

設施蘆筍節水滴灌應用效益研究¹

謝明憲、郭明池、陳水心²

摘 要

謝明憲、郭明池、陳水心。2018。設施蘆筍節水滴灌應用效益研究。臺南區農業改良場研究彙報 72：21-31。

蘆筍為高單價產品，對筍農具高收益潛力，蘆筍採設施栽培有降低莖枯病感染率，並可穩定嫩莖產量及增進品質；然因灌溉方式仍採用溝灌，常易供水過多導致田區土表板結、畦溝泥濘等不利嫩莖生長及採收問題。基於滴灌為解決前述問題的有效方式，因此本研究目的係比較設施蘆筍滴灌及溝灌之嫩莖產量及品質差異。歷經 2 年調查結果顯示採用滴灌之嫩莖產量均顯著高於溝灌栽培者，且柔嫩度調查顯示滴灌之嫩莖所需截切力值較低及變異度較小，另滴灌用水量低於 50% 溝灌耗水量。本研究證實設施蘆筍滴灌栽培具提升產量及穩定品質之經濟成效，且有節省灌溉用水之水資源保育效益。

現有技術：蘆筍採用防雨設施栽培能有效控制莖枯病發生，且避免受颱風豪雨危害，但灌溉方式仍採用溝灌，常易供水過量而導致雜草滋生、土表板結及畦溝泥濘等不利嫩莖生長及採收等問題。

創新內容：依據不同生育期需水差異，建立設施蘆筍滴灌管理模式，並藉導入土壤 EC 值及水分含量感測器應用，栽培者可即時監測及維持土壤最適水分含量。

對產業影響：證實設施蘆筍應用滴灌栽培具提升嫩莖產量及穩定品質成效，且有節省灌溉用水效益，生產者若採用該方式將有助於提升設施蘆筍產業競爭力。

關鍵字：蘆筍、設施栽培、滴灌、產量、截切力

接受日期：2018 年 10 月 5 日

1. 行政院農業委員會臺南區農業改良場研究報告第 492 號。

2. 行政院農業委員會臺南區農業改良場副研究員兼站長、助理研究員及前技佐。712 臺南市新化區牧場 70 號。

前 言

蘆筍蒸散量小，係因具有葉片功能，稱為「葉形枝」或「擬葉」的葉狀枝條之形態較小，其「真葉」則為莖節所生成呈膜狀像鱗片的部份；且貯藏根系發達，在短時間內供水不足，仍可利用貯藏根系內的水分維持生命，不似其他蔬菜作物較快發生萎凋或枯死。但在採筍期倘若過於乾旱，將導致嫩莖細弱、生長芽萎縮、嚴重減產，係因蘆筍嫩芽含水量比較多，採收時間比較長，隨著嫩莖產量的提高，蘆筍於採筍期間需水量也相對增多。另蘆筍不耐濕，土壤積水、通氣性差會嚴重影響根系和鱗芽發育，甚至造成根部腐爛而導致植株死亡⁽¹⁾。

設施蘆筍栽培之水管理不同於露天栽培，設施內採用傳統溝灌時，不僅容易造成設施內高濕問題，也常因溝灌供水稍過量而導致土表板結，影響嫩莖生育，畦溝泥濘阻礙採收作業，且採用大水溝灌最浪費水資源。而設施蘆筍栽培利用滴灌，除可為植物根系持續地均勻供水，且具容易控制供給水量之優勢，只要制定出作物所需合適土壤水分含量範圍，滴灌的用水量也可容易掌握，有利於提升節水栽培功效⁽³⁾。此外，滴灌可以同時供水及供肥，故節水及節肥效率高，免除了人工整理灌溉溝渠作業，且能為蘆筍根系提供一個合適的土壤環境，促進根系發達與枝葉繁茂⁽⁶⁾。

為評估節水滴灌與溝灌栽培之嫩莖產量與品質差異，試驗地點設於雲林縣東勢鄉青年農民之設施蘆筍區，執行滴灌與溝灌二種模式並比較之。研究策略為在「滴灌組」及「溝灌組」均應用土壤水分含量感測器，進行灌溉監測，以確認是否維持適度土壤水分張力，並依據不同生育期將所需土壤水分張力條件進行供水；另應用土壤 EC 感測器 (土壤濕度/EC/溫度感測器、WaterScout SMEC300 Soil Moisture/EC/Temperature Sensor)，監測養液供給量合理性，以維持適度土壤 EC 值，避免施肥過量引發土壤鹽類累積障礙⁽⁴⁾。另藉由調查不同組所採收嫩莖於不同直徑等級的採收量及支數，量測不同組於相同直徑嫩莖之糖度(可溶性固形物量)及裁切所需截切力數值，並記錄不同組之灌溉用水量，供分析滴灌栽培於提升產量、品質及節水效益。也期望經試驗證實設施蘆筍栽培採用滴灌栽培具增進嫩莖產量及品質之成效、提升節省用水效益，利於加速推廣滴灌之應用，取代傳統溝灌操作，以提升產業競爭力。

材料與方法

一、一年生植株以滴灌與溝灌栽培之嫩莖產量比較

(一) 供試品種及種植日期：綠蘆筍「臺南四號」於 104 年 10 月 9 日定植

(二) 處理項目：

1. 滴灌組：應用土壤水分含量感測器，灌溉管理依據不同生育期所需維持土壤水分張力條件：採筍期 (-28 ~ -32 kPa)、留母莖期 (-17 ~ -23 kPa) 及休閒期 (-30 ~ -50 kPa) 進行供水。另應用土壤 EC 感測器管理養液供給量，以維持適度土壤 EC 值不超過 0.4 ds/m，並依不同生育期將所需肥料於 0.1 公頃供給量區分為：採筍期施用臺肥 1 號即溶複合肥為每週 5.5 公斤、留母莖期及休閒期施用臺肥 43 號即溶複合肥，分別為每週 5 公斤及 4 公斤；肥料皆先溶於肥液桶後均分為 7 日施用。
2. 溝灌組：其灌溉管理原則在「採筍期」、「留母莖期」及「休閒期」之土壤水分

張力值當分別低於 -32 kPa、-23 kPa 及 -50 kPa 時進行溝灌供水；另依據合理化施肥推薦，將不同生育期 0.1 公頃所需肥料區分如下，春肥：臺肥 1 號複合肥料 80 Kg、春季採收肥：尿素 24 Kg、夏肥：臺肥 1 號複合肥料 50 Kg、秋肥：臺肥 1 號複合肥料 50 Kg、採收肥：尿素 25 Kg、冬肥：臺肥 1 號複合肥料 80 Kg。

(三) 取樣方式及調查項目：取樣方式係於滴灌區及溝灌區，逢機各標定三個小區，每一小區之行距 1.5 公尺、長 66.7 公尺 (面積：100 M²)，進行採樣供產量調查。2. 調查項目：採收期間於每日調查各試驗小區嫩莖採收重量及支數，並依合格品 (莖粗 > 8 mm) 及格外品 (莖粗 < 8 mm) 二類分開調查。

二、二年生植株以滴灌與溝灌栽培之嫩莖產量比較

(一) 供試品種及種植日期：綠蘆筍「臺南四號」，二年生植株於 104 年 10 月 9 日定植；一年生植株於 105 年 10 月 11 日定植。

(二) 處理項目：

1. 二年生滴灌組：灌溉管理除採筍期所需維持土壤水分張力條件改為 -23 ~ -27 kPa 之外，餘灌溉管理、土壤 EC 監測及養液管理模式相同於前項方法一 -(二)-1 之一年生滴灌組。
2. 一年生滴灌組：灌溉管理、土壤 EC 監測及養液管理模式相同於前項方法一 -(二)-1 之一年生滴灌組。
3. 二年生溝灌組：灌溉管理除採筍期於土壤水分張力條件低於 -27 kPa 進行溝灌供水之外，餘灌溉管理、土壤 EC 監測及養液管理模式相同於前項方法一 -(二)-2 之一年生溝灌組。

(三) 取樣方式及調查項目：相同於前項方法一 -(三)。

三、滴灌與溝灌栽培之嫩莖所需切力值 (截切力) 及可溶性固形物含量比較

(一) 供試品種及種植日期：綠蘆筍「臺南四號」，二年生植株於 104 年 10 月 9 日定植。

(二) 處理項目：

1. 二年生滴灌組：相同於前項方法二 -(二)-1。
2. 二年生溝灌組：相同於前項方法二 -(二)-3。

(三) 取樣方式及調查方法：取樣方式係於 106 年 4 月 19 日起至 6 月 7 日止每隔 7 日於 2 年生滴灌組及溝灌組，各逢機取樣嫩莖長度達 26 公分、基部直徑約 1 公分者各 24 支，供調查分析用。調查方式在嫩莖所需截切力分析，係應用物性測定儀 (英國 SMS 公司，texture analyser，型號 TA-XT2)，測量裁切各嫩莖距離筍尖 22 及 24 公分處所需截切力數值；另使用數位式糖度計 (ATAGO 數位式糖度計，型號：PAL-1) 測定各嫩莖距離筍尖 22-24 公分之部分所搾取汁液之可溶性固形物含量 (糖度)。

結果與討論

一、一年生植株以滴灌與溝灌栽培之嫩莖產量比較

設施蘆筍於 104 年 10 月 9 日定植，表 1 顯示 105 年度累計收穫 157 天 (表 1)，105 年度在滴灌組 0.1 公頃全年總產量及產值推估分別為 1,012.6 ± 88.0 公斤及 303,765 ± 26,385 元，顯著高於溝灌組 554.5 ± 54.0 公斤及 166,355 ± 16,185 元。另在季合格品產

量、季合格品支數、季總產量、季總採收支數及季產值推估等比較，不論在春季或夏秋季採收期，滴灌組均顯著高於溝灌組，而在季合格品比率比較，滴灌組僅在春季採收期顯著高於溝灌組。推測設施蘆筍採用滴灌栽培能增進嫩莖產量及良品率（合格品比率），係因每日定量滴灌給水分及養液，且藉由應用土壤水分張力計及 EC 感測器，達成即時監測及維持土壤水養分穩定性。

試驗調查結果顯示，不論在滴灌或溝灌組，春季採收期之季合格品產量、季合格品支數及季合格品比率等均顯著高於夏秋季採收期。推測其原因應為春季採收日數為 101 日，約為夏秋季（56 日）之 1.8 倍，故春季採收期有較高之季合格品產量與支數。基於蘆筍植株已成熟地上部的營養生長較不受氣溫變化影響，但嫩莖生育的品質及產量則不然，即蘆筍成熟母莖耐暑性雖強，但炎夏氣溫易導致地上部擬葉氣孔導度 (stomatal conductance) 下降，光合作用效率降低，致難以採收到類似冬季低溫期之粗大嫩莖^(2,5)。因此春季之季合格品比率較高之原因應是春季氣溫較冷涼，而夏秋季氣溫偏高，容易阻礙嫩莖生育。

在滴灌與溝灌栽培之用水量比較，基於先前試驗成果訂定採筍期滴灌栽培之土壤水分張力維持在 -28 ~ -32 kPa 之間，而溝灌則於土壤水分張力低於 -32 kPa 時進行畦溝供水⁽⁴⁾。依據試驗區水錶之用水紀錄，估算在嫩莖採收期之灌溉用水量，滴灌組每 0.1 公頃每日用水量為 2.8 公噸，1 周 7 日合計用水量為 19.6 公噸。溝灌區每週灌溉 1 次，每 0.1 公頃每週用水量計 41.6 公噸。滴灌組用水量僅為溝灌組的 47.1%，應用滴灌之節水效率超過 50% 以上。

二、二年生植株以滴灌與溝灌栽培之嫩莖產量比較

106 年度調查試驗區計有 104 年 10 月 9 日定植之 2 年生滴灌組及 2 年生溝灌組，另於相鄰溫室增加試作點，於 105 年 10 月 11 日定植（1 年生滴灌組）。表 2 顯示 106 年度 2 年生滴灌組及 2 年生溝灌組均各累計收穫 181 天，1 年生滴灌區則累計收穫 195 天，2 年生滴灌組 0.1 公頃總產量及產值推估分別為 2,081.8 ± 140.5 公斤及 624,536 ± 42,162 元，2 年生滴灌組為分別為 1,966.9 ± 41.6 公斤及 590,060 ± 12,480 元，二者間無差異，但均顯著高於 2 年生溝灌組 1,467.7 ± 77.2 公斤及 440,300 ± 23,156 元，顯示設施蘆筍採用滴灌栽培，確實具有提升收益潛力。

類似於 105 年度調查結果，在季合格品支數、季總產量、季總採收支數及季產值推估等比較，不論在春季或夏秋季採收期，2 年生及 1 年生滴灌組均顯著高於 2 年生溝灌組。然而在季合格品產量比較，2 年生滴灌組於春季或夏秋季均顯著高於 2 年生溝灌組；但 1 年生滴灌組僅夏秋季顯著高於 2 年生溝灌組，甚至在春季之季合格品比率亦以 1 年生滴灌組顯著低於 2 年生溝灌組。基於貯藏根總量與植物體儲存碳水化合物累積量有高度相關，且依據綠蘆筍以氣霧耕栽培試驗研究報導，根盤較大者所採收之嫩莖產量及粗大嫩莖比率均高於根盤較小者⁽⁶⁾。因此，1 年生滴灌組春季之季合格品比率較低原因，可能係種植未滿周年，地下部貯藏根總量或碳水化合物累積量仍低於 2 年生溝灌組所致。

另一類似於 105 年度調查結果，不論在滴灌或溝灌組，106 年春季採收期之季合格品比率均顯著高於夏秋季。顯示設施蘆筍採用滴灌栽培，有助於提升產量，但合格品比率依舊受到季節氣溫差異之顯著影響。然而，不同於 105 年度調查結果，106 年春季採

收日數遠低於夏秋季，主要因試驗田區於 5 月 31 日遭豪雨引發洪水淹沒，全區浸水達 24 小時以上，被迫提早終止春季採收期，並更新母莖，雖然在 2 年生滴灌組、1 年生滴灌組及 2 年生溝灌組之夏秋二季總產量均顯著高於春季，且分別為春季總產量的 1.58 倍、1.64 倍及 1.39 倍，但夏秋季合格品產量仍然低於春季，分別僅為春季合格品產量的 84.75%、89.84% 及 62.22%，其中溝灌組之夏秋季合格品產量更顯著低於春季，推測可能是設施蘆筍採用溝灌栽培，導致土表板結，更加遽夏季高溫之不良影響。

106 年度在滴灌與溝灌栽培之用水量比較，仍基於以往研究成果，訂定採筍期滴灌栽培之土壤水分張力維持在 $-23 \sim -27$ kPa 之間，溝灌組亦於土壤水分張力低於 -27 kPa 時進行畦溝供水⁽⁴⁾。依據水錶用水紀錄，估算在嫩莖採收期之灌溉用水量，在 2 年生滴灌組嫩莖採收期之灌溉用水量，每 0.1 公頃每日用水量為 5.2 公噸，1 週 7 日合計用水量為 36.4 公噸。2 年生溝灌區每週灌溉 2 次，每 0.1 公頃每週用水量計 83.2 公噸。滴灌組用水量為溝灌組的 46.2%，應用滴灌之節水效率仍超過 50% 以上。

105 年度種植第 1 年滴灌組 0.1 公頃總產量僅為 $1,012.6 \pm 88.0$ 公斤，而在 106 年度新種植第 1 年滴灌組 0.1 公頃總產量則為 $1,966.9 \pm 41.6$ 公斤，分析其落差原因，係 105 年度春季採收期，設施內遭斜紋夜蛾嚴重危害，除春季採收被迫提前結束，也影響收穫量；106 年度試驗區雖然受到 5 月 31 日豪雨淹水近 24 小時之不良影響，春季採收也被迫提前結束，但植株受損尚屬輕微，故 106 年度 1 年生滴灌組產量高於 105 年度 1 年生滴灌組。

三、滴灌與溝灌栽培之嫩莖所需切力值 (截切力) 比較

口感質地 (脆嫩度) 是評鑑蘆筍嫩莖品質的最重要指標，嫩莖的韌性增加主要是由於纖維含量及纖維木質化程度增加所致⁽⁹⁾。在評估蘆筍嫩莖口感質地之儀器與方法中，以量測截切力數值，與分析纖維及木質素含量之間有高度相關，是一種廣泛使用的技術^(11,13)。而截切力測量是評估剪切力 (shearing forces)、壓碎力 (crushing forces) 及壓縮力 (compression forces) 三項的組合。但截切刀片寬度、嫩莖定位、嫩莖直徑等因素亦均影響實際截切力量測數值⁽⁹⁾。因此本項調查係於 106 年自 4 月 19 日起在 2 年生滴灌及溝灌組，每週逢機取樣一次，樣品規格為採收長度達 26 公分，直徑 1 公分，應用物性分析儀量測及記錄切斷每一嫩莖距頂端 22 及 24 公分處所需截切力。每一處理均調查 24 支嫩莖。

截切力調查結果 (表 3) 顯示在嫩莖 24 cm 處切斷時，滴灌組所需平均截切力小於 11,000 公克，溝灌組則大於 12,000 公克，甚至有高達 18,000 公克以上者。而在嫩莖 22 cm 處切斷時，滴灌組所需平均截切力小於 5,000 公克，溝灌組則大於 5,500 公克，甚至有高達 10,000 公克以上者。推測因滴灌組每日灌溉，能維持穩定土壤含水量，乾濕變化波動小於溝灌組，因此，滴灌組之嫩莖品質相對穩定，所需截切力數值低且變異程度較小。

表 1. 105 年度設施蘆筍滴灌與溝灌之產量比較

Table 1. The yield comparison in greenhouse asparagus irrigated by drip and furrow in 2016

調查項目 Item	滴灌 Drip irrigation		溝灌 Furrow irrigation	
	春 ^U Spring	夏秋 ^V Summer-autumn	春 ^U Spring	夏秋 ^V Summer-autumn
採收日數 Harvesting days	101	56	101	56
日平均產量 (公斤 / 0.1 公頃) ^X Daily yield (kg/0.1 ha)	5.19 ± 2.75	9.15 ± 5.96	2.67 ± 2.22	5.31 ± 2.01
日平均採收支數 (支 / 0.1 公頃) ^X Number of daily harvested spears (spears/0.1 ha)	352 ± 168	678 ± 416	194 ± 155	426 ± 202
季合格品產量 (公斤 / 0.1 公頃) ^Y Seasonal yield of premium grade spears (kg/0.1 ha)	257.53 ± 10.16	79.68 ± 18.29	108.83 ± 17.53	36.78 ± 17.73
季合格品支數 (支 / 0.1 公頃) ^Y Seasonal number of premium grade spears (spears/0.1 ha)	11,935 ± 198	2,951 ± 605	5,316 ± 927	1,450 ± 625
季合格品單支重 (公克) ^X Seasonal weight of premium grade spears (g)	21.75 ± 4.98	26.48 ± 4.21	20.62 ± 5.93	24.94 ± 4.60
季合格品比率 (%) ^X Seasonal rate of premium grade spears (%)	50.26 ± 3.65	15.90 ± 4.85	41.25 ± 4.13	12.65 ± 4.60
季總產量 (公斤 / 0.1 公頃) ^Y Seasonal yield (kg/0.1 ha)	512.42 ± 49.07	500.98 ± 40.21	263.84 ± 16.95	290.78 ± 41.69
季總採收支數 (支 / 0.1 公頃) ^Y Seasonal number of spears (spears/0.1 ha)	35,621 ± 3,747	37,968 ± 5,036	19,616 ± 1,369	23,866 ± 2,122
季產值推估 (仟元 / 0.1 公頃) ^{YZ} Seasonal gross revenue (NT\$ 1,000 /0.1 ha)	153,727 ± 14,719	150,249 ± 12,663	79,153 ± 5,085	87,243 ± 12,507
全年產量 (公斤 / 0.1 公頃) ^Z Annual yield (kg/0.1 ha)	1,012.6 ± 88.0		554.5 ± 54.0	
全年產值推估 (仟元 / 0.1 公頃) ^{YZ} Annual gross revenue (NT\$ 1,000/0.1 ha)	303,765 ± 26,385		166,355 ± 16,185	

註：定植日期：104 年 10 月 9 日。Planted date：Oct. 9, 2015.；春季採收期：105 年 3 月 15 日 ~ 6 月 23 日。Spring harvest period: Mar. 15, 2016 to Jun. 23, 2016.；夏秋季採收期：105 年 7 月 21 日 ~ 9 月 14 日。Summer-Autumn harvest period: Jul. 21, 2016 to Sep. 14, 2016.；合格品：嫩莖長度 24 公分之直徑大於 0.8 公分。Premium grade: The diameter of spear is larger than 0.8 cm in length 24 cm.

^X 每項數據以當季採收日數為重複，以平均值 ± 標準偏差表示。Data are means ± SD (n = days per harvested period).

^Y 每項數據為 3 重複，以平均值 ± 標準偏差表示。Data are means ± SD (n = 3).

^Z 綠蘆筍每公斤售價 300 元 (直銷售價)。The price of green asparagus is NT\$ 300 per kilogram (direct selling price).

表 2. 106 年度設施蘆筍滴灌與溝灌之產量比較

Table 2. The yield comparison in greenhouse asparagus irrigated by drip and furrow in 2017

調查項目 Item	2 年生滴灌 ^x Drip in second year		1 年生滴灌 ^y Drip in first year		2 年生溝灌 ^z Furrow in second year	
	春 ^u Spring	夏秋 ^v Summer-autumn	春 ^u Spring	夏秋 ^v Summer-autumn	春 ^u Spring	夏秋 ^v Summer-autumn
採收日數 Harvesting days	68	113	82	113	68	113
日平均產量 (公斤 / 0.1 公頃) ^x Daily yield (kg/0.1 ha)	11.67 ± 4.09	11.29 ± 4.78	8.92 ± 3.81	10.82 ± 4.15	8.89 ± 4.30	7.57 ± 3.65
日平均採收支數 (支 / 0.1 公頃) ^x Number of daily harvested spears (spears/0.1 ha)	719 ± 200	1,069 ± 358	622 ± 206	1,012 ± 249	521 ± 177	789 ± 250
季合格品產量 (公斤 / 0.1 公頃) ^y Seasonal yield of premium grade spears (kg/0.1 ha)	540.01 ± 57.54	457.71 ± 54.11	435.95 ± 48.20	391.67 ± 21.90	414.08 ± 54.69	257.67 ± 68.79
季合格品支數 (支 / 0.1 公頃) ^y Seasonal number of premium grade spears (spears/0.1 ha)	22,916 ± 2,494	23,576 ± 2,203	20,483 ± 2,593	21,220 ± 1,101	16,416 ± 1,304	13,283 ± 3,075
季合格品單支重 (公克) ^x Seasonal weight of premium grade spears (g)	23.30 ± 2.80	18.34 ± 3.36	20.54 ± 2.98	18.24 ± 2.77	24.42 ± 3.90	18.61 ± 3.65
季合格品比率 (%) ^x Seasonal rate of premium grade spears (%)	67.04 ± 3.81	35.86 ± 4.50	58.57 ± 4.78	32.04 ± 0.93	67.57 ± 3.39	30.14 ± 6.45
季總產量 (公斤 / 0.1 公頃) ^y Seasonal yield (kg/0.1 ha)	805.48 ± 78.86	1,276.31 ± 128.63	744.37 ± 21.42	1,222.50 ± 38.02	612.84 ± 55.50	855.03 ± 55.75
季總採收支數 (支 / 0.1 公頃) ^y Seasonal number of spears (spears/0.1 ha)	49,628 ± 4,696	120,230 ± 17,248	52,950 ± 1,673	114,466 ± 1,616	36,016 ± 1,443	89,250 ± 4,893
季產值推估 (千元 / 0.1 公頃) ^{yz} Seasonal gross revenue (NT\$ 1,000 / 0.1 ha)	241,644 ± 23,659	382,893 ± 38,589	223,311 ± 6,427	366,750 ± 11,406	183,851 ± 16,650	265,509 ± 16,725
全年產量 (公斤 / 0.1 公頃) ^z Annual yield (kg/0.1 ha)	2081.8 ± 140.5		1,966.9 ± 41.6		1,467.7 ± 77.2	
全年產值推估 (千元 / 0.1 公頃) ^{yz} Annual gross revenue (NT\$ 1,000/0.1 ha)	624,536 ± 42,162		590,060 ± 12,480		440,300 ± 23,156	

註：定植日期：104 年 10 月 9 日。春季採收期：106 年 3 月 27 日 ~ 6 月 3 日。Spring harvest period: Mar.27, 2017 to Jun. 3, 2017.; 夏秋季採收期：106 年 7 月 5 日 ~ 9 月 25 日。Summer-Autumn harvest period: Jul. 5, 2017 to Oct. 25, 2017.; 合格品：^y 定植日期：105 年 10 月 11 日。Planted date: Oct. 11, 2016.; 春季採收期：106 年 3 月 13 日 ~ 6 月 3 日。Spring harvest period: Mar.13, 2017 to Jun. 3, 2017.; 夏秋季採收期：106 年 7 月 5 日 ~ 10 月 25 日。Summer-Autumn harvest period: Jul. 5, 2017 to Oct. 25, 2017.; 合格品：嫩莖長度 24 公分之直徑大於 0.8 公分。Premium grade: The diameter of spear is larger than 0.8 cm in length 24 cm

^x 每項數據以當季採收日數為重複，以平均值 ± 標準偏差表示。Data are means ± SD (n = days per harvested period).

^y 每項數據為 3 重複，以平均值 ± 標準偏差表示。Data are means ± SD (n = 3).

^z 綠蘆筍每公斤售價 300 元 (直銷售價)。The price of green asparagus is NT\$ 300 per kilogram (direct selling price).

表 3. 設施蘆筍滴灌與溝灌之嫩莖之截切力比較

Table 3. Comparison of the shear force values in greenhouse asparagus spears irrigated by drip and furrow

日期 Date	距離嫩莖頂端之指定區間的截切力 (g/cm ²) Shear force values (g/cm ²) at designated intervals from the tip			
	24 cm		22 cm	
	滴灌 Drip	溝灌 Furrow	滴灌 Drip	溝灌 Furrow
04/19/2017	10,178 ± 2,257	18,328 ± 2,144	4,992 ± 1,861	10,080 ± 1,830
04/26/2017	10,822 ± 1,151	15,393 ± 2,043	4,377 ± 1,022	5,864 ± 1,136
05/03/2017	8,925 ± 2,328	13,309 ± 2,765	4,497 ± 1,183	8,550 ± 2,751
05/10/2017	10,665 ± 1,752	12,145 ± 1,215	4,203 ± 1,253	5,503 ± 1,062
05/17/2017	10,145 ± 1,752	14,212 ± 1,834	4,503 ± 1,253	6,700 ± 1,105
05/24/2017	10,635 ± 1,691	15,599 ± 2,795	4,702 ± 1,279	7,791 ± 2,222
05/31/2017	9,215 ± 1,061	14,344 ± 1,091	4,485 ± 1,027	8,101 ± 935
06/07/2017	10,226 ± 1,364	11,499 ± 808	4,130 ± 909	8,795 ± 1,164

定植日期：104 年 10 月 9 日。Planted date：Oct. 9, 2015.；試驗田區於 106 年 6 月 3 日遭洪水淹沒過畦面約 24 小時。The trial area was flooded above ridge surface over 24 hours on Jun. 3, 2017. 每項數據為 30 重複，以平均值 ± 標準偏差表。Data are means ± SD (n = 30).

四、滴灌與溝灌栽培之嫩莖可溶性固形物含量比較

蘆筍植株儲存的碳水化合物以天冬酰胺 (asparagose) 及果聚糖 (fructans) 佔最大比例；然而在嫩莖所含碳水化合物則以可溶性蔗糖，葡萄糖及果糖等為主⁽¹⁰⁾；蘆筍嫩莖的可溶性碳水化合物含量亦為判定品質優劣的重要評估指標。而量測可溶性碳水化合物含量的簡易方法，可應用數位式糖度計分析嫩莖汁液所含的可溶性固形物含量⁽¹²⁾。本項調查係 106 年自 4 月 19 日起在滴灌及溝灌組每週逢機取樣一次，樣品規格為採收時長度達 26 公分、直徑 1 公分，切取嫩莖距頂端 22 至 24 公分小段，搾取汁液並應用數位式糖度計測定可溶性固形物含量，每一處理量測 24 支嫩莖。

測定糖度之分析結果 (表 4) 顯示，滴灌組每週所取嫩莖樣品之糖度數值雖均高於溝灌組，但依據各處理之平均值標準差顯示，在二處理間之嫩莖糖度值相似，故滴灌組雖有增進產量效益，但在提升糖度品質成效不顯著。可能是蘆筍生產採留母莖栽培模式，嫩莖品質表現係受地上部母莖所提供光合作用產物累積分配量以及地下部貯藏根之碳水化合物釋出量二者間相互作用的影響⁽⁷⁾；另一可能係滴灌組之嫩莖收穫量約高於溝灌組約 1.4 倍 (表 2 之全年產量比較)，已消耗植體較多碳水化合物，而難有增進糖度品質的效果。

表 4. 設施蘆筍滴灌與溝灌之嫩莖糖度比較

Table 4. The comparison of total soluble solid in greenhouse asparagus spears irrigated by drip and furrow

日期 Date	距離嫩莖頂端之 22 ~ 24 cm 區間的可溶性固形物含量 (%) Total soluble solid content (%) between 22 and 24 cms from the tip	
	滴灌 Drip	溝灌 Furrow
04/19/2017	4.52 ± 0.46	4.03 ± 0.71
04/26/2017	4.42 ± 0.43	4.38 ± 0.25
05/03/2017	4.79 ± 0.55	4.54 ± 0.55
05/10/2017	4.89 ± 0.41	4.83 ± 0.39
05/17/2017	4.96 ± 0.41	4.89 ± 0.68
05/24/2017	4.70 ± 0.45	4.63 ± 0.56
05/31/2017	4.55 ± 0.44	4.38 ± 0.38
06/07/2017	5.31 ± 0.39	4.73 ± 0.47

定植日期：104 年 10 月 9 日。Planted date：Oct. 9, 2015.；試驗田區於 106 年 6 月 3 日遭洪水淹沒過畦面約 24 小時。The trial site was flooded above ridge surface over 24 hours on Jun. 3, 2017. 每項數據為 30 重複，以平均值 ± 標準偏差表。Data are means ± SD (n = 30).

結 論

設施蘆筍應用滴灌技術，並藉由使用土壤 EC 及水分含量感測器，可即時監控土壤養分及水分變化，有助於生產者維持土壤養水分之穩定性，本試驗也證實設施蘆筍採用滴灌不僅顯著提升產量、增進品質，也具節省灌溉用水效益。

致 謝

本研究之各項試驗工作得以順利執行，並成功建置節水灌溉管理，感謝第四屆百大青農黃志偉先生（雲林縣東勢鄉牛埔頭蔬活農場）提供試驗場地進行滴灌及溝灌比較測試，協助嫩莖產量與支數調查，以及提供實務操作改善建議。

引用文獻

1. 陳水心、楊藹華、鄭安秀、陳文雄。2007。臺灣蘆筍品種與栽培技術。臺南區農業改良場技術專刊 135：1-18。
2. 陳培昌、李宥明。1978。蘆筍摘莖對產量、品質及地下莖發育影響之研究。臺灣區第二屆蘆筍學術研討會試驗研究報告。p. 53-64。
3. 謝明憲。2014。節水省肥的滴灌栽培。科學發展 496：20-26。

4. 謝明憲、陳水心、林經偉。2016b。設施蘆筍應用養液滴灌－節水又省工。臺南區農業專訊 98：8-11。
5. Bai Y., and J. F. Kelly. 1999. A Study of Photosynthetic Activities of Eight Asparagus Genotypes under Field Conditions. *J Am. Soc. Hortic. Sci.* 124: 61-66.
6. Drost, D. T., 1996. Irrigation budget and plant growth of asparagus. *Acta Hortic.* 415: 343-350.
7. Dufault, R. J., and B. Ward. 2005. Impact of cutting pressure on yield, quality, root carbohydrates, and survival of spring-harvested or summer-forced asparagus. *HortScience.* 40(5): 1327-1332.
8. Gąsecka M, W. Krzesiński, J. Stachowiak, M. Knaflowski. 2013. The Effect of Temperature and Crown Size on Asparagus Yielding. *Folia Hortic.* 21: 49-59. doi: 10.2478/fhort-2013-0125.
9. Hernández-Rivera, L., R. Mullen, and M. Cantwell. 1992. Textural changes of asparagus in relation to delays in cooling and storage conditions. *HortTechnology.* 2(3): 378-381.
10. Hurst P. L., L. M Hyndman, and P. J. Hannan. 1993. Sucrose synthase, invertases, and sugars in growing asparagus spears. *New Zeal. J. Crop Hort.* 21: 331-336.
11. Lipton, W. J. 1990. Postharvest biology of fresh asparagus. *Hort. Rev.* 12: 69-155.
12. Nikaido, K., T. Jishi, T. Maeda, T. Suzuki, H. Araki. 2014, Quality Change of Asparagus Spears Stored with Snow Cooling. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 83(4): 327-334.
13. Saltveit M. E. Jr. 1988. Postharvest glyphosate application reduces toughening, fiber content, and lignification of stored asparagus spears. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 113(4): 569-572.

Study on the effectiveness of drip irrigation in greenhouse asparagus¹

Hsieh, M. H., M. C. Kuo and S. S. Chen²

Abstract

Asparagus has a high price and is profitable for producers. Greenhouse cultivation is a good way to lower the risk of rain-induced infections, such as stem blight, and can stabilize yield and quality. However, in Taiwan, asparagus cultivation still uses furrow irrigation, which easily causes some problems, such as soil surface compaction and muddy trenches, which are unfavorable to spear growth and harvesting operations. Drip irrigation is a water and labor saving alternative to avoid these problems. The purpose of this study is to compare the differences in yield and quality of asparagus by drip and furrow irrigation in greenhouses. After two years of experiments, the results showed that the yield of the spears in drip irrigation was significantly higher than that of the furrow cultivation. The tenderness survey of spears showed that the shear force required for cutting and the variability in drip cultivation was lower than those in furrow irrigation. In addition, the water consumption of drip irrigation was 50% lower. This research has proved that producing asparagus in greenhouses with drip irrigation is much better in yield and quality of spears. It can also save water resources and increase the benefit to farmers.

What is already known on this subject?

The occurrence of stem blight can be controlled by the rain protection in cultivation of asparagus, which is also a good way to avoid damage by typhoons and heavy rain. However, furrow irrigation is still mainly used today, which can cause weed growth, soil compaction, muddiness, and more water consumption. It is unfavorable for spear growth and harvesting due to excessive water.

What are the new findings?

The principles of drip irrigation management in greenhouse asparagus production was established according to the water needs at different growth stages. In addition, the utilization of soil EC and moisture monitors can help producers maintain adequate fertigation levels.

What is the expected impact on this field?

It has confirmed that it is possible to improve yield and quality by using drip irrigation, as well as reduce irrigation water consumption in greenhouse asparagus production. If producers adopt this method, it is expected to improve the competitiveness of the greenhouse asparagus industry in the future.

Key words: Asparagus, Greenhouse production, Drip irrigation, Yield, Shear force

Accepted for publication: October 5, 2018

1. Contribution No.492 from Tainan District Agricultural Research and Extension Station.
2. Associate researcher and chief of Yichu Branch Station, assistant researcher, and former junior specialist., Tainan District Agricultural Research and Extension Station. 70 Muchang, Hsinhua, Tainan 712, Taiwan, R.O.C.