

## '台農 2 號'冬瓜種子發育過程中貯藏物質之 含量與其休眠性

葉 虹 伶<sup>1)</sup> 宋 妤<sup>2)</sup> 林 子 凱<sup>3)</sup>

關鍵字：冬瓜、種子、休眠、發芽

**摘要：**'台農 2 號'冬瓜種子發育初期水分含量高，貯藏物質較少，授粉 35 天種子含水量約 86.52 %，授粉 45 天之蛋白質及全可溶性糖類含量最高，分別為 45.07 mg/g FW 及 60.48 mg/g FW，其後含水量逐漸下降，授粉 65 天時種子含水量降為 67.87 %，此時澱粉含量最高，約 78.74 mg/g FW，最終授粉 75 天種子含水量為 70.24 %，澱粉約 87.26 mg/g FW，全可溶性醣類約為 41.73 mg/g FW，蛋白質約 30 mg/g FW，且授粉 25 天~65 天種子發芽率皆為 0 %，由 TTC 活力測定結果可知，授粉 35 天種子完全不具發芽活力，授粉 45 天之種子部分胚已具活力，多數子葉及胚柄卻無活力，授粉 55 天及授粉 65 天已有 30~40 % 種子完全具發芽活力，授粉 75 天種子以 TTC 判斷活力已達 100 %，發芽率最高約 30~33.3 %，由於休眠性未解除，因此發芽率低。

### 前言

冬瓜(*Benincasa hispida* Cogn.)以種子繁殖，授粉 10 天起種子快速吸收養分和水分，體積及質量迅速增大(林學詩，1995)，種子主要貯藏物質為碳水化合物、蛋白質及脂質等，並將養分貯存於子葉及胚(Bewley and Black, 1997; Desai *et al.*, 2004; Justice and Bass, 1978)，授粉 55 天種子內乾物質迅速上升，水分含量逐漸下降，乾物質量在授粉 55 天左右達到最高值，通常於授粉 45~55 天即可採收(林學詩，1995)，授粉 55~85 天期間種子含水量稍有

- 
- 1) 國立中興大學園藝系博士班研究生。
  - 2) 國立中興大學園藝系教授，通訊作者。
  - 3) 行政院農業委員會農業試驗所作物組助理研究員。

下降，乾物質於授粉 60 天稍微下降之後不再累積，於此成熟乾燥過程中種子生長達最大值後逐漸脫水而趨於成熟，種子水分漸少，鮮重降低，乾重則達到一個較穩定狀態，種子發育完成時，內部生理代謝轉為發芽階段。在冬瓜種子成熟乾燥階段，由於種子於水分含量極高之果肉組織中成熟，因而成熟乾燥階段種子含水量下降並不明顯(黃，2006)。

新鮮採收之冬瓜種子具休眠性，休眠性受遺傳基因決定，不同冬瓜品種之種子具有不同深淺休眠性。因休眠種子不發芽，若以發芽試驗檢測，常無法區分無活力及休眠種子而低估具活力種子數。利用 Tetrazolium test (TTC)為輔助檢驗種子活力(ISTA, 1999)，此法為利用活細胞內脫氫酵素之特性將無色之氯化四唑(tetrazolium chloride)還原成不溶於水的紅色沉澱化合物(formazan)且不滲出細胞外，因此具活力之細胞呈鮮紅色，死亡之細胞則維持無色，依據胚及胚乳或子葉染色分布情形及顏色深淺判定種子存活率，此法不受休眠性影響，且可於短時間內判斷出種子活力。本試驗針對冬瓜具種子休眠性品種'台農 2 號'，分析果實及種子發育充實過程，種子活力與休眠性之獲得，藉以了解影響冬瓜種子休眠之行為。

## 材料與方法

### (一)、試驗材料

'台農 2 號'冬瓜種子(由行政院農委會霧峰農業試驗所作物組提供)。

### (二)、試驗方法

#### 一、'台農 2 號'冬瓜果實性狀調查

'台農 2 號'冬瓜於採收後進行性狀調查，分別測量果長、果寬及果重等項目，每採收日數之處理三重複。

#### 二、種子含水量

取 0.5 g 洗淨後未風乾前(鮮重)、洗淨並風乾後(乾重)之冬瓜種子，依照國際種子檢查手冊(ISTA, 2009)規範，將種子剪碎並以烘箱 130°C 2 小時烘乾種子後，測定種子水分含量，另測種皮與胚重量，藉以了解發育過程中及果實內貯藏後熟期間種子含水量變化情形。含水量之計算為： $(M1-M2/ M1- M3) \times 100\%$ ，M1:容器重+烘乾前種子重，M2:容器重+烘乾後種子重，M3:容器重，每處理三重複。另外於風乾後測定種子之單粒重、種皮重及種仁重，計算不同部位佔種子重量比例，每處理三重複。

#### 三、發育過程及果實內貯藏後熟期間種子內容物含量測定

以授粉 25、35、45、55、65、75 天採收之種子及授粉 75 天果實內貯藏後熟 10 天、20 天、30 天、40 天、50 天及 50 天以上種子，分別以完整種子、種皮、子葉及胚為材料，藉以了解發育過程中及果實內貯藏後熟期間種子蛋白質、澱粉、全可溶性糖類及單糖變化情形。

### 1. 可溶性蛋白質含量

將 Lowry(1951)之方法加以修改，取 0.5 種子以液態氮研磨，加入 5 ml 萃取液[40 mM Tris-HCl、1 mM EDTA、0.5 mM DTT(1,4-Dithiothreitol)、100 mM MgCl<sub>2</sub>、0.02 M β-Mercaptoethanol、0.2 % PVP-40，混合後以 NaOH 調整 pH 值至 7.8]研磨均勻。於 4°C 下 14,000 g 離心 20 分鐘，取 50μl 上清液加 5 ml 蛋白質染劑(以 Bio-Rad 蛋白質染劑與去離子水比例 1:4 稀釋使用)，振盪均勻後靜置 20 分鐘，以分光光度計(U-2900, HITACHI)測量 595 nm 波長下之吸光值。標準曲線以 Bovine Serum Albumin (BSA)配製，單位以 mg/g FW 表示，每處理三重複。

### 2. 全可溶性糖類含量

取樣品 0.5g 加 10ml 去離子水(置於 50 ml 離心管中)，於 30°C 水浴振盪 3 小時，以 10,000 rpm 在室溫下離心 10 分鐘，取上澄清液做糖類分析，殘渣烘乾作澱粉分析用。取前述之上層液 5 ml，加入 1 ml 6 N HCl，放入 70 °C 水浴振盪 15 分鐘，取出後迅速冷卻，取 0.2 ml 上層液後再加 4.8 ml 去離子水振盪均勻，取出 2 ml 混合液加入 0.1 ml liquid phenol 及 6 ml 濃硫酸振盪均勻，靜置 30 分鐘後，以分光光度計(U-2900, HITACHI)測 490 nm 之吸光值，標準曲線以 D-glucose 配製，每處理三重複(Yoshida *et al.*, 1976)。

### 3. 澱粉含量

取去除可溶性糖分析用上清液後之殘渣以 80°C 烘乾 8 小時，加入 2 ml 去離子水，放入沸水中煮 15 分鐘，取出後迅速冷卻，加 2 ml 9.2 N HClO<sub>4</sub> 振盪，其後 15 分鐘內不時攪拌，加水至 10 ml，以 10,000 rpm 在室溫下離心 10 分鐘，取離心後之上層液 0.1 ml，加入 1.9 ml 去離子水、0.1 ml liquid phenol 及 6 ml 濃硫酸，振盪均勻，靜置 30 分鐘後，以分光光度計(U-2900, HITACHI)測 490 nm 之吸光值，標準曲線以 D-glucose 配製，每處理三重複(Yoshida *et al.*, 1976)。

### 4. 以 HPLC 測定發育過程及果實內貯藏後熟期間種子單糖含量

取 0.5 g 樣品以 5 ml 純酒精萃取，於 80°C 水浴 20 分鐘，13,000 rpm 離心 10 分鐘，將上清液置於 15 ml 試管中，置於 50°C 烘箱烘乾(約需 3 天，溫度不宜過高，易焦糖化)，以 1 ml 去離子水回溶，再以 0.45 μm 過濾頭過濾備用。利用 HPLC 之分析方法，將 20 μl 樣品注入 HITACHI L-2130 Intelligent Pump 中，以乙腈 Acetonitrile: 去離子水=75:25 (v/v) 混合均勻，經孔隙 0.45 μm (HV, Millipore)過濾器過濾後作為流動相，流速 0.5 ml/min，每樣品流動時間為 30 分鐘。經 LiChrospher 100 NH<sub>2</sub> column 5 μm (Merck KGaA, Darmstadt, Germany.)管柱後以 HITACHI RI Detector L-2490 測定。以鼠李糖(Rhamnose)、木糖(Xylose)、阿拉伯糖(Arabinose)、葡萄糖(Glucose)、果糖(Fructose)、蔗糖(Sucrose)、半乳糖(Galactose)、麥芽糖(Maltose)、海藻糖(Trehalose)、乳糖(Lactose)及棉子糖(Raffinose) (Sigma)為標準品，作迴歸曲線並計算樣品中醣類含量(Bailey *et al.*, 2001)。

5. 發育過程及果實內貯藏後熟期間種子貯藏發芽情形及以 2,3,5-氯化三苯基四氮唑染色法(2,3,5-Triphenyltertrazolium hydrochloride;TTC)測定種子活力

以'台農 2 號'冬瓜授粉 25、35、45、55、65、75 天採收之種子及授粉 75 天果實內貯藏後熟 10 天、20 天、30 天、40 天、50 天及 50 天以上採收之種子為材料，藉以調查種子成熟度及果實內貯藏後熟程度與貯藏發芽率及平均發芽天數間關係。由於國際種子檢查手冊未有對冬瓜種子發芽條件之規定，參考葫蘆科種子發芽條件，取貯藏含水量約 6~8 % 之種子，放置於封口袋密封置於 8°C 密封貯藏 0、50、100、150、200、250、300、350 天，進行貯藏發芽試驗。發芽方法為取 30 粒冬瓜種子於直徑 90 mm 玻璃培養皿以紙間法進行發芽試驗，並置於 30°C 生長箱。試驗期間保持濾紙濕潤，播種後每日計算其發芽數(胚根為種子兩倍長時視為發芽)直至 14 天。計算最終發芽百分率及平均發芽天數，每處理三重複。種子於 20°C 生長箱內浸種 24 小時後，以解剖刀由子葉端向下 1/3 橫切子葉並去除種皮，處理過程保持濕潤，處理完成後將種子置於 10 ml 之 0.5 % TTC(將 9.078 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> 及 9.472 g NaHPO<sub>4</sub> 分別溶於 1 L，以 2:3 比例混合成 1 L 緩衝液，將 5 g 2,3,5-triphenyl tetrazolium chloride (Sigma)加入緩衝液中，為 0.5% TTC 溶液)，於 30 °C 恆溫箱黑暗中染色 60 小時，取出種子後以去離子水清洗，並參考 ISTA 手冊(International Rules for Seed Testing, 1999)之規定，判斷染色結果，將染色型式歸納分級，每處理 30 粒種子，每處理三重複。

#### 四、統計分析

以上試驗調查所得數據統計採用 SAS 套裝軟體(SAS Institute)中的 PROC ANOVA(analysis of variance procedure)進行變方分析( $\alpha=0.05$ )，以 Fishers' s LSD 進行各處理間平均值之比較。

## 結果

### 1. '台農 2 號'冬瓜果實性狀表現

'台農 2 號'冬瓜果實雖於授粉 35 天開始長度已接近成熟果實，介於 71.0~83.5 公分，授粉 75 天之果實長度達最大值 83 公分(圖 1)，果實寬度皆介於 16~17 公分之間(圖 1)，授粉 35 天後之果重約 12.5 公斤左右，授粉 55 天時果重達 14.2 公斤，授粉 65 天達最大值 16.7 公斤(圖 1)。

### 2. 種子發育期間貯藏物質變化

'台農 2 號'冬瓜種子授粉 35 天新鮮種子含水量為 86.52 %，授粉 45 天種子含水量開始下降至 80.23 % (圖 2)，授粉 55 天含水量持續下降至 75.70 %，授粉 65 天種子含水量降至 67.87 %，授粉 75 天時種子含水量略升回 70.24 % (圖 2)。由蛋白質含量測定結果可知，授粉 35 天時蛋白質含量約 8.43 mg/g FW (圖 2)，授粉 45 天時達最大值，約 45.07 mg/g FW (圖 2)，授粉 55 天~75 天蛋白質含量逐漸降低且趨於穩定，總量由 36.74 mg/gFW 降至 29.36 mg/gFW，由澱粉含量測定結果可知，授粉 45 天~55 天種子澱粉含量較低，分別為 74.08 及 72.22 mg/g FW (圖 2)，授粉 65 天時澱粉含量較高，總量為 78.74 mg/gFW (圖 2)，授粉

75 天仍維持高澱粉含量，總量為 87.26 mg/g FW，由全可溶性糖類含量結果可知，授粉不同天數採收種子中，授粉 35 天~45 天時全可溶性糖類含量最高，為 60.48~62.09 mg/g FW，授粉 55 天~75 天下降至 31.89~41.73 mg/g FW。

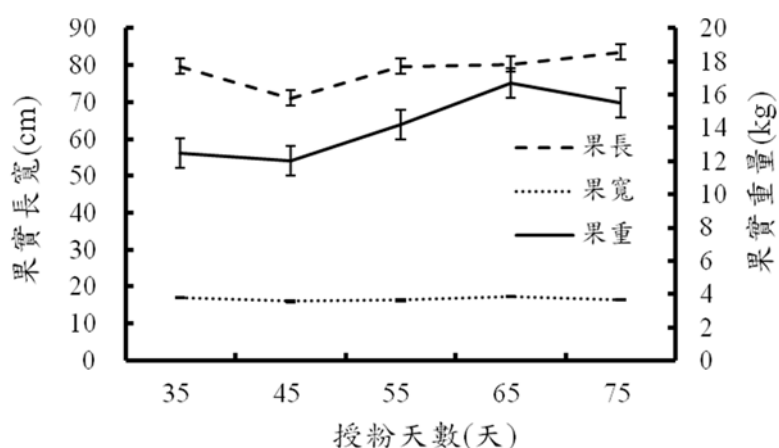


圖 1.'台農 2 號'果實性狀調查。

Fig.1. Investigation of fruit characteristics of 'Tainung 2' wax gourd.

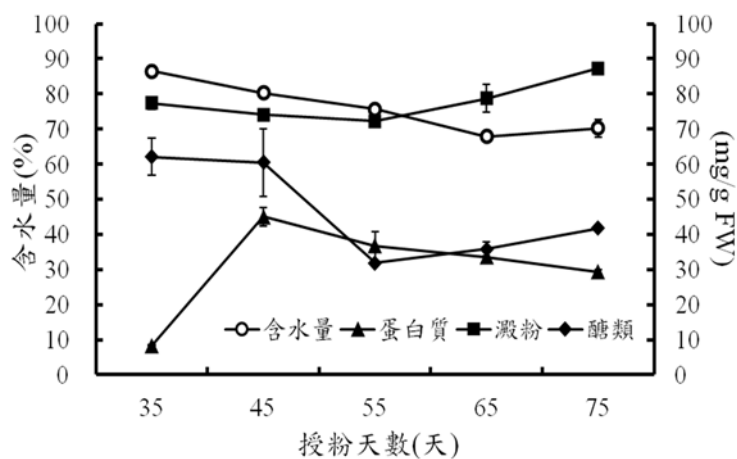


圖 2.'台農 2 號'冬瓜種子發育過程種子水分及貯藏物質變化情形。

Fig.2. Water content and storage substance content of 'Tainung 2' wax gourd seed during post-pollination development.

### 3. '台農 2 號' 冬瓜種子發育期間單糖含量變化

以高效液相色譜法(HPLC)測定種子各單糖含量，分別測定葡萄糖(Glucose)、果糖(Fructose)、半乳糖(Galactose)、麥芽糖(Maltose)及棉子糖(Raffinose)等，其他糖類如鼠李糖、戊醛糖、阿拉伯糖、海藻糖及蔗糖因含量過低數據不顯示。種子發育過程中主要醣類以葡萄糖、果糖及麥芽糖為主，授粉 35 天起累積大量葡萄糖及果糖，分別為 180.9 及 172.5mg/g FW，授粉 45 天時葡萄糖及果糖達最大量，分別為 242.5 mg/g FW 及 332.8 mg/g FW，授粉 55 天時葡萄糖及果糖含量仍高，授粉 65~75 天迅速下降，授粉 75 天時各部位測得含量均不超過 10 mg/g FW(圖 3)。麥芽糖於種子發育早期出現，隨成熟度增加而由 24.7 mg/g FW 降至 4.9 mg/g FW。半乳糖隨種子成熟度增加而累積，授粉 55~75 天期間總量由 12.8 mg/g FW 增加至 39.9 mg/g FW，其他糖類於種子發育過程中變化較不明顯。值得注意的是，授粉 75 天種子中單糖總含量雖為所有處理種子中最低，授粉 75 天之胚中卻有少量糖類累積，且種類較多，主要累積之糖類依含量多寡依序為棉子糖及半乳糖，分別為 32.1 mg/g FW 及 39.9 mg/g FW，其他糖類含量均少於 10 mg/g FW。

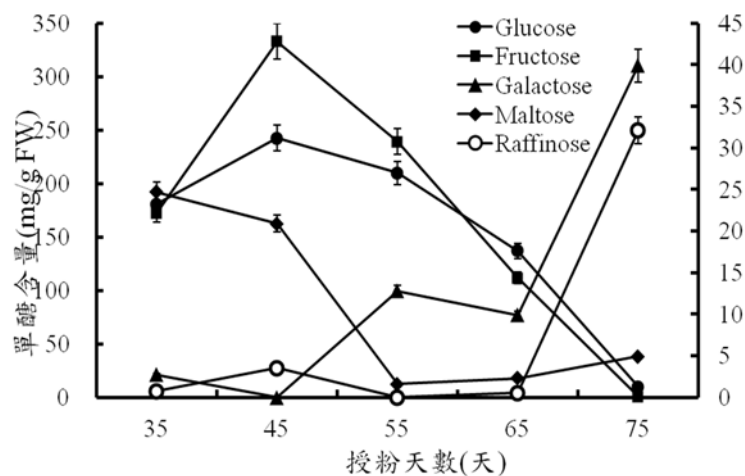


圖 3.以高效液相色譜法測定'台農 2 號'冬瓜種子發育期間內單糖含量變化(mg/g FW)。半乳糖、麥芽糖及棉子糖單位刻度以右側 y 軸為主。

Fig.3. Analysis of monosaccharides in 'Tainung 2' wax gourd seed during post-pollination development by high performance liquid chromatography (HPLC).Galactose, maltose and raffinose content data followed right y-axis scale.

#### 4. 種子發育期間之活力與休眠性

TTC 之判定標準為種子染色後呈現完整的鮮紅色，胚、子葉及兩者連接處皆均勻染色，若顏色為淺粉紅或有斑駁情形皆視為不具活力之種子，TTC 活力根據冬瓜種子 TTC 染色類型判斷(圖 4)。由於‘台農 2 號’冬瓜種子授粉 25 天種子種仁尚未成形，不適合做為活力測定材料，因此種子 TTC 活力測定試驗材料以授粉 35 天以上種子為主，由種子 TTC 活力測定結果可看出，授粉後 35 天種子染色結果呈現不具活性之淺紅色，且發芽率為 0% (圖 5(A)、表 1)。授粉 45 天之種子部分胚已具活力，但發芽率結果仍為 0% (圖 5(B)、表 1)。授粉 55 天種子 TTC 活力判斷平均約為 10%，實際發芽率為 0% (圖 5(C)、表 1)。授粉 65 天 TTC 活力判斷平均約為 30%，但發芽率仍為 0% (圖 5(D)、表 1)。授粉 75 天種子，TTC 活力判斷已達 100%，卻仍維持低發芽率，約 33.3% (表 1)。

表 1.以 2,3,5-氯化三苯基四氮唑染色法(2.3.5-Triphenyltertrazolium hydrochloride; TTC) 鑑定‘台農 2 號’冬瓜授粉不同天數種子活力。

Table 1. Assessment of 'Tainung 2' wax gourd seed viability by 2.3.5-Triphenyltertrazolium hydrochloride (TTC) test at different days after pollination.

授粉 天數	發芽率 (%)	TTC 存活率 (%)
25 天	0.0b <sup>z</sup>	0.0c
35 天	0.0b	0.0c
45 天	0.0b	0.0c
55 天	0.0b	40b
65 天	0.0b	30b
75 天	33.3a	100a

<sup>z</sup>: Values within columns followed by different letters are significant different at 5 % level by LSD test (P=0.05).

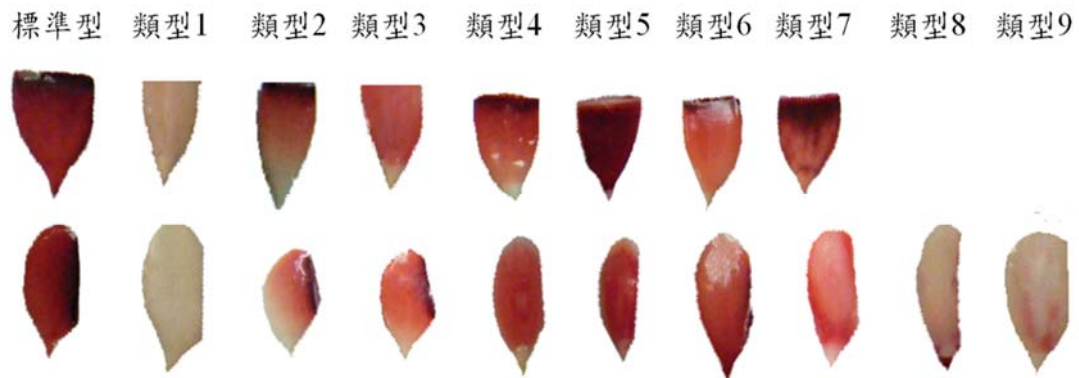


圖 4.冬瓜種子 TTC 染色類型(葉與宋，2008)。

Fig . 4. Tetrazolium staining patterns of wax gourd seeds.

標準型：種子染色均勻並呈鮮紅色，表示種子具發芽活性。

類型 1：種子完全無染色，表示種子死亡。

類型 2：種子由胚尖計算 1/2 未染色，表示胚無活性，無法發芽。

類型 3：種子胚尖約 2/3 未染色，表示胚無活性，無法發芽。

類型 4：種子胚尖約 1/3 未染色，表示胚無活性，無法發芽。

類型 5：種子胚尖約 1/4 未染色，表示胚無活性，無法發芽。

類型 6：種子染色呈粉紅或接近膚色，表種子死亡。

類型 7：子葉斑駁或與胚連結處染色不全，表種子死亡。

類型 8：胚尖 1/4 處染色，但其餘胚與子葉未染色，表種子死亡。

類型 9：種子少部份染色，表種子死亡。



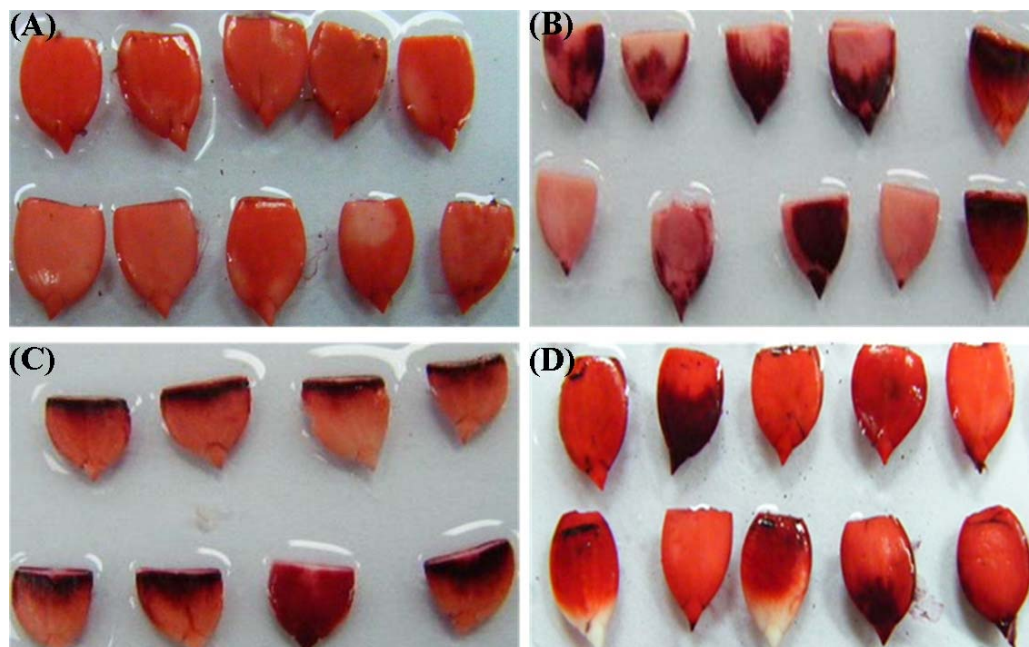


圖 5.以 2,3,5-氯化三苯基四氮唑染色法(2,3,5-Triphenyltertrazolium hydrochloride; TTC) 鑑定'台農 2 號'冬瓜種子授粉後不同採收天數種子活力，分別為授粉後 35 天(A)、45 天(B)、55 天(C)及 65 天(D)。

Fig.5. Evaluation of 'Tainung 2' wax gourd seed viability at different days after pollination by tetrazolium test. 35 days (A), 45 days (B), 55 days (C), and 65 days (D) after pollination (scale=10 mm).

## 討論

### 一、'台農 2 號'冬瓜果實性狀表現及種子發育期間含水量及貯藏物質含量變化

'台農 2 號'冬瓜果實於授粉 35 天開始長度已接近成熟果實，介於 71.0~83.5 公分，授粉 75 天之果實長度達最大值 83 公分，果實寬度皆介於 16~17 公分之間。果重變化較明顯，隨著果實成熟度增加，授粉 65 天達最大值 16.7 公斤，以果實性狀而言，授粉 55 天後果實性狀如果長、果寬及果重皆已達最大值，且授粉 55 天~75 天期間無顯著差異。

### 二、'台農 2 號'冬瓜種子發育期間貯藏物質變化

種子發育階段分為發育初期、生理成熟期及採收成熟期三個階段，發育初期含水量高達 80% 以上，隨後養分逐漸累積，並進入生理成熟之種子達最大乾物質量及最佳品質，生理成熟後便進入採收成熟時期(Copeland and McDonald, 2001)。於果實中發育之種子其種子水分含量及種子水分潛勢在成熟時略有降低(Bewley *et al.*, 2012)，如網紋甜瓜種子含水量(以鮮重為主)於授粉 10 天至授粉 35 天期間迅速降低，由 91% 降至 42%，此時種子達最大乾物重，授粉 35 天至授粉 50 天期間減少緩慢，逐漸降至 35%，授粉 50 天至授粉 65 天之間再度增加至 43%，種子萌芽前含水量約 46%。本試驗中，'台農二號'冬瓜種子授粉 35 天時新鮮種子含水量最高，為 86.52%，授粉 45 天種子含水量開始下降至約 80.23%，授粉 55 天含水量持續下降至授粉 65 天種子含水量已降至 67.87%，授粉 75 天時種子含水量略升。顯示'台農二號'冬瓜種子含水量隨種子成熟度增加逐漸降低。

種子發育期間累積之貯藏物質包括碳水化合物、蛋白質及脂質等，內部醣類之累積情形及速率均接近(McDonald and Copeland, 1997)。冬瓜種子主要貯藏物質部位為胚及子葉，本試驗藉由分析兩者總含量觀察種子貯藏物質變化情形，由蛋白質含量測定結果可知，授粉 45 天時達最大值，約 45.07 mg/gFW，授粉 55 天~75 天蛋白質含量逐漸降低且趨於穩定，總量由 36.74 mg/gFW 降至 29.36 mg/gFW，由結果可知'台農二號'冬瓜種子於發育過程中全可溶性蛋白質含量逐漸累積，授粉 35 天發育初期已有蛋白質累積，授粉 45 天累積達到最大值，達 45.07 mg/gFW，而進入授粉 65~75 天之成熟期時，部分全可溶性蛋白質供給合成利用，因此總量逐漸平穩，約為 30 mg/gFW，冬瓜種子中蛋白質與胺基酸含量均高，分別約 57.14 及 2.64 mg/g FW (Zaini *et al.*, 2011)。本試驗'台農二號'冬瓜種子於發育過程中全可溶性蛋白質含量逐漸累積，蛋白質於授粉 45~55 天左右累積達到最大值，授粉 65~75 天之成熟期時，部分全可溶性蛋白質供給合成利用，因此總量逐漸平穩，顯示'台農二號'冬瓜種子蛋白質累積隨成熟度增加而增加。

種子中貯藏碳水化合物包括澱粉及醣類，澱粉於種子成熟期間逐漸累積，隨著成熟度增加，授粉 65 天時澱粉含量達一高點，總量約 78.74 mg/gFW，授粉 75 天仍維持高澱粉含量，由此可見澱粉之累積受種子成熟度影響甚鉅，因碳水化合物貯藏型態轉變，醣類逐漸同化為澱粉，至授粉 75 天碳水化合物累積達最大值。授粉 35 天~45 天時全可溶性糖類

含量最高，約為 60.48~62.09 mg/gFW，隨著成熟度增加，全可溶性糖類含量逐漸降低，授粉 55 天~75 天下降至 31.89~41.73 mg/gFW，含量隨成熟度增加而降低。胡瓜種子成熟期間澱粉增加，但於成熟後期略有下降(Handley *et al.*, 1983)。本試驗‘台農二號’冬瓜種子隨成熟度增加澱粉含量增加，授粉 65 天澱粉含量達一高點，授粉 75 天時全可溶性糖類則較低，同時授粉後 45~55 天開始種子內累積大量醣類，授粉 45 天種子全可溶性糖類含量最高，而於授粉後 55~75 天含量較低，顯示‘台農二號’冬瓜種子澱粉含量隨著成熟度增加而增加，達一定成熟度後漸趨穩定，全可溶性糖含量則隨著成熟度增加而減少。由此可知全可溶性糖類含量於發育初期含量高，且隨著成熟度增加逐漸降低，並受同化作用影響稍有隨後熟程度增加而降低之趨勢。

### 三、種子發育期間單糖含量變化

發育過程中，分布及含量最高之單糖依序為葡萄糖、果糖、麥芽糖及半乳糖，且隨成熟度增加，種子內單糖之種類亦增加，授粉 45~55 天葡萄糖及果糖達最大值，接著授粉 65~75 天由於醣類同化形成澱粉，因此單糖逐漸減少。前人研究中指出葫蘆科種子內含棉子糖類(RFOs, raffinose family oligosaccharides)且以其為貯藏物質，種子發育期間葡萄糖及果糖含量逐漸降低，但蔗糖、棉子糖及水蘇糖於種子成熟後期階段累積增加，如胡瓜種子成熟時葡萄糖及果糖減少，棉子糖則於成熟過程中增加，甜瓜種子進入成熟階段時棉子糖增加至 3.5 mg/g FW(Bozena and Schmitz, 1997; Handley *et al.*, 1983)，蔗糖及棉子糖族醣類貯藏於種子組織中有助於維持種子膜系運作及於種子乾燥階段減少乾燥損失，避免細胞膜受失水傷害(Bewley *et al.*, 2012; Madore, 2011)。本試驗中，隨著發育過程進行，授粉 45~55 天葡萄糖及果糖達最大值，接著授粉 65~75 天由於醣類同化形成澱粉，因此單糖逐漸減少，最終甚至低於 10 mg/g FW，值得注意的是，最適成熟度授粉 75 天種子內，單糖含量雖然最少，但其中包括葡萄糖、果糖、半乳糖、麥芽糖及棉子糖等皆可測得。另外，所有處理種子各部位均可測得半乳糖，證實半乳糖為碳源貯藏方式之一。發育過程中，分布及含量最高之單糖依序為葡萄糖、果糖、麥芽糖及半乳糖，且隨成熟度增加，種子內單糖之種類亦增加，此現象除印證單糖於種子內重新合成外，同時可確定種子於授粉後 75 天時其可利用之貯藏物質較為充裕。

### 四、‘台農 2 號’冬瓜種子發育期間種子活力與休眠性之獲得

由種子 TTC 活力測定結果可看出授粉後 35 天種子染色結果呈現不具活性之淺紅色，授粉 45 天之種子部分胚已具活力，但大多數子葉染色斑駁甚至淺紅，某些胚柄處染色不均，顯示此發育階段之胚雖然已開始具有活力，但發育程度不均，子葉之功能尚未完備，具運輸功能之胚柄也有缺陷，因此仍不具有發芽活力，且發芽率結果亦為 0%。授粉 55 天之部分種子已具備發芽能力，整體染色均勻或子葉稍有不均勻但不至於影響活力，此時之 TTC 活力判斷平均約為 10%，實際發芽率為 0%。授粉 65 天時 TTC 活力判斷平均約為 30%，但發芽率仍為 0%。授粉 75 天種子 TTC 活力判斷已達 100%，卻仍維持低發芽率，約 33.3%。本試驗中，以 TTC 種子活力測定‘台農 2 號’冬瓜種子授粉後不同天數種子之活

力，其原理為利用原本無色之 2, 3, 5 -triphenyltetrazolium chloride 經種子內活細胞中參與呼吸作用之脫氫酵素進行氧化作用使化合物變成紅色結晶，由於呼吸作用為種子發芽過程中關鍵之作用，因此可藉由呼吸作用之進行與否判斷種子之活力(Desai *et al.*, 2004)，唯此藉由顯色結果判斷不易客觀，且對冬瓜種子而言，仍有不足及問題所在。

本研究為調查‘台農 2 號’冬瓜種子發育過程及休眠性之表現背景資料以提供後續研究。由研究結果可知，‘台農 2 號’冬瓜種子於授粉 35 天起種子內貯藏物質累積，授粉後 45 天蛋白質及糖類達最大量，授粉 65 天後則由於同化作用，全可溶性糖類減少而澱粉達最大量。授粉 45 天開始種子逐漸獲得活力，授粉 55~65 天種子活力增加而實際發芽率並為伴隨增加，顯示其休眠性之顯現，授粉 75 天種子已完全具發芽能力，但由於其具深休眠性，導致種子發芽率僅 30~33.3%，由前人研究已知，部分葫蘆科種子之休眠屬於物理性休眠，於種子完全成熟胚發育完成狀態下發生，部分葫蘆科種子則同時具物理性休眠及生理性休眠(Baskin *et al.*, 2000)。由本研究結果推測‘台農 2 號’冬瓜之休眠性較深，而其休眠之解除仍需進一步研究。

### 誌謝

本研究感謝行政院農業委員會霧峰農業試驗所作物組提供試驗材料及興台計畫經費協助。

## 參考文獻

- 林學詩。1995。台灣農家要覽-農作三 p. 487-490。豐年社。台北。
- 黃如葵。2006。冬瓜種子質量在其發育過程及採後處理中的變化。中國蔬菜 9: 16-18。
- Baskin, J. M., C. C. Baskin, and X. Li. 2000. Taxonomy, anatomy and evolution of physical dormancy in seeds. *Plant Spec. Biol.* 15: 139-152.
- Bewley, J. D. and M. Black. 1997. *Seed physiology of development and germination* 2nd edition. Plenum Press. New York. p. 36-39, 117-119.
- Bewley, J. D., K. J. Bradford, H. W. M. Hilhorst, and H. Nonogaki. 2012. *Seeds: physiology of development, germination and dormancy*, 3rd Edition. p. 27-83. Springer. New York Heidelberg Dordrecht London.
- Bozena, C. and K. Schmitz. 1997. Changes in soluble sugar and activity of  $\alpha$ -galactosidases and acid invertase during muskmelon (*Cucumis melo* L.) fruit development. *J. Plant Physiol.* 151: 41-50.
- Copeland, L. O. and McDonald M. B. 2001. *Principles of seed science and technology* 4th edition. USA. p. 24, 27, 201-203.
- Desai, B. B., P. M. Kotecha, and D. K. Salunkhe. 2004. *Seeds Handbook: Biology, Production, Processing and Storage (Books in Soils, Plants, and the Environment)*. Marcel Dekker, Inc. New York. p. 7, 15-19, 73-74, 78-79, 118, 121.
- Handley, L. W., D. M. Pharr, and R. F. McFeeters. 1983. Carbohydrate changes during maturation of cucumber fruit. *Plant Physiol.* 72: 498-502.
- International Seed Testing Association. 1999. *International Rules for Seed Testing*.
- Justice, O. L. and L. N. Bass. 1978. *Principles and practices of seed storage*. U. S. Department of Agriculture handbooks. p. 506.
- Madore, M. A. 2011. Biosynthesis and degradation of galactosyloligosaccharides. *Glycoscience: Chemistry and Chemical Biology* I-III Chapter 5.4.
- McDonald, M. B. and L. O. Copeland. 1997. *Seed production*. p. 19-28. Chapman & Hall. New York.
- Nerson, H. 2007. Seed production and germinability of cucurbit crops. *Seed science and biotechnology* 1: 1-10.
- Welbaum, G. E. 1993. Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.) VIII. Development of osmotically distended seeds. *J. Exp. Bot.* 44: 1245-1252.
- Welbaum, G. E. and K. J. Bradford. 1991. Water relations of seed development and germination in muskmelon (*Cucumis melo* L.) VII. Influence of after-ripening and ageing on

germination responses to temperature and water potential. J. Exp. Bot. 42: 1137-1145.

Zaini, N. A. M., A. Farooq, A. A. Hamid, S. Nazamid. 2011. Kundur [*Benincasa hispida* (Thunb.) Cogn.]: A potential source for valuable nutrients and functional foods. Food Res. Int. 44: 2368-2376.

## Seed Storage Reserves during Post-Pollination Development and Seed Dormancy of 'Tainung 2' Wax Gourd (*Benincasa hispida* Cogn.)

Hong-Ling Yeh<sup>1)</sup> Yu Sung<sup>2)</sup> Tzu-Kai Lin<sup>3)</sup>

Key words: Wax gourd, Seed, Dormancy, Germination

### Summary

'Tainung 2' wax gourd seeds contain high water content and low storage substance during early phase of development, seed water content was 89.76% after 25 days of pollination, soluble protein content and total soluble sugar content reach maximum value at 45 days after pollination, 40 mg/gFW and 79.91 mg/gFW, respectively. Water content decreased rapidly after 45 days of pollination, and reach 67.87% after 65 days of pollination, while starch content reach maximum value 78.7 mg/gFW, after 75 days of pollination, water content, starch, total soluble sugar and soluble protein reached 70.24%, 100 mg/g FW, 70 mg/g FW and 30 mg/g FW, separately. Seed germination percentage maintain 0% during 25~65 days of pollination, seed vigor test result reveal 'Tainung 2' wax gourd seeds embryo gain viability till 45 days of pollination, seeds vigor reach 30~40% after 55~65 days of pollination, seeds vigor reach 100% after 75 days of pollination, but the seed germination percentage still low between 30~33.3%, this might indicate that 'Tainung 2' wax gourd seeds obtain dormancy after seed maturation.

---

1) Graduate student in Ph.D. Program, Department of Horticulture, National Chung Hsing University.

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

3) Assistant Researcher, Crop Science Division-Vegetable crops Laboratory, Taiwan Agricultural Research Institute, Council of Agriculture, Executive Yuan.

