

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：會議)

赴美國參加園藝作物灌溉技術國際會議報告

報告人：洪偉屏（行政院農業委員會農糧處技正）

出國地點：美國

出國期間：中華民國九十二年八月三十日至九月七日

報告日期：中華民國九十二年十一月三十日

F1 / 009205005

系統識別號:C09205005
公務出國報告提要

頁數: 31 含附件: 否

報告名稱：園藝作物灌溉技術國際研討會

主辦機關：行政院農業委員會

聯絡人／電話：賴瓊珠／23126066

出國人員：洪偉屏 行政院農業委員會 農糧處 技正

出國類別：其他

出國地區：美國

出國期間：民國 92 年 08 月 30 日 -民國 92 年 09 月 07 日

報告日期：民國 92 年 11 月 30 日

分類號/目：F1／農技（耕作方法） F6／水利灌溉

關鍵詞：園藝作物，灌溉技術，蒸發散作用，水資源，水分關係

內容摘要： 本次研討會是以水果與堅果、葡萄、蔬菜及觀賞植物為主要議題對象，並著重於：作物水分需求（含水分生理與生產效率）、作物與水分關係（含氣象變化與水源供給）、灌溉時程規劃（含園藝作物灌溉模式及園藝栽培灌溉指標）、灌溉水質（環境變化對灌溉水之衝擊）等等。除分別在 Soil Sciences Buildings 與 Hunt Hall 兩個會場進行論文發表外，並在報到處（Memorial Union）每天有不同主題之海報展示（含相關廠商之測量儀器簡介與促銷）。整個研討會行程安排相當緊湊，共計 147 篇報告，與會人士多為各國學研機構教授或專家，雖然論文發表演場並無各簡報之書面資料，大家仍聚精會神聆聽有興趣的題目，並提出對應問題熱烈討論。原本以為討論內容可能除葡萄外甚少涉及與台灣類似之作物，但卻仍有發表有關荔枝、枇杷及一些熟悉之觀賞植物方面的研究報告，算是開了眼界，亦值得我們瞭解參考。

對於我國在作物灌溉技術之推行上，可經由本次研討會及參訪機會，吸取並參考引進氣候及地理條件類似國家之相關農業 know-how 技術及設備，增加我國農業競爭力，提高農民所得，以因應加入 WTO 後對農產品所遭遇之衝擊。同時，透過各項研討會議及技術參訪活動，蒐集與會各先進國家在農業灌溉方面各環節有關方面之作法及技術資訊，以供國內參考，對台灣農業之永續發展，應具正面效益。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

目次

頁次

赴美國出席會議人員名單	2
赴美國出席會議計畫行程表	3
壹、前言	4
貳、出席第四屆國際園藝作物灌溉技術研討會重點紀要..	6
UC Davis 登記報到，大會開幕暨參加「水分關係與氣象資 料庫」、「蒸發散作用、作物係數與模式化」、 「經濟效益與水分品質」、「灌溉時程與自動化 控制」等技術之分組會議	
參、參觀美國加州農業灌溉設施	14
N. California 參訪加州大學戴維斯分校農場，該校附近之 農莊灌溉設施，加州博覽會以及Napa Valley 酒莊葡萄園	
肆、主要心得	16
伍、建議事項	21
會議暨參觀照片	24

赴美國出席會議人員名單

出席人員 洪偉屏 行政院農業委員會農糧處 技正

赴美國出席會議計畫行程表

日期	活動內容	住宿
8/30(六)	去程 台北→美國(加州舊金山市)	舊金山市
8/31(日)	加州舊金山市→加州大學戴維斯分校 參訪加州大學戴維斯分校農場，以及附近農業灌溉設施	沙加緬度市
9/01(一)	登記報到、大會開幕、參加「水分關係與氣象資料庫」之技術分組會議 (Joint Session on Water Relations and Weather Data Sources)	沙加緬度市
9/02(二)	參加「蒸發散作用、作物係數與模式化」之技術分組會議 (Joint Session on Evapotranspiration, Crop Coefficients and Modeling)	沙加緬度市
9/03(三)	參加「水分關係及作物基礎量測」之技術分組會議 (Joint Session on Water Relationships, Plant based Measurements)	沙加緬度市
9/04(四)	參加「經濟效益與水分品質」之技術分組會議 (Joint Session on Economics and Water Quality)	沙加緬度市
9/05(五)	參加「灌溉時程與自動化控制」之技術分組會議 (Joint Session on Scheduling and Automatic Controls)，資料整理	沙加緬度市
9/06(六)	回程 (沙加緬度市→舊金山→台北)	

壹、前言

國際園藝學會(The International Society for Horticultural Science, 簡稱 I S H S) 於本(九十二, 西元 2003)年九月一日至五日, 在美國加州大學戴維斯分校召開園藝作物灌溉技術國際研討會。研討會主題包括氣象變化與水源供給、水分生理與生產效率、園藝作物灌溉模式、自動化灌溉設計與管理以及園藝栽培灌溉指標等。國際園藝學會(I S H S)遠在 1864 年即形成此一組織, 於 1959 年正式成立, 目前計有 128 個國家之園藝專家加入, 為卓越且獨立之世界級學術團體。國際園藝學會之宗旨在鼓勵與提昇園藝領域之各項研究, 並藉由所屬會員之論文發表、學術交流等活動, 加速推動園藝領域之科技合作及知識傳播, 俾建立全球化之溝通論壇網絡。

本年的「園藝作物灌溉技術國際研討會」是第四屆召開, 前三次分別在歐洲的西班牙(1992 年)、希臘(1996 年)及葡萄牙(1999 年)舉行; 係首次在美洲地區舉辦, 惟仍舊是在相似的氣候環境活動(加州與上述主辦國均屬地中海型氣候區)。本次會議地點選在園藝科技上國際知名之加州大學戴維斯分校(UC Davis), 該校於 1905 年創立, 創立之初為農業學院, 如今的戴維斯是加州大學中科系最完整的分校, 該校提供 150 種不同領域的學士學位、70 種研究所課程, 其中商學院的 MBA 在國際間排名第 50, 醫學院的排名更擠進世界前十名, 其它例如農學和環境科學、法律、管理學院、工程學院及文學院, 都頗具知名度, 使得戴維斯分校的師資享譽全球。目前加州大學戴維斯分校有超過 28,000 名學生, 研究生佔 23%, 國際學生約佔 8%。戴維斯市位於加州北邊在舊金山和著名太浩(Tahoe)湖區之間, 是一個友善的大學城, 擁有近 7 萬的人口其中半數的居

民是大學生和教職員，戴維斯市融合了小城的風情和大都會生活機能。此地交通十分便利，從戴維斯市開車到附近的城市都很方便，學生可以很輕易的到達舊金山這個全美最美麗的都市，到 Tahoe 湖體驗自然景觀及滑雪活動，或到世界知名的產酒地 Napa Valley 酒鄉。此次會議期間正值該校暑假（其為 quarter 制）期間，雖未能見識到戴維斯市被稱為「美國自行車的首都」之景觀，但感覺當地對於環保議題確實非常重視。

台灣地區作物灌溉系統之推廣已有 40 餘年之歷史，早年在農委會前身農復會、農發會之主導下，進行各項作物及灌溉試驗，奠定發展之基礎，迄 1983 年開始，更進一步全面推廣補助農民興設現代化作物節水管路灌溉設施。由於管路灌溉方法較傳統漫灌或溝灌等，約可節省 50% 以上水量，除可提昇灌溉用水效率外，另對於農業自動化、人力節省及農產品品質提高等，成效卓著。在作物灌溉技術之推行上，可經由本次研討會及參訪機會，吸取並參考引進氣候及地理條件類似國家之相關農業 know-how 技術及設備，增加我國農業競爭力，提高農民所得，以因應加入 WTO 後對農產品所遭遇之衝擊。同時，透過各項研討會議及技術參訪活動，蒐集與會各先進國家在農業灌溉方面各環節有關方面之作法及技術資訊，以供國內參考，對台灣農業之永續發展，應具正面效益。

貳、出席第四屆國際園藝作物灌溉技術研討會紀要

本屆研討會內容係以水果樹、堅果樹、葡萄藤、蔬菜及觀賞植物等之灌溉技術為主要議題，並著重於「作物水分需求(Crop water requirements)」、「植物水分關係(Plant water relationships)」、「灌溉方法設定(Irrigation scheduling)」、「灌溉水質(Water quality)」、「經濟灌溉(Economics of irrigation)」等方面科學新知之討論交流。

一、參加「水分關係與氣象資料庫」之技術分組會議討論重點

首先由美國農部專家 Mel Tyree (USDA Forest Service) 發表其抗旱觀點之主題報告(Keynote speech)，其提及若依據水資源專家預測，人類將會使用到地球上的所有淡水資源，作為飲食及灌溉用途。因此，不久之未來，可預見的是農業用水與作物收穫上需達到適當之妥協。以量測植物耐旱表現作為瞭解其抗旱機制之輔助指標，是吾人擬作為促使植物之水分利用效率(water use efficiency)發揮至最大限度，所必需明白的序幕(開端)。藉著基礎生物學方面的探討與明瞭，確有助於吾人更容易看到在農業用水或灌溉方式上的依循途徑。

聯合國糧農組織(Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO)之義大利學者 Michele Bernardi 認為，基於經濟與環保的考量，作物灌溉管理系統之改良，已成為重要之優先議題。許多情況下，灌溉控制是對於水資源、設備及人力管理之主要問題，其取決於減少水分供應與推薦農民最佳灌溉時機、數量間所獲得最佳作物產量與經濟效益所引發之水分管理策略，此一耕種技術之規劃並決定在 1. 作物種類、生產、

利潤等，2. 包括作物、土壤及氣象等考量因子之灌溉計畫，尤其氣象之變化。然而，水分精準管理策略受限於短暫與空間環境特性氣象資料之解析，局部地區作物適切資訊之應用等。所以，目前 FAO 已針對此開發出實用性工具，並避免缺乏世界各地之農業氣象資料，正藉由遙感與地理資訊系統 (remote sensing and GIS) 等技術，尤其將焦點放在開發中國家，收集其各處氣象資料，以便經專家鑑定後能建立一套可行性之灌溉管理系統。

二、參加「蒸發散作用、作物指數與模式化」之技術分組會議 討論重點

種植於加州海岸山谷之草莓為該州高經濟價值之作物，每年產值達 8 億美元，但其栽培地區之水源非常有限且昂貴。由於草莓對缺水非常敏感，當地農民千方百計以確保對其水分之供給，避免降低品質與影響產量。所有草莓生長於覆蓋塑膠布之高畦滴灌田，其灌溉設定方式多以栽培者之經驗為主，而非運用科學方法；因此，誠如許多之園藝作物一樣，對其作物係數 (Crop coefficients) 所知有限。美國農部農業研究中心 (USDA-Agricultural Research Service) 的 Trout 與 Gartung 憑藉小試區之實驗，結果發現植冠覆蓋比率 (Percent canopy cover) 為草莓 Crop coefficients 不錯的估算指數，並認為灌溉不足會減少其收穫，惟過度灌溉並不會導致產量降低，推斷一些栽培者在草莓過度灌溉上，可能超出達實際所需水量之 50%。

一般對於氣候進化之現實趨勢，多強調在乾旱化之風險問題。東歐羅馬尼亞 (Romania) 的 Paltineanu 與 Mihailescu 兩位學者，參考 Allen 等人開發的模式 (1998, FAO Irrigation and

Drainage Paper 56)，利用 the Penman-Monteith (PM) reference evapotranspiration (ET_o) values，Crop coefficients (K_c) 之推算方法，以桃、杏及鮮食與釀酒葡萄為試驗材料，經不同地點與年份、季節觀測結果得知，在半乾旱地區是可達成水分有效管理的預期結果。

- 註：1. 蒸發作用 (Evaporation)：指水由液體轉換成氣體之現象。
2. 蒸散作用 (Transpiration)：指水分經由植物移轉至大氣中之現象。
3. 蒸發散作用 (Evapotranspiration, ET)：指蒸發與蒸散作用兩者合併之現象。
4. 蒸發散作用參考值 (reference evapotranspiration, ET_o)：代表蒸發散作用率之數值，其單位為英吋或公釐。
5. 作物係數 (Crop Coefficients, K_c)：以蒸發散作用參考值來估計某特定作物之蒸發散作用率。

三參加「水分關係及作物基礎量測」之技術分組會議討論重點

美國加州大學之 T.C. Hsiao 教授表示，過去數十年來，吾人在作物水分關係與開發估算作物用水計量程序上，已有顯著進步。藉由評論最近各方之觀點，綜合探討作物用水、作物水分關係與灌溉管理等議題。1. 葉片與根部對缺水之差別性敏感度，其作用機轉，以及作物之缺水適應性與產量決定指標等。2. 根部與莖部之化學性或水文學上之訊息傳導，對於缺水灌溉措施上的決定角色。3. 氣孔在植物整體蒸散作用的角色，氣孔運動與蒸散傳導間關係，以及大氣因子對於氣孔與蒸散傳導控制植物之整體蒸

散作用之影響。4. 植物光合作用之水分利用效率與細胞間隙中二氧化碳濃度變化有密切關係，以往認為該二氧化碳濃度需維持恆定狀態，最近證據顯示，細胞間隙中二氧化碳濃度之相對濕度變化梯度是決定作物係數之重要指標。

以色列的 Ton 等四位學者以蘋果、桃、梅、奇異果、柿、柑橘、葡萄、芒果及酪梨為材料，在大尺度的田間進行園藝作物灌溉設定方法之監測試驗，主要結果為：1. 若果樹之樹幹、幼芽及果實係對失水情況具高度迅速且敏感的反應者，將是其灌溉控制之良好指標。2. 在灌溉良好之作物內，其水潛勢（water potential, WP）、樹幹／枝條（trunk/shoot, diameter maxima daily trend, DMT）及蒸氣壓差（vapor pressure deficit, VPD）之間呈現極佳之關連性。3. 校正後之 DMT/VPD 比率，可作為灌溉良好或缺乏作物之水分狀態指標。4. DMT 是土壤水分可利用性之良好指標。他們更認為適當節水與理想收益並不會抵觸。並藉由該國實際情況向大家舉例說明，以色列國土 2/3 係屬沙漠地區，雨量缺乏，水資源極為不足，降雨量南北不均，由 800 公厘至 0 公厘。然其建國 50 餘年來，已研發出高效能灌溉技術，並由過去以「噴灌」為主要之田間灌溉，持續發展到現今之世界首創的「滴灌」方法，目前灌溉面積中約 10% 採用滴灌。譬如採用滴灌之葡萄園，僅於樹根有效吸水區域之地面下，形成一類似繖型環狀之含水體，可將地表之蒸發量減至最少，直到土壤產生鹽化現象，才予以換土。

熱帶地區生產之芒果係屬於乳汁型植物（latex type sap conducting plant），一般水潛勢不易作為其水分狀態指標（water status indicator）。南非（South Africa）的 Damaske

與 Pavel 兩位學者以芒果樹為材料，研究其在乾旱循環下之水潛勢 (water potential) 與敏感度，研究結果以壓力彈 (pressure bomb) 來測量芒果樹，可獲得可靠之水潛勢變化資料。

荔枝的低產為世界性的問題，一般認為是受其開花強度不足所致，而在花芽分化前之乾早期有助於荔枝開花。印度 (India) 的 MITRA 與 Debnath 以 22 年生之荔枝為試驗材料，結果顯示 1. 推薦荔枝樹幹之水潛勢不得低於早晨葉片水潛勢 (-1.3Mpa)，相當於每 10-12 日澆水一次之砂壤土。2. 開花期與果實發育初期 (鮮果重量小於 1.0g) 對於缺水非常敏感，果肉重量亦較對照之不缺水者降低。

美國德州科技大學 (Texas Tech University) 之 Kjelgren 等教授在半乾旱、半潮濕及潮濕等三種地區進行膠皮糖香樹 (sweetgum) 水分利用與氣孔運動間關係的探討，結果當 sweetgum 處在乾旱氣候喪失水分時，其某一生長限制之程度，係因低濕度導致氣孔關閉影響，亦可能使得水分利用與 Eto 降低。

四、參加「經濟效益與水分品質」之技術分組會議討論重點

西班牙農藝研究服務中心 (Agronomic Research Service) 的 Aragués 博士認為，基於經濟與環境的觀點，確立作物對鹽分之耐受性是重要的。因為植物之鹽分耐受性具有生長處周遭環繞的依附效應 (ambient-dependency)，且此一探究試驗最好是在田間實際進行。這是對研究者極大之挑戰，尤其 (Among others)，受到土壤鹽度固有之短暫、空間性變化，以及作物未知的逆境表現，使得此一研究更加複雜。以年輕西洋橄欖樹

(olive trees) (*Olea europaea* L., cv. Arbequina) 為材料，藉由特殊設計方法與計算模式，進行其鹽分耐受性測試。結果顯示，olive trees 之耐鹽力與其年齡及暴露之時間成反比。

亞熱帶果樹之枇杷在地中海氣候區域種植面積逐漸增加，惟這些地區常有缺水問題。西班牙的 Cuevas 等四位學者開創一套合適之缺水灌溉調節策略 (regulated deficit irrigation, RDI strategy)，以枇杷為典型作物，應用促進開花之技術使其提早收穫，不但可以節約用水同時可以增加收益。其等更進一步推斷，在精準之經營管理技術下，可避免因缺水而衝擊到其他類似之亞熱帶果樹正常生產，並可加速 RDI strategy 在地中海氣候區推廣適用。

加州大學合作推廣中心 (University of California Cooperative Extension) 的 Shaw 與 Pittenger 兩位專家利用 reference evapotranspiration (ET_o) information，針對 30 種造園景觀植物進行節水試驗，結果顯示足以維持某幾類造園植物之外型美觀。

五、參加「灌溉時程與自動化控制」之技術分組會議討論重點

蒸發散作用—Evapotranspiration (ET) 是水文科學計算上主要構成要件，直接測定 ET 很困難，但可利用 crop or ecosystem coefficients 估算 reference ET，再調整 actual ET。針對此一議題，大會引言人 Kyaw Tha Paw U 教授 (U. C. Davis, Department of Land, Air and Water Resources) 的推薦一些先端之判定方法。

接續著以色列 University of Haifa 之 Amos Naor 教授表示，以科學理解判斷所預設之落葉果樹灌溉方式與實際上一般果園日常之灌溉方式仍存有許多隔閡。栽培者得藉由每天 potential evapotranspiration (ETp) 變化，其蒸發散作用與一未受逆境作物之比率，某一季節特定作物冠之光能截取與傳導性……等作物指數，和受土壤型態、土壤深度、灌溉設備與灌溉方式影響之灌溉效率 (Irrigation efficiency)，以及受品種、根莖來源、土質與氣候情況等因素對作物冠之不同程度光能截取效果。此外，囿於某一生物氣候學 phenological 階段逆境壓迫度之試驗資料，作物水分消耗基準、缺水門檻、憑經驗判斷之灌溉基準等，皆可作為缺水指標。水分可利用性、作物固有傾向特性，水分相對利用效率 (relative water use efficiency)，均有深入探討。

Amos Naor 教授在回答與會學者專家問題時特別強調，以國溫室 (Green House) 栽培技術相當純熟，所有溫室內之操作，完全藉由溫室內之感應器 (Sensors) 所蒐集之相關資訊，立即回饋至電腦，以達到自動精準控制溫室內適時適量之光照、溫度、通氣及給水的目的。並據此破除了時下一般農民認為灌溉水量越多，則產量越高之迷思；不但省下水資源，亦可提高產量。其研發團隊更指出，近年來拜資訊科技軟硬體技術上之突破，進一步利用電腦控制農地滴水灌溉系統之運作，將生物技術、灌溉技術和機械化作業相結合，提高水和肥料吸收率。據稱以色列之灌溉設備製造廠商有 80 餘家，其中 90% 兼有辦理外銷，其外銷量占總生產量之 1/3，其中更有許多設備製造工廠，係由合作農場農民所擁有及資助，所生產之設備，以各種複雜電子控制零組件為

主，可依需求任意組合運用。當場，受到與會人員報以熱烈掌聲與高度讚賞。

叁、參觀美國加州農業灌溉設施

一、參訪加州大學戴維斯分校農場，以及附近農業灌溉設施

參訪日期：2003年8月31日

參訪地點：加州戴維斯市

觀察概要：1. 加大戴維斯分校農場面積廣闊，有各式各樣之灌溉試驗設備，對於當地水資源之規劃，有其卓越貢獻。
2. 附近農莊只見巨輪型之灌溉設備，推測係作為大面積噴灌之用。

二、參觀加州博覽會

參觀日期：2003年9月1日

參觀地點：加州沙加緬度市

參觀概要：1. 正巧碰上加州一年一度之博覽會，該州所屬各郡（市）展示其各具特色之農產品，諸如各式溫帶水果、堅果、萵苣、番茄、草莓、鮮食葡萄及禽畜產品……等等，琳瑯滿目。我國自加州主要進口之農產品則為：鮮食葡萄、蘋果、梅（plums）、桃及棉花等。
2. 會場上有一處展示具收集雨水功能之特別設計農舍，頗有創意，吸引不少觀眾之注意。

三、參訪加州 Napa Valley 酒莊，以及葡萄園灌溉設施

參訪日期：2003年9月3日

參訪地點：加州 Napa Valley

- 參訪概要：1. Napa Valley 生產加州最高品質的葡萄酒，歸功於當地的特殊氣候環境，尤其精準之灌溉調控設備，提供作物最適之水分需求，均可資水源有限地區作為借鏡。
2. 1876 年創立之 Beringer Winery 至今已有 127 年，為 Napa Valley 自 19 世紀以來仍繼續生產之酒莊中歷史最悠久者。1966 年創立之 Robert Mondavi Winery 在當地亦頗負盛名，兩個酒莊各具特色，其葡萄園均採現代化之有效節水灌溉方式。值得一提的是，加州戴維斯分校之音樂廳—Mondavi Center，即由 Robert Mondavi Winery 的主人為感念該校對農業之貢獻所出資捐助建立。

肆、主要心得

- 一、本次研討會是以水果與堅果、葡萄、蔬菜及觀賞植物為主要議題對象，並著重於：作物水分需求（含水分生理與生產效率）、作物與水分關係（含氣象變化與水源供給）、灌溉時程規劃（含園藝作物灌溉模式及園藝栽培灌溉指標）、灌溉水質（環境變化對灌溉水之衝擊）等等。除分別在 Soil Sciences Buildings 與 Hunt Hall 兩個會場進行論文發表外，並在報到處（Memorial Union）每天有不同主題之海報展示（含相關廠商之測量儀器簡介與促銷）。整個研討會行程安排相當緊湊，共計 147 篇報告，與會人士多為各國學研機構教授或專家，雖然論文發表現場並無各簡報之書面資料，大家仍聚精會神聆聽有興趣的題目，並提出對應問題熱烈討論。原本以為討論內容可能除葡萄外甚少涉及與台灣類似之作物，但卻仍有發表有關荔枝、枇杷及一些熟悉之觀賞植物方面的研究報告，算是開了眼界，亦值得我們瞭解參考。
- 二、與會學者專家均呼籲要重視地球氣候變遷與水資源逐漸耗竭的問題，所以很多時候針對水資源利用、節水灌溉、經濟效益與環保等論文發表後提出寶貴問題與建議，此亦為我國面臨並亟需謀求因應對策的議題。參考主辦單位提供之資料得知，加州地處美國西部，瀕臨太平洋，南接墨西哥，總面積 411,015 平方公里，地理上北部海岸山巒交錯，南部海岸平直，山系大致與海岸線平行，海岸山脈北起該州西北角，向南延伸至洛杉磯，在海岸山脈背後（東面）為幅員廣大且肥沃之中央谷地，為該州主要農業區。由於加州幅員廣大，氣候差異極大，本次會議地點則選在北加州之加州大學戴維斯分校。雨量方面，北加州

十月至四月為雨季，五月至九月為乾季，年平均降雨量低於 1,000 公釐，對於其農業灌溉水源而言確屬彌足珍貴。加州農地面積總計為 11,209,419 公頃，可灌溉耕種之面積為 3,526,021 公頃（佔 31.5%）。該州所有之水資源規劃、管理、調節與分配等事務由加州水資源局（Department of Water Resource, DWR）負責，該局所轄各辦公室、觀測站等單位遍佈加州各地。旗下之水利用效率辦公室（Office of Water Use Efficiency）並規劃建置「加州灌溉管理資訊系統（California Irrigation Management Information System, CIMIS）」，該資訊系統提供各界免費公開上網運用，可協助農民、造園業者以及公園、高爾夫球場等管理人員有效掌理水源預算（Water budgets），來決定灌溉之適切時機與份量，值得稱許並可作為提高台灣地區水資源利用效率之參考措施。

三、雨水亦為臺灣地區用水最主要之來源，雖然在季節及區域分布上很不均勻，整體說來，平均每年約可獲得 2,500 公釐的雨量，換算成水量約為 900 億立方公尺。平均每年雨水有 25% 藉不同的路徑蒸發回大氣層，5% 滲入地下含水層，55% 經由河川流入海洋，實際可掌握運用者僅 15%，約 135 億立方公尺的水量（包括目前 36 座水庫調節的水量）。惟據台灣大學全球變遷研究中心研究報告指出，現今臺灣每年需要的水量約為 190 億立方公尺，地表水不夠支應的部分需藉抽取地下水補充。每年地下水的估計用量（超過 70 億立方公尺）已大幅超過自然補注量（約 40 億立方公尺），其中以灌溉用水消耗最多，佔地下水抽取量的 45%。依經濟部水資源統一規劃委員會（水資會）1992 年調查資料，長期透支下來，已經衍生出地下水位下降、地層下陷、

沿海地區海水入侵、水質惡化等問題。此外，由於人類活動及消費行為持續的擴張，亦造成臺灣的水源遭受不同程度的污染。初步估計臺灣每年約產生 31 億立方公尺的廢水，除極少的部分經過廢水處理或由放流管排入海洋外，其餘都直接排入我們的河川。這些主要的污染源來自農業（肥料、農藥）、工業廢水，市鎮民生污水等。水資源在質與量逐漸惡化的危機，是本世紀所有國家都要面臨的問題，而這個課題又與全球的氣候變遷息息相關。分析臺灣的長期雨量記錄發現臺灣的雨量自 1950 年代以後，有逐漸遞減的趨勢，特別對於臺灣水資源最重要的梅雨和颱風期之雨量而言，均呈逐漸減少現象。然而在非洲撒哈拉地區、印度等地亦發生自 1950 年以後雨量逐漸降低的情形，反映出北半球亞熱帶因水文循環的改變明顯造成水資源的減少。未來我們對水的需求會因工業發展、民生需要、人口增加而逐年上升。水資會以經濟中成長且農業用水不增加的情形估算民國九十年（西元 2001 年），臺灣需水量約為 210 億立方公尺，民國一百年（西元 2011 年）時，臺灣需水量約為 220 億立方公尺，顯示我們用水的需求確實日顯殷切。然而自然界供應的雨量不但無法隨心所欲的增加，對我們臺灣而言，「開源節流、加強管理」當然就成了眼前最重要也最迫切的工作。對住在臺灣的我們，如何在環境的人為開發和自然保護上取得適切的平衡，以及如何因應人力無法抗拒的自然作用而進行適當的調整，是臺灣農業未來能否永續發展的重要關鍵。

四、本次會議大家對於以色列學者專家的報告及其實際之經驗，均表達高度興趣。係因以色列屬水資源缺乏且境內市場極小之國家，但是其農業生產技術經由不斷之研發，遂促使該國農業生

產朝高附加價值農業產品發展，並以出口為導向。誠如該國學者之介紹，以色列灌溉系統及技術相當發達，其電腦控制噴灌及滴灌系統亦相當普及，而農業生產機械、農業用化學品、農業塑膠及人工栽培植物技術，亦相當先進。目前該國發展農業最大問題除水資源取得不易外，其勞動力不足，必需仰賴進口勞工之協助，亦為其另項重要之挑戰，此與我國一樣有類似困難處境。據悉現今以國之灌溉面積中 87%採用噴灌，10%採用滴灌，僅供應必要之水量，就可使植物之栽種成長，整齊劃一。一般農民對於學研機構提出之作物生長模式、作物水分參數、灌溉指標．．．等理論數據或程式，以往多不易認同與接受，反觀以色列精益求精的研究精神，著實令人敬佩，該國除學術、研究單位與政府大力投注人力及物力於研究工作外，較具規模的廠商，本身亦有附設研究單位，專對自己的產品力求改進，的確是我國值得學習的典範，未來並可經由雙方之互訪與合作，吸取其相關經驗使推廣落實到農民或農企業運用。

五、園藝作物包括果樹、蔬菜、花卉等，具有高產值技術密集特性，如能把握台灣之亞熱帶環境特性，選定適當之園藝利基作物發展，可成為我國加入世界貿易組織（WTO）後具市場潛力之產業。整體而言，台灣園藝產業競爭力之強處為多年來試驗改良工作之全心投入、栽培技術進步、地方性品種多，以及國人對本土性園藝產品有偏好。產業競爭力之弱處則為農村勞力缺乏、人工土地成本偏高、經營規模小、生產有季節性、偶有產銷失衡情形等。園藝作物種類繁多，且屬於民生必需品與文化消費品，園藝產業確實是現今農業中市場導向最強烈、變化最快的一環，面對我國加入WTO，園藝產業乃目前評估較具競

爭力與發展潛力之項目。綜觀時下先進國家農政單位均以世界標準審慎評估產業發展方向，並結合學者專家的智慧與產業界共同努力，期使產業邁向高科技、高品質、低成本及具國際競爭力。近年來大氣環境異常變動，世界各地降雨量有減少之趨勢，尤其 2002、2003 年連續兩年國內久旱不雨，影響各項作物生產及品質甚鉅。目前各先進國家均高度重視重視水資源的節約、分配與利用，鑑於園藝作物係屬集約栽培生產者，更與灌溉技術息息相關，參加本次國際研討會，收集有關園藝作物灌溉管理等創新知識與技術，並藉此與各國學者專家交換意見，充分瞭解國際上在此一領域之發展現況，俾作為我園藝產業調整規劃，以及栽培灌溉技術研發與應用策略之參考。同時，瞭解各國農業灌溉現況與科技發展方向，據以依適地適作原則，策略投入園藝產業之利基位置，將有助於未來整體農業之轉型升級。在此期盼我國能積極利用科技研發、栽培技術改進及完整行銷策略，讓園藝產業生根於台灣，拓展至全世界。

伍、建議事項

- 一、**吸取新知尋求適合我國之農業科技：**聯合國召開之全球永續發展高峰會議曾獲致共識：「人類應與地球和諧永續共存。」，其中尤以「水」對全球的社會經濟、環境保育及糧食安全均有極為重大的關係。因此，世界各國均極為重視水資源的維護，積極採取維護水資源的具體行動。台灣對水資源永續開發與管理的迫切性，不亞於世界其他地方。然而，各國所遭遇之土地與水資源條件及問題不盡相同；鑒於水資源匱乏已成為全球性之普遍現象，同時，面對未來人口持續成長後糧食不足問題之解決，農田灌溉面積擴大將為必要之手段，因此自主性灌溉管理之概念與做法值得大力推廣。本次參加國際園藝作物灌溉術研討會，有助於瞭解其他國家之研究概況以及先進國家如何建置優質灌溉技術之研發體制，可藉此配合我國國情之需要，於強化國內研究環境、提升研究素質及培養研究人才上加以參考探討，使確實尋求到適用於本土之農業科技。特別對於軟體型式之水資源研發與管理方面，應予以鼓勵及採納，俾降低由硬體建設（如水庫等）所引起之負面效應。
- 二、**加強園藝景觀作物灌溉技術方面研究：**台灣地區對於耕種面積最大之稻田灌排水設施及輪作制度，已投入多年之研究並建立良好之農田水利管理體系，相同土地替換生產之雜糧、特用及園藝作物，亦能共蒙其利。至於高附加價值之蔬果或花卉，目前採用較為先進之噴灌或滴灌設備，例如：苗栗大湖地區種植之草莓，設施栽培之蝴蝶蘭等灌溉方式。依據加州水資源局統計，該州所有都會區用水量最大之對象為造園景觀植物，鑑於國內正朝都市綠美化、鄉村新風貌、農業轉型觀光休閒發展之

際，惟對此一領域之相關研究並不多，建議本會今後宜加強推動園藝景觀作物灌溉節水方面之研究計畫。

三、**建構灌溉資訊服務網站**：水資源學者預言二十一世紀全球將面臨水資源缺乏之困境，如何確保水資源的永續經營及開發節水灌溉技術，為現今之重要課題。國內農業氣象與農田水利管理及監測單位遍佈全台，專業人員素質與相關儀器設備均達國際水準，建議加強彼此間之合作，或可針對農業用水灌溉問題，共同進行架設類似美國加州水資源局 CIMIS 服務網站，提供國內農民、造園業者及公園、高爾夫球場、觀光休閒農莊．．．等選擇最適切之灌溉方式。

四、**主動參與國際交流觀摩活動**：有限水資源已無法應付現今社會多元化成長之需求，水資源短缺日趨嚴重，係全球所共同面臨之問題，鑑此，如何加強與世界先進國家交流、吸取彼此之經驗及做法，互為借鏡，應為今後辦理相關活動的重要任務。建議我國主動派員參加相關技術性或學術性之國際研討會，加強交流與觀摩活動，除交換必要資訊外，尚應包括各國農業技術發展經驗之學習，預期當可獲益非淺。

五、**開發小規模灌溉設施**：灌溉是作物生產最重要投入生產成本之一，適時適量之灌溉對作物生產極為重要。灌溉的成敗之條件取決於是否具備有妥適之基礎設施、經費投資、充分的灌溉管理及農民積極的參與意願。以灌溉需水量而言，依作物特性而不同。而且地表及地下水聯合運用已被與會各國認為是降低超抽地下水所引起災害的最佳辦法。參考許多國家的經驗顯示，小規模型式之灌溉設施開發所引起之環境衝擊，較大型之灌溉設施開發有較低之負面效應，以上諸點值得政府各相關部分共

同思考並積極謀求一可行之道。

- 六、**規劃南北供水支援幹線**：目前台灣各種標的用水一年的總量約為一百八十億立方公尺，其中七成是農業用水、二成是生活用水、一成是工業用水。因此，如何有效的利用農業用水，是整個水資源運用最重要的課題。台灣水資源不患寡而患不均，部份缺水地區，可參考先進國家精準有效率之灌溉系統，提高作物之產量及品質。目前臺灣水資源的南北區域性差異已愈易明顯，未來可能會日益擴大。因此建議可以參考美國加州、以色列的作法，及早規劃建設南北供水幹線相互支援。
- 七、**宣導合理化灌溉理念**：台灣地區農民普遍缺乏對高科技灌溉資訊之接納性，且未能對精準灌溉系統，做有系統且持續性之瞭解。現有水資源百分之七十係用於農業，百分之八十五之灌溉地係由各地農田水利會負責營運管理，有關單位可參考美國加州水資源局之作法，或者如以色列之節水灌溉措施，並加強宣導「合理化灌溉」之理念。
- 八、**研發推廣高效率灌溉技術**：台灣農民係以小農型態工作，目前對高附加價值之園藝作物尚未採大規模且較經濟性之面積耕作，惟因應市場自由化競爭與傳統農業轉型升級之趨勢，將來必須以精準、高效率之企業化方式經營。灌溉技術為作物栽培重要的關鍵之一，亟待各方投入時間與精力就台灣地區不同農作之適用性，多做因地制宜之研究並推廣運用。

活動照片



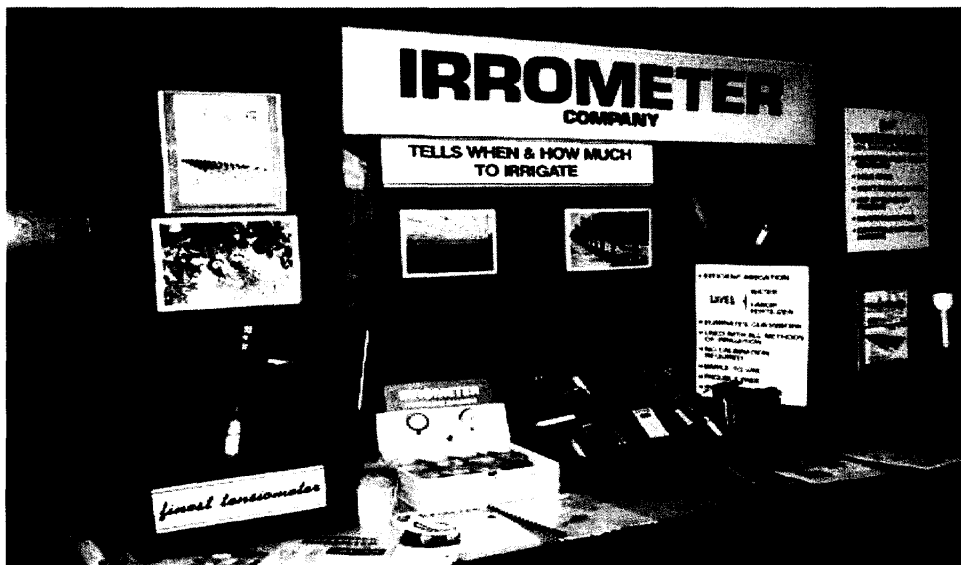
第四屆「園藝作物灌溉技術國際研討會」報到暨展示會場



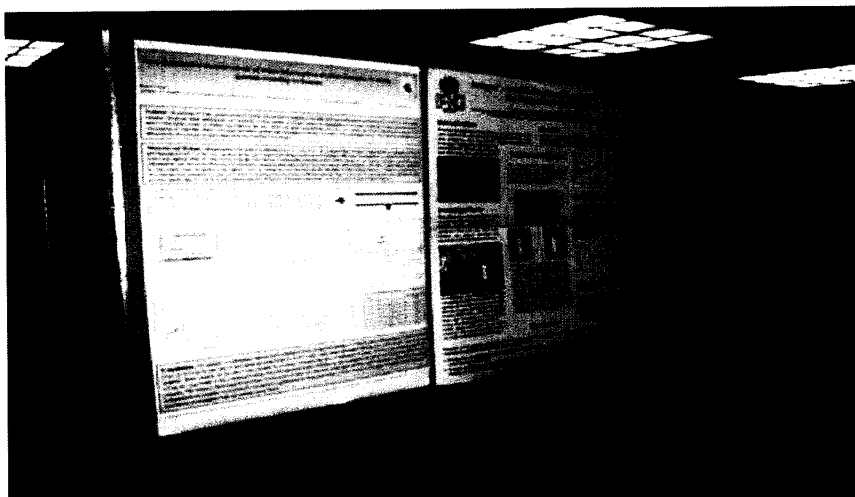
主辦單位國際園藝學會開幕介紹



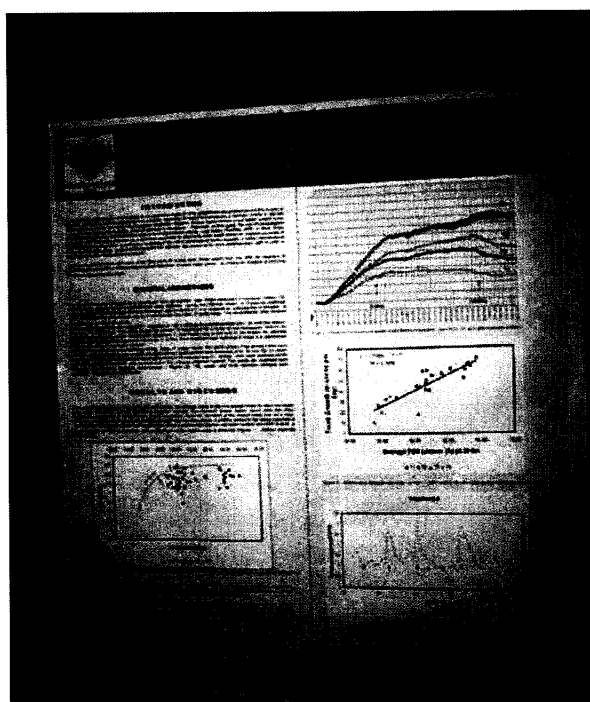
分組研討會會場



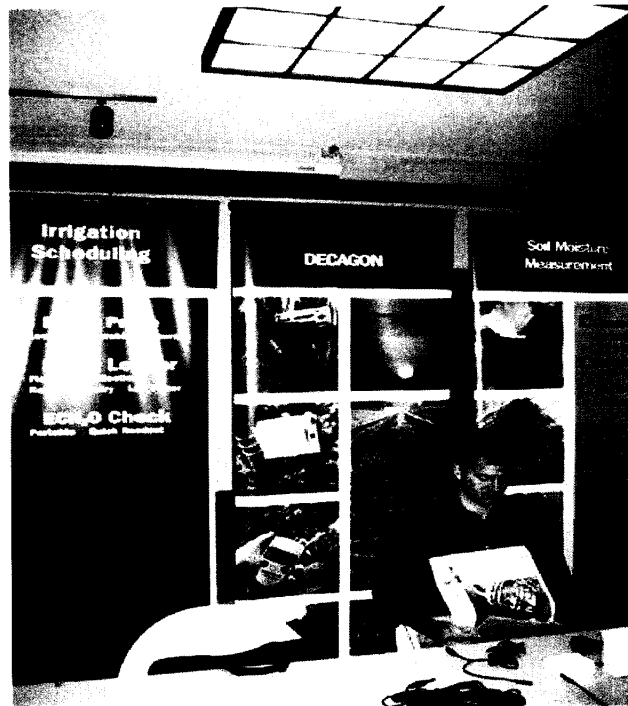
IRROMETER 公司展示之水分測定儀器



與會學者專家展示之試驗研究成果海報（一）



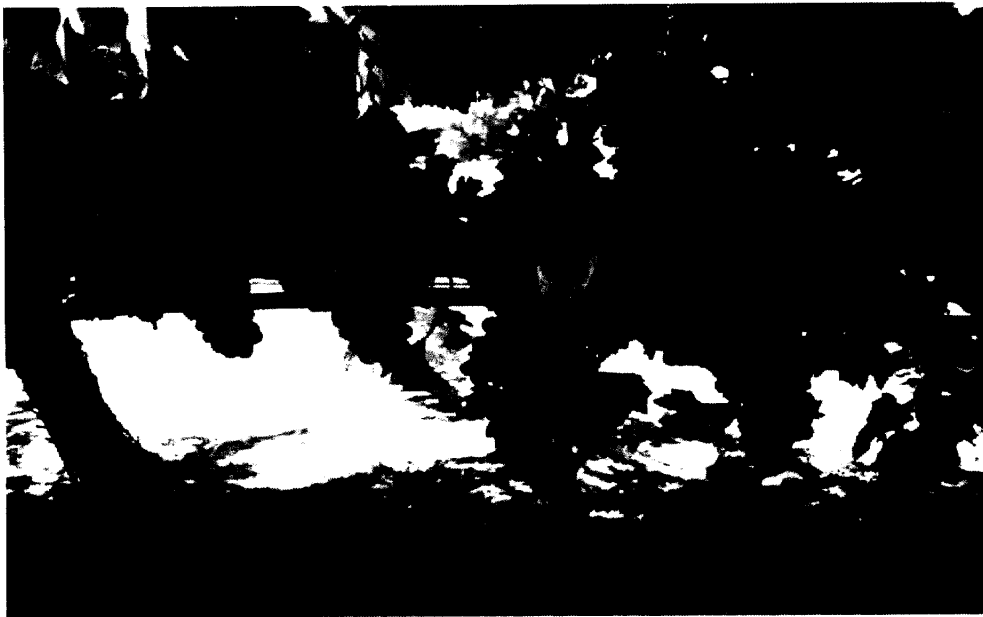
與會學者專家展示之試驗研究成果海報（二）



有關灌溉規劃設定與土壤水分量測之廠商現場示範



加州博覽會展示具雨水收集設備之特殊農舍設計



Napa Valley 釀酒葡萄結果株之自動化控制滴灌設施（一）



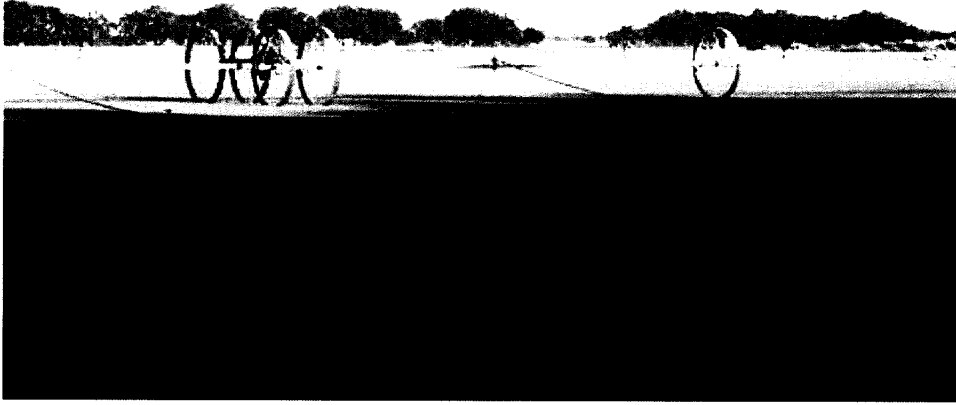
Napa Valley 釀酒葡萄結果株之自動化控制滴灌設施（二）



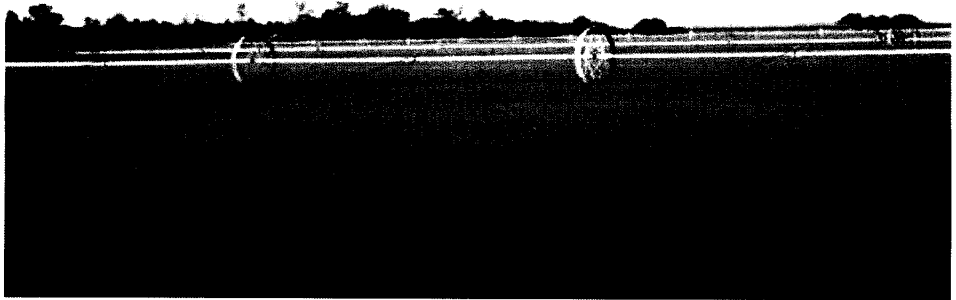
Napa Valley 釀酒葡萄幼株之自動化控制滴灌設施（一）



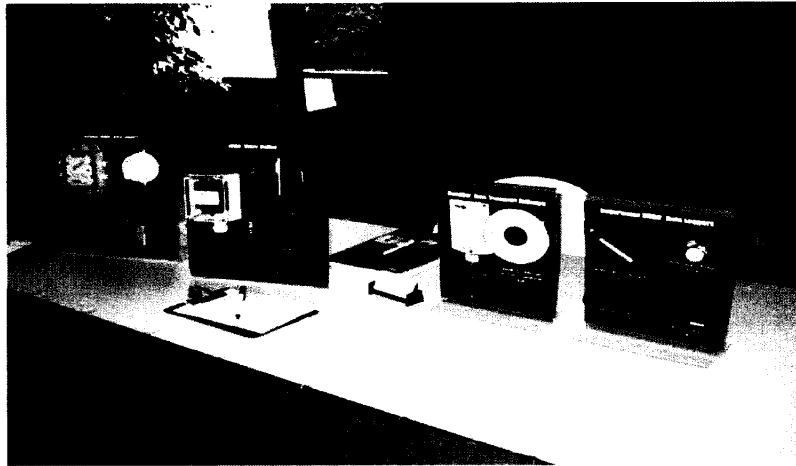
Napa Valley 釀酒葡萄幼株之自動化控制滴灌設施（二）



加州 UC Davis 附近農莊之大面積噴灌設備（一）



加州 UC Davis 附近農莊之大面積噴灌設備（二）



廠商展示之精密灌溉控制設備



與會學者專家展示之精準灌溉設定模式海報