

不同鉀肥處理對設施小果番茄生育及品質之影響¹

戴振洋、林煜恆、曾宥紘²

摘 要

本研究目的在探討不同鉀肥處理對設施小果番茄生育及甜度之影響，試驗採用籃耕介質栽培，鉀肥處理分別為(A)對照組(清水)、(B)硫酸鉀、(C)氯化鉀、(D)商業產品 1 號及(E)商業產品 2 號。結果顯示，本研究不同鉀肥處理對番茄採收期各植株性狀表現上無顯著性差異。總果數及總產量中特級果所佔比以對照組表現最好，但各處理間果實性狀在果高、果徑、果肉厚及單果重等則無顯著性差異，可溶性固形物含量在採收初期及中期則各處理間無差異，採收末期以硫酸鉀處理(B)顯著優於對照處理(A)。採收結束各植體之元素含量，在不同處理間亦無顯著差異。綜合本研究在適當的栽培管理下，以葉面噴布不同鉀肥對設施番茄產量與品質之間無顯著差異，故對於結實期葉面噴施鉀肥之必要性需更進一步確定之。

關鍵字：番茄、設施栽培、鉀肥、果實品質

前 言

小果番茄品質良莠受到品種、氣候環境及栽培管理技術影響極大，而品質與售價高低息息相關，在臺灣消費者首要考量品質因素為果實甜度高低⁽¹²⁾。番茄果實的甜度取決於糖分的累積，果實累積糖分的過程即葉片合成的光合產物通過韌皮部運輸進入果實，此過程受內外諸多因素所調控，目前仍不清楚所有影響糖分累積的調控因素^(24,25)，而從葉片供源運輸到果實庫的運轉糖以蔗糖為主，但多數番茄品種果實中的蔗糖含量卻很低，果實中的糖主要是葡萄糖及果糖^(14,15,18,25)。果實糖累積類型基本上可分為(1)澱粉轉化型、(2)糖直接累積型及(3)中間類型⁽¹²⁾，番茄果實糖累積類型屬中間類型，即在果實發育早中期其光合產物輸入後轉化澱粉形式累積，至果實發育後期澱粉含量下降而含糖量上升^(21,24)。

鉀(K)是植物生長發育所需的必要元素，鉀對於許多參與光合作用和呼吸作用過程的酶是重要活化劑，也是形成澱粉和蛋白質等生化反應所需酶的活化劑⁽¹³⁾。鉀對作物品質的影響可以分為直接和間接作用，直接作用如提高和影響部分營養元素吸收量；間接作用是通過調整同步的營養元素的吸收與分配，會影響相對應的代謝活動，進而改變作物品質⁽¹³⁾。不同肥料種類與番茄甜度有極密切關係，施用氮素容易增加番茄果實酸度，而施用鉀會增加番茄果實甜度，鉀能增強光合作用、

¹臺中區農業改良場研究報告第 1064 號。

²臺中區農業改良場副研究員、助理研究員及助理研究員。

提高糖分轉移至果實、有利果實均勻轉色^(4,5)。番茄缺鉀會導致葉片形成深褐色，老葉葉緣附近會出現壞死區域，嚴重會合併至葉緣周圍的棕色壞死區域⁽⁶⁾。不同鉀源(硫酸鉀、氯化鉀及硝酸鉀)對番茄品質影響不一，硫酸鉀對番茄葉片葉綠素SPAD值、淨光合速率及可溶性固形物等表現最好，在結果期其莖、葉及根部吸收較佳，鉀元素亦會逐漸移轉至果實中⁽⁴⁾。番茄對鉀的吸收在結果期間迅速增加，其中植體所吸收鉀在果實發育過程中，並非單一因數受到肥料所影響，與光照等其他因素均有極顯著交互作用，其中鉀三分之二存在於果實中。番茄果實糖含量在如弱光下增施氮素會降低番茄果實糖含量，而僅靠肥料是無法顯著影響番茄甜度表現^(4,6,10)。番茄果實糖含量由品種的複雜多基因調控其表現，且受環境因素影響至鉅，其環境及栽培管理因素包括光照、溫度、水分、施肥、修剪和病蟲害防治等都足以影響果實糖含量^(3,17,18,21)。因此，如何提高番茄果實的甜度是改善番茄品質的重要環節，也是小果番茄栽培技術的關鍵點。本研究目的在探討目前設施小果番茄為提高果實甜度常用各種鉀肥葉面噴布處理，其對小果番茄在不同生育期生長及果實品質之影響。

材料與方法

一、試驗材料與地點

1. 供試品種：農友種苗公司的商業品種‘玉女’。
2. 栽培方式：籃耕介質栽培。
3. 灌溉機具：臺中區農業改良場(以下簡稱臺中場)研發自動肥灌系統，具有5支文氏管注肥器，可設定灌溉配方、灌溉量及灌溉驅動模式，籃耕微滴管灌溉方式。
4. 試驗地區：於彰化縣大村鄉臺中場內強固型單開頂塑膠布 10 連棟溫室(N24.001456, E120.531684)，長度 40 m，每棟寬度 4.8 m，水槽高度 3.5 m，圓弧屋頂高度 4.85 m，側邊捲收塑膠布和防蟲網，建造於 2012 年，南北走向，中間 8 棟屋頂開設單側電動氣窗，氣窗開口面向東方，全開之垂直開口寬度 1.1-1.2 m。本研究在東側實施，於東西向的田區 8、9 及 10 區實施，每田區有 20 個栽培籃(長 55 cm，寬 45 cm 及高 30 cm)，走道寬 1.1 m。

二、試驗方法

試驗田區設置於臺中場內，於 2020 年 9 月 29 日將番茄幼苗植株定植試驗介質籃內，栽培介質購自市售商業之泥炭介質(pH 值 6.42、EC 值 0.27 dS/m、氮含量 7.8 g/kg、磷含量 2.4 g/kg、鉀含量 2.4 g/kg、鈣含量 10.4 g/kg 及鎂含量 2.2 g/kg)，養液灌溉水量控制為供給養液後，泥炭介質保持濕潤狀態及底部不過量滴水為原則，養液調配參考日本山崎配方⁽¹⁾略修正，每噸水分別添加硝酸鉀 KNO₃ 400 g、硝酸鈣 Ca(NO₃)₂·4H₂O 360 g、磷酸一鉀 KH₂PO₄ 120 g、硫酸鎂(MgSO₄·5H₂O)250 g、鐵(Fe·EDTA) 20-30 g、綜合微量元素 20-30 g。在生育中後期為提升小果番茄甜度，養液濃度調降在山崎配方 1/2。番茄整枝方式採用雙幹直立式整枝，番茄生育期間的栽培管理依慣行方式行之。定植後 1 個月(始花期)進行試驗處理，項目如表一分別為(A)對照組(清水)；(B)硫酸鉀(5.0 g/L)；

Katayama 試藥級)；(C)氯化鉀(4.2 g/L；Daejung 試藥級)；(D)商業 1 號(紅, 3.0 cc/L；商業產品(全氧化鉀 1.8%))及(E)商業 2 號(藍, 3.0 cc/L；商業產品(全氧化鉀 1.8%))，依各處理進行每週葉面噴灑 2 次，以葉面充分濕潤但不滴水為原則，至到採收結束止(處理共計 24 次)。各處理四重複，每重複 16 株，試驗採逢機完全區集設計。

表一、不同鉀肥試驗處理

Table 1. The treatments of potassium foliar application experiment

Treatment	Fertilizer
A	CK
B	Potassium sulfate
C	Potassium chloride
D	Commercial production-RED
E	Commercial production-BLUE

三、調查方法及項目

1. 植株及果實性狀

(1) 植株

於番茄採收末期進行植株番茄植株株高、莖粗(中間部位)、葉長及葉寬(頂端下第四葉)調查，另將番茄植株分別依葉、莖及根部位取樣，進行植體樣品經 70°C 烘箱烘乾後磨粉行各部位之乾物重調查。

(2) 果實

本研究果實調查依臺北農產運銷股份有限公司小番茄的分級標準⁽⁹⁾，調查果實品質，將小區每次採收之番茄果實區分為特級果(Grade A)及優級果(Grade B)，計算各處理之結果數、產量及果實品質比例等。特級果為果形完整且端正、大小均勻、色澤優良、果面光滑、萼片新鮮完整及外觀無瑕疵。優級果為果形完整且端正、色澤良好、果面尚光滑、萼片尚完整及外觀輕微瑕疵。於採收初期、中期及後期，取樣調查其果實性狀，包括果數、果高、果徑、果肉厚度、總可溶性固形物及單果重等項目。

2. 植體營養元素分析

於番茄採收後期進行各處理植體樣品取樣，植體區分根、莖及葉各部位取樣，於每處理逢機取樣 4 株。植體樣品經 70°C 烘箱烘乾後磨粉，以濕灰法(硫酸)分解，測定氮、磷、鉀、鈣及鎂量，其中以微量擴散法測定全氮量⁽¹⁶⁾，利用鉬黃法呈色及分光光度計(於 420 nm 下)比色法測定其全磷量⁽²⁶⁾，利用發光分析儀測定其全鉀量⁽²²⁾，利用原子吸收分析儀測定其鈣及鎂含量⁽²³⁾。微量元素鐵、

錳、鋅及銅等則以 1 N 鹽酸反應⁽²⁸⁾後以原子吸收光譜儀(Hitachi Polarized Zeeman Atomic absorption spectrophotometer Z-5000)分析。

四、統計分析

各小區所得數據資料經變方分析後，若處理差異顯著，則使用最小顯著性差異測驗(least significance difference, LSD)比較處理間差異是否已達到 5%之顯著性。

結果與討論

一、不同鉀肥處理對番茄植株性狀之影響

由不同鉀肥處理處理對番茄植株性狀調查結果顯示(表二)，番茄植株株高、葉長及葉寬(頂端下第四葉)在不同處理間番茄植株性狀差異均不顯著，在莖粗及乾物重(葉、莖及根)表現上，處理間有顯著差異。其中植株株高以 A 處理(對照組)的株高 277 cm 較高，其次依序為 B 處理(硫酸鉀(5.0 g/L))268 cm、E 處理(商業 2 號-藍(3.0 cc/L))268 cm、C 處理(氯化鉀(4.2 g/L))267 cm 及 D 處理(商業 1 號-紅(3.0 cc/L))260 cm。植株莖粗以 A 處理的莖粗 12.1 mm 較高，其次為 C 處理 10.2 mm、B 處理 10.0 mm 及 D 處理 9.8 mm，以上各處理差異不顯著，僅 A 處理與 B 處理 9.3 mm 處理間達顯著性差異。葉長在 44.3-49 cm，葉寬在 34.0-39.3 cm。葉乾物重以 A 處理的 36.3 g/plant 較高，與 C 處理 28.0 g/plant 無顯著性差異外，則與其他處理(E 處理 24.1 g/plant、B 處理 22.3 g/plant 及 D 處理 19.6 g/plant)達顯著性差異。莖乾物重以 A 處理的 41.5 g/plant 較高，與其他處理達顯著性差異，分別依序為 D 處理 29.4 g/plant、C 處理 26.7 g/plant、D 處理 25.9 g/plant 及 B 處理 25.7 g/plant。根乾物重以 A 處理的 5.49 g/plant 較高，與其他處理達顯著性差異，分別依序為 D 處理 4.34 g/plant、C 處理 4.04 g/plant、B 處理 3.94 g/plant 及 E 處理 3.82 g/plant。

作物形態特性與生長特性的改變受到各種因素所影響，許多研究以作物外形觀察居多，透過度量及衡的方法取得觀察數據，藉由分析瞭解試驗處理對作物影響^(3,7)。王等人(2012)指出硫酸鉀及硝酸鉀在施用相同鉀肥量下，不同番茄品種‘天福冠露’和‘毛粉 802’之鮮重、乾物重均無顯著差異⁽²⁾。本研究顯示以鉀肥處理(B、C、D 及 E)對番茄採收期植株性狀在株高、葉長、葉寬、葉乾重、莖乾重及根乾重，各處理亦無顯著性差異，顯示目前就本研究番茄在以葉面噴布鉀肥處理之下，在採收期末其植株性狀表現均無統計上差異。莖直徑上以對照組較粗明顯優於 D 處理(商業 1 號)及 E 處理(商業 2 號)。而對照組(A)則較鉀肥處理(B、C、D 及 E)在葉乾重、莖乾重及根乾重等方面的表現最佳，顯示本研究不同鉀肥對植體乾物重均有所影響，此是否表示過量供給鉀肥造成生長或生理上抑制的影響，仍有待進一步釐清其因素。

表二、不同鉀肥處理對對番茄採收期末期之植株性狀影響

Table 2. The effects of potassium fertilizers on the plant characteristics of tomato at harvest stage

Treatment ¹	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf		Dry weight		
			Length (cm)	Width (cm)	Leaf -----	Stem (g/plant)	Root -----
A	277a ²	12.1a	49.0a	39.3a	36.3a	41.5a	5.49a
B	268a	10.0ab	44.3a	35.3a	22.3b	25.7b	3.94b
C	267a	10.2ab	47.3a	36.0a	28.0ab	26.7b	4.04b
D	260a	9.8ab	47.3a	34.0a	19.6b	25.9b	4.34b
E	268a	9.3b	46.0a	34.7a	24.1b	29.4b	3.82b

¹ Description in Table 1.

² Means with the same letters in a column were not significantly different at $P \leq 5\%$ level by least significance difference.

二、不同鉀肥處理對小果番茄產量及品質之影響

不同鉀肥處理對小果番茄果數及果重之影響結果顯示(表三)，小果番茄特級果(Grade A)之果數以 A 處理(對照組)202 千果/0.1ha，其次依序為 B 處理(硫酸鉀(5.0 g/L))179 千果/0.1ha、C 處理(氯化鉀(4.2 g/L))167 千果/0.1ha、D 處理(商業 1 號-紅(3.0 cc/L))162 千果/0.1ha，而 E 處理(商業 2 號-藍,(3.0 cc/L))156 千果/0.1ha 最少，統計分析上各處理未達顯著性差異。在優級果(Grade B)方面，累積歷次採收至後期結果數，以 C 處理之優級果的結果數 50.6 千果/0.1ha 較高，其次依序為 E 處理、B 處理及 C 處理，分別為 50.2 千果/0.1ha、48.8 千果/0.1ha 及 28.6 千果/0.1ha，而 A 處理 20.5 千果/0.1ha 最少，各處理未達顯著性差異。在總結果數方面，以 B 處理結果數 227 千果/0.1ha 最高，其次依序為 A 處理、C 處理、E 處理及 D 處理，分別依序為 222、217、206 及 191 千果/0.1ha，各處理亦未達顯著性差異。

在試驗期間小果番茄採收累積之特級果、優級果及總結果的果實產量調查結果顯示(表三)，特級果的產量以 A 處理者產量最高，其次依序為 B 處理者、C 處理者、E 處理者及 D 處理者，分別依序為 1,856、1,529、1,490、1,490 及 1,442 kg / 0.1ha，處理間表現未達顯著性差異。在優級果以 E 處理者產量最高，其次依序為 C 處理者、D 處理者、B 處理者及 A 處理者，依序分別為 462、416、363、362 及 163 kg / 0.1ha，各處理未達顯著性差異。在總產量方面，以 A 處理 2,019 kg / 0.1ha 最高，分別依序為 E 處理 1,952 kg / 0.1ha、C 處理 1,906 kg / 0.1ha、B 處理 1,891 kg / 0.1ha 及 D 處理 1,805 kg / 0.1ha，處理間表現未達顯著性差異。

表三、不同鉀肥處理對小果番茄果數及果重之影響

Table 3. The effects of potassium fertilizers on the fruit number and fruit weight of cherry tomato

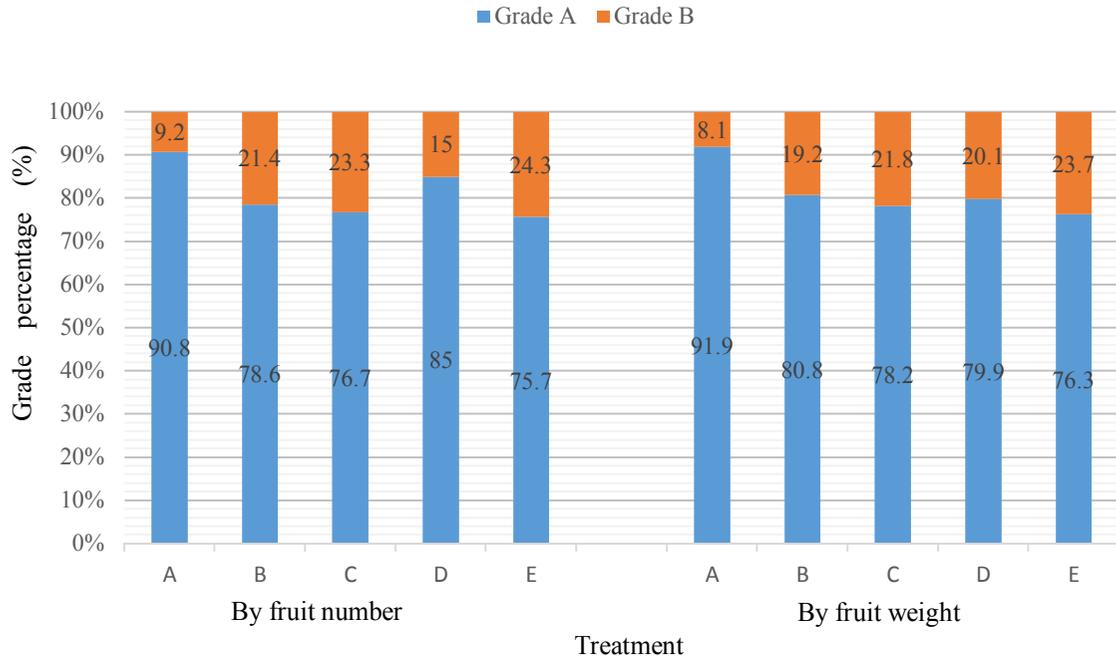
Treatment ¹	No. of fruit (1000*No./ 0.1ha)			Fruit weight (kg / 0.1ha)		
	Grade A	Grade B	Total	Grade A	Grade B	Total
A	202a ²	20.5a	222.5a	1,856a	163a	2,019a
B	179a	48.8a	227.8a	1,529a	362a	1,891a
C	167a	50.6a	217.6a	1,490a	416a	1,906a
D	162a	28.6a	191.6a	1,442a	363a	1,805a
E	156a	50.2a	206.2a	1,490a	462a	1,952a

¹ Description in Table 1.

² Means with the same letters in a column were not significantly different at $P \leq 5\%$ level by least significance difference.

分析總果數及特級果與優級果間的總產量比例。如圖一所示，在總果數中特級果所佔的比例以A處理(對照組(清水))最高，達90.8%，其次為D處理(商業1號-紅(3.0 cc/L))的85.0%，再次之為B處理(硫酸鉀(5.0 g/L))78.6%，C處理(氯化鉀(4.2 g/L))76.7%、E處理(商業2號-藍(3.0 cc/L))佔比例最少者為，僅為61.5%。而總果數中優級果佔比例最高者為E處理，達24.3%，其次分別為C處理的23.3%、B處理的21.4%及D處理的15.0%，佔比例最少者為A處理，僅為9.2%。換言之，以E處理的採收茄果品質較差，特級果佔總果數的比例最低。在總產量中特級果所佔的比例以A處理者最高，達91.9%，其次為B處理的80.8%、再次之為D處理的79.9%及C處理的78.2%，佔比例最少者為E處理，僅為76.3%。而總產量中優級果佔比例最高者為E處理，達23.7%，其次分別為C處理的21.8%、D處理的20.1%及B處理的19.2%，佔比例最少者為A處理者，僅為8.1%。換言之，以E處理者的採收茄果品質較差。

分析各級別之特級果與優級果間的產量及品質比例變化，以瞭解不同鉀肥處理對番茄果實品質的影響。所採收果實中所累積之特級果、優級果及總結果的產量結果顯示(表三)，各處理未有統計上顯著差異，而總果數及總產量中特級果所佔的比例都是以A處理(對照組(清水))最高，番茄品質主要受到品種、栽培環境、栽培型式和果實成熟度等多種因素交互影響^(3,11,12,18,24)。本研究因離地介質栽培，且透過養液充分供應肥分，而以對照組不論是在總果數或總產量中特級果所佔的比例反而更佳，現行農民葉面補充鉀肥提高甜度目的，但此動作在本研究顯示對特級果佔比例卻是呈現下降的趨勢。



圖一、不同鉀肥處理對番茄果品不同等級百分率之影響

Fig. 1. The effects of potassium fertilizers on the fruit grade percentage of tomato

三、不同鉀肥處理對番茄果實性狀之影響

本研究分別於番茄採收初期、中期及後期調查果實性狀，根據番茄採收初期果實性狀調查結果顯示(表四)，在果高、果徑、果肉厚、單果重及可溶性固形物含量在不同處理有顯著性差異，其中番茄果高以A處理(對照組(清水))35.6 mm較高，次之為B處理(硫酸鉀(5.0 g/L))32.6 mm及E處理(商業2號-藍(3.0 cc/L))32.2 mm，三處理間無顯著性差異，但A處理與C處理(氯化鉀(4.2 g/L))31.9 mm及D處理(商業1號-紅(3.0 cc/L))31.6 mm達顯著性差異。果徑以A處理23.2 mm較高，其次依序為E處理22.7 mm、B處理22.3 mm及C處理21.7 mm，以上處理並無顯著性差異，但A處理與D處理21.1 mm已達顯著性差異。果肉厚以A處理2.74 mm較高，次之為B處理2.40 mm，兩處理無顯著性差異，但A處理均與D處理2.28 mm、C處理2.24 mm及E處理2.21 mm有顯著性差異。單果重以A處理13.0 g較高，次之為E處理11.1 g及B處理10.9 g，以上三處理無顯著性差異，但A處理與C處理10.3 g及D處理9.8 g達顯著性差異。可溶性固形物含量表現則各處理無顯著性差異，以C處理9.87° Brix最高，其次依序為D處理9.60° Brix、E處理9.22° Brix、A處理9.13° Brix及B處理8.77° Brix。

番茄採收中期果實性狀調查結果顯示(表四)，在果高、果徑、果肉厚、單果重及可溶性固形物含量在不同處理有顯著性差異，其中番茄果高以A處理36.0 mm較高，其次依序為E處理31.6 mm、

D處理30.7 mm、B處理及C處理均為30.6 mm，但A處理與其他處理(B、C、D及E)有達顯著性差異。果徑以A處理23.1 mm較高，次之為B處理21.9 mm，兩處理無顯著性差異，但A處理、D處理、B處理21.4 mm及C處理21.2 mm達顯著性差異。果肉厚以A處理2.61 mm較高，次之為D處理2.42 mm、E處理2.27 mm及C處理2.25 mm，以上處理達顯著性差異，但A處理與B處理2.19 mm有達顯著性差異。單果重以A處理較高13.2 g，其次依序為B處理9.86 g、E處理9.75 g、D處理9.46 g及C處理9.23 g，但A處理與其他處理(B、C、D及E)有達顯著性差異。可溶性固形物含量表現則各處理並無顯著性差異，以C處理9.38°Brix最高，其次依序為D處理9.31°Brix、B處理8.43°Brix、E處理8.39°Brix及C處理8.38°Brix。

番茄採收後期果實性狀調查結果顯示(表四)，在果高、果徑、果肉厚及單果重在不同處理均無顯著性差異，其中番茄果高27.8-29.6 mm、果徑20.1-21.3 mm、果肉厚1.97-2.24 mm、單果重7.76-8.72 g。可溶性固形物含量表現以B處理9.41°Brix最高，其次依序為D處理8.91°Brix、E處理8.77°Brix及C處理8.68°Brix，以上處理均無顯著性差異，但B處理與A處理8.06°Brix有達顯著性差異。

目前認為施肥仍是提高蔬菜品質重要途徑，而「鉀」是公認的提升品質的無機元素。肥料與番茄甜度有極密切關係，施用氮素容易增加番茄果實酸度，而施用鉀會增加番茄果實甜度，鉀能增強光合作用、提高糖分轉移至果實、有利果實均勻轉色，土壤中鉀含量較高亦可以增加甜度。研究顯示不同鉀源(硫酸鉀、氯化鉀及硝酸鉀)對番茄品質影響不一，硫酸鉀對番茄葉片葉綠素SPAD值、淨光合速率及可溶性固形物等表現最好，在結果期其莖葉及根吸收較佳，鉀元素亦會逐漸移轉至果實中⁽⁴⁾。本研究中單純就葉面補充不同鉀肥處理了解其對番茄品質之影響，其中品質首要考量因素為果實糖分含量多寡。近年來，臺灣設施小果番茄面積不斷增加，在高度競爭下對品質要求更趨嚴格，品質中以糖分含量多寡佔極大比重，凸顯栽培技術的關鍵在於提昇番茄果實的甜度。糖的合成與代謝是在一系列的酶催化下進行的，不同的蔬菜其糖的合成與代謝途徑不同，受各種酶的調控作用也不盡相同。其中有催化蔗糖合成反應的蔗糖磷酸合成酶(sucrose phosphate synthase, SPS)，催化蔗糖分解反應的蔗糖合成酶(sucrose synthetase, SS)、酸性蔗糖轉化酶(acid invertase, AI)及中性蔗糖轉化酶(neutral invertase, NI)。Ho(1996)指出在番茄果實生長發育的後期，蔗糖合成酶的活性很低，而中性蔗糖轉化酶的活性迅速升高，此時以酸性蔗糖轉化酶及中性蔗糖轉化酶的催化分解作用為主，此時前期積累的澱粉和輸入的蔗糖逐步分解為果糖和葡萄糖⁽¹⁹⁾。本研究中各種鉀肥處理在番茄採收初期及中期的果實可溶性固形物含量並無顯著差異，在採收末期可溶性固形物含量僅B處理(硫酸鉀(5.0 g/L))顯著優於A處理(對照組(清水))，因此現行農民以此方式增加甜度值得進一步討論，尤其是廣泛使用的價格昂貴的商業1號(紅)及商業2號(藍)。

表四、不同鉀肥處理對番茄採收初、中及末期果實性狀之影響

Table 4. The effects of potassium fertilizers on the fruit characteristics of tomato at harvest stage

Treatment ¹	Fruit				Total soluble solid (° Brix)
	height (mm)	diameter (mm)	thickness (mm)	weight (g / fruit)	
early harvest stage					
A	35.6a ²	23.2a	2.74 a	13.0a	9.13a
B	32.2ab	22.3ab	2.40 ab	10.9ab	8.77a
C	31.9b	21.7ab	2.24 b	10.3b	9.87a
D	31.6b	21.1b	2.28 b	9.8b	9.60a
E	32.6ab	22.7ab	2.21 b	11.1ab	9.22a
middle harvest stage					
A	36.0a	23.1a	2.61a	13.20a	8.38a
B	30.6b	21.9ab	2.19b	9.86b	8.43a
C	30.6b	21.2b	2.25ab	9.23b	9.38a
D	30.7b	21.4b	2.42ab	9.46b	9.31a
E	31.6b	21.4b	2.27ab	9.75b	8.39a
late harvest stage					
A	28.8a	20.6a	1.97a	8.12a	8.06b
B	27.8a	20.9a	2.15a	7.92a	9.41a
C	29.6a	21.3a	2.24a	8.72a	8.68ab
D	29.1a	21.3a	2.08a	8.52a	8.91ab
E	28.6a	20.1a	2.24a	7.76a	8.77ab

¹Description in Table 1.

²Means with the same letters in a column were not significantly different at $P \leq 5\%$ level by least significance difference.

四、不同鉀肥處理對植株元素含量之影響

以不同鉀肥處理對小果番茄葉片無機元素吸收之影響，結果顯示(表五)，葉片中氮、磷、鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵等元素含量於各處理間差異均不顯著，各處理氮含量於 11.68-2.10%、磷含量於 0.15-0.18%、鈣含量於 2.59-2.94%、鎂含量於 0.91-1.09%、銅含量於 30.0-71.0 ppm、錳含量於 122-183 ppm、鋅含量於 88-105 ppm 及鐵含量於 98-116 ppm。在鉀含量方面，以 B 處理(硫酸鉀(5.0 g/L))最高，達 3.45%，其次為 C 處理(氯化鉀(4.2 g/L))的 3.44%，再次之為 E 處理(商業 2 號-藍(3.0 cc/L))3.43%及 D 處理(商業 1 號-紅(3.0 cc/L))3.16%，但 B、C 及 E 處理與 A 處理(對照組(清水))2.78% 有達顯著性差異。

表五、不同鉀肥處理對番茄採收期葉片無機元素含量之影響

Table 5. The effects of potassium fertilizers on leaf nutrients content of cherry tomato at harvested stage

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	----- (%) -----					----- ppm -----			
A	1.68a ²	0.18a	2.78b	2.94a	1.09a	50.3a	156a	105a	98a
B	2.10a	0.15a	3.45a	2.82a	1.07a	35.3a	122a	96a	116a
C	1.94a	0.16a	3.44a	2.65a	0.96a	30.0a	146a	80a	98a
D	1.73a	0.15a	3.16ab	2.83a	1.06a	71.0a	183a	88a	112a
E	1.90a	0.15a	3.43a	2.59a	0.91a	57.0a	170a	88a	107a

¹ Description in Table 1.

² Means with the same letters in a column were not significantly different at $P \leq 5\%$ level by least significance difference.

在小果番茄莖部無機元素吸收之影響，結果顯示(表六)莖部中氮、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵等元素含量各處理差異均不顯著，各處理氮含量於 0.99-1.28%、鉀含量於 2.04-2.17%、鈣含量於 1.62-1.98%、鎂含量於 0.58-0.74%、銅含量於 10.3-16.3 ppm、錳含量於 37-58 ppm、鋅含量於 34-55 ppm 及鐵含量於 45-54 ppm。在磷含量方面，以 A 處理最高，達 0.21%，其次依序為 C 處理 0.13%、D 處理 0.12%、B 處理 0.12% 及 E 處理均為 0.10%，但 A 處理與其他處理(B、C、E 及 D)有極達顯著性差異。在根部無機養分吸收之影響，結果顯示(表七)根部中氮、磷、鉀、鈣、鎂、銅、錳、鋅及鐵等元素含量各處理差異均不顯著，各處理氮含量於 1.23-1.56%、磷含量於 0.11-0.16%、鉀含量於 1.63-1.99%、鈣含量於 1.66-2.09%、鎂含量於 0.37-0.46%、銅含量於 13.0-17.3 ppm、錳含量於 16.7-25.0 ppm、鋅含量於 28.3-41.0 ppm 及鐵含量於 42.0-57.7 ppm。

鉀離子移動性佳且能快速地通過植體細胞選擇性生物膜，如土壤溶液中的鉀離子濃度增加，作物即能極快地吸收鉀離子。研究指出番茄隨著鉀肥用量的增加，其果實和葉片中的鈣與鎂元素含量都有下降的趨勢，原因可能是增施鉀肥後，與鈣、鎂離子發生拮抗作用，進而抑制鈣與鎂的吸收，或者是促進它們在番茄體內的代謝而消耗^(4,6)。本研究結果不論是葉、莖或根部的鉀、鈣及鎂元素含量各處理間均不顯著，並無因施用鉀肥而使植體(葉、莖或根部)的鈣、鎂元素含量呈現下降趨勢，其原因可能是由於試驗處理為不同鉀肥以葉面噴布方式，相較於土壤不易發生根部吸收鉀離子與鈣、鎂離子的拮抗現象，或因隨著採收次數增加，植體中鉀含量因隨著植株下層果實成熟而陸續被收穫，養分從被收穫與脫落的器官中淋失因素。

葉片分析診斷作物營養狀態為簡便而被廣泛應用，乃因葉片各無機元素濃度適當與平衡，始能獲得有良好產量與品質^(9,12)。依日本所定之番茄葉片要素含量適量基準，葉片氮含量於 2.5-3.5%，磷含量於 0.2-0.4%，鉀含量於 4.0-5.0%，鈣含量於 3.0-5.0%，鎂含量於 0.5-1.0%⁽⁷⁾。本研究結果中葉片氮含量於 1.68-2.10%、葉片磷含量於 0.15-0.18%、鉀含量於 2.78-3.45% 及鈣含量於 2.59-2.94%，較

日本適量基準含量為偏低，僅鎂含量(0.91-1.07%)較符合日本所定之適量基準。如依臺灣所定之番茄葉片要素含量適量基準，葉片氮含量於2.6-4.8%，磷含量於0.3-0.77%，鉀含量於2.3-4.2%，鈣含量於1.52-3.17%，鎂含量於0.32-0.67%⁽⁸⁾。本研究結果中，葉片氮、磷及鉀含量亦低於台灣所定之適量基準，而葉片鎂含量在適量基準，僅鈣含量(2.59-2.94%)高於適量基準。此與本研究結果中顯示，養液肥分似乎不足，推測是否因本研究在生育中後期為提升小果番茄甜度，養液濃度控制在1/2之下，且植體取樣在採收結束期才取樣調查等因素，致使各處理的葉片不同元素含量均偏低現象。

表六、不同鉀肥處理對番茄採收期莖部無機元素含量之影響

Table 6. The effects of potassium fertilizers on stem nutrients content of cherry tomato at harvested stage

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	----- (%) -----					----- ppm -----			
A	0.99a ²	0.21a	2.04a	1.85a	0.58a	14.0a	50a	55a	51a
B	1.04a	0.10b	2.15a	1.98a	0.74a	12.3a	45a	48a	54a
C	1.04a	0.13b	2.07a	1.98a	0.70a	10.3a	58a	34a	49a
D	1.28a	0.12b	2.12a	1.71a	0.68a	15.3a	43a	40a	50a
E	1.22a	0.10b	2.17a	1.62a	0.60a	16.3a	37a	40a	45a

¹Description in Table 1.

²Means with the same letters in a column were not significantly different at $P \leq 1\%$ level by least significance difference.

表七、不同鉀肥處理對番茄採收期根部無機元素含量之影響

Table 7. The effects of potassium fertilizers on root nutrients content of cherry tomato at harvested stage

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Zn	Fe
	----- (%) -----					----- ppm -----			
A	1.39a ²	0.16a	1.99a	2.09a	0.46a	17.3a	25.0a	41.0a	57.7a
B	1.56a	0.13a	1.71a	1.76a	0.42a	13.7a	19.3a	37.0a	50.3a
C	1.23a	0.11a	1.63a	1.66a	0.37a	13.7a	16.7a	28.3a	50.3a
D	1.35a	0.12a	1.73a	1.69a	0.42a	15.0a	18.0a	37.7a	47.0a
E	1.56a	0.13a	1.87a	1.85a	0.41a	13.0a	16.7a	34.3a	42.0a

¹Description in Table 1.

²Means with the same letters in a column were not significantly different at $P \leq 5\%$ level by least significance difference.

誌 謝

本研究承蒙本場蔬菜研究室協助樣品調查及果實品質分析，土壤研究室協助植體及介質分析，謹致謝忱。

參考文獻

1. 山崎肯哉 1982 養液栽培全編 博友社 東京，日本。
2. 王千、張淑香、依艷麗 2012 硝酸鉀和硫酸鉀對番茄幼苗生長、根系形態及鉀素吸收和生理利用效率的影響 核農學報 26(2): 391-395。
3. 李曙軒 1984 茄果類的栽培生理 p.281-345 李曙軒(編)蔬菜栽培生理 上海科學技術出版社 上海。
4. 冒辛平、柯英、朱建寧 2016 不同鉀源對設施番茄生長發育、品質及鉀素吸收的影響 江蘇農業科學 44(12): 186-189。
5. 唐玉霞、孟春香 1996 不同鉀肥品種對番茄產量和品質的影響 土壤肥料(3): 46-47。
6. 秦文利、李春傑 2007 增施鉀肥對日光溫室番茄產量和品質的影響 中國土壤與肥料 (1): 44-47。
7. 高橋英一、吉野実、前田正男 1980 新版原色作物の要素欠乏過剩症 農文協 東京，日本。
8. 張庚鵬、張愛華 1997 蔬菜作物營養障礙診斷圖鑑 p.1-109 農業試驗所特刊第 65 號 台灣省農業試驗所編印。
9. 臺北農產運銷股份有限公司 2020 小番茄分級包裝
<http://www.tapmc.com.taipei/Pages/Market/Packing/G000C6> (2020.10.30 網頁版)
10. 霍建勇、劉靜、馮輝、王玉剛 2005 番茄果實風味品質研究進展 中國蔬菜 2: 34-36。
11. 戴振洋 2009 設施番茄介質耕栽培技術 台中區農業技術專刊 179: 1-14。
12. 戴振洋 2020 探究影響小果番茄果實甜度之因素 農業世界 440: 32-36。
13. Almeselmani, M., R. C. Pant and B. Singh. 2009. Potassium level and physiological response and fruit quality in hydroponically grown tomato. *Int. J. Veg. Sci.* 16(1): 85-99.
14. Beckles, D. M. 2012. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 63: 129-140.
15. Beckles, D. M., N. Hong, L. Stamova and K. Luengwilai. 2012. Biochemical factors contributing to tomato fruit sugar content: a review. *Fruits* 67(1): 49-64.
16. Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-total. p. 595-624. In: *Methods of Soil Analysis* (A. L. Page, H. Miller and D. R. Keeney ed.), Part 2. Academic Press, Inc., New York.

17. Dorais, M., A. P. Padopoulos and A. Gosselin. 2001. Greenhouse tomato fruit quality. *Horticultural Rev.*26: 239-319.
18. Ho, L. C. 1999. The physiological basis for improving tomato fruit quality. *Acta Hort.* 487:33-40.
19. Ho, L. C. 1996. The mechanism of assimilate partitioning and carbohydrate compartmentation in fruit in relation to quality and yield of tomato. *J. Exp. Bot.* 47: 1239-1243.
20. Huett D. and E. B. Dettmann. 1988. Effect of nitrogen on growth, fruit quality and nutrient uptake of tomatoes grown in sand culture. *Aust. J. Exp. Agri.* 28(3): 391-399.
21. Kinet, J. M. and M. M. Peet 1997. Tomato. In : Wien H. C.(ed.)*The Physiology of Vegetable Crops* CAB International, New York, USA, p.207-258.
22. Kundsén D. and G. A. Peterson. 1982. Lithium, sodium, and potassium. p.225-246. In: *Methods of Soil Analysis* (A. L. Page, H. Miller and D. R. Keeney ed.), Part 2. Academic Press, Inc., New York.
23. Lanyon, L. E. and W. R. Heald. 1982. Magnesium, calcium, strontium, and barium. p.247-262. In: A. L. Page, H. Miller, and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis. Part 2.* Academic Press, Inc., New York, USA.
24. Liu, Y.G., H. L. Shen and Z.Q. Shi 2006. The sugar metabolism in tomato developing fruits. *ACTA Agri.* 21(3): 51-56.
25. Mach, J. 2014. Modeling sugar metabolism in tomato fruit. *Plant Cell* 26: 3222–3223.
26. Olsen. S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. p. 403-430. In: *Methods of Soil Analysis.* (A. L. Page, H. Miller and D. R. Keeney ed.), Part 2. Academic Press, Inc., New York.
27. Shehata, S. A., M. M. El-Mogy and H. F. Y. Mohamed. 2019. Postharvest quality and nutrient contents of long sweet pepper enhanced by supplementary potassium foliar application. *Int. J. Veg. Sci.* 25(2): 196-209.
28. Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gomez. 1976. Procedures for routine analysis of zinc, copper, manganese, calcium, magnesium, potassium, and sodium by atomic absorption spectrophotometry and flame photometry. p.27-34. In: Yoshida, S., D. A. Forno, J. H. Cock and K. A. Gomez (eds.). *Laboratory manual for physiological studies of rice.* IRRI. Philippines.

The Effects of Different Potassium Fertilizers on the Growth and Fruit Quality of Cherry Tomato Cultured under Facility¹

Chen-Yang Tai, Yu-Heng Lin and You-Hong Zeng²

ABSTRACT

The purpose of this study was to explore the effects of different potassium fertilizers on the growth and fruit quality of cherry tomato in basket medium cultured under facility. The treatments were included (A) water (CK); (B) potassium sulfate; (C) potassium chloride; (D) commercial product No. 1 and (E) commercial product No. 2. The results showed that different potassium fertilizers treatments had no significant difference in the performance of tomato plant traits at the harvest stage. The control (CK) performed the best in the total fruit number and the proportion of the total yield, but there was no significant difference among the treatments in terms of fruit height, fruit diameter, pulp thickness, single fruit weight, and the content of total soluble solids. The total soluble solids was no difference between the treatments in the early and middle stages of harvesting, however, potassium sulfate treatment (B) at the end of harvesting was significantly better than the control treatment (A). At the end of harvesting, there was no significant difference in the element content of implants among different treatments. In conclusion, under proper cultivation management, there was no significant difference between the yield and quality of tomato with different potassium fertilizers sprayed on leaves. So it is necessary to concern the advantages of spraying potassium in tomato leaf during fruiting stages.

Keywords: tomato, facility, potassium, fruit quality

¹ Contribution No.1064 from Taichung DARES, COA.

² Associate Researcher, Assistant Researcher and Assistant Researcher, Taichung District Agricultural Research and Extension Station, Changhua, Taiwan, ROC.