

利用乾燥豆乾燥胡瓜種子之研究

洪 意 昕¹⁾ 宋 好²⁾

關鍵字：胡瓜種子、乾燥豆、貯藏、發芽

摘要：本研究以胡瓜'萬吉'種子為材料，研究乾燥過程中乾燥豆與種子混合之最適比例及溫度與乾燥倍數對種子貯藏性之影響，以確定乾燥豆進行胡瓜種子乾燥之最佳條件。結果顯示利用大粒徑乾燥豆進行胡瓜種子乾燥，於 25°C 以 3 倍或 5 倍(重量比)乾燥豆混合胡瓜種子進行乾燥，皆可在 2 小時內將種子水分含量從 33% 降低至安全含水量 10%，對種子活力與生理活性表現無顯著之影響。乾燥種子經加速老化處理後，乾燥豆混合倍數對種子發芽活力無顯著影響，但乾燥溫度顯著影響種子發芽率及生理表現，於 3 倍 25°C 下乾燥胡瓜種子發芽率達 91%，增加乾燥倍數至 5 倍時可以縮短 1 小時乾燥時間，種子的發芽活力無顯著影響，但造成種子呼吸率下降。經過 6 個月貯藏試驗後，於 25°C 下 5 倍乾燥豆混合的種子，電導度較低、平均發芽天數較短且種子發芽率仍可維持 85% 以上，獲得品質較佳的種子。

前 言

胡瓜(*Cucumis sativus* L.)為重要果菜類蔬菜之一，種子產量較少且價格較高，其種子在果實內成熟後採收，採收時需以酸鹼處理或自然發酵方式使種子與果肉分離，且種子取出後水分含量高，在未經過乾燥的情況下，因呼吸作用旺盛，消耗種子內養分，放出熱量，種子容易受到微生物感染而發霉變壞(Harrington, 1972)，為了使種子在貯藏過程中維持一定活力，種子採收後需在短時間內乾燥至安全含水量後再進行貯藏(Kelly and George, 1998)。傳統上常見的乾燥方法有熱風乾燥、乾燥劑乾燥、高溫日曬、自然陰乾等。種子利用乾燥劑如矽酸鈉(silica gel)、氯化鋰、氯化鈣等進行乾燥，為一較操作簡單且方便進行之方式，適合用於種原庫種質的保存或用於小規模種子生產。

1) 國立中興大學園藝系碩士班研究生。
2) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。

乾燥劑作用方式為吸收種子內之水分直到平衡狀態，其吸水能力取決於乾燥劑與種子混合之比例與乾燥溫度等(Hay *et al.*, 2012)。一新興之乾燥劑乾燥豆(drying beads)又稱沸石(zeolite)，是由氧化矽和氧化鋁所形成的結晶性矽鋁酸鹽類，具有多孔性、對水親和性高且可重複使用之特性，但在乾燥過程中，短時間內吸收大量水分時，容易產生放熱現象，造成種子傷害(Hay and Timple, 2013)。本試驗以胡瓜'萬吉'為材料，研究乾燥豆應用於其種子乾燥上之方法如乾燥過程，乾燥豆與種子混合之最適比例及乾燥溫度等，評估不同乾燥條件對乾燥後種子貯藏性之影響。

材料與方法

一、試驗材料

胡瓜'萬吉'種子(農友種苗公司)為本研究之材料，乾燥豆(drying beads)為(Rhino Research，全盟科技有限公司所購買)，分為大(7.3 mm)、中(5.6 mm)、小(3.9 mm)三種粒徑。

二、種子與乾燥豆混合後種子水分變化及貯藏

(一)乾燥處理：

自新鮮胡瓜果實中取水分含量 33%胡瓜種子，於 15、25、35°C 下，放入大中小三種粒徑，比例為 3、5 倍之乾燥豆，在密閉塑膠盒(7.5×7.5×10 cm³)內處理 2、4、6、12、24 小時後，取出調查種子的含水量，每個處理 3 重覆，每重複 5 g 種子。

(二)水分含量測定方式：

取 1 g 種子秤重，依照國際種子檢查手冊(ISTA, 2009)規範，將胡瓜種子置於 130°C 烘箱中，烘乾 2 小時，其後秤其乾重，計算種子內水分含量佔鮮重之百分率(%)，水分含量計算公式為： $(M1-M2/M2-M3) \times 100\%$ ，M1：容器重+烘乾前種子重，M2：容器重+烘乾後種子重，M3：容器重，每處理 3 重覆。

(三)貯藏試驗：

胡瓜種子經不同乾燥處理將種子水分含量降至安全含水量 10%後，利用鋁箔袋(12×7.5 cm²)包裝種子，於 6°C 種子貯藏庫進行 6 個月貯藏。

三、種子乾燥後品質調查

(一)發芽試驗

種子經不同乾燥處理後，每處理取 20 粒胡瓜種子以紙上法培養於內置濕濾紙一張(55 mm, Advante)之 5.5 cm 培養皿中，加入 2 ml 去離子水，置於 25°C 生長箱中，黑暗下進行發芽試驗，試驗期間保持濾紙濕潤，每日計算發芽粒數(胚根為種子兩倍長時視為發芽)，期間為 14 天，每處理 3 重複，調查項目包括最終發芽百分率和平均發芽天數。

(二) 萌芽試驗

取 20 粒甜椒種子播種於塑膠盒中(23 ×14 ×8 cm)中，栽培介質比例為泥炭土:蛭石:珍珠石 = 8:1:1，置於 25°C 生長箱中黑暗下進行萌芽試驗，試驗期間保持介質濕潤，胚軸面突出介質表面 1 cm 視為萌芽，每日計算發芽粒數，期間為 14 天，每處理 3 重複，調查項目包括最終萌芽百分率和平均萌芽天數。

(三) 電導度測試

取 3 粒胡瓜種子放置於試管(2.5×12 cm)中，加入 10 ml 去離子水並以石臘膜封管，於 25°C 生長箱中浸潤四天，以導電度計(conductivity meter model SC-170, Suntex, Taipei, Taiwan)讀取電導度值，估算種子之滲漏量，每處理 4 重複。

(四) 呼吸率之測定

取 3 粒甜椒種子以次氯酸消毒後，以培養皿加水培養 3 天後，將種子置於 16 ml 塑膠管中，以軟木塞封管後於 25°C 生長箱內密封，靜置 1 小時後，以 1 ml 塑膠針筒抽取氣體 1 ml，利用 CO₂ 分析儀(Rosemount CO₂ Analyzer, PRO BECTECH GROUP LTD, 兆偉國際工程有限公司)檢視 CO₂ 含量，每處理 5 重複

呼吸率公式：

【(樣品 peak 長度-空瓶 peak 長度)/標準品 peak 長度】×容器體積(ml)×標準品濃度(%) / 【樣品鮮重(g)×封管時間(hr)】，單位為 ml CO₂ / g/ hr。

(五) 人工加速老化處理

於壓克力箱(32×22×12 cm³)下層加入 1000 ml 純水，將甜椒種子或胡瓜種子置於上層，蓋上蓋子密封確認盒內相對濕度達到 100%，置於 43°C 烘箱內 4 天，取出處理的種子回乾 2 天，待種子含水率降到 10% 後，進行試驗。

(六) 脂質過氧化物(malondialdehyde, MDA)

依照 Heath and Pecker (1968) 方法部分修正，取 0.2 g 甜椒種子，浸潤 24 hr 後，加入 2 ml 5% trichloroacetic acid (TCA) 溶液且在冰浴下研磨後，在 4°C 下 15,000 rpm 離心 30 分鐘，取 1 ml 之萃取液，加入 4 ml 反應試劑(0.5% (w/v) TBA，內含 20% (w/v) TCA)，於 95°C 水浴 30 分鐘後，迅速移入冰中冷卻終止其反應。待其冷卻後，以 15,000 rpm 離心 10 分鐘後，於波長 532 及 600 nm 下測定吸光值變化，並以吸光係數 155 mM⁻¹ cm 估算 MDA 之含量，每處理 5 重複。

MDA 含量(n mol) = (A532 - A600)/155 (K, mM⁻¹ cm⁻¹) ×反應體積×稀釋倍數×1000/乾重(g)

四、統計分析

試驗調查結果所得數據統計均採用 SAS 套裝軟體(SAS Insbitue)中的 PROC ANOVA(analysis of variance procedure)進行變方分析(p=0.05)，並以 Fisher's LSD 進行各處理間平均值之比較。

結 果

一、胡瓜種子與乾燥豆混合後基本吸水特性

將含水量為 33 % 胡瓜種子在 15、25 及 35°C 下與大中小三種粒徑乾燥豆分別以重量比 3 與 5 倍混合，觀察種子與乾燥豆水分含量變化(圖 1、2)。

(一)三倍混合比例。

1. 15°C：胡瓜種子水分含量變化(A)，大中小三種粒徑乾燥豆與胡瓜種子混合後，乾燥 2 小時下，經大粒徑乾燥的種子水分含量快速下降至 15.3%，中粒徑乾燥的種子水分含量則降到 14.6%，小粒徑乾燥的種子水分則下降至 13.0%，但三種粒徑間無顯著之差異。乾燥 4~24 小時間，經大中小三種粒徑乾燥的種子水分含量均隨乾燥時間增加水分含量逐漸下降。於第 24 小時，經三種粒徑乾燥豆乾燥的種子水分含量達 5.5 %，三種粒徑間水分含量均無顯著差異。

於 15°C 下乾燥豆水分含量變化(D)，乾燥豆吸水的結果則與種子水分變化呈負相關，乾燥 2 小時下，大中小三種粒徑乾燥豆水分含量分別為 6.7、6.3 及 6.5%，三種粒徑水分含量無顯著差異。乾燥 4-24 小時，隨著乾燥時間增加，乾燥豆水分含量也緩慢增加，乾燥 24 小時下，大中小粒徑乾燥豆水分含量分別為 7.5、8.0 及 8.4%，三種粒徑間無顯著差異。

2. 25°C：胡瓜種子水分含量變化(B)，大中小三種粒徑乾燥豆與胡瓜種子混合後，乾燥 2 小時下，經大粒徑乾燥的種子水分含量快速下降至 13.3%，中粒徑乾燥的種子水分含量則降到 13.9%，小粒徑乾燥的種子水分則下降至 11.5%，但三種粒徑間無顯著之差異。乾燥 4-24 小時，經大中小三種粒徑乾燥的種子水分含量均隨乾燥時間增加，水分含量迅速下降。於第 24 小時，經大中小粒徑乾燥的種子水分含量分別為 3.9、4.6 及 5.5%，三種粒徑間水分含量有顯著差異。

乾燥豆水分含量變化(E)，乾燥豆吸水的結果則與種子水分變化呈負相關，乾燥 2 小時下，大中小三種粒徑乾燥豆水分含量分別為 5.9、6.3 及 6.5%，三種粒徑水分含量無顯著差異。乾燥 4-24 小時，隨著乾燥時間增加，乾燥豆水分含量也緩慢增加。於第 24 小時，大中小粒徑乾燥豆水分含量分別為 6.9、8.4 及 9.2%，三種粒徑間無顯著差異。

3. 35°C：胡瓜種子水分含量變化(C)，大中小三種粒徑乾燥豆與胡瓜種子混合後，乾燥 2 小時下，經大粒徑乾燥的種子水分含量快速下降至 8.9%，中粒徑乾燥的種子水分含量則降到 10.0%，小粒徑乾燥的種子水分則下降至 8.7%，但三種粒徑間無顯著之差異。乾燥 4-24 小時，經大中小三種粒徑乾燥的種子水分含量均隨乾燥時間增加，水分含量迅速下降。於第 24 小時，經大中小粒徑乾燥的種子水分含量為 4.0%，三種粒徑間水分含量無顯著差異。

乾燥豆水分含量變化(F)，乾燥豆吸水的結果則與種子水分變化呈負相關，乾燥 2 小時下，大中小三種粒徑乾燥豆水分含量分別為 6.7、6.6 及 8.3%，三種粒徑水分含量無顯

著差異。乾燥 4-24 小時，隨著乾燥時間增加，乾燥豆水分含量也緩慢增加。於第 24 小時，大中小粒徑乾燥豆水分含量分別為 8.2、8.5 及 10.5%，小粒徑乾燥豆水分含量顯著高於大粒徑與中粒徑。

(二)五倍混合比例

1. 15°C：胡瓜種子水分含量變化(A)，大中小三種粒徑乾燥豆與胡瓜種子混合後，乾燥 2 小時，經大粒徑乾燥的種子水分含量快速下降至 10.1%，中粒徑乾燥的種子水分含量則降到 8.7%，小粒徑乾燥的種子水分則下降至 10.4%，但三種粒徑間無顯著之差異。乾燥 4-24 小時，經大中小三種粒徑乾燥的種子水分含量均隨乾燥時間增加，水分含量逐漸下降。於第 24 小時，經三種粒徑乾燥豆乾燥的種子水分含量達 4.0%，三種處理間無顯著差異。

乾燥豆水分含量變化(D)，乾燥豆吸水的結果則與種子水分變化呈負相關，乾燥 2 小時，大中小三種粒徑乾燥豆水分含量分別為 6.0、6.3 及 7.0%，三種粒徑水分含量無顯著差異。乾燥 4-24 小時，隨著乾燥時間增加，乾燥豆水分含量也緩慢增加，於第 24 小時，大中小粒徑乾燥豆水分含量分別為 9.8、9.3 及 9.5%，三種粒徑間無顯著差異。

2. 25°C：胡瓜種子水分含量變化(B)，大中小三種粒徑乾燥豆與胡瓜種子混合後，乾燥 2 小時下，經大粒徑乾燥的種子水分含量快速下降至 9.7%，中粒徑乾燥的種子水分含量則降到 10.3%，小粒徑乾燥的種子水分則下降至 9.0%，三種粒徑間無顯著差異；乾燥 4-24 小時，經大中小三種粒徑乾燥的種子水分含量均隨乾燥時間增加，水分含量逐漸下降。於第 24 小時，經三種粒徑乾燥豆乾燥的種子水分含量達 4.3%，三種處理間無顯著差異。

乾燥豆水分含量變化(E)，乾燥豆吸水的結果則與種子水分變化呈負相關，乾燥 2 小時下，大中小三種粒徑乾燥豆水分含量分別為 5.8、6.1 及 6.3%，三種粒徑水分含量無顯著差異。乾燥 4-24 小時，隨著乾燥時間增加，乾燥豆水分含量也緩慢增加。於第 24 小時，大中小粒徑乾燥豆水分含量分別為 9.9、10.7 及 11.0%，三種粒徑間無顯著差異。

3. 35°C：胡瓜種子水分含量變化(C)，大中小三種粒徑乾燥豆與胡瓜種子混合後，乾燥 2 小時下，經大粒徑乾燥的種子水分含量快速下降至 7.8%，中粒徑乾燥的種子水分含量則降到 7.9%，小粒徑乾燥的種子水分則下降至 7.7%，但三種粒徑間無顯著之差異。乾燥 4-24 小時，經大中小三種粒徑乾燥的種子水分含量均隨乾燥時間增加，水分含量快速下降。於第 24 小時，經三種粒徑乾燥豆乾燥的種子水分含量達 4.0%，三種粒徑間水分含量均無顯著差異。

乾燥豆水分含量變化(F)，乾燥豆吸水的結果則與種子水分變化呈負相關，乾燥 2 小時下，大中小三種粒徑乾燥豆水分含量分別為 9.2、8.7 及 9.0%，三種粒徑水分含量無顯著差異。乾燥 4-24 小時，隨著乾燥時間增加，乾燥豆水分含量也緩慢增加。於第 24 小時，大中小粒徑乾燥豆水分含量為 10%，三種粒徑間無顯著差異。

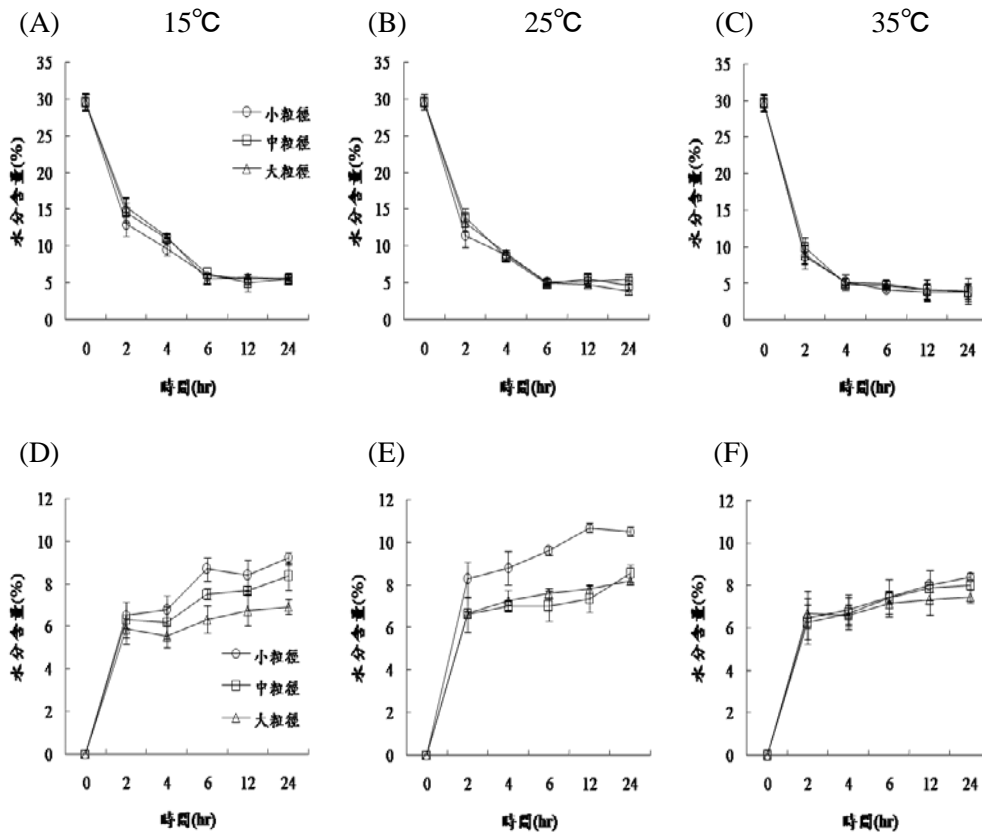


圖 1. 胡瓜種子與 3 倍乾燥豆混合於不同溫度下放置 72 小時之種子水分含量(A)、(B)、(C) 及乾燥豆水分含量(D)、(E)、(F)變化。

Fig. 1. The cucumber seeds moisture content(A), (B), (C) and drying beads water content (D), (E), (F) after drying with three size drying beads in three times drying ratio at three temperature for 72 hour. I: Standard error.

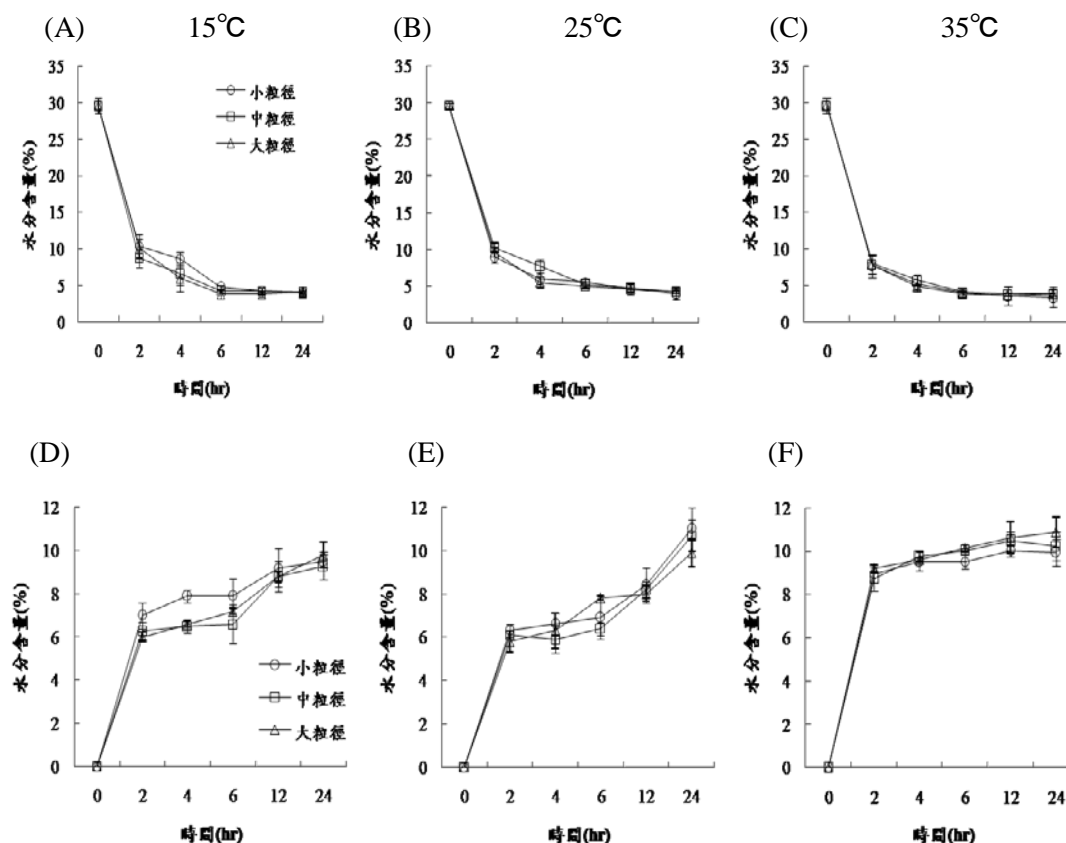


圖 2. 胡瓜種子與 5 倍乾燥豆混合於不同溫度下放置 72 小時之種子水分含量(A)、(B)、(C) 及乾燥豆水分含量(D)、(E)、(F)變化。

Fig. 2. The cucumber seeds moisture content(A), (B), (C) and drying beads water content (D), (E), (F) after drying with three size drying beads in five times drying ratio at three temperature for 72 hour. I: Standard error.

二、胡瓜種子達安全含水量所需之最短時間與乾燥速率

胡瓜種子於 15、25 及 35°C 下與 3 倍和 5 倍大中小粒徑乾燥豆混合進行乾燥，調查胡瓜種子達到安全含水量所需之最短時間(hr)與乾燥速率(% / hr)如表 1。以 3 倍乾燥豆於 15°C 下，大中小三種粒徑達安全含水量所需時間皆為 5 小時，於 25°C 下均為 3 小時；於 35°C 下均為 2 小時，經換算後大中小粒徑於 15、25 及 35°C 下乾燥速率分別為 4.6、7.7 及 11.5 % / hr。

以 5 倍乾燥豆於 15°C 下，大中小三種粒徑達安全含水量所需時間皆為 2 小時，於 25°C 下均為 2 小時；於 35°C 下均為 1.5 小時，經換算後大中小粒徑於 15、25 及 35 °C 下乾燥速率分別為 11.5、11.5 及 15.3 %/hr。

表 1. 胡瓜種子與 3 倍混合倍數於三種溫度與三種粒徑混合達到安全含水量所需之最短時間及乾燥速率

Table 1. The cucumber seeds reach to safe moisture content required for short time and drying rate after drying with three size of drying beads, in three and five times drying ratio and at three temperature.

倍數	溫度 (°C)	小粒徑		中粒徑		大粒徑	
		時間 (hr)	速率 (% /hr)	時間 (hr)	速率 (% /hr)	時間 (hr)	速率 (% /hr)
3	15	5	4.6	5	4.6	5	4.6
	25	3	7.7	3	7.7	3	7.7
	35	2	11.5	2	11.5	2	11.5
5	15	2	11.5	2	11.5	2	11.5
	25	2	11.5	2	11.5	2	11.5
	35	1.5	15.3	1.5	15.3	1.5	15.3

三、胡瓜種子經乾燥豆乾燥後品質

胡瓜種子經乾燥豆乾燥後種子活力如表 2，結果顯示以 3 倍與 5 倍混合倍數在不同溫度下種子發芽率、平均發芽天數與萌芽率間並無顯著差異，顯示提高乾燥豆倍數並不影響胡瓜種子活力與生理活性。乾燥溫度則與平均萌芽天數有顯著相關性，在乾燥過程中提高溫度能縮短乾燥時間，但可能因種子內水分快速乾燥而促使種子內 MDA 含量增加，造成平均萌芽天數的增加(表 3)。前人研究指出，含水量 14% 的胡瓜種子分別利用熱風與乾燥豆以 1 倍與 2 倍混合倍數進行乾燥，結果顯示乾燥豆處理不論混合倍數為何都能在 2 小時降低水分含量至 5%，熱風乾燥處理則需 5 小時，且以熱風處理後種子發芽率顯著低於乾燥豆處理，而乾燥豆混合倍數並不影響種子的發芽率(Asbrouck *et al.*, 2009)。

四、加速老化處理後種子品質變化

胡瓜種子加速老化處理後種子活力如表 4，結果顯示乾燥豆混合倍數對種子發芽活力無顯相關，但溫度與種子發芽率與生理表現有關，於 3 倍 25°C 下胡瓜種子發芽率達 91%，增加乾燥倍數至 5 倍時可以縮短 1 小時乾燥時間，種子呼吸率會下降但對種子的發芽活力無顯著之影響(表 5)。研究指出甜瓜種子採用加速老化處理 72 小時以上，可有效判別種子活力，種子老化後發芽率下降、平均發芽天數增加且 MAD 含量則隨種子的活力降低而升高(張，2004)。

表 2. 胡瓜種子與 3、5 倍大粒徑乾燥豆混合乾燥後種子之發芽活力

Table 2. The cucumber seeds germination and vigor after drying with large drying beads in three and five times drying beads.

倍數	溫度 (°C)	乾燥 時間 (hr)	乾燥速率 (% /hr)	發芽率 (%)	MDG (天)	萌芽率 (%)	MDE (天)
3	15	5	4.6	91.1 b ^Z	3.0 a	88.9 a	3.7 d
	25	3	7.7	100.0 a	3.0 a	87.8 a	4.1 c
	35	2	11.5	100.0 a	3.0 a	88.9 a	5.0 a
5	15	2	11.5	97.7 ab	3.0 a	88.9 a	4.6 b
	25	2	11.5	95.7 ab	3.0 a	90.0 a	4.4 b
	35	1.5	15.3	95.7 ab	3.0 a	84.4 a	5.0 a
倍數				ns ^y	ns	ns	**
溫度				ns	ns	ns	***
倍數×溫度				*	ns	ns	**

^Z: Values within column followed by different letters are significant different at 5% level by LSD test (P=0.05)

^y: ns, *, **, ***: indicated nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01 or < 0.0001 , respectively

MDG: mean days to germination(平均發芽天數)

MDE: mean days to emergence(平均萌芽天數)

五、甜椒種子貯藏後品質

胡瓜與乾燥豆吸水曲線結果中顯示，粒徑大小對胡瓜種子水分含量無顯著影響，而大粒徑乾燥豆於三種溫度下乾燥種子後經加速老化實驗後，以乾燥溫度 25°C 進行乾燥之種子品質較佳，但混合倍數對種子品質影響不顯著。黃等(2010)採用大粒徑乾燥豆以不同混合倍數與洋蔥造粒種子混合後進行乾燥並進行一年貯藏試驗，結果顯示以 3 倍混合倍數進行乾燥的種子貯藏後萌芽率顯著的下降，以 4 倍以上混合倍數乾燥的種子則能維持較高的萌芽率。

根據本實驗結果，以 3 倍與 5 倍乾燥倍數與胡瓜種子混合後進行 6 個月貯藏如表 6，以 5 倍混合倍數乾燥的種子較 3 倍乾燥種子貯藏後發芽率較高、平均發芽天數較短且電導度較低。顯示於 25°C 下增加乾燥豆的倍數，可縮短乾燥時間促使乾燥過程中水分散失較快速，且胡瓜種子細胞膜受到的傷害較小，因此種子貯藏後平均發芽天數較短且能維持較

高的發芽率。以 3 倍乾燥倍數乾燥的種子呼吸率顯著下降，顯示種子在貯藏過程中可能因水分分佈不均勻造成膜系被破壞，促使種子電導度上升，且種子內粒線體膜的完整性也受傷害，導致呼吸率與發芽率降低(Parrish and Leopold, 1978；Woodstock *et al.*, 1984)。

表 3. 胡瓜種子與 3、5 倍大粒徑乾燥豆混合乾燥後種子之生理表現

Table 3. The cucumber seeds physiological activity after drying with large drying beads in three and five times drying beads.

倍數	溫度 (°C)	乾燥 時間 (hr)	電導度 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	呼吸率 (ml CO ₂ /g/hr)	MDA (n mol/g)
3	15	5	11.5 b ^z	30.6 a	20.3 c
	25	3	16.2 b	37.6 a	25.3 b
	35	2	13.9 b	32.7 a	32.7 a
5	15	2	17.4 b	33.3 a	24.7 b
	25	2	14.0 b	32.2 a	24.0 b
	35	1.5	23.2 a	36.9 a	29.7 a
倍數			ns ^y	ns	ns
溫度			ns	ns	**
倍數×溫度			ns	ns	ns

^z : Values within column followed by different letters are significant different at 5% level by LSD test (P=0.05)

^y: ns, *, **, ***: indicated nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01 or < 0.0001 , respectively

表 4. 胡瓜種子與 3、5 倍大粒徑乾燥豆混合乾燥後再經老化處理種子之發芽活力

Table 4. The cucumber seeds underwent accelerated aging treatment that germination and vigor after drying with large drying beads in three and five times drying beads.

倍數	溫度 (°C)	乾燥 時間 (hr)	發芽率 (%)	MDG (天)	萌芽率 (%)	MDE (天)
3	15	5	80.0 c ^Z	3.7 c	78.3 a	5.3 a
	25	3	91.0 a	3.9b	81.7 a	5.4 a
	35	2	85.0 b	4.5 a	80.0 a	5.1 a
5	15	2	85.0 b	3.9 b	80.0 a	5.3 a
	25	2	91.0 a	4.0 b	80.0 a	5.3 a
	35	1.5	86.7b	4.0 b	81.7a	5.3 a
倍數			ns ^y	ns	ns	ns
溫度			**	**	ns	ns
倍數×溫度			ns	**	ns	ns

^Z : Values within column followed by different letters are significant different at 5% level by LSD test (P=0.05)

^y : ns, *, **, *** : indicated nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01 or < 0.0001 , respectively

MDG : mean days to germination(平均發芽天數)

MDE : mean days to emergence(平均萌芽天數)

表 5. 胡瓜種子與 3、5 倍大粒徑乾燥豆混合乾燥後再經老化處理種子之生理表現
 Table 5. The cucumber seeds underwent accelerated aging treatment that physiological activity after drying with large drying beads in three and five times drying beads.

倍數	溫度 (°C)	乾燥 時間 (hr)	電導度 ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	呼吸率 (ml CO ₂ /g/hr)	MDA (n mol/g)
3	15	5	39.7 d ^Z	14.3 b	31.0 d
	25	3	41.3 c	17.7 a	43.3 b
	35	2	48.7 b	14.3 b	46.0 b
5	15	2	59.0 a	11.3 c	38.7 c
	25	2	44.3 c	13.3 b	44.3 b
	35	1.5	47.7 b	14.4 b	50.0 a
倍數			***y	**	**
溫度			**	*	***
倍數×溫度			***	*	ns

^Z : Values within column followed by different letters are significant different at 5% level by LSD test (P=0.05)

^y : ns, *, **, *** : indicated nonsignificant or significant at $p \leq 0.05$, 0.01 or < 0.0001 , respectively

表 6. 於 25°C 下胡瓜種子經 3、5 倍大粒徑乾燥豆乾燥後經 6 個月貯藏之種子發芽活力與生理表現

Table 6. The cucumber seeds underwent six months storage that germination, vigor and physiological activity after drying with large drying beads in three and five times drying beads at 25°C.

倍數	發芽率 (%)	MDG (天)	萌芽率 (%)	MDE (天)	電導度 (µs/cm)	呼吸率 (ml CO ₂ /g/hr)	MDA (n mol/g)
3	80.0 b ^z	4.7 a	73.7 a	4.8 a	86.0 a ^z	13.3 a	37.3 a
5	85.0 a	4.0 b	78.3 a	4.3 a	80.0 b	13.7 a	32.7 a

^zValues within column followed by different letters are significant different at 5% level by t test

MDG : mean days to germination(平均發芽天數)

MDE : mean days to emergence(平均萌芽天數)

討 論

一、乾燥豆與胡瓜種子混合後基本吸水特性

根據本實驗結果，胡瓜種子不論與 3 倍或 5 倍，大中小粒徑的乾燥豆混合後，種子水分含量均在 2 小時內快速下降，提高溫度或是增加乾燥豆的混合比例均可提高乾燥速率。粒徑大小則不影響乾燥後種子水分含量，胡瓜種子與 3 倍乾燥豆混合後，三種粒徑乾燥豆的吸水量會隨著乾燥溫度的提高而有顯著差異，以小粒徑乾燥豆的水分吸收量最高，小粒徑乾燥豆吸水量雖然較高，但經小粒徑乾燥的種子水分含量並沒有較低，與大粒徑和中粒徑乾燥的種子水分含量相似。胡瓜種子與 5 倍種子混合後，不論溫度高低，種子水分含量下降更快速，乾燥 2 小時下，種子水分含量均下降至 10% 以下；乾燥 24 小時下，種子水分含量均下降至 4%，提高乾燥溫度還可在增加乾燥豆的吸水量。

Asbrouck 等人(2009)指出以大粒徑乾燥豆可在 1 小時內讓胡瓜種子水分含量從 14% 降低至 5%，有效降低種子內水分含量。Hay 等人(2013)也採用大粒徑的乾燥豆來進行稻米種子的乾燥。根據本實驗結果顯示，粒徑大小對種子水分含量沒有影響，胡瓜種子形狀為橢圓長形與稻米種子形狀相似，以大粒徑乾燥豆進行乾燥有易分篩之優點，因此採用大粒徑乾燥豆與胡瓜種子混合。

二、胡瓜種子經乾燥豆乾燥後品質

根據本實驗結果顯示，以 3 倍與 5 倍混合倍數在不同溫度下種子發芽率、平均發芽天數與萌芽率間並無顯著差異，顯示提高乾燥豆倍數並不影響胡瓜種子活力與生理活性。乾燥溫度則與平均萌芽天數有顯著相關性，在乾燥過程中提高溫度能縮短乾燥時間，但可能

因種子內水分快速乾燥而促使種子內 MDA 含量增加，造成平均萌芽天數的增加。前人研究指出，含水量 14% 的胡瓜種子分別利用熱風與乾燥豆以 1 倍與 2 倍混合倍數進行乾燥，結果顯示乾燥豆處理不論混合倍數為何都能在 2 小時降低水分含量至 5%，熱風乾燥處理則需 5 小時，且以熱風處理後種子發芽率顯著低於乾燥豆處理，而乾燥豆混合倍數並不影響種子的發芽率(Asbrouck *et al.*, 2009)。

經加速老化處理後，乾燥豆混合倍數對種子發芽活力無顯相關，但溫度與種子發芽率與生理活性變化有關，於 3 倍 25°C 下胡瓜種子發芽率達 91%，增加乾燥倍數至 5 倍時可以縮短 1 小時乾燥時間，種子呼吸率會下降但對種子的發芽活力無顯著之影響。研究指出甜瓜種子採用加速老化處理 72 小時以上，可有效判別種子活力，種子老化後發芽率下降、平均發芽天數增加且 MAD 含量則隨種子的活力降低而升高(張, 2004)。

三、胡瓜種子貯藏品質

胡瓜與乾燥豆吸水曲線結果中顯示，粒徑大小對胡瓜種子水分含量無顯著影響，而大粒徑乾燥豆於三種溫度下乾燥種子後經加速老化實驗後，以乾燥溫度 25°C 進行乾燥之種子品質較佳，但混合倍數對種子品質影響不顯著。黃等(2010)採用大粒徑乾燥豆以不同混合倍數與洋蔥造粒種子混合後進行乾燥並進行一年貯藏試驗，結果顯示以 3 倍混合倍數進行乾燥的種子貯藏後萌芽率顯著的下降，以 4 倍以上混合倍數乾燥的種子則能維持較高的萌芽率。

根據本實驗結果，以 3 倍與 5 倍乾燥倍數與胡瓜種子混合後進行 6 個月貯藏，以 5 倍混合倍數乾燥的種子較 3 倍乾燥種子貯藏後發芽率較高，且平均發芽天數較短，且電導度較低。顯示於 25°C 下增加乾燥豆的倍數，可縮短乾燥時間促使乾燥過程中水分散失較快速，且胡瓜種子細胞膜受到的傷害較小，因此種子貯藏後平均發芽天數較短且能維持較高的發芽率。以 3 倍乾燥倍數乾燥的種子呼吸率顯著下降，顯示種子在貯藏過程中可能因水分分佈不均勻造成膜系被破壞，促使種子電導度上升，且種子內粒線體膜的完整性也受傷害，導致呼吸率與發芽率降低(Parrish and Leopold, 1978；Woodstock *et al.*, 1984)。因此利用大粒徑乾燥豆於 25°C 以 5 倍混合胡瓜種子進行乾燥，可在 2 小時內將種子水分含量從 33% 降低至安全含水量 10%，且對種子活力與生理活性表現無顯著之影響，經過 6 個月貯藏試驗後，種子可維持 85% 以上的發芽率且生理表現較佳，可維持種子品質。

參考文獻

- 李伯年。1982。蔬菜育種與採種。國立編譯館。496pp。
- 黃玉梅、陳國雄。2010。利用沸石乾燥洋蔥造粒種子之研究。植物種苗 12: 193-195。
- Asbrouck, J. V., and P. Taridno. 2009. Fast field drying as a method to maintain quality, increase shelf life and prevent post harvest infections on *Cucumis sativum* L. As. J. Food Ag-Ind. Special Issue: 133-137.
- Harrington, J. F. 1972. Seed Storage and Longevity. In: Kozlowski, T. T., Seed Biology. Vol. 3, New York and London.
- Hay, F. R., P. Thavong, P. Taridno, and S. Timple. 2012. Evaluation of zeolite seed 'Drying Beads' for drying rice seeds to low moisture prior to long-term storage. Seed Sci. Technol. 40: 374-395.
- Hay, F. R. and S. Timple. 2013. Optimum ratios of zeolite seed during beads to rice seeds for genebank storage. Seed Sci. Technol. 41: 407-419.
- Kelly, E. F. and R. A. T. Georage. 1998. Encyclopaedia of Seed Production of World Crops. pp. 128-129.
- Nassari, P. J., K. Keshavulu, M. Rao, K. C. S. Reddy, and A. Raheem. 2014. Post harvest drying of tomato (*Lycopersicon esculentum* M.) seeds to ultra low moisture safe for storage using desiccant(zeolite) beads and their effects on seed quality. Am. J. Res. Communica. 2: 74-83.
- Parrish, D. J. and A. C. Leopold. 1978. On the mechanism of aging in soybean seeds. Plant Physiol. 61: 365-368.
- Woodstock, L. W., K. Furman, and T. Solomos. 1984. Changes in respiratory metabolism during aging in seeds and isolated axes of soybean. Plant Cell Physiol. 25: 15-26.

Effect of Drying Beads on Drying Seeds of Cucumber (*Cucumis sativus* L.)

Yi-Xin Hong ¹⁾ Yu Sung ²⁾

Key words: Pepper seed, Drying beads, Seed storage, Germination

Summary

This study, examined the effects of this new drying technique on the germination percentage and physiological activity of harvested cucumber 'Wanji' seeds. It aimed to establish the optimal condition for the seeds with respect to the drying beads ratio and temperature during the drying process for cucumber seeds. The results indicated that for cucumber seeds, large drying beads of 3 or 5 times the seed weight were used and their effects on the seed characteristics after drying were examined. Drying beads of both sizes reduced the seed moisture content from 33% to 10% within 2 hours and had no significant impacts on the seed vigor or seed physiological activity. For seeds that underwent accelerated aging treatment, different ratios of drying beads to seeds had no significant correlation with seed vigor, but the drying temperature significantly affected the germination rate and physiological activity. With drying beads 3 times the seed weight, the seed germination percentage increased to 91% under drying at 25°C. Increasing the amount of drying beads to 5 times the seed weight reduced the drying time by one hour, and had no significant impacts on the seed vigor but decreased the seed respiration rate. In addition, after 6 months of storage, the mean germination duration was shorter and the germination percentage was maintained at greater than 85% for seed dried with drying beads 5 times the weight of the seed at 25°C.

1) Graduate student, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

2) Professor, Department of Horticulture, National Chung Hsing University. Corresponding author.