination of Fragrant Manjack (*Cordia dichotoma* G. Forst.) and Chinese Hackberry (*Celtis sinensis* Pers.)

Jeng-Chuann Yang,^{1,4)} Shing-Rong Kuo,²⁾ Tsan-Piao Lin³⁾

【 Summary 】

The storage behavior and germination characteristics of seeds of the fragrant manjack (*Cordia dichotoma* G. Forst.) and Chinese hackberry (*Celtis sinensis* Pers.) were investigated. Freshly mature viable seeds of these 2 species could completely germinate under alternating temperatures

¹⁾ 行政院農業委員會林業試驗所育林組，10066台北市南海路53號 Division of Silviculture, Taiwan Forestry Research Institute, 53 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

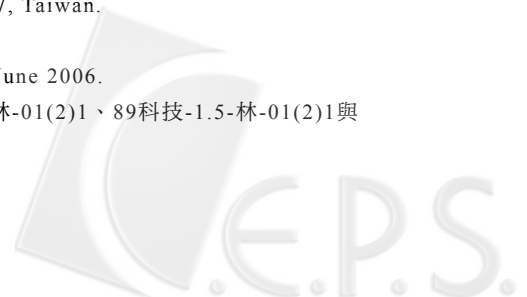
²⁾ 國立台灣大學森林環境暨資源學系，10617台北市羅斯福路四段1號 Department of Forestry and Resource Conservation, National Taiwan University, 1 Roosevelt Rd., Sec. 4, Taipei 10617, Taiwan.

³⁾ 國立台灣大學植物科學研究所，10617台北市羅斯福路四段1號 Graduate Institute of Plant Science, National Taiwan University, 1 Roosevelt Rd., Sec. 4, Taipei 10617, Taiwan.

⁴⁾ 通訊作者 Corresponding author, e-mail: yjc@tfri.gov.tw

2006年3月送審 2006年6月通過 Received March 2006, Accepted June 2006.

*本研究承行政院農業委員會(87科技-1.2-林-04(1)-1)、88科技-1.2-林-01(2)1、89科技-1.5-林-01(2)1與90農科-1.3.1-森-G1(02)經費補助，特予致謝。



of 30/20°C with 8 h of light within 6 wk. The mean germination times of their freshly mature seeds were 15.6 and 11.8 d, respectively. Therefore, the seeds of these 2 species were shown to be non-dormant. That is the reason why 4°C chilling only had an effect on the rate of germination. The seeds of *C. dichotoma* deteriorated rapidly when the chilling period was extended to 9 mo and died completely after 12 mo of being chilled. With a stratification period extended to longer than 4 mo, seeds of *C. sinensis* forced seed germination under chilling conditions, and complete seed germination could be achieved when the chilling period was extended to 7 mo. Thus, 4°C stratification is not an appropriate way to store the seeds of these 2 species for the short term. Seed germinability could be maintained at -20 and 4°C, for at least 24 mo at moisture contents of 4.5~12.7 and 3.8% (on a fresh-weight basis) for seeds of *C. dichotoma* and *C. sinensis*, respectively. This therefore confirms the orthodox seed storage behavior of these 2 species.

Key words: fragrant manjack (*Cordia dichotoma*), Chinese hackberry (*Celtis sinensis*), seed storage behavior, orthodox, stratification.

Yang JC, Kuo SR, Lin TP. 2006. Seed storage behavior and germination of fragrant manjack (*Cordia dichotoma* G. Forst.) and Chinese hackberry (*Celtis sinensis* Pers.). *Taiwan J For Sci* 21(4):447-59.

緒言

種子固有的儲藏壽命是受遺傳因子所影響(Wang et al. 1995)，種子儲藏性質(seed storage behavior)之研究目的即在探討各種種子先天壽命之久暫及其最佳儲藏條件。早在1900年代早期即有相關研究指出儲藏溫度和種子含水率對種子的壽命有重大影響，當時這些研究都是以禾本科等糧食作物種子為材料，結果均呈現這些種子在低溫下活力能維持的較久，且當種子水分較低時其儲藏壽命較長(Harrington and Crocker 1918)。爾後更證明將種子乾燥至很低的含水率時對其儲藏壽命是有利的(Evans 1957, Nutile 1964)。近年來更因植物基因資源的蒐集保存與區外保育之需，多種具經濟與保育價值植物的種子儲藏性質相繼被研究報導，也因此，種子儲藏性質的分類體系相繼被建立提出。目前通用於國際間的種子儲藏性質分類體系是由英國Reading大學的多位教授長年來累積多種種子數據後所歸納建構(Roberts 1973, Hong and Ellis 1996)，基本上是以成熟種子對乾燥的忍耐程度將種子儲藏行為先區分為正儲型(orthodox，或譯為乾儲型)、異儲型(recalcitrant，或譯為濕儲型)與中間型(intermediate)等三大類。正儲型種子能耐乾

燥，種子含水率低於5% (鮮重，本文以下的含水率均以鮮重表示之)時仍不失活力，且隨著儲藏溫度與種子內水分含量的降低而使其儲藏壽命隨之延長(Roberts 1973)。相對的，異儲型種子非常不耐乾燥，當其含水率降到12~31%以下時，種子活力會隨著脫水程度的增加而持續下降(Roberts 1973)；很多體型較大的熱帶異儲型種子不僅非常不耐旱，對溫度也非常敏感，當所處環境溫度低於15°C時就可能導致衰敗死亡(Bonner 1990)。在Roberts提出上述二類型種子約20年之後，Ellis et al. (1990a)才具體提出中間型種子的存在，他們發現阿拉伯咖啡(*Arabica coffee, Coffea arabica* L.)的種子含水率可被乾燥到5~10%而活力不失，但當其被儲藏在10°C以下時則活力快速下降，故將這類似正儲型具有高度耐旱性，且易受低溫傷害的種子命名為中間型。爾後，又陸續發表多種中間型種子如油椰子(oil palm, *Elaeis guineensis* Jacq.)與柑橘屬(*Citrus* spp.)等(Ellis et al. 1991, Hong and Ellis 1995)，他們彙整多種此類種子的特性後將中間型種子定義為-含水率被乾燥到10~12%後大部分種子仍可存活，但當含水率再繼續下降就會使種子活力下降，而最佳的儲藏溫度

則是有些稍能耐零下低溫，有些則很敏感，此主要受產地的生態環境所影響(Hong and Ellis 1996)。

破布子(*Cordia dichotoma* G. Forst.)別稱樹子仔、破布木，為紫草科的落葉性中喬木，分布在琉球、南中國、馬來半島、新喀里多尼亞(New Caledonia)、中南半島、巴基斯坦、錫蘭及台灣等地。本種於台灣生長在低海拔密林中(Hsiao and Liu 1998)。果實型態屬單一種子之核果(1-seed drupe)，每年7~8月時由綠轉成熟之橙黃色，子房4室，每室具一胚珠，但通常只有1~3室的胚珠能發育完成，故每一粒具有多胚的種子發芽時可能產生1~3幼苗。破布子具多種經濟實用價值，在食用方面，其果皮富含乳白黏液，果實經烹煮醃漬後可製成具有開脾健胃功效的健康食品「樹子仔」。在藥用方面，其果實具鎮咳、緩下、解毒、整腸、驅蟲(Kuppasta and Vasudeva 2003)之效，樹皮可治癌症(Hsui 1982)、肺出血、子宮發炎脫出、長年鬱傷，根部則可止汗及治高血壓，種子內的油脂與蛋白質具有高濃度的抗炎成分(Theagarajan and Prahbu 1977, Trivedi et al. 1990)。因本種用途廣泛且市場需求穩定，故在本島已被廣泛栽植，以生長環境適當的南部較多，如嘉義縣大埔、義竹；台南縣左鎮、楠西、玉井、東山、大內；高雄縣美濃、六龜、旗山、高樹等鄉鎮，近年來更已逐漸擴展至花東一帶。

朴樹(*Celtis sinensis* Pers.)又名沙朴，為榆科的落葉性喬木，分布在中國、韓國、日本、琉球及台灣等地。本種在台灣廣泛生長於沿海平地至中低海山區(Yang and Lu 1996)。果實為單一種子之核果，每年6~7月時由綠轉成熟之橙黃色。台灣文化資產保存法法定瀕臨絕種蝴蝶-大紫蛺蝶(*Sasakia charonda formosana* Shirozu)僅棲息在本島北部桃園縣蘇樂、巴陵與新竹縣尖石、五峰一帶，其幼蟲就是以當地原生的沙朴為食草(Lee 1998)。本種材質堅硬，在農業時代主要供製柞白。又其樹性抗風耐鹽，是營造海岸林甚具潛力的樹種之一。

過去有關破布子與朴樹種子發芽與儲藏的正式研究報告闕如，本研究目的在明確歸類此

二種種子是否屬於可以長期儲藏的正儲型，抑或是短壽命的異儲型或中間型種子，依此作為未來種子儲藏與利用之依據，並明瞭其發芽條件與特性，以提供實際育苗之參考資料。

材料與方法

一、果實採集與處理

破布子與朴樹種子(Fig. 1)分別在1998年7月10日與1999年7月4日採於台北植物園(東經121°30'，北緯25°02'；海拔30 m)，兩批種子均採自單一母樹。破布子果實採收時已呈接近成熟之橙黃色，摘下之果實置於溫室噴水使種皮與果肉軟化，至7月14日將種子洗淨純化。朴樹果實採收時均已呈成熟之橙黃色，隨即摘下果實將其置於溫室噴水，惟果肉不易潰爛，至7月30日才能將種子洗淨。此二批種子幾無浮水輕粒，洗淨的種子於室內平鋪陰乾約2 h使種子表面乾燥後，隨即進行新鮮種子的發芽率檢驗及含水率測定，並立刻進行接續的乾、濕藏之試驗。本研究二批種子的採集與發芽基本資料見Table 1。

二、種子含水率測定方法

測定時每處理均作4重複，每重複隨機取5(破布子)與10(朴樹)粒飽滿種子，每粒種子均切成4 mm以下小塊後在103℃經17 h之烘乾，以鮮重與乾重差計算種子含水率(moisture

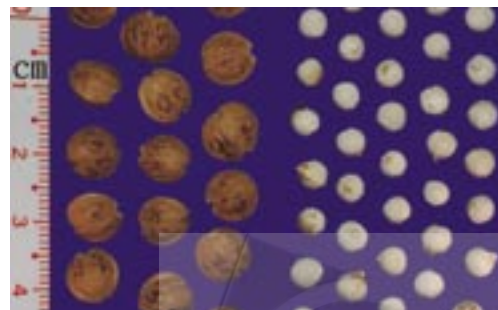


Fig. 1. Seeds of *Cordia dichotoma* (left) and *Celtis sinensis*.

Table 1. Information about collection, seed characteristics, and initial germination of the 2 species studied. The fruits of these 2 studied species were collected from single cultivated individuals in Taipei Botanical Garden (25°02'N, 121°30'E; 30 m). The thousand-seed-weight (TSW) was estimated at the moisture content shown

Species	Collection date	Moisture content (% FW ¹⁾ basis)	Number of seeds/L	TSW (g)	Initial germination (%) (Mean germination time)
<i>Cordia dichotoma</i>	July 10, 1998	19.0±0.3	3880	164	84.0±2.8 (15.6±0.2 d)
<i>Celtis sinensis</i>	July 4, 1999	10.5±0.3	20660	36	44.3±3.0 (11.8±0.5 d)

¹⁾ FW, fresh-weight.

content，下均以mc表示)，並以鮮重表示之 (International Seed Testing Association 1999)。

三、發芽方法

發芽試驗是以剪細之濕水草為介質，使用前需先洗淨後以手握緊排除多餘水分，水草與水比值約100/390 (w/w)，將種子與水草在PE封口塑膠袋內(5號袋：14×10 cm、厚度0.04 mm)均勻混合，袋內仍留有約2/3的剩餘空間以提供種子呼吸作用所需的氧氣。各不同處理的發芽試驗均作4重複，每重複之數量為破布子50粒、朴樹100粒，以一般林木種子採用的30/20°C變溫、8 h光照(50~80 μE s⁻¹m⁻²)條件下進行。以胚根突出5 mm視為發芽，發芽觀察期為8 wk，每週記錄一次發芽數，並在發芽袋內補充適量水份與進行換氣。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，且以握乾之水草為發芽介質，如此使乾燥種子緩慢吸水，以避免種子發芽時可能造成之浸潤傷害 (imbibition damage) (Ellis et al. 1990b)。

四、低溫層積(濕藏)處理

將種子混以濕水草，以封口塑膠袋(5號袋)分別包裝後置於4°C儲藏(Lin and Chen 1993)，袋內仍保留有約2/3的剩餘空間以提供種子呼吸作用所需之氧氣，且於儲藏期間每隔1 mo進行補充適量水份並更換袋內空氣一次。在為期12個月的低溫層積期間，每隔1 mo進行發芽試驗一次，以探討低溫層積時間長短對此二種子發

芽的促進效應，並意圖瞭解低溫濕藏對此二種子之儲藏效果。

五、乾藏種子之含水率控制與試驗設計

破布子與朴樹新鮮種子含水率分別是19.0與10.5%，將此二批種子分別在20°C環境下將種子進行吸、脫濕過程，目的在獲得約4~20%間呈不同等級含水率的次種子組(sub-seedlot)。在控制各級種子含水率期間，當某一次種子組種子達到預定值時，需取出以鋁箔袋密封，置於4°C平衡3~5 d後再進行含水率測定。破布子種子所控制成四種等級之含水率分別是：4.5±0.2% (以LiCl過飽和溶液將種子脫濕44 h)、8.9±0.2% (以MgCl₂過飽和溶液脫濕24 h)、12.7±0.3% (以NaCl過飽和溶液脫濕24 h)與18.9±0.9% (未處理)。朴樹種子所控制成三級含水率分別是：3.8±0.8% (以內置分子篩(molecular sieve)的乾燥機脫濕24 h)、9.6±1.0% (同上脫濕6.5 h)與19.9±1.5% (以RH100% 吸濕24 h)。以破布子為例，上述各級含水率的計算方式是以乾燥控制後之含水率(1個數值)與儲藏24 mo期間所作7次發芽試驗前測定三種儲藏溫度之含水率值(7次×每次3種溫度=21個數值)共計22個值，求其平均值及標準差為各級含水率之代表數值(Fig. 2)。在確定各「次種子組」含水率符合期望值後立刻以雙層鋁箔袋分裝密封。分裝完成的種子隨即分別儲藏於-20、4及15°C三種溫度，再依試驗設計每隔一段時間進行發芽試驗，以檢定種子生活力(viability)。乾藏的破

布子種子計有經0、1、3、6、9、12、18、24 mo等8個儲藏時間觀測點，朴樹種子則有經0、1、3、6、9、12、15、18、24 mo等9個儲藏時間觀測點。

六、發芽速度之計算

以平均發芽日數來探討種子的發芽速度。每一批種子的發芽所需日數平均值即平均發芽日數，其公式為(Hartmann et al. 1989)：
 平均發芽日數(mean germination time, MGT) = $\Sigma (n \times d) / N$ ；
 n: 每日所獲發芽粒數，
 d: 播種後起算至發芽之日數，及
 N: 發芽總粒數。

七、統計分析

將經不同處理(儲藏溫度、種子含水率與儲藏時間之組合)所獲得之種子發芽率進行統計分析，比較各數據間的差異，以探討儲藏期間各儲藏溫度及不同種子含水率對種子活力之效應。所用之統計分析軟體是SAS 9.1版(2005)之變異數分析中的ANOVA與GLM程序。

結果

一、新鮮種子的發芽

本研究的破布子新鮮種子立即以30/20°C變溫經8 wk之發芽期，所得的起始發芽率與平均發芽日數分別是84.0%與15.6 d (Table 1)，且集

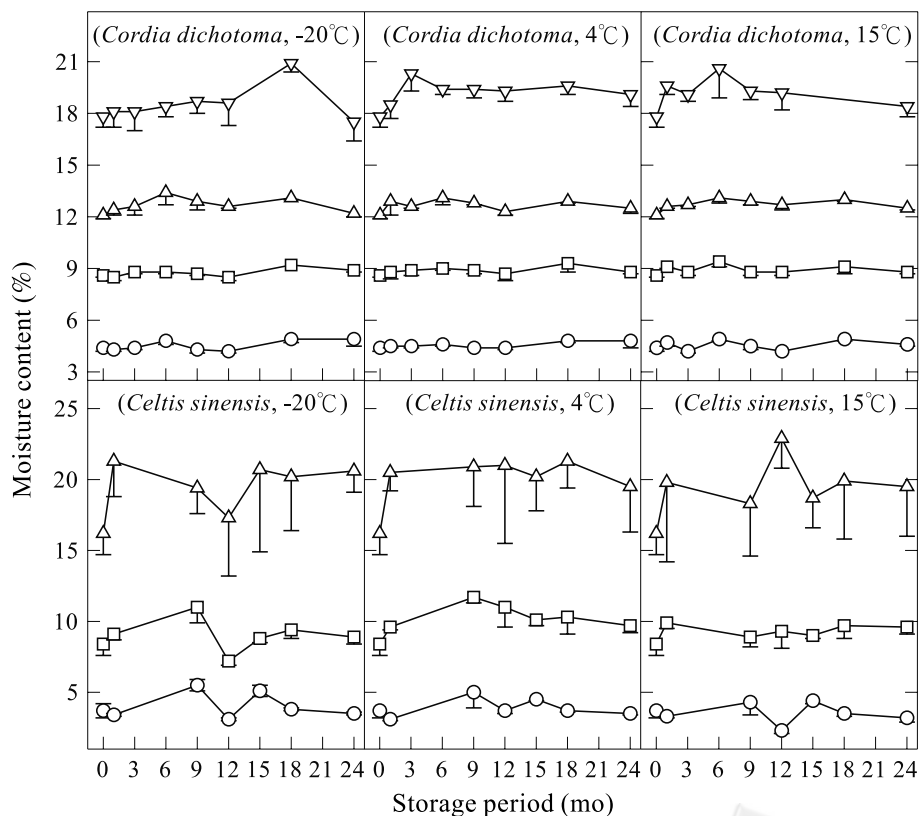
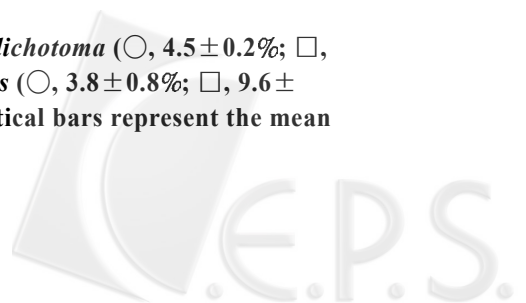


Fig. 2. Changes in seed moisture contents of seeds of *Cordia dichotoma* (○, $4.5 \pm 0.2\%$; □, $8.9 \pm 0.2\%$; △, $12.7 \pm 0.3\%$; ▽, $18.9 \pm 0.9\%$) and *Celtis sinensis* (○, $3.8 \pm 0.8\%$; □, $9.6 \pm 1.0\%$; △, $19.9 \pm 1.5\%$) during storage at -20, 4, and 15°C. Vertical bars represent the mean \pm standard error.



中在第2~3週發芽，其中95%的潛在有發芽能力種子會在3週內發芽，且在第6週之後就不再有種子發芽。朴樹新鮮種子在30/20°C與35/10°C變溫經8 wk之發芽期後，所得的起始發芽率分別是44.3% (Table 1)與44.5%，平均發芽日數分別是11.8與19.0 d；在30/20°C發芽時集中在第1~2週，其中95%的潛在有發芽能力種子會在2週內發芽，第5週之後就不再有種子發芽(Fig. 3)；以35/10°C發芽時集中在第2~4週，其中98%的潛在有發芽能力種子會在4週內發芽，且在此發芽條件下5週後就不再有種子發芽(Fig. 3)。

二、低溫層積(濕藏)對發芽的效應

破布子種子在4°C低溫層積12 mo期間，其種子含水率維持在18.2~21.5%，均與新鮮種子(19.0%)並無顯著差異($p > 0.05$) (Fig. 4)。再以發芽率及發芽速度來探討低溫層積對破布子種子的發芽效應，該批種子於層積8 mo內之發芽率在69.3~79.9%，與新鮮種子發芽率(84.0%)相較後未呈顯著差異($p > 0.05$)，但當層積時間延長至9 mo後其發芽率驟降至47.8%，且開始呈顯著差異($p < 0.0001$)，至12 mo後種子幾乎完全喪失活力，發芽率僅餘3.8% (Fig. 4)。另本批種子在層積4 mo期間內之平均發芽日數在7.6~8.9 d，與新鮮種子平均發芽日數(15.6 d)相較後呈顯著下降($p < 0.0001$)，但當層積時間延長到5、6 mo時又回復到與新鮮種子相近之平均發芽日數(14.8與16.4 d) ($p > 0.05$)，爾後至層積7、8、9、10與11 mo後其平均發芽日數分別為20.6、21.4、40.8、45.3與29.3 d，隨層積時間之延長其平均發芽日數呈顯著提高($p < 0.0001$) (Fig. 4)。

朴樹種子在4°C層積1~4 mo之發芽率在43.0~50.0%，能維持與新鮮種子相近之發芽率(44.3%) ($p > 0.1$) (Figs. 3, 4)，但當層積時間超過4 mo後，種子會在此4°C且無光的環境下開始自行發芽，且隨著層積時間的延長而逐漸發芽，若將原試驗設計之4°C層積種子全部整合計算，在經濕藏5、6與7月後，自行發芽率(指在無光的低溫濕藏環境下發芽)分別是28.9、48.1與56.9%，佔潛在有發芽能力種子之百分比分別

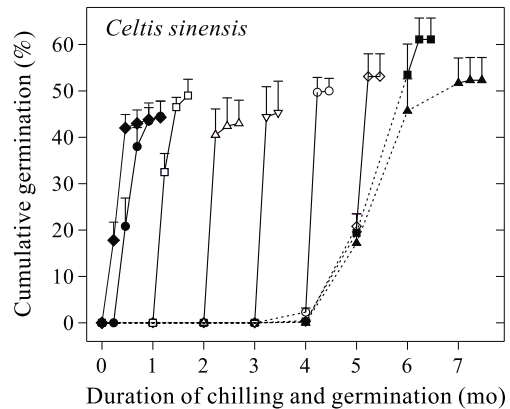


Fig. 3. Cumulative germination percentages of seeds of *Celtis sinensis* chilled at 4°C for 1~7 mo (□, 1 mo; △, 2 mo; ▽, 3 mo; ○, 4 mo; ◇, 5 mo; ■, 6 mo; ▲, 7 mo). Dotted lines (.....) and solid lines (—) respectively represent germination rates while in the dark at 4°C stratification and in alternating temperatures of 30/20°C with 8 h of light, after the periods of stratification as indicated. Filled diamonds (◆) and circles (●) represent mature seeds incubated at alternating temperatures of 30/20°C and 35/10°C without chilling pretreatment, respectively. Vertical bars represent the mean ± standard error.

是50、83及98%，即低溫濕藏時間達7 mo後有活力的種子就能在此環境下幾乎發芽完畢(Fig. 3)。因此，本研究原來低溫層積的試驗設計是經1~12 mo之時程，但最終只能獲得至7 mo的試驗資料。種子經層積5、6與7 mo後之發芽率分別是53.1、61.1與52.3% (自行發芽種子亦合併計算)，與新鮮種子發芽率相較後差異均顯著($p < 0.03$ 、 $p < 0.01$ 與 $p < 0.05$)。綜合以上結果數據，可知4°C層積時間若達5~7 mo可以對沙朴種子的發芽率有明顯的提高作用，且是在4°C濕藏無光的條件下發芽。另在此1~7 mo的低溫層積期間，種子含水率經吸潤後較新鮮種子者(10.5%)顯著提升，然其種子含水率差異頗大，種子在未自行發芽的1~4 mo期間之含水率在

13.1~20.6%，而當層積延長到5~7 mo的種子逐漸開始自行發芽期間，其含水率也顯著提高到25.9~32.0% (Fig. 4)。另本批種子在層積1 mo後

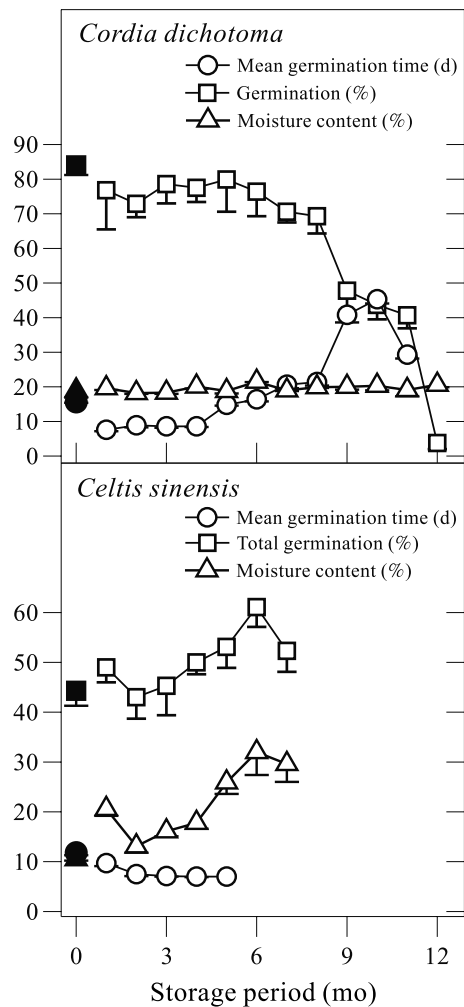


Fig. 4. Effect of 4°C chilling for 1~12 and 1~7 mo on the mean germination time (○), germination percentage (□), and changes in seed moisture content (△) of seeds of *Cordia dichotoma* and *Celtis sinensis*, respectively. The filled circles (●), squares (■), and triangles (▲) represent the mean germination time, germination percentage, and seed moisture content of freshly mature seeds, respectively. Vertical bars represent the mean ± standard error.

其平均發芽日數為9.7 d，與新鮮種子平均發芽日數(11.8 d)相較後呈顯著下降($p < 0.05$)，爾後至層積2~5 mo後其平均發芽日數再顯著下降至7.0~7.5 d ($p < 0.0001$)，而當層積時間再延長至6 mo以後，則因自行發芽種子比率過高而未能計算其平均發芽日數(Fig. 4)。

三、含水率與溫度對破布子與朴樹種子儲藏之影響

破布子種子經0~24 mo乾藏後，各級含水率與不同儲藏溫度對發芽率的影響見Fig. 5。四級含水率種子在乾燥控制剛完成後的發芽率分別是 87.0 ± 8.3 (18.9% MC)、 82.5 ± 3.8 (12.7% MC)、 85.0 ± 4.1 (8.9% MC)與 $82.0 \pm 3.7\%$ (4.5% MC)，彼此間或與新鮮種子之起始發芽率($84.0 \pm 2.8\%$)相較後均無差異($p > 0.5$)。當種子儲藏在-20°C時，含水率18.9%者在1 mo後就完全喪失活力；其餘三級含水率較低的種子在儲藏24 mo後之發芽率相近，分別為 82.7 ± 4.0 (12.7% MC)、 79.4 ± 4.7 (8.9% MC)與 $81.0 \pm 4.4\%$ (4.5% MC)，均無顯著下降趨勢($p > 0.5$)。當種子儲藏在4°C時，含水率18.9%者之發芽率在9 mo後開始呈顯著下降，至18 mo後完全喪失活力；其餘三級含水率較低的種子在儲藏24 mo後之發芽率相近，分別為 78.2 ± 4.6 (12.7% MC)、 76.2 ± 4.5 (8.9% MC)與 $76.0 \pm 4.0\%$ (4.5% MC)，均無顯著下降趨勢($p > 0.05$)。而當儲藏在15°C時，含水率18.9%者之發芽率在6 mo後開始呈顯著下降，至9 mo後完全喪失活力；其餘三級含水率較低的種子在儲藏24 mo後之發芽率分別為 71.2 ± 6.5 (12.7% MC)、 83.2 ± 3.9 (8.9% MC)與 $71.4 \pm 2.1\%$ (4.5% MC)，僅8.9% MC者未呈顯著差異($p > 0.5$)，但12.7與4.5% MC者已呈顯著下降($p < 0.003$)。由上可知僅含水率最高(18.9% MC)的破布子種子在-20、4與15°C三種儲藏溫度下呈現活力快速下降趨勢，但含水率較低之三級(4.5~12.7% MC)種子在-20與4°C下經24 mo之儲藏，其種子活力並不會下降。經統計分析結果，在本研究的試驗設計規模內，儲藏溫度(-20、4與15°C)、種子含水率(4.5~18.9%)與儲藏時間(0~24 mo)等各單一因子對破布子種子



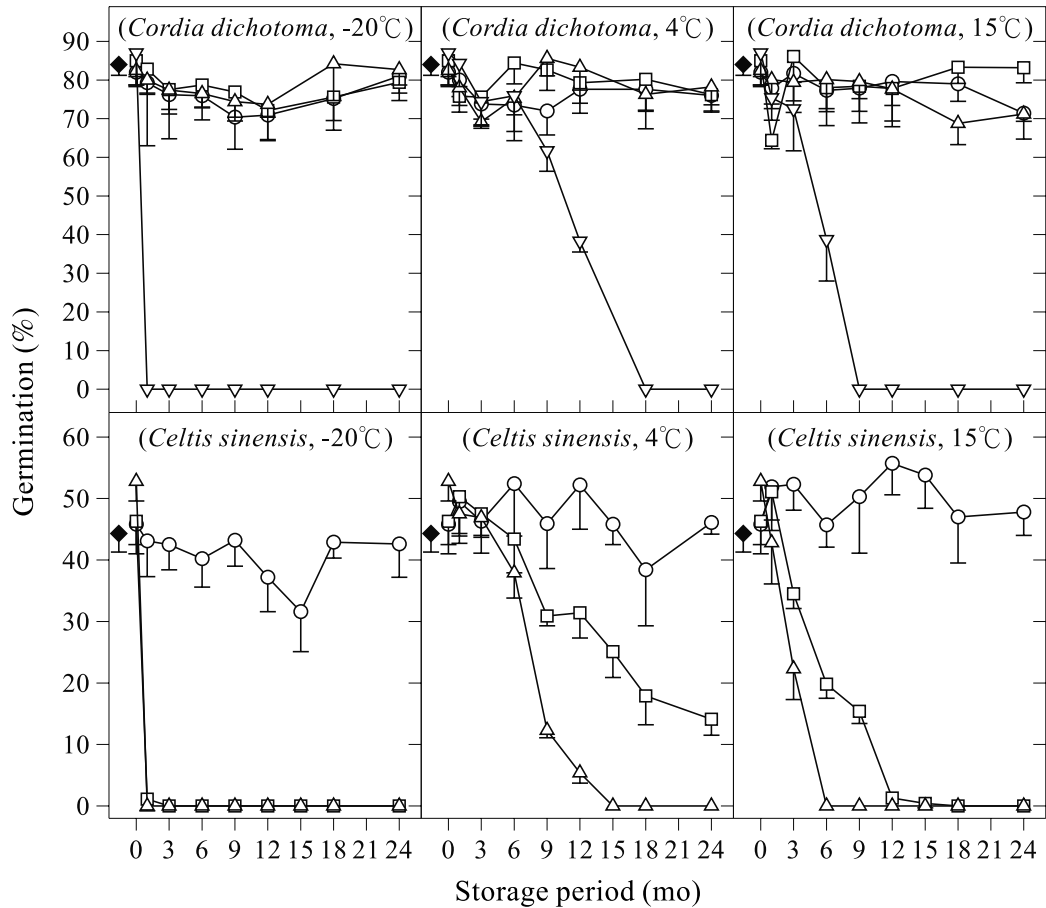


Fig. 5. Effects of storage temperatures (-20, 4, and 15°C) and moisture contents (MCs) (4.5~18.9% and 3.8~19.9%, respectively) on the germination percentage of seeds of the 2 species studied. Survival of seeds with the 4 water contents of seeds of *Cordia dichotoma* and 3 water contents of seeds of *Celtis sinensis* significantly differed ($p < 0.0001$) at each temperature. The filled diamonds (◆) represent the initial germination percentage of freshly mature seeds of the 2 species. Moisture contents of seeds of these 2 species in storage were the same as those shown in Fig. 2. Vertical bars represent the mean \pm standard error.

活力之影響均極顯著($p < 0.0001$)，且此三因子兩兩間之交互或三因子之共同交互也都顯著影響種子活力($p < 0.0001$)，尤其以種子含水率此單一因子的影響最大，儲藏溫度次之，儲藏時間又次之。上述結果的原因顯然是含水率最高(18.9% MC)之種子在三種儲藏溫度下其發芽率均呈急遽下降之故，若不將此級含水率發芽率結果列入統計分析，則儲藏溫度與種子含水率對種子發芽率之影響並不顯著($p > 0.5$ 與

$p > 0.1$)，僅儲藏溫度與時間之交互、儲藏時間此二因子對種子活力呈顯著影響($p < 0.01$ 與 $p < 0.03$)。

破布子乾藏種子在�發芽試驗時間點所得之平均發芽日數詳見Fig. 6 (發芽率 $< 10\%$ 者未標示)。四級含水率種子在乾燥控制剛完成後的平均發芽日數分別是 9.8 ± 0.3 (18.9% MC)、 11.1 ± 1.1 (12.7% MC)、 13.2 ± 1.0 (8.9% MC)與 12.9 ± 0.7 d (4.5% MC)，各級含水率種子的

平均發芽日數與新鮮種子者(15.6±0.2 d)均呈顯著降低($p < 0.001$)，爾後不同含水率種子儲藏在不同溫度的各次觀測時間點所得之平均發芽日數則呈上下波動。然在每一觀測時間點，當種子活力仍無下降時，則不同含水率種子之平均發芽日數間並無顯著差異(Fig. 6)。

朴樹種子經0~24 mo乾藏後，各級含水率與不同儲藏溫度對發芽率的影響見Fig. 5。三級含水率種子在乾燥控制剛完成後的發芽率分別是52.8±3.2 (19.9% MC)、46.3±5.3 (9.6% MC)與45.8±3.3% (3.8% MC)，彼此間或與新鮮種子之起始發芽率(44.3±3.0%)相較後均無

差異($p > 0.05$)。當種子儲藏在-20°C時，含水率19.9%者在1 mo後就完全喪失活力，而9.6%者也幾乎死亡殆盡，然而3.8% MC者在儲藏24 mo後之發芽率為42.6±5.4%，並無顯著下降趨勢($p > 0.5$)。當種子儲藏在4°C時，含水率19.9%者之發芽率在9 mo後開始呈顯著下降，至15 mo後完全喪失活力；含水率9.6%者之發芽率在9 mo後開始呈顯著下降，至24 mo後發芽率僅餘14.1±2.6%；含水率3.8%者在儲藏24 mo後之發芽率46.1±1.9%，並無顯著下降趨勢($p > 0.5$)。而當儲藏在15°C時，含水率19.9%者之發芽率在3 mo後開始呈顯著下降，至6 mo後完全

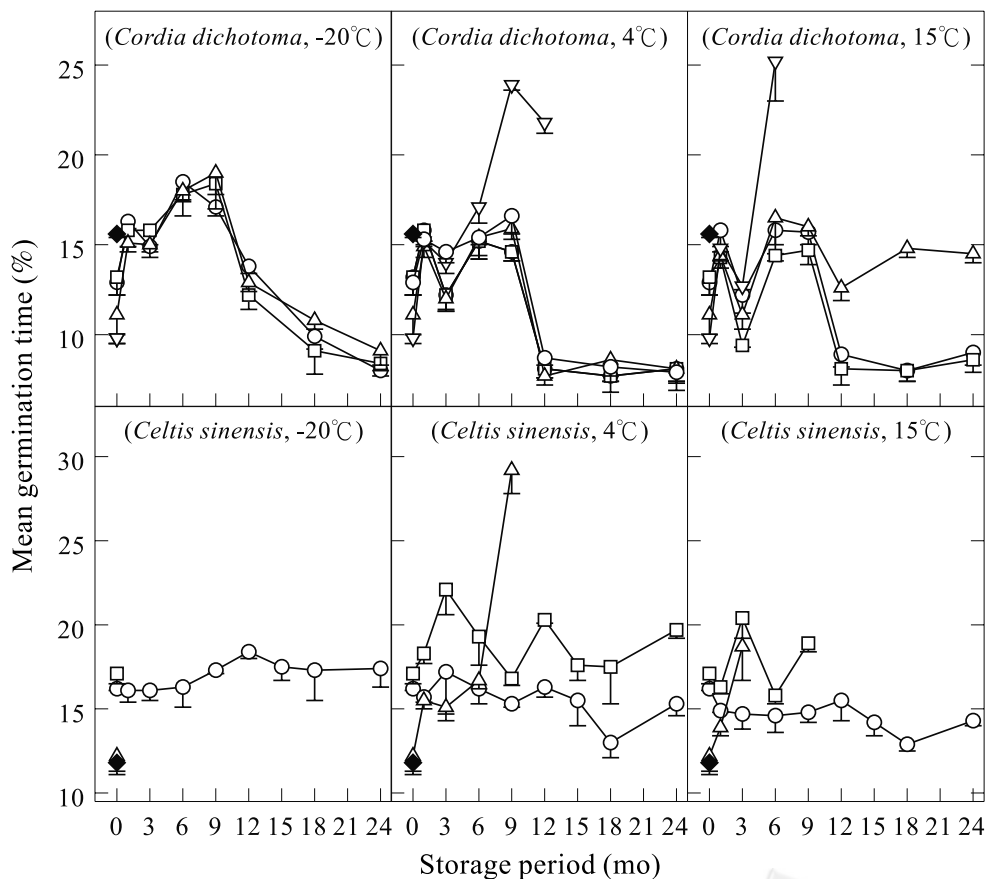
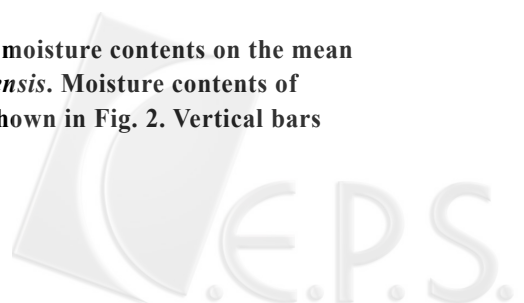


Fig. 6. Effects of storage temperatures (-20, 4, and 15°C) and moisture contents on the mean germination time of seeds of *Cordia dichotoma* and *Celtis sinensis*. Moisture contents of seeds of these two species in storage were the same as those shown in Fig. 2. Vertical bars represent the mean ± standard error.



喪失活力；含水率9.6%者之發芽率也是在3 mo後開始呈顯著下降，至12 mo後完全喪失活力；含水率3.8%者在儲藏24 mo後之發芽率 $47.8 \pm 3.8\%$ ，與新鮮種子之發芽率並無顯著差異($p > 0.3$)。由上可知19.9與9.6% MC等含水率較高的朴樹種子，在-20、4與15°C三種儲藏溫度下均呈現活力快速下降趨勢，但含水率較低的3.8%種子在三種溫度下，經24 mo之儲藏後其種子活力並不會下降。經統計分析結果，在本研究的試驗設計規模內，儲藏溫度(-20、4與15°C)、種子含水率(3.8~19.9%)與儲藏時間(0~24 mo)等各單一因子對朴樹種子活力之影響均極顯著($p < 0.0001$)，且此三因子兩兩間之交感或三因子之共同交感也都顯著影響種子活力($p < 0.0001$)，尤其以種子含水率此單一因子的影響最大，儲藏溫度次之，儲藏時間又次之。上述結果的原因顯然是含水率較高之二級(19.9與9.6%)之種子在三種儲藏溫度下其發芽率均快速下降之故，若只以3.8% MC者之發芽率結果來進行統計分析，各儲藏溫度中之不同儲藏時間點的種子活力均無顯著差異(-20°C: $p > 0.05$ 、4°C: $p > 0.1$ 、15°C: $p > 0.3$)。

朴樹乾藏種子在各發芽試驗時間點所得之平均發芽日數詳見Fig. 6 (發芽率 $< 10\%$ 者未標示)。三級含水率種子在乾燥控制剛完成後的平均發芽日數分別是 12.2 ± 1.1 (19.9% MC)、 17.1 ± 0.6 (9.6% MC)與 16.2 ± 0.1 d (3.8% MC)，含水率9.6與3.8%種子的平均發芽日數較新鮮種子者(11.8 ± 0.5 d)顯著升高($p < 0.0001$)，但19.9% MC者則無差異($p > 0.5$)。爾後含水率3.8%之種子儲藏在三種溫度的各次觀測時間點所得之平均發芽日數都維持在15 d左右且頗為穩定；而9.6% MC之種子儲藏4及15°C所得之平均發芽日數則較呈上下波動；而19.9% MC在4及15°C儲藏時的未死亡種子，其平均發芽日數則隨儲藏時間之延長而呈急速上升(Fig. 6)。

討論

破布子與朴樹的新鮮種子直接以30/20°C變溫發芽時，具有活力的種子在3週內就幾乎能

全部發芽，此結果顯示這兩種種子均不具休眠(Figs. 3, 4)。

4°C低溫層積無法提高破布子種子的發芽率，但能將平均發芽日數從新鮮種子即播的15.6 d降低至約9 d (層積1~4 mo才有此效用)(Fig. 4)，顯著地提高發芽整齊度。故當進行粗放的苗床播種育苗作業時，低溫層積可能較不具實用價值，但若採集約的穴盤或機械育苗作業時，則低溫層積以其能有效提高種子發芽整齊度而仍具相當的實用價值。再則，當此低溫濕藏時間超過9 mo後種子活力開始快速下降，12 mo後就幾乎全數死亡(Fig. 4)，故其也非短暫儲藏破布子種子之良方。

相同的，4°C層積也無法提高朴樹種子的發芽率，且當層積時間超過至4 mo後，種子會在此低溫黑暗的環境下開始自行發芽，當層積時間達7 mo後具有活力的種子就幾乎全部發芽(Fig. 3)。雖然當層積時間達5~7 mo時所得的發芽率較新鮮種子者稍高(Fig. 4)，但必須多出時時挑出發芽種子的操作程序，且可能因發芽生長環境不適而產生不少畸形苗，故仍不建議以此法來獲得種子苗。另雖平均發芽日數可從新鮮種子即播的11.8 d顯著降低至層積1~4 mo的7~11 d (Fig. 4)，與上述破布子相同地，這樣對發芽速度的提升效果對粗放的育苗工作可能較不具效益。綜合上述結果，低溫層積對朴樹種子的發芽促進與短暫儲藏亦不具實用價值。另由層積5~7 mo的未發芽種子(種仁呈黑褐色的衰敗種子捨去不用)所測得的含水率明顯較1~4 mo者高(Fig. 4)，這意味著種子已進入發芽前的吸水階段。

本研究結果顯示破布子與朴樹種子當其含水率分別被降低至4.5與3.8%，於-20°C經二年之儲藏仍不失活力，符合乾儲型種子的定義(Hong and Ellis 1996)，故判定其儲藏性質屬乾儲型。而破布子種子即使含水率高至13%時亦頗能耐零下低溫儲藏，於-20°C儲藏二年後仍不見衰敗跡象(Fig. 5)，與過去台灣被研究過的乾儲型林木種子如大頭茶(*Gordonia axillaris* (Boxb.) Dietr.)、黃連木(*Pistacia chinensis* Bunge)、台灣欒樹(*Koelreuteria henryi*

Dummer)等相似(Yang et al. 2000)，這些樹種種子當含水率稍高在8~11%時，對零下低溫均較不敏感。相對的，朴樹種子當含水率稍高時則非常容易遭受零下低溫傷害，含水率約10%的種子在於-20°C 儲藏時，1 mo就幾乎死亡殆盡(Fig. 5)，此特性與流蘇(*Chionanthus retusus* Lindl. & Paxt.)種子相似，流蘇種子當含水率在8%以上時就會遭受零下低溫凍害(Yang and Lin 2004)。

一般種子含水率若高於15%且儲存在0°C以下低溫時，種子中的自由水會形成冰晶而造成凍害(Tompsett 1985)，所以在進行零下低溫儲藏時，應把種子含水率降低到14%以下，以免細胞間留有大量水分於結冰後造成膜系破壞而導致種子衰敗(Copeland and McDonald 1995)。而本研究結果顯示當破布子種子含水率在13%時低溫凍害尚未造成，但在18%時此傷害效應在儲藏1 mo內就已急遽顯現，而朴樹種子更敏感，在約10% MC時此傷害就能顯現(Fig. 5)。上述結果可用以說明即使破布子與朴樹種子屬乾儲型，長期儲藏時自當以零下低溫進行之，但當種子含水率高於某臨界點，種子衰敗速率反而快於儲藏在4與15°C者(Fig. 5)，且含水率愈高時此冰凍傷害效應會愈快發生。推測破布子種子的零下低溫凍害含水率臨界值可能是在15% MC左右，與上述一般建議值頗為接近，而朴樹種子則明顯較低，較為精確的含水率臨界值有待進行更多等級含水率(5~9%)的零下低溫儲藏試驗來細究之。雖然本試驗呈現當破布子種子含水率在4~13%時可在-20°C 儲藏二年而活力不墜，但這也有可能因為試驗時間不夠長，含水率稍高(7~13% MC)種子的凍害效應在二年內尚無法呈現之故，故若要對本種種子進行零下低溫長期儲藏時，建議仍應遵循FAO/IPGRI (1994)的建議，將乾儲型種子的含水率控制在3~7%，以避免長期儲藏時含水率過高而導致種子衰敗。但若為二年內之短期儲藏，可將破布子種子含水率降低至13%以下儲藏在4°C即可，其發芽率並不會明顯下降。然而，同屬乾儲型的朴樹種子在儲藏前的操作則需更加小心，以本研究結果建議，不論是在零上低溫短

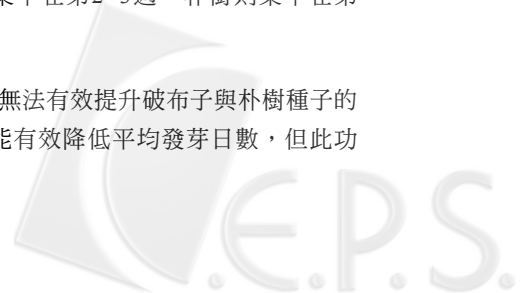
期儲存或零下低溫長期儲藏前，都應先將種子含水率降到3~5%才能避免種子衰敗。

本研究的兩種種子之各不同含水率種子其儲藏起始點之平均發芽日數呈顯著差異，此應與種子發芽前的水分吸潤階段時間有關，即這些乾燥種子在以水草為介質的發芽方式下，需花費較久的時間讓種子吸水以啟動發芽，這可由高含水率種子具有較短的平均發芽日數而推知(Fig. 6)。種子儲藏歷程中若某時間點的平均發芽日數突然遽增，這可能意味著該處理種子已有衰敗趨勢，而且此介量的反應較發芽率更為靈敏，如本研究破布子的18.9% MC種子儲藏在4°C時，發芽率在9 mo後開始稍呈下降趨勢(Fig. 5)，然平均發芽日數在此時已急遽上升(Fig. 6)，而本研究的朴樹9.6% MC種子在4°C、19.9% MC種子在4及15°C儲藏時也有如此趨勢(Figs. 5, 6)。至於破布子不同含水率的種子其平均發芽日數在各次觀測時間點有上下起伏之共同趨勢，如三種儲藏溫度在第9個月時，活力未降的各含水率種子之平均發芽日數均共同上升至約16 d，而在第24個月時又整體下降至約9 d，此原因應該不是種子本身的歧異性所造成，而可能是生長控制箱所提供的發芽環境略有差異之故。即使我們對每台生長控制箱都另外放置溫度記錄盒加以監測並校正，使溫度達到±1°C之內，但於不同機器間，甚至同台機器在不同季節時，生長箱在溫度轉變時的升降溫速率仍是會有些差異。又因本發芽試驗每週檢查記錄一次，發芽日數的計算基準單位為7 d，當種子的發芽期較短時就不易顯現出精細的差異。以上可能是導致平均發芽日數呈上下波動之原因。

結論

一、破布子與朴樹種子均不具休眠性，在30/20°C變溫環境下6週內就可完成發芽。破布子種子發芽集中在第2~3週，朴樹則集中在第1~2週。

二、4°C層積無法有效提升破布子與朴樹種子的發芽率，但能有效降低平均發芽日數，但此功



效在台灣傳統粗放的育苗作業上可能較不具實用價值。而且當低溫濕藏時間超過9 mo後會讓破布子種子活力迅速下降；超過4 mo後會使朴樹種子開始自行發芽，7 mo後具有活力的種子就全部發芽。故低溫層積對此二種種子的發芽稍有促進效益，但非短暫儲藏此二種子之可行方法。

三、破布子與朴樹種子均耐乾燥，含水率降至5%時活力不墜，且耐零下低溫環境，二年後發芽率仍未有下降趨勢，故判定此二種種子均屬長壽命的乾儲型，亦即可將種子進行長期儲藏以供日後利用。進行零下低溫長儲前應先將破布子種子的含水率降低到3~7%，朴樹種子則應降至3~5%後封存。若為二年內之短期儲藏，則可將破布子種子的含水率降低到13%以下，朴樹種子則仍應降至3~5%，密封後置於一般冰箱下層約4°C的環境即可。

謝誌

感謝吳欣怡、張宗怡、何倩雯、高巧齡、鄭佳鳳、田玉娟、陳冠璋、林怡芳、李淑華、林彥佑、陳冠璋、林君如、李瓊美、劉冠宏諸君協助種子採收處理及發芽試驗等工作。

引用文獻

Bonner FT. 1990. Storage of seeds: potential and limitations for germplasm conservation. *For Ecol Manage* 35:35-43.

Copeland LO, McDonald MB. 1995. Seed science and technology. 3rd ed, New York: Kluwer Academic Publishers. p 189.

Ellis RH, Hong TD, Roberts EH. 1990a. An intermediate category of seed storage behaviour? *J Exp Bot* 41:1167-74.

Ellis RH, Hong TD, Roberts EH. 1990b. Effect of moisture content and method of rehydration on the susceptibility of pea seeds to imbibition damage. *Seed Sci Technol* 18:131-7.

Ellis RH, Hong TD, Roberts EH, Soetisna U. 1991. Seed storage behavior in *Elaeis guineensis*. *Seed Sci Res* 1:99-104.

Evans G. 1957. The viability over a period of fifteen years of severely dried ryegrass seed. *J Br Grassl Soc* 12:286-9.

FAO/IPGRI. 1994. Genebank standards. Rome: Food and Agricultural Organization of the United Nations/International Plant Genetic Resources Institute. p 141.

Harrington GT, Crocker W. 1918. Resistance of seeds to desiccation. *J Agric Res* 14:525-32.

Hartmann HT, Kester DE, Devies ET. 1989. Plant propagation: principals and practices. 5th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall. 647 p.

Hsiao JY, Liu HY. 1998. Boraginaceae. In: Editorial Committee of the Flora of Taiwan, editor. *Flora of Taiwan*. Vol. 4. 2nd ed. Taipei, Taiwan: Editorial Committee of the Flora of Taiwan. p 390.

Hsui LL. 1982. Isolation, chemical characterization and antitumor activity of bark of *Cordia dichotoma* Forst F, a Chinese medicinal plant. *Bull Chinese Oncol Soc* 3(2):12-21.

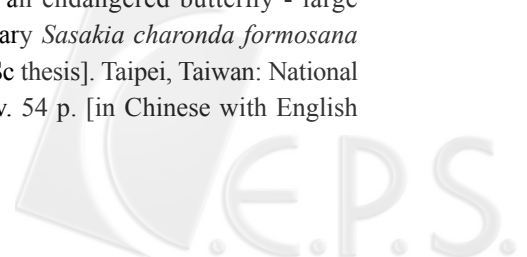
Hong TD, Ellis RH. 1995. Interspecific variation in seed storage behavior within two genera—*Coffea* and *Citrus*. *Seed Sci Technol* 23:165-81.

Hong TD, Ellis RH. 1996. A protocol to determine seed storage behavior. IPGRI Technical Bulletin no. 1. Rome: International Plant Genetic Resources Institute. 62 p.

International Seed Testing Association. 1999. International rules for seed testing. Rules 1999. *Seed Sci Technol* 27 (Suppl):1-333.

Kuppasta IJ, Vasudeva N. 2003. Anthelmintic activity of fruits of *Cordia dichotoma*. *Indian J Nat Prod* 19(3):27-9.

Lee HY. 1998. The habitats, life history and behavior of an endangered butterfly - large purple fritillary *Sasakia charonda formosana shirozu*. [MSc thesis]. Taipei, Taiwan: National Taiwan Univ. 54 p. [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].

Nutile GE. 1964. Effect of desiccation on viability of seeds. Crop Sci 4:325-8.

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

Theagarajan KS, Prahbu VV. 1977. Chemical examination and utilisation of *Cordia dichotoma* kernel. Curr Sci 46(15):511-2.

Tompsett PB. 1985. The influence of moisture content and temperature on the viability of *Shorea almon*, *S. robusta* and *S. roxburghii* seeds. Can J For Res 15:1074-9.

Trivedi AV, Awasthi U, Pitre KS. 1990. Polarographic analysis of fixed oil obtained from a natural source [*Cordia dichotoma* seeds]: a method for the determination of saturated and unsaturated fatty acids in fixed oil. Planta Med 56(6):595-6.

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].

Yang JC, Chen YH, Lin TP. 2000. Seed storage behavior of *Gordonia axillaris* (Boxb.) Dietr., *Pistacia chinensis* Bunge, and *Koeleruteria henryi* Dummer. Taiwan J For Sci 15(1):91-104. [in Chinese with English summary].

Yang JC, Lin TP. 2004. Effects of seed moisture content and storage temperature on the storage behavior of seeds of the Chinese fringetree (*Chionanthus retusus* Lindl. & Paxt.). Taiwan J For Sci 19(3):247-58. [in Chinese with English summary].

Yang YP, Lu SY. 1996. Ulmaceae. In: Editorial Committee of the Flora of Taiwan, editor. Flora of Taiwan. Vol. 2. 2nd ed. Taipei, Taiwan: Editorial Committee of the Flora of Taiwan. p 128-9.

