

種子乾燥速率與含水量對苦瓜種子活力之影響

許冠旻¹⁾ 宋好²⁾

關鍵字：苦瓜種子、水分含量、乾燥速率、發芽率

摘要：本研究探討種子含水量與乾燥速率對苦瓜種子品質之影響，於種子乾燥後儲藏評估種子發芽力，期能確立乾燥條件，延長苦瓜種子採收後儲藏壽命。溫度能有效改變種子乾燥至目標含水量所需之時間。‘農友 60’種子以 35°C 快速乾燥至 8% 水分含量，乾燥後種子發芽率顯著高於以 23°C 乾燥之種子。常溫儲藏 5 個月後乾燥方法顯著影響‘日華’種子品質，‘日華’種子以 35°C 快速乾燥至 8% 水分含量，常溫儲藏一年後種子發芽率維持在 93% 以上，顯著高於 23°C 和 30°C 乾燥處理之種子。

前 言

苦瓜 (*Momordica charantia* L.) 為葫蘆科苦瓜屬之一年生蔓性草本蔬菜，原產於亞洲南部和印度，台灣以屏東縣為主要產區，生產面積和產量約佔 42-43%，其次為彰化縣和台中縣，盛產期為 5-11 月的夏季。果實黃化且果肉開裂時方可採收種子，種子儲藏溫度和水分含量是影響種子壽命的主要因素。種子安全含水量範圍為 5%-14%，前人研究指出 19.9% 水分含量之苦瓜種子發芽率顯著較高，水分含量 9.3% 者則發芽天數短，由國內外種子供應商購買之乾燥苦瓜種子水分含量皆約 8% (Unal, 2013)。

大部分種子於 35°C 以上乾燥，種子活力下降，避免過高的溫度降低種子品質 (Sacilik, 2007)，種子含水量下降速度慢，呼吸作用仍可進行，消耗種子內儲藏養分，下降速度快恐對種子造成傷害，影響發芽能力 (Roberts *et al.*, 2008)。本研究利用兩品種以三種乾燥方法乾燥至 12 和 8% 水分含量，了解乾燥方法對種子發芽能力之影響。

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。

材料與方法

一、試驗材料

(一) 種子

購買'農友60'苦瓜種子(農友種苗股份有限公司)裝入尼龍網袋中浸泡於去離子水中,水量蓋過種子,每6-8小時換水一次直至20小時,至種子含水量約達40%,取出正反手各甩30下,接著以擦手紙去除表面水分,置於聚乙烯袋中儲藏於6°C下。

(二) 新鮮種子

於中興大學葡萄試驗中心溫室栽培'日華'苦瓜(種子購買自和生種子公司),待果實轉色呈橘紅色採收,於果實開裂後取出含假種皮之種子置於塑膠盒於室溫下進行發酵,發酵半天至兩天後自假種皮中洗出種子,水選並篩出黑色種皮之F2種子,以6500 rpm於25°C離心20分鐘,擦手紙去除表面水分,置於聚乙烯袋中儲藏於6°C下。

二、試驗方法

(一) 乾燥處理: 種子平鋪於塑膠盤上放入23°C冷氣房(RH 51-67%)、恆溫30°C(RH 55-67%)或35°C(RH 48-60%)生長箱,直至水分含量達12及8%後取出,分別約7-168小時如表一。

(二) 儲藏處理: 將經過乾燥處理至8%水分含量之'日華'F2種子以真空包裝後裝入塑膠盒中置於室溫下(23-31°C、48-70% RH)儲藏。

表1、苦瓜種子不同溫度下之乾燥時間。

Table 1. Drying time of bitter gourd seeds at individual temperature.

乾燥溫度	乾燥時間(小時)	
	'日華'	'農友60'
12%水分含量		
23°C	18	21
30°C	16	-
35°C	7	11.5
8%水分含量		
23°C	168 (7天)	38
30°C	20	-
35°C	14	16

三、調查項目

(一) 水分含量測定

經過不同溫度進行乾燥處理的苦瓜種子秤重後，以 103°C 烘箱經 17 到 72 小時，秤其乾重，計算種子水分含量，四重複，每重複五粒種子。

計算公式：水分含量 (%) = $(M2-M3) \div (M2-M1)$

M1 為容器重，M2 為種子乾燥前加上容器的重量，M3 為種子乾燥後加上容器的重量。

(二) 電導度測定

取 4 粒苦瓜種子放入 45 mL 玻璃試管中，加入 12 mL 去離子水並以石蠟膜密封於 30°C 生長箱靜置 23 小時，以電導度計 (SevenCompact™ S230) 測定電導度，一隻試管為一重複，四重複。

(三) 呼吸率測定

取 1 粒苦瓜種子以 60°C 溫湯處理 10 分鐘後，置於 8 cm 培養皿之 90 mm 一號濾紙上，加入 2 mL 的去離子水，新鮮種子及種子常溫下分別靜置 48 和 24 小時後取出，密封於 14 mL 的玻璃試管內 2 小時，以塑膠針筒抽取 1 mL 氣體，利用 CO₂ 分析儀 (Rosemount CO₂ Analyzer) 測定二氧化碳含量，單位為 mL CO₂/kg·hr，三重複。

計算公式 = { [(樣品-空瓶)/標準品] × 容器體積 (14 mL) × 標準品濃度 (0.1%) } ÷ [種子重 (g) × 封管時間 (2 小時)] × 10

(四) 發芽試驗

取 10 粒乾燥苦瓜種子於直徑 9 cm 培養皿以紙間法 (90 mm, Advante) 培養，每張濾紙添加 2 mL 去離子水，置於 30°C 日長 12 小時之生長箱 14 天，光強度為 344.8 μmol m⁻²s⁻¹，試驗期間保持濾紙濕潤，每日調查發芽粒數 (胚根凸出種皮 2.5 mm 視為發芽)，每培養皿為一重複，共三重複。

1. 發芽百分率 (final germination percentage, FGP)

$$FGP (\%) = (\sum GN_i / GN) \times 100$$

GN_i：第 i 天發芽之種子數

2. 平均發芽天數 (mean days to germination, MDG)

$$MDG (\text{days}) = \sum (i \times GN_i) / \sum GN_i$$

GN_i: 第 i 天發芽之種子數

i: 1, 2... 至發芽調查結束日

(五) 統計分析

本研究所得數據以統計分析軟體 SAS 套裝軟體 7.1 版 (SAS. Institute, Cary NC) 中之變方分析 (Analysis of variance) ANOVA 以 one-way ANOVA 進行變方分析 ($\alpha = 0.05$)，以 Fisher's LSD 進行各處理平均值的比較。

結 果

一、乾燥速率對苦瓜種子品質之影響

'農友 60' 苦瓜種子初始水分含量為 38%，快速乾燥 (35°C) 經 2 小時後水分含量降至 31.86%，10 小時水分含量降至 17.64%，14 小時水分含量降至 10.20%，經過 16 小時水分含量降至 8.24%，經過 20 小時水分含量降至 8.02%。'農友 60' 苦瓜種子，經過 2 小時慢速乾燥 (23°C) 水分含量降至 31.79%，經過 14 小時水分含量降至 15.09%，20 小時水分含量降至 12.82%，22 小時水分含量降至 10.30% (圖 1)。'農友 60' 種子電導度在 8% 水分含量以較慢或較快的乾燥速率，無顯著差異，分別為 57.70 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 和 67.77 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，慢速乾燥種子呼吸率顯著較高 64.59 $\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$ 且發芽率顯著較低 33%；慢速乾燥至水分含量 12% 電導度 107.91 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 高於快速乾燥 67.52 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，但無顯著差異，呼吸率分別為 41.32 $\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$ 和 38.78 $\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$ ，發芽率分別為 87% 和 73%，皆無顯著差異 (表 2)。

採收果實取出'日華' 苦瓜種子，於 23°C、30°C 和 35°C 恆溫進行種子乾燥，種子水分含量下降情形如圖 2。種子置於 35°C 經 2 小時水分含量降至 33.39%，8 小時水分含量降至 9.84%，20 小時水分含量降至 7.18%。35°C 恆溫乾燥 7 小時種子水分含量約 12%，乾燥 10 小時水分含量約 10%，乾燥 20 小時種子水分含量約 6%。'日華' 種子置於 30°C 經過 2 小時水分含量降至 30.04%，16 小時水分含量降至 12.77%，24 小時水分含量降至 7.34%。30°C 恆溫乾燥 16 小時，種子水分含量約 12%，乾燥 20 小時，水分含量約 8%。新鮮'日華' 種子置於 23°C 經 2 小時水分含量降至 31.57%，8 小時水分含量降至 25.34%，18 小時水分含量降至 12.20%，20 小時水分含量降至 10.99%，7 天水分含量降至 8.51%，30 天水分含量維持在 8.22%。23°C 乾燥處理至相同水分含量之種子所耗時間最長，為慢速乾燥之方法，30°C 乾燥處理為中速乾燥，35°C 乾燥處理為快速乾燥。快速乾燥和中速乾燥之新鮮'日華' 苦瓜種子，乾燥至 8% 水分含量之種子電導度分別為 203.13 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 和 205.43 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 顯著較乾燥至 12% 之種子電導度 242.03 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 和 254.85 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 低，慢速乾燥至 12% 和 8% 水分含量之種子電導度 226.98 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 和 232.75 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ，無顯著差異 (如表 3)。不同速率乾燥至相同含水量，慢速、中速和快速乾燥種子呼吸率自高到低，乾燥至 12% 水分含量呼吸率分別 69.24 $\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$ 、62.42 $\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$ 和 44.24 $\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$ ，但無顯著差異；乾燥至 8% 水分含量呼吸率分別 185.31 $\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$ 、63.54 $\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$ 和 58.52 $\text{mL CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$ ，慢速乾燥種子呼吸率顯著較高。除了以 30°C 乾燥 16 小時發芽率 50% 顯著較其他處理低，慢速乾燥和快速乾燥之種子發芽率 83% 以上且各處理間無顯著差異。

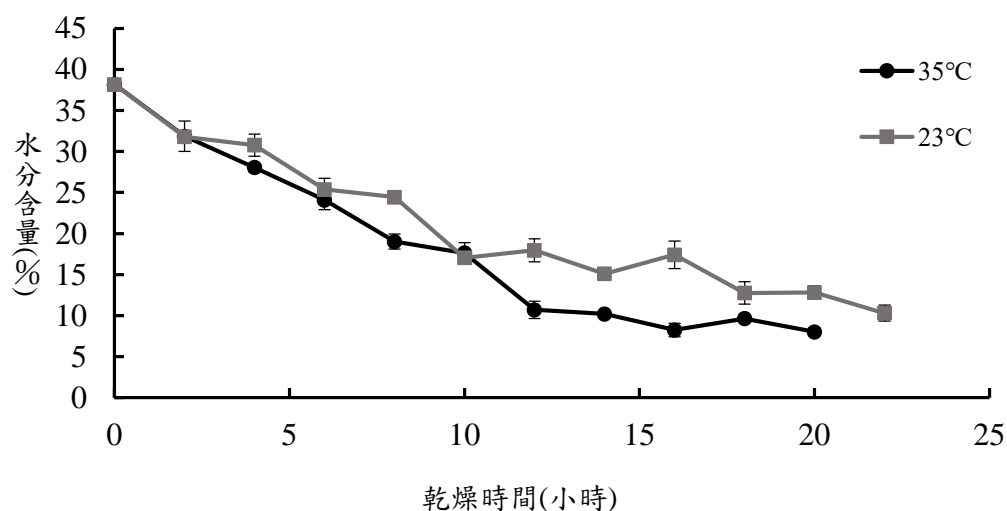


圖 1、苦瓜'農友 60'種子在 23°C和 30°C下乾燥之種子水分含量。

Fig 1. The seed moisture content of 'Nongyou 60' seeds dried at different temperatures. I: Standard error.

表 2、苦瓜'農友 60'種子以不同乾燥速率乾燥種子至 12%與 8%含水量之種子活力。

Table 2. The seed vigor of bitter gourd 'Nongyou 60' seeds dried to 12% and 8% moisture content.

乾燥方法	電導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	呼吸率 ($\text{ml CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$)	發芽率 (%)
12%水分含量			
乾燥速率慢, 23°C, 21小時	107.91 a ^z	41.32 a	87 a
乾燥速率快, 35°C, 11.5小時	67.52 a	38.78 a	73 a
8%水分含量			
乾燥速率慢, 23°C, 38小時	57.70 a	64.59 a	33 b
乾燥速率快, 35°C, 16小時	67.77 a	43.19 b	83 a

^z Means followed by the same letter within each column and moisture content are not significant different by LSD test ($p < 0.05$).

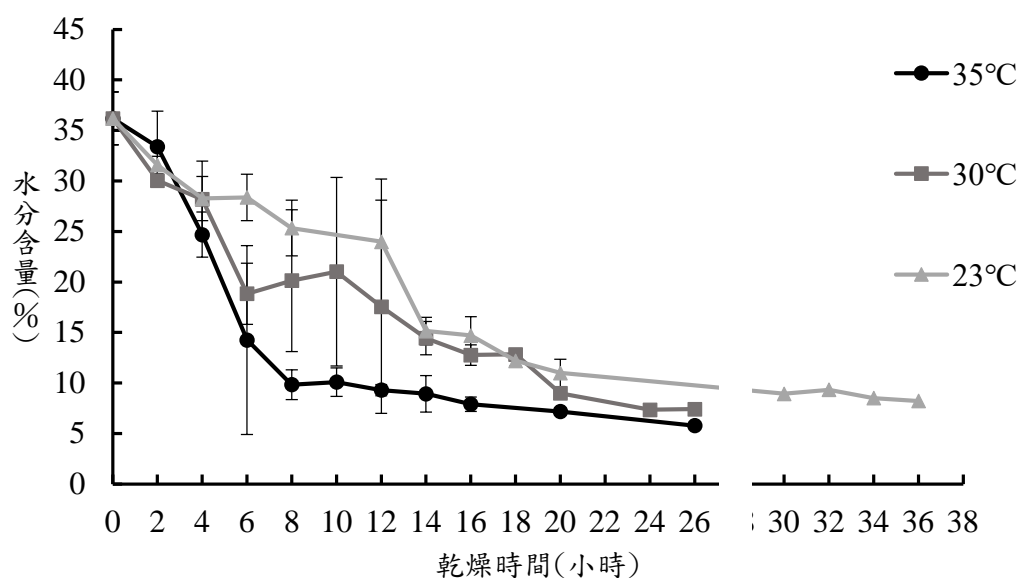


圖 2、新鮮苦瓜'日華'種子在不同溫度下乾燥之種子水分含量。

Fig 2. The seed moisture content of bitter melon 'Rihua' seeds dried at different temperatures. I: Standard error.

表 3、新鮮苦瓜'日華'種子乾燥至 12%和 8%水分含量之種子活力。

Table 3. The seed vigor of bitter melon 'Rihua' seeds dried to 12% and 8% moisture content.

乾燥速率	乾燥方法	電導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	呼吸率 ($\text{ml CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$)	發芽率 (%)	平均發芽天數 (days)
水分含量 12%					
慢	23°C, 18 小時	226.98 a ^z	69.24 a	90 a	3.9 a
中	30°C, 16 小時	254.85 a	62.42 a	50 b	3.9 a
快	35°C, 7 小時	242.03 a	44.24 a	83 a	4.1 a
水分含量 8%					
慢	23°C, 7 天	232.75 a	185.31 a	97 a	4.2 a
中	30°C, 20 小時	205.43 a	63.54 a	87 a	4.5 a
快	35°C, 14 小時	203.13 a	58.52 a	100 a	5.0 a

^z Means followed by the same letter within each column and moisture content are not significant different by LSD test ($p < 0.05$).

二、乾燥速率對儲藏後苦瓜種子品質之影響

將四種方法乾燥至8%水分含量之新鮮'日華'苦瓜種子裝入真空袋中抽真空後置於壓力箱並儲藏於室內常溫下 (23-31°C、50-65% RH)，分別儲藏5個月、6個月和9個月和12個月後取出種子測定種子活力，見表4，新鮮苦瓜種子有80%以上之發芽率，慢速乾燥30天之種子發芽率83%顯著低於快速乾燥之種子發芽率100%，儲藏半年後快速乾燥和慢速乾燥30天之種子發芽率分別維持高發芽率97%和90%，而以中速乾燥和慢速乾燥7天之種子發芽率顯著較差不足60%，儲藏一年後快速乾燥之種子仍有高發芽率100%，其次為中速乾燥和慢速乾燥30天之種子發芽率分別為60%和73%，最後為慢速乾燥7天之種子僅有7%發芽率。

快速乾燥之種子呼吸率於儲藏5個月後較未經儲藏之種子高，儲藏9個月後呼吸率下降；慢速乾燥儲藏5個月後就開始下降；中速乾燥之種子呼吸率變動不大。慢速乾燥7天後未儲藏之種子呼吸率185.31 mL CO₂/kg·hr顯著高於快速和中速乾燥種子，慢速乾燥7和30天後未儲藏之種子呼吸率無顯著差異，儲藏5和6個月呼吸率有相同結果，快速乾燥種子呼吸率顯著高於中速乾燥和慢速乾燥30天，儲藏9個月慢速乾燥7天種子呼吸率顯著高於乾燥30天之種子，儲藏一年後慢速乾燥7天種子呼吸率126.77 mL CO₂/kg·hr顯著高於慢速乾燥30天70.78 mL CO₂/kg·hr和快速乾燥種子58.94 mL CO₂/kg·hr。

種子儲藏5個月後以30°C乾燥20小時 (中速乾燥)種子電導度為233.50 μS/cm顯著較以35°C乾燥14小時 (快速乾燥)和以23°C乾燥30天 (慢速乾燥)高，23°C乾燥7天電導度為209.70 μS/cm，與以中速乾燥之種子電導度無顯著差異，以23°C或35°C乾燥之種子電導度無顯著差異，於23°C下乾燥7天和30天電導度儲藏5個月後有顯著差異，分別為209.70 μS/cm和115.89 μS/cm，23°C乾燥一個月電導度顯著較低。儲藏6和9個月後23°C乾燥7天及30°C乾燥20小時之種子電導度顯著最高，儲藏12個月後以23°C乾燥7天電導度顯著最高為243.50 μS/cm。

討 論

一、乾燥速率對苦瓜種子品質之影響

乾燥過程的適當溫度能避免損害種子 (Hartmann *et al.*, 2016)。「農友60」種子以快速乾燥及慢速乾燥乾燥兩小時水分含量皆約31%，經過8小時水分含量的差距開始顯現，以慢速乾燥的水分含量為基準，兩乾燥速率乾燥8小時後水分含量大約相差22%，乾燥14小時後水分含量大約相差48%，乾燥16小時後水分含量大約相差53%，乾燥20小時後，慢速乾燥種子水分含量約13%，快速乾燥種子水分含量約8%，兩者大約相差37%。35°C快速

表4、新鮮苦瓜'日華'種子水分含量8%常溫儲藏5、6、9和12個月之種子活力。

Table 4. The seed vigor of 8% moisture content bitter gourd 'Rihua' seeds stored in temperature controlled environments for one year.

乾燥方法	電導度 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	呼吸率 ($\text{ml CO}_2/\text{kg}\cdot\text{hr}$)	發芽率 (%)
對照組(儲藏 0 個月)			
35°C, 14 小時	203.13 ab ^z	58.52 b	100 a
30°C, 20 小時	205.43 ab	63.54 b	87 ab
23°C, 7 天	232.75 a	185.31 a	97 ab
23°C, 30 天	185.33 b	92.38 ab	83 b
儲藏 5 個月			
35°C, 14 小時	158.78 bc	147.78 a	93 a
30°C, 20 小時	233.50 a	50.02 b	20 b
23°C, 7 天	209.70 ab	87.07 ab	17 b
23°C, 30 天	115.89 c	79.33 b	60 b
儲藏 6 個月			
35°C, 14 小時	125.68 b	118.58 a	97 a
30°C, 20 小時	241.05 a	47.88 b	40 b
23°C, 7 天	199.10 a	76.79 ab	23 b
23°C, 30 天	144.38 b	37.62 b	90 a
儲藏 9 個月			
35°C, 14 小時	139.45 b	62.62 ab	97 a
30°C, 20 小時	218.30 a	57.68 ab	57 b
23°C, 7 天	226.58 a	70.54 a	30 c
23°C, 30 天	146.88 b	34.45 b	87 a
儲藏 12 個月			
35°C, 14 小時	152.83 bc	58.94 b	100 a
30°C, 20 小時	123.08 c	81.89 ab	63 b
23°C, 7 天	243.50 a	126.77 a	7 c
23°C, 30 天	173.80 b	70.78 b	73 b

^z Means followed by the same letter within each column and storage time are not significant different by LSD test ($p < 0.05$).

乾燥11.5小時和16小時水分含量分別約為12%和8%，23°C慢速乾燥21小時和38小時水分含量分別約為12%和8% (圖1)。「農友60」種子乾燥至12%水分含量，乾燥速率對種子品質無顯著影響；快速乾燥至8%水分含量之「農友60」種子品質較佳 (表2)。於本試驗結果顯示快速乾燥能延長苦瓜種子壽命，Lin等 (2005)利用相對濕度的差異快速 (65% RH)和慢速 (95% RH)乾燥苦瓜種子至8.4%水分含量也得到相同的結果。

「日華」種子以23°C進行乾燥，種子水分含量下降最緩慢，乾燥速率慢，35°C下種子水分含量下降的幅度最大，乾燥速率快，使用30°C生長箱進行種子乾燥為中速乾燥。種子開始乾燥後5-15小時水分含量差異最大，以23°C乾燥的水分含量作為基準，於30°C或35°C下乾燥6小時水分含量減少33%和50%，乾燥8小時水分含量分別減少21%和61%，乾燥12小時水分含量分別減少27%和61%，乾燥20小時水分含量分別減少18%和35% (圖2)。「日華」種子以三種乾燥速率乾燥種子至8%種子品質無顯著差異，種子乾燥至12%，以30°C中速乾燥種子發芽率顯著較低 (表3)。種子水分含量越高，乾燥溫度應越低(Scariot *et al.*, 2017)，23和30°C乾燥時間僅相差兩小時，相同乾燥時間下乾燥初期乾燥速率慢有利於乾燥後種子品質。

二、乾燥速率對儲藏後苦瓜種子品質之影響

Lin等(2005)指出乾燥方法顯著影響經過預措處理的苦瓜種子壽命，根據本實驗結果，以23°C或35°C乾燥後和儲藏5個月之種子電導度無顯著差異，儲藏半年至一年間，以23°C乾燥30天和以35°C乾燥之種子電導度無顯著差異，而以23°C乾燥7天之種子電導度顯著較其他處理高。儲藏半年後以23°C乾燥30天之種子發芽率顯著高於23°C乾燥7天之種子，在乾燥過程中發現乾燥一週雖然種子平均水分含量已達8% (表4)，但標準差較大，種子水分分布可能較不均勻。以不同乾燥速率剛乾燥完的苦瓜種子發芽率、電導度和呼吸率差異不明顯，但隨著儲藏時間拉長，以快的乾燥速率乾燥苦瓜種子能延長其儲藏壽命，儲藏一年內種子發芽率有93%以上，其他處理發芽率低於90%。

結 論

由兩苦瓜品種試驗結果，種子乾燥至8%水分含量，於35°C快速乾燥之「農友60」種子乾燥後種子發芽率顯著較高且呼吸率顯著較低，「日華」種子於常溫下儲藏一年後以35°C乾燥之種子發芽率顯著較高，故推薦於35°C乾燥苦瓜種子至8%水分含量。

参 考 文 献

- Bewley, J. D. 1986. Membrane changes in seeds as related to germination and the perturbations resulting from deterioration in storage. *Physiol. Seed Deteriora.* 11(1): 27-45.
- Bewley, J. D., K. J. Bradford, H. W. M. Hilhorst, and H. Nonogaki. 2013. *Seeds physiology of development, germination and dormancy.* 3rd edition Springer. New York.
- Crisostomo, S., F. R. Hay, R. Reaño, and T. Borromeo. 2011. Are the standard conditions for genebank drying optimal for rice seed quality? *Seed Sci. Technol.* 39(1): 666-672.
- Hartmann Filho, C. P., A. L. D. Goneli, T. E. Masetto, E. A. Siqueira Martins, and G. C. Oba. 2016 The effect of drying temperatures and storage of seeds on the growth of soybean seedlings. *J. Seed Sci.* 38(4): 287-295.
- Hay, F. R., P. Thavong, P. Taridno, and S. Timple. 2012. Evaluation of zeolite seed 'Drying Beads[®]' for drying rice seeds to low moisture content prior to long-term storage. *Seed Sci. Technol.* 40(1): 374-395.
- Lin, R. H., K. Y. Chen, C. L. Chen, J. J. Chen, and J. M. Sung. 2005. Slow posthydration drying improves initial quality but reduces longevity of primed bitter melon seeds. *Sci. Hort.* 106(1): 114-124.
- Priestley, D. A. 1986. *Seed ageing: implications for seed storage and persistence in the soil.* Cornell University Press. New York.
- Roberts, J. S., D. R. Kidd, and O. Padilla-Zakour. 2008. Drying kinetics of grape seeds. *J. Food Eng.* 89(4): 460-465.
- Sacilik, K. 2007. Effect of drying methods on thin-layer drying characteristics of hull-less seed pumpkin (*Cucurbita pepo* L.). *J. Food Eng.* 79: 23-30.
- Scariot, M. A., G. Tiburski, F. W. Reichert Júnior, L. L. Radünz, and M. R. Revers Meneguzzo. 2017. Moisture content at harvest and drying temperature on bean seed quality. *Agropec. Trop.* 47(1): 93-101.
- Unal, H. 2013. Effect of the moisture content on the physical properties of bitter melon seed. *Int. Agrophys.* 27(1): 455-461.

The Effect of Seed Drying Rates and Water Contents on the Seed Vigor of Bitter Gourd (*Momordica charantia* L.)

Kuan-Min Hsu¹⁾ Yu Sung²⁾

Key words: Bitter gourd seed, Moisture content, Drying speed, Germination percentage

Summary

This study evaluated the effects of seed moisture content and drying speed on bitter gourd seed germination percentage. It was explored the quality of bitter gourd seeds by storage after drying the seeds in order to establish drying conditions and extend the longevity of bitter gourd seeds after harvest. Temperature could effectively change the drying speed. The germination percentage of 'Nongyou 60' seeds quickly dried to 8% moisture content at 35°C was significantly higher than that of seeds dried at 23°C. The drying method significantly affected the quality of bitter gourd 'Rihua' seeds after storage for 5 months at room temperature. The 'Rihua' seeds quickly dried to 8% moisture content at 35°C preserved at room temperature for one year, and then the germination percentage of the seeds was above 93% as well as significantly higher than seeds dried at 23°C and 30°C.

1) Student in M.S. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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

