

可應用於種苗生產調節之馬拉巴栗種子 貯藏技術改進¹

林大鈞²、許嘉錦²

摘 要

馬拉巴栗是臺灣重要的園藝觀葉植物之一，外銷產值可觀。然而，果實產期集中且種子難以貯藏的特性為其長期困擾的問題。過去研究發現少量種子透過貝芬替(carbendazim)處理可以成功抑制種子發霉，延長貯藏時間。為推進產業應用的可行性，本研究試驗貯藏溫度與相同容器內的貯藏數量對種子成活率的影響，並採用更簡易的貯藏裝置大量貯藏種子。結果指出 10°C 與 13°C 是較可行的貯藏溫度，而 7°C 則會因溫度過低而有負面影響。而相同容器內貯藏數量提高也可能會降低種子成活率。本研究透過簡易的自製裝置，在 10°C 冷藏環境下成功將 2,400 粒種子保存 16 週，且成活率達到 95.9%，為目前已知成本低、方法簡單及數量最大的馬拉巴栗種子長期貯藏方式，應有助於解決馬拉巴栗因種子無法保存而限制種苗生產集中的困境。

關鍵字：美國花生、發財樹、異貯型

前 言

馬拉巴栗 (*Pachira aquatica* Aubl. = *Pachira macrocarpa* (Cham. & Schl.)Schl.)⁽⁸⁾是臺灣重要之外銷觀葉植物，每年供應日本、荷蘭、美國及加拿大等國市場所需，2021 年出口年產值高達 1.46 億元⁽¹⁾。馬拉巴栗在臺灣俗稱為「美國土豆」或「發財樹」，為熱帶小喬木，原產地在中美洲，日治時期引入栽培，由於生命力強，種植容易，已成為臺灣家戶常見之觀葉植物。然而，其種子具有異貯型種子(recalcitrant seed)之特性^(2,3,4,6,9,10)，不耐乾旱，遇水則迅速發芽，無休眠性，難以保存，致使播種期集中且產期調節不易，為當前產業發展所面臨的困境。

馬拉巴栗具有堅硬之橢圓形蒴果，常見為 5 心皮，內果皮與種子之間可見絨毛填充，為木棉亞科(Bombacoideae)植物的常見特徵。果實成熟後由縫線開裂，種子即可自然散落⁽⁷⁾。此類熱帶植物的種子，因落地後立即發芽，不會進入休眠狀態，故無法長期保存。成熟種子切開後可見發育完全的胚軸，且具多胚性⁽²⁾。種皮內的空間主要由兩片子葉所填充，等待突破種皮後立即展開。不具休眠性的異貯型種子在熱帶較為常見⁽¹¹⁾，且熱帶不似溫帶有渡冬需求，有利於植物在其適應良好之

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第 1041 號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場計畫助理、助理研究員。

原生環境迅速繁衍子代。馬拉巴栗果實的成熟期頗為整齊，一年可產出 4 期，但以其中 2 期為主⁽⁷⁾，即以 7 月底 8 月初之果實產出為大宗，俗稱「正期」，而 1 月下旬之產出次之，俗稱「倒頭」。正期果約占年總產量的 6 成，倒頭果則約占年總產量的 3 成⁽⁴⁾。

由於果實的 2 個主要產期相距 5 至 6 個月，加上種子發芽率通常在 2 週內即迅速衰敗⁽²⁾，就產業而言，若無法有效保存種子則無法調節生產量，使得出貨時間必定集中在特定高峰，此為當前亟待解決的問題。種子若能貯藏 3 個月以上，即可在兩次產期之中再增加 1 次生產，有助於分散生產工作，解決人力需求集中及達成全年平均生產的目標。

一般正貯型種子(orthodox seed)可以在乾燥或低溫的環境下進入休眠，而異貯型種子會因低溫或失水而死亡⁽⁵⁾。在未使用特定方法的情形下，馬拉巴栗種子容易失水，同時也容易發霉^(2,9,10)。如遇積水，則種子立即萌發，不利於保存。是故其種子的保存，必須在適宜的乾濕與冷熱之間。

過去研究曾試用數種消毒方式，以提高馬拉巴栗種子貯藏的可能性。張等(2011)⁽⁴⁾對馬拉巴栗完熟果實使用腐絕(thiabendazole)或 55°C 熱水熱處理(沖洗 16 secs)，而後貯藏於 10°C 環境，貯藏 4 週播種發芽率差距不顯著。至 5、6 週時經腐絕處理者發芽率較好，分別有 80%與 50%，而熱處理者貯藏至第 5、6 週皆僅有 10%。然而，以腐絕處理者 10°C 貯藏至第 8 週，發芽率只剩 10%。該文亦比較免賴得、木醋酸及漂白水做殺菌劑處理果實並於 5°C 或 10°C 貯藏數週後的種子發芽率，其中以免賴得(benomyl)處理者在第 4 週能有最佳的發芽率 82.4%，第 5 週仍為免賴得效果最佳，成活率達 58.6%。漂白水(Clorox)次之，為 52.7%，但統計上差距未顯著。由此可知，即使是最佳的處理方式，在貯藏 5 至 6 週之後也都會損失 5 成左右的種子。

Shen 等(2014)⁽⁹⁾比較了貝芬替(carbendazim, methyl-benzimidazol-2-ylcarbamate)與免賴得的效果，並指出貝芬替能有效延長馬拉巴栗種子的貯藏壽命。經貝芬替處理之種子，在 13°C 密閉冷藏 16 週後發霉率為 30%，未發霉種子發芽率可達 100%。若將發霉種子視為死亡而扣除，則 16 週後仍有約 70%的發芽率。

上述兩篇研究的貯藏方式存在若干差異。前者是以果實為單位貯藏，每處理有 4 或 5 重複。後者則是每處理 3 重複，每重複 15 粒種子，而播種時僅使用其中的 10 粒種子。後者在貯藏上強調濕貯藏，使用新型通氣式植物組織培養容器為貯藏裝置(Plantima®, A-Tech Bioscientific Co. Ltd, 臺灣)，使容器內空氣濕度得以維持。

本研究延續以貝芬替進行種子殺菌，試圖以簡單易得且成本低廉的容器，做為馬拉巴栗種子的貯藏容器，並且嘗試操作更大的種子數量。在溫度效應的探究，除了前述兩研究的 10°C 與 13°C 之外，亦加入 7°C 冷藏溫度以探討低溫的效果。此外，考量增加相同容器內種子貯藏的數量，可提高空間使用效率，因此本研究也初步測試貯藏數量是否影響貯藏的結果。另外，本研究以大量杯為主體所構成的簡易貯藏裝置，期在空氣濕度與積水問題間取得平衡，以取代前述研究使用之通氣式植物組織培養容器，並大幅提高種子貯藏數量與產業應用的可能性。

材料與方法

一、試驗材料準備與表面消毒

新鮮果實購買自南投縣九九峰產區的馬拉巴栗栽培業者，果實於 2022 年 1 月 19 日送抵彰化縣大村鄉之臺中區農業改良場，果皮青綠未開裂。將其置於無日照直射的空間並以電風扇加速通風，吹乾表面水氣，等待果實乾燥開裂。果實陸續開裂後，1 月 24 日至 1 月 25 日之間採收開裂果實內的種子，並且淘汰皺縮、空心、明顯過小及發育不良的種子。種子採收後立即使用廣效性接觸型殺菌藥劑「貝芬替 50%水懸劑(巴雷，聯立農業科技，臺灣)」進行消毒。殺菌劑用自來水稀釋 1500 倍後，將裝於網袋中的種子浸泡 5 mins 後取出，於陰涼處攤平吹風，經過 2 個晚上使其表面水分自然乾燥。

二、試驗設計

(一)不同貯藏溫度對馬拉巴栗種子成活率的影響

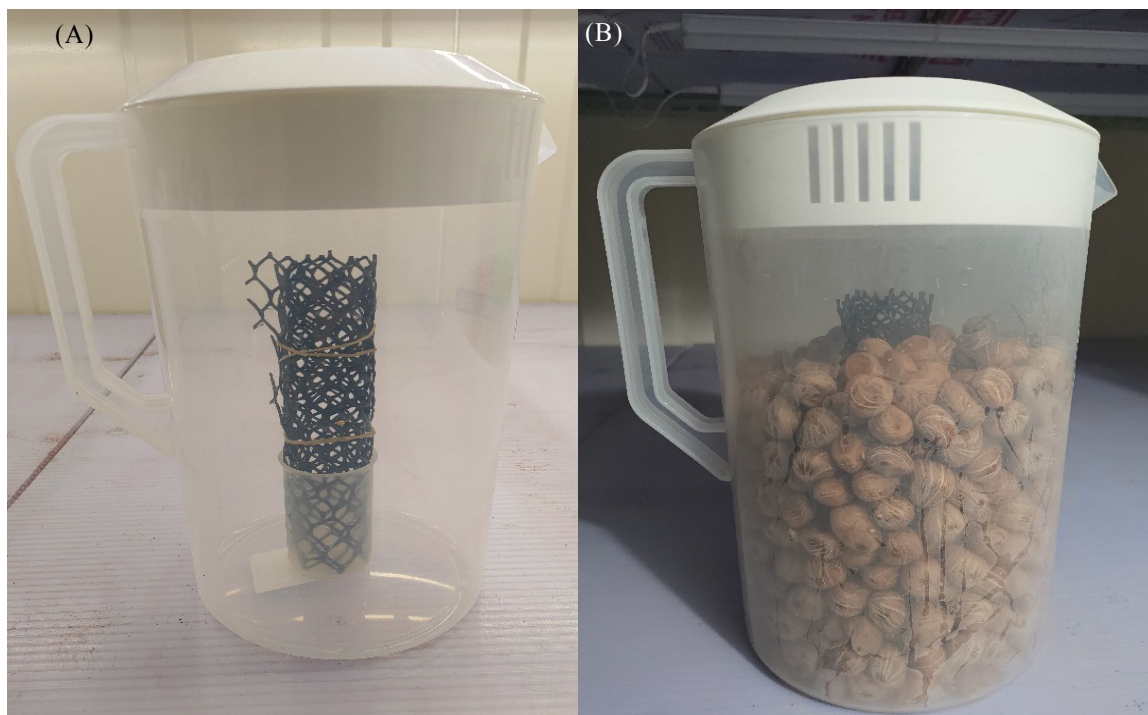
為瞭解不同溫度對種子貯藏的效應，將種子填裝於袋口密封之 7 號夾鏈袋(L×W×D=200×140×0.04 mm)中，貯藏於 7°C、10°C 及 13°C 之恆溫生長室中並以室溫為對照組。每袋 50 粒為 1 重複，每處理 4 重複。每 2 週調查 1 次種子成活率，貯期 16 週，共計 8 次。

(二)不同貯藏方式對馬拉巴栗種子成活率的影響

為增進馬拉巴栗種子貯藏時空間利用與作業流程的效率，試驗比較貯於 10°C 下不同貯藏方式對馬拉巴栗種子成活率的影響，並以前述貯於 10°C 之下每袋 50 粒種子的貯藏方式為對照。試驗種子於 2022 年 1 月 27 日與 1 月 28 日間進行分裝，並置於 10°C 恆溫生長室。

為了解相同容器內增加種子貯藏數量對馬拉巴栗種子成活率的效果，將種子裝於同上述大小之 7 號夾鏈袋中，每袋 100 粒，相當於使用前述的貯藏方法但貯藏數量加倍，並同樣貯於 10°C 生長箱中冷藏。每處理 4 重複。每 4 週調查 1 次種子成活率，貯期 16 週，共計調查 4 次。

為達成以簡單裝置做到大量與長期貯藏的目標，於 10°C 下測試桶裝大量貯藏的效果。使用 5 L 塑膠大量杯(Keyway KN-075，聯府塑膠，臺灣)做為貯藏容器，中間放置盛有半滿蒸餾水的 50 mL 小燒杯，以提供桶中空氣濕度。使用塑膠黑網沿著小燒杯周圍捲起成柱狀，形成柱狀中軸，以增加種子與空氣的接觸(圖一)。量杯蓋上杯蓋，以防水分散失。大量杯及所附裝置皆使用貝芬替浸泡消毒 1 min，陰乾後使用。欲貯藏的種子填充於大量杯杯壁與柱狀中軸之間，每桶 600 粒為 1 重複。每 8 週調查 1 次種子成活率，每次 4 重複，貯期 16 週，共調查 2 次。



圖一、桶裝大量貯藏裝置圖。

塑膠黑網與小燒杯構成柱狀中軸(A)；種子填充於柱狀中軸之外(B)。

Fig. 1. The jug container device for storing 600 seeds of *Pachira aquatica* in this experiment.

The central column consists of the black plastic mesh and the beaker (A); the seeds filled the space outside the central column in the jug (B).

三、成活率與污染率計算

為說明本批試驗所使用之馬拉巴栗種子品質良好，第 0 週(2022 年 1 月 28 日)先將消毒後未經貯藏的試驗種子播種並計算成活率，每重複 50 粒、共 4 重複，以此確認試驗所使用種子之新鮮度與成活率。只要第 0 週成活率未低於 90%，即確認種子健康⁽³⁾。

取樣之種子播種於本場玻璃溫室內，第 1 次播種(第 2 週)時間為 2022 年 2 月 11 日，第 8 次播種(第 16 週)時間為 2022 年 5 月 19 日。以 100 格穴苗盤為種植容器，每格種植 1 粒種子，播種 10 天之後觀察種子成活率，以此排除發芽後 10 天內即死亡的可能案例。且下胚軸順利延伸而使子葉推離土壤表面方認定為成活，以此排除種皮開裂卻不生長的情況。以育苗用泥炭土為栽培介質(PeltrAcom，綠誼，臺灣)，每日澆水以維持其介質濕度。成活率=(下胚軸伸長且順利推升子葉之種子數)/(播種種子數)×100%。

每次播種前先對所有貯藏種子之污染率進行記錄。每袋或每桶種子依發霉情形給予 0 到 5 分，

發霉情形越嚴重則分數越高，0 分為無發霉，1 分為約 20%以下發霉，2 分為 40%成以下發霉，3 分為 60%成以下發霉，4 分為 80%成以下發霉，5 分為 > 80%以上發霉。污染率 = [貯藏中各袋(或桶)的發霉情形分數加總]/[貯藏中各袋(或桶)發霉情形皆為 5 分時之分數加總]×100%。

四、統計分析

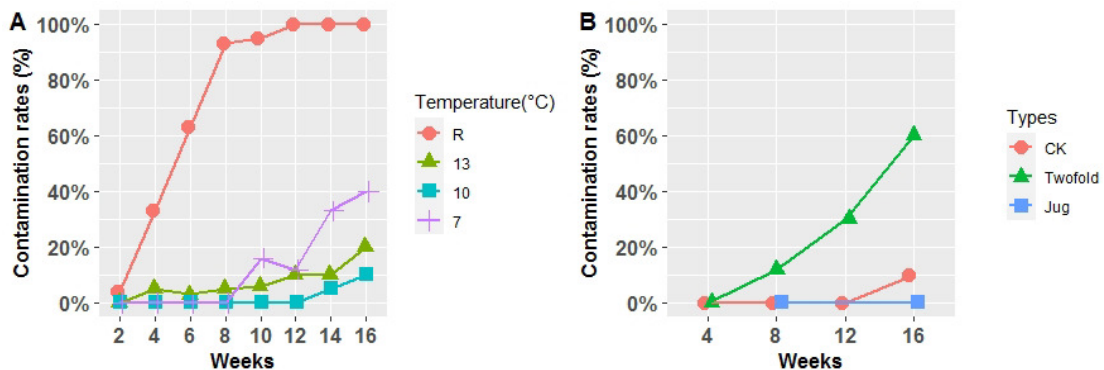
統計分析使用 R 4.1.2，百分比數據先經平方根反正弦(arcsine)函數變換，經過單因子變方分析(ANOVA)如達統計顯著($p \leq 0.05$)，再以 LSD 檢定針對各處理之間的顯著性($p \leq 0.05$)進行檢定。

結果與討論

一、不同貯藏溫度對馬拉巴栗種子成活率的影響

經貝芬替消毒後，不同溫度貯藏馬拉巴栗種子的成活率見表一。此外，消毒後立即播種(第 0 週)的原始成活率為 98%、96%、100%及 96%，平均為 97.5%，均高於 90%以上，即此批種子原始健康狀況無虞。

圖二 A 顯示馬拉巴栗種子貯於不同溫度下的污染率。種子在室溫下的污染率從第 2 週開始便急遽攀升，第 8 週後已高於 90%。於 10°C 貯藏之種子污染率最低，13°C 則較高。而 7°C 貯藏之種子的污染率也在 10 週以後開始上升，此反映了低溫的對種子污染的抑制力並非越低溫越好，因為 7°C 的污染率反而高於 10°C。溫度過低易造成馬拉巴栗種子的死亡，而加劇污染率。



圖二、馬拉巴栗種子污染率。

貯於 4 種溫度下的種子污染率(A)；10°C 下 3 種貯藏方式的種子污染率(B)。

Fig. 2. Contamination rates of *Pachira aquatica* seeds. Seed contamination rates at 4 different storage temperatures (A); Seed contamination rates of 3 different types of storage (B). CK = 50 seeds stored at 10°C in the zipper bags; Twofold = 100 seeds stored at 10°C in the zipper bag; Jug = 600 seeds stored at 10°C in the jug.

表一呈現不同貯藏溫度對馬拉巴栗種子成活率的影響。種子在室溫與 7°C 的溫度條件下貯藏，大致呈現隨貯藏時間增加而成活率遞減的趨勢，貯藏至第 16 週，種子的成活率皆低。室溫貯藏的種子第 4 週平均發芽率僅剩不到 6 成，7°C 條件下貯藏的種子第 6 週的平均成活率仍高達 97%，但於 8 週後便開始下降，且顯著低於 10°C 與 13°C 的成活率。推測為低溫對異貯型種子造成的傷害，不耐低溫是熱帶異貯型種子的典型特性⁽⁵⁾。此一結果亦可與賀(2010)⁽⁶⁾研究對照：若將馬拉巴栗果實保存於 5°C 環境，其種子成活率皆低於保存於 10°C 者。

表一、不同溫度下馬拉巴栗種子貯藏的成活率

Table 1. Survival rates of *Pachira aquatica* seeds stored at different temperatures

Storage duration (Weeks)	Survival rates (%) ²			
	Room Temp.	7°C	10°C	13°C
2	92.0 b ¹	98.5 a	100.0 a	98.5 a
4	56.0 a	98.5 a	99.5 a	81.5 a
6	68.0 a	97.0 a	98.0 a	77.5 a
8	33.5 b	83.0 a	99.0 a	96.0 a
10	21.5 b	39.0 b	99.5 a	96.0 a
12	0.0 c	52.0 b	92.0 a	97.5 a
14	9.5 b	1.0 b	98.0 a	98.5 a
16	16.0 b	0.0 b	92.0 a	99.0 a

¹ Means separation within rows by LSD test at $p \leq 0.05$.

² Percentage data were arcsine-square-root transformed prior to analysis.

種子在 10°C 與 13°C 下貯藏皆表顯出良好的成活率(表一)，在第 16 週的種子成活率分別為 92% 與 99%。然而，貯於 13°C 的種子第 4 週與第 6 週(其平均值於第 4 週為 81.5%，第 6 週為 77.5%) 表現出低於 10°C 種子的成活率(第 4 週為 99.5%，第 6 週為 98.0%)，不過這樣的差異並未達到顯著 ($F=2.896$, $p=0.07902$)。由於 13°C 較 10°C 高溫，種子存在較高的污染風險(圖二)，而夾鏈袋內一旦有種子發霉，容易蔓延傳染，影響該袋成活率，造成整體平均值下降。貯於 13°C 的種子第 8 週起成活率皆高於 96.0%，到第 16 週甚至是 99.0%，而 10°C 於第 16 週則是 92.0%。貯於 10°C 的種子，數據顯示約在 12 週開始顯示出稍低於 13°C 的趨勢，但未達顯著差異。10°C 與 13°C 條件下貯藏 16 週的種子，其播種後發芽的情形如圖四 C、D 所示。

本試驗結果而言，10°C 與 13°C 皆是可行的貯藏溫度。但 13°C 貯藏之種子部分受發霉影響而降低成活率，其發霉風險較 10°C 高。然而，10°C 貯藏長期而言恐會因溫度較低而影響成活率，尤其是 12 週以後。且參考 7°C 低溫長期貯藏的不良反應，推測 10°C 貯藏若超過 16 週，其成活率將會繼續降低。是以 10°C 是本研究結果建議貯藏溫度設定的低溫臨界，不建議將貯藏溫度設定低於 10°C，

而 10°C 與 13°C 之間應為可行的溫度區間。

在實務上，貯藏空間的溫度經常會略低於設定的溫度，因為生長箱運作的原則是一旦溫度超過設定的溫度時，冷氣會開始運轉，將溫度下降至低於設定溫度 2°C 左右。因此冷氣運轉造成的溫度向下震盪實務上無可避免，所設定的溫度存在一個變動範圍。根據溫濕度數據記錄儀(EL-USB-2, Lascar Electronics, UK)的實際測值，7°C、10°C 及 13°C 生長箱的平均溫度分別為 6.55°C、8.93°C 及 12.79°C，標準差分別為 0.41°C、0.64°C 及 1.32°C。

二、不同貯藏方式對馬拉巴栗種子成活率的影響

當種子的數量從每袋 50 粒增加到每袋 100 粒而夾鏈袋的大小維持不變，其 4、8、12、16 週的種子成活率平均值分別為 98.8%、25.0%、89.5% 及 41.8%。第 4 週與第 12 週的種子成活率皆維持在將近 9 成與 9 成以上，然而第 8 週與第 16 週其部分成活率數據也有 8-9 成，但部分為 0% 或將近 0%，即有整袋發霉死亡之情形，在此將所有重複列出(表二)。此一結果表示相同容器內的種子貯藏數量是個問題，將空間塞滿雖可提高空間使用的效率，但污染率較高。由其污染率與可知(圖二 B)，單位體積內貯藏量倍增，其污染率較未倍增者高，未倍增第 16 週的污染率為 10%，倍增者則為 60%。如欲追求種子貯藏的空間利用效率與工作效率，無法單純透過倍增夾鏈袋內的種子貯藏數量來達成。

夾鏈袋大小相同但種子貯藏數量倍增也意味生物量的倍增，可能造成表面殺菌不完全或攜帶病原的機會倍增；再者，每個種子所分配到的氧氣量相對減少，可能造成缺氧。後者可能是異貯型種子貯藏必須考量的問題，由於種子並未進入休眠狀態，貯藏環境必須提供種子維持生理活性所需的各種條件。死亡的種子容易造成病原大量增生，並容易擴散感染其他種子。然而，其因果機制仍須進一步探討。

以 5 L 大量杯裝入 600 粒種子，貯藏於 10°C 之下，歷經 8 週與 16 週貯藏後播種，種子皆表現出極為良好的成活率(見表二)，與貯藏於 10°C 每袋 50 粒種子之對照無顯著差異。其第 8 週成活率平均分別為 98.6%。貯藏至第 16 週，各桶之成活率依然能維持在 9 成以上，其中最低為 93.5%，最高為 98.0%。其成活率穩定，不會有前述試驗呈現類似全有全無的情形。透過此一方法貯藏 16 週之 2,400 粒種子(見圖四 A)，播種後成活率達 95.9% 且生育狀態良好(圖四 E)。

由於夾鏈袋構造扁平且兩面貼附於種子之上，使得種子容易浸泡在一層凝結水中(資料未顯示)，恐促進高濕發霉與貯藏期間發芽。貯藏裝置透過中央的小水杯提供穩定的空氣濕度，又因量杯是柱體構型，較無積水的現象。柱狀中軸可增加通氣，同時可避免種子掉入水杯中。其污染率與其他貯藏方式的比較，見圖二 B。以此裝置大量貯存種子，經 16 週貯藏後未見污染之情形。

表二、10°C之下馬拉巴栗種子不同貯藏方式之成活率

Table 2. Survival rates of *Pachira aquatica* seeds stored at 10°C with different storage types

Storage duration (Weeks)	Storage types ¹	Survival rates (%) ²				
		Mean	#1	#2	#3	#4
4	CK	99.5 a ³	98.0	100.0	100.0	100.0
	Twofold	98.8 a	98.0	99.0	99.0	99.0
	Jug	-	-	-	-	-
8	CK	99.0 a	98.0	98.0	100.0	100.0
	Twofold	25.0 b	98.0	0.0	0.0	2.0
	Jug	98.6 a	98.3	99.5	98.3	98.2
12	CK	92.0 a	84.0	98.0	94.0	92.0
	Twofold	89.5 a	88.0	92.0	91.0	87.0
	Jug	-	-	-	-	-
16	CK	92.0 a	90.0	98.0	88.0	92.0
	Twofold	41.8 b	89.0	0.0	0.0	78.0
	Jug	95.9 a	96.3	93.5	95.7	98.0

¹CK = 50 seeds stored at 10°C in the zipper bags; Twofold = 100 seeds stored at 10°C in the zipper bag; Jug = 600 seeds stored at 10°C in the jug.

²Percentage data were arcsine-square-root transformed prior to analysis. #1, #2, #3 and #4 represent No. of each replicate.

³Means separation within columns by LSD test at $p \leq 0.05$.

綜上，貯於13°C的馬拉巴栗種子，相較於10°C而言，除了有較高的污染風險之外，也較容易觀察到貯藏期間發芽的情形(圖三)。部分種子胚根伸出種皮，長度多小於1.5 cm。貯藏期間發芽的問題可被低溫抑制，10°C即少見此情形，13°C的貯溫下種子發芽趨勢較明顯。室溫之下貯藏的種子更容易在貯藏期間發芽(圖四B)，但因夾鏈袋中生存條件不足而生長停滯，種植後少部分尚能恢復生長，室溫處理下倖存的種子即應屬這種情況。

馬拉巴栗之種子貯藏，首要克服種子無法忍受乾燥的問題，Shen (2015)等⁽¹⁰⁾研究指出其種子發芽率與種子的水分含量呈高度曲線相關($R^2=0.98$)，種子在25°C與相對濕度60%的室內環境下失水，1週即全數死亡。另外，病原污染的問題也相當重要。固然可以透過貯藏環境給予高空氣濕度，卻仍會造成2種負面結果：其一為潮濕容易促進真菌生長，其二是種子遇水容易立即發芽。前述問題皆可被低溫所減緩，但真菌無法被低溫所消滅。透過殺菌劑前處理雖有助於殺死多數病原，但不可能達到無菌狀態。而低溫雖可以抑制種子萌發以及真菌生長，但過度的低溫也可能凍傷或凍死種子，反而加速真菌的入侵。

而透過2倍數量的種子貯藏試驗結果，可推測適當的氧氣供給可能也是種子存活的重要條件。一般而言，氧氣的存在會縮短種子壽命，但對於含水率高的種子，例如含水率高於18%

的澱粉類種子，氧氣的存在反而是種子生存的必要條件⁽⁵⁾。這些種子呼吸作用旺盛，若因缺氧而進行無氧呼吸，會對種子造成毒害。透過鮮重與乾重的測量得知(70℃烘箱烘乾72 hrs)，新鮮馬拉巴栗種子的含水率約為50%(未發表數據)，亦符合高含水率種子的類型。因此貯藏異貯型種子，應注意其生理活性並未如正貯型種子一般進入休眠，而是如同一株蓄勢待發的小苗暫時包裹在種皮中。此外，長期的貯藏可能會導致養分消耗，造成發芽或發芽後短期內生長速率緩慢，過去的研究也曾報導過此一趨勢^(6,9)。

前人研究透過貝芬替前處理，以及利用新型通氣式植物組織培養容器盛裝種子，在13℃環境下將種子保存16週，未發霉者發芽率100%，發霉率30%⁽⁹⁾。本研究進一步利用更簡單的裝置與更大量的種子，在10℃環境下將種子保存16週，成活率達95.9%。近4個月的貯藏，可補足馬拉巴栗2次主要產期之空窗期，可使2次主要產期中間再增加1次播種，除了分散生產作業，也達到產調目的。

本研究旨在推進行前人研究⁽⁹⁾在產業上的可行性，依本研究結果，以業界0.1 ha土地面積需500 kg的馬拉巴栗果實來估算，並以每粒果實有效種子的重量約占果實整體的26%、種子平均重量約為2.5 g計算，每桶貯藏600粒種子，則0.1 ha的土地約需87桶種子。由於產業實務上種子貯藏毋須如同試驗研究一般逐粒計數，可經由定量容器倒入種子而快速完成，因而具有實務上的應用參考價值。



圖三、馬拉巴栗種子貯藏期間發芽的情形。

貯於 13℃ 之部分種子於貯藏期間發芽(左)，10℃ 種子幾無發芽的情形(右)。

Fig. 3. *Pachira aquatica* seeds germinated during storage.

Some of the seeds germinated during storage at 13℃ (left), while almost no germination during storage was seen at 10℃ (right).



圖四、馬拉巴栗種子貯藏 16 週後與播種後生長情形。

桶裝大量貯藏種子第 16 週之外觀俯視圖(A)；室溫下夾鏈袋貯藏種子第 16 週外觀，可見發芽情形(B)；13°C 下夾鏈袋貯藏種子於第 16 週後播種生長情形(C)；10°C 下夾鏈袋貯藏種子於第 16 週後播種生長情形(D)；10°C 桶裝大量貯藏種子於第 16 週後播種生長情形(E)。(C)-(E) 拍攝於 2022 年 6 月 9 日，為播種後的第 20 天。

Fig. 4. The appearance of *Pachira aquatica* seeds and the growth of the seedlings after 16 weeks of storage.

The appearance (from top view) of seeds stored at 10°C in the jug (A); the appearance of seeds stored at room temperature in zipper bags. Seed germination during storage was found (B); the growth of seedlings from the seeds stored at 13°C in zipper bags (C); the growth of seedlings from the seeds stored at 10°C in zipper bags (D); the growth of seedlings from the seeds stored at 10°C in Jugs (E). Photos of (C)-(E) were taken on June 9th, 2022, the 20th day after sowing.

參考文獻

- 1.財政部關務署 2013 海關進出口統計 <https://portal.sw.nat.gov.tw/APGA/GA30> (2022.06.22 查詢)。
- 2.孫永偉、郭爛婷、劉宗明、廖文偉、鍾文全 2011 馬拉巴栗貯藏與誘變技術簡介 種苗科技專訊 74: 17-16。
- 3.張育森、高建元、朱玉、沈榮壽、呂廷森、陳麗筠 2010 馬拉巴栗栽培關鍵技術之研發現況 2010 花卉研究團隊研究現況與展望研討會專刊 135-141。
- 4.張育森、彭永良、高建元、朱玉、沈榮壽、呂廷森、陳麗筠、陳麗鈴 2011 馬拉巴栗關鍵技術與生產體系之研發 2011 年花卉研究團隊成果發表會專刊 71-95。
- 5.郭華仁 2015 第六章、種子的壽命 p.163-183 種子學 臺大出版中心 臺北 臺灣。
- 6.賀心平 2010 馬拉巴栗之種實貯藏、矮化劑應用與失編防治 國立屏東科技大學農園生產系碩士學位論文 屏東 臺灣。
- 7.蔡致謨、傅文吾. 1951 馬拉巴栗之研究 農業研究 2(4): 89-102。
8. Carvalho-Sobrinho, J., V. N. Yoshikawa, L. J. Dorr 2021 Notes on Brazilian *Pachira* (Malvaceae, Bombacoideae) II: Additional typifications and new synonymies. *PhytoKeys* 186: 53-76.
9. Shen, R.S, S.W Lu, S.T. Hsu, K.L Huang and I. Miyajima 2014 Chemical fungicide pretreatment and cool-wet storage prolonging seed longevity in *Paichra macrocarpa* (Cham. & Schl.) Schl. J. Fac. Agr., Kyushu Univ., 59 (2): 249-257.
10. Shen, R.S, S.W Lu, S.T. Hsu, K.L Huang, Y.S Chang and I. Miyajima 2015 Viability loss and oxidation during desiccation of recalcitrant *Pachira macrocarpa* seeds J. Fac. Agr., Kyushu Univ., 60(1): 22-32.
11. Tweddle, J. C., J. B. Dickie, C. C. Baskin, and J. M. Baskin 2003 Ecological aspects of seed desiccation sensitivity. *J. Ecol.* 91(2): 294-304.

The Improvement of Seed Storage Techniques for the Regulation of Seedling Production in *Pachira aquatica* Aubl.¹

Ta-Chun Lin² and Chia-Chin Hsu²

ABSTRACT

Pachira aquatica Aubl. is one of the economically important horticultural foliage plants in Taiwan. It brings considerable revenue by exports each year. However, a long-standing problem is that the production of the seeds is seasonal but the storage is difficult. One previous research has shown that fungal infections of the seeds can be inhibited by pretreating the fungicide, carbendazim, and the storage longevity is effectively extended.

For improving the commercial potential of the technique, this study conduct experiments with large numbers of the seeds, examining the effect of different storage temperatures and whether the number of seeds per bag affects survival rates of the seeds. We also made easily-assembled containers for massive storage. The results suggested that both 10°C and 13°C are practicable for the seed storage within 16 weeks. 7°C is too cold and harmful to the seeds in long-term storage. The number of seeds per bag also affected seed survival rates: increasing the storage density decreased survival rates of the seeds. We stored 2400 seeds of this plant at 10°C with simple devices and the survival rate successfully reached 95.9% after 16 weeks of storage. It is an easy and a cost-effective method for seed storage in *Pachira aquatica*, and also a successful case of seed storage for this plant with highest number of seeds, longest duration of storage, and highest survival rates to date, which may contribute to the practicability of seed storage and the spreading of production in *Pachira aquatica*.

Keywords: *Pachira macrocarpa*, Malabar chestnut, money tree, recalcitrant

¹Contribution No. 1041 from Taichung DARES, COA.

²Project Assistant and Assistant Researcher of Taichung DARES, COA.