

12 精準果園之水管理

一 果園多功能自動灌溉噴霧系統 在果樹產業上的應用

施昭彰

行政院農業委員會農業試驗所園藝組

E-mail: jcshih@wufeng.tari.com.tw

摘要	144
壹、前言	144
貳、國內外應用實例	145
參、結語	152
肆、參考文獻	152
英文摘要	154

12 精準果園之水管理

—果園多功能自動灌溉噴霧系統 在果樹產業上的應用

施昭彰

行政院農業委員會農業試驗所園藝組

E-mail: jcsih@wufeng.tari.com.tw

摘要

噴霧藉蒸散吸熱降溫或釋放潛熱加溫，長久以來一直是園藝上習知之有效控溫措施。然而，無論是作物生產環境之降溫或增溫系統均必須配合作物生長之生理條件及規律加以機動有效的調節才有意義。作者針對上述訴求收集國外有關之文獻資料，加以研發，完成人工智慧型多功能自動灌溉噴霧系統以克服作物之生理障礙，改善生育環境條件，初步應用在多種果樹之誘引花芽分化、滿足低溫需求、催花、延緩果實之成熟、避開逆境與某些設施作物之病蟲害之生態及物理防治上極具成效。

關鍵詞：精準、果園、水管理、多功能、自動灌溉噴霧系統。

壹、前言

台灣果樹栽培面積廣達廿二萬餘公頃，其中約有三分之二是屬於坡地果園，在果園管理上灌溉、施肥、噴藥及防災一直是影響果樹開花與結果的重要田間管理項目，特別是灌溉受限於水資源不足及正確合理用水觀念之缺乏，絕大部份果園不能正確灌溉，不利果樹開花及著果，影響產期及果實產量及品質甚鉅。近年來由於農村人力老化，勞動力不足及生產成本居高不下，傳統果園之管理方式已難以因應市場之變化及衝擊，因此，果園管理導入

現代化之觀念及設計進行自動化及機械化有其重要性及急迫性。

尤其在台灣加入世界貿易組織後，產業將發生巨大變化，如何加強未來有競爭力果樹產業之發展能量是農業轉型成功的主要課題，必須對這些有競爭潛力產業進行體質改善。

台灣位處溫暖地區，每年各種作物均會存在因環境失調引起之各種生理障礙，爲了保障作物，穩定生產並調節產期，調整市場供銷，有必要以作物生理資料配合經濟有效的自動化環境調控技術來改善生產環境。

個人以爲以下的產業規劃有利於達成

上述之訴求及目的：

一、落葉性果樹如梨、桃等低需冷性品種應加強高品質早果之穩定生產，以產期及市場區隔保障競爭力。

二、亞熱帶及暖溫帶果樹如荔枝及枇杷等生理對環境因子尤其是溫度極為敏感，而生產受地理、氣候侷限與市場保障的作物，常受異常氣候影響而無法穩定生產，應加強生理調節技術，以穩產及早產滿足市場需求。

三、熱帶果樹如蓮霧、印度棗等在本省生產有獨特技術及供鮮食用，具備區域生產之競爭優勢，但常遭受寒害、焚風及紅蜘蛛為害，生產一直無法受到保障，品質也難以穩定，應以環境調節技術改善微氣候保障生產。

遮陰及噴灑水霧藉蒸散吸熱降溫或釋放潛熱加溫，長久以來一直是園藝上習知之有效控溫措施。然而，無論是作物生產環境之降溫或加溫系統均必須配合作物生長之生理條件及規律加以機動有效的調節才有意義。作者針對上述訴求收集國外有關之文獻資料，加以研發，完成人工智慧型自動噴灑水霧蒸散降溫系統以克服作物之生理障礙，改善生育環境條件，初步應用在蓮霧之誘引花芽分化及催花作業，梨及桃樹之滿足低溫需求提前開花及延緩果實之成熟與某些設施作物之病蟲害之生態、物理及生物防治上。完善的系統有待進一步的檢驗及持續的改良，並應用在其他作物產業上。

貳、國內外應用實例

1. 國外農作物利用噴霧降溫之實例

(1) 利用噴霧降低樹冠微氣候溫度之實

例：

南非使用間歇式噴霧法降低澳洲胡桃樹冠的溫度(Allan *et al.*, 1994)，樹冠噴霧通常降低樹冠溫度到介於氣溫與濕球溫度之間，經過試驗一分鐘的噴霧時間對降溫較有效，持續的間歇噴霧能導致樹冠的溫度迅速下降。在大熱天，一棵噴濕的樹大約要花4~5分鐘完全乾掉，而一棵乾的樹噴濕後大約花費2分鐘可降溫4°C以上。當氣溫超過45°C時，噴濕的樹冠以紅外線感熱儀偵測平均是27°C，而對照的乾樹是42°C，噴霧降溫的功效確實十分顯著。

(2) 利用噴霧降低果實溫度之實例：

美國華盛頓州立大學利用噴霧降低蘋果果實溫度所使用的水量以每公頃每秒6公升以上效果較佳。在晴朗無雲氣溫達到40°C的條件下每公頃每秒噴6.25公升的水霧可以保持蘋果果實溫度接近所選擇的溫度範圍。經由以果實溫度為基準的自動蒸發冷卻間歇式噴霧能達到最少用水量的最佳生理效果 (Evans *et al.*, 1996)。

(3) 應用噴霧降溫調節作物生理，以避開不利天候之實例：

噴霧降溫能夠調節果樹的休眠需求、抗寒能力、調節開花時間，以避開不利天候。微噴霧是保護作物免於不利環境的有效工具，如柑桔可因水霧中釋出的潛熱免於霜害，溫帶果樹可因水霧蒸發散熱降溫滿足低溫需求，也可因降溫延遲開花避開霜害，可調節不同品種花期以利雜交授粉，減少因日燒引起的落果及損傷，及改善果皮著色，如蘋果等 (Spieler, 1994)。

A. 桃子及油桃

(a) 當樹溫超過18°C時藉著間歇性噴灑水霧可以延緩“陽金”及“陽富”油桃及“佛羅達金”桃子達14天之久。以55%不織

布遮陰可以提早開花展葉。某些品種噴灑水霧會造成芽體嚴重脫落。遮陰及噴灑水霧可降低形成層的溫度達5-10°C，因而延遲收穫期達5-7天之久(Buchanan *et al.*, 1977)。

(b)以色列利用噴霧蒸發降溫促進油桃萌芽有效，當日溫高於16°C時以樹冠噴霧降溫可降低芽溫3到5°C而促成葉芽及花芽提早萌發(Erez and Couvillon, 1983)。

(c)佛羅里達大學以桃“佛羅達金”及油桃“陽金”及“陽光”進行噴霧降溫，可以使休眠期的花芽提早7-13天開花，在休眠期之後連續噴水降低氣溫則延遲開花(Gilreath and Buchanan, 1980, 1981)。

(d)在美國南方晚霜經常會摧殘桃花造成重大損失，因此使桃樹晚開花的方法將會是有利的，蒸散降溫可以延緩植株開花，同時對於某些地區的某些年份低溫不足以終止芽體休眠也有幫助。桃樹於後休眠期開花前自1月1日起連續噴霧兩個月，蒸發冷卻抑制了桃芽的發育，延遲開花達10~15天，結果數由24個/株增加到206個/株，有顯著防霜的效果(Lipe *et al.*, 1977)。

(e)“紅哈芬”桃子於冬季休眠期終了(1月22日)爲了延長休眠減少冷凍低溫的傷害，當氣溫高於4.4°C時進行噴水霧蒸散降溫直至4月15日盛花時停止，共噴了1040毫米的水量，可使花期延遲。最適啓動噴霧系統的乾球溫度爲6.7°C可降溫約2°C並省水37%(Barfield *et al.*, 1977)。

(f)桃休眠芽經噴霧降溫及遮陰之後，芽頂端之分生組織離層酸含量顯著降低。這一資料支持噴霧能經由溫度、光線及淋洗效應影響芽體休眠的觀點(Freeman and Martin, 1981)。

(g)於晚冬桃子樹體休眠完成及春天盛花前噴霧，蒸發冷卻抑制花芽的發育，延遲開花達15天，樹體溫度降低達6.5°C，木質部耐寒能力上無顯著差異，於三月初噴霧的花芽耐寒能力優於無噴霧處理者，但三月末時則相反，噴霧增加死花數(Bauer *et al.*, 1976)。

(h)以色列利用噴霧蒸發降溫促進油桃萌芽有效，當日溫高於16°C時以樹冠噴霧降溫可降低芽溫3到5°C(Erez and Couvillon, 1983)。

(i)當氣溫高於7.2°C時，以間歇噴霧每間隔75秒每小時噴0.2毫米水霧，於2月11日起噴一個月，蒸發冷卻抑制了桃芽的發育，延遲開花達7~14天，果實成熟期晚了4~7天，延遲開花使霜害減少了一半以上，但考慮到果實延遲成熟，價格降低及設備成本的投資，延遲開花不被推薦(Chesness *et al.*, 1978)。

B. 蘋果

(a)於英格蘭東南部蒸發冷卻抑制蘋果芽的發育，延遲開花達17天，足夠去避開霜害(Hamer, 1980)。

(b)蘋果於2月27日起溫度高於4.5°C時開始噴霧降溫直到未噴霧處理的樹滿花時爲止，以延遲開花避開晚霜。蒸發冷卻抑制蘋果芽的發育，延遲開花達14天，但因噴水造成芽含水量增加，芽變得較不能忍受低溫，所以沒能達到預期防霜的目的(Hamer, 1981)。

(c)於晚冬及春天蒸發冷卻抑制蘋果芽的發育，延遲開花達3~10天，霜害發生的程度決定於芽發育的程度及含水量(Hamer, 1983)。

(d)樹冠微噴霧以蒸發降溫可延遲杏花10天，桃花13天及蘋果18天開花，電子式

葉面溼度感應器控制噴霧作業要較一般固定式時間控制器來得經濟有效(Hewett and Young, 1980)。

(e)蘋果樹於九月中及十月噴霧降溫後，花芽降溫12.5°C，樹幹降溫18°C。早秋及冬季的冷凍測試(-10~-21°C)顯示噴霧可使蘋果樹增加高達6°C的抗寒力(Raese, 1981)。

(f)紐西蘭應用噴霧蒸發降溫延遲蘋果開花，於樹冠內放置溼度感應器控制噴霧作業可較機械式時間控制器減少24%的用水需求(Young *et al.*, 1979)。

(g)紅元帥及依達紅蘋果於超過8.3°C時以樹冠上噴霧可延遲盛花4-7天，蒸散降溫於氣溫-5 或 -8 °C時施行可顯著促進花芽存活，預估耐寒力約增加4°C(Swartz *et al.*, 1977)。

(h)在英屬哥倫比亞，從四月16日至五月16日當日曬芽溫高於7°C時，噴水霧蒸散降溫，延遲蘋果開花達17天，可有效避免霜害(Looney and McMechan, 1975)。

(i)“紅元帥”蘋果當日溫高於7°C時，以自動噴水霧2分鐘的循環來蒸散降溫，可降芽溫約2°C，延遲開花達17天(Anderson *et al.*, 1975)。

C. 梨樹

(a)噴霧降溫能噴霧延遲梨樹開花8~15天，晚熟0到7天，增加著果率及種子含量，但也使梨減重6~12%(Collins *et al.*, 1978 b)。

(b)耐凍測試顯示巴黎的樹勢及花芽發育階段沒有耐凍性差異，蒸發降溫引起花期推遲但也損失花芽耐凍性(Strang *et al.*, 1980)。

D. 葡萄

(a)在美國德州生產葡萄主要的風險來

自於萌芽前的霜害，從一至四月當氣溫高於10°C時，每4分鐘噴霧 25秒，延遲開花達8天，可有效避免霜害(Lipe *et al.*, 1992)。

(b)在義大利比薩平原葡萄爲了要避開萌芽前的霜害，從萌芽前30至63天當氣溫高於8°C時，以溼度感應器自動噴霧降溫，延遲開花10-12天，但不能有效避免霜害，所以噴霧降溫防霜不值得推薦(Guerriero *et al.*, 1987)。

E. 柑桔

於佛羅里達當冬季風平輻射霜形成條件下微噴霧因於冰晶形成時釋出溶解熱化冰可有效保護年輕柑桔樹幹及分枝免於霜害，但於乾燥有風結霜的夜晚此法無效(Parsons *et al.*, 1982)。

F. 草莓

草莓利用微噴霧系統於春天可防霜，減少芽死亡，夏天可降溫，顯著增產(Goulart *et al.*, 1993)。

(4)應用噴霧降溫改善作物生育條件，促進開花、增加產量、改善品質。

A. 葡萄：噴霧降溫能促進葡萄早而整齊的萌芽。百烈特及湯普森無子葡萄於秋冬季每天從早上6點至下午6點以樹冠微噴法單獨使用或配合修剪後噴施氰酸，結果是蒸發冷卻降低芽溫，於直接日照下從30°C降至16°C，於遮陰下從25°C降至13°C。蒸發冷卻促成葡萄早而整齊的萌芽，但氰酸與其合用時僅在芽萌發的初期有效。百烈特噴施氰酸增產6%而蒸發冷卻增產6~24%，二者合用時增產17~46%，當蒸發冷卻時間延長後增產25%，但氰酸與其合用時僅比未處理者增產11.6%(Klein *et al.*, 1988)。

B. 澳洲湖桃：於南非亞熱帶的氣候條件下，噴霧降溫能顯著提昇澳洲湖桃的品

質。

C. 奇異果：幫助奇異果打破休眠，改善開花，增加著果數及產量(Allan *et al.*, 1994)。

(5)應用噴霧降溫促進果實著色，免於日燒，提昇果實品質。

果實著色的發展受到栽培及環境因素的影響，最重要的環境因素是溫度及光。溫度對花青素的累積及紅色的表現有非常顯著的效果，低溫促成花青素的合成而高溫卻抑制此一過程。如樹冠噴霧降溫對促進蘋果果皮紅色的表現有十分顯著的效果，目前已在蘋果生產上實用化。降溫除了在溫暖地區減少熱對花青素形成的抑制累積效應而促進花青素形成外尚可降低果實呼吸率而達到較好果實品質的結果，樹冠噴霧也因移去葉表的浮塵微粒而改善光合能力。

A. 噴霧蒸散降溫可顯著減少蘋果日燒的發生(Kotze *et al.*, 1988; Evans *et al.*, 1993; Andrews, 1995)。

B. 噴水霧蒸散降溫改善“紅元帥”蘋果著色促進果實成熟及品質(Unrath, 1973; Unrath and Sneed, 1974)，增加可溶性固形物及大小(Unrath, 1975)，減少苦痘病等生理病變(Unrath and Sneed, 1974; Unrath, 1975)。

C. “優納金”蘋果以間歇式的樹冠噴霧蒸發降溫能降低陽光的傷害達9.4~15.8%，當沒有噴霧的果實平均溫度達45.6°C時，噴霧能降低果面的溫度最高達8.1°C。噴霧能緩和果實溫度的上昇。與暴露於陽光下的果實相較，遮陰的果實僅能依賴噴霧降低1~2°C。噴霧降溫能增加酸度，對果實貯藏力有正面的效應(Parchomchuk and Meheriuk, 1996)。

D. 蒸發降溫系統使得加州橘郡草莓免於日燒，改善品質(Valentine, 1980)。

2. 國內外應用噴霧抑制病蟲害之實例：

(1)蟲害的物理防治：

A. 噴灑水霧抑制蘋果歐洲紅點葉蟬、二點葉蟬在不危害的族群數水準下(Olcott-Reid *et al.*, 1981)。

B. 樹冠噴水霧對延遲梨木蝨產卵有非常顯著的效果(Collins *et al.*, 1978 a)。

C. 在國內作者及研究同仁以噴水霧抑制甜瓜的二點葉蟬及銀葉粉蝨有十分顯著的效果。

(2)病害的物理防治：

A. 噴水霧在病害的效果較引起爭議，在美國華盛頓州果樹試驗站的試驗結果雖發現蘋果瘡癩病、黑星病在兩年的第二年有增加但感染比率並沒有在兩年的試驗裡有顯著的改變，影響的關鍵可能在噴霧的時間，頻度，噴霧間距，噴水量(Olcott-Reid *et al.*, 1981)在這一方面國內外均還缺乏科學性的研究。

B. 樹冠噴水霧對梨火傷病發生有利(Collins *et al.*, 1978 a)。

C. 在國內作者及研究同仁以噴水霧抑制甜瓜的白粉病有相當顯著的抑制效果。

由以上結果顯示，似乎要以噴水霧達到抑制某些病害(如白粉病)而不引起其他病害的發生中間存在若干研發空間，如能徹底了解各主要病害之發病環境並利用智慧型噴霧自動化系統作短時間歇性的噴霧除抑制蟲害，提昇生理效應外，對病害的發生也能作合理的管理，這種模式的建立對於減少化學藥劑的施用上有相當正面的意義。

3. 國內應用噴霧於果園管理之實例：

果園多功能自動噴灌系統係針對果樹產業之規劃提供技術上之支援，以達到灌溉施肥合理化、便利化、精確化，產期可調化及生產保障化等目的。

果園多功能自動噴灌系統包含以下三個子系統：

- ①灌溉施肥自動化系統。
- ②自動化噴霧防災系統。
- ③自動化噴霧生理調節系統。(系統二及三見圖1)

以下就各個系統的目的、作物對象、作用原理及功能逐項說明。

益之果樹作物。

C.作用原理及實施要項：

(a)以電磁感應式土壤水分張力計依果樹作物需水之土壤水分張力狀況設定水分張力值，進行管路自動化灌溉作業。

(b)當土壤水分潛勢值即將踰越作物需給水之設定值時，也就是當土壤變得較乾旱而需要灌水時，電磁感應式水分張力計即自動感應而啟動馬達或/和打開電磁閥灌水，俟水分張力計指針因供水後舒解張力、壓力下降指針偏離感應磁場後停止供水。

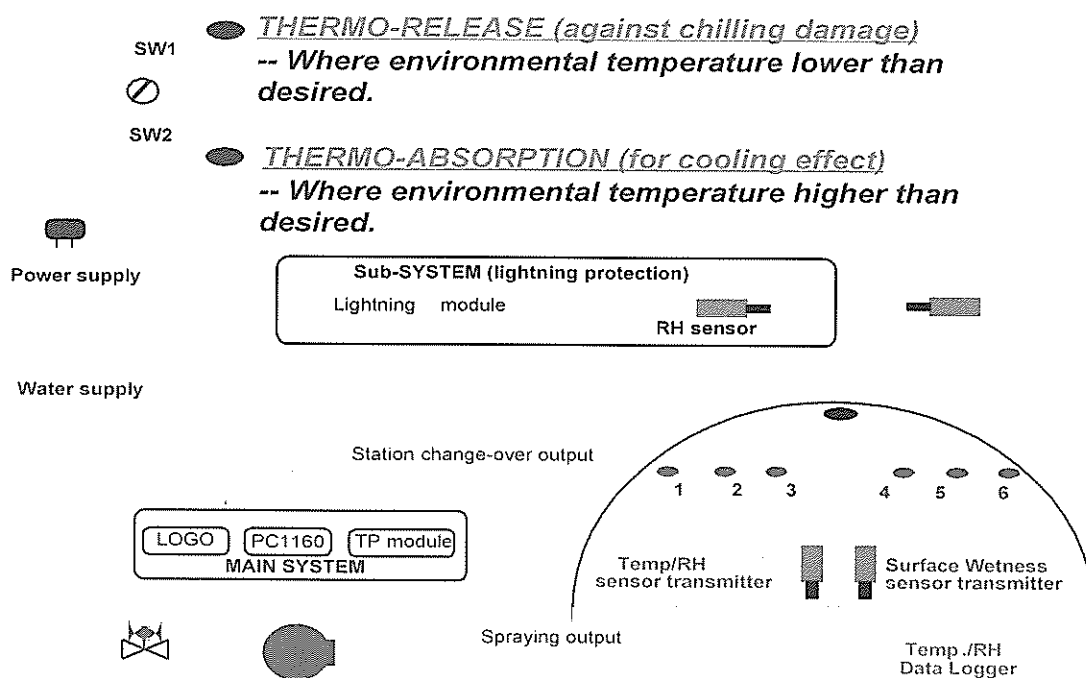


圖1. 自動化噴霧防災及生理調節系統。

(1)果園灌溉施肥自動化系統

A.實施目的：

建立各類果園灌溉施肥自動化生產模式，以達到省水、降低生產成本、管理合理化、提昇果品質量之目的。

B.作物對象：所有有灌溉施肥經濟效

(c)為防止灌水量與指針感應上之時間落差應聯結時間控制器遲滯灌溉動作，以便較為精確合理灌溉。

(d)為利用灌溉系統發揮施肥效果，液態肥料可以事先設計規劃好以不同組合肥料液桶配合肥料分注器利用灌溉管路進行

自動施肥作業。

(e)本系統可以電磁閥及時間控制器分區實施，以大幅降低設施成本提高使用效能。

D.執行成果：

目前已於國內設立各類果園示範推廣點十四處，推廣面積十公頃以上，並辦理系統之示範觀摩會四場，編印果園自動灌溉技術手冊及果園多功能防災自動化技術手冊各一份，廣為告知農民加速落實灌溉施肥、防災自動化科技。

(2)果園自動化噴霧防災系統

A.裝設目的

(a)預防果實因寒流突襲氣溫劇變、結霜造成之生理傷害及落果。

(b)預防回南焚風短時乾熱之氣候造成果實皺縮、燒傷等生理傷害。

(c)預防高溫乾燥通風不良氣候造成紅蜘蛛類發生為害葉片的情況。

B.作物對象

(a)容易因突發之低溫造成傷害之果樹種類如梨、枇杷、蓮霧等。

(b)在焚風肆虐下易造成傷害之果樹種類如番荔枝類、枇杷、印度棗、梨、蓮霧等。

(c)在高溫乾燥氣候下發生紅蜘蛛類為害之果樹如網室木瓜、印度棗、葡萄、柑桔、桃、枇杷、草莓等。

C.作用原理及實施要項

(a)預防寒害及霜害

於寒流或霜害來襲前將溫度感應器設定高於寒害或霜害發生之臨界溫度 $1-2^{\circ}\text{C}$ ，當低溫來臨時溫度感應器感應到低溫自動啟動馬達灑水，利用地下水或加溫後的水或熱風加溫水噴灑水霧於果樹樹冠上，利用水之物理性降溫放熱的原理緩和氣溫驟

變，形成保護樹冠之緩衝空間。

實施上應特別注意之處在臨界低溫下整個系統必須持續運作不能中斷，否則水分蒸發會吸熱使溫度更形降低，造成更大傷害，使用上要特別審慎。

(b)預防回南焚風之乾熱氣候

當回南焚風盛行之前，將空氣濕度感應器設定高於會造成焚風傷害之空氣濕度，俟乾熱之空氣吹襲時，空氣濕度感應器自動啟動馬達噴灑水霧，抑制蒸散作用防止果實及葉片因急遽失水造成的皺縮及燒傷。

(c)防治紅蜘蛛類之發生及危害

一般紅蜘蛛好發於高溫乾燥不通風的環境下，利用自動噴灑水霧的方式改變生態環境，讓紅蜘蛛類生病死亡是紅蜘蛛防治的最高境界，省錢、省工又不會造成紅蜘蛛抗藥性，此種物理性環境保護效益遠大於生物防治及化學防治。防治要領是當溫度及濕度條件適合紅蜘蛛發生之前，以溫度及濕度感應器啟動自動噴霧管路系統，作短時間歇性之噴霧即能得到很好的效果，同時因間歇式噴霧不會讓病害孢子有機會發芽，能阻絕病害之發生。

本系統可以電磁閥及時間控制器分區實施以降低設施成本，提高使用效能。

D.執行成果

(a)預防寒害之發生

八十七年度農試所於高雄六龜及屏東鹽埔裝設兩處各0.3及1.0公頃示範園，八十七年二月寒流過後寒害發生率幾乎等於零，而附近之對照組果園則落果十分嚴重，經濟效益非常顯著。

(b)預防焚風為害果實及葉片

八十五、八十六年度農試所於台中新社、苗栗大湖及台東太麻里四戶枇杷農家

裝設此一樹冠上自動灑水防焚風系統，效果十分顯著。能夠有效保護果實及葉片，防止過度之蒸散作用及燒燙傷。

(c)防治紅蜘蛛之發生及危害

農試所內之枇杷園及溫室裝設此一以溫濕度感應器及時間控制器自動控制之噴霧系統後，紅蜘蛛類已不再發生，同時也少有病害發生，防治效果十分顯著。

(3)自動化噴霧降溫生理調節系統

一般而言在台灣具生產競爭力之果樹種類生產潛能並未完全發揮。就生理方面而言，左右產期的主要因素在花芽分化的誘引及促成開花結實上，而溫度是控制這些進程的主要環境因子。由於氣候多變化，穩定掌握微氣候因子就成了產業興衰的關鍵因素。

A.本系統之主要功能、實施目的及作物對象

(a)輔助相關配套技術克服低溫不足問題

在溫暖地區如台灣除了育成低需冷性品種來克服低溫不足的問題之外，農場管理上的操作配套對於降低樹體低溫需求也是很重要的。這些配套技術包括：控制樹體活力；整枝成45°或水平的型式；防止晚期的營養生長並延遲冬季修剪；使用化學催芽藥劑；遮陰及使用樹冠上微噴技術以蒸散降溫降低芽體溫度等。

(b)高溫期提供適低溫以改善生育條件或延緩採收

對環境因子中之溫度敏感而能以降溫誘引及穩定花芽分化的果樹作物如荔枝、柑桔、蓮霧等；或於果實著色期提供適低溫促進著色的果樹作物如柿、蓮霧、葡萄等；或於高溫採收期因果實快速成熟品質極易劣化，有採收時間之壓力的果樹作物

如桃、李、梨、葡萄等。

B.作用原理及實施要項

(a)作用原理

利用水的物理性每一公克水汽化成一公克水蒸氣吸熱539卡，噴霧能夠實際有效降低果園樹冠內之溫度，對於有低溫需求的果樹可達到調節果樹生理效應的目的。決定水汽化成水蒸氣的速率在於空氣濕度的高低及風速的強弱，先決因素是濕度。因此，以空氣濕度感應器作為降溫的感應器，是合理的選擇。當需要噴水降溫時可設定空氣濕度值，讓空氣濕度感應器自動啟動馬達進行樹冠的管路噴霧，並以時間控制器管制間歇性的噴霧動作，以使噴出的水霧有充分的時間汽化節省用水並防止病害發生。

(b)實施要項

建立經濟有效的人工智慧型自動噴灑水霧蒸散降溫生理調節系統之必要設計及模式：經由試驗測知並建立欲調節作物之生理溫度資料後，設定溫度及相對濕度之生理預設值，作為調控作物生理之基準。基本上，一套經濟有效的人工智慧型自動噴灑水霧蒸散降溫生理調節系統應包括以下必需配備：

(i)獨立濕度系統避雷單元：當大氣濕度達100%相對濕度時，無條件自動切斷主控系統之電源，以免系統感雷或直接遭受雷擊。

(ii)主要控制系統單元：包括大氣溫度感應器、邏輯程控器組；表面濕度感應器、大氣濕度感應器及邏輯程控器組；時間控制器或樹體溫度感應處理器，邏輯程控器組及分區控制之邏輯模組。各型感應器與邏輯程控器經與已燒錄有不同工作模式之邏輯模組配合可執行最佳化之生理調

節模式。

當大氣溫度在設定之高低臨界溫度範圍內，而樹體表面濕度及大氣濕度低於其生理預設值時，系統啟動馬達進行噴水至樹體全濕後換區噴水。樹體表面濕度感應器於全區每輪次加濕後自動停止系統供水，以保留時間供樹體表面之水分蒸散吸熱降溫，俟樹體表面完全乾燥而樹體溫度開始回升一定溫度後，始容許下一輪次噴水模式的持續執行。因氣候多變化，所以何時需進行下一輪迴之噴水必須仰賴樹體溫度感應追蹤處理器，因為作物於自動噴霧系統動作後，經水分蒸發吸熱降低樹體溫度後，樹體溫度會再度緩慢上升。樹體溫度感應追蹤處理器可於樹體再度上升一定溫度後，下指令進行下一輪迴動作，逢機抓取最低再現溫度，能有效保持最低樹溫及節約水電。運作模式如下：

①當大氣溫度雖在高低二臨界溫度範圍內，而樹體表面濕度或大氣濕度已到達或高於其生理預設值時，系統不啟動給水。

②當大氣溫度在高臨界溫度以上或低臨界溫度以下，則不管樹體表面濕度和大氣濕度如何，系統也不啟動給水。

③當大氣溫度在高低二臨界溫度範圍內，而樹體表面濕度和大氣濕度仍低於其生理預設值時，系統啟動馬達給水。為降低設施成本、提高利用效率，本系統可以電磁閥及時間控制器分區實施噴霧動作。

C. 執行成果

蓮霧以噴霧降溫誘引及穩定花芽分化的效果極顯著；甜柿、葡萄以噴霧降溫促進果實及早著色的效果極顯著；桃在高溫採收期因噴霧降溫能極有效延緩成熟並改善果實著色；草莓在傍晚噴霧能有效降溫

並增加日夜溫差極顯著提昇果實甜度及大小。

參、結語

面臨全球市場的自由化及區域分工時代，台灣的水果產業已不能自外於這個體系，以往以單一技術取勝即能縱橫市場的時代已一去不返。未來面臨此一嚴峻競爭情勢，只有從整合產業的各個部門著手，以產業生計(經濟)為目標，從改善生產者及消費者生活著眼，兼顧環保及生態平衡，才能從農業經營的困境中解脫出來。果園多功能自動噴灌系統呼應上述之主張，結合市場、氣候、植物保護綜合防治、生理及栽培技術等各個部門之分工合作關係，作果園之精準管理以開發具永續發展相對優勢之重點產業，應是未來急需採行、推廣的觀念及作法。

肆、參考文獻

- Allan, P., N. A. Cullis, M. J. Savage and K. E. Lightbody. 1994. Effects of evaporative cooling on macadamia and kiwifruit. *J. of the Southern African Soc. Hort. Sci.* 4(1):16-20.
- Anderson, J. L., G. L. Ashcroft, E.A. Richardson, J. F. Alfaro, R. E. Griffin, G. R. Hanson and J. Keller. 1975. Effects of evaporative cooling on temperature and development of apple buds. *J. American. Soc. Hort. Sci.* 100(3): 229-231.
- Andrews, P. K. 1995. Evaporative cooling of Fuji apples. *Good Fruit Grower*

- 46(12):32-34.
- Barfield, B. J., G. M. White, T. C. Bridges and C. Chaplin. 1977. Improving water use in sprinkling for bloom delay. *Transac. ASAE*. 20(4): 688-691, 696.
- Bauer, M., C. E. Chaplin, G. W. Schneider, B. J. Barfield and G. M. White. 1976. Effects of evaporative cooling during dormancy on 'Redhaven' peach wood and fruit bud hardiness. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 101(4):452-454.
- Buchanan, D. W., J. F. Bartholic and R. H. Biggs. 1977. Manipulation of bloom and ripening dates of three Florida grown peach and nectarine cultivars through sprinkling and shade. *J. Amer. Soci. Hort. Sci.* 102(4):466-470.
- Chesness, J., C. Hendershott, and G. Couvillon. 1978. Evaporative cooling of peach trees to delay bloom. *Georgia Agric. Res.* 19(4):21-24.
- Collins, M. D., P.B. Lombard and J. W. Wolfe. 1978a. Effects of evaporative cooling for bloom delay on 'Bartlett' and 'Bosc' pear tree performance. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(2): 185-187.
- Collins, M. D., P. B. Lombard and J. W. Wolfe. 1978b. The effects of evaporative cooling for bloom delay on 'Bartlett' and 'Bosc' pear fruit maturity and quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103(2): 187-189.
- Erez, A. and G. A. Couvillon. 1983. Evaporative cooling to improve rest breaking of nectarine buds by counteracting high daytime temperatures. *HortScience* 18(4): 480-481.
- Evans, R. G., M.W. Kroeger and M. O. Mahan. 1993. Evaporative cooling of apples by overtree sprinkling. *American Society of Agricultural Engineers No.* 93-2060. 11 pp.
- Evans, R. G., M.W. Kroeger and M. O. Mahan. 1996. Evaporative cooling of apples by overtree sprinkling. *Applied Eng. Agric.* 11(1): 93-99.
- Freeman, M. W. and G. C. Martin. 1981. Peach floral bud break and abscisic acid content as affected by mist, light, and temperature treatments during rest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(3): 333-336.
- Gilreath, P. R. and D. W. Buchanan. 1979. Evaporative cooling with overhead sprinkling for rest termination of peach trees. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society. Publ.* 1980. 92: 262-264.
- Gilreath, P. R. and D. W. Buchanan. 1981. Floral and vegetative bud development of 'Sungold' and 'Sunlite' nectarine as influenced by evaporative cooling by overhead sprinkling during rest. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 106(3): 321-324.
- Goulart, B. L., P. H. Heinemann, T. Stombaugh, K. Demchak and C.T. Morrow. 1993. Automated irrigation for strawberry production. *Acta Hort.* 348: 196-206.
- Hamer, P. J. C. 1980. A model to evaluate evaporative cooling of apple buds as a frost protection technique. *J. Hort. Sci.*

- 55(2): 157-163.
- Hamer, P. J. C. 1981. The effects of evaporative cooling on apple bud development and frost resistance. *J. Hort. Sci.* 56(2): 107-112.
- Hamer, P. J. C. 1983. Evaporative cooling of apple buds: the effect of timing of water application on bud development and frost resistance of the cv. Cox's Orange Pippin. *J. Hort. Sci.* 58(2): 153-159.
- Hewett, E. W. and K. Young, 1980. Water sprinkling to delay bloom in fruit trees. *New Zealand J. Agri. Res.* 23(4): 523-538.
- Klein, N. G., I. S. Lavee, G. Spieler and U. Barak. 1988. Improving grapevine bud break and yields by evaporative cooling. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 13(4): 512-517..
- Kotze, W. A. G., J. A. Carreira, O. Beukes and A.U. Redelinghuys. 1988. Effect of evaporative cooling on the growth, yield and fruit quality of apples. *The Deciduous Fruit Grower* 38(1): 20-24.
- Lipe, W. N., O. Wilke and O. Newton. 1977. Freeze protection of peaches by evaporative cooling in the post-rest, pre-bloom period. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(3): 370-372.
- Lipe, W. N., L. Baumhardt, C. W. Wendt and D. J. Raybush. 1992. Differential thermal analysis of deacclimating Chardonnay and Cabernet Sauvignon grape buds as affected by evaporative cooling. *Amer. J. Enology & Viticulture* 43(4): 355-361.
- Looney, N. E. and A. D. McMechan. 1975. Experiments in delaying apple bloom. *British Columbia Orchardist* 15(6): 6-7.
- Parsons, L. R., T. A. Wheaton and J. D. Whitney. 1982. Low volume microsprinkler undertree irrigation for frost protection of young citrus trees. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society.* 1981, 94: 55-59.
- Parchomchuk, P. and M. Meheriuk. 1996. Orchard cooling with pulsed overtree irrigation to prevent solar injury and improve fruit quality of 'Jonagold' apples. *Hortscience* 31(5): 802-804.
- Olcott-Reid, B., T. B. Sutton and C. R. Unrath. 1981. Evaporative cooling irrigation influences disease, insect, and mite pests of 'Delicious' apples. *J. Amer. Soci. Hort. Sci.* 106(4): 469-474.
- Raese, J. T. 1981. Increasing cold hardiness of apple trees by over-tree misting in early autumn. *Hort Science* 16(5): 649-650.
- Spieler, G. 1994. Microsprinklers and microclimate. *Intl. Water Irri. Rev.* 14(4): 14, 17.
- Strang, J. G., P. B. Lombard and M. N. Westwood. 1980. Effects of tree vigor and bloom delay by evaporative cooling on frost hardiness of 'Bartlett' pear buds, flowers, and small fruit. *J. Amer. Soci. Hort. Sci.* 105(1): 108-110.
- Swartz, H. J., L. J. Edgerton and L. E. Powell, Jr. 1977. The potential of evaporative cooling to delay bud break and dehardening of deciduous fruit trees in New York. *Proceedings of the Annual*

- Meeting - New York State Horticultural Society. 122: 172-174.
- Unrath, C. R. 1973. Interaction of irrigation, evaporative cooling, and ethephon on fruit quality of 'Delicious' apple. HortScience. 8(4): 318-319.
- Unrath, C. R. and R. E. Sneed. 1974. Evaporative cooling of 'Delicious' apples the economic feasibility of reducing environmental heat stress. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 99(4): 372-375.
- Unrath, C. R. 1975. Cool off for better apples. Amer. Fruit Grower 95(8): 11-12.
- Valentine, B. J. 1980. Evaporative cooling of strawberries in the field. Agric. Gazette New South Wales 91(3): 14-15.
- Young, K., N. H. Galbreath and E. W. Hewitt. 1979. A system for regulating sprinkling during evaporative cooling of apple buds to delay bloom. J. Agri. Eng. Res. 24(2): 209-213.

Water Management in Precision Orchard — The Application of Multifunctional Automatic Spraying System in Orchard

Jau-Chang Shih

Department of Horticulture, Taiwan Agricultural Research Institute, COA,

Taichung Hsien, Taiwan (ROC)

E-mail: jcsih@wufeng.tari.com.tw

Abstract

The function of the developed automatic multifunctional spraying system in orchard is to force the earlier harvest and to ensure the better quality and yield of fruits through improving growth environment and physiological regulation. Insect and disease control can also be improved by sophisticated use of this system. This system is a very useful tool for integration fruit production.

Key words: Precision, Orchard, Water Management, Multifunctional, Automatic Spraying System.