

臺中區農業改良場特刊第133號

設施蔬菜與無土栽培 之研發應用研討會

特刊
第133
號

設施蔬菜與無土栽培之研發應用研討會

行政院農業委員會臺中區農業改良場 編印

行政院農業委員會臺中區農業改良場 編印
中華民國106年7月

ISBN 978-986-05-2849-7



定價 新台幣300元

ISBN 978-986-05-2849-7(平裝)

GPN 1010600893

設施蔬菜與無土栽培 之研發應用研討會

行政院農業委員會臺中區農業改良場 編印

中華民國 106 年 7 月

設施蔬菜與無土栽培之研發應用研討會議程

主辦單位：行政院農業委員會臺中區農業改良場

時 間：106年7月7日(星期五)

地 點：臺中區農業改良場

時 間	題 目	演講者	主持人
08:00-08:30	報到		
08:30-09:00	開幕式		
09:00-09:20	團體照		
第一節 蔬菜無土栽培系統之研發			
09:30-10:00	動態浮根式葉菜水耕栽培系統研發應用	臺中區農業改良場 高德錚副場長	第一節 方組長怡丹
10:00-10:30	介質水耕式果菜栽培系統研發應用	臺中區農業改良場 高德錚副場長	
10:30-11:00	微量介質式果菜栽培系統研發應用	臺中區農業改良場 戴振洋副研究員	
11:00-11:30	籃耕果菜栽培系統研發應用	桃園區農業改良場 李阿嬌研究員	
11:30-12:00	魚菜共生系統之原理與應用方法	臺南區農業改良場 楊清富助理研究員	
第二節 設施蔬菜栽培技術之研發			
13:40-14:00	番茄嫁接苗之生產改進	臺中區農業改良場 張金元助理研究員	第二節 羅教授筱鳳
14:00-14:20	提升設施蔬菜生產效益～從植物的角度來看	臺中區農業改良場 陳葦玲副研究員	
14:20-14:40	設施蔬菜栽培介質重複利用之研究	臺中區農業改良場 錢昌聖助理研究員	
14:40-15:00	茶敘		
第三節 設施蔬菜之病蟲害防治與合理化施肥			
15:00-15:20	非化學農藥在設施蔬菜蟲害之應用	臺中區農業改良場 白桂芳課長	第三節 林場長學詩
15:20-15:40	微生物製劑在設施蔬菜栽培之應用實務	臺中區農業改良場 陳俊位分場長	
15:40-16:00	水耕蔬菜之病蟲害防治實務	臺中區農業改良場 趙佳鴻副研究員	
16:00-16:20	液肥配方在設施蔬菜栽培之調配與應用實務	臺中區農業改良場 高德錚副場長	
16:20-17:00	綜合討論		
			林場長學詩及 各節主持人

序

臺灣設施蔬菜的發展可追溯 1985 年，推動「加強農業升級重要措施」之一「發展精緻農業」，而設施蔬菜生產技術之研究與開發即為重點推動項目。臺中區農業改良場之設施蔬菜產業與栽培技術研發濶觴，於 1984 年，蘇匡基廳長及謝順景場長到日本考察蔬果養液栽培產業，回國後旋即指派高德錚副場長（當時甫自臺灣大學農藝系畢業至本場服務一年）籌組「設施蔬菜養液栽培研究室」，至此，本場展開設施蔬菜產業與栽培技術研發迄今 33 年。並在當年 9 月著手開發適合本土氣候環境的水耕栽培技術，於 1986 年完成本土化之動態浮根式水耕蔬菜工廠之開發，並獲經濟部專利權。其後歷經溶氧量低、周年栽培生產、抗颱風、經濟實用等栽培之設計與研發需求，1990 年結合矮架水耕溫室與動態浮根式水耕系統，完成一套適合本島氣候之水耕栽培技術，採用地區遍及本島、東沙、小金門與馬祖，更觸及東南亞如香港、泰國、馬來西亞、新加坡、汶萊，推廣面積 200 餘公頃。

人類知識累積的過程中，最重要的就是分享，今日聚焦國內設施蔬菜與無土栽培之研究與應用發展現況，因應新農業政策「科技創新 強勢出擊」5 年內增加溫網室設施 2000 公頃，激盪與發想國內設施蔬菜產業推陳出新的新型栽培技術、栽培系統、推動成果與未來設施蔬菜發展方向，同時感謝高德錚副場長 40 多年來對本場的貢獻，對學員與農友的培訓輔導，以及在設施蔬菜與水耕技術的研究與推廣之辛勞，傾囊相授，造福農民，特別規劃辦理「設施蔬菜與無土栽培之研發應用」研討會，邀請桃園區農業改良場、臺南區農業改良場、場內研究設施蔬菜與無土栽培的同仁、農民朋友與農民團體參與本次盛會，從「蔬菜無土栽培系統之研發」、「設施蔬菜栽培技術之研發」、「設施蔬菜之病蟲害防治與合理化施肥」三個主軸，探討各式葉菜與果菜水耕或籃耕栽培系統、魚菜共生系統之研發應用、番茄嫁接苗生產改進、提升蔬菜生產效益及介質的循環再利用、非化學農藥及微生物製劑在設施蔬菜栽培、水耕蔬菜病蟲害防治實務與液肥配方之應用進行分享與討論，激盪產官學界的新思維及研發能量，謹將研討會內容編輯成冊，提供關心設施蔬菜發展與本場研發應用現況的各界人士參考應用，期許有助設施蔬菜產業永續發展，正值本書付梓之際爰之為序，敬請各界不吝指教。

行政院農業委員會臺中區農業改良場

場長 林學詩 謹識

中華民國 一〇六年七月

目錄

議程

序

第一節 蔬菜無土栽培系統之研發

動態浮根式葉菜水耕栽培系統研發應用	1
介質水耕式果菜栽培系統研發應用	25
微量介質式果菜栽培系統研發應用	35
籃耕果菜栽培系統研發應用	51
魚菜共生系統之原理與應用方法	63

第二節 設施蔬菜栽培技術之研發

番茄嫁接苗之生產改進	81
提升設施蔬菜生產效益 ~ 從植物的角度來看	89
設施蔬菜栽培介質重複利用之研究	109

第三節 設施蔬菜之病蟲害防治與合理化施肥

非化學農藥在設施蔬菜蟲害之應用	121
微生物製劑在設施蔬菜栽培之應用實務	133
水耕蔬菜之病蟲害防治實務	169
液肥配方在設施蔬菜栽培之調配與應用實務	189

動態浮根式葉菜水耕栽培系統 研發應用

高德錚

行政院農業委員會臺中區農業改良場副場長

techen.kao@gmail.com

摘要

動態浮根式水耕栽培系統 (Dynamic Root Floating Hydroponic System, DRF Hydroponic System) 是筆者服務之臺中區農業改良場於 1986 年底開發完成之一套適合熱帶地區氣候之動態浮根式水耕栽培系統。本「動態浮根式水耕栽培系統」，係由自行研發之空氣混入器、雙套環式排液器、氣根式栽培床、矮架組合式網溫室，落差連續式漸近濃度養液管理法、撥捍式播種器等本土化之資材而組合成一套適合亞熱帶氣候條件的水耕栽培系統。動態浮根式水耕栽培系統之適栽特性，係基於植物栽種於本水耕系統時其根系在每次營養液之灌排流程中，隨養液之昇降而上下左右波動，且隨植物根系之伸長時，藉由栽培床之水位自動昇降排液器，使營養液由 7~8 公分逐漸降至 4~5 公分。因之，上位根部可露於空氣層中而誘導產生氣根去增加根部活性，及利用養液離流經空氣混入器而增加 16% 溶氧量，如詞此而無懼夏季高溫所引起溶氧量缺乏之困擾及矮架組合式網溫室具抗強颱風效力。本項「動態浮根式水耕栽培系統」于 1990 年 4 月 21 日起獲頒中華民國經濟部中央標準局兩項十年新型專利；推廣至今除臺灣島內遍地開花外，在外島如澎湖、東引、東砂島及國外如泰國、新加坡、馬來西亞、香港、斐濟、南非、關島、塞班、帛硫及加勒比海聖克里斯多福等，都可看到動態浮根式葉菜水耕栽培系統的蹤跡。

關鍵字：動態浮根式水耕栽培系統、矮架組合式網溫室、水位自動昇降排液器、空氣混入器、氣根、氣根式栽培床

前言

溫帶地區每年 11 月以後至隔年之 4~5 月間由於冰雪之封埋，因之，幾乎不可能在露天進行作物栽培。故，利用保溫設施來進行冬季蔬果生產之技術已有數百年之歷史。1930 年代以後，由於設施內土壤連作問題日趨嚴重，各種替代土耕的無土栽培技術，例如：砂耕、礫耕、泥炭土耕、泥炭苔耕、鋸木屑耕、營養薄膜法及岩綿法等等之栽培之相繼被開發利用，去解決土耕設施栽培之種種困擾。

臺灣位處於亞熱帶，每年 5 月至 10 月間，氣溫高達 30~36°C，相對濕度亦在 80~95%，再加上颱風豪雨之侵襲，導致夏季蔬果之供銷不穩定，常有「菜金菜土」之慮，惟若冒然引用溫帶之設施栽培技術，則盛夏之際，設施內室溫高達 40~45°C，相對濕度卻低至 40~50% 及設施特有小之菜蛾、粉蝨、白粉病等病蟲害頻繁的困擾，再加上颱風及豪雨侵襲，諸多因子均係導致臺灣地區發展設施園藝技術之困難。日本米嘉德公司為相擴展其水耕業務至熱帶地區，因之，在新加坡先行設置 0.1ha 之水耕農場，經測試結果發現，預冷至 17°C 之養液一旦流經 25 公尺長之栽培床後，回流時水溫已昇至 25°C，若養液不加預冷處理，則回流之養液溫室高達 32~34°C。1989 年在日本濱松召開之國際高科技設施園藝研討會中，日本松下公司發表一套造價新臺幣 60 萬元面積僅 84m² 之熱帶型水耕模擬農場；該設施與一般溫帶水耕系統相異之處，乃在於利用電氣冷卻系統來降低養液溫度及利用空氣壓縮機強制地將空氣灌入養液中，藉以解決熱帶地區因氣溫高，連帶造成養液溫度隨之增高及溶氧量下降之困擾。誠然，松下公司熱帶型水耕系統之成功暗示著未來熱帶地區水耕栽培系統之動向：惟，該公司初步估算每 1000 m² 之設備費用卻高達新臺幣 450~500 萬元，而且尚不包括溫室設施；甚至每日耗電量亦高達 36~48 度。換言之，利用電氣設備來克服熱帶地區發展水耕瓶頸的手段是行不通的。

熱帶地區因經年氣候炎熱，高水溫及低氧量造成此區經營水耕不具經濟性之兩大限制因子。英國之古柏博士發現養液薄膜水耕栽培技術 (Nutrient Film Technique, NFT) 之優於岩綿栽培技術 (rockwool System) 之主因，係因養液薄膜系統允許植物型成裸根。日本山崎博士所開發之浮根系統 (floating System) 的優點亦在於可誘引水根植物形成濕中根，使水耕植物之根系直接利用濕空氣中之氧氣供為呼吸源。1985 年 3 月在日本筑波萬國博覽會上展示一株巨無霸水耕番茄，宣稱一年結果 12,000 個。這項新科技不僅震驚全世界，也喚醒國人對水耕的注意，同時消費大眾亦開始對蔬菜農藥殘毒產生疑懼，

從此開啓臺灣水耕栽培技術的研究。

國內水耕栽培之研究起步較晚，1969 年龍潭農校呂理福校長首先著手研究礫耕栽培，在該校屋頂構築一礫耕栽培示範中心。1976 年在該校清德農場整建 1,350m² 之水泥永久礫耕設施，用爲生產金針菜。在同一年代學校及試驗場所方面，計有臺灣大學園藝系李岫教授及農業試驗所李伯年教授亦從事水耕栽培之養液配方及植物營養吸收之研究。

在 1970 年代末葉臺中區農業改良場及中興大學土壤系先後利用 PVC 管進行以蛭石爲栽培介質進行各種蔬菜及花卉之立體無土栽培之研究，在臺中區農業改良場則進一步構築一盪鞦韆式之立體循環架進行多層式之立體無土栽培研究 1980 年代以後由於日本方面水耕栽培事業之發達，帶動了國內水耕栽培之研究風氣，先有省農業試驗所鳳山分所沈再發先生沿用日本山崎肯哉氏的浮根式水耕栽培設施進行洋香瓜、西瓜及葉菜類之研究，而高雄區農業改良場陳旭雲先生及臺鳳公司老牌老場亦相繼構築水耕設備，前者進行砂耕番茄及花卉之試驗研究，後者則進行小規模水耕洋香瓜及葉菜類之生產試驗。然而至民國 1975 年底臺灣省內並無大規模之商業性水耕農場。

開發緣起

筆者所服務之臺中區農業改良場乃從 1984 年 9 月起，配合當時知省政府主席邱創煥所提倡之”精緻農業發展政策”，開始了精緻蔬菜栽培技術之試驗研究。然而，在當時遍尋國內各試驗機關及學校圖書館，卻未能如願收集到國內學者有關本省之水耕論著；相反地，歐美及日本等國有關水耕栽培之專著雜誌有如過江之鯽，令人目瞪口呆。故，乃在謝場長順景博士之鼓勵及協助下，開始進行本土化水耕栽培技術之開發。1985 年 3 月在日本筑波萬國博覽會上展示一株巨無霸水耕番茄，宣稱一年結果 12,000 個。這項新科技不僅震驚全世界，也喚醒國人對水耕的注意，同時消費大眾亦開始對蔬菜農藥殘毒產生疑懼，從此開啓臺灣水耕栽培技術的研究。1985 年 7 月承謝場長之推薦，在日本交流協會之經費支助下，筆者有幸親赴日本實地研習各種商業化水耕系統之操作。回國之後，幾經試驗失敗後，終於領悟到構築帶型水耕系統之要因。試驗期間，蒙前任省農林廳蘇副廳長匡基多方之關懷及日本龍野得三博士和金指信夫博士之技術指導，使之在民國 75 年底開發完成一套適合本省氣候環境之熱帶型水耕系統，定名爲“動態浮

根式水耕栽培技術”。1985 年底，有感於當年 8 月 22 日發生之強烈颱風韋恩將本場之玻璃溫室吹損及將溪湖糖廠所屬之元埔農場的水耕溫室夷為平地的慘痛經驗。乃領悟適合臺灣氣候特性的水耕技術必需同時擁有 (1) 結構簡單便宜，且經營者可自行搭建，(2) 具抗颱風性，(3) 通風性強，(4) 防蟲性佳，(5) 透光性強，且可行溫室外遮蔭等 5 種特性。因之，乃在民國 75 年底進一步地研究抗風性之水耕溫室之設計及氣根型水耕栽培床。經一年多之努力，至民國 77 年 2 月間，筆者抗風型矮架式水耕專用溫室之設計成功，並經半年之測試運轉後，一套經濟型之蔬菜水耕栽培工廠化技術終於誕生了！更令人感到興奮地，此套技術之開發成功，不但農友獲利，並於民國 79 年 4 月 20 日獲經濟部中央標準局審核通過 2 項 10 年之新型專利權 (專利權號數 54275 及 54377 號)。



專利權號數 54275 號



專利權號數 54377 號

開發歷程

筆者所服務之臺中區農業改良場從 1984 年九月即著手研究開發一套適合本省氣候條件之水耕栽培技術，如表 1、圖 1 所示，1984 年底該場已完成小型水耕箱之設計；並從 1985 年元月至五月間完成各種基本條件之測試後，乃於同年 6~8 月間構築一長 15.0 公尺、寬 90 公分之大型水耕床，進行養液流速、酸鹼度、電導度及溶氧量等之測試，至同年年底率先完成第一型靜態非循環式水耕系統。為解決第一型中溶氧量太低之困

擾，因之乃以養液循環為改善之第一要旨，並於 1986 年 1~5 月間完成第二型之栽培系統，此系統之特點為栽培床改用保利龍製，而且養液採用幫浦強制循環。俟同年 8 月間本場開發完成空氣混入器而進一步完成第三型藉由資材之安裝於栽培床前為使養液中溶氧量達 30%。俟同年 11 月間本場開發完成養液升降排液器，及保利龍製成型栽培床後，本場之第四型動態浮根式水耕系統乃告成功。本型之優點為植物根部在每次養液灌排過程中會隨養液之上下左右波動，如此不但使根部浮動於液面上，亦誘引水面上方根系成氣根系而可直接利用空氣中之氧氣進行呼吸作用，此觀點即為熱帶地區可否進行水耕栽培之關鍵。

1987 年間以省能源及適合熱帶地區栽作為前提，乃進一步開發一套養液自動控制系統及著手設計模擬植物工廠，藉由電腦 24 小時之監控，進一步評估第四型動態浮根式水耕系統之周年栽培性；待同年 7 月本場乃進一步改善第四型栽培系統中養液灌排系統之流程，在改良過程中，首先將養液升降排液器中內環部份改成套環式，以確保栽培床內之水位高低；再者，將養液系統中養液槽數量單槽改成雙槽，其中一槽設置於栽培床前上方，另一槽設置於栽培床後下方，如此前槽內之養液可無動力不斷地將養液流入栽培床中，經測試結果此系統之容氧量比第四型多 50~100%，節省用電量每公頃每天至少 5 度，而單位面積反增加 20%。

1988 年間為決簡易網溫室設施抗風性太差，設施費用亦高昂之困擾，乃著手設計抗颱風型之水耕專用溫室（第六型），經 2~3 月間之初步設計及規劃，第一座矮架式水耕專用溫室乃告完工，其造價為慣行高隧道溫室之十分之一。同年 10 月間，在開發完成四種套管組件後，乃進一步開發成功一種組合式矮架水耕專用溫室。

再之，配合 1989 年 2 月間氣根式保利龍成型之水耕栽培床的開發完成，一套適合本省氣候條件之經濟實用化之水耕栽培技術正式宣告誕生，如表 1 及圖 1 所示。

表 1. 臺中區農業改良場水耕栽培發展經過

開發項目	日期	
	年代	(月)
完成小型水耕床之設計	1984	(9~12)
完成小型水耕床測試	1985	(1~5)
完漲大型水耕床測試	1985	(6~8)
開發葉菜一型栽培技術	1985	(9)
開發果菜一型栽培技術	1985	(11~12)
開發養液自動控制系統	1986	(1~3)
開發果菜二型栽培技術	1986	(5)
開發葉菜二型栽培技術	1986	(4~5)
開發葉菜三型立體栽培技術	1986	(6)
開發保利龍栽培床	1986	(6~7)
開發養液空氣混入器	1986	(8)
開發葉菜三型栽培技術	1986	(10)
開發家庭式水耕箱	1986	(10)
開發養液昇降排液器	1986	(11)
完成動態浮根式水耕系統(四型)	1986	(12)
完成省能源水耕系統(五型)	1987	(8)
完成家庭式氣根式栽培箱	1987	(10)
完成抗風型矮架水耕系統(六型)	1988	(2)
完成落差連續式養液控制系統	1988	(6)
完成組合式矮架水耕溫室設計	1988	(10)
完成氣根式保利龍栽培床設計(七型)	1989	(2)
完成商品化矮架水耕溫室及動態浮根式水耕系統(八型)	1990	(6)



原型 (12月, 1984)



第一代 (9月, 1985)



第二代 (5月, 1986)



第三代 (10月, 1986)



第四代 (12月, 1986)



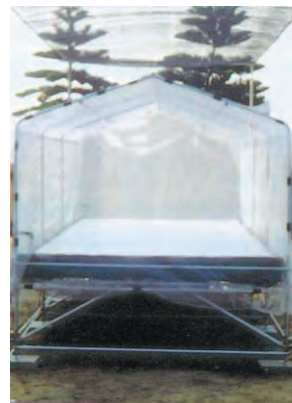
第五代 (8月, 1987)



第六代 (2月, 1988)



第七代 (2月, 1989)



第八代 (6月, 1990)

圖 1. 臺中區農業改良場各型水耕系統之特徵

動態浮根式水耕系統的特性

所謂動態浮根式水耕系統之規劃原理係基於植物栽種於本系統時其根系在每次營養液之灌排流程中，隨養液之昇降而上下左右波動，且一旦栽培床灌滿 8 公分之水位後，藉由栽培床內之水位昇降排液器，可使養液由 8 公分逐漸降至 4 公分；因之，上位根部可因露於空氣層中而增加根部性，而無懼夏季高溫所引起溶氧量低下之困擾；再將加上一套組合式抗颱風型之矮架組合式溫網室之開發，使得果國內之水耕栽培事業邁向週年生產性、工廠化之境界，從此不再畏懼外界天候之干擾。動態浮根式水耕系統之設施計分成：(1) 氣根式栽培床，(2) 定植板，(3) 排液溝板，(4) 空氣混入器及 (5) 養液交換槽 (排液器) 及矮架主組合室溫網室等六種，茲將此系統之各種設施之特性詳評如下：

1. 矮架組合式水耕溫室之結構特性：

針對熱帶海島型、亞熱帶地區之氣候及水耕栽培的特性，矮架水耕專用溫室。此種網溫之主要結構體為 1/2"ψ 及 3/4"ψ 之鍍鋅鐵管。配合筆者自行開發之 T 型，十字型，L 型接頭 (如圖 2) 及水平調整鈕和坊間現成之 1/2"ψ x 1/2"ψ 及 1/2"ψ x 3/4"ψ 之鋼管夾，塑膠布固定夾及固定壓條，而成功地組合成一座水耕專用溫室 (如圖 3)，網溫室上方以 0.2mm 之 PVC 或 PE 透明塑膠布罩之，以利於防雨栽培，四周則以 24 網目 (mesh) 之白色尼龍網圍之，以隔絕蟲害。本溫網室之特點乃採組合式，鐵管間之接合點係利用十字型，L 型及 T 型接頭及螺絲，在購得零件後即可自行搭建之。本網溫室側高 149 公分，中央作業點高 210 公分，栽培架高 60 公分，為一角錐屋頂之結構體。此網溫室之栽培架以每 1.2 公尺處由一支長度為 2.13 公尺，口徑為 3/4"之鍍鋅鐵管為邊柱，並以 L 型接頭及 T 型接頭來固定水平橫向接管 (3/4"ψ)，又 T 型接頭下另由 3/4"ψ 之中央承管將橫向接管固定之。至於置於橫向接管上方之 5 支縱向接管，其規格為口徑 1/2" 的鍍鋅鐵管。縱向接管與橫向接管間之接合係利用 1/2" x 3/4" 之彈簧夾固定之；至於屋頂部分，則以門字型之 1/2"ψ 鍍鋅鐵管直接插入 3/4"ψ 之邊柱中，而十字型接頭之作用係在網溫室測方 3/4"ψ 與 1/2"ψ 鍍鋅鐵管間之接合，又屋頂上方之透明塑膠布及四周尼龍網之固定，乃採用國內自行開發之固定壓條及塑膠布 (網) 固定夾。又，本矮架溫室為了避免市售一般塑膠布易產生結露現象，乃建議採用不結露之塑膠布，其厚度 0.15~0.20mm，長度依溫度而定，寬度則在 3.0~4.5 公尺間。在盛夏之際為了減少日照量，及減少設施內之熱堆積，因之可在網溫室上方加覆 35~45% 之黑色 PE 遮陰網。表 3 所示，係以 7.2

公尺長及 2.13 公尺寬為基準，來構築一矮架組合式溫室所需之各項資材及參考價格如表 3 及表 4。



圖 2. 矮架組合式水耕溫室專用之十字型，L 型及 T 型接頭

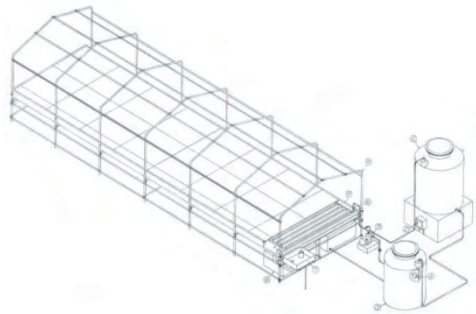


圖 3-1. 矮架組合式水耕溫室結構示意

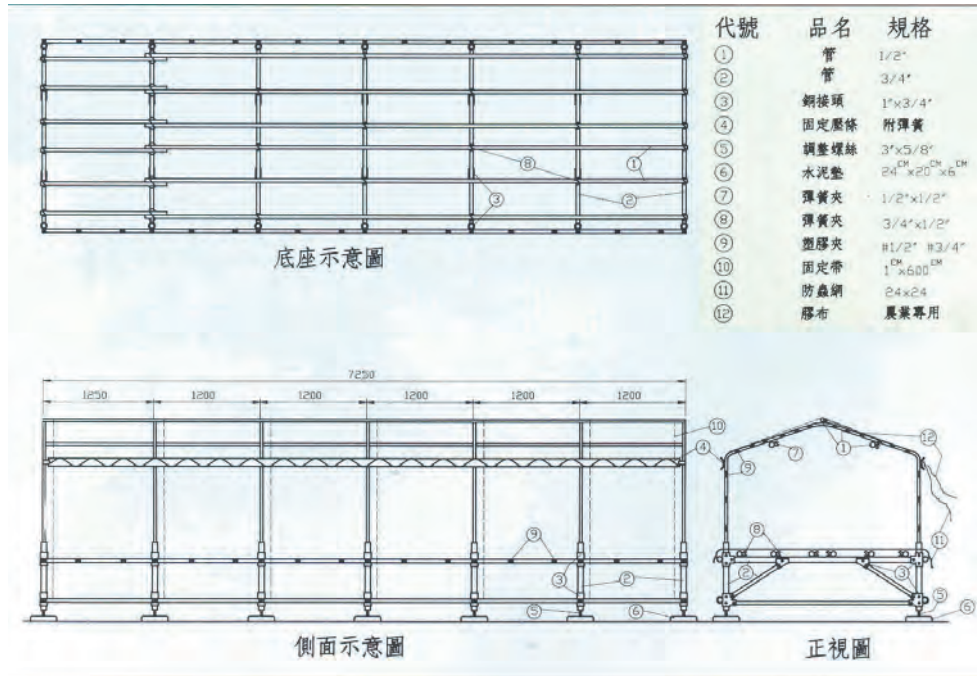


圖 3-2. 矮架組合式水耕溫室結構示意



圖 4-1. 動態浮根式水耕系統之組件 (上最右面為氣根式栽培床，上左為矮架組合式水耕溫室) 下
右為育苗用發泡綿，下左為雙環式排液器及下中為空氣混入器

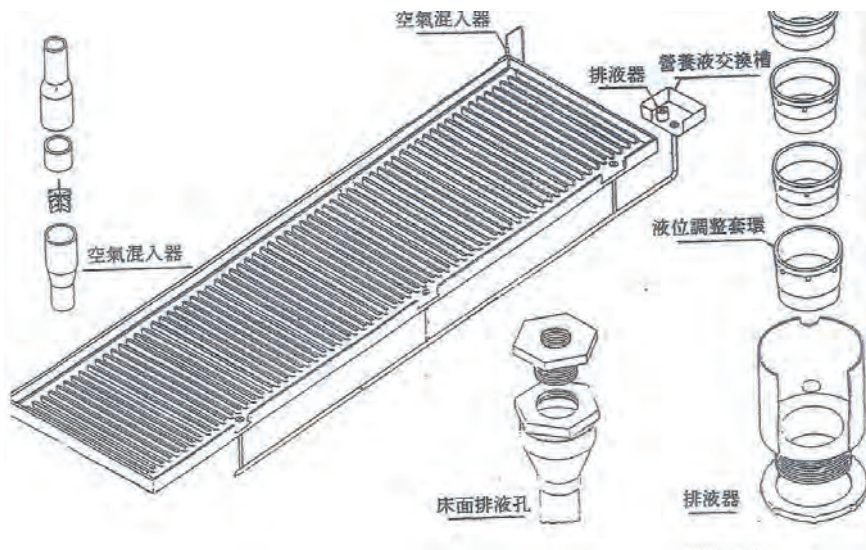


圖 4-2. 動態浮根式水耕系統之組成示意

表 3. 構築 7.2m x 2.13m 矮架組合式水耕專用溫室之標準組件及參考價格

件號	名稱	規格	材質	數量	單價 (元)	總價 (元)
1	邊柱	φ3/4" × 650 公分	鍍鋅鐵管	14 支	60	840
2	拱型管	φ1/2"	鍍鋅鐵管	7 支	200	1400
3	縱向接管	φ1/2, 7.2 公尺	鍍鋅鐵管	5 支	180	900
4	十字型接頭	φ1" × 3/4"	銅質鑄件	52 個	38	1976
5	縱向接管	φ1/2" , 2.13 公尺	鍍鋅鐵管	7 支	90	630
6	T 型接頭	φ3/4" × 1/2"	銅質鑄件	7 個	50	350
7	中央承柱	φ3/4"	鍍鋅鐵管	7 支	40	280
8	床面接管	φ3/4" × 2.13 公尺	鍍鋅鐵管	7 支	100	700
9	床面縱向管	φ1/2" × 7.2 公尺	鍍鋅鐵管	5 支	180	900
10	彈簧夾	φ3/4" × 1/2"	鋼線	35 支	6	210
11	頂架縱向管	φ1/2" , 7.2 公尺	鍍鋅鐵管	3 支	180	2400
12	彈簧夾	φ0.5" × 1.5"	鋼線	21 支	5	105
13	固定壓條及彈簧壓條	長 7.2 公尺	鍍鋅鐵件及鋼線	2 組	280	560
14	壓條固定器及插梢	φ1/2" 鍍鋅鐵管用	鍍鋅鐵件	12 組	18	216
15	水平調整螺絲	φ5/8" × 3"	鍍鋅	21 個	7	147
16	水平調整螺帽	φ5/8"	鍍鋅	21 個	1	21
17	水平調整墊圈	φ5/8"	鋼質材料	21 個	12	252
18	尼龍紗網	16 目, 7.6 × 2.4 公尺	PE 材質	1 件	200	200
19	尼龍紗網	24 目, 21 × 1.8 公尺	PE 材質	1 件	600	600
20	透明塑膠布	7.5 × 4.5 公尺	防結霧	1 件	650	650
21	L 型接頭	φ3/4" × 3/4"	銅質鑄材	14 個	65	910
22	塑膠布固定夾	φ1/2" 鍍鋅鐵管用	塑鋼	60 個	6	360
總計 NT\$ 14,607						

以 862.4 m² (19.78m x 43.6m) 之土地面積來設計，動態浮根式水耕系統之基本配備則可搭建 2.13 x 19.8 m² 之矮架溫室 12 間及內配置下列 10 項 (詳如圖 2 及圖 3-2)：(1) 養液自動控制用上槽，容量為 6~10 噸，每 862.4m² 僅須配置 1 個；(2) 養液噴灌用電源自動開控制器，每 862.4 m² 僅須配置 1 個；(3) 養液自動控制用下槽，容量為 6~10 噸，每 862.4 m² 須配置 1 個；(4) 浮球式水位控制器，每 862.4 m² 僅須配置 1 個；(5) 抽水幫

浦，1.5HP，1吋，每 862.4 m² 須配置 2 個，(6) 空氣混入器，每 862.4 m² 須配置 12 個；(7) 營養液交換槽，每一座矮架溫室須配置 1 個；(8) 養液儲藏槽，容量 6~10 噸，每 862.4 m² 須配置 1 個，(9) 氣根式栽培床，每具寬 201 公分，長 90.1 公分；每 862.4 m² 須室須配置 264 個；(10) 矮架組合式溫室，每座寬 2.13 公尺，高 2.10 公尺，基本長度 19.8 公尺，每 862.4m² 僅須配置 12 座。進一步地，若以 862.4 m² (19.78m x 43.6m) 之土地面積來設計，則可搭建 2.13 x 19.8 m² 之矮架溫室 12 間。茲將每 862.4 m² 水耕溫室之配備圖詳如圖 3。

表 4 動態浮根式水耕系統 (19.78m x 43.6m) 之標準組件及參考價格

項目	規 格	數量	單價	總價
栽培床	保利龍成型，氣根式凹凸床，長 90.1 公分 x 寬 201 公分 x 寬 5~6 公分，具坡度 1:89	264 床	350	84,000
防漏塑膠布	PE 黑色材質，厚度 0.15~0.20 mm，長 42 公尺 x 寬 3 公分	12 件	1,800	21,600
定植板	保利龍成型，單面具凹凸性，內附等距播種穴 80 個，長 90 公分 x 寬 88 公分 x 厚 4 公分	528 片	50	26,400
排液溝板	保利龍製，長 90 公分 x 寬 16 公分 x 厚 4 公分	264 片	10	2,640
空氣混入器	PVC 製內附排液器 1 組	48 支	200	960
營養液交換槽	PVC 管，3/8 吋長 19.8 公尺，內附 176 個等距噴射口	12 個	850	10,200
噴射管	PVC 製，方型桶長 1 公尺 x 寬 80 公分 x 高 45 公分，容量 290 公升	12 支	400	4,800
養液儲藏槽	水泥製，長 10 公尺， 1 公尺，高 1.0 公尺內包覆紅泥塑膠布	1 個	39,600	39,600
養液控制用上槽	PE 製，黑色圓桶，容量 6 噸	1 個	23,500	23,500
養液控制用下槽	PE 製，黑色圓桶，容量 6 噸	1 個	23,500	23,500
抽水幫浦	1.5 HP，220V，三相高迴轉速，3,400rpm	2 個	4,500	9,000
浮球水位控制器	塑膠製	1 個	300	300
養液噴灌用電源自動控制器	內附 24 小時及 0~12 分鐘定時開關各一個，無鎔絲延遲開關及電源開關各 1	1 個	4,500	4,500
養液灌排配管	1 吋 PVC 管及接頭	12 組	1,500	18,000
矮架組合式耕室	鍍鋅鐵管材質長 19.8 公尺 x 寬 2.13 公尺 x 高 2.10 公尺	12 座	40,000	480,000
總 計				NT\$749,000

2. 栽培設施示意圖 (如圖 4-1, 圖 4-2), 其規格如下 :

(1) 氣根式栽培床 (如圖 4-1 上左) :

氣根式水耕栽培床係以保利龍為資材之發泡成型的浪板式槽，標準栽培床規格為內緣深 7 公分，長 180 公分，寬 90 公分。栽培床內有 8 條保利龍凹凸起之溝槽，而且溝內高度 5 公分；每一栽培床用 2 片長 90 公分，寬 88 公分，厚 3 公分之承板蓋住，每一承板有等距離排列 80 個直徑 2.2~2.6 公分之圓形栽培孔，而圓形栽培孔之面對液面向內凹 0.5 公分 (圖 6)。

(2) 防漏塑膠布 :

構築栽培床時係依地形之長短，而以基本栽培床連接之，為避免漏水及著生藻類，栽培床內緣罩以 0.15~0.2mm 之 PE 黑色塑膠布。

(3) 空氣混入器 :

空氣混入器結構如圖 4-1 下中所示，在每條栽培床前均裝置 2 個空氣混入器，當養液流入栽培床時，必需先經過此空氣混入器。由於空氣混入器之下方凸出處，裡面裝有 2 組十字型重疊塑膠閘門，一旦養液流經此處時會產生 8 條水流而沖出，再者凸出處上方開有 2 個 0.1mm 直徑之圓洞，在養液流經時可將外界空氣隨之吸入而混入養液中。

(4) 雙環式排液器 :

如圖 4-1 下左所示，排液器構造，為 ABS 塑膠射出成型的圓筒裝置，其中由外環及內環所組成。圓筒之外環直徑為 10.5 公分，固定高度為 8 公分，在圓筒下方左右有一對稱且直徑為 2 公分之排水口。內環亦為 ABS 材質之塑膠套環，其直徑為 7.5 公分。又內環係由四個厚度不一的套環所組成其厚度細分成 3 公分 (1 個)，2 公分 (2 個) 及 1 公分 (1 個) 等三組。進行水位調整時，依實際需要將各套環組成而精確控制水位成 0-8 公分。

一般操作時內環之高度為 4 公分，栽培床內之養液可經由外環之圓洞，進入內環塑膠管而流回養液槽。若栽培床內水位高於 8 公分時，養液會因淹過外圍塑膠管上方，直接進入內環管而流回養液槽。因此裝置養液升降排液器之優點為每次灌液至下一次灌液時，栽培床內水位維持在 8~4 公分間。

排液器不再安裝於栽培床上，而改置於養液交換槽中(圖 4-2)。而交換槽係安裝於栽培床外，其高度水平於栽培床。換言之，栽培床中之養液由 U 型管之導引進入交換槽中。

(5) 養液槽：

以 1,000m² 栽培面積為例，需於栽培床進液處之上方配置一個容量為 10 噸黑色 PE 硬質塑膠桶，而在栽培床後下方排液處之地下有容量 20 公噸之同質塑膠桶。在地下塑膠桶中裝設有抽水幫浦，其作用為允許栽培床流回地下養液槽。

(6) 抽水幫浦：

以 1,000m² 之栽培面積為例，在栽培床 後方與地下塑膠桶連接之抽水幫浦的規格為 1.0 馬力之高速馬達，轉速為 3,400rpm。

(7) 定時器：

作為控制栽培床前方抽水幫浦之定時操作用，其規格為 24 小時循環式，每一動作時間為 15 分鐘或更短。盛夏時從上午 10 時至下午 16 時間，每二小時動作一次，每次 15~30 分，至夜間 12 時再動作 30 分鐘，若春、秋、冬季時，則中午 12 時及下午 12 時各動作一次，每次 30 分鐘。

(8) 迴流曝氣裝置：

於栽培前方之大養液槽上，當後方抽水幫浦打入養液時，其入口處加裝一個蓬噴頭，使養液成噴水狀進入大養液槽，且在前方大養液槽之抽水幫浦處加裝一條管路，一旦馬達啟動時允許部分養液再迴流至大養液槽中，因之，在其入水口處亦加裝一個蓬噴頭，藉以增加養液中之溶氧量。

(9) 供液系統：

如圖 3-1 採用養液循環，回收再使用之方式，養液由栽培床前之高架養液槽 24 小時不斷地流入栽培床中，另外盛夏之際，每日 10~16 時間，由定時器啟動抽水幫浦將養液灌入栽培床，以加速栽培床中養液之流動。待養液至栽培床尾之地下養液槽時，一旦達滿水位後，槽中之水位控制器會啟動另一抽水幫浦，將養液再打入高架養液槽中。

(10) 栽植方式：

不論葉菜類或果菜類均採用移植法。進行動態浮根式水耕栽培技術，首先需

將種子播種於中間有十字型切割之海綿塊中(如圖4下右),每塊之基本規格為2.5x2.5x3.0公分,但市售成品已將96小塊海綿相互接連。一般葉菜類不需先行催芽、浸種之處理,可直接播種。播種是將種子播於小海綿1/2深處,小種字僅需1/3深處,每塊海綿播2~3粒種子。冬季蔬菜如菠菜、芹菜、鴨兒芹等種子,播種時要置於10°C之低溫下冷催,以促進發芽,當苗生長至本葉2~3片時,可移植至栽培床中栽培,移植時只要將小海綿輕輕剝開就可剝離,再一塊塊地植入栽培穴中。

動態浮根式水耕系統的功效評估

要評估動態浮根式葉菜水耕栽培系統之特性可由:(1)栽培床資材,(2)給液方式,(3)養液槽,(4)養液迴流,(5)養液流速,(6)養液添加方式,(7)排液方式,(8)栽培床滿水位,(9)空氣層,(10)浮根方式等方面著手之。

(1) 較易維持養液溫度:

與一般之平板式栽培床相比,由於動態浮根式葉菜水耕栽培系統之栽培床內有8條保利龍凹凸起之溝槽,而且溝內水位至少為4~5公分;又養液之灌排流程2.0公尺,因之,即使氣溫在35°C時,水溫仍能維持在28.0~29.1°C間,而平板式栽培床之對照則昇至30.2~34.5°C(表5)。

表5 水耕系統別對35°C氣溫下養液溫度及溶氧量變化之差異

水耕 栽培床 類別	液溫 (°C)	溶 氧 量 (ppm)		
		靜水	灌 液	
			落差	強制
平板型	30.2~34.5	3.46	5.20	6.13
凹凸型	28.0~29.1	4.59	6.31	6.63

(2) 溶氧量較高:

動態浮根式葉菜水耕栽培系統之空氣混入器可耐每分30公升抽水馬達之水壓,且當流速達7.5~8.0公升/分時,(圖5)即達當時溫度之飽和溶氧量。換言之,以1HP之抽水馬達,在不考慮揚水高度之消耗下,當可同時供給20支左右之空氣

混入器。凹凸型栽培床的特性之為養液之灌排流程較短，此外進液時採用噴射灌液方式。因之，不論養液採幅自然落差灌液方式或採用抽水幫浦強制灌液，溶氧量均比平板型之對照多 6.5%~7.5%(表 5)。

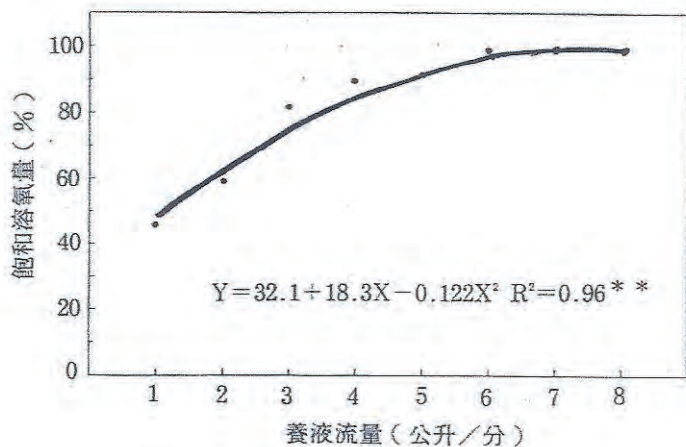


圖 5. 養液強制同通過動態浮根式水耕栽培系統之空氣混入器之流量與溶氧量變化之迴歸

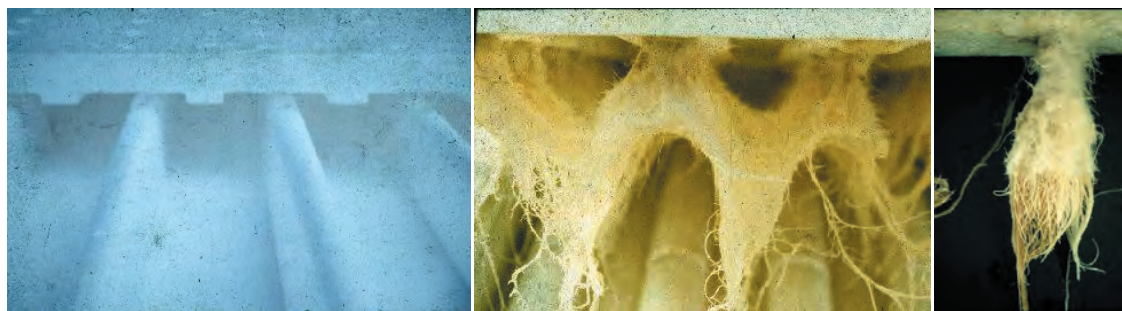


圖 5. 養液強制同通過動態浮根式水耕栽培系統之空氣混入器之流量與溶氧量變化之迴歸

(3) 根系較發達：

移植於改良型之栽培承板的蔬菜根系，由於其上方根系 1.0 公分左右之根系自然地曝露於濕空氣中，而且下方根系一旦與栽培床之凸槽接觸後，即沿著凸起處向下方伸長而形成倒 V 字型之氣根系 (圖 6)，與舊型栽培床相比，25°C 液溫時可促進青梗白菜之根部活性達 21% 及結球萵苣之根部活性達 37%，至 35°C 液溫時，其對青梗白菜根部活性之促進效果達 39.1%，而萵苣之根部活性更達 53.9%(表 6)。

又，增加水耕植物之氣根系與增加水中之溶氧量，何者較具增產性呢？由表 6 可知，在 25°C 液溫下，水耕之青梗白菜的地上部鮮重會隨養液中之溶氧量之上昇

而增重，但至 35°C 時，養液中溶氧量之增加，雖亦有增產作用，但效果卻不顯著。如圖 7，青梗白菜之根系係全部浸於養液中，因之，根系呼吸所需之氧氣全然靠溶氧量多寡而定。但至 35°C 時，根系因高水溫而褐化，已無法正常生長，故增加溶氧量並無法改善其生長；倘若上方根系能曝露在濕空氣中，則尚可正常生長，換言之，氣根系之誘發技術當比用電力強制幫浦打氣來得有效。

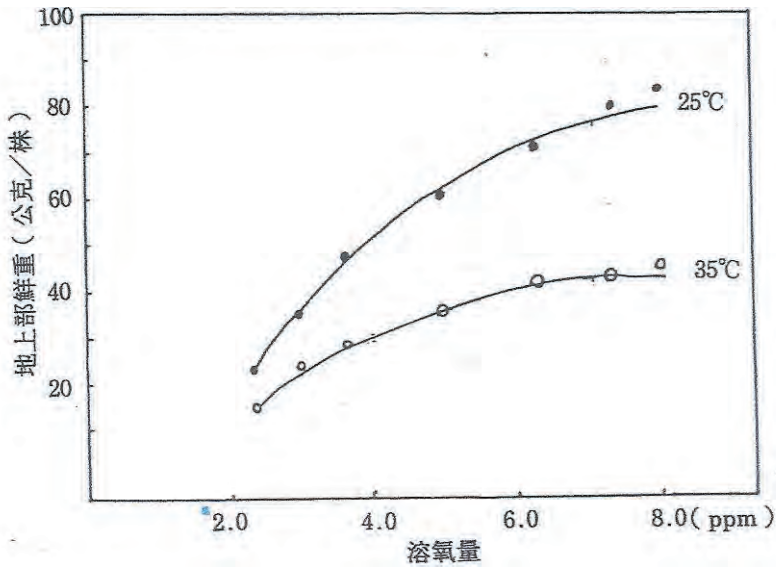


圖 7. 液溫與溶氧量之交感效應對 21 大水耕青梗白菜生長之影響

表 6. 液溫及定植板別對青梗白菜及結球萵苣生育之影響

液溫	蔬菜別	地上部鮮重 (公克 / 株)		根部活性 (毫克 CO ₂ / 株, 分)	
		凹凸型	平板型	凹凸型	平板型
25°C	青梗白菜	73.5	69.2	79.6	57.2
	萵苣	376.3	372.2	159.4	116.3
35°C	青梗白菜	59.1	50.5	59.4	43.7
	萵苣	242.2	227.4	119.6	77.7

(4) 具豐產性：

在 25°C 時與平板型栽培床相比，在凹凸型栽培床中，青梗白菜可增產 6.2%，萵苣則增產 1.1%。至 35°C 時，青梗白菜之增產率達 17.0% 而萵苣則增加 6.5% (如表 6)。

(5) 需養液量較省：

在凹凸型之栽培床，由於具凹凸浪板特性，每單位栽培床最高養液裝載量僅 105 公升，比平板型之 129.6 公升可節省 24.6 公升；且以栽種一次青梗白菜為例，在氣溫 35°C 下，每 1000 m² 可節省 7.7 公噸之養液，而萵苣可節省 11.1 公噸之養液。

(6) 耗電量較省：

由於改良型之栽培技術，改採用噴灌進液，因之每小時僅打 3~5 分，每日動作 16 次，因之每 1000 m² 每日耗電量僅 10-12KWH，為舊型對照之半。

動態浮根式水耕系統的栽培成效

表 7 之可知，在 5 月至 10 月之栽培季節下，鳳山白菜、尖葉萵苣及白莧菜等 3 種參試蔬菜，均以生長於凹凸型栽培床較能獲致高產，以每個栽植之產量而言，栽種於凹凸型栽培床之產量比平底型床者多 13~26%，而且平底型床者之缺株率在 5.3~9.6% 間，導致每平方公尺之產量乃以栽種於凹凸型者較高，與平底床者相比依蔬菜別，其產量多達 13~33%。但至冬季時，由於栽種於平底床者之缺株率降至 3.1~4.9%，且每栽植穴之產量亦與氣根式栽培床間差異不顯著，故，兩者間每平方公尺之單位產量大致相仿。

造成植株生長於底床式栽培床發生缺株的原因二，其一為平底床之定植板中央隨著植株生長而下陷，而定植板外緣則凸出變型，導致下次移植時，該處幼苗根系因沾不到養液而枯萎。再者，平底型栽培床之定植板與養液密合，若定植板之硬度不夠，即保利龍板之密度太低，則因毛細現象使定植板表面沾上養液。由於養液中含氮、磷、鉀等必需元素，因之，藻類極易生長於上，一旦佈滿青苔後，又因真菌蟲蚋 (Fungus gnats) 感染，輕微者水耕植株根部被蠶食而生長緩慢，嚴重者，因發生根腐。

表 7. 季節別對不同蔬菜生長於平底型與凹凸型水耕栽培系統之差異

蔬菜別	調查項目	5 月~10 月		5 月~10 月	
		平底型	凹凸型	平底型	凹凸型
鳳山白菜	產量 (公克 / 穴)	61.6 ^b	69.4 ^a	—	—
	(公斤 / 平方公尺)	5.4 ^b	6.1 ^a	—	—
	缺株率 (%)	5.3 ^b	1.1 ^b	—	—
繡葉白菜	產量 (公克 / 穴)	—	—	70.6 ^a	69.6 ^a
	(公斤 / 平方公尺)	—	—	6.3 ^a	6.1 ^a
	缺株率 (%)	—	—	3.1 ^a	0.6 ^b
尖葉白菜	產量 (公克 / 穴)	35.9 ^b	46.3 ^a	74.3 ^a	76.8 ^a
	(公斤 / 平方公尺)	3.0 ^b	4.0 ^a	6.6 ^a	6.1 ^a
	缺株率 (%)	9.6 ^a	2.6 ^b	4.6 ^a	0.6 ^b
白莧菜	產量 (公克 / 穴)	44.3 ^b	52.1 ^a	64.9 ^a	67.2 ^a
	(公斤 / 平方公尺)	3.8 ^b	4.8 ^a	6.1 ^a	6.3 ^a
	缺株率 (%)	7.9 ^a	3.1 ^b	4.9 ^a	1.4 ^b

註：表中通同一欄之因英文字母相同者代表同統計上差異不顯著 (Ducans MRT 5%)

由表 8、表 9 之資料顯示，動態浮根式水耕系統的栽培成效，在 5 月~10 月時各種葉菜類之每栽植穴之平均產量為 61.5 ± 23.8 公克，每平方公尺之產量為 5.4 ± 2.2 公斤，而生育日數為 22.7 ± 5.8 日，在 11 月~4 月時，其產量特性為 72.8 ± 35.1 公克/穴， 6.7 ± 3.0 公斤/平方公尺及 26.8 ± 5.3 日之生育日數。若換算成每公頃之週年產量，按水耕栽培實際面積業土地面積之 60%，則藉由動態浮根式系統來栽培各種葉菜類，則 5~10 月時可收穫 8 次，及每公頃總產量為 $5.4 \text{ 公斤/平方公尺} \times 10000 \text{ 平方公尺} \times 0.6 \times 8 = 259.2$ 公噸，在 11 月~4 月時可收穫 7 次，及每公頃總產量為 $6.7 \text{ 公斤/平方公尺} \times 10000 \text{ 平方公尺} \times 0.6 \times 7 = 281.4$ 公噸。換言之，全年之公頃產量為 540.6 公噸，為同面積一般露天土耕之 3~5 倍。

表 8. 季節別對不同葉菜種類生長於動態浮根式水耕系統之表現

蔬菜別	5月~10月			11月~4月		
	產量		生育 日數	產量		生育 日數
	(公克/株)	(公斤/平方公尺)		(公克/株)	(公斤/平方公尺)	
薺菜	31.5	2.9	15	43.3	3.8	30
薺菜(宿根)	60.6	5.4	14	37.8	3.9	30
韭菜(宿根)	65.6	5.8	24	39.2	3.5	30
白莧	52.1	4.6	18	71.4	6.3	30
紅莧	45.7	4.1	18	88.6	7.8	30
尖葉萵苣	35.9	3.2	18	76.8	6.8	27
縐葉萵苣	—	—	—	179.0	15.9	30
半結球萵苣	245.3	3.3	30	554.2	7.4	45
結球萵苣	—	—	—	672.0	8.9	45
鳳山白菜	51.0	4.5	18	—	—	—
青梗白菜	32.3	2.9	21	51.4	4.6	24
縐葉白菜	57.6	5.1	20	67.9	6.0	24
白芥菜	61.2	5.4	30	71.4	6.3	24
黑芥藍	69.6	6.1	30	79.2	7.0	24
小松菜	58.0	5.1	24	63.9	5.7	20
雪菜	114.2	10.1	30	131.5	11.7	24
油菜	84.8	7.5	30	93.5	8.3	24
結球甘藍	314.2	—	45	1300.0	17.3	50
球莖甘藍	330.0	—	60	550.0	7.3	45
菠菜	—	—	—	65.0	5.8	40
茼蒿	—	—	—	56.0	5.0	17
山芹菜	—	—	—	51.9	4.6	45
千寶菜	102.4	9.9	23	43.0	3.8	26

註：每穴栽植株數結球萵苣及夏季青梗白菜為 1 株，餘為 2~3 株，每 100 m² 可置 35 個栽培床，每一栽培床之實際栽培面積為 3.62 m²

表 9. 態浮根式水耕系統栽培水耕蔬菜生產特性 (100m²，一作)

季節別	蔬菜種別	葉數	生長日數	單穴鮮克重 (公克)	去根鮮重 (公克)	栽培床產量 (公斤)	100m ² 之產量 (公斤)
冬季	土白菜	8.0	20	63.9	61.3	7.7	268.4
	青梗白菜	8.5	22	84.4	78.7	10.1	354.5
	尼龍白菜	8.5	21	83.0	81.1	9.9	348.6
	莧菜	15.0	28	60.6	54.5	7.3	254.5
	繡葉萵苣	8.8	22	86.6	81.1	10.4	363.7
	結球萵苣	26.3	40	369.8	345.5	6.9	241.8
夏季	土白菜	7.9	14	70.0	68.0	8.4	294.0
	青梗白菜	7.4	23	46.4	44.3	5.6	195.0
	尼龍白菜	6.8	22	65.5	62.8	7.9	275.1
	莧菜	12.2	20	54.5	45.2	6.5	228.9
	結球萵苣	8.9	18	76.0	71.0	8.6	300.7

註：每穴栽植株數結球萵苣及夏季青梗白菜為 1 株，餘為 2~3 株，每 100 m² 可置 35 個栽培床，每一栽培床之實際栽培面積為 3.62 m²

動態浮根式水耕系統的推廣成效

自從農業改良場設計之第三型水耕技術構築 0.128 公頃之水耕溫室生產一般葉菜類。同年年底該場訓練之青年農民林家憲先生在其臺中縣頭汴坑家之三樓頂構築一個 30 坪之屋頂水耕菜園，生產一般葉菜類。1986-1987 年間引用臺中場第四型水耕技術之農場由北至南計有臺北市外雙溪之青青農場、桃園中壢之鄉土農園、歐亞公司、苗栗西湖鄉之高埔水耕農場、彰化縣永靖鄉曾瑞桐農友及臺中縣龍井鄉江姓農友；再者，臺南縣歸仁鄉楊清光農友在臺南縣政府及歸仁鄉農會之輔導下於 1988 年 10 月間完成 0.6 公頃之嘉美水耕農場，即採用臺中場開發之第五型省能源之系統。而且，為了抗颱風之侵襲，1987 年 6 月間已有高雄縣岡山鎮、彰化縣二林鎮、田中鎮、埔心鄉及花壇鄉和嘉義市農會之四健會會員相繼試作臺中場開發之第六型抗風式矮架水耕設施合計二〇座。至 1989 年 6 月，臺灣省境內大約有 6 公頃之水耕栽培農場，其中採用臺中場開發之動態浮根式水耕系統之農場在 3 公頃以上；同年此項技術獲中央標準局編號新型第 54285 及 54377 號之兩項 10 年專利；並於 1989 年 6 月 20 日奉行政院農業委員會提示正式推

薦於農友。1990年2月筆者進一步將矮架水耕溫室結合動態浮根式水耕系統而完成一套適合本省氣候條件之經濟型實用化之水耕栽培技術正式宣告誕生。目前台灣本島及東沙、小金門、馬祖等外島駐軍均採用此系統。此外，香港、泰國、馬來西亞、新加坡、汶萊等東南亞地區和斐濟、南非、關島、塞班、帛琉及加勒比海聖克里斯多福亦廣泛採用，推廣栽培面積有二百餘公頃。

結論

爲了落實水耕栽培技術，台中區農業改良場自從民國75年底完成動態浮根式水耕系統後，針對本省特殊的氣候，乃經2年來努力進一步開發一種以保利龍爲資材凹凸浪板式栽培床。此種凹凸浪板式栽培床之優點爲養液之灌排流程僅0.2公尺，可不懼高氣溫之困擾，栽培床亦可無限制加長。最重要地，水耕植物係移栽於凹凸浪板之凸起處，在根系之生長過程中，其下方新生根沿兩邊凹槽向下伸長，狀似倒V字型；因之隨著凹槽水位之調整，其上方根系將佈滿雪白之氣根，從此不再懼盛夏高水溫導致溶氧量低下及水耕植物生育不良之困擾。動態浮根式水耕系統之栽培優點有八項：(1) 較易維持養液溫度；(2) 溶氧量高；(3) 根系較發達；(4) 缺株率較低；(5) 不懼高水溫；(6) 具豐產性；(7) 養液消耗量較少；(8) 耗電量較省。

動態浮根式水耕系統之生產之豐產特性係源自缺株率較低，且單穴產量較高；但至冬季時，兩種形狀栽培床表現之生產特性在缺株率雖仍以平底床者較高，但單穴及每平方公尺之鮮株產量差異不顯著。以動態浮根式水耕系統進行各種葉菜類蔬菜之栽培，在每年5月~10月間可獲致 61.5 ± 23.8 公克之單穴產量，及 5.4 ± 2.2 公斤/平方公尺產量和 23.7 ± 5.8 之平均生育日數；而11月至隔年4月間之平均產量和單穴產量爲 72.8 ± 35.1 公克及 6.7 ± 3.0 公斤/平方公尺，顯示冬季之生產力大於夏季。本結構經測試結果顯示在熱帶地區之生產潛力及具周年生產特性。

參考文獻

1. 高德錚 2004 水耕栽培技術十講 僑委會中華函授學校出版(再版)。
2. 高德錚 1995 第五屆養液栽培技術講習會專刊 台中區農業改良場出刊
3. 高德錚 1991 動態浮根式水耕系統之開發與利用 台中區農業改良場特刊第27號

台中區農業改良場出刊。

4. 高德錚 1991 本土化蔬菜水耕栽培技術 台中區農業改良場特刊第 26 號 台中區農業改良場出刊。
5. 高德錚 1988 精緻農業～水耕栽培技術 行政院青年輔導委員會出版。
6. 高德錚 1988 水耕栽培實務手冊 行政院青年輔導委員會出版。
7. 小川雄一 2008 養液栽培の新マニュアル 366pp 社團法人 日本施設園藝協會編。
8. 山崎肯哉 1986 水耕栽培の魅力とり THE 水耕栽培 pp。40-46 富民協會毎日新聞社出版。
9. 山崎肯哉 198 4 水耕栽培全篇 261pp 株式會社博友社出版。
10. Kao, Te-Chen and Arnat Tancho 2004 Soilless Culture in Tropics Published by National Majeo University, Thailand (in Thai language).
11. Cooper, A. 1988 The Arial System of NFT System pp.157-170. In Special Lectures Volumes of “Horticulture in High Technology Era” . Held in May 2-3 1988, Inami, Tokyo.
12. Resh ,H. M. 1987. Hydroponic Food Production, A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. pp.120-152. Woodbridge Press Publishing Company.
13. Kao, Te-Chen 1991 The Dynamic Root Floating Hydroponic Technique: year- round production of vegetable in ROC on Taiwan. FFTC Extension Bulletin No. 330.
14. Kao, Te-Chen 2004 Practical organic substrate culture technology in the tropics. from Workshop of “Soilless Culture in Tropics” , Held at Maejo University Chingmai Thailand Sep 27-29, 2004.
15. Kao, Te-Chen 2004 Vegetable Home Gardening ABC from Workshop of “Vegetable City Gardening Management” , Held at Ulaanbaatar University Mongolia, Sep 11-14, 2004.
16. Kao, Te-Chen 2003 Practical hydroponics technology in the tropics from Workshop of “Soilles culture in Tropics” , Held at Maejo University Chingmai Thailand Aug. 25-27, 2003.

A Novel Design of Dynamic Root Floating Hydroponic System Specially for Leafy Vegetable Cultivation in Humid Hot Season

Te-Chen Kao

Deputy director, Taichung District Agricultural Research and Extension station, COA
techen.kao@gmail.com

Abstract

High temperature is known to be the limiting factor of growing vegetables during the summer season in Taiwan. In order to solve this problem, we initiated a research work on nutrient culture technique so that to produce the pesticide free and high quality vegetables under the subtropical condition of Taiwan in 1984.

After a series of experiment of various nutrient culture systems designed by Taichung District Agricultural Improvement Station, we found that the high temperature coupled with the shortage of dissolved oxygen (DO) in the nutrient are the main reasons why the yield of vegetables is so low in the conventional type of soilless culture under the subtropical condition.

The designs for various nutrient flow system had been made to overcome these difficulties. Finally, we develop a new system called dynamic root floating (DRF) hydroponic system which is proven to be ideal to grow various kinds of vegetables not only during the hot summer season but even better in the rest of seasons of a year.

The DRF hydroponic system was designed to compose with aero-root type culture unit, aspirator, water level adjuster, the typhoon-proof low-height plastic house and nutrient concentration gradient controller. The controller was designed to keep air space 0~4 cm in depth between water level and panel of culture bed. The sufficient oxygen supply is attained through up and down movement (4~8 cm) of water flow with the help of specially designed air aspirator and water level adjuster. Because of ample oxygen supply and keeping root alternatively in wet and semi-dry conditions, the roots grow vigorously all the time, resulted in a high productivity of vegetables even under the high temperature condition.

Our DRF system can be installed either in a small scale for home garden or extended to be a big commercial production scale. DRF is operated by the automatic system therefore much labor can be saved. This system can withstand against heavy rainfall and free from insect and disease damages if it is properly managed.

Key word: Dynamic Root Flooding Hydroponic System, Semi-dwarf greenhouse, Nutrient level adjuster, Aspirator, Aero-root, V shape culture tray

介質水耕式果菜栽培系統研發 應用

高德錚、林秋全

行政院農業委員會臺中區農業改良場副場長、技工

techen.kao@gmail.com

摘要

經五年的測試，臺中區農業改良場已完成一種底部以營養液流灌及頂部以清水滴灌的介質水耕式果菜栽培系統；本套介質水耕式果菜栽培系統係結合本場既有的動態浮根式水耕系統、8 吋栽培盆、本土有機介質及自製簡易滴灌管，使果菜類蔬菜的上位根系生長於 8 吋栽培盆之介質中而下位根系則伸展於栽培床中。如此之設計，誘使果菜類蔬菜之下位根系從事養份吸收而上位根系則進行水份之供給。經實際試種結果顯示此設計特別適合夏季果菜類蔬菜之生產，可比養液水耕法及介質槽耕滴灌法較為節能（減少 3.9~64.4KW/1000M², 作）、省肥（減少水肥污染 21.6/1000M², 作 漏排遺）及增產 10~20%。

前言

近十年來國內以無土設施來生產蔬果之面積逐年日增，以介質耕來栽培設施番茄、番椒、花胡瓜、甜瓜及南括等茄果之面積已達 250 公頃左右，農民採用非土壤之栽培介質，配合養液滴灌系統將化學肥性養液自動灌溉於茄果根系中，每公頃每天使用化學性養液用量約為 30~50 公噸及清水灌溉用量約為 50 公噸，當夏季炎熱時，隨著灌溉次數及灌溉用量之頻繁，而約有 20% 的養液流入設施內之土地及混入地下水中而污染到農業生產環境。因之，急待開發一套最少養液使用量及養液循環再利用且不排放之栽培系統去解決廢棄養液污染大地之困擾。

介質水耕式果菜栽培系統之設計

一、栽培系統之配置

如圖 1 所示，本套介質水耕式果菜栽培系統係結合本場既有的動態浮根式水耕系統 (45 公分寬，深度 15 公分及長 180 公分之槽式保利龍栽培長床，上附平面保利龍承板)、8 吋栽培盆、本土有機介質及自製簡易滴灌管，使果菜類蔬菜的上位根系生長於 8 吋栽培盆之介質中而下位根系則伸展於栽培床中。

二、栽培承板

每一保利龍保利龍栽培床用 2 片長 90 公分，寬 45 公分，厚 3 公分之承板蓋住，每一承板有等距離排列 80 個直徑 186 公分之圓形栽培孔 (圖 1)。

三、防漏塑膠布：

構築栽培床時係依地形之長短，而以基本栽培床連接之，為避免漏水及著生藻類，栽培床內緣罩以 0.15~0.2mm 之 PE 黑色塑膠布。

四、空氣混入器

空氣混入器結構如圖 1 所示，在每條栽培床前均裝置 2 個空氣混入器，當養液流入栽培床時，必需先經過此空氣混入器。由於空氣混入器之下方凸出處，裡面裝有 2 組十字型重疊塑膠閘門，一旦養液流經此處時會產生 8 條水流而沖出，再者凸出處上方開有 2 個 0.1mm 直徑之圓洞，在養液流經時可將外界空氣隨之吸入而混入養液中。

五、雙環式排液器

如圖 1 所示，在栽培床尾設置雙環式排液器乙只，排液器構造為 ABS 塑膠射出成型的圓筒裝置，其中由外環及內環所組成。圓筒之外環直徑為 10.5 公分，固定高度為 8 公分，在圓筒下方左右有一對稱且直徑為 2 公分之排水口。內環亦為 ABS 材質之塑膠套環，其直徑為 7.5 公分。又內環係由四個厚度不一的套環所組成其厚度細分成 3 公分 (1 個)，2 公分 (2 個) 及 1 公分 (1 個) 等三組。進行水位調整時，依實際需要將各套環組成而精確控制水位成 0~8 公分。

一般操作時內環之高度為 4 公分，栽培床內之養液可經由外環之圓洞，進入內環塑膠管而流回養液槽。若栽培床內水位高於 8 公分時，養液會因淹過外圍塑膠管上方，直接進入內環管而流回養液槽。因此裝置養液升降排液器之優點為每次灌液至下一次灌液時，栽培床內水位維持在 8~4 公分間。

六、養液槽

以 $1,000\text{m}^2$ 栽培面積為例，需於栽培床進液處之下方配置一個容量為 10 噸裝清水黑色 PE 硬質塑膠桶，而在栽培床後下方排液處之地下有容量 20 公噸之裝養液 PE 硬質塑膠桶。在地下塑膠桶中裝設有抽水幫浦，其作用為允許栽培床流回地下養液槽。

七、抽水幫浦

以 $1,000\text{m}^2$ 之栽培面積為例，在栽培床後方與地下塑膠桶連接之抽水幫浦的規格為 2HP 之高速馬達，轉速為 3,400rpm。

八、定時器

作為控制栽培床前方抽水幫浦之定時操作作用，其規格為 24 小時循環式，每一動作時間為 15 分鐘或更短。盛夏時從上午 9 時至下午 16 時間，每二小時動作一次，每次 15~30 分，至夜間 12 時再動作 30 分鐘，若春、秋、冬季時，則中午 12 時及下午 12 時各動作一次，每次 30 分鐘。

九、迴流曝氣裝置

於栽培前方之大養液槽上，當後方抽水幫浦打入養液時，其入口處加裝一個蓬噴頭，使養液成噴水狀進入大養液槽，且在前方大養液槽之抽水幫浦處加裝一條管路，一旦馬達啟動時允許部分養液再迴流至大養液槽中，因之，在其入水口處亦加裝一個蓬噴頭，藉以增加養液中之溶氧量。

十、底部養液流灌供液系統

供液系統採用養液循環回收再使用之方式，養液由栽培床前之地下養液槽定時流入栽培床中。即盛夏之際，每日 9~16 時間，由定時器啟動 2 HP 抽水幫浦每小時兩次將養液灌入栽培床，以加速栽培床中養液之流動。

十一、頂部清水滴灌系統

清水滴灌供液系統採用循環回收再使用之方式，即在外盛夏之際，每日 8~16 時間，由定時器啟動 2HP 抽水幫浦將 500~2000 公升 / 日 / 1000M^2 。清水由栽培床前之地下清水槽定時地將清水滴入栽培盆中，多餘的清水再經栽培槽與養液混合流回養液槽中。

十二、底部養液流灌配方

表 1. 瓜類液肥配方 (gm/1000L)

	成分	營養期	開花期	結果期
硝酸鈣	$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	236	295	354
硝酸鉀	KNO_3	202	303	404
磷酸一銨	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	74	111	148
磷酸一鉀	KH_2PO_4	46	69	92
硫酸鎂	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	236	295	354
嵌合鐵	$\text{Fe} \cdot \text{EDTA}$	12	12	15
綜合微量肥		12	15	18
硼酸	H_3BO_3	5	8	10
EC(mS/cm)		0.9	1.1	1.3
pH		6.0	6.0	6.0



自製滴幹灌管



養液可循環再利用之槽式水耕栽培床



8 吋塑膠盆及底部打洞允許更根系可研延伸到槽式水耕栽培床中



在槽式水耕栽培床中底部灌養液與底頂部滴灌清水之相關配置



圖 1. 介質水耕栽培系統之設備配置

介質水耕式果菜栽培系統之栽培成效

一、構築成本

構築一套介質水耕式果菜栽培系統成本每 1000 M² 包括栽培床、塑膠盆、空氣混入器、黑色 PE 塑膠布、抽水幫浦、養液槽、栽培架、定時器、滴灌管、1/4” PVC 管等等約新台幣 27 萬 3000 千元。

二、栽培成效

由表 1-3 之試驗資料顯示，夏季花胡瓜、夏季中國南瓜、冬季小果番茄及春季長茄之生長於介質水耕式系統中之單株產量、單株產果量、良果率及採收日數均優於生產動態浮根水耕式系統及介質槽耕系統，增產效應達 10~20%。夏季花胡瓜、夏季中國南瓜、冬季小果番茄及春季長茄之生長於介質水耕式系統可因減少更根部受害率及根系伸長 (如圖 2) 而致良果率較高。

表 1. 不同栽培型式對夏季花胡瓜生產力之影響

栽培系統別	單株產量 (條/株)	單株產量 (公斤/株)	良果率 (%)	根部受害 死亡率 (%)	採收日數 (日)
介質水耕式	57.3	6.48	93.1	3.4	51.2
動態浮根水耕式	50.9	5.94	91.2	8.5	47.3
介質槽耕式	39.4	3.24	84.6	11.3	41.2

表 2. 不同栽培型式對夏季中國南瓜生產力之影響

栽培系統別	單株產量 (公克/果)	單株產量 (個/株)	良果率 (%)	根部受害 死亡率 (%)	採收日數 (日)
介質水耕式	898.3	3.6	97.3	1.9	53.2
動態浮根水耕式	774.2	3.6	93.2	3.4	50.4
介質槽耕式	741.7	2.9	89.3	11.2	51.3

表 3. 不同栽培型式對冬季小果番茄生產力之影響

栽培系統別	單株產量 (公斤/果)	單株產量 (個/株)	良果率 (%)	根部受害 死亡率 (%)	採收日數 (日)
介質水耕式	2.57	257.6	91.2	3.9	97.2
動態浮根水耕式	2.37	243.1	92.1	5.4	90.4
介質槽耕式	2.25	225.7	88.4	8.1	85.5

表 4. 不同栽培型式對春季長茄生產力之影響

栽培系統別	單株產量 (公斤/果)	單株產量 (條/株)	良果率 (%)	根部受害 死亡率 (%)	採收日數 (日)
介質水耕式	5.73	34.2	89.2	1.9	77.2
動態浮根水耕式	4.98	29.3	82.1	3.4	79.4
介質槽耕式	4.21	27.6	78.4	13.2	65.5



花胡瓜之根系生長於動態浮根式水耕系統 (右病株) 及介質水耕系統 (右病株) 之比較



中國南瓜根系生長於動態浮根式水耕系統 (右病株) 及介質水耕系統 (右病株) 之比較



小番茄根系生長於動態浮根式水耕系統 (左) 及介質水耕系統 (右) 之比較



長茄根系生長於動態浮根式水耕系統 (左) 及介質水耕系統 (右) 之比較

圖 2. 不同栽培型式對蔬果根系生長之影響

三、節能省肥成效

由表 5 資料顯示，用介質水耕式系統栽培夏季花胡瓜可比用動態浮根水耕式水耕系統及介質槽耕滴灌系統較為節能 (減少 33.9~64.4KW/1000M², 作)、省肥 (減少水肥污染 (21.6/1000M², 作漏排))。

表 5. 不同栽培型式對栽培花胡瓜節能省肥之影響

栽培系統別	用水量 公噸 /1000M ² / 作	用肥量 公噸 /1000M ² / 作	用電量 KW//1000M ² / 作
介質水耕式	58.2	49.4	312.4
動態浮根水耕式	0	97.5	356.3
介質槽耕式	0	117.3 (21.6 漏排)	376.8

結論

臺中區農業改良場已完成一種底部以營養液流灌及頂部以清水滴灌的介質水耕式果菜栽培系統；本套介質水耕式果菜栽培系統係結合本場既有的動態浮根式水耕系統、8 吋栽培盆、本土有機介質及自製簡易滴灌管，使果菜類蔬菜的上位根系生長於 8 吋栽培盆之介質中而下位根系則伸展於栽培床中。如此之設計，誘使果菜類蔬菜之下位根系從事養份吸收而上位根系則進行水份之供給。經實際試種結果顯示此設

計特別適合夏季果菜類蔬菜之生產，可比養液水耕法及介質槽耕滴灌法較為節能 (減少 3.9~64.4KW/1000M², 作)、省肥 (減少水肥污染 21.6/1000M², 作漏排遺) 及增產 10~20%。

參考文獻

1. 李久生、2005 滴灌施肥灌溉原理與應用第二版 中國農業科學技術出版社 北京。
2. 李文汕 2001 台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。
3. 郭彥彪、刘兰生、张承林 2007 施灌溉技術 第一版 化學工業出版社 北京。
4. 高德錚 1991 動態浮耕式水耕系統之開發利用 pp. 119-127 台中區農業改良場特刊 27 號 台中區農業改良場出版。
5. 戴振洋、蔡宜峯、蔡正宏 2012 甜瓜有機養液栽培技術 p.129-138 有機農業研究團隊研發成果研討會。
6. 王永靜、程廣斌 2007 日本環境保全型農業對其我國的啓示 安徽農業科學 35(16) : 949-4952。
7. 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 上海農業學報 16(4) :87-92。
8. 陳令錫、戴振洋、田雲生、何榮祥 2009 自動注入式施肥灌溉系統使用於介質槽耕栽培胡瓜之研究 台中區農業改良場研究彙報 104:29-37。
9. 蔡宜峰、高德錚 2002 本土化蔬菜有機介質配方之開發 臺中區農業改良場專訊 38: 4-11。
10. 詹惠雯、李文汕 2006 有機介質簡化養液栽培對胡瓜‘夏迪’生長發育之影響 興大園藝 31(3): 43-56。
11. 小川雄一 2008 養液栽培の新マニュアル 366pp 社團法人 日本施設園藝協會編。
12. 青木宏史、梅津憲治、小野信一 2001 養液土耕栽培の理論と實際 264pp 誠文堂新光社出版。
13. 木村武 1999 施設園藝における環境保全型土壤、肥培管理 日本土壤肥料學雜誌 70(特別號) : 475-480。

14. Ball Vic. .2001. Plugs-the way of the 2000, p 137-154 In Ball Red Book-Greenhouse Growing (21 edition). Geo. J. Ball Inc.
15. Benoit, F. and N. Ceustermans. 1995. A decade of research on ecologically sound substrates. *Acta Hort.* 408:17-29.
16. Bruckner, U. 1997. Physical properties of different potting media and substrate mixtures-especially air and water capacity. *Acta Hort.* 450:263-270.
17. Hagin J. and Anat Lowengart 1996 Fertigation for minimizing environmental pollution by fertilizers. *Fertilizer Research* 43: 5-7.
18. Hilhorst, M. A. and K. Schurer. 1998. Sensing moisture in soils and substrates. *Acta Hort.* 421:179-184.
19. Olympios C. M.. 1992. Soilless media under protected cultivation: rockwool, peat, perlite and other substrates. *Acta Hort.* 323:215-234.
20. Prasad, M. 1997. Physical, chemical and biological properties of coir dust. *Acta Hort.* 450:21-27.
21. Sheldrake, R. 1983. Bag culture update. *Amer. Veg. Grower* 31(8) : 32-33.

A Novel Design of Hydroponic-Substrate Cultivation System ~Specially Developed for Fruity Vegetable in Humid Hot Season ~

Te-Chen Kao. Chiou-chyuan Lin

Deputy Director and Technician of Taichung District Agricultural Research and Extension
station, COA

techen.kao@gmail.com

Abstract

By five years of experiment, a novel design of hydro-substrate culture system special for fruity vegetable cultivation was developed by Taichung district Agricultural Research and Extension Station in 2017. This set of hydro-substrate-culture system were combined Dynamic Root Floating Hydroponic System, 8 inches cultivation pot, local organic media and the homemade simple drip irrigation tube to induce the upper root fruity vegetable to grow in 8 inches cultivation pot and the lower part of root system to stretch in the cultivation tray. Such a design, tempting to force the lower root system of fruity vegetables becoming nutri-root to the nutrient absorption and the upper root system to supply of water only. By a 5-year actual trial, the results show that this system is well-suited for the summer production of fruity vegetables. The effort is better than its grows in both liquid hydroponics and substrate tray drip irrigation farming method via more energy efficient (saving 3.9~64.4KW/1000M²,crop), fertilizer (reducing liquid fertilizer pollution (21.6/1000M²,crop) and increase 10~20% fruit yield/crop.

微量介質式果菜栽培系統研發 應用

戴振洋

行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員

taijy@tdais.gov.tw

摘要

臺灣農業在生產上遭受到不良氣候環境影響極大。利用各種設施以改善栽培環境，可以減輕災害損失，達到穩定生產、增加產量、提高品質，甚至調節產期、計畫生產的目的，此是促使高品質蔬菜生產朝向設施栽培的原始動力。至今，設施介質耕栽培蔬菜已經為農民所接受及應用，並已成為臺灣蔬菜產業中重要的一環。本文將探討探討臺灣介質耕從用袋耕、籃耕、耕植槽耕及微量介質袋耕等生產模式，是否對番茄生育及產量有所影響。在不同介質容量 (0.6-7.5 公升 / 株) 對番茄產量及品質之影響，其番茄單株特級果果數及產量皆以 2.0 L/bag/plant 及 15 L/bag/2 plant 處理者顯著較佳。在探討不同栽培容器及介質量對設施番茄生育及產量之影響。在番茄之株高、莖乾重、葉乾重及根乾重等園藝性狀，以及果高、果徑、單果重及可溶性固形物含量等果實品質性狀，在不同介質栽培槽處理間均無顯著影響。在採收總果數及總果重，以籃耕栽培處理 18.1 fruit / plant 及 2,071 g/plant 表現較好。由番茄採收期介質及葉片營養元素分析顯示，不同介質栽培容器處理間差異不顯著。綜合本研究結果，採用適當栽培管理，配合各型式介質栽培容器特性施用適量養液，即使較低成本的微量介質栽培方式，也可順利達到生產優質的番茄，將可供日後研究與業者應用參考。

關鍵字：番茄、設施、介質

前言

臺灣農業生產在夏季常遭遇颱風和豪雨，冬季則有寒流和乾旱等不利的氣候因素造成災害損失。因此，臺灣農業在生產上遭受到不良氣候環境影響極大。現今臺灣蔬菜栽培所追求的目標已不在是單純的要求產量高，更講究的是高品質。傳統的露天栽培方式，已無法滿足此目的，許多高品質蔬菜栽培管理務必更精緻、照顧更要求的無微不至^(5,9)。而利用各種設施以改善栽培環境，可以減輕災害損失，達到穩定生產、增加產量、提高品質，甚至調節產期、計畫生產的目的，此是促使高品質蔬菜生產朝向設施栽培的原始動力。至今，設施介質耕栽培蔬菜已經為農民所接受及應用，並已成為臺灣蔬菜產業中重要的一環；目前也已發展精緻蔬菜如胡瓜、番茄、甜椒及甜瓜等利用設施介質耕栽培的模式，此方式須自國外進口大量的泥炭介質在蔬菜栽培之使用，不僅成本較高，而且耗費外匯^(4,5,19)，如依設施「介質袋」栽培估算，每公頃使用介質量如以 70 公升約為 4,000 包，每包介質市價約為 250-300 元之間，則購買介質成本在一佰萬元左右^(5,9)，佔生產成本極高，所以無法每年更換新介質，故農民仍重複使用，在連作且高複種之下，如操作不慎易衍生栽培管理上的問題^(5,9,12)。

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^(1,3,8)及控制養分吸收^(3,14,15,19,20)的策略，藉由調控根圈環境可以改善根系生長，增強養分的吸收，達到對植物生長發育之影響^(6,7,8)。研究顯示以肥料量及單株介質量等生產資材成本分析，以槽耕栽培每株成本 130.5 元 / 株最高，其次分別為袋耕栽培 75.9 元 / 株，籃耕栽培 69 元 / 株及微量袋耕 18.7 元 / 株⁽¹³⁾。因此，探討臺灣介質耕從用塑膠袋耕、塑膠籃耕、耕植槽耕及微量介質袋耕等生產模式，其不同介質栽培容器相對單株介質量也不同之下，是否對番茄生育及產量有所影響，因本場多年在投入設施蔬菜介質栽培研究已有顯著之成果，為擴展設施栽培更精準操控，以朝向設施蔬菜精緻化及高收益之發展。本文擬介紹本場近期在介質栽培研發成果，以供未來設施蔬菜介質栽培研究與應用之參考。

不同介質容量對番茄產量及品質之影響

本試驗針對不同介質容量栽培對番茄產量及品質之影響進行探討，其不同試驗處理分別為 (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。在番茄單株果數及果重方面，顯示 (表 1) 單株番茄特級果 (Grade A) 之果數以 E 處理 (15 L/bag/2 plant) 17 fruit / plant 及 D 處理 (2.0 L/bag/plant) 16.1 fruit / 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 fruit / 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 fruit / 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 fruit / 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 1) ，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 2,047g/ plant ，部分處理間表現已達顯著性差異。

表 1. 椰纖容量對單株番茄果數及果重之影響

Treatment	No. of fruit (no./ plant)			Fruit weight (g / plant)		
	Grade A	Grade B	Total	Grade A	Grade B	Total
A	11.2c ¹	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

¹ Means 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^(2,3,16,17,18)。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^(16,17)。台灣設施蔬菜生產中，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^(6,10,20)。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。

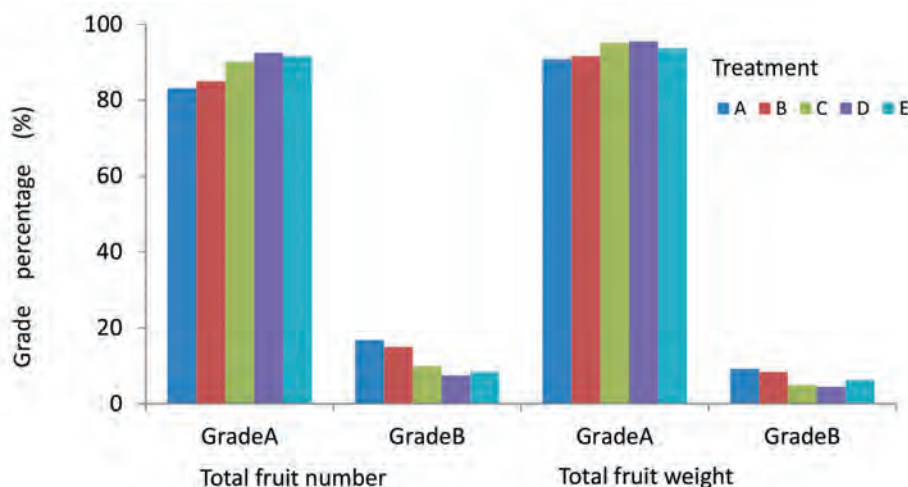


圖 1. 椰纖容量對番茄果品不同等級百分率之影響

不同型式介質栽培容器對番茄採收期之園藝性狀影響

本試驗針對不同型式介質栽培容器對番茄採收期之園藝性狀影響，試驗處理分別為 (A) 袋耕栽培 (容量 100 公升)，每袋種植 6 株；(B) 籃耕栽培 (容量 60 公升)，每籃種植 4 株；(C) 微量袋耕 (容量 1.5 公升)，每袋種植 1 株；(D) 槽耕栽培 (槽高 30 公分 × 槽寬 40 公分)。由調查結果顯示 (表 2)，番茄植株株高、葉長 (頂端下第四葉)、莖乾重、葉乾重及根乾重在不同處理間差異不顯著，番茄植株莖粗 (中段節位)、葉寬 (頂端下第四葉) 在不同處理間互有差異。其中莖粗以槽耕栽培處理 (D) 的莖粗 17 mm 較粗，與籃耕栽培的 16.1 mm，兩者處理無顯著差異，但與微量袋耕處理 (C) 的 12.9 mm 及袋耕處理 (A) 的 12.4 mm，處理間已達顯著差異。葉寬以槽耕栽培 (D) 處理的 68.6 cm 較高，其次為籃耕栽培 (B) 處理 53.0 cm，以微量袋耕栽培 (C) 處理 44.9 cm 及袋耕 (A) 處理 43.8 cm 較低。目前在臺灣設施蔬菜生產中，利用籃耕栽培或介質槽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^(6,10)。本試驗顯示不同介質栽培槽處理對番茄採收期園藝性狀 (株高、葉長 (頂端下第四葉)、莖乾重、葉乾重及根乾重) 之影響，各處理間無顯著性差異。如對番茄產量或品質也無顯著或略受影響，將可降低介質量栽培方式列入考量，以節省設施蔬菜生產成本，或解決連作栽培問題。

表 2. 不同型式介質栽培容器處理對番茄採收期之園藝性狀影響

Treatment	Plant height (cm)	Stem diameter (mm)	Leaf length (cm)	Leaf width (cm)	Stem DW. (g/plant)	Leaf DW. (g/plant)	Root DW. (g/plant)
A	171a ¹	12.4b	44.8a	43.8b	48.1a	62.8a	65.1a
B	183a	16.1a	47.8a	53.0b	71.8a	88.9a	64.3a
C	170a	12.9b	43.6a	44.9b	51.8a	72.9a	70.6a
D	185a	17.0a	53.5a	68.6a	67.4a	73.0a	77.5a

¹ Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

不同型式介質栽培容器對番茄品質及產量之影響

比較不同型式介質栽培容器對設施番茄產量及品質之影響，試驗處理分別為 (A) 袋耕栽培 (容量 100 公升)，每袋種植 6 株；(B) 籃耕栽培 (容量 60 公升)，每籃種植 4 株；(C) 微量袋耕 (容量 1.5 公升)，每袋種植 1 株；(D) 槽耕栽培 (槽高 30 公分 × 槽寬 40 公分)，結果顯示 (表 3) 單株番茄特級果 (Grade A) 之果數以籃耕栽培處理 (B) 12.3 fruit / plant 較高，其次依序為槽耕栽培處理 (D) 10.8 fruit / plant、袋耕處理 (A) 10.4 fruit / plant 及微量袋耕栽培 (C) 處理 9.6 fruit / plant；除槽耕栽培處理未達顯著性差異外，與其他處理間差異顯著。單株番茄優級果 (Grade B) 之果數，各處理間未達顯著性差異，分別依序為袋耕處理 (A) 5.92 fruit / plant 較高，籃耕栽培處理 5.73 fruit / plant、微量袋耕處理 5.29 fruit / plant 及槽耕栽培處理 4.06 fruit / plant。

在特級果 (Grade A) 之果重方面，累積歷次採收至後期果實重量，以槽耕栽培 (D) 處理之特級果果重 1,812 g / plant 最重，其次依序為籃耕栽培 (B) 處理 1,642 g / plant、袋耕處理 (A) 1,371 g / plant 及微量袋耕栽培 (C) 處理 1,277 g / plant。在優級果 (Grade B) 之果重方面，各處理間未達顯著性差異，分別依序為袋耕處理 (A) 432 g / plant 較重，籃耕栽培 (B) 處理 429 g / plant、微量袋耕栽培 (C) 處理 416 g / plant 及槽耕栽培 (D) 處理 366 g / plant。

在試驗期間單株番茄採收累積之總結果的果數及果重產量調查結果顯示 (表 3)，總結果的果數，以籃耕栽培 (B) 處理 18.1 fruit / plant 較高，其次依序為袋耕處理 (A) 16.3 fruit / plant、微量袋耕栽培 (C) 處理 14.9 fruit / plant 及槽耕栽培 (D) 處理 14.8 fruit / plant；除袋耕處理 (A) 未達顯著性差異外，與其他處理間差異顯著。在總產量方面，以槽耕栽培 (D) 處理之特級果果重 2,178 g / plant 較重，其次依序為袋耕處理 (A) 2,071 g / plant、籃耕栽培 (B) 處理 1,804 g / plant 及微量袋耕栽培 (C) 處理 1,693 g / plant，部分處理間表現已達顯著性差異。

表 3. 不同型式介質栽培容器對番茄果量與產量之影響

Treatment	No. of fruit (fruit/plant)			Yield (g/plant)		
	Grade A	Grade B	Total	Grade A	Grade B	Total
A	10.4b ¹	5.92a	16.3ab	1,371bc	432a	1,804bc
B	12.3a	5.73a	18.1a	1,642a	429a	2,071ab
C	9.6b	5.29a	14.9b	1,277c	416a	1,693c
D	10.8ab	4.06a	14.8b	1,812a	366a	2,178a

¹ Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

不同型式介質栽培容器對番茄果實性狀之影響

番茄於定植後 84 天 (生育中期) 及定植後 128 天 (生育後期), 逢機取樣果實調查其結果顯示 (表 4), 不論是在生育中期或生育後期, 在果高、果徑、單果重及可溶性固形物含量等果實性狀, 不同型式介質栽培容器處理間差異均無顯著性差異, 僅在硝酸態氮有顯著性差異, 在生育中期以袋耕處理 (A) 的 268 mg/kg 最高, 其次為籃耕栽培處理 (B) 248 mg/kg 及微量袋耕處理 (C) 213 mg/kg, 上述處理間差異不顯著。而以槽耕栽培處理 (D) 169 mg/kg 最低, 分別與袋耕處理 (A) 及籃耕栽培處理 (B) 有顯著性差異。在生育後期硝酸態氮與生育中期有相似的情形, 仍以袋耕處理 (A) 的 324 mg/kg 最高, 其次為籃耕栽培處理 (B) 316 mg/kg 及微量袋耕處理 (C) 252 mg/kg, 而以槽耕栽培處理 (D) 201 mg/kg 最低, 不同型式介質栽培容器處理間有顯著性差異。

表 4. 不同型式介質栽培容器對番茄果實性狀及品質之影響

Treatment	Fruit height (mm)	Fruit diameter (mm)	Fruit weight (g/fruit)	Nitrate content (mg/kg)	Total soluble solid (°Brix)
84 days after transplanting					
A	52.2a ¹	69.3a	149a	268a	3.6a
B	54.7a	70.3a	144a	248a	3.7a
C	52.5a	67.7a	132a	213ab	3.6a
D	55.7a	73.7a	159a	169b	3.9a
128 days after transplanting					
A	60.1a	70.1a	153a	324a	3.9a
B	60.4a	70.8a	161a	316a	3.9a
C	58.6a	70.1a	155a	252b	3.9a
D	59.9a	72.8a	172a	201c	3.7a

¹ Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

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^(12,13,17)。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^(3,8)。本試驗結果顯示，利用微量袋耕處理 (1.5 公升 / 株) 或槽耕栽培處理 (30 公升 / 株)，對番茄果實在果高、果徑、單果重及可溶性固形物含量等果實性狀，處理彼此間差異均無顯著性差異，顯示在本試驗中當介質容量降低 (C 處理 1.5 Liter/plant) 時，如果能透過灌溉系統適時提供養液 (表 7)，以本試驗中單株生育全期各處理養液灌溉量介於 415-574 L，可達到番茄生育所需之養分，就試驗結果而言，其番茄果實性狀，各處理則無統計上顯著性影響。

不同型式介質栽培容器對番茄採收後期介質化學特性之影響

於番茄生育後期進行不同型式介質栽培容器之介質化學特性分析，結果顯示 (表 5)，其中 pH 值約在 6.44-6.98 之間，以微量袋耕的 pH 值 6.98 最高，而槽耕栽培 6.44 顯最低，但處理間差異不顯著。電導度 (EC) 在不同處理間在 0.21-0.45 之間，以籃耕栽培的電導度 (EC)0.45 及微量袋耕 0.43 顯著高於其他處理者 (袋耕栽培及槽耕栽培)。在介質氮、磷、鉀、鈣及鎂含量分析中，以介質鉀及鎂含量在不同處理間並無顯著性差異，

而氮含量以槽耕栽培 (D 處理) 的 0.86% 最高，其次為微量袋耕 (C 處理) 的 0.83%、籃耕栽培 (B 處理) 的 0.80%，而與袋耕栽培 (A 處理) 的 0.71% 有顯著性差異。在磷含量以微量袋耕的 0.081% 最高顯著於袋耕栽培 (0.061%)、籃耕栽培 (0.053%) 及槽耕栽培 (0.052%)。而鉀含量在不同處理間在 0.24~0.26% 之間，處理間差異不顯著。鈣含量在不同處理間在 1.36~1.78% 之間，處理間部分有顯著差異，以微量袋耕 (C 處理) 的 1.78% 最高，其次為袋耕栽培 (A 處理) 的 1.6%，而與籃耕栽培 (B 處理) 的 1.47% 及槽耕栽培 (D 處理) 的 1.36% 有顯著性差異。鎂含量在不同處理間在 0.39~0.46% 之間，處理間差異不顯著。

戴等 (2014) 指出介質的電導度 (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⁽¹²⁾。本試驗中與栽培介質量多寡對介質電導度 (EC) 及無機元素含量是否容易相對累積並無一致性趨勢，但介質量較少的微量袋耕 (C 處理) 1.5 Liter/plant 與籃耕栽培 (B 處理) 15 Liter/plant；在電導度 (EC) 方面顯著高於槽耕栽培 (D 處理 30 Liter/plant 及袋耕栽培 (A 處理) 16.7 Liter/plant。而在處理間介質的無機元素含量資料顯示中，則無隨著養液灌溉量較多 (從 B 處理 415 L/plant 到 D 處理 574 L/plant) 而有增加的趨勢。

表 5. 不同型式介質栽培容器對番茄採收後期介質化學特性之影響

Treatment	pH (1 : 10)	EC(1 : 10) (dS/m)	N -----	P -----	K (g/kg)	Ca -----	Mg -----
A	6.69a ¹	0.21b	0.71b	0.061b	0.24a	1.60ab	0.41a
B	6.97a	0.45a	0.80a	0.053b	0.26a	1.47b	0.44a
C	6.98a	0.43a	0.83a	0.081a	0.24a	1.78a	0.46a
D	6.44a	0.24b	0.86a	0.052b	0.25a	1.36b	0.39a

¹ Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

不同型式介質栽培容器對番茄葉片元素含量之影響

不同型式介質栽培容器對番茄對葉片無機元素吸收之影響結果顯示 (表 6)，葉片氮含量以槽耕栽培 (D 處理) 的 2.43%，其次依序為微量袋耕 (C 處理) 的 2.29%、袋耕栽培 (A 處理) 的 2.23% 及籃耕栽培 (B 處理) 1.89%，各處理間部分有顯著性差異。葉片磷含量袋耕栽培及微量袋耕均為 0.69%，與槽耕栽培的 0.55% 差無顯著性差異，但與籃耕栽培的 0.43%，各處理間部分已達顯著性差異。葉片鉀含量以袋耕栽培的 3.91% 最高，依序為槽耕栽培的 3.88% 及微量袋耕的 3.53%，而以籃耕栽培的 2.87% 最低，各處理彼此間無顯著性差異。葉片鈣含量以袋耕栽培的 3.46%，其次依序為籃耕栽培的 3.39%、微量袋耕 3.42% 及槽耕栽培的 3.28%，各處理彼此間差異不顯著性。葉片鎂含量介於 0.70-0.85% 之間，處理間差異亦不顯著。

表 6. 不同型式介質栽培容器對番茄生育後期葉片元素中氮、磷、鉀、鈣及鎂含量之影響

Treatment	N	P	K	Ca	Mg
	----- (%) -----				
A	2.23ab ¹	0.69a	3.91a	3.46a	0.71a
B	1.89b	0.43b	2.87a	3.39a	0.74a
C	2.29a	0.69a	3.53a	3.42a	0.70a
D	2.43a	0.55ab	3.88a	3.28a	0.85a

¹ Means with the same letter in a column were not significantly different at 5% level by least significance difference.

依日本學者高橋等所定之番茄葉片元素含量適量基準，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⁽⁷⁾。本試驗結果中葉片磷含量各處理介於 0.43~0.69% 之間，相較日本學者所定元素含量之適量基準磷含量是偏高，而氮含量介於 1.89~2.43% 之間較日本學者所定之氮含量適量基準大部份偏低，鉀含量介於 2.87~3.91% 之間較日本學者所定之鉀含量適量基準均屬偏低，鈣含量介於 3.28~3.46% 之間較日本學者所定之鈣含量適量基準，為標準內略低一些，僅有鎂葉片含量 0.70~0.85% 符合日本學者所定之適量基準。戴等 (2014) 指出在椰纖介質在適當容量範圍內提供適當的養液下，其容量多寡並不會影響番茄葉片各要素含量⁽¹²⁾。此與本試驗在不同栽培容器對番茄葉片無

機元素吸收結果顯示，不論是在氮、鉀、鈣及鎂等無機元素含量，在不同處理間差異也是未達顯著性。

不同型式介質栽培容器對番茄養液灌溉量之影響

不同栽培槽處理對自番茄生育期 (103 年 9 月 23 日至 104 年 3 月 4 日) 養液灌溉量 (水量及肥料量) 之影響結果顯示 (表 7)，灌溉量方面以槽耕栽培微噴灌溉方式水量每株達 97.5 L/plant，其次分別為微量袋耕 50.9 L/plant，袋耕栽培 37.3 L/plant 及籃耕栽培 28.8 L/plant，滴管方式明顯較槽耕栽培微噴灌溉方式節省灌溉水量。硝酸鉀以槽耕栽培的 19.5 g/plant，其餘處理間硝酸鉀用量介於 5.8~10.1g/plant 之間。硝酸鈣以槽耕栽培的 17.6 g/plant，其餘處理間硝酸鈣用量介於 3.6~6.4 g/plant 之間。硫酸鎂以槽耕栽培的 12.2 g/plant，其餘處理間硫酸鎂用量介於 3.6~6.4 g/plant 之間。磷酸一鉀以槽耕栽培的 4.88 g/plant，其餘處理間硝酸鉀用量介於 1.44~2.55 g/plant 之間。綜合微量元素及 EDTA-鐵均分別在槽耕栽培的 1.46g/plant，其餘處理間綜合微量元素及 EDTA-鐵用量介於 0.43~0.76 g/plant 之間。綜合上述不論是灌溉量及肥料量以籃耕栽培較省水及節省肥料，惟這是番茄生育期的調查分析，應配合植株生育性狀、產量及番茄果實等園藝性狀之比較，以確定是否整體在產量及品質上之表現。

表 7. 不同型式介質栽培容器之灌溉量及肥料量比較

Treatment	Irrigation (L/plant)	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄	KH ₂ PO ₄	EDTA-Fe	micronutrient mixture*
		----- (g/plant) -----					
A	559	85.1	76.6	53.2	21.8	6.38	6.38
B	415	83.1	74.8	52.0	20.8	6.24	6.24
C	449	89.8	80.8	56.1	22.4	6.73	6.73
D	574	114.9	103.4	66.5	28.7	8.62	8.62

不同型式介質栽培容器處理之生產資材成本分析

不同型式介質栽培容器處理自番茄生育期 (103 年 9 月 23 日至 104 年 3 月 4 日) 使用之肥料量成本及換算單株介質量成本進行生產資材成本分析，結果顯示 (表 8)，以槽

耕栽培每株成本達 130.5 元 /plant，其次分別為袋耕栽培 75.9 元 /plant，籃耕栽培 69 元 /plant 及微量袋耕 18.7 元 /plant。籃耕在植株生育性狀、產量及番茄果實相較其他處理等園藝性狀整體表現較優 (表 8)，但如以生產資材成本分析而言，採用適當栽培管理，配合其介質栽培容器特性施用適量養液，較低成本的微量介質栽培方式，也可順利達到生產優質的番茄。因此，生產資材成本與收益建議以籃耕為宜，微量袋耕栽培次之。

表 8. 不同型式介質栽培容器之番茄生產成本分析比較

Treatment	Substrate ¹	KNO ₃	Ca(NO ₃) ₂	MgSO ₄	KH ₂ PO ₄	EDTA-Fe	micronutrient mixture*	Total
A	63.5	4.94	2.15	0.96	1.31	1.40	1.60	75.9
B	57.0	4.82	2.09	0.94	1.25	1.37	1.56	69.0
C	5.7	5.21	2.26	1.01	1.34	1.48	1.68	18.7
D	114.0	6.66	2.90	1.20	1.72	1.90	2.16	130.5

¹ Substrate:3.8 NT \$/L ; KNO₃:58 NT \$/kg ; Ca(NO₃)₂:28 NT \$/kg ; MgSO₄:18 NT \$/kg ; KH₂PO₄:60 NT \$/kg ; EDTA-Fe:220 NT \$/kg ; Micronutrient mix. : 250 NT \$/kg 。

結語

在臺灣蔬菜生產以露天栽培為主，但臺灣因全年溫度及溼度較高，病蟲滋生容易，且受不良氣候影響極大。利用設施栽培蔬菜具有提高產量，改善品質，並達到穩定生產等效果，而建置設施需於短時間投資設施、設備的成本極高，故設施內常採高度密集栽培，相對種植作物種類單純極易產生栽培上的障礙，即使以設施介質耕方式，也是會發生連作障礙問題。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^(5,11,13)。本場過去試驗曾進行有微量介質式果菜栽培系統之研發，如以生產資材成本分析而言，採用適當栽培管理，配合其介質栽培容器特性施用適量養液，以較低成本的微量介質栽培方式，也可順利達到生產優質的番茄。因此，利用此栽培模式，經由設施介質栽培及養液灌溉管理系統，使能更適宜蔬菜之生育，達到高產質優的栽培模式，提昇我國蔬菜產品之競爭力，將使臺灣設施蔬菜栽培更加發揚光大，開創未來蔬菜產業的美景。

參考文獻

1. 山崎肯哉 1982 養液栽培全編 博友社 東京日本。
2. 木村武 1999 施園藝における環境保全型土壤、肥培管理 日本土壤肥料學雜誌 70 (6) : 475-480。
3. 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。
4. 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。
5. 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。
6. 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。
7. 高橋英一、吉野実、前田正男 1980 新版原色作物の要素欠乏過症 農文協 東京, 日本。
8. 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。
9. 戴振洋 2009 設施番茄介質耕栽培技術 台中區農業技術專刊 179 : 1-14。
10. 戴振洋 2012 食用番茄之環境親和型施肥技術 豐年半月刊。
11. 戴振洋、林煜恆、陳令錫、田雲生 2015 設施介質耕環境親和型栽培技術之開發 行政院農業委員會臺中區農業改良場 104 年科技研究報告。
12. 戴振洋、蔡宜峯 2014 椰纖介質容量對設施番茄生育之影響 台中區農業改良場研究彙報 123 : 1-9。
13. 戴振洋、林煜恆 2016 不同栽培容器及介質量對設施番茄生育之影響 臺中區農業改良場研究彙報 132: 13-21。
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. Chen, J.L., Y.L. Zhang, T.L. Wang, H. T. Zou, B. Li and N. Yu 2010. Effects of different water and fertilizer on irrigation amount, yield and fruit quality of tomato with low pressure of node subsurface irrigation in protected field. *Agricultural Research in Arid Areas* 28(1):49-53.
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. Shishido, Y., C. J. Yun, T. Yutomu, N. Syama and S. Imada.1991.Changs in photosynthesis, translocation and distribution of ¹⁴Cassimilates during leaf development and the rate contribution of each to fruit growth in tomato. *J. Jap. Soc. Hort. Sci.* 59(4) : 771-779.
19. Tian, J. L. and Y. H. Wang 2000. Current situations and prospects of researches on soilless-culture substrates. *Acta Agr. Shanghai* 16 (4) :87-92 °
20. Wang, Y. J. and G. Cheng 2007. Environmental safety agriculture in Japan and its inspiration to China *J. Anhui Agr. Sci.* 35(16) : 4949-4952 °

Research and Development of Micro-bag Medium Culture System to Cultivate Vegetable in Greenhouse

Chen-Yang Tai

Associate researcher, Taichung-DARES

taijy@tdais.gov.tw

Abstract

The extreme climate change has greatly impact on agricultural production in Taiwan. Using different kinds of facilities to improve the vegetable cultural environment can reduce the damage by disaster, improve the vegetable quality, regulate the production period and enhance the yield of the vegetable. So far, using the medium-culture system to cultivate vegetable in the facilities have been successfully accepted by the farmer and became an important part of Taiwan's vegetable industry. This article will explore the development of media culture from the bag culture, basket culture, tillage culture and micro-bag culture that whether the impact on tomato growth and production. The effects of different medium capacity (0.6~7.5 liters / plant) on the yield and quality of tomato were significantly higher than those of the control ($P < 0.05$). The results showed that there is no significant effect on plant height, stem weight, leaf dry weight, root dry weight and fruit traits (high fruit, fruit diameter, fruit weight and soluble solids content, etc.) when tomato plants cultivated at the different cultural containers. The analysis of the nutrient elements in the medium and leaf of the tomato harvest showed that the difference was not significant between the different media cultivated containers. The total fruit number and total fruit weight of the harvest were 18.1 fruit / plant and 2,071 g / plant. Based on the results of this study, the appropriate cultivation and management, with the use of various types of medium culture container characteristics of the appropriate amount of liquid, even if the lower cost of micro-medium cultivation methods, which will also be available for research and industry application in the future.

Key words: tomato, greenhouse, growth substrate

籃耕果菜栽培系統研發應用

李阿嬌

行政院農業委員會桃園區農業改良場研究員

antjelee@tydais.gov.tw

摘要

北部地區蔬菜產業以設施短期葉菜類為主，爲了增加產品多樣性，設施栽培業者栽植適採成熟果甜椒以增加冬季收益。茄科作物具有連作障礙，於是農家利用國外進口栽培袋進行以袋耕方式生產高品質甜椒，惟袋耕用栽培包成本高達當季生產成本 50% 以上，因此桃園場於 1999 年開始評估利用可重複使用的塑膠籃取代塑料包裝材質盛裝栽培介質栽培甜椒之可行性及相關栽培試驗，此栽培方式稱爲籃耕。

試驗結果得知，除了平均果重外，塑膠籃裝進口介質在平均果數及產量方面之效應，均與袋裝進口介質相當，顯示以塑膠籃代替塑料包裝材質並不影響甜椒生產。依介質的理化性要求標準，選用國內易得之蔗渣堆肥介質、桃改 3 號介質及現有材料配成牛糞堆肥介質、雞糞堆肥介質及豬糞堆肥介質進行籃耕甜椒栽培試驗，並以栽口栽培袋裝介質爲對照，以開發價廉易得的栽培介質，降低生產成本。試驗結果以種植在蔗渣堆肥介質者產量最高，次爲種植在雞糞堆肥介質者，均較種植在進口栽培袋者高，於紅色甜椒種植結束後接續栽植小胡瓜或苦瓜的栽培試驗顯示，種植在參試介質之可售市場產量均較種植在進口栽培袋者高，顯示塑膠籃盛裝國內價廉易得栽培介質可以提供栽培業者便利性及降低生產成本。除了甜椒及小胡瓜之外，桃園場亦陸續進行洋香瓜、東方甜瓜及西洋南瓜於北部簡易設施內進行利用籃耕直立式栽培的可行性評估，提供設施籃耕果菜類業者周年生產的參考。

籃耕衍生自袋耕栽培，同是以固體無土材料爲介質的一種養液栽培，其成本較單純的設施土耕栽培高，基於經濟考量及栽培籃的利用效率，應以低栽培密度、高空間利用率的果菜類作物爲主。籃耕可以減少土壤性病害，提高栽培管理效率，亦有利於轉型爲休閒、觀光農園的型態，目前在北部地區發展至今，採用此系統之較大型業者多爲開放式體驗農場，小型業者多爲自產自銷小農，近年來中南部亦逐漸有農家採用。

關鍵字：籃耕、果菜類、栽培技術

前言

作物不直接定植在土壤而種植於盛裝栽培介質的塑膠籃中，即為籃耕。最初係桃園場基於區域性產業需求，於 1999 年發展此栽培系統。1980 年代起，北部地區蔬菜產業以設施葉菜類周年栽培為主，但冬季收益欠佳，再者北部地區農業休閒風氣逐漸興起，設施栽培面積小的農戶開始種植完熟型番茄及甜椒等高經濟價值果菜類，可以獲得較高的收益 (李和范, 2001)，但單純作物相容易導致土耕園土壤理化性質劣化，於是嘗試引進袋耕 (Bag culture) 以克服連作障礙 (Judd, 1982)，在適當的栽培管理下，可以有良好的產量及品質，但袋耕栽培在中後期的管理較難導致生育不佳，影響產量及收益，而且袋耕方式中慣用之栽培袋均自國外進口，成本超過當季總生產成本的 50 %，因此，桃園場研究開發以市售塑膠籃盛裝國內價廉易得的栽培材料進行茄果及瓜果類作物栽培，相較於袋耕，籃耕可以降低成本，而且容許根群在較開放的空間發育，栽培管理中多餘的水份可以從栽培籃的籃格中流走，不致於會因水份過度累積而造成根群受傷，同時在栽培長期作物時，亦可依生育狀況酌予追施粒狀肥料，延長作物採收時間。本文簡介籃耕果菜系統相關研發及產業應用，供農民栽培參考。

籃耕果菜系統研發

一、籃耕與袋耕對甜椒產量之效應

試驗於 1999 年在新竹縣峨眉鄉進行。比較紅色之長生 87 號及新吉 v209、以及黃色之長生 68 號等三甜椒品種栽培在慣用進口栽培袋 (bio-mix)、塑膠籃 (45×55×24 cm) 盛裝桃改一號介質 (40 L, pH 值 6.5, EC 值 3.0) 及進口栽培袋 bio-mix 中之介質 (40 L, pH 值 6.2, EC 值 1.0) 等三種栽培介質的產量效應，採裂區設計，每袋 (籃) 種植 4 株，養、水分以滴灌方式供給，養液為袋耕慣用配方 (表 1)，定植後 3 個月開始採收調查，翌年 6 月結束採收調查，共計採收 13 次。比較處理間之產量效應，依採收次數，合併 2 月下旬前之歷次採收為前期果，3 月以後之歷次採收合併為後期果。

試驗結果顯示 (表 2)，栽培介質種類間之平均果重、單株果數及產量皆以進口袋裝介質最高，籃裝桃改一號介質最低，而除了平均果重外，籃裝進口介質在平均果數及產量方面之效應，均與進口袋裝介質相當，栽培介質種類間以進口介質較桃改一號介質佳，但塑料包裝袋裝或籃裝方式並未有顯著性差異。Benoit 與 Ceustermans(1994) 認為理想的介質為可營造一

個優良的根圈環境，使作物根系達到最佳的生長與活力，桃改一號介質主要堆積材質為豌豆苗殘質，全氮含量為 2%，而進口介質之全氮含量為 1%，前者高 EC 值、高含氮量的材質較不利根系生長及果實發育所致，但籃耕在栽培後期可能因水份淋洗及植株利用後，EC 值及氮含量逐漸降低而稍改善根圈環境。綜合本試驗結果而言，栽培介質及品種影響甜椒栽培之產量，以塑膠籃代替塑料包裝材質，並不影響生產高品質甜椒，但進口栽培包介質 (150 元/包) 價格高，對於小農而言，栽培成本仍然過高。

表 1. 滴灌之養液組成

養液成分	濃度 (g/l)
硝酸鈣	0.8
硝酸鉀	0.8
磷酸一鉀	0.4
硫酸鎂	0.2
綜合微量元素	0.03

表 2. 品種與栽培介質對甜椒產量之影響

處理	前期果			後期果			全期果		
	果重 (g)	果數 (No./plant)	產量 (kg/10a)	果重 (g)	果數 (No./plant)	產量 (kg/10a)	果重 (g)	果數 (No./plant)	產量 (kg/10a)
介質									
進口袋裝 介質 (bio-mix)	176.0a	7.3a	2638a	131.4a	11.1a	3008.2a	153.7a	18.4a	5646a
籃裝桃 改一號介質	152.1b	5.3b	1788b	123.4a	9.3a	2432.3b	137.7b	14.7b	4221b
籃裝進口 介質 (bio-mix)	153.8b	6.9a	2265a	125.8a	11.0a	2997a	139.8b	18.0a	5263a
品種									
長生 68 號 黃椒	127.2b	6.0a	1829b	123.1b	7.9b	2261b	125.1b	13.8b	4090b
新吉紅椒	180.8a	7.2a	2522a	117.9a	12.6a	3175a	149.4a	19.8a	5698a
長生 87 號 紅椒	173.8a	6.4a	2340a	139.6a	11.0a	3002a	156.7a	17.4a	5342a

² 同行英文字母相同者表示經鄧肯氏多變域測驗在 5% 水準差異不顯著

二、籃耕適用性本土介質開發

為降低籃耕栽培介質成本，進行籃耕甜椒合適栽培介質之開發。試驗於 2000~2001 年在桃園市新屋區及新竹縣峨眉鄉進行，甜椒供試品種為紅色之長生 87 號，栽培介質為國內易取得之現有栽培介質材料，計有蔗渣堆肥介質、桃改 3 號介質、牛糞堆肥介質（組成分為牛糞有機肥料：BVB#4 = 1 : 1）、雞糞堆肥介質（組成分為雞糞有機肥料：泥炭苔 = 1 : 2）、豬糞堆肥介質（組成分為豬糞有機肥料：泥炭苔 = 1 : 1）及完整包裝之進口栽培袋 bio-mix 為對照等 6 種參試介質。試驗採逢機完全區集設計，參試之栽培介質定量後以塑膠籃 (45×55×24 cm) 盛裝，每籃種植 4 棵，養、水分以袋耕慣用養液配方滴灌方式供給。

參試栽培介質在種植前之特性分析如表 3 所列，氮肥以桃改 3 號介質及豬糞堆肥介質最高；磷肥以雞糞堆肥介質及豬糞堆肥介質較高，進口栽培袋介質最低，僅 0.03%；鉀肥以雞糞堆肥介質及桃改 3 號介質最高，進口栽培袋介質最低；有機質含量則除了牛糞堆肥介質較低外，其餘差異不大；pH 值以雞糞堆肥介質的 6.85 略高於一般正常介質之 pH 值範圍 5.5~6.8；EC 值則以雞糞堆肥介質的 5 dS/m 最高，進口栽培袋介質的 0.92 dS/m 為最低。

試驗在定植後約 100 天開始採收調查，各處理之全期產量比較如表 4 所示，大果產量以種植在蔗渣堆肥介質者最高，其次為種植在雞糞堆肥介質者，均較種植在進口栽培袋者高，且呈顯著性差異；中果產量仍以種植在蔗渣堆肥介質最高，其次為種植在雞糞堆肥介質者，種植在進口栽培袋及牛糞堆肥介質者最低，處理間呈顯著性差異；小果產量則以種植在雞糞堆肥介質及桃改 3 號介質者最高，總產量仍以種植在蔗渣堆肥介質者最高，其次為種植在雞糞堆肥介質者，產量次低者為種植在進口栽培袋者，且各處理間呈顯著性差異；具市場銷售等級的果品產量亦呈相同之趨勢，而各處理之小果率介於 2~3%。蔗渣堆肥介質雖然本身肥力中等，有機質含量與雞、豬糞堆肥介質相當，但由產量表現推測，其理化性應優於其他參試介質，尤其在後期之可售市場產量較其他處理者高，顯示其肥力之保存與釋放較其他處理佳。

另於第一年紅色甜椒種植結束後再於 2002 年春季續栽小黃瓜或苦瓜，小黃瓜試驗中 (表 5)，以蔗渣堆肥栽植者之產量最高，次為桃改三號介質栽植者，其次為雞糞堆肥處理者，以栽培包栽植者之產量最低；苦瓜栽植試驗之大果以蔗渣堆肥者最高，其次為

雞糞堆肥處理者，再其次為牛糞堆肥處理者，栽培包栽植者最低，呈顯著性差異；中果產量亦以栽培包栽植者最低，蔗渣堆肥、雞糞堆肥、牛糞堆肥及豬糞堆肥等處理者最高；小果產量則以桃改三號栽培者最高；總產量以蔗渣堆肥栽植者最高，其次為雞糞堆肥，再次為牛糞堆肥處理者，栽培包栽植者產量最低，且呈顯著性差異，具市場銷售良級以上的產量仍有相同的現象，而小果率則以栽培包及桃改三號介質栽植者最高(表6)。

綜合試驗結果，籃耕栽培利用蔗渣堆肥當介質直接種植或以雞、豬糞堆肥混拌適當比例之泥炭苔後種植紅色甜椒，可獲得較進口栽培袋高的產量及收益，但推薦蔗渣堆肥供籃耕栽培甜椒之介質較為方便。以蔗渣堆肥為籃耕栽培介質，在相同的設備、設施及栽培方式下，以市價計算，北部地區以籃耕取代袋耕栽培可以節省 30% 左右的生產成本。

表 3. 不同栽培介質之特性比較

處理	氮	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂	有機質	酸鹼值 ^z	電導度 ^z (dS/m)
	(%)							
進口栽培袋	0.86	0.03	0.17	0.98	0.17	60	5.32	0.92
雞糞堆肥介質	1.84	0.41	1.56	3.24	0.43	60	6.85	5.00
蔗渣堆肥介質	1.47	0.19	0.86	0.87	0.14	62	5.86	1.89
桃改三號介質	2.45	0.28	1.04	0.58	0.17	56	6.38	2.64
牛糞堆肥介質	1.44	0.20	0.52	0.53	0.17	42	6.76	1.69
豬糞堆肥介質	2.08	0.35	0.86	1.24	0.37	60	5.49	3.79

^zpH 值及 EC 值檢測之介質：水為 1:10

表 4. 不同栽培介質對籃耕紅色甜椒栽培之產量效應

處理	果實大小 ^y			總產量	可售市場產量 ^x	小果率 (%)
	大果	中果	小果			
進口栽培袋	1734c ^z	2889e	130b	4753e	4623e	3
雞糞堆肥介質	2124b	3905b	193a	6222b	6029b	3
蔗渣堆肥介質	2511a	4143a	135b	6789a	6654a	2
桃改三號介質	1732c	3714c	173a	5619c	5446c	3
牛糞堆肥介質	990e	2928e	93c	4010f	3917f	2
豬糞堆肥介質	1530d	3456d	78c	5064d	4993d	2

^z 同行英文字母相同者表示經鄧肯氏多變域測驗在 5% 水準差異不顯著

^y 果重大於 200 公克為大果，果重在 100~200 公克為中果，果重小於 100 公克為小果

^x 可售市場產量為大果產量及中果產量之加總

表 5. 不同栽培介質籃耕紅色甜椒栽培後續植小黃瓜之產量效應

處理	產量 (g/6 plants)
進口栽培袋	9,426e
雞糞堆肥介質	12,132c
蔗渣堆肥介質	16,698a
桃改三號介質	12,569b
牛糞堆肥介質	7,796f
豬糞堆肥介質	10,824d

^z 同行英文字母相同者表示經鄧肯氏多變域測驗在 5% 水準差異不顯著

表 6. 不同栽培介質籃耕紅色甜椒栽培後續栽培苦瓜之產量效應 (kg/6 plants)

處理	果實大小 ^y			總產量	可售市場產量 ^x	小果率 (%)
	大果	中果	小果			
進口栽培袋	2.6f ^z	9.2c	13.3b	25.2e	11.9f	53.0
雞糞堆肥介質	14.5b	12.7a	13.5b	40.7b	27.1ab	33.2
蔗渣堆肥介質	18.5a	13.1a	10.7b	42.3a	31.7a	25.2
桃改三號介質	8.0e	11.8b	16.5a	36.2d	19.7ed	45.5
牛糞堆肥介質	13.5c	12.6a	12.4c	38.4c	26.1c	32.2
豬糞堆肥介質	1.2d	12.7a	11.2d	35.8d	24.6d	31.1

^z 同行英文字母相同者表示經鄧肯氏多變域測驗在 5% 水準差異不顯著

^y 果重大於 480 公克為大果，果重在 400~480 公克為中果，果重小於 400 公克為小果

^x 可售市場產量為大果產量及中果產量之加總三、果菜類應用籃耕栽培之可行性研究

三、果菜類應用籃耕栽培之可行性研究

除了甜椒及小胡瓜外，爲了增加籃耕栽培設備周年栽培效率，桃園場亦陸續進行番茄、洋香瓜、東方甜瓜及西洋南瓜於北部簡易設施內進行利用籃耕直立式栽培的可行性評估，其中，西洋南瓜直立式整枝方式栽培的產期及產量較一般棚架栽培者低，但管理上相對省工，可以豐富單一休閒農場的多樣化產品及調節周年栽培排程，增加經濟效益。另外，亦參考水耕養液配方調整番茄慣用養液之硫酸鉀取代部份硝酸鉀以避免氮肥過高的障礙，並進行設施甜椒整枝栽培以分散產期等茄果類籃耕栽培技術改進相關研究，提供轄區農民栽培參考。

籃耕果菜系統應用

籃耕系統源於因應北部地區設施環境及轉型休閒農場經營的需求而發展。籃耕衍生自袋耕栽培，同是以固體無土材料爲介質的一種養液栽培 (李, 2005a; Judd, 1982)，容積視作物別而異 (Wilson, 1985)，番茄及胡瓜之單株所須介質量約爲 10-14 公升 (Baudoin, 1990; Olympios, 1992)，養液以滴灌方式供應，栽培袋 (籃) 間留有間隔，以維持適當行株距與栽培密度 (Fabre and Jeannequin, 1995)。

在栽培上，籃耕栽培之塑膠籃必須與地面隔離以免作物根系伸向土壤生長，造成栽培管理不便。籃耕栽培之作物是種植於與土地隔離的栽培介質中，所需之養、水份必須藉由特定的管路供給，因此，基本的設備必須有貯水、配養液的水塔，輸送養、水份的管路，由管路連接到栽培籃的滴管或噴水頭，以及加裝自動控制系統，包括馬達、計時器、電磁閥等，以利省工及管理方便，並加裝過濾器，以避免滴管阻塞。

在栽培介質方面，市面上可以利用的栽培材料有許多種，根據桃園場在彩色甜椒的試驗結果顯示，以全量蔗渣堆肥、雞糞堆肥混拌樹皮堆肥 1:4 或者牛糞堆肥混拌樹皮堆肥 1:1 之介質，均能比栽培包有較高的產量及較佳的品質；養液成分則須依作物不同而異，所需要的養分元素以水耕單質肥料如硝酸鉀、磷酸一鉀、硫酸鎂、硝酸鈣等調配，微量元素則使用綜合微量元素較爲方便，不宜使用土耕用肥料調配，以免阻塞灌溉管路，亦不宜長期以綜合即溶肥料調配，以免造成單株作物生長期間供肥不均；目前有多家廠商在研發不同的栽培介質及搭配的養液系統，必須注意的是，栽培者應充份了解所栽培作物的生育、結果特性，才能機動性調整養液成分及管理方式。

養、水份管理是栽培成功與否的關鍵點。籃耕的栽培管理為一整合性系統，主要包含栽培籃之介質及負責供應養、水份的滴灌系統，養液供給以少量多次為原則，國內各農園之設施環境、天候及灌溉管路系統不盡相同，因此栽培者須自行判斷，判斷的依據在於使每株作物得到均等且足夠、適當的養液、水量；籃耕栽培中，作物的根系生長被侷限在固定的空間，且為離地式栽培，每籃均應視為獨立的單位，要營造根系發展的最佳條件，栽培介質必須保持良好的通氣及適當的養液、水份，所以養液、水量亦不宜過量而影響根系發展，一般管理原則為保持栽培介質自底部 2/3 - 3/4 的濕潤狀態，以促使根群向下伸展；而為了維持良好的介質狀態，種植前務必要充分澆水。至於養液組成配方及施用濃度則依作物及生長階段不同而異，病蟲害防治方面則可依各作物一般慣行法為之，但設施籃耕栽培之密度高，須更加注意病害防治。

籃耕的成本較單純的設施土耕栽培要高許多，基於經濟考量及栽培籃的利用效率，通常以低栽培密度、高空間利用率的水果類作物為主。北部地區以適採完熟型番茄栽培最多，番茄採枝條下降式管理方式，可使產期長達 6-7 個月；其它如小黃瓜、洋香瓜、苦瓜、南瓜、東方甜瓜等亦可成功栽植，尤其籃耕可依作物生育期調控養液及水份供應，對於在栽培期間對養、水份需求較多變的作物，如溫室洋香瓜等，大大提升了生產高品質產品的成功機率。

栽培管理實務上也必須注意栽培園區準備妥善、依作物特性及園區通風情形調整適當籃距，一般而言，每分地大約可放 650 籃，視經營型態而增減，若為開放式休閒農園則須留寬闊走道以利通風及方便遊客採摘。

結語

籃耕可以減少土壤性病害，如線蟲、青枯病等危害，而且每籃作物之根群獨立，對土壤性病害的蔓延具有阻隔作用，在栽培管理上除了可提高品質、產量、調節及延長產期外，尚有利於作物不同生育期之生長控制，提高用水及施肥效率，亦可應用於土壤條件不良的地區栽培。另外，北部農業區鄰近大都會區，交通便利，許多農戶亦朝開放式農園的經營方向轉變，籃耕栽培除了操作方便外，園區以雜草抑制蓆覆蓋，可防雜草、利於行走，亦較容易保持乾淨，可以提供遊客較舒適的體驗環境，有利於轉型為休閒、觀光農園的型態，此也促成籃耕栽培的發展，目前在北部地區發展至今，採用此系統之

較大型業者多為開放式體驗農場，小型業者多為自產自銷小農，近年來中南部亦逐漸有農家採用籃耕栽培系統生產高品質果菜。

參考文獻

1. 李阿嬌、范淑貞、王斐能、林維和。2001。生食用甜椒袋耕介質再利用之探討。中正農業科技社會公益基金會九十年研究計畫成果研討會專刊 p40-49。
2. 李阿嬌、范淑貞。2004。品種與栽培介質對甜椒生長及產量之效應。桃園區農業改良場研究彙報 55：1-11。
3. 李阿嬌。2004。本土化栽培介質對籃耕甜椒及小胡瓜之產量效益。行政院農委會桃園區農業改良場九十三年農業科技成果發表會專輯 p17-28。
4. 李阿嬌。2005a。設施籃耕果菜類栽培技術。豐年 55：54-57。
5. 李阿嬌。2005。栽培介質對籃耕紅色甜椒栽培之效應。桃園區農業改良場研究彙報 57：15-24。
6. 李阿嬌。2005。整枝方式及栽培密度對籃耕紅色甜椒產量及品質之影響。中國園藝 51(4):476(摘要)
7. 李阿嬌。2010。設施籃耕直立式栽培之西洋南瓜 (*Cucurbita maxima*) 品種適應性評估。桃園區農業改良場研究彙報 68：13-22。
8. Baudoin, W. O. 1990. Soiless culture for horticultural crop production. FAO of the United Nations. Rome.
9. Benoit, F. and N. Ceustermans. 1994. Growing pepper on ecologically sound substrates. Acta Hort. 361: 167-178.
10. Judd, R. 1982. Bag culture. Amer. Veg. Grower. 30:40-42.
11. Fabre, R. and B. Jeannequin. 1995. Management of water supply in soiless tomato crop influence of grip flow rate on substrate humidity run-off. Acta Hort. 408:91-99.
12. Lee, Ah-Chiou and Fang-Shin Liao. 2007. Effects of Organic Substrates, Training System and Plant Density on the Yield of Red Sweet Pepper (*Capsium annuum* L.) Grown in Basket Culture under Plastic House. Acta Hort. (ISHS) 761:533-538.

13. Olympios, C.M.1992. Soiless media under protected cultivation:rockwool, peat, perlite and other substrates. *Acta Hort.* 323:215-234.
14. Wilson, G. C. S. 1985. New perlite system for tomatoes and cucumbers. *Acta Hort.* 172:151-156.

Development of Basket Culture

Ah-chiou Lee

Research Fellow, Taoyuan District Agricultural Research and Extension Station

Abstract

The distinguishing feature of vegetable industry in northern Taiwan is cultivating leafy vegetables under plastic house throughout the year. In order to increase the diversity of agricultural products and raise the farmers' profit in winter, we developed the technique of cultivating color sweet pepper in plastic house during autumn and winter. It is reported that Solanaceae crops are injured by continuous cropping. Some farmers introduced the bag culture technique from the Netherlands to avoid injury caused by continuous cropping in sweet pepper. Sweet pepper grown in bag could gain high quality and quantity harvest under fine cultivation. However, the cost of medium exceeded 50% of total production cost. For this reason, we conducted to evaluate the feasibility of replacing plastic bags with baskets as containers and afterwards a series of cultivation related trials. We name it as basket culture.

The result showed that, except for the fruit weight, the fruit number and yield of sweet pepper cultivated in basket contained bio-mix medium were similar to those in plastic bag contained bio-mix medium with no significance. Baskets instead of plastic bags as containers do not affect the production of sweet pepper. According to the demands of ideal physical and chemical properties for medium, we evaluated 5 types of medium choose cheap substrates from domestic materials to reduce the production cost. The result showed several medium met our demands. Plants grown in chicken dung compost, sugarcane residue compost, and hog dung compost had higher marketable fruit yield compared to the control, bag culture. The effect of cucumber and bitter melon grown in the domestic medium, which grew red sweet pepper for one growth period, was also tested in the experiment. The results showed that the total yield and marketable yield produced by cucumber and bitter melon grown in basket contained domestic medium were higher than those grown in bag contained bio-mix medium. Besides sweet pepper, cucumber and bitter melon, we also evaluate the feasibility of basket culture of tomato, muskmelon, pumpkin and melon under plastic house for growers in northern Taiwan to

produce fruit vegetables throughout the year. According to these results, basket culture for fruit vegetable under plastic house in northern Taiwan is feasible.

Basket culture derived from bag culture, one kind of Nutriculture, was with higher production cost than soil culture. Based on economic efficiency considerations, basket culture should be mainly used for fruit vegetables production. Basket culture could reduce soil diseases and improve management efficiency. Meanwhile, the plastic house adopting basket culture could be maintained neat and clean easily. It is suitable for travelers to visit. That provides an advantageous opportunity for farmers shifting to manage leisure farm. Up to now, most farmers adopted basket culture in the northern Taiwan were for leisure farm. Gradually, some farmers in central and southern Taiwan utilized basket culture for production fruit vegetables.

Key words: basket culture, fruit vegetable, cultivation technique

魚菜共生系統之原理與應用方法

楊清富

行政院農業委員會台南區農業改良場助理研究員

cfyang@mail.tndais.gov.tw

摘要

近年來透過水產養殖和農耕結合之魚菜共生的概念，正慢慢延伸到世界的各個角落。許多人紛紛在大廈的屋頂、客廳角落及居家的陽台設立靠著養魚水灌溉植物的生態系統。既能營造宜人景觀，也能提供家庭新鮮、衛生的蔬果。魚菜共生系統其原理係將養殖物排放至水中的排廢物經硝化作用後由作物吸收。藉由作物將水淨化後再回收當做新的養殖用水，因而提高了水的利用效率。本研究建置兩種不同型式的魚菜共生系統進行試驗，結果顯示養殖水可提供作物生長所需的養份，但會有微量元素缺乏的問題，而透過適量補充就能讓作物正常生長，作物能淨化水質讓養殖水得以能不斷的循環利用。因此如能控制合適的放養密度，適量的投餌餵食並配合季節選擇作物，以及適時適量的補充作物所需的養分，則此系統實為一種能同時達到節能、省水、省肥的生產系統。

關鍵字：魚菜共生系統、水耕、硝化作用

前言

3000 多年前阿茲提克印第安人發現河水含有豐富的養份，而發展出人工浮島的耕作方式。早期農民引河水灌溉，魚苗因而流入水田形成共生系統，田裡的魚除了取食農民所投的餌料也會以昆蟲、雜草為食。魚的排泄物成為天然的肥料，形成魚與作物間互利共生的關係，而農民額外多了魚獲。中國珠江三角洲地區，早期為充分利用土地而創造的一種挖深魚塘，墊高基田，塘基植桑，塘內養魚的高效人工生態系統稱為桑基魚塘。將養蠶產生的廢物作為魚的餌料，魚排泄物沈入塘底成為營養豐富的腐植質塘泥，可作為桑樹肥料。這些先人的智慧做法上或許各有不同，但都是生態農業的最佳寫照。近代對魚菜共生系統的研究始於 1970 後期，並逐漸演進成現代的生產系統。1980~1990

年間因生化過濾及最佳魚菜比率的研究⁽⁶⁾而有長足的進步，使得系統內的水能不斷循環使用，並持續提供作物生長所需的養份。魚菜共生是結合循環水養殖與水耕的一種農魚綜合生產系統，利用硝化菌將魚的排廢物經硝化作用轉換成植物可利用的營養鹽，如圖 1 所示。能降低水中對魚有毒的代謝廢物，也能提供植物生長所需的營養，因此植物和硝化菌形同過濾器，不但能去除魚的排廢物，還能淨化水質使養殖水能循環再利用。近年來水資源匱乏的情形日益嚴重，不但對養殖業造成重大的衝擊，對農業的影響更不在話下。同時環保意識抬頭，大家紛紛意識到對環境友善之農耕法的重要性，因此魚菜共生系統成爲近年來頗受關注的話題。劉⁽⁴⁾指出魚菜共生系統具有下述優點：水可循環利用能節約水資源、養殖排泄物可當作植物營養鹽、植物可不必再施肥能減少成本、可共同分擔操作及雜項設施費用、較單獨生產魚與作物使用的水量少、可避免養殖排放水污染環境水域。魚菜共生的水耕系統使用養殖池的水，據研究顯示其中包含有各種植物所需的營養鹽，僅須就鉀、鈣、鐵三種較欠缺的元素定期補充⁽³⁾。水是魚菜共生系統的命脈，它是傳輸營養鹽的介質，也是魚類汲取氧氣的來源。水質的主要參數包括溶氧、pH、水溫、總氮。台灣近年來魚菜共生的議題不斷的延燒，不單多數學校以魚菜共生系統作爲生態教育，民間魚菜共生的農場亦如雨後春筍般不斷推出，如 AVATA 魚菜共生農場(烏來)、水水世界(埔里)、城田魚菜共生健康農場(台北市)、瀚頂生技公司(屏東)、思源魚菜共生農場(旗山)。而推動魚菜共生所成立的組織有社團法人台灣魚菜共生學會、中華民國魚菜共生推廣協會等。會有這麼多單位、團體競相投入魚菜共生的領域，主要的原因不外乎體認到水資源匱乏日益嚴重，對養殖業造成重大的衝擊，對農業的影響更不在話下。同時環保意識抬頭，大家紛紛意識到對環境友善之農耕法及永續農業的重要性。而魚菜共生系統的高用水效率，及養殖廢棄物的資源再利用，自然成爲關注的焦點。如能控制合適的放養密度，適量的投餌餵食並配合季節選擇作物，以及適時適量的補充作物所需的養分。則此系統實爲一種能同時達到節能、省水、省肥的生產系統。

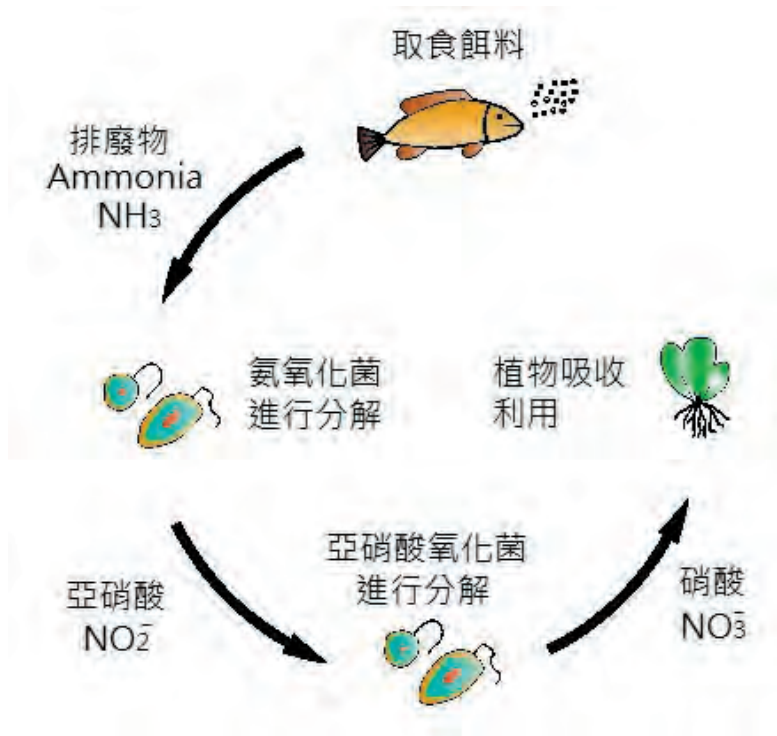


圖 1. 魚菜共生之氮循環

魚菜共生系統型式

魚菜共生系統主要的型式包括：深水栽培系統 (Deep water culture, 簡稱 DWC)、薄膜栽培 (Nutrient Film Technique, 簡稱 NFT)、潮汐栽培 (Flood and Drain, 簡稱 FAD)。薄膜栽培設置費用較高，且水體營養鹽控制技術較高，相對其他魚菜共生系統而言門檻較高。因此本文僅就 DWC 及 FAD 系統進行說明。

(一) 深水栽培系統 (DWC)

包括養殖桶、生化過濾槽、栽培植床以及水、空氣幫浦，如圖 2 所示。系統中水流方向為養殖桶→生化過濾槽→抽水馬達→栽培槽→重力回流至養殖桶。養殖桶主要是提供魚類生長的場所，在高密度的養殖環境下必須適度打氣提高溶氧量以防魚隻死亡。生化過濾槽內填充生化球、毛刷等材料供硝化菌棲息繁衍，以將水中的氨轉換成植物可利用的硝酸離子。栽培植床以一般水耕栽培的方式將作物定植於浮板上，作物吸收水中的營養鹽而生長，而淨化後的水回流至養殖桶，水的循環利用大幅提高用水的效率。

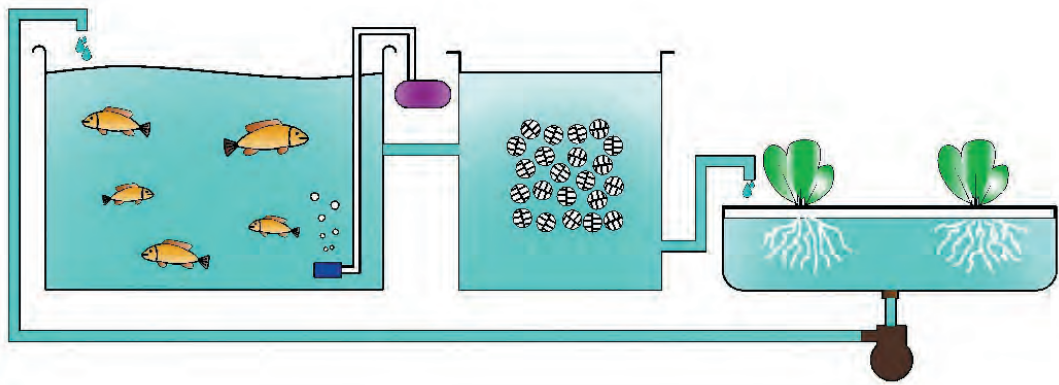


圖 2. 深水栽培系統

(二) 潮汐型 (FAD)

包括養殖桶、過濾系統、栽培槽以及水、空氣幫浦，如圖 3 所示。FAD 的特性是栽培槽內填充介質，一方面可供作物根系發展，另一方面亦扮演菌床的功能供硝化菌棲息繁衍及進行硝化反應。藉由虹吸立管及鐘形管開口高度，可設定最高及最低水位。透過虹吸裝置可使栽培槽內的水位自動呈潮汐式的升降，因此栽培槽內的水能完全在系統內循環，不會有滯留的情形。在高水位的狀態，槽內介質大部分會淹浸在水中，能提供作物根系水份，也能提供硝化反應所需的氨給硝化菌。在低水位狀態，空氣會進入介質的空隙間，能提供空氣給作物根系。潮汐式水位控制可確保植物的根圈有足夠的營養鹽和空氣，也能使介質保持濕潤，並讓硝化菌繁衍。潮汐型系統通常以每小時 1~2 次的頻率進行運作。

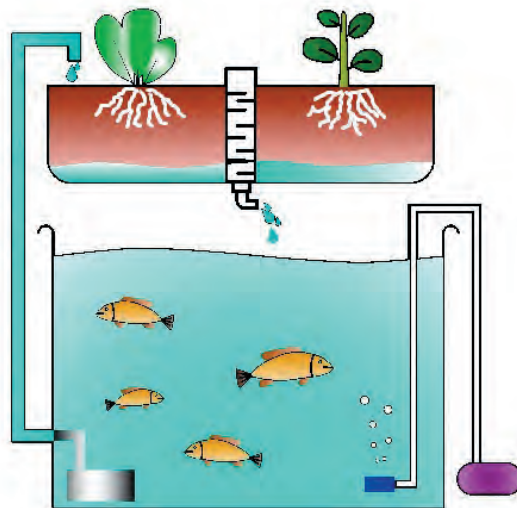


圖 3. 潮汐型系統

水質主要參數

(一) 溶氧 (DO)

溶氧過低可能導致魚類在數小時之內死亡。在開放的池面通常氧氣可直接溶入水中，魚隻不易有缺氧的情形。但在高密度養殖系統中，水中的溶氧量通常是不足的，可藉由水幫浦產生流動的水流，或利用空氣幫浦將氣泡打入水中，增加水中溶氧量。Somervill 等⁽⁵⁾ 研究最佳的溶氧量約在 5~8 mg/L。對某些魚種如鯉魚、吳郭魚雖可容忍 2~3 mg/L 的低溶氧，但在魚菜共生系統裡安全的溶氧量必須比 2~3 mg/L 高一些。

(二) pH

水的 pH 值對魚菜共生系統有顯著的影響，尤其對作物及硝化菌影響更鉅。pH 值影響作物吸收養分的能力，pH 在 6.0~6.5 所有的養分均能快速的被吸收，但高於或低於這個範圍，作物就難以利用水中的養份，導致微量元素如鐵、磷及鎂的缺乏。硝化菌在 pH 值低於 6.0 的環境會降低活力而影響其將氨轉換成硝酸鹽的效率，導致水中的氨含量增加對魚產生毒性。因此魚菜共生系統水體最好呈略微偏酸，pH 值在 6~7 為最佳值，如 pH 值低於 5 或高於 8，則會對整個系統產生立即性的為害。

(三) 水溫

水溫會影響整個系統的效能，水溫控制在 18~30°C 對魚、硝化菌及作物都是可接受的範圍。水溫過高會降低水中的溶氧，因此水溫升高或夏季高溫時，必須利用打氣提高溶氧量。水溫過低可能造成魚的死亡，也會使硝化菌停止代謝。不同的魚種及作物會有不同適合生長的溫度範圍，因此選擇適合當地氣候的魚種與作物非常重要。臺灣地區普遍養殖的魚菜共生魚種說明如下：美洲大口鱸生存溫度的範圍在 2~34°C，生長適溫為 12~30°C 屬廣溫性魚類。生長環境適合時攝食旺盛，成長率也佳，但水溫太高 (30°C 以上) 容易感染造成死亡。吳郭魚具有成長快速、抗病力強、對環境忍受性強等優點。適合生長溫度在 16~35°C，該魚種對 pH、氨、低溶氧忍受度皆相當強。惟當水溫低於 8~12°C 以下時，吳郭魚往往無法生存。錦鯉魚對於水溫度沒有嚴格的要求，生存溫度在 2~40°C，生長適溫為 20~25°C 屬於廣溫性魚種。食慾旺盛，色彩鮮豔觀賞性佳，如不考慮食用性，此魚種頗適在魚菜共生系統中放養。

(四) 總氮 (TN)

養殖水中氨主要是從魚體直接排出，及由耗氣性微生物分解有機氮化物所產生。氨

對魚具有毒性，對鯉魚及吳郭魚而言，氨離子濃度達 1.0 mg/L 就會造成氨中毒，會傷害魚的神經系統及影響鰓的功能，導致魚窒息或痙攣⁽⁵⁾。高濃度的氨也會嚴重降低硝化菌的活性，當氨濃度高於 4 mg/L 會大幅降低硝化菌的轉換效率。亞硝酸離子對魚的毒性與氨相似，對魚類所造成的傷害主要有：使血液攜帶氧的能力逐漸喪失及影響代謝功能。亞硝酸離子濃度超過 0.25 mg/L 就會對魚的健康產生影響，濃度 0.5~2.0 mg/L 的亞硝酸甚至會導致魚的快速死亡。硝酸對魚的毒性較低，一般而言魚可忍受 300 mg/L 的濃度。硝酸態氮是植物最容易利用的養份，較佳的硝酸濃度為 5~150 mg/L⁽⁵⁾。

(五) 硝化菌

硝化菌是一種好氣性 (喜歡氧氣) 細菌，在其生命活動過程中，不斷進行著特有的生化反應，能將氨氧化成亞硝酸，或將亞硝酸氧化成硝酸。硝化菌最佳的生長條件是⁽¹⁾：溫度在 25~30℃、pH 值在 7.5~8.0，溶氧保持在 2~5 mg/L。光線對硝化細菌的生長有抑制作用，因此硝化細菌的生長狀況在黑暗中會比光照好得多。提高硝化細菌數量最好的方法，就是在養殖桶中為硝化細菌塑造一個理想的生活及繁殖場所。也就是在養殖系統中增設或安置大量表面積的固定物供其附著，硝化細菌就會迅速的附著在這些固定物的表面並開始繁殖。硝化菌非常微小無法直接肉眼觀察，但可透過間接的方法瞭解硝化菌的生長狀態，藉由檢測水中氨、亞硝酸、硝酸的濃度就可得知其活動及繁衍的情形。一個平衡的魚菜共生系統中，氨及亞硝酸須經常保持在 0~1 mg/L⁽⁵⁾，一旦測出更高的濃度則表示硝化菌的活動出現問題。通常原因為生化過濾器太小或魚的數量太多、水質不佳及溫度太低導致硝化菌活力下降。

魚菜共生系統的主要構成

包括養殖桶、過濾系統、生化過濾系統、栽培植床、虹吸排水裝置。

(一) 養殖桶

必須保持不漏水，配管及排水閥必須經常檢視，以免水完全流失造成魚隻死亡。養殖桶桶形會影響水的流動，不規則形狀的桶形會形成水無法流動的死角，造成排泄物聚集而產生毒素，故以圓桶平底較佳。圓形桶使水的循環較為均勻，且能使沉澱物藉由離心力集中於圓心方便排出。養殖桶的材質以強化塑膠或玻璃纖維為佳，因其耐久性較佳、重量較輕且容易安裝。養殖桶內面的顏色以白色或淡色為佳，因為這類顏色容易觀

察到魚的行為及沉澱物累積的情形。養殖桶上方必須覆蓋以免藻類滋生，也可避免魚隻跳出或雜物掉入桶內。養殖桶須有防止人為操作錯誤、排水閥故障或管路破裂等造成水意外漏光的安全機制。如馬達抽水口不要插到桶底而保持一安全水位、排水管管口與桶底保持一段距離或安裝低水位警示裝置。一般而言，新設的系統會有所謂的“新缸症候”，主要是因為新系統中菌相及藻相尚未達到平衡，導致水質不穩定。因此新系統必須經常注意水質，只要不偏離標準值太多也不必給予太多的干涉調整，通常約需 1~1.5 個月就能漸趨穩定。

(二) 過濾系統

主要用以將固態或懸浮的排泄物從水中分離出來，因為這些排泄物如在養殖桶內分解將會產生有害的成份，且大量的排泄物可能造成管路堵塞影響水流。過濾的型式有很多種，最簡單的方式就是利用篩網。但篩網必須經常清洗，才能避免阻塞。也可利用填充特殊材料的過濾桶來進行過濾。透過過濾系統大約能移除 60% 的固態排泄物，能降低有機質在系統內累積，對水質維護有極大的幫助。

(三) 生化過濾系統

部分魚的排泄物會碎散或直接溶解在水中，而無法透過機械式過濾移除。因為這些排泄物主要是氨態氮，不但無法被植物所利用，甚至對魚產生毒性。生化過濾器利用硝化菌可將氨轉換成硝酸，而降低水中氨的濃度。生化球具有特殊的形狀，有非常大的體表面積，是生化過濾器最普遍使用的材質，以生化球填充在生化過濾器內，能提高硝化反應的效率。其他可用的材質有火山岩、陶瓷環、發泡煉石、尼龍網、生化棉及毛刷等。對於有栽培介質的系統 (FAD) 則不需要生化過濾器，因為植床介質本身就是形同一個生化過濾器，但仍有必要裝設過濾器將固態排泄物濾除，以免介質內累積太多有機物，造成分解時產生有毒物及堵塞管路系統。維持一個健康的生化過濾器最重要之參數，就是足夠的表面積和適當的水質⁽⁷⁾。菌群會附著在各種材質上，如根系、養殖桶桶壁、管路管壁等，附著面積的範圍端看菌群能夠代謝多少氨。水的 pH 值對硝化菌將氨轉換成氮素有極大的影響，對一般硝化菌而言 pH 值最適的範圍為 6~8.5，但對魚菜共生系統而言較適合的範圍在 6~7，一般而言硝化菌生長和繁殖最適當的溫度範圍約在 17~34°C⁽¹⁾，如低於 10°C 則其繁殖力會降低 50%。硝化作用是一個好氧反應，因此硝化菌需要適當的溶氧，最佳的溶氧值為 5~8 mg/L⁽¹⁾。溶氧量不足可能造成別的菌種生長，

甚至會將有用的硝酸轉換成無法吸收的分子態氮。生化過濾器的大小與每日餵食的量有關，其最主要的考量是過濾器的型態與表面積。較大的表面積可以聚集較多的硝化菌因此能更快速的將氨轉換成硝酸鹽。

(四) 栽培植床

1. DWC 系統

DWC 的作物栽培系統基本上與一般浮筏式的水耕栽培系統相似，基本上是一個有進水口、出水口不漏水的栽培槽。栽培槽的材質有 FRP、強化塑膠、保利龍或以木板釘製再鋪防水布等。栽培槽的寬度須配合定植板，深度至少需 30 cm。定植部分則以保利龍定植板及水耕花飛碟最為普遍。為改善栽培槽水體的溶氧量，可在槽內佈放空氣管並放置氣泡石。

2. FAD 系統

在植床填充粒狀物質做為栽培介質，能使作物根系有較好的支撐，因此可栽培的作物種類也比較多。在魚菜共生系統中植槽中所填充的顆粒，同時具有機械過濾及生化過濾的功能。但對於養殖密度較高的系統，在植槽入水口最好再設置一個初級過濾器，攔截一部份的固態排廢物，以免阻塞介質間的孔隙。而初級過濾器則須定期清洗，以免失去過濾功能。如栽培果菜類作物介質厚度最好須達 30cm，而栽培小葉菜類質厚度僅需 15~20cm。介質的選擇以表面積大且容易透水透氣的材質為主，酸鹼度以接近中性為佳。一般常用的材質有火山岩 (粒徑約 8~20mm)、發泡煉石 (粒徑約 8~20mm)、卵石、椰纖、鋸屑及稻殼等，但有機資材一旦變質就必須立即移除，以免產生毒素。如在介質內養殖蚯蚓不但有助於消耗多餘有機質，還能提供額外養份供植物利用，同時藉由蚯蚓的生長狀況可瞭解介質的環境狀態，如蚯蚓大量逃逸或死亡可能為介質排水異常或介質內累積太多有毒物質。

FAD 系統可藉由虹吸立管及鐘形管開口高度，設定最高及最低水位，介質植床會依深度形成乾區、乾濕區及濕區三種不同的區域，如圖 4，每層各有不同的微生物相。在介質最上層的 2~5cm 為乾區，乾區主要的作用是用以形成光屏障及避免太陽輻射直接對水加溫，對光敏感的有益菌形成保護，也能避免真菌及有害菌類滋生。另一個重要的影響，就是能覆蓋其下的乾濕區降低水份的蒸散。乾濕區位於乾區下方，厚度約 10~20cm，大部分的生物活動如有益菌的繁殖、根系的發展及微生物活動都集中在這個

區域，植物及微生物能在此區域獲得養分及水份。如在介質中加入蚯蚓，有助於分解魚的排泄物及其他廢棄物，而此區為其主要的活動區域。濕區位於植槽底部上方 3~5cm，經常維持在恆濕的狀態，細小的顆粒及淤泥會累積在其中，因此亦為礦化作用的主要區域。潮汐式灌溉可確保植物的根圈有足夠的營養鹽和空氣，也能使介質保持濕潤，並讓硝化菌繁衍。FAD 系統通常以每小時 1~2 次的頻率進行運作。

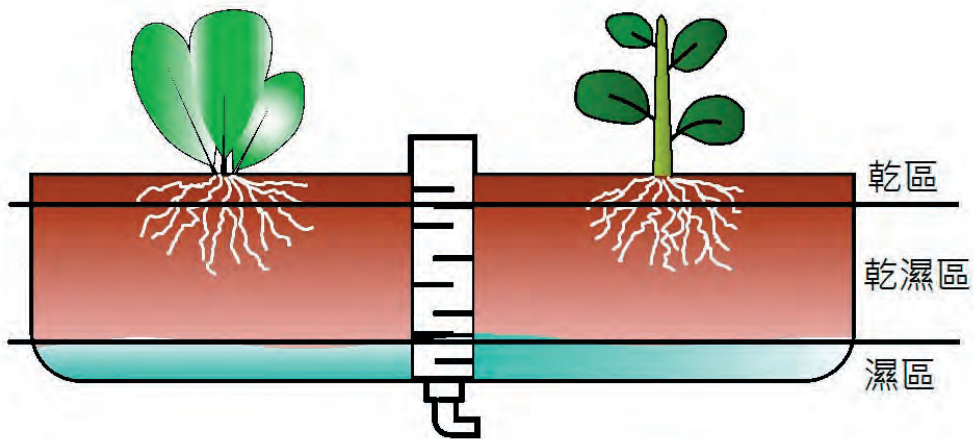


圖 4. 潮汐式系統介質植床的三個分區

(五) 虹吸排水裝置

鐘型虹吸主要是利用流體力學的虹吸作用，如圖 5 所示，使介質自動週期性的淹灌及排水，動作週期與水流入植槽的流率及介質粒徑有關。其作用原理為水由進水管以固定流率流入介質植槽，當水位達到立管頂端即開始流入管內。如果沒有鐘形的內管，此裝置只形同一個溢流管，使水位保持在固定高度而已。有了鐘形內管則當水由立管流出時，會在內管內產生真空吸力，使管內吸入更多的水，而內管一旦充滿水，則開始產生虹吸作用，快速將槽內的水排出。當水位低於鐘形管的入水口，就會吸入空氣使虹吸作用中斷而停止排水，因此透過這種鐘型虹吸裝置，能達到潮汐式的水位控制。配合 1” 管出水口製作鐘形虹吸裝置時，可用 1” PVC 管為立管，高度為介質表面下 2~3cm。鐘形管可用 2.5” PVC 管以管帽封住單邊，而在另一端切出高度約為 3cm 的入水口。至於外管則可利用 4” PVC 管在管壁大量橫切長條形開口，再將之套在鐘形管外側即可。

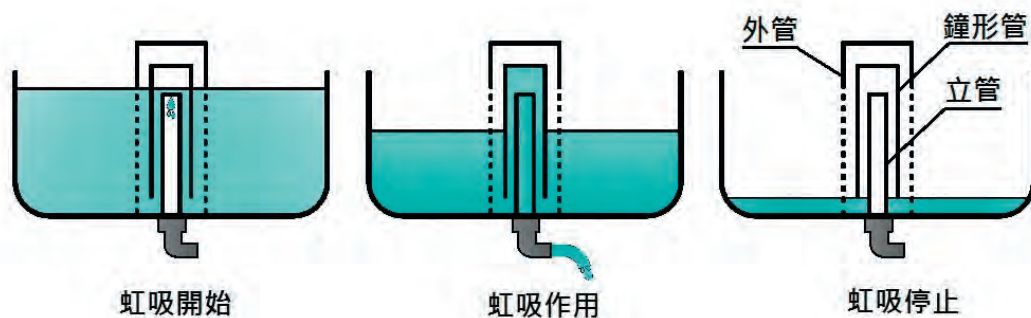


圖 5. 虹吸排水原理

魚菜共生養殖與水質管理

(一) 水體體積

在魚菜共生系統中，不斷流動的水能將營養鹽送到作物的根系，使其吸收而淨化水質，也能藉由水流將魚的排泄物濾除，維持水的潔淨。一旦水停止流動，首先影響的就是溶氧的降低，時間一久就會導致魚的死亡，對於 NFT 系統會在短時間內乾涸使作物萎凋。水體大小直接關係到養殖數量，如以魚的重量計算，每一噸的水容納 20 kg 的魚最為適合⁽⁵⁾。養殖密度過高務必在水中打氣維持適當的溶氧。養殖桶容積如小於 500 公升，則養殖密度必須再減半。

(二) 投餌餵食

餵食時間以白天為主，每日下午 4 時以後避免餵食，以免夜間魚活動量減少造成消化不良。餵食時投餌後 30 分鐘如果仍剩餘餌料即表示餵食量太多，須將剩餘餌料撈除以免影響水質。魚的健康與索餌活動息息相關，因此如果索餌情形變差或停止進食，則必須停止餵食。魚索餌情形也與水溫相關，因此水溫大幅下降時，需調降投餌量甚至停止餵食。利用自動餵食器定時、定量餵食，可以簡化餵食工作。

(三) 水質檢測

魚菜共生系統中，溶氧對 DWC 系統甚為重要，密植的水耕植槽，作物根系吸收氧氣會造成溶氧不足，進而導致根系褐化。因此 DWC 系統植槽水體必須維持至少 5 mg/L 的氧氣濃度，最簡單的方法就是直接在植槽中放入打氣石。因藻類也會消耗水中的氧氣，使水中的溶氧產生變化，防止藻類大量滋生也是不容忽視的課題。系統水體養份濃

度可透過控制餵食量進行調整，如水中硝酸態氮濃度低於 5 mg/L，就可慢慢增加每日的餵食率，而硝酸的濃度高於 150 mg/L，就必須降低餵食量或進行換水。氨及亞硝酸濃度高於 1 mg/L 則表示硝化菌的活動出現問題，必須進行換水或停止餵食。總體而言魚菜共生系統對於養殖物、作物及硝化菌最理想的條件為：溫度：18~30°C；水的 pH 值：6~7；氨濃度：小於 1 mg/L；亞硝酸濃度：小於 1 mg/L；硝酸濃度：5~150 mg/L；水中溶氧：大於 5 mg/L。水的 pH 值偏高時，即使硝酸鹽濃度已維持穩定，作物仍可能發生微量元素缺乏。因此水在加入系統前務必檢測水質，尤其酸鹼度偏離中性太多時，需先調整後再使用。在魚菜共生系統中，微量元素的補充不但無法避免，不同作物也會有不同的需求。一般除了透過水質檢測外，管理者也可透過作物葉色表現，判斷是否有微量元素缺乏的現象。水質檢測有現成的儀器可供利用，但價格十分昂貴且需經常校正。部分項目可利用試劑（圖 6）檢測較為簡單經濟，檢測項目建議包括：pH、氨、硝酸及亞硝酸。



圖 6. 水質試劑（左：亞硝酸；中：硝酸；右：氨）

為維持水質穩定降低對養殖物的衝擊危害，作物栽培最好分批種植分批採收。雖然自來水是最容易取得的清潔水源，但其中的氯對魚有毒性，因此自來水使用前必須先儲水至少 3-5 天，使水中的氯逸去，如用氣泡石進行打氣，則可縮短儲水時間。但使用自來水可能導致部分微量元素缺乏，而影響作物生長，需配合作物適當補充。魚菜共生系統水份消耗主要原因為蒸發或被植物吸收，平均耗水僅約一般土耕栽培的 10%，是十分節水的生產方式，但實際耗水量會因作物種類及地區而異。

（四）養殖魚種

魚菜共生系統中魚的選擇非常多樣⁽⁵⁾，包括吳郭魚、鯉魚、鱧魚、草魚、金目鱸、寶石鱸、鯰魚、鮭魚、莫瑞鱈及大口鱸。在臺灣地區適合養殖的魚種⁽²⁾，食用魚有：吳郭魚、紅尼羅魚、七星鱸、銀鱸、曲腰魚、鯰魚、鰻魚、大口鱸。觀賞魚則有：朱文錦、金魚、錦鯉、玉如意、蓋斑鬥魚、血鸚鵡、孔雀魚。

(五) 投餌與栽培參數

以一般標準含 32% 蛋白質的飼料而言，每平方公尺葉菜類每日約需餵食 40~50g 的飼料，而每平方公尺果菜類每日約需餵食 50~90g 的飼料。作物栽培密度：葉菜類每平方公尺為 20~25 株，果菜類每平方公尺為 4~8 株。養殖初期魚的體重較小，每日約可攝食體重 10% 的餌料。體重大於 50g 的魚，每日的攝食量約為其體重的 1~2%。

(六) 水溫過高 / 過低

夏季水溫經常超過 30°C，容易導致溶氧不足，因此需要適度增加打氣量。同時高溫的環境容易使魚類發生細菌性的感染，可增加養殖桶排汗的頻率並適度換水。冬季寒流容易發生寒害造成魚隻死亡，以慈鯛科的吳郭魚、紅尼羅魚而言，養殖的條件並不嚴苛，但低溫（低於 10°C）卻會發生嚴重寒害造成死亡。因此寒流來襲之際，必須要有加溫或利用塑膠布防風的禦寒措施，才能降低損失。

(七) 計算栽培面積及水量

魚菜共生系統中作物主要的養分來源為餵食的餌料，因此在計算栽培數量均以投餌量為基準。假設 DWC 系統以 1T 的水養 20kg 魚，每日需餵食飼料 $20000\text{g} \times 1\% = 200\text{g}$ 。可種葉菜面積 $200\text{g}/40\text{g}/\text{m}^2 = 5\text{ m}^2$ 。栽培槽水量 $= 5\text{m}^2 \times 0.3\text{m}(\text{深度}) = 1.5\text{m}^3$ 。過濾系統容積為養殖桶容積 10~30%。總水量計算如下：

$$\text{總水量} = 1\text{T}(\text{魚桶}) + 1.5\text{T}(\text{水耕槽}) + 0.2\text{T}(\text{生化過濾器容量}) = 2.7\text{T}$$

(八) 飼料的氮轉換

影響水中氮濃度的因子包括飼料中蛋白質及胺基酸的質與量，飼料的消化性、魚種、溫度及系統移除魚排泄物的性能。魚取食餌料後約有 30% 的蛋白質會留在魚體內，因此 70% 的氮會排放到水中，其中 15% 是無法消化或存於固態排泄物及殘留的飼料中，所以魚的消化過程會有 55% 的氮轉換成氨。大約會有 60% 的固態排泄物會被過濾系統移除，其餘 40% 會降解成氨留在水體中，總體而言餵食的飼料大約會有 61% 的氮會變成氨存在水中。蛋白質含氮量約 16%，每公克氮會產生 1.2 公克氨。以 200g 飼料 (32% 蛋白質) 計算，會產生 7.5g 的氨，計算式如下：

$$200\text{g 飼料} \times 32\% \times 16\% \times 61\% \times 1.2 = 7.5\text{ g}$$

(九) 生化過濾面積計算

硝化菌消耗氮的速率約 $0.2\text{-}2\text{g}/\text{m}^2/\text{day}$ ⁽⁵⁾ 但與水量、水溫、鹽度、pH、溶氧有關，

爲了簡化複雜的計算通常使用較保守的轉換率即 $0.57 \text{ g/m}^2/\text{day}$ 。因此 7.5g 的氮每日須有 13.2m^2 的硝化菌面積才能完全轉換成硝酸鹽，計算式如下：

$$7.5\text{g 氮} / 0.57 \text{ g /m}^2/\text{day} = 13.2 \text{ m}^2 \text{ day}$$

5.10 生化濾材體積計算

過濾資材能提供給硝化菌棲息的面積與體面積比 (specific surface area(SSA)) 有關，計算所需資材量時，將所需硝化菌棲息的面積除以 SSA 即得所需的介質體積，常用的生化過濾資材如表 1 所示。選用 SSA 較大的過濾資材能降低資材的使用量，但這類資材使用後容易造阻塞，不但影響水流也會影響硝化菌的生長。因此資材的選用必須針對水質、養殖密度、耐久性及操作性進行綜合考量。在 FAD 系統中作物栽培介質的量遠大於硝化反應所需的資材量，但卻有助於在不利的環境下維持足夠的硝化反應。以生化球 (SSA=600) 爲例，僅需 22L 的生化球就能滿足每日 200g 餵食量的硝化反應需求，計算式如下：

$$13.2 \text{ m}^2 / 600 \text{ m}^2/\text{m}^3 = 0.022\text{m}^3 = 22\text{L}$$

表 1. 生化過濾資材及用量計算 (以 32% 蛋白質的飼料爲基準)

資材種類	SSA (m^2/m^3)	每公升資材所能處理的飼料量 (g)	每日餵食 100g 飼料所需資材體積 (L)
粗砂 (0.6~0.8 mm)	5 000	75.0	1.3
生化球	600	9.0	11.1
泡棉	400	6.0	16.7
纖維網墊	300~400	4.5~6.0	16.7~22.2
波紋浪板	150~400	2.3~6.0	16.7~44.4
火山岩	300	4.5	22.2
發泡煉石	200~250	3.0~3.8	26.7~33.3
粗礫石	150	2.3	44.4
陶瓷環 a	500	7.7	13
毛刷 b	100	1.5	66.8

(摘自 FAO FISHERIES AND AQUACULTURE TECHNICAL PAPER; a、b 爲本文新增)

作物選擇

如以需肥量的高低可分為：

低需肥量作物：葉菜類、草本植物、萵苣、羅勒、薄荷、歐芹、芫荽、小白菜、蕓菜及豆科植物。

中需肥量作物：甘藍、花椰菜、青花菜、甜菜根、芋頭、青蔥、紅蘿蔔。

高需肥量作物：番茄、茄子、小黃瓜、夏南瓜、草莓、辣椒。

在臺灣地區適合魚菜共生系統栽種的作物⁽²⁾，如以季節可分為：

春：皇宮菜、秋葵、空心菜、甜羅勒、甜椒、小黃瓜、山苦瓜、紫蘇。

夏：絲瓜、蒲瓜、玉米、芹菜、碗豆、羅勒、茄子、空心菜。

秋：辣椒、草莓、西洋芹、高麗菜、花椰菜、青花菜、小松菜、羅蔓。

冬：茼蒿、韭菜、甜菜根、結球萵苣、萵苣。

(一) 作物栽培作業要領

配合季節選擇適栽作物，作物栽培避免一次性的採收，最好分批種植分批採收，以維持水質穩定。在 DWC 系統一般採育苗後再移植至浮板進行栽培，可大幅縮短栽培時間。在 FAD 系統盡量選擇大苗栽培，可縮短栽培時間並提高成活率。作物栽培盡量利用設施(溫室)降低病蟲害發生機率。魚菜共生系統基本上可提供作物生長所需的氮肥，但部分微量元素卻無法從系統中獲得，因此微量元素(主要為鐵)缺乏成為魚菜共生系統無法避免的屏障。透過在水中添加微量元素可改善生長情形，如水中添加控制 2 mg/L 濃度的 EDTA-Fe 即可改善缺鐵的問題⁽⁵⁾。另外，水的 pH 值影響作物對微量元素的吸收甚鉅，因此做好水質管理亦可改善營養不良的問題。

(二) 病蟲害的管理

魚菜共生系統中植物栽培模式與水耕栽培相近，病蟲害相亦相同，也就是說一般土耕或介質耕中相同的作物會發生的病蟲害，亦會發生在魚菜共生系統中。為避免化學藥劑(農藥)對養殖系統造成影響，在魚菜共生系統中，病蟲害的管理以不使用農藥的綜合管理策略進行。

1. 溫網室栽培：覆蓋塑膠布可隔絕雨水，避免病原菌藉由雨水飛濺傳播；利用防蟲網防止害蟲入侵。建構溫網室時，要注意室內的日照及通風，雖然網目越細的防蟲網，對於小型昆蟲的阻絕效果越佳，但會降低室內通風，提高相對濕度，

營造病害發生的有利環境。

2. 選擇適宜的作物種類：高溫期間由腐黴菌所造成的猝倒病，是較為普遍發生的病害，如萵苣類蔬菜進入四月以後，因溫度升高，猝倒病成為生產體系中的限制因子，在無法使用藥劑控制的情況下，更換適宜夏季栽培且不易罹病的作物種類（如蕓菜），是可行的防治策略。
3. 田間衛生：隨時清除罹病蟲之植物組織，可以有效降低栽培環境中的病蟲源密度。
4. 輔以非農藥防治資材：病蟲害種類因氣候及作物種類而有所變動，如番茄晚疫病、萵苣葉斑病、番茄刺皮癭蟻、蚜蟲、薊馬、銀葉粉蝨等均曾於本場試驗期間出現於魚菜共生系統中，選用適宜的非農藥防治資材，如礦物油、蘇力菌、枯草桿菌、亞磷酸鉀、黃（藍）色黏紙等，可將病蟲害的危害程度降低。也可利用生物防治法（如草蛉防治蚜蟲、粉蝨及薊馬等）進行控制。

系統維護

魚菜共生系統一旦穩定後，不需要投入太多精準的控制作為，但仍須定期關注以免系統失衡，檢查工作依周期長短可分為：

每日工作：

- 檢查水、空氣泵浦是否正常，並清理入口。
- 檢查水流情形。
- 檢查水位，如蒸散太多進行補充。
- 檢查養殖桶有無洩漏。
- 檢查水溫。
- 投餌餵食或檢查自動餵食器，並觀察魚有無異樣。
- 檢查作物有無蟲害。
- 撈除死魚、移除作物病株。
- 清潔濾網。

每週工作：

- 檢測水體之 pH、氨、亞硝酸、硝酸。

- 檢查作物營養元素缺乏的情形並適量補充。
- 清除桶底及生化過濾器底部的雜汙。

結論與建議

- (一) 魚菜共生系統中作物經常會有缺鐵的現象而影響作物生長，因此適量的補充鐵是必需的，通常在水中添加 2 mg/L 的螯合鐵 (EDTA、DTPA 或 EDDHA) 就能改善之。
- (二) 猝倒病為水耕栽培經常發生的病害，在高溫的環境更容易發生，發病後即使移除病株，病原菌已散播在水體中，會再繼續感染後續的作物，除非使用化學藥劑否則難以清除。但化學藥劑可能對養殖系統造成嚴重傷害，因此魚菜共生系統通常不會考慮種作法。比較好的方法是改種其他不易被感染的菜種如蕹菜、青蔥。
- (三) 作物的蟲害與防蟲網的網目數及溫室管理有關，防蟲網網目越小能阻絕越小的害蟲，但會影響通風效果，溫室的門也必須經常維持在關閉的狀態。另外可配合生物防治法減少蟲害，如施放草蛉防治蚜蟲、利用黏蟲板防治其他害蟲等。
- (四) FAD 系統可確保植物的根圈有足夠的營養鹽和空氣，也能使介質保持濕潤並讓硝化菌繁衍。潮汐式系統通常以每小時 1~2 次的頻率進行運作。
- (五) DWC 系統適合種植短期葉菜類作物，而 FAD 系統除可種植葉菜類外也適合果菜類作物。
- (六) 檢測水中氮含量有助於瞭解系統是否平衡，如果硝酸的濃度低於 5 mg/L，就必須慢慢增加每日的餵食率，如果硝酸的濃度高於 150 mg/L，就必須進行換水。如果氨及亞硝酸濃度高於 1 mg/L 則表示硝化菌的活動出現問題，可進行換水或降低餵食量。
- (七) 魚菜共生系統水體最好略微偏酸 pH 值在 6~7 為最佳值，如 pH 值低於 5 或高於 8 則會對整個系統產生立即性的為害。
- (八) 魚菜共生系統對於養殖物、作物及硝化菌最理想的條件為：溫度：18~30°C；水的 pH 值：6-7；氨濃度：小於 1 mg/L；亞硝酸濃度：小於 1 mg/L；硝酸濃度：5~150 mg/L；水中溶氧：大於 5 mg/L。

- (九) 作物栽培避免一次性的採收，最好分批種植分批採收，可維持水質穩定降低對養殖物的衝擊危害。
- (十) 魚菜共生系統平均耗水約 1~3% 但視作物種類及地區而異，水的流失主要是由於蒸發或被植物吸收，因此必須定期補水。

參考文獻

1. 柯清水，2002。硝化細菌與水產養殖問答集。養魚世界雜誌社。
2. 魚菜共生健康農場，2015。魚菜共生：現採現吃！從地下室到樓頂，從零開始實踐的新型態懶人農法。城邦文化事業股份有限公司 麥浩斯出版。
3. 楊明樺、鄭金華，2011。Aquaponics 養殖雨水耕複合式系統簡介。水試專訊第 33 期，P36-38。
4. 劉富光，2014。淺談綜和水產養殖模式與養殖水耕系統，水試專訊第 46 期，P10-14。
5. Somervill C., M. Cohen, E. Pantanella, A. Stankus, 2014, Small-scale aquaponic food production Integrated fish and plant farming, FAO Fisheries and Aquaculture Technical paper 589.
6. Rakocy J. E., D. S. Bailey, R. C. Shultz, E. S. Thoman, *Update on Tilapia and Vegetable Production in the UVI Aquaponic System*, 2004, New Dimensions on Farmed Tilapia: Proceedings of the Sixth International Symposium on Tilapia in Aquaculture, P676-690.

The Principle and Application Method of Aquaponics System

Ching-Fu Yang

Assistant researcher, Tainan District Agricultural Research and Extension Station, COA.

cfyang@mail.tndais.gov.tw

Abstract

In recent years, aquaculture and farming combined with the concept of aquaponics, it is gradually extending to every corner of the world. Many people in the building's roof, living room corner and home of the balcony, set up relying on fish water irrigation plants of the ecosystem. Not only to create a pleasant landscape, but also to provide fresh, healthy fruits and vegetables. The principle of the aquaponics system is the fish waste that is discharged into the water and is absorbed by the crop after nitrification. The water is purified by the crop and then recovered as fresh aquaculture water, thus improving the water use efficiency. In this study, two different types of aquaponics system were designed, the results show that aquaculture water can provide the nutrients needed for crop growth, but there will be a shortage of microelements, by appropriate supplement can make the crop normal growth, and crops can purify the water so that aquaculture water can be recycled. So as long as the control of the appropriate stocking density, the amount of feeding and with the season to select crops, as well as the right amount of nutrients needed to replenish the crop, this system can be regarded as a production system that can achieve energy saving, water saving and provincial fertilizer at the same time.

Key words: Aquaponics system, Hydroponics, Nitrification

番茄嫁接苗之生產改進

張金元、田雲生

行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員、副研究員

changcy@tdais.gov.tw

摘要

臺灣番茄嫁接苗以斜切、環狀套管接合固定為產業慣行的方式，因嫁接屬高技術性，著重手感、眼力及高度專注力，為改善嫁接技術工不足及提升嫁接技術，本研究引進西班牙嫁接機及研發國產嫁接輔助機具，並使用開口式嫁接夾，以機械化生產嫁接苗，提供產業參考應用。由試驗結果顯示，2 型嫁接機因操作容易，縱無嫁接經驗之作業人員經過簡短教育訓練後，即可上機生產作業，平均嫁接速度均可達每小時 208 株以上；在嫁接成功率及存活率方面，西班牙嫁接機皆可達 8 成以上，國產嫁接輔助機具則達 9 成以上。採用機械嫁接可紓緩技術人員短缺問題，以及達到輕技術、輕勞力負荷之作業環境改善。

關鍵字：番茄、嫁接、機械化

前言

番茄苗為抵禦土傳病害及方便管理，現已普遍採用嫁接生產，惟手工嫁接屬高技術性工作，須經專業訓練方能上手，產業在旺季時有技術人員短缺之營運瓶頸。嫁接最重要且關鍵的技術是斜切穗砧苗及接合固定 2 項動作，在著重手感、眼力及高度專注力的情況下，長時間連續作業相當辛苦與費工。

有鑑於國內農產業勞動力不足及從農人口高齡化，育苗場導入應用嫁接機械化設備及技術，用以改善人力不足及提升嫁接技術。本研究擬藉由引進西班牙製番茄苗嫁接機，以及參考現行手工嫁接的方式，研發適合我國嫁接苗產業應用之國產番茄苗嫁接輔助機具，提供育苗產業選擇應用，針對該 2 型嫁接機進行穗砧苗機械化嫁接之作業效率、嫁接苗成功率、存活率試驗調查，以提供嫁接苗機械化推展及產業升級參考應用。

產業現況

臺灣番茄苗嫁接以斜向切接為主，並使用橡膠材質套管作為嫁接接合固定資材，橡膠套管如圖 1 所示。番茄接穗與茄子砧木苗由斜切面傷口處接觸以進行癒合，此方式係由「亞蔬 - 世界蔬菜中心」(AVRDC-The World Vegetable Center) 所開發，橡膠材質套管具有價格便宜優勢，採環狀束緊包覆，使嫁接苗切口處具有保濕性，進而使嫁接苗存活率提高^(3,4)。而人工嫁接的步驟：首先將茄子砧木苗在子葉至接近第一本葉之間的位置，以斜切方式進行砧木剪切；右手取橡膠套管，長度約 10~12mm，套入砧木莖部斜切口處；取番茄接穗苗於第一本葉上方位置，與根砧苗株莖相近處進行斜切，對齊接穗與根砧苗切口面，再將接穗苗插入套管中，並檢查穗砧苗之間切口處是否確實接合，以完成嫁接作業⁽²⁾。穗砧苗人工嫁接作業情況如圖 2 所示。

由於手工嫁接方式中，最重要且關鍵的技術是斜切穗砧苗，以及嫁接接合固定 2 項動作，非常注重手感、眼力及高度專注力，須經過一段時間的訓練，方能上手操作。又因穗砧苗斜切面係插入環狀橡膠套管中，較不易檢視苗株斜切傷口面是否確實達到接合，以及穗砧苗插入套管時的力道，皆需視穗砧苗的莖徑及其軟硬度，以及手感判斷苗株切接面碰觸接合情況，可知嫁接技術的純熟度需經訓練及經驗累積。



圖 1. 手工嫁接用橡膠套管 圖 2. 手工嫁接作業情況

本研究由現行產業手工嫁接方式及參考國內外嫁接機械發展狀況⁽¹⁾，引進西班牙製番茄苗嫁接機械，並研發國產之番茄苗嫁接輔助機具，同時引進由歐美地區廣泛使用的開口式嫁接夾，如圖 3 所示，使穗砧苗嫁接接合之傷口處可被檢視；而我國穗砧苗斜切面角度介於 10 度至 20 度之間，並且接穗及砧木兩者間之斜切角度須盡量相同，方能使穗砧苗間之傷口處緊密靠接，因此考驗著嫁接技術工的苗株斜切技巧及專注力。



圖 3. 開口式嫁接夾

西班牙嫁接機之引進測試

由西班牙引進之番茄苗嫁接機械係由 Conic-System 公司生產之型號 EMP-300 型嫁接機⁽⁵⁾，如圖 4 所示，為半自動單人操作，操作者僅需取穗砧苗供應嫁接機的苗株斜切機構，再由機械自動完成苗株夾持、斜切，穗砧苗斜切面對齊靠接、塑膠夾接合固定，嫁接苗移送至輸送帶等多項機械化作業，使手工嫁接步驟中，如苗株切斷、嫁接接合、置放嫁接苗等動作，皆由機械取而代之。

西班牙嫁接機包含苗株斜切、接合固定、切夾及供夾等 3 大主要機構，如圖 5 所示，機械作業方式為操作者拾取穗砧苗，分別供給嫁接機兩側之苗株斜切機構，啟動踏板後，機械隨即進行嫁接作業，而供夾機構自動供應適當長度之嫁接夾，可調整長度介於 10~15mm，嫁接完成後，再由機械手臂抓取苗株放置於輸送帶，完成機械化嫁接作業。藉由應用機械化進行嫁接作業，協助人員減少拾取、斜切、接合固定、移置苗株等多項精細動作，可減緩長時間操作之身心疲勞，減輕工作負荷，並提高作業效率。



圖 4. 西班牙嫁接機

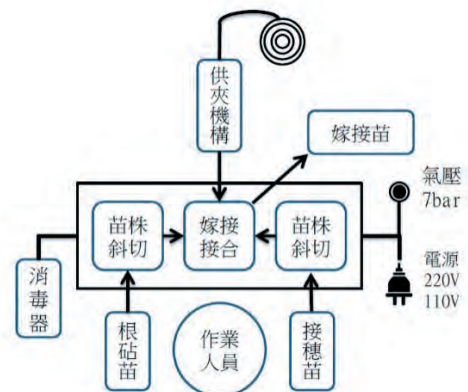


圖 5. 西班牙嫁接機之構造示意圖

國產番茄苗嫁接輔助機具之研發

番茄苗嫁接輔助機具的研發方式，係先細部分解手工嫁接的步驟，由嫁接動作中擇取適合機械化項目進行研發設計，其中手工嫁接的步驟可分解為取根砧苗、斜切、取套管插入，取接穗苗、斜切、插入套管接合固定等細部動作，如圖 6 所示。其中穗砧苗斜切動作，嫁接員須手持刀具進行斜切作業，以及持套管套入穗砧苗進行接合固定，因此刀片切割苗株的角度及插入套管嫁接的力道，皆必須加以訓練及經驗累積，並且因國內使用的嫁接資材為環狀束緊包覆的套管，無法檢視穗砧苗切口面接合情況，因此番茄苗嫁接輔助機具的設計理念，即是將苗株斜切及套管嫁接固定 2 項動作項目進行機械化設計，並使用開口式嫁接夾取代環狀套管，為嫁接機械化研發的方向。

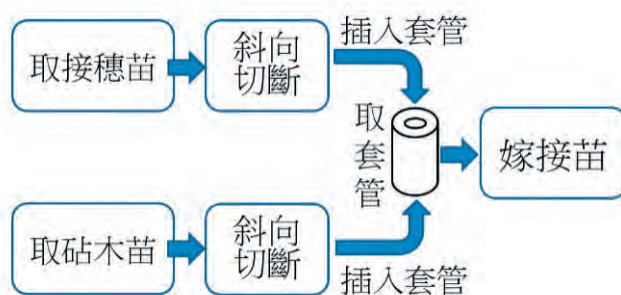


圖 6. 人工嫁接操作流程

本機由苗株斜切機構、嫁接夾接合機構、電氣控制組件所構成，如圖 7 所示，其中苗株斜切機構係應用腳踏式啓動踏板，用以驅動刀片切斷苗株，減少手持刀具的複雜動作，並由腳掌協助啓動機械作動，使雙手可同時手持穗砧苗同步完成穗砧苗的斜切作業。當苗株移置切台定位，腳踏啓動開關後，刀片旋即以固定斜切角度切割苗株，具有固定斜切角度，以及應用電氣控制組件，可固定切割苗株的力道與角度的優勢；而嫁接夾接合機構具有自動取夾輸送、剪切固定長度、開夾及閉夾等 4 項功能，腳踏啓動開關即可一次完成 4 項功能，用以簡化機械操作步驟。機械嫁接每一動作循環中，嫁接夾接合機構負責夾持嫁接夾進入切夾機構中，並剪切嫁接夾，再將嫁接夾夾住進行開夾作業，待作業人員將已斜切之穗砧苗放入嫁接夾開口處，並確定斜切面緊密靠接，則啓動嫁接夾接合機構控制踏板後，即自動閉夾完成嫁接作業。

與手工嫁接相比較，使用嫁接輔助機具可減少手持穗砧苗又須提取切刀進行苗株斜切作業，並避免嫁接作業過於複雜。藉由減少提取刀片斜切苗株、撿拾嫁接夾或套管接合等多項動作，且苗株具有固定的斜切角度，以及自動供給嫁接夾、開夾與閉夾等多項省工機械化的改善項目，簡化嫁接作業步驟，使嫁接工作不再難以上手。

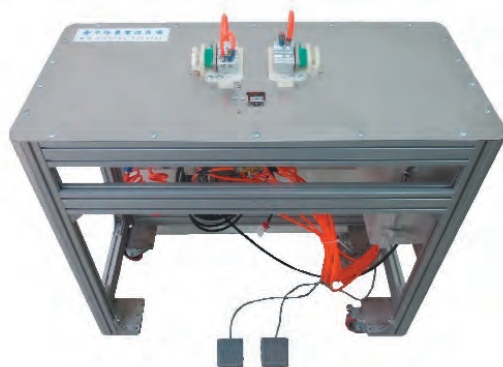


圖 7. 國產番茄苗嫁接輔助機具

嫁接機械化應用效益

藉由引進西班牙嫁接機及開發國產嫁接輔助機具，協助產業進行機械化生產番茄嫁接苗，如圖 8 所示。因機械操作容易，無嫁接經驗之作業人員，僅需 10 至 30 分鐘簡短的教育訓練，即可上機進行生產作業，無須長時間的訓練，並且嫁接速度、嫁接成功率與手工嫁接不相上下，可紓緩嫁接技術人員短缺問題，以及達到輕技術、輕勞力負荷之作業環境改善。



圖 8. 機械操作之嫁接苗

由結果顯示，剛接觸嫁接機的作業員，操作西班牙嫁接機及國產嫁接輔助機具之平均單株嫁接時間分別為 15.6sec、18.5sec，每小時作業速率為 230 株、194 株；而經訓練後有經驗之機械嫁接的作業員，平均單株嫁接時間為 12.3sec、14.1sec，每小時作業速率為 292 株、256 株，經訓練後可加速作業速率約 3-4 秒。此外，2 型嫁接機計時包含其他苗株整理時間，完成 1 盤 104 株嫁接苗的總作業時間約為 30 分鐘以內，因此平均 1 小時可嫁接 2 盤嫁接苗餘，作業速率為 208 株 / 小時，此可為機械嫁接最穩定慢速的速率。

嫁接試驗所使用之茄砧品種為 EG203、番茄接穗品種為玉女，茄砧第一子葉、第一本葉平均高度分別為 2.6cm、8.1cm，第一子葉下方、第一本葉(頂葉)下方平均莖徑分別為 2.4mm、2.3mm。番茄接穗第一子葉、第一本葉、株高平均高度分別為 8.1cm、15.4cm、18.7cm，第一子葉至介質、第一本葉至第一子葉、第一本葉至頂葉間之平均莖徑分別為 2.4mm、2.2mm、1.9mm。

機械嫁接完之番茄嫁接苗放置於塑膠箱，並予以加蓋，穗砧苗於嫁接作業前一日淹灌浸濕介質土塊，環境空調溫度設定為 25°C，並於箱內苗盤上放置溫度照度紀錄器，廠牌 HOBO、型號 UA-002-64，經測得苗株間之平均溫度為 24.7°C。嫁接完後以暗期處理時間 3 天，再以 $10 \mu \text{mol m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 處理三天後，移至溫室內區域馴化 7 天。

茄砧苗取第一子葉至第一本葉間位置進行斜切，番茄接穗苗擇取第一子葉至第一本葉間位置斜切。由表一結果顯示，西班牙嫁接機及國產嫁接輔助機具之嫁接成功率分別為 88.7%、96.5%，嫁接存活率分別為 81.9%、91.3%，如表 1 所示。由試驗過程中發現，採取第一本葉上方位置機械嫁接，嫁接輔助機具因苗株斜切及接合固定均由人工判讀與作業，因此嫁接成功率均達 96.5% 以上，以及後續癒合後存活率可達 91.3% 以上。在本次試驗中，西班牙嫁接機則因夾持機構處，苗株因夾持而造成損傷情形發生，以及因嫁接機過於自動化，於苗株旋轉輸送過程中，因介質塊夾持鬆脫等因素，以及接穗苗於第一子葉上端之平均莖徑為 2.2mm，苗株莖徑較幼嫩，應用西班牙嫁接機時有被夾持損傷發生，使嫁接存活率 81.9% 以上，因此提供品質穩定、規格一致及強健的苗株，提供高自動化嫁接機作業，係為後續待克服項目。

表 1. 西班牙嫁接機及國產嫁接輔具之嫁接成功率

測試項目	西班牙嫁接機	國產嫁接輔助機具
嫁接成功率	88.7%	96.5%
嫁接存活率	81.9%	91.3%

結語

透過機械嫁接作業輔助裁砧穗砧苗及塑膠夾接合固定 2 大機械化作業區塊，2 型機械均可由 1 名人力完成嫁接，因機械操作簡單容易，並簡化嫁接的作業步驟，將斜切苗株及接合固定作業項目由機械取代，在長時間操作下，可減緩人員的作業疲累，並且每株番茄苗所剪切之切口角度一致，以及無須拾取刀片及塑膠夾進行嫁接，作業人員僅需取苗及供苗即可，因此可減少苗株的嫁接作業手續。嫁接機械在使用操作上，作業人員僅需簡易教學認知穗砧苗，並且將穗砧苗放置於機台之正確位置，啟動機械即可進行苗株剪切嫁接作業完成嫁接。

嫁接作業應用機械輔助可減少拾取刀片、嫁接夾、苗株斜切、接合固定等多項動作，並減輕工作負荷、減少作業人員長時間操作之身心疲勞、降低作業技術難度、簡化作業項目。作業人員僅須將苗株正確放入嫁接機，無須學習及訓練取苗、斜切、套管等嫁接動作，因此嫁接機械可協助育苗場於生產旺季，缺乏嫁接人手之際，紓解產業缺工問題，為嫁接機械之重要優點。

參考文獻

1. 張金元、田雲生、林學詩 2015 國內外嫁接機械發展現況 p.99-106 種苗產業發展新趨勢研討會專刊 臺南區農業改良場編印。
2. 張振厚、鄭榮瑞、鍾瑞永 2002 番茄機械嫁接技術 臺南區農業專訊 42: 1-6。
3. 戴順發、張武男 1997 蔬菜嫁接之研究與發展 科學農業 45: 266-274。
4. 鍾瑞永、鄭榮瑞、劉政弘、許建興、黃圓滿 2005 套管式番茄嫁接機之研制測試 臺南區農業改良場研究彙報 45: 74-84。
5. Conic-system 官網，<http://www.conic-system.com/wp/gallery/51-2?lang=en>

The Improvement of the Tomato Grafted Production

Chang Chin-Yuan, Yun-Sheng Tien

Assistant Researcher and associate researcher Taichung District Agricultural Research and
Extension, COA

changcy@tdais.gov.tw

Abstract

In Taiwan, tomato grafted seedlings used to cut oblique, and use ring case while grafting, due to grafting is a high-tech, need to pay attention to tactility, eyesight and keep high concentration. In order to solve the shortage of grafting technician and improve the grafting technology, this study introduced the Spanish grafting machine and developed the domestic grafting auxiliary equipment, and use the open grafting clip while grafting. The aim for this study is to provide industries with effective solutions to practical issues. According to the results, the two kinds of grafting machine is easy to operate, even without the experience of the grafted workers after a brief education training, the average grafting rate can be 208 per hour, in the graft success rate and survival rate, the Spanish grafting machine up to 80%, domestic grafting auxiliary equipment up to 90%. The use of mechanical grafting can solve the shortage of technicians, as well as to improve the graft operating environment to be simple technology and effort saving.

Key words: Tomato, grafting, mechanized.

提升設施蔬菜生產效益 ~ 從植物的角度來看

陳葦玲、錢昌聖、莊佩蓉

行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員、研究助理

chenwl@tdais.gov.tw

摘要

本研究為整合品種篩選、植物生理、授粉昆蟲及嫁接應用，以花胡瓜為試驗作物，建立其設施栽培之關鍵技術，以提升目前設施蔬菜產能與品質。由本試驗可知花胡瓜之光補償點、光飽合點及最大淨光合作用值 (Pn) 分別約為 $15\sim 30 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、 $1,000\sim 1,200 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 及 $12\sim 13 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， CO_2 飽合點約為 $1,000\sim 1,200 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ，較正常大氣濃度 ($400 \text{ mg}\cdot\text{L}^{-1}$) 下增加約 2 倍。 $25\sim 40^\circ\text{C}$ 下植株 Pn 介於 $10\sim 13 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， 45°C 下 Pn 則降低約 20%。夏作設施栽培花胡瓜植株 Pn 於上午 6 點後顯著上升，12 點到達高峰值為 $18.4 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，此時設施內環境光強度約 $1,300 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 、溫度達 40°C 、相對溼度 54.9%、蒸氣壓差 5.1 kPa，而後 Pn 顯著下降，其葉片 Pn 和光線相關係數最高，因此在花胡瓜栽培應首先著重光線，再配合日夜溫度的管理，並可評估 CO_2 濃度增加對於其產量增加之效益。此外，篩選出‘河童盛夏 11 號’及‘220’兩個雌花率較高、產量較大且良果率較高之品種，較適合夏季設施栽培。另種植‘河童盛夏 6 號’授粉株配合蜜蜂授粉較未處理之對照組可提高單株產量 1.4 倍、良果率亦提升約 1.5 倍。此外嫁接定植後苗期立枯病罹病率降低，在株高、地上部鮮乾重、植體營養元素 K、Ca、Mg、Cu、Zn 及 Fe 含量表現較佳，顯示嫁接對於花胡瓜植株生育及營養元素吸收有一定效果，其產量在參試兩品種分別增加 15.6% 和 49.3%，良果率提高 25.7% 和 3.6%，果實性狀則無明顯差異。然而嫁接並未提升其植株光合作用效率，卻增加蒸散速率及氣孔導度，進而促進水分吸收與運輸，減少午間萎凋的情形。

關鍵字：設施環境、花胡瓜、光合作用、嫁接、蜜蜂授粉、產量

前言

臺灣蔬菜栽培面積約 15 萬公頃，佔農產品總產值之 1/4，顯示蔬菜作物之重要性，又因栽培期間易遭受不良氣候影響，為避免惡劣氣候造成作物減產，現大多高經濟之蔬菜已朝向設施栽培。根據最近一次農林漁牧普查資料，臺灣地區設施約有 33,900 公頃，其中包括隧道棚、水平棚架、網室、溫室及菇舍等。蔬菜栽培以網室及簡易設施為多數，其中利用介質耕栽培面積約 150 公頃，主要集中在中部地區。

近年來投入設施蔬菜栽培農民漸增，除了面積快速增加，可能造成量多價跌的情形之外；夏季高溫高濕造成授粉結果不良及病蟲為害、長期耕作造成鹽分累積及土壤性病害發生，產生連作障礙、單面積產量不及溫帶歐美國家、農民栽培管理多以經驗為依據，缺乏環境與植物生理背景資訊等因素，導致蔬菜生產品質與量的不穩定，且栽培介質成本高更為設施栽培主要限制因素。因此如何提升栽培效率、穩定生產質與量並降低生產成本，為目前急需克服的目標。

本試驗以花胡瓜 (*Cucumis sativus* L.) 為目標作物，分析其目前栽培尚需克服之問題，整合品種篩選、植物生理、授粉昆蟲應用及嫁接苗應用，建立其設施栽培之關鍵技術，克服目前臺灣設施蔬菜栽培環境限制因素並提升產能與品質

試驗內容與結果

一、環境因子對花胡瓜光合作用相關生理之調查

(一) 光強度

花胡瓜‘河童盛夏 11 號’及‘CU-87’光反應曲線顯示其光合作用與光度呈二次曲線關係，其暗呼吸率分別為 -1.84 及 $-2.93 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，光補償點光合作用有效光 (Photosynthetically Active Radiation, PAR) 為 $15\sim 30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ， P_n 隨光度增加而遞增， $0\sim 800 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 區間內其 P_n 上升速率較高，達光飽合點 PAR $1000\sim 1200 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 時 P_n 不再上升，此時 P_n 值為 $12\sim 13 \mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ；葉肉間隙二氧化碳濃度 (C_i) 隨著光度增加而逐漸下降，趨近於光飽和點時下降速度漸緩，蒸散速率 (E) 與氣孔導度 (g_s) 則隨著光度增加而呈現漸增的趨勢 (圖 1)。從本試驗結果可知，花胡瓜栽培時設施內光強度至少須高於 $30 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，並儘量維持在 $800 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 以達到最佳的光合作用效率，但光

強度增加是否就能提高作物的產量，仍需溫室內二氧化碳濃度、溫度及濕度等環境條件的配合。

(二)CO₂ 濃度

CO₂ 為光合作用的反應基質，參與碳的同化循環，適當的提升 CO₂ 濃度可增加其固定率，此外高濃度的 CO₂ 可與氧競爭，間接提高 1,5- 二磷酸核酮糖羧化 (Ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase, RuBisCO) 效率，葉片中的碳水化合物含量有顯著的增加 (Agüera, 2006)。由本試驗 CO₂ 反應曲線可知花胡瓜 CO₂ 飽合點為 1,000~1,200 mg·L⁻¹，此時之 Pn 為 16 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹，較正常 400 mg·L⁻¹ 大氣濃度下增加約 2 倍，但隨著濃度再提高，其 Pn 並為提升反而呈現下降的趨勢，此現象可能因於高 CO₂ 濃度下，植體光反應的光捕捉能力下降或因累積大量的碳水化合物所導致負迴饋作用所致 (Sheu and Lin, 1999)。然而 E 與 g_s 在不同濃度 CO₂ 環境下無顯著差異 (圖 2)，顯示花胡瓜氣孔反應對於 CO₂ 濃度增加並不敏感。

此外，碳和氮的吸收與同化作用具相互影響，葉部的氮素約有 50 % 用來合成光合作用相關蛋白質，其中可溶性蛋白質主要成分為 RuBisCO，因此植物的光合作用速率和葉部氮含量有直接的關係 (Murray *et al.*, 2003)。在提高二氧化碳濃度的環境下必須供應足夠的氮養分才能維持植物的正常生長或提高生質量 (Prior *et al.*, 1997)；故若要利用增加 CO₂ 濃度已提高設施花胡瓜合作用效率、增加植株生育及產量，仍必須配合適當的肥培管理。

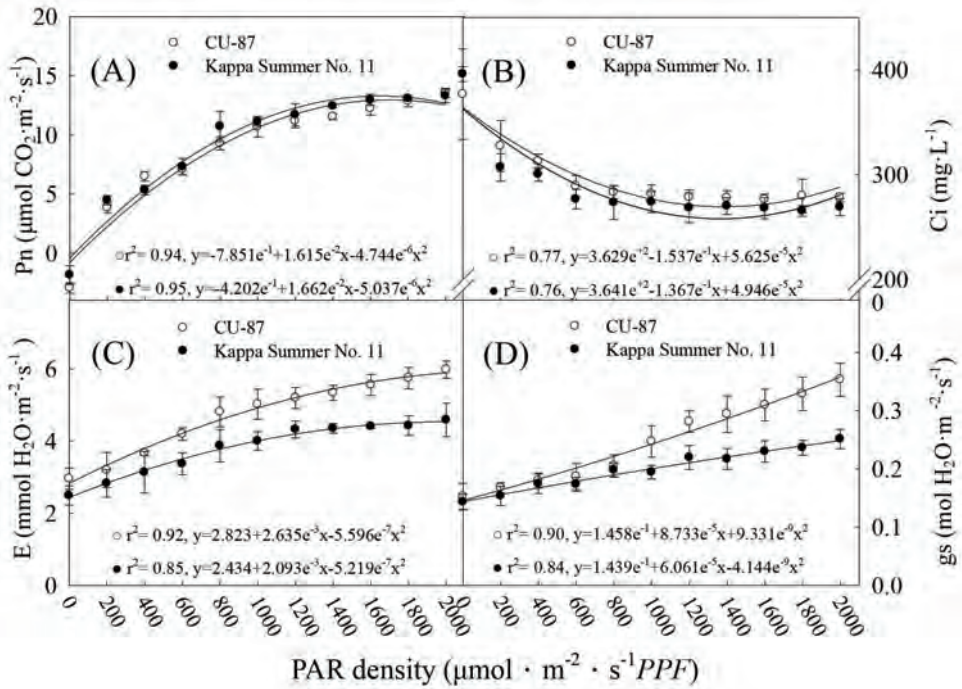


圖 1. 不同光強度下花胡瓜葉片淨光合作用 (A)、細胞間隙 CO_2 濃度 (B)、蒸散速率 (C) 和氣孔導度

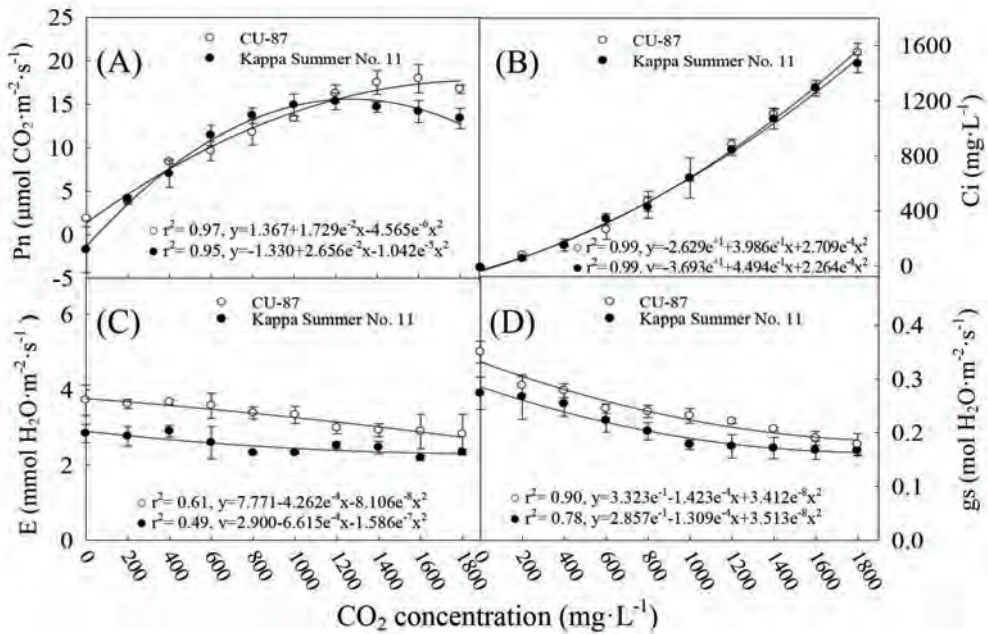


圖 2. 不同 CO_2 濃度下花胡瓜葉片淨光合作用 (A)、細胞間隙 CO_2 濃度 (B)、蒸散速率 (C) 和氣孔導度 (D) 之變化曲線

(三) 溫度

花胡瓜在 15~30°C 溫度區間內 Pn 隨溫度上升而提升，在 30°C 下，‘CU-87’ 及 ‘河童盛夏 11 號’ 之 Pn 值分別約為 12~14 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ 和 11~12 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ ，溫度提高至 40°C 時，其 Pn 並無顯著差異，但若再提升至 45°C 時 ‘河童盛夏 11 號’ 其 Pn 和 Ci 值則顯著下降。在 E 與 gs 方面，兩品種花胡瓜皆在 40°C 處理下較高，25°C ~35°C 處理間無明顯差異，45°C 下雖有稍許下降但不顯著 (圖 3)。此數據與 Ding 等人 (Ding et al., 2016) 指出胡瓜葉片在高溫環境下有較高的蒸散作用，以保護葉片光系統避免受到多餘的能量損害結果相似。

進一步測定植株在 25°C、40°C 及 45°C、1 天處理下之 Fv/Fm 及葉片細胞膜離子滲漏率，結果顯示植體 Pn 和離子滲漏率在 45°C 高溫環境下與 25°C 及 40°C 處理雖無顯著差異，但 Fv/Fm 在 40°C 及 45°C 則明顯下降 (表 1)，可知高溫會直接影響 PSII 電子的傳導，但短時間的高溫並未造成 Pn 下降及細胞膜明顯受損，然而花胡瓜高溫的耐受力為 35°C ~40°C，高於 40°C 則同化效率下降同時產生高溫傷害 (劉, 2010、Yuan et al., 2014)，因此若是高溫時間增加、設施夜溫無法降低，推測仍會造成其 Pn 下降、碳水化合物同化率降低及因高溫造成呼吸作用增加耗能的情形，而反應在其產量上。

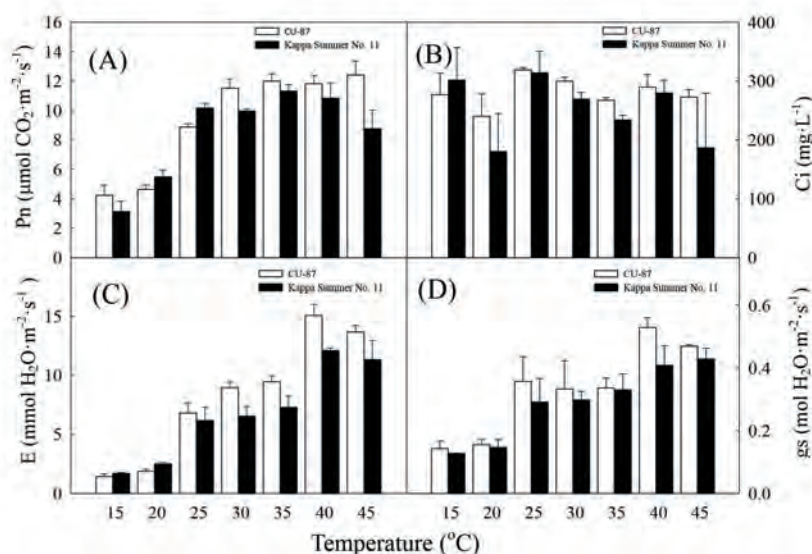


圖3. 不同溫度下花胡瓜葉片淨光合作用 (A)、細胞間隙 CO₂ 濃度 (B)、蒸散速率 (C) 和氣孔導度 (D) 變化

表 1. 花胡瓜植株在 25°C、40°C 及 45°C 下淨光合作用、葉綠素螢光及離子滲漏率之表現

Cultivar	Temperature (°C)	Pn ($\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$)	Fv/Fm	Electrolyte leakage (%)
Kappa summer No.11	25	10.9az	0.9a	8.9 a
	40	11.2a	0.78b	9.0a
	45	9.3a	0.76c	10.8a
Cu-87	25	10.3a	0.9a	10.3 a
	40	11.8a	0.78b	11.8a
		12.3a	0.72c	13.0a

^z Lowercase letters indicate significant differences among temperature treatment at each variety by Fisher's least significant difference at $P < 0.05$

(四) 夏季設施栽培日變化調查

夏作設施栽培花胡瓜‘河童盛夏 11 號’及‘CU-87’植株 Pn 日變化呈單峰曲線，光合作用速率自 07:00AM 時即有明顯的上升，Pn 值到 7.3~9.8 μmol

CO₂·m⁻²·s⁻¹，8~12 時緩慢的上升，到 12:00AM 時達當日最高為 15.4~18.5 μmol CO₂·m⁻²·s⁻¹，而後隨著時間逐漸下降，葉片蒸散作用則與光合作用有類似的趨勢，而細胞間隙 CO₂ 濃度隨著氣孔導度及光度的下降逐漸上升，在 18:00PM 時兩品種花胡瓜細胞間隙 CO₂ 濃度皆有明顯的增加，此時氣孔已幾乎關閉 (圖 4)。

調查當日環境因子變化，06:00AM 設施內光度為 120 μmol·m⁻²·s⁻¹，已高於其光補償點，12 點時最高光度達 1354 μmol·m⁻²·s⁻¹，而後隨著時間而下降，在 08:00AM~14:00PM 期間設施光度皆高於其光飽和點。在溫度方面，夏季 06:00AM 設施內溫度已有 31.7°C，09:00AM 到 16:00PM 溫度變化並不明顯，界於 42~45°C，18:00PM 日落前溫度仍有 36.1°C。在相對溼度 (relative humidity, RH) 方面，06:00AM 之 RH 最高達 87.5%，故應即時利用空氣流通而降低 RH 以減少病害發生，RH 而後隨著時間降低，08:00AM 到 06:00PM 之 RH 維持在 50%~60%，而後隨著日照減少 RH 再次升高，下午 18:00PM 日落前可達 71.8%；在蒸氣壓差方面從 06:00AM~09:00AM 呈上升趨勢而後隨之下降，最高植株出現在 09:00AM，其值達 5.1 Kpa (圖 5)。就光合作用與環境因子數據進行相關分析，結果顯示葉片 Pn 和光度溫度、RH 和蒸氣壓差均具有相關性，又以光線相關係數較高，各環境因子除蒸氣壓差與溫度、相對濕度無顯著相關外，彼此之間亦存在相關性 (表 2)。

表 2. 花胡瓜光合作用影響參數之間相關性分析

	Pn	Light density	Air temperature	Relative humidity	VPD
Pn	1				
Light density	0.942***	1			
Air temperature	0.747***	0.803***	1		
Relative humidity	-0.766***	-0.813***	-0.905***	1	
VPD	0.586**	0.568**	0.279 ^{ns}	-0.284 ^{ns}	1

ns, **, *** means non-significant at p<0.05, significant at p<0.01 and 0.001

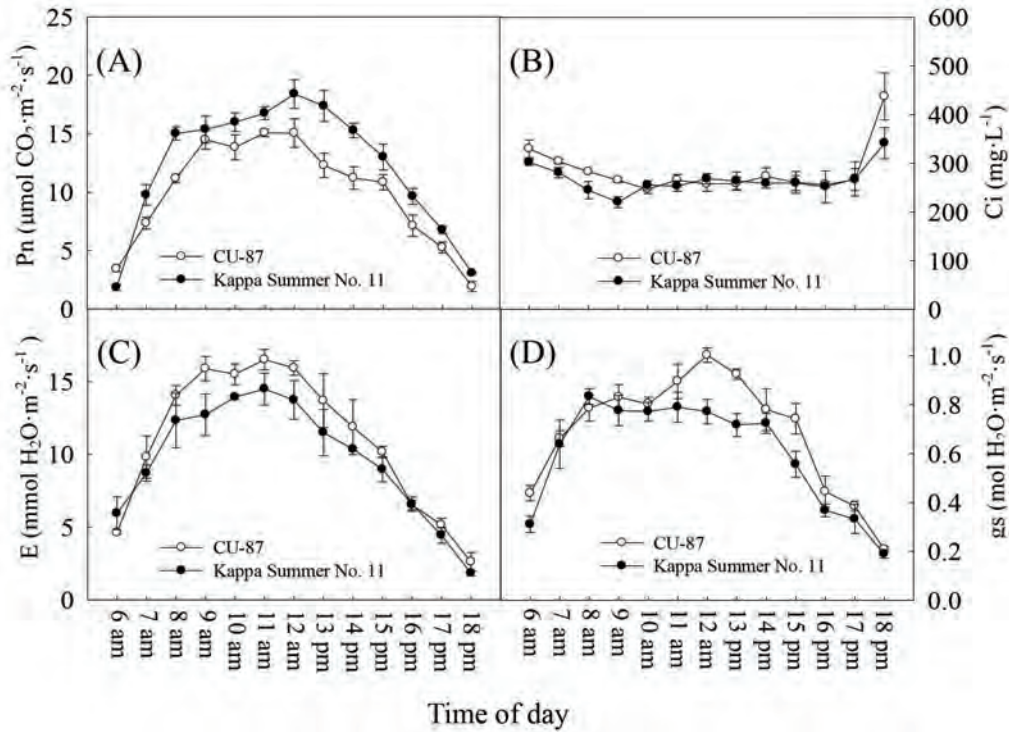


圖 4. 夏作花胡瓜淨光合作用 (A)、細胞間隙 CO_2 濃度 (B)、蒸散速率 (C) 及氣孔導度 (D) 之日變化。

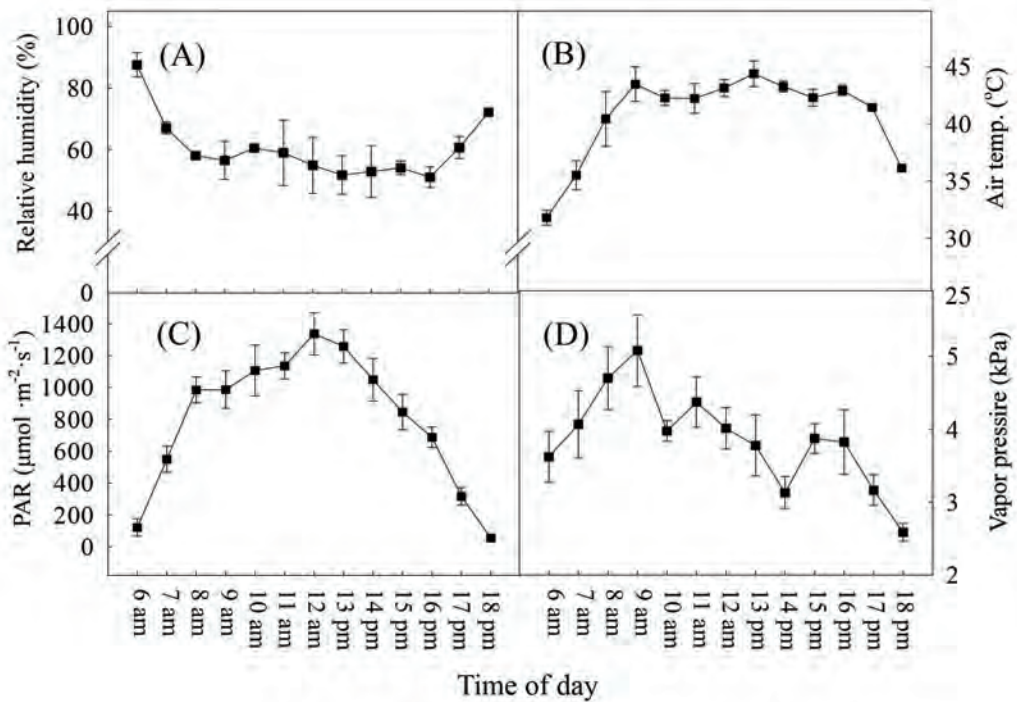


圖 5. 夏作花胡瓜栽培設施內相對溼度 (A)、溫度 (B)、光度 (C) 及蒸氣壓差 (D) 之日變化

二、設施用花胡瓜耐熱品種篩選

蒐集 16 個花胡瓜設施栽培品種，以 41°C 下種子發芽率、40°C 下花粉活性、54°C 下葉片離子滲漏率，同時調查其花性比率（公花、母花及兩性花）、果品、良果率及產量調查進行品種篩選。結果顯示種子發芽率、花粉活性和離子滲漏率和其實際田間產量與良果率表現均無顯著相關（數據未呈現），故不適用於早期耐熱篩選依據。

已知控制胡瓜性別表現的基因主要有三個，分別為 M/m 、 F/f 及 A/a ，F 基因可促進雌性表現，而 M 基因則決定是否為單性 (M) 或兩性 (mm)，例如全雌株的基因型為 M_FF ，而當 F 基因座為隱性同結合 (ff) 時，隱性同結合的 a 基因會促進公花形成。除了基因的調控外，GA、NAA 都可透過調節乙烯生合成進一步影響花性，而溫度、光照週期等環境因子也與胡瓜花性相關，短日照下會增加雌花比例，長日照會促進雄花形成，低溫傾向產生雌花 (Li *et al.*, 2009)。而設施栽培花胡瓜栽培上以全雌株品種 (Gynoecious) 且單偽結果性 (parthenocarpic ability) 佳較具商業價值。

本試驗，篩選出‘河童盛夏 11 號’及‘220’兩個雌花率較高、產量較大且良果率較高之品種，‘CU-87’雖雌花率高達 95%，但良果率不佳（表 4）。

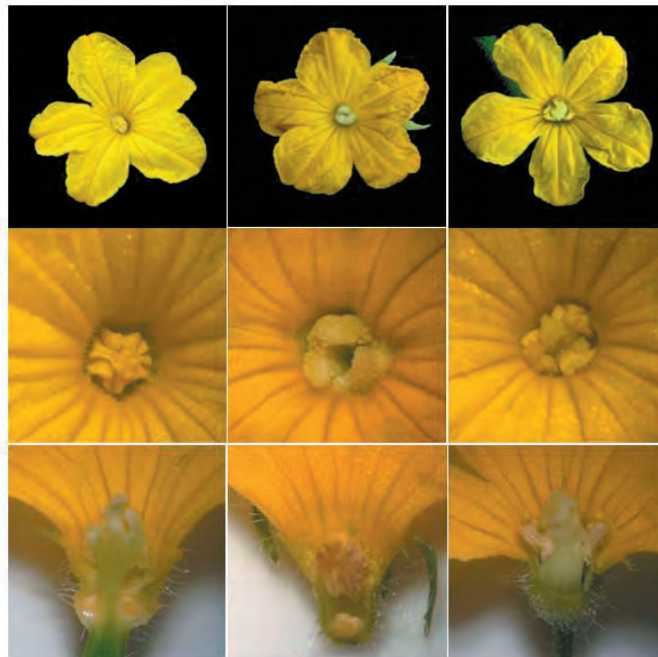


圖 6. 花胡瓜母花 (左)、公花 (中) 及兩性花 (右) 花朵外觀

表 3. 不同品種花胡瓜夏作花性與結果特性之調查

Cultivar	雌花數 ^y	雄花數	兩性花數	雌花率 (%)	公花率 (%)	兩性花率 (%)	單株產量 (kg)	良果重 (kg)	良果率 (%)	不良果率 (%)
河童盛夏 1 號	40.4ab	0.4h	1.0cde	96.65	0.96	2.39	1.28def	0.49	38.32	61.68
河童盛夏 3 號	25.2cd	12.0gh	0.0e	67.74	32.26	0	1.58bcde	0.94	59.82	40.18
河童盛夏 6 號	10.6ef	54.0b	7.0abcde	14.8	75.42	9.78	1.49bcdef	0.67	45.17	54.83
河童盛夏 7 號	12.6ef	40.8cd	5.0abcde	21.58	69.86	8.56	1.91bc	0.83	43.71	56.29
河童盛夏 11 號	33.6abc	23.3efg	4.0bcde	55.26	38.16	6.58	1.98b	1.2	60.65	39.35
文秀	5.8f	117.2a	6.0a	4.5	90.85	4.65	1.02f	0.36	35.76	64.24
秀秀	38.4Ab	6.0h	3.0cde	81.01	12.66	6.33	1.84bc	0.9	48.75	51.25
文燕	31.8abc	2.0h	2.0bcde	88.83	5.59	5.59	2.65a	1.5	56.71	43.29
翠姑	17.0e	30.3ef	2.0de	34.48	61.46	4.06	0.95f	0.64	66.98	46.41
CU87	29.2bcd	1.2g	0.0e	96.05	3.95	0	1.41cdef	0.38	27.03	72.97
CU127	10.8ef	32.4def	11.0ab	19.93	59.78	20.3	1.24ef	0.41	32.85	67.15
CU199	10.4ef	43.4bcd	9.0abcd	16.56	69.11	14.33	1.82bcd	1.07	58.62	41.38
CU74	8.8ef	39.6cde	7.0abc	15.88	71.48	12.64	1.65bcde	0.84	51.09	48.91
218	29.6cd	12.4gh	2.0de	67.27	28.18	4.55	1.93bc	0.93	47.95	52.05
220	49.4a	13.2gh	6.0abcd	72.01	19.24	8.75	2.04b	1.31	64.34	35.66
868	13.52ef	20.67fg	3.0bcde	36.35	55.58	8.07	1.52bcdef	0.76	49.64	50.36

^z Means separation within columns by Fisher' s LSD test at P<0.05.

^y 花朵及產量調查節位為主幹第 5~30 節.

Experimented date: 2016/06/28~2016/08/

(一) 授粉蜜蜂應用

初步試驗結果顯示以種植授粉株配合蜜蜂授粉與對照相比可提高單株產量 1.4 倍，良果率亦提升約 1.5 倍，而直接放置蜜蜂授粉處理雖在產量上無顯著差異，但在良果率亦從 47.7% 提高至 62.2%(表 4)。

目前設施用花胡瓜皆為單偽結果品種，影響單性結果的主要因素為生長素 (Auxin)、激勃素 (GA) 和離層素 (ABA) 等植物賀爾蒙之間濃度的平衡，溫度、光照等環境因子亦透過影響其合成而間接影響單偽結果；高溫下單偽結果力降低，於溫室內利用蜜蜂授粉可將活性低甚至沒活性的花粉帶到柱頭上或因震動到雌花，產生生長素類之賀爾蒙誘發偽結果。

表 4. 設施花胡瓜蜜蜂授粉之良果率及產量表現

Treatment	Percentage of marketable fruit (%)	Yield (kg/plant)
Kappa No.11	47.7 b ^z	1.89 b
Bee pollination	62.2 a	1.97 b
Bee with pollinated plant	67.9 a	3.01a

^z Mean separation of the same cultivar/line within different temperature treatment by Fisher's LSD test at $P \leq 0.05$. Experimented date : 2016/8/8~2016/9/26

(二) 嫁接苗應用

以花胡瓜‘河童盛夏 11 號’及‘CU-87’為接穗，絲瓜‘牽手’、‘雙依’及南瓜‘白皮黑子’、‘永康’及‘壯士’為根砧進行嫁接親和性之調查，結果以南瓜‘壯士’作為根砧親和性與嫁接苗品質較佳。其嫁接苗於定植後苗期立枯病罹病率分別由 37.04% 及 32.24% 降低至 0%。

調查植株光合作用相關生育、果品、生理及植體營養表現，結果顯示嫁接可顯著促進植株生長，定植後植株在株高、地上部鮮重、地上部乾重表現都較佳，水分含量則無顯著差異(表 5、表 6、圖 7)。在植體營養元素方面，巨量元素除了 Ca 在嫁接苗有顯著增加外，其餘則無顯著差異或參試兩品種結果不一致；而微量元素除了 Mn 之外，均有顯著增加(表 7、8)，顯示嫁接對於植株營養元

素的吸收有一定的效果。在良果率和產量亦有顯著增加 (表 9)，但果實性狀、果品則無影響 (表 10)。

在光合作用方面，嫁接雖未提升其植株光合作用效率，但增加蒸散速率及氣孔導度 (圖 30)，這可能與嫁接苗元素如 K^+ 吸收較佳，始其氣孔開張，進而水分的吸收和在植體的運輸較佳，故在設施栽培下嫁接苗植株生育較佳，且較無午間萎凋現象 (圖 8)。

表 5. 花胡瓜自根及嫁接植株定植後 30 天植體生育比較

Cultivar	Treatment	Plant height(cm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Water content (%)
Kappa No.11	CK	75.4	60.8	4.9	91.9
	Grafted	110.2	115.8	10.9	90.6
	T-test	***z	***	***	***
CU-87	CK	72.4	61.6	5.2	91.8
	Grafted	132.1	119.5	11.1	90.6
	T-test	***	***	***	ns

^z ns, *** Non-significant or significant at $P < 0.05$ and 0.001 , respectively.

表 6. 花胡瓜自根及嫁接植株定植後 60 天植體生育比較

Cultivar	Treatment	Plant height(cm)	Shoot fresh weight (g)	Shoot dry weight (g)	Water content (%)
Kappa No.11	CK	255.7	384.9	50.2	86.9
	Grafted	274.8	466.1	59.8	87.1
	T-test	*z	***	**	ns
CU-87	CK	256.3	328.2	44.4	89.7
	Grafted	258.1	450.4	46.7	86.4
	T-test	ns	***	*	ns

^z ns, *** Non-significant or significant at $P < 0.05$ and 0.001 , respectively.

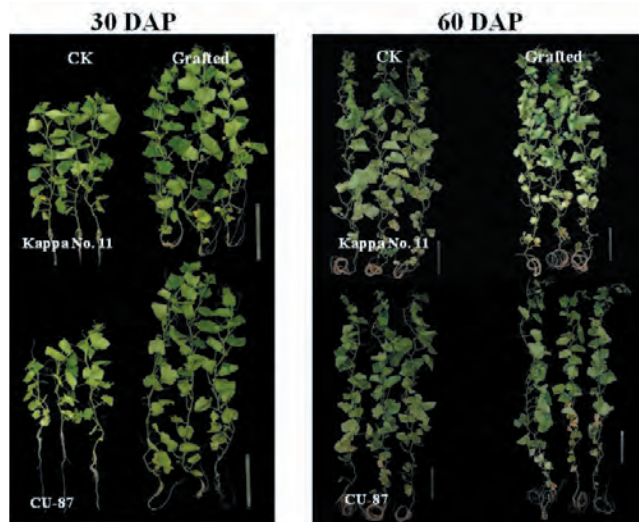


圖 7. 花胡瓜自根及嫁接苗定植後 30 及 60 天植株外觀

表 7. 花胡瓜自根及嫁接植株定植後 60 天植體巨量元素濃度比較

Cultivar	Treatment	N (g · kg ⁻¹)	P (g · kg ⁻¹)	K (g · kg ⁻¹)	Na (g · kg ⁻¹)	Ca (g · kg ⁻¹)	Mg (g · kg ⁻¹)
Kappa No.11	CK	4.6	2.6	4.3	2.2	2.0	1.3
	Grafted	4.9	3.1	4.8	2.0	3.2	1.7
	<i>T</i> -test	ns ^z	ns	ns	ns	***	**
CU-87	CK	4.3	2.5	4.3	2.7	2.2	1.2
	Grafted	3.9	2.5	5.2	2.4	2.7	1.3
	<i>T</i> -test	ns	ns	*	ns	*	ns

^z ns, *, **, *** Non-significant or significant at P < 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

表 8. 花胡瓜自根及嫁接植株定植後 60 天植體微量元素濃度比較

Cultivar	Treatment	Cu (mg · kg ⁻¹)	Mn (mg · kg ⁻¹)	Zn (mg · kg ⁻¹)	Fe (mg · kg ⁻¹)
Kappa No.11	CK	6.6	28.1	81.3	93.3
	Grafted	8.2	24.5	92.3	118.6
	<i>T</i> -test	***	ns	*	**
CU-87	CK	5.4	28.2	91.4	111.8
	Grafted	8.8	29.9	144.9	164.4
	<i>T</i> -test	***	ns	***	***

^z ns, *, **, *** Non-significant or significant at P < 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.



圖 8. 夏季設施栽培嫁接苗花胡瓜植株生育較佳，且相較於自根苗較無午間萎凋現象

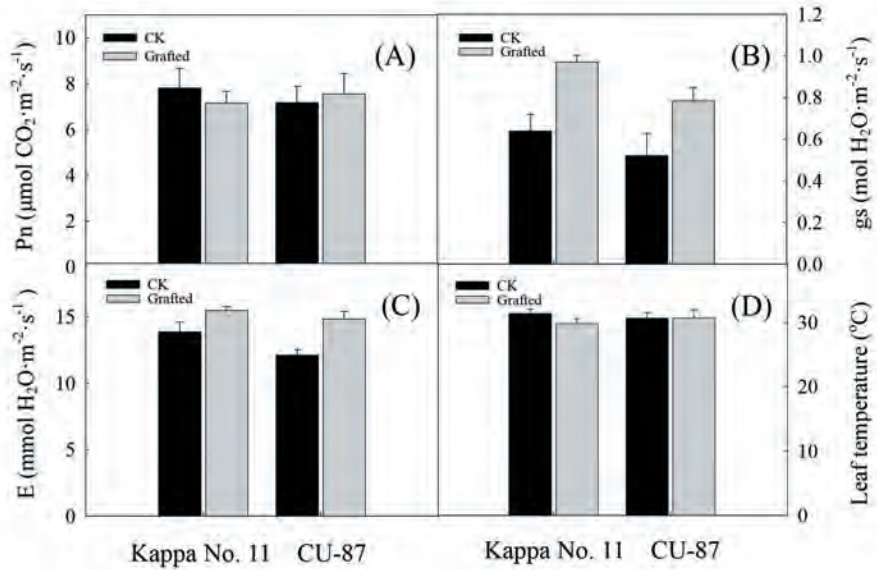


圖 9. 設施花胡瓜自根及嫁接植株定植後 60 天淨光合作用 (A)、氣孔導度 (B)、蒸散速率 (C) 及葉片溫度 (D) 之表現。

表 9. 花胡瓜自根及嫁接苗良果率與產量比較

Cultivar	Treatment	Marketable fruit weight (kg/plant)	Non-marketable fruit weight (kg/plant)	Marketable fruit number rate (%)	Total yield (kg/plant)
Kappa No. 11	CK	1.23	0.62	49.7	1.85
	Grafted	1.51	0.63.	75.4	2.14
	<i>T</i> -test	** ^z	ns	***	*
CU87	CK	0.45	1.11	35.5	1.56
	Grafted	0.82	1.51	39.1	2.33
	<i>T</i> -test	***	**	ns	**

^z ns, *, **, *** Non-significant or significant at P < 0.05, 0.01, and 0.001, respectively.

表 10. 花胡瓜自根及嫁接苗果品比較

Cultivar	Treatment	Fruit length (cm)	Fruit diameter (mm)	Fresh weight (g)	Water content (%)	Soluble solids(°Brix)
Kappa No. 11	CK	21.10	25.33	76.55	95.93	4.30
	Grafted	19.31	25.25	70.62	95.59	4.27
	<i>T</i> -test	ns ^z	ns	ns	ns	ns
CU87	CK	21.03	25.77	77.18	96.33	4.71
	Grafted	19.51	22.76	76.92	94.78	4.20
	<i>T</i> -test	ns	ns	ns	ns	ns

^z ns Non-significant or significant at P < 0.05.

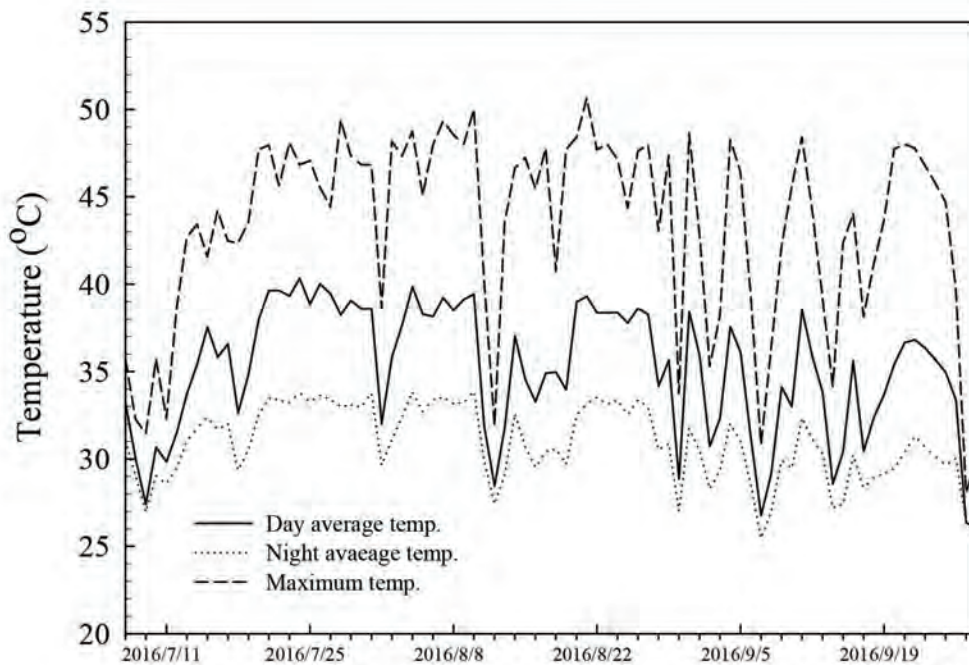


圖 10. 試驗期間設施內溫度變化

參考文獻

1. 許涵鈞、鍾瑞永 2012 荷蘭溫室人工光源溫室概況 臺南區農業專專訊 85:14-17。
2. 劉敏莉 2010 夏季高溫對胡瓜生產之影響 高雄區農業專訊 72:26-27。
3. Agüera, E., D. Ruano, P. Cabello, and P. Haba. 2006. Impact of atmospheric CO₂ on growth, photosynthesis and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants. *J. Plant Physiol.* 163:809-817.
4. Aizen, M.A., L.A. Garibaldi, and S.A. Cunningham. 2008. Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Curr. Biol.* 18:1572-1575.
5. Brazaityte, A., P. Duchovskis, A. Urbonaviciute, G. Samuoliene, J. Jankauskiene, B. Kasiuleviciute, Z. Bliznikas, A. Novickovas, K. Breive, and A. Zukauskas. 2009. The effect of light-emitting diodes lighting on cucumber transplants and after-effect on yield. *Zemdirb-Agric.* 96:102-118.

6. Ding, X., Y. Jiang, T. Hao, H. Jin, H. Zhang, L. He, Q. Zhou, D. Huang, D. Hui, and J. Yu. 2016. Effects of Heat Shock on Photosynthetic Properties, Antioxidant Enzyme Activity, and Downy Mildew of Cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Academic J.* 11:1-15.
7. Flore, J. A. and A. N. Lasko 1989. Environmental and physiological regulation of photosynthesis in fruit crops. *Hort. Rev.* 11:111-157.
8. Hayo, H.W.V and V. D. Adriaan. 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination.
9. Jin, C.W., S. Du, Y. Wang, J. Codon, X.Y. Lin, and Y.S. Zhang. 2009. Carbon dioxide enrichment by composting in greenhouses and its effect on vegetable production. *J. Plant Nutri. Soil Sci.* 127:418-424.
10. Leiv, M.M. 1987. Review: CO₂ enrichment in greenhouses. Crop responses. *Sci. Hort.* 33:1-25.
11. Li, Z., Huang, S. W., Liu, S. Q., Pan, J. S., Zhang, Z. H., Tao, Q. Y., Shi, Q. X., Jia, Z. Q., Zhang, W. W., Chen, H. M., Si, L. T., Zhu, L. H. & Cai, R. (2009). Molecular Isolation of the M Gene Suggests That a Conserved-Residue Conversion Induces the Formation of Bisexual Flowers in Cucumber Plants. *Genetics* 182(4): 1381-1385.
12. Murray, M.B., R.I. Smith, A. Friend, and P.G. Jarvis. 2000. Effect of elevated CO₂ and varying nutrient application rates on physiology and biomass accumulation of Sitka spruce (*Picea sitchensis*). *Tree Physiol.* 20:421-434.
13. Nash, S. M., and Synder, W. C. 1962. Quantitative estimations by plate counts of propagules of the bean root for Fusarium in field soil. *Phytopathology* 52:567-572
14. Prior, S.A., G.B. Runion, R.J. Mitchell., H.H. Rogers, and J.S. Amthor. 1997. Effects of atmospheric CO₂ on longleaf pine: productivity and allocation as influenced by nitrogen and water. *Tree Physiol.* 17:397-405.
15. Sheu, B.H. and C.K. Lin. 1999. Photosynthetic response of seedlings of the sub-tropical tree *Schima superba* with exposure to elevated carbon dioxide and temperature. *Environ. Exp. Bot.* 41:57-65.

16. Shrestha, J.B. 2008. Honeybees: The pollination sustaining crop diversity. *J. Agr. Environ.* 9:90-92.
17. Wahid, A., S. Gelani, M. Ashraf, and M.R. Foolad. 2007. Heat tolerance in plants: An review. *Environ. Expt. Bot.* 61:199-223.
18. Yeh, D.M. and P.Y. Hsu. 2004. Heat tolerance in English ivy as measured by an electrolyte leakage technique. *J. Hort. Sci. Biotechnol.* 79:298-302.
19. Yuan, Y., S. Shu, S. Li, L. He, H. Li, N. Du, J. Sun and S. Guo. 2014. Effects of exogenous putrescine on chlorophyll fluorescence imaging and heat dissipation capacity in cucumber (*Cucumis sativus* L.) under salt stress. *J. Plant Growth Regul.* 33:798-808.

Improving Vegetable Productive Efficiency under Protected House~Taking Cucumber as an Example

Wei-Ling Chen, Chang-Sheng Chien, Pei-Rung, Jhuang

Associate researcher, assistant researcher, and research assistant, Taichung-DARES

chenwl@tdais.gov.tw

Abstract

Taking cucumber as experimental crop, the object of this study was establishing a cultivation model integrated with cultivar selection, plant physiology, bee pollination as well as grafting then improving the productive efficiency and quality under protected house. The results of our study showed that light compensation point, light saturation point and maximum net photosynthetic rates (Pn) of cucumber were 15~30 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, 1,000~1,200 $\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, and 12~13 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, respectively. The CO_2 saturation point was 1,000~1,200 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ while the Pn was double higher than those under 400 $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$. The Pn of plants grown under 25~40°C were not different significantly but decreasing about 20% under 45°C. The Pn diurnal changes of plants cultivated under protected house during summer cropping started elevated at 6:00AM and reached the peak valued 18.4 $\mu\text{mol CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ at 12:00AM. Meanwhile, the environmental factors are 1,300 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ light intensity, 40°C, 54.9% relative humidity, and 5.1 kPa vapor pressure deficit. After then the Pn significantly decreased. Besides, two cultivars 'Kappa No. 11' and '220' were selected for summer cultivation. Pollination with bee and pollinated plant under protected house can increase its yield and qualified fruit percentage for 1.4 and 1.5 times approximately. Furthermore, grafted plants using pumpkin as rootstock significantly reduced their Phytophthora rot infected rates and promote plant growth. Cucumber 'Kappa Summer No. 11' and 'CU-87' grafted with rootstock pumpkin 'Yukon' had good compatibility. Compared with self-rooted seedling, the incidence rates of damping-off disease at seedling stage were declined from 37.1% and 32.2% to 0% both, respectively. Grafted plants had better plant height, shoot fresh weight, shoot dry weight, nutritional element K, Ca, Mg, Cu, Zn, and F content. It showed that grafting had certain effect on plant growth and nutrition uptake. The grafted treatment also had 15.6% and 49.3% increasing in productive yield, meanwhile

25.7% and 3.6% increasing in marketable fruit percentage. However, it did not had significant different in fruit traits. Besides, grafting did not enhance plant's photosynthetic efficiency but increase transpiration rate and stomatal conductance that promoting water and nutritional uptake and transportation.

Key words: Environment under protected house, cucumber, photosynthesis, grafting, bee pollination, yield

設施蔬菜栽培介質重複利用之研究

錢昌聖、高德錚

行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員、研究員兼副場長

chiencs@tdais.gov.tw

摘要

本研究為探討設施瓜果類蔬菜使用後介質再利用之可行性。收集使用後介質經肥力分析結果顯示多數農戶介質 EC 值超過 $2.0 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$ ，易造成作物生長不良，亦為介質無法連續栽種之主要原因。其中又以 K、Na、Ca、Mg 等陽離子鹽類累積最為常見。酸液處理能有效降低介質 Ca、Mg、Fe、Cu、Mn、Zn 等元素含量，惟處理後介質易酸化，恐不利於耕種。100°C 熱水澆灌可有效降低介質 EC 值及巨微量元素含量，另對於小黃瓜萎凋病病原 *Fusarium oxysporum* 亦有防治之效果，可作為介質消毒與再利用之處理方法。然而酸液與熱水處理雖具有淋溶作用，但淋洗過程中排液並未回收，有造成地下水汙染之虞。因此，介質重複再利用，其關鍵技術仍需配合建立合理化施肥與介質保養觀念，以避免連作障礙之發生。

關鍵字：介質、連作障礙、酸液處理、熱水、萎凋病、鹽分累積

前言

臺灣利用介質耕栽培面積約 200 公頃，主要集中在中部地區，如臺中后里、彰化埔鹽、埤頭、南投埔里、草屯、仁愛、信義等地區，設施介質栽培之目的在於減少設施內土耕栽培之連作障礙及其延伸問題，如土壤傳播病害青枯病 (Bacterial wilt)、萎凋病 (Fusarium wilt)、鹽分累積造成 EC 值過高等問題。然而，在臺灣栽培介質多採用進口的泥炭苔或椰纖，其成本昂貴，又因農民長期連續耕作，易產生作物生長不良之情形，必須更新栽培介質而增加成本支出，因此，若栽培後介質能夠施予適當的處理重複利用，將可提升介質利用率增加產業生產效率。

中部地區設施栽培之現況分析

一、設施栽培生產體系

爲了解中部地區設施介質栽培基礎資料，筆者於 104 年設計問卷，訪談 39 位農戶。問卷調查結果顯示，設施類型爲力霸式占 50%、捲揚式塑膠布溫室與簡易塑膠布溫室各占 25%。栽培制度除南投縣信義鄉多數農戶全年栽種彩色甜椒外，其餘農戶慣於秋、冬季栽種小果番茄，翌年夏季再栽種花胡瓜、東方甜瓜或耐熱番茄品種。栽培容器部分，平面式槽植耕占 77%、籃植耕占 18%、盆植耕占 5%。介質以泥炭土爲多占 50%，其次爲椰纖占 25%，本土介質與其他介質各占 12.5%。灌溉模式均爲滴灌，給水以營養液爲主，約 53% 農戶於肥灌後會額外補充清水。清園後 80% 農戶會進行介質消毒處理，施用有益微生物製劑者占 6 成，熱水淋洗與化學藥劑處理者占 4 成，處理後亦配合施用有益微生物製劑。介質使用年限方面，使用 10 年以上者占 21%，以信義地區爲主；使用 7~9 年者占 8%、使用 4~6 年者占 23%、使用年限未滿 4 年者占 48%，顯示約半數農戶介質栽培多年以後無法重複使用。

二、使用後介質肥力分析

收集 39 位農戶使用後之介質，並進行介質營養成分分析。其分析結果顯示，酸鹼值 (pH) 介於 4.2~8.1，呈現弱酸至中性。電導度 (EC) 介於 0.75~6.77 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ ，約有半數農戶 EC 值超過 2.0 $\text{dS} \cdot \text{m}^{-1}$ ，有鹽害之情形。巨量元素方面，約 4 成農戶栽培介質之 N 與 P 有低於建議肥力值 10 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 之情形。K、Na、Ca、Mg 等陽離子，則有 7 成以上農戶超出建議肥力值 2~26 倍不等 (表 1)。微量元素方面，6 成農戶 Mn 有超出建議肥力值 2~60 倍不等、9 成農戶 B 有超出建議肥力值 2~10 倍不等，Fe、Zn 與 Cu 則符合建議肥力值 (表 1)。綜合上述結果得知，使用後介質無法連續栽種主要原因多數爲 EC 值過高，K、Na、Ca、Mg 等陽離子含量過多，有鹽類累積之現象，易造成作物生長不良。

酸液處理對介質重複利用之影響

在土壤重金屬污染方面常採用酸洗法改善土壤，酸洗法係以稀釋之酸溶液，如鹽酸、檸檬酸、磷酸、醋酸等作爲受重金屬污染土壤之萃取劑，當酸性萃取劑淋洗受污染土壤時，使其與土壤中之重金屬發生作用，並將重金屬於酸液中溶出，達到分離土壤中重金屬之化學處理技術。然而土壤經酸洗法處理後，其 pH 值會降至 2-3，土壤有效養

分會降低，必須經處理使其可以繼續耕作。在彰化埤頭鄉則有農戶將使用後介質以稀釋 1000 倍之冰醋酸溶液淋洗。為了解酸液是否能改善使用後介質之連作障礙，試驗以南投草屯洪姓農戶連續栽種 3 年小果番茄及花胡瓜之介質作為材料，嘗試利用 80% 之乳酸 ($C_3H_6O_3$)、正磷酸 (H_3PO_4)、檸檬酸 ($C_6H_8O_7$) 與冰醋酸 (CH_3COOH) 等酸液與使用後介質以體積比 1 : 1 方式浸洗 24 小時後分析萃取液之 pH、EC 與基本肥力等項目。

使用後之介質經酸液處理後，pH 值與 EC 值均明顯降低，其 pH 值會降低至 0.8~2.4，EC 值則降低至 7.6~12.1 $dS \cdot m^{-1}$ ，僅正磷酸處理，EC 會顯著增加，其 EC 值為 197.3 $dS \cdot m^{-1}$ 。萃取液分析方面，巨量元素之 NO_3-N 、P 與 K 含量較不受酸液處理影響，僅正磷酸處理，介質浸洗後 P 含量會明顯增加至 20% (20,000 $mg \cdot kg^{-1}$)。巨量元素 Na、Ca、Mg 與微量元素 Fe、Cu、Mn、Zn 等含量經酸液處理後會明顯增加數倍，僅正磷酸處理，其 Ca 含量較對照組少 (表 2)。綜合上述結果顯示，酸液處理能促進使用後介質之陽離子如 Na、Ca、Mg 與微量元素 Fe、Cu、Mn、Zn 等元素淋溶洗出，僅 B 含量不受酸液處理影響，另正磷酸處理會造成介質 EC 值明顯提升，恐不適用於介質淋洗處理。

為改善酸液處理造成介質酸化與 EC 偏高的情況，試驗另以去離子水進行漂洗 ($v : v = 1 : 1$)，結果顯示介質經 80% 檸檬酸浸洗 4 小時後再以去離子水漂洗 5~10 次，能有效降低介質之電導度 (EC)，可從 5.64 降低至 0.97 $dS \cdot m^{-1}$ ，而酸鹼值 (pH) 則未隨漂洗次數增加而改變，其 pH 值介於 2.46~2.76 (表 3)。此外，漂洗處理亦可將檸檬酸淋溶出之巨量元素如 P、K、Na、Ca、Mg 等及微量元素之 Fe、Cu、Zn、Mn 等元素洗出，僅 B 含量不受檸檬酸與漂洗處理影響 (表 3)。介質營養成分分析結果與萃取液分析反應一致，介質經檸檬酸處理後搭配漂洗可將介質中過多的巨量元素與微量元素淋溶洗出，減少介質鹽分累積，其中又以 P、K、Na、Ca、Mg、Fe、Cu、Zn、Mn 等元素較為顯著 (表 4)，證明酸液能改善介質鹽分累積情況，惟酸液處理後之介質 pH 值仍屬於酸性，未來可從酸液處理時間與濃度進行修正，可望達到推廣農民應用的目的。

熱水處理對介質重複利用之影響

在南投縣草屯鎮與信義鄉之農戶習慣於清園時澆灌熱水作為消毒處理，且部分農戶擁有自行組裝之熱水供應器 (圖 1)，可隨時進行熱水消毒作業。依據農戶說法介質以熱水澆灌並配合施用有益微生物製劑，可減少幼苗移植之罹病率，如疫病 (*Phytophthora*

rot) 與苗立枯病 (Damping off) 等。為了解熱水處理對使用後介質之影響，本試驗將熱水消毒後介質進行營養成分分析、萎凋病 (*Fusarium oxysporum*) 篩選培養基畫菌觀察與花胡瓜栽種等試驗。

取連續栽培花胡瓜之介質為材料，由介質分析數據來看，花胡瓜經 4 年長期連作，其 EC 達 2.31~2.98 dS · m⁻¹，在巨量元素 K、Ca、Mg、Na 及微量元素 Mn、Zn 及 B 均有超出建議肥力值 2~7 倍不等之情形 (表 5)，以 100°C 熱水澆灌後能顯著降低其含量，達到淋溶作用，但 K 元素仍較高，推測農民慣用 K 去提升果實甜度及品質，經長時間栽種下來其累積含量已過高，故仍需從合理化施肥與建立良好灌溉模式去改善。

熱水之處理之介質萃取液經由萎凋病篩選培養基畫菌觀察，有熱水處理的部分幾乎沒有生長菌落，僅一個培養皿長出一個菌落。換算成菌落數低於 1000 cfu。未處理熱水之對照組平均菌落數為 192,500 cfu (圖 2)。顯示熱水處理其對花胡瓜萎凋病病原 *Fusarium oxysporum* 有防治之效果。

熱水消毒後之介質，以塑膠長盆 (長 × 寬 × 高 = 45cm × 18cm × 12cm) 栽種夏季耐熱花胡瓜 '220'，於定植 2 個月後記錄植株高度、植株鮮重、節數、存活率、產量與良果率等。試驗結果顯示熱水處理之介質栽種花胡瓜，其植株高度、鮮重、節數、產量與良果率均低於對照組，尤其是植株高度較未消毒處理少約 30cm (圖 3)。熱水處理植株生長較為緩慢的原因推測為熱水淋洗後介質營養成分不足所致，此結果與介質成分分析一致 (表 5)。因此，介質經熱水消毒處理後需配合施用有機肥或有益微生物製劑等基礎肥料作為介質可耕性回復方式。

結語

設施介質栽培因生產成本較一般慣行栽培高，因此耕作模式慣於密集栽種經濟價值較高之瓜果類作物，如番茄、彩椒、花胡瓜與洋香瓜等。這類作物因栽培期長，且生長過程中伴隨營養生長與生殖生長，使得營養管理更顯困難。一般農民在缺乏合理化施肥與介質保養的觀念下，常施用過量肥料導致介質累積過多陽離子，如 K、Na、Ca、Mg 等，造成後續作物生長不良、介質無法重複使用等壞處。酸液與熱水澆灌處理雖具有洗鹽效果，但淋洗過程中排液並未集中處理，亦有造成地下水污染之虞。另酸液處理之介質 pH 值仍屬於酸性，未來需從酸液處理之時間與濃度進行修正，方可推廣應用。因此，

介質如何重複再利用，其關鍵技術仍在於建立合理化施肥與介質保養觀念，以避免介質產生鹽累積之連作障礙。

參考文獻

1. 王敏昭、張簡水紋、邱明浩 2008 灌溉水質對農地重金屬污染及水稻重金屬含量之影響。2008 年自然資源保育暨應用學術研討會－論文集 p.95-103。
2. 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。上海農業學報 16 (4):87-92。
3. 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。
4. 許超、夏北城、林穎 2009 檸檬酸對中低污染土壤中重金屬的淋洗動力學。生態環境學報 18 (2):507-510。
5. 黃振文、石信德、蕭芳蘭 1996 抑菌介質的調配與應用。健康清潔植物培育研習會專刊 p.149-153。
6. 賴鴻裕、蘇紹璋、林淳純、陳尊賢 2007 酸洗法處理後重金屬污染土壤地力回復之研究。科技學刊 第 16 卷 科技類 第 1 期 p.39-46。
7. 戴振洋 蔡宜峯 2008 不同養液肥料對介質栽培東方甜瓜之影響。台中區農業改良場研究彙報 99:61-72。
8. 戴振洋 2009 設施番茄介質耕栽培技術。台中區農業技術專刊。179:1-14。
9. 戴振洋 2014 設施介質耕生產高品質東方甜瓜。農友月刊 65 卷 790 期 p.26-30。
10. 戴振洋、蔡宜、蔡正宏 2012 甜瓜有機養液栽培技術。有機農業研究團隊研發成果研討會 p.129-138。
11. Impron, I., S. Hemming and G.P.A. Bot. 2008. Effect of cover properties, ventilation, and crop leaf area on tropical greenhouse climate. Biosystems Engineering 99: 553-564.
12. Juld, R. 1982. Bag culture Amer. Veg. Grower. 30: 40-42.
13. Luo, W.,C., Stanghellini, J, Dai, X. Wang, H.F. de Zwart and C. Bu.2005. Simulation of greenhouse management in the subtropics, part II: scenario study for the summer season. Biosystems Engineering 90: 433-441.

14. Nichols, M. and B. Christie. 2008. Innovative Plant Factories. Paracyclic Hydroponics & Greenhouse. March/April: 44-46.
15. Trillas, M. I., E. Casanova., L. Cotxarrera., J. Ordovas., C. Borrero and M. Aviles. 2006. Composts from agricultural waste and the *Trichoderma asperellum* strain T-34 suppress *Rhizoctonia solani* in cucumber seedlings. *Biol. Control* 39: 32-38.



圖 1. 一般常見農友組裝之熱水供應器

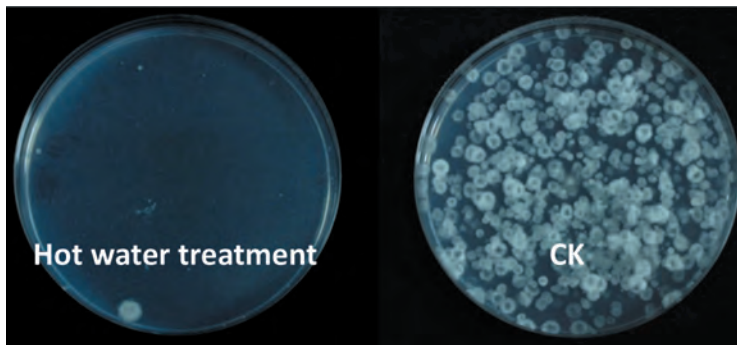


圖 2. 熱水處理之介質萃取液於 PCNB 選擇性培養基 *Fusarium* spp. 培養情形

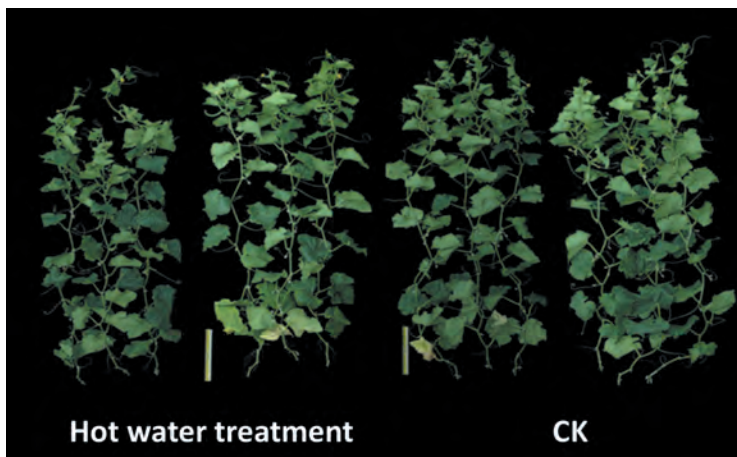


圖 3. 使用後介質經熱水處理後種植花胡瓜 '220' 其植株生育表現

表 1. 中部地區設施介質栽培使用後介質之萃取液成分分析

Farmer	pH	EC (dS · m ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · kg ⁻¹)	P (mg · kg ⁻¹)	K (mg · kg ⁻¹)	Ca (mg · kg ⁻¹)	Mg (mg · kg ⁻¹)	Na (mg · kg ⁻¹)	Fe (mg · kg ⁻¹)	Mn (mg · kg ⁻¹)	Zn (mg · kg ⁻¹)	Cu (mg · kg ⁻¹)	B (mg · kg ⁻¹)
黃○○	6.75	3.26	78.47	22.58	233.39	318.75	186.94	84.26	0.12	0.35	0.01	0.03	3.47
葉○○	7.60	2.76	75.45	7.02	290.76	253.58	93.36	75.87	0.26	0.06	0.02	0.06	2.17
施○○	7.38	3.33	28.05	9.38	172.77	261.73	150.53	226.99	0.01	0.10	0.07	0	2.28
楊○○	7.61	1.15	3.02	6.62	54.68	131.20	29.04	29.24	0.12	0.02	0	0	0.37
陳○○	7.76	2.12	1.77	4.99	113.74	261.28	51.02	56.86	0.22	0.20	0	0.23	0.72
林○○	8.05	1.75	2.04	7.41	27.57	225.67	61.86	91.24	0.45	1.12	0	0	4.31
昌○○	7.41	0.95	32.13	13.83	36.90	134.14	34.78	49.16	0.52	0.07	0.01	0	1.60
林○○	6.11	3.69	3.46	8.15	218.90	464.57	95.38	71.15	1.28	2.01	0.18	1.11	2.58
孫○○	8.06	0.75	2.53	5.63	7.51	97.10	22.81	25.57	0.71	0.41	0	0.01	0.51
邱○○	7.87	2.02	2.68	4.69	92.87	224.02	93.92	60.37	0.22	0.61	0	0	0.97
許○○	7.20	1.7	30.61	9.24	156.99	150.69	52.10	24.34	0.60	0.05	0	0	1.02
林○○	7.80	1.17	3.31	9.85	51.55	125.01	31.40	40.08	1.78	0.37	0.01	0.04	1.61
邱○○	6.54	3.07	133.75	8.44	228.53	276.81	151.52	58.76	0.92	0.98	0.03	0	0.98
許○○	7.23	1.65	30.96	29.35	225.47	79.68	20.26	87.51	0.41	0.22	0.02	0	0.56
吳○○	6.39	2.03	17.63	38.3	106.30	265.35	75.44	36.93	0.05	0.73	0.01	0	1.27
吳○○	7.76	3.57	35.64	8.06	119.36	362.65	190.94	196.25	0.65	0.07	0.01	0.01	4.47
林○○	6.71	1.84	35.88	16.03	78.23	277.72	39.87	25.85	0.11	0.04	0	0.04	2.75
林○○	5.69	2.01	91.08	48.41	93.97	283.30	69.14	39.18	0.38	0.14	0.12	0.01	1.62
呂○○	7.21	0.75	39.25	7.43	64.71	75.83	13.93	13.86	0.14	0.04	0	0	0.53
陳○○	7.63	0.90	34.48	16.92	68.91	38.98	14.88	30.63	0.53	0.05	0	0.11	0.84
陳○○	6.22	0.90	27.76	29.98	58.23	75.64	16.81	23.03	0.12	0.15	0.24	0.09	1.42
肥力參考值	5.5-7.5	0.5-1.2	10-50	10-50	10-50	10-50	10-30	10-30	0.1-5.0	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.5

表 1. 中部地區設施介質栽培使用後介質之萃取液成分分析 (續)

Farmer	pH	EC (dS · m ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · kg ⁻¹)	P (mg · kg ⁻¹)	K (mg · kg ⁻¹)	Ca (mg · kg ⁻¹)	Mg (mg · kg ⁻¹)	Na (mg · kg ⁻¹)	Fe (mg · kg ⁻¹)	Mn (mg · kg ⁻¹)	Zn (mg · kg ⁻¹)	Cu (mg · kg ⁻¹)	B (mg · kg ⁻¹)
劉○○	6.61	1.33	4.83	25.38	169.96	34.15	4.35	63.40	0.03	0.06	0.01	0	0.60
陳○○	6.54	1.17	20.49	22.32	80.48	101.25	28.55	32.56	0.41	0.03	0.09	0.39	2.98
劉○○	6.58	1.08	10.98	105.15	44.49	81.46	51.67	22.16	0.12	0.65	0.12	0.04	0.65
林○○	7.82	2.34	2.85	10.71	236.14	149.53	44.59	80.07	0.03	0.55	0	0.35	1.19
洪○○	5.19	2.36	42.43	63.99	70.04	215.57	98.53	71.88	0.51	0.48	0.08	0.17	0.82
洪○○	6.28	2.93	4.93	14.64	211.57	349.52	98.60	71.97	0.09	0.05	0.03	0.13	1.08
洪○○	6.71	2.05	2.95	11.12	194.54	183.08	27.22	40.54	0.73	0.21	0.15	0.23	0.74
洪○○	7.05	2.66	3.01	5.40	227.77	262.94	46.25	64.92	0.43	1.28	0.10	0.01	1.00
林○○	4.29	3.37	41.25	114.92	92.70	380.30	110.68	61.49	0.47	3.07	0.37	0.13	0.90
林○○	7.31	1.56	4.42	21.16	86.18	160.21	32.32	37.06	0.54	1.09	0.03	0.79	1.53
郭○○	7.12	6.77	2.86	5.54	951.57	545.28	69.81	93.35	0.04	0.04	0.02	0	0.91
李○○	4.77	4.85	3.06	33.91	335.35	623.34	158.20	791.40	15.61	6.01	1.67	9.74	1.93
林○○	4.70	2.94	24.88	118.59	84.57	375.32	214.07	89.56	4.29	4.60	0.25	0.41	1.52
洪○○	6.02	6.42	3.85	20.67	567.71	805.77	195.91	394.05	0.17	0.94	0.12	0.19	1.05
張○○	7.64	0.80	8.72	19.51	91.34	104.91	26.65	35.03	3.36	0.06	0.13	0.10	0.92
黃○○	6.28	1.60	41.31	68.38	107.28	142.85	55.10	54.52	0.16	0.25	0.04	0.11	1.19
梁○○	6.69	0.85	5.36	35.17	42.52	79.75	14.77	35.38	0.38	0.31	0.72	0.09	0.95
江○○	6.95	0.67	3.55	14.58	50.78	83.54	13.02	18.48	0.13	0.01	0.07	0	5.37
肥力參考值	5.5-7.5	0.5-1.2	10-50	10-50	10-50	10-50	10-30	10-30	0.1-50	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.5

表 2. 酸液對使用後介質萃取液成分的影響

Treatment	pH	EC (dS · m ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · kg ⁻¹)	P (mg · kg ⁻¹)	K (mg · kg ⁻¹)	Ca (mg · kg ⁻¹)	Mg (mg · kg ⁻¹)	Na (mg · kg ⁻¹)	Fe (mg · kg ⁻¹)	Mn (mg · kg ⁻¹)	Zn (mg · kg ⁻¹)	Cu (mg · kg ⁻¹)	B (mg · kg ⁻¹)
80% 乳酸	1.7	7.6	27.4	64.4	1682.2	2044.3	1528.4	866.4	122.7	56.5	35.9	87.0	1.0
80% 正磷酸	0.8	197.3	32.6	20%	1808.3	777.9	1288.4	984.3	439.1	40.8	37.1	127.0	0.0
80% 檸檬酸	1.6	12.1	23.2	32.6	1875.7	1821.2	1352.7	943.2	104.9	44.9	32.4	100.4	0.0
80% 冰醋酸	2.4	10.2	30.2	290.4	1774.7	1433.4	1125.1	832.1	2.1	26.7	12.7	14.3	4.0
CK	6.0	14.9	24.4	31.6	1501.1	830.1	571.3	753.0	0.1	1.7	0.7	1.0	2.2

表 3. 去離子水漂洗處理對檸檬酸浸洗之介質萃取液成分的影響

Treatment	pH	EC (dS · m ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · kg ⁻¹)	P (mg · kg ⁻¹)	K (mg · kg ⁻¹)	Ca (mg · kg ⁻¹)	Mg (mg · kg ⁻¹)	Na (mg · kg ⁻¹)	Fe (mg · kg ⁻¹)	Mn (mg · kg ⁻¹)	Zn (mg · kg ⁻¹)	Cu (mg · kg ⁻¹)	B (mg · kg ⁻¹)
80% 檸檬酸	1.71	5.64	17.6	83.2	1572.2	3659.1	1070.9	620.3	183.4	48.8	37.02	84.8	0.3
漂洗 5 次	2.46	2.56	1.3	77.9	120.7	731.6	59.2	30.4	5.0	2.1	1.47	2.2	0.1
漂洗 7 次	2.56	1.85	0.02	45.9	48.2	490.0	24.7	11.2	2.9	1.0	0.77	1.2	0.04
漂洗 10 次	2.76	0.97	0	20.4	14.6	332.7	9.2	3.6	1.0	0.3	0.38	0.4	0
CK	6.10	8.08	0.6	21.9	741.1	763.1	275.1	319.3	0.2	1.2	0.16	0.7	2.7

表 4. 去離子水漂洗處理對檸檬酸浸洗之介質營養成分的影響

Treatment	N (%)	P2O5 (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (%)	Mg (mg/kg)	Na (mg/kg)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	OC (%)	OM (%)
80% 檸檬酸	1.96	499.8	2747.3	2.46	1373.7	725.1	691.7	49.6	66.4	337.0	41.7	71.9
漂洗 5 次	1.65	375.8	1191.9	2.31	614.2	417.8	930.1	27.4	64.3	583.3	31.9	54.9
漂洗 7 次	1.16	298.5	728.5	1.96	525.7	353.4	895.8	16.7	38.9	552.3	45.1	77.7
漂洗 10 次	0.81	260.0	521.9	1.94	456.2	294.0	952.6	14.3	54.3	577.6	44.8	76.1
CK	1.51	978.8	6728.7	4.05	4357.4	2504.7	1303.6	422.4	190.6	891.6	40.3	69.5

表 5. 熱水處理對使用後介質萃取液成分的影響

Treatment	pH	EC (dS · m ⁻¹)	NO ₃ -N (mg · kg ⁻¹)	P (mg · kg ⁻¹)	K (mg · kg ⁻¹)	Ca (mg · kg ⁻¹)	Mg (mg · kg ⁻¹)	Na (mg · kg ⁻¹)	Fe (mg · kg ⁻¹)	Mn (mg · kg ⁻¹)	Zn (mg · kg ⁻¹)	Cu (mg · kg ⁻¹)	B (mg · kg ⁻¹)
Hot water-A	6.62	0.93	0	5.8	101.8	48.5	17.3	23.5	0.80	0.16	0.08	0	0.23
Hot water-B	6.43	0.94	0.22	9.5	77.6	43.9	20.6	19.5	0.43	0.12	0.06	0	0.18
CK-A	7.03	2.98	16.90	6.9	263.7	116.6	53.1	63.3	1.44	1.30	0.75	0	0.64
CK-B	6.76	2.31	24.84	6.1	235.5	77.6	36.4	42.0	1.88	0.26	0.29	0	0.58
肥力參考值	5.5-7.5	0.5-1.2	10-50	10-50	10-50	10-50	10-30	10-30	0.1-5.0	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.1	0.01-0.5

Studies on Re-application of Used Substrate in Fruit Vegetable Production under Protected House

Chang-Sheng Chien, Te-Chen Kao

Assistant Researcher, Researcher and Deputy Director of Taichung DARES, COA

chinescs@tdais.gov.tw

Abstract

The object of this study was evaluated the possibility of application of used substrate in fruit vegetable production under protected house. The result showed most EC value of used substrate were higher than $2.0 \text{ ds} \cdot \text{m}^{-1}$ with salt accumulation situation which as a major reason of continuous obstruction leading crop growth retardation. Among cation, K, Na, Ca, Mg were most easily accumulated. Acid liquid treatment can reduced Ca, Mg, Fe, Cu, Mn and Zn content efficiently; however, acid substrate after treatment was not suitable for cultivation. Hot water treatment can reduce medium EC value as well as macro and micro-element content. It also had positive effect on *Fusarium oxysporum* wilt prevention of cucumber. Hot water treatment can be used as a method of substrate disinfection and reuse. Although both acid liquid and hot water treatment had leaching effect, the non-recycling drainage water may cause groundwater pollution. Therefore, the key technology still need to cooperate with recommended fertilization then prevent the continuous obstruction happened.

Key words: Substrate, soil sickness, acid leaching, hot water, fusarium wilt, salt accumulation

非化學農藥在設施蔬菜蟲害之應用

林大淵、于逸知、白桂芳

行政院農業委員會臺中區農業改良場助理研究員、助理研究員、研究員兼課長

lindy@tdais.gov.tw

摘要

非化學農藥泛指已登記之化學合成農藥以外的植物保護資材；目前國內已登記的資材種類相當多元，但應用方式及範圍卻多侷限在農產品採收期。非化學防治資材的來源包括植物性、礦物性、微生物、天然或合成誘引物質等，可應用於作物栽培期的各項蟲害管理。應用非化學農藥需同時考量資材特性、防治對象、防治時機，並搭配適當的監測計畫，方能達到栽培全期蟲害的有效管理。設施栽培強調精準管理，栽培者應將資材精確規畫並應用於栽培全期中，才能發揮非化學農藥強調的安全、有效的特性，以達成安全生產、有效管理、農藥減量的目的。

關鍵字：非化學農藥、蟲害管理、設施栽培

非化學農藥登記及現況

國內現有植物保護資材種類相當多元，通常被稱為植物保護資材之涵蓋範圍最廣，包含化學合成農藥及天然資材、生物資材等項目，但部分生物資材亦被登記於農藥別；故非化學農藥一詞無法精確定義其範疇。一般指已登記之化學合成農藥以外的植物保護資材，也是一般大眾較普遍的認知。因此，本文中所稱之非化學農藥沿用此意涵，並參照動植物防疫檢疫局及農糧署之公告，羅列各項資材如下：

一、免登記植物保護資材（動植物防疫檢疫局）：

- (一) 甲殼素(甲殼素鹽酸鹽)、大型褐藻萃取物、苦楝油、矽藻土、次氯酸鹽類、碳酸氫鈉、苦茶粕(皂素)、無患子(皂素)、脂肪酸鹽類(皂鹽類)共9種(2015.10.30公告)。

(二)目前市售之免登記植物保護資材產品共 38 項 (進口 21 項、國產 18 項) (2017.05.04)。

二、有機農業商品化資材 (農糧署)：

蘇力菌、礦物油、木黴菌、枯草桿菌、印楝油、矽藻土 (為農藥登記或免登記植物保護資材) 共推薦 8 種 (2017.03.07 農糧署網站)。

三、其他常見資材：

波爾多液、石灰硫磺合劑、乳化植物油、皂液、亞磷酸、菸草等植物浸出液、赤眼卵蜂等天敵，甲基丁香油、克蠅、昆蟲性費洛蒙等為化學合成誘引物質。

目前非化學農藥多應用於有機栽培作物管理上，慣行栽培法則是應用於作物採收期搭配使用。若以現有資料而言，以上羅列資材之防治效力已有多數文獻證實，部分天然或可自行調配資材之防治效力則無法確認，影響原因可能為主成分不穩定或不明、調製方法、施用時機、施用條件不一致等，造成實際施用之防治效力差異甚大，影響農友應用意願。

Isman M. B. 等 (2014) 曾針對 1980 ~ 2012 年間超過兩萬篇植物源殺蟲劑報告進行分析，發現僅有少數文獻針對主成分或有效成分進行分析確認，多數文獻未確定有效成分或作用方式，甚至無對照參考，導致部分文獻說法分歧，更遑論實際推廣應用於田間。另一趨勢則是印度、中國、巴西等國對植物源資材之研究及發表成長相當快速，而北美、歐洲、日本等已開發國家之研究發表相對持平。除研究品質及要求不同外，這些已開發國家開始強調此類資材應完全整合於害物管理系統中，而不應只是將這些資材或技術單純加入應用 (Isman M.B., 2015)。

非化學農藥資材對於環境之影響普遍被認為較低，但因活性成分複雜或不明，或作用範圍廣，其對生物及環境之評估風險甚至高於化學農藥，因此部分較高風險資材也應如化學農藥般減量使用 (Bahlai C. A. 等，2010)。因此非化學農藥也應以嚴謹態度考量其應用，不應主觀認定其安全性高或對環境影響較小，便不問目的而貿然投入應用。目前國內販售之非化學農藥資材價格差異頗大，應用相關資材的成本及其經濟效益須累積更多數據方可精算；非化學農藥之作用機致目前已有許多文獻討論，相關活性成分也陸續闡明，應用時可就資材之防治對象或可搭配之防治策略加以規畫，才能充分發揮資材效用。

非化學農藥應用於設施蔬菜病蟲害管理實務

國內設施栽培之蔬菜種類多元，以小葉菜類、茄科作物、葫蘆科作物為大宗。小葉菜類因栽培期短，透過輪作或耕作防治即可避免大多數病蟲害侵害；但以臺中區農業改良場轄內實際案例，農友以小白菜、甘藍、花椰菜間作於同一設施中，黃條葉蚤及小菜蛾大量發生，即使部分田區進行翻耕、淹水，甚至使用化學農藥都無法有效控制。農友因短、長期之販售需求而導入不適宜之栽培策略，造成田間害物可長期在田間孳生，因此單純引入防治措施並非良策，必須考量設施內作物之栽培規畫也是病蟲害管理的一環。農友可採行不同科別作物間作，以避免害物相互傳播。若有不同時期的市場需求，建議規劃不同設施進行栽培，採行獨立的管理策略，以降低相同害物造成的問題。

以茄科作物與葫蘆科作物為例，兩者同為設施栽培中生長期較長且連續採收的作物，有許多共通之病蟲害，如粉蝨類、薊馬類、夜蛾類、蚜類、疫病、根瘤線蟲等，故兩類作物不適合於同一設施內輪作或間作；但以往診斷鑑定案例中也發現農友在夏季種植葫蘆科作物、冬季種植茄科作物，小型害物因寄主植物源充足而不斷發生。設施內的小型害蟲大多可快速產生抗、耐藥性，多數農友均採行化學藥劑防治，但害物仍能快速大量發生，因此非化學農藥資材多應用在採收期以降低害蟲密度，避免農藥殘留問題，卻非實際整合於小型害物的防治策略中。目前國內對非化學農藥資材已有相關整理文獻，實際整合應用仍有賴更多的研究投入。以下簡介各項資材於國內實際應用現況。

菸草、印楝等植物源防治資材之應用

植物源防治資材為天然植物浸出液或提煉其有效成分，其活性物質相當多樣，功能包括殺蟲、忌避、抑制、干擾等，目前國內外均有研究持續探索新的活性成分及效力，為近年來相當熱門的研究主題。目前國內以菸草浸液、苦茶粕、植物油為主要防治資材，印楝素雖較少被採用，但印楝素於國內已為農藥登記。國內植物源防治資材仍以殺蟲為主流，應用方式與一般農藥相同，主要還是強調該等資材的殺蟲效力。

除蟲菊及印楝相關產品應是現今植物源資材中被研究最多且廣泛應用的資材，除蟲菊大多已發展為人工合成的農藥產品，印楝素及印楝油則強調天然提煉。菸草浸出液目前有部分設施栽培者經常性應用，發展較為成熟。無患子、苦茶粕所提供的皂素雖也可應用於蟲害防治，但可適用作物種類則仍待試驗。乳化植物油或精油也常用於蟲害防

治，但需注意植物油施用比例以免傷害作物，部分精油在實際測試有殺蟲效力的濃度下，對許多作物會造成傷害，因此應用前應作少量、小面積測試。

目前植物源防治資材多應用在設施栽培的採收期為主，一般設施瓜類及茄科等連續採收作物，採收期長且採收間隔短，化學農藥的應用頗受限制，因此部分栽培者於採收期應用此類資材以保護產量；例如，花胡瓜蚜蟲類以菸草浸出液防治；番茄銹蟎則以乳化植物油或皂液防治等。此類資材的殺蟲效力多半不及化學農藥，因此應用於採收期多為抑制害蟲族群密度升高至採收期結束，同時可避免施用農藥產生的殘留問題。

栽培者應注意植物源資材的成分複雜，且可能因來源、成分、施用時間、製作方式不同而有很大差異，調製時最好以新鮮材料製作、可近期使用完畢為原則。使用此類資材的優點包括無殘留問題、對人安全、不易產生耐、抗性等，但也應注意其活性成分不穩定、組成複雜、易分解等問題，在設施病蟲害管理中亦有可能因此增加防治成本。

蘇力菌、核多角體病毒等防治資材之應用

蘇力菌及核多角體病毒等微生物資材為目前最常用也最普及的防治資材，國內已有數種農藥登記。此類資材目前以防治鱗翅目的蝶蛾類為主，但部分設施栽培者經常將蘇力菌誤用於其他害物的防治中，造成資材浪費且未達防治成效。目前國外已有許多殭菌產品正式登記，且推薦於許多害物防治中，如咖啡果小蠹的全期防治。但國內白殭菌等資材目前尚未有正式登記，坊間雖已有廠商製造販售，其效用則未經過正式驗證。

設施蛾類發生的比例不高，歸因於有可延續族群之寄主植物或蟲源未清除造成蛾類危害。以斜紋夜蛾為例，成蟲無法通過防蟲網侵入，但初齡幼蟲甚至可直接穿過 32 目網孔，因此設施周圍若發現卵塊應儘速清除。設施內多半是受害葉片上留下蟲糞才被發現，數量不多時可徒手摘除，少量發生時即可施用蘇力菌；若夜蛾類大量發生時，應同時考量其他防治措施，避免因蘇力菌藥效延遲或害物密度過高而導致於短時間內的大量損失。此外，設施也應加強阻絕害物入侵途徑，如近年瓜類經常發生瓜螟嚴重危害，其原因多是瓜農連續栽培瓜類作物，且未徹底清園，加上出入口經常開啓未設防護，造成瓜螟於設施內外進出繁衍，形成害物管理上的死角。

栽培者須注意蘇力菌及核多角體病毒的防治對象為蝶蛾類，此類資材對粉蝨、薊馬等小型害物並無防治效果。此外，核多角體病毒具有寄主專一性，國內目前登記的防治

對象僅為甜菜夜蛾，對防治其他蛾類效用不顯著。應用此類資材時應注意施用時機，及藥效延遲（通常約需 24-48 小時）造成施用後無法立即控制損害的特性，建議應及早施用以控制蝶蛾類密度，才能發揮資材的最佳效能。

礦物油、硫磺等礦物資材之應用

礦物性資材多被應用於早期的農業，近年則因農藥殘留等議題再次受栽培者及研究者青睞。常見礦物性資材包括可濕性硫磺、礦物油、石灰硫磺合劑等，部分資材已作農藥登記，部分則可由農友自行配製應用。礦物性資材多不具選擇性，對作物本身可能也會造成物理性傷害，因此多被建議於清園使用；國內夏、秋兩季多數設施內溫度偏高，若無適當降溫通風措施，施用硫磺或礦物油等資材極可能會對作物造成不良影響。

礦物性資材的防治對象可包括蟲害及病害，如礦物油對蚜蟲、介殼蟲、木蝨、葉蟬等均有效果，也可兼具防治多種作物的白粉病。硫磺粉與可濕性硫磺則對蟎類、介殼蟲具防治效果，也可兼防白粉病。目前設施內應用最廣泛的資材當屬礦物油及窄域油，除具有防治病蟲害的效果外，也可少量添加於其他防治資材中做為展著劑，如用於十字花科或葫蘆科等葉片表面易使藥劑流失的作物，但使用時應避免與其他乳劑、波爾多液或石灰硫磺合劑等資材混合，以免造成藥害。

昆蟲性費洛蒙等誘引資材之應用

誘引資材於設施栽培應用目的包括偵測與直接防治，現行多數設施內均可採行黃色黏板誘殺害蟲或偵測族群密度。但栽培者應多注意採行誘引策略的對象及目的，避免造成資材浪費，或誤將偵測作為視為防治措施，而錯失藥劑防治的時機。誘引是利用昆蟲對顏色、光線、氣味等正趨性，常見以有色黏紙、誘蟲燈、性費洛蒙、食物等資材為主

設施內用以偵測、監測為目的的資材向以黏紙或黏板為主，利用昆蟲視覺偏好，誘引昆蟲聚集，通常這類資材對昆蟲的誘集力不高，可能因使用空間內同時存在寄主植物或其他誘引物質，導致無法有效地將誘引到的昆蟲聚集於定點，因此較不具誘殺的適當性，故這類資材便被應用於偵測害蟲入侵或發生。以黏紙而言，不同顏色黏紙對不同昆蟲之誘引力有其差異，設施內一般通用為黃色黏紙，對象可為粉蝨類、蚜蟲類、薊馬類、潛蠅類等。應用黃色黏紙也應注意作物與監測對象的關係，如洋桔梗薊馬類、番茄粉蝨

類等可直接或間接造成嚴重危害的害物，一旦設施內偵測發現，就應立即採行防治；而胡瓜蚜蟲類、十字花科作物粉蝨類等害物在低密度下的危害較輕微，持續監測密度並適時防治即可。

誘引力較強的資材當屬昆蟲性費洛蒙，常見如夜蛾類性費洛蒙，不但專一性高且誘集力強，可大量誘殺雄成蟲而直接影響害蟲子代數量。然甲基丁香油及克蠅雖非性費洛蒙，但對東方果實蠅與瓜實蠅雄蟲有強烈誘引力，因此也常被應用於大量誘殺策略中。應用此類資材除應注意害物與資材間的專一性配對外，也應留意設施本體的影響，一般而言，夜蛾類與實蠅類成蟲均無法通過防蟲網，因此將此類資材懸掛於設施中的意義不大；若以降低害物入侵設施為目的，則可考慮將此類資材懸掛於設施外，同時誘殺及監測設施周遭害物的密度。

天然或合成的食物誘引劑也可應用於設施內，通常以實蠅類防治為主。實蠅類對食物誘引的反應機制相當複雜，因此不同性別、營養狀況、日齡等因素都可能影響誘引效力，而實蠅類雌蟲多半交尾後才入侵設施產卵，雌蟲載卵入侵後極可能先產卵再取食，故而食物誘引劑的防治效果便大打折扣。建議應用食物誘引劑時，需考慮是否能接受防治效力會因地區、時間、個體上的差異，或考量同時將食物誘引劑應用於設施外誘殺周遭雌蟲以避免其入侵，以降低設施內作物的損失。

結語

現今設施栽培強調精準管理，其病蟲害管理也應針對作物特性進行精確整合。國內現有非化學農藥資材之功能與應用方式與一般農藥大同小異，因此許多設施栽培者將這類資材單純應用在防治上，只求防治效果或安全性，尚未考量資材的應用時機及條件，以致造成資材誤用或無效的情形。而設施病蟲害發生情況通常與露天栽培有所差異，設施可穩定作物生長環境，同時也提供病蟲害穩定發生的空間與條件，更有機會造成病蟲害猖獗危害；因此，設施病蟲害管理應更強調正確的病蟲害診斷，及適當的監測調查，為求精準掌握設施內病蟲害發生生態，以利正確選擇防治策略。

學者多認同正確使用非化學農藥資材可以發揮良好的害蟲防治效果；其首要條件是栽培者應熟知資材的特性及應用範圍，其次是正確掌握設施病蟲害發生情形，以求及時採行適切的管理措施。栽培者應積極找出園區應用非化學農藥效力不佳的盲點並尋求改

善之方，而不是僅將之侷限在採收期應用。國內目前已經核准許多新興的免登記植物保護資材，可預期的未來將有更多相關研究及應用案例；而將非化學農藥或資材與其他防治策略共同搭配，導入設施作物之蟲害管理系統，將是日後研發與田間實務的重點，設施栽培者應繼續關注相關發展。

參考文獻

1. 王清玲 林鳳琪 1992 黃色黏板在斑潛蠅防治之應用 病蟲害非農藥防治技術研討會專刊 99-103。
2. 王惠亮 謝廷芳 莊益源 2009 植物病蟲害的非農藥防治 科學發展 443: 42-48。
3. 余志儒 陳炳輝 2007 天然防蟲物質 作物蟲害之非農藥防治技術 19-28。
4. 吳子淦 2007 作物栽培環境與害蟲發生及防治之關係 作物蟲害之非農藥防治技術 81-86。
5. 李汪盛 李宗翰 吳信郁 施錫彬 2012 設施有機蔬菜栽培病蟲害防治研究 有機農業研究團隊研發成果研討會專刊 41-60。
6. 施錫彬 2001 薺菜主要有害生物之生態與非農藥防治之研究 桃園區農業改良場研究彙報 45: 22-28。
7. 唐立正 莊益源 陳文雄 王俊雄 2006 作物栽培之非農藥防治及常見害蟲圖說 國立中興大學農業暨自然資源學院農業推廣中心 95pp。
8. 高靜華 鄭允 2007 昆蟲性費洛蒙在害蟲防治之應用 作物蟲害之非農藥防治技術 39-56。
9. 章加寶 1989 作物害蟲非農藥防治法 有機農業研討會專集 183-192。
10. 章加寶 2005 有機農栽培作物蟲害管理 - 談非農藥防治法 有機農業生產技術研討會 289-307。
11. 陳健忠 董耀仁 2007 誘引物質在害蟲防治上之利用 作物蟲害之非農藥防治技術 29-38。
12. 劉達修 王文哲 劉添丁 1993 數種非化學農藥防治法在永續性農業害蟲防治上之應用 永續農業研討會專集 187-200。

13. Bahlai, C. A., Xue Y., McCreary C. M., Schaafsma A. W., and R. H. Hallett. 2010. Choosing organic pesticides over synthetic pesticides may not effectively mitigate environmental risk in soybeans. PLoS ONE 5(6): e11250. doi:10.1371/journal.pone.0011250
14. Isman, M. B. and M. L. Grieneisen. 2014. Botanical insecticide research: many publications, limited useful data. Trends in Plant Science 19: 140-145.
15. Isman, M. B. 2015. A renaissance for botanical insecticides? Pest Manag. Sci. 71: 1587-1590.
16. Pavela, R. 2016. History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insecticides and farm products for protection against insects - a review. Plant Protect. Sci. 52: 229-241.



圖 1. 自行調製無患子皂液，適用於低密度蟲害防治，但濃度與用量需斟酌調整



圖 2. 菸葉粉等天然資材成分不穩定，應用時應先行小面積測試，再行全園施用



圖 3. 部分植物精油於有效濃度下會對植物產生生理性傷害，應留意施用時機



圖 4. 市售蘇力菌等生物資材種類多樣，施用前應詳閱防治對象及使用方式



圖 5. 應用性費洛蒙誘殺夜蛾類雄成蟲，可發揮大面積防治及低成本特性



圖 6. 夜間使用燈光誘殺蛾類等害蟲成蟲，可減少害蟲蔓延機會



圖 7. 甲基丁香油等資材可搭配不同誘殺器使用，應用彈性大且誘殺範圍廣



圖 8. 有色黏紙可應用於害蟲監測或防治，使用時應考量害蟲之偏好性



圖 9. 修剪後之作物枝條應立即清理，以免殘存害蟲持續散佈



圖 10. 應用黏紙監測設施內害蟲密度，是害蟲管理的重要環節



圖 11. 害蟲監測必須有後續的防治作為，否則將導致病蟲害滋生，影響農產品質與產量

Non-chemical pesticides application practices of insect pest management in protected-cultivation

Da-Yuan Lin, Yi-Chih Yu and Kuei-Fang Pai

Assistant researcher, assistant researcher and Chief of Crop Extension Station of TDARES
COA.

lindy@tdais.gov.tw

Abstract

Non-chemical pesticides refer to plant protection materials other than chemical synthetic pesticides that have been registered. There were a variety of registered materials in Taiwan, but its application and scope was more limited to the harvest period. Non-chemical pesticides, mostly from plant, mineral, microbial, natural or synthetic attraction substances, can be applied to pest management during cultivation. Application of non-chemical pesticides now has to consider the characteristics of materials, target of materials, timing of control at the same time, and coordinating with appropriate monitoring programs to effectively use these controlling materials in cultivation. Protected-cultivation emphasizes precision management of crops and its environment. Non-chemical pesticides emphasize its safety and effectiveness characteristics, thus cultivators must plan and apply these materials in whole cultivation period accurately to meet safe crop production, effective pest management, pesticide use reduction purposes.

Key words:Non-chemical pesticides,insect pest management, protected cultivation

微生物製劑在設施蔬菜栽培之應用實務

陳俊位

行政院農業委員會臺中區農業改良場研究員兼分場長

chencwol@tdais.gov.tw

摘要

設施蔬菜在國內推廣雖已有多多年，然而病蟲害防治、肥培管理技術與環境溫度障礙一直是讓農友頭痛的問題。功能性微生物製劑 (functional micro-organism agents) 為近來新開發的防治資材，學者專家已發現多種微生物具有病蟲害防治效果與分解有機資材的能力，除可應用於病蟲害防治與農業資源再生利用外，這些菌種並具有能促進植物生長、養分吸收及病害抑制的功能，近來更發現其能誘導植物產生系統性抗性，而使病原感染時所造成之發病率或發病程度顯著降低，亦可降低害蟲之為害程度，為應用於設施蔬菜栽培的新產品開發範疇。在這些微生物中木黴菌為應用於病害防治的有效微生物群，而在本場近幾年的研究中，針對棘孢木黴菌除開發成病害防治製劑外，因其與作物根部共生能力強，能幫助作物根系發育，可增加移植存活率，並能減少苗期病害與幫助作物生長抵抗逆境，遂開發成木黴菌育苗接種劑。結合棘孢木黴菌的稻穀菌種製劑與農業廢棄物如動物糞便、蔗渣、木屑等物質共同發酵可產製新型生物性堆肥、介質等，除可改善堆肥介質品質外，並能誘發多種有益微生物，因其內含有大量有益微生物群如木黴菌、枯草桿菌及鏈黴菌等，可使相關產品品質穩定，並因其內所含之有益微生物可群聚作物根圈，能與植物根系共生進而促進養份吸收能力，可達到促進植物生長之目的。運用有機資材所開發的功能性微生物製劑，除提供作物生長所需養分外，搭配特殊成分物質如海藻粉、甲殼素或矽藻土的液態發酵製劑可產生含昆布多醣 (laminarin)、幾丁聚醣 (chitosan) 與水溶性矽的病害防治用製劑，對設施栽培連續採收期作物的葉部病害具防治效果。在作物栽培管理過程中，結合木黴菌等微生物菌種、生物性堆肥或介質及功

能性微生物製劑的綜合管理方式，除有促進植物生長、幫助養分吸收及抑制病害發生等效益外，近來更發現其能誘導植物產生系統性抗性，除病害外並對極端氣候產生抗逆境能力，除減少農作物損失外並能增加農友的栽培信心，並可改善設施蔬菜作物因連作障礙導致生長不良、品質不佳的缺點，為未來推廣設施蔬菜栽培的新技術。

關鍵字：微生物製劑、設施蔬菜、木黴菌、鏈黴菌

前言

臺灣夏季蔬菜栽培時，因容易遭遇高溫、多雨及颱風等天然因子影響，致使栽培管理不易，並因這些因素，而使得夏季蔬菜品質不佳，產量銳減，影響農民收益甚鉅，使農民栽培夏季蔬菜常冒極大之風險，成為夏季蔬菜生產之限制因子。此外，一些病原菌如疫病菌、萎凋病菌、白絹病菌、立枯絲核菌及青枯病菌等土棲性病原菌，在夏季高溫多濕的環境下極易發生，尤其以十字花科、茄科及葫蘆科的作物最容易被感染，為夏季蔬菜生產之另一限制因子。為改善上述問題，農民夏季栽培蔬菜時遂改採設施溫網室，除土耕方式外亦採用進口的「有機介質」如泥炭土或椰纖以離地方式栽培，來改善之。但炎夏之際設施內與介質溫度比室外大氣溫度高，此外進口介質因缺乏耕作專用之系列養液配方及滴灌器材，常因農民肥料配置失當，養分施用過量，導致植株萎凋、營養失調，又因為介質中鹽分累積，產生連作障礙，因而發生植株生育受阻、死亡與嚴重低產現象，導致農友嚴重損失。而諸多試驗場所、民間業者與農友研發或自行設計的肥料與肥培管理技術，易使介質或土壤鹽分累積過量，導致土壤鹽化與介質老化，更加速連作障礙的產生，導致嚴重低產現象，影響農民栽培意願，也使眾多投入設施栽培者鎩羽而歸。

近來因極端氣候使颱風災損擴大，重創農業，105 年因多次颱風豪雨造成生產設施受損及引起菜價波動，為保護蔬果生產及穩定供應，農委會將自 106 年起，將每年輔導 400 公頃強固型溫網室設施，且補助比例由 1/3 提高至 1/2，每公頃最高可補助 550 萬元，加上優惠貸款協助農民及各地方政府配合推動，並擬引進企業共同投資農村及農民，擴大投資效益，預計 5 年達成興設 2 千公頃之目標。如此，大量的設施網室設置後將遭遇上述之栽培問題，如仍用現在的技術栽培，將面臨現在所遭遇的問題，能否保護蔬果生產及穩定供應？將面臨嚴格考驗。

臺中區農業改良場針對上述問題，自 2002 年起即針對設施蔬菜栽培所面臨的問題，進行微生物菌種篩選，以克服水耕蔬菜根腐病 (*Pythium spp.*)、土壤或介質栽培幼苗立枯病 (*Rhizoctonia solani* AG-4)、猝倒病及根腐病 (*Pythium spp.*) 與番茄青枯病 (*Ralstonia solanacearum*) 等苗期病害問題。而利用本土的大宗有機廢棄物，如稻穀、太空包廢木屑、牛糞、雞糞、米糠等研製成品質穩定的有機介質，減少介質栽培連作障礙之發生。運用有機資材所開發的功能性微生物製劑，除提供作物生長所需養分外，搭配特殊成分物質如海藻粉、甲殼素或矽藻土的液態發酵製劑可產生含昆布多醣 (laminarin)、幾丁聚醣 (chitosan) 與水溶性矽的病害防治用製劑，對設施栽培連續採收期作物的葉部病害具防治效果。在作物栽培管理過程中，結合木黴菌等微生物菌種、生物性堆肥或介質及功能性微生物製劑的綜合管理方式，可促進植物生長、幫助養分吸收及抑制病害發生等效益外，近來更發現其能誘導植物產生系統性抗性，除病害外並對極端氣候產生抗逆境能力，除減少農作物損失外並能增加農友的栽培信心，並可改善設施蔬菜作物因連作障礙導致生長不良、品質不佳的缺點。

微生物在自然界中可扮演多種作用角色。因此，上述微生物製劑除可應用於病蟲害防治與農業資源再生利用外，並具有能促進植物生長、養分吸收及病害抑制的功能，為應用於設施蔬菜栽培的新產品開發範疇。而在這些微生物中木黴菌除為應用於病害防治的有效微生物群外，其所產生的纖維素分解酵素使其也扮演了資材分解菌的角色。而與根系共生幫助植物生長及促進磷肥與多種養分的吸收與利用的效果，讓木黴菌也具備了微生物肥料菌株的功能。如此多功能的微生物菌株，如能將其開發成設施蔬菜栽培上可使用的製劑產品，將可成為設施蔬菜農友在從事農耕時的好幫手。近年來，本場除自行篩選與研發木黴菌菌種製劑外並結合各種資材研發各種生物製劑產品，相關木黴菌菌種製劑與衍生性產品如生物堆肥、栽培介質與功能性製劑互相搭配實際應用於田間，以測試對作物生長促進效益及病蟲草害防治最有效的操作方法，探討其應用在設施作物栽培病害防治與肥培管理上的可行性。以下即針對本場近幾年在木黴菌生物製劑之開發與田間應用成果做一綜合論述。

內容與討論

一、微生物製劑在設施蔬菜栽培之應用

傳統農業之生產問題多以施用化學肥料及藥劑解決，結果造成環境生態之破壞及藥劑殘留，現今農業栽培方式已朝向永續農業經營，近年來，多篇報告指出促進植物生長之根棲微生物可做為農業生產管理上一項有利的技術，然而，並非所有的根棲微生物都能有效的促進植物生長，所謂促進植物生長之根棲微生物 (plant growth-promoting rhizomicroorganism, PGPR) 乃指某些根圈微生物處理於種子或繁殖體後，可棲群於植物根部並促進植物生長之根棲微生物。已知 PGPR 可產生植物賀爾蒙如 IAA 或 ACC 促使植物根系延伸、提供可利用之養分如固氮、土壤中可溶解性鐵、產生揮發性有機物質促使植物生長、克服植物生長逆境 (如乾旱、湛水、鹽害、重金屬污染等) 或防治病害，這些微生物如固氮根瘤菌 (*Rhizobium*)、固氮細菌，囊叢枝菌根菌 (vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi)、溶磷菌、溶鉀菌、木黴菌及枯草桿菌等。生物防治是發展永續農業中一項極重要的病害防治策略，有些報告指出促進植物生長之根棲細菌如 *Pseudomonas putida* 89B61 處理番茄種子後，可顯著減少青枯病之發生；*P. putida* WCS358r 和 *P. fluorescens* WCS374r 處理尤加利樹葉片後，可誘發尤加利樹系統性抗青枯病。而目前已知 PGPR 在溫室或田間之施用可促進多種作物之發芽率、生長或產量增加，如馬鈴薯、甜菜、加拿大改良油菜、米、花生、小麥、大豆、玉米及蘿蔔等。以下分述本場已研發促進植物生長之微生物製劑運用於設施蔬菜栽培管理上之施用方法。

二、微生物育苗接種劑

(一) 木黴菌育苗接種劑

農諺「壯苗五成收」，培養優良健壯的種苗是作物豐產的必要條件。本場近年來專注於有益微生物的研發，開發出木黴菌育苗接種劑接種蔬菜作物種苗技術，可促進種苗根系發育，植株生長健壯且快速，移植田間除可增加存活率外，並有促進生長及提升產量與品質之優點，成為精緻農業農友栽培資材使用上的新利器。

本技術特點包括：(1) 育苗接種劑製備後於蔬菜種苗培育時接種用，可以促進種苗發育及根系延伸，增加種苗整齊度及移植存活率。(2) 具有操作方便、成本低廉、縮短育苗時程、提昇種苗品質等綜合效益。以番茄幼苗接種木黴菌為

例，可提高幼苗移植存活率，提升植株對抗淹水、低溫寒害及根部障礙等逆境因子，並可幫助開花結果、延長採收期及增加產量，有效增加農友的經營效益。運用木黴菌接種小番茄幼苗，此有益菌會與小番茄根系共生並在根系外圍形成一保護層，此特性類似外生菌根，可避免連作田區土壤或介質累積的鹽分影響根系生長。此外，根系外的木黴菌菌絲會吸收並轉化這些鹽分而提供給小番茄生長使用，因此可使小番茄生長更快速，並能增加開花結果數量及提昇品質。本製劑磷肥利用吸收效率優異，田間施用操作方便，可配合自動化穴盤育苗系統於育苗期接種1次即可發揮效果，能夠有效提升蔬菜育苗業者的產業競爭力。如在整地與作物生長結果期結合生物性堆肥與功能性木黴菌液肥製劑的施用，更能延長小番茄採收期達2~3個月以上！本項技術亦已應用於小黃瓜、牛番茄、洋香瓜、彩色甜椒、苦瓜及茄子等作物上，此功能性微生物施用方便且價廉質優，已成為精緻農業生產者克服連作障礙的新利器。



木黴菌育苗接種劑田間使用技術簡便



木黴菌育苗接種劑田間大面積使用



番茄幼苗接種木黴菌可提昇存活率



番茄幼苗接種木黴菌可幫助開花



接種木黴菌可幫助開花結果提昇產量



接種木黴菌可提昇番茄產量與品質



接種木黴菌可提昇牛番茄耐淹水逆境



接種木黴菌可提昇牛番茄產量與品質



番茄幼苗接種木黴菌可抗淹水逆境
(左：接種木黴菌、右：未接種)



番茄幼苗接種木黴菌可減少根部病害
(左：接種木黴菌、右：未接種)

圖 1. 木黴菌育苗接種劑田間施用效果

1. 木黴菌育苗接種劑使用要領

(1) 木黴菌製劑在作物苗期管理應用技術

木黴菌製劑在作物栽培管理上可分二個管理時期運用，一為育苗期階段，另一為田間管理階段。目前農友所使用的種苗依作物別可區分為種子育苗及購買幼苗種植二種方法，前者以葫蘆科等作物為主，後者則以嫁接苗為主。

利用枯草桿菌、放射線菌及木黴菌結合功能性營養配方發酵產生的微生物製劑，可拮抗多種病原微生物並能促進植物之生長。在作物育苗時，如為用泥炭土育苗或買嫁接苗使用時，則泥炭土可先與木黴菌菌種(如活麗送 2 號，混合比例為活麗送 2 號：土 = 重量比 1:50~100) 混合後，播種後再施用功能性微生物製劑於播種育苗區，以 100~200 倍稀釋後(木黴菌菌量 $10^7 \sim 10^8$ spore/ml) 苗床澆灌或噴灑施用，每週施用一次可促進實生苗及嫁接苗根系發育與生長，並能降低實生苗及嫁接苗死亡率 20~80%，施用後可使植株健壯並能提高以後之移植存活率，如幼苗移植前根部先浸泡或噴灑枯草桿菌或木黴菌菌液效果更佳。

如採用穴盤或穴植管育苗，則育苗土壤或介質可與枯草桿菌及木黴菌製劑混合調製成抑病育苗介質後再播種或扦插幼苗，如已種植完成之穴盤苗或穴植管苗，則以木黴菌功能性微生物製劑 100~200 倍每週澆灌 1~2 次。目前穴盤苗育苗用介質以泥炭土為主，育苗用介質則除有以土壤混合粗糠者外，以泥炭土及椰纖為多，前者保水性佳，與枯草桿菌及木黴菌等有益微生物混合後，因其內的養份可使有益微生物

物的數量維持在 $10^7\sim 10^8$ spore/ml 以上。而椰纖保水力差，每日需多次澆水以避免因乾燥造成幼苗缺水產生障礙，澆水次數太多易傳播苗期病害，如立枯病、幼苗疫病及炭疽病等。如能在澆水時配合枯草桿菌及木黴菌等有益微生物的施用，則可減少苗期病害的為害，培育出優良健康種苗。由於育苗用的泥炭土與田間土壤為不同質地之介質，移植後田間水分管理與幼苗開根速度會影響移植存活率，故出苗前再追加接種一次木黴菌製劑可促進開根效果，提高田間扦插苗移植存活率。

若從苗期種植至本田起每隔 7~14 天澆灌或噴灑功能性微生物製劑 100~200 倍一次，除能提高移植存活率外，並能降低其後的病害發病率，且對作物株高、葉片數、葉長、葉寬、葉片厚度、開花數及產量有促進效益。此外並能提高農友收穫產量、品質，及增加其後產品之香氣、色澤、口感與風味等。上述結果顯示功能性微生物製劑於作物幼苗栽培上，除可幫助實生苗及扦插苗育成率外並兼具有促進其後作物生長及提昇產量品質等多種功能。

(二) PGPR 抗病育苗接種劑

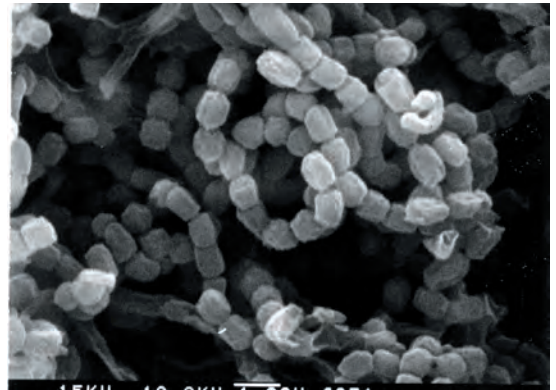
先前研究與朝陽鄧雅靜老師合作已由番茄根圈篩選獲得 *Chryseobacterium* sp.、*Streptomyces* sp. 等多株 PGPR 菌株，不僅在生長箱及溫室以泥炭土穴盤栽培方式之試驗具有促進番茄生長之效果，且能減少青枯病之發病程度，其中 *Streptomyces* sp.RS70 已證實具有誘導番茄抗青枯病之能力。進一步進行溫室及田間試驗，發現上述 PGPR 菌株亦能促進番茄生長及增加產量。

當番茄幼苗浸根處理 PGPR 菌株後，在溫室以無土栽培介質及施用養液方式栽培夏作番茄時，其皆能促進番茄生長，優於對照組，不僅能提早開花時間，增加果序、結果量及產量，其植體有較高含量的氮、磷、鎂及鈣，這些養份的提升除可幫助果實顏色之轉換外，並能增加果實內果膠鈣之含量，減少裂果及畸型果的產生，由此顯示 PGPR 菌株可減少環境逆境對番茄產量與品質的影響，在夏季高溫環境下仍可促進溫室番茄生長及提高產量。田間試驗中，不論以澆灌或浸根之處理其商品果之總產量及總果數皆高於對照組，並能產出較多之特級及優級果，在葉片養份分析上，處理組之氮、磷、鉀、鈣、鎂累積量皆高於對照組，且在整個栽培採收過程中，處理組之鈣及磷含量有持續增加之情形，鈣含量的增加除可增加果實內果膠鈣之含量外，亦可減少裂果及畸型果的

產生，磷肥的增加則可提高花序形成及果實數，由此顯示以 PGPR 菌株處理之番茄，其養分吸收可供果實形成所需時之消耗，因所吸收之養分量高於對照組，因而在番茄果實產量及品質提昇上有顯著差異。



番茄青枯病為現今番茄栽培上的頭號敵人眾多學者專家皆束手無策



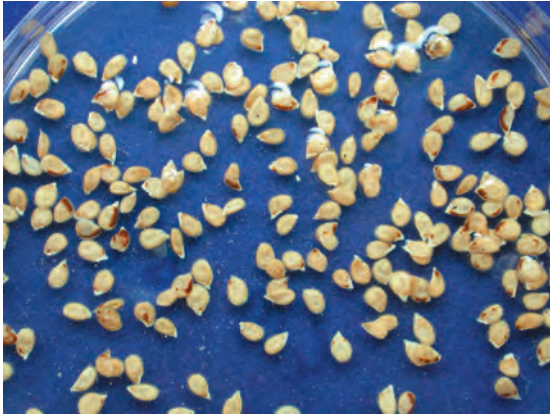
促進植物生長之根棲細菌 *Streptomyces* sp. 為未來防治青枯病帶來一線希望



PGPR 菌株 *Streptomyces* sp. RS70 不產生抗生素為環境親和型微生物



PGPR 菌株 RS70 已證實具有誘導番茄抗青枯病之能力 (左：對照組，右：處理組)



用澆灌方式將 PGPR 菌株在番茄育苗時接種可促使幼苗發育健壯



Streptomyces sp. RS70 防治番茄青枯病效果好
(左：對照組 右：處理組)



PGPR 菌株能提昇夏作番茄果實品質減少尻腐病發生 (左：處理組 右：對照組)

圖 2. PGPR 抗病育苗接種劑田間施用效果

目前 PGPR 菌株的處理方式以澆灌、種子被覆、浸根接種或介質處理為主，學者指出 PGPR 之所以能促進植物生長、增加作物產量及防治病害，皆與其在植物根部之群集力 (colonization) 強弱有關，因此有必要考量其施用方式與其在作物根部之群集力與族群動態，才能日後應用於溫室或田間時，能有效的在作物根部建立棲群以促進植物生長、增加作物產量及防治病害。本研究所使用之 PGPR 菌株均能群集於溫室或田間之番茄根系，且隨作物生長期的增長而仍在根部維持一定數量。此外，利用微生物進行田間試驗時，易受環境諸多因子 (如溫度、濕度、水分、土壤、質地、酸鹼度、肥料) 之影響而導致失敗，這也是為何生物防治試驗往往在溫室進行時有效，但在田間試驗時卻失敗之原因。在研究中篩選所得之 PGPR 菌株在溫室及田間試驗中皆可促進番茄生長及提高園藝性狀，並能自根部分離出所接種之菌株，由此顯示這些菌株在田間作物生長環境下，仍能克服土壤中其它微生物的影響，而與作物根系結合而發揮作用。綜合上述產量資料與根系群集菌量之相關性，發現能群集於根系又維持較高菌量之菌株促進番茄生長及提昇產量效果較佳，且在夏季高溫環境下仍可促使番茄生長及提升特級果產量，故這些 PGPR 菌株除可減少青枯病菌危害外，並可促進番茄之生長、產量及品質，為番茄栽培上克服環境及病害限制因子的重要微生物資源。

(三) 功能性微生物製劑製備與應用

功能性微生物 (Functional micro-organisms)：功能性微生物依其對作物生長幫助可分為二大類，一類為幫助作物養分吸收、促進生長、增加產量並能誘發其它特殊功能產生的微生物群，亦稱為促進植物生長之根棲微生物 (plant growth-promoting microorganisms, PGPM)。此類菌種包含如固氮細菌、菌根菌、螢光細菌、鏈黴菌、枯草桿菌、木黴菌及促進植物生長之根棲細菌 (plant growth-promoting rhizobacteria, PGPR) 群等。

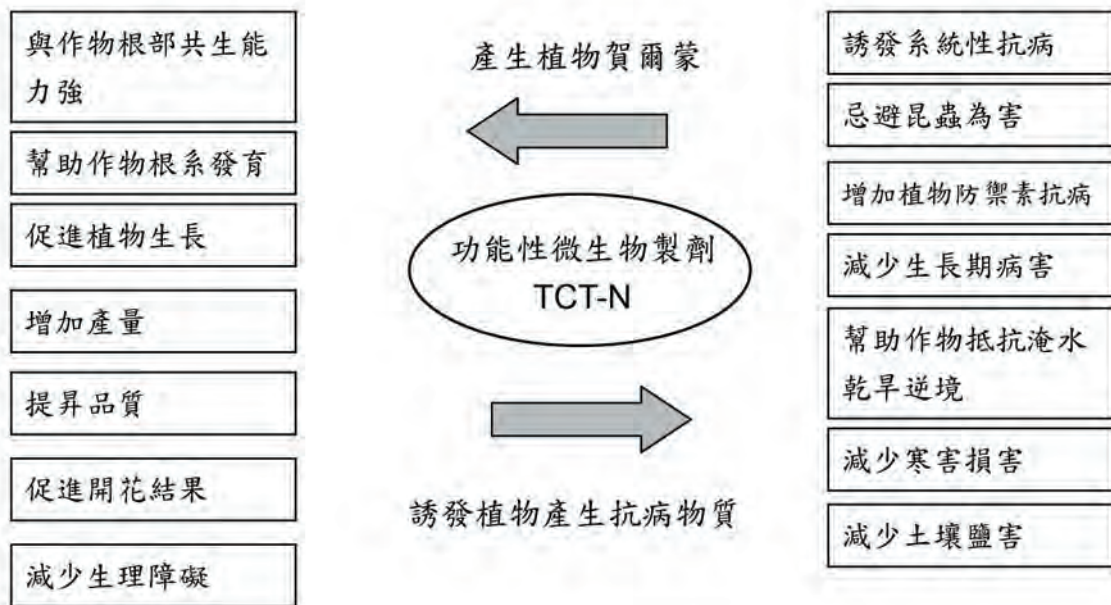


圖 3. 功能性微生物製劑之特性

二、功能性微生物菌種之特性

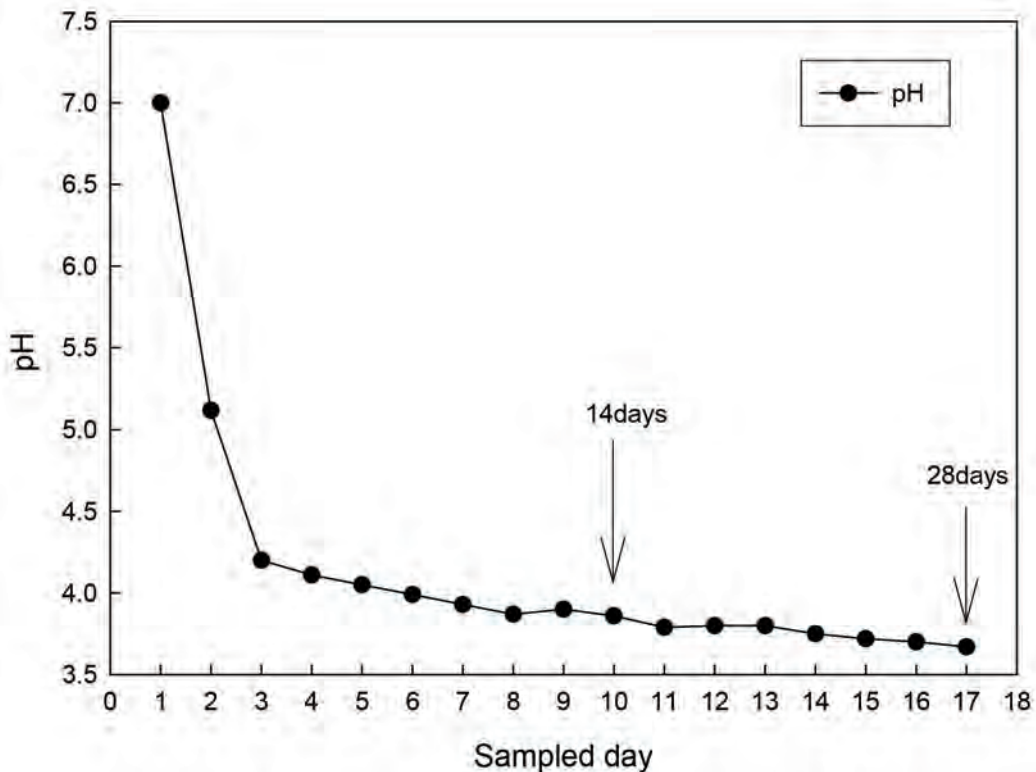
功能性微生物菌種可寄生病原菌、產生抗生物質抑制病原生長或誘導植物產生系統性抗性，此類菌種如螢光細菌、鏈黴菌、枯草桿菌及木黴菌等。近年來本場在功能性微生物研究上已獲得若干成果，例如篩選純化出木黴菌 (*Trichoderma asperellum*)、液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquenfaciens*) 及放線菌 (*Streptomyces* sp.) 系列菌株等，並運用這些菌株研發多項農業生技產品如生物性堆肥、介質、功能性微生物製劑等，於田間運用成效顯著。

功能性微生物製劑為近來所開發新的防治資材，這些微生物除了拌演促進植物生長、養分吸收及病害抑制之各種角色外，近來更發現其能誘導植物產生系統性抗性，而使病原感染時所造成之發病率或發病程度顯著降低。微生物農藥目前前在市面上所販售的產品大多以孢子狀態、菌絲繁殖體配合佐劑或增量劑包裝，由於菌量數目高，售價往往不低，且相關製劑產品櫥架壽命、菌種活力常受限於儲藏環境、溫度條件、添加物成份等因子而影響，且使用方式往往因菌種不同而有不同的使用方法及條件，此常影響田間使用的效果。因此在微生物製劑的開發上，相關繁殖技術、培養配方、生產劑型將決定微生物製劑往後之使用範圍及效果。功能性微生物製劑為新一代的生物製劑，其係將

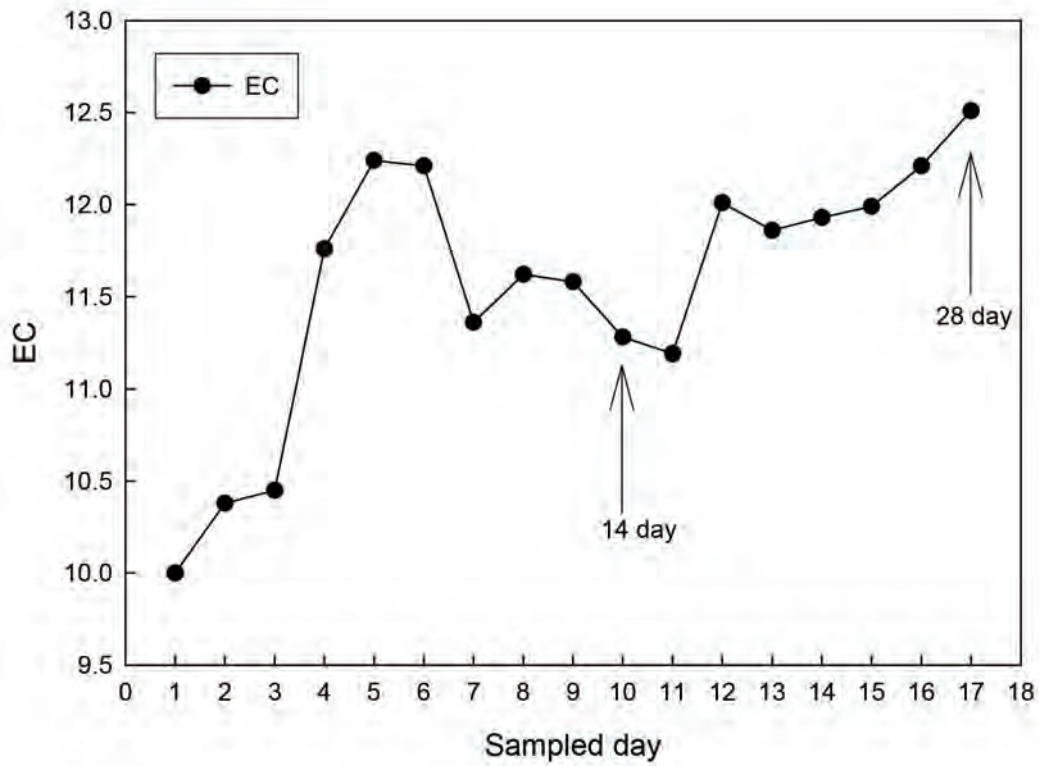
菌種結合繁殖資材及使用目的，開發出適合各種使用者不同目的的產品。不同的菌種本身在繁殖過程中即會產生多種代謝產物及衍生物，這些產物包含有供應植物生長的養份、氨基酸、荷爾蒙、抗生素及二次代謝產物等，依使用的用途可應用在農業、畜牧業、養殖業、環保、醫療、衛生消毒及再生能源等產業上，利用菌種結合功能性營養配方可產出上述多種用途的產品，新一代木黴菌微生物製劑開發的功能性微生物製劑特性與施用方法分述如下。

三、木黴菌功能性微生物製劑特性

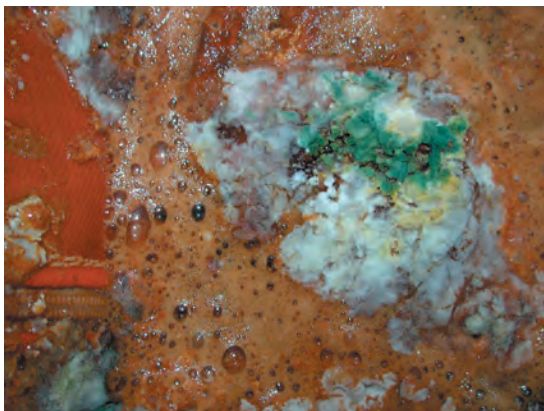
1. 菌液發酵配方：乳清蛋白 1 公斤，海草粉 0.5 公斤，糖蜜 2 公斤，水 20 公斤，木黴菌 (TCFO9768) 20 公克。
2. 氣味：發酵前糖蜜味，發酵後醬油味 (略帶酸性醋味)。
3. 顏色：發酵前糖蜜色 (黑色)，發酵後咖啡色 (黃褐色至深褐色)。
4. 發酵菌液總菌量： 1×10^9 cfu/ml 以上。



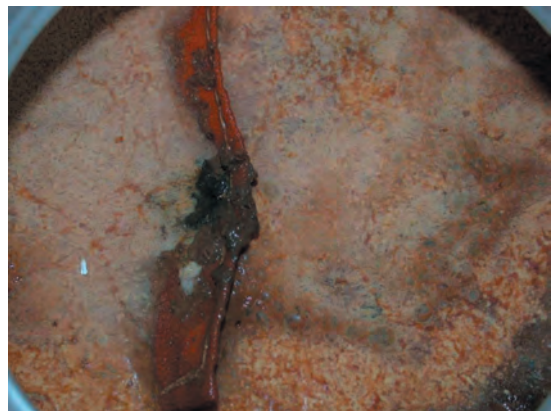
5. 菌液發酵天數 pH 值變化



6. 菌液發酵天數 EC 值變化



菌液發酵 7 天



菌液發酵 14 天

7. 菌液發酵情形

8. 成份分析：

第 14 天：pH=3.66，EC=11.96，氮 =0.14，磷 =0.03，鉀 =0.49，鈣 =0.43，鎂 =0.16。

第 28 天：pH=3.44，EC=12.27，氮 =0.11，磷 =0.04，鉀 =0.46，鈣 =0.46，鎂 =0.15。

表 1. 不同奶粉原料配方成份分析 (101/9/3 第一次取樣)

原料	pH	EC	氮 (N)	磷 (P)	鉀 (K)	鈣 (Ca)	鎂 (Mg)
			(%)				
豆奶粉	3.72	13.67	0.17	0.08	0.70	0.40	0.17
福壽奶粉	3.58	12.60	0.22	0.06	0.67	0.31	0.14
安佳雀巢	3.62	12.73	0.18	0.06	0.65	0.45	0.18
雀巢	3.74	12.42	0.14	0.05	0.66	0.42	0.18
乳清蛋白	3.55	16.10	0.25	0.11	0.90	0.46	0.20
乳清蛋白 + 幾丁質	3.56	15.43	0.18	0.10	0.94	0.43	0.18
乳清蛋白 + 蟹殼粉	3.61	16.89	0.22	0.11	0.93	0.63	0.26

發酵配方：乳清蛋白 1 公斤 (各種奶粉量依此比例置換)，海草粉 0.5 公斤，糖蜜 2 公斤，水 20 公斤，木黴菌 20 公克，甲殼素 100 公克，蝦蟹殼 200 公克

表 2. 不同奶粉原料配方成份分析 (101/9/28 第二次取樣)

原料	pH	EC	氮 (N)	磷 (P)	鉀 (K)	鈣 (Ca)	鎂 (Mg)
			(%)				
豆奶粉	3.49	19.70	0.08	0.08	0.71	0.41	0.18
福壽奶粉	3.46	18.01	0.18	0.06	0.72	0.37	0.16
安佳	3.52	18.04	0.12	0.06	0.70	0.48	0.17
雀巢	3.67	17.83	0.14	0.05	0.62	0.29	0.17
乳清蛋白	3.41	18.85	0.13	0.08	0.74	0.39	0.17
乳清蛋白 + 幾丁質	3.31	20.26	0.11	0.08	0.71	0.40	0.15
乳清蛋白 + 蟹殼粉	3.48	20.74	0.15	0.10	0.80	0.43	0.16

發酵配方：乳清蛋白 1 公斤 (各種奶粉量依此比例置換)，海草粉 0.5 公斤，糖蜜 2 公斤，水 20 公斤，木黴菌 20 公克，甲殼素 100 公克，蝦蟹殼 200 公克

表 3. 不同甲殼素原料配方成份分析 (101/9/28)

原料	pH	EC	氮 (N)	磷 (P)	鉀 (K)	鈣 (Ca)	鎂 (Mg)
			(%)				
QY	3.39	17.06	0.12	0.08	0.47	0.45	0.13
QY	3.30	18.40	0.11	0.08	0.61	0.36	0.15
甲殼素 (美國)	3.26	15.44	0.06	0.07	0.54	0.43	0.11
甲殼素 (日本)	3.19	17.17	0.11	0.08	0.62	0.31	0.11
甲殼素 (承晉)	3.31	18.49	0.11	0.07	0.56	0.41	0.15

發酵配方：乳清蛋白 1 公斤，海草粉 0.5 公斤，糖蜜 2 公斤，水 20 公斤，木黴菌 (QY)20 公克，甲殼素 200 公克

四、木黴菌功能性微生物製劑田間使用成果

(一) 功能性微生物製劑在蔬菜連作障礙克服上應用

蔬菜連作障礙克服有新招！本場利用有益微生物木黴菌接種小黃瓜幼苗，結合功能性木黴菌液態製劑與生物性堆肥的施用，可使同一塊地連續種植小黃瓜 10 期作以上。除有效克服小黃瓜連作障礙外，因使用方法簡便有效，可減少農民改良土壤的成本花費，並增加總收益達百萬元以上。

蔬菜連作障礙常發生於蔬菜栽培專業區及溫網室栽培區，其起因在於栽培區連作同種或近似的蔬菜作物，並因大量使用化學肥料及農藥，使栽培地的土壤鹽份累積超過土壤本身所能忍受緩衝的限度，造成鹽份累積土壤酸化，影響作物正常生理表現，而化學農藥的超量使用，加速病蟲害防治標的物的演化，產生了抗藥性的病菌與害蟲，再加上未轉作或輪作它種作物，而使作物連作障礙發生，並因這些因素，而使得蔬菜生長不良，品質欠佳，產量銳減，影響農民收益甚鉅。農友們為改善此問題常以淋洗或灌溉洗鹽、換土及高溫消毒等方式直接進行土壤或栽培介質改良，但這些方法除耗費人力、物力及金錢外，改善連作障礙的效果有限。

運用木黴菌接種小黃瓜幼苗，木黴菌會與小黃瓜根系共生並在根系外圍形成一保護層，可避免連作田區土壤或介質累積的鹽份影響根系生長。木黴菌並會吸收這些鹽份轉而提供給小黃瓜生長使用，因此可使小黃瓜生長快速，並能

促進生長、增加開花結果數量及提昇品質。結合功能性木黴菌液態製劑與生物性堆肥的施用更能延長小黃瓜採收期達 2~3 個月以上！相關技術亦已應用於小番茄、牛番茄、洋香瓜、彩色甜椒、苦瓜及茄子等作物上。相關操作技術方便且價廉質優，已成為精緻農業農友克服連作障礙使用的新利器。



連作障礙常導致全區植株萎凋 農民血本無歸



運用木黴菌接種幼苗可保護根系免受土壤鹽份影響



田間施用技術方便



小黃瓜接菌後克服連作障礙生長快速



功能性木黴菌液態製劑可增加小黃瓜開花結果數量及提昇品質



小黃瓜幼苗接種木黴菌可減少根部病害
(左：未接種、右：接種木黴菌)

溪州陳班長運用功能性木黴菌液態製劑同一塊地連續種植小黃瓜 10 期作以上



功能性木黴菌液態製劑可配合農友使用習慣施用



草屯洪農友使用功能性木黴菌液態製劑 設施連作 2 期小黃瓜後種植小番茄不受連作障礙影響 植株生長建壯 產量豐碩



謝農友的苦瓜使用功能性木黴菌液態製劑後連續採收 1 年以上



埔心張班長的茄子園使用功能性木黴菌液態製劑後連續採收 1 年 同一塊田並可連種茄子 3 年

圖 3. 功能性微生物製劑在蔬菜連作障礙克服上應用

(二) 有機液菌肥在瓜果與茄果類蔬菜介質栽培之應用技術

蔬菜連作障礙常發生於蔬菜栽培專業區及溫網室栽培區，其起因在於栽培區連作同一種蔬菜作物，常因大量使用化學肥料及農藥，使栽培地的土壤或介質鹽分累積超過其本身所能忍受的緩衝限度，導致鹽分累積，土壤或介質酸化，影響作物正常生理表現；而化學農藥的超量使用，除農藥殘留量外、也產生了抗藥性的病菌與害蟲，而使得蔬菜生長不良，品質欠佳，產量銳減，影響農民收益甚鉅。過去農友們為改善此問題，常以淋洗或灌溉洗鹽、換栽培土及高溫消毒等方式直接進行土壤或栽培介質改良，但這些方法除耗費人力、物力及金錢外，其實改善連作障礙的效果有限。

運用木黴菌 TCT 111 有機液菌肥當介質處理劑及育苗接種劑，其處理方法為每期作介質水洗降低鹽份後，在定植前處理 TCT 111 有機液菌肥 200 倍，定植小黃瓜幼苗後連續 7 天僅澆灌 500 倍 TCT 111 有機液菌肥不施化學肥料，如此處理 7 天根系發育好後再開始供肥。如此處理可使連續種植之小黃瓜每期作成活率皆高達 97% 以上，採收期可延長 2 星期 ~1 個月以上，產量能增加 25% 以上。夏、秋二季種植的小番茄苗期處理木黴菌 TCT 111 有機液菌肥配合本場所研發的高磷鉀有機肥，可減少植株死亡率 30~50%，產量提昇 20% 以上。這

些作物搭配本場新開發的甲殼素合劑葉面施用，可抑制小黃瓜白粉病及露菌病之危害，並可減輕小番茄夏季高溫缺鈣所產生的尻腐病與高鉀產生皮薄易裂的問題。除有效克服小黃瓜等作物連作障礙外，因使用方法簡便有效，可減少農民改良土壤的成本花費，並增加每年每分地總收益達 30 萬元以上。

運用木黴菌 TCT111 有機液菌肥處理介質後，除可抑制土壤或介質中的壞菌外，這些有益菌會與小黃瓜等作物的根系共生並在根系外圍形成一保護層，此特性類似外生菌根，可避免連作田區土壤或介質累積的鹽分影響根系生長。此外，根系外的木黴菌菌絲會吸收並轉化這些鹽分而提供給小黃瓜等作物生長使用，因此可使小黃瓜生長更快速，並能增加開花結果數量及提昇品質。研究人員指出在整地與作物生長結果期結合功能性木黴菌與生物性高磷鉀有機堆肥的施用，更能延長小黃瓜採收期達 1 個月以上！本項技術亦已應用於小番茄、牛番茄、洋香瓜、彩色甜椒、苦瓜及茄子等作物上，此功能性微生物製劑施用方便且價廉質優，已成為精緻農業生產者克服連作障礙的新利器。

近年來由於設施蔬菜產值高，是新進農民與青年農民從農的首選，這些農民種植的設施蔬菜普遍以連續採收型的茄果及瓜果等高經濟價值作物為主，而連作障礙、病蟲害防治及農藥殘留疑慮等問題會影響其從農意願。此次推廣有機液菌肥在設施茄果、瓜果類作物的施用技術，可生產優質安全的產品，除增加農友的收益外，並能減少連續採收型作物農藥殘留的問題，重新恢復消費者的信心。



連作障礙常導致全區植株萎凋 農民血本無歸



田間施用木黴菌 TCT111 有機液菌肥處理連作介質



介質施用有機液菌肥後可克服小黃瓜連作障礙



有機液菌肥施用後小黃瓜根系生長旺盛



木黴菌有機液菌肥施用後液態製劑可增加小黃瓜開花結果數量及提昇品質



小黃瓜幼苗接種木黴菌有機液菌肥可減少根部病害(左:未接種、右:接種木黴菌有機液菌肥)



東勢邱班長運用木黴菌有機液菌肥後可連續種植小黃瓜



功能性木黴菌液態製劑可配合農友使用習慣施用



夏、秋二季種植的小番茄處理木黴菌 TCT 111 有機液菌肥可增加開花著果率並可減輕夏季高溫缺鈣所產生的尻腐病與高鉀產生皮薄易裂的問題

圖 4. 有機液菌肥在瓜果與茄果類蔬菜介質栽培之應用技術

(三) 木黴菌製劑及甲殼素合劑在番茄之施用效果

番茄耐寒抗病有新招！綜合應用本場研發的木黴菌製劑及甲殼素合劑在連續採收的小果番茄上，先利用有益微生物木黴菌接種嫁接小果番茄幼苗，再結合整地與田間管理時施用生物性堆肥、田間植株施用木黴菌製劑及甲殼素合劑，不但克服了年初以來幾波寒流的侵襲，也減少嫁接番茄根砧的生育障礙與病蟲害的危害，生產出優質安全味美的農產品。因使用方法簡便有效，可延長採收期及減少農民栽培時的成本花費，同時增加 20% 的產量並增加每分地每期作總收益在 50 萬元以上，讓農友收穫滿滿，笑逐顏開。

近年來在茄科作物栽培上，因番茄嫁接茄子根砧有降低青枯病之效果，嫁接苗遂普遍被農民所採用，希望藉由嫁接技術的操作，來提高作物克服土傳病害的抗性，以克服連作障礙及提升產量與品質。但因所採用的茄子根砧特性，其在養份輸送常因嫁接親合性的問題而影響產量與品質，而冬季低溫障礙對茄子根砧影響上常使栽種的小果番茄生長與產量受阻，影響農友收益甚鉅，尤其以低溫寒流來襲時所導致植株整株葉片黃化等現象最為嚴重，而番茄嫁接苗在連續低溫情形下，因地溫太低 (15°C 以下) 導致根砧茄子根系上的根毛僅能藉由運輸作用的水份吸收氮素及鉀離子，而鈣、鎂及其他微量元素則因與鉀離子產生拮抗無法吸收，但因地上部葉片受陽光照射仍持續進行光合作用，此時因根砧無法吸收二價與三價微量元素，植株遂竊取果實內的養份與鈣、鎂等微量元素，供應植株新梢與花序生長所需，因而導致番茄果實缺鈣裂果、糖度下降及轉色不良。如此時農友為加強果實品質施用過多鉀肥，則會使植株加速老化、抗病力下降、開花及著果率下降及加重落果及裂果情形發生。如遇到寒流來襲，過多的鉀鹽與氮素會在葉片的葉肉中形成冰霜結晶造成葉片壞疽狀的寒害徵狀。如在設施內水份太高的情形下，過多的鉀鹽會隨點泌作用從葉片的水孔排出，此時如遇寒流則鉀鹽與氮素會在葉片的邊緣中形成冰霜結晶造成葉緣水浸狀壞疽的寒害徵狀。二種寒害情形皆會影響番茄植株生長，且因此時植株須大量的鈣、鎂及磷等元素與養份進行組織修護，而在根砧茄子根系無法作用的情形下，會導致大量葉片黃化與落果情形發生，造成農友重大的損失。

本場所研發的木黴菌產品，應用在設施蔬果的栽培上，已可有效克服實生

苗連作障礙與嫁接苗的養份輸送及低溫障礙，生產出優質安全的農產品。本次示範區運用木黴菌生物性堆肥(大自然基肥)當土壤處理劑，每分地施用 30 包，配合整地作業先將堆肥打入土中。其後番茄種苗種植前先以木黴菌育苗接種劑 100 倍澆灌，可使種植之小番茄實生苗與嫁接苗每期作移植成活率皆達 100%，除減少植株死亡率 30~50% 外，搭配木黴菌有機液菌肥 100 倍之澆灌及葉噴並可減少裂果、延長採收期進而提昇產量高達 20% 以上。冬季小果番茄搭配本場新開發的甲殼素合劑 100 倍葉面施用，除可抑制白粉病、葉黴病及粉蝨之危害，並可減輕嫁接番茄根砧冬季低溫所產生的生理障礙。在今年初幾波強烈寒流來襲時甲殼素合劑的施用有效保護番茄植株與葉片未產生寒害現象，並克服其後的連續低溫影響。於早上 8 點左右施用甲殼素合劑 100 倍於葉片上，可在持續低溫影響根砧養份吸收的情形下，由葉面供給養份讓植株吸收維持正常的生長開花結果功能，因而讓農友栽種的小果番茄仍有正常的產量與品質，除使田間小果番茄成功抵禦幾波寒流、克服生育障礙與病蟲害外，同時延長採收期一個月及增加 20% 以上的產量。



嫁接番茄因低溫障礙影響養份吸收導致葉片黃化



嫁接小果番茄因寒流影響產生葉片壞疽徵狀



嫁接番茄因低溫障礙影響開花與新芽生長



嫁接番茄因低溫障礙影響葉片黃化嚴重



近年來在茄科作物栽培上嫁接苗普遍被農民所採用



番茄種苗種植前先以木黴菌育苗接種劑處理可提高存活率並促進生長





彰化縣埔鹽鄉莊農友使用木黴菌製劑及甲殼素合劑有效保護小果番茄植株不受寒害，得以正常開花、結果，收穫滿滿，笑逐顏開

圖 5. 木黴菌製劑及甲殼素合劑在番茄之施用效果

(四) 甲殼素合劑在設施蔬菜白粉病之防治效果

甲殼素在農作物栽培上，利用其抑菌性，可促進植物生長、活化植物免疫力、增加抗病能力，間接達成防治病蟲害的效果，在使用實務上可用葉面噴灑、種子浸泡或混入土壤等方式來達成其作用，是一種純天然的病蟲害抑制劑。也可添加在飼料中，增強牲畜的健康，亦可作為有機肥料的添加劑，提昇其效能。甲殼質在地球上蘊藏量非常豐富，舉凡蝦、蟹、昆蟲、蟑螂等甲類動物及磨菇等植物皆含有甲殼質，但在製造實務上，主要係以蟹腳或蝦殼為原料。甲殼質在製造過程中首先係製成甲殼素(即 chitin)，甲殼中除含有甲殼素外，尚有碳酸鈣及脂肪、蛋白質、色素等物質，故在製程中，一般以弱酸去除碳酸鈣、以弱鹼去除蛋白質及脂肪，之後再日曬或藥劑脫色，烘乾後即獲得接近白色之甲殼素(chitin)，由於甲殼素並不溶於水，也不溶於弱酸或弱鹼，故在應用上限制較多。將甲殼素再以濃鹼在高溫下浸煮一段時間後，即產生脫乙醯作用，經過脫乙醯化以後的產品，即稱為甲聚醣或幾丁聚醣(chitosan)。甲聚醣不溶於水，但可溶於稀醋酸、鹽酸、乳酸等有機酸中，以一般食用米醋或白醋亦可輕易溶解，故可開發做為各類用途。但前述相關處理皆需用大量化學強酸鹼藥劑處理，所造成廢水廢料問題除安全問題外亦造成環境污染，而製造過程中大量原料的損耗亦是一大問題。

本研究利用微生物分解方式處理甲殼質，藉由微生物發酵作用系統先分解碳酸鈣、蛋白質及脂肪，再利用該系統產生具作用活性效果的幾丁聚醣合劑，除可減少製程材料的損耗外並且可減少環境污染。幾丁聚醣合劑製備後靜置，隨置放時間增加，其內微生物數量隨之減少，7個月後部份製劑其內微生物含量為0。以濾紙法測試各製劑有無抑菌之代謝物質，測試後發現其內含之代謝物質無法抑制真菌、酵母菌與細菌之生長。將立枯絲核菌菌絲塊切取5mm大小後浸泡到各甲殼素合劑內，30分鐘後取出置於PDA平板，以觀察其抑菌效果，各處理皆可抑制立枯絲核菌菌絲之生長，消毒與未消毒滅菌處理皆俱抑菌生長效果。結果顯示本研究所開發的幾丁聚醣合劑抑菌作用和所添加菌種與發酵代謝產物無關，而與其形成之幾丁聚醣有關，且可應用在植物病害防治上使用。為了解其防治病害種類與效果，後續試驗即針對瓜類白粉病進行測試。

在白粉病的防治上，化學藥劑防治一直是農友所倚賴的防治方法，但相關藥劑普遍有形成藥斑、降低農產品品質、動物毒性顧慮及抗藥性產生等問題。本研究利用所研發的幾丁聚醣合劑來降低設施栽培內洋香瓜白粉病之危害，並以液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) TCB102-B7、TCB9407、WG6-14、枯草桿菌 (*B. subtilis*) TKS-1 等菌株及木黴菌 (*Trichoderma asperelloides* TCTr668) 結合幾丁聚醣合劑進行防治試驗，另以10.5%平克座水基乳劑為對照藥劑。田間試驗結果發現，在發病初期，單獨施用各供試菌株與平克座皆無法有效防治白粉病，添加展著劑施用後則以幾丁聚醣合劑 (TCT-LC) 防治效果最佳，防治率可達98%，且效果可維持3~4周。各供試菌株與幾丁聚醣合劑混合施用後，可有效降低洋香瓜白粉病之危害，發病率可由90%降至10~30%，分析葉片上液化澱粉芽孢桿菌與枯草桿菌菌量發現，混合幾丁聚醣合劑 (TCT-LC) 處理者其菌量比未混合者高 $1\sim3 \times 10^2$ cfu/ml。於洋香瓜白粉病發生嚴重時以葵無露、可濕性硫磺、平克座、80%碳酸氫鉀、水及甲殼素合劑施用於葉片上，以葵無露防治效果最佳，其次為幾丁聚醣合劑，其餘處理則皆無法有效控制洋香瓜白粉病菌之危害，部份藥劑則對植株葉片及新梢造成藥害。由結果顯示，在洋香瓜白粉病發病初期施用幾丁聚醣合劑可有效控制白粉病菌危害。本研究所開發的幾丁聚醣合劑擴大施用範圍測試，在胡瓜、南瓜及茄科作物的白粉病及

多種作物的露菌病防治皆有效果，最近新研發的甲殼素合劑^{PLUS}防治效果更顯著，並可針對露菌病與葉黴病有防治效果，未來相關產品登記上市後將極具市場競爭力。



圖 6. 甲殼素合劑在設施洋香瓜白粉病之防治效果 (左：對照組，右：處理組)



圖 7. 甲殼素合劑施用後可減少胡瓜露菌病 (a,b)、洋香瓜白粉病 (c,d) 及番茄葉黴病 (e,f) 危害 (左：處理組, 右：對照組)

結語

運用功能性微生物製劑在設施蔬菜的栽培管理中，本場藉由多年的田間試驗已證實根棲細菌 *Streptomyces* sp. RS70 及木黴菌 *Trichoderma asperellum* TCT-N 系列菌株可減少作物栽培上的病害問題，且可增強作物自身的免疫防禦能力，部份菌株的抑病能力強過目前市面上所販售的防治藥劑，對連續採收期作物將可減少農藥殘留問題。這些微生物除防治病害的功能外，結合營養物質的發酵產品對作物根系發育有極大助益，可幫助養份吸收利用，促進作物生長，提昇品質與產量，這些功能是其它生物製劑所無法比擬。使用所研發的微生物製劑除能增加農友的栽培信心外，並可改善連作障礙，對未來設施蔬菜的推廣將是一大利器，也可以提供設施蔬菜栽培減少農藥肥料的友善農耕新技術。

參考文獻

1. 安寶貞、羅朝村、謝廷芳、黃秀華 1999 作物病害之非農藥防治 農委會、農林廳編印 臺中。
2. 蔡宜峰、陳俊位、陳彥睿 2005 木黴菌在堆肥製作及應用於介質耕玫瑰之研究 p.119-128. 有機肥料之施用對土壤與作物品質影響研討會論文集 台大農化系編印 臺北。
3. 蔡宜峰、陳俊位 2007 生物性堆肥之菌種開發與應用 農業生技產業季刊 12: 35-41。
4. 羅朝村 1997 木黴菌在作物病害管理上的應用 p.57-62. 有益微生物在農業上的應用研討會專刊。
5. 羅朝村 1999 生物防治在作物病害上的應用與展望 台灣農業 35(1): 11-22。
6. 羅朝村 2000 生物性農業藥劑之研發與應用 生物資源、生物技術 2(3): 9-12。
7. 羅朝村 2001 木黴菌之分類與應用 p.134-139. 第五屆海峽兩岸真菌學術研討會。
8. 羅朝村、石信德、顏志恆 2005 拮抗生物與有益微生物 永續農業 22(6): 20-24。
9. 羅朝村、謝建元 2005 有效的人海戰術—木黴菌的應用 科學發展 391: 34-39。
10. 羅朝村 2006 木黴菌之簡介與應用 農業生技產業季刊 8: 17-19。
11. 陳俊位、鄧雅靜、曾德賜 2009 功能性微生物製劑在有機作物栽培病害管理上之應用 p. 447-181. 陳榮五、白桂芳、蔡宜峰主編 有機農業產業發展研討會專輯 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。

12. 陳俊位、蔡宜峰、鄧雅靜、曾德賜 2012 農業有益微生物研發與應用 p.165-196. 廖君達、陳裕星、張致盛 主編 國際有機農業產業發展研討會專刊 行政院農業委員會臺中區農業改良場編印。
13. 陳俊位、鄧雅靜、蔡宜峰 2014 木黴菌在作物病害防治的開發與應用 p.87-116. 廖君達、白桂芳、張致盛 主編 農業生物資材產業發展研討會專刊 行政院農業委員會臺中區農業改良場 編印。
14. Altomare, C., W. A. Norvell, T. Björkman and G. E. Harman. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Appl. Env. Microbiol.* 65:2926-2933.
15. Burges, H. D. 1998. Formulation of Microbial Biopesticides: Beneficial microorganisms, nematodes and seed treatments. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, Netherlands.
16. Chaverri, P., L. A. Castlebury, B. E. Overton and G. J. Samuels. 2003. *Hypocrea/Trichoderma*: species with conidiophore elongations and green conidia. *Mycologia* 95 : 1100–1140.
17. Druzhinina, I., S. V. Seidl-Seiboth, A. Herrera-Estrella, B. A. Horwitz, C. M. Kenerley, E. Monte, P. K. Mukherjee, S. Zeilinger, I. V. Grigoriev and C. P. Kubicek . 2011. *Trichoderma*: the genomics of opportunistic success. *NATURE REVIEWS* 9: 749-759.
18. Elad, Y. and A. Kapat. 1999. The role of *Trichoderma harzianum* protease in the biocontrol of *Botrytis cinerea*. *Eur. J. Plant Pathol.* 105:177-189.
19. Francesco V., S. Krishnapillai, L. G. Emilio, M. Roberta, L. W. Sheridan, and L. Matteo . 2008. *Trichoderma*–plant–pathogen interactions. *Soil Biology & Biochemistry* 40 : 1–10.
20. Hanson, L. E., and Howell, C. R. 2004. Elicitors of plant defense responses from biocontrol strains of *Trichoderma virens*. *Phytopathology* 94:171-176.
21. Harman, G. E. 2000. The myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* strain T-22. *Plant Dis.* 84:377-393.
22. Harman, G. E., C. R. Howell, A. Viterbo, I. Chet and M. Lorito .2004. *Trichoderma* species -opportunistic, avirulent plant symbionts. *NATURE REVIEWS* 2:43-56.

23. Harman, G. E. and C. P. Kubicek. 1998. *Trichoderma and Gliocladium, Vol. 2, Enzymes, Biological Control and Commercial Applications*. Taylor & Francis, London. 393 pg.
24. Hall, F. R. and J. J. Menn. 1999. *Biopesticides: Use and Delivery*. Humanna Press Inc., Totowa, NJ, USA.
25. Hayes, C. K., Peterbauer, C., Tronsmo, A., Klemsdal, S., and Harman, G. E. 1993. Antifungal chitinolytic enzymes from *Trichoderma harzianum* and *Gliocladium virens* purification, characterization, biological activity and molecular cloning. In Muzzarelli, R. A. A. (ed). *Chitin Enzymology*. Eur. Chitin Soc., Ancona, Italy. p.383-392.
26. Hermosa, R., A. Viterbo, I. Chet and E.Monte. 2012. Plant-beneficial effects of *Trichoderma* and of its genes. *Microbiology* 158: 17–25.
27. Howell, C. R., L. E.Hanson, R. D. Stipanovic and L. S. Puckhaber. 2000. Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. *Phytopathology* 90:248-252.
28. Jin, X., C. K. Hayes and G. E. Harman. 1991. Principles in the development of biological control systems employing *Trichoderma* species against soil-borne plant pathogenic fungi. p. 174-219. In: G. C. Leatham. (ed.). *Frontiers in Industrial Mycology*. Chapman and Hall, Inc., London.
29. Kubicek, C. P. and G. E. Harman. 1998. *Trichoderma and Gliocladium. Vol. 1. Basic Biology, Taxonomy and Genetics*, Taylor & Francis, London. 278 pp.
30. Lo, C. T., E. B. Nelson and G. E. Harman. 1996. Biological control of turfgrass diseases with a rhizosphere competent strain of *Trichoderma harzianum*. *Plant Dis.* 80: 736-741.
31. Lo, C. T. 2001. Development and application of *Trichoderma* spp. for plant disease control in Taiwan. p. 85-96. In: Tzeng, D. S. and J. W. Huang (eds.). *International symposium on biological control of plant disease for the new century-model of action and application technology*, Taiwan.
32. Mala, M. , K. M. Prasun, A. H. Benjamin, Z. Christin, B. Gabriele and Z. Susanne.

2012. Trichoderma–Plant–Pathogen Interactions: Advances in Genetics of Biological Control. Indian J. Microbiol . 52(4):522–529.
33. Papavizas, G. C. 1992. Biological control of selected soil borne plant pathogens with *Gliocladium* and *Trichoderma*. p. 223-230. In: Tjamos, C., G. C. Papavizas and R. J. Cook (eds.). Biological Control of Plant Diseases: Progress and Challenges for the Future. Plenum Press, New York.
34. Pratibha S., K. P. Vignesh, R. Ramesh, K. Saravanan, S. Deep, M. Sharma, S. Mahesh and S. Dinesh. 2011. Biocontrol genes from *Trichoderma* species: A review. African Journal of Biotechnology Vol. 10(86) : 19898-19907.
35. Samuels, G. J. 2006. *Trichoderma*: Systematics, the sexual state, and ecology. Phytopathology 96:195-206.
36. Sanjeev, K. 2013. TRICHODERMA: A Biological weapon for managing plant diseases and promoting sustainability. Int. J. Agrl. Sc. & Vet. Me : Vol. (1) 106-121.
37. Weindling, R. 1934. Studies on a lethal principle effective in the parasitic action of *Trichoderma lignorum* on *Rhizoctonia solani* and other soil fungi. Phytopathology 24: 1153-1179.
38. Yedidia, I., N. Benhamou and I. Chet. 1999. Induction of defense responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. Appl. Environ. Microbiol. 65:1061-1070.

Development and Application of Trichoderma Biological Agents on Facilities Vegetables

Chein-Wei Chen

Researcher of Taichung District Agricultural Research and Extension Station, COA.

chencwol@tdais.gov.tw

Abstract

Facilities vegetables in the domestic promotion has been for many years, but pest control, fertilizer management technology and environmental temperature stress has been a problem for farmers. Functional micro-organism agents for the recent development of new prevention and control materials, scholars have found that a variety of micro-organisms have pest control effect and decomposition of organic materials, in addition to can be applied to pest control and agricultural resources. And has the function of promoting plant growth, nutrient uptake and disease suppression, and it has recently been found that it can induce systemic resistance to plants, and incidence of pathogen infection is significantly reduced the degree of damage, for the application of vegetable cultivation of new product development areas. In these microbes, Trichoderma is an effective microbial population for disease control. In recent years, *T. asperellum* has been developed in addition to disease prevention and control. Strong ability to help crop root development, can increase the survival rate of transplantation, and in addition to reducing seedling disease and help crop growth resistance to adversity, then developed into Trichoderma seedling agent. In addition to the quality of composting media, it can induce a variety of beneficial effects, such as animal waste, bagasse, sawdust and other substances. Microbes, because it contains a large number of beneficial microbial groups such as Trichoderma and Streptomyces, etc., can make the quality of related products and stability, and because of its beneficial microorganisms can be clustered crop ring, with plant roots symbiotic Promote nutrient absorption capacity, can achieve the purpose of promoting plant growth. The use of organic materials developed by the functional microbial agents, in addition to providing the necessary nutrients for crop growth, with special ingredients such as seaweed powder, chitin or diatomaceous earth liquid fermentation agent can produce laminoprene (laminarin),

chitosan and water-soluble silicon disease prevention and control of the preparation of the facilities for continuous cultivation of crop leaf disease with control effect. In the process of crop cultivation and management, combined with Trichoderma and other microbial strains, biological compost or medium and functional microbial agents integrated management, can promote plant growth, help nutrient absorption and inhibit the occurrence of disease and other benefits, the recent discovery of its can induce plant systemic resistance, in addition to the disease and the extreme weather resistance to stress, in addition to reducing crop losses and can increase farmers' cultivation confidence, and can improve the facilities of vegetable crops due to continuous cropping caused by poor growth, quality is not Good shortcomings. In the process of crop cultivation and management, combined with Trichoderma strains, biological compost or medium and functional microbial agents integrated management, can promote plant growth, help nutrient absorption and inhibit the occurrence of disease benefits, the recent discovery of its ability to induce Plants produce systemic resistance, in addition to disease and resistance to extreme weather resistance, in addition to reducing crop losses and can increase the farmers' cultivation confidence, and improve the facilities of vegetable crops due to continuous cropping caused by poor growth, poor quality Shortcomings, for the future promotion of facilities cultivation of new technologies.

Keywords: Microbial agents, facilities vegetables, Trichoderma, Streptomyces.

水耕蔬菜之病蟲害防治實務

趙佳鴻、許晴情

行政院農業委員會臺中區農業改良場副研究員、助理研究員

chiahung@tdais.gov.tw

摘要

水耕蔬菜栽培系統優點包括不受季節影響、集約栽培、占地少、產量高、適合機械化、更有效利用水分及肥料及避免很多病蟲害發生的風險等。本文以彰化地區水耕蔬菜栽培場為調查對象，主要介紹其常發生之病蟲害種類如軟腐病、根腐病、疫病、蚜蟲等害物及其防治方法，並針對現行化學藥劑防治病蟲害應注意的規定事項、動植物防疫檢疫局所推動之「免登記植物保護資材」制度與資材種類、避免種子帶菌的蔬菜種子消毒技術做歸納整理與說明，供農民參考。

關鍵字：水耕蔬菜、病蟲害、防治

前言

水耕栽培是一種不使用土壤的種植植物的技術，只透過水攜帶提供植物生長所需的營養成份，或是兼使用支撐植物根部的材質，例如：珍珠岩、礫石、木質纖維、砂粒、泡棉、礦棉等。水耕栽培蔬菜可分為葉用、果菜及瓜菜三大類，葉菜類有高莖、京都水菜、日本油菜、小白菜、莧菜、芥藍、青江菜、菠菜、蕹菜、茼蒿、芫荽、芹菜等，果菜者如：番茄、辣椒、青椒、茄子等。瓜菜者如：小黃瓜、絲瓜等。水果有草莓、哈密瓜、香瓜、小番茄等。一般常見之水耕栽培系統常是固定架式，根據最近訪查中部地區水耕栽培戶發現以動態浮根式水耕栽培為主。動態浮根式水耕栽培技術具有下列優點：(1) 工廠化的生產規模。(2) 企業化的經營理念。(3) 精緻化的產品品質。(4) 不懼颱風豪雨之干擾。(5) 不怕病蟲害之威脅。(6) 無視高水溫及低溶氧之限制。(7) 投資成本由小而大。(8) 組合式溫室可自行搭建。(9) 矮架溫室抗風力強且通風性佳。(10) 氣根式栽培床具氣根誘引性。(11) 養液配方無專一性。(12) 漸近濃度之肥培管理。(13) 周年性產量穩定(14) 豐產性。本文主要以彰化地區水耕栽培業者為對象，調查其所栽培之蔬菜常發

生之病蟲害及防治技術，探討防治實務的策略以及所面臨的問題，供業者實際運用。

水耕葉菜類常見之病蟲害

所調查彰化地區水耕栽培戶主要種植葉菜類有萵苣(奶油萵苣、皺葉萵苣、紅劍齒萵苣、小羅蔓萵苣、紅葉萵苣、紅捲皺葉萵苣等)、繖形花科山芹菜及十字花科的小松菜(日本油菜)、白菜、京都水菜等，其中以萵苣栽培面積最大。常見的病害有下列數種：

一、細菌性軟腐病：

- (一)病徵：在各種寄主上所表現的病徵皆非常相似。最初在組織上出現水浸狀的小斑點，然後很快加深加寬，病組織開始軟化，變色，起皺，進而軟腐，流出粘液。病斑邊緣初期界限明顯，至後期亦變得模糊不清。在一般情形下，病組織通常會裂開，然後流出粘稠的液體。但某些果實及塊根，可能外表看來完整，而內部已腐爛分解成混濁的液體。大部分寄主得到軟腐病時，幾乎沒什麼味道，但如果第二種細菌侵入腐生，則產生惡臭。十字花科蔬菜與洋蔥，得到軟腐病，則通常產生一般硫磺臭味。
- (二)在臺灣常見之作物細菌性軟腐病主要是由 *Pectobacterium carotovorum* subsp. *Carotovorum* (Pcc)所引起，其中 Pcc 最適生長溫度為 28~30°C，普遍存在於各地，寄主範圍廣泛，可引起大部分蔬菜之軟腐。
- (三)環境因素為影響軟腐病發生之重要因子，本病在高溫和多濕的環境，最利於發生。尤其在高溫多濕只需較低之病菌濃度，即可造成寄主組織的腐爛。是以在初夏和初秋連續溫暖和多雨的日子，軟腐病便在萵苣、白菜、甘藍及芹菜等嚴重發生。本病菌無法自行侵入寄主組織內，感染主要係藉由採收或修剪時造成之傷口或由線蟲、昆蟲或真菌所造成的傷口侵入，因此不當之採收動作與生理不適，如霜害、過熱與生長裂縫等造成之傷口，皆有利於軟腐病菌之侵入。必須經由傷口始可進入寄主。此外潮濕之環境亦適合病原菌的散播，因高濕的環境可使葉片皮孔保持張開，因而提供細菌侵入之管道。
- (四)防治方法：1. 避免密植，維持良好通風與排水，拔除並銷毀病株。2. 依據植物保護手冊可選擇施用菊科葉菜類細菌性軟腐病或十字花科蔬菜細菌性軟腐病防治藥劑。3. 採收時盡量避免不必要的傷口，切口應保持乾燥，採收後之產品保

存於低溫低濕之環境中。

二、水耕蔬菜蔬菜根腐病

- (一) 病徵：腐黴菌主要危害幼苗期，植株成長後較少發生。植株受害時，初期莖部靠近地際部份出現水浸狀變色斑點，病斑顏色迅速加深後呈黑色，病斑組織細胞亦迅速崩解，導致幼苗之莖基部變細及軟化，植株因而倒伏，加以維管束組織被破壞水分運輸受阻，故植株亦可見呈萎凋狀，嚴重時植株倒伏後，病勢繼續擴展，終致死亡。若成株被害時，則僅在莖上形成小病斑，但如病斑擴大至環繞莖時，則可引起植株萎凋、死亡。本病之發生受環境因子影響甚大，其中以濕度影響最為明顯。
- (二) 病原菌：腐黴病病原菌為 *Pythium* sp.，屬藻菌類卵菌綱露菌目腐霉病菌科真菌，主要特徵為菌絲管狀，無橫隔膜，分枝極旺盛，在培養基上生長快速。菌絲生長後期於菌絲尖端形成似囊狀構造之胞囊，胞囊通常為球形，橢圓形或卵圓形，成熟之胞囊頂端形成一囊胞，囊內之原生質流入空胞內，並分化為游走子釋出；游走子可在水中游動數分鐘後停止，並發芽產生發芽管藉以侵入寄主細胞。
- (三) 發病環境：本病病原菌分布極為廣泛，普遍存在於土壤及水中，亦可以腐生狀態存活於植株殘體中，當環境適合時或栽植感病寄主時，即可侵入寄主造成感染，腐霉菌在水耕栽培上是嚴重的病原菌，主要的原因就是它會產生游走子，因此水中的環境便適合它們的散佈。
- (四) 防治方法：1. 施用一般的種子處理藥劑或避免密植，皆可有效降低幼苗期之損害率。2. 保持田間良好排水，切忌積水。3. 在水耕培養液內加入 0.58ppm 之 58% 鋅錳滅達樂可濕性粉劑，再種植蔬菜即可有效防治水耕蔬菜根腐病。

三、蔬菜疫病

- (一) 病徵：本菌可引起植株根腐、基腐、冠腐或莖腐等現象，一般在蔬菜類常見的病徵是植株地基之莖部，呈現暗色水浸狀之病斑。病斑向四周擴大，如果植株較細小或多汁液，則暗色病斑迅速環繞整個莖部，致使下位葉開始脫落，終致植株萎凋死亡。在病斑周圍有時會出現白色黴狀物。如果游走子被雨水濺至高處之莖部、枝條或果實上，則可在這些部位造成感染。有些新鮮的果實，在潮濕之帶菌土上，則可被感沒而腐爛。台灣的蔬菜疫病有很多的病害。疫病的共

同病徵是：受害部呈現水浸狀斑，並於高濕時出現白色霜黴物。

- (二)病原菌：引起水耕蔬菜疫病的疫病菌有下列常見的種：1. 甜椒疫病 (*Phytophthora capsici*)，2. 胡瓜、香瓜疫病 (*Phytophthora melonis*)，3. 馬鈴薯、番茄晚疫病 (*Phytophthora infestans*)，4. 茄子果腐疫病 (*Phytophthora capsici*, *P. parasitica*) 及番茄果實疫病 (*P. capsici*) 兩者。
- (三)發病環境：本病在雨後即會發生。由於疫病菌生長及孢子發芽溫度範圍極廣，屬於亞熱帶的台灣，全年皆會發生本病。秋冬溫度低雨量少，其傳播多靠根之接觸及灌溉水，蔓延速度較慢。春夏高溫多雨，本病發生後即產生大量孢囊。其游孢子隨風雨飛濺感染其他健株，病勢蔓延極為驚人。雨季在台灣很難栽培甜椒、胡瓜、茄子等蔬菜作物，主要就是因為疫病的緣故。
- (四)防治方法：1. 選栽抗病或耐病品種。2. 做好灌溉及排水管理，減少病害發生。3. 藥劑防治：依據植物保護手冊，選擇種植作物疫病的防治藥劑，例如葫蘆科作物疫病可選擇以 35% 依得利可濕性粉劑 2000 倍液或 25% 依得利乳劑 1500 倍，病害發生初期開始施藥，必要時隔 7 天施藥 1 次。

四、蔬菜立枯病

- (一)病徵：在大部分寄主上所引起最普遍的病徵是幼苗立枯及生長中或已成長植物之根腐，莖腐或莖部潰瘍等。在部分寄主上，則引起貯藏器官之腐爛，葉枯或葉斑等病徵。幼苗立枯病主要發生在冷濕之土壤中，幼苗可能在尚未突破土壤之前即因生長點受感染而致死；在突破土壤表面之後，莖部受感染則變成水浸狀，繼而軟化，然後植株倒伏枯死。較大的植株受感染，病原菌僅侵害莖部外圍之皮層組織，出現長型，黃褐色至紅褐色之病斑，病斑可繼續加寬加長至環繞莖部而使植株扭曲死亡，此種病徵通常發生於十字花科植物，稱為「線莖病」。在馬鈴薯上，引起「黑痣病」，地上部之葉片捲曲，心葉簇生，株頂部之莖變紫紅色，葉腋著生紅色氣生球莖，此種氣生球莖並無實用價值。
- (二)病原菌：*Rhizoctonia solani* AG-4.
- (三)發病環境：本菌通常以菌絲或菌核在土壤，寄主殘體，或營養繁殖器官(如馬鈴薯塊莖)中存活。亦有在某些寄主(如菜豆、茄子、甜椒及番茄等)之種子上存活者。其傳播利用雨水、灌溉水、農具或營養繁殖器官。本菌引起之病害在中

度潮濕之土壤中較爲嚴重，太乾或太濕均不適宜。環境不利於寄主之生長，發病率亦較高；寄主如能快速正常生長，即使濕度及溫度適於發病，通常亦能避過此病原菌之侵襲。

- (四)防治方法：1. 避免密植、拔除燒毀病株，減少菌核量。2. 均衡施用三要素，促使植株快速生長，縮短幼苗期，減少猝倒病之發生。3. 23.2% 賓克隆水懸劑 1000 倍，苗床播種後澆灌 1 次，以後每隔 10 天噴施一次共 2 次。十字花科蔬菜苗床期適用；對水生物劇毒，標示應加註魚毒警告標誌。

五、水耕蔬菜露菌病

- (一)病徵：白菜、芥菜、萵苣等作物葉上生出輪廓不清楚，黃綠色的斑紋，漸擴大，之後於葉背生出污白色的霉狀物。則病斑部漸變黃褐色，同時，由下葉開始漸往上枯死。
- (二)病原菌：*Peronospora brassicae*；*Bremia lactucae*
- (三)發病環境：自晚秋至冬季氣溫較低的情形發生較多，白菜、甘藍、萵苣等被害較大，而蘿蔔、蕪菁、芥菜等也被爲害。本菌以卵孢子及菌絲的形態於被害植物體中越冬。於被害根越冬之菌絲，可隨著植物的生長伸長至果軸內，如遇雨時，表面形成分生孢子以行空氣傳染。
- (四)防治方法：1. 選用清潔種子或以 48~50°C 溫水浸泡 20 分鐘。2. 罹病株拔除燒毀，可施用次氯酸鈉 (5%) 做植床消毒。3. 保持良好排水與適度乾燥，適當施肥促進植株生長，並拔除與燒毀病株。4. 依植物保護手冊使用核准登記藥劑，例如十字花科露菌病可於發病初期噴灑 60.8% 氟比拔克水懸劑 1500 倍，71.6% 銅右滅達樂可濕性粉劑 600 倍，9.4% 賽座滅水懸劑 3000 倍等藥劑，配合展著劑，交替使用。5. 注重園區衛生：徹底清除罹病組織，勿殘留在園內及四周，減少園區感染源。6. 適時輪作不同科別的作物。

六、十字花科蔬菜黑腐病

- (一)病徵：通常病原菌自葉片邊緣的水孔侵入，所以最初出現的病徵即自水孔開始；有時病徵自昆蟲咬傷之部位開始，無論前者或後者，葉片組織皆開始黃化，由邊緣向主脈發展。變色形狀，常自主脈起，向葉緣形成 "V" 字形，此時主脈及網狀脈皆變成黑色，患部對著陽光透視，變黑葉脈特別明顯。最後患部變成褐

色、乾枯、脆碎。維管束變色，逐漸向上或向下延伸至主莖；向上延伸者可能到達上位葉而造成系統性感染，使同一邊之葉片皆出現壞疽及單邊生長受阻情形。受感染葉片之基部在成熟之前提早形成離層而造成落葉。甘藍及花椰菜之頭部被害後變色。蕪菁及瑞典蕪菁葉部受感染後，病菌侵入肉質地下根，使變管束變黑，後期造成內部崩潰，促使軟腐病細菌作第二次侵入而造成軟腐。

- (二)病原菌：本病由細菌 *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* 所引起。
- (三)發病環境：病原菌通常存活於種子內，或藉作物殘體在土壤內越冬。細菌通常自葉子邊緣的水孔侵入，經由細胞間隙而進入導管中，逐漸造成系統性感染。細菌亦可經由受傷或未受傷的根部侵入。近距離的傳播主要藉風雨、耕作農具及移植。遠距離的傳播，則藉種子攜帶及移植。
- (四)防治方法：1. 選擇健康種苗，避免在病田採種。2.2.9 克的硫酸鋅 ($ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) 溶於 100 毫升蒸餾水中，滴入 0.6 毫升醋酸及一小滴展著劑 (Tween-20)，溫度調至 38~40°C，浸入種子 20 分鐘，取出後以自來水沖洗 3 分鐘，風乾後即可播種。3. 依植物保護手冊甘藍黑腐病使用核准登記藥劑，例如 81.3% 嘉賜銅可濕性粉劑 1000 倍，發病初期開始施藥，每隔 7 天施藥一次，連續 3 次。

七、白絹病

- (一)病徵：它的菌核發芽後，沿植株莖基部產生白色菌絲侵入感染，引起該部位的腐敗，致使地上部呈現黃化萎凋、死亡。若在分枝莖部感染則造成枝條萎凋乾枯。當危害到果實時則會引起果實腐爛，產生白色菌絲，然後形成細小白色菌核，最後變為較大的褐色菌核。
- (二)病原菌：*Sclerotium rolfsii*，有性世代為 *Athelia rolfsii*
- (三)發病環境：本病原菌原為多犯性的土壤傳播病原菌，寄主範圍非常廣泛，本省有 47 科 129 種作物可被感染。它是一種完全生長在土表的微生物，依賴植物殘體獲取養分才能生長且無寄主植物之田間仍可生存五年以上。但本病原菌靠流水、病土、工具或混在種子之菌核而傳播。高溫及高溼度最適合它的生長，因此夏季番茄及番椒常遭嚴重危害。
- (四)防治方法：菌核病的防治方法有藥劑防治、生物防治、栽培防治(輪作、田間衛生、減少灌溉等)、種植抗病或耐病品種等。但主要著重在加強栽培管理，清除

越冬菌源，選用抗病品種，再輔助以藥劑防治的綜合防治。下述各防治方法供參考：1. 選擇排水良好的土壤種植，並避免密植以降低作物附近的濕度。調整耕作季節和作物行間距離，或匍伏式改直立式栽培，以保持良好通風性；或利用設施栽培隔絕雨水，以避免製造發病環境。2. 與水稻、高粱、玉米、甘蔗輪作，至少兩年以上。3. 重視田間衛生，輔以種子消毒、苗床消毒。並注意農機具、雨鞋、種苗等攜帶污染的土壤。4. 嚴重發病田可淹水處理 3 週以上。翻犁深耕病殘株入土，但很難避會有少數菌核仍留在土表，因此深犁後應配合浸水處理效果較好。5. 藥劑防治：依植物保護手冊使用核准登記藥劑，例如萹菝菌核病可使用 50% 撲滅寧可濕性粉劑 2,000 倍，剛病害發生時開始施藥，每隔 10 天施藥一次，連續 3~4 次。

八、萹菝葉枯病 (葉斑病)

- (一) 病徵：罹病時，圓形深褐色病斑散佈於葉片，病斑可互相癒合而成不規則型之塊斑，嚴重時，整個葉片黃化、乾枯。
- (二) 病原菌：本病病原菌為 *Cercospora longissima*，為真菌病原菌，其分生孢子著生於分生孢子柄頂端，呈透明之針狀，多節、一端較尖細，生長極為緩慢。
- (三) 發病環境：好發於溫暖高濕季節。病原菌主要由風雨及噴灌水傳播，且易殘存於採收後的植株殘葉，故採收後應注意清除殘葉，以減少田間病原菌的密度。雨季及發生初期為最佳防治時期。
- (四) 防治方法：1. 避免密植，且保持良好排水，可降低田區環境之濕度，降低病原菌傳播及感染機會。2. 注重田間衛生，隨時拔除病株並加以妥適處理。3. 依植物保護手冊使用核准登記藥劑，例如萹菝葉枯病可使用 21.2% 依滅列乳劑 2,000 倍，萌芽後四葉期開始施藥，每隔 7 天施藥一次，共施藥 2 次。

九、結球萹菝黑斑病

- (一) 病徵：本病主要由下位葉開始發生，病斑初期呈圓形，褐色或黑褐色，大小不定，後期受葉面限制呈多角形，嚴重時多數病斑互相癒合而形成不型塊斑，造成葉片局部枯死或整葉乾枯。潮濕時病斑上產生黑色黴狀物。品種間抗病具差異性，葉萹菝、嫩莖萹菝、結球萹菝較為感病，皺葉萹菝則較為抗病。以人工接種方式測定時，可在甘藍葉片上表現病徵，而不為害白菜、青梗白菜、蕓菜、蕃茄、

菸草等作物。

- (二)病原菌：本病病原菌 *Alternaria tenuis*，屬真菌中之不完全菌，其分生孢子著生於孢子梗頂端，褐色、單胞至多胞，細胞數 1~9 個，橫隔數 0~8 個，縱隔數 0~5 個；形狀變化極大，為橢圓形、倒棍棒形或卵形，喙短或無，大小平均為 $22.78 \times 8.83 \mu\text{m}$ 。分生孢子發芽之適溫度為 15~35°C，菌絲生長之溫度範圍為 10~35°C，最適生長之溫度則為 25~30°C 之間。產孢量則以 15~30°C 間最高。孢子接種後 2 小時開始發芽，於 8 小時達最高峰。
- (三)發生生態：本病病原菌主要以菌絲體或分生孢子在病殘體或種子上越冬，相對濕度 80% 以上易發病，相對濕度低於 75%，一般發病很輕或不發病，是以高濕、多雨和溫度偏低是發病的關鍵因素。高濕時期，豪雨過後發生嚴重。田區地勢低窪，管理粗放，缺水缺肥，植株長勢差，抗病力弱，發病嚴重。
- (四)防治方法：1. 避免由罹病田區採種，或由健康未罹病之植株留種。2. 購買健康、不帶菌之種子。3. 種子消毒：不確定種子為不帶菌種子時，以 50°C 溫水浸種 25 分鐘後，立即移入冷水中降溫，之後再播種。或以稀釋之漂白水浸泡、水洗後播種。4. 與非寄主植物進行二年以上之輪作。5. 施足量之基肥，以腐熟之優質有機肥為佳，並依實際須要，施用磷、鉀肥，促使植株生長勢良好，提高植株的抗病能力。6. 注重田間衛生：隨時清除病葉、罹病殘株，並及時出田區外深埋或燒毀。7. 依植物保護手冊使用核准登記藥劑，例如結球萵苣黑斑病可使用 300g/L 氟克殺水懸劑 5,000 倍，病害發生初期開始施藥，必要時隔 7 天施用一次。

十、十字花科蔬菜黃條葉蚤

- (一)危害特徵：嚙食菜葉點點成孔，如被害之蘿蔔，表面可見黑斑累累。本蟲危害之傷口，常有腐敗病之感染。
- (二)危害作物：十字花科植物。
- (三)生活習性：年發生六至七世代，北部地區於高溫期大發生，南部於乾旱且高溫期發生較多。成蟲善跳躍，故亦稱為葉蚤，卵產於根上或根附近土中，粒粒分散。幼蟲棲息土中危害根部表皮，幼蟲成熟後即化蛹於土中。
- (四)防治方法：1. 在危害嚴重區十字花科蔬菜不可連作。2. 種植前全園浸水 48 小時，

淹死土中之卵、幼蟲及蛹，或深耕、翻犁、曝曬。採收後必須清理殘株，及時翻犁候灌水之防治效果更加。3. 注意田間衛生，清除殘株、雜草及其他寄主。4. 利用細目塑膠網或塑膠板（高 50 公分）圍籬，可阻遏成蟲之入侵。5. 設置黃色黏板或水盤誘殺成蟲，可降低田間密度，亦可偵測田間族群變化，作為防治指標。誘殺板以平放為宜。6. 依植物保護手冊使用核准登記藥劑，例如十字花科蔬菜黃條葉蚤可使用 20% 達特南水溶性粒劑 3,000 倍，害蟲發生初期開始施藥，每隔 7 天施藥一次。

十一、十字花科蔬菜紋白蝶

- (一) 危害特徵：紋白蝶以幼蟲期危害，體型大食量大，危害由外葉緣向內啃食，被喫食成大缺刻狀，並排泄黑綠色糞便污染植株。
- (二) 危害作物：十字花科植物。
- (三) 生活習性：每年 3 至 4 月危害最嚴重，年發生五至六世代，卵橙黃色，檸檬形，散產於葉背或葉面。老熟幼蟲在葉背或莖化蛹，尾端粘固於葉莖上，胸部附近吐有細絲固著。全省普遍發生。紋白蝶過去以高冷地發生較多，平地少發現，但近幾年來平地亦大發生。

十二、蚜蟲類

- (一) 危害特徵：蚜蟲類一般群集於菜心部、花及種莢或葉背吸取營養液，並分泌露誘發煤病，被害嚴重之葉片常捲縮或萎凋，植株生長不良，蚜蟲除直接危害外，桃蚜及棉蚜等亦傳播病毒病。
- (二) 危害作物：危害蔬菜重要蚜蟲類有桃蚜、棉蚜、偽菜蚜等，可危害瓜類、豆類、茄科、十字花科；不結球、半結球及結球高莖、茼蒿、紅鳳菜、白鳳菜、等作物。
- (三) 生活習性：蚜蟲成蟲一般分有翅型與無翅型二種體型，為台灣十字花科蔬菜重要害蟲，偽菜蚜有翅胎生之蟲體為淡綠色，略被白粉，無翅胎生成蟲體淡黃綠色，亦略有白粉。冬春乾旱季節或颱風季節過後，3~6 月及 9~11 月氣候乾旱無雨時發生最烈，在雨季時因濕度高其棲群自然降低。
- (四) 防治方法：蚜蟲體雖小，但其繁殖力大，尤其初秋及春末乾旱季節易猖獗，宜注意天候變化，暖冬或久旱之下必造成蚜蟲族群密度火速增加，宜及時施藥防治。依植物保護手冊使用核准登記藥劑，例如菊科作物蚜蟲類可使用 2.4% 第滅

寧水懸劑 1,000 倍，害蟲發生時開始施藥，必要時隔 7 天施藥一次。施藥時必須盡量將藥液噴及葉背及蚜蟲群集之心梢處，尤須注意安全採收期。

十三、番茄斑潛蠅

- (一) 爲害特徵：番茄斑潛蠅成蟲與幼蟲食性甚雜，危害葉部，本蟲於結球高苣苗期即可爲害植株。成蟲在葉片上以口器刺吸葉片營養液，被害葉片留下小圓形點狀刻痕，交尾後雌成蟲即以產卵管刺破組織，在葉肉組織中產卵，孵化後幼蟲在葉片上鑽食，潛食葉肉，僅剩上、下表皮，外觀成灰白色彎曲隧道食痕，外觀如蜿蜒白色圖畫，又名畫圖蟲，嚴重時全園葉片呈一片枯黃焦乾景象。
- (二) 危害植物：十字花科之甘藍、芥菜、包心芥菜、白菜、包心白菜、芥藍菜、花椰菜、蘿蔔、紫羅蘭，菊科之高苣、結球高苣，其他之茼蒿、莧菜、胡麻、牛蒡、康乃馨、滿天星、葫蘆科之洋香瓜、哈密瓜、西瓜、胡瓜、絲瓜、苦瓜、越瓜、南瓜，豆科之豌豆、豇豆、毛豆、紅豆、綠豆、黃豆，茄科之番茄、茄子、甜椒、辣椒等，寄主廣泛。
- (三) 發生生態：蟲口密度高時，可將全園葉片爲害而成焦枯狀。年發生 20~22 世代。老熟幼蟲在土中。幼蟲孵化後即潛入葉肉組織中危害，老熟幼蟲於土中或畦上覆蓋之塑膠布上化蛹，20~28°C 最適合其發育，3~6 月及 10~12 月少雨乾燥爲發生盛期。
- (四) 防治方法：1. 注意田間衛生，隨時清除田間雜草及受害葉片。2. 避免連續種植番茄斑潛蠅寄主作物。3. 幼蟲一般在土中化蛹，整地前宜浸水一天，殺死土中之蛹，畦上塑膠布上蛹應徹底清除。4. 成蟲偏好黃色，配合黃色黏蟲板誘殺，可降低族群密度，黏板應設於生長點上方 10~50 公分處，方可發揮效果。5. 斑潛蠅延伸使用藥劑，發生時以下列藥劑加以防除。由於成蟲產卵於葉背，噴藥時應由葉背往上噴以增加防除效果。依植物保護手冊使用核准登記藥劑，例如菊科蔬菜斑潛蠅類可使用 75% 賽滅淨可濕性粉劑 5,000 倍，有潛痕時開始施藥，必要時隔 7-14 天施藥一次。

十四、銀葉粉蝨

- (一) 爲害特徵：口針直接刺吸營養液，被害葉片黃化提早落葉，當氣候進入乾燥的季節，並分泌蜜露，誘引螞蟻或其他昆蟲，誘發煤煙病，影響光合作用。銀葉粉

成蟲及若蟲並可傳播病毒病。

- (二) 危害植物：全年發生、雜食性，為害作物達 500 種以上，除了十字花科、菊科、茄科、豆科與葫蘆科等主要蔬果作物外，同時亦能生存於花卉作物如聖誕紅、菊花與洋桔梗等，甚至常見的雜草如龍葵、昭和草與大花咸豐草等也能看到其蹤跡，因此銀葉粉蝨能夠在不同雜草與作物間遷移繁衍。
- (三) 發生生態：卵期約 5 日，幼蟲期約 15 日，成蟲期壽命可達 1~2 月，完成一世代夏季僅需 19~27 日，冬季約 30~60 日。成蟲在植株葉背產卵，雌蟲經交尾後喜在葉背陰暗處、陽光照射不足，較不通風的地方產卵。成蟲多群棲於新葉之葉背。少雨乾燥之春夏季發生嚴重。以 4-7 月為盛期。
- (四) 防治方法：1. 注意田間衛生，隨時清除落葉，剪枝及雜草。2. 成蟲偏好黃色，配合黃色黏蟲板誘殺，可降低族群密度，黏板應設於生長點上方 10~50 公分處，方可發揮效果。3. 此蟲偏好在通風不良與日照不足環境產卵，高濕可降低族群及減緩其活動性。4. 依植物保護手冊使用核准登記藥劑，例如十字花科蔬菜粉蝨類可使用 20% 達特南水溶性粒劑 3,000 倍，害蟲發生時開始施藥，必要時隔 7 天施藥一次。

十五、葉蟎類 (俗稱紅蜘蛛)

- (一) 危害特徵：本科蟎類多棲息於植株葉背，以口針吸食葉片汁液，族群密度高時，則移向葉面為害或遷移他處；受害葉片常呈針點狀白斑，使植物光合作用受阻，植株衰弱，導致作物減產，甚至造成植株死亡。
- (二) 危害作物：葉蟎多為雜食性，寄主植物廣泛，舉凡蔬菜、果樹、花卉、雜糧均可為其寄主，一旦田間無適宜寄主作物時則遷移至雜草、林間或棲息或繁衍。目前台灣較重要的有二點葉蟎、神澤氏葉蟎、赤葉蟎、柑桔葉蟎、茶葉蟎、皮爾斯葉蟎及東方褐葉蟎等。
- (三) 發生生態：台灣以葉蟎科及偽葉蟎科最為重要，約 40 餘種。葉蟎科一般體呈紅色、橘黃色或黃綠色，其生活史分為卵、幼蟎、前若蟎、後若蟎及成蟎等五個時期。完成一世代，常溫下約需 6~12 天。臺灣地區冬季氣候溫和，寄主植物種類豐富，葉蟎可周年在寄主植物上繁衍，在長期乾旱不下雨的季節發生更為猖獗，若遇長期下雨或豪雨，則族群密度急速下降。

(四)防治方法：葉蟥類對化學藥劑極易產生抗性，故應採取多種防治措施，切勿完全依賴化學藥劑，有效的防治方法 1. 田間衛生：清除田間雜草、殘株、落葉，減少其發生源。2. 耕作防治：實行輪作，合理施用肥料和灌溉，增加植株對葉蟥的抗性，降低其為害。3. 化學防治：先瞭解葉蟥的發生生態，進行早期防治，選對天敵安全的藥劑輪流使用，並將藥液均勻噴至植株間，尤其要噴及葉背。依植物保護手冊使用核准登記藥劑，例如菊科包葉菜類葉蟥類可使用 1% 密滅汀乳劑 1,500 倍，害蟥發生時開始施藥，必要時隔 7 天施藥一次。

結語

從彰化地區現行水耕蔬菜栽培場調查了解，目前水耕蔬菜栽培種種類以萵苣類為主。萵苣是菊科、萵苣屬 1 至 2 年生草本植物，原產於地中海沿岸、亞洲北部和非洲等國家。由於萵苣種類繁多，可分為以葉為食用部位的葉萵苣，以莖為食用部位的嫩莖萵苣。葉萵苣又可分為結球萵苣、半結球萵苣與不結球萵苣。本文介紹以彰化地區萵苣水耕栽培及仍有些栽培場部分種植十字花科類蔬菜常見之病蟲害為主，讓農友有初步的認識，另亦提供一些防治方法供參考。在化學藥劑防治上，需留意農產品上市前皆需經蔬果農藥殘留檢測，而政府制定之農藥殘留容許量標準表中，被檢驗之農作物類農產品分類表有規定：十字花科小葉菜（小白菜、油菜、青江菜、芥藍、甘藍菜苗、葉用蘿蔔、芥菜、羽衣甘藍、芥藍菜芽、青花菜芽、蘿蔔菜芽）、不結球萵苣、半結球萵苣、茼蒿、紅鳳菜、白鳳菜、山茼蒿、芳香萬壽菊、芹菜、蕪菜、菠菜、萵菜、紫蘇、葉用豌豆、莧菜、香椿、山蘇、水蓮、過溝菜蕨等皆屬小葉菜類。而十字花科包葉菜【甘藍（含球莖甘藍、孢子甘藍）、花椰菜、結球白菜、青花菜、包心芥菜、大心芥菜】、結球萵苣、朝鮮薊等皆屬包葉菜類，而小葉菜類與包葉菜類，農藥殘留藥劑種類及容許量不盡相同，之前有許多葉萵苣類農藥殘留違規案件皆為農友不慎誤用不同類別的農藥而造成的。經過「農藥延伸使用評估制度」，依據植物保護手冊整理所的資料，大部分的藥劑都可互用於菊科小葉菜類與包葉菜類，僅有藥劑「三得芬」及「賓克隆」可用於半結球萵苣與不結球萵苣防治白粉病、銹病，與立枯病；鋅錳座賽胺可用於結球萵苣防治露菌病、白銹病。

水耕栽培減少植物病原菌的來源：這也是水耕栽培的優點，這並不表示水耕栽培

的植物不會發生病蟲害，也不表示水耕栽培保證不必噴農藥，因為在自然界也沒有無菌的環境。水耕栽培的基質及材料可以減少植物病菌的危害。但是植物的病蟲害發生及來源，不是只限於來自培養的材料，許多病蟲害仍可經由水、種子、操作人員、昆蟲或風吹塵土傳入水耕系統造成水耕蔬菜的病害。因此水耕栽培為了減少其他來源的病蟲害，需要配合溫室、網室或其他設施及設備。一般水耕栽培初次種植時病蟲害較少，但經多次種植後需要加強溫室、網室或其他設施及設備的維護與管理；否則，病蟲害也會和自然田間一樣的嚴重或更嚴重。近來相關的研究指出水耕栽培蔬菜受根腐病菌 (*Pythium* spp.) 嚴重危害，已經成為水耕栽培之重要限制因子。也有韓國的研究報告指出疫病菌 (*Phytophthora drechsleri*) 引起水耕萵苣栽培嚴重根腐的問題。1994 年有研究指出實際在水耕床操作的防治試驗，養液中使用鋅錳滅達樂 0.58 ppm 時，不但可預防水耕蔬菜根腐病，而且施藥 5~7 天後，罹病植株會長出新根；12 天後即恢復生長。但因此防治技術並未進行農藥殘留測試，且無安全採收期之制定，所以並未實際運用於產業，目前農友都依植物保護手冊之登記藥劑，按其使用方法防治病蟲害。2002 年國外有研究報告利用水耕養液含亞磷酸鉀鹽溶液 100 ppm 可有效防治萵苣根腐病。國內亦有相關多有關於亞磷酸防治植物病害的相關研究。除了亞磷酸以外有研究指出結合次氯酸鈉及超寄生性腐霉菌 (*Pythium oligandrum*) 能有效的防治水耕白菜幼苗受到 *Pythium aphanidermatum* 的危害。

水耕栽培為何會有一些病害，甚至是土壤傳播性病害發生呢？其實病原菌可經由損壞之設施、水、操作人員、昆蟲或風吹塵土進入外，另外蔬菜種子表面往往也帶有病菌，種子也是傳播蔬菜病原的重要途徑，蔬菜品種選定後對種子不僅要精選，還需要消毒。播種前對種子消毒，可有效減輕病害發生。根據不同蔬菜種子的特點，可採用下列消毒方法：(1) 溫湯浸種或藥液消毒法，行政院農業委員會種苗繁殖場研究計畫利用氯化鉀電解水、熱水及殺菌劑等方法，研究最適處理條件進行種子滅菌處理，以減少茄科細菌性斑點病之種傳情形與其初次接種源。結果發現以次氯酸 (HClO) 濃度 50 ppm 以上的氯化鉀電解水處理 5 分鐘以上即可有效除滅甜椒種子與番茄種子上的病原菌；50°C 熱水僅處理 10 分鐘即可完全除滅甜椒種子上的病原菌，同時不降低種子發芽率。殺菌劑試驗中以 0.6% 次氯酸鈉 (漂白水) 滅菌效果最好，而嘉賜銅處理，除有效降低帶菌情形、甚至完全除滅病原菌外，同時也不會降低種子的發芽率。另有研究以二氧化氯 (ClO₂) 溶

液 ClO_2 溶液以 10ppm 浸漬處理花椰菜種子 30 分鐘，5 ppm 浸漬處理甜椒種子 10 分鐘及 50 ppm 浸漬處理西瓜種子 30 分鐘，均可有效去除病菌，達到無病菌污染之種子，且此處理不會影響或可提高種子之發芽率。花蓮區農業改良場建議甜椒及辣椒種子消毒：以 78°C 乾熱處理 48 小時，或以 2% 漂白水處理 20 分鐘。(2) 種子拌藥消毒：花蓮區農業改良場根據各試驗機關初步試驗成果，整理提供農友栽培時消毒蔬菜種子之參考。每公斤種子使用 3 公克藥拌種，藥劑有 50% 依普同可濕性粉劑、50% 貝芬同可濕性粉劑及 50% 免賴得可濕性粉劑等。105 年 7 月 13 日動植物防疫檢疫局公告新增「蔬菜種子檢疫處理」附件有 50% 免賴得可濕性粉劑，80% 得恩地可濕性粉劑及 62.5% 賽普護汰寧水分散性粒劑 3 種藥劑之農藥使用方法及其範圍。

行政院動植物防檢局依據「農藥管理法」第 9 條，及「修改不列管農藥名稱(免登記植物保護資材)」、「適當限縮現行農藥定義(排除食品類為農藥範疇)」及「修正現行審核原則及規定」等原則，於 104 年 10 月 30 日公告訂定「免登記植物保護資材」，附件載明甲殼素(甲殼素鹽酸鹽)、大型褐藻萃取物、苦楝油、矽藻土、次氯酸鹽類、碳酸氫鈉、苦茶粕(皂素)、無患子(皂素)及脂肪酸鹽類(皂鹽類)9 項。今年 6 月 3 日登錄免登記植物保護資材產品除了前述 9 項外，增加苦茶油、肉桂油(含乳化劑)、二氧化矽、辣椒萃取物、大蒜油、植物油(含乳化劑)、葵花油(含乳化劑)、椰子油、氫氧化鉀、酒精、甘油等資材，以上資材提供農友採收期防除病蟲害參考。

參考文獻

1. 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所 2017 植物保護手冊 - 農業藥物毒物試驗所網路版。
2. 安寶貞 2001 植物病害的非農藥防治品 - 亞磷酸. 植物病理學會刊 10: 147-154。
3. 安寶貞、蔡志濃、王姻婷、謝延芳、林俊義 2009 利用亞磷酸防治簡便調配技術、合適濃度及施用方法防治作物疫病 植物病理學會刊 18: 155-165。
4. 邱輝龍 2016 萵苣種源圖說 行政院農業委員會農業試驗所特刊第 194 號 106 頁 行政院農業委員會農業試驗所出版 臺中霧峰。
5. 林筑蕓 2009 亞磷酸誘導植物抗病機制之初探 臺灣大學植物病理與微生物學研究

所學位論文 70 頁。

6. 林益昇、黃淑華 1993 腐霉菌 (*Pythium* spp.) 引起水耕蔬菜根腐病 植物保護學會會刊 35:51-61。
7. 柯忠德、陳慶忠、劉興隆 1993 中部地區簡易設施蔬菜害蟲發生調查 臺中區農業改良場研究彙報 40:45-54。
8. 高德錚 1986 水耕栽培－精緻蔬菜生產技術之開發 台中區農推專訊 56 期。
9. 高德錚 1989 精緻農業－動態浮根式水耕栽培技術 臺中區農業改良場研究彙報 24:1-2。
10. 黃淑華 1991 水耕蔬菜根腐病之病因學、生態學及防治研究 國立中興大學植物病理學研究所碩士論文 66 頁。
11. 黃淑華、林益昇、郭孟祥 1994 水耕蔬菜根腐病接種源來源、傳播與防治 植物保護學會會刊 36:41-52。
12. 黃澤世、王岱淇 2016 立體式水耕栽培 工程技術、管理科學與教育研討會論文集 東南科技大學 新北市 P216-218。
13. 楊大吉 1998 蔬菜主要害蟲非農藥防治法簡介 花蓮區農業專訊 25:12-14。
14. 陳任芳 1994 蔬菜種子藥劑消毒 花蓮區農情資訊 13:2。
15. 劉興隆，趙佳鴻，沈原民，吳世偉 2010 評估亞磷酸防治葡萄主要病害之效果 臺中區農業改良場研究彙報 106:55-64。
16. 趙永椿、徐世典、曾國欽 . 2010. 二氧化氯溶液對三種種媒植物病原細菌之殺菌效率及應用於種子處理之除菌效果 . 植病會刊 19: 19-29。
17. Funck-Jensen, D. and Hockenhull, J. 1983. The influence of some factors on the severity of *Pythium* root rot of lettuce in soilless (hydroponic) growing systems. Acta Hortic. 133:129-136 (DOI: 10.17660/ActaHortic.1983.133.13).
18. Jee, H. J., K. W. Nam and W. D. Cho 2001 Severe root rot on hydroponically-grown lettuce caused by *Phytophthora drechsleri* Plant Pathol. J. 17(5):311-314.
19. Jee, H. J., W. D. Cho and C. H. Kim 2002 Effect of potassium phosphonate on the control of *Phytophthora* root rot of lettuce in hydroponics. Plant Pathol. J. 18(3):142-146.



圖 1. 彰化地區蔬菜水耕栽培以生產葉萵苣為主



圖 2. 動態浮根式水耕栽培，可周年性生產，產量穩定



圖 3. 便於操作的養液槽設置，也要減少病原菌可能侵入的風險



圖 4. 水耕栽培仍然會有疑似發生病害的植株



圖 5. 水耕萵苣軟腐病



圖 6. 水耕萵苣根腐病



圖 7. 水耕萵苣露菌病



圖 8. 水耕萵苣葉枯(斑)病



圖 9. 水耕萵苣菌核病



圖 10. 十字花科軟腐病



圖 11. 設施損壞容易被害物侵入，造成危害



圖 12. 水耕溫室中綠捲鬚萵苣受夜蛾類害蟲危害



圖 13. 山芹菜受蚜蟲危害



圖 14. 水耕溫室中屬十字花科之日本京都水菜受黃條葉蚤危害

表 1. 菊科蔬菜、結球高苣、半結球高苣及不結球高苣蟲害防治資料

藥劑名稱	菊科蔬菜	結球高苣	半結球高苣	不結球高苣
乃力松*、二福隆*、可芬諾*、白克松*、因滅汀*、汰芬隆*、芬化利*、剋安勃*、納乃得*、馬拉松*、培丹*、硫敵克*、賽洛寧*、賽滅寧*	夜(毒)蛾類 植食性瓢蟲 金花蟲類	夜(毒)蛾類 植食性瓢蟲 金花蟲類	夜(毒)蛾類 植食性瓢蟲 金花蟲類	夜(毒)蛾類 植食性瓢蟲 金花蟲類
可尼丁*、免扶克*、亞滅培*、益達胺*、納乃得*、培丹*、密滅汀*、第滅寧*、速殺氟*、達特南*、賽速安*、賽速洛寧*、賽達松*、護賽寧*	蚜蟲類	蚜蟲類	蚜蟲類	蚜蟲類
佈飛松*、亞滅培*、益達胺*、納乃得*、賜諾特*、賽洛寧*、賽滅寧*	葉部薊馬類 薊馬類	葉部薊馬類 薊馬類	葉部薊馬類 薊馬類	葉部薊馬類 薊馬類
亞滅培*、達特南*、賜派滅、	粉蝨類	粉蝨類	粉蝨類	粉蝨類
密滅汀*		葉蟬類	葉蟬類	葉蟬類
賽滅淨*、可尼丁*	斑潛蠅類	斑潛蠅類 番茄斑潛蠅	斑潛蠅類	斑潛蠅類
加福松*、芬化利*、陶斯松*、免扶克*	切根蟲	切根蟲	切根蟲	切根蟲

表 2. 菊科蔬菜、結球萵苣、半結球萵苣及不結球萵苣病害防治資料

藥劑名稱	菊科蔬菜	結球萵苣	半結球萵苣	不結球萵苣
三泰隆、依滅列、四氯異苯 *		葉枯病 (葉斑病)	葉枯病 (葉斑病)	葉枯病 (葉斑病)
大克爛、免克寧、快得依普同、貝芬同、撲滅寧 *	菌核病	菌核病	菌核病	菌核病
右滅達樂 *、亞托敏 *、氟比拔克 *、滅達樂 *、蓋棘木黴菌、達滅克敏 *、達滅芬			疫病	疫病
四氯異苯 * 百克敏 * 待克利 *	炭疽病	炭疽病	炭疽病	炭疽病
多保鏈黴素 *、鏈黴素 *		細菌性軟腐病	細菌性軟腐病	細菌性軟腐病
亞托敏 *、氟比拔克 *、普拔克、達滅克敏 *、達滅芬、銅右滅達樂 *、福賽得	露菌病	露菌病	露菌病	露菌病
亞托敏 *、達滅芬			白銹病	白銹病
三得芬 *			白粉病、銹病	白粉病、銹病
賓克隆 *			立枯病	立枯病
鋅錳座賽胺 *		露菌病、 白銹病		

表 3. 免登記植物保護資材 (防檢局 104.10.30 公告)

名稱	防治對象	注意事項
甲殼素 (甲殼素鹽酸鹽)	害蟲、病菌	
大型褐藻萃取液	生長調節	
苦楝油	害蟲	印楝素含量不得超過 0.5%
矽藻土	害蟲	1. 含結晶態二氧化矽量不得超過 3%，且其直徑 50 微米以下者不得超過 0.1%。 2. 施用時須有適當呼吸防護措施。
次氯酸鹽類	病菌	
碳酸氫鈉	病菌	
苦茶粕 (皂素)	害蟲、軟體動物	1. 不得用於農林作物之栽培水域。 2. 施用時須有適當防護措施。
無患子 (皂素)	害蟲	1. 不得用於農林作物之栽培水域。 2. 施用時須有適當防護措施。
脂肪酸鹽類 (皂鹽類)	害蟲	1. 不得用於農林作物之栽培水域。 2. 施用時須有適當防護措施。
(苦茶油、肉桂油、乳化劑)、二氧化矽、(辣椒萃取物、大蒜油、植物油、乳化劑)、葵花油 (含乳化劑)、(椰子油、氫氧化鉀、酒精、甘油)----(106 年 6 月 3 日登錄增加產品)		

資料來源：非化學農藥植物保護資材一覽表 (行政院農業委員會臺南區農業改良場)

Disease and pest management of hydroponic vegetable cultivation system

Chia-Hung Chao, Ching-Ching Hsu

Taichung District Agricultural Research and Extension Station, COA

chiahung@tdais.gov.tw

Abstract

The advantages of hydroponic vegetable cultivation system include (1) produce annually (2) space saving (3) high yield (4) suitable for mechanization (5) efficient use of water and fertilizers (6) low down the risk of many pests and diseases. In this study, we introduce pests and diseases mainly occur in hydroponic vegetable cultivation farms in Changhua, such as *Erwinia* soft rot, *Pythium* root rot, *Phytophthora* blight, aphids ,etc. Besides, we summarize the precautions for using chemical protection ,and introduce nonsynthetic resources and seed disinfection technology for reference.

Key words: hydroponic vegetable 、 disease and pest 、 control

液肥配方在設施蔬菜栽培之 調配與應用實務

高德錚

行政院農業委員會臺中區農業改良場副場長

techen.kao@gmail.com

摘要

液肥之應用於無土栽培之調配與應用首重於調配用之水質之良窳、調配用肥料的純度及調配液肥用配方的適用度。基本上葉菜之無土栽培用營養液配方需除必需為含作物成長所需之必需元素外，確需因作物種類別及栽培季節性別而異。一般而言，炎夏及葉色黃綠之葉菜其栽培用之營養液配方的電導度值 (EC) 可控制在 0.75~1.20 mS/cm 及酸鹼值 (pH) 5.5~6.0，反之，寒冬及葉色濃綠之葉菜栽培用配方的電導度值 (EC) 可控制在 1.35~1.85mS/cm 及酸鹼度值 (pH) 6.0~6.5。至於果菜無土栽培用配方需因作物及作物成長期 (營養期、開花期、結果期) 而異，尤其連續採收之果菜類作物，在栽培過程中需葉噴適當的液肥配方以避免發生營養缺失、提高品質及延長採收期。本文將探討最適的液肥調配技術及實用的液肥配方，以供同好進行蔬果無土栽培時之參考。

關鍵字：無土栽培、營養液、配方、調配技術

前言

植物生長過程中必需由空氣中獲得二氧化碳、氧氣及水及由土壤中吸收必需元素如氮、磷、鉀、鈣、鎂、硫、鐵、錳、鋅、銅、硼、鉬、氯等以維持其基本之生命能量。因之，若將植物生長中所需之必需元素或無機化合物之方式溶解於水溶液中，之後，再提供水耕植物吸收利用，此溶液即稱為營養液。在進行水耕栽培時營養液之調配及例行管理與用於調製營養液時之用水水質和化學原料之純度、營養液配方及栽培過程營養液之酸鹼度、電導度和化學組成分之變化都與水耕植物可否正常生育有決定性；以下將一一述明之。

用水特性

在進行養液調配時，首先需考慮之要件為使用來調製營養液的水知水質良好否。所謂「用水之水質」係泛指供為水質中化學成分含量的多寡，即用水水質中之酸鹼度 (pH)，電導度 (EC, electric conductivity) 和氨態氮 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、鉀 (K^+)、鈣 (Ca^{+2})、鈉 (Na^+)、鐵 (Fe^{+3})、錳 (Mn^{+2})、硼 (B^{+5}) 等陽離子及硝酸態氮 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、磷酸根 ($\text{PO}_4\text{-P}$)、硫酸根 (SO_4^{2-})、碳酸根 (CO_3^{2-})、及氯 (Cl) 等陰離子含量和有機質 (organic matter)、溶氧量 (DO, dissolved oxygen) 及生物性需氧量 (BOD, biological oxygen demand) 之多寡，為評鑑此用水是否可供為養液調配之基準。

用水水質良好否之檢測限值如表 1 所示，其 EC 值需在 0.5mS/cm 以下，pH 值需在 8.0 以下，硝酸態氮 ($\text{NO}_3\text{-N}$)、氨態氮 ($\text{NH}_4\text{-N}$)、硫酸根 ($\text{SO}_4\text{-S}$)、磷酸根 ($\text{PO}_4\text{-P}$)、及鉀 (K) 等離子含量需在 5ppm 以下，調配碳酸根 (CO_3^{2-}) 需在 10ppm 以下，鈣離子需在 40ppm 以下，鎂離子 (Mg) 需在 20ppm 以下，鐵離子 (Fe) 需在 1ppm 以下，硼離子 (B) 需在 0.3ppm 以下，Zn(鋅)、銅 (Cu)、錳 (Mn) 等離子需在 0.5ppm 以下、氯 (Cl) 及鈉 (Na) 離子需在 30ppm 以下，有機質在 5ppm 以下、溶氧量在 5ppm 以上。

表 1. 調製液體肥料適用之水質特性

化學成分別	基準量
電導度 (EC)	<0.5mS/cm
酸鹼度 (pH)	5~8
有機質 (OM)	<5ppm
溶氧量 (DO)	>5ppm
硝酸態氮 ($\text{NO}_3\text{-N}$)	微量
氨態氮 ($\text{NH}_4\text{-N}$)	微量
鈣離子 (Ca ion)	<40ppm
鎂離子 (Mg ion)	<20ppm
鉀 (K ion)	<5ppm
硫酸根 ($\text{SO}_4\text{-S}$)	<5ppm
磷酸根 ($\text{PO}_4\text{-P}$)	<5ppm
碳酸根 (CO_3^{2-})	<10ppm

化學成分別	基準量
鈉離子 (Na ion)	<30ppm
氯離子 (Cl ion)	<30ppm~40ppm
鐵離子 (Fe ion)	<1ppm
錳離子 (Mn ion)	<0.5ppm
硼離子 (B ion)	<0.3ppm
鋅離子 (Zn ion)	<0.5ppm
銅離子 (Cu ion)	<0.5ppm

用水來源

一般而言，進行水耕栽培用水之可使用雨水、河川水、地下水、井水、湧泉、自來水，唯使用前需先檢定或經水質處理後始得運用。表 2 顯示臺灣各種用水之水質，若以 pH 及 EC 為度量標準，則以雨水及自來水之水質較為穩定而河川水及地下水之水質較差。再者，由近年來農家送檢之水質分析結果顯示，電導度值在 1.2~0.3mS/cm 間及 pH 值在 7.3~8.9 間，且離子含量以鈣離子超過 50 ppm (120~55ppm)、鎂離子超過 40 ppm (43~73ppm)、鐵離子超過 10ppm (3~12ppm)、鈉離子超過 5ppm (20~50ppm) 及氯離子超過 30 ppm (30~50 ppm) 居多。究明其原因，以用水之水源水質不良居多，其次為經「樹脂處理」再生後之過濾水中過多量之鈉離子及氯離子所致。用水之水質經測定後，若其 EC 值在 0.5mS/cm 以上時，此水樣之水質不良，不宜供為調製養液；解決之道需另覓水源或進行水質改善，或進行水質改善。一般水質改善之方法，主要以理化方法為主，例如利用樹脂過濾法，去除水中過多之「鈣」、「鎂」離子，或利用氧化還原法去除水中過多之「鐵」離子。唯以樹脂法過濾用水後，在進行「再生」時會產生過多之鈉及氯離子。究明其原因係一般在進行樹脂法過濾用水之過多的鈣、鎂離子時，一旦樹脂過濾效率下降時，需立即行「再生」處理。一般行再生處理時大致以氯化鈉 (NaCl) 水溶液清洗。因之，清洗過程中之過濾水不可用來調配營養液，否則會因過濾水中含有過多之氯離子及鈉離子而降低了肥效。當用水之酸鹼度超過 7.5 以上時，在調配養液過程會發生沉澱現象。因之，在用水之酸鹼度超過 7.5 時，宜以每 1000 公升用水量置入 20 毫生之 95% 濃硫酸為準，將用水之酸鹼度下降至 7.0 以下。總之，用於調配養液之用水其電導度需在 0.5mS/cm 以下及酸鹼度在 5.5~7.5 間。

表 2. 臺灣不同水源之水質特性

用水別	pH	EC(mS/cm)
地下水	5-8	0.3-1.4
井水	5-8	0.1-0.8
湧泉	6-7	0.1-0.6
雨水	3.5-7.8	0.05-0.3
河川水	5.9-8.2	0.2-1.2
自來水	6.4-7.4	0.2-0.4

至於用水水質優劣的評估則須進一步估算用水中鈉吸收速率 (SAR, sodium adsorption rate) 的多寡，按 $SAR = \frac{[Na]}{([Ca] + [Mg])} \times 100\%$,

當 (1)SAR < 20% 及 EC < 0.25 mS/cm, pH 5.5~6.5 可將水質規類為“優良”等級。

(2)SAR < 20~40% 及 EC < 0.26-0.45 mS/cm%, pH 5.5~6.5 可將水質規類為“良好”等級。

(3)SAR < 40-60% 及 EC < 0.46-0.75mS/cm%, pH 6.5~7.5 可將水質規類為“尚可”等級。

(4)SAR < 60-80% 及 EC < 0.75-1.5mS/cm%, pH 7.5~8.5 可將水質規類為“差”等級。

經筆者近二十年來檢驗農友的送來近 10 萬件灌溉水樣品的水質電導度落在 0.45~1.12mS/cm，pH 值落在 5.95~7.70。農友的灌溉水的水質中含氧化鈣及氧化鎂成分過高 (石灰質水，50~120ppm 之鈣鹽及 35~70ppm 之鎂鹽) 或含鐵質過高 (紅褐色水，鐵質 15~32ppm) 及鈉鹽成分過高 (35~137ppm)，且有逐年增加之嚴重趨勢。

營養液之化學組成分

行無土栽培之目的係利用液體方式提供植物生長所需之營養元素，植物生長所需之必需元素有 16 種，分別為碳 (C)、氫 (H)、氧 (O)、氮 (N)、磷 (P)、鉀 (K)、鈣 (Ca)、鎂 (Mg)、硫 (S)、鐵 (Fe)、硼 (B)、錳 (Mn)、鋅 (Zn)、銅 (Cu)、鉬 (Mo) 及氯 (Cl) 等，前 9 種因植物需求較多稱之鉅量元素，後 7 種植物需要量較少，稱之微量元素。因之，所謂營養液者，即將 16 種生長之必需元素以化合物方式，完全溶解於水中來供給植物之根或葉片吸收者。作物無吐栽培之配方依作物種類別及季節別而異，如表 3 至表 9 所示，為筆者開發供為無土栽培蔬果用之配方。基本上葉菜之無土栽培用營養液配方需除必需為含作物成長所需之必需元素外，確需因作物種類別及栽培季節性別而異。一般而言，炎夏及葉色黃綠之葉菜其栽培用之營養液配方的電導度值 (EC) 可控制在 0.75~1.20 mS/

cm 及酸鹼值 (pH)5.5~6.0，反之，寒冬及葉色濃綠之葉菜栽培用配方的電導度值 (EC) 可控制在 1.35~1.85mS/cm 及酸鹼度值 (pH)6.0~6.5。至於果菜無土栽培用配方需因作物及作物成長期 (營養期、開花期、結果期) 而異。

表 3. 葉菜無土栽培配方用配方 (公克 /1000 公升)

組成分	配方用量							
	十字花科 小白菜、 青梗白菜、 京水菜	芥藍菜、 芥菜、 油菜	十字花科 芝麻菜	菊科茼蒿	菠菜	莧菜	空心菜、 地瓜葉	芹菜*
硝酸鈣	118	472	472	354	472	236	118	236
硝酸鉀	606	404	404	505	303	606	404	707
磷酸一鉍	76	154	154	111	76	185	76	190
硫酸鎂	246	492	492	369	246	246	492	246
磷酸一鈣	84	0	0	0	0	0	0	0
氫氧化鉀	19.1	4.9	4.9	5.8	20	12	12	5.9
嵌合鐵	10	10	10	10	10	10	10	10
硼酸	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0	3.0
氯化錳	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
硫酸鋅	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
硫酸銅	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
鉬酸鈉	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
EC (mS/cm)	1.4	1.6	0.95	1.4	1.1	1.5	1.1	1.6
pH	6.0	6.0	6.0	6.0	7.0	6.5	6.0	6.0

* 夏季配方

表 4. 萵苣無土栽培配方用配方 (公克 /1000 公升)

中文成分	夏季	春秋季	冬季	植物工廠用
尿素	0	0	0	30
硝酸鈣	354	413	472	236
硝酸鉀	303	505	808	0
磷酸一鉀	0	0	9	90
磷酸一銨	76	95	114	37
硫酸鎂	185	216	246	246
嵌合鐵	25	25	25	10
硼酸	3.0	3.0	3.0	3.0
氯化錳	1.0	1.0	1.0	1.0
硫酸鋅	0.09	0.09	0.09	0.09
硫酸銅	0.04	0.04	0.04	0.04
鉬酸鈉	0.01	0.01	0.01	0.01
EC (mS/cm)	0.95	1.45	1.70	0.80
pH	6.5~7.0	6.5~7.0	6.0~6.5	

表 5. 草莓無土栽培配方用配方 (公克 /1000 公升)

成份量	營養期	開花期	結果期
硝酸鈣	236	472	708
硝酸鉀	303	606	909
磷酸一銨	57	114	171
硫酸鎂	123	246	369
嵌合鐵	20	22	25
硼酸	1.2	1.2	1.5
氯化錳	0.72	0.72	1.2
硫酸鋅	0.09	0.1	0.1
硫酸銅	0.04	0.04	0.04
鉬酸鈉	0.03	0.04	0.04
EC (mS/cm)	0.75	1.56	2.25
pH	6.0	5.2	6.5

表 6. 小番茄無土栽培配方 (公克 /1000 公升)

成份量	營養期	開花期	結果期
硝酸鈣	354	472	472
硝酸鉀	404	404	404
磷酸一銨	76	0	0
磷酸一鉀	-	135	158
硫酸鎂	246	369	492
嵌合鐵	20	22	25
硼酸	1.2	1.2	1.5
氯化錳	0.72	0.72	1.2
硫酸鋅	0.09	0.1	0.1
硫酸銅	0.04	0.04	0.04
鋁酸鈉	0.03	0.04	0.04
EC (mS/cm)	1.1	1.4	1.55
pH	6.0	6.2	6.5

表 7. 大番茄無土栽培配方 (公克 /1000 公升)

成份量	營養期	結果期
硝酸鈣	354	472
硝酸鉀	404	404
磷酸一銨	152	0
磷酸一鉀	0	180
硫酸鎂	246	492
螯合鐵	20	25
硼酸	1.2	1.5
氯化錳	0.72	1.2
硫酸鋅	0.09	0.1
硫酸銅	0.04	0.04
鋁酸鈉	0.03	0.04
EC (mS/cm)	1.3	1.6
pH	6.0	6.5

表 8. 彩色甜椒無土栽培配方 (公克 /1000 公升)

成份量	營養期	開花期	結果期
硝酸鈣	236	354	354
硝酸鉀	404	455	505
磷酸一鉀	46	92	92
磷酸一銨	37	37	74
硫酸鎂	246	369	369
硼酸	3	5	10
嵌合鐵	10	15	15
氯化錳	0.72	1.2	1.2
硫酸鋅	0.09	0.1	0.1
硫酸銅	0.04	0.04	0.04
鉬酸鈉	0.03	0.04	0.04
EC(mS/cm)	1.0	1.25	1.3
pH	6.0	6.0	6.0

表 9. 花胡瓜無土栽培配方 (公克 /1000 公升)

組成分	營養期	生殖期
硝酸鈣	354	472
硝酸鉀	303	202
磷酸一銨	57	0
硫酸鎂	246	246
磷酸一鉀	0	300
嵌合鐵	10	12
硼酸	1.2	2.5
氯化錳	0.72	1.2
硫酸鋅	0.09	0.1
硫酸銅	0.04	0.04
鉬酸鈉	0.03	0.04
EC(mS/cm)	1.0	1.3
pH	6.0	6.0

表 10. 甜瓜無土栽培配方 (公克 /1000 公升 (公克 /1000 公升)

成份量	營養期	開花期	結果期
硝酸鈣	236	354	472
硝酸鉀	303	202	202
磷酸一銨	76	95	76
磷酸一鉀	0	80	100
硫酸鎂	185	246	369
嵌合鐵	10	10	10
硼酸	2.5	2.5	2.5
氯化錳	0.72	0.72	1.2
硫酸鋅	0.09	0.09	0.1
硫酸銅	0.04	0.04	0.04
鉬酸鈉	0.03	0.03	0.04
EC (mS/cm)	0.85	1.15	1.35
pH	6.0	6.0	6.0

養液管理基準

植物土長過程中，根部會分泌些許物質，且由營養液中吸收各種成分。因之，營養液組成分之濃度及酸鹼度會逐漸變化，根據筆者之研究成果顯示，營養液之濃度及酸鹼度之變化不能超過配方量之 20%，否則水耕植物生育不正常。一般而言，營養液濃度之測量單位為 mS/cm，即以電導度計 (electrical conductivity meter, EC meter, 詳如圖 1 組左) 來度量之，而營養液酸鹼度之測量單位為 pH，即以酸鹼度計 (pH meter 如圖 1 組右) 來度量之，一般市售之酸鹼度計可分成單點校正式及雙點校正式兩種，其度量值由 1~14，7 為中性，1 為強酸，14 為強鹼。使用酸鹼度計去度量水質或營養液時，需先以 pH=4.0 及 pH=7.0 標準液校正之，否則所度量之測量值不準確。因之，以單點校正式酸鹼度計去度量之測量質較不準確。酸鹼度為一種度量固體肥料調配成營養液後或用水中氫離子濃度之多寡，一般以其濃度之指數來表示，稱為 pH，即 1 公升的溶液中含有氫離子克數之倒數的常用對數值：

$pH = -\log[H^+] = 14 - \log[OH^-]$ 或 $[H^+] = 10^{-pH}$ ，若溶液中 $[H^+]$ 較 $[OH^-]$ 大時，此溶液即為酸性，反之即鹼性。因之，

- (1) $[H^+] = [OH^-]$ 時 $pH = 7$ ，
- (2) $[H^+] > [OH^-]$ 時 $pH \doteq 1 \sim 7$ ，及
- (3) $[H^+] < [OH^-]$ 時 $pH \doteq 7 \sim 14$ 。

在栽培過程，養液之濃度及 pH 值，會隨栽種蔬菜之種類及外界氣候環境而變。因之，必需定期檢驗其成分而調整之。



圖 1. 左圖為電導度計之本體及感應桿，右圖為酸鹼度計之本體及感應桿

養液調配作業

依栽種作物別、季節別 (表 3、表 10) 及表 11 之基本配方中成分，各組成分化學藥劑可向坊間化工原料行購買，巨量元素以選購食品級或工業級為宜，微量元素則以分析級最佳，購買時需了解各成品之有效成分 (濃度)，及不純物之種類和分量，否則一旦含過量之重金屬時將危害到消費者之健康。表 10 為臺灣坊間水耕用固體肥料之化學特性及參考價格。

調配養液可依下列步驟進行：(1) 選擇適當之養液配方 (如表 9 之花胡瓜無土栽培營養期配方)，(2) 估算預調配之配方量，(3) 估算配方中之各肥料量，(4) 在了解各肥料之純度後 (如表 105) 稱取正確之肥料量，(5) 依各肥料特性個別溶解之，(6) 依肥料間之相容性依序溶入用水中，(7) 度量養液之酸鹼度再依表 13、表 14 之校正表將養液調整至 7.0~6.0 間，(8) 測量電導度。

表 11. 臺灣坊間水耕栽培用肥料之特性

肥料名稱	純度 (%)	溶解度 20°C 公克 / 公升	參考價格 (元 / 公斤)
硝酸鈣 [Ca(NO ₃) ₂ · 4H ₂ O]	70-85	1,270	25-35
硝酸鉀 (KNO ₃)	85-95	315	50-60
磷酸一銨 (NH ₄ H ₂ PO ₄)	85-92	368	80-100
磷酸一鈣 [Ca(H ₂ PO ₄) ₂ · H ₂ O]	70-80	18	50-60
磷酸一鉀 (KH ₂ PO ₄)	80-85	450	120-130
硫酸鎂 (MgSO ₄ · 7H ₂ O)	70-85	356	14-18
嵌合鐵 (Fe · EDTA)	80-95	421	200-210
硼鐵 (H ₃ BO ₃)	80-95	46	60-70
硫酸銅 (CuSO ₄ · 5H ₂ O)	80-95	366	50-60
硫酸鋅 (ZnSO ₄ · 7H ₂ O)	80-95	168	30-50
氯化錳 (MnCl ₂ · 4H ₂ O)	80-95	735	45-55
鉬酸鈉 (Na ₂ MoO ₄ · 2H ₂ O)	80-95	100	2,500-3,000

表 12. 養液調配試算表

步驟一	步驟二	步驟三	步驟四	步驟五
配方組成份	配方 成份用量 (公克/1000公升)	配方 3,000公升需求量	肥料純度 (%)	實際肥料 3000公 升需求量 (公克)
硝酸鈣	354	1062	90	1180
硝酸鉀	303	909	85	1069
磷酸一銨	57	171	80	213
硫酸鎂	246	738	75	984
嵌合鐵	10	30	85	37.5
硼酸	1.2	3.6	90	4.0
氯化錳	0.72	2.16	90	2.4
硫酸鋅	0.09	0.37	90	1.23
硫酸銅	0.04	0.12	90	0.40
鉬酸鈉	0.01	0.03	90	0.09

表 13. 每 1000 公升不同鹼性水溶液降至 pH6.0 時所需硫酸 (H₂SO₄) 或磷酸 (H₃PO₄) 或硝酸 (HNO₃) 之填加量 (毫升)

pH 值	9.5% H ₂ SO ₄	8.5% H ₃ PO ₄	6.5% HNO ₃
7.0	368.6	940.7	933.9
6.9	336.7	891.7	861.7
6.8	303.7	832.7	784.8
6.7	269.0	763.7	703.1
6.6	234.3	684.6	616.8
6.5	198.0	595.6	525.7
6.4	160.6	496.5	430.0
6.3	122.1	387.4	329.6
6.2	82.5	268.3	224.4
6.1	41.8	139.1	114.6
6.0	0	0	0

註：市售硫酸濃度為 95~98 %，硝酸為 65 %，磷酸為 85 %

表 14. 1000 公升不同酸性水溶液調昇至 pH6.0 時所需氫氧化鈉 (NaOH) 或氫氧化鉀 (KOH) 之填加量 (毫升)

pH 值	4.0 % NaOH	4.0 % KOH
5.0	477.8	707.9
5.1	446.1	666.8
5.2	410.9	619.2
5.3	372.1	564.9
5.4	329.8	504.0
5.5	283.8	436.5
5.6	234.2	362.5
5.7	181.0	281.8
5.8	124.3	194.4
5.9	63.9	100.5
6.0	0	0

註：市售氫氧化鉀及氫氧化鈉為高純度之固體粒劑或粉劑

實用的葉肥配方

1. 夏季葉高莖防葉尖燒配方

中文成分	配方 (公克 /100 公升)
尿素	50
硫酸鎂	100
磷酸一鉀	250
硼酸	4
嵌合鈣	100
硫酸美	3

2. 草莓葉面施肥專用配方 (公克 /1000 公升)

成份量	結果期
尿素	100
硝酸鉀	500
磷酸一鉀	200
硫酸鎂	200
嵌合鐵	10
硼酸	8
硫酸錳	2

3. 番茄結果期果實防裂配方 (公克 /1000 公升)

成份	用量
磷酸一鉀	300
硝酸鉀	150
嵌合鈣	100
硼酸	3.0
硫酸錳	1.0

4. 番茄結果期葉肥配方

中文成分	大番茄配方 (公克 /1000 公升)	小番茄配方 (公克 /1000 公升)
氯化鈣	80	90
硝酸鈣	120	200
尿素	100	20
硫酸鎂	120	100
磷酸一鉀	200	200
硫酸錳	3	2.5
硼酸	10	8
氯化鈉	0	30

5. 花胡瓜葉肥配方

(1) 花胡瓜結果期葉肥配方

成分	公克 /1000 公升
尿素	180
硝酸鈣	250
磷酸一鉀	200
硫酸鎂	250
嵌合鐵	10
硫酸錳	1.0
硼酸	3.0

* 每日傍晚噴一次

(2) 防止花胡瓜發生彎曲果之葉肥配方

* 每 1000 公升水加 (磷酸一鉀 1 公斤 + 硫酸鎂 300 公克 + 60 公克硼酸)

* 每日傍晚噴一次

(3) 防止花胡瓜發生流產果之液肥配方

* 每 1000 公升水加 (磷酸一鉀 1 公斤 + 60 公克硼酸)

* 每日傍晚噴一次

6. 甜瓜結果期葉肥配方

中文成分	配方 (公克 /1000 公升)
尿素	50
硫酸鎂	250
磷酸一鉀	100
氯化鈣	30
嵌合鐵	10
硫酸錳	3
硼酸	10

7. 網紋瓜採收前最後 21 天葉肥配方

中文成分	配方 (公克 /1000 公升)		配方 (公克 /1000 公升)	
	採收前 13-21 天	採收前 8-12 天	採收前 7 天	採收前 3 天
氯化鈉	0	5	15	30
硝酸鉀	60	0	0	0
磷酸一鉀	40	0	0	0
硫酸鎂	70	70	70	70
磷酸一鉀	0	50	50	50
嵌合鈣	5	5	5	5
嵌合鐵	6	6	6	6
硼酸	5	5	5	5
硫酸錳	2.5	2.5	2.5	2.5

參考文獻

1. 高德錚 2004 水耕栽培技術十講 僑委會中華函授學校出版 (再版)。
2. 高德錚 1995 第五屆養液栽培技術講習會專刊 台中區農業改良場出刊。
3. 高德錚 1988 精緻農業～水耕栽培技術 行政院青年輔導委員會出版。
4. 高德錚 1988 水耕栽培實務手冊 行政院青年輔導委員會出版。
5. 小川雄一 2008 養液栽培の新マニュアル 366pp 社團法人 日本施設園藝協會編。

6. 山崎肯哉 1986 水耕栽培の魅力とリ THE 水耕栽培 pp。40-46 富民協會毎日新聞社出版。
7. 山崎肯哉 1984 水耕栽培全篇 261pp 株式會社博友社出版。
8. 武川滿夫 1991 水耕栽培の教科書 283pp 財團法人富民協會出版。
9. Cooper, A. 1988 The Arial System of NFT System pp.157-170. In Special Lectures Volumes of “Horticulture in High Technology Era” . Held in May 2-3 1988, Inami,Tokyo.
10. Resh ,H. M. 1987. Hydroponic Food Production, A Definitive Guidebook for the Advanced Home Gardener and the Commercial Hydroponic Grower. pp.120-152. Woodbridge Press Publishing Company.

The Rational Application of Liquid fertilizer on Soilless Vegetable Cultivation

Te-Chen Kao

Deputy director, Taichung District Agricultural Research and Extension station, COA

techen.kao@gmail.com

Abstract

Liquid fertilizer application on soilless vegetable cultivation should be emphasis on the allocation of the water quality, the purity and the allocation of nutrient solution recipes. Basically leafy vegetable with soilless culture nutrient solution recipes needed apart from the need for essential elements required for the growth of crops, needs vary depending on the seasonal crop species and growth season. Generally, in humid hot summer and pale green leaves vegetable, its liquid nutrition recipe of electric conductivity value (EC) can control in 0.75-1.20 mS/cm and the pH value in 5.5-6.0, instead, in cold winter and dark green leaf vegetable, its nutrition solution recipe of electric conductivity value (EC) can control in 1.35-1.85mS/cm and the pH value in 6.0-6.5. In soilless cultivation of fruity vegetables with optimum recipes should require varies to combine with different crop species and crop growth stages (vegetative, flowering and fruit setting phase), particularly in successive harvesting fruit stage, it need to foliar apply with proper nutrient solution as to prevent nutritional deficiency, inducing quality and prolong the picking period. This article will explore the most suitable management of nutrient practice technology and practical nutrient recipes for the soilless cultivation of fruits and vegetables for references.

Key word: Soilless cultivation, nutrient solution, recipe, nutrient management

國家圖書館出版品預行編目 (CIP) 資料

設施蔬菜與無土栽培之研發應用研討會 / 陳蓓真等編著 . -- 第一版 . --
彰化縣大村鄉 : 農委會臺中農改場 , 民 106.07

面 ; 公分

ISBN 978-986-05-2849-7(平裝)

1. 蔬菜 2. 無土栽培 3. 文集

435.207

106010584

書 名 : 設施蔬菜與無土栽培之研發應用研討會

編 者 : 陳蓓真、陳世芳、楊宏瑛、林學詩

發行人 : 林學詩

出版機關 : 行政院農業委員會臺中區農業改良場

地 址 : 51544 彰化縣大村鄉田洋村松槐路 370 號

網 址 : <http://www.tdais.gov.tw/>

電 話 : 04-8523101

傳 真 : 04-8525841

出版日期 : 中華民國 106 年 7 月

版 次 : 第一版 第一刷 400 本

定 價 : 新台幣 300 元整

展售書店 : 五南文化廣場臺中總店 · 400 臺中市中山路 6 號 · 04-22260330

國家書店松江門市 · 104 臺北市中山區松江路 209 號 1 樓 · 02-25180207

國家網路書店 · <http://www.govbooks.com.tw>

GPN : 1010600893

ISBN : 978-986-05-2849-7

版權所有，翻拷必究