



符合環境永續之作物友善管理

Symposium on eco-friendly crop management for sustainable environment

研討會專刊



農業試驗所特刊第 231 號

行政院農業委員會農業試驗所 主辦

Taiwan Agricultural Research Institute, COA

中華植物保護學會 協辦

The Plant Protection Society of Republic of China

中華民國110年7月15日

主編：董耀仁、張淑貞、李啟陽、陳淑佩

符合環境永續之作物友善管理研討會專刊

主 編

董耀仁、張淑貞、李啟陽、陳淑佩

主 辦

行政院農業委員會農業試驗所

協 辦

中華植物保護學會

中華民國 110 年 7 月 15 日

序

行政院農業委員會在 106 年頒布「有機及友善環境耕作補貼要點」與「友善環境耕作推廣團體審認要點」，目的為推動友善環境耕作並擴大參與，希望促進我國有機農業的永續發展，以維護國民健康，並兼顧生產者及消費者權益，為友善農業環境耕作注入一劑強大力量。

現代消費者概念除追求農產品質，也逐漸關注作物栽種的過程是否友善環境及生態，除了吃得飽、吃得好與吃得安全之外，世界潮流趨勢已從安全農業進一步升級為友善農業。友善環境耕作讓自然資源能夠循環利用，不需仰賴化學合成物質，達成生態平衡管理並保育水土資源，以永續經營農地生態的目標，生產自然且安全的農產品，使得務農耕作過程能與自然環境和諧共存，達到經濟與環境雙贏的產業價值鏈。從友善環境農業運行的角度來看，「護生」乃是最積極的生態保育行為，也是對自然萬物生命的珍惜與愛護。如何以「護生」的思維來善待我們農地的自然生態，以及如何面對經營友善農業過程會遇到棘手的病蟲害管理問題，是目前農民所關心的議題。

本次研討會集結植物病蟲害管理、土壤管理及農業環境保護領域的專家，內容聚焦在有機農業推廣、監督及法規制度、友善環境耕作

的綜合管理技術及實務經驗運用，包含農業試驗所團隊針對高經濟價值蔬果所研發之設施作物病蟲害綜合防治技術，應用植物油及叢枝菌根菌等友善環境資材、草蛉天敵等安全溫和的生物防治方法，還有友善農業的用水及節水議題，並探討低碳農業與農糧部門清潔發展(CDM)機制；同時也特別邀請財團法人慈心有機農業發展基金會專家，分享有機農業的現況與新創機會，並分享友善環境耕作的內涵及理想；希望藉由本次研討會的交流能夠傳達農業生產與自然生態和諧共存的實務作法，將農業試驗所專家近年研發成果與試驗經驗整理提供從事友善農業的經營者參考，作為永續農業的前進助力。

行政院農業委員會農業試驗所
所長

A handwritten signature in blue ink, reading '林學詩' (Lin Xueqi).

中華民國 110 年 6 月

「符合環境永續之作物友善管理」研討會議程表

主辦機關：行政院農業委員會農業試驗所/協辦機關：中華植物保護學會

時間：110年7月15日 (星期四) 09:00~17:00

線上會場：Google Meet (<https://meet.google.com/kuu-mnbc-roh>)

時間	講題	主講者/單位	主持人
09:00-09:40	報到		
09:40-09:50	開幕、長官致詞		林學詩所長
作物友善管理病蟲害資材研發應用			
09:50-10:30	植物油混方之研發與應用	余志儒副研究員/農業試驗所應用動物組	石憲宗組長/ 農業試驗所應用動物組
10:30-11:10	有機農業促進的現況與新創機會	蘇慕容執行長/財團法人慈心有機農業發展基金會	
11:10-11:40	環境友善之病害防治資材應用	蔡志濃研究員/農業試驗所植物病理組	
11:40-12:10	基徵草蛉飼養技術研究及應用於友善環境農業	許北辰助理研究員/農業試驗所應用動物組	
12:10-13:30	午餐		
友善農業栽培環境管理方法應用			
13:30-14:00	友善農業之用水及節水	蔡耀賢助理研究員/農業試驗所農業化學組	謝廷芳組長/ 農業試驗所植物病理組
14:00-14:30	叢枝菌根菌之應用研究	林素禎副研究員/農業試驗所農業化學組	
14:30-15:10	臺灣農業減碳作為與碳交易機制之探討	陳琦玲研究員/農業試驗所農業化學組	
15:10-15:40	祝福與禮品致贈		石憲宗組長
15:40~16:10	電子海報展示與中場休息		
16:10-17:00	綜合討論		石憲宗組長 謝廷芳組長

目 錄

植物油混方之研發與應用	1
余志儒	
有機農業促進的現況與新創機會	23
蘇慕容	
環境友善之病害防治資材應用	29
蔡志濃	
基徵草蛉飼養技術研究及應用於友善環境農業	43
許北辰	
友善農業之用水及節水	58
蔡耀賢	
叢枝菌根菌之應用研究	64
林素禎	
臺灣農業減碳作為與碳交易機制之探討	74
陳琦玲	
海報	88
木瓜害蟲之天敵應用-以木瓜抑蝨跳小蜂為例	88
陳淑佩	
天敵保育在害蟲防治上應用	89
董耀仁、許北辰、楊婉秀、余志儒	
果園螞蟻調查及環境友善管理技術開發初探	90
楊婉秀	

有機木瓜病蟲害綜合管理	91
蔡志濃、余志儒、林筑蘋、許北辰	
友善農田土壤健康自主診斷	92
蔡耀賢、向為民、黃柏欽、馬清華	
建立植物油除草劑傷害指數	93
蔡耀賢、向為民、黃柏欽、石憲宗	
叢枝菌根菌在酸桔與極柑生長效益之評估	94
林素禎、劉書好	
利用人工光源調整採收前光環境以降低圓葉萵苣硝酸鹽含量	95
蕭巧玲	
因應2050淨零排放碳農糧部門減排策略初擬	96
施雅惠、林旻韻、陳琦玲	
因應2050淨零排放碳農糧部門碳匯策略初擬	97
施雅惠、林旻韻、陳琦玲	

植物油混方之研發與應用

余志儒^{1*}、董耀仁²、許北辰²、楊婉秀²

¹農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市 霧峰區。

²農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市 霧峰區。

摘要

初步篩選 23 種植物種籽油、11 種植物精油對棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover)、神澤氏葉蟪 (*Tetranychus kanzawai* Kishida)、二點葉蟪 (*T. urticae* Koch) 的防除效果。後續進一步嘗試比較飽和脂肪酸含量差異較大的三種植物油，椰子油、棕櫚油與菜籽油(分別含 94.1、51.9 與 5.1%)對二點葉蟪的效果。結果顯示三種油的 LC₅₀ 在處理後 72 小時分別為 2.23、2.59 及 3.66 mL/L，LC₉₀ 分別為 10.62、7.53 及 17.82 mL/L，由此推測致死效果可能與飽和脂肪酸的含量有關。椰子油與棕櫚油具發展潛力。另比較 4 個不同品牌的大豆油對棉蚜(*Aphis gossypii* Glover)的致死效果，包括市售較大品牌的 3 種 (大統企業股份有限公司、台灣糖業公司、泰山企業股份有限公司)與 Sigma-Aldrich Co. 之 R&D 級。當介面活性劑以 0.25 : 1 (V/V) 與各品牌油混合，殺蚜效果佳，且四者間差異不顯著。顯示大豆油有開發為防治棉蚜製劑的潛力，且介面活性劑與椰子油、棕櫚油及大豆油混合的比例，0.25 : 1 (V/V) 有參考價值。由上述結果，製備了植物油混方。植物油混方可應用於蟲害管理系統中的預防與治療。預防方面，於作物定植前，植物油混方可行浸苗處理，定植後則是每周噴施，藉其精油組成發揮忌避效果。依據田間監測結果，發現害蟲族群已達防治門檻時，即應進入治療階段，加強植物油混方的施用劑量、頻度等。防治策略的擬定，必須參酌製劑的特性與侷限性，了解防除對象的生態、習性等，如植物油混方的防治能力未逮時，即應廣納其他有效資材，以彌補單兵作戰可能的不足。

關鍵詞：植物油混方、浸苗處理、蟲害管理策略。

前言

投入開發植物油作為蟲害防治資材的初表，本是為了配合生物防治，希望能找出可與生物天敵相容的友善資材，落實到以生物防治為基礎的蟲害整合管理 (IPM, Integrated pests management)。

利用生物天敵雖是狹義的生物防治，但生物天敵

也是生態的一份子，意義上除了蟲害防治也期望兼顧到生態保護。天敵的應用方式，包括人為釋放與保育，後者應用於農作物生產操作，更可以和綠色保育 (農委會林務局與慈心基金會合作推動綠色保育計畫，<http://toaf.org.tw/conservation>) 等生態議題並行不悖，可說是生物防治的理想境界。但無論何種應用方式，在天敵發揮防治效果之前，都極可能遇上因蟲

*論文聯繫人

e-mail: zyu@tari.gov.tw

害造成的經濟損失。此時就有賴其他與生物天敵相容的防治資材與技術來消弭損失，例如田間管理、友善植保資材及其應用技術等的運用（農業病蟲害智能管理決策系統，<http://azai.tari.gov.tw/>），進行害物整合管理，同時有益於農產品、人體以及環境的安全。

天然除蟲物質中的油類，如礦物油、植物油及動物油等早期就被用為農作物上的除蟲材料 (Miller 1983; Beattie 2002)。其中可食用的植物油(edible plant oil)及植物精油(essential oil)，通常被認為對人體、環境的影響相對較為友善 (Adhvaryu *et al.* 2004; Moawad *et al.* 2015)。尤其對蔬果上常見的小體形害蟲，如蚜蟲 (Mishra *et al.* 2006; Kassimi *et al.* 2012; Attia *et al.* 2016)、粉蝨 (Butler *et al.* 1988; Puri *et al.* 1991; Fenigstein *et al.* 2001; Schuster *et al.* 2009)、薊馬 (Butler & Jr. Henneberry 1990; Picard *et al.* 2012)、害蟎 (Miresmailli & Isman 2006; Esmaily *et al.* 2017)等，都有卓著的效果。植物精油方面，Aslan *et al.* (2004) 比較三種唇形花科植物夏日風輪菜 (*Satureja hortensis* L.)、羅勒 (*Ocimum basilicum* L.)及百里香 (*Thymus vulgaris* L.)的精油揮發物質對二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 的致死效果，其中二點葉蟎暴露於夏日風輪菜 0.782、1.563 及 3.125 $\mu\text{L/L}$ 濃度的空氣中分別可殺死 66.6、87.6 及 96.6%。Choi *et al.* (2004) 試得檸檬桉油僅需 $9.3 \times 10^{-3} \mu\text{L/mL}$ ，可使二點葉蟎的死亡率達 99%。因此，本所研究團隊將食用植物油與植物精油列為重要的友善植保資材研發對象。

若將植保資材比喻為武器，則需要落實於 IPM 體系的應用技術就有如武術。唯有武術的緊密搭配，武器才得以發揮應有的效果，資材及其應用技術兩者不可偏廢。由於友善資材通常不及化學合成農藥的速效或者長效，應用時需要細膩靈活的應用技術與策略，切勿單純地取代化學合成農藥，應就資材的性質與除蟲機制，以及蟲害的生態、習性，研擬應用技巧與策略。基於此，本文將植物油混方的研發及其應用策略

做一簡述。

植物油混方之研發

初步篩選，自 2005 至 2007 年測試 23 種植物油，其中 12 種將種子以榨油機(家用型，尚礫工業有限公司)冷壓榨取後過濾備試，分別為南瓜 (*Cucurbita tinctorius* L.)、向日葵 (*Helianthus annuus* L.)、辣木 (*Moringa oleifera* Lamk.)、欖仁樹 (*Terminalia catappa* L.)、紅花 (*Carthamus tinctorius* L.)、腰果 (*Anacardium occidentale* L.)、編號 0940416、油菜 (*Brassica campestris* L.)、乳薊 (*Silybum marianum* (Linne) Gaertner)、油桐 (*Aleurites fordii* Hemsl.)、茶樹 (*Thea sinensis* Linn.)、胡麻 (*Sesamum indicum* Linn.) 及油菊 (*Chrysanthemum* sp.)；另 11 種購自市售油商品，分別為花生、大豆、橄欖油、蓖麻、乳油木果、棉子、亞麻仁、苦茶、棕櫚、椰子、芥菜。

2005 年測試 10 種植物油，南瓜、向日葵、辣木、欖仁樹、紅花、腰果及編號 0940416、花生、大豆油、橄欖油等。經乳化後再用水稀釋 500 倍對棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover)、神澤氏葉蟎 (*Tetranychus kanzawai* Kishida) 及二點葉蟎之防治率，結果顯示僅 0940416 效果較佳，處理後經 1、3 及 7 日防治率分別達 87.3–98.4 %、99.3–100%及 100% (圖 1)；但 0940416 對 3 種生物天敵致死率亦高，水稀釋 1000 倍處理對小十三星瓢蟲 (*Harmonia dimidiata* (Fabricius)) 初齡幼蟲與成蟲分別為 36.7 與 3.3%，對智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) 初齡若蟎與基徵草蛉 (*Mallada basalis* (Walker)) 之初齡幼蟲則分別達 100.0%與 70.0% (未發表資料)，故不錄用。2006 年測 7 種，油菜、乳薊、芥菜、油桐、茶樹、苦茶、胡麻，效果皆差。2007 年測試 6 種植物油，油菊、蓖麻、乳油木果、棉子油、亞麻仁油、棕櫚油，與 Tween 80 以 9:

1 (V/V) 混合後，再以水稀釋 200 倍受測。對棉蚜 6

種油效果皆差，但其中蓖麻油、油菊油對神澤氏葉蟻的防治率較高，分別為 87.9、95.7%，對二點葉蟻則以棉子油較高，達 100% (表 1)。

為了商品化製劑，依初步結果行進一步之測試。以下以二點葉蟻與棉蚜為防除對象略述之。

飽和脂肪酸含量較高的植物油可能對昆蟲的抑制效果較好 (Hall & Harman 1991)，因此余與陳 (2009) 嘗試比較飽和脂肪酸含量差異較大的三種植物油，椰子油、棕櫚油及菜籽油，分別含 94.1% (Mohamed *et al.* 2002)、51.9% (Ravasio *et al.* 2002; Aguila *et al.* 2005) 及 5.1% (Rashid *et al.* 2008)，對二點葉蟻的效果。介面活性劑取用食品級 Span 80 與 Tween 80 (日本 Wako Pure Chemical Industries LTD.)，並依 Griffin (1949) 方法調製與供試植物油接近的介面活性劑 HLB 值進行植物油乳化，此三種油的 HLB 值分別為 5.3 (Acharya *et al.* 2002)、10.8 (Ahmad *et al.* 1996) 及 6.7 (Szczepkowski 1999)。油與介面活性劑以 1:1 (V/V) 混合，在室內 25°C ± 1°C 下進行測試。結果顯示，椰子油、棕櫚油及介面活性劑皆有殺蟻能力，菜籽油除外 (表 2)，此三種植物油的 LC₅₀ 在處理後 72 小時分別為 2.23、2.59 及 3.66 ml/l，LC₉₀ 分別為 10.62、7.53 及 17.82 ml/l (表 3)，由此可推測致死效果可能與飽和脂肪酸的含量有關。介面活性劑的殺蟻效果與其 HLB 值的大小似乎無關，除 10 mL/L 濃度在處理後 24 小時與 20 ml/l 濃度在處理後 72 小時之外，餘皆無顯著差異 (表 4)。與植物油的混合時，介面活性劑的比例雖愈高愈好。但由油脂 LC₅₀ 濃度處理後 72 小時的結果，三種油的介面活性劑分別可以降為油的 0.5、1 及 0.125 倍 (表 5)。椰子油與棕櫚油具發展潛力。

食用油中，大豆油是常見的大宗油品，成本可能較低且易取得。余 (2009) 曾比較市售較大品牌的 3

種 (大統企業股份有限公司、台灣糖業公司、泰山企業股份有限公司) 大豆油與 Sigma-Aldrich Co. 之 R&D 級的大豆油對棉蚜的致死試驗，結果顯示，Sigma-Aldrich Co. 油與介面活性劑 [同余與陳 2009，但大豆油之 HLB 值採用 8 (Chang 2007; Yaghmura *et al.* 1999)] 以 1:1 混合後的效果皆佳 (表 6)，LC₅₀ 與 LC₉₀ 分別為 1.09–1.28 mL/L 與 3.96–5.78 mL/L (表 7)。介面活性劑亦具殺蚜效果 (表 8)，而以 0.25:1 的比例與大豆油混合，其效果與 2:1 者差異不顯著 (表 9)。以 0.25:1 與各品牌油混合，殺蚜效果四者間差異不顯著 (表 10)。由此得知大豆油有開發為棉蚜防治製劑的潛力，以及與介面活性劑的較佳比例。

另外，期望未來製劑也具有忌避效果，於是測試了植物精油。計 11 種，分別為丁香 (*Eugenia caryophylla*)、肉桂 (*Cinnamomum cassia*)、茴香 (*Foeniculum vulgare*)、艾葉 (*Artemisia argyi* Levl. et Vant)、香茅 (*Cymbopogon citratus* (DC. ex Nees))、薄荷 (*Mentha piperita* L.)、樟樹 (*Cinnamomum camphora* Nees et Eberm) 及 4 種尤加利 [(*Eucalyptus citriodora* (Hook.) *E. radiata* (Sieber) *E. dives* Schauer *E. globulus* Labill.)]，皆購自英國 FPI Sales Ltd.。

前 4 種精油對棉蚜、神澤氏葉蟻及二點葉蟻的防除效果普遍不佳 (表 11)，且會造成藥害。僅肉桂與茴香在二點葉蟻防治上可能有應用價值，其施用後 3 日之防治率分別有 75.9% 與 63.8%。而香茅、薄荷、樟樹及 *E. citriodora* 尤加利等 4 種精油，對此 3 種害蟲則同時皆具有驅除與致死效果，但以對棉蚜的效果較高，1 mL/L 濃度於處理後 7 日的驅除率分別達 93.7、85.6、77.8 及 98.1% (圖 2)；致死率於處理後 1 日即得理想效果，分別為 70.2、88.5、94.7 及 81.2%；其中又以尤加利精油 0.5 mL/L 濃度之致死率在 82.1–83.3% 之間 (圖 3)，可能最具潛力。

桉葉素 (1,8-cineole)是尤加利精油中重要之有效防除蟲、蟎成分 (Hori & Komatsu. 1997; Obeng-Ofori *et al.* 1997; Miresmailli *et al.* 2006; Mareggiani *et al.* 2008; George *et al.* 2009)。但不同種的尤加利精油其桉葉素的含量比例差異懸殊 (Dellacassa *et al.* 1990; Assareh *et al.* 2007; Bhatti *et al.* 2007; Sefidkon *et al.* 2007; George *et al.* 2009)，效果也可能有異。故選取 4 種不同桉葉素含量的尤加利精油 (表 12)，測試其對前述 3 種害蟲的效果。結果除蟲效果皆低，且大致上相互之間差異不顯著，以組成份種類多者 (*E. dives*) 效果較好。*E. globulus*與 *E. citriodora*精油皆含有 8 種組成份(雖種類不盡相同)，但以桉葉素含量高者 (*E. globulus*) 效果較佳 (表 13)。因此，除了桉葉素確有除蟲效力之外，組成份的協力效果也可能存在。

結合上述結果，將數種食用植物油、精油及食品級介面活性劑，以適當比例調製成植物油混方 (Plant Oils Mixture)。經測試，200 倍水稀釋液對基徵草蛉等天敵無致死反應，可與生物天敵的使用相容。於 2011、2012 年分別技術授權予三家業者。

植物油混方之應用

友善耕作中遇到植保問題，通常指望能有直接取代化學合成農藥的友善植保資材。但後者一般都不及前者的速效或長效，若只是單純直接地取代，後續的風險會很大。因此使用友善植保資材時需要有細膩靈活的應用技術與策略，才能將其真正的效果完全發揮出來。植物油混方可應用於蟲害管理系統中的預防與治療。預防方面，於作物定植前，植物油混方可行浸苗處理，定植後則是每周噴施，藉其精油組成發揮忌避效果。

預防策略之浸苗處理

自行育苗或購自專業育苗場的苗，植體上都可能未被發現或清除的害蟲棲息，是五個害蟲主要侵入途徑之一 (余與許 2017)。為避免此類種苗將害蟲攜帶入本田，必須進行浸苗處理。浸苗處理是一種健康種苗的作為，也是有效且不可或缺的預防措施，藉此可以去除種苗植體上大部份的小體形害蟲。參酌余與許 (2016) 棕欖油浸漬神澤氏葉蟎，對該蟎卵至成蟲各齡期皆有 100%致死效果，進而設計植物油混方的浸苗技巧如下。確實執行，可清除苗株上小體形的害蟲，如棉蚜、銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)、二點葉蟎及神澤氏葉蟎等 (余與許 2019，表二)。

浸苗處理方法及其注意事項：

1. **浸漬濃度：**植物油混方約 200-300 倍水稀釋液。
2. **浸漬時間：**整株苗，可連同育苗盤、介質完全浸入。浸漬 1 秒即有效果，延長浸漬時間有藥害風險。不同種作物、同種不同品種 (系) 間耐受度不同，例如小黃瓜翠姑品種浸 1 秒即有輕微的藥害，雖對往後發育與產值未造成影響，也不能輕忽，草莓豐香品種則可耐受 5 秒、木瓜台農 2 號 10 秒均無藥害反應。故在大量浸苗處理前，應先行藥耐受測試。
3. **藥害測試：**先取少量苗，以 100–200 倍植物油混方水稀釋液，浸漬約 1–2 秒鐘，移出後靜置 48 小時以上，觀察確認無藥害反應，才可大量處理。
4. **其他：**(1) 為避免浸漬時苗植體飄浮與育苗盤分離，可將育苗盤略為彎折再行浸漬。(2) 浸苗處理應在栽培園區外進行，因種苗可能有夾帶飛行力或跳躍力強的蟲體，浸漬時的驚擾可能會使部份蟲體逃離，反而促其散佈於園區。(3) 處理後須盡快移入園區內，因為對於浸漬後才來棲息於苗體上的蟲，可能無懼於植物油混方的忌避，且無治療作用。設施栽培者行浸苗處理時尤須恪遵上述技巧。

浸苗處理是重要關鍵技術，處理得宜，可大幅減

少後續栽培期間的蟲害問題。或有蟲害發生，透過監測，在蟲害的立足初期，即進行適時的治療。

治療時，友善植保資材的應用技術與策略研擬三個重要依據，包括防治資材的特性、防治對象的生態與習性及監測。前二者，即是所謂的知己知彼，一般都深知箇中道理，惟有監測，容易因為疏忽或認知差異而延誤防治時機。即時監測得蟲害的發生種類與數量，是調整防治策略的依據，包括調整防治方法、資材、強度與頻度。友善耕作的蟲害監測，有別於傳統取樣方式，非常重要。方法是每次取樣時必須將田區完全巡視，從中選取 5 個樣點（面積不拘）。以目測認為被害嚴重或可疑者為取樣目標，視植株大小每個樣點取 5 株或枝條或葉片。如此，通常會比傳統隨機取樣的方式高估蟲害嚴重度，也因此才能因應分布不均勻、增殖又快速的害蟲，及早發現其立足初期，是族群即將爆發的前兆，若仍未發現該害蟲天敵的蹤跡，就應該適時調整防治策略，進入治療階段加以壓制。此為友善耕作中蟲害管理的防治門檻（control threshold 或 action threshold），較之慣行管理嚴格許多，但至為重要。

植物油混方特性，對小體形的蟲害，如蚜蟲、害蟎等的致死機制，可能與礦物油的堵塞呼吸系統 (Stadler & Buteler 2009) 類似，但未驗證，然施用時須覆蓋到蟲體。無論預防或治療，均須於下午三時以後，日照較弱時進行，避免造成藥害。

治療策略

1. 蚜蟲、害蟎

蚜蟲族群繁衍快速，例如棉蚜，自出生至可產後代所需發育時間，以在洋香瓜上為例，25°C 與 30°C 分別為 6.5 日與 5.2 日 (余與陳 2011)。田間實際溫度，尤其設施內更高，繁衍更加快速。棉蚜又是孤雌產雌胎生，再藉由共生螞蟻的搬運以及有翅型的飛行遷移，若再加上防治時的漏網之魚，則族群密度與分

布範圍，在短時間內就可急遽上升。因此，當監測得葉片上有子代蚜出現時，即進入治療階段。以噴佈植物油混方治療時，200 倍水稀釋液對若蚜致死率雖幾可達 100%，但對成蚜僅約 9 成致死，故策略上應每週噴施 2 次，掌握處理時間間隔不長於上述發育所需時間，直至完全清除方能收效，必要時須持續至採收完畢。

植物油混方以噴佈方式治療二點葉蟎、神澤氏葉蟎、多食細蟎(*Polyphagotarsonemus latus* (Banks)) 等常見害蟎，對卵幾乎無致死作用 (未發表資料)，而且此類害蟎生活史短、繁殖力也強 (何與羅 1979；張國安 2000；何 1991)，故應參照防治棉蚜的方式。監測到有蟎產卵時，即視為蟎族群已經立足，必須進入治療階段。

2. 銀葉粉蝨

銀葉粉蝨隨時都可能入侵園區，於作物定植後即應放置黃色黏紙，進行監測 (Pinto-Zevallos & Vänninen 2013)。放置位置以植株嫩梢附近為主，須包括設施出入口附近植株，數量不拘。若監測有成蟲出現時，即視為進入治療階段。可噴佈植物油混方 500 倍水稀釋液，只要處理到成蟲即有 100% 的致死率，但對卵與若蟲，即使提高濃度亦無理想之殺傷力 (未發表資料)。若監測到粉蝨成蟲密度高時，須改成高頻度的噴施，每周三次以上，可快速降低銀葉粉蝨成蟲密度，但須先通過 200 倍水稀釋液的藥害測試。若下位葉有發現粉蝨卵或若蟲，應斟酌疏除下位葉，並將之移離園區。

3. 薊馬

薊馬易受驚擾，浸漬或噴施植物油混方時，或有精油成分的忌避，可暫時驅離，但不易覆蓋蟲體。又因薊馬行動快捷，具強的爬行、跳躍能力，成蟲更能飛翔。因此治療時，施用植物油混方應配合懸掛黃色黏紙 (廖與廖 2002)，產生推拉 (push-pull) 效果 (Cook *et al.* 2007)。另外，常見的薊馬種類中，多有掉落或爬行至土表或落葉下化蛹的習性 (王 2002；

王與徐 2007)。所以再於土面鋪放苦楝粕 (Verghese & Giraddi 2005; Giraddi & Verghese 2007; Moorthy et al. 2014)。約400–600 kg/ha的用量，三管齊下。黏蟲紙可用黏蟲膠取代，其目的在防治，放置位置須於嫩梢附近，並隨植株長高而移動放置位置；依監測得的薊馬密度而訂定放置數量，不排除每公尺放1–2個。

在蟲害管理系統的預防與治療階段，植物油混方雖然都可以有角色扮演，但並非不可取代，舉凡植物油、礦物油等的都有類似的效果。防治策略之擬定，除參酌製劑的特性與限制，防除對象的生態、習性等知己知彼外，亦應廣納其他有效資材，多管齊下更能收效。防治資材推出時，其應用策略應該同時跟上，是研發者無可旁貸的義務。或許推出時不甚完備，後面可繼續充實。

結語

作物的生長狀態會影響病蟲害的發生與發展，栽培過程中看似無關病蟲害管理的作業，例如作物選種、選地、整地、灌溉、土壤與肥培管理、雜草管理、行株距、整枝、疏枝葉果、產期調節等，其實都會直接或間接地關係到病蟲害。所以，害物整合管理 (IPM) 其實應該將作物栽培措施視為害物管理的環節。那麼，作物害物整合管理 (ICPM, Integrated crop and pest management)，將更能體現害物管理的細節，把對害物的專注力，擴展到作物的發展需求，甚至耕地、環境等的長期視野。

農作生產使用友善植保資材，除了食安、人安的考量之外，如果也認同可兼顧生態，可以在農作產能無虞之下，適度、逐漸地朝有機農法努力。天敵保育是其應用方式之一，運用於農作物生產操作，可兼顧蟲害防治與生態保護，利用設置天敵保育特區 (余 2019)，或綠籬植物，草生栽培、間作等方式 (曾等 2017)。期許天敵與害蟲發生的高同步性，進而貢獻

防治效果，且可與呈現生態的議題，如生物多樣性、綠色保育等相互結合，並行不悖。這期間可運用友善耕作的 ICPM 來消弭害物所造成的損失，確保生產。而且生態永續是我們的共同目標，友善農業是整個永續拼圖中值得努力的一塊，需要土農工商各領域的鼓勵與積極參與。

參考文獻

- 王清玲。2002。台灣薊馬生態與種類。縷翅目、錐尾亞目。農業試驗所特刊 第 99 號，328 頁。行政院農業委員會農業試驗所。
- 王清玲、徐孟愉。2007。農園植物重要薊馬。農業試驗所特刊 第 131 號，155 頁。行政院農業委員會農業試驗所。
- 余志儒。2009。乳化大豆油對棉蚜(同翅目：常蚜科)之致死效果。台灣農業研究 58: 265-272。
- 余志儒。2019。生物防治的理想-天敵保育。農業世界 426: 16-21。
- 余志儒、陳炳輝。2009。三種植物油對二點葉蟊之致死效果。台灣農業研究 58: 136-145。
- 余志儒、陳炳輝。2011。棉蚜在不同溫度下取食甜瓜之族群介量。台灣農業研究 60: 1-10。
- 余志儒、許北辰。2016。種苗浸漬乳化棕欖油對神澤氏葉蟊的防除效果。台灣農業研究 65: 439-443。
- 余志儒、許北辰。2017。預防勝於治療：害蟲防治從害蟲侵入設施的 5 個主要途徑的防堵做起。農業試驗所技術服務 110: 26-30。
- 余志儒、許北辰。2019。植物油混方防治蟲害策略之研擬。235-248 頁，於：環境友善之植醫保健祕籍，黃振文等 編著，495 頁。五南圖書出版股份有限公司，台灣台北市。
- 何琦琛。1991。茶細蟎在檸檬、茶及辣椒上之生活史。中華農業研究 40: 439-444。

- 何琦琛、羅幹成。1979。溫度對二點葉蟪 *Tetranychus urticae* 生活史及繁殖力之影響。中華農業研究 28: 261-271。
- 張國安。2000。神澤葉蟪 (*Tetranychus kanzawai* Kishida) 在四種茶樹品種上之生活史、內在增殖率及田間族群消長。國立中興大學昆蟲學系碩士論文。台中。
- 曾諄萌、劉興榮、黃安葳。2017。生態農業的綠色天地。行政院農業委員會花蓮區農業改良場特刊第 155 號，94 頁。
- 廖信昌、廖蔚章。2002。顏色黏板、塑膠布及氣味化合物配合植物萃取物對茄園南黃薊馬之防治效果。高雄區農業改良場研究彙報 13: 1-12。
- Acharya, A., S. P. Moulik, S. K. Sanyal, B. K. Mishra, and P. M. Puri. 2002. Physicochemical investigations of microemulsification of coconut oil and water using polyoxyethylene 2-cetyl ether (Brij 52) and isopropanol or ethanol. J. Colloid Interface Sci. 245: 163-170.
- Adhvaryu, A., S. Z. Erhan, and J. M. Perez. 2004. Tribological studies of thermally and chemically modified vegetable oils for use as environmentally friendly lubricants. Wear 257: 359-367.
- Aguila, M. B., A. R. Pinheiro, J. C. F. Aquino, A. P. Gomes, and C. A. Mandarim-de-Lacerda. 2005. Different edible oil beneficial effects (canola oil, fish oil, palm oil, olive oil, and soybean oil) on spontaneously hypertensive rat glomerular enlargement and glomeruli number. Prostaglandins & other Lipid Mediators 76: 74-85.
- Ahmad, K., C. C. Ho, W. K. Fong, and D. Tohi. 1996. Properties of palm oil-in-water emulsions stabilized by nonionic emulsifiers. J. Colloid Interface Sci. 181: 1595-604.
- Aslan, i., H. Özbek, Ö. Çalmaşur, and F. şahin. 2004. Toxicity of essential oil vapours to two greenhouse pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn. Indust. Crops Prod. 19: 67-173.
- Assareh, M. H., K. Jaimand, and M. B.Rezaee. 2007. Chemical composition of the essential oils of six *Eucalyptus* species (Myrtaceae) from south west of Iran. J. Essent. Oil Res. 19: 8-10.
- Attia, S., G. Lognay, S. Heuskin, and T. Hance. 2016. Insecticidal activity of *Lavandula angustifolia* Mill against the pea aphid *Acyrtosiphon pisum*. J. Entomol. Zool. Stud. 4: 118-122.
- Bhatti, H. N., Z. Iqbal, S. A. S. Chatha, and I. H. Bukhari. 2007. Variations in oil potential and chemical composition of *Eucalyptus crebra* among different districts of Punjab–Pakistan. Int. J. Agri. Biol. 9: 136-138.
- Butler, G. D., JR. D. I. Coudriet, and T. J. Henneberry. 1988. Toxicity and repellency of soybean and cottonseed oils to the sweetpotato whitefly and the cotton aphid in greenhouse studies. Southwest. Enlomol.13: 81-86.
- Butler,G. D., and T. J. Jr. Henneberry. 1990. Pest control on vegetable and cotton with household cooking oils and liquid detergents. Southwestern Entomologist 15: 123-131.
- Chang, Y. Y. 2007. Treatment of trichloroethylene in aqueous solution using nanoscale

- zero-valent iron emulsion. Master thesis, Institute of Environmental Engineering, Sun Yat-Sen Univ. 161 pp.
- Choi, W., S. G. Lee, H. M. Park, and Y. J. Ahn. 2004.** Toxicity of plant essential oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). J. Econ. Entomol. 97: 553-558.
- Cook, S. M., Z. R. Khan, and J. A. Pickett. 2007.** The use of push-pull strategies in integrated pest management. Ann. Rev. Entomol. 52: 375-400.
- Dellacassa, E., P. Menéndez, P. Moyna, and E. Soler. 1990.** Chemical composition of *Eucalyptus* essential oils grown in Uruguay. Flav. Frag. J. 5: 91-95.
- Esmaily, M., A. Bandani, I. Zibae, I. Sharifian, and S. Zare. 2017.** Sublethal effects of *Artemisia annua* L. and *Rosmarinus officinalis* L. essential oils on life table parameters of *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae). Persian J. Acarol. 6: 39-52.
- Fenigstein, A., M. Eliyahu, S. Gan-mor, and D. Veierov. 2001.** Effects of five vegetable oils on the sweetpotato whitefly *Bemisia tabaci*. Phytoparasitica 29: 197-206.
- George, D. R., D. Masic, O. A. E. Sparagano, and J. H. Guy. 2009.** Variation in chemical composition and acaricidal activity against *Dermanyssus gallinae* of four eucalyptus essential oils. Exp. Appl. Acarol. 48: 43-50.
- Giraddi, R. S., and T. S. Verghese. 2007.** Effect of different levels of neem cake, vermicompost and green manure on sucking pests of chilli. Pest Manage. Horticul. Ecosys, 13: 108-114.
- Griffin, W. C. 1949.** Classification of surface-active agents by HLB. J. Soc. Cosmet. Chem. 1: 311-326.
- Hall, J. S., and G. E. Harman. 1991.** Efficacy of oil treatments of legume seeds for control of *Aspergillus* and *Zabrotes*. Crop Prot. 10: 315-319.
- Hori, M., and H. Komatsu. 1997.** Repellency of rosemary oil and its components against the onion aphid, *Neotoxoptera formosana* (Takahashi) (Homoptera, Aphididae). Appl. Entomol. Zool. 32: 303-310.
- Kassimi, A., L. El Watik, and M. Mourni. 2012.** Study of the insecticidal effect of Oregano and Thyme essential oils and Neem carrier oil on the alfalfa aphid. J. Environ. Sol. 1: 1-5.
- Mareggiani, G., S. Russo, and M. Rocca. 2008.** *Eucalyptus globulus* (Mirtaceae) essential oil: efficacy against *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae), an agricultural pest. Rev. Latinoam. Quím. 36: 16-21.
- Miller, R. L. 1983.** Spray oil insecticides effectively control some insect and mites. Am. Nurseryman 158: 37-43.
- Miresmailli, S., and M. B. Isman. 2006.** Efficacy and persistence of rosemary oil as an acaricide against twospotted spider mite (Acari: Tetranychidae) on greenhouse tomato. J. Econ Entomol. 99: 2015-2023.
- Mishra, D., A. K. Shukla, A. K. Dubey, and A. K. Dixit. 2006.** Insecticidal activity of vegetable oils against mustard aphid, *Lipaphis erysimi* Kalt., under field condition. J. Oleo Sci. 55: 227-231.
- Moawad, S. S., A. Sharaby, I. M. Ebadah, and H.**

- El-Behery. 2015. Efficiency of zinc sulfate and some volatile oils on some insect pests of the tomato crop. *Glo. Adv. Res. J. Agri. Sci.* 4: 182-187.
- Mohamed, A. I., A. S. Hussein, S. J. Bhathena, and Y. S. Hafez. 2002. The effect of dietary menhaden, olive, and coconut oil fed with three levels of vitamin E on plasma and liver lipids and plasma fatty acid composition in rats. *J. Nutr. Biochem.* 13: 435-441.
- Moorthy, P. N. K., S. Saroja, H. R. Ranganath, K. Shivaramu, and K. A. Paripoorna. 2014. Controlled release formulation of oiled neem cake for insect pest management. *Pest Manage Horticul. Ecosys.* 20: 133-136.
- Obeng-Ofori, C. H. Reichmuth, J. Bekele, and A. Hassanali. 1997. Biological activity of 1,8 cineole, a major component of essential oil of *Ocimum kenyense* (Ayobangira) against stored product beetles. *J. Appl. Entomol.* 121: 237-243.
- Picard, I., R. G. Hollingsworth, S. Salmieri, and M. Lacroix. 2012. Repellency of essential oils to *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae) as affected by type of oil and polymer release. *J Econ Entomol.* 105: 1238-47.
- Pinto-Zevallos, D. M., and I. Vänninen. 2013. Yellow sticky traps for decision-making in whitefly management: What has been achieved? *Crop prot.* 47: 74-84.
- Rashid, U., F. Anwar, B. R. Moser, and G. Knothe. 2008. Moringa oleifera oil: a possible source of biodiesel. *Bioresour. Technol.* 99: 8175-8179.
- Ravasio, N., F. Zaccheria, M. Gargano, S. Recchia, A. Fusi, N. Poli, and R. Psaro. 2002. Environmental friendly lubricants through selective hydrogenation of rapeseed oil over supported copper catalysts. *Appl. Catal. A: General* 233: 1-6.
- Schuster, D. J., S. Thompson, L. D. Ortega, and J. E. Polston. 2009. Laboratory evaluation of products to reduce settling of sweetpotato whitefly adults. *J. Econ. Entomol.* 102: 1482-1489.
- Sefidkon, F., M. H. Assareh, Z. Abravesh, and M. M. Barazandeh. 2007. Chemical composition of the essential oils of four cultivated *Eucalyptus* species in Iran as medicinal plants. *Iranian J. Pharmaceutical Res.* 6: 135-140.
- Stadler, T., and M. Buteler. 2009. Modes of entry of petroleum distilled spray-oils into insects: a review. *Bull. Insectolo.* 62: 169-177.
- Szelag, H., and W. Zwierzykowski. 1999. The behaviour of modified monoacylglycerol emulsifiers in emulsion systems. *Colloids Surf. A: Physicochemical and Engineering Aspects* 155: 349-357.
- Verghese, T. S., and R. S. Giraddi. 2005. Integration of neem cake in plant protection schedule for thrips and mite management in chilli (Cv. Byadagi). *Karnataka J. Agricul. Sci.* 18: 154-156.
- Yaghmura, A., A. Aserina, Y. Mizrahib, A. Nerdb, and N. Gartia. 1999. Argan Oil-In-Water Emulsions: Preparation and Stabilization. *JAOCS* 76: 15-18.

表 1. 六種植物油對棉蚜、神澤葉蟬、二點葉蟬之防治率

Table 1. The control rate of 6 plant oil for *Aphis gossypii*, *Tetranychus kanzawai*, *T. urticae*

Plant oil ^z	No. pest		Control rate after treated (%)				
	before treated		1 day		3 days		7 days
<i>Aphis gossypii</i>							
<i>Ricinus communis</i>	30.8 ±	9.5	20.5 ±	5.9c ^y	56.6 ±	8.5a	45.1 ± 10.4ab
<i>Chrysanthemum</i> sp.	31.3 ±	5.9	10.3 ±	8.9cd	42.3 ±	29.1a	36.4 ± 9.7b
<i>Vitellaria paradoxa</i>	32.5 ±	4.7	16.5 ±	14.2d	40.3 ±	15.8a	35.9 ± 6.1b
Cottonseed oil	41.8 ±	9.4	34.8 ±	4.1b	49.1 ±	10.2a	44.5 ± 20.5ab
Flaxseed oil	40.8 ±	5.4	46.2 ±	2.8a	54.4 ±	11.9a	57.0 ± 16.2a
Palm oil	49.8 ±	10.7	44.8 ±	16.2a	52.4 ±	5.6a	66.3 ± 11.6a
Water (control)	35.3 ±	8.4					
<i>Tetranychus kanzawai</i>							
<i>Ricinus communis</i>	10.0 ±	0	44.4 ±	9.6b	88.9 ±	19.2a	87.9 ± 15.7a
<i>Chrysanthemum</i> sp.	10.0 ±	0	76.7 ±	25.2a	87.8 ±	10.7a	95.7 ± 7.5a
<i>Vitellaria paradoxa</i>	10.0 ±	0	51.1 ±	25.2ab	56.3 ±	23.3b	49.3 ± 11.4b
Cottonseed oil	10.0 ±	0	51.1 ±	18.4ab	57.4 ±	8.5b	58.1 ± 17.9b
Flaxseed oil	10.0 ±	0	62.2 ±	39.8ab	68.9 ±	45.5ab	74.7 ± 33.8ab
Palm oil	10.0 ±	0	51.1 ±	33.7ab	66.7 ±	28.9ab	68.9 ± 31.5ab
Water (control)	10.0 ±	0					
<i>Tetranychus urticae</i>							
<i>Ricinus communis</i>	10.0 ±	0	80.0 ±	20.0a	88.9 ±	19.2a	70.8 ± 50.5b
<i>Chrysanthemum</i> sp.	10.0 ±	0	69.2 ±	25.5ab	77.5 ±	9.8a	77.2 ± 20.9b
<i>Vitellaria paradoxa</i>	10.0 ±	0	65.0 ±	21.8ab	59.4 ±	16.9b	80.0 ± 22.0b
Cottonseed oil	10.0 ±	0	78.3 ±	20.2a	86.7 ±	23.1a	100.0 ± 0 a
Flaxseed oil	10.0 ±	0	52.5 ±	13.0b	50.2 ±	14.6b	60.3 ± 8.1c
Palm oil	10.0 ±	0	54.2 ±	12.3b	54.9 ±	19.5b	70.3 ± 14.3b
Water (control)	10.0 ±	0					

^z : Oil and Tween 80 are mixed at 9 : 1 (V/V), then diluted with water 200 times to be tested.

^y : Data on control rates were corrected by Abbott' s formula and showed by $\bar{x}$ (sd), and means within a column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at 5% level.

.

表 2、三種乳化植物油不同濃度處理二點葉蟬後經 24 與 72 小時之防治率^z

Table 2. The control rates of 3 emulsified plant oils against *Tetranychus urticae* after 24 and 72 hours from treated

Oil	Concentration of oil (mL/L) ^y					Linear regression
	20	10	5	2.5	1.25	
24 h after treatment						
Coconut	93.7a ^x (5.2)	66.3b (10.2)	35.4b (4.6)	40.9a (11.7)	6.2b (0.2)	y = 4.06x+17.00 R ² = 0.88
Palm	96.3a (2.3)	94.1a (2.3)	57.1a (4.9)	17.7b (8.8)	16.4a (6.8)	y = 4.45x+21.83 R ² = 0.75
Rapeseed	79.7b (4.4)	48.1c (6.4)	28.2c (1.0)	20.5b (7.1)	10.7ab (3.0)	y = 3.57x+9.79 R ² = 0.99
72 h after treatment						
Coconut	100.0a (0.0)	81.8b (14.7)	63.8a (13.2)	57.1a (21.0)	21.8a (1.7)	y = 3.40x+38.52 R ² = 0.79
Palm	100.0a (0.0)	100.0a (0.0)	67.1a (4.2)	39.3a (17.0)	25.7a (11.2)	y = 3.84x+36.57 R ² = 0.74
Rapeseed	97.3a (3.2)	78.9b (7.2)	47.3b (1.9)	39.1a (11.1)	19.8a (5.4)	y = 3.89x+26.4 R ² = 0.90

^z: Data quoted from 余與陳 2009.

^y:Vegetable oil emulsified with surfactant in 1:1 (V/V), and concentrations showed as oils only.

^x: Data on control rates were corrected by Abbott' s formula and showed by $\bar{x}$ (sd), and means within a column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at 5% level.

表 3. 三種乳化植物油處理二點葉蟬後經 24 與 72 小時之 LC₅₀ 與 LC₉₀^z

Table 3. The LC₅₀ and LC₉₀ of three emulsified plant oils to *Tetranychus urticae* after 24 and 72 hours from treated

Oil ^y	LC ₅₀ (mL/L, limits ^x)	LC ₉₀ (mL/L, limits)
24 h post-treatment		
Coconut	5.13 (3.72-6.96)	19.38 (12.82-40.96)
Palm	4.08 (2.35-7.00)	11.85 (6.93-51.94)
Rapeseed	8.74 (6.24-14.09)	58.68 (27.50-203.62)
72 h post-treatment		
Coconut	2.23 (1.22-3.22)	10.62 (6.92-24.90)
Palm	2.59 (1.31-4.21)	7.53 (4.53-40.46)
Rapeseed	3.66 (2.67-4.92)	17.82 (11.41-39.29)

^z: Footnote is the same as table 2.

^y: Plant oils emulsified with surfactant in 1:1 (V/V), LC₅₀ and LC₉₀ are the concentrations of oils.

^x: The lower and upper concentrations at 95% confidence limits.

表 4. 三種 HLB 值界面活性劑不同濃度處理後 24 與 72 小時對二點葉蟬之防治率^z

Table 4. The control rates of 3 HLB value surfactant in different concentrations against *Tetranychus urticae* after 24 and 72 hours from treated

Surfactant ^y	Concentration of surfactant (mL/L)					Linear regression
	20	10	5	2.5	1.25	
24 h after treatment						
5.3	83.1a ^x	61.6a	13.6a	13.6a	9.1a	y = 4.38x + 1.18
	(1.5)	(5.6)	(4.0)	(4.0)	(7.4)	R ² = 0.91
10.8	60.7a	40.6b	11.4a	11.4a	3.9a	y = 3.06x + 2.19
	(20.0)	(6.3)	(8.9)	(8.9)	(5.3)	R ² = 0.95
6.7	63.9a	47.6ab	23.7a	23.7a	5.3a	y = 3.15x + 5.84
	(14.2)	(16.0)	(11.3)	(11.3)	(5.7)	R ² = 0.93
72 h after treatment						
5.3	95.9a	74.4a	22.3a	14.7a	12.6a	y = 4.83x + 6.55
	(2.7)	(15.3)	(4.3)	(14.7)	(10.4)	R ² = 0.91
10.8	74.8b	56.2a	39.8a	15.0a	17.1a	y = 3.20x + 15.80
	(11.0)	(4.9)	(10.1)	(10.1)	(5.2)	R ² = 0.91
6.7	89.4a	74.1a	38.0a	25.3a	9.3a	y = 4.15x + 15.10
	(9.4)	(13.0)	(16.0)	(11.7)	(9.7)	R ² = 0.89

^{z, x}: Footnote is the same as table 2.

^y: Surfactant was represented by HLB-value.

表 5. 三種植物油混合不同比例介面活性劑處理後 24 與 72 小時對二點葉蟬之防治率^z

Table 5. The control rate of 3 plant oils emulsified with different ratio to surfucant against *Tetranychus urticae* after 24 and 72 hours from treaed

Ratio of surfactant to oil (V/V)	Coconut oil (2.23 mL/L) ^y		Palm oil (2.59 mL/L)		Rapeseed oil (3.66 mL/L)	
	24 h	72 h	24 h	72 h	24 h	72 h
2:1	37.3a ^x (11.5)	62.6a (18.6)	40.9a (13.0)	57.1a (12.5)	37.5a (8.9)	51.0a (18.8)
1:1	37.2ab (9.3)	53.4ab (9.3)	21.6b (5.8)	41.1ab (13.1)	25.0ab (8.9)	46.9a (13.5)
0.5:1	22.7b (9.2)	46.2ab (12.2)	24.9b (8.7)	39.4b (7.4)	20.2b (9.8)	45.8a (22.3)
0.25:1	25.2ab (9.7)	42.8b (7.1)	26.2b (5.3)	39.9b (12.6)	23.8ab (12.4)	35.7a (10.5)
0.125:1	24.7ab (8.3)	38.7b (13.3)	25.1b (11.5)	33.4b (9.7)	22.9b (4.3)	33.1a (10.2)

^{z, x}: Footnote is the same as table 2.

^y: It was the LC₅₀ of oil against *T. urticae* at 72 h post-treatment.

表 6. 大豆油乳化液對棉蚜的防治率^z

Table 6. The control rate of soybean oil against *Aphis gossypii*

Concentration of oil (mL/L) ^y	Mean of aphid treated (range)	Control rates (%) of aphid at time after treatment		
		1 d	3 d	7 d
5	28.8 (20-38)	85.6 ± 3.3 aB ^x	92.7 ± 2.0 aA	95.2 ± 2.0 aA
2.5	29.3 (21-41)	80.2 ± 3.5 aA	84.3 ± 5.9 bA	84.2 ± 7.7 bA
1.25	37.3 (23-46)	41.2 ± 9.6 bA	42.5 ± 8.8 cA	39.3 ± 9.2 cA
0.625	30.0 (20-40)	19.4 ± 3.1 cA	20.2 ± 3.8 dA	15.8 ± 4.8 dA
0.3125	37.8 (28-52)	13.2 ± 3.6 cA	13.2 ± 3.6 dA	10.9 ± 5.9 dA
0 (control)	24.0 (23-25)			

^z: Data quated from 余 2009.

^y: Emulsified soybean oil was prepared by mixing with emulsifier at 1:1 (V/V) ratio, and tested at five concentrations of oil.

^x: Data on control rates were corrected by Abbott' s formula and showed by mean ± sd; means within a column and a row followed by the same letter with lower and upper case, respectively, are not significantly different by Fisher' s LSD test at 5% level.

表 7. 大豆油致死棉蚜之 LC₅₀ 與 LC₉₀^z

Table 7. The LC₅₀ and LC₉₀ of emulsified soybean oils to *Aphis gossypii*

Time after treatment (day)	LC ₅₀ (mL/L)	LC ₉₀
1	1.28 (0.98-1.68) ^y	5.78 (3.80-11.69)
3	1.14 (0.90-1.45)	4.15 (2.94-7.16)
7	1.09 (0.86-1.38)	3.96 (2.81-6.82)

^z: Footnote is the same as table 6.

^y: LC₅₀ and LC₉₀ were expressed as the concentrations of oil. Data in brackets were lower and upper concentrations at 95% confidence limits.

表 8. 乳化劑對棉蚜的防治率^z

Table 8. The control rate of surficant against *Aphis gossypii*

Concentration (mL/L)	Mean of aphid treated (range)	Control rate (%) of aphid at time after treatment		
		1 d	3 d	7 d
5	18.0 (15-22)	48.9 ± 8.7 aA ^y	52.3 ± 6.3 aA	52.3 ± 6.3 aA
2.5	19.3 (15-27)	30.3 ± 1.1 bA	31.9 ± 3.8 bA	31.9 ± 3.8 bA
1.25	20.7 (17-26)	17.7 ± 5.4 cA	22.1 ± 5.8 cA	22.1 ± 5.8 cA
0.625	18.7 (16-21)	17.9 ± 3.2 cA	19.0 ± 2.1 cA	19.0 ± 2.1 cA
0.3125	23.0 (20-26)	15.4 ± 5.0 cA	15.4 ± 5.0 cA	15.4 ± 5.0 cA
0 (control)	17.7 (16-20)			

^z: Footnote is the same as table 6.

^y: Data on control rates were corrected by Abbott' s formula and showed by mean ± sd; means within a column and a row followed by the same letter with lower and upper case, respectively, are not significantly different by Fisher' s LSD test at 5% level.

表 9. 乳化劑與大豆油不同混合比例對棉蚜的防治率^z

Table 9. The control rate of *Aphis gossypii* treated with surficant mixed soybean oil in different ratio

Ratio of emulsifier to soybean oil ^y	Mean of aphid treated (range))	Control rate (%) of aphid at time after treatment		
		1 d	3 d	7 d
2:1	21.5 (19-25)	64.7 ± 5.3 a ^x	65.5 ± 5.0 a	65.5 ± 5.0 a
1:1	22.0 (21-24)	52.2 ± 2.1 b	55.3 ± 5.6 ab	58.8 ± 4.3 a
0.5:1	17.8 (17-20)	52.2 ± 5.0 b	53.0 ± 4.1 ab	57.2 ± 6.9 ab
0.25:1	18.0 (17-19)	58.6 ± 14.5 ab	58.1 ± 14.5 a	58.1 ± 14.5 ab
0.125:1	18.0 (16-20)	40.1 ± 4.9 b	43.3 ± 9.6 b	45.0 ± 8.9 b
Water (control)	18.5 (16-21)			

^z: Footnote is the same as table 6.

^y: The concentration of soybean oil was 1.09 mL/L (Value of LC₅₀ of oil against *A. gossypii* at 7 day post-treatment.) in all mixture.

^x: Data on control rates were corrected by Abbott's formula and showed by mean ± sd; means within a column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at 5% level.

表 10. 四種大豆油對棉蚜的防治率^z

Table 10. The control rate of *Aphis gossypii* treated with 4 kind of soybean oil

Oil source ^y	Mean of aphid treated (range)	Control rate (%) of aphid at time after treatment		
		1 d	3 d	7 d
Sigma	30.5 (17-52)	67.0 ± 3.5ab ^x	91.2 ± 7.7ab	93.0 ± 8.0ab
Great Union	42.0 (30-64)	78.4 ± 9.9a	89.8 ± 7.7ab	95.3 ± 4.0a
Taiwan Sugar	30.8 (20-38)	62.9 ± 10.5b	93.8 ± 4.6a	93.8 ± 4.6ab
Taisun	42.0 (15-36)	78.4 ± 6.8a	83.9 ± 4.7b	86.0 ± 4.9b
Water (control)	29.0 (15-41)			

^z: Footnote is the same as table 6.

^y: The oil source is Sigma-Aldrich Co., Great Union Trading Co., Ltd., Taiwan Sugar Corporation, and Taisun Enterprise Co., Ltd., respectively, in order from top. And their concentrations were equal to the LC₉₀ on 7 day post-treatment of Sigma-Aldrich with a ratio of emulsifier to soybean oil was 0.25 to 1.

^x: Footnote is the same as table 9.

表 11. 四種植物精油對棉蚜、神澤葉蟬、二點葉蟬之防治率

Table 11. The control rate of 4 essential oils against *Aphis gossypii*, *Tetranychus kanzawai*, *T. urticae*

Botanic EO ^z	No. mite before treated	Control rate after treated (%)		
		1 day	3 days	7 days
<i>Aphis gossypii</i>				
丁香(<i>Eugenia caryophyll</i>)	19.0 ± 10.0 ^y	29.4 ± 37.4	27.0 ± 46.8	26.4 ± 45.8
肉桂(<i>Cinnamomum cassia</i>)	24.7 ± 17.6	0	0	8.0 ± 13.9
茴香(<i>Foeniculum vulgre</i>)	36.3 ± 16.3	37.4 ± 36.1	33.3 ± 57.7	25.8 ± 44.6
艾葉(<i>Artemisiae argy</i>)	19.0 ± 2.0	5.0 ± 8.7	3.6 ± 6.3	33.3 ± 57.7
水 Water (control)	17.0 ± 13.0			
<i>Tetranychus kanzawai</i>				
丁香(<i>Eugenia caryophyll</i>)	24.0 ± 9.6	1.9 ± 3.3	3.9 ± 3.3	6.3 ± 8.8
肉桂(<i>Cinnamomum cassia</i>)	33.0 ± 10.1	0	2.5 ± 2.4	0
茴香(<i>Foeniculum vulgre</i>)	23.0 ± 1.0	1.5 ± 2.6	4.4 ± 4.3	26.6 ± 37.6
艾葉(<i>Artemisiae argy</i>)	18.0 ± 7.0	4.4 ± 7.7	4.4 ± 4.7	4.2 ± 5.9
水 Water (control)	22.3 ± 3.1			
<i>Tetranychus urticae</i>				
丁香(<i>Eugenia caryophyll</i>)	34.7 ± 2.1	2.5 ± 2.3	31.3 ± 51.7b ^z	0
肉桂(<i>Cinnamomum cassia</i>)	31.3 ± 9.1	5.5 ± 4.8	75.9 ± 28.2a	37.0 ± 52.3a
茴香(<i>Foeniculum vulgre</i>)	42.7 ± 17.5	6.5 ± 9.1	63.8 ± 55.3ab	31.6 ± 54.7a
艾葉(<i>Artemisiae argy</i>)	56.3 ± 1.2	3.2 ± 3.1	28.1 ± 39.9b	23.3 ± 40.5a
水 Water (control)	50.3 ± 30.4			

^z : Each essential oil was blended with Tween 80 at a 9:1 (V/V) ratio, and then tested with a 4000-fold water dilution.

^y : Data on control rates were corrected by Abbott' s formula and showed by mean ± sd; means within a column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at 5% level.

表 12. 四種尤加利精油的組成份 (%)

Table 12. The component (%) of essential oils derived from 4 *Eucalyptus* sp.

Component	<i>E. globulus</i>	<i>E. radiata</i>	<i>E. dives</i>	<i>E. citriodora</i>
1.8-Cineole	82.0	68.0	56.0	0.6
α -pinene	3.6	4.2	1.1	2.4
β -pinene	0.8	3.8		0.5
Limonene	2.1		7.1	
γ -terpinene	0.7		4.9	
p-cymene	0.9			
Terpineol-4	0.9			
α -terpineol	2.5	9.5	5.2	
Aldehydes (varies type)		7.1		
other alcohols		6.5		
α -terpinene			1.2	
cis- β -terpineol			0.7	
menthone			2.0	
terpinenel-4-ol			4.5	
iso-menthone			0.8	
menthol			3.5	
γ -terpineol			1.5	
geraniol			3.5	
neral			0.6	
geranial			0.6	
caryophyllene			0.1	
Citronellal				86.0
Iso pulegol				2.2
Citronellol				4.2
Citronellyl acetate				1.1
beta caryophyllene				0.3

Data offered by FPI Sales Ltd. UK.

表 13、四種尤加利精油對棉蚜棉蚜、神澤葉蟬、二點葉蟬之防治率與致死效果

Table 13. The control and lethal efficacy of 4 *Eucalyptus* EOs against *Aphis gossypii*, *Tetranychus kanzawai*, *T. urticae*

Essential oil ^z	Mortality (%) after treated			Control rate (%) after treated		
	1 day	3 days	7 days	1 day	3 days	7 days
<i>Aphis gossypii</i>						
<i>Eucalyptus globulus</i>	15.7ab ^y	19.9a	35.7a	5.3a	4.3a	3.7a
<i>E. radiata</i>	15.1ab	36.6a	51.8a	12.4a	13.2a	11.7a
<i>E. dives</i>	24.4a	39.1a	27.4a	6.5a	13.4a	10.7a
<i>E. citriodora</i>	9.2b	40.0a	64.7a	7.0a	11.6a	10.1a
<i>Tetranychus kanzawai</i>						
<i>Eucalyptus globulus</i>	15.2a	20.6a	— ^x	14.1a	25.2a	26.6a
<i>E. radiata</i>	14.2a	4.0b	—	9.2a	18.2a	24.8a
<i>E. dives</i>	10.6a	2.7b	—	6.6a	7.4b	11.0a
<i>E. citriodora</i>	6.6a	2.4b	—	4.4a	7.7b	17.5a
<i>Tetranychus urticae</i>						
<i>Eucalyptus globulus</i>	38.5a	0.5a	—	22.3ab	23.7a	26.9a
<i>E. radiata</i>	13.6b	17.7a	—	10.5c	15.7a	14.9a
<i>E. dives</i>	40.6a	7.4a	—	25.4a	29.2a	32.1a
<i>E. citriodora</i>	28.7ab	15.5a	—	14.8bc	13.0a	19.1a

^z: Each essential oil was blended with surficant at a 1:1 (V/V) ratio, and tested with a water dilution of 0.5 mL/L essential oil.

^x: Data on mortalities and control rates were corrected by Abbott's formula and showed by mean; means within a column followed by the same letter are not significantly different by LSD test at 5% level.

^x: There was no mite found on the wilting host plant.

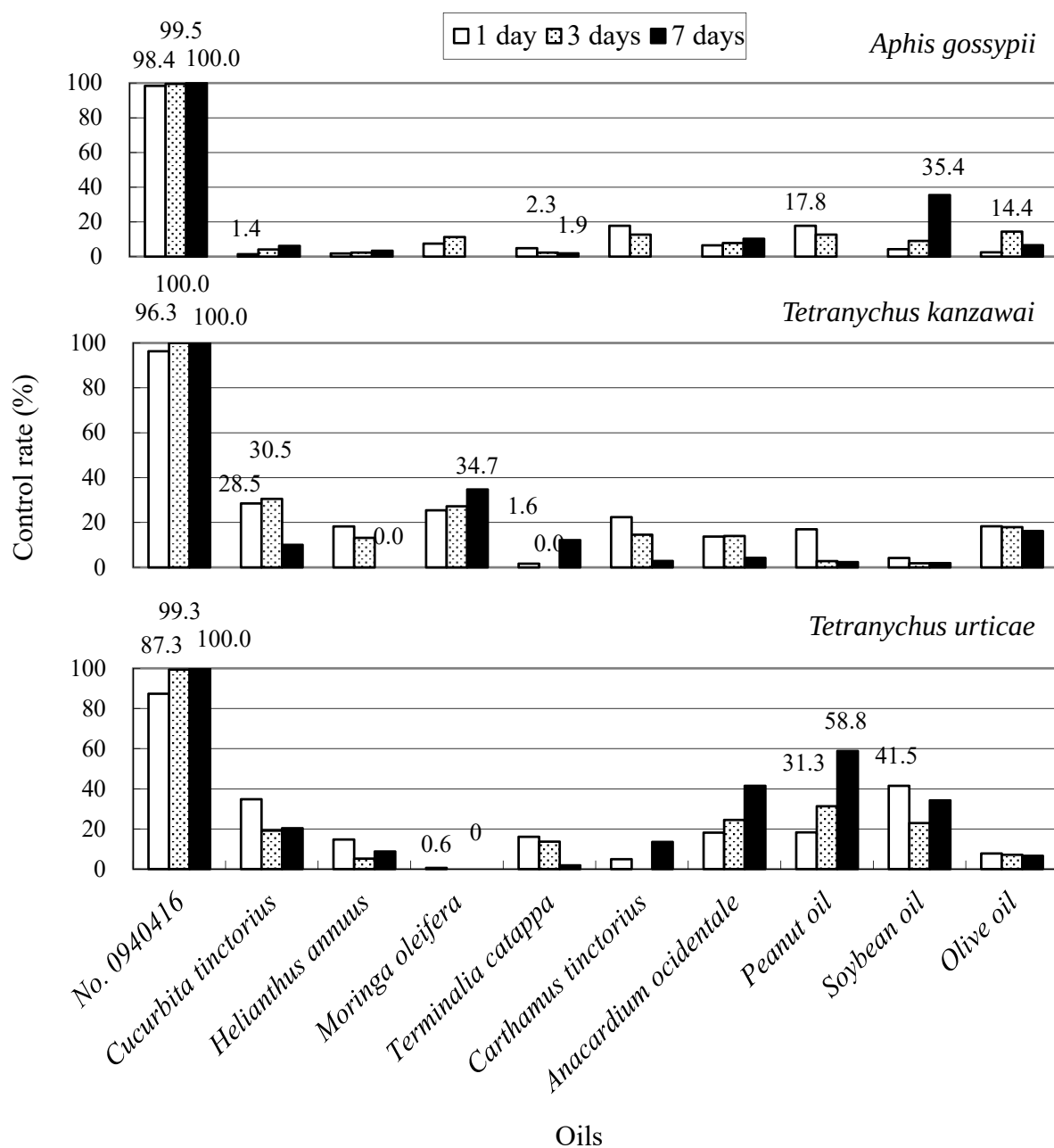


圖 1. 十種植物油水稀釋 500 倍對棉蚜、神澤葉蟬、二點葉蟬之防治率。試材皆與 Tween 80 以 9 : 1 混合乳化後受測。

Fig. 1. The control rate of 4 botanic EOs against *Aphis gossypii*, *Tetranychus kanzawai*, *T. urticae*. Materials emulsified with Tween 80 in 9:1 (V/V).

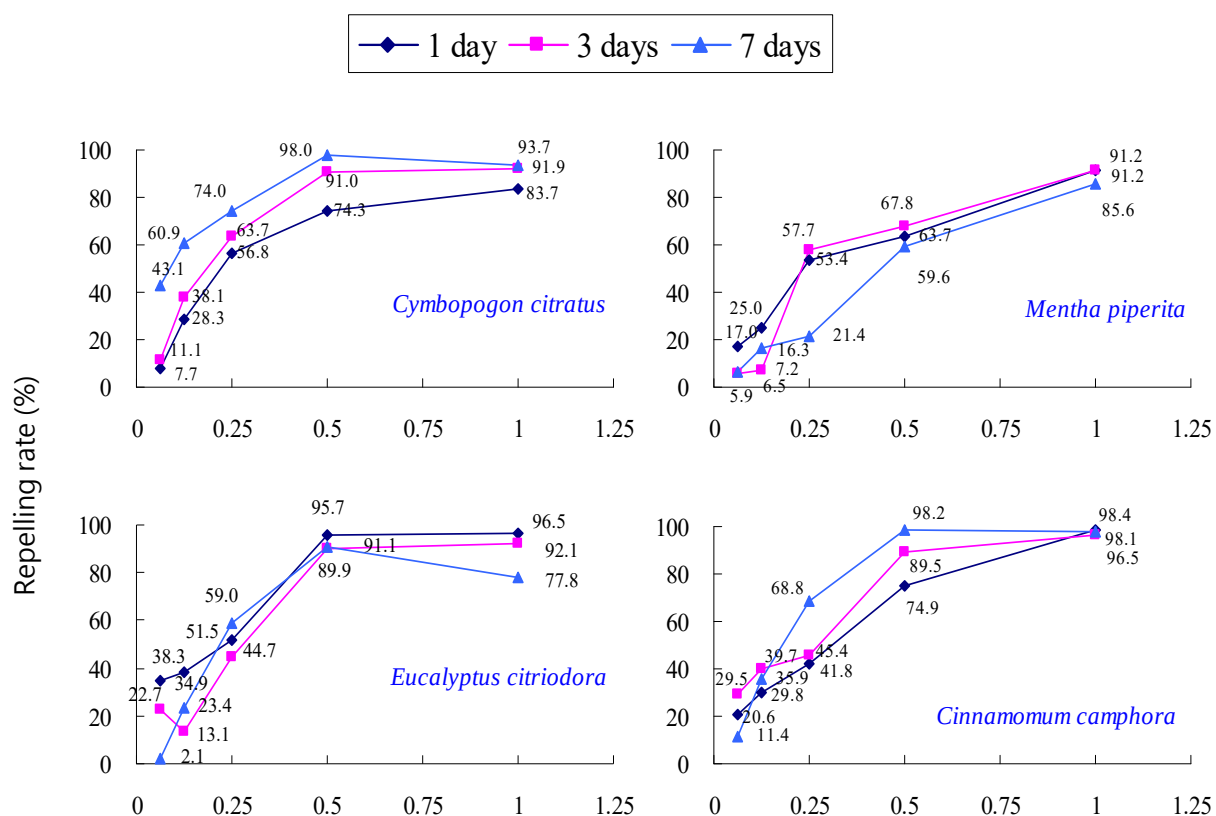


圖 2. 四種植物精油對棉蚜之忌避效果。

Fig. 2. The repelling efficacy of 4 essential oils against *Aphis gossypii*.

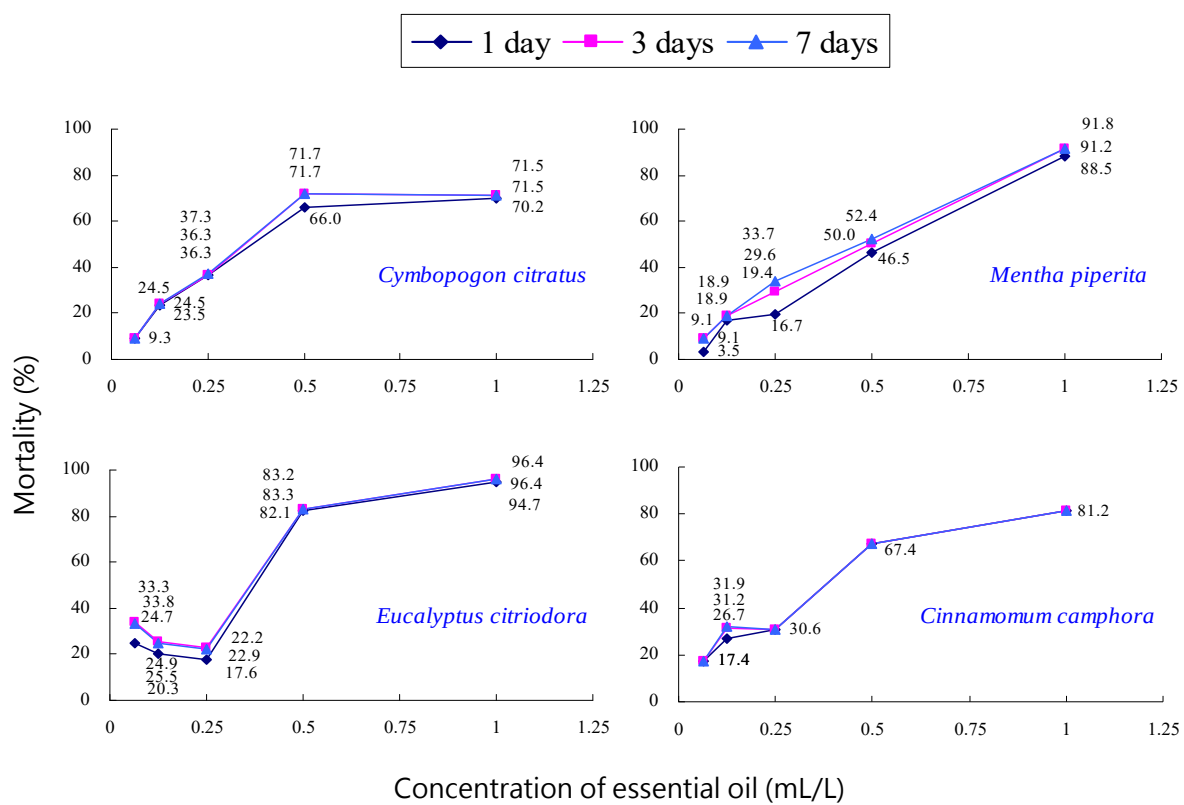


圖3. 四種植物精油對棉蚜之致死效果。

Fig. 3. The lethal efficacy of 4 essential oils against *Aphis gossypii*

The R&D and application of Plant Oils Mixture

Jih-Zu Yu ^{1*}, Yaw-Jen Dong ², Pei-Chen Hsu ², and Wan-Hsiu Yang ²

¹ Associate Research Fellow, Applied Zoology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

² Assistant Research Fellow, Applied Zoology Division, TARI, Wufeng, Taichung, Taiwan, ROC.

Abstract

The lethal efficacy of 23 plant species seed oils and 11 plant essential oils against cotton aphid (*Aphis gossypii* Glover), spider mites Kanzawa (*Tetranychus kanzawai* Kishida), and two-spotted spider mites (*T. urticae* Koch) were preliminarily screened. Then, we further try to compare the control efficacy of 3 plant oils with different saturated fatty acid content, coconut oil, palm oil and rapeseed oil (94.1, 51.9 and 5.1%, respectively) against *Tetranychus urticae*. Results showed that the LC₅₀ of such 3 oils were 2.23, 2.59, and 3.36 mL/L at 72 h after treated, and the LC₉₀ were 10.62, 7.53, and 17.82 mL/L, respectively. It is suggested that the lethal effect may be related to the content of saturated fatty acids. Coconut oil and palm oil will be developed potentially. In addition, compare the control efficacy of 4 different brands of soybean oil against *A. gossypii*. Three famous brands (Tatong Enterprise Co., Ltd., Taiwan Sugar Company, Taishan Enterprise Co., Ltd.) and Sigma -R&D grade of Aldrich Co. included. When the surfactant is mixed with each brand oil at 0.25:1 (V/V), the aphid control effects were good, and there were not significant difference among the four brands. Soybean oil is also to be developed potentially. And the ratio of surfactants mixed with above potential oils at 0.25:1 (V/V) is considerable. Based on above results, "Plant Oil Mixture" was prepared consequently. The Plant Oils Mixture can be used for prevention and treatment in the pest management system. In prevention stage, Plant Oils Mixture can be used for soaking seedlings before planting, and sprayed weekly after planting that by using its essential oil content to play a deterrent effect. According to the field monitoring results, pest management should enter the treatment stage that the application dosage and frequency of Plant Oils Mixture must be strengthened if the pest populations reach control threshold. In the formulation of pest management strategies, the characteristics and limitations of the plant protect materials, and the ecology, habits, etc. of control targets should be considered. However, other effective materials should be widely recruited to make up for the possible shortcoming of individual combat if the control ability of the Plant Oils Mixture is insufficient.

Key words: Plant Oils Mixture, seedling soaked treatment, pest management strategy.

有機農業促進的現況與新創機會

蘇慕容^{1*}

¹財團法人慈心有機農業發展基金會執行長。台灣 台北市。

摘 要

有機農業促進法的立法通過，係屬台灣三十五年有機農業發展脈絡下的結果，而該法的實施，讓有機農業輔導與管理的法政目標，可望步上健全的定位與持續推動之基礎。惟近年在快速且豐沛的輔導、補貼誘因下，有機農業面積雖已突破一萬五千公頃，超過全國耕地 2%，但消費市場似乎尚未成熟，大眾對有機及友善耕作產品的接受程度，並未跟上轉型生產的步調，中小學生營養午餐雖採購有機蔬菜，不論食材種類與食農教育，行動力仍有待加強。部分類型作物的有機生產，則尚有技術面及經營管理面的問題，需要更多研發投入與創新方案。

前 言

上世紀在科技進展下，直接幫助了農業生產量快速提升，卻也引發了生產過程對環境的破壞，生物多樣性消失，土壤退化以及農產品食安問題等，有機農業就在這些問題下逐漸被世界各國重視，消費者越來越願意以較高的價格支持選購有機農產品。台灣也在這波趨勢下，有機農業有了快速進展，不論法規制度、消費動能、生產轉型，乃至與教育、文化、生態、產業等鏈結，成為社會的新顯學，本文回顧台灣有機農業推行 35 年，也試著展望未來，討論可能調整的面向，期待更呼應永續發展目標。

我國有機農業發展的回顧

我國有機農業自民國 75 年由台大及興大學者認定在台灣可能實施後，開啟了 35 年有機發展之路，期間農林廳、農委會、學者、民間組織、農民、技術人員、經營業者等等，投身有機農業各類工作，逐漸讓有機農業在台灣立足，廣為大眾認識。以下分

述有機農業法規、監督及輔導概況。

1. 有機相關法規之演進

在法規及技術操作上，80 年代省農林廳訂定稻米、茶、蔬菜、水果等四類作物有機栽培執行基準、適用資材，設計有機農產品標章及制定認證作業試辦要點，由各區農業改良場辦理輔導及認證。精省後農委會公告實施「有機農產品生產基準」、「有機農產品驗證機構輔導要點」、「有機農產品驗證輔導小組設置要點」等行政法規作為管理依據，也制定「有機農產品驗證機構申請及審查作業程序」開啟了民間機構辦理有機農產品驗證業務。此時期常見有機農產品檢出農藥殘留及標示混亂等現象，加上媒體負面報導，消費大眾對有機產品充滿疑慮。

在許多有機推廣團體及學者專家的呼籲下，民國 96 年立法通過農產品生產及驗證管理法並在兩年後實施，以第三方認證制度來管理有機業務，也開始將有機分裝、加工及進口納入管理，同時加強抽檢農藥殘留及標示，至此我國有機農產品才稱得上全面管理。只是進口有機產品由我國單邊審查進口國之生產標準及驗

*論文聯繫人

e-mail: mr.su@toaf.org.tw

證程序，並無兩國對等談判，我們僅止於單方進口外國有機產品，卻不能將國內有機產品出口。

當更多人認為有機農業不僅關注管理，更該有積極輔導作為，以加強慣行轉作有機農業的力度，於是游錫堃院長及許多學者提案推動立法，最終於民國 107 年通過有機促進法，這部有機專法更將有機輔導明定每 4 年應提出「有機農業促進方案」，亦規定主管機關應推廣符合友善環境要求之有機農業，包含採參與式查證體系 (Participatory Guarantee System) 或其他友善耕作生產者，均予納入有機農業輔導範疇。這部法案在全球堪稱先進的有機專法，對台灣後續有機農業發展，預期影響很大。並也開啟我國與他國間同等性審查工作，以互相承認對方的有機規範與制度，能夠以有機的名義在對方國進行販售。

2. 有機農產品之監督

早期有機農業在第三方認證制度尚未建立以前，最初鑑定有機農產品真偽的方式是農藥殘留檢驗，從消基會開始針對市售生鮮有機農產品抽檢，在多重檢驗 70 幾種農藥技術時代，曾有檢出率達 10% 以上之紀錄，因為檢驗後的報導指向有機蔬果的不安全，造成消費者不信任並重創有機生產者，農委會開始嚴管嚴查加強抽檢，每年抽檢兩千件以上市售樣品農藥殘留，以及近三千五百件樣品之標示內容，至今在檢測農藥種類已達 380 項時，每年合格率都在 99% 左右，與歐美等有機蓬勃發展地區相比，並不遜色。至今第三方認證制度下，有機農產品仍採行此檢驗計畫，每年執行高數量之農殘檢驗，以安定消費大眾信心。

相較之下，各個有機發展國家並未積極採行農藥殘留抽檢，而是以生產者詳列之有機經營計畫，再由稽核員訪場/廠，逐一檢核生產者及其環境是否符合有機生產標準，顯見國內有機產品不僅重視生產過程之符合性，還對最終產品需在檢驗極限下採取未檢出為標準，此一作為甚至高於美國農業部容許 5% 環境背

景值之標準，雖然提供了國人更少風險之有機農產品把關機制，但也不免因過於關注有機農產品之農藥殘留，而忽略了有機農業仍比慣行農產品安全，以及有利於環境生態。同時一旦農藥檢出被舉發或報導時，反而容易對有機農業失去信心。

3. 有機農業的輔導

我國有機農業的輔導，特別在生產者之補助可謂優渥，自民國 106 年新農業創新推動方案開始，除了對地綠色環境給付外，更加大對有機農業補助，其中生產過程補助措施，農民申請有機驗證通過，驗證管理與稽核相關費用補助約 9 成，減少農民為取得驗證的支出，還補助溫網室與農機設備及國產有機質肥料、微生物肥料、生物性防治資材等。另辦理有機農業獎勵與補貼，特別將友善環境耕作體系納入，鼓勵友善耕作及有機轉型期農民持續邁向有機生產，有機驗證面積去年達 1 萬公頃，友善耕作近 5 千公頃。各類有機作物生產面積，以蔬菜及水稻最高，皆超過 3 千公頃，多年生作物如果樹與茶樹占比較低，這跟有機生產技術與風險難易有關。

其他輔導措施還包括補助校園食材採購、餐廳鼓勵有機食材、超市賣場有機農產品專櫃、有機電子商城、有機農夫市集、辦理食農教育等，多元消費市場的行銷教育措施，合計目前每年農委會主管單位有機農業輔導總預算超過十億元，比之於民國 106 年以前，有機農業經費預算不到三億元，現今投入資源豐沛，期待能有效促進有機農業面積轉型及農產品獲得更廣大之銷售與支持。

有機農業現況

在國人對食安的期待下，除了農委會農糧署主管有機農業之輔導與管理業務，農委會內林務局、水保局也就該相關業務與有機農業協同輔導推廣，林務局在保育工作上，以綠色保育標章、里山倡議、國土綠

網等業務目標輔導農民等利益關係人在農田生態保育上，積極協助辦理，咸認為也幫助了有機農業；水保局在農村再生計畫，鼓勵農村以有機生產、生態為農村永續發展目標，也促成了有機轉型的活絡。另外原住民會近年來積極輔導部落有機農業，交通相對不便及耕地狹小不利規模生產下，幫助部落以有機農業為特色，提升部落產業及能見度。太魯閣、玉山、陽明山等國家公園管理處也基於生態保育目標，在轄區內農地輔導推行有機友善耕作，減少區內農地用藥，甚至國發會也運用花東基金，將有機農業結合偏鄉產業六級化，試著找出偏鄉產業發展的希望，而許多縣市政府也承租台糖土地成立有機農業專區，提供農民使用這些土地發展有機農業。這些都是因為有機農業的推廣理念漸漸在公部門產生影響，結合有機農業行動後，更能彰顯各機關的業務目的及幫助利害關係人。

隨著民眾對有機農業的認識，的確也促進有機農產品的消費需求，除了在 90 年代有機專賣店雨後春筍般開設外，農糧署輔導大型賣場設置有機蔬果專櫃，增加民眾選購點，之後各大超市、量販店也紛紛採購有機蔬果上架，目前有機農產品購買地點越來越普及，種類也越來越多元，的確可觀察到有機市場的持續活絡。在有機友善耕作持續輔導之下，快速成長的面積意味著更多有機農產品進入市場，只是近兩年有機及友善耕作面積成長趨緩，原因應該是消費市場並未同步跟上生產量，而限制了農民投入的意願。

再則國中小營養午餐雖有 140 萬名學生採用有機食材，實質多數縣市非每日食用，甚至仍有部分縣市未採購有機蔬菜，而實施的學校也受限於餐費額度，雖採用有機食材也只是該餐一道有機小葉菜，花東地區未供應蔬菜只供應有機米，所以現況有機食材品項占比極少，同時沒有結合食農教育，以致於學童參與有機計畫的成效有限，對學童的有機教育功能未見長期策略。

有機農民市集是消費者與生產者良好的溝通管道，也是有機農產品流通平台，在過去曾扮演有機農

業推廣很好的場所，目前全國受輔導市集有 15 處，實地瞭解下，許多市集的人潮縮減中，攤位數減少，農民的營業額也持續下滑，可能跟氣候炎熱影響到戶外消費農產品的行為，以及國人下廚料理的意願降低有關。

近年有機農業快速發展的原因都是在任期內特別認同有機農業的農委會主委政策導引，民國 98 年有機農業倍增計畫、民國 106 年起推動「新農業創新推動方案」，積極輔導作為加上加碼補貼下，讓有機農業面積快速增加。有機促進法在 108 年通過實施，據觀察本法發揮輔導成效尚未彰顯，法規第五條要求主管機關每四年應提出有機農業促進方案，農糧署也於 108 至 109 年共辦理 3 場有機農業論壇，但據聞該方案仍在行政院尚未核定。

有機農業的改變機會

有了有機促進法的立法推力，加上全民對有機農業認知的成熟，如何再突破目前有機農業成果，讓有機產業更活絡及可持續性，幾項意見如下：

1. 有機促進法的落實

有機農業促進法明定輔導與管理條文，其中第五條訂定「有機農業促進方案」，四年需滾動檢討一次，第六條劃立有機農業促進區，優先輔導慣行農民轉型，第七條主管機關提供獎補助措施，第八條有機農業產銷資訊平台，第九條擴展有機農產品行銷管道，第十條有機農業科研及教育訓練，第十一條以後規定認證管理及罰則。本法已於 108 年實施，但遲未見在第五至第十條之推廣面向，有別於立法前的進展，期待行政院能盡速核定有機促進方案，以符合立法意旨，加速有機農業的推動。

2. 營養午餐的精進

目前農委會積極推動營養午餐三章一 Q 國產食

材，除了教育學童認同本土、支持國產，在安全上也能做更好的把關，立意良好，但這個政策偏向，也讓營養午餐使用有機食材的動力變小，不利於有機在校園的傳播。過去慈心有機農業發展基金會曾在基隆尚仁國小試辦有機營養午餐，因為獲得企業經費贊助，午餐食材跟學校廚工密切溝通協調下，包括 2-3 種有機蔬菜以及有機米，同時推出教案及派遣志工對學校導入有機食農教育，學生對有機農業以及生產者的體會十分深刻，執行成效良好。所以如何加強營養午餐使用有機食材的計畫，調整營養午餐經費結構，提高多元有機食材種類與比例，也要導入有機農業教育，才不會停留在目前執行狀況。

3.加強有機生產技術之研究及推廣

一直以來各類有機作物產量低，在有機營養管理及植物保護技術，仍有很大的發展空間，但研究觀念與方法上，甚至應拋棄過去慣行農業的操作慣性，從自然界重新找尋解決問題的答案，而且需要跨領域專業討論與運用。筆者最近在有機茶種植的觀察上發現茶角盲椿象除了危害茶芽，也喜歡吸食闊葉性雜草，當茶園雜草不全面性砍除或拔除，反而在適當時機刻意留下如昭和、鬼針、野牡丹等雜草，通常可以吸引茶角盲椿象取食這些雜草。過去台東區農業改良場賓朗果園也曾經在果園管理時，盡量不除草，除了提供天敵棲息，也增加了部分害蟲的食源，最終果樹品質與產量能達到農民經濟需求的平衡點，所以類似田間生態與生產管理研究，可以加強進行。其他如一年生作物輪作體系、品種選育改良等等，期望能有更多的研究者投入有機生產之研究試驗，另外在有機生產的同時，如何促進陸域、水域等生態系之健全，以及有效提高土壤有機碳有助於封存大氣 CO₂，都是可以積極研究的方向。

4.有機生產結構調整

過去為了提高生產量，鼓勵慣行農業並供應大量

且廉價之化學肥料，至今有機農業發展，有機與慣行農業生產成本比較下，除了人工費用，最大出差異是肥料，據黃炳文²2016 年有機稻與慣行稻每公頃生產成本結構比較，兩期稻作有機生產的肥料投入皆多出慣行農業一萬元/公頃，就兩類肥料提供養份換算的單價來說，有機質肥料貴出許多，所以提高有機生產之養分效益，降低生產成本是有機發展的課題之一。台灣雜糧進口數量高，自給率偏低，如果能夠輔導大面積雜糧作物的有機種植，可活化休耕地減少進口量，雜糧作物種植需要規劃專區，且生產農機、採收後處理與倉儲設備皆一併規劃輔導。多年生有機水果及茶可以加強輔導，尤其可以選擇有機可行性較高的幾項水果，除了生產技術再優化，垂直整合一二三級產業鏈積極走向國內外市場。

5. 有機驗證制度全面檢討

雖然有機及友善耕作生產面積近 3 年快速成長，但成長比例係以友善耕作面積為主，有機驗證費用雖有高比例補助，相較友善耕作多為免費申請，繁瑣的驗證程序及有機生產標準難度高，顯示有機生產者取得驗證的意願較低，有機驗證與友善耕作同樣可申請有機農業獎勵金，該誘因拉動的是友善耕作非有機驗證，除非針對有機驗證的困難持續檢討改進，否則未來台灣申請有機驗證的農民恐怕會趨緩。

6.加強推廣有機農產品及其銷售動能

近幾年有機生鮮品已經陸續進入超市、量販（全聯、家樂福、好市多等），這些零售通路之家數、營業規模、來客數都有一定規模，也確實帶動有機生鮮品的銷售，但目前觀察市場趨勢，整體出貨量跟去年相比是持平，有機市場尤其是生鮮農產品已呈飽合，這可能跟國人下廚比重降低、外食增加有關，除非增加有機品項以及涉入外食餐飲、加工產業鏈，才有機會提升流通量。如果沒有新的市場出現，現有農民量產提高可能賣不掉，也因為市場消費趨緩，將抑制農民

轉型有機農業。其實有機農產品的行銷推廣，一直以來缺乏市場完整的調查，當有正確分析後，才能規劃出系統性與特定客群性作法。

結 語

有機農業是迷人且溫柔的產業，他帶有很多善良的動力，需要具有豐富整合性的知識才能在有機生產上持續理性修正及改進，而且透過分享與討論可以激

盪出更充沛的能量，生產之外，與社會彼此援助，同時帶有生態服務的效益，值得我們好好用心推廣。

資料來源：

1. 文中部分數據引自農委會農糧署農業資材組有機農業科。
2. 引用自『有機農業推動中心』官方網站。

Current Status of Promoting Organic Farming and New Opportunities

Muh-Rong Su^{1*}

Abstract

The passage of the Organic Agriculture Promotion Act in Taiwan was the outcome of the development of organic farming after 35 years. Implementing this law will support the development of a sound legal and institutional framework. Due to extension services and agricultural subsidies, the total area under organic farming has exceeded 15,000 hectares, making up more than 2% of the country's arable land. However, the market for consumers appears immature. Public support for organic or eco-friendly agriculture struggles to keep up with the pace of change and production. Although primary and secondary schools purchase organic vegetables for school lunches, they need to reinforce their efforts. Production of some organic crops still poses technical challenges and requires a high level of management, R&D investments, and innovative solutions.

*Correspondence address
e-mail: mr.su@toaf.org.tw

環境友善之病害防治資材應用

蔡志濃^{1,*}、謝廷芳²、安寶貞³、林筑蘋⁴

¹ 農委會農業試驗所植物病理組研究員。台灣 台中市。

² 農委會農業試驗所植物病理組研究員兼組長。台灣 台中市。

³ 農委會農業試驗所植物病理組退休研究員兼組長。台灣 台中市。

⁴ 農委會農業試驗所植物病理組助理研究員。台灣 台中市。

摘要

近年來環保意識抬頭，農業環境友善課題一直是全世界的共識，在台灣有規範可以依循的環境友善病蟲害防治資材，包括農糧署公布的「有機農產品有機轉型期農產品驗證基準與其生產加工分裝流通及販賣過程可使用之物質」修正規定，可應用於有機栽培之病害防治資材，包括套袋、非基因改造之微生物製劑、天然物質之食品類資材及可使用之合成化學資材〔包括甲殼素、化工醋類、含氯物質(次氯酸鹽類、氯酸鹽類、二氧化氯等)、含銅物質(硫酸銅、氫氧化銅、氧化亞銅、鹼性氯氧化銅、三元硫酸銅等)、波爾多液、中性化亞磷酸、碳酸氫鉀、碳酸氫鈉(小蘇打)、碳酸鈣、石灰、硫磺、石灰硫磺合劑、氫氧化鉀、含矽物質(矽酸鹽類、二氧化矽)、礦物油、脂肪酸鹽類(皂鹽類)、不含殺菌劑之天然油脂皂化資材等〕及動植物防疫檢疫局公告之「免登記植物保護資材」包括公告之 18 品項及原料屬食品安全衛生管理法第三條第一款所規範的資材。由以上所規範的資材種類繁多，在病害管理的應用上，關鍵點就是必須要了解各種資材的特性，適時地將資材導入至整合性管理系統，才能充分發揮效用。

前言

台灣地處熱帶及亞熱帶，高溫多濕，病蟲害種類繁多，使得防疫作業管理更形複雜。近年來農產品食用安全意識高漲，而農作物農藥殘留違規案件歷年皆有，主要肇因於其栽培與採收期間常因病蟲的危害，農友為確保其產量與品質，多依賴化學合成農藥來防治，因此常有農藥殘留的食安虞慮。在自然界有許多天然或食品類資材，具有防病忌蟲的效果，利用病蟲監測及適時應用環境友善植物保護資材等技術，建構其病蟲害之整合管理策略，期能藉由生態平衡的耕作理念，充分利用各種栽培管理措施，營造樂活的环境、

生產安全的農產品。

依據 2019 年 6 月 5 日農糧署公布「有機農產品有機轉型期農產品驗證基準與其生產加工分裝流通及販賣過程可使用之物質」修正規定，可應用於有機栽培之病害防治資材包括套袋、非基因改造之微生物製劑、天然物質之食品類資材及可使用之合成化學資材〔包括甲殼素、化工醋類、含氯物質(次氯酸鹽類、氯酸鹽類、二氧化氯等)、含銅物質(硫酸銅、氫氧化銅、氧化亞銅、鹼性氯氧化銅、三元硫酸銅等)、波爾多液、中性化亞磷酸、碳酸氫鉀、碳酸氫鈉(小蘇打)、碳酸鈣、石灰、硫磺、石灰硫磺合劑、氫氧化鉀、含矽物質(矽

*論文聯繫人

e-mail: tsajjn@tari.gov.tw

酸鹽類、二氧化矽)、礦物油、脂肪酸鹽類(皂鹽類)、植物保護資材」包括公告之 18 品項及原料屬食品安全衛生管理法第三條第一款所定食品 (表 1)。

表 1. 公告之免登記植物保護資材品項、使用範圍及產品登記數目(至 2021 年 4 月 22 日)共計 573 項產品。

公告品項	使用範圍					登記數目
	用於防除農林作物或其產物之有害生物			用於調節農林作物之生長	用於調節有益昆蟲生長	
	害蟲	病菌	其他			
甲殼素、甲殼素鹽酸鹽	√	√				89 項
大型褐藻萃取物				√		52 項
苦楝油	√					78 項
矽藻土	√					27 項
次氯酸鹽類		√				4 項
碳酸氫鈉		√				12 項
苦茶粕皂素	√		√			45 項
無患子皂素	√					5 項
脂肪酸鹽類、皂鹽類	√					24 項
二氧化矽		√				14 項
碳酸鈣	√	√				23 項
高嶺石	√					7 項
中性化亞磷酸		√				17 項
矽酸鉀		√				15 項
柑桔精油、D 檸檬烯	√	√				23 項
竹醋液、木醋液、稻穀 醋液、醋	√	√				28 項
壬酸			√	√		36 項
幾丁質			√			6 項
屬食品安全衛生管理法第三條第一款所定食品						68項(28項)

種子消毒之資材

依據 2019 年 6 月 5 日農糧署公布「有機農產品有機轉型期農產品驗證基準與其生產加工分裝流通及販賣過程可使用之物質」修正規定，可用於種子消毒

之資材計有：化工醋類、次氯酸鈣、次氯酸鈉及二氧化氯等。分別說明如下：

化工醋：學名為乙酸 (acetic acid)，無色有刺激性氣味的液體，能溶於水，呈酸性，水溶液可食用，純醋酸(無水醋酸)為中性，俗稱冰醋酸。可利用穀類或

水果，經由醋酸菌的發酵製造而得。有機栽培一般使用釀造醋，具有直接殺菌的功效。醋酸亦可當作種子消毒劑，如十字花科蔬菜種子以酸性硫酸鋅種子浸漬法，可去除種子表面污染的黑腐病菌 (*Xanthomonas campestris* pv. *campestris*)。處理時，先將 2.9 g 的硫酸鋅($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) 溶於 100 mL 蒸餾水中，滴入 0.6 mL 醋酸及一小滴展著劑，溫度調至 38-40°C，浸入種子 20 min，取出後以自來水沖洗 3 min，風乾後即可播種，經處理後，種子攜帶的病菌會大幅度減少，甚至被完全除滅，幼苗發病率極低。

次氯酸鈣、次氯酸鈉：種子處理是除滅其第一次感染源最有效方法，最常用之方法除溫水浸種外，以次氯酸鈣 (calcium hypochlorite)、次氯酸鈉 (sodium hypochlorite) 等消毒劑最為可行。Clayton 與 Humaydan 等人均報告，預防甘藍黑腐病及瓜類細菌性果斑病最簡便有效的方法為利用次氯酸鈣拌種消毒，即先將種子浸濕，而後加入 1%-2% 的次氯酸鈣充分攪拌，密封 16 h 燻蒸後即可播種。水稻種子可以 2% 次氯酸鈉溶液消毒 20-30 min 後，用清水漂洗 2-3 次，晾乾後進行播種。其他作物種子均可比照此方法進行種子消毒，惟需微調次氯酸鈉的使用濃度與處理時間，以免影響種子發芽率。

二氧化氯：二氧化氯 (chlorine dioxide) 是一種帶有辛辣味的黃綠色氣體，是目前國際上公認的新一代廣效強力殺菌劑、高效氧化劑和優良漂白劑。二氧化氯對生物活體細胞壁有較強的穿透能力，可有效氧化細胞中含硫基的醇，可快速地抑制微生物蛋白質的合成以抑制病原細菌、真菌和病毒等的生長與繁殖。據報導，二氧化氯對卵菌如露菌、疫病菌及病原細菌如軟腐病菌、青枯病菌、馬鈴薯瘡痂病菌等均具殺菌功效，且可達到預防病害發生之效果。測試二氧化氯

溶液對三種種傳植物病原細菌如十字花科蔬菜黑腐病菌 (*X. campestris* pv. *campestris*)、茄科細菌性斑點病菌 (*X. axonopodis* pv. *vesicatoria*) 及瓜類細菌性果斑病菌 (*Acidovorax avenae* subsp. *citrulli*) 之殺菌效率，顯示以 10 ppm 二氧化氯溶液處理黑腐病菌及 5 ppm 處理斑點病菌各 20 min 或 50 ppm 二氧化氯處理果斑病菌 30 min，可完全抑制細菌之生長。以 10 ppm 二氧化氯溶液浸漬帶黑腐病菌之花椰菜種子 30 min，5 ppm 浸漬帶斑點病菌之甜椒種子 10 min 及 50 ppm 浸漬帶果斑病菌之西瓜種子 30 min，均可有效去除各病原細菌，獲取無菌種子。

波爾多液

波爾多液是法國學者 Millardet 於 1882 年開發出防治葡萄露菌病的無機農藥。波爾多液有很多不同濃度之配方，依硫酸銅與生 (熟) 石灰含量之不同混合製程，一般都採硫酸銅和生 (熟) 石灰等重量式配製使用，配製時硫酸銅與生 (熟) 石灰分開溶解，再將硫酸銅液倒入生 (熟) 石灰桶中(不得顛倒次序)，並加攪拌。波爾多液可用於種苗消毒，在有機作物病害之防治上極具潛力，另外它對大部分的真菌與細菌引起的病害均有極佳的防治功效，經常用於果樹真菌及細菌性病害 (表 2) 如褐斑病 (表 3)、炭疽病 (表 4)、露菌病、疫病、白粉病、銹病、柑橘潰瘍病、檬果黑斑病及楊桃細菌性斑點病的防治。使用時宜在晴天而微風藥液易乾的天氣，以免引起藥害。波爾多液一般使用以「4-4 式波爾多液」配方較為常用，配製量如下表，果樹於花蕾期及剛授粉後，以低濃度酌量噴施 1-2 次，套袋後可以較高濃度噴施。波爾多液也可以調製成濃稠狀，用於樹幹的傷口塗布與滅菌。

表 2. 波爾多液之配製與使用對象

名稱	配製量			作物種類
	硫酸銅 (公克)	生(熟)石灰 (公克)	水 (公升)	
10-10 式波爾多液	10	10	1	果樹 (休眠期)
8-8 式波爾多液	8	8	1	檬果、蓮霧
5-5 式波爾多液	5	5	1	果樹休眠期
4-4 式波爾多液	4	4	1	種子(種苗)消毒、 果樹

石灰硫磺合劑

石灰硫磺合劑最早在 18 世紀被開發出來，不但可以殺菌（真菌、細菌），也可以殺蟲、殺蟎，是有機農業可使用之病蟲害防治資材。一般石灰硫磺合劑中生(熟)石灰、硫磺、水的重量比例為 1：2：10-15（水的份量可依使用需求而增減），配製時先將硫磺以水煮沸，再將生(熟)石灰加入，約煮 1 h，溶液呈深褐色，取過濾後的上層液使用。煮好的石灰硫磺合劑以硫化鈣之形態存在，為殺菌劑之主體，而本劑之強

鹼性也可幫助活化硫磺對菌體的滲透，而增強殺菌效果。它對果樹白粉病、銹病及炭疽病（表 4,5）具有極佳之預防效果，亦可用於防治蘋果、梨黑星病，桃褐腐病，桃縮葉病等。本劑因為鹼性，使用不當易生藥害，幼嫩組織易被燒傷。而且配製好的石灰硫磺合劑不宜久置，最好在 2-3 星期內使用。果樹類作物一般使用約 200-500 倍，蔬菜類作物約使用 800-1000 倍，使用時間盡量在傍晚或無雨之陰天。濃厚的石灰硫磺合劑也可以用於果樹樹幹的傷口塗布，惟配製時將水的含量降低，調製成濃稠狀後使用。

表 3. 4-4 式波爾多液及石灰硫磺合劑對木瓜褐斑病菌菌絲生長及孢子發芽之抑制效果

處 理	菌絲生長 (mm)	抑制率 (%)	孢子發芽 (%)	抑制率 (%)
4-4 式波爾多液	11	73.8 a ^z	0	100 a
石灰硫磺 100X	15	64.3 a	31.2	68.0 b
石灰硫磺 200X	31	26.2 b	62.7	35.7 cd
石灰硫磺 300X	35	16.7 c	73.5	24.6 de
石灰硫磺 400X	36	14.3 c	82.5	15.4 e
石灰硫磺 500X	39	7.1 d	84.0	13.9 e
石灰硫磺 600X	40	4.8 e	87.5	10.3 e
石灰硫磺 700X	40	4.8 e	91.7	6.0 ef
石灰硫磺 800X	41	2.4 f	94.2	3.4 f
石灰硫磺 900X	42	0 g	94.7	2.9 f
石灰硫磺 1000X	42	0 g	94.7	2.9 f
對照 (CK)	42	0 g	97.5	0 g

^z The same letters within each column indicate not significantly different at 5% level by LSD test.

表 4. 4-4 式波爾多液及石灰硫磺合劑對炭疽病菌菌絲生長及孢子發芽之抑制效果

處 理	菌絲生長 (mm)	抑制率 (%)	孢子發芽 (%)	抑制率 (%)
4-4 式波爾多液	0	100 a ^z	0	100 a
石灰硫磺 100X	33	49.2 b	0	100 a
石灰硫磺 200X	41	38.4 b	0	100 a
石灰硫磺 300X	53	18.5 c	0	100 a
石灰硫磺 400X	51	21.5 c	0	100 a
石灰硫磺 500X	56	13.9 c	0	100 a
石灰硫磺 600X	58	10.8 d	0	100 a
石灰硫磺 700X	61	6.2 e	0	100 a
石灰硫磺 800X	62	4.6 e	0	100 a
石灰硫磺 900X	65	0 f	0	100 a
石灰硫磺 1000X	64	1.5 f	0	100 a
對照 (CK)	65	0 f	99	0

^z The same letters within each column indicate not significantly different at 5% level by LSD test.

表 5. 每星期施用不同濃度之石灰硫磺合劑防治木瓜炭疽病之效果

處 理	炭疽病發病率 (%)
石灰硫磺合劑 200X	8.3
石灰硫磺合劑 500X	55.6
對照 (CK)	66.7

熱水處理

利用溫度時，需考慮特定病原菌對溫度及受熱時間的反應，並注意到溫度對植物與其他生物的影響。其中最常使用的為高、低溫滅菌法，一般植物病原真菌及細菌的臨界致死溫度大約在攝氏 60-70℃之間，超過 80℃所有的植物病原細菌及大多數之濾過性病毒會死亡，100℃則耐熱性的濾過性病毒會死亡。利用熱或高溫處理的效果快速，而且無殘留問題。熱水

處理主要用於殺死種子、球莖、果實及其他的植物繁殖體表面的病原菌，但負面影響為可能造成發芽率的降低與果實品質劣變。由於處理的時間及溫度必須相當準確，所以不適合一般的農民使用。此外，根據寄主植物和病原菌耐熱度的差異，一般園藝作物可以利用熱水處理根除濾過性病毒，而且熱水處理休眠組織較為安全，比較不會危及各種繁殖休眠組織的活力。此外，熱水處理可以用於降低採收後檸檬炭疽病的發病度。

芒果炭疽病、蒂腐病及果腐病多具有潛伏感染特性，當果實黃熟後才會顯現病徵，有些果園採收後果腐率高達 50%-100%，若未經適當採後處理，儲架壽命及品質極為低落。實驗顯示，溫水處理可以有效降低發病，主要因為芒果炭疽病菌以附著器潛伏於果實表面，較易感受到熱能效果，利用 49°C 以上溫水處理 5 min 後即能完全抑制培養於玻璃紙上的附著器再生長能力。而以台農 1 號芒果果實進行溫水處理對炭疽病抑制效果之直接測試，發現以 53°C 溫水處理 5min 後取出降溫並催熟後 7 天，溫水處理明顯降低台農 1 號芒果果實採收後病害發生，同時不會造成芒果之熱傷害。1998 年農試所鳳山分所林瑩達先生與廠商合作連續式湯溫處理機，使用 60 至 65°C 高溫瞬間處理，利用輸送帶帶動單層果實經上沖下淋溫水，每小時處理量達 600 Kg。同時間農試所嘉義分所另與廠商配合設計小型溫水處理器，採用整籃芒果浸入溫水槽方式，並採用微電腦程序控制電子閥門及特殊水循環方式，可以達到快速回溫及均溫需求，使得高溫瞬間處理變為可行。2002 年起農試所嘉義分所與三群有限公司進行產學合作，發展出大型自動化溫水處理器並技轉三群公司製造供應大型集貨場處理大量芒果所需，每小時最大處理量可達 3-4 Mg 以上並且將原有人力提舉果籃之動作改以機器自動進行，可以節省許多人力。溫水處理雖然可以有效降低採後果實炭疽病但仍需加強田間管理以降低感染，才可以讓溫水處理發揮最大效果，弭補田間稍許的疏忽，將能簡易及經濟地提昇外銷芒果良好品質，提高良質率及價格。不同的芒果品種對高溫忍受性都有些許不同，例如愛文、凱特、金煌等可以使用 60°C/20 s 處理，台農 1 號芒果較耐高溫，溫度可提升至 62°C，但是柴菱芒果（土芒果）如果以 58°C/20 s 處理便容易出現熱傷害。因此不能冀望所有果實都能適應同一處理條件，必須在大量處理前遵守研究人員建議並以少量果實進行測試後方能進行後續處理動作。

溫水處理抑制山藥種薯線蟲

台灣栽培山藥多有由線蟲引起的連作障礙問題，尤其是在壤土地種植的山藥極易發生由根腐線蟲引起的乾腐病，塊莖表面會有許多深淺不一之裂痕、裂口會有木栓化情形、以手指輕壓會有海棉狀之感覺，其橫切面自表皮往內層會有黑褐色乾腐，乾腐之深度隨山藥品種之不同會有些微之差異，往往造成 2-3 成的損失，該病害雖然可以利用化學藥劑、生物防治、輪作、淹水、抗病品種及添加 LT-M 等減少病害發生，但各有優缺點；嘉義分所利用 50°C-60°C 溫水處理，先將種薯塊內存活的線蟲殺死，再進行催芽、分芽及馴化而生產出不含活體線蟲的健康種苗供應田間栽植，配合田間穴管清潔與乾淨介質使用，完全不需使用殺線蟲劑，成功解決根腐線蟲之危害，同時降低生產成本，生產出無農藥殘留之優質山藥塊莖；本技術已技轉嘉義縣中埔鄉農會生產健康紅龍山藥種苗供農友使用。本方法可節省種薯塊莖用量、生長整齊並能控制田間栽培時間避開炭疽病好發季節，減少炭疽病防治之費用，同時維持正常產量，2007 年於中埔鄉之田間試驗結果，單株塊莖生產量，使用健康薯塊當種苗者平均為 3,750 g，以病薯塊為種苗者為 2,350 g，以健康芽體為種苗者重量為 3,435 g。

中和亞磷酸

亞磷酸原為緩效性磷肥的一種，1980 年代被發現可以防治卵菌綱引起的植物病害。爾後，有關亞磷酸防治病害的作用與防病機制一直引起學者的興趣，至今仍在探討中。一般認為亞磷酸在高濃度下 (1000 ppm 以上) 對病菌的菌絲生長與產孢有干擾與抑制作用，有直接保護 (direct protection) 寄主的功效，但防病功效並不完全。近年來，許多報告均指出亞磷酸有誘導植物增強抗病性的間接防病 (Indirect

defense) 的功效，它會加速植物抗禦素、酚化合物、或其他抗病物質的產生與量的累積。至於有關亞磷酸誘導寄主產生抗病反應的全程機制尚未完全了解，其正確切入抗病反應路徑的位置亦待求證。由於亞磷酸是強酸，水溶液的酸鹼值約為 pH 2-3，必須以鹼性物質中和至 pH 5.5-6.5 後，才能施用於植物體。目前在國外，亞磷酸已被開發與商品化，如 Foli-R-Fos 400 (20 % H_3PO_3)，Nutri-Phite P Foliar (4 % N-30 % P_2O_5 -8 % K_2O)，及 Guard PK (7 % N-21 % P_2O_5 -21 % K_2O)。田間試驗顯示，亞磷酸對疫病菌、露菌病有良好的防治效果，經常用於酪梨根腐病、柑橘疫病、葡萄露菌病、番茄晚疫病 (圖 1、表 6)、萵苣與十字花科露菌病的防治。在台灣，一種簡單配製亞磷酸的方法已被研發出來，使用者與農民可以自行配製。其方法是將亞磷酸 (95-99 %) 與氫氧化鉀 (95 %) 以一比一等重使用，先將需用量的亞磷酸溶於水中，再溶解氫氧化鉀，調配好的亞磷酸的酸鹼值約 pH 6.0-6.2，可直接使用，可以減少調配亞磷酸酸鹼值時的費時與費工，並避免溶液於保存時，因氧化作用而導致

藥效降低的情形。目前依照上述方法，亞磷酸普遍被農民用於作物疫病、晚疫病、露疫病與露菌病的田間防治。

亞磷酸施用濃度、部位及時期：(1)葉面與果實噴布時，濃度以 1000 mg/L 為佳。(如 100 L 水中加入 100 g 亞磷酸與 100 g 氫氧化鉀，即為 1000 倍稀釋液；加入 200 g 亞磷酸與 200 g 氫氧化鉀即為 500 倍稀釋液)。尤其噴布於幼嫩組織，如花、果實及新芽部位，使用濃度不可超過 1000 mg/L，否則會造成藥害。葉面噴布的施用時期為雨期來臨前，每 7 d 一次，至少 2 至 3 次，可連續使用。果實噴布則於雨期來臨前，每 7 d 一次，連續 2 至 3 次，採果期亦可使用。(2)土壤與根圈灌注時，施用濃度可提高至 2000-5000 mg/L，使用後 7 d 內，盡量勿澆水。一般健康植物的根系吸收力佳，施用後方有保護效果。使用時期依作物別不同而異，果樹幼苗於雨期來臨前，每月 1 次，共 2 次，以後每隔 3 個月 1 次。健康樹木一年使用 1-2 次即可。蔬菜、花卉於雨期來臨前，每 7 d-14 d 灌注 1 次，至雨季結束為止。



圖 1. 中和亞磷酸製劑防治番茄晚疫病效果，圖左：對照，圖右：亞磷酸 1000 倍。

表 6. 中和後之亞磷酸溶液防治田間番茄晚疫病之效果

處理 (ai concentration, mg/L)	罹病度 (%) ^y		
	處理前	第 2 次處理後 7 天	第 4 次處理後 7 天
亞磷酸 ^z (1000)	23.8 ± 4.1 a ^x	26.7 ± 2.5 a	28.8 ± 5.4 a
80% 福賽得可濕性粉劑 (4000)	22.1 ± 5.0 a	26.5 ± 1.3 a	31.3 ± 7.4 b
35% 依得利可濕性粉劑 (350)	27.5 ± 2.0 a	38.4 ± 4.7 b	66.3 ± 5.6 c
50% 達滅芬可濕性粉劑 (125)	23.6 ± 3.1 a	25.3 ± 2.6 a	28.9 ± 6.9 a
對照	26.3 ± 2.6 a	42.2 ± 0.8 b	69.0 ± 5.9 c

^z H₃PO₃ solution was neutralized with equal weights of KOH (both chemicals are of industrial grade).

^y Disease severity = Σ (Disease index (ranking 0-4) × No. plants in the index) / (4 × No. of total tested plants) × 100%.

^x Mean ± sd. The 20 tomato (var. 'Known-you 301') plants were used in each treatment with 3 replications. The same letters within each column indicate not significantly different at 1% level by LSD test.

乳化葵花油

經農試所與夏威夷大學合作下，將一般食用油經過乳化、稀釋的步驟製作成防治噴劑，並將該防治噴劑噴灑數蓋在一般植物表面與病菌上。試驗顯示，當番茄葉片噴布多種的 0.1 % 乳化食用油均可顯著的降低由 *Oidium neolycopersici* 引起的番茄白粉病，這些植物油包括芥花油、葡萄子油、花生油、紅花油、大豆油及葵花油，其中以乳化葵花油的防治白粉病效果最佳，當乳化葵花油的濃度提高至 0.5 % 時，白粉病幾乎不會發生。該種食用油噴劑會在植物體表面形成一種薄膜，能阻隔病原菌孢子發芽與菌絲生長，且有減少植物水分散失的功效，但它不會影響植物的呼

吸作用及光合作用。在田間實驗時，每週噴施 1 次時，對瓜類(圖 2、表 7)、木瓜 (表 8)、番茄 (表 9)、枸杞等作物的白粉病均有良好的預防效果。此外，它對銹病、露菌病亦有相當的抑制功效，尤其在設施內施行預防性防治使用時，效果最佳。因此，食用油不但兼具病害防治與增強光合作用效能的雙重功效，而且食用油的防治噴劑更屬於無毒無害，符合有機生產需求及環保概念，生產成本極低的一種實用性防治技術。目前乳化葵花油已經商品化，並登錄於免登記植物保護資材，可以推廣用於防治白粉病，此外，此製劑亦可與其他植物源保護製劑混合使用，增強其防治病害之功能。



圖 2. 乳化葵花油防治胡瓜白粉病：(左)乳化葵花油 200 倍；(右)對照。

表 7. 每 7 d 施用一次乳化葵花油，第 4 次施藥後 7 d 胡瓜白粉病罹病度

代 號	處理 藥劑名稱及稀釋倍數	罹病度(%)					LSD	
		I	II	III	IV	平均	5%	1%
A	90%乳化葵花油 EC 200X	20.25	13.75	9.50	23.50	16.75	c	c
B	90%乳化葵花油 EC 300X	20.75	27.25	26.25	47.25	30.38	bc	c
C	90%乳化葵花油 EC 500X	30.0	46.75	33.0	48.25	39.50	b	bc
D	50%白克列 WG 2,500X	36.75	80.75	73.50	66.75	64.44	a	ab
E	不施藥對照組 (清水噴施)	66.76	83.0	79.25	92.75	80.44	a	a

^z The same letters within each column indicate not significantly different at 5% and 1% level by LSD test.

表 8. 每 7 d 施藥一次，第 4 次施藥後 7 d 乳化葵花油防治木瓜白粉病之效果

藥劑名稱	稀釋 倍數	罹病度(%)					備註
		I	II	III	IV	平均	
乳化葵花油(1)	200 倍	0.0 a ^z	0.0 a	0.0 a	0.0 a	0.0 a	
對照(1)		0.0 a	8.5 b	12.0 b	25.5 b	11.5 b	
乳化葵花油(2)	200 倍	0.0 a	0.0 a	0.63a	0.0 a	0.16 a	
對照(2)		14.5 b	4.0 b	6.0 b	13.0 b	9.38 b	

註:罹病等級:0:0 ; 1:1-5% ; 2: 6-25% ; 3:26-50% ; 4:51%以上。

^z The same letters within each column indicate not significantly different at 5% and 1% level by LSD test.

表 9. 不同葵花油濃度防治蕃茄白粉病之效果

	濃度 (%) ^z						水 (ck)
	0	0.02	0.05	0.1	0.2	0.5	
病害面積率 (%) ^y	12.0	10.8	9.0	6.0	3.3	0.8	11.5
植株高度 (cm)	30.5	30.5	29.0	29.5	32.5	30.5	27.0

^z Sunflower oils were emulsified with 0.01% tween 20.

^y Diseased areas were recorded 14 days after treatment.

重碳酸鹽

為酸性碳酸鹽 (bicarbonates) 之別名，含有重碳酸根 (HCO_3^-) 之化合物。常見的重碳酸鹽類包括碳酸氫鈉 (NaHCO_3) 或稱小蘇打、碳酸氫鉀 (KHCO_3)、

碳酸氫銨 (NH_4HCO_3) 等三種，有機農業上可以使用之資材為碳酸氫鈉及碳酸氫鉀。重碳酸鹽以防治辣椒、瓜類、葡萄、蘋果、玫瑰、草莓、木瓜、日衛矛、迷迭香等作物之白粉病為主。

重碳酸鹽類中，以小蘇打或稱碳酸氫鈉 (baking

soda, sodium bicarbonate)最先被用於作物病害防治上。應用小蘇打當作殺菌劑並非是一項新的發現，早在 1933 年出版，由 Hottes 氏所編著的書「A Little Book of Climbing Plants」中已提到用稀釋約 133 倍的小蘇打可有效防治玫瑰白粉病。此項發現乃得自於蘇俄植物病理學家 A. de Yaczewski 的提供。1981 年，日本 Homma 等人利用碳酸氫鈉防治瓜白粉病；1982 年，Punja 和 Grogan 發現含鉍、鉀、鈉和鎂的碳酸鹽和重碳酸鹽可殺滅白絹病菌，開啟了利用重碳酸鹽防治作物病害的新頁。隨後，在 1985 年 8 月份的有機農園「Organic Gardening」雜誌上，報導日本的研究人員以約稀釋 500 倍的小蘇打可有效防治瓜類、茄子和草莓白粉病。在 1990 年 6 月份的溫室管理者「Greenhouse Manager」雜誌上，摘錄了美國康乃爾大學 Horst 博士利用小蘇打防治玫瑰主要病害 - 白粉病及黑斑病的 3 年試驗報告，玫瑰每 3-4 d 噴布 200 倍小蘇打及具殺蟲效果的肥皂(作為界面活性劑，可使小蘇打易於黏附在葉表上，雖對病害無任何作用，但可以增進小蘇打的防病效果)的混合水溶液，可有效防治白粉病及黑斑病的發生。

重碳酸鹽類對人體無害，而且對環境的衝擊非常小，在作物有機栽培的體系中，成為病害防治不可或缺的一項利器。由於它具有明顯的抑菌功效，已被全世界有機農園廣泛地接受與應用，甚至已有多項商品化的產品問世。在使用重碳酸鹽之前，應先小量測試對標的作物是否有藥害產生。以筆者的經驗，瓜類植物較易產生藥害，尤其在烈日下噴施時，葉片容易產生灼傷狀的藥斑。在使用重碳酸鹽的過程之中，應考慮使用劑量的問題。一般而言，以稀釋 200 倍，每 7 d 噴施 1 次，連續 3 次的效果最穩定，若能添加天然的展著劑、界面活性劑或礦物油，則防病效果更佳。

微生物製劑

拮抗生物可以防治病害的機制，可分為五種：即

(1).產生抗生素與毒素；(2).產生酵素分解病原菌；(3).營養競爭；(4).超寄生及 (5).誘導植物產生抗病性。目前生物防治中以「拮抗微生物之應用」之研究最多，諸如木黴菌、膠狀青黴菌、農桿菌、放線菌、枯草桿菌、液化澱粉芽孢桿菌、蕈狀芽孢桿菌及螢光假單胞細菌等最具發展成生物性農藥之潛力。

在台灣，目前已登錄於有機農業商品化資材之微生物製劑計有 7 項產品，包括枯草桿菌 (*Bacillus subtilis*) 用於防治水稻紋枯病、甘藍根瘤病、豆科 (小葉菜類、豆菜類、根菜類、乾豆類) 及豌豆白粉病、番荔枝及蓮霧果腐病、橡果蒂腐病、瓜菜類及瓜果類露菌病；蕈狀芽孢桿菌 (*B. mycoides*) 用於防治水稻紋枯病、蘭花黃葉病；液化澱粉芽孢桿菌 (*B. amyloliquefaciens*) 用於防治十字花科 (小葉菜類、包葉菜類、根菜類)、甘藍、向日葵、菊、菊科 (小葉菜類、包葉菜類、根菜類) 等黑斑病，山蘇、地黃、油菜等葉斑病，豆科乾豆類、豆菜類、豆薯、狗尾草、黃耆、豌豆、闊葉大豆等葉斑病、葉枯病、褐斑病，芫荽、芹菜、胡蘿蔔等黑葉枯病，花木葉斑病、黑斑病及褐斑病，枸杞、茄科果菜類及馬鈴薯等的早疫病、輪紋病，柑桔類潰瘍病，當歸葉枯病及黑葉枯病，蔥科紫斑病。

甲殼素

甲殼素又稱為幾丁質 (chitin)，在 1811 年時，由法國人在蕈菇類植物中被發現，酵素中也可發現其蹤跡。甲殼素廣泛存在於自然界的甲殼類、昆蟲類和軟體類動物的骨骼，以及某些藻類、真菌類的細胞壁中，是地球上蘊藏量最豐富的有機物之一，例如螃蟹殼裡各有 3 成左右的蛋白質、碳酸鈣和幾丁質。用稀鹼來去除其蛋白質，再用稀酸來排除碳酸鈣，就能得到較純的幾丁質，甲殼素及殼聚糖 (chitosan) 由於具有生物官能性和相容性、安全性、微生物降解性等優良特性，目前甲殼素及殼聚糖被廣泛應用於醫藥、農業、

食品工業等多個領域。在農業領域中的應用包括作為植物生長調節劑、農用藥物、農用肥料及蔬果保鮮劑。甲殼素及其所衍生的產品對於植物有保護作用，而且具有破壞或抑制真菌生長和活動的特性。主要是因為甲殼素可以促使植物產生自我保護的機制來抵抗外來的感染及寄生生物的侵略，而且只需要非常低的濃度即可達到這些功效。甲殼素較普遍的使用方式包括：製作成溶劑、粉劑或是包覆在種子表面等。

(一) 在美國某個真菌侵害非常嚴重的地區，曾經針對甲殼素種子處理對於真菌防治的效果做過一系列的實驗。實驗後研究人員發現經過甲殼素包覆處理的種子較沒有包覆的種子有更好的發芽率，大約可提升 20 % 左右的發芽率。

(二) 甲殼素在幾個不同的層次發揮作用，除了防治真菌的效用之外，它具有強化根部組織及促進莖部生長更粗壯的功能。有些研究也顯示甲殼素能夠刺激植物分泌由本身機制合成的保護物質。

(三) 甲殼素有促進放線菌繁殖的效用，進而提升放線菌的病害防治的效果。

(四) 在其他領域中，甲殼素也被視為具有肥料的功效，因為它對於加速植物的萌芽及成長也有著一定的功效。由於以上這些特性，甲殼素可以被視為未來朝向有機栽培及有機農業發展上所不可或缺的天然肥料及農藥。加上甲殼素的水溶性讓農民在使用上更加有彈性，可以依據需求來調整使用方式，或搭配其他產品一起使用。目前免登記植物保護資材共登記 95 項甲殼素相關產品。

結論與展望

本文為簡介環境友善之病害防治資材與應用，目前公告可用之環境友善資材雖有數十種。然而，作物病害的種類亦甚多，因此在應用上需依據各種病原生態的特性及了解資材之作用機制，適時的施用資材，並導入於整合性管理系統。如果環境友善之防治資材

使用得當時，不但可以減少化學合成農藥的使用，並達成病害防治事半功倍之目的，且有良好節能減碳及環境永續的效果。

現今農政單位經常修正病蟲害有機可用資材及公告新增「免登記植物保護資材」，此些環境友善資材雖陸續增加，但目前仍有許多作物病害僅能仰賴化學合成農藥來防治，甚而眾多的病害無良好的防治方法，開發更多的環境友善防治技術與資材來取代化學合成農藥的使用，將是大家共同努力的目標。

引用文獻

Ann, P. J. 2001. Control of plant diseases with non-pesticide compound-phosphorous acid. Plant Pathol. Bull. 10:147-154. (in Chinese with English abstract).

Ann, P. J., Hsieh, T. F., Tsai, J. N., Wang, I. T., and Lin, C. Y. 2000. A simple method for use of phosphorous acid and the spectra for disease control. Plant Pathol. Bull. 9(4):179 (Abstract in Chinese).

Chaluvvaraju, G., Basavaraju, P., Shetty, N.P., Deepak, S.A., Amruthesh, K.N., and Shetty, H.S. 2004. Effect of some phosphorous-based compounds on control of pearl millet downy mildew disease. Crop Prot. 23:595-600.

Fenn, M.E., and Coffey, M.D. 1984. Studies on the in vitro and in vivo antifungal activity of fosetyl-Al and phosphorous acid. Phytopathology 74:606-611.

Guest, D. I. 1984. Modification of defense responses in tobacco and capsicum following treatment with fosetyl-Al. Physiol. Plant Pathol. 25:125-134.

Guest, D. I., and Grant, B. R. 1991. The complex

- action of phosphonates in plants. *Biol. Rev.* 66:159-187.
- Hewitt, H. G.** 1998. *Fungicides in Crop Protection*. CAB International, Wallingford, Oxon, UK.
- Holderness, M.** 1990. Efficacy of neutralized phosphonic acid (phosphorous acid) against *Phytophthora palmivora* pod rot and canker of cocoa. *Aust. Plant Pathol.* 19:130-131.
- Homma, Y., Arimoto, Y., and Misato, T.** 1981. Effects of emulsifiers and surfactants on the protective values of sodium bicarbonate. *J. Pesticide Sci.* 6: 145-153.
- Horst, R. K., Kawamoto, S. O., and Porter, L. L.** 1992. Effects of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Dis.* 76: 247-251.
- Johnson, D.A., Inglis, D.A., and Miller, J.S.** 2004. Control of potato tuber rots caused by oomycetes with foliar applications of phosphorous acid. *Plant dis.* 88:1153-1159.
- Kiss, L., Cook, R. T. A., Saenz, G. S., Cunnington, J. H., Takematsu, S., Pascoe, I., Bardin, M., Nicot, P. C., Sato, Y., and Rossman, A. Y.** 2001. Identification of two powdery mildew fungi *Oidium neolycopersici* sp. nov. and *O. lycopersici*, infecting tomato in different parts of the world. *Mycol. Res.* 105:684-697.
- Ko, W. H., Wang, S. T., Hsieh, T. F., and Ann, P. J.** 2003. Effect of sunflower oil on tomato powdery mildew caused by *Oidium neolycopersici*. *J. Phytopathol.* 151:144-148.
- MacIntire, W. H., Winterberg, S. H., Hardin, L. J., Sterges, A. J., and Clements, L. B.** 1950. Fertilizer evaluation of certain phosphorus, phosphorous, and phosphoric materials by means of pot cultures. *Agron. J.* 42:543-549.
- Martin, H., and Salmon, E. S.** 1930. Vegetable oils as fungicides. *Nature* 126: 58.
- Martin, H., and Salmon, E. S.** 1931. The fungicidal properties of certain spray-fluids, VIII. The fungicidal properties of mineral, tar and vegetable oils. *J. Agric. Sci.* 23:228-251.
- Mckay, A. G., and Floyd, R. M.** 1992. Phosphonic acid control downy mildew (*Peronospora parasitica*) in cauliflower curds. *Aust. J. Exp. Agric.* 32:127-129.
- Nemestothy, G. N., and Guest, D. I.** 1990. Phytoalexin accumulation, phenylalanine ammonia lyase activity and ethylene biosynthesis in fosetyl-Al treated resistant and susceptible tobacco cultivars infected with *Phytophthora nicotianae* var. *nicotianae*. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 37:207-219.
- Ni, H. F., Hsu, S. L., and Yang, H. R.** 2007. Evaluation of different method for inoculation of *Pratylenchus coffeae* on yam. *J. Taiwan Agric. Res.* 56:99-106. (in Chinese with English abstract).
- Northover, J., and Schneider, K. E.** 1993. Activity of plant oils on diseases caused by *Podosphaera leucotricha*, *Venturia inaequalis*, and *Albugo occidentalis*. *Plant Dis.* 77: 152-157.
- Northover, J., and Schneider, K. E.** 1996. Physical modes of action of petroleum and plant oils on powdery mildews of grapevines. *Plant Dis.* 80: 544-550.
- Ohtsuka, N., and Nakazawa, Y.** 1991. Influence of machine oil on conidia and hyphae of cucumber powdery mildew fungus,

- Sphaerotheca fuliginea*. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 57: 598–602.
- Ohtsuka, N., Nakazawa, and Y., Horino, O.** 1991. The influence of machine oil on morphology of cucumber powdery mildew fungus (II). Electron microscopic observations on hyphae and haustoria of *Sphaerotheca fuliginea*. Ann. Phytopathol. Soc. Jpn. 57: 711–715.
- Pasini, C.** 1997. Effectiveness of antifungal compounds against rose powdery mildew (*Sphaerotheca pannosa* var. *rosea*) in greenhouse. Crop Prot. 16: 251–256.
- Pegg, K. G., Whiley, A. W., Saranah, J. B., and Glass, R. J.** 1985. Control of Phytophthora root rot of avocado with phosphorus acid. Aust. Plant Pathol. 14:25-29.
- Saindrenan, P., Barchietto, T., Avelino, J., and Bompeix, G.** 1988. Effects of phosphite on phytoalexin accumulation in leaves of cowpea infected with *Phytophthora cryptogea*. Physiol. Mol. Plant Pathol. 32:425-435.
- Saindrenan, P. and Guest, D. V.** 1995. Involvement of phytoalexins in the response of phosphonate-treated plants to infection by *Phytophthora* species. Pages 375-390 in Handbook of Phytoalexin Metabolism and Action. M. Daniel, and R. P. Purkayastha. eds. Marcel Dekker, INC. New York.
- Smillie, R. Grant, B. R. and Guest, D.** 1989. The mode of action of phosphite: evidence for both direct and indirect modes of action on three *Phytophthora* spp. in plants. Phytopathology 79:921-926.
- Wicks, T. J., Magarey, P. A., Waxhtel, M. F., and Frensham, A. B.** 1991. Effect of postinfection application of phosphorous (phosphonic) acid on the incidence and sporulation of *Plasmopara viticola* on grapevine. Plant Dis. 75:40-43.
- Yang, H. R., and Lin, Y. T.** 1997. Effect of hot water treatment for controlling anthracnose of mango fruits of Tainung No.1 variety. Plant Prot. Bull. 39:241-249. (in Chinese with English abstract).
- Ziv, O., and Zitter, T. A.** 1992. Effects of bicarbonates and film-forming polymers on cucurbit foliar diseases. Plant Dis. 76: 516–517.

基徵草蛉飼養技術研究及應用於友善環境農業

許北辰¹、董耀仁¹、楊婉秀¹、余志儒^{2*}

1 農委會農業試驗所應用動物組助理研究員。台灣 台中市。

2 農委會農業試驗所應用動物組副研究員。台灣 台中市。

摘要

基徵草蛉 [*Mallada basalis* (Walker)] 幼蟲又被稱為「蚜獅」，為多種小型害蟲的重要天敵，可利用人工飼料大量繁殖，於國內外溫網室皆有應用實例，為友善環境栽培體系極具應用潛力的天敵昆蟲。友善環境農業常面臨具有抗藥性的小型害蟲危害植株，然而在不使用化學合成農藥的情況下，若適當的搭配天敵昆蟲作為因應害蟲的策略，可適當降低使用非農藥資材之成本，並在成本與效率間尋得平衡。目前草蛉的研發工作，首要為研發省工飼育技術，並善用對環境及天敵昆蟲友善的防治資材，以擬定與友善防治資材互相搭配之設施多元蟲害防治策略。另尚需選育可耐極端氣候之草蛉品系，以滿足各農業生產區之氣候條件。將昆蟲天敵適當的融入友善農業環境的蟲害防治策略，並搭配合宜的防治資材，能在防治害蟲的同時，也盡到保護環境的責任。

關鍵詞：基徵草蛉、友善環境農業、害蟲綜合防治。

前言

安全農業為世界趨勢，更是重要的友善農業生產方式。以往慣行農業為追求高產量，使用化學合成農藥與肥料，對環境造成負面影響，且破壞自然界的生物多樣性，造成生態系失衡，以及許多物種消失 (Simpson *et al.* 2011a, 2011b)。為降低化學合成農藥對環境的破壞，在友善環境農業的害蟲綜合防治 (integrated pest management, IPM) 發展過程，如何妥善的運用生物天敵形成農業防治策略，已是友善農業的重要課題 (So *et al.* 2004; Lu & Wang 2006; Chen *et al.* 2014; Xiu *et al.* 2017; Ye *et al.* 2017)。常被運用的天敵昆蟲包含瓢蟲、椿象、捕植蟻，以及草蛉等，本文所介紹的基徵草蛉，其飼養技術已經技轉廠商，可大量生產繁殖且有購買管道，有效防治農業上的小型害蟲，為一種重要的天敵昆蟲 (Wu 1995; Lu & Wang 2006; Hsu *et al.* 2020)。

基徵草蛉簡介

基徵草蛉 [green lacewing; *Mallada basalis* (Walker)] 屬脈翅目草蛉科 (Neuroptera: Chrysopidae)，英文俗名 green lacewing，其成蟲 (圖 1d) 為植食性，以花蜜、花粉等為食 (Wu 1995)。草蛉幼蟲又被稱為「蚜獅」(aphid lion) (圖 1 c)，顧名思義為蚜蟲的重要天敵。幼蟲除了會捕食蚜蟲，也對粉蝨、葉蟬等多種小型害蟲具有強大的捕食能力，是農業環境的重要天敵 (Lee 1994; Wu 1995; Lu & Wang 2006; Chang & Lu 2007; Chen *et al.* 2014; Hsu & Lu 2020)。基徵草蛉幼蟲可利用人工飼料大量繁殖 (圖 2 c) (Cohen 1983; Ma *et al.* 1986; Lee 1994; Ye *et al.* 2017; Hsu & Lu 2020)，應用於國內外溫網室的害蟲綜合防治，包括推薦施放於草莓、茄科和瓜類等作物，防治如棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover)、銀葉粉蝨 (*Bemisia argentifolii* Bellows & Perring)、

*論文聯繫人

e-mail: jzyu@tari.gov.tw

潛葉蛾 (*Phyllocnistis citrella* Stainton)、橘球粉介殼蟲 (*Nipaecoccus filamentosus* Cockerell)、神澤氏葉蟎 (*Tetranychus anzawai* Kishida) 及二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch)等重要害蟲 (Wu 1992; Chang & Huang 1995; Wu 1995; Lu & Wang 2006; Cheng *et al.* 2010; Chen *et al.* 2014)。因此草蛉為友善環境栽培體系極具應用潛力的天敵昆蟲。

基徵草蛉產卵時會於腹部末端於基質表面產生一卵柄 (egg stalk) 構造，再將卵粒附著於物體表面，卵柄長約 6-8 mm，卵粒長約 0.9 mm，未孵化時為綠色 (圖 2)，孵化後卵殼呈現白色 (圖 1a)。此卵柄之物理結構及氣味成分在卵孵化前可防禦如螞蟥等天敵，或降低同種間自殘的機率 (Eisner *et al.* 1996)。草蛉幼蟲共三個齡期，頭部口器特化，形成兩根細長而且堅硬的彎管，可刺入獵物體內取食。剛孵化的幼蟲體型細小似螞蟥，體長約 1-2 mm，三齡幼蟲體長可達 6-8 mm，隨著成長發育，體型呈現頭尾兩端略尖，中段腹部粗大的紡錘型 (Early 2019)。體色則隨著食物來源不同，呈現灰褐色並帶綠色或些微橘黃色。

基徵草蛉僅幼蟲期為肉食性，其幼蟲對於小體型的害蟲具有高度取食能力，因此在友善環境農業的害蟲防治策略中，具有重要的應用價值與潛力。

食餌技術為天敵量產與應用之重要關鍵

應用天敵的瓶頸主要為食餌量產，由於飼養捕食性天敵昆蟲需有穩定且持續的活餌供應，因此量產活餌是極耗費人力、時間和飼養空間的工作 (Hsu & Lu 2020)。農試所發展之人工飼料及微膠囊飼料 (圖 3) 技術為基徵草蛉量產的重要技術突破 (Cohen 1983; Ma *et al.* 1986; Lee 1994; Ye *et al.* 2017)，經調整既有的微膠囊飼料生產設備，微型化人工卵製程部分之動力器械，改善整體操作流程 (圖3、表1)，可降低機械成本，也大幅提升操作便利性，可穩定生產供應草蛉幼蟲成長所需的餌料 (圖4)，且提高餌料的包埋特性及品質均一性 (圖5、表2)，除了縮短草蛉於飼養過程中的生長時間、改善存活率，並可提高成蟲的產卵量 (表3、表4、圖6) (Hsu & Lu 2020)。

基徵草蛉的量產技術目前除技術轉移給個體農戶，另亦技轉給天敵生產公司進行商業化生產草蛉卵片及

幼蟲，提供農友和一般民眾購買作為田間防治及居家園藝用途。農戶若有人力也可自行生產繁殖草蛉並釋放卵片及幼蟲。

基徵草蛉應用研究

基徵草蛉的幼蟲期為肉食性，因此應用於蟲害防治時，以草蛉的幼蟲為主。由於草蛉卵被卵柄黏附於產卵標的上，較難快速的自產卵標的基質上分離 (Ridgway *et al.* 1970; Nordlund & Correa 1995a, 1995b; Nasreen *et al.* 2004; Sattar & Abro 2011; Hsu *et al.* 2020)，因此應用於葉菜類或瓜果類等作物時，可將黏附卵粒之卵片紙張拆解為小單張，再將紙張以鐵線、塑膠繩，或釘書針等懸掛於田間植株，待幼蟲孵化後便會自行於植株上爬行並取食害蟲 (Lu & Wang 2006; Cheng *et al.* 2010; Chen *et al.* 2014)。以電動推剪搭配旋風離心器切斷草蛉卵柄並收穫草蛉卵粒 (圖 7)，與傳統次氯酸鈉法處理組相較，卵收穫率 ($90.2\% \pm 0.6\%$ vs $80.0\% \pm 2.3\%$)、卵孵化率 ($80.8\% \pm 2.8\%$ vs $70.0\% \pm 3.6\%$) 及成蟲獲得率 ($54.2\% \pm 3.4\%$ vs $46.7\% \pm 4.1\%$) 皆以電動推剪搭配旋風離心器者較佳 (表 5)，且卵粒形狀完整 (圖 8)，以推剪搭配旋風離心器收穫草蛉卵粒具有速度快，器械體積小，操作便利，安全性高等優點，有應用於小型草蛉卵收穫系統之潛力 (Hsu *et al.* 2020)。

由於小型害蟲昆蟲生活史短，且常群聚並躲藏於葉背，又對於化學農藥之抗藥性累積迅速，以致農藥噴施效果不彰。應用天敵於高經濟價值之果園或作物溫網室內進行蟲害防治，具有降低成本及減輕環境負荷等優點 (Lu & Wang 2006; Cheng *et al.* 2010; Chen *et al.* 2014)。基徵草蛉的幼蟲不僅食性廣，對多種作物害蟲的捕食量也很大。其幼蟲至成蟲期可捕食超過自身體積百倍之小型害蟲，其中以三齡幼蟲捕食能力最強 (Hsu & Lu 2020)，於實驗室條件下，一隻基徵草蛉在三齡幼蟲期可捕食近 500 粒外米綴蛾卵或 3000 餘隻銀葉粉蝨若蟲；而在東方甜瓜的植株上，每日可捕食 400 隻蚜蟲或 700 多隻銀葉粉蝨若蟲 (圖 9) (Hsu & Lu 2020)；應用於設施木瓜、甜椒及香草作物上防治小型害蟲時，在適當的天敵與害蟲比例下亦有 80%以上的蟲害防除率 (表 6) (Chen *et al.*

2014; Lu & Wang 2005)。

天敵為友善環境農業害蟲防治的輔助角色

應用草蛉防治害蟲時，應於田間均勻釋放卵粒或幼蟲，並隨著害蟲密度的不同，調整釋放的天敵數量 (Wu 1995; Lu & Wang 2006; Cheng *et al.* 2010; Chen *et al.* 2014)。防治蟲害的過程，除了以友善環境資材搭配昆蟲天敵使用，更應以預防性的思維，從蟲害入侵設施的源頭作處理，才能事半功倍 (Yu *et al.* 2017)。當田間蟲害發生時，應用天敵便如同應用田間防治資材，必須持續使用及釋放到害蟲數量降低為止。以預防性施放的觀念而言，害蟲大發生前即進行施放為上策 (Simpson *et al.* 2011a, 2011b)，使田間保持穩定的天敵數量，如同守衛一般為農地及設施把關。

於農業設施環境中營造適當的天敵保育區，使天敵昆蟲願意長期留存於在田間且立足，除須要搭配環境溫溼度，尚須避免田間天敵如螞蟥，更需使害蟲與天敵在田間維持平衡，以壓低害蟲密度 (So *et al.* 2004; Xiu *et al.* 2017)。由於農民常希望單獨依靠天敵將設施內的害蟲捕食殆盡，但是當害蟲數量降低，生物天敵便失去食物來源，進而遷移離去或是於原地互相殘殺。因此，在大量釋放天敵的場合，大部分的天敵吃完害蟲後，僅有少部分的天敵會於原地續留 (Xiu *et al.* 2017)。若欲誘使天敵於原地續留，除了要在田間營造一無環境汙染的棲身處，另需要有穩定的食物來源，譬如有蜜源植物作為成蟲食餌 (So *et al.* 2004)，像草蛉此類天敵才有機會長時間停留於特定區域，或是繁衍至下一代。

天敵應用於家庭園藝市場

基徵草蛉除應用於設施與溫網室的蔬菜、茄科及瓜類等作物外，農民也會應用基徵草蛉在自家的設施農園，包括茄子、白菜、萵苣、橄欖菜等蔬菜作物，苦瓜、絲瓜等瓜類，此外還有玫瑰和非洲堇等觀葉或花卉作物，以及草莓、木瓜等。近年來民眾風行於居家種植香草盆栽或花卉，當植株被蚜蟲、介殼蟲等小

型害蟲入侵，造成植物黃化、衰老而需要進行害蟲防治時，由於香草盆栽通常都是自家飲茶使用，一般人多不願意噴灑農藥，甚至不願噴灑辣椒水、油劑類等防治資材。當嘗試各方作法無效後，便想試以天敵昆蟲進行害蟲防治，以避免在植物上噴灑防治藥劑，其中基徵草蛉由於較容易取得也有管道購買，便成了民眾心中的首選。民眾若能接受「以蟲治蟲」的概念，草蛉將是極具應用潛力的天敵昆蟲，並可強化廠商延伸發展居家盆栽的天敵昆蟲商品之意願。

未來展望

基徵草蛉由於開發大量飼育技術，且幼蟲對小體型害蟲之捕食量大，目前已有商業販售，農民可以有管道購買使用，預期可成為重要的友善農業天敵資材。運用時若能搭配適合的條件及策略，將可發揮最大的功用，目前基徵草蛉的研發重點，首要為開發省工的飼育技術，並善用對環境及天敵昆蟲友善的防治資材，擬定更多元的應用於設施及園藝害蟲防治之策略 (Hsu & Lu 2020)。另一方面，由於飼養草蛉時的卵粒收集工作費時，且受限於先天卵柄結構消耗運送空間 (Bezerra *et al.* 2014; Hsu *et al.* 2020)，因此開發快速省工且自動化之取卵方式，也是重要發展方向 (Ridgway *et al.* 1970; Nordlund & Correa 1995a, 1995b; Nasreen *et al.* 2004; Sattar & Abro 2011; Hsu *et al.* 2020)。

尤其是選育耐極端氣候之品系，由於基徵草蛉的環境分佈仰賴適合的生存溫度，一般約為 26-28°C (Cheng *et al.* 2012; Hsu *et al.* 2020)，但台灣平地農業設施於夏季常處高溫，而高海拔之農業環境於春秋兩季常為冷涼氣候，若應用草蛉於過熱或過冷之環境溫度，將會阻礙其生長發育 (圖 10)，且會降低草蛉幼蟲之取食意願，影響對蟲害的防治效率 (Lu & Su 2005)。有鑑於商業上之昆蟲物種，如家蠶 (*Bombyx mori*) 已有數種耐溫之商業品系，可滿足各絲線生產區之氣候條件，因此選育可忍耐極端氣候之草蛉品系，乃為未來重要的發展方向 (Manjunatha *et al.* 2010)。

引用文獻

- Chang, C. P. and S. C. Huang.** 1995. Evaluation of the effectiveness of releasing green lacewing, *Mallada basalis* (Walker) for the control of tetranychid mites on strawberry. Plant Prot. Bull. 37: 41–58. (in Chinese with English abstract)
- Chang, S. C. and C. T. Lu.** 2007. Differentiation of *Mallada basalis* (Walker) and *Mallada desjardinsi* (Navás) (Neuroptera: Chrysopidae) by 18S rRNA. Formosan Entomol. 27: 327–339. (in Chinese with English abstract)
- Chen, C. C., L. L. Cheng, Y. J. Dong, C. T. Lu, W. J. Wu, and J. S. Yaninek.** 2014. Using the green lacewing *Mallada basalis* (Walker) (Neuroptera: Chrysopidae) to control *Tetranychus kanzawai* Kishida (Acari: Tetranychidae) on papaya in a greenhouse. J. Taiwan Agric. Res. 63: 91–104.
- Cheng, L. L., J. R. Nechols, D. C. Margolies, J. F. Campbell, and P. S. Yang.** 2010. Assessment of prey preference by the mass-produced generalist, *Mallada basalis* (Walker) (Neuroptera: Chrysopidae), when offered two species of spider mites, *Tetranychus kanzawai* Kishida and *Panonychus citri* (McGregor) (Acari: Tetranychidae), on papaya. Biol. Control 53: 267–272.
- Cohen, A. C.** 1983. Improved method of encapsulating artificial diet for rearing predators of harmful insects. J. Econ. Entomol. 76: 957–959.
- Early, J. W.** 2019. Establishment of the green lacewing *Mallada basalis* (Walker, 1853) (Neuroptera: Chrysopidae) on mainland New Zealand. Records of the Auckland Museum. 54: 81–86. doi:10.32912/ram.2019.54.5.
- Eisner, T., A. B. Attygalle, W. E. Conner, M. Eisner, E. MacLeod, and J. Meinwald.** 1996. Chemical egg defense in a green lacewing (*Ceraeochrya smithi*). Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A. 93: 3280–3283.
- Hsu, P. C., Y. J. Dong, J. Z. Yu, F. C. Lin, and M. Y. Chiang.** 2020. Harvesting of *Mallada basalis* (Walker) eggs using a hair clipper and cyclonic separation. J. Taiwan Agric. Res. 69: 225–363. (in Chinese with English abstract)
- Hsu, P. C. and C. T. Lu.** 2020. An improved core-shell microcapsule diet for rearing larvae of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). Pest Manag. Sci. 76: 1121–1127.
- Krishnamoorthy, A. and S. Nagarkatti.** 1981. A mass rearing technique for *Chrysoperla scelestes* Banks. J. Entomol. Res. 5: 93–98.
- Lee, W. T.** 1994. Technical development of microcapsulated artificial diets for *Mallada basalis* (Walker) (Neuroptera: Chrysopidae). Chinese J. Entomol. 14: 47–52. (in Chinese with English abstract)
- Lo, K. C.** 2002. Biological control of insect and mite pests on crops in Taiwan—a review and prospection. Formosan Entomol. Spec. Pub. 3: 1–25.
- Lu, C. T. and C. L. Wang.** 2006. Control effect of *Mallada basalis* on insect pests of nethouse sweet peppers. J. Taiwan Agric. Res. 55: 111–120. (in Chinese with English abstract)
- Lu, C. T., and Su, T. H.** 2005. The effect of low temperature storage on some biological characteristics of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). Plant Prot. Bull. 47: 1–14. (in Chinese with English abstract)
- Ma, A. N., X. D. Zhang, and J. Z. Zhao.** 1986. A machine for making encapsulated diet for rearing *Chrysopa* spp. Chinese J. Biol. Control 2: 145–147. (in Chinese with English abstract)
- Manjunatha, H. B., R. K. Rajesh, and H. S. Aparna.** 2010. Silkworm Thermal Biology: A Review of Heat Shock Response, Heat Shock Proteins and Heat Acclimation in the Domesticated Silkworm, *Bombyx mori*. Journal of Insect Science, 10 (204) : 1–16.
- Nordlund, D. A. and J. A. Correa.** 1995a. Description of green lacewing adult feeding

- and oviposition units and a sodium hypochlorite-based egg harvesting system. *Southwestern Entomol.* 20: 293–301.
- Nordlund, D. A. and J. A. Correa.** 1995b. Improvements in the production system for green lacewings: An adult feeding and oviposition unit and hot wire egg harvesting system. *Biol. Control* 5: 179–188.
- Ridgway, R. L., R. K. Morrison, and M. M. Badgley.** 1970. Mass rearing a green lacewing. *J. Econ. Entomol.* 63: 834–836.
- Sattar, M. and G. H. Abro.** 2011. Mass rearing of *Chrysoperla carnea* (Stephens) (Neuroptera: Chrysopidae) adults for integrated pest management programmes. *Pak. J. Zool.* 43: 483–487.
- Simpson, M., G. M. Gurr, A. T. Simmons, S. D. Wratten, D. G. James, G. Leeson, H. I. Nicol, and G. U. S. Orre-Gordon.** 2011a. Attract and reward: Combining chemical ecology and habitat manipulation to enhance biological control in field crops. *J. Appl. Ecol.* 48: 580–590.
- Simpson, M., G. M. Gurr, A. T. Simmons, S. D. Wratten, D. G. James, G. Leeson, H. I. Nicol, and G. U. S. Orre-Gordon.** 2011b. Field evaluation of the 'attract and reward' biological control approach in vineyards. *Ann. Appl. Biol.* 159: 69–78.
- So, M. L.** 2004. The occurrence of extrafloral nectaries in Hong Kong plants. *Bot. Bull. Acad. Sin.* 45: 237–245.
- Wang, Y. S., J. M. Ciou, M. L. Wu, Y. R. Shiu, H. M. You, L. M. Chuang, N. H. Jhnag, and C. D. Jian.** 2013. *Vernicia montana*. p. 73–94. in: Short-term economic afforestation technical manual. (Wang, Y. S., J. M. Ciou, M. L. Wu, Y. R. Shiu, H. M. You, L. M. Chuang, N. H. Jhnag, and C. D. Jian, eds.) Taiwan Forest. Res. Inst. Pub. No. 247. Taipei, Taiwan. 120 pp. (in Chinese)
- Wu, T. K.** 1992. Feasibility of controlling citrus red spider mite, *Panonychus citri* (Acarina: Tetranychidae) by green lacewing, *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae). *Chinese J. Entomol.* 12:81–89. (in Chinese with English abstract)
- Wu, T. K.** 1995. Integrated control of *Phyllocnistiscitrella*, *Panonychuscitri*, and *Phyllocoptrutaoleivora* with periodic releases of *Mallada basalis* and pesticide applications. *Formosan Entomol.* 15: 113–123. (in Chinese with English abstract)
- Xiu, C. L., H. S. Pan, A. Ali, and Y. H. Lu.** 2017. Extrafloral nectar of *Hibiscus cannabinus* promotes adult populations of *Harmonia axyridis*. *Biocontrol Sci. Technol.* 27: 1009–1013.
- Ye, J., J. Li, Z. Li, and S. Han.** 2017. Rearing of *Mallada basalis* (Neuroptera: Chrysopidae) on modified artificial diets. *PLoS ONE* 12(9): e0185223.
- Yu, J. Z., J. N. Tsai and P. C. Hsu.** 2017. The Utilization of Non-Synthetic Chemicals for Crops IPM in Net House. p. 32-4. in. Proceedings of the Symposium on Pest Management and Safety of Facility Cultivation. December 21, 2017, Taichung, Taiwan. Special Publ. of TARI No. 205 Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung. (in Chinese with English abstract)



圖 1、基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 的卵 (a)、取食微膠囊飼料的幼蟲 (b)、補食花胡瓜 (*Cucumis sativus*) 葉片上之棉蚜 (*Aphis gossypii*) 的幼蟲 (c)、以及成蟲 (d)。

Fig. 1. The eggs of green lacewing (*Mallada basalis*) (a), the larvae of green lacewing feed on the cotton aphid (*Aphis gossypii*) on the cucumber (*Cucumis sativus*) leaves (b), the larvae of green lacewing feed on microencapsulated feed (c), and the adults of green lacewing (d).



圖 2. 基徵草蛉(*Mallada basalis*)卵粒藉由卵柄附著於平面。

Fig. 2. The eggs of *Mallada basalis* are attached to the plane by the egg stalk.

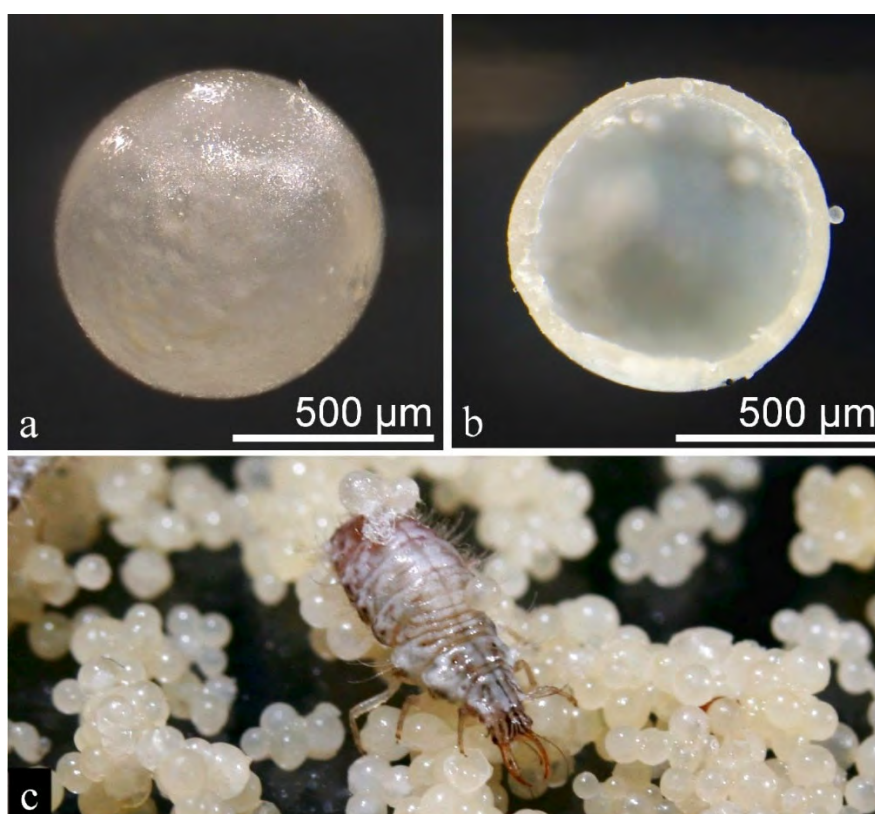


圖 3. 用於飼養基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 之微膠囊飼料的前視圖 (a) 及剖面圖 (b)。以及正在取食飼料之基徵草蛉幼蟲 (c)。此微膠囊飼料之表面蠟層形成一種可輕易被基徵草蛉幼蟲大顎刺穿之核-殼結構。

Fig. 3. Front (a) and sectional view (b) of the new microcapsule diet. The green lacewing (*Mallada basalis*) larva feeding upon and collecting spherical microcapsules (c). This microcapsule diet was wax coated

to form the core-shell structure and could be easily pierced by *Mallada basalis* larval mandibles.

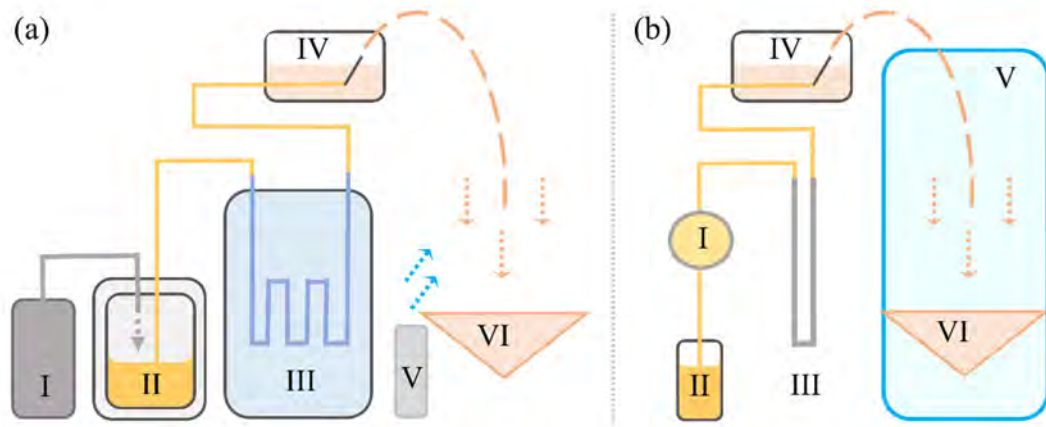


圖 4. 兩種微膠囊製程之比較。原製程 (a) · 飼料先儲存於壓力槽 (II) 並藉由空氣壓縮機 (I) 推擠經過水浴機 (III) 至蠟盤 (IV) 最後噴射於冷卻區 (V) 並集中進入收集槽 (VI)。新製程 (b) · 飼料先預存於容器 (I) 並由泵浦 (II) 擠壓至熱的不鏽鋼管 (III) 並且於密閉空間降溫 (V) · 集中進入收集槽 (VI)。此程序生產之蠟殼微膠囊飼料可用於飼養基徵草蛉 (*Mallada basalis*)。

Fig. 4. Diagrams of both encapsulation processes. In the old process (a), the diet is loaded in a pressure can (II) and driven by an air compressor (I) through a water bath (III) and wax plate (IV), and is finally sprayed onto the cooling area (V) and collected in the harvester (VI). Diet of the new process (b) is loaded in a stock container (I) and driven by a pump (II) through a heated stainless tube (III) and is finally cooled in a sealed chamber (V) and collected in the harvester (VI). This process was used in this study to produce the wax-shell-based core-shell microcapsule diet for rearing *Mallada basalis*.

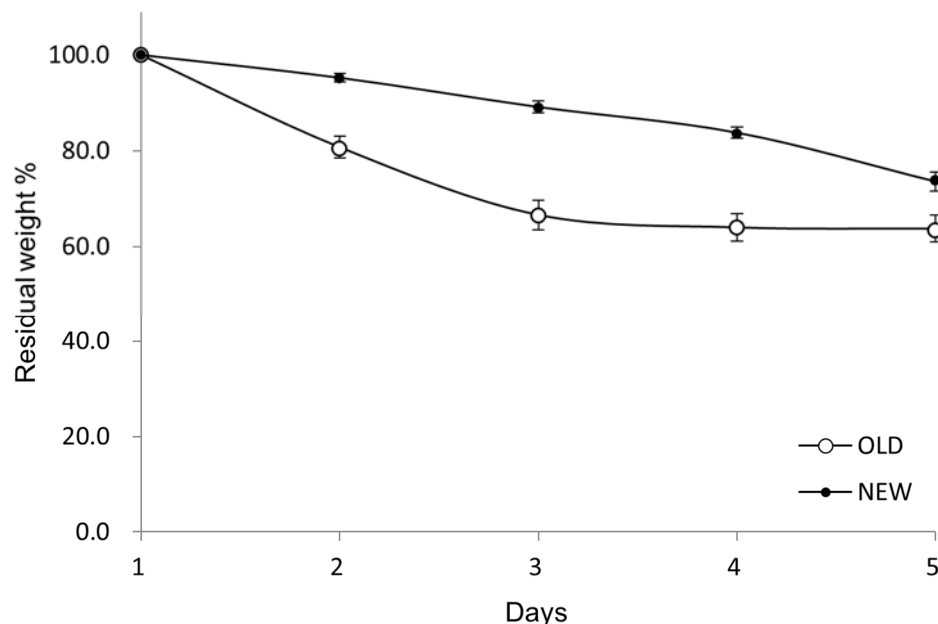


圖 5. 用於飼養基徵草蛉 (*Mallada basalis*)之微膠囊飼料，於幼蟲飼養盒中放置 5 天後之平均剩餘重量。

Fig. 5. Mean ($\pm$ SE) weight of the old and new microcapsules five days after placing the microcapsules

into a larval rearing cage of *Mallada basalis*.

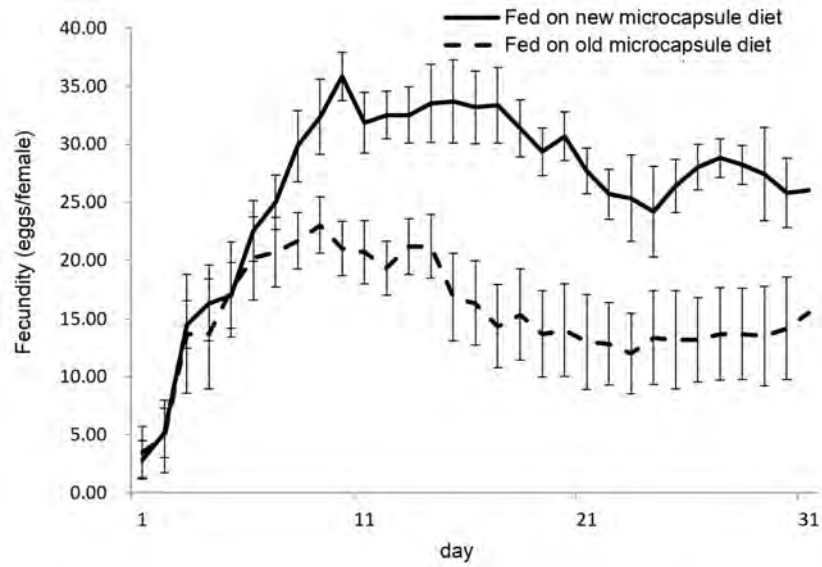


圖 6. 以不同製程之微膠囊飼料飼育之基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 的繁殖力比較。

Fig. 6. Fecundity of *Mallada basalis* (mean number of eggs per female per day) fed with microcapsule diets produced using the old and new encapsulation processes.

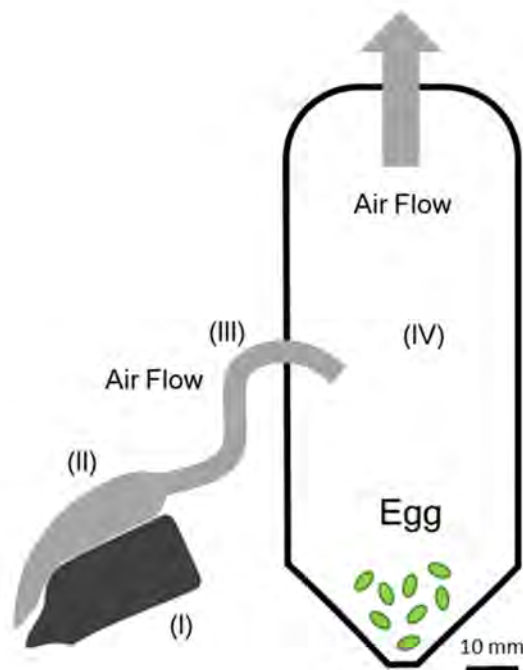


圖 7. 推剪搭配旋風分離器收集基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 卵粒之構造圖。推剪 (I) 將卵之卵柄切斷，並將卵粒由空氣驅動之收集器 (II) 將卵吸入至空氣連通管 (III)，最終卵粒被旋風分離器 (IV) 收集於底部。

Fig. 7. Diagrams of clipper and cyclonic procedure to take the eggs of *Mallada basalis* from substrate. The clipper (I) removes the egg stalk, and a collector driven by air flow (II) inhale the eggs into

the connecting tube (III), and finally these eggs were transported to cyclonic separator (IV).



圖 8. 推剪搭配旋風分離法收穫的基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 卵。

Fig. 8. Eggs of *Mallada basalis* harvested using a hair clipper with cyclonic separation.

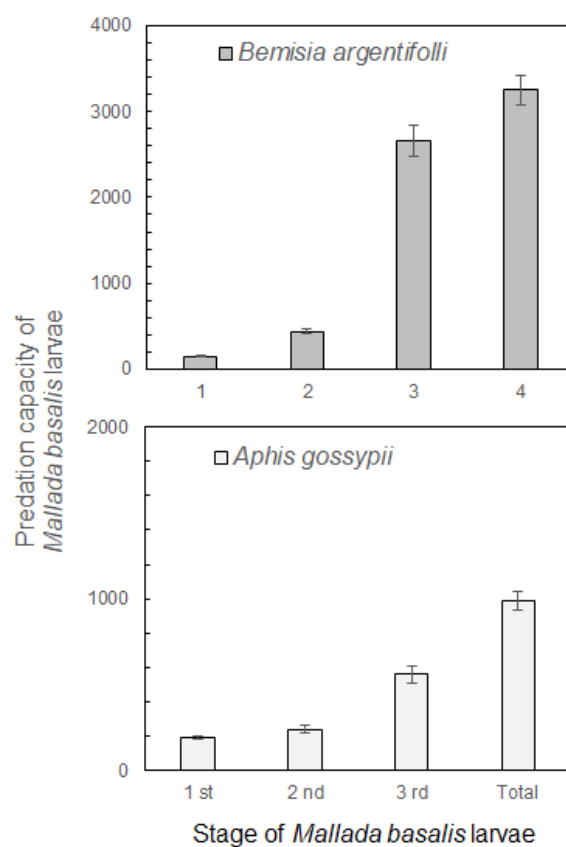


圖 9、基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 幼蟲於不同齡期對二齡棉蚜 (*Aphis gossypii*) 若蟲以及三齡銀葉粉虱 (*Bemisia argentifolli*) 若蟲之捕食量。

Fig. 9. Predation capacity (Mean $\pm$ SE) of both lines of *Mallada basalis* larvae on second-stage

Aphis gossypii nymphs and third-stage *Bemisia argentifolli* nymphs.

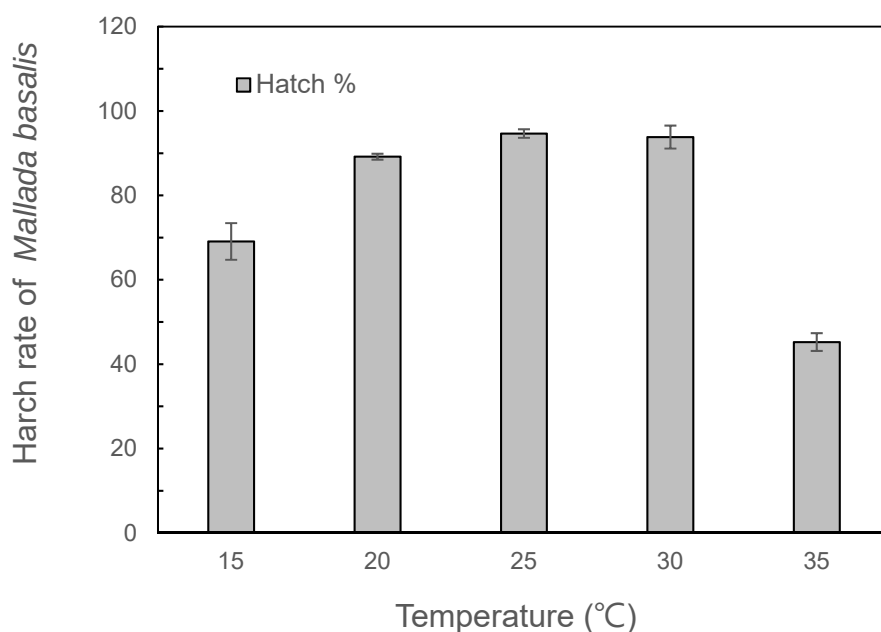


圖 10、基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 卵於不同溫度下的孵化率。

Fig. 10. Hatch rate (Mean ± SE) of *Mallada basalis* eggs on different temperature.

表 1. 飼養草蛉 (*Mallada basalis*) 之微膠囊飼料新與舊製程之消耗電力、體積、總重、費用及製造能力比較。

Table 1. Power requirements, dimensions, weight, cost, and productivity of equipment used in production of old and new microcapsule diets for rearing *Mallada basalis*.

Item	Old Process	New Process	Reduction (%)
Power requirement (watt in average)	5570.0	2135.0	61.7
Dimension (m ³)	11.8 (2.1 × 2.0 × 2.8)	1.3 (2.4 × 0.6 × 0.9)	89.0
Total weight (kg)	336.0	42.4	87.4
Cost (thousand in USD)	9.4	4.2	55.6
Productivity (kg / hr.) (Diet produced per hour)	2.75	2.75	--

表 2. 不同製程對飼養基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 之新與舊微膠囊飼料直徑及殼厚度之影響。

Table 2. Diameter and thickness of old and new microcapsule diets for rearing *Mallada basalis* using different production methods.

	Old Process (range)	New Process (range)
Diameter (μm)	651.3 ± 19.4 (531.6 - 905.1)	742.1 ± 11.3 ** (626.9 - 857.1)
Thickness (μm)	35.4 ± 4.9 (10.1 - 127.0)	44.2 ± 1.9 (26.1 - 63.2)

Mean ± SE within the row followed by * and ** are significant at the 5% ($P < 0.05$) and 1% ($P < 0.01$) levels, respectively. (t test, $P = 0.05$)

表 3. 單隻飼養時的基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 幼蟲食用不同製程之新與舊微膠囊飼料對發育時間與成蟲繁殖力的影響。

Table 3. Development time and adult fecundity of *Mallada basalis* larvae in the single-rearing test fed with microcapsule diets made from different production methods.

Stage	Old microcapsule		New microcapsule	
	Duration	Cumulative	Duration	Cumulative
	(days)	survival rate (%)	(days)	survival rate (%)
1st -2nd	4.0 ± 0.1	100.0	3.4 ± 0.1 **	100.0
2nd -3rd	4.0 ± 0.1	93.3	3.0 ± 0.0 **	100.0
3rd -pupae	5.1 ± 0.2	93.3	3.9 ± 0.1 **	100.0
Pupae - emerge	10.9 ± 0.1	66.7	10.6 ± 0.2 *	83.3
From instar to adult	24.0 ± 0.3	66.7	20.1 ± 0.6 **	83.3
Adult fecundity (eggs at first 30 days)	465 ± 65.05		678 ± 54.91 *	

Mean ± SE within the row followed by * and ** are significant at the 5% ($P < 0.05$) and 1% ($P < 0.01$) levels,

respectively. (Mann–Whitney U testing was applied with $P < 0.05$ for the duration of development and t testing was conducted with $P < 0.05$ for the fecundity.)

表 4. 群體飼養時之基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 幼蟲食用不同製程之微膠囊飼料對成蟲存活率的影響。

Table 4. Adult survival rates of *Mallada basalis* in the group-rearing test fed with old and new microcapsule diets made from different production methods.

Diet from encapsulation process	Number of larvae in group-rearing	Adult Survival (%)
Old	1000	25.4 ± 1.1
New	1000	44.8 ± 3.0 **

Mean ± SE within the column followed by * and ** are significant at the 5% ($P < 0.05$) and 1% ($P < 0.01$) levels, respectively. (t test, $P = 0.05$)

表 5. 推剪法搭配次氯酸鈉溶解法取下基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 卵粒之成功率、孵化率及成蟲獲得率。

Table 5. Egg harvest (%), hatch (%), and egg-adult (%) for removing the egg stalk of *Mallada basalis* using the clipper and sodium hypochlorite method.

Method of removing egg stalk		Eggs harvest % (Mean ± SEM ^z)	(<i>Mallada basalis</i>) Mean ± SEM)	Egg - adult % (Mean ± SEM)
Scissors		100.0 ± 0.0 a ^y	90.8 ± 1.6 a	60.8 ± 0.8 a
Clipper with cyclonic separation	1 mm	90.2 ± 0.6 ab	80.8 ± 2.8 ab	54.2 ± 3.4 ab
	2 mm	63.8 ± 4.8 c	70.8 ± 1.6 b	47.5 ± 1.6 b
	3 mm	45.8 ± 1.8 d	54.2 ± 4.4 c	35.8 ± 1.6 cd
Sodium hypochlorite solution	1.5%, 60 s	80.0 ± 2.3 b	70.0 ± 3.6 b	46.7 ± 4.1 bc
	3.0%, 30 s	80.1 ± 4.7 b	51.7 ± 3.2 c	33.3 ± 3.0 d
	6.0%, 10 s	78.1 ± 5.1 bc	0.3 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 e

^z SEM: Standard error of the mean.

^y Mean ± SEM within the same column followed by the same letters are not significantly different at the 5% levels by least significant difference (LSD) test.

表 6. 在不同作物上釋放基徵草蛉 (*Mallada basalis*) 對不同害蟲密度的影響。

Table 6. Effect of *Mallada basalis* releasing on densities of different pest occurred on plant.

Plant	Pest population	Releacing of <i>Mallada basalis</i> eggs per plant	releasing time	Pest population rate (%) compared to the control
<i>Carica papaya</i> (Chen <i>et al.</i> 2014)	<i>Tetranychus kanzawai</i>	100	8 week	34.3
		200		4.6
		300		4.5
<i>Melissa officinalis</i> (unpublished data)	<i>Tetranychus kanzawai</i>	50	3 week	27.9
		100		16.4
		200		12.7
<i>Capsicum annuum</i> (Lu & Wang 2005)	<i>Aphis gossypii</i>	3	8 week	0.5
	<i>Bemisia argentifolii</i>	3	7 week	25

The rearing technique of green lacewing [*Mallada basalis* (Walker)] and the application in environmentally-friendly farming

Pei-Chen Hsu¹, Yew-Jen Dong¹, Wan-Hsiu Yang¹, and Jih-Zu Yu^{2*}

Hsu P. C.¹, Y. J. Dong¹, W. H. Yang¹, and J. Z. Yu^{2*}. 2021. The application and future of green lacewing [*Mallada basalis* (Walker)] as a material in environmentally-friendly farming.

Abstract

Green lacewing [*Mallada basalis* (Walker)], also known as aphid lion, are important natural enemies of a variety of small pests. *Mallada basalis* can be mass rearing on artificial feed and they are applied with great potential in environment-friendly farming system in domestic and foreign countries. Small pests with resistance to pesticides usually cause damage to crops in environmentally friendly agriculture. However, the use of natural enemies of insects as a strategy is appropriate to reduce the cost of using non-chemical materials and improve the efficiency of pest control, without the use of chemically synthesized pesticides. At present, the primary research work is to research and develop labor-saving feeding and breeding technology of lacewings, and the second is to use environmental-friendly materials properly to formulate pest control strategies in facilities. In addition, it is necessary to breed lacewing strains that can withstand extreme climates to meet the climatic conditions of various agricultural areas. Natural materials and natural enemies should be integrated appropriately to pest control and management strategy in a friendly agricultural environment to fulfill the responsibility of protecting the environment.

Key words: *Mallada basalis* (Walker), Environmentally-friendly farming, Integrated pest management.

*Correspondence address
e-mail: jzyu@tari.gov.tw

友善農業之用水及節水

蔡耀賢^{1*}、向為民²

¹ 農委會農業試驗所農化組助理研究員。台灣 台中市。

² 農委會農業試驗所農化組研究員(退休)。台灣 台中市

摘要

友善農業對灌溉用水傾向於維持農地的永續利用和保護自然環境生態，節水的策略和方法與慣行農業相同，惟須遵守不使用合成化學物質之有機規範。台灣灌溉用水應該依據氣候變遷下對未來情境推估的狀況做適當的處置，以區域雨水資源的豐沛與否重新考慮調整耕作制度及主要的節水策略。節水灌溉系統的開發以及作物水分生理與需水量的研究與相關資料的收集、灌溉調度 (irrigation scheduling) 的建立等都需要投注資源持續進行。農地的土壤管理以增加土壤水分儲蓄能力為主要的節水策略，如雨水（綠水）的儲蓄與利用、適合區域耕作制度的保育性農業 (conservation agriculture)、建立改善耕地的保水能力和改善根系及生根環境的技術。

節水策略與技術的推廣，需要更可靠的資訊系統和專家指導，建立一個友善、及時的資訊系統，幫助農友決定每天的灌溉量、預估下一次灌溉的時間與灌溉量、計算灌溉效率、評估經濟效益，並針對農民進行培訓和教育，藉以改善現行灌溉管理之缺失。

自然環境條件日益改變，水資源的使用必須調適。依照流域降雨多寡以及區域乾濕季節的變化重新分配可用的資源，惟降雨明顯減少的地區在乾旱季節仍需維持農作生長與自然保育，以避免農地土壤劣化。農業用水必須減少其對水庫水以及地下水的依賴。水權轉移的過程中，需要有一定的機制以維護水權所有人的權利以及提供適當的農業用水與環境用水，以避免影響自然環境與農業生態。

關鍵詞： 友善農業、灌溉、節水。

前言

氣候變化影響糧食生產，隨著全球極端天氣事件發生越來越頻繁，在糧食生產方面越顯得困難 (Brown & Funk 2008; Hatfield & Prueger 2011; Dono *et al.*, 2013)。台灣百年以來平均溫度長期變化趨勢顯示暖化現象十分明顯，降雨日數則普遍呈現減少的趨勢，雨日的減少主要為小雨日數 (日雨量 < 1.0

mm) 大幅度減少所造成 (Lu *et al.*, 2012)。依未來情境推估，臺灣乾濕季節的差異越趨明顯；在 IPCC 所設定暖化最嚴重的情境 (RCP8.5) 下，臺灣濕季的降雨將可能增加，南部地區較為明顯，而乾季的降雨將可能減少，中部地區較為明顯 (國家災害防救科技中心等 2018)。溫度的升高與降雨的變化，兩者對作物灌溉需水皆有影響。溫度升高增加作物的蒸散需水，可能因為二氧化碳濃度升高 (葉片氣孔導度降低) 而

*論文聯繫人

e-mail: hhwwmm1o22@gmail.com

被抵消；然而若因降雨量減少及其分布的改變，導致土壤儲水之降低，則將會增加淨灌溉水量的需求 (Stöckle *et al.*, 2011)。

水資源因其用途廣泛的特性而被視為高度競爭的資源，農業灌溉約佔全球淡水取水量的 70%，經常被視為是淡水使用價值最低的一種。在缺水的地方，已將諸如滴水灌溉和管路輸送系統之類的先進灌溉技術推廣為“節水技術”(water conservation technologies, WCT)，以減少農業用水量，從而將水釋放給其他用途（例如環境）。Pérez-Blanco *et al.* (2020) 在 230 多個理論和經驗論文的廣泛回顧的基礎上，認為 WCT 應被視為在缺水地區穩定和增加農業生產效率和農民收入的手段；如果區域內最終的目的是節約用水，則必須採取節約用水政策，在各種用途（例如從灌溉到環境）之間重新分配可用的資源。

台灣農業灌溉用水除引自天然河川外，亦有引用回歸水及直接利用天然降雨。總灌溉用水量 113 億噸中，74 億噸 (66%) 來自較不穩定之河川及回歸水（區域排水，約 7 億噸）；39 億噸水源 (34%) 來自較穩定之水庫壩堰及地下水（農委會 2015）。國內推行的有機友善農業對於灌溉則傾向永續利用和環境保護，相關法規要求「生產地應施行良好之土壤管理及水土保持措施，維護水土資源、生態環境與生物多樣性，確保資源之永續利用。」，實際上有機或一般的農法在灌溉操作上並無差異，有機農法強調避免滲漏污染以及提升水的生產力 (water productivity)。

節水灌溉技術

現代化的灌溉著重在灌溉系統與灌溉管理兩方面著手改進；前者，研發新的節水設備與系統，例如進行微噴灌、滴灌、地表下滴灌、低壓低流速滴灌等，改善灌溉水在田間的分布以提升灌溉效率。後者，針對作物品種的水分生理與需水量進行試驗研究，以期充分明白水分缺乏發生在作物不同生長階段，對產量

降低的影響程度；進而選擇在缺水敏感階段以外的生長，允許某種程度的水分缺乏，讓水分用在最關鍵期，藉以提升用水效率 (Hsiang 2018)。

水資源研究常將不同來源的水以顏色標示，例如綠、藍、灰、黑等；農業用水多為藍水或綠水。綠水為土壤儲蓄的雨水，藍水則為地下水及地面水。歐洲創新農業聯盟水與農業焦點小組 (EIP-AGRI Focus Group on Water and Agriculture)，為因應水資源短缺討論農場層次的調適策略分為三大類，其中“practices to increase water availability for crops”就是利用保育性農業 (conservation agriculture)、敷蓋或覆蓋減少土壤水的損失或增加土壤儲存水的能力來增加水的可用性 (EIP-AGRI 2016)；即為提升綠水有效利用策略。其餘兩類的調適策略則分別為節水“the efficient use of water”、建立新的作物制度以及增加水源開發以提升農場的韌性“farm resilience under water scarcity” (EIP-AGRI 2016)。全球農業每年藍水消耗量 $1,200\text{--}1,800\text{ km}^3\text{year}^{-1}$ ，而綠水消費量約為 $5,000\text{ km}^3\text{year}^{-1}$ 是藍水的三倍，近年來綠水在提高農業生產力方面越來越受到重視 (Shiklomanov & Rodda 2003; Vořtsovský *et al.*, 2005)。

水足跡 (water footprint) 被定義為生產上所需的用水量，在農業方面主要由綠水、藍水及灰水（稀釋農業污染所需的用水量），可用於評估不同種植模式及灌溉技術下的耗水量並可從中分析節水策略。導入土壤的覆蓋及滴灌技術被證實能有效的減少水資源的浪費 (Hoekstra *et al.*, 2011; Nouri *et al.*, 2019)。採用節水灌溉技術可改善水分利用效率除了具有經濟方面的優勢，同時還可以並降低對生態的負擔如抽取地下水及污染物的產生等 (Faurès & Svendsen 2007)。但相較於傳統灌溉採用節水灌溉技術需較高成本及技術門檻，推廣節水灌溉技術必須要相對應專業知識以降低維運成本 (Alam 2015)。

綠水對於作物生產之影響

綠水為土壤儲蓄的雨水，Edoardo *et al.* (2020) 為了解無灌溉 (rainfed) 農業的狀況下綠水對於四種主要糧食作物水稻、玉米、大豆及小麥之影響，利用模式分析進行相關研究，研究結果顯示綠水的減少對於玉米及小麥產量有顯著影響，在乾旱及半乾旱區玉米產量減少了 23–39%，而小麥產量減少了 12–15%；濕潤區小麥對於綠水的減少最不敏感，但過多的綠水會造成小麥產量減少 7%、大豆減產 6–12%。濕潤區水稻產量對於綠水的變化影響約 2%，但在乾旱及半乾旱地區綠水不足會導致產量減少 5–23%。

增加綠水可增加作物產量以改善糧食安全，乾旱區有較低的濕度及較高蒸發散潛勢對綠水管理更需要重視，應視環境條件採取相對應的農業管理策略，許多研究都指出覆蓋作物可提高土壤保水能力及作物有效水含量。Basche *et al.* (2016) 為了解覆蓋作物對土壤水分含量之影響，在玉米及大豆輪作系統加入黑麥草作為覆蓋作物，結果顯示在整個栽培季期間覆蓋作物處理下的土壤含水量均高於無覆蓋處理；田間容水量在 0–15 cm 和 15–30 cm 土層增加了 10.9% 和 10.0%，有效水分含量於 0–15 cm 和 15–30 cm 土層增加了 21.1% 和 21.9%。土壤物理性質的改善可以保留更多的土壤水增加綠水的供應量，未來在面臨缺水危機下可穩定農業生產力。

以水足跡評估水資源管理策略

Muhammad *et al.* (2020) 利用 SPARE:WATER 模型計算水足跡 (water footprint; WF) 以評估節水方案以確保水資源的永續利用，分析區域位於巴基斯坦旁遮普省和信德省的灌溉區，覆蓋境內印度河盆地約 1800 萬公頃。結果顯示：棉花因有較高灌溉需水量但產量偏低，造成其水足跡值最高為 20690 m³t⁻¹，水稻、小米、芝麻及高粱的水足跡相對高，分別為 7001

m³t⁻¹、10,240 m³t⁻¹、17,423 m³t⁻¹ 和 8997 m³t⁻¹，較低水足跡作物為玉米 2969 m³t⁻¹、飼料作物 875 m³t⁻¹、秋葵 1766 m³t⁻¹、瓜類作物 1515 m³t⁻¹、洋蔥 862 m³t⁻¹ 及番茄 1184 m³t⁻¹ 等。為了達到水資源最佳化，利用調整作物耕作制度來評估區域作物水足跡，該研究總共建立了 37 種耕作制度來進行評估不同方案下區域作物水足跡。模擬結果顯示在最佳耕作模式下，區域作物水足跡最多可減少 35%，進一步透過耕作模式最佳化和改進灌溉技術（即噴灌和滴灌）的，組合最高可減少 50%。

節水灌溉技術之推廣

Biao 等 (2019) 將節水灌溉技術分類為工程節水技術 (EWST)、農業節水技術 (AWST)、生物及化學節水技術 (BCWST) 和管理節水技術 (MWST) 等，在實地調查發現 260 名農民在面臨乾旱逆境下有意願採用節水灌溉技術者佔 53.1%，其中 79.2% 的人採用了工程節水技術，52.3% 的人採用了農業節水技術，而管理節水技術以及生物及化學節水技術所需專業知識較高，造成許多農民難以掌握，導致這兩種技術的採用率相對較低，分別佔 31.2% 和 36.9%。農民偏好採用高度成熟的技術，因其具有容易操作、成本低，效果顯著等優勢。調查的結果同時顯示戶長特性、家庭特性、農場特性、生產條件、技術觀念及環境因素等均，會影響採用節水灌溉技術的可能性。

Levidow *et al.* (2014) 則指出推廣服務可以提供必要的知識，幫助農民適應和實施可行的解決方案，進而從灌溉技術中獲得更多收益。然而在歐洲的案例顯示節水技術與設備上的投資導致用水費用增加，但是卻沒有獲得節水技術應有的全部潛在利益。農民通常缺乏方法和動力來了解農作物的用水、實際灌溉應用、對不同水管理操作的產量反應，導致用水效率提升困難。農民是尋求純收益的最大化，然而卻缺乏知識預測特定灌溉方式的效果或在事後評估其灌溉效率。

文章指出農民需要一個簡單、及時、友善、免費的資訊系統，有助於決定每天的灌溉量、計算灌溉效率、評估經濟效益，尤其是預估下一次灌溉的時間與灌溉量。因此，需要更可靠的資訊系統和有能力的專家來指導農民更有效地利用水。這顯示了針對農民進行培訓和教育的廣泛需求，可以改善現行的灌溉管理之缺失。

討論

台灣農業灌溉用水 66%來自河川及回歸水（區域排水），可以延緩雨水流入大海的時間，涵養地下水源；農業用水也應該考慮區域雨水資源的豐沛與否。依未來情境推估，臺灣乾濕季節的差異越趨明顯，濕季降雨將可能增加而乾季降雨將可能減少；春旱以及夏澇災害頻率的增加可能難以避免。

展望

自然環境條件的改變之下，水資源的使用必須調適；依照流域降雨多寡以及區域乾濕季節的變化重新分配可用的資源，惟降雨明顯減少的地區在乾旱季節仍需維持農作生長與自然保育，以避免農地土壤劣化。春旱頻率增加的情境下耕作制度必須調整，農業用水必須減少其對水庫水以及地下水的依賴；水權轉移的過程中，需要有一定的機制以維護水權所有人的權利以及提供適當的農業用水與環境用水以避免影響自然環境與農業生態。

節水灌溉可以提高用水效率，增加產值，同時還可以降低滲漏減輕環境的負擔。農友在灌溉操作上，對灌溉時間點以及灌溉量的掌控仍有很大的改善空間，並未能發揮灌溉設施應有的利益。推廣服務可以提供必要的知識，幫助農民適應和實施可行的解決方案，從而從灌溉技術中獲得更多收益。

引用文獻

- Alam, K. 2015. Farmers' adaptation to water scarcity in drought-prone environments: a case study of Rajshahi District, Bangladesh. *Agric. Water Manag.* 148, 196–206.
- Basche A. D., Kaspar T. C., Archontoulis S. V., Jaynes D. B., Sauer T. J., Parkin T. B. and Miguez F. E. 2016. Soil water improvements with the long-term use of a winter rye cover crop *Agric. Water. Manag.* 172, 40-50.
- Biao, Z., F. Zetian, W. Jieqiong, and Z. Lingxian. 2019. Farmers' adoption of water-saving irrigation technology alleviates water scarcity in metropolis suburbs: A case study of Beijing, China. *Agricultural Water Management.* 349–357.
- Council of Agriculture, Executive Yuan. 2015. *Irrigation White Book*
- Dono, G., R. Cortignani, L. Doro, L. Giraldo, L. Ledda, M. Pasqui, and P. P. Roggero. 2013. An integrated assessment of the impacts of changing climate variability on agricultural productivity and profitability in an irrigated Mediterranean catchment. *Water Resour. Manag.* 27, 3607–3622.
- Edoardo B., F. Hassaan, H. Matias, Z. Esha, K. Matti, B. Casey, and J. Anders. 2020. Impact of green water anomalies on global rainfed crop yields. 15, 124030.
- EIP-AGRI. 2016. *Water & agriculture: adaptive strategies at farm level, Final Report*
- Fraiture, C., and C. Perry. 2007. Why is agricultural water demand unresponsive at low price ranges? *Molle, & Chap.* 94–107.

- Hatfield, J. L., and J. H. Prueger.** 2011. Agroecology: Implications for Plant Response to Climate. *Crop Adaptation to Climate Change*. 27–43.
- Hsiang W. M.** 2018. Crop water management. *Sustainable agriculture*.
- Levidow, L., D. Zaccaria, R. Maia, E. Vivas, M. Todorovic, A. Scardigno.** 2014. Improving water-efficient irrigation: Prospects and difficulties of innovative practices. *Agricultural Water Management*. 146, P. 84-94.
- Lu M., Y. Zhuo, S. Li, Q. Li, and Y. Lin.** 2012. Taiwan climate change. Date from 1911–2009. *Atmospheric Science*.
- Muhammad, M., A. Zahid, and L. Breuer.** 2020. Water Resources Management Strategies for Irrigated Agriculture in the Indus Basin of Pakistan. 2020. *Water*. 12, 1429
- National Science & Technology Center for Disaster Reduction, Research Center for Environmental Changes, Ministry of Science and Technology.** 2018. Future and past of weather in Taiwan.
- Nouri, H., B. Stokvis, A. Galindo, M. Blatchford, and A. Y. Hoekstra.** 2019. Water scarcity alleviation through water footprint reduction in agriculture: The effect of soil mulching and drip irrigation. *Sci. Environ.* 653, 241–252.
- Pérez-Blanco, C. D., A. Hrast-Essenfelder, and C. Perry.** 2020. Irrigation Technology and Water Conservation: A Review of the Theory and Evidence. *Review of Environmental Economics and Policy* Volume 14, Number 2
- Shiklomanov, I. A., and J. C. Rodda.** 2003. *World Water Resources at the Beginning of the Twenty-First Century*, Cambridge Univ. Press, New York.
- Stöckle, C. O., J. Marsal and J. M. Villar.** 2011. Impact of Climate Change on Irrigated Tree Fruit Production. *Acta Hort.* 889, 41–52
- Vo'ro'smarty, C. J., C. Le'vé'que, and C. Revenga.** 2005. Fresh water in Ecosystems and Human Well-Being: Current States and Trends. *Millenium Ecosystem Assessment*. 165–207.

Optimal using and saving water on eco-friendly agriculture

Yau-Shian Tsai^{1*} and Wei-Min Hsiang²

* Corresponding author, e-mail: sin310217@tari.gov.tw

¹ Assistant Researcher, Agriculture Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

² Researcher, Agriculture Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.(retired)

Abstract

Irrigation on eco-friendly agriculture tends to maintain agricultural land sustainable used and protect the natural environment and ecology. The methods of water-saving strategies are same as conventional agriculture, but it comply with organic agriculture regulations not use synthetic chemicals and genetically modified crops. Taiwan's irrigation water should be appropriately handled according to the estimated conditions of future scenarios under climate change, and the cropping system should be reconsidered based on whether the regional rainwater resources are abundant or not, and the adjustment of the cropping system should be the main water-saving strategy. The development of water-saving irrigation systems, the study of crop physiology and water demand, the collection of related data, and the establishment of irrigation scheduling all require continuous investment. The soil management of agricultural land will take the increase of soil moisture storage capacity as the main water-saving strategy, increase the storage and utilization of green water. Suitable for regional cropping system conservation agriculture, and improve the water-holding capacity of agricultural land, and improve the root system those technical method should be established as soon as possible. The promotion of water-saving strategies and technologies requires a reliable information system and expert guidance. Established a friendly and timely information system to help farmers decide the daily irrigation amount, estimate the time and amount of irrigation for the next irrigation, and calculate irrigation efficiency, evaluation of economic benefits. Training and education for farmers to improve modern irrigation management. Introduce water footprint analysis to evaluate water use and water conservation in the area. Under the change of natural environmental conditions, the water resources must be adjusted. The available resources must be redistributed according to the amount of rainfall in the river basin and the changes in the dry and wet seasons of the region. The areas significantly reduced rainfall still need to maintain crop growth and natural conservation in the dry season. To avoid deterioration of farmland soil. Agricultural water use must reduce its dependence on reservoir water and groundwater. In the process of water transfer, a certain mechanism is required to protect the water rights owners and provide appropriate agricultural water and environmental water to avoid affecting the natural environment and agricultural ecology.

Key words: Eco-friendly farming, irrigation, water saving

*Correspondence address

e-mail: hhwwmm1o22@gmail.com

叢枝菌根菌之應用研究

林素禎^{1,*}

¹ 農委會農業試驗所農業化學組副研究員。台灣。台中市。

摘要

叢枝菌根菌與植物根系之間的共生關係在自然環境中十分普遍，除可促進植物養分吸收、增強對土壤傳播性病蟲害的抵抗力、增加耐旱力、提高對重金屬耐受性外，並可增加土壤的團粒結構。本篇論文整理了植物的種類與品種對叢枝菌根菌之依賴度、叢枝菌根菌的種類以及土壤磷含量對叢枝菌根菌在作物生長效益之影響。由前人研究中可知作物對叢枝菌根菌的依賴度，栽培種作物低於野生種作物、高產量的品系低於陸生品系與野生品系、現代栽培品系低於原始品系。叢枝菌根菌的種類與品系會影響作物的接種效益。在低磷的栽培介質中，叢枝菌根菌可促進作物生長，磷含量越高，作物對叢枝菌根菌的依賴度降低。現代育種模式所選育的品種或品系大多對叢枝菌根菌依賴度低，無法充分利用叢枝菌根菌的優勢，未來應在低養分與逆境下進行品種與品系的選育，才能選出與叢枝菌根菌親合性高的作物，使叢枝菌根菌在促進作物的生長效益達到最大。

關鍵詞：叢枝菌根菌、作物品種、作物品系、磷。

前言

叢枝菌根菌 (arbuscular mycorrhizal fungi, AMF) 可與很多的植物形成菌根，從苔蘚植物，蕨類植物，裸子植物到被子植物，從一般陸生植物，耐鹼植物，水生植物到旱生植物。根據德國斯爾丁教授 (Sieverding 1991) 的估計，在熱帶植物中，約有 86.6 % 為菌根植物，其中 70.9% 為 AMF 植物，15.7% 為其它菌根植物。Fitter & Moyersoen (1996) 定義 AMF 與植物根部之間的關係為一種可持續非致病性的生物營養相互作用。AMF 可以為宿主植物帶來許多的好處，例如：促進養分吸收、增加對食葉昆蟲的抗性 (Gange & West 1994)、提高抗旱性 (Augé *et al.*

1994)、提高對土壤傳播性病害的抗性 (Whipps 2004)、增加鹽分和重金屬的耐受性 (Diaz *et al.* 1996; Feng *et al.* 2002 ; Mohammad *et al.* 2003)。且已有研究證實 AMF 在保持土壤團粒的穩定性扮演著重要的角色 (Tisdall 1991 ; Degens *et al.* 1996)。另外，AMF 產生的根外菌絲和糖蛋白 (glomalin) 可促進土壤碳儲存，Zhu & Miller (2003) 發現土壤碳來自於 AMF 的貢獻可從 54 到 900 kg ha⁻¹。

AMF 有益於作物生長的作用在過去研究甚多，然 AMF 在田間應用上，卻不一定能發揮效果，這主要是因為 AMF 受到環境因子的影響。本篇論文簡述植物的種類與品種對 AMF 之依賴度、AMF 的種類以及土壤磷含量對 AMF 在作物生長效益之影響，另

*論文聯繫人

e-mail: linmay@tari.gov.tw

外亦介紹農業試驗所近年來在 AMF 的研究與推廣。

一、不同植物種類與品種接種叢枝菌根菌之生長效益評估

根據Schüßler *et al.* (2001) 報告指出，超過80%的維管植物科 (vascular plant families) 可與AMF共生。Baylis (1975) 首先報導木蘭科植物Magnolioid對AMF的依賴度很強，藉由AMF的共生，

可幫助Magnolioid吸收磷，但若Magnolioid的種類不同，AMF幫助其吸收磷的效益亦不相同。

Gerdemann (1975) 定義菌根依賴度 (mycorrhizal dependency) 為：在特定的土壤肥力下，植物與菌根共生可產生的最大生長或最大產量。Plenchette *et al.* (1983) 提出相對田間菌根依賴度 (relative field mycorrhizal dependency, RFMD) 指數，做為植物接種AMF生長效益之評估指標，RFMD計算方程式如下：

$$\text{RFMD} = [(\text{dry mass mycorrhizal plant} - \text{dry mass non-mycorrhizal plant}) / \text{dry mass mycorrhizal plant}] \times 100$$

Plenchette *et al.* (1983) 所創的RFMD被後來的研究人員廣為使用。Hetrick *et al.* (1992) 則以無菌根植物乾重取代菌根植物乾重作為上述方程式

之分母，稱為生長反應 (growth response)，生長反應與菌根依賴度皆可用來評估作物接種AMF之生長效益，其方程式如下：

$$\text{Growth response} = [(\text{dry weight inoculated} - \text{dry weight non-inoculated}) / \text{dry weight non-inoculated}] \times 100$$

Tawarayama (2003) 整理了前人報導過的250種植物對AMF的依賴度，並根據植被種類與土地利用將這些植物分為田間植物群 (field crop group)、飼料作物群 (forage crop group)、野草群 (wild grass)、非禾本科植物群 (forb group) 與林木群 (tree group)。在上述五個植物群對菌根依賴度分別為田間植物群 (field crop group) (44%)、飼料植物群 (forage crop group) 56%、野草群 (wild grass) 與非禾本科植物群 (forb group) 70%及林木群 (tree group) (79%)，這250種植物對AMF的依賴度平均為56%。在田間植物群中，網紋瓜 (*Cucumis melo*)、燕麥 (*Avena*

sativa) 與小麥 (*Triticum* spp.) 的菌根依賴度為負值。由這些整理的資料中顯示：栽培種植物對菌根的依賴度比野生種植物低。在同一類群植物中，不同植物種類，其菌根依賴度亦不相同，例如：田間植物群中，韭蔥 (*Allium porrum*) 在土壤磷為100 mg kg⁻¹時之菌根依賴度為96%，而在相同的土壤磷濃度下，燕麥的菌根依賴度為-22%。

同種植物不同品種，其菌根依賴度亦有差異。Hetrick *et al.* (1992) 調查小麥 (*Triticum aestivum*) 23個品種，其菌根依賴度最大為50，最小為-15%，平均為17%。野生品系 (wild lines)、原始品系

(primitive lines) 與現代栽培品系 (modern cultivated lines) 的小麥，其菌根依賴度是不同的 (Kapulnik & Kushnir 1991)，以小麥 *Triticum aestivum* 現代的栽培品系與原始品系比較，在1950年以前釋出的栽培品系對AMF的依賴度比在1950年以後釋出的栽培品系高 (Hetrick *et al.* 1993, 1995)，有些小麥品系對AMF的依賴度為負值或沒有反應 (Hetrick *et al.* 1996)。小麥陸生品系與野生品系對AMF的依賴度比高產量品系的小麥高 (Manske 1989)。Zhu *et al.* (2001) 報告指出，小麥現代栽培品系接種AMF後，其地上部磷含量比同樣是接種AMF的原始品系低，顯示現代育種模式已降低小麥對它的依賴度。

有關水稻接種AMF的生長效益評估很少有學者研究，因為水稻生長在厭氧的水田環境中，AMF是否存在依然是有爭議的。在研究室的試驗中，於浸水的狀態下，AMF的拓殖率會降低，但在排水的情況下，水稻的菌根拓殖率很高 (Vallino 2009)。Suzuki *et al.* (2015) 評估64個水稻品種接種AMF的生長效益，試驗在玻璃溫室中進行，水稻接種 *Funneliformis mosseae* 生長4週後，64個品種對AMF的生長反應 (mycorrhizal growth response) 從 - 4.4% 到 118.9%，ARC5955品種水稻 (indica rice) 的菌根生長反應最高 (118.9%)，Nipponbare 品種水稻 (japonica rice) 的菌根生長反應為18.7%。在植體營養元素含量方面，接種AMF可顯著提高ARC5955與Nipponbare兩個品種水稻地上部與根部的磷含量及降低銅與鋁的含量。AMF可顯著促進水稻品種ARC5955生長，但對水稻品種Nipponbare生長則無顯著的促進效果。

二、叢枝菌根菌種類對作物接種效益之影響

同一種植物接種不同種類AMF，亦會影響其菌根依賴度。Sanders *et al.* (1977) 以洋蔥接種4個不同種

類的AMF，試驗結果顯示 *Glomus mosseae* Gerd. & Trappe, *Gl. macrocarpus* var. *geospora* Gerd. & Trappe 與 *Gigaspora calospora* Gerd. & Trappe 這3個菌種可促進洋蔥生長，而 *Gl. microcarpus* Tul. & Tul. 對洋蔥生長無促進效果。

Pedersen *et al.* (1991) 以蘆筍接種5個不同種的AMF (*Gl. clarum*, *Gl. intraradices*, *Gl. monosporum*, *Gl. versiforme* and *Gl. vesiculiferum*)，試驗結果顯示 *Gl. intraradices* 在溫室與田間試驗中皆可顯著的增加蘆筍的乾重。接種AMF之組織培養苗在移栽田間14個月後，其存活率是對照組的兩倍。在另一個試驗中，蘆筍從種子開始育苗並在溫室中以泥炭苔為介質，分別接種三種AMF (*Gl. fasciculatum*, *Gl. intraradices*, *Gl. vesiculiferum*)，並分別給予不同的磷肥 (0, 50, 100, 150 ppm)，在第13週及第17週進行採收。接種 *Gl. intraradices* 及 *Gl. vesiculiferum* 的蘆筍植體乾重顯著高於對照組及 *Gl. fasciculatum* 接菌組。在該次試驗中發現植體乾重與菌根拓殖率呈正相關。菌根拓殖率在種植後第13週因磷肥的添加量增加而略微降低，但在第17週則不受影響。該試驗結果顯示菌根作物的增長與植體內磷濃度增加無關，因為添加磷肥並未產生生長效應，接種菌根菌作物的植體內磷濃度低於未接菌的對照組。

美國有八個研究單位共同評估6個不同品系的AMF (*Gl. etunicatum*) 以及2個不同種類的AMF (*Gl. claroides*, *Entrophospora columbiana*) 對大豆與高粱的生長效益，試驗結果顯示：在不同州不同地點但相同種類的土壤上，*Gl. etunicatum* 的2個品系 (GE329和GENPI) 對大豆植體乾重有最大的效益。另外，在高粱的試驗結果顯示，除了上述2個品系的 *Gl. etunicatum* 外，還有另1個品系的 *Gl. etunicatum* (GE312) 也有相同的促進效益。在上述試驗中，大豆的菌根感染長度與作物的生長效益無關，但高粱的菌根感染長度則與作物的生長效益呈正相關 (Sylvia *et al.* 1993)。

Graham & Abbott (2000) 在澳洲小麥生產專區分離10種AMF菌株，以壤質砂土 (loamy sand) 在溫室中進行小麥接種試驗。小麥分別給予低於適量與高於適量的磷肥。磷肥添加低於適量時，小麥生長受到限制。所有AMF分離株在小麥發芽14天後開始感染根部，第42天根部拓殖率在50%-89% 的分離株被歸類為具侵略性(aggressive)菌株，若拓殖率在1%-19%者則被歸類為非侵略性(non-aggressive)菌株。添加高於適量的磷肥可增加幼苗的生長2-3倍，但卻減少了根的感染長度。侵略性菌株即使在高磷的條件下仍比其他菌株有較高的感染根長度。在低磷的條件下，只有 *Scutellospora calospora* 的兩個分離株可促進小麥的生長，其他侵略性菌株與非侵略性菌株皆降低了小麥的生長。在高磷的條件下，所有侵略性菌株皆抑制了小麥的生長。在低磷的條件下，侵略性菌株可提高植體磷的濃度，但在高磷的條件下，植體磷濃度則不受菌株的影響。侵略性菌株對小麥所產生的生長抑制現象與降低根部蔗糖濃度有關。

綜合來說，不同種類的AMF對於相同作物所展現的不同菌根依賴度，其差異主要在於不同種類的AMF其根外菌絲的拓殖能力不同，以及根外菌絲對於磷的吸收能力也有差異所致 (Dickson *et al.* 1999; Smith *et al.* 2000)。

三、土壤磷含量對叢枝菌根菌接種效益之影響

植物的菌根依賴度受到許多土壤因子的影響，其中土壤養分，特別是可溶性磷的濃度。Leu *et al.* (1995) 研究報告顯示每週施用一次 1/4 磷量的 Johnson solution (15 mg/kg-P)，番茄的菌根拓殖率為73.4%，每週施用一次 1/2 磷量的 Johnson solution (31 mg/kg-P)，番茄的菌根拓殖率下降為55.5%，每週施用一次全磷量的 Johnson solution (62 mg/kg -P)，番茄的菌根拓殖率更降為24.2%。Menge *et al.* (1977)

發現加州土壤中磷的含量與菌根菌的孢子數成反比。Kucey & Paul (1983) 亦報導，在不施磷肥的土壤中，蠶豆的菌根拓殖率為47%，而施用45 kg-P/ha後，蠶豆的菌根拓殖率下降為15%，在施肥區土壤中，菌根菌的孢子數為30個/100g soil，在未施肥區土壤中，菌根菌的孢子數為65個/100g soil。在高磷的土壤條件下，只靠作物的根部即可獲得足夠的磷，不需藉由AMF的菌絲來吸收磷，但AMF卻需要從宿主植物獲得碳源。為了避免產生這種寄生的結合關係，當土壤中磷濃度高時，植物本身會抑制AMF的拓殖。

Lin & Wu (2002) 探討磷酸根離子對 AMF 孢子發芽與菌絲生長之影響，試驗菌種有六種，*Acaulospora scrobiculata*, *A. morrowiae*, *Entrophospora kentinensis*, *Gl. mosseae*, *Gl. occultum* 與 *Gl. versiforme*。試驗結果發現，*E. kentinensis*, *Gl. mosseae* 這兩種菌根菌孢子，當磷酸根離子濃度在 0.4-10 mM 時，孢子發芽率最高，分別為 73.3%-90.0%，71.8%-85.8%。但當磷酸根離子濃度增加至 20mM 時，這兩種菌根菌孢子之發芽率皆降至 20%以下，當磷酸根離子濃度達 40 mM 時，這兩種菌根菌孢子之發芽率皆為 0。*A. morrowiae* 與 *A. scrobiculata* 在磷酸根離子濃度 4 mM 以下時，孢子發芽率較高，分別為 44.3%-58.5 % 與 49.7%-63.8%。*Gl. versiforme* 在磷酸根離子濃度 2 mM 時，孢子發芽率最高為 45.5%。*Gl. occultum* 對磷最敏感，當磷酸根離子濃度在 1 mM 以上，則菌根菌發芽率與菌絲生長明顯下降。*E. kentinensis* 在磷酸根離子濃度 0.4-10 mM 時，菌絲長度為 0.3-0.5 mm/spore，當磷酸根離子濃度在 20 mM 以上時，孢子全數不發芽。*Gl. mosseae* 在磷酸根離子濃度 2 mM 時，發芽率不受影響，但菌絲生長長度開始明顯下降。*A. morrowiae*, *A. scrobiculata* 與 *Gl. versiforme* 這三種菌根菌孢子，當磷酸根離子濃度在 10 mM 以上時，菌絲生長明顯受抑制。

Abdullahi & Sheriff (2013) 研究AMF與化學肥

料用量對洋蔥生長之影響，化學肥料氮肥與磷肥用量有6個等級，氮-磷用量分別為 00-00、40-20、60-30、80-40、100-50與120-60 kg ha⁻¹，鉀肥用量固定為 50 kg ha⁻¹，AMF種類為 *Gl. intraradices*，試驗地土壤質地為砂質壤土，其土壤pH值為6.8。試驗結果顯示：在洋蔥苗移植田間8週後，未接種AMF的洋蔥苗生長隨著肥料施用量增加而增加，而接種AMF之洋蔥苗以肥料施用量為 60-30-50 kg ha⁻¹ (N-P-K) 之生長最好，與未接種AMF但施用化學肥料120-60-50 kg ha⁻¹ (N-P-K) 之對照組生長勢無明顯差異。但隨著肥料用量繼續增加，接種AMF的洋蔥苗之生長效益逐漸降低。

四、臺灣叢枝菌根菌資源調查

農業試驗所調查臺灣代表性土壤中AMF孢子的種類與數量，調查結果發現：在69個採樣土壤中有19個土壤 (28%) 找不到叢枝菌根菌孢子，有63個土壤 (91%) 之孢子數少於100個/100g soil。在69個採樣土壤中所出現的叢枝菌根菌菌種共有15種，而這15種菌根菌出現6次以上的有8種，分別為 *Acaulospora mellea* (10次)，*A. morrowiae* (25次)，*A. scrobiculata* (8次)，*Gl. claroideum* (10次)，*Gl. etunicatum* (7次)，*Gl. mosseae* (10次)，*Gl. occultum* (16次)與 *Gl. spurgum* (6次)。平均孢子數較多之菌根菌菌種為 *Gl. spurgum* (350個/100g soil) 與 *A. scrobiculata* (98個/100g soil) (Lin *et al.* 2000a)。

五、作物接種叢枝菌根菌之效益評估

農業試驗所過去已進行測試的作物有瓜類 (木瓜、洋香瓜、甜瓜、西瓜、苦瓜)、茄科 (番茄、青椒、甜椒)、菊科 (杭菊、非洲菊、孔雀草)、香蕉、柑橘、茶樹、蘆筍、大蒜、青蔥、百日草、矮牽牛、百合、火

鶴花、海芋等。接種AMF可增加作物產量 5%–50%，可減少氮肥與磷肥施用量 10%–50%，可降低作物病害 (根瘤線蟲、疫病、香蕉黃葉病) 罹病率10%–40% (Lin *et al.* 1999, 2000b, 2001a, 2001b, Wu & Lin 2000, Wu *et al.* 2000b)。

六、叢枝菌根菌保存與提供、研發人才訓練及農民推廣

農業試驗所目前保存600餘株AMF菌株，定期繁殖更新，長期提供國內大學 (臺灣大學、中興大學、嘉義大學及宜蘭大學) 與研究單位 (苗栗、台南、高雄、台東、花蓮區農業改良場及茶業改良場) 所需之研究材料，並協助菌種鑑定、AMF孢子分離及菌根拓殖率檢測技術之訓練。每年舉辦研討會或講習會，並派員在農業試驗所與其他試驗改良場農民學院擔任講師，教導農民使用技術。此外，長期提供農民AMF菌土試用，試用面積超過300公頃，試用作物包括胡瓜、洋香瓜、甜瓜、南瓜、苦瓜、絲瓜、木瓜、番茄、番椒、茶、油茶、鳳梨、梨、酪梨、芒果、枇杷、檸檬、草莓、棗、百香果、紅龍果、番石榴、荔枝、柿、金桔、柳丁、柚、葡萄、無花果、胡蘿蔔、玉米、甘藷、馬鈴薯、羅勒、水稻、茭白、香夾蘭、花生、青蔥、大蒜、芝麻、紅蔥、棉、蘆筍、大豆、敏豆、豇豆、皇帝豆、食用百合、薑、薑黃、薄荷、菊花、秋葵、洛神葵、竹筍等作物。農民試用反映以需要育苗的作物效益較佳。此外，為了讓研究人員與農民更加瞭解AMF，農業試驗所彙集國內AMF研究專家與學者之研究報告，出版「叢枝菌根菌應用技術手冊」，內容包含AMF的型態分類、孢子分離技術、孢子生產技術、菌根染色技術及菌種使用技術等，提供研究人員與農民參考。本書有網路版電子書，有興趣的研究人員或農友可自行上網查詢。(Wu & Lin 1998)

結語

在低投入的有機農業中，可藉由 AMF 持續利用土壤中的磷肥，在相同的吸收面積下，菌絲對磷的吸收量是根部的 100 倍 (Harley 1989)。但現代育種模式所選育出的品種或品系大多對 AMF 依賴度低，無法充分利用 AMF 的優勢，未來應在低養分與逆境下進行品種與品系的選育，才能選出與 AMF 親合性高的作物，使 AMF 在促進作物的生長效益達到最大。另外，AMF 最好的接種時期在苗期，未來應發展與推廣 AMF 種苗，由種苗業者在育苗期進行 AMF 接種，而農民買到已接種之菌根種苗後，可直接定植於田間，不用再花時間進行接種，能提高 AMF 的接種效益，減少化學肥料與農藥的施用量，使我們的農業更加友善。

引用文獻

- Abdullahi, R. and H. H. Sheriff. 2013. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and chemical fertilizer on growth and shoot nutrients content of onion under field condition in northern Sudan savanna of Nigeria. IOSR J. Agri. Veter. Sci. (IOSR-JAVS) 3(5): 85–90.
- Augé, R. M., X. Duan, C. Ebel, and A. J. W. Stodola. 1994. Nonhydraulic signaling of soil drying in mycorrhizal maize. *Planta* 193: 74–82.
- Baylis, G. T. S. 1975. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. *In*: Endomycorrhizas. (Sanders, F. E., B. Mosse, and P. B. Tinker, eds.) New York, USA: 410 Academic Press: 373–389.
- Degens, B. P., G. P. Sparling, and L. K. Abbott. 1996. Increasing the length of hyphae in a sandy soil increases the amount of water-stable aggregates. *Appl. Soil Ecol.* 3: 149–159.
- Diaz, G., C. Azcón-Aguilar, and M. Honrubia. 1996. Influence of arbuscular mycorrhizae on heavy metal (Zn and Pb) uptake and growth of *Lygeum spartum* and *Anthyllis cytisoides*. *Plant Soil* 180: 241–249.
- Dickson, S., S. Smith, and F. A. Smith. 1999. Characterization of two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Allium porrum*: colonization, plant growth and phosphate uptake. *New Phytol.* 144: 163–172.
- Feng, G., F. S. Zhang, X. L. Li, C. Y. Tian, C. Tang, and Z. Rengel. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugars in roots. *Mycorrhiza* 12: 185–190.
- Fitter, A. H. and B. Moyersoen. 1996. Evolutionary trends in root-microbe symbioses. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 351: 1367–1375.
- Gange, A. C., and H. M. West. 1994. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and foliar-feeding insects in *Plantago lanceolata* L. *New Phytol.* 128: 79–87.
- Gerdemann, J. W. 1975. Vesicular-arbuscular mycorrhiza. p. 575–592. *In*: The development and function of roots (Torrey, J. G. and D. T. Clarkson, eds.) Academic Press, London.
- Graham, J. H. and L. K. Abbott. 2000. Wheat responses to aggressive and non-aggressive arbuscular mycorrhizal fungi. *Plant Soil.* 220: 207–218.
- Harley, J. L. 1989. The significance of mycorrhiza. *Mycol. Res.* 92: 129–139.

- Hetrick, B. A. D., G. W. T. Wilson, and T. C. Todd.** 1996. Mycorrhizal response in wheat cultivars: relationship to phosphorus. *Can. J. Bot.* 74: 19-251.
- Hetrick, B. A. D., G. W. T. Wilson, and T. S. Cox.** 1992. Mycorrhizal dependence of modern wheat varieties landraces and ancestors. *Can. J. Bot.* 70: 2032-2040.
- Hetrick, B. A. D., G. W. T. Wilson, and T. S. Cox.** 1993. Mycorrhizal dependence of modern wheat cultivars and ancestors-A synthesis. *Can. J. Bot.* 71: 512-518.
- Hetrick, B. A. D., G. W. T. Wilson, B. S. Gill, and T. S. Cox.** 1995. Chromosome location of mycorrhizal responsive genes in wheat. *Can. J. Bot.* 73: 891-897.
- Kapulnik, Y. and U. Kushnir.** 1991. Growth dependency of wild, primitive and modern cultivated wheat lines on vesicular-arbuscular mycorrhiza fungi. *Euphytica* 56: 27-36.
- Kucey, R. M. N., and E. A. Paul.** 1983. Vesicular arbuscular mycorrhizal spore populations in various Saskatchewan soils and the effect of inoculation with *Glomus mosseae* on faba bean growth in greenhouse and field trials. *Can. J. Soil Sci.* 63: 87-95.
- Leu, S. W., H. J. Chang, and C. N. Chang.** 1995. Production of mycorrhizal tomato seedlings by plug system and their growth responses in the field. *J. Chinese Soc. Horti. Sci.* 41: 54-67. (in Chinese)
- Lin, S. C. and C. G. Wu.** 2002. The influence of phosphate on the spore germination and hyphal growth of arbuscular mycorrhizal fungi. *J. Taiwan Agric. Res.* 51(3): 20-30. (in Chinese with English abstract)
- Lin, S. C., C. G. Wu, S. N. Huang, and K. H. Hough.** 1999. Inoculation effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate-solubilizing bacteria on the growth of Asian hybrid lily. *J. Taiwan Agric. Res.* 48: 135-142. (in Chinese with English abstract)
- Lin, S. C., C. Y. Wang, and C. C. Su.** 2001a. Using arbuscular mycorrhizal fungus and other microorganisms for control of *Fusarium* wilt of banana. *J. Taiwan Agric. Res.* 61: 241-249. (in Chinese with English abstract)
- Lin, S. C., K. H. Hough, and C. G. Wu.** 2000a. General survey of arbuscular mycorrhizal fungi in selected soils of Taiwan. *J. Taiwan Agric. Res.* 49: 65-80. (in Chinese with English abstract)
- Lin, S. C., S. C. Lin, and C. G. Wu.** 2001b. Microbial inoculation effect on the growth and phosphorus concentration of *Eustoma grandiflorum*. *J. Taiwan Agric. Res.* 50: 66-73. (in Chinese with English abstract)
- Lin, S. C., S. N. Huang, K. H. Hough, and C. G. Wu.** 2000b. Effect of microbial inoculation on the seedling growth of citrus maxima and wentan pomelo. *J. Taiwan Agric. Res.* 49: 63-75. (in Chinese with English abstract)
- Manske, G. G. B.** 1989. Genetical analysis of the efficiency of VA mycorrhiza with spring wheat. *Agric. Ecosyst. Environ.* 29: 273-280.
- Menge, J. A. S., N. M. Davis, and V. Minassian.** 1977. Mycorrhizal fungi associated with citrus and their possible interactions with pathogens. *Proc. Int. Soc. Citriculture* 3: 872-876.

- Mohammad, M. J., H. I. Malkawi, and R. Shibli.** 2003. Effects of mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soils with different levels of salts. *J. Plant Nutr.* 26: 125–137.
- Pedersen, C. T., G. R. Safir, S. Parent, and M. Caron.** 1991. Growth of asparagus in a commercial peat mix containing vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and the effects of applied phosphorus. *Plant Soil* 135: 75–82.
- Plenchette, C., J. A. Fortm, and V. Furlan.** 1983. Growth response of several plant species to mycorrhizae in a soil of moderate P-fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. *Plant Soil* 70: 199–209.
- Sanders, F. E., P. B. Tinker, R. L. B. Black, and S. M. Palmerley.** 1977. The development of endomycorrhizal root systems. I. Spread of infection and growth-promoting effects with four species of vesicular-arbuscular endophyte. *New Phytol.* 78: 257–268.
- Schüßler, A., D. Schwarzott, and C. Walker.** 2001. A new fungal phylum, the Glomeromycota: phylogeny and evolution. *Mycol. Res.* 105: 1413–1421.
- Sieverding, E.** 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. P. 371, *Deutsche Gesellschaft mycorrhizas in biocontrol of root pathogens.* *Can. J. Bot.* 82: 1198–1227.
- Wu, C. G. and S. C. Lin.** 1998. Application manual of arbuscular endophytic mycorrhizal fungi. Taiwan Agricultural Research Institute, fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Germany.
- Smith, F. A., I. Jakobsen, and S. E. Smith.** 2000. Spatial differences in acquisition of soil phosphate between two arbuscular mycorrhizal fungi in symbiosis with *Medicago trunculata*. *New Phytol* 147: 357–366.
- Suzuki, S., Y. Kobae, T. Sisaphaithong, R. Tomioka, C. Takenaka, and H. Shingo.** 2015. Differential growth responses of rice cultivars to an arbuscular mycorrhizal fungus, *Funelliformis mosseae*. *J. Horti.* 2: 142.
- Sylvia, D. M., D. O. Wilson, J. H. Graham, J. J. Maddox, P. Millner, J. B. Morton, H. D. Skipper, S. F. Wright, and A. G. Jarstfer.** 1993. Evaluation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in diverse plants and soils. *Soil Biol. Biochem.* 25(6): 705–713.
- Tawaraya, K.** 2003. Arbuscular mycorrhizal dependency of different plant species and cultivars. *Soil Sci. Plant Nutr.* 49(5): 655–668.
- Tisdall, J.M.** 1991. Fungal hyphae and structural stability of soil. *Aust. J. Soil Res.* 29: 729–743.
- Vallino, M., D. Greppi, M. Novero, P. Bonfante, and E. Lupotto.** 2009. Rice root colonisation by mycorrhizal and endophytic fungi in aerobic soil. *Ann. Appl. Biol.* 154: 195–204.
- Whipps, J. M.** 2004. Prospects and limitations for Taichung, Taiwan, ROC. ISBN: 957-02-1767-7. (in Chinese)
- Wu, C. G. and S. C. Lin.** 2000. Inoculation effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth and phosphorus contents of oriental lily bulb.

J. Taiwan Agric. Res. 49: 50-56. (in Chinese with English abstract)

Wu, C. G., S. C. Lin, S.Y. Lin, and K. C. Chuang. 2000. Growth responses of *Anthurium andraeanum* after microbial inoculation. J. Taiwan Agric. Res. 49: 57-62. (in Chinese with English abstract)

Zhu, Y. and R. Miller. 2003. Carbon cycling by

arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems. Trends Plant Sci. 8: 407-409.

Zhu, Y. G., S. E. Smith, A. R. Barritt, and F. A. Smith. 2001. Phosphorus (P) efficiencies and mycorrhizal responsiveness of old and modern wheat cultivars. Plant Soil 237: 249–255.

Application Study of Arbuscular Mycorrhizal Fungi

Su-Chen Lin^{1,*}

¹ Associate Research Fellow, Agricultural Chemistry Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, ROC.

Abstract

It is a quite common in our natural environment a harmonic and symbiotic relationship exists between plant roots and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF). AMF could promote nutrient absorption, enhance resistance to the soil-borne pests, increase drought-resistance, augment the tolerance of heavy metals, and improve the agglomerate structures in soil. In this presentation, we compiled the diversity between plant species and AMF species as well as the influence of soil phosphorus contents to both AMF promotion effects and the crop growth. Factors will be addressed to obtain the best performance between crops and AMF. From the previous studies, the dependence of AMF of cultivated varieties is much lower than wild ones. AMF dependence of terrestrial and wild cultivars is higher than those with high crop yield phenotypes. Modern cultivated cultivars have lower dependence than their original ones. Crop growth promotion effects of AMF species showed different interactions between fungal strains and crop varieties. AMF could exhibit better crop growth promotion effect in the low P growth medium than in high P. Most newly selected cultivars in the modern breeding system show lower dependence to the AMF and could not fully take advantage of AMF. In the future, if new cultivars could be selected under environmental stress and poor fertilization soils, they may have better mutual cooperation with AMF, and achieve the maximal performance in the crop yield.

Key words: Arbuscular mycorrhizal fungi, Crop variety, Crop cultivar, Phosphate.

*Correspondence address
e-mail: linmay@tari.gov.tw

臺灣農業減碳作為與碳交易機制之探討

施雅惠¹、林旻頡¹、陳琦玲^{2*}

¹ 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組助理

² 行政院農業委員會農業試驗所農業化學組研究員

摘要

為因應全球氣候變遷行動，臺灣雖然不為京都議定書之締約國，仍應分擔減量責任，減緩氣候變遷的衝擊，並於2015年頒布『溫室氣體減量及管理法』，明訂長期減量目標為2050年碳排放量較2005年減少50%，並預計 2025年前啟動總量管制與碳排放交易制度。近期響應聯合國政府間氣候變化專門委員會 (IPCC) 之目標，更提出2050年達淨零排放，以達全球平均氣溫升幅不超過 1.5°C 的目標。為達此目標，並確保產業競爭力、經濟競爭力與糧食安全之發展，各部門皆提出階段性減碳目標與策略。其中農業部門肩負經濟發展、生態保護與糧食安全等任務，在第二階段溫室氣體排放管制目標為2025年總排放量減至5百萬公噸二氧化碳當量。本報告係藉文獻回顧介紹國際在因應氣候變遷之沿革、農業部門之減碳策略、碳交易機制與市場作為國內參考，亦介紹國內溫室氣體排放清冊、階段性減量目標與策略，淨零排放規劃路徑與碳交易制度之預備等，以發展低碳農業與碳交易機制。

關鍵詞： 低碳農業、碳交易、排放清冊

前言

19 世紀工業革命後，全球碳排放量急速上升，根據聯合國政府間氣候變化專門委員會 (Intergovernmental Panel on Climate Change, 以下簡稱 IPCC) 氣候變化 2014 年綜合報告中，以中度溫室氣體排放情境 (RCP4.5) 下，推估 2100 年大氣中二氧化碳的濃度將達到 538 ppm，全球均溫將上升 1.8 度，全球海平面可能上升 0.47 公尺 (IPCC 2014)。如何降低空氣中二氧化碳濃度之上升，以及減緩氣候變遷是目前世界各國正面對的環境議題。本文係藉文獻回顧說明國際在因應氣候變遷的作為，以及在農業

部門的減量對策，並說明我國在因應氣候變遷上，在法規與實際減排作為，以發展低碳農業，並建立碳交易機制概況。

材料與方法

藉由聯合國氣候變遷綱要公約網站資訊 (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)、IPCC 排放指南與報告、國內外因應氣候變遷之文獻期刊、相關網站與農政單位提供之文件，彙整說明國際與臺灣因應氣候變遷的減量作為及碳交易機制，如以下節次：

*論文聯繫人

e-mail: Chiling@gmail.com

(一) 國際與臺灣因應氣候變遷的減量作為：

1. 聯合國因應氣候變遷沿革
2. 臺灣「溫管法」之頒布與管制目標
3. 國外農業部門溫室氣體排放占比與臺灣農業排放清冊
4. 國內外農業部門現行減碳策略
5. 其他可能的減碳措施

(二) 碳交易機制

1. 國際上農業相關碳排放交易機制
2. 臺灣碳交易機制推動策略與期程

結果與討論

(一) 國際與臺灣因應氣候變遷的減量作為

1. 聯合國在因應氣候變遷的沿革

聯合國大會於 1990 年決議成立「政府間氣候變化綱要公約談判委員會 (INC)」，並授權該組織起草有關氣候變化公約條文及相關必要之法律文件，並於 1992 年通過「聯合國氣候變化綱要公約」，在 1994 年 3 月 21 日正式生效，目前已有 197 個締約國。該公約締約方自 1995 年起每年召開締約方會議 (conferences of the parties, COP) 以評估應對氣候變遷的進展。

1997 年 12 月 11 日，在日本京都召開「第 3 次締約國大會」(COP3) 通過《京都議定書》，規範附件一國家於第一承諾期 (2008-2012 年) 減量責任。京都議定書引入了三種基於市場的機制，作為實現這些目標的另一種手段，包括排放交易 (emission trade, ET)、清潔發展機制 (clean development mechanism, CDM)、聯合減量 (joint implementation, JI)，從而創造了現在被稱為碳市場的機制。

2015 年 12 月 12 日，在法國巴黎召開「第 21 屆締約方大會」(COP21)，通過《巴黎協定》，將減

排義務擴及至中國大陸與印度等開發中國家，要求已開發國家需提供氣候變遷資金，來幫助開發中國家減少溫室氣體排放，並有能力面對全球氣候變遷所帶來的後果。巴黎協定重要內容包括 (1) 與工業化前溫度水平相比，全球平均氣溫升幅控制於 2°C 之內，並致力於限制在 1.5°C 之內；(2) 各國將提交國家自主貢獻 (Nationally Determined Contributions, NDCs) 作為減量目標之機制進行減排或限排，工業化國家必須有絕對減量目標值；(3) 由已開發國家提供綠色氣候基金，協助開發中國家執行氣候變遷減緩與調適；(4) 國家預期自定貢獻於簽署後正式成為國家自定貢獻，每五年提交報告及檢討，將於 2023 年首次全球盤點、透明公開呈現 (UNFCCC 2021b)。同年，法國在第 21 屆氣候高峰會 (COP21) 中提出千分之四倡議 (4 per 1000 initiative: soils for food security and climate)，指出土壤不但能生產足夠的糧食，還有助於解決全球暖化的問題。根據研究估算，只要每年提高土壤 (包括農地、草原、森林等) 有機碳含量達 4‰，不僅可抵消每年因人類活動增加的二氧化碳量，還能增加土壤有機質、促進土壤健康，進而提升農作產量，達到減緩溫室效應及維護糧食安全等兩大永續發展目標。臺灣亦已簽署加入該倡議聯盟，以響應這一行動。

根據 IPCC 2018 年全球暖化 1.5°C (global warming of 1.5°C) 特別報告指出，若要達成全球平均氣溫升幅不超過 1.5°C 的目標，2030 年的全球人為二氧化碳淨排放量需比 2010 年降低約 45%，約在 2050 年達到淨零排放；若要將全球變暖控制在 2°C 以下，則在 2030 年之二氧化碳排放量需比 2010 年降低約 25%，並在 2070 年左右達到淨零排放 (IPCC 2018)。在 2019 年歐盟提出 2050 年達到碳中和目標後，帶動全球淨零討論的雪球效應，截至 2021 年 1 月底，已有 127 個國家宣示或規劃 2050 年淨零排放目標，包含日本、韓國、中國等鄰近國家。

2. 臺灣「溫管法」頒布與管制目標

依據 2018 年統計，全球排放 48,900 百萬公噸二氧化碳當量 (CO₂ eq)，其中臺灣溫室氣體排放量總排放量為 275 百萬公噸 CO₂ eq，佔全球總排放量 0.56%，總排放排名為 23 (World Resources Institute 2021)。為回應全球減碳行動，於 2015 年頒布《溫室氣體減量及管理法》(簡稱溫管法)，訂定國家因應氣候變遷行動綱領、溫室氣體階段管制目標及管制方式作業準則。

行政院於 2017 年 2 月 23 日核定《國家因應氣候變遷行動綱領》，明確擘劃推動溫室氣體減緩及氣候變遷調適政策總方針。為依循行動綱領推動溫室氣體減量政策，達成溫管法之國家溫室氣體長期減量目標，以 5 年為一期進行滾動式檢討並積極推動落實。

行政院於 2018 年 1 月 23 日核定第一期溫室氣體階段管制目標，以 2005 年為基期，自 2016 至 2020 年止，溫室氣體淨排放量減量 2%；第二期溫室氣體階段管制目標，自 2021 年至 2025 年止，溫室氣體淨排放量減量 10%；第三期溫室氣體階段管制目標，自 2026 年至 2030 年止，溫室氣體淨排放量減量 20%；第四期溫室氣體階段管制目標，自 2031 年至 2035 年止，溫室氣體淨排放量減量減少 25-30%；最終目標於 2050 年能將國家溫室氣體淨排放量較基準年 2005 年減少 50%，並朝「淨零碳排放」目標努力。目前 2019 年農業排放清冊刻正審議中，因此各部門尚未評估是否已達第一階段之減量目標。

在六大部門中，農業部門需自 2018 年 581 萬公噸 CO₂ eq 減量至 501 萬公噸 CO₂ eq，其中農糧部門依農委會規劃需配額 34 萬公噸 CO₂ eq 減排量。農糧部門為達國家溫室氣體第二階段管制目標，目前已有相關策略如推動友善環境農業耕作、推動對地綠色環境給付、合理化施肥、大區輪作、大糧倉計畫等策略持續執行中。

3. 國外農業部門溫室氣體排放占比與臺灣農業排放清冊

農業生產具生物特性，其溫室氣體排放量受氣候、地理環境、耕作及飼養方式、各國農產業結構差異等因素影響 (EPA 2020)，各部門排放量佔比各有差異。以臺灣農業部門而言，約佔全國排放量 2%；日本為 2.7%，南韓為 3.0%，美國為 9.6%，歐盟為 10.3%，澳洲為 13.6%，以農牧業為主要經濟活動的紐西蘭，其農業部門碳排放量佔全國 47.8 % (COA 2020; UNFCCC 2020)。我國農糧署自民國 2011 年起建立農業部門溫室氣體之排放調查與監測體系，包含量測技術、減量評量指標與階段性目標。此外為因應 2015 年通過之溫管法，明文規範溫室氣體長期減量目標為 2050 年之溫室氣體排放量需降至 2005 年的 50% 以下，且每年需向環保署提報各部門溫室氣體排放清冊。依每年農業溫室氣體排放盤查與清冊撰寫，更多本土數據的累積，修正排放係數、提高本土排放係數使用比例、提高清冊之準確性與精確性，以得知農業各部門排放量佔比與溫室氣體主要排放來源，作為相關減碳措施或政策研擬之參考依據，藉此達成溫管法規範之減碳目標。

依據 IPCC 於 2006 年出版國家溫室氣體排放清冊指南 (2006 IPCC guidelines for national greenhouse gases inventories) (IPCC 2006) 第四卷所述，農業部門溫室氣體排放共分為：3.A「畜禽腸胃發酵」：家畜及家禽消化食物時，腸胃發酵所產生之甲烷 (CH₄)、3.B「畜禽糞尿處理」：畜禽糞尿處理過程所排放之 (甲烷及氧化亞氮)、3.C「水稻種植」：水稻種植時產生之甲烷 (CH₄) (以稻米為主食之亞洲國家會有較多排放)、3.D「農業土壤」：農糧產業施用氮肥所生之氧化亞氮 (N₂O)、3.E「草原焚燒」(因臺灣地理環境極少草原故不列入計算)、3.F「作物殘體燃燒」、3.G「石灰處理」、3.H「尿素施用」等。上述農糧與畜牧產業於生產活動中使用燃料部分則在能源部門計算 (EPA 2020)。

1990 至 2018 年臺灣農業部門溫室氣體排放量及其趨勢如圖 1 所示，自 1990 年起整體呈現下降趨勢，

主要因臺灣加入世界貿易組織 (World Trade Organization · WTO) 及經貿自由化，調整農業生產結構，推動休耕政策，造成耕地面積及畜禽飼養減少等因素，另合理化施肥推廣落實亦有助溫室氣體之減量。其中禽畜部門排放量在 1996 年後連續 2 年較大幅度下降，係口蹄疫致豬隻飼養頭數銳減之故。2018 年農業部門溫室氣體排放量為 581 萬公噸 CO₂ eq，各排放源占比如圖 2，農業土壤 35.9% 為最大占比，其他如畜禽糞尿處理占 27.2%、水稻種植占 18.5%、畜禽腸胃發酵占 17.4%、尿素施用占 0.9%、作物殘體燃燒占 0.1%(EPA 2020)。

依據 2006 IPCC 指南架構，與森林有關的部門為 3.B.1「農業、林業和其他土地使用 (Agriculture, Forestry and Other Land Use, AFOLU)」部分之土地 (含林地維持為林地及林地與其他土地使用類型的轉換) 及 3.D.1「收穫林產品 (Harvested Wood Product, HWP)」等部分，其中 3.B.1 中目前尚缺乏土地利用變更、濕地、居住地、草原及其他的部分的估算，環保署正規劃納入評估，以作為未來減碳策略之參考。

依據林業部門溫室氣體排放清冊所估算之森林碳匯趨勢，1991、2001 及 2009 年因林火及風災造成森林碳匯量顯著降低，但藉由災後投入造林及復育工作而逐漸恢復，其他各年度森林碳匯約 21.4 至 23.5 百萬公噸 CO₂ eq 之間，趨近於穩定。2018 年林業部門碳移除量為 21.5 百萬公噸 CO₂ eq，在土地利用改變中，林地仍維持林地之碳移除量為 20.6 百萬公噸 CO₂ eq、其他土地轉為林地碳移除量為 0.9 百萬公噸 CO₂ eq。

臺灣土地面積小、人口稠密，依據第四次全國森林資源調查成果，森林覆蓋率已達 60%，可供造林面積有限，預估未來新植造林面積將逐年減少。林務局推動造林及加強森林經營方案，預估至 2025 年每年可增加森林碳匯約 5 至 8 萬公噸，占總森林碳匯量

之 0.3%。推估至 2050 年森林碳匯趨勢將呈現穩定的狀態約為 21.4 至 21.6 百萬公噸 CO₂ eq。

林務局目前辦理國有林造林工作係以有保全對象之崩場地、濫墾收回林地為主，保障中下游經建成果及人民生命財產安全；近年因濫墾地多已收回並完成造林，崩場地則須待自然刷坡、基腳穩定後始可造林。為提升碳吸存量，未來將加強人工林中後期撫育作業，讓停滯林分恢復生長，提升森林碳吸存效益。

依據清冊知盤點結果，農業部門溫室氣體吸收量遠大於排放量(圖 3)，且為我國唯一估算碳匯量之部門，森林碳匯每年約可吸收 21.5 百萬公噸的 CO₂ eq，除遠超過農業部門溫室氣體排放 581 萬公噸 CO₂ eq 外，亦相當於抵減全國溫室氣體排放量之 7.25%。

4. 國內外農業部門現行減碳策略

(1) 國際農業部門減碳策略

依世界主要排碳經濟體 (中國、美國、歐盟) 及與臺灣農業型態相近之經濟體 (日本、韓國) 相關之最新農、畜業溫室氣體排放管制政策資訊，其中以推動合理化施肥、生質能發展、設置節能或再生能源設備、有機農業、改良畜禽腸內發酵及制定政策法規等，為各國均有採行之措施 (COA 2021)。

英國於 2020 年底公告《綠色工業革命十點計畫》，宣示該國將透過十大重點項目，包含發展離岸風電、氫能及先進之新式核能、加速零碳排車輛轉型、推行綠色大眾運輸並鼓勵民眾騎自行車與步行、推動淨零航空及綠色船舶、綠色建築、投資碳捕捉、利用碳封存技術、維護自然環境、推動綠色金融及創新等策略，以期扭轉國家整體經濟及達成 2050 年淨零排放目標；涉及農業部門之策略為維護自然環境 (Protecting Our Natural Environment)，英國表示將新建並指定更多的國家公園及傑出自然風景區，同時強化造林及復育泥炭地等土地管理作為，創造自然保育及復育相關工作機會，並提供生產補貼鼓勵農民

投資新技術，於減少碳排同時促進生產效率，同時提升生物多樣性，以對抗氣候變遷帶來之衝擊(COA 2021)。

(2) 臺灣農業部門溫室氣體減量路徑及措施

為配合國家溫室氣體減量目標，農業部門規劃優先達成第二期溫室氣體階段管制目標，即 2025 年農業溫室氣體排放量較基準年 2005 年減少 30%，以務實的方式執行溫室氣體減量路徑。農委會於 2021 年 2 月 26 日召開「農業部門淨零排放目標期程及因應作為研商會議」，邀集各產業及試驗單位，以瞭解各單位在較長的時間尺度下，為降低權管產業之排放量，可配合規劃之作為及其成效，完成撰擬「我國農業部門淨零排放路徑評估報告」(COA 2021)，由農、漁、畜各產業盤點我國可開發之低碳農業技術，共同提出溫室氣體減量措施，同時由林業提出固碳措施如圖 4。

在減少燃料燃燒使用之排放部分，農業部門持續研發與推動溫室氣體減量策略，發展低碳與精準農業。在農業生產方面，持續推動有機與友善環境耕作及合理化施肥，透過教育農民精準施肥、減少化學肥料的使用，降低農田氧化亞氮的釋放量。為因應氣候變遷衝擊及配合水資源配置規劃，以大區輪灌制度、對地綠色環境給付及大糧倉計畫，對農糧作物種植種類及面積進行調整，鼓勵轉作具固氮能力之雜糧作物如大豆、落花生、紅豆及綠肥作物等，在維持國內稻米供應充足前提下調整水稻種植面積，減少浸水田導致之厭氧環境，以減少溫室氣體排放，除能有效減少水田之甲烷排放量，降低肥料施用量，並能提升我國糧食自給率、減少對國外進口雜糧之依賴。針對畜牧業則採廢棄物再利用之方式，包含養豬場沼氣再利用（發電），除能減少畜禽糞便之甲烷及氧化亞氮逸散，亦能降低廢水處理之耗能等。預計輔導畜牧場沼氣再利用（發電），其總頭數至 2030 年占總在養量 75%（預估為 375 萬頭）。在漁業方面則持續推動漁船用油減量，以獎勵休漁及漁船（筏）收購的方式，調整漁業

經營結構、提升漁業用油效率；並推廣養殖業之節能設施，改善農業經營過程之用電效率。農業設施方面，推動設施型農業節能措施，畜牧業推廣並補助汰換節能設備，漁業則推動節能漁具設備及建置智慧漁港，減少漁船及漁港耗能並提升能源使用效率（COA 2021）。

(3) 農糧部門其他可能的減碳措施

A. 提高肥料利用效率

依據清冊盤點結果，農地施用肥料之溫室氣體排放占農糧部門總排放量的 66%，在公營化肥產銷制度下，化學肥料價格低廉，大部分農友為確保作物產量，經常過量施肥，造成溫室氣體的排放。依據調查，水、旱、蔬菜田之肥料利用率需分別為 25%、30%、10%，應有減量空間（Ning *et al.* 2010; Tan 2010; Wu 2011），因此除了推動合理化施肥外，嘗試使用緩效性肥料，以提高肥料利用效率，應是有效作法，但需獲得肥料公司的認同，製造合用的肥料，並需評估單位營養素的價格。施用緩效性肥料，預期可減少 20% 的肥料施用（Jiang 2014）。

葉面施肥比土壤施肥效率高、見效快，且可克服不良環境的影響，迅速滿足植物生長發育所需。但葉面施肥易受環境條件、植物種類和生育期不同而效果差異大，尚須與土壤施肥一同應用於農作生產才具增產活提高品質的效果（Guo 2013）。雖然葉面施肥的肥料效率可達 80% 或以上，但因為葉面施用肥料之濃度必須精確控制，且噴灑間隔密集，需要耗費較多人力，是不易全面推廣的另一個原因。若能掌控施用時機與濃度，預估可減少 50% 肥料施用量。

B. 施用硝化抑制劑

硝化抑制劑能夠選擇性的抑制土壤中硝化細菌的活動，從而減緩銨態氮轉化為硝態氮的反應速度，提高銨態氮、尿素的穩定性，不致快速轉換為硝態氮而淋失，從而增加氮肥肥效。一般施肥時搭配硝化抑制劑，預估可減少 10-20% 的肥料施用。

C. 使用生物肥料

生物肥料是以微生物為主體，係指具有活性微生物體（包含其休眠孢子），如細菌（含放線菌類）、真菌、藻類等微生物之微生物體及其代謝產物的特定製劑，應用於農業生產具供應植物養分的效果，包括增進植物養分和元素之供應量與總量、刺激植物生長與促進植物對營養和元素的吸收（Yang 2009）。如施用固氮菌，可減少 50% 氮肥施用；微生物肥料（溶磷菌）的添加，可減少 30-50% 磷肥施用。

D. 農作物品種改良

因應氣候變遷所造成的影響，農作物的品種改良越來越受到重視，藉由育種，培育出可在不同的氣候與土壤環境下生長、高氮素利用率之品種或增加植物本身抵抗病蟲害的能力，以減少農藥的使用等，均可有效的降低氣候變遷所造成的影響，也可降低肥料、農藥與能源使用，降低溫室氣體排放（National Museum of Natural Science 2019）。

E. 增加土壤碳匯-施用生物炭

臺灣在加入千分之四倡議後，即評估實現每年增加 0.4% 土壤有機碳目標的可能性。以不同土類之有機碳含量估算全台有機碳含量，在深度 0-100cm 土層中約為 2.37 億公噸。經長期試驗結果估算不同農業操作之固碳潛力，包括有機農業、果園草生栽培、綠肥施用、平地造林、施用生物炭農地等。結果顯示，在這些操作中以生物炭應用具有最高的固碳潛能（Chen *et al.* 2019）。

生物炭（Biochar）被認為具有改善土壤、促進作物生長及固碳之效果，IPCC 於 2018 年的報告中亦肯定其碳匯能力，被視為減緩氣候變遷對環境影響程度的可能手段（IPCC 2018）。生物炭多以植物性有機物經高溫熱裂解，形成高度抗分解之穩定芳香族雜環碳結構，埋於土壤中可維持數十年至數千年，等同於將植物藉由光合作用固定的碳封存於土壤中，形成另一型態碳庫（carbon pool），可有效的增加土壤碳匯。碳匯計算方式採用國際生物炭倡議組織（International

Biochar Initiative, IBI）採用之文獻 $H/C_{org} < 0.4$, $BC_{+100} = 70\%$ 進行計算（Budai *et al.* 2013），即施用於土壤中 100 年後仍可保留約 70% 的有機碳含量。以生命週期估算生物炭碳足跡，以柑桔枝條炭為例計算，製造過程產生的溫室氣體排放約佔其碳匯量 5%。

若以生物炭有機碳含量 50% 估算，2% 的施用量應用於全臺灣 30 萬公頃的酸土耕地中，則可增加 390 萬公噸的有機碳含量。如果每年在 2,000 公頃農地上施用 2% 生物炭，可使臺灣土壤有機碳以每年 0.1‰ 的速率封存。

F. 綠電

鑑於全球正處在能源轉型的關鍵時代，綠色能源將是未來驅動經濟發展的新引擎。2020 年經濟部能源局能源統計資料指出（Bureau of Energy 2020），目前臺灣火力發電量佔總發電量 82.2%，其次為核能發電 11.2%，再生能源 5.4%，最後為抽蓄水利 1.1%。另外火力發電中又以燃煤為主，約佔 55%，燃氣佔 43%，燃油佔 2%，但燃煤過程中會產生許多空氣污染與溫室氣體排放，增進全球暖化。再生能源又稱做綠電，藉由太陽能、風力、河流水位落差、燃燒生質能與廢棄物等動力來源，替代有限的燃料能源，減輕發電裝置對環境造成的污染程度。農委會推動「農糧製儲銷屋頂附屬太陽光電」，截至 2020 年已設置太陽光電 265.6MW，每年可取代燃煤發電 294.7 百萬度電，約 15 萬公噸 CO₂ eq。扣除製作太陽能板產生 2.7 萬公噸 CO₂ eq，共可減排約 12.7 萬公噸 CO₂ eq。並藉由水產試驗所漁電共生試驗成果，推動「漁電共生」，自 2020 年 12 月 3 日起，以高雄市及屏東縣優先，逐步擴散推動，以達成臺灣 2025 年 20GW 太陽光電設置目標。

（二）碳交易機制

1. 國際上農業相關碳排放交易機制

京都議定書中提出之減量機制包括共同減量、清潔發展機制與排放交易，其目的主要是希望締約國能

夠透過國際合作方式，以最小成本的方式來達成減量目標。共同減量係指附件一所列締約方以推動共同排放減量計畫的方式，向其他附件一締約方交換或取得所謂「排放減量單位 (Emission Reduction Units, ERU)」。清潔發展機制係指附件一所列締約方在非附件一所列之開發中國家，推動相關排放減量計畫，取得所謂「經驗證減量額度 (Certified Emission Reduction, CER)」。排放交易係指附件一所列締約方以交易方式，向排放量尚未達到容許排放配額的其他附件一所列締約方，取得尚未使用或剩餘之排放配額 (Unused Or Surplus Emission Units) 額度，稱排放權。擁有排放單位的國家，將多餘未被使用的允許的排放量或分配量單位 (Assigned Amount Units, AAU) 出售給超出其目標的國家 (UNFCCC 2021a)。

碳交易系統的設計分為兩種，一種為「總量管制與交易 (cap-and-trade)」系統，另一種為「基線與信用額度 (baseline-and-credit)」在兩個系統中所產生之可交易單位，稱作「排放權」(Pan 2007)。總量管制與交易指在總量管制下，國際公約或國家依據特定準則分配許可排放權給排放源，此機制較具有強制性，可確認減量目標是否確實達成。而未使用完的許可排放權配額即可在交易市場中進行交易。而基線與信用額度是排放源透過減量計畫或專案，經認定所核發的「減量抵換/信用額度」進行交易，如我國溫室氣體排放額度抵換專案。

目前聯合國碳抵換平台 (United Nations Carbon Offset Platform) 與農業相關的清潔發展專案項目如圖 5。由聯合國監督，在發展中國家推動之清潔發展機制項目，他們減少或避免的 tCO₂e 排放量可賺取 1 CER。個人、企業或組織可以購買 CER，以抵消其自身不可避免的排放或對全球氣候行動的貢獻，各項目 CER 價格不同。我國雖然無法執行 CDM，但可以此為借鏡，發展我國農業其他減碳措施。

世界銀行在 2020 年「全球碳定價現況及趨勢發

展報告」中提到，2019 年碳定價機制繼續主流化，為加強氣候承諾，很多司法管轄區擴大了碳定價機制，並開始考慮在現有碳定價體系範圍之外補充其他碳定價手段，以達到減排目標。早期全球碳權交易市場有一半以上碳信用由清潔發展機制簽發，近年逐漸發展為自願減量市場 (World Bank 2020)，自願減量市場是由社會責任驅動，自願執行減量之業者、區域、政府單位、國家或非營利組織建立碳信用機制，透過獨立減量或是增加碳匯專案，經第三方確認後核發的碳信用單位進行交易，但該市場之交易單位不一定會被其他締約國政府承認。在過去五年，碳信用市場有 42% 來自林業，可能因碳匯項目具有降低排放成本的巨大潛力，同時還能產生額外共同收益 (World Bank 2020)。

全球已施行或計畫施行碳定價的國家或地區已成長至 61 個，其中 31 個屬於碳交易制度、30 個屬於碳稅制度，估計占全球溫室氣體排放量 22%、約 120 億公噸。排放交易系統 (ETS) 遍及 35 個國家，13 個州或省 and 7 個城市的四大洲，覆蓋全球 GDP 的 40%，並且正在開發其他系統 (ICAP 2020; World Bank 2020)。

2. 臺灣碳交易機制推動策略與期程

農委會於 2010 年舉辦「因應氣候變遷農業調適政策會議」，最終提出農業因應氣候變遷調適策略，秉持「健康、效率、永續經營」之農業施政方針，以「低風險、低碳排、新商機」為願景，並歸納出：1. 依風險程度建構糧食安全體系；2. 整合科技提升產業抗逆境能力；3. 推動低碳農業；4. 發揮邊際土地的生態及滯洪功能；5. 強化農村自主防災體系；6. 開創低耗能、低碳排的綠金新商機；7. 建立生物多樣性風險管理策略等 7 項關鍵策略。配合本院經濟建設委員會規劃之「我國氣候變遷調適政策綱領」研擬行動計畫，除了推動低碳農業外，亦期能藉由碳交易開創綠金新商機。

在過去幾年農委會與環保署除了積極推動低碳農

業操作的同時，亦推行各項配套政策，如有機農產品有機轉型期農產品標示及標章管理辦法、農業節能減碳貸款、對地綠色環境給付計畫、溫室氣體抵換制度以及產品碳足跡標籤，以減低實行減碳農業之成本負擔，並帶來額外經濟效益。

(1) 農業節能減碳貸款

依農業節能減碳貸款要點，農（漁）民、農（漁）民團體及農企業如欲購置使用沼氣、太陽能、風力、非抽蓄式水力、農林植物、國內農業事業廢棄物直接利用或經處理以產生能源之農業相關機械設備時，依農業節能減碳貸款要點可向設有信用部之農（漁）會、依法承受農（漁）會信用部之銀行當地分行或全國農業金庫申請，減輕購置負擔。

(2) 產品碳足跡標籤

針對特定的同一種類型、功能之產品或服務，依生命週期計算自原料取得到廢棄處置過程中產生的溫室氣體排放量總和，揭露單位產品碳排放量，具有發掘產品碳排放熱點，做為日後減碳目標。環保署亦推出低碳產品獎勵辦法「環保集點制度」，促使消費者選擇對環境友善之產品，亦提高業者申請標章之意願。消費者可透過註冊環保集點會員，凡購買具有環保標章、碳足跡標籤、MIT 微笑標章或在地農產品（CAS 標章/有機農產品標章/TAP 產銷履歷）認證之綠色商品，即可依消費金額獲得綠點獎勵。

(3) 溫室氣體抵換制度

依環保署自 2005 年起推動產業溫室氣體自願減量管理制度，發布「溫室氣體抵換專案管理辦法」，促進各類型排放源減量技術發展。有意願申請專案之業者可向環保署進行提案，引用公告之減量方法學撰寫減量計畫書。計畫書經中央目的事業主管召集審議

小組以及查驗機構確認後，專案需計入 7-10 年（依專案類型不同）溫室氣體排放定期查驗，提送最終溫室氣體排放減量與移除增量報告於環保署審查，審查通過後即可獲得核發減量額度（碳權）。當我國碳交易市場啟動時，產業可透過國家溫室氣體登錄平台申請額度帳戶，進行減量額度轉讓、註銷及抵換等相關作業。截至 2020 年已核發 13 件溫室氣體減量額度之專案，共計 1,105.7 萬噸 CO₂ eq，皆為工業產業（EPA 2021）。而與農業相關的有 2 件計畫註冊已審查通過，1 件計畫正在審查，皆由漢寶農畜產企業股份有限公司提出，將豬糞堆肥、沼氣發電及畜舍架設太陽能板等減碳技術引入，後續監測結果若通過驗證，預計共可申請 3.07 萬公噸 CO₂ eq 減量額度。

目前仍持續推動自願減量與強制盤查登錄，待相關機制均完備後，研擬總量管制與排放交易制度推動期程，分階段公告排放源並訂定階段排放總量目標，預計 2025 年前啟動總量管制與排放交易制度。

結論

農業部門溫室氣體排放雖非臺灣主要排放源，亦肩負經濟發展、生態保護與糧食安全等任務。但因應氣候變遷，除了研擬因應的調適策略，以減緩氣候變遷之衝擊外，亦應在確保糧食安全下，發展並推動低碳農業，並藉由碳交易開創綠金新商機。目前農糧部門已推動多項減碳、碳匯及綠電發展之策略，將持續落實各項行動方案，以達到我國溫室氣體長期減量目標。並盤點具潛力之可碳交易項目，發展碳權計算方法學，增加農業部門之減排經濟效益。

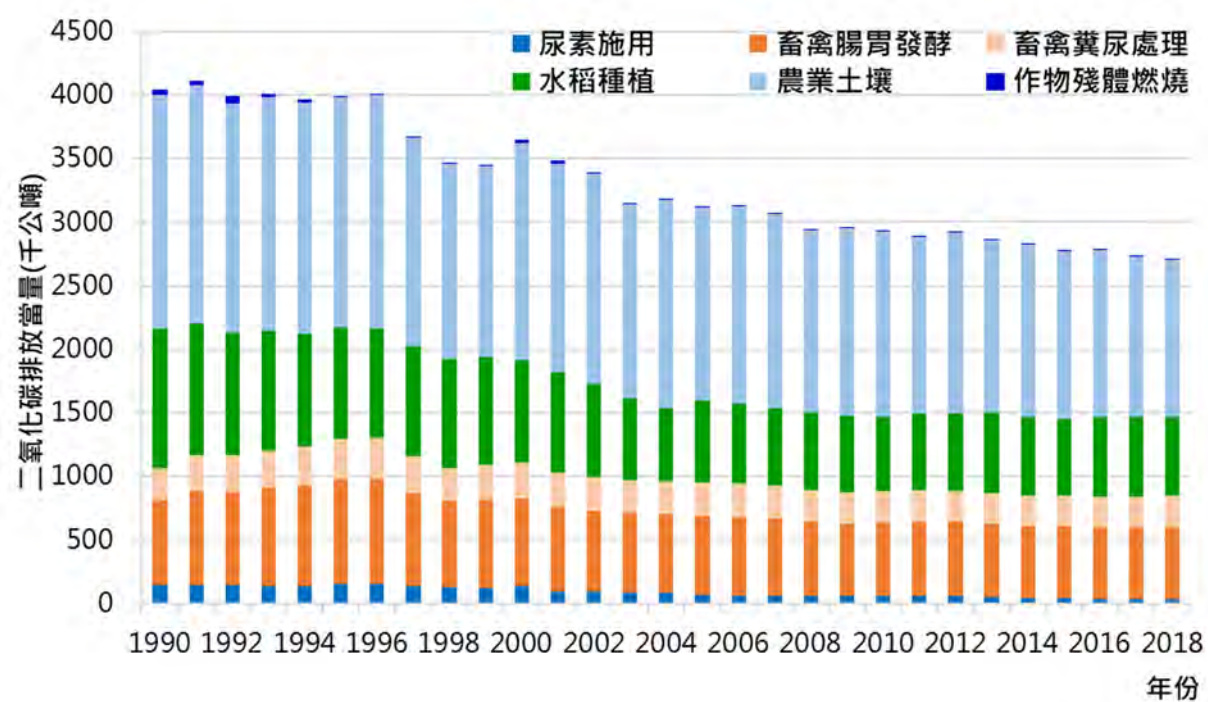


圖 1. 1990 至 2018 年臺灣農業部門排放量趨勢

Fig.1 Agricultural Sector emissions trends of Taiwan from 1990 to 2018

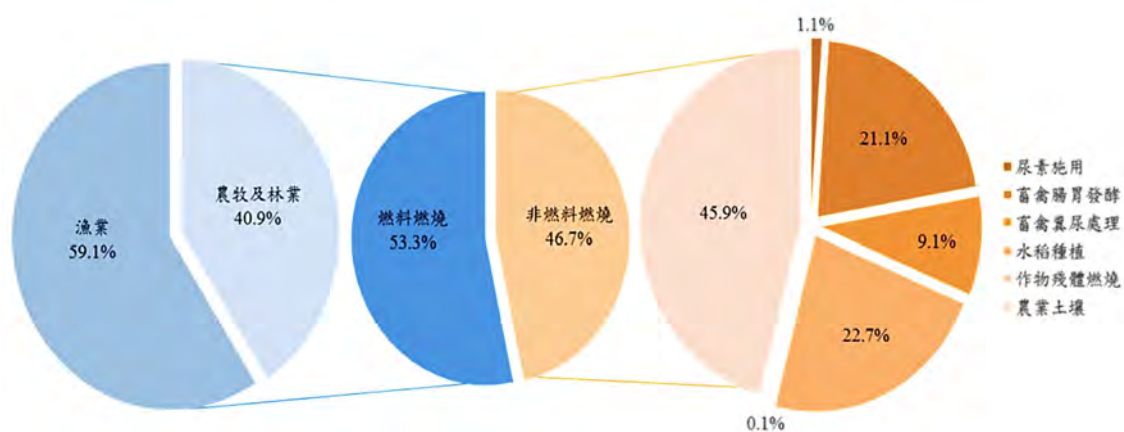


圖 2. 2018 年臺灣農業溫室氣體主要排放來源

Fig. 2 Main sources of agricultural greenhouse gas emissions of Taiwan in 2018

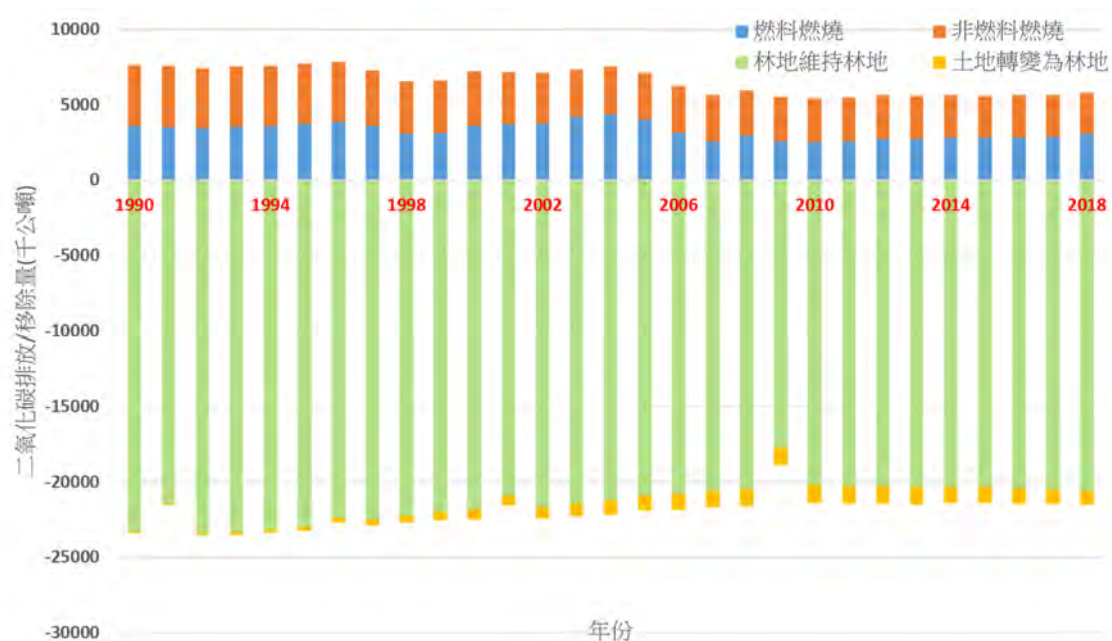


圖 3. 農業部門 2018 年二氧化碳排放/移除量

Fig. 3 Carbon dioxide emissions and removals from the Agriculture Sector in 2018

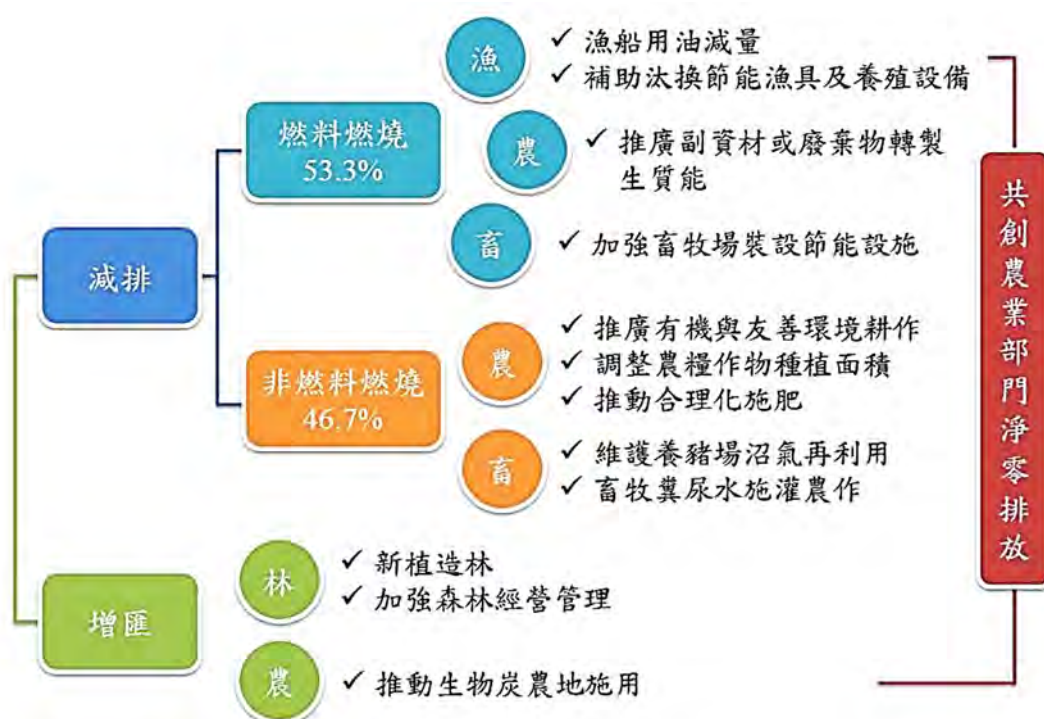


圖 4. 農業部門溫室氣體淨零排放措施

Fig. 4 Greenhouse Gas Net Zero Emissions Measures in the Agriculture Sector

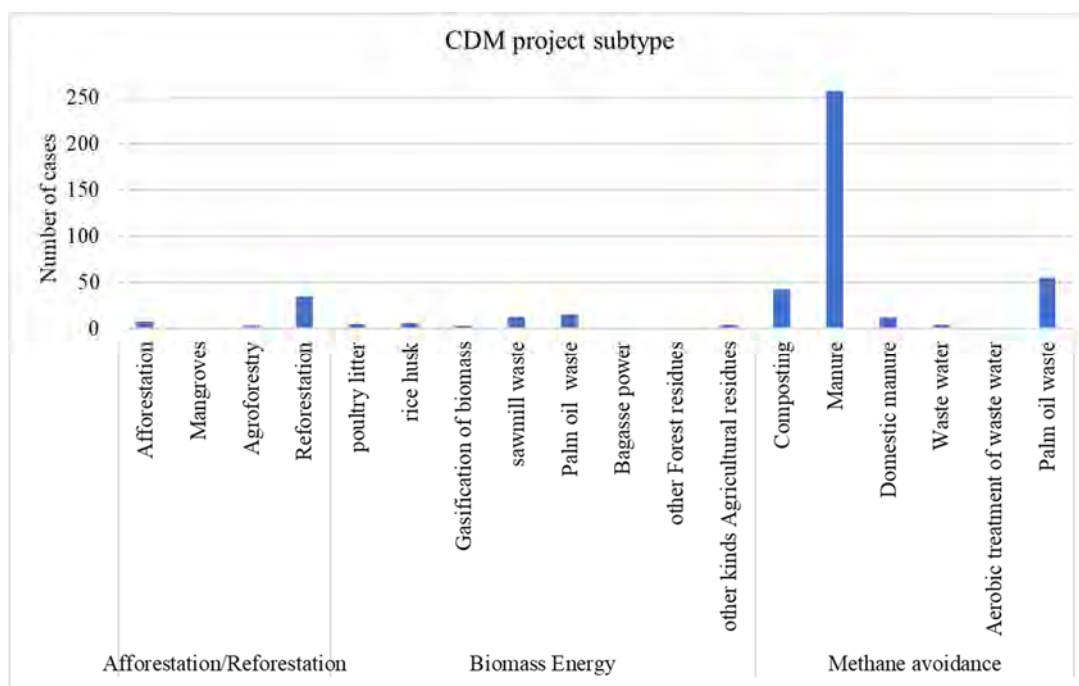


圖 5. 國際上農業相關清潔發展機制計畫

Fig. 5 International clean development mechanism (CDM) projects of agriculture

參考文獻

Budai, A., Zimmerman, A. R., Cowie, A.L., Webber, J.B.W., Singh, B.P., Glaser, B., Masiello, C. A., Andersson, D., Shields, F., Lehmann, J., Camps Arbestain, M., Williams, M., Sohi, S., and Joseph, S. 2013. Biochar Carbon Stability Test Method: An assessment of methods to determine biochar carbon stability. International Biochar Initiative.

Bureau of Energy. 2020. Energy statistics. https://www.moeaboe.gov.tw/ECW/english/content/SubMenu.aspx?menu_id=979 (visit on 03/15/2021)

Chen C. L., C. Y. Chou, M. C. Lin, J. H. Hu. 2019. Application of Agricultural Practices to Increase Soil Carbon Sequestration in Taiwan. Climate Smart Agriculture for the Small-Scale Farmers in the Asian and Pacific Region. pp. 89-105. National Agriculture and Food Research Organization (NARO) & Food and Fertilizer Technology Center (FFTC) for the Asian and Pacific Region. ISBN: 978-4-908914-02-7.

Council of Agriculture, Executive Yuan (COA). 2020. Report of the National Greenhouse Gas Emission Inventory Review Meeting. Council of Agriculture, Executive Yuan

- (COA). (in Chinese)
- Council of Agriculture, Executive Yuan (COA).** 2021. Evaluation report on the path of net zero emissions in agricultural sector. Council of Agriculture, Executive Yuan (COA). (in Chinese)
- Environmental Protection Administration, Executive Yuan (EPA).** 2020. 2020 REPUBLIC of CHINA National Greenhouse Gas Inventory Report. Environmental Protection Administration, Executive Yuan (EPA). (in Chinese)
- Environmental Protection Administration, Executive Yuan (EPA).** 2021. National Greenhouse Gas Platform. https://ghgregistry.epa.gov.tw/ghg_rwd/Main/Index (visit on 03/15/2021)
- Guo, Y. W.** 2013. The absorption mechanism and influencing factors of foliar fertilization. Taichung District Agricultural Research and Extension Station 102 year Special Discussions. (in Chinese)
- International Carbon Action Partnership (ICAP).** 2020. Emissions Trading Worldwide: Status Report 2020. Berlin: International Carbon Action Partnership.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** 2006. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories .Vol. 4. Japan.: IGES.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** 2014. Climate Change 2014: Synthesis Report. (Core Writing Team, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)). Geneva. Switzerland.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).** 2018. Global warming of 1.5°C. IPCC Report (Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)). In Press.
- Jiang, W. J.** 2014. Fertilization for dummies-slow-release fertilizer. Science Development, 496:40-44. (in Chinese)
- Pan J. h.** 2007. The Enlightenment of Foreign Carbon Dioxide Emission Rights Trading to my country's Financial Industry. TWSE Monthly Review, 538:16-33. (in Chinese)
- Ning J. F, S. H. Yang, X. H. Zou, Y. Chen, L. L. Sun, L.Wei, J. L. Wu.** 2010. Effects of Nitrogen Application Rate on the Growth of Mustard and Nitrate Residue in Soil. Chinese Journal of Topical Crops, 31(8):1329-1334. (in Chinese)
- National Museum of Natural Science.** 2019. Variety identification of crops. https://www.nmns.edu.tw/gallery/Human_Cultures/agricultural/variety/index.html (visit on 03/15/2021)
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).** 2020. National Inventory Submissions 2020. <https://unfccc.int/ghg-inventories-annex-i-parties/2020> (visit on 03/15/2021)
- United Nations Framework Convention on**

- Climate Change (UNFCCC).** 2021a. The Kyoto Protocol. UNFCCC Process and meetings.
<https://unfccc.int/process/the-kyoto-protocol/mechanisms> (visit on 03/15/2021)
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).** 2021b. The Paris Agreement. UNFCCC Process and meetings.
<https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement> (visit on 03/15/2021)
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).** 2021c. United Nations Carbon offset platform.
<https://offset.climateneutralnow.org/AIIP> rojects (visit on 03/15/2021)
- World Bank.** 2020. State and Trends of Carbon Pricing 2020. Washington, DC: World Bank.
- World Resources Institute.** 2021. Climate Watch.
<https://www.climatewatchdata.org/sectors/agriculture#drivers-of-emissions> (visit on 03/15/2021)
- Yang, C. C.** 2009. The purpose and essentials of the application of microbial fertilizer .National Chung Hsing University Agricultural journal 69 (in Chinese)
- Tan Z. W.** 2010. Fertilization technology of corn. Special collection on Application Fertilization for Crop, 100:81-92. (in Chinese)
- Wu Z. Z.** 2011. Three elements of fertilizer in soil. (in Chinese)

Developing Low Carbon Agriculture and Carbon Trade mechanism in Taiwan

Ya-Hui Shih¹, Ming-Chieh Lin¹ and Chiling Chen^{2*}

¹ Research Assistant, Agricultural Chemistry Division, Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, R.O.C.

^{2*} Research fellow, Agricultural Chemistry Division, Agricultural Research Institute, Taichung, Taiwan, R.O.C.

Abstract

In order to respond to global climate change actions, although Taiwan is not a party to the Kyoto Protocol, it should still share the burden of reduction and mitigate the impact of climate change. Taiwan promulgated the "Greenhouse Gas Reduction and Management Law" in 2015, which clearly set a long-term reduction target to reduce carbon emissions by 50% in 2050 compared to 2005. It is expected that the total volume control and carbon emissions trading system will be launched before 2025. Recently, in response to the IPCC's goal, it has also proposed to achieve net zero emissions by 2050, so that the global average temperature rise will not exceed 1.5°C. In order to achieve this goal and ensure the development of industrial competitiveness, economic competitiveness and food security, various sectors have proposed phased carbon reduction goals and strategies. The agricultural sector is responsible for economic development, ecological protection and food security. In the second phase, the goal of greenhouse gas emission control of agricultural sector is to reduce total emissions to 5 million metric tons of carbon dioxide equivalent by 2025. This report uses a literature review to introduce the history of international carbon reduction strategies in response to climate change, the agricultural sector's carbon reduction strategies, carbon trading mechanisms and markets as a domestic reference. It also introduces domestic greenhouse gases inventory, phased reduction targets and strategies, net-zero emission planning paths and carbon trading systems for the preparations on the development of low-carbon agriculture and carbon trading mechanisms.

Key Words: Low Carbon agriculture, Carbon trade, Emission inventory

*Correspondence address
e-mail: Chiling@gmail.com

木瓜害蟲之天敵應用-以木瓜抑蝨跳小蜂為例

陳淑佩

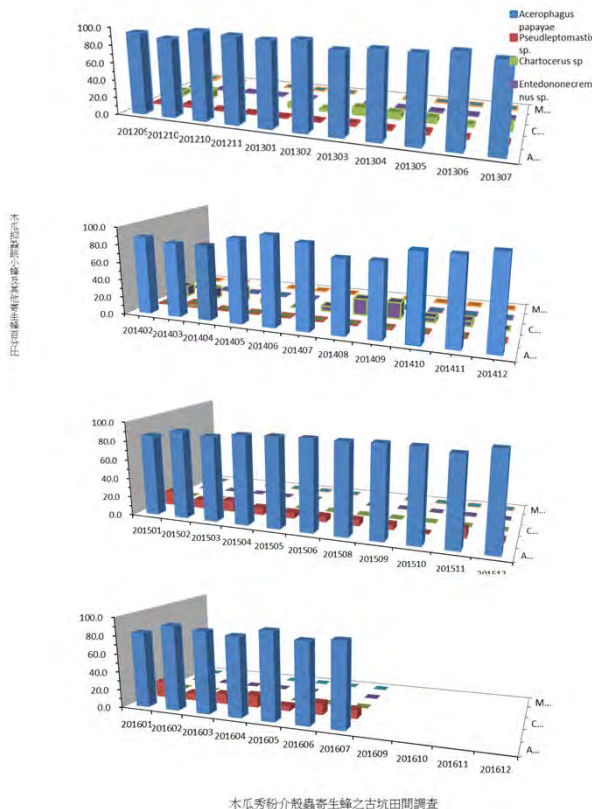
行政院農業委員會農業試驗所應用動物組

擬解決問題

木瓜秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink, PMB) 近年入侵臺灣，寄主除木瓜外，亦包含多種果樹及雜草。在木瓜結果或高溫乾燥時期，粉介殼蟲可於2-4週內暴增族群，稍不留意就錯失防治時機，造成嚴重危害。此外，木瓜為連續採收且果實重疊致使增加防治的困難度。由於食安需求，生物防治是未來有機溫網室害蟲防治重點之一。本研究從調查天敵種類中，希望能找出具潛力之種類，以供生物防治時應用。

成果說明

調查木瓜秀粉介殼蟲之寄生蜂種類，發現木瓜抑蝨跳小蜂為優勢種類，占調查寄生蜂之95 %以上。木瓜抑蝨跳小蜂具專一性、移動速度快、耐高溫、寄生齡期廣(2齡若蟲至雌成蟲)等生態特性，具防治木瓜秀粉介殼蟲之潛力。以有機木瓜栽培區初步調查結果顯示，當外界環境持續低溫(15°C以下)或高溼環境下，木瓜抑蝨跳小蜂與害蟲之族群相對減少；溫室栽培區在低害蟲密度下，定期釋放木瓜抑蝨跳小蜂，則可維持32.0-64.4%寄生致死率。未來可配搭不影響寄生蜂之生物防治資材，共同防治木瓜秀粉介殼蟲。



圖一、歷年調查木瓜秀粉介殼蟲之寄生蜂種類，顯示木瓜抑蝨跳小蜂(*Acerophagus papayae* (Noyes and Schauff))為優勢種類。



圖二、木瓜秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink, PMB)及木瓜葉片及果實被害狀。



圖三、木瓜秀粉介殼蟲之優勢種寄生蜂-木瓜抑蝨跳小蜂，產卵於2齡若蟲、雌成蟲木瓜秀粉介殼蟲體內，害蟲被寄生後呈現木乃伊化。

技術應用範圍成果說明

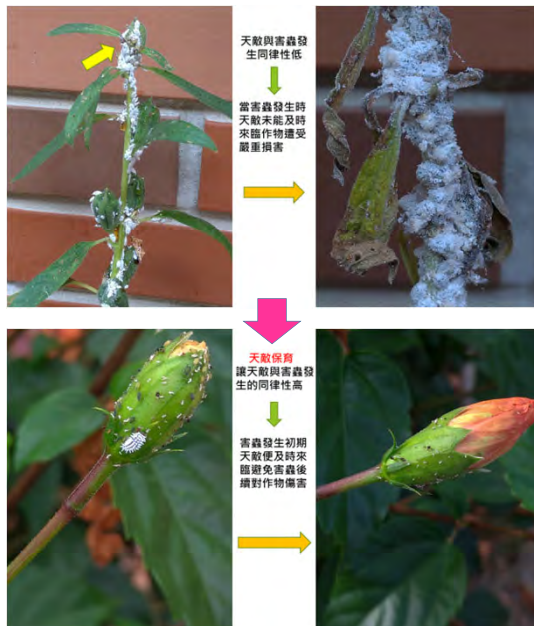
未來可提供給農友、相關業務執行者及研究人員執行生物防治時參考。

天敵保育在害蟲防治上應用

董耀仁、許北辰、楊婉秀、余志儒
行政院農業委員會農業試驗所
應用動物組

前言

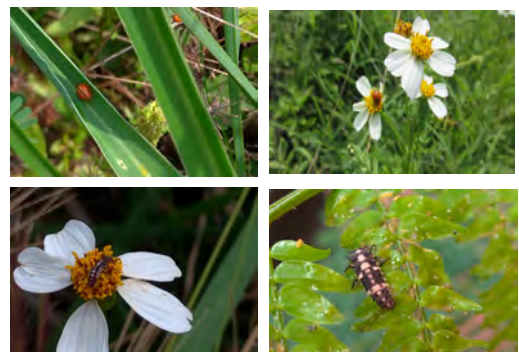
生物防治本是生態系服務功能之一，藉以影響族群大小，維持生態系內生物族群的平衡。化學農藥的大量使用除促使害蟲產生抗藥性外，同時對害蟲天敵造成傷害，破壞原有的平衡力量。採用有利天敵保育的農耕操作，藉以維持田間天敵族群對害蟲的平衡力量，是一種對環境友善的作物害蟲管理方式。



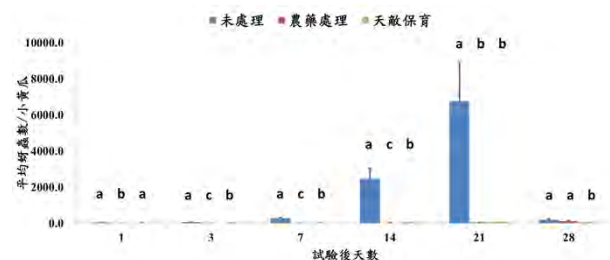
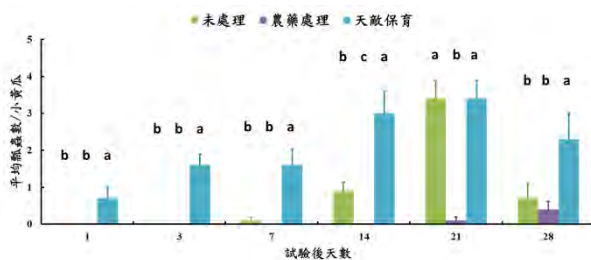
圖一、天敵保育區的運作方式

天敵保育措施

藉由提供天敵庇護、繁殖處所、食物（花粉、花蜜及寄主食餌等）及記憶食物存在位置訊號等，使天敵能躲避田間生物、非生物不利因子並促進天敵搜索食餌效率，讓天敵停留於田間並繁衍族群，進而達到壓制害蟲族群發展及降低對農作物傷害效果。



圖二、天敵在保育區的樣態



圖三、天敵保育在害蟲防治效果，以小黃瓜-棉蚜-瓢蟲為例：天敵保育措施處理區小黃瓜盆栽發生棉蚜時，天敵瓢蟲較未處理區及農藥處理區提早 (a)。天敵保育措施處理區蚜蟲因天敵壓制未大發生，效果與農藥處理相似。(b)

設置天敵保育區

可以利用現有環境如田埂、田區周邊畸零地、雜木林，或以人工擺放植栽等，設置天敵保育區。以玉米及大豆設置天敵保育區為例，可每2星期種植玉米1批及每1.5-2個月種植大豆一批，則可維持穩定蜜源。自然發生的害蟲，一段時間後會吸引天敵前來，吸引來的天敵除取食害蟲食餌外，產下的子代可增加後續天敵族群數量，穩定的天敵族群可幫忙壓制田區害蟲族群發展，減少農作物傷害。天敵保育區可視情況設置於田區一側、兩邊、四周及內部，並依情況調整。



圖三、天敵保育區設置樣態

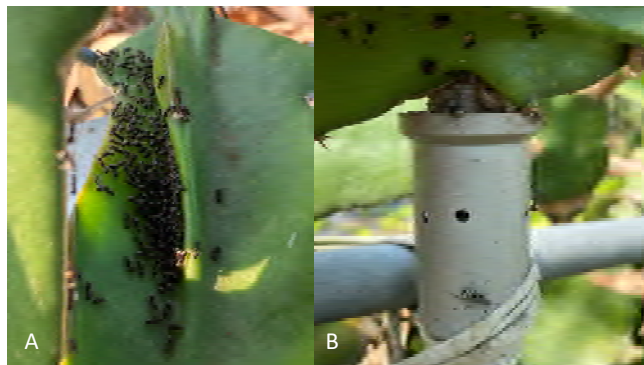
果園螞蟻調查及環境友善管理技術開發初探

楊婉秀

行政院農業委員會農業試驗所
應用動物組

果園螞蟻危害

螞蟻在生態環境中扮演分解者、捕食者等重要角色，不同類群蟻種之生態系性亦不同。在農業環境中，螞蟻除了對農民叮咬及造成騷擾，亦會直接啃咬農作物影響品質，保護蜜露昆蟲(蚜蟲、介殼蟲等)，間接助長蟲害發生；部分蟻種會利用農業設施築巢，造成設施損壞。加上螞蟻社會性昆蟲之特性，僅部分工蟻於巢外活動覓食，使用藥劑防治不易根除，對許多農友來說相當困擾。環境友善果園中，環境多樣性高，蟻種也更加多元，在避免使用農藥的條件下，須對螞蟻的生態行為更加以了解，才可達成管理的目標。本研究先期針對果園螞蟻發生種類進行調查，並統整可運用於環境友善耕作之防治技術，以供後續擬訂適宜的防治管理策略。



圖一、A. 疣胸琉璃蟻於紅龍果築巢危害
B. 黑棘蟻於灑水設備築巢

成果說明

果園螞蟻調查

自110年1月起以改良式電動吸蟲管直接目視採集，目前調查蓮霧、柑橘、紅龍果、木瓜、百香果等果園中出現的螞蟻包含長腳捷蟻 (*Anoplolepis gracilipes*)、疣胸琉璃蟻 (*Dolichoderus thoracicus*)、單家蟻屬 (*Monomorium* spp.)、長角黃山蟻 (*Paratrechina longicornis*)、擬大頭家蟻屬 (*Pheidologeton* sp.)、黑棘山蟻 (*Polyrhachis dives*)、扁琉璃蟻屬 (*Technomyrmex* sp)等，其中中部果園以疣胸琉璃蟻發現數量最多且可與蜜露昆蟲共生危害，為果園重要蟻類害蟲。

環境友善耕作可運用防治技術

耕作防治

- 以包鮮膜包覆植株基部再噴上黃色黏蟲膠，防止螞蟻爬上植株與蜜露昆蟲共生危害
- 種植忌避植物
- 清除落葉、田間枯枝以避免螞蟻築巢

餌劑防治

- 以 3% 硼酸混合10-20% 蔗糖糖水為目前廣用防治方法，並有樹型液態餌站可供果樹上使用

資材施用

- 植物皂素
- 植物浸出液：菸草浸出液
- 木醋液
- 精油類：香茅油、苦楝油、肉桂油

防治蜜露昆蟲

- 以植物油混方防治蜜露昆蟲，減少螞蟻食物來源

技術應用範圍

提供農友及相關研究人員使用。

有機木瓜病蟲害綜合管理

蔡志濃、余志儒、林筑蘋、許北辰
行政院農業委員會農業試驗所

擬解決問題

木瓜為連續採收之作物，用藥量多，相對的農藥殘留虞慮風險高，為減少化學合成農藥使用及符合木瓜安全用藥規範，適時使用有機資材，不使用化學合成農藥，充分利用各種栽培管理措施，建構其病蟲害之綜合管理策略，生產安全的農產品。

成果說明

木瓜主要關鍵病蟲害發生時期及防治

病蟲害種類	月份											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
神澤氏葉蟬												
二點葉蟬												
茶細蟬												
木瓜秀粉介殼蟲												
白粉病												
炭疽病												
疫病												
蒂腐病												
黑腐病												

有機防治 資材	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
	石灰硫磺合劑 乳化葵花油			石灰硫磺合劑 植物油混方		石灰硫磺合劑、中和亞磷酸、 4-4式波爾多液、植物油混方				石灰硫磺 合劑		

主要病蟲害	建議防治資材
害蟬 (二點葉蟬、神澤氏葉蟬、多食細蟬等)	油劑(植物油、礦物油等)、石灰硫磺合劑、天敵(基徵草蛉)等
介殼蟲類 (木瓜秀粉介殼蟲等)	油劑(如害蟬)+石灰硫磺合劑或木醋液 黏蟲膠防蟻蟻
白粉病	乳化葵花油、石灰硫磺合劑
炭疽病、蒂腐病	石灰硫磺合劑
黑腐病	4-4式波爾多液
疫病	中和亞磷酸、4-4式波爾多液

有機木瓜病蟲害綜合管理策略：

- 網室栽培：**確實做好網室防護，選擇排水良好的土壤，作高畦並敷蓋防草蓆。
- 健康種苗：**(1)慎選健康種苗；無病毒與病害。(2)浸苗：浸「**植物油混方**」驅除害蟲。
- 清園：**園區內、外圍四週的雜草須清除乾淨，園內不可留有殘枝、葉、花及果等給病蟲源可能棲息或生長繁衍的場所。種植前需清空2星期以上。
- 監測：**定植後每週確實調查病、蟲之發生種類與數量，以掌握適當的防治方法與時機。
 病害監測：特別要注意木瓜苗期可能發生的白粉病、生長期的白粉病及根腐病、開花及結果期的疫病、炭疽病、蒂腐病與褐斑病。
 蟲害監測：則應監測害蟬（紅蜘蛛）及秀粉介殼蟲的發生密度。
- 有機防治資材：**配合定期之病蟲害監測，於病蟲害未發生前或發生初期即以有機防治資材抑制。
中和亞磷酸：雨季來臨前1個月施用，每週使用1次，連續使用2-3次。
乳化葵花油：幼苗期白粉病發生初期使用，每週使用1次，連續使用2-3次。
4-4式波爾多液：豪雨或颱風前後預防性施用於田區地面，若病害發生嚴重，再追加噴布於植株。
石灰硫磺合劑：定期每週噴布於植株。
植物油混方：監測若害蟬（紅蜘蛛）或秀粉介殼蟲初期發生，每週使用1-2次至蟲害控制。
草蛉：害蟲若危害嚴重，配合施放草蛉防治。

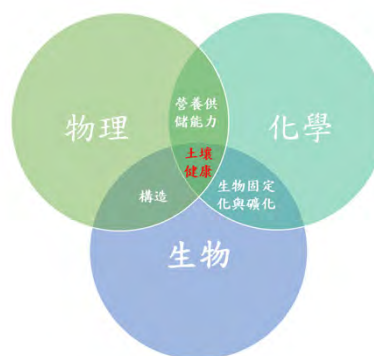
友善農田土壤健康自主診斷

蔡耀賢¹、向為民¹、黃柏欽¹、馬清華²

¹行政院農業委員會農業試驗所農業化學組 ²世界蔬菜中心

擬解決問題

土壤健康是個概念，它涉及如何優化整合土壤的物理、化學及生物性質，促進農田永續、維持環境品質有關的一切議題，對生產、生態、生活與生命至關重要，土壤健康一旦退化會嚴重影響作物的生長、產量、品質及農場的營運。然而我們卻長期忽略土壤健康在生產效能中所發揮的作用，包括其對投入成本和收穫的影響及對維持土壤健康所需的長期規劃。



圖一、土壤健康的組成因子

成果說明

視覺性質的土壤健康檢查是一種將土壤的表現與土壤狀況及農場管理聯繫起來的簡易方法，為土地管理者提供一個簡單的工具可以快速的評估和監測土壤，我們無法對「健康」量測，因此就使用各項「土壤健康指標(soil health indicator)」來評估土壤健康狀況。例如：表土深度、土壤質地、構造、團粒穩定度、入滲速率、貫穿深度(硬度)、酸鹼度(pH)等(圖二至圖七)。藉由定期進行測試和保存紀錄建立土壤健康歷史，可從中體認田間管理對土壤健康的影響，亦可作為農友與專家學者之間溝通的基礎，得到問題的解決方法。



圖二、首先選擇最具代表性的地點，用鐵鏟開挖土坑，約1米深、1米寬



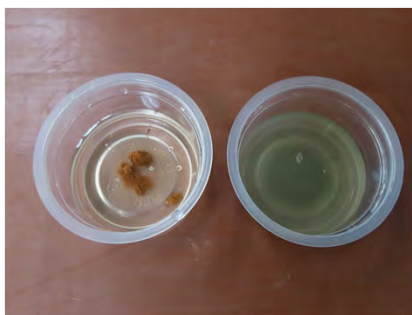
圖三、觀察土壤垂直斷面(剖面)可明顯分辨出表土及心土。



圖四、使用穿刺棒檢查土壤硬度。



圖五、左邊為良好構造發育，右邊為構造發育差且排水不良之心土。



圖六、團粒穩定度檢驗，團粒保持部分完整(左)，團粒消解(右)。



圖七、土壤酸鹼度檢驗，以1份土及2份水比率置入紙杯並充分攪拌，靜置至少5分鐘待土壤沉澱，用吸管取上澄清液，滴在試紙上。

技術應用範圍成果說明

提供農友、相關業務執行者及研究人員使用。

建立植物油除草劑傷害指數

蔡耀賢¹、向為民¹、黃柏欽¹、石憲宗²

行政院農業委員會農業試驗所

¹農業化學組、²應用動物組

擬解決問題

台灣農藥單位面積使用量於全球名列前茅，其中除草劑的使用更是佔了總農藥的47%，在田裡雜草的存在會與作物競爭環境資源直接導致作物產量的減少，而噴施化學除草劑為目前最有效率的防治方法之一，但人們逐漸意識到大量的使用化學除草劑除了會篩選出抗性的雜草外對於環境的污染也是不可逆的，隨著環保意識及永續精神的發展，農業的管理從依賴化學農藥的傳統農業發展成少用或禁用化學農藥的有機及友善農業，許多學者專家紛紛提出替代化學除草劑的天然除草劑，其中植物油為最具有潛力的天然化合物之一，許多研究指出植物油在加工或精煉後具有除草劑之活性，可用來防除雜草，且相較於化學除草劑成分，天然的植物油對環境更為友善。

成果說明

分別以牛筋草(*Eleusine indica*)及大花咸豐草(*Bidens alba*)做為參試草種，以不同濃度之植物油除草劑噴施，經處理7天後依據黃化面積來定義其傷害指數(圖一及圖二)，牛筋草在不同濃度植物油除草處理後發現在10及20倍濃度處理下其傷害指數均為100，30倍處理下傷害指數可達80，而40倍及50倍處理下傷害指數均未達到80(圖三)，大花咸豐草在10倍、20倍及30倍處理下傷害指數均為100，40倍處理下傷害指數可達80，而50倍處理下傷害指數則未達到80(圖四)，由試驗結果顯示植物油除草劑對闊葉草的防治效果較尖葉草來的有效，在30倍濃度以上對闊葉草及尖葉草具有相當的防治效果，未來可依據傷害指數試驗結果進行田間試驗篩選出最佳的防治時間及濃度，以替代化學除草劑降低對化學除草劑之依賴。



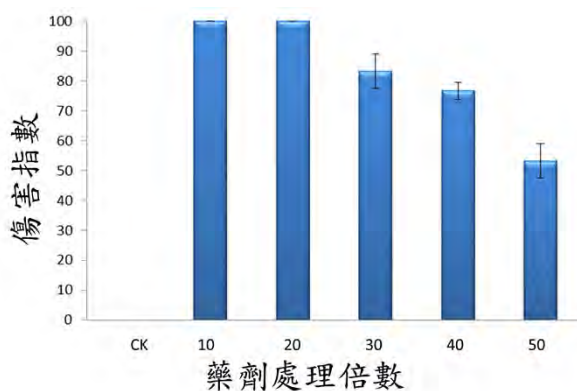
植株正常生育 5-25%葉片黃化 25-50%葉片黃化 50-75%葉片黃化 植株完全死亡

圖一、牛筋草傷害指數建立。

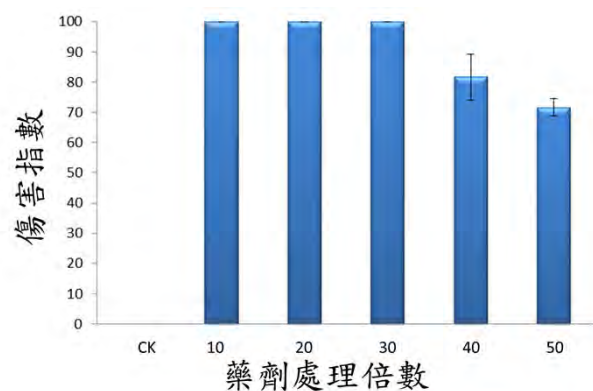


植株正常生育 5-20%葉片黃化 20-50%葉片黃化 50-75%葉片黃化 植株完全死亡

圖三、大花咸豐草傷害指數建立。



圖二、牛筋草於不同稀釋倍數植物油除草劑處理下之傷害指數。



圖四、大花咸豐草於不同稀釋倍數植物油除草劑處理下之傷害指數。

技術應用範圍

未來提供給農友、相關業務執行者及研究人員使用

叢枝菌根菌在酸桔與椪柑生長效益之評估

林素禎

行政院農業委員會農業試驗所 農化組

摘要

台灣坡地柑橘果園由於水源不足，抗旱能力低落，在柑橘果實發育期與肥大期，若逢乾旱可能引起落花、落果與小型果比率高，嚴重影響柑橘之果實產量與品質。此外，柑橘果園有效性氮與磷含量普遍偏高，容易造成養分失衡，影響果實品質。擬藉由叢枝菌根菌接種，提高酸桔與椪柑之耐旱能力與施肥效益。試驗結果顯示：(1) 酸桔苗接菌組可減少澆水量 40%，且植株總乾重比 100% 澆水量之對照組多 4%。(2) 酸桔苗接菌組可減少施肥量 50%，且植株總乾重比全量施肥之對照組多 22%。(3) 一年生椪柑嫁接苗接菌組在乾旱 (土壤水勢-500 kPa) 處理 40 天，可增加植株總乾重 17%，在 1/2 施肥量處理 9 個月，可增加植株總乾物重 9%。

材料與方法

1. 本試驗於農業試驗所溫室內進行，酸桔苗每棵接種叢枝菌根菌 *Rhizophagus clarus* 150 個孢子，一年生椪柑嫁接苗每棵接種 1000 個孢子，酸桔苗與椪柑嫁接苗栽培介質皆為強酸性砂質壤土，pH 4.8，電導度 $32\mu\text{S cm}^{-1}$ ，有機質 7.4 g kg^{-1} 。
2. 乾旱處理如下：(1) 100% 澆水量 (土壤水勢 -35 kPa)，(2) 80% 澆水量 (土壤水勢 -50 kPa)，(3) 60% 澆水量 (土壤水勢 -77 kPa)，(4) 40% 澆水量 (土壤水勢 -145 kPa)，(5) 20% 澆水量 (土壤水勢 -500 kPa)。100% 澆水量 (mL/pot) = 土壤中可利用的水分含量 (%) × 盆栽土壤重量 (g/pot)，土壤中可利用的水分含量 = 田間含水量 (土壤水勢 -30 kPa) 與凋萎點 (土壤水勢 -1500 kPa) 間土壤水分含量之差值。酸桔苗處理 92 天，椪柑嫁接苗 40 天。
3. 施肥量處理如下：(1) 全量施肥量 (Modified Hoagland solution)，(2) 2/3 施肥量，(3) 1/2 施肥量，酸桔苗處理 92 天，椪柑嫁接苗 9 個月。

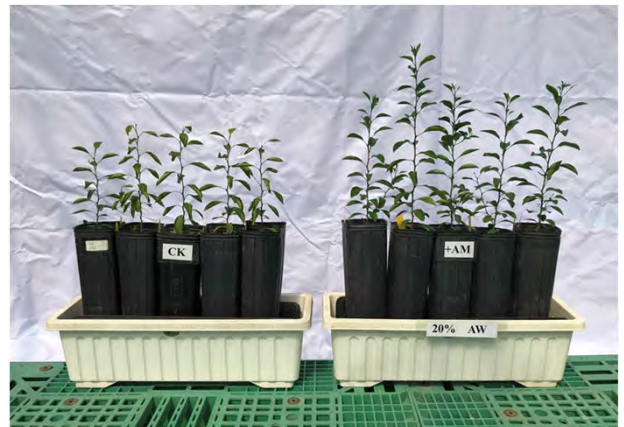


圖1. 酸桔苗在20%澆灌水量處理92天之生長情形。圖左為對照組 (CK)，圖右為接菌組 (AM)。

成果說明

1. 酸桔苗接菌組在 20%-100% 澆水量下，可增加株高 4-12 cm (9%-24%)、葉數增加 9-17 葉 (27%-38%)、總乾重可顯著 ($P < 5\%$) 增加 8-18 公克 (16%-40%)、植體氮含量顯著增加 21%-41%、磷含量增加 5%-12%、鉀含量增加 9%-16%。
2. 酸桔苗接菌組在全量、2/3 與 1/2 施肥量處理下，可增加株高 10-16 cm (19%-33%)，葉數 9-26 葉 (11%-34%)、植株總乾重 47%-56%。
3. 一年生椪柑嫁接苗接菌組在乾旱 (土壤水勢-500 kPa) 處理下可增加植株總乾重 17%。
4. 一年生椪柑嫁接苗接菌組在 1/2 施肥量處理下可增加植株總乾物重 9%、葉片氮含量 16%、鉀含量 20%、鈣含量 15%、鎂含量 11%。



圖2. 酸桔苗在1/2施肥量處理92天之生長情形。圖右為對照組 (CK)，圖左為接菌組 (AM)。

利用人工光源調整採收前光環境以降低圓葉萵苣硝酸鹽含量

蕭巧玲

行政院農業委員會農業試驗所 作物組

擬解決問題

葉菜類蔬菜對於硝酸鹽的蓄積除了遺傳因子控制之外，栽培過程中的氮肥管理及光照亦是兩項影響植體硝酸鹽含量變化原因。為減少葉菜類硝酸鹽累積造成的食安疑慮，本研究以圓葉萵苣"明豐3號" (*Lactuca sativa* var. "Ming Feng No. 3")為參試材料，萵苣類蔬菜為台北果菜市場成交量最高之前十大蔬菜，其中圓葉種葉萵苣則歸屬於硝酸鹽高累積型種類之一。有鑑於葉菜類蔬菜硝酸鹽累積問題之重要性，以及光環境對硝酸鹽含量變化之潛在應用性，透過不同氮肥管理及5種人工光源補充等試驗條件，探討及釐清對圓葉萵苣硝酸鹽含量之調節差異，期以提供農企業/農民生產低硝酸鹽圓葉萵苣栽培技術改進之參考，因應消費者對於健康安全蔬菜生產之高度需求。

成果說明

- ✓ 植株生長隨氮肥投施量增加而增加，並且蓄積高量植體硝酸鹽，因此適當氮肥投施量係控制圓葉萵苣植體硝酸鹽含量之主要手段。
- ✓ 圓葉萵苣感受不同人工光源調節硝酸鹽含量之特性存有差異，比較不照光之對照組，4 h及6 h之光照時間皆能有效調節硝酸鹽含量，衡量用電成本，以縮短光照時間至4 h為佳
- ✓ 圓葉萵苣採收前進行4小時額外人工光源照射，可能誘引光合作用進行，以調節硝酸鹽含量。當光合作用速率提高至 $4.5 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 時，硝酸鹽含量可維持於 $3,000 \text{ mg kg}^{-1}$ 以下。

技術應用範圍

- ✓ 提供農民、農企業、植物工場及精緻設施生產業者應用及參採。

表一、市面上葉菜類常用肥料施用量。

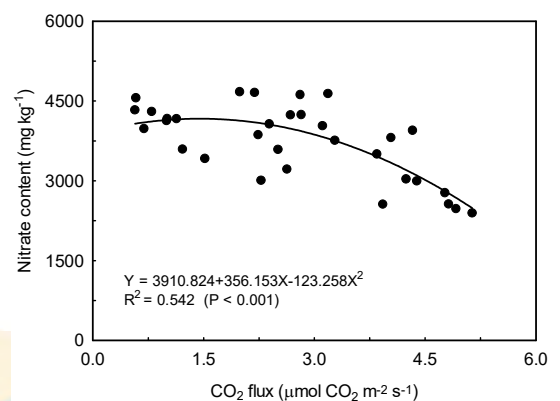
Treatment code	Treatment description	Organic fertilizer	Urea [CO(NH ₂) ₂]	Ordinary superphosphate [CaH ₄ (PO ₄) ₂]	Potassium chloride (KCl)	No.1 composite fertilizer	Total nitrogen
							kg ha ⁻¹
F1	1× top-dressing	-	-	-	10	150	30
F2	1× basal + 1× top-dressing	3,750	50	25	60	150	203
F3	2× basal	7,500	100	50	100	-	346
F4	2× basal + 1× top-dressing	7,500	100	50	110	150	376

表三、圓葉萵苣在F4市售肥料組合於採收前進行2種人工光源照射4或6小時對質體中硝酸鹽含量比較。

Treatment	Nitrate content (mg kg ⁻¹)
No light control	4653 a
B-4 h	4240 b
B-6 h	4030 b
ELB-4 h	4066 b
ELB-6 h	4235 ab
LSD _{0.05}	494

表二、市售肥料氮肥組合在6種人工光源處理下的硝酸鹽含量。

	F1	F2	F3	F4
Treatment	Nitrate content (mg N·kg ⁻¹)			
No-light control	1,227 a	3966 a	2,771 ab	4,652 a
LED _B	56 d	3,935 a	2,557 bc	4,003 b
LED _R	836 b	3,896 a	2,994 a	3,756 b
LED _{3B:1R}	624 bc	3,869 a	2,559 c	3,586 b
LED _{3R:1B}	818 b	-	2,471 bc	4,615 a
ELB	534 c	4,090 a	2,391 c	3,935 b
LSD _{0.05}	230	287	250	471

圖一、圓葉萵苣試驗期間葉片淨CO₂交換速率與硝酸鹽之二次曲線關係。

因應2050淨零排放碳農糧部門減排策略初擬

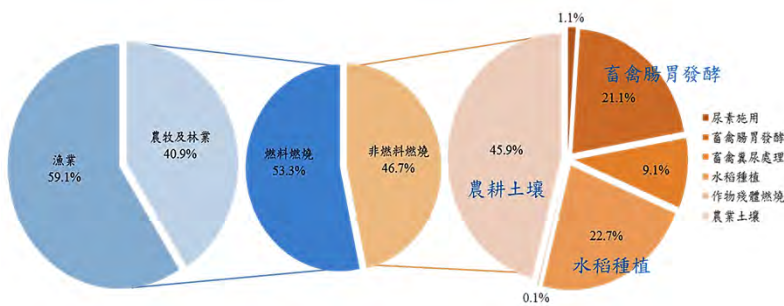
施雅惠¹、林旻頡¹、陳琦玲^{2*}
行政院農業委員會農業試驗所
農業化學組

擬解決問題

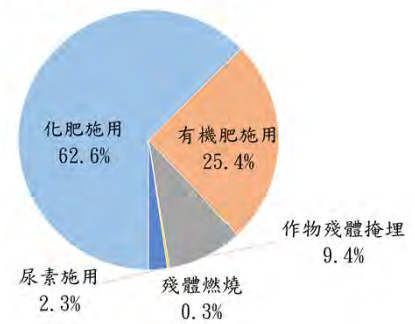
為因應全球氣候變遷行動，臺灣於2015年頒布『溫室氣體減量及管理法』，明訂長期減量目標。各部門皆提出階段性減碳目標與策略，其中農業部門肩負經濟發展、生態保護與糧食安全等任務，其溫室氣體排放量占全臺排放量約2%，在第二階段溫室氣體排放管制目標為2025年總排放量減至5百萬公噸二氧化碳當量(Mg CO₂ eq)，並致力於2050年達到農業淨零排放。本研究彙整農業部門溫室氣體排放占比與現行減碳策略，概估7種於農業土壤減碳策略之潛量。

成果說明

由2018年溫室氣體排放清冊資料得知，農業部門中45.9%溫室氣體排放量來自農耕土壤(圖一)，其中又以施用肥料產生之排放量占農業土壤排放量近九成(圖二)。然而肥料利用率卻相當低(如圖三)，為增加肥料效率與降低其碳排放，政府持續推動低碳與精準農業。本研究彙整7項可減少農耕土壤碳排放的策略及初步擬定農業土壤溫室氣體減排路徑圖(如圖四)，經估算，若能依此路徑圖持續推動至2050年，約可減少10萬Mg CO₂ eq。



圖一、2018年臺灣農業部門溫室氣體主要排放來源



圖二、2018年臺灣農耕土壤主要排放來源

耕作方式	肥料利用率(%)
水田	25
旱田	30
蔬菜田	10

圖三、不同耕作的氮肥利用效率



葉面施肥可減少50%肥料施用量

技術應用範圍

提高肥料利用率為減排關鍵技術與策略，然而目前盤點之可減排量尚未能達淨零排放，尚待新技術開發。本研究可提供肥料業者改善肥料形式、農友施肥方式及相關研究人員參考。

圖示：開發階段 → 示範階段 → 產品量產階段 → 獨立商業階段/推廣

年度	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2040	2050
策略	推廣面積(公頃)，減排量(CO ₂ eq)							
合理化施肥	推廣至2萬，減少0.2萬噸(5%)排放					推廣至4萬，減少0.4萬噸	推廣至8萬，減少0.8萬噸	推廣至12萬，減少1.2萬噸
葉面施肥	推廣至1萬，減少0.9萬噸排放					推廣至2萬，減少1.8萬噸	推廣至3萬，減少2.7萬噸	推廣至4萬，減少3.6萬噸
開發緩效性肥料	產品開發、經濟與環境效益評估(預計減少20%施肥量)					田間測試	產品量產	推廣至1萬，減少0.36萬噸
採用硝化抑制劑	經濟與環境效益評估(預計減少20%施肥量)					田間測試	產品量產	推廣至1萬，減少0.36萬噸
調整水稻面積	減少10萬水稻面積種植，每年減少3.5萬噸排放							
育種	經濟與環境效益評估(預計減少10%施肥量)					區域試驗	推廣至1萬，減少0.2萬噸	推廣至2萬，減少0.36萬噸
接種固氮菌(大糧倉計畫)	產品量產					推廣至1萬，減少0.3萬噸	推廣至2萬，減少0.6萬噸	推廣至3萬，減少0.9萬噸
合計						減少6萬噸	減少7.8萬噸	減少10.8萬噸

圖四、農業土壤溫室氣體減排路徑圖

因應2050淨零排放碳農糧部門碳匯策略初擬

施雅惠¹、林旻頡¹、陳琦玲^{2*}

行政院農業委員會農業試驗所

農業化學組

擬解決問題

法國在第21屆氣候高峰會 (COP21) 中提出千分之四倡議 (4 per 1000 initiative: soils for food security and climate)，係依據估算，只要每年提高土壤有機碳(soil organic carbon, SOC)4‰，不僅可抵消每年因人類活動增加的空氣中二氧化碳量，還能增加土壤有機質，促進土壤健康，進而提升農作產量，達到減緩溫室效應及維護糧食安全等兩大永續發展目標。臺灣已於2016年簽署加入該倡議聯盟，以響應這一行動，進而概估五種農業操作對增加土壤有機碳潛量，探討臺灣實現“4‰”目標以及2050年達到農業淨零排放的可能策略。

成果說明

- 全臺SOC含量約237百萬噸(土壤深度0-100cm)，如要達成千分之四目標，則每年要增加約95萬噸SOC含量。
- 本研究依據長期試驗結果及可能的推廣面積，並以25年SOC達平衡概估，五種農業操作約可增加773萬噸SOC，則每年僅增加1.3‰SOC(表一)。
- 依預期推動量能，初擬農業土壤碳匯路徑圖如圖二，預期至2050年，約可封存103萬Mg CO₂ eq於土壤中。



表一、不同農業操作增加土壤有機碳量

農業操作	達平衡之SOC 增加量(%)	推廣面積 (10 ³ ha)	SOC碳匯 潛量(10 ³ Mg)	年SOC增加 量(10 ³ Mg)
糞肥農地 再利用	豬 0.2	120	480	19.2
	禽 0.4	100	800	32
	牛 0.2	15	160	6.4
綠肥施用	0.1	300	600	24
有機農業	0.4	60	480	19.2
生物炭施用	0.7	300	4200	168
果園草生栽培	0.3	150	900	36
合計			7620	305

圖一、農業部門增加土壤有機碳的可能策略

圖示：開發階段 → 示範階段 → 產品量產階段 → 獨立商業階段/推廣

策略	年度	2021	2022	2023	2024	2025	2030	2040	2050
推廣面積(公頃)與碳匯量(二氧化碳當量)									
糞肥農地再利用		推廣至6萬面積，碳匯量18萬噸					推廣至8萬面積， 碳匯量24萬噸	推廣至10萬面積， 碳匯量30萬噸	推廣至12萬面積， 碳匯量36萬噸
綠肥施用		推廣至5萬面積，碳匯量7萬噸					推廣至10萬面積， 碳匯量10萬噸	推廣至15萬面積， 碳匯量14萬噸	推廣至20萬面積， 碳匯量20萬噸
有機農業		推廣1萬面積，碳匯量6萬噸					推廣至2萬面積， 碳匯量12萬噸	推廣至3萬面積， 碳匯量18萬噸	推廣至4萬面積， 碳匯量24萬噸
生物炭施用		生產、環境、經濟評估					供應鏈建構 炭品規範	產品量產	推廣至0.5萬面積， 碳匯量25萬噸
果園草生栽培		推廣至2.5萬面積，碳匯量10萬噸					推廣至5萬面積， 碳匯量20萬噸	推廣至7.5萬面積， 碳匯量30萬噸	推廣至10萬面積， 碳匯量40萬噸
合計							碳匯66萬噸	碳匯92萬噸	碳匯145萬噸

圖二、農業土壤碳匯路徑圖

技術應用範圍

以2018年農業碳排放量(128萬Mg CO₂ eq)計算，若能依初擬之農業土壤碳匯路徑圖持續推廣，則至2050年即可達農糧部門淨零排放目標，但需先建立可量測、可報告與可驗證(MRV)機制，以驗證廣大農地的碳匯變化。本研究可提供農友增加土壤有機碳的方式及相關研究人員參考。

書 名：符合環境永續之作物友善管理研討會專刊

發 行 人：林學詩

主 編：董耀仁、張淑貞、李啟陽、陳淑佩

作 者 (依姓氏筆畫排序)：

石憲宗、向為民、安寶貞、余志儒、林旻頡、林筑蘋、施雅惠、馬清華、
許北辰、陳淑佩、陳琦玲、黃柏欽、楊婉秀、董耀仁、蔡志濃、蔡耀賢、
蕭巧玲、謝廷芳、蘇慕容

出 版 者：行政院農業委員會農業試驗所

地址：臺中市霧峰區中正路189 號

電話：(04) 2330-2301

傳真：(04) 2333-8162

網址：<https://www.tari.gov.tw>

出版年月：中華民國 110 年 7 月初版

定 價：非賣品

系統號：252767

ISBN(PDF)：9789865455439

GPN：4711000030

展售處：GPK政府出版品知識庫 <https://www.govbooks.com.tw/GPK>

電子書設計製作

設計製作：行政院農業委員會農業試驗所

地址：臺中市霧峰區中正路189號

電話：(04) 23302301

電子郵件：whyang@tari.gov.tw

電子書播放資訊

作業系統：Window, Mac

檔案格式：Adobe PDF

檔案內容：2D

播放軟體：PDF Reader

使用載具：PC



主辦單位 行政院農業委員會農業試驗所 編印
協辦單位 中華植物保護學會

ISBN 978-0-9767736-6-5



GPN : 4711000030