

小果番茄肥液滴灌管理研究¹

謝明憲、劉依昌、許涵鈞、江汶錦、鍾瑞永²

摘 要

謝明憲、許涵鈞、劉依昌、江汶錦、鍾瑞永。2010。小果番茄肥液滴灌管理研究。臺南區農業改良場研究彙報 59：45-53。

本計畫之目的為利用養液滴灌設備，開發設施蔬果自動化肥灌管理，達到節水及提升肥料利用效率，以降低生產管理成本，提升設施番茄果實品質及穩定產量。試驗以番茄為材料，利用設施栽培，進行土壤水分含量、養液施用量及摘除果實（果串）下方老葉處理，評估對果實品質及產量之影響；結果顯示小果番茄臺南 24 號在秋冬作栽培，10% 土壤含水量處理之裂果率顯著低於 30% 者，果實可溶性固形物含量顯著高於 30% 者。10% 土壤含水量處理之用水量僅為 30% 者之一半；摘除果實下方之老葉在果實可溶性固形物含量顯著高於對照組；在 80% 及 100% 施肥量處理之果實可溶性固形物含量顯著高於施肥量為 0 及 20% 者，而且裂果率、酸度及單株產量則顯著低於施肥量為 0 及 20% 者。土壤肥力分析則顯示施肥量 80% 及 100% 處理之有效磷含量與種植前相近，0、20%、40%、80% 及 100% 等施肥量處理之有效鉀含量均顯著低於種植前之未處理者。本研究藉由土壤水分監測及自動給水控制器設備，可以維持穩定的土壤水分含量及肥灌施肥量，達成小果番茄精準化之水分及施肥管理目標，穩定秋冬季小果番茄生產之果實平均可溶性固形物含量達 10.0 °Brix 及降低裂果率。本計畫建立自動化灌溉管理系統可達成降低設施果菜生產風險及管理成本，且具容易操作優點，有助提升蔬菜產業競爭力。

關鍵字：番茄、肥料、滴灌、設施栽培

接受日期：2012 年 5 月 1 日

前 言

果菜栽培技術要求嚴苛且生產風險高，但具較高生產利潤，為求高品質及提升可售率，已普遍運用設施栽培，相較於露天栽培，設施栽培因不受降雨等逆境的影響，有利於周年栽培，特別是熱帶或亞熱帶地區容易降雨區域或季節⁽¹⁾。養液滴灌栽培能有效降低耗水用量及增進肥料利用率，降低作物生產成本，亦有助於解決全球面臨能源與水資源短缺、環境污染及生態系統的不穩定的問題⁽⁴⁾。但設施栽培以灌溉管理系統是影響作物產品的產量及品質

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 394 號。本研究承行政院國家科學委員會科發基金【計畫編號：NSC99-3111-Y-067F-001】計畫補助，特致謝忱。

2. 臺南區農業改良場副研究員、助理研究員、助理研究員、助理研究員、副研究員。

之最要因子，在數種灌溉方式中，目前仍以滴灌（Drip irrigation）最具節水及省肥功效，且對提升作物產量和品質最具增進效果⁽¹⁰⁾。

滴灌技術雖於 1940 年代初期發展於英國，但遲於 1960 年代塑膠製造技術發達之後始廣泛被應用，尤其在美國，以色列及德國最為普遍⁽⁵⁾。溫帶地區荷蘭設施番茄應用肥灌（Fertigation）栽培，平均每年每平方公尺耗水量約 500 ~ 900 公升⁽⁹⁾，每株單日所需水量約在 0.19 ~ 1.03 公升，增加灌溉水量超過蒸散水量的 120%，雖可提升產量，卻會降低可溶性固形物含量⁽¹⁴⁾；但設施栽培灌溉所需水量會因季節變化及作物生長大小而有差異，例如剛種植番茄，每株單日所需水量約 0.05 公升，成株在晴天，每株單日需水量約高達 2.7 公升。一般狀況下每株平均單日需水量則約 1.8 公升⁽¹³⁾。

基於全球穀物生產的氮肥利用效率估計僅約 33%，損失率高達 67%，估計全球每年損失金額高達 159 億美元⁽¹¹⁾，所以作物栽培應提升肥料利用效率，以減少土壤中肥料殘留及降低對環境的衝擊。養液灌溉施肥與傳統施肥方法相比，前者可以適時適量供應養液可以提升肥料利用效率，而且更有助於改進作物產品品質。番茄應用養液灌溉栽培的產量上顯著高於傳統固態肥料條施施肥法⁽⁷⁾。養液灌溉施肥在總施肥量不變下，增加施肥頻度降低每次施肥量，對於產量具顯著提升效果⁽⁶⁾。

灌溉施肥係依據作物的生長階段和土壤診斷結果，將養液定時定量以滴灌或微噴灌的方式，澆灌於植株有效根圈附近土壤，又稱為養液土耕栽培法。不同於水耕栽培法（hydroponics），養液土耕的栽培法，可以根據蔬菜不同生長期的需要，控制灌水的時間和水量，維持作物根際周圍適當土壤水分含量即可，在生長旺盛期可適當增加灌水量，有效的控制水分養分，達到控制作物生長，達到高產量、高品質與控制產期。因此可以避免水分或肥液滲漏，加上結合畦面覆蓋控制蒸發，從而能節約用水。由於在臺灣地區蔬菜設施生產，主要以土耕栽培為主，故亦為本計畫之應用研究之重點。

由於設施的塑膠布及防蟲網阻隔造成，通風率及日照量降低，因此標準整枝管理操作均建議摘除未照到光之下部老葉，以增加通風率及減少養分耗損。另有研究指出摘除老葉雖然減少植株總葉面積，但並不影響果實生長，目前推測可能與降低葉片與果實競爭總光合作用之同化產物有關⁽¹⁾。所以國內外對於設施果菜栽培管理均建議進行摘除未照到光之老葉，以提升設施番茄果實品質及產量。惟國內番茄設施生產者對於摘葉處理恐影響植株生長勢，而不願施行，但當植株漸高及葉數增多之後，導致設施內通風不良，並引發病害蔓延（如番茄細菌性斑點病）等問題。

為建立高品質（高可溶性固形物含量）番茄栽培管理系統，本計畫評估土壤水分含量、養液施用量、摘葉處理對果實品質及產量之影響，以期建立液滴灌管理系統，降低設施番茄生產風險及成本，建立兼顧農業生態環境與農業經濟生產之永續經營方式。

材料與方法

一、不同灌水量對番茄果實品質及產量之影響評估

- (一) 植物材料：黃肉小果番茄「臺南 24 號」品種為材料。
- (二) 試驗處理：穴盤苗定植後至始花期（第一串花之花序內達 50% 小花數綻放）間之土壤含水量均維持在 20%；始花期後進行水分處理試驗，計分為 10%、20%

及 30% 等三種土壤水分含量（以土壤水分含量感測器偵測，型號 Waterscout SM 100, Spectrum Technologies, Inc.），相對應土壤水分張力值分別為 20.2 KPa、14.9 KPa 及 10.1 KPa，採用自動化滴灌灌溉調控水量（以微電腦氣象站管控，型號：WatchDog 2000 Series Mini Stations, Spectrum Technologies, Inc.），以達到各處理的土壤含水量。

- (三) 土壤含水量調查：水分監測之感應器點埋設位置為距離植株 10 公分，植株與監測點位置之二點直線需與畦方向平行，深度為土表下方 15 公分；滴灌管滴水孔位置為距離植株 10 公分，植株與滴灌管滴水孔位置之二點直線需與畦方向垂直。試驗期間分別記錄土壤水分含量變化；不同處理之試驗小區均安裝水分流量計，按日記錄用水量及及灌水時間。
- (四) 果實品質及產量分析：調查不同灌水量之番茄果實品質（裂果率及可溶性固形物含量）及產量。

二、摘葉處理對番茄果實品質及產量影響評估

- (一) 植物材料：黃肉小果番茄「臺南 24 號」品種。
- (二) 試驗處理：以不摘除老葉為對照，當第四串花著果時，摘除現有果串下方位置之老葉為處理。
- (三) 土壤肥力及植體營養分析：栽培地於種植前調查土壤肥力，且分別於第一串花始花期、第三串花始花期、第二串果收穫期、第四串果收穫期及第六串果收穫期，調查土壤肥力及植體葉片（氮、磷、鉀三要素及營養元素）含量。
- (四) 果實品質及產量分析：調查不同處理之番茄果實品質（裂果率及可溶性固形物含量）及產量。

三、不同施肥方式及施肥量對番茄果實品質及產量之影響評估

- (一) 植物材料：黃肉小果番茄「臺南 24 號」品種。
- (二) 試驗處理：傳統施肥處理，追肥以粒狀複合肥料點狀撒施於二植株間，每隔二週追肥一次；養液灌溉處理，肥料用量依照傳統施肥量法的 20%、40%、80% 及 100% 等四種，每週灌肥二次，並以清水灌溉為空白試驗對照。
- (三) 調查土壤肥力：栽培地於種植前一個月及廢耕當日於每一試區鄰近四個角及中心等五個點，採取表土（土表至 25 公分深）之土樣供分析土壤肥力，且灌溉方式均採用滴灌系統自動給水。
- (四) 果實品質及產量分析：調查不同處理之番茄果實品質（裂果率及可溶性固形物含量）及產量。

結果與討論

一、土壤含水量對番茄果實品質及產量之影響

不同土壤含水量處理對果實平均單果重、單株產量、果實硬度及果實酸度無顯著差異影響，但果實裂果率以土壤含水量 10% 處理者最低，而 30% 者最高，兩者有顯著差異。而果實可溶性固形物含量則以土壤含水量 10% 處理者最高，而 30% 者最低，且兩者有顯著差異（表 1）。大果番茄試驗在 15 公分土壤深度分別控制在 10 KPa、15

KPa、20 KPa 等三種不同土壤水分張力處理，以 10 KPa 土壤水分張力處理者產量高於其它處理⁽¹²⁾。番茄以不同土壤水分張力程度處理之耗水量，20 公分土壤深度，10 KPa 土壤水分張力處理的耗水量比 50 KPa 土壤水分張力處理超過 2 倍以上，但對產量無影響⁽¹⁶⁾。土壤水分處理結果顯示在小果番茄臺南 24 號栽培，適度降低土壤含水量有助於降低果實裂果率，並有助於提升果實品質，平均可溶性固形物含量在 10⁰Brix 以上。

二、小果番茄果實生育期摘除老葉處理對果實品質及產量之影響

小果番茄摘除老葉處理與對照不摘葉之平均單果重、單株產量、裂果率、果實硬度及果實酸度，兩者無顯著差異；但摘除果實下位葉處理組的果實可溶性固形物含量顯著高於對照組（表 2）。然而 Antune 等（1995）指出摘葉處理會提升從第二串開始之果實產量、可溶性固形物含量及酸度等，推測是摘除果實（果串）下方之無法足截取光照進行光合作用之老葉，可能反而利於增加光合產物在發育中果實內之累積⁽²⁾。本試驗結果顯示，在小果番茄生產上，摘除老葉處理有顯著提升果實可溶性固形物含量效果。

三、肥灌施肥量對小果番茄果實品質及產量之影響

肥灌方式之施肥量處理對小果番茄果實品質及產量影響（表 3 及圖 1），不施追肥之處理的平均單果重、裂果率及單株產量最高。果實可溶性固形物含量以全量施肥處理最高，達 10.9⁰Brix。各處理間的果實酸度值無顯著差異。此外，在低施肥量（≤ 20%），二處理之第一串果實成熟期略遲於全量施肥處理及傳統施肥（粒狀肥環施）處理者約 2 週。結果顯示小果番茄臺南 24 號，在低施肥量處理，雖然平均果實可溶性固形物含量值仍達 9.7⁰Brix，單株產量也較高，但其裂果率也相對偏高，且會延遲第一次採收日期達 2 週以上。大果番茄肥灌之養液之氮磷鉀量分別為 100-160-150 ppm 及 160-160-200 ppm 處理的果實可溶性固形物含量無顯著差⁽³⁾。在本結果顯示全量施肥可以提升果實可溶性固形物含量，且有較低裂果率，但平均單果重及平均單株產量也較低。推測小果番茄果實品質受肥灌影響較顯著。

四、肥灌施肥量對栽培小果番茄土壤肥力之影響

表 4 及圖 2 結果顯示，栽培小果番茄之土壤有效性磷及有效性鉀含量均隨著施肥量增加而增高，在採收期結束之土壤有效性鈣及鎂的含量，不同施肥量處理間並無差異。本結果顯示小果番茄栽培之肥灌施肥量顯著影響土壤中有效性磷及有效性鉀含量，對土壤中有效性鈣及有效性鎂含量影響不顯著。

本研究結果應用土壤水分監測及自動給水控制器設備，將栽培小果番茄的土壤水分含量控制在 10%、20% 之土壤含水量或土壤水分張力在 20.2 KPa、14.9 KPa，秋冬期小果番茄之果實可溶性固形物含量可以提升達 10.0⁰Brix 以上及顯著降低裂果率，番茄栽培區控制土壤含水量在 10% 或 20.2 KPa 土壤水分張力之用水量與土壤含水量在 30% 或 10.1 KPa 土壤水分張力相比較，可節省用水量達 50% 以上，對單株產量無顯著影響，而且可以提升果實可溶性固形物含量及顯著降低裂果率。本試驗應用滴灌系統施肥量對果實品質及產量有顯著影響，唯在提高果實品質及產量的平衡，仍須進一步深入探討。

表 1. 土壤含水量對小果番茄果實品質及產量之影響

Table 1. Effects of soil moisture on fruit quality and yield of greenhouse grown cherry tomatoes

土壤含水量 (土壤水分張力)	果重 (公克)	裂果率 (%)	硬度 (kg/cm ²)	可溶性固 形物含量 (°Brix)	酸度 (%)	單株產量 (公克)	60 株用水量 (公噸)
10% (20.2 KPa)	15.7a ^Z	14.56a	2.59a	10.5a	43.66a	1,629a	4.83
20% (14.9 KPa)	16.1a	18.13ab	2.29a	10.1ab	43.08a	1,572a	7.57
30% (10.1 KPa)	16.2a	20.00b	2.71a	9.3b	42.29a	1,603a	9.86

註：著果前期，每週每株施用 PETERS 之 2 號即溶肥 (20-20-20) 1 公克，進入著果期後，每週每株施用臺肥 6 號即溶肥 (5-18-18-4) 1 公克，隨灌溉水施用

^Z表中在直列相同的英文字母表示在顯著水準 P = 0.05，經鄧肯式多變域區間測驗，差異不顯著

表 2. 摘除老葉對小果番茄果實品質及產量之影響

Table 2. Effects of defoliation on fruit quality and yield of greenhouse grown cherry tomatoes

處理別 ^Y	果重 (公克)	裂果率 (%)	硬度 (kg/cm ²)	可溶性固形物含量 (°Brix)	酸度 (%)	單株產量 (公克)
對照組	16.23a ^Z	16.33a	2.55a	9.9b	41.06a	1,546a
摘葉組	15.76a	20.04a	2.51a	10.6a	44.97a	1,590a

^Y以不摘除老葉為對照，當第四串花著果實，摘除現有果串下方位置之老葉為摘葉處理

^Z表中在直列相同的英文字母表示在顯著水準 P = 0.05，經鄧肯式多變域區間測驗，差異不顯著

表 3. 肥灌的施肥量對小果番茄果實品質及產量之影響

Table 3. Effects of applied fertilizer amount on fruit quality and yield of greenhouse grown cherry tomatoes

施肥量 ^Y	果重 (公克)	裂果率 (%)	硬度 (kg/cm ²)	可溶性固形物含量 (°Brix)	酸度 (%)	單株產量 (公克)	
0%	16.06a ^Z	31.00a	2.56a	9.6b	43.25ab	1,843a	
肥 灌 施 肥	20%	13.26b	29.75a	2.61a	10.0b	46.25ab	1,681ab
	40%	14.31ab	19.13b	2.34a	10.2ab	41.63b	1,591abc
	80%	13.26b	13.70b	2.45a	10.3ab	39.50b	1,464bc
	100%	14.53ab	13.63b	2.89a	10.9a	39.00b	1,340bc
傳統施肥	10.11c	17.63b	2.39a	10.2ab	49.75a	1,255c	

^Y著果前期，每週每株施用 PETERS 之 2 號即溶肥 (20-20-20) 1 公克，進入著果期後，肥灌施肥之施肥量處理分別為 0、20%、40%、80%、100%，每週每株施用臺肥 6 號即溶肥 (5-18-18-4) 各為 0、0.2、0.4、0.8 及 1.0 公克，隨灌溉水施用。傳統施肥為每週每株施用臺肥特 43 號複合粒狀肥 (15-15-15-4) 為 1.2 公克

^Z表中在直列相同的英文字母表示在顯著水準 P = 0.05，經鄧肯式多變域區間測驗，差異不顯著

表 4. 肥灌的施肥量對栽培小果番茄的土壤肥力分析

Table 4. Analysis of soil fertility of soil applied fertilizer by fertigation in greenhouse cherry tomatoes cultivation

施肥量 ^Y	有效性磷 (mg / kg)	有效性鉀 (mg / kg)	有效性鈣 (mg / kg)	有效性鎂 (mg / kg)
種植前	122.5a ^Z	142.5a	990.5b	275.0a
0%	90.9c	35.9d	1,133.8s	266.1a
20%	97.5c	40.5cd	1,149.5a	278.5a
肥灌施肥 40%	89.0c	37.5cd	1,192.0a	287.5a
80%	102.5b	48.5bc	1,167.5a	290.0a
100%	117.5ab	49.0bc	1,165.5a	297.5a
傳統施肥 100%	118.0ab	57.0b	1,097.0ab	275.0a

^Y 著果前期，每週每株施用 PETERS 之 2 號即溶肥 (20-20-20) 1 公克，進入著果期後，肥灌施肥之施肥量處理分別為 0、20%、40%、80%、100%，每週每株施用臺肥 6 號即溶肥 (5-18-18-4) 各為 0、0.2、0.4、0.8 及 1.0 公克，隨灌溉水施用。傳統施肥為每週每株施用臺肥特 43 號複合粒狀肥 (15-15-15-4) 為 1.2 公克

^Z 表中在直列相同的英文字母表示在顯著水準 P = 0.05，經鄧肯式多變域區間測驗，差異不顯著

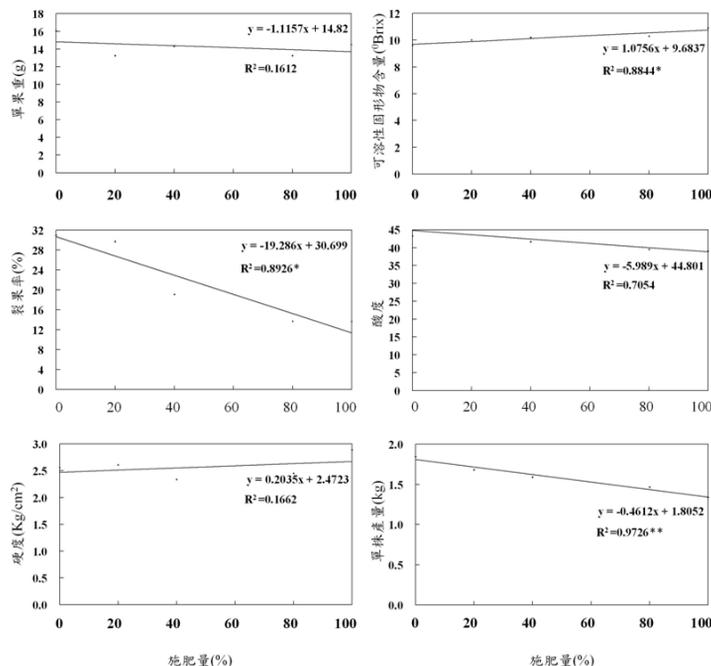


圖 1. 肥灌的施肥量對小果番茄果實品質及產量之相關性

Fig. 1. The linear relationships between fruit quality / yield and fertilizer amount by fertigation in greenhouse cherry tomato cultivation

註：肥灌施肥之施肥量處理分別為 0、20%、40%、80%、100%，每週每株施用臺肥 6 號即溶肥 (5-18-18-4) 各為 0、0.2、0.4、0.8 及 1.0 公克，隨灌溉水施用。傳統施肥為每週每株施用臺肥特 43 號複合粒狀肥 (15-15-15-4) 為 1.2 公克

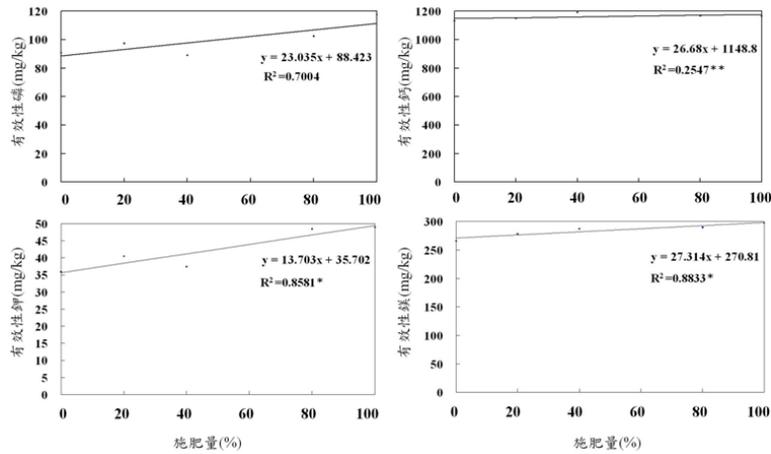


圖 2. 肥灌的施肥量對栽培小果番茄的土壤肥力之相關性

Fig. 2. The linear relationships between soil fertility quality and yield and fertilizer amount by fertigation in greenhouse cherry tomato cultivation

註：肥灌施肥之施肥量處理分別為 0、20%、40%、80%、100%，每週每株施用臺肥 6 號即溶肥（5-18-18-4）各為 0、0.2、0.4、0.8 及 1.0 公克，隨灌溉水施用。傳統施肥為每週每株施用臺肥特 43 號複合粒狀肥（15-15-15-4）為 1.2 公克。

誌 謝

感謝研究助理沈孟萱小姐協助田間管理與試驗記錄工作，使得本試驗得以圓滿執行完成。

引用文獻

1. Andriolo, J.L., Falcao, L.L., Duarte, T.S. and Skrebsky, E.C. (2001). Defoliation of greenhouse tomato plants and its effects on dry matter accumulation and distribution to fruits. *Acta Horticulturae*. 559:123-126.
2. Antunes, M.D.C., Gerasopoulos, D., and Grafiadellis, M., 1995. The effect of plant defoliation and addition of coloured solutions in the passive solar system on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) yield and quality. *Acta Horticulturae*. 379:275-280.
3. Alcántar, G.G., Villarreal, M.R., and Aguilar, A.S. 1999. Tomato growth (*Lycopersicon esculentum* Mill), and nutrient utilization in response to varying fertigation programs. *Acta Horticulturae*. 481:385-391.
4. Hashimoto, Y., 2000. Plant factory in the 21st century. ICAME 2000 Proceedings of the Third International Conference on Agricultural Machinery Engineering, Vol. I, Seoul, South Korea, pp.1-13.
5. Holmer, R.J. and Schnitzler, W. H., 1997. Drip Irrigation for Small -Scale Tomato Production in the Tropics. *The Kasetsart Journal: Natural Science*. 32:56-60.

6. Locascio, S.J., Smajstrala, A.G., 1995. Fertilizer timing and pan evaporation scheduling for drip irrigation method. In Proceeding of the Fifth International Micro Irrigation Congress on Micro Irrigation for a Changing World. Conserving Resources/ Preserving the Environment held at Hyatt Regency Orlando, Orlando, Florida, April 2-6, pp. 175-180.
7. Miller, R.J., Rolston, D.E., Rauschkolb, R.S., and Wolf, D.W., 1976. Drip irrigation of nitrogen is efficient. *California Agriculture*. 30:16-18.
8. Nerson, H., Edelstein, M., Berdugo, R., and Ankorion, Y., 1997. Monopotassium phosphate as a phosphorus and potassium source for greenhouse-winter-grown cucumber and muskmelon. *Journal of Plant Nutrition*. 20:335-344.
9. Papadopoulos, I., 1991. Fertigation for efficient use of input. Proceeding "10th World Fertilizer Congress of CIEC" . Nciosa, Cyorus, 21-27 Oct. 1990. pp.37-35.
10. Papadopoulos, I., 1992. Fertigation of vegetables in plastic-house: present situation and future aspects. *Acta Horticulturae* 323:151-174.
11. Raun W. R. and Johnson G. V., 1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. *Agronomy Journal*. 91:357-363.
12. Smajstrla, A.G. and Locascio, S.J., 1996. Drip irrigation, microirrigation, tensiometer, crop water use, irrigation scheduling, tomato, crop yield. *Applied Engineering in Agriculture*. 12: 315-319.
13. Snyder, R.G., 1992. *Greenhouse Tomato Handbook*, Publication. Mississippi State University, Cooperative Extension Service. USA. No.1828 pp.30
14. Tuzel, Y., Ul, M.A., Tu"zel, I.H., 1994. Effects of different irrigation intervals and rates on spring season glasshouse tomato production: II. Fruit quality. *Acta Hort. (ISHS)* 366, 389-396.
15. Von Zabeltitz, 1999. *Greenhouse Structures, Ecosystems of the World's 20 Greenhouses*. Elsevier, Amsterdam.
16. Wang, D., Kang, Y., and Wan, S. 2007. Effect of soil matric potential on tomato yield and water use under drip irrigation condition. *Agricultural Water Management*. 87:180-186.

Study on Drip Fertigation Used in Greenhouse Cherry Tomato Production¹

Hsien, M. H., E. C. Liu, H. C. Hsu, W. J. Jiang and J. Y. Chung²

Abstract

The purpose of this project was to develop an automatic fertigation procedure which enhances water and fertilizer efficiencies of tomato cultivation in the greenhouse by using fertigation equipment. In this study, Tainan No. 24 cherry tomato plants were cultivated in a greenhouse. The effect of different soil moisture contents, different fertilizer amounts and defoliation on the fruit quality and yield were evaluated. The results showed a reduction of the fruit cracking rate and an increase of total soluble solids at 10% soil moisture content compared to 30%. Furthermore, the total soluble solids were increased by removing the old leaves under the fruit cluster. Based on a fertilizing rate of 1 g of fertilizer per plant per week as 100%, according to the analysis of soil fertility, the phosphorus content of soil at 80% and 100% fertilization was similar to the pre-cultivation level. The potassium content of the soil at 0, 20%, 40%, 80% and 100% fertilization was lower than that of the pre-cultivation level. Soil moisture sensors and mini weather stations were used to monitor and control the rates of dripped irrigation water and fertilizer. In addition, controlling the soil moisture content and the amount of fertilizer could produce a high quality fruit (10 °Brix) and a low fruit cracking rate for greenhouse cherry tomato cultivation in the autumn and winter. This automatic fertigation system could be used to reduce the risk of fruit cracking loss and production cost, make growing high quality tomatoes in the greenhouse simpler and improve competitiveness.

Keywords : Drip Irrigation, Fertilizers, Greenhouse and Tomato

Accepted for publication : May 1, 2012

1. Contribution No.394 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture. This project was financially supported by National Science Council (NSC99-3111-Y-067F-001).

2. Associate Horticulturist, Assistant Horticulturist, Assistant Horticulturist, Assistant Researcher and Associate Researcher, respectively. Tainan D.A.R.E.S.