

# 甜玉米保鮮之研究—預冷條件 之探討建立與應用<sup>1</sup>

鄭榮瑞<sup>2</sup> 詹碧連<sup>3</sup> 盧子淵<sup>2</sup> 曾清田<sup>3</sup>

## 摘 要

鄭榮瑞、詹碧連、盧子淵、曾清田·1991·甜玉米保鮮之研究—預冷條件之探討建立與應用。台南區農業改良場研究彙報26：32~44。

甜玉米採收後為確保其品質，應迅速加以預冷處理。預冷之速度主要視冷水溫度與甜玉米溫度之差、預冷水流量之大小及冷水與產品接觸面積之多寡而定，一般最適宜之冷水溫度為攝氏零度左右，冷水流量以每秒每平方公尺10公升為宜。配合直銷處理，預冷前宜將產品分級。預冷時產品之裝籃排列宜將玉米穗朝上，以提高預冷效率、縮短預冷時間。甜玉米預冷所需時間由品溫28°C降至穗軸心部4°C約需62分鐘（未去苞葉）或50分鐘（去除部份苞葉），故甜玉米之預冷宜採批式處理。預冷處理後之產品應迅速放入低溫冷藏室進行包裝，包裝方式可採20公斤塑膠袋配合紙箱或以2穗或4穗為單位的小包裝配合紙箱方式之子母包裝。甜玉米經預冷處理後維持低溫貯運極重要，短程運送可以加碎冰方式，而長距離輸送則應採用低溫冷藏運輸車。

**關鍵詞：**甜玉米，保鮮，預冷。

接受日期：1991年2月11日。

## 前 言

超甜玉米鮮果含糖度高，味甜質軟，營養豐富，除供鮮食或蔬菜用外，亦為製罐及冷凍加工之原料，頗為一般消費者喜愛，唯甜玉米採收後如未能有效降低其果穗之溫度或抑制其呼吸作用所產生的熱量，任其曝曬，易因熱的累積作用，導致糖分迅速轉化而降低糖度，而影響其原有鮮度、品質及風味與商品價值之壽命<sup>(2,4)</sup>。

低溫為緩和甜玉米呼吸作用及其他能產生熱之變化最佳的方法。高溫可促進呼吸作用，產生並累積熱能，在21°C時之呼吸量約為0°C時的八倍；高溫也加速糖分的轉化，在30°C、24小時便使甜玉米失去60%的糖分<sup>(9,10)</sup>，而在0°C時，同樣24小時則只損失5%糖分。另外高溫也會促進微生物的繁殖，並加快水份的散失，影響甜玉米的品質至鉅。因此甜玉米採收後的溫度管理實為決定甜玉米品質優劣的關鍵<sup>(1,9)</sup>。本省地處亞熱帶，夏季氣溫偏高，甜玉米採收後品質維持更屬不易。

---

1.台南區農業改良場研究報告第188號。本試驗經費承行政院農業委員會補助，謹此致謝。

2.本場助理研究員，助理，台南市70125林森路一段350號。

3.本場朴子分場農林廳援外技士、朴子分場主任，嘉義縣朴子鎮德興里120號。

為生產高價位及提供消費者高品質的甜玉米，低溫預冷處理更見重要。

蔬果採收後之預冷降溫方式可分為強制風冷、冷水冷卻、真空冷卻及加冰接觸降溫等<sup>(5,6)</sup>，就甜玉米而言，以水冷方式之利用較可行，能迅速祛除其田間熱，減低其新陳代謝功能及微生物或細菌活動能力，維持果穗新鮮品質，延長銷售壽命，水冷作業兼可洗去果穗上殘留之髒物，增進美觀。但水冷在甜玉米利用上，國內可資應用基本資料仍甚缺乏。本研究之目的即針對甜玉米以水冷方式預冷，觀察探討其系統功能，降溫情形、呼吸熱變化、糖度變化、品質顏色及含水率等之變化，藉以建立基本利用模式，提高甜玉米採收後處理效果。

## 材料與方法

### 一、試驗材料:

- (一)淋浴式冷水預冷機械設備一套。
- (二)試驗改良用鐵材、五金材料、籃子等。
- (三)試驗用甜玉米。
- (四)測試用儀器材料等。

### 二、試驗方法:

#### (一)預冷機械設備之試驗改良

配合六腳鄉農會原有之水冷式蘆筍預冷設備，進行機械性能試驗及結構改良，使機械性能達到甜玉米之預冷要求條件。試驗進行時並測定調查其冷水溫度、冷水流量、冷卻能量及能源利用係數等，作為規劃新型預冷系統設計參考。

- 1.冷水降溫過程之測定：試驗以攝氏零度作為預冷冷水溫度基準，利用 T-type熱電偶式感測線配合可程式自動溫度記錄器，連續測定冷水由正常水溫（約25°C）至攝氏零度所需時間及預冷作業期間之溫度變化。
- 2.冷水流量之測定：淋浴式預冷裝置冷水流量以7~10 l/sec/m<sup>2</sup>之間最適當<sup>(6,9)</sup>，本試驗將以10 l/sec/m<sup>2</sup>作為預冷水流流量。以流量測定裝置進行測定。
- 3.冷卻能量測定：測定甜玉米由初期溫度預冷至攝氏5°C品溫時，每小時所能處理之甜玉米重量。
- 4.能源利用係數之測定：為自農產品中祛除之熱量與設施所消耗之總電量之比值，既 $EC = (W \times C \times \Delta T) / Q$ 式中W=產品重量，C=產品比熱， $\Delta T$ =產品冷卻前後之溫差，Q=設施所消耗之總電量，EC=能源利用係數<sup>(6)</sup>。

#### (二)預冷試驗

- 1.配合六腳鄉食用甜玉米之產銷，進行預冷試驗。
- 2.調查建立甜玉米之呼吸熱變化、冷卻期及冷卻曲線等資料。
  - (1)呼吸熱之測定：利用二氧化碳分析儀測定甜玉米由常溫至預冷品溫各階段二氧化碳量，計算其每日每噸所產生多少仟卡的呼吸熱。既 $Q_{rsp} = m \times (R_1 + R_2) \times t \times CF / (2 \times 24000)$ 式中 $Q_{rsp}$ =呼吸熱(kcal)，m=產品重量(kg)，t=預冷時間(hr)， $R_1$ =溫度 $T_1$ (產品初溫，°C)時，產品之呼吸率(Mg-CO<sub>2</sub>/kg-hr)， $R_2$ =溫度 $T_2$ (預冷設定溫度，°C)時，產品之呼吸率(Mg-CO<sub>2</sub>/kg-hr)，CF=轉換因子，61.2(kcal/kg-day)<sup>(5,7)</sup>。

- (2)冷卻期之測定：取含苞葉之甜玉米鮮穗，分別在其穗苞表面、子實、穗軸心部連以 T-type熱電偶線，定置淋浴裝置下，以溫度記錄器連續測定其溫度與時間之關係，建立半冷期 (half cooling time) 及7/8冷期 (7/8 cooling time)，推算所需冷卻時間 (5,9)。
- (3)冷卻曲線之建立：根據預冷溫度與預冷時間變化，建立甜玉米由初期溫度降至要求品溫之預冷曲線。
- 3.探討水冷溫度、速度、時期與糖度變化、顏色變化、品味差異及種皮纖維化程度等關係 (2,3,8)。
- (1)總糖含量之測定：將甜玉米鮮穗之苞葉剝去後，由中段取5克子粒做為樣品，加入40 ml 80%酒精以攪拌機 (polytron) 打碎。離心 (3000 rpm 5 mins) 後傾出上層液，將沈澱物再加40ml 80%酒精攪拌，離心後取其上層液與第一次離心所得之澄清液混合，再以80%酒精定量至100ml，並以苯硫酸法測定總糖含量。其步驟是將含有全糖的酒精抽出液稀釋50倍後，取1 ml並加入1 ml酚試劑5% (phenol reagent) 及5 ml濃硫酸 (conc. H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)，振盪均勻，靜置30分鐘後於488 nm波長下測定其吸光度，並以不同濃度之葡萄糖溶液做標準曲線。
- (2)可溶性多糖之測定：將前項處理所獲得之沈澱物加40 ml沸水抽取水溶性多糖，經離心後分離上層液，沈澱物再加40 ml沸水重複操作，收集之上層液混合後，加水定量至100 ml，並以苯硫酸法測定其含量。
- (3)澱粉含量之測定：將抽取可溶性多糖所餘之沈澱物加入鹽酸轉化2.5小時後，加入定量至100 ml再稀釋50倍後以苯硫酸法測定其含量。
- (4)水分含量之測定：由甜玉米鮮穗之中段取10克樣品，置於定溫乾燥箱內，以105°C烘乾24小時，或以70°C進行真空乾燥，取出後稱其乾重，並求出水分含量。
- (5)果皮嫩度之測定：利用美國Chatillon公司製造的穿透力計 (Puncture meter) 以2號針在子粒的果皮上施加壓力，以其刺破表皮時之壓力 (單位GMS) 來表示果皮嫩度。
- (6)果皮含量之測定：取100克之新鮮樣品加200 ml水在果汁機中打碎5分鐘，以30mesh之銅網與白鐵皮所製成之圓盤盛裝，用水沖洗至所流出物為不含玉米汁之澄清液，將濾渣在定溫乾燥箱中以105°C烘乾24小時，即可求出果皮含量。

## 結果與討論

### 一、預冷系統功能試驗

(一)系統之冷水降溫曲線—預冷之速度主要視冷水溫度與甜玉米溫度之差；預冷水流之大小及冷水與產品之接觸面積之多寡而定。一般最適宜之冷水溫度為攝氏零度左右。預冷作業時應使冷水溫度達到攝氏0~1°C時才開始進行，預冷水溫愈高則預冷時間愈長，5°C之冷水較1°C之冷水預冷時間需延長1/3倍。預冷冷水溫度降溫變化之監測利用 T-type熱電偶式感測線配合 ECD SERIRES 3000, 10 CHANNEL MULTIPLEXER及 ECD 3020 THERMOCOUPLE LOGGER等溫度資料記錄器測定，由正常水溫 (約24°C) 至攝氏零度所需時間約52分鐘如圖1。

(二)預冷水流量之大小—本試驗之預冷為噴水淋浴式，冷水藉軸流式水泵抽送至產品上方之配水器經擴散器後將冷水均佈灑在下方預冷室內之甜玉米上，冷水流經甜玉米後匯流至冷水槽再經水泵循環於冷凍機蒸發盤管維持其溫度。一般淋浴式預冷裝置冷水流量以 $7\sim 10\text{l/sec/m}^2$ 之間最適當，可得較佳之降溫效果，本試驗預冷水流量以計量式流量測定計進行測定，其預冷水流流量約為 $9.8\text{l/sec/m}^2$ 。

(三)系統預冷作業能量—本試驗冷卻系統為可連續輸送帶式，適用於需要冷卻的時間較短之產品如綠蘆筍等；由於甜玉米所需之預冷時間較長，不適於使用而採固定分批式進行預冷作業，即產品放置冷卻室之後不再移動，待產品品溫下降達到相當低溫度後再移出。系統之作業能量即測定甜玉米由初期品溫預冷至攝氏 $4^{\circ}\text{C}$ 品溫時，每小時所能處理甜玉米重量，根據六腳鄉農會設置預冷系統之預冷室體積約可擺置 $24\text{公分}\times 43\text{公分}\times 61\text{公分}$ 塑膠籃60個，每箱約可裝20公斤甜玉米估算，由於甜玉米之降溫所需時間約1小時，故每小時可預冷處理1.2公噸以上之甜玉米。

(四)能源利用係數之測定—能源利用係數定義為自農產品中祛除之熱量與設施所消耗之總電量之比值，在農產品預冷方式中，水冷系統之能源利用約為真空預冷之半，真空式者之能源利用係數約在 $2.1\sim 2.8$ ，而本試驗預冷設備在甜玉米重量600公斤，甜玉米之比熱 $0.79\text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$ ，甜玉米冷卻前後之溫差 $24^{\circ}\text{C}$ 及設施所消耗之總電量為 $7.83\text{ Kw-Hr}$ 情況下，利用 $EC=(W\times C\times \Delta T)/Q$ 式計算結果，本系統之能源利用係數達 $EC=1.69$ 。

(五)甜玉米之呼吸熱—利用二氧化碳分析儀測定甜玉米由常溫至預冷品溫各階段二氧化碳量，計算其每日每噸所產生多少仟卡的呼吸熱。既 $Q_{rsp}=m\times(R_1+R_2)\times t\times CF/(2\times 24000)$ 式中 $Q_{rsp}$ =呼吸熱(kcal)， $m$ =產品重量(kg)， $t$ =預冷時間(hr)， $R_1$ =溫度 $T_1$ (產品初溫， $^{\circ}\text{C}$ )時，產品之呼吸率( $\text{Mg-CO}_2/\text{kg-hr}$ )， $R_2$ =溫度 $T_2$ (預冷設定溫度， $^{\circ}\text{C}$ )時，產品之呼吸率( $\text{mg-CO}_2/\text{kg-hr}$ )， $CF$ =轉換因子， $61.2(\text{kcal/kg-day})$ 。不同溫度下甜玉米之呼吸熱變化如表1。

表 1. 甜玉米在不同溫度時之呼吸熱變化<sup>(5,7)</sup>

Table 1. The respiration heat change of sweet corn at different temperatures.

溫度 $^{\circ}\text{C}$ (Temperature)	0	5	10	15	20
呼吸熱 kcal/ton-hr respiration heat	69-119	111-180	258	350-403	620-718

## 二、預冷需求與時機之探討

預冷祇能保鮮維持品質而不能提高甜玉米的品質，好的品質需要適期收穫，即在乳熟期或糊熟期(吐絲起 $16\sim 31$ 天或播種後 $85\sim 90$ 日)，採收後避免大量推積或日光曝曬<sup>(2,4)</sup>，因高溫可促進甜玉米呼吸作用，產生並累積熱能，如表1在 $20^{\circ}\text{C}$ 時之呼吸量約為 $0^{\circ}\text{C}$ 時的八倍；高溫也加速糖分的轉化，如圖二在 $30^{\circ}\text{C}$ 、24小時便使甜玉米失去60%的糖分，而在 $0^{\circ}\text{C}$ 時，同樣24小時則只損失5%糖分，另外高溫也會促進微生物的繁殖，並加快水份的散失，影響甜玉米的品質至鉅，因此甜玉米採收後的溫度管理實為決定甜玉米品質優劣的關鍵，低溫可緩和甜玉米呼吸作用及其他能產生熱之變化。而預冷處理並非單純的將甜玉米放入普通冷藏庫中，讓其慢慢地冷卻到所期望的溫度，而是針對甜玉米的特性，用人為方式在最短的時間內使其迅速冷卻到適當低溫的一種技術。

延遲糖份之損失，抑制貯運期間內微生物的生長，以防止腐敗並抑制玉米內酵素之活性和呼吸作用與其他化學變化。因此甜玉米採收後應儘速送往預冷場處理，以延長其貯運壽命，保持甜玉米的品質與鮮度到消費者手中，通常必需在剛採收後數小時內完成。

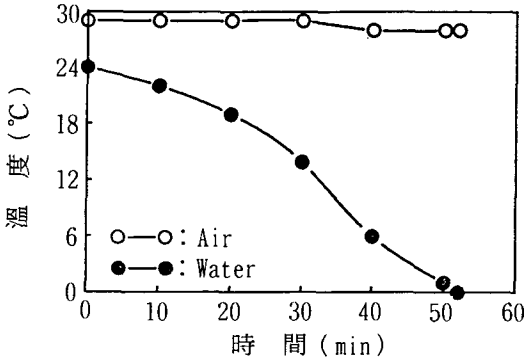


圖 1. 冷水系統之冷水降溫曲線

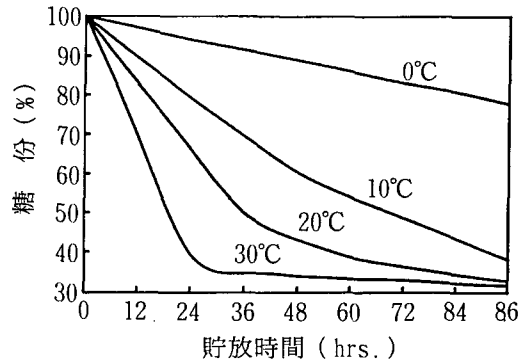


圖 2. 超甜玉米不同溫度、貯藏期間之糖分變化情形<sup>(5)</sup>

### 三、甜玉米預冷前之處理

(一)預冷前之分級處理—甜玉米採收後應按各級標準及規格作適當分級以求品質整齊劃一，也較美觀，提高產品價值。分級作業時，並將甜玉米之穗柄及穗尖尾部去除及除去多餘苞葉，僅留3~4片，以加速預冷的處理效率，如圖三去除苞葉者可較未去苞葉者減少約1/6預冷處理時間。

(二)預冷時之裝籃排列—預冷時，甜玉米果穗的擺置方式及方向直接影響甜玉米預冷時間，根據試驗應採直立排列，穗尾的部份在上方為佳。若果穗柄在上方或果穗橫放排列者所需預冷時間要多1.5~2倍（圖4）。籃子可採用塑膠製者，但以四面及底部皆應可讓水流通為原則，每籃可裝約20公斤，但可多層堆積以增加預冷處理量。

### 四、甜玉米之冷卻期與冷卻曲線

試驗進行時取含苞葉之甜玉米鮮穗，分別在其穗苞表面、子實、穗軸心部連以T-type熱電偶線，定置淋浴裝置下，以溫度記錄器連續測定其溫度與時間之關係。預冷時間視產品溫度的高低而異，一般以半冷期（half cooling time）、或7/8冷期時間（7/8 cooling time）估算<sup>(5,9)</sup>。所謂半冷期即指冷卻裝置在冷卻過程中，將產品和冷卻媒體溫度差縮至原始溫差之半所需時間，例如甜玉米初溫28°C，以1°C冷水為冷媒則甜玉米溫度降低到14.5°C所需時間為其半冷期約20分鐘，而7/8冷期則為將溫差縮至1/8所需的時間，約等於半冷期時間之三倍，約為60分鐘，若要將含苞葉之甜玉米穗軸中心冷卻至4°C，約需62分鐘；而部分苞葉去除者則約需50分鐘（圖3、4）。

### 五、甜玉米預冷處理後之包裝與貯運

甜玉米預冷後維持低溫至消費者手中極重要，預冷後之甜玉米應迅速放入低溫冷藏室進行包裝，以避免回溫影響產品品質，如圖5A經預冷處理至2°C之甜玉米在常溫30°C經78分鐘可使溫度回升至16°C。貯運仍應在低溫狀態進行，長距離輸送應採用低溫冷藏運輸車，短距離通常可在包裝紙箱中直接加適當碎冰，以延續低溫狀態。甜玉米預冷後之包裝、貯運試驗，以模擬目前產銷市況及配合擬改善方式來進行，唯不包括直接採用低溫冷藏運輸車貯運方式。而將其分為一般紙箱+PE塑膠袋（T1）、一般紙箱+PE塑膠袋+4穗膠袋小包裝（T2）、一般紙箱+PE塑膠袋+2穗膠

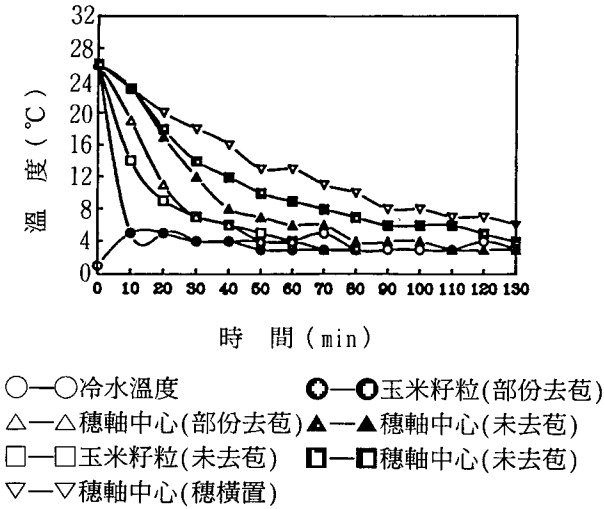


圖 3. 甜玉米之預冷曲線(1)

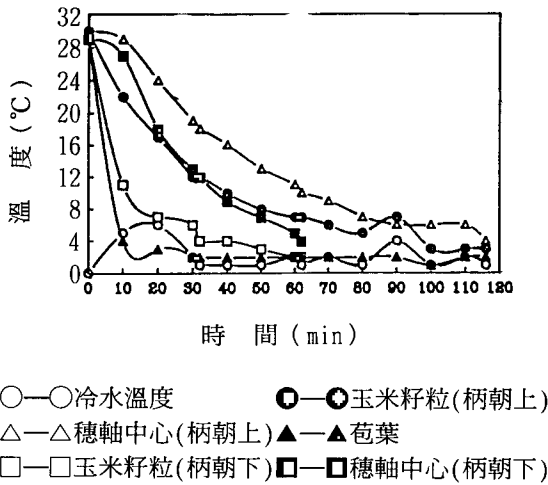


圖 4. 甜玉米之預冷曲線(2)

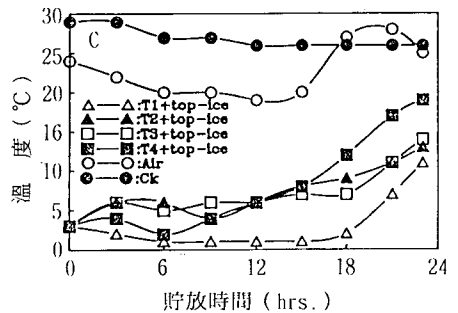
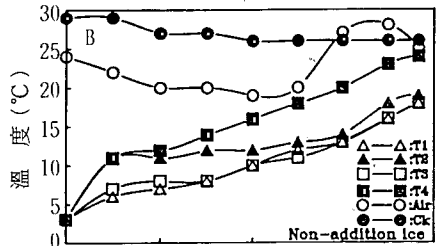
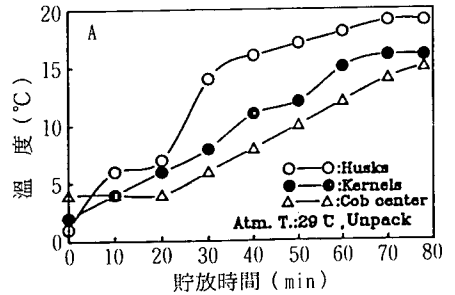


圖 5. 甜玉米預冷後回溫變化情形

袋小包裝 (T3) 及一般紙箱+PE塑膠袋+2種保麗龍淺盤+保鮮膜 (T4) 等四種方式, 每一方式再分為加冰與不加冰兩種處理, 對照採一般紙箱包裝 (未預冷) 者。每箱重量約20公斤, 加冰處理者每箱加冰4公斤。上述包裝方式與貯運期間溫度變化情形如圖5 B、C所示, 未預冷處理者包裝貯運期間溫度大約維持在28°C, 而經預冷處理降溫至3°C者, 依其加冰與否而有不同溫度變化, 未加冰者貯放初期3小時以T4、T2之溫度上升較快, 之後皆呈緩慢上升, 經24小時後T4溫度可達25°C; 加冰處理者其各處理之溫度變化以T1最佳, 初期前15小時不但溫度不上升反而下降至1°C, 唯

經過18小時後，各處理之溫度皆急劇上升，而乃以T4較差。因此為確保甜玉米之貯運保鮮效果，採用加冰貯運應注意縮短運銷時間，若能以低溫冷藏車配合直銷超市方式構成冷藏鏈進行應屬最為理想。包裝之方式以2穗或4穗為單位的小包裝，或以保麗龍淺盤配合保鮮膜或直接以保鮮膜包裝，但其膠膜應打洞，以確保品質。

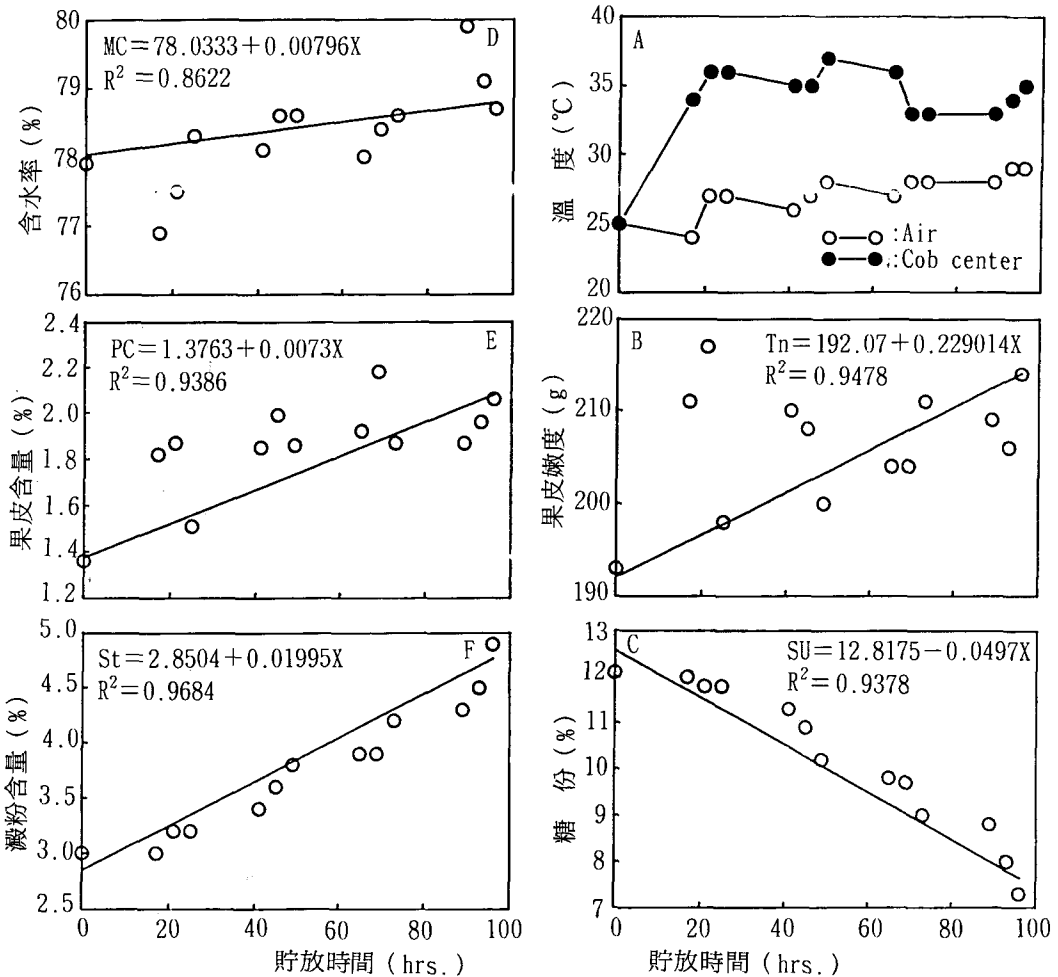


圖 6. 常溫貯藏期間之溫度與品質變化情形

六、甜玉米採收後不同處理方式之果皮嫩度、含水率、果皮含量、糖份及澱粉變化程度等關係之探討。

(一)甜玉米採收後(未預冷處理)儲放期間之品質變化甜玉米採收後為探討其常溫貯放期間之品質，將其與一般方式裝箱儲放於室內，在室溫25°C經24小時後雖室溫僅略為升高，而其品質則由25°C升高至36°C(圖6A)，在經連續96小時試驗中大略維持著這樣的高溫。經連續調查

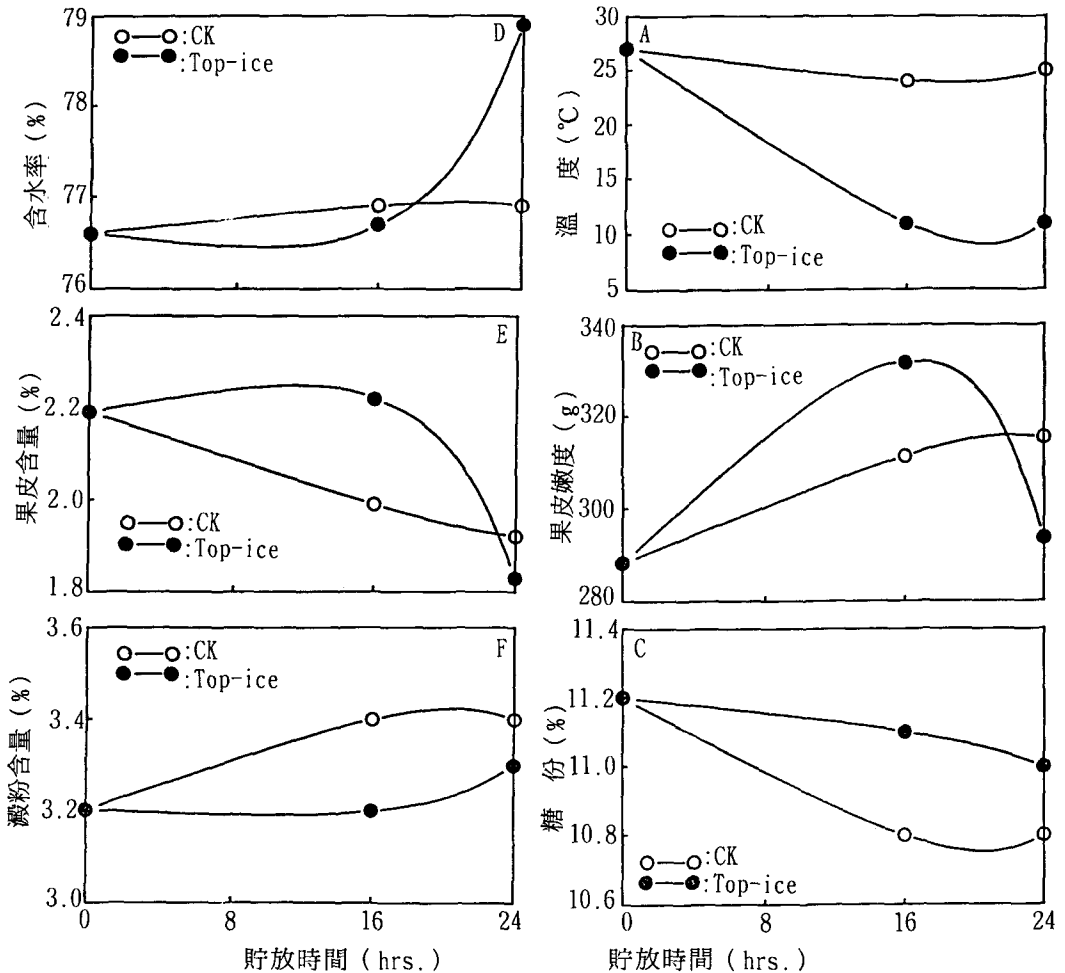


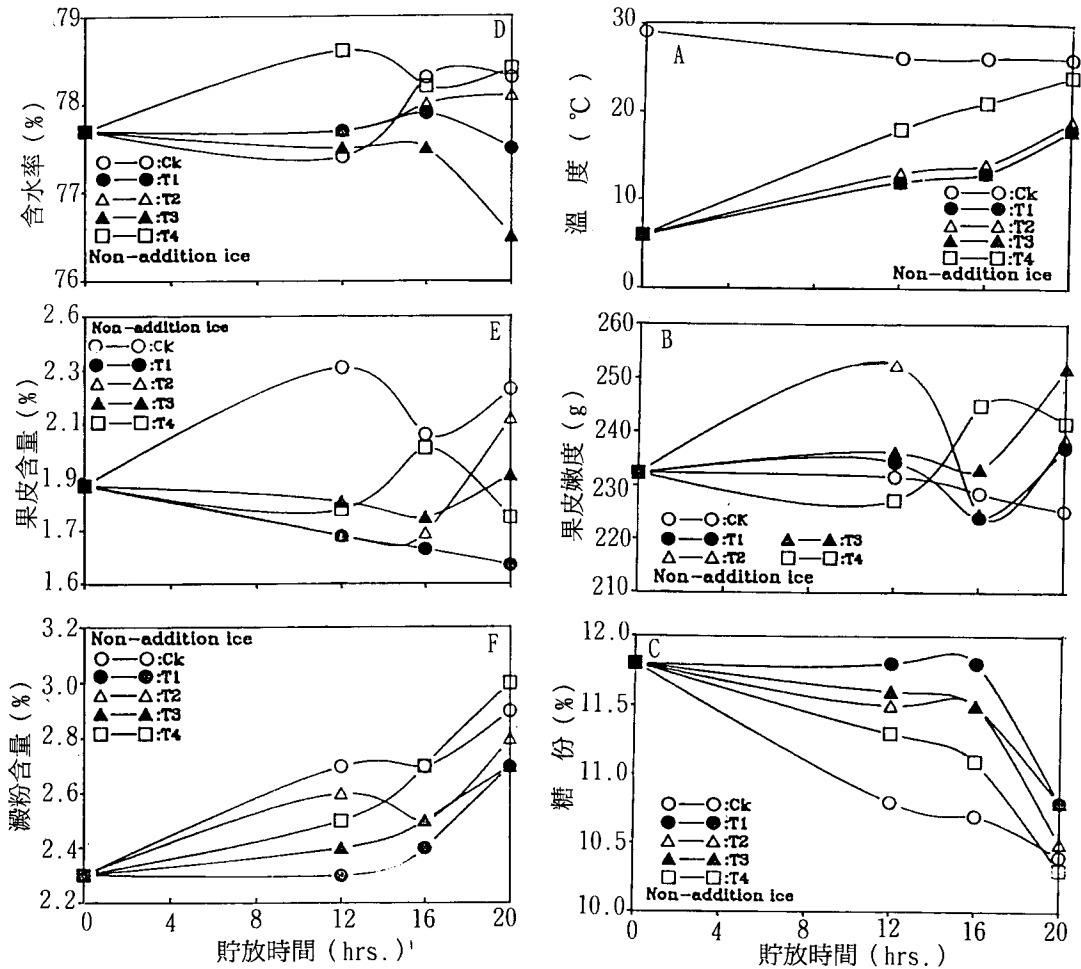
圖 7. 直接加冰方式之溫度與品質變化情形

其品質變化及經分析結果，果皮嫩度 ( $T_n$ ) 與貯放期間 ( $T$ ) 成正相關 (圖6B)，即貯存期延長其果皮嫩度顯著增加，其關係式  $T_n = 192.086 + 0.23T$ ,  $R^2 = 0.9478$ ；而果糖含量 ( $SU$ ) 則成負相關 (圖6C)，即貯存期延長其果糖含量則急速降低，其關係式  $SU = 12.584 - 0.0515T$ ,  $R^2 = 0.959$ ；水分含量 ( $MC$ ) 隨著貯存期的延長而稍增加 (圖6D)，其關係為  $MC = 78.033 + 0.008T$ ,  $R^2 = 0.8522$ ；其果皮含量 ( $PC$ ) 與澱粉含量 ( $St$ ) 也皆隨貯存期的延長而程顯著增加 (圖6 E,F)，其與貯存期之正相關分別為  $PC = 1.3753 + 0.07T$ ,  $R^2 = 0.9384$ ； $St = 2.8504 + 0.02T$ ,  $R^2 = 0.9684$ 。

#### (二) 甜玉米採收後直接加冰降溫方式之品質變化

甜玉米採收後以直接加冰來降溫方式之試驗，乃將甜玉米採收後以一般集貨包裝方式，即以紙箱包裝，每箱約20公斤，直接加冰者除紙箱外另加PE塑膠袋及每箱4公斤碎冰。由圖7A之溫度變化顯示，未加冰者之溫度大略維持27~25°C，加冰者在加冰後十六小時內具有緩慢降溫



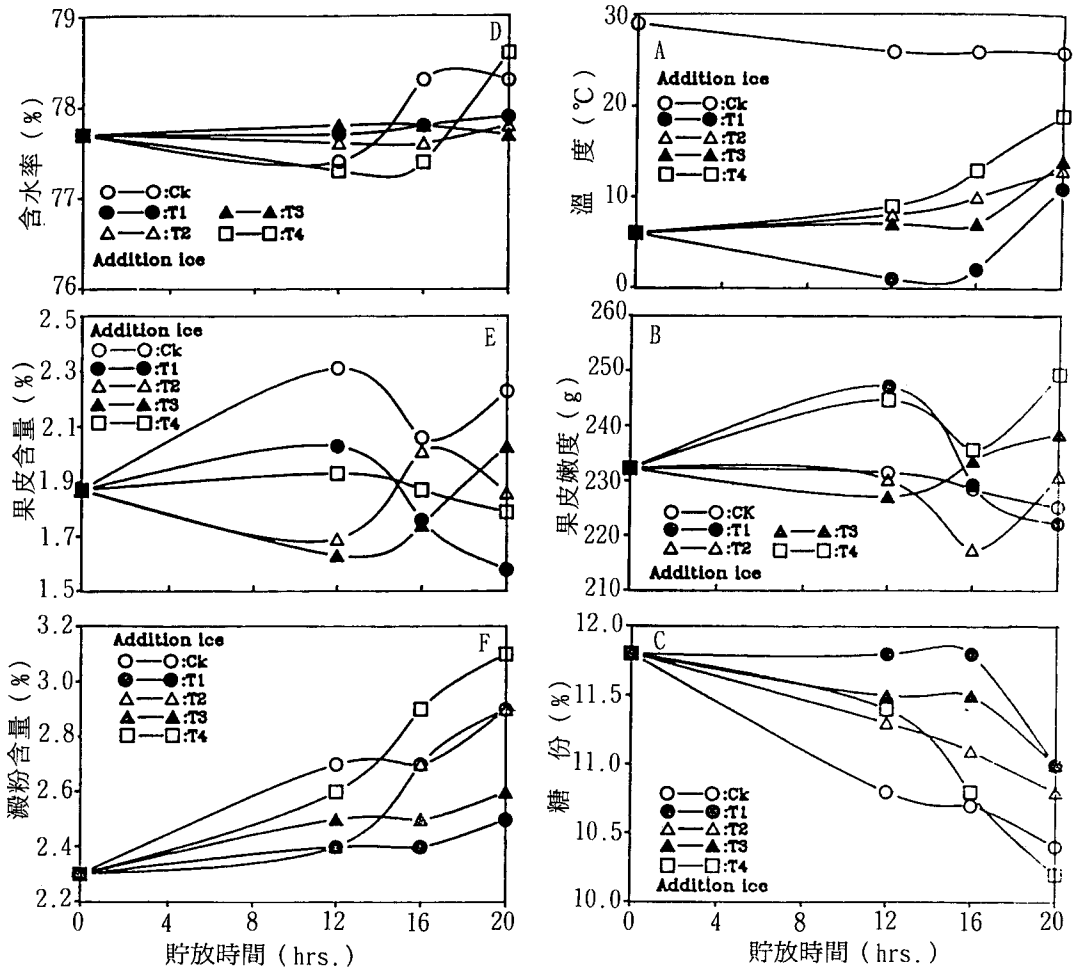


T1: 一般紙箱+PE塑膠袋  
 T2: 一般紙箱+PE塑膠袋+4穗塑膠袋小包裝  
 T3: 一般紙箱+PE塑膠袋+2穗塑膠袋小包裝  
 T4: 一般紙箱+PE塑膠袋+2穗保麗龍淺盤+保鮮膜  
 CK: 一般紙箱包裝, 每箱重量約20公斤(未預冷)。

圖 8. 預冷處理後不同包裝方式、貯放期間之品質變化 (未加冰)

效果, 其溫度由27°C降低至11°C, 其後, 雖碎冰並未溶解, 但溫度已不再下降, 這顯示加碎冰方式除不能對甜玉米產生快速預冷作用外, 其降溫受甜玉米呼吸熱影響也有一定極限。由圖7B之果皮嫩度變化結果未加冰者呈緩慢持續增加趨勢, 但加冰者前十六小時顯著增加, 超過十六小時以後則呈急劇減少, 這或許因加冰者在初期由於溫度下降造成果皮縮緊致破壞張力增大, 後期因降溫平衡、水份吸收劇增等效果使果皮嫩度急劇下降; 由圖7C之糖分變化顯示, 未加冰者在前十六

小時糖分由11.2%降至10.8%，同期間加冰者則無顯著變化，唯十六小時以後未加冰即呈緩慢降低，而加冰者則繼續下降；由圖7D之水分含量變化分析結果，其水份含量以一般方式包裝者在貯放期間並無顯著變化，而加冰者則在前十六小時也無顯著變化，但其後水份顯著增加；由圖7E之果皮含量變化顯示未加冰者呈緩慢下降，而加冰者在前十六小時呈小幅增加，之後即呈急劇下降趨勢；由圖7F之澱粉含量變化顯示，未加冰者前十六小時呈增加趨勢，之後變化趨緩，而加冰者，前十六小時維持不變，之後則呈增加趨勢。



- T1：一般紙箱+PE塑膠袋+冰4公斤
- T2：一般紙箱+PE塑膠袋+4穗塑膠袋小包裝+冰4公斤
- T3：一般紙箱+PE塑膠袋+2穗塑膠袋小包裝+冰4公斤
- T4：一般紙箱+PE塑膠袋+2穗保麗龍淺盤+保鮮膜+冰4公斤
- CK：一般紙箱包裝，每箱重量約20公斤（未預冷）。

圖 9. 預冷處理後不同包裝方式、貯放期間之品質變化（加冰）

### (三)甜玉米預冷處理後不同包裝方式及貯放期間之品質變化

甜玉米預冷後之包裝、貯運試驗，以模擬目前產銷市況配合擬改善方式進行，唯不包括直接採用低溫冷藏運輸車貯運方式。將其分為一般紙箱+PE塑膠袋（T1）、一般紙箱+PE塑膠袋+4穗塑膠袋小包裝（T2）、一般紙箱+PE塑膠袋+2穗塑膠袋小包裝（T3）及一般紙箱+PE塑膠袋+2穗保麗龍淺盤+保鮮膜（T4）等四種方式，每一方式再分為加冰與不加冰兩種處理，對照（CK）採用一般紙箱包裝（未預冷）者，每箱重量約20公斤，加冰處理者每箱加冰4公斤。上述包裝方式與貯運期間因加冰與否之品質變化情形如圖8及圖9所示。由圖8A及圖9A之溫度變化顯示，甜玉米經預冷降溫後之平均溫度為6°C，而對照組則一直維持在28~26°C，在貯放20小時期間，不論加冰與否均以T4方式之升溫較快速，未加冰組最後可達24°C；而以T1之降溫保持效果最佳。由圖8B及圖9B之果皮嫩度變化顯示，甜玉米經預冷處理後未加冰組，其初期12小時除T4趨下降較對照組低外，其餘各處理皆成增加趨勢，尤以T2最顯著，之後則呈相反走勢，最後皆較對照組高；而加冰處理組則T2、T3較對照組低，而T1、T4呈增加趨勢，之後各組變化不一，但最後除T1外皆較對照組為高。由圖8C及圖9C之糖分含量變化顯示，經預冷處理者不論是否再加冰保溫其糖分之變化皆較對照組緩慢，而未加冰者在16小時後皆呈急速下降，尤以T4為甚，加冰者亦同；唯T1組不論加冰與否，其前16小時之糖分含量並未產生變化，之後則迅速下降，這或可由其溫度之變化得到佐證其受溫度影響之大。由圖8D及圖9D之含水率變化顯示，未加冰各組除T4組增加外，其餘各組則無大變化，唯16小時後T3方式則呈急速下降，在加冰組除T4成下降再急劇上升外，其他各組之變化較小，而對照組則成波段式增加。由圖8E及圖9E之果皮含量變化顯示，經預冷處理者各組之果皮含量變化皆較對照組低，而未加冰者在前12小時皆呈減少趨勢，12小時之後T4呈增加再下降，而T2在16小時之後則呈急劇增加；加冰處理者除T1、T4兩組呈增加之後再減少外，其他則呈下降再上升趨勢。由圖8F及圖9F之澱粉含量變化顯示，經預冷處理者不論加冰與否，其澱粉含量上升皆較對照組為緩，而以未加冰組之T1效果較佳。

## 檢討與建議

- 一、根據甜玉米保鮮預冷條件之探討結果，甜玉米採收後迅速採取預冷措施，對其品質之維持效果良好。
- 二、預冷系統性能之優劣直接影響預冷效率，為了提高預冷設備之能源利用及作業效率，宜引進新式高效能之預冷機械設備。
- 三、甜玉米預冷一般最適宜之冷水溫度為攝氏零度左右，冷水流量以每秒每平方公尺10公升為宜，配合直銷處理，預冷前宜將產品分級，預冷時產品之裝籃排列宜將玉米穗直立（穗柄朝下），以提高預冷效率、縮短預冷時間。
- 四、甜玉米預冷所需時間由品溫28°C降至穗軸心部4°C約需50分鐘（去除部份苞葉）或62分鐘（未去除苞葉），故甜玉米之預冷宜採批式處理。預冷處理後之產品應迅速放入低溫冷藏室進行包裝，包裝方式可採20公斤塑膠袋配合紙箱或以2穗或4穗為單位的小包裝配合紙箱方式之子母包裝。
- 五、預冷處理作業是甜玉米採收後品質保持過程中的一環，其他之分級、包裝、儲運及冷藏措施

的配合極重要，宜做整體性之規劃，以構成一完整冷藏運銷鏈，甜玉米經預冷處理後低溫維持，短程運送可以加碎冰方式，而長距離輸送則應採用低溫冷藏運輸車，俾可有效維持甜玉米之品質。

## 引用文獻

- 1.王自存等·1988·園產品預冷技術研習會資料。國立台灣大學、行政院農業委員會。
- 2.朱鈞、廖建青、李國明·1979·甜玉米在台灣生產利用與栽培推廣之展望。科學農業27(9-10)：261-270。
- 3.朱鈞、陳文德、李國明·1981·甜玉米鮮果穗產量及糖妙含量比較試驗。台北區農業改良場試驗研究彙報(1)：26-31。
- 4.吳炎融、蔡承良·1985·食用甜玉米及玉米筍栽培技術。行政院農業委員會、台灣省政府農林廳。
- 5.陳貽倫·1984·蔬菜預冷。農業工程學報30(1)：41-53。
- 6.陳貽倫·1987·果蔬水冷及其能源分析。農業工程學報33(3)：11-16。
- 7.郭景儀、蕭介宗·1987·主要果蔬預冷設備之研製和應用(II)—青蔥呼吸熱之測定及應用。農業工程學報33(1)：24-31。
- 8.廖建青、朱鈞、李國明·1979·甜玉米鮮果品質之研究—I.成熟度及貯存溫度對甜玉米糖分之影響。國立台灣大學農學院研究報告19(2)：86-94。
- 9.Perry R. L., and R. M. Perkino. 1968. Hydrocooling sweet-corn. ASAE Paper No. 68-880：p1-p11。
- 10.Salunkhe D. K., and B. B. Desai. 1984. Post-harvest Biotechnolozy of Vagetable. Vol.II：107-116。

# Studies on the Fresh-keeping of Sweet Cron ( I )—Parameter Establishments and Application of Hydrocooling<sup>1</sup>

Cheng J. J.<sup>2</sup>, P. L. Chan<sup>3</sup>, T. I. Lu<sup>2</sup>, and C. T. Tseng<sup>3</sup>

## Summary

In order to maintain the quality of sweet corn, precooling after harvesting as soon as possible is necessary. Where hydrocooling is one of the most effective methods. The optimal temperature of water for the hydrocooling is about 0°C and proper flow rate at 10 l/sec/m. Arrangement of the silk-end of corn ears upward increased hydrocooling efficiency, and decreased hydrocooling time, respectively. According to the experiment, it took about 62 minutes to cool down the temperature from 28°C to 4°C at the center of corn cobs with 0°C of ice water. Therefore, sweet corn ears are kept separately a lot in the hydrocooling chamber which may speed up the precooling process. Grading before precooling is necessary. Corn ears should be kept in a cold storage immediately after precooling and packed in that condition. Various kind of packings such as 20KG/bag, 2 ears or 4 ears/pack are all feasible depending upon the consumer delights. Corn ears after precooling should be kept in cool condition either in ice-boxes or in cold containers during the distributing process.

Accepted for publication : February 11, 1991.

- 
1. Contribution No. 188 from Tainan District Agricultural Improvement Station.
  2. Assistant Agricultural Mechanist, and Assistant, respectively, Tainan DAIS, 350, Section 1, Linsen Road, Tainan 70125. Taiwan R. O. C.
  3. Junior Specialist, Assosiate Agronomist and Head of Potzu Branch Station, Tainan DAIS, respectively. Potzu, 61314, Chiayi, Taiwan, R. O. C.