

椰纖介質容量對設施番茄生育之影響¹

戴振洋、蔡宜峰²

摘 要

本研究目的在探討椰纖介質容量對設施番茄生育、產量及果實品質之影響。試驗採用椰纖介質，容量處理包括(A) 0.6公升，種植1株；(B) 0.8公升，種植1株；(C) 1.5公升，種植1株；(D) 2.0公升，種植1株；(E) 15公升，種植2株(對照組)。試驗結果顯示，番茄單株特級果果數及產量皆以椰纖容量2.0 L/bag/plant及15 L/bag/2 plant顯著較佳。番茄果實性狀包括果高、果徑、單果重及果皮肉厚度以椰纖容量0.6 L/bag/plant較差，其餘容量處理間則無顯著差異。栽培後椰纖及採收期葉片之元素含量，在不同容量處理間無顯著差異。故於適當的栽培管理下，以椰纖容量1.5~2.0 L/bag/plant與15 L/bag/2 plant所生產的設施番茄產量與品質間皆無顯著差異。

關鍵字：番茄、設施栽培、椰纖介質、果實品質、營養元素

前 言

台灣蔬菜生產應用袋植栽培之起始約在1992年，主要因為設施內長期栽培番茄等果菜蔬菜，致使土壤酸化、劣化而發生連作障礙，農民在生產上勢必要解決連作衍生出來的土壤問題，才有自國外引入「介質袋耕」之技術^(6,7,13)。袋植栽培模式為將植株直接種在介質袋上，每袋種植四至六株，經由自動滴灌系統將養液輸送到作物根際⁽¹³⁾。由於介質緩衝能力大，栽培管理較水耕容易，而且收益良好，隨後許多農民將此系統擴展應用到番茄、甜椒、胡瓜等高經濟作物之週年栽培模式^(6,7)。目前在台灣地區，設施栽培農民漸漸採用進口之「介質袋」栽培蔬菜，每年須自國外進口大量的泥炭介質，使用在蔬菜栽培，不僅成本較高，而且耗費外匯。如依設施「介質袋耕」栽培估算，每公頃使用介質量如以70~80 L/包約為4,000包，每包介質市價約為250~300元，則購買介質成本在一佰萬元左右，佔生產成本極高，所以無法每年更換新介質，故農民乃重複使用⁽¹³⁾。惟「介質袋耕」常因高複種且連作，亦產生許多栽培管理上的問題，因此如何減少介質使用量，使生產成本降低，又可每年更新介質，且達到穩定及提升作物產量與品質，實為解決當前設施蔬菜介質耕困境之重要課題^(6,13,18)。椰纖因具有保水、透氣及理化性優良等特性，且椰纖價格較泥炭低，在歐盟已朝減少泥炭開採原則下，未來實為絕佳的泥炭替代品^(4,6,13)。因此，本研究目的在探討以微量椰纖(<2 L/bag/plant)種植設施番茄之效益，評估其生育、產量及果實品質，以供日後推廣應用之參考。

¹ 行政院農業委員會臺中區農業改良場研究報告第0832號。

² 行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、研究員。

材料與方法

一、供試材料

番茄供試材料為‘紅美玲’商業品種，採用128格穴盤育苗，定植番茄苗為28日苗齡。採用椰纖為栽培介質，pH值5.67，電導度(electrical conductivity, EC)為0.42 dS/m，有機質含量為90.1%，磷含量為0.04%，鉀含量0.42%，鈣含量為0.39%，鎂含量為0.14%，鈉含量為0.2%。

二、試驗方法

試驗田區設置於臺中市神岡區金三角蔬果運銷合作社農場內。五種試驗處理如表一，分別為(A)每袋容量0.6公升，種植1株；(B)每袋容量0.8公升，種植1株；(C)每袋容量1.5公升，種植1株；(D)每袋容量2.0公升，種植1株；(E)每袋容量15公升，種植2株(對照組)，以目前慣行方式栽培。田區排列採完全隨機設計，每處理四重複。分別將番茄幼苗依椰纖不同容量處理，定植於各處理栽植袋中以養液滴灌方式供給，養液為修正日本山崎配方^(2,3)。採用單幹整枝方式，生育期間的栽培管理依番茄一般推廣慣行方法⁽¹³⁾。

表一、每一椰纖栽植袋之不同介質容量處理

Table 1. The treatments of coir volume in each bag

Treatment	Coir volume		Plant density (plants/bag)
	(Liter/bag)	(Liter/plant)	
A	0.6	0.6	1
B	0.8	0.8	1
C	1.5	1.5	1
D	2.0	2.0	1
E (CK)	15.0	7.5	2

三、調查方法

本試驗根據蔬菜分級包裝手冊(1987)的分級標準⁽¹⁾，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)，並加以記錄，以求取各處理之產量週期變化、總產量與茄果品質比例的變化等項目。此外，並於採收初期及後期，取樣調查其果實品質，包括果高、果徑、果皮肉厚度、總可溶性固形物及單果重等項目。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達到顯著性。

四、分析項目與方法

於番茄栽培前及栽培後，取椰纖樣品分析每重複2袋，取樣部位為栽植袋底部5公分處介質經70°C烘箱烘乾磨粉後，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⁽¹⁵⁾，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⁽²²⁾，利用發光分析儀測定其全鉀、鈉量⁽²⁰⁾，利用原子吸收分析儀測定其鈣及鎂含量⁽²¹⁾。

結果與討論

一、椰纖容量對番茄產量及品質之影響

以椰纖不同容量栽培對番茄單株果數及果重之影響結果顯示(表二)，單株番茄特級果(Grade A)之果數以E處理(15 L/bag/2 plant) 17果/plant及D處理(2.0 L/bag/plant) 16.1果/plant較高，其次依序為C處理(1.5 L/bag/plant)及B處理(0.8 L/bag/plant)，而A處理(0.6 L/bag/plant) 11.2果/plant最少。在優級果(Grade B)方面，累積歷次採收至後期果數，以A處理之優級果果數2.27果/plant較高，其次依序為B處理、E處理、C處理及D處理。在總結果數方面，以E處理結果數最高，其次依序為D處理、C處理、B處理及A處理，分別依序為18.6、17.4、14.4、14.0及13.5果/plant，處理間除E處理及D處理者未達顯著性差異外，與其他處理間差異顯著。

在試驗期間單株番茄採收累積之特級果、優級果及總結果的果重產量調查結果顯示(表二)，特級果重產量以E處理最高，其次依序為D處理、C處理、B處理及A處理，分別依序為2,121、2,099、1,946、1,921及1,895 g/plant，部分處理間表現達顯著性差異。在優級果以A處理者產量最高，其次依序為B處理者、E處理者、C處理者及D處理者，依序分別為193、176、142、101及99 g/plant，部分處理間表現已達顯著性差異。在總產量方面，亦以E處理2,267 g/plant最高，分別依序為D處理2,197 g/plant、B處理2,097 g/plant、A處理2,089 g/plant及C處理2,047 g/plant，部分處理間表現已達顯著性差異。

表二、椰纖容量對單株番茄果數及果重之影響

Table 2. The effects of coir volume on the fruit number and fruit weight of tomato

Treatment ¹	No. of fruit (no./plant)			Fruit weight (g/plant)		
	Grade A	Grade B	Total	Grade A	Grade B	Total
A	11.2c ²	2.27a	13.5c	1,895b	193a	2,089ab
B	11.9bc	2.10ab	14.0bc	1,921b	176a	2,097ab
C	13.0b	1.43bc	14.4b	1,946b	101a	2,047b
D	16.1a	1.30c	17.4a	2,099a	99a	2,197a
E	17.0a	1.57bc	18.6a	2,121a	142a	2,267a

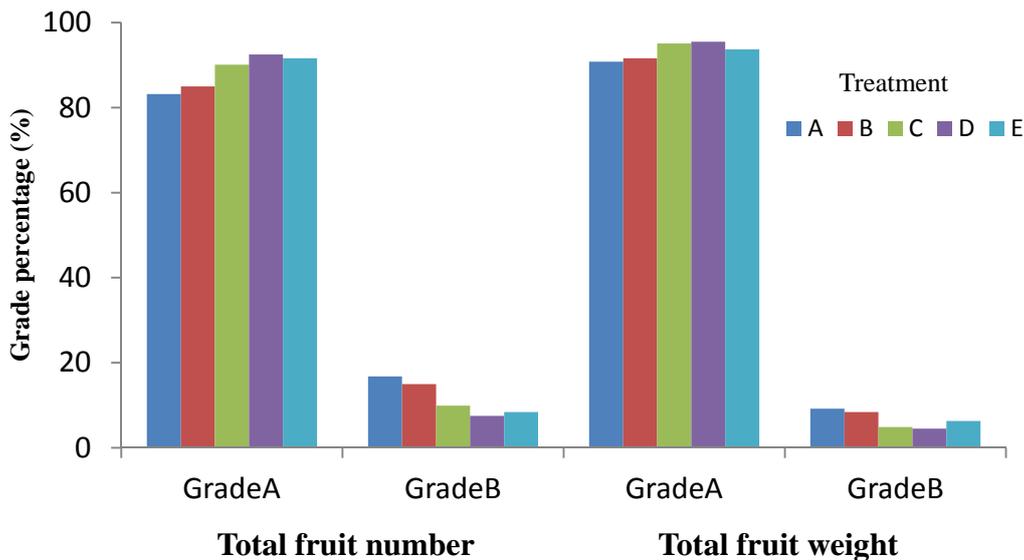
¹Description in Table 1.

²Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

為進一步了解介質容量處理對番茄果實品質的影響，乃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D處理(2.0 L/bag/plant)最高，達92.5%，其次為E處理(15 L/bag/2 plant)的91.6%，再次之為C處理(1.5 L/bag/plant)的90.1%、B處理(0.8 L/bag/plant)的85%，佔比例最少者為A處理(0.6 L/bag/plant)，僅為83.2%。而總果數中優級果佔比例最高者為A處理，達16.8%，其次分別為B處理的15%、C處理的9.9%、E處理的8.4%，佔比例最少者為D處理，僅為7.5%。換言之，以A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D處理者最高，達95.5%，其次為C處理的95.1%，再次之為E處理的93.7%、B處理的91.6%、佔比例最少者為A處理，僅為90.8%。

而總產量中優級果佔比例最高者為A處理，達9.2%，其次分別為B處理的8.4%、E處理的6.3%、C處理的4.9%，佔比例最少者為D處理者，僅為4.5%。換言之，以A處理者的採收茄果品質較差。

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(8,14,16,17,19)。因此，除了長期以育種方式改良品質外，短時間內可透過栽培技術或開發新的栽培方式來提高番茄的品質，也為有效提昇番茄品質途徑之一(18,19,23)。臺灣設施蔬菜生產中，利用籃耕栽培或介質耕栽培等生產方式在中部地區日益普遍，惟農民往往重複使用栽培介質，於連作且高複種之下，如操作不慎，易衍生栽培上的問題(6,13)。本試驗結果顯示椰纖容量影響番茄果實品質，椰纖容量在0.8 L/bag/plant (B處理)以下時，總果數或總產量的特級果與優級果比例有下降的趨勢。換言之，當椰纖容量低於0.8 L/bag/plant，其採收茄果的品質較差。如以本試驗之低椰纖量，以降低生產成本，每年更新介質，且配合適當的栽培管理下，椰纖容量1.5~2.0 L/bag/plant與對照組15 L/bag/2 plant處理所生產的設施番茄產量與品質無顯著差異。



圖一、椰纖容量對番茄果品不同等級百分率之影響。

Fig. 1. The effects of coir volume treatments on the fruit quality grade percentage of tomato.

二、椰纖容量處理對番茄果實性狀之影響

本研究分別於番茄採收初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(表三)，果肉厚度在椰纖不同容量處理間差異不顯著，番茄果高、果徑、單果重及可溶性固形物含量在不同容量處理間略有差異，其中番茄果高以E處理(15 L/bag/2 plant)較高，A處理(0.6 L/bag/plant)較差；番茄果徑及單果重以E處理(15 L/bag/2 plant)較高，C處理(1.5

L/bag/plant)較差；番茄果實可溶性固形物含量以C處理(1.5 L/bag/plant)及D處理(2.0 L/bag/plant)較高，E處理(15 L/bag/2 plant)較差。

表三、椰纖容量處理對番茄採收初期果實性狀之影響

Table 3. The effects of coir volume treatments on the fruit characteristics of tomato at early harvest stage

Treatment ¹	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit weight (g/fruit)	Pericarp thickness (mm)	Total soluble solid (°Brix)
A	50.2c	64.3bc	118d	7.0a	4.9b
B	53.4b	67.3b	145b	8.0a	5.0b
C	54.6b	61.7c	134c	7.7a	6.1a
D	52.5bc	66.5b	143bc	7.9a	5.6a
E	61.4a	71.1a	159a	9.3a	4.3c

¹Description in Table 1.

²Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

根據番茄採收後期果實性狀調查結果顯示(表四)，果高、果肉厚在不同介質容量處理間差異不顯著，果徑、單果重及可溶性固形物含量在椰纖不同容量處理間略有差異，番茄果徑及單果重以B、C、D及E處理較高，且彼此間差異不顯著，而以A處理較差；果實可溶性固形物含量以A處理較高，其次分別為B、C及D處理，以E處理較差。綜合上述結果，除番茄果皮肉厚度在不同介質容量處理間無顯著差異，果高、果徑、單果重等果實性狀表現，以A處理(0.6 L/bag/plant)較差，而其他B、C、D及E處理間差異較不明顯。番茄果實可溶性固形物含量則以E處理(15 L/bag/2 plant)顯著較差，而其他A、B、C及D處理間則互有差異。果實是番茄的栽培的標的器官，果實外觀及內容物將影響販售價格及農民收益⁽¹⁶⁾。

表四、椰纖容量處理對番茄採收後期果實大小與果重的影響

Table 4. The effects of coir volume treatments on the fruit characteristics of tomato at late harvest stage

Treatment ¹	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit weight (g/fruit)	Pericarp thickness (mm)	Total soluble solid (°Brix)
A	52.5a	61.6b	133b	7.7a	5.5a
B	54.7a	64.7a	169a	8.0a	5.4ab
C	56.4a	65.5a	179a	7.7a	5.2ab
D	56.5a	66.4a	180a	8.0a	5.2ab
E	57.3a	70.5a	186a	8.0a	4.9b

¹Description in Table 1.

²Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

根域限制栽培是近年來研究在控制植物地上部的生長及發育，以提高果實品質的新技術^(5,12,14)。本試驗結果顯示，當介質量降低，番茄果實明顯提高可溶性固形物含量，此與前人研究番茄根域限制可以提高果實品質的效果相同^(5,14)。另在番茄‘金珠’以不同容積盆栽研究結果，隨著栽培容積的減小，單果重下降，且栽培容積越小，效果愈加明顯⁽¹²⁾。本試驗也有顯

示當椰纖容量降低時，番茄果實的果高、果徑、單果重也隨之減少，尤其在採收初期較採收後期影響更顯著。

三、椰纖容量處理對介質及植株葉片含量之影響

試驗後椰纖介質分析結果顯示(表五)，其中在介質pH值及鈣含量在不同介質容量處理間差異不顯著，其中pH值約在6.62~6.66之間，鈣含量約為1.94~2.38%之間。在介質電導度、氮、磷、鉀及鎂含量在不同介質容量處理間有顯著性差異，其中介質的電導度(EC)及無機元素含量有隨著介質容量減少而有增加的趨勢，顯然當介質量越少，電導度(EC)及無機元素含量有容易累積的情形。其中電導度由0.71 dS/m (E處理；15 L/bag/2 plant)上升至1.07 dS/m (A處理；0.6 L/bag/plant)，氮含量由0.77% (E處理)增加至1.5% (A處理)，磷含量由0.3% (E處理)增加至1.14% (A處理)，鉀含量由0.43% (E處理)增加至1.09% (A處理)，鎂含量由0.38% (E處理)增加至0.58% (A處理)，且部分處理之間已達顯著性差異。

表五、設施番茄椰纖容量栽培試驗後之椰纖化學特性

Table 5. The chemical characteristics of mediums after the experiment of tomato under plastic house on the treatments of different medium volumes

Treatment ¹	pH	EC (1:10) (dS/m)	N	P	K	Ca	Mg
A	6.64a	1.07a	1.50a	1.14a	1.09a	1.94a	0.58a
B	6.63a	1.31a	1.38ab	0.83ab	1.04a	2.27a	0.52a
C	6.62a	0.63b	1.11b	0.44b	0.64ab	2.18a	0.45ab
D	6.66a	0.72b	1.09b	0.48b	0.61b	2.38a	0.44ab
E	6.65a	0.71b	0.77c	0.30b	0.43b	2.18a	0.38b

¹ Description in Table 1.

² Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

以介質不同容量處理栽培番茄對葉片無機養分吸收之影響結果顯示(表六)，葉片氮含量介於2.58~2.68%之間，未達顯著性差異。葉片磷含量介於0.50~0.56%之間，處理間差異不顯著。葉片鉀含量介於3.09~3.66%之間處理間差異不顯著。葉片鈣含量介於3.06~3.47%之間，處理間差異不顯著。葉片鎂含量介於0.66~0.72%之間，處理間差異亦不顯著。綜合不同介質量栽培番茄對無機養分吸收結果顯示，不論是氮、磷、鉀、鈣及鎂等無機養分含量，在不同介質量處理間之影響，統計上差異均未達顯著性。

「植物營養診斷」是藉分析植物之組織或器官中養分、酵素活性或代謝產物等來評估植體營養狀況，其中葉片分析較為簡便而被廣泛應用⁽¹¹⁾。以葉片分析診斷作物營養狀態，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，葉片氮含量介於2.5~3.5%之間，磷含量介於0.2~0.4%之間，鉀含量介於4.0~5.0%之間，鈣含量介於3.0~5.0%之間，鎂含量介於0.5~1.0%之間⁽⁹⁾。本試驗結果中葉片磷含量各處理介於0.50~0.56%之間，相較日本所定之要素含量適量基準磷含量為偏高，而鉀含

量介於3.09~3.66%之間較日本適量基準鉀含量為偏低，其餘氮、鈣及鎂等葉片要素含量符合日本所定之適量基準。

參考臺灣所定之番茄葉片要素含量適量基準，葉片氮含量介於2.6~4.8%之間，磷含量介於0.3~0.77%之間，鉀含量介於2.3~4.2%之間，鈣含量介於1.52~3.17%之間，鎂含量介於0.32~0.67%之間⁽¹⁰⁾。本試驗結果中，葉片氮含量(2.58~2.68%)、磷含量(0.50~0.56%)及鉀含量(3.09~3.66%)符合臺灣所定之適量基準。但葉片鈣含量中除B處理(0.8 L/株)及D處理(2 L/株)在適量基準外，其餘處理皆高於適量基準。鎂含量除B處理(0.8 L/袋)在適量基準外，其餘處理皆高於適量基準。養液介質耕即是利用調配養分技術實現調控根層養分濃度及控制養分吸收的策略，藉由調控根際過程可以改善根系生長，增強養分的吸收，達到對植物生長發育之影響^(3,5,23)。在本試驗結果中顯示，當椰纖容量於0.8~2.0 L/bag/plant之間，在提供適當的養液下，其容量多寡並不會影響番茄葉片各要素含量。

表六、椰纖容量處理對番茄採收期葉片中氮、磷、鉀、鈣及鎂含量之影響

Table 6. The effects of coir volume treatments on the N, P, K, Ca and Mg contents in leaf at tomato harvested stage

Treatment ¹	N	P	K	Ca	Mg
	----- (%) -----				
A	2.68a ²	0.55a	3.42a	3.27a	0.72a
B	2.60a	0.51a	3.38a	3.06a	0.67a
C	2.58a	0.50a	3.09a	3.41a	0.69a
D	2.58a	0.56a	3.66a	3.13a	0.66a
E	2.65a	0.56a	3.66a	3.47a	0.72a

¹Description in Table 1.

²Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

參考文獻

1. 臺灣省政府農林廳 1987 蔬菜分級包裝手冊 臺灣省政府印刷廠 p.82-84。
2. 山崎肯哉 1982 養液栽培全編 博友社 東京，日本。
3. 王銀波、吳正宗 1990 栽培液之理論與實際 養液栽培技術講習會專刊 第三輯 p.14-24 鳳山熱帶園藝試驗分所編印。
4. 田吉林、汪寅虎 2000 設施無土栽培基質的研究現狀、存在問題與展望(綜述) 上海農業學報 16 (4): 87-92。
5. 吉田裕一、松野大樹、後藤丹十郎、高田圭太 2010 培養液濃度が根域制限一日射比例給液栽培トマトの生育・収量と果実品質に及ぼす影響 岡山大農センター報告 32: 15-19。
6. 李文汕 1999 蔬菜無土介質容器栽培 蔬菜容器栽培技術開發研討會專輯 p.1-17 國立中興大學編印。

7. 李文汕 2001 臺灣蔬菜設施栽培之現況與發展 國際果蔬產業技術論壇論文專輯 福建省廈門市。
8. 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。
9. 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。
10. 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 臺灣省農業試驗所編印。
11. 張禮忠、毛知耘譯 1992 利用植物測試診斷礦物元素缺乏症 p.63-76 植物無機營養 農業出版社 北京,中國。
12. 樊懷福、杜長霞、朱祝軍 2012 不同容積盆栽對櫻桃番茄果實品質和葉片氮代謝影響 中國農學通報 28(16): 150-154。
13. 戴振洋 2009 設施番茄介質耕栽培技術 臺中區農業技術專刊 179: 1-14。
14. Bar-Tal, A. and E. Pressman. 1996. Root restriction and potassium and calcium solution concentrations affect dry-matter production, cation uptake, and blossom-end rot in greenhouse tomato. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 121(4): 649-655.
15. 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.
16. Dorais, M., A. P. Padopoulos, and A. Gosselin. 2001. Greenhouse tomato fruit quality. Horticultural Rev. 26: 239-319.
17. Ho, L. C. 1999. The physiological basis for improving tomato fruit quality. Acta Hort. 487: 33-40.
18. Juld, R. 1982. Bag culture Amer. Veg. Grower. 30: 40-42.
19. Kinet, J. M. and M. M. Peet. 1997. Tomato. In: Wien H. C. (ed.) The Physiology of Vegetable Crops CAB International, New York, USA, pp.207-258.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. Shishido, Y., C. J. Yun, T. Yutomu, N. Syama and S. Imada. 1991. Changes in photosynthesis, translocation and distribution of ¹⁴C-assimilates during leaf development and the rate contribution of each to fruit growth in tomato. J. Jap. Soc. Hort. Sci. 59(4): 771-779.

Volume Efforts of Coir Substrate on the Growth and Fruit Quality of Greenhouse Tomato¹

Chen-Yang Tai and Yi-Fong Tsai²

ABSTRACT

The research was aimed to investigate the volume efforts of coir substrate on the yield and fruit quality of greenhouse tomato. Treatments for coir substrate volumes including with 0.6 L/plant, 0.8 L/plant, 1.5 L/plant, 2.0 L/plant, and 15 L/2 plants as control. The results showed that both treatments of 2.0 L/plant and 15 L/2 plant had more high-graded fruits and higherfruit yield. Tomato fruit characteristics such as fruit height, fruit diameter, fruit weight and pericarp thickness were the lowest in 0.6 L/plant treatment, and there was no significant difference among the other treatments. Nutrient composition in coir and leaves after planting tomato during harvest did not differ significantly among substrate volume treatments. Owing to the better fruit yield and quality found in both substrate volume treatments of 1.5 and 2.0 L/plant than 15 L/2 plants treatments, the optimal substrate volume practice with 1.5 - 2.0 L/plant was suggested.

Key words: tomato, greenhouse, coir, fruit quality

¹ Contribution No. 0832 from Taichung DARES, COA.

² Assistant Horticulturist and Researcher, Taichung DARS, Changhua, Taiwan, ROC.