

臺灣豌豆田間病蟲害綜合防治管理之應用實例

梁瑩如¹、廖芳瑾¹、王文龍¹、吳昭儀¹、張志弘¹、洪巧珍^{1*}

摘要

梁瑩如、廖芳瑾、王文龍、吳昭儀、張志弘、洪巧珍。2020。臺灣豌豆田間病蟲害綜合防治管理之應用實例。臺灣農藥科學 8 : 65-84。

豌豆屬連續採收的豆科作物，在開花期及採收期間噴施系統性的化學農藥，常造成藥劑殘留，成為食安問題的高風險作物之一。本研究於2018年11月1日至2019年1月24日於彰化縣福興鄉一0.06公頃豌豆田，以性費洛蒙、薊馬警戒費洛蒙、化學藥劑、液化澱粉芽孢桿菌 CL3 等資材，進行綜合防治豌豆的病蟲害試驗。每公頃設置10個性費洛蒙誘蟲器大量誘殺斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* (Fabricius))，可有效降低其族群密度達91.8%。甜菜夜蛾 (*S. exigua* Hübner) 族群密度在豌豆田較高 (54.5-99 insects/trap/2 wk)，經大量誘殺其族群密度降低47.6%，建議大量誘殺所使用的性費洛蒙數量應增至每公頃30個。豌豆種植時即懸掛薊馬警戒費洛蒙防治臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom)，能降低薊馬在豌豆的危害率，由86.7% (對照區) 降為78.2% (警戒費洛蒙處理區)。探討百滅寧 (permethrin) 與賜諾殺 (spinosad) 等不同作用機制的化學藥劑與不同的施藥頻率對薊馬的防治效果，顯示賜諾殺防治薊馬的效果較佳，危害率71.1%；低於百滅寧處理者85.6%。每8日施用百滅寧一次與懸掛薊馬警戒費洛蒙之處理，其薊馬危害率70.1%，低於每4日施藥一次的處理 (85.6%)；每8日施用賜諾殺一次與懸掛薊馬警戒費洛蒙之處理，與每4日施藥一次的處理之薊馬危害率分別為73.1與71.1%。利用微生物製劑液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens* CL3) 與化學藥劑待克利 (difenoconazole) 輪用防治豌豆白粉病 (*Erysiphe pisi* DC, powdery mildew)，顯示初期使用液化澱粉芽孢桿菌 CL3 進行防治可降低豌豆白粉病發生率；後期因植株成長與白粉病危害程度提高，建議自栽種後每月輔以一次安全採收期短的化學藥劑來防治，即可有效抑制豌豆白粉病的罹病程度，進而降低化學藥劑的使用量與次數。由本研究結果可知，利用警戒費洛蒙

接受日期：2020年9月1日

* 通訊作者。E-mail: hccjane@tactri.gov.tw

¹ 臺中市 行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所

綜合防治薊馬，應可減少防治薊馬的施藥次數；同時，使用費洛蒙資材、微生物防治資材與化學防治資材可作為藥劑輪用與混用的策略，為田間可行的操作方式並具有降低農藥殘留風險的優點。

關鍵詞：連續採收作物、費洛蒙、藥劑輪用策略、綜合防治

緒言

根據 2018 年的農業統計年報⁽⁴⁾ 資料顯示，豆菜類蔬菜在臺灣的栽植面積分別以四季豆（敏豆）及豌豆為例，四季豆於 2018 年的總栽植面積為 1,414.36 公頃，全年總生產量為 15,803.49 公噸，生產地區以屏東縣為主，每公斤的平均價格為 68.72 元；豌豆於 2018 年的總栽植面積為 417 公頃，全年總生產量為 3,860 公噸，生產地區則以彰化縣為主，每公斤的平均價格為 66.08 元，均屬相對高經濟價值的蔬菜種類。然而，由於該類作物之生長特性為同一植株上同時包含可採收部位與尚不能採收的部位，因此農友栽植過程易因為了顧全豆菜類作物之商品價值，而發生用藥不當所導致的農藥殘留問題，易造成消費大眾的恐慌。因此，提供高經濟價值且安全的豆菜類蔬菜，實為刻不容緩的工作。

由衛福部於 2012 年 4 月 11 日所公佈之當年 2 月份市售農產品殘留農藥抽檢結果，發現 199 件蔬果中有 25 件不合格，其中豆菜類農藥殘留最多，不合格率件數高達 7 件，占了 28%；同年 5 月 15 日衛

福部食藥署公布當年 3 月市售及包裝場農產品殘留農藥檢驗結果，於 196 件檢體中有 20 件不合格，其中四季豆、敏豆、荷蘭豆與甜頭莢等豆菜類仍占 6 件，顯示連續採收之蔬菜中以豆菜類蔬菜的農藥殘留不合格率最高。

豌豆蟲害據 1987 至 1991 年間調查，有番茄斑潛蠅 (*Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach))、臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom)、甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* Hubner)、斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura* (Fabricius))、番茄夜蛾 (*Helicoverpa armigera* (Hubner))、豆莢螟 (*Maruca vitrata* Fabricius)、神澤葉蟬 (*Tetranychus kanzawai* Kishida)、二點小綠浮塵子 (*Amrasca biguttula* (Ishida))、豌豆蚜蟲 (*Acyrtosiphon pisum* Harrison)、擬尺蠖 (*Trichoplusia ni* Hubner) 及扁蝸牛 (*Bradybaena similaris* (Ferussac)) 等，其中番茄斑潛蠅、臺灣花薊馬、甜菜夜蛾及神澤葉蟬等 4 種害蟲普遍發生，為豌豆上最重要的害蟲⁽¹⁾。而薊馬的危害造成豆莢蒂頭褐化乾枯，莢皮粗糙，影響外觀品質，降低市場價值。自 1971 年代剛發生時，曾造成不少困擾；1990 年間薊馬危害轉趨嚴重，因而促使農友增加用藥次數或

使用長效性農藥⁽¹²⁾。據本研究前期(2017年)調查豌豆及甜豆豆莢害蟲危害情形，顯示豌豆蟲害以薊馬危害嚴重，危害率13.3%；其次為鱗翅目害蟲(危害率2.3-3.5%)，包括夜蛾類幼蟲、小灰蝶幼蟲(*Lampides boeticus* (Linnaeus)) (洪等未發表資料)。臺灣花薊馬對豌豆之危害始見於播種後20~35天，其族群密度隨植株之成長而逐漸升高，危害益趨嚴重，於50~70天達到族群高峰，隨環境而異，高溫可促進族群之成長，在發生盛期豌豆之帶蟲株率可達100%⁽²⁾。在豌豆品種間，臺灣花薊馬之族群密度差異顯著，在臺中11號之族群密度約為臺中13號之4倍，但在豌豆搭架栽培與匍伏栽培之植株上並無顯著差異⁽²⁾。白色、藍色及黃色之粘板與水盤對臺灣花薊馬較具誘引力，而放置於地面上者之捕蟲數顯著地較放置於其他高度者為多⁽²⁾。近年來，針對豌豆重要害蟲防治建議，於豌豆栽培前期或二期水稻收割後需立即以夜蛾類性費洛蒙大量誘殺雄成蟲以降低危害；薊馬類為豌豆栽培最重要的限制因子，藥劑防治困難。在苗期即須因應氣候變化施行田間監測，以掌握薊馬入侵為害時機，配合豌豆生長期與採收期，遵守藥劑輪用與安全採收期，避免產生農藥殘留問題⁽¹³⁾。

豆菜類作物常見的病害包括由腐黴屬病原菌(*Pythium* spp.)引起的苗期猝倒病、白粉病(*Erysiphe pisi* DC., 英文名 powdery mildew)、炭疽病(*Colletotrichum pisi* Patouillard, 英文名 Pea anthracnose)、

病毒病害(virus diseases)^(17,18)等，其中以白粉病最為嚴重。根據 Kraft 與 Pflieger⁽¹⁸⁾報導，豌豆白粉病在全世界豌豆栽培區造成嚴重的損失，主要原因為白粉病菌絲可快速的覆蓋於受害植株的表面，並使得受害植株生長不良進而死亡及產量減少約25-30%。此外，該學者也報導在受害的豌豆田區之白粉病所產生的孢子，也可能造成呼吸或過敏的症狀。對於豌豆白粉病的防治，目前栽培者透過培育與使用具抗病性的豆科品種來防治，防治策略亦需注重栽培環境的管理及配合適當的化學農藥進行防治。在使用微生物資材防治豌豆病害的案例中，Suwannarach N 等⁽²⁰⁾曾報導使用內生菌 *Muscodor cinnamomic* 防治 *Rhizoctonia solani* AG2 引起的苗腐病而達到良好的防治效果，且該內生菌的氣態揮發物也可有效抑制該病原菌的菌絲生長。此外，在防治由 *Fusarium* spp. 病原菌引起的豌豆根腐病，El-kot 與 Belal 分別使用枯草桿菌(*Bacillus subtilis*)、短小桿菌(*B. pumilus*)與 *Pseudomonas* sp. 來進行防治⁽¹⁵⁾。此外，Fondevilla 和 Rubiales D⁽¹⁶⁾也針對豌豆白粉病之防治，由不同面向包括栽培管理、天然資材防治方法、生物防治方法、誘導抗病、抗病育種等進行說明與研究，其中在生物防治部分，經報導使用的國外商品化資材有 *Ampelomyces quisqualis* (商品名 AQ10 Biofungicide[®])、*Pseudozyma flocculosa* (商品名 Sporodex[®])、*Bacillus subtilis* (商品名 Serenade[®])、

Bacillus pumilus (商品名 Sonata®)，另外還包含經試驗有防治效果但未有商品化之資材，包括真菌類的 *Acremonium alternatum*、*Irpex lacteus*、*Paecilomyces fumosoroseus*、臘蚧輪刺孢菌 (*Verticillium lecanii*)、*Sporothrix rugulosa*、哈氏木黴菌 (*Trichoderma harzianum*) 與酵母菌 (*Stephanosascus* spp.) 與 *Tilletiopsis* spp. 等；細菌類包括螢光假單胞菌 (*Pseudomonas fluorescens*) 與綠膿桿菌 (*Pseudomonas aeruginosa*) 單獨使用與混合使用之防治方式。因此，實務上以微生物資材進行豌豆白粉病的防治是有其潛力。目前我國推薦於植保手冊⁽³⁾之農藥包括三泰隆 (triadimenol)、平克座 (penconazole)、三得芬 (tridemorph)、白克列 (boscalid) 等，微生物資材則有使用液化澱粉芽孢菌製劑防治的例子。

為解決豌豆該種連續採收作物生長特性之限制，本研究擬提出配合市售可取得之微生物農藥、昆蟲性費洛蒙、薊馬警戒費洛蒙及已推薦使用在該連續採收作物之化學農藥等，開發整合性防治技術，與評估合併使用資材的效益，期能降低豌豆的農藥殘留量不合格率，進而提供農友栽植該類作物之建議與參考。

材料與方法

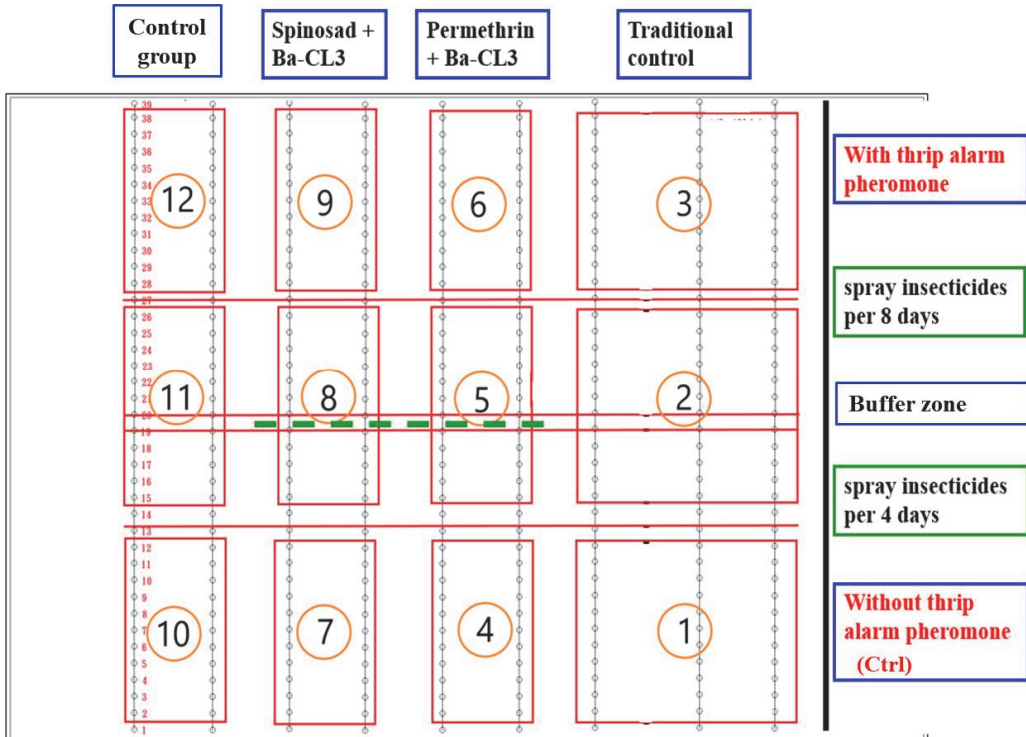
一、研究田區規劃與研究方法

本研究於 2018 年 11 月 1 日至 2019 年

1 月 24 日於彰化縣福興鄉一區豌豆田 (經度 120.486574、緯度 24.031766) 進行試驗，田區面積大小約為 0.06 ha，田區試驗規劃圖示請參 (圖一)。處理組包含百滅寧 (permethrin) 10% 乳劑 (興農) 與液化澱粉芽孢桿菌 (*Bacillus amyloliquefaciens*) CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑 (興農) 處理 (編號 4 與 6)、賜諾殺 (spinosad) 2.5% 水懸劑 (台灣道禮) 與液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理 (編號 7 與 9)、農民慣行農法 (編號 1 與 3)，及對照組 (編號 10 與 12)，各藥劑之稀釋倍數依照使用方法之建議量施用，另視白粉病發病狀況，於處理組輪用液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑與待克利 (difenoconazole) 24.9% 乳劑 (興農)，對照組則不處理。在薊馬警戒費洛蒙試驗部分，於田區設置一緩衝區，緩衝區一側為薊馬警戒費洛蒙處理區，另一側則為薊馬警戒費洛蒙對照區。此外，於百滅寧 10% 乳劑與液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理組、賜諾殺 2.5% 水懸劑與液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 處理組，也分別於緩衝區兩側設置 4 天施藥處理組 (編號 4 與 7) 與 8 天施藥處理組 (編號 6 與 9)。編號 2、5、8、11 為薊馬警戒費洛蒙試驗之緩衝區。各編號試驗區域面積約為 0.005 ha。

試驗之豌豆品種為臺中 11 號，採直立式棚架栽培，於二期作收割後種子直播種植，每穴約 3-4 顆種子，每穴間隔約 15 cm，各處理區域約有 24 穴，以圓點表示

於圖一。慣行農法部分，則以農民平日之操作方式進行，並紀錄所使用之藥劑種類。處理組間的施肥與給水方式均相同。豆莢成熟後，小區內成熟豆莢每 4 日採收一次，並分區收集及標示處理別與紀錄薊馬危害情形。



圖一、研究田區配置圖。編號 2、5、8、11 小區為薊馬警戒費洛蒙研究緩衝區，編號 3、6、9、12 小區為懸掛薊馬警戒費洛蒙研究區，編號 1、4、7、10 小區無懸掛薊馬警戒費洛蒙對照區。藥劑處理於編號 1、2、3 小區為藥劑慣行防治處理，編號 4、5、6 小區施用百滅寧+Ba-CL3，編號 7、8、9 小區施用賜諾殺+Ba-CL3，編號 10、11、12 小區為無施藥處理之對照區；其中綠色虛線以上每 8 日施藥一次，綠色虛線以下每 4 日施藥一次。

Fig. 1. Schematic of field test design. Buffer zone of the thrip alarm pheromone test included plots 2, 5, 8 and 11. Plots 3, 6, 9 and 12 were treated with thrip alarm pheromones, whereas plots 1, 4, 7 and 10 did not receive thrip alarm pheromones (control). Plots 1, 2 and 3 were treated with traditional insecticides (control). Plots 4, 5 and 6 were treated with Permethrin + Ba-CL3. Plots 7, 8 and 9 were treated with Spinosad + Ba-CL3. Plots 10, 11 and 12 were not treated with any insecticides (control). Crops planted above the green-dotted line were sprayed every 8 days. Crops planted below the green-dotted line were sprayed every 4 days.

二、利用性費洛蒙大量誘殺防治斜紋夜蛾及甜菜夜蛾

(一) 供試害蟲性費洛蒙誘餌

供試之斜紋夜蛾及甜菜夜蛾性費洛蒙誘餌，其來源皆為共同作者所屬化學傳訊素實驗室自行配製。誘餌配方分別為斜紋夜蛾⁽¹⁹⁾：Z9E11-14:Ac/Z9E12-14:Ac=90/10, 1 mg/ microtube，甜菜夜蛾^(6,14)：Z9E12-14:Ac/ Z9-14OH=10/1, 0.5 mg/ microtube。誘餌置於鋁箔袋中密封，再儲存於 -19°C 冰櫃中備用。

(二) 田間誘蟲試驗

甜菜夜蛾使用翼型黏膠式誘蟲器，將其性費洛蒙誘引劑黏貼於翼型黏膠式誘蟲器的上蓋；斜紋夜蛾使用中改式誘蟲器，其性費洛蒙誘引劑置於中改式誘蟲器內。田間設置時，將誘蟲器固定於竹竿上，插立於豌豆田中。誘蟲器懸掛高度約 120-150 cm。斜紋夜蛾與甜菜夜蛾性費洛蒙誘蟲器相距約 3-5 m，大量誘殺時，斜紋夜蛾、甜菜夜蛾性費洛蒙誘蟲器每 0.1 ha 分別設置 1、2 個；並於距離田區外圍約 20-30 m 處，將斜紋夜蛾性費洛蒙誘蟲器每 50 m 設置一個，甜菜夜蛾性費洛蒙誘蟲器每 30 m 設置一個，在田區外圍再設置一圈的性費洛蒙誘蟲器，使侵入的害蟲較不易飛入田區，完成大量誘殺區性費洛蒙誘

蟲器以同心圓排列方式設置。

監測時，處理田區與對照田區分別設置具有標幟的斜紋夜蛾與甜菜夜蛾性費洛蒙誘蟲器，以及無含誘餌的翼型黏膠式誘蟲器 (空白組)，每 2 週調查 1 次，2 重複。

(三) 利用性費洛蒙大量誘殺斜紋夜蛾、甜菜夜蛾試驗

於研究期間在彰化縣福興鄉前述試驗區，以及相距約 5 km 之一區豌豆田 (對照田區：經度 120.486574、緯度：24.031766)，進行「利用性費洛蒙大量誘殺斜紋夜蛾、甜菜夜蛾」之效果評估試驗。試驗時，處理田區裏設置斜紋夜蛾性費洛蒙誘蟲器 1 個，甜菜夜蛾 2 個；田區外圍斜紋夜蛾、甜菜夜蛾性費洛蒙誘蟲器分別設置 18、30 個；斜紋夜蛾、甜菜夜蛾性費洛蒙誘餌，每 4 週加置一次。為評估大量誘殺處理之效果，每 2 週紀錄斜紋夜蛾、甜菜夜蛾之發生情形。

三、利用薊馬警戒費洛蒙及不同藥劑綜合防治豌豆薊馬試驗

「利用薊馬警戒費洛蒙及藥劑綜合防治豌豆薊馬」之田區處理如圖一，使用自行配製之薊馬警戒費洛蒙^(5, 9, 10)。試驗時，將田區畫為三區，分別為以編號 3、6、9、12 為薊馬警戒費洛蒙處理區 (4 重複)，編號 2、5、8、11 為緩衝區，編號

1、4、7、10 為對照區 (4 重複)，每區面積約為 0.02 ha。薊馬警戒費洛蒙處理區每 2 m 懸掛 1 個橡皮帽型薊馬警戒費洛蒙，對照區則無懸掛薊馬警戒費洛蒙。

其中薊馬警戒費洛蒙處理區之編號 9、6 小區每 8 日施藥一次，分別處理藥劑賜諾殺 2.5% 水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑、百滅寧 10% 乳劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑；對照區之編號 7、4 小區每 4 日施藥一次，處理藥劑種類分別同上區。於 2018 年 1 月 10 日後實驗區停止施藥，即進行採樣；每小區隨機採樣，平均每小區採 268.4 ± 27.9 個豌豆莢。採摘之豌豆莢攜回實驗室，檢視薊馬危害情形，以危害率 = (被薊馬危害莢數/總莢數) $\times 100\%$ 計算薊馬危害情形。薊馬危害率經 $\sin^{-1}\sqrt{x}$ 轉值後，以 *t*-test 統計分析有、無懸掛薊馬警戒費洛蒙處理之差異性。

四、利用市售枯草桿菌微生物農藥製劑與化學藥劑綜合防治白粉病

(一) 市售微生物藥劑對豌豆推薦使用之化學藥劑耐受性試驗

液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑稀釋 400 倍後，取 100 μ L 塗抹於 LA 平板 (Difco, USA) 後，在平板上依序放置 4 個直徑 8 mm 的圓盤濾紙 (paper disc) (Advantec, JP)，各圓盤濾紙依次滴入

70 μ L 經 1000 倍稀釋的百滅寧 10% 乳劑及賜諾殺 2.5% 水懸劑，經培養 1 日後觀察藥液是否抑制微生物之生長。

(二) 利用市售微生物藥劑防治豌豆白粉病試驗

據本研究前期 (2017 年) 於該試驗田區的先期試驗調查，該年度該區域之豌豆白粉病發病情形均勻，無相對發病熱點，因此選定該田區進行綜合防治試驗。液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑依推薦稀釋 400 倍進行豌豆白粉病防治，防治次數與時間 (圖二) 所示，採收前為每兩週施用一次，結莢採收期間則每週施用一次。視白粉發病狀態配搭使用推薦化學藥劑，待克利 24.9% 水懸劑稀釋 3000 倍，研究期間施用次數 1 次 (2018 年 12 月 25 日)。白粉病調查方式為每一編號小區調查 20 株。調查時每株由頂端完全展開葉開始調查 5 複葉，紀錄複葉中每小葉的發病面積，0 代表葉片無病斑，1 代表葉片發病面積 1/4 以下，2 代表葉片發病面積 1/4-1/2，3 代表葉片發病面積 1/2 以上。並依下列公式計算罹病度：

罹病度 (%) = Σ (指數 \times 該指數罹病葉數) / (3 \times 總調查葉數) $\times 100$ ，計算每單株的罹病度，與每處理的平均罹病度。

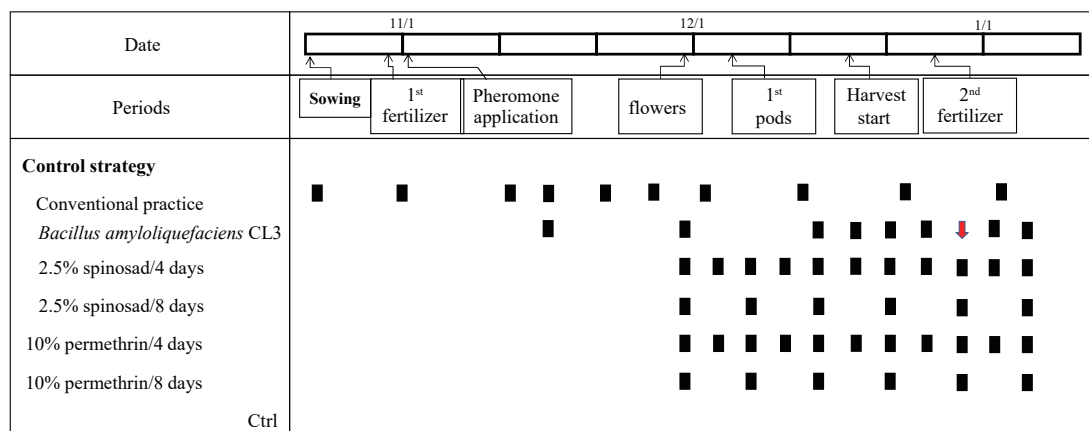
栽培後第 55 天 (2018 年 12 月 25 日) 因試驗田間自然發生之白粉病危害嚴重

(對照組之白粉病危害率已達整體對照組區域的 1/2 植株數)，試驗區域改以待克利替代液化澱粉芽孢桿菌 CL3 防治白粉病。施藥前先調查白粉病的罹病度，再依推薦稀釋倍數葉噴待克利一次，觀察後續白粉病發病狀態，爾後仍以每週一次施用液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑。於待克利施藥後第 8 日 (2019 年 1 月 2 日) 與第 16 天 (2019 年 1 月 10 日) 分別以前述罹病度計算方法再行調查一次。

五、慣行農法操作方式防治薊馬與白粉病

使用豌豆推薦藥劑包括殺蟲劑阿巴汀 (abamectin) 2% 乳劑 (安旺特)、賜諾殺 (spinosad) 2.5% 水懸劑 (台灣道禮)、賽洛

寧 (lambda-cyhalothrin) 2.8% 乳劑 (中華民國農會附設各級農會農化廠)、益達胺 (imidacloprid) 9.6% 溶液 (雋農實業)、百滅寧 (permethrin) 10% 乳劑 (中華民國農會附設各級農會農化廠)、因滅汀 (emamectin benzoate) 2.15% 乳劑 (安旺特)、賜諾特 (spinetoram) 11.7% 水懸劑 (台灣道禮)、陶斯松 (chlorpyrifos) 5% 粒劑 (惠光) 等，殺菌劑包括待克利 (difenoconazole) 24.9% 乳劑 (興農) 與百克敏 (pyraclostrobin) 23.6% 乳劑 (台灣巴斯夫)，藥劑種類共 12 種，展著劑 1 種，約每 10 日輪用噴灑一次，稀釋倍數則依標籤上的推薦倍數施用，每次施藥之人工費用約 200 元/小時，每次施藥約需 1.5 小時，試驗期間共施藥 10 次。全期之試驗防治與實施方式時程如圖二所示。



圖二、本研究之試驗防治時程圖，各處理中之『I』表示施藥時間，箭號表示待克利施藥時間。

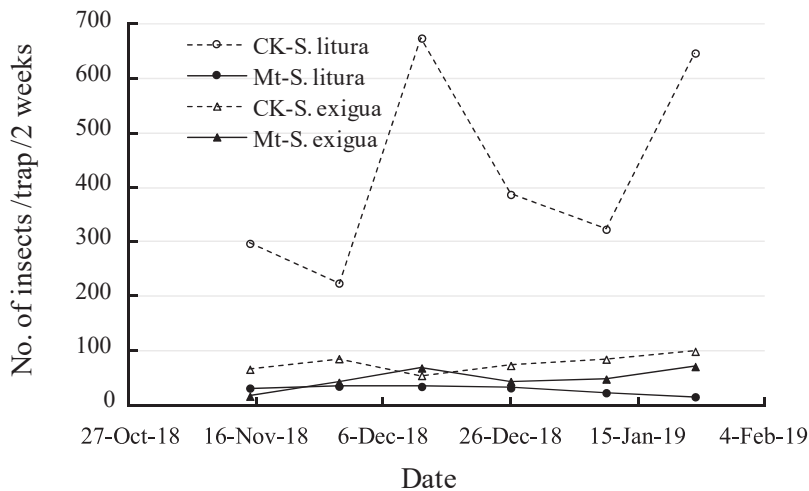
Fig. 2. Pest control strategies applied in this study. In this table, “I” denotes pesticide application time, and the arrow denotes the time of difenoconazole application.

結果

一、利用性費洛蒙大量誘殺防治斜紋夜蛾及甜菜夜蛾

於 2018 年 11 月 1 日至 2019 年 1 月 24 日，於彰化縣福興鄉豌豆田實驗田區(大量誘殺)與對照田區，以斜紋夜蛾、甜菜夜蛾等 2 種害蟲性費洛蒙監測其發生情形。由對照區的監測結果顯示斜紋夜蛾族群密度較甜菜夜蛾為高，斜紋夜蛾族群

密度於試驗研究全期為 224.5- 675 insects/trap/2 wk，甜菜夜蛾 54.5-99 insects/trap/2 wk (圖三)。經由大量誘殺處理斜紋夜蛾之族群密度由對照區 224.5-675 insects/trap/2 wk，降為處理區 15.5-35 insects/trap/2 wk；其族群密度降低比率為 91.8±4.6%。大量誘殺區甜菜夜蛾族群密度為 16.5-71 insects/trap/2 wk，低於對照區 54.5 - 99 insects /trap /2 wk，其族群密度降低比率為 47.6±17.4%；惟在 12 月 12 日大量誘殺區 68.5 隻，高於對照區 54.5 隻 (圖三)。



圖三、2018 年 11 月 1 日至 2019 年 1 月 24 日以性費洛蒙監測彰化縣福興鄉豌豆田大量誘殺與對照區之斜紋夜蛾及甜菜夜蛾發生情形。CK：對照區，Mt：大量誘殺區。

Fig. 3. Monitoring *Spodoptera litura* and *S. exigua* in two garden pea fields in Fuxing Township, Changhua County, Taiwan, between 1 Nov. 2018 and 24 Jan. 2019. In one of these fields (denoted by Mt), a mass trapping program involving traps baited with sex pheromones was applied. In the other field (denoted by CK), no mass trapping program was applied.

二、利用薊馬警戒費洛蒙及不同藥劑綜合防治豌豆薊馬試驗

於 2018 年 11 月 1 日至 2019 年 1 月 24 日在彰化縣福興鄉豌豆田以薊馬警戒費洛蒙及藥劑綜合防治薊馬的試驗結果 (表一、圖四)。本次研究各試驗區薊馬危害率雖偏高 68.9-96.6%，惟由資料顯示豌豆田懸掛橡皮帽型薊馬警戒費洛蒙，其豌豆

莢受薊馬的危害率較低 78.2%；對照區 86.7%，緩衝區 82.7%。經以 *t*-test 比較薊馬警戒費洛蒙處理區與對照區之豌豆危害率，顯示無顯著性差異 ($t_6 = -1.35146$, $p = 0.225274$) (表一)。警戒費洛蒙處理區之試驗小區中其薊馬危害率，編號 3、6、9 及 12 之危害率分別為 86.7、70.1、73.4 及 82.6%。緩衝區內之試驗小區中其薊馬危害率，編號 2、5、8 及 11 分別為 90.2、

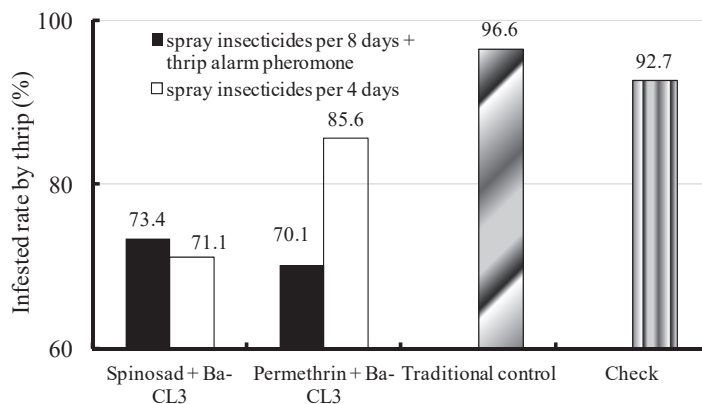
表一、2018 年 11 月 01 日至 2019 年 01 月 10 日在彰化縣福興鄉豌豆田比較有、無懸掛薊馬警戒費洛蒙研究田區之薊馬危害率¹⁾

Table 1. Percentage of pea pods infested with thrips in this study in Fuxing Township, Changhua County, Taiwan. Plots were monitored between 1 Nov. 2018 and 10 Jan. 2019¹⁾

Treatment	Total number of harvested pods	Infested rate (%) by thrips
Alarm pheromone	1046	78.2± 7.8
Check	1101	86.7±11.0 ns. ²⁾

¹⁾ Mean rate thrip infestation in pea pods in buffer zone (Plots 2, 5, 8 and 11) was 82.7 ± 12.8 %.

²⁾ Means were not significant according to a *t*-test, $t_6 = -1.35146$, $p = 0.225274$.



圖四、2018 年 11 月 1 日至 2019 年 1 月 10 日於彰化縣福興鄉豌豆田每 4 日施藥一次與每 8 日施藥一次及薊馬警戒費洛蒙對薊馬之防治效果。

Fig. 4. Percentage of pea pods infested with thrips when insecticides were applied every 4 or 8 days with thrip alarm pheromone traps in garden pea fields in Fuxing Township, Changhua County, Taiwan. Fields were monitored between 1 Nov. 2018 and 10 Jan. 2019.

75.2、68.9 及 96.3%。對照區內之試驗小區中其薊馬危害率：編號 1、4、7 及 10 分別為 96.6、85.6、71.7 及 92.7%。

藥劑防治區效果均較慣行防治區及無施藥對照區為佳。慣行農法區 (編號 3、2、1) 之薊馬危害率分別為 86.7、90.2、96.6%，對照區 (編號 12、11、10) 之薊馬危害率分別為 82.6、96.3、92.7%，其中編號 1 (96.6%) 及編號 10 (92.7%) 分別為無處理薊馬警戒費洛蒙，用以代表慣行農法區與對照區之薊馬危害情形 (圖四)。由不同作用機制藥劑防治薊馬的結果觀察，每 4 日施用賜諾殺 2.5% 水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理 (編號 7) 的薊馬危害率 71.1% 低於每 4 日施用於百滅寧 10% 乳劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理 (編號 4) 85.6% (圖四)；兩藥劑處理區之薊馬危害率均低於慣行農法區 (96.6%) 與無施藥對照區 (92.7%) 之薊馬危害情形。由每 8 日噴藥一次之區域配合使用薊馬警戒費洛蒙的效果觀察，顯示百滅寧 10% 乳劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理 (編號 6) 之薊馬危害率 70.1%，稍低於賜諾殺 2.5% 水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理 (編號 9) 73.4%。另評估不同施藥頻率對薊馬的防治效果，顯示賜諾殺 2.5% 水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理，每 4 日噴藥一次之薊馬危害率 71.1%，稍低於每 8 日噴藥一次賜諾殺 2.5% 水懸劑+薊馬警戒費洛蒙之危

害率 73.4%。另外，每 4 日施用百滅寧 10% 乳劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑之處理，其薊馬危害率 (85.6%) 高於每 8 日噴藥一次百滅寧 10% 乳劑+薊馬警戒費洛蒙 70.1% (圖四)。

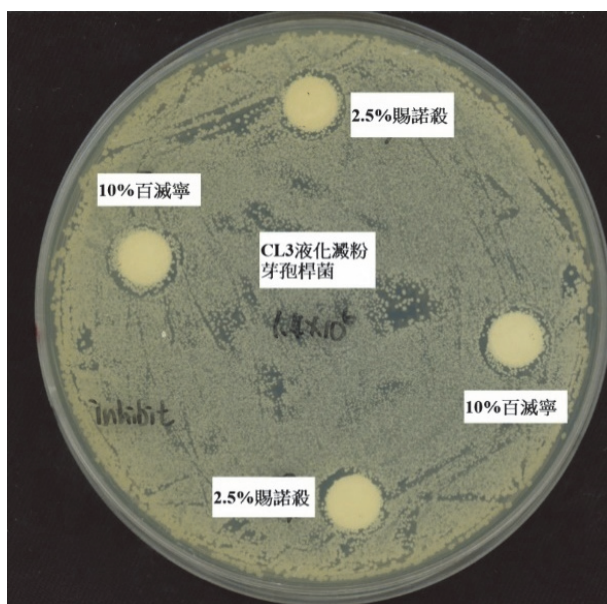
三、利用液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑配合輪用化學藥劑防治豌豆白粉病

(一) 市售微生物藥劑菌株對豌豆推薦使用之化學藥劑耐受性試驗

液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑經稀釋 400 倍後取 100 μ L 塗抹於 LA 平板培養基上，並依序滴入經稀釋之成品農藥，結果發現供試百滅寧 10% 乳劑及賜諾殺 2.5% 水懸劑對於液化澱粉芽孢桿菌 CL3 菌株具有輕微抑制生長作用 (圖五)，但再經培養超過 1 日後，可見到原本受抑制區域的液化澱粉芽孢桿菌 CL3 菌株生長。

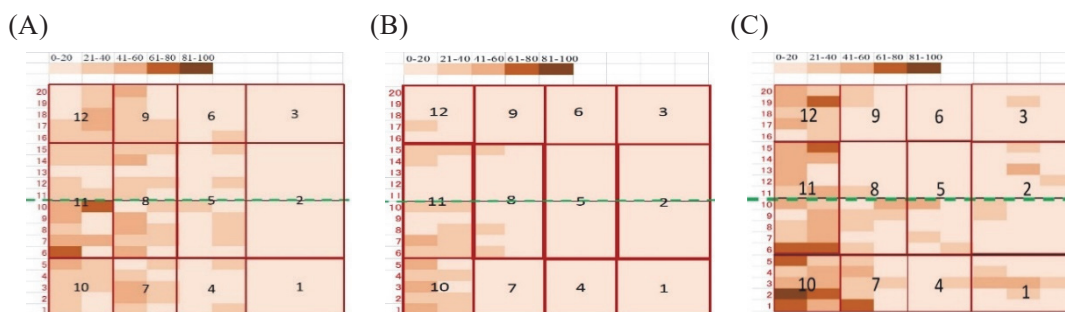
(二) 利用市售微生物藥劑防治豌豆白粉病試驗

先期 (2017 年) 試驗調查，本區域白粉病分布均勻，無特定嚴重區域，因此本試驗開始各區域無白粉病發生情形，試驗期間處理區施用液化澱粉芽孢桿菌 CL3 進行防治，施用時間點如圖二所示。經播種栽培後 55 日調查 (2018 年 12 月 25 日)，由 (圖六 (A)) 調查結果顯示，對照區 (編號 10-12) 整體白粉病罹病情形較其他區



圖五、市售液化澱粉芽孢桿菌 CL3 與 10% 百滅寧乳劑及 2.5% 賜諾殺水懸劑共培養。

Fig. 5. Commercial *Bacillus amyloliquefaciens* CL3 cultured with 10% EC permethrin and 2.5% SC spinosad.



圖六、2018 年 11 月 1 日至 2019 年 1 月 10 日於彰化縣福興鄉豌豆田白粉病防治調查。

(A) 為栽培第 55 天白粉病罹病度結果 (調查日期 20181225)，(B) 為栽培 63 天後白粉病罹病度結果 (調查日期 20190102)，及 (C) 為栽培 71 天後白粉病罹病度調查結果 (調查日期 20190110)。

Fig. 6. Frequency of powdery mildew occurrence in garden pea fields in Fuxing Township, Changhua County, Taiwan, between 1 Nov. 2018 and 10 Jan. 2019. (A) disease severity of powdery mildew after 55 days; (B) disease severity of powdery mildew after 63 days; and (C) disease severity of powdery mildew after 71 days.

域 (編號 1-9) 嚴重, 為整個試驗田區的罹病熱區, 由於白粉病係以分生孢子藉氣流及雨水傳播, 若該區域未進行防治將會成為其他區域的接種源, 而栽培初期每二周僅使用一次液化澱粉芽孢桿菌 CL3 (編號 4-9) 進行白粉病防治, 顯見其白粉病罹病情形較對照區 (編號 10-12) 區域輕微。根據圖六 (A) 初期調查結果, 慣行農法區 (編號 1-3) 白粉病罹病率低於 10%, 處理區 (編號 4-9) 罹病率約為 20%, 對照區 (編號 10-12) 罹病率約為 30%, 液化澱粉芽孢桿菌 CL3 處理區受白粉病害 (編號 4-9) 較低。由於處理區 (編號 4-9) 白粉病罹病率已 20%, 因此於病害調查後施用化學藥劑待克利一次來防治白粉病 (施藥日 2018 年 12 月 25 日)。第二次 (2019 年 01 月 02 日) 白粉病罹病度調查結果 (圖六 (B)), 在液化澱粉芽孢桿菌 CL3 處理區 (編號 4-9) 佐以一次化學藥劑待克利防治後, 該區域 (編號 4-9) 整體白粉病罹病程度下降 (罹病率為 10% 以下), 罹病率幾乎與慣行農法 (罹病率 10% 以下) 相似, 顯見待克利在田間對於豌豆白粉病的防治效果猶佳。慣行農法區 (編號 1-3) 則輪替使用百克敏 23.6% 乳劑與待克利 24.9% 乳劑二藥劑數次防治白粉病, 初期調查 (圖六 (A) 與 (B)) 顯示無明顯白粉病病徵。調查日期 2019 年 1 月 10 日為採收中期 (圖六 (C)), 由調查結果顯示, 對照區 (編號 10-12) 罹病率為 46%, 幾乎半數受白粉病侵染且植株生長勢弱, 每 8 天施用一次賜諾殺 2.5% 水懸

劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑 (編號 9) 區域之罹病率為 14%; 每 4 天施用一次賜諾殺 2.5% 水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑 (編號 7) 區域之罹病率為 28%; 每 8 天施用一次百滅寧 10% 乳劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑 (編號 6) 區域之罹病率為低於 10%; 每 4 天施用一次百滅寧 10% 乳劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑 (編號 4) 區域之罹病率為 12%; 慣行農法區域 (編號 1-3) 罹病率為 15%。總結來說, 在鄰近對照區 (編號 10-12) 的賜諾殺 2.5% 水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 處理組區 (編號 7-9), 白粉病罹病率較於百滅寧 10% 乳劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理組 (編號 4-6) 高。慣行農法區 (編號 1-3) 相較於初期 (圖六(A)) 則由罹病率增加的趨勢 (由 $<10\%$ 進展為 15%), 處理區 (編號 4-9) 的罹病率變化則由初期 20% 罹病率降至平均為 13.5% 罹病率, 顯見防治白粉病之微生物藥劑與化學藥劑輪用有提高白粉病防治率之成效, 且能降低化學藥劑的使用量與施用次數。

施藥次數部分, 參圖二所示, 在每 4 天施用一次百滅寧 10% 乳劑或賜諾殺 2.5% 水懸劑之區域 (編號 4 和 7), 試驗期間的施藥次數共為 11 次, 在每 8 天施用一次百滅寧 10% 乳劑或賜諾殺 2.5% 水懸劑之區域 (編號 6 和 9), 試驗期間的施藥次數共為 6 次。

四、本研究防治方法與慣行農法之成本比較

本研究使用賜諾殺、百滅寧、液化澱粉芽孢桿菌 CL3、待克利等，以及斜紋夜蛾性費洛蒙、甜菜夜蛾性費洛蒙與薊馬警戒費洛蒙。由 (表二) 比較兩種防治方式的成本，以慣行農法所使用的化學藥劑種類為本研究之 3 倍，其防治成本較高，大約為本研究的 1.4 倍。此外，根據圖二之施藥次數與施藥勞力成本計算，當每 4 天施藥一次，整個試驗期間施藥次數共 12 次 (含前期施用液化澱粉芽孢桿菌 CL3)，施藥人力成本為新臺幣 3,600 元；當每 8

天施藥一次，整個試驗期間施藥次數共 7 次 (含前期施用液化澱粉芽孢桿菌 CL3)，施藥人力成本為新臺幣 2,100 元；慣行農法在試驗期間施藥次數共 10 次，施藥人力成本為新臺幣 3,000 元。

討論

利用實際執行豌豆田間防治試驗，評估使用配搭使用生物性資材與減少化學藥劑用量對於防治豌豆關鍵害物的可行性，並從中了解對照農民慣行農法之操作方式與本研究方法的差異與成本。

表二、2018 年 11 月 01 日至 2019 年 01 月 10 日在彰化縣福興鄉豌豆田以二種防治策略之防治成本比較 (新臺幣計)

Table 2. Cost comparison of two pest management strategies applied to garden pea fields in Fuxing Township, Changhua County, Taiwan, between Nov 1, 2018 and Jan 10, 2019. Expenditures are reported in New Taiwan Dollars (NTD).

Items	Conventional farming in this study	Integrated pest management in this study
Chemical pesticide cost (NTD/0.1 ha/season)	5,600	750
Biopesticide cost (NTD/0.1 ha/season)	0	600
Pheromone products ¹⁾	0	2,690
Labor cost for pesticides application	3,000	-
(1) Application per 4 days	-	3,600
(2) Application per 8 days	-	2,100
Subtotal ²⁾	8,600	7,640 / (2) 6,140

¹⁾ Cost of *Spodoptera litura* Fabricius (Tobacco cutworm) sex pheromones: 5 NTD/tube × 5 tubes × 3 months + 50 NTD/trap × 5 traps = 325 NTD; cost of *Spodoptera exigua* (Beet armyworm) sex pheromones: 5 NTD/tube × 8 tubes × 3 months + 30 NTD/trap × 8 traps/month × 3 months = 840 NTD; cost of thrip alarm pheromones: 20 NTD/lure/6 mon × 250 lures/0.1 ha × 0.6 ha × 1/2 month = 1,500 NTD. Subtotal = 2,690 NTD.

²⁾ Pheromone products are not included. The number of pesticides used in conventional pest control programs and IPM are 12 and 4, respectively.

2018年11月01日至2019年01月24日福興鄉豌豆田之斜紋夜蛾族群密度概在224.5-675 insects/trap/2 wk，甜菜夜蛾概在54.5-99 insects /trap /2 wk。利用性費洛蒙大量誘殺斜紋夜蛾、甜菜夜蛾，顯示可降低斜紋夜蛾在35 insects/trap/2 wk 以下，甜菜夜蛾71 insects/trap/2 wk 以下。甜菜夜蛾於12月12日大量誘殺區68.5 insects/trap/2 wk，高於對照區54.5 insects/trap/2 wk，而其族群密度較在其他作物如春作玉米(0-36 insects/trap/2 wk)為高^(7,11)；顯示在本次研究以每公頃設置20個性費洛蒙誘蟲器較為不足；建議就其田間發生情形，每公頃應增為30個性費洛蒙誘蟲器較為恰當，或於產區提早懸掛⁽¹³⁾。

薊馬危害率在各處理上偏高(>70%)，是否懸掛薊馬警戒費洛蒙其豌豆莢危害率雖在統計上無顯著差異，但由結果顯示豌豆田種植初期即懸掛薊馬警戒費洛蒙，可降低薊馬在豆莢的危害率及提升品質。由紅豆上防治薊馬結果顯示，薊馬警戒費洛蒙開始使用的時間點，與降低薊馬危害率之程度相關；如於種植初期即使用，薊馬危害率相對於未使用者可降低達20.3%；而於開花期才開始使用，其薊馬危害率相對於未使用者僅降低7.9%⁽⁸⁾。考量不同作用機制(如百滅寧與賜諾殺)，以及不同施藥頻率對薊馬的防治效果，就藥劑種類對薊馬的防治效果分析：由每4日噴藥一次處理，顯示薊馬危害率以賜諾殺2.5%水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌

CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑(編號7) <百滅寧10%乳劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑(編號4)(圖四)，顯示以賜諾殺2.5%水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑對薊馬的防治較佳。就施藥次數分析之防治效果，在百滅寧10%乳劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理中，薊馬危害率以每8日噴藥一次+薊馬警戒費洛蒙(編號6)低於每4日百滅寧處理(編號4)(圖四)。而在賜諾殺2.5%水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑處理(編號7)中，每4日噴藥一次之效果，相當於每8日噴藥一次+液化澱粉芽孢桿菌 CL3 1×10^9 cfu/mL 水懸劑+薊馬警戒費洛蒙(編號9)，由此顯示當懸掛薊馬警戒費洛蒙綜合防治薊馬，可拉長施藥間隔而能降低藥劑使用次數，並具有較佳的薊馬防治功效。

由研究結果顯示利用性費洛蒙監測及大量誘殺，有效降低斜紋夜蛾族群密度；甜菜夜蛾族群密度在大量誘殺區雖有降低，惟在族群密度高於對照區(例如本研究調查日期為2018年12月12日)，建議大量誘殺數量應增至每公頃30個。而本次綜合防治試驗顯示懸掛薊馬警戒費洛蒙能降低薊馬在豌豆的危害率，減少施藥次數。然而為避免該年度因氣候因素造成薊馬危害率增加的風險，建議使用性費洛蒙及薊馬警戒費洛蒙須於豌豆種植初期即開始懸掛。

微生物藥劑對於化學藥劑耐受性，在液化澱粉芽孢桿菌 CL3 生長初期會受化學

藥劑輕微抑制，但後期生長繁殖仍可克服化學藥劑的抑制作用。對於豌豆田間白粉病的防治，應重視初期病害管理，若未對初期發生之白粉病進行適當防治將造成接種源的來源，如本試驗的對照區（編號 10-12）完全未施用任何防治資材，隨時間推移成為發病熱區，並影響鄰近區域（圖六(A)，編號 7-9）。此外，由試驗結果之熱點分析可以發現，當整個栽培期間生物藥劑與化學藥劑輪用（試驗區編號 4-9）的效果優於完全使用化學藥劑輪用（編號 1-3）的效果，特別是僅使用化學藥劑的處理組（編號 1-3）一旦發生白粉病，經整個栽培期均使用化學藥劑防治後，在豌豆栽培後期其罹病度有可能較生物藥劑與化學藥劑輪用組來的嚴重（圖六(C)），其罹病率為 15%，此不僅增加白粉病抗藥性的風險，另外也將增加施用藥劑的成本與防治次數，更可能造成農藥殘留風險增加。此外，由結果中可發現每 8 天施用一次液化澱粉芽孢桿菌 CL3（編號 6 和 9）區域較每 4 天施用一次液化澱粉芽孢桿菌 CL3（編號 4 和 7）區域之罹病率低，由圖五培養的結果推測原因可能為高密度（4 天）施用化學藥劑抑制液化澱粉芽孢桿菌 CL3 生長，使得液化澱粉芽孢桿菌 CL3 無法有效防治白粉病。為提高白粉病的防治效果與降低農藥殘留風險，可由本研究噴藥經驗提出微生物資材與化學藥劑配搭的使用建議如下，由豌豆種子播種後持續施用每周施用一次液化澱粉芽孢桿菌 CL3，配搭每月使用一次防治白粉病的化學藥劑

（如待克利）直至採收期結束，即可有效降低白粉病危害。化學藥劑之施用應注意安全採收期，如待克利之安全採收期為 3 日。

本研究為了解施藥次數與種類對於防治效果之影響，因此在研究中每 4 日噴藥之處理組的噴藥次數與慣行農法之噴藥次數約略相當。而由研究結果可知每 8 日施用一次賜諾殺 2.5% 水懸劑+液化澱粉芽孢桿菌 CL3+薊馬警戒費洛蒙之處理，即可對於薊馬危害有良好的防治效果，因此未來可以整合為每 8 日或每週施用藥劑一次，以降低施藥次數以達省工的目的。賜諾殺的安全採收期為 3 日，因此該種施藥方式兼具提供安全生產之豌豆產品之目的。由防治成本來探討，由（表二）結果可知每 8 日施藥一次可具有最經濟的防治成本效益。而本次研究所提出應用化學藥劑、微生物藥劑與費洛蒙資材之綜合防治策略，防治成本為新臺幣 4,040 元/0.1 公頃，相較於本研究中同地區慣行農法的防治成本為新臺幣 5,600 元/0.1 公頃，具有的優勢與潛力。整體而言，配搭人力成本考量，當降低施藥次數時，其成本節約效果更為明顯，且具有提高產品安全性之優點，因此具有推廣與應用的價值。

謝辭

本研究承蒙行政院農委會「107 農科-8.5.3-藥-P1(3)」、「108 農科-8.5.3-藥-P1(3)」計畫經費補助，謹誌謝忱。

引用文獻

1. 方敏男。1993。臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom) 在豌豆上之族群密度與防治試驗。臺中區農業改良場研究彙報 1: 21-32。
2. 方敏男。1994。豌豆害蟲種類調查及防治試驗。臺中區農業改良場研究彙報 5: 27-43。
3. 王喻其、王泰權、陳富翔、蔡勇勝、李宏萍、費雯綺 編。植物保護手冊。2012。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所。臺中。1079 頁。
4. 未具名。2019。107 年農業統計年報。行政院農業委員會。臺北。356 頁。
5. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、王清玲、顏辰鳳。2008。薊馬警戒費洛蒙對切花中薊馬之生物活性。植保會刊 49: 365。
6. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘。2011。甜菜夜蛾性費洛蒙誘餌誘引有效性探討。臺灣昆蟲 31: 462。
7. 洪巧珍、王文龍、吳昭儀、張志弘、陳裕儒、李慧玉、張慕瑋。2015。亞洲玉米螟 (*Ostrinia furnacalis*) 性費洛蒙之乾式誘蟲器及田間應用效果評估。臺灣昆蟲 34: 305。
8. 洪巧珍、王文龍、許俊凱、吳昭儀、張志弘、張慕瑋。2019。薊馬警戒費洛蒙在害蟲防治上之推廣與應用。環境友善之植醫保健祕籍，第 327-350 頁。黃振文、謝廷芳、謝奉家、羅朝村編。五南圖書出版股份有限公司。臺北。
9. 洪巧珍、吳昭儀、王文龍、張志弘、張慕瑋、李慧玉。2015a。薊馬警戒費洛蒙及殺蟲劑綜合應用之室內防治效果評估與田間持續應用之防治效果。臺灣昆蟲 35: 330。
10. 洪巧珍、張志弘、吳昭儀、王文龍、張慕瑋、李慧玉。2015b。薊馬警戒費洛蒙生物檢定條件與其對小黃薊馬 (*Scirtothrips dorsalis*) 的警戒效果。臺灣昆蟲 35: 329。
11. 陳裕儒、王文龍、吳昭儀、張志弘、謝光照、洪巧珍。2016。以性費洛蒙大量誘殺防治田間亞洲玉米螟之效果評估。作物、環境與生物資訊 13: 97-104。
12. 郭俊毅。1993。台灣的豌豆。臺灣蔬菜產業演進四十年專集，第 293-314 頁。杜金池、蕭吉雄、楊偉正編。農業試驗所出版。臺中。
13. 趙佳鴻、戴振洋、陳世芳、林大淵。2013。生產優質安全的豆類蔬菜—豌豆健康管理。農政與農情 258: 66-69。
14. 顏耀平、黃振聲、洪巧珍、陳浩祺、賴貞秀。1988。甜菜夜蛾 (*Spodoptera exigua* Hübner) 性費洛蒙之合成及其誘蟲效果。植保會刊 30: 303-309。
15. El-kot, G. A. N., and Belal, E. B. A. 2006. Biocontrol of *Fusarium* Damping-off of pea by certain bacterial antagonists. J. Agric. Res., Tanta Univ. 32: 225-241.
16. Fondevilla, S., and Rubiales, D. 2012. Powdery mildew control in pea. A review.

- Agron. Sustain. Dev. 32: 401-409.
17. Hagedorn, D. J. 1976. Handbook of pea diseases. University of Wisconsin - Extension, WI. 41 pp.
 18. Kraft, J. M., and Pflieger, F. L. 2001. Compendium of pea diseases and pests, 2nd ed. APS Press, Saint Paul, MN. 110 pp.
 19. Lo, C. C., Hung, M. D., Hwang, J. S., and Hung, C. C. 1988. An improved method to synthesize the major component of sex pheromone of *Spodoptera litura*. J. Chin. Chem. Soc-Taip 26: 536-544.
 20. Suwannarach, N., Kumla, J., and Bussaban, B. 2012. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* AG-2, the causal agent of damping-off by *Muscodora cinnamomic* CMU-Cib 461. World J. Microbiol. Biotechnol. 28: 3171-3177.

A Real Case of Integrated Pest Management on Garden Pea in Taiwan

Ying-Ru Liang¹, Fang-Chin Liao¹, Wen-Lung Wang¹, Cho-Yi Wu¹, Chih-Hung Chang¹,
Chau-Chin Hung^{1*}

Abstract

Liang, Y. R., Liao, F. C., Wang, W. L., Wu, C. Y., Chang, C. H., and Hung C. C. A real case of integrated pest management on garden pea in Taiwan. 2020. Taiwan Pestic. Sci. 8: 65-84.

Garden peas (*Pisum sativum* L.) are an extensively grown vegetable. However, applying synthetic pesticides on this crop can lead to excessive pesticides residues, which pose significant risks to food safety. In this study, we performed integrated pest management (IPM) field trials using sex pheromones, thrips alarm pheromones, chemical pesticides, and *Bacillus amyloliquefaciens* CL3. The goal of this study was to find an alternative method capable of reducing the use of conventional chemical pesticides. Results showed that setting 10 sex pheromone traps in a 1 hectare field was effective at reducing the population of *Spodoptera litura*. In contrast, to control *Spodoptera exigua* in a 1 hectare field, a configuration involving 30 traps was more effective. In addition, the percentage of pea pods infected by thrips was reduced from 86.7% to 78.2% when thrips alarm pheromone traps were applied in the field at the start of planting. We also found that spinosad was more effective than permethrin in reducing thrip infection rates. Moreover, the group that was treated with permethrin+thrips alarm pheromone traps every 4 days showed had fewer infected pea pods (70.1%) than did the group that was treated every 8 days (85.6%). Crop damage rates in the groups that were treated with spinosad+thrips alarm pheromone traps every 4 or 8 days were 73.1% and 71.1%, respectively. Our results showed that using thrips alarm pheromone alongside suitable chemical pesticides can control thrips populations and also reduce overall pesticide use. Our results further showed that rotating between using

Accepted: September 1, 2020.

* Corresponding author, E-mail: hccjane@tactri.gov.tw

¹ Taiwan Agricultural Chemicals and Toxic Substances Research Institute, Council of Agriculture, Taichung

Bacillus amyloliquefaciens CL3 and chemical pesticide treatments was effective in controlling powdery mildew disease. Finally, we found that applying *Bacillus amyloliquefaciens* CL3 at the start of planting and a chemical pesticide once a month thereafter still reduced the use of chemical pesticides compared to conventional pesticide treatment programs. In conclusion, sex pheromones, thrips alarm pheromones, and *Bacillus amyloliquefaciens* CL3 are all practical, effective, and easy to apply on garden pea and can reduce the risk of pesticide residues contaminating food.

Key words: extensively grown vegetables, pheromones, pesticides rotation strategy, integrated pest management (IPM)