

## 營養管理對葉菜甘藷產量及抗氧化力之影響<sup>1</sup>

胡正榮<sup>2</sup>、全中和<sup>3</sup>

### 摘要

本研究以施用量化學肥料、全量與半量有機質肥料及僅施用有機質基肥的施肥處理，探討營養管理對兩個葉菜甘藷品種產量之影響，並測定其 80% 甲醇萃取液之 FRAP 抗氧化力及清除 DPPH 自由基能力，同時測定多酚含量變化。結果顯示‘桃園 2 號’及‘臺農 71 號’二品種採用有機質肥料栽培並不減少其產量，且使用半量有機質肥料即可表現和慣行化學肥料栽培相當之產量，而其抗氧化力亦不低於慣行化學肥料栽培。二品種在兩個試驗年度之 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力及多酚含量與施肥處理間的變化趨勢不太一致，可能是受環境氣候等因素的影響。綜合評估兼具產量與抗氧化力的結果，在防雨設施內栽培葉菜甘藷的營養管理以施用半量有機質肥料，可供有機蔬菜生產者參考。葉菜甘藷的抗氧化力屬於採後下降型，建議採收後應儘早食用，以保持較高的抗氧化力。

(關鍵詞：葉菜甘藷、施肥、產量、抗氧化力、多酚)

---

1. 行政院農業委員會花蓮區農業改良場研究報告第 224 號。  
2. 行政院農業委員會花蓮區農業改良場助理研究員。  
3. 行政院農業委員會花蓮區農業改良場副研究員。

## 前 言

葉菜甘藷在臺灣一年四季都可生產，尤其是夏季颱風季節時可補充市場蔬菜的供應量，且富含維生素 A、B<sub>2</sub>、C 及礦物質、蛋白質，膳食纖維可促進人體腸胃蠕動，是健康蔬菜之一，主要的葉菜甘藷品種為‘臺農 71 號’及‘桃園 2 號’（利 2005）。因可進行多次地上部莖葉的收割，適當的栽培管理為維持其再生能力及生產力的重要手段，劉（2006）指出其產量隨氮素施用量增加而增加，但伴隨土壤理化特性嚴重劣化以及莖葉內硝酸鹽高量累積，氮肥每次追肥量以不超過推薦用量 21 kg/ha 氮素為宜，施用有機質肥料的產量並不遜於施用化學肥料處理，可以有機質肥料取代化學肥料作為追肥。

蔬菜的產量、抗氧化力及機能性成分含量會受到施肥營養管理的影響，葡萄牙羽衣甘藍（*Brassica oleracea* L. var. *costata* DC）以未施肥處理的總多酚含量最高，有機栽培者的總多酚含量較慣行化學栽培高（Sousa *et al.*, 2008）。當氮素施用量最高時，羅勒的抗氧化力最低（Nguyen and Niemeyer, 2008）。草莓以最低施肥量栽培，其果實所含之黃酮醇及綠原酸提高（Anttonen *et al.*, 2006）。洋香瓜果實產量隨所施氮肥增加而提高，抗氧化力、類胡蘿蔔素、總多酚及維生素 C 含量在貯藏後降低，但不受所施氮肥處理影響，降低氮肥不影響洋香瓜之品質及產量（Ferrante *et al.*, 2008）。有機栽培的成熟紅甜椒之維生素 C、多酚及類黃酮含量較慣行栽培高，且果實色澤較紅（Perez-Lopez *et al.*, 2007），具有較高的過氧化酶活性及多酚（Del Amor *et al.*, 2008）。採高投入栽培的西瓜產量幾近是低投入栽培的兩倍，且平均果重較高，但是糖度及茄紅素含量較低（Davis *et al.*, 2006）。有機栽培的番茄果實較化學栽培具有較高的維生素 C、類黃酮及多酚含量（Caris-Veyrat *et al.*, 2004）。

在現今重視農產品安全與農業環境資源永續利用的趨勢中，有機栽培已成為重要的實踐農法之一，但國內在有機栽培技術影響蔬菜抗氧化力及機能性成分的研究較少，本研究即以葉菜甘藷為材料，比較在施用有機質肥料與化學肥料的營養管理模式下，其產量、食用部位的抗氧化力及多酚含量的差異，以及採收後冷藏處理的抗氧化力變化，以探討肥料種類及施肥量對產量及抗氧化力之影響，期能建立較適當的營養管理模式，進而改善生產技術及提升蔬菜機能性。

## 材料與方法

### 一、 試驗材料

以葉菜甘藷‘桃園 2 號’及‘臺農 71 號’二品種為參試材料，先進行頂梢扦插繁殖試驗所需種苗，當扦插苗具有 5-6 片葉片時進行定植。試驗植株於防雨溫室設施內栽培，試區小區面積為 3.3 m<sup>2</sup> (1.1 m×3 m)，各小區間另作寬度 25 cm 田畦隔開，以避除不同施肥處理間的影響。每小區採雙行定植，株距 25 cm，行距 30 cm，每行種植 10 株，每小區為 20 株；定植時間分別為 2009 年及 2010 年 3 月下旬。

### 二、 施肥處理與氣象資料

參考作物施肥手冊（謝 2005）葉菜甘藷推薦施肥總量及施肥比例（每公頃 10 公噸堆肥下，氮-磷-鉀=100 公斤-45 公斤-180 公斤，試驗使用堆肥三要素含量為氮-磷-鉀=0.6-0.5-0.3，有機質含量 60%）。施肥處理分為 4 種：採慣行化學肥料（硫酸銨-過磷酸鈣-氯化鉀=476-250-300 公斤/公頃，10 公噸堆肥）、全量有機質肥料（氮-磷-鉀=4-2-6，有機質 70%，2500 公斤/公頃，10 公噸堆肥）、半量有機質肥料（氮-磷-鉀=4-2-6，有機質 70%，1250 公斤/公頃，10 公噸堆肥）及僅施用有機質基肥（氮-磷-鉀=0.6-0.5-0.3，有機質含量 60%，施用量 10 公噸/公頃）。基肥於定植前 1 週施用，追肥用量及時間則依施肥手冊推薦於定植後 1、3、5 個月時施用，並採用條施法。試驗期間之溫度、相對濕度與日射量變化紀錄整理如圖一。

### 三、調查項目

#### (一) 產量

於定植後 2、4、6 個月時進行採收調查，採收部位為頂端 15 cm 長的嫩梢，計算各試驗小區之嫩梢總重量、嫩梢數目及單枝嫩梢重量。

#### (二) 抗氧化力分析

##### 1. 樣品萃取

採收後的新鮮葉菜甘藷樣品，經機械切碎後放置於烘箱內以 40°C、48 小時熱風乾燥處理。乾燥樣品再經磨粉機（佑崎 D3V-10, 臺灣）磨粉後，以封口袋包裝保存於-20°C 冷凍庫內備用。每個樣品秤取 0.06 g，加入 2 ml 80% 甲醇（Aldrich, USA）混合均勻後靜置 10 分鐘，再以 3000 rpm、4°C 離心 10 分鐘，取出上清液 1.6 ml，殘留物再加 1 ml 80% 甲醇混合後靜置 10 分鐘，再以 3000 rpm、4°C 離心 10 分鐘，取出上清液 1 ml，將二次萃取所得的上清液混勻，再加入 80% 甲醇定量至 5 ml，即完成樣品萃取液，並保存在-20°C 冰箱中待分析。

##### 2. 清除 DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 自由基能力測定

參考 Shimada 等 (1992) 之方法經部分修正而成，將樣品萃取液 0.25 ml 與 1.25 ml 之 1 mM DPPH 甲醇溶液混合均勻，置於室溫避光環境下反應 10 分鐘後，以分光光度計 (Metertech SP8001, USA) 量測 517 nm 波長之吸光值 ( $A_{517nm}$ )，並以 0、2000、4000、6000、8000 及 10000  $\mu\text{g/L}$  Trolox (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) 作標準品檢量線。

##### 3. 鐵離子還原抗氧化力 FRAP 測定

參考張 (2008) 之方法經部分修正而成，FRAP 分析試劑包括：300 mM 醋酸緩衝溶液，pH 3.6；10 mM 2,4,6-tripyridyl-s-triazine (TPTZ) (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) 溶於 40 mM HCl (Merck, Germany) 中；20 mM  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)，試劑在實驗前依體積 10:1:1 之比例混合後，置於 37°C 水浴槽中備用。

先在分光光度計的石英管中加入 900  $\mu\text{l}$  FRAP 反應液，再將 30  $\mu\text{l}$  樣品萃取液分別注入管中，混合後置於室溫 4 分鐘，再以分光光度計量測 600 nm 波長之吸光值 ( $A_{600nm}$ )，並以 0、400、800、1200、1600 及 2000  $\mu\text{M}$  維生素 C (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) 作標準品檢量線。

#### (三) 多酚含量測定

參考調整 Rowena 等 (2009) 的方法，取樣品萃取液 0.15 ml 加入 0.15 ml Folin & Ciocalteus's 1N phenol reagent (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA)，混合均勻後靜置 5 分鐘，再加入 1.5 ml 之 10% 碳酸鈉溶液，於室溫避光環境下靜置反應 30 分鐘後，吸取上清液，以分光光度計量測 760 nm 波長之吸光值 ( $A_{760nm}$ )，並以 0、300、600、900、1200 及 1500  $\mu\text{M}$  Gallic acid (Sigma-Aldrich, St. Louis, USA) 作標準品檢量線。

### 四、葉菜甘藷冷藏後抗氧化力之變化

於 2009 年 8 月採收之葉菜甘藷，參考古和柯 (2004) 的方法，取部分新鮮樣品以 PE 塑膠袋（厚度 0.04 mm）包裝後，儲藏於 5°C、相對溼度 95%、黑暗之冷藏庫，在貯藏 7 天後取出，經機械切碎後放置於烘箱內以 40°C、48 小時熱風乾燥處理。乾燥樣品經磨粉後，再進行上述之萃取、抗氧化力及多酚含量分析。

## 五、試驗設計與統計分析

本試驗採用完全隨機試驗設計 (Completely Randomized Design, CRD)，每一種施肥處理為三重複，每一重複為一小區，每重複調查及取樣 20 株植株。試驗數據以 Statistica 6.0 統計軟體進行最小顯著差 (Least significant difference, LSD) 分析，分析各處理間有無顯著差異 ( $\alpha=0.05$ )。

## 結果與討論

### 一、營養管理對葉菜甘藷產量之影響

在 2009 年及 2010 年兩年的試驗結果中，葉菜甘藷‘桃園 2 號’施用全量化學肥料、全量有機質肥料與半量有機質肥料三個處理之小區產量無顯著性差異 (表一)，但降低用肥量到僅施用有機質基肥的產量最低，而施用全量化學肥料處理的產量介於半量有機質肥料與僅施用有機質基肥之間，其產量減少的主要因素為可採收的嫩梢數目較少，全量有機質肥料及半量有機質肥料的嫩梢數目可達 500 枝以上，而全量化學肥料及施用有機質基肥所採收的嫩梢數目都在 500 枝以下，至於不同營養管理下嫩梢重量並無顯著性差異。顯示採用有機質肥料栽培葉菜甘藷‘桃園 2 號’並不減少其產量，仍可維持和慣行化學肥料栽培相當的產量，且可將有機質肥料用量減至半量即可。

‘臺農 71 號’產量表現結果如表二，在 2009 年的結果中，四種營養管理的產量、可採收的嫩梢數目及嫩梢重量並無顯著性差異；而 2010 年的結果是全量化學肥料、全量有機質肥料及半量有機質肥料處理的產量無差異，且均顯著高於僅施用有機質基肥者。僅施用有機質基肥處理產量減少的主要因素為可採收的嫩梢數目較少，而不同營養管理對其嫩梢重量並無顯著性的影響。結果顯示，‘臺農 71 號’以施用半量有機質肥料的營養管理即可達到與全量化學肥料及全量有機質肥料管理相當的產量。

在本研究中，‘桃園 2 號’及‘臺農 71 號’二個葉菜甘藷品種施用有機質肥料的產量與全量化學肥料處理者相當，且施用半量有機質肥料即可達到相當的產量，此與劉 (2006) 的研究結果及建議相似，葉菜甘藷施用有機質肥料的產量並不低於化學肥料處理，可以有機質肥料取代化學肥料栽培，在目前有機質肥料價格較高的情況下，本結果可供未來推薦有機生產者採用更精準的施肥管理，以發揮更大的施肥效益。

### 二、營養管理對葉菜甘藷之抗氧化力及多酚含量的影響

因蔬菜內的抗氧化物質種類眾多，單一物質的含量並不能代表整體之抗氧化力，而單一抗氧化力測定方法亦較不具有整體客觀性及可信度 (王等 2009; 陳等 2010; Proteggente *et al.*, 2002)，因此本試驗採用清除 DPPH 自由基能力及 FRAP 法測定抗氧化力，並將二者的結果互為參照，以提高試驗的準確性。

表一、葉菜甘藷‘桃園 2 號’在不同營養管理下之全期作產量、嫩梢數目及平均嫩梢重量表現

Table 1. Yield, shoot number and average shoot weight of one crop for leafy sweet potato ‘Taoyuan No.2’ under different fertilization.

Year	Treatment <sup>z</sup>	Yield (g/plot)	Shoot number (No./plot)	Shoot weight (g/shoot)
2009	CF	1669.6 <sup>aby</sup>	486.7 <sup>ab</sup>	3.8 <sup>a</sup>
	OF	2000.7 <sup>a</sup>	563.7 <sup>a</sup>	3.6 <sup>a</sup>
	1/2-OF	1859.7 <sup>a</sup>	544.3 <sup>a</sup>	3.5 <sup>a</sup>
	Pre-OF	1647.6 <sup>b</sup>	451.0 <sup>b</sup>	3.4 <sup>a</sup>
2010	CF	2672.7 <sup>ab</sup>	497.0 <sup>a</sup>	5.5 <sup>a</sup>
	OF	2925.0 <sup>a</sup>	515.7 <sup>a</sup>	5.8 <sup>a</sup>
	1/2-OF	2710.3 <sup>ab</sup>	522.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	Pre-OF	2364.7 <sup>b</sup>	457.3 <sup>ab</sup>	5.4 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>: CF: Full-quantity chemical fertilization, OF: Full-quantity organic fertilization, 1/2 OF: Half-quantity organic fertilization, Pre-OF: Pre-planting organic fertilization.

<sup>y</sup>: Means with the same letter within each column indicates no significant difference at 5% level by LSD test.

表二、葉菜甘藷‘臺農 71 號’在不同營養管理下之全期作產量、嫩梢數目及平均嫩梢重量表現

Table 2. Yield, shoot number and average shoot weight of one crop for leafy sweet potato ‘Tainung No.71’ under different fertilization.

Year	Treatment <sup>z</sup>	Yield (g/plot)	Shoot number (No./plot)	Shoot weight (g/shoot)
2009	CF	2506.3 <sup>a</sup>	554.0 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
	OF	2566.7 <sup>a</sup>	572.7 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>
	1/2-OF	2380.3 <sup>a</sup>	536.3 <sup>a</sup>	4.6 <sup>a</sup>
	Pre-OF	2373.0 <sup>a</sup>	520.0 <sup>a</sup>	4.4 <sup>a</sup>
2010	CF	2929.3 <sup>a</sup>	481.7 <sup>a</sup>	6.3 <sup>a</sup>
	OF	3206.0 <sup>a</sup>	509.3 <sup>a</sup>	6.5 <sup>a</sup>
	1/2-OF	3146.3 <sup>a</sup>	490.7 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>
	Pre-OF	2577.7 <sup>b</sup>	449.3 <sup>ab</sup>	5.8 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>: See the Table 1.

<sup>y</sup>: Means with the same letter within each column indicates no significant difference at 5% level by LSD test.

在四種施肥處理下，葉菜甘藷‘桃園 2 號’嫩梢的 FRAP 抗氧化力表現並無顯著性差異（表三），但在清除 DPPH 自由基能力則是僅施用有機質基肥、半量有機質肥料二個處理較高於施用全量化學肥料、全量有機質肥料處理。而多酚含量以僅施用有機質基肥處理最高，且具顯著性差異，此結果與甘藍（陳等 2010）、葡萄牙羽衣甘藍（Sousa *et al.*, 2008）、羅勒（Nguyen and Niemeyer, 2008）及草莓（Anttonen *et al.*, 2006）上的研究相似，減施肥料或是採用有機肥料栽培會提高抗氧化力與抗氧化物質含量。惟本研究中不同施肥處理對葉菜甘藷‘桃園 2 號’的 FRAP 抗氧化力表現並無顯著性影響，而清除 DPPH 自由基能力必需減施到半量有機質肥料或僅施用有機質基肥才有顯著性提高的效果，多酚含量則是減施肥料到僅施用有機質基肥才有較大的差異。

‘臺農 71 號’嫩梢的 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力及多酚含量結果如表四，2009 年的試驗結果以僅施用有機質基肥處理的 FRAP 抗氧化力及多酚含量顯著高於另三種營養管理，而清除 DPPH 自由基能力則是全量化學肥料、半量有機質肥料與僅施用有機質基肥處理顯著高於全量有機質肥料處理，但在 2010 年各施肥處理的 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力及多酚含量卻無顯著性差異。

生產過程中有許多內生及外生性的因子會影響蔬果的抗氧化力，例如：遺傳特性、採收前的環境因子如溫度、日照、水分、養分等、田間栽培管理、採收成熟度及採收時間；採收後的處理技術、貯藏溫度、貯藏時間和後熟處理等，都會造成蔬果的生理及化學成分改變，而影響其抗氧化活性及抗氧化物質

的含量(吳和柯 2008; Dumas *et al.*, 2003; Kalt *et al.*, 2001)。生產季節的氣候對十字花科蔬菜(Aries *et al.*, 2011)及草莓(Diamanti *et al.*, 2009)的抗氧化力皆有影響,造成本研究中兩個年度抗氧化力及多酚含量試驗結果的差異,可能是因為田間栽培及採收前的環境因子如:溫度、相對濕度、日照等(圖一)不同,改變採收時的生理及化學成分,而影響其抗氧化活性及抗氧化物質的含量,或是因環境條件造成肥料礦化分解速率不同,間接導致年度結果差異,且二個品種第二年的抗氧化力與多酚含量均較第一年底。因此如 Zhao 等(2007)在白菜的研究,露天有機栽培的白菜在第一年較慣行栽培者有更高的抗氧化能力,而第二年的試驗結果則顯示有機質肥料並無增加葉菜類蔬菜的抗氧化能力,其建議品種、生育階段及環境因素對蔬菜抗氧化力的影響都需納入栽培考量,及 Stracke 等(2009)分析有機栽培的蘋果抗氧化力較慣行化學栽培高,但年度氣候因子對其抗氧化力變化的影響更大,本次試驗結果亦顯示環境氣候等因素皆對葉菜甘藷抗氧化力有影響,因此營養管理與抗氧化力之關係尚待進一步探討。

表三、葉菜甘藷‘桃園 2 號’在不同營養管理下之平均 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力及多酚含量  
Table 3. Average antioxidant capacity FRAP value, scavenging DPPH free radical ability and total phenolics of leafy sweet potato ‘Taoyuan No.2’ under different fertilization.

Year	Treatment <sup>z</sup>	FRAP (mg Vitamin C /g DW.)	Scavenging DPPH ability (mg Trolox/g DW.)	Total phenolics (mg Gallic acid /g DW.)
2009	CF	52.7 <sup>ay</sup>	55.4 <sup>ab</sup>	25.6 <sup>b</sup>
	OF	53.5 <sup>a</sup>	48.4 <sup>b</sup>	23.7 <sup>b</sup>
	1/2-OF	56.4 <sup>a</sup>	60.9 <sup>a</sup>	29.4 <sup>b</sup>
	Pre-OF	59.9 <sup>a</sup>	61.1 <sup>a</sup>	49.4 <sup>a</sup>
2010	CF	10.9 <sup>a</sup>	6.3 <sup>c</sup>	6.0 <sup>b</sup>
	OF	9.6 <sup>a</sup>	6.5 <sup>c</sup>	6.6 <sup>ab</sup>
	1/2-OF	11.5 <sup>a</sup>	10.2 <sup>b</sup>	6.8 <sup>ab</sup>
	Pre-OF	12.2 <sup>a</sup>	12.3 <sup>a</sup>	8.4 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>: See the Table 1.

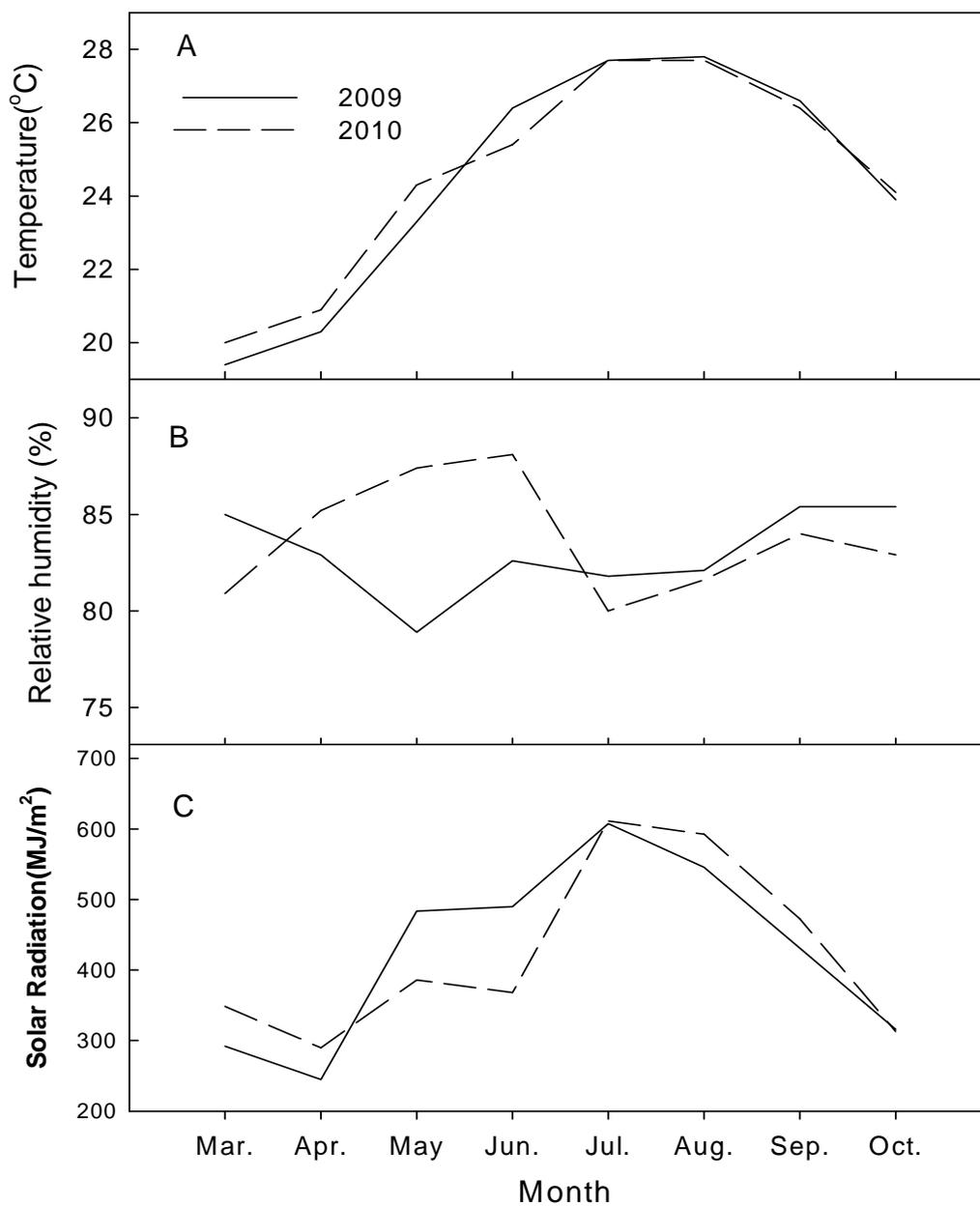
<sup>y</sup>: Means with the same letter within each column indicates no significant difference at 5% level by LSD test.

表四、葉菜甘藷‘臺農 71 號’在不同營養管理下之平均 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力及多酚含量  
Table 4. Average antioxidant capacity FRAP value, scavenging DPPH free radical ability and total phenolics of leafy sweet potato ‘Tainung No.71’ under different fertilization.

Year	Treatment <sup>z</sup>	FRAP (mg Vitamin C /g DW.)	Scavenging DPPH ability (mg Trolox/g DW.)	Total phenolics (mg Gallic acid /g DW.)
2009	CF	49.9 <sup>by</sup>	48.1 <sup>a</sup>	24.3 <sup>b</sup>
	OF	44.7 <sup>b</sup>	40.0 <sup>b</sup>	25.7 <sup>b</sup>
	1/2-OF	52.2 <sup>b</sup>	48.2 <sup>a</sup>	28.4 <sup>ab</sup>
	Pre-OF	63.3 <sup>a</sup>	50.8 <sup>a</sup>	32.3 <sup>a</sup>
2010	CF	9.4 <sup>a</sup>	7.4 <sup>a</sup>	5.7 <sup>a</sup>
	OF	9.2 <sup>a</sup>	7.3 <sup>a</sup>	5.2 <sup>a</sup>
	1/2-OF	9.8 <sup>a</sup>	7.5 <sup>a</sup>	6.6 <sup>a</sup>
	Pre-OF	9.7 <sup>a</sup>	7.8 <sup>a</sup>	6.0 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>: See the Table 1.

<sup>y</sup>: Means with the same letter within each column indicates no significant difference at 5% level by LSD test.



圖一、試驗期間之溫度、相對濕度與日射量變化（2009年3月至10月及2010年3月至10月）

Fig. 1. Fluctuation of (A) temperature, (B) relative humidity, and (C) solar radiation in March to October of 2009 and 2010.

### 三、葉菜甘藷冷藏後抗氧化力之變化

採收後新鮮的葉菜甘藷以 PE 塑膠袋包裝，在 5°C、黑暗的環境中貯藏 7 天後，‘桃園 2 號’的 FRAP 抗氧化力下降，降低程度為貯藏前的 3.9-26.1%，清除 DPPH 自由基能力下降的程度為貯藏前的 34.5-46.2%，而多酚含量亦呈下降趨勢，下降比例為 2.7-23.9%（表五）。至於‘臺農 71 號’也是呈現貯藏後下降的結果，其中 FRAP 抗氧化力降低比例為 3.7-25.9%，清除 DPPH 自由基能力下降的程度為 39.7-52.4%，而多酚含量下降比例達 55.7-72.9%（表六）。雖然二品種葉菜甘藷經不同施肥處理的 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力及多酚含量在採收冷藏之後皆降低，但降低程度不一，亦無明顯一致的變化趨勢，而在經過低溫貯藏後，四種施肥處理間的 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力與多酚含量幾乎相近，因此葉菜甘藷採收後的抗氧化力是否受施肥處理的影響，尚待進一步研究確認。

蔬菜在採收後貯藏的過程中抗氧化力會因種類、貯藏條件或品種不同而變化，葉菜類蔬菜採後總抗氧化能力之變化趨勢可分為採後下降型與採後上升型兩類（王等 2009），本試驗中葉菜甘藷在低溫冷藏 7 日後，二品種的清除 DPPH 自由基能力、FRAP 抗氧化力及多酚含量均比貯藏前低（表五、表六），顯示葉菜甘藷的抗氧化力屬於採後下降型，此和王等人（2009）的研究相符，建議葉菜甘藷採收後應儘早食用，以保持較高的抗氧化力。

表五、不同營養管理下之葉菜甘藷‘桃園 2 號’在採收後冷藏 7 日的 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力及多酚含量變化

Table 5. Change of antioxidant capacity FRAP value, scavenging DPPH free radical ability and total phenolics of leafy sweet potato ‘Taoyuan No.2’ under different fertilization after storage at 5°C for 7 days.

Treatment <sup>z</sup>	FRAP (mg Vitamin C/g DW.)		Scavenging DPPH ability (mg Trolox/g DW.)		Total phenolics (mg Gallic acid/g DW.)	
	Before storage	After storage	Before storage	After storage	Before storage	After storage
CF	33.6 <sup>by</sup>	31.2 <sup>a</sup>	54.2 <sup>b</sup>	35.5 <sup>a</sup>	20.1 <sup>b</sup>	17.8 <sup>a</sup>
OF	28.2 <sup>bc</sup>	27.1 <sup>a</sup>	65.0 <sup>a</sup>	39.2 <sup>a</sup>	18.8 <sup>b</sup>	14.3 <sup>a</sup>
1/2-OF	40.6 <sup>a</sup>	30.0 <sup>a</sup>	70.3 <sup>a</sup>	37.8 <sup>a</sup>	21.3 <sup>a</sup>	19.2 <sup>a</sup>
Pre-OF	40.2 <sup>a</sup>	31.1 <sup>a</sup>	70.9 <sup>a</sup>	38.4 <sup>a</sup>	21.8 <sup>a</sup>	21.2 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>: See the Table 1.

<sup>y</sup>: Means with the same letter within each column indicates no significant difference at 5% level by LSD test.

表六、不同營養管理下之葉菜甘藷‘臺農 71 號’在採收後冷藏 7 日的 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力及多酚含量變化

Table 6. Change of antioxidant capacity FRAP value, scavenging DPPH free radical ability and total phenolics of leafy sweet potato ‘Tainung No.71’ under different fertilization after storage at 5°C for 7 days.

Treatment <sup>z</sup>	FRAP (mg Vitamin C/g DW.)		Scavenging DPPH ability (mg Trolox/g DW.)		Total phenolics (mg Gallic acid/g DW.)	
	Before storage	After storage	Before storage	After storage	Before storage	After storage
CF	18.9 <sup>a</sup>	18.2 <sup>a</sup>	38.6 <sup>b</sup>	20.8 <sup>a</sup>	19.9 <sup>b</sup>	8.8 <sup>a</sup>
OF	15.5 <sup>b</sup>	13.5 <sup>a</sup>	32.7 <sup>c</sup>	19.7 <sup>a</sup>	25.9 <sup>a</sup>	7.0 <sup>a</sup>
1/2-OF	21.9 <sup>a</sup>	19.3 <sup>a</sup>	46.1 <sup>a</sup>	21.9 <sup>a</sup>	26.0 <sup>a</sup>	9.1 <sup>a</sup>
Pre-OF	25.8 <sup>a</sup>	19.1 <sup>a</sup>	47.8 <sup>a</sup>	23.2 <sup>a</sup>	25.9 <sup>a</sup>	11.2 <sup>a</sup>

<sup>z</sup>: See the Table 1.

<sup>y</sup>: Means with the same letter within each column indicates no significant difference at 5% level by LSD test.

## 結 論

本研究以施用全量化學肥料、全量與半量有機質肥料及僅施用有機質基肥的施肥處理，結果顯示‘桃園 2 號’及‘臺農 71 號’二品種葉菜甘藷採用有機質肥料栽培並不減少其產量，且使用半量有機質肥料即可表現和慣行化學肥料栽培相當之產量，在現今有機栽培越來越普遍、但有機質肥料價格較化學肥料貴的情況下，本研究結果可提供有機蔬菜生產者一個較具經濟效益的施肥依據，且在施用半量有機質肥料的營養管理下，葉菜甘藷的抗氧化力亦不低於慣行化學肥料栽培。惟二品種在兩個試驗年度的之 FRAP 抗氧化力、清除 DPPH 自由基能力及多酚含量與施肥處理間的變化趨勢不太一致，顯示影響抗氧化力之因素相當多且複雜，除施肥因子外，環境氣候等皆可能影響其表現，尚待進一步探討。葉菜甘藷的抗氧化力屬於採後下降型，建議採收後應儘早食用，以保持較高的抗氧化力。本研究結果建立葉菜甘藷較適當的有機營養管理模式，在兼具產量與抗氧化力下，防雨設施內栽培葉菜甘藷施以半量有機質肥料的營養管理即可，可供有機生產者採用更具經濟效益的施肥管理方式。

## 致 謝

試驗期間承蒙本場倪禮豐助理研究員在施肥試驗上的建議，及本場呂賢良先生、呂玉珍小姐協助試驗，謹此致謝。

## 參考文獻

- 1.王念慈、王自存、曹幸之 2009 新鮮與老化葉菜類抗氧化力之測定 臺中區農業改良場研究彙報 104: 67-82。
- 2.古明萱、柯碧珍 2004 包裝處理對葉用甘藷採收後品質之影響 作物、環境與生物資訊 1: 55-66。
- 3.利幸貞 2005 葉菜甘藷 臺灣農家要覽(新版) 農作篇(二) 豐年社編印 p.437-440 臺北 臺灣。
- 4.吳喜正、柯立祥 2008 果實成熟度對數種熱帶水果抗氧化能力之影響 臺灣農學會報 9(5): 494-509。
- 5.張芳魁 2008 臺灣常用蔬菜的抗氧化力指標 FRAP 與總多酚含量 國立臺灣大學園藝學系碩士論文 98 pp。
- 6.陳葦玲、蕭政弘、陳榮五 2010 品種、葉球部位、施肥量及冷藏對於甘藍抗氧化力之影響 臺灣園藝 56(2): 93-103。
- 7.劉威廷 2006 葉菜甘藷再生能力與氮素施用的管理措施 國立中興大學農藝學系所博士論文 187 pp。
- 8.謝元德 2005 蔬菜 羅秋雄等編著 作物施肥手冊 p.83-137 行政院農業委員會農糧署 南投 臺灣。
- 9.Anttonen, M. J., K. I. Hoppula, R. Nestby, M. J. Verheul, and R. O. Karjalainen. 2006. Influence of fertilization, mulch color, early forcing, fruit order, planting date, shading, growing environment, and genotype on the contents of selected phenolics in strawberry (*Fragaria × ananassa* Duch.) fruits. *J. Agric. Food Chem.* 54: 2614-2620.
- 10.Aires, A., C. Fernandes, R. Carvalho, R. N. Bennett, M. J. Saavedra, and E. A. S. Rosa. 2011. Seasonal effects on bioactive compounds and antioxidant capacity of six economically important *Brassica* vegetables. *Journal Molecules* 16: 6816-6832.
- 11.Caris-Veyrat, C., M. J. Amiot, V. Tyssandier, D. Grasselly, M. Buret, M. Mikolajczak, J. C. Guillard, C. Bouteloup-Demange, and P. Borel. 2004. Influence of organic versus conventional agricultural practice on the antioxidant microconstituent content of tomatoes and derived purees; consequences on antioxidant plasma status in humans. *J. Agric. Food Chem.* 52(21): 6503-6509.
- 12.Davis, A. R., C. L. Webber III, P. Perkins-Veazie, J. Collins, and V. M. Russo. 2006. Impact of variety and production method on yield and quality of organically grown watermelon. *HortScience* 41: 967-1084.
- 13.Del Amor, F. M., A. Serrano-Martinez, I. Fortea, and E. Nunez-Delicado. 2008. Differential effect of organic cultivation on levels of phenolics, peroxidase and capsidiol in sweet peppers. *J. Sci. Food Agric.* 88: 770-777.
- 14.Diamanti, J., F. Capocasa, B. Mezzetti, S. Tulipani, and M. Battino. 2009. The interaction of plant genotype and temperature conditions at ripening stage affects strawberry nutritional quality. *Acta Horticulturae* 838: 183-186.
- 15.Dumas, Y., M. Dadomo, G. D. Lucca, and P. Grolier. 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J. Sci. Food Agric.* 83: 369-382.
- 16.Ferrante, A., A. Spinardi, T. Maggiore, A. Testoni, and P. M. Gallina. 2008. Effect of nitrogen fertilization levels on melon fruit quality at the harvest time and during storage. *J. Sci. Food Agric.* 88: 707-713.
- 17.Kalt, W., A. Howell, J. C. Forey, and J. E. McDonald. 2001. Horticultural factors affecting antioxidant capacity of blueberries and other small fruit. *HortTechnology* 11: 523-528.
- 18.Nguyen, P. M. and E. D. Niemeyer. 2008. Effects of nitrogen fertilization on the phenolic composition and antioxidant properties of basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Agric. Food Chem.* 56: 8685-8691.
- 19.Perez-Lopez, A. J., F. M. del Amor, A. Serrano-Martinez, M. I. Fortea, and E. Nunez-Delicado. 2007. Influence of agricultural practices on the quality of sweet pepper fruits as affected by the maturity stage. *J. Sci. Food Agric.* 87: 2075-2080.
- 20.Proteggente, A. R., A. S. Pannala, G. Paganga, L. V. Burem, E. Wanger, S. Wiseman, F. V. D. Put, C. Dacombe, and C. A. Rice-Evans. 2002. The antioxidant activity of regularly consumed fruit and vegetables reflects their phenolic and vitamin C composition. *Free Radical Res.* 36: 217-233.
- 21.Rowena, G. O. R., D. F. Cornago, and I. M. Geronimo. 2009. Phenolic content and antioxidant capacity of Philippine sweet potato (*Ipomoea batatas*) varieties. *Food Chem.* 113: 1133-1138.
- 22.Shimada, K., K. Fugikawa, K. Yahara, and T. Nakamura. 1992. Antioxidative properties of xanthan on the autoxidation of soybean oil in cyclodextrin. *J. Agric. Food Chem.* 40: 945-948.

23. Sousa, C., D. M. Pereira, J. A. Pereira, A. Bento, M. A. Rodrigues, S. Dopico-García, P. Valentão, G. Lopes, F. Ferreres, R. M. Seabra, and P. B. Andrade. 2008. Multivariate analysis of tronchuda cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *costata* DC.) phenolics: influence of fertilizers. *J. Agric. Food Chem.* 56: 2231-2239.
24. Stracke, B. A., C. E. Rufer, F. P. Weibel, A. Bub, and B. Watzl. 2009. Three-year comparison of the polyphenol contents and antioxidant capacities in organically and conventionally produced apples (*Malus domestica* Bork. Cultivar 'Golden Delicious'). *J. Agric. Food Chem.* 57: 4598-4605.
25. Zhao, X., I. Takeo, and E. E. Carey. 2007. Antioxidant capacity of leafy vegetables as affected by high tunnel environment, fertilization, and growth stage. *J. Sci. Food Agric.* 87: 2692-2699.