

微生物與天敵昆蟲於草莓生物防治之應用

李怡蓓、鄭哲皓、朱盛祺 *

行政院農業委員會苗栗區農業改良場

* 聯繫人 E-mail: 7124@mdais.gov.tw

摘 要

草莓為一高經濟價值作物，全臺灣栽培面積約 550 公頃，苗栗縣佔全國總生產面積約 90%，由於草莓為連續採收型作物，農藥殘留風險高，食品安全備受消費者關注。草莓栽培上應用之天敵包括小黑花椿象、草蛉及捕植蟻，分別用於防治薊馬、蚜蟲及葉蟻有良好之防治效果。薊馬之防治可以草莓間植開花之綠籬植物，增加小黑花椿象 (*Orius laevigatus* Fieber) 族群數量，而將薊馬數量維持低於經濟危害水平；蚜蟲防治以普通草蛉 (*Chrysoperla carnea*) 防治效果最佳；葉蟻因繁殖速率快，世代繁衍迅速而致化學防治困難之問題，國外生物防治包括使用捕植蟻及食蟻蠅蚋 (*Feltiella occidentalis*) 進行控制，又以智利捕植蟻 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) 使用最多，可於高峰期先行施用化學藥劑進行控制，再進行捕植蟻之施放。草莓病害包含炭疽病、灰黴病、萎凋病，以及近年新興之病害—真菌性葉枯病、細菌性角斑病等，國外已針對這些病害推薦相關微生物製劑並進行應用研究。已經商品化並推薦使用在草莓病害的微生物種類包含 *Bacillus subtilis*、*Bacillus amyloliquefaciens*、*Gliocladium catenulatum*、*Streptomyces lydicus* 等；近幾年以草莓病害為防治對象，評估拮抗潛力的菌種以木黴菌 (*Trichoderma* spp.)、芽胞桿菌 (*Bacillus* spp.) 為主。施用方式在評估研究領域除了直接噴灑在植株體表外，亦有以揮發性微生物代謝物間接防治或與土壤介質混拌誘導植物抗病性。運用微生物與天敵昆蟲進行生物防治為永續且友善環境之方法，可藉由改變栽培模式、結合化學藥劑及物理防治進行病蟲害整合性綜合防治，達到穩定控制田間病蟲害之效益。

關鍵詞：微生物製劑、天敵昆蟲、生物防治、草莓

前 言

由於作物栽培之多樣化及新品種的引進等因素，病蟲害問題日趨嚴重，因而使用化學農藥在所難免，然而卻造成藥害、抗藥性、農藥殘留及環境污染等諸多問題，也因此引起人們對生物防治的重視，生物防治一詞首由美國學者於 1919 年提出，利用的天敵主要以捕食性及寄生性天敵為生物防治的主力，且在生態保育上扮演不可或缺的角色。適當的利用生物防治能降低化學農藥的使用量，減少環境污染，並抑制病蟲害發生，避免因害物而影響農產品的產量與品質。利用天敵防治作物病蟲害就是生物防治，此天敵泛指自然界中各種生物。目前病蟲害生物防治常用的資材，可分為天敵昆蟲、蟎類及具拮抗性的微生物。昆蟲與蟎類依其作用方式可分為寄生性天敵與捕食性天敵；微生物類通常又分為真菌類、細菌類、病毒類及線蟲類。

有關生物防治的運作，早在 1956 年已成立國際生物防治組織 (IOBC)，其主要目的係聯合全世界生物防治工作者，促進全球生物防治及綜合防治研究與推廣，其下更成立六個區域性生物防治組織，遍佈全球。在生物防治市場上，全世界有近百個生物防治公司，單就美國已有五、六十個生物防治公司在販賣天敵；在加拿大及歐洲也各有十幾家的天敵公司，法國、英國、荷蘭亦陸續成立天敵公司。(章，2011)

作物病害生物防治多以拮抗微生物進行，以其分泌拮抗物質、競爭養分與空間、寄生作物病原菌或誘發植物產生抗病性多重作用機制，抑制病原菌的侵染與繁殖，藉以達到控制與降低病害之發生。微生物製劑為生物農藥的其中一種，係指由微生物作為有效成份所產製的農藥，對於環境、人體及非標的生物無負面影響，依照微生物種類可分為細菌、真菌、病毒及原生動物等，一般由自然界分離所得，經試驗研發，商品化後可作為作物病蟲草害保護用之資材。(郭等，2018)

草莓從開花後 30~40 日開始採收，果皮薄，果肉軟(農，2005)，因此容易受到病蟲害侵襲，也不易保存。草莓重要之果實病害包含灰黴病 (*Botrytis cinerea*)、果腐病 (*Phytophthora cactorum* and *P. citrophthora*)、炭疽病 (*Colletotrichum siamense*) (Chung et. al, 2019)、及白粉病 (*Sphaerotheca macularis* f. sp. *Fragariae*, *S. humuli*)，其中炭疽病菌除可感染果實外，亦對草莓苗造成嚴重的危害而發生缺苗問題(李及呂，1994)；此外，草莓屬漿果類，為連續採收性的作物，採收期達 4 個月，採收時為防止灰黴病、白粉病等果實病菌侵染，農民均以化學農藥做為防治藥劑，使用率頻繁，時有發生農藥殘留事件，

為產業發展的隱憂；又部份草莓病害可自多種部位入侵或是感染時機難以察覺，如萎凋病從植株根部感染並經走蔓傳播，病徵出現緩慢致使農民錯過防治時機；炭疽病可從冠部、莖基部傷口入侵且具有潛伏感染的特性，農民無法精準用藥造成濫用，國內草莓病害防治急需尋找更多樣的防治手段。

草莓栽培主要害蟲有葉蟎類、斜紋夜盜蟲、薊馬類及蚜蟲類等。配合天敵捕食特性與行為，本場整合基徵草蛉、黃斑粗喙椿象、南方小黑花椿象及捕植蟎等多種天敵昆蟲，防治草莓栽培期間的害蟲，經初步田間試驗結果，害蟲發生初期或低密度時，進行釋放天敵，可有效抑制害蟲族群消長。利用多種捕食性天敵防治害蟲之技術，可彌補單一種天敵防治之不足，提高生物防治效果。(張等，2012)，隨著食安問題及環保意識興起，配合政府政策推動，有機栽培與友善耕作面積逐年增加，目前草莓栽培上非農藥資材種類仍較受限，蟲害防治多以蘇力菌、性費洛蒙、礦物油劑及少數天敵昆蟲為主，尚需加以開發以利提升田間害物防治的全面性。於小型昆蟲防治上，天敵昆蟲除了具有降低農藥施用，減少農藥殘留、避免施用礦物油劑造成葉面灼傷之情況外，其較佳的移動與搜索能力，具有減少防治死角之優勢，國外天敵昆蟲的使用多已普遍，天敵產品種類及防治成效皆可做為臺灣天敵應用與發展之參考。

一、草莓病蟲害之生物防治資材列表

行政院農業委員會為推動友善環境農業，降低化學肥料使用量及達成化學農藥十年減半政策目標，(一)補助標的：以農糧署網站 (<https://www.afa.gov.tw>) 首頁 / 農糧業務 / 土壤肥料專區 / 友善環境農業資材補助推薦名單為限。(二)生物防治資材：1. 生物農藥：由防檢局提供依據農藥管理法取得農藥許可證之「生物農藥品牌補助名單」。2. 免登記植物保護資材：由防檢局提供取得登錄字號且公告補助之「免登記植物保護資材品牌補助名單」，且應在業者指定通路購買。(三)補助基準：1. 生物防治資材依購買憑證所列金額補助 1/2。2. 生物農藥：每公頃最高補助 10,000 元。3. 免登記植物保護資材：每公頃最高補助 5,000 元。

二、國外草莓病害防治所推薦之微生物製劑商品

以美國有機草莓種植相關手冊為例 (Carroll et al., 2016)，國外已針對多種草莓病害制定推薦使用非農藥防治資材列表，並標記推薦劑量與使用時機，部份商

品名稱與有效成份可見表二。美國草莓病害推薦微生物製劑商品有效成份以 *B. subtilis*、*B. amyloliquefaciens*、*G. catenulatum*、*S. Lydicus* 為主，施用模式則是將微生物當成農藥，在病害發生前後進行週期性施灑，參考國內針對國外微生物農藥市場進行的調查報告（許，2010），上述 4 個菌種除 *B. amyloliquefaciens* 外，其他 3 種都是在 2010 年以前就已經存在的微生物製劑有效成份。國內草莓好發的主要病害，如疫病、灰黴病、白粉病、炭疽病，甚至新發生的細菌性角斑病都能從該手冊找到對應的為生物製劑商品；但也有部份病害尚無推薦商品，如萎凋病以及國內近年新發生真菌性葉枯病。

三、應用微製劑防治草莓病害之應用

(1) 草莓灰黴病菌 (*Bortrytis cinerea*) 可藉由空氣與雨水傳播，好發於低溫多濕季節，草莓採收期 12 月至隔年 4 月，若遇連續降雨，危害甚鉅（李，2005），灰黴病菌到處皆有散佈，三月春雨季節若陰雨綿綿不斷，則當季發生嚴重度極高。田間的病組織成為二次感染源，短時間形成大量分生孢子，藉由風與雨水散播。另外，栽植過密、偏施氮肥、植株生長旺盛、光照不足、排水不良等，均適於本病害發生（李，2005）。已取得生物農藥登記證，正式推薦於草莓果實灰黴病防治有 3 項產品（表一），可供農民選擇；然而，掌握用藥時機對草莓灰黴病的防治效果具有關鍵的影響，當萼片變紫色且鏡檢確定有灰黴病菌產孢構造時即需開始施藥，早期防治效果較佳，但若於連日陰雨高濕時可採預防性噴藥，此結果於國外同樣被驗證，*B. licheniformis* N1 對於灰黴病菌之抑制效果以預防為佳，故宜在灰黴病菌感染之前先行噴施保護（Kim et al., 2007）。灰黴病能感染危害草莓植株多個部位，其中以感染果實造成產量直接損失傷害最大，如何以微生物應用在採收期間減少灰黴病危害成為草莓灰黴病防治的熱門研究主題。中國嘗試以 *Sporidiobolus pararoseus* (Shen et al., 2019) 和 *Lactobacillus plantarum* (Chen et al., 2020) 為防治菌株，施用在採收後的草莓表面進行保護，這兩種微生物能在室溫及冷藏環境下順利建立族群，進而減少灰黴病的入侵感染。墨西哥則有研究是將草莓組培苗以 *Bacillus methylotrophicus* 進行處理 (Vicente-Hernández et al., 2019)，發現 *B. methylotrophicus* 可藉由揮發性分泌物或活菌直接刺激，造成組培苗胼胝質 (callose) 大量累積，藉此抵禦灰黴病菌入侵（圖一），此外，*B. methylotrophicus* 還能刺激組培苗根系發育，使植株更加健壯。

(2) 草莓炭疽病菌 (*Colletotrichum* sp.) 能感染果實、走蔓、植株冠部等部

位，走蔓感染傳播導致帶病母株垂直傳播病害給走蔓苗，若感染植株冠部則使植株枯萎死亡，且因具有潛伏感染的特性，造成化學防治時機難以掌握，因此部份國家嘗試以微生物進行長期保護。伊朗以 *Stenotrophomonas maltophilia* 作為防治菌種 (Zahra et al., 2020)，該菌株能產生多種分解酵素抑制炭疽病菌生長，且具有固氮、溶磷、分泌生長激素等促進植株發育的能力。摩洛哥除了將 *T. harzianum*、*B. amyloliquifaciens* 施用在植株表面防治炭疽病獲得不錯的成果外 (圖二) (Es-Soufi et al., 2020)，更測試這兩種微生物分別與栽培介質混合的防治效果，結果處理的田區植株發病數量就遠低於傳統化學防治，不但減少成本、降低病害侵襲、還能促進植株生長發育。

(3) 草莓萎凋病由病原菌 *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* 所引起，經由草莓根部感染植株，嚴重堵塞基部維管束，導致植株生長不良最終死亡。該病原菌在土壤中能殘存許久，化學藥劑與其他物理 (如淹水、翻土曝曬) 防治效果不佳，因此國外研究開始以微生物保護植物根部的方式尋求對萎凋病及其他草莓根部病害的防治。將有益微生物與有機肥料混合施用為當前研究草莓土壤病害防治的主流趨勢，*Trichoderma viride*、*Trichoderma virinis*、*Trichoderma koningii*、*Trichoderma harzianum* 在埃及被報導具有抑制多種草莓土壤病害的功效 (Abd-El-Kareem et al., 2019)，這些菌株能刺激植物防禦反應同時分泌亢生物質減少土壤的其他病原菌，而四種 *Trichoderma* spp. 同時與栽培介質混合後的防治效果更好且能有效增加產量 (表三)，同時具有生物肥料與土壤殺菌劑的潛力。從健康草莓根系分離出的微生物有可能也有發展潛力，*Bacillus licheniformis* 以及 *B. methylotrophicus* 在中國研究發現能攻擊萎凋病菌的菌絲 (圖三)，與有機肥料共同施用後不但減少土壤萎凋病菌族群數量，還能提昇根圈微生物族群多樣性 (Chen et al., 2020)，顯示微生物抑制病害的方式除了分泌物抑制、刺激植物防禦系統、還可能藉由增進生物多樣性來減少病菌佔據空間與養分。

(4) 國內新興病害—真菌性葉枯病 (Leaf Blight) 相關報導的病原菌為 *Neopestalotiopsis rosae*，該病原菌尚未找到在草莓上的微生物防治文獻。在印度，同樣名稱的病害由 *Neopestalotiopsis clavisporea* 所引起，他們嘗試以 *Trichoderma asperellum* 來作為拮抗菌 (Amrutha et al., 2018)，研究結果顯示若能在病原菌感染前先讓 *T. asperellum* 佔據植株表面，微生物防治效果將和感染後才施用化學藥劑的抑制能力相當。

四、應用捕植蟎捕食草莓二點葉蟎之生物防治技術

二點葉蟎 (*Tetranychus urticae* Koch) 危害為世界性問題，其寄主範圍甚廣，許多野生植物及田間雜草都可能成為感染之媒介，族群數量高時，直接影響植物的光合與蒸散作用，而使果實產量與品質降低 (Sances *et al.*, 1982)，又其繁殖能力高，世代重疊且交替快速，容易對化學藥劑產生抗藥性，導致化學防治成效不彰。二點葉蟎發生常與草莓之生育期相配合，即在開花結果期普遍發生，均在葉背危害，一般先在較老之葉片出現，葉片被害之後，從葉表上可見灰白色斑點，葉背可見各生長期之葉蟎個體危害，常導致葉片呈現灰白枯乾狀，葉片邊緣向下微曲，嚴重者，葉片快速枯乾，甚至整株枯死。

捕植蟎為捕食性的蟎類，一般具有較長的腳、行動敏銳，捕食的對象包含小型節肢動物及其卵、線蟲等，其中最重要的種類為捕植蟎科 (*Phytoseiidae*)。捕植蟎科屬中氣門目，目前種類約有一千二百種，大多數的種類為肉食性，其中約有十餘種為重要的生物防治天敵。

臺灣利用捕植蟎防治草莓害蟎，有羅等 (1981) 釋放溫室捕植蟎防治草莓神澤氏葉蟎及二點葉蟎，每株草莓放 10 ~ 20 隻溫室捕植蟎，經 35 天後防治率可達 98 %。隨後於 1987 年再於草莓園釋放智利捕植蟎與法拉斯捕植蟎，每分地全栽種期共釋放 30-50 萬隻，防治效果良好。施等 (2004) 釋放溫氏捕植蟎防治草莓二點葉蟎，可維持 30 天防治效果，再以少量補充釋放方式防止再次入侵之葉蟎族群，可完全免用化學藥劑，且提高產量約 1.5~2.5 倍，果實大小增加 1~2 級，產品無農藥殘毒之慮。在澳洲，溫氏捕植蟎 (*Neoseiulus wornersleyi* Schicha) 具有於葉蟎感染初期即能夠於田區建立族群之優勢 (Waite, 1988)，北美、西班牙及英國分別以法拉斯捕植蟎 (*Neoseiulus fallacis*) 及加州捕植蟎 (*Neoseiulus californicus*) 最為常見。然而天敵產品最多且防治效果最成功的是智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot)，配合適當施用時機與施放次數，於設施或開放田區皆有良好的防治效果，若葉蟎族群太高宜先施用殺蟎劑再施放智利捕植蟎，另外，在部份冬季較為寒冷的地區，像是英國，由於智利捕植蟎無法在冬季存活，故需要在每一個栽培期施放 (Easterbrook, 1992)。

五、應用南方小黑花椿象捕食草莓薊馬之生物防治技術

臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* (Trybom)) 於 2 月下旬至 4 月為發生高峰期，若蟲呈白色或乳黃色，成蟲具翅，褐色或黑褐色，遷移迅速，繁殖力高。在草莓，成蟲與若蟲棲息於未展開之心葉，以銼吸式口器銼食葉肉，被害心葉捲縮無法完全開展，葉面皺縮，沿著葉脈形成黑色條斑；幼果及走莖亦會受害，受害果面呈焦枯狀，失去商品價值。

小黑花椿象 (*Orius* spp.) 屬半翅目 (Hemiptera) 花椿象科 (Anthocoridae)，可捕食薊馬、粉蟲、蚜蟲、葉蟎等小型昆蟲以及蛾類、甲蟲或其它昆蟲的卵，臺灣在田間害蟲防治以南方小黑花椿象 (*Orius strigicollis* (Poppius)) 具有較高潛力。南方小黑花椿象若蟲的捕食能力隨體型增長而增強，捕食量也逐漸增加，若蟲期間可捕食薊馬或葉蟎 100 ~ 150 隻。成蟲捕食量更超過若蟲，加上若蟲期的捕食量，一生可捕食薊馬 200 ~ 300 隻，或葉蟎 500 ~ 600 隻。小黑花椿象食量大，生育繁殖快，若蟲及成蟲均能捕食薊馬或其他小型昆蟲，因此本場於 2006 年自農業試驗所技轉南方小黑花椿象，經過飼養研究與試驗，目前已經建立大量繁殖技術。

南方小黑花椿釋放方法為草莓薊馬發生時，連同包裝內可腐化填充物質，均勻散佈於植株上。釋放剛孵化的若蟲，經 7-10 天釋放第二批，以助其在田間建立穩定的族群。一般草莓園施放數量，視植株大小及害蟲密度而定。若尚未有害蟲發生預先釋放，會使小黑花椿象為了找尋食物四處遊走，數日後即消失。若害蟲密度過高才施放，害蟲繁殖速度大於小黑花椿捕食量，則無法有效抑制害蟲危害。國外應用在薊馬防治的天敵研究以小黑花椿象 (*Orius laevigatus* Fieber) 及巴氏小新綫蟎 (*Neoseiulus barkeri* Hughes) 兩種捕食性天敵防治臺灣花薊馬 (*Frankliniella intonsa* Trybom) 較多。*O. laevigatus* 於歐洲甚為常見，可透過地中海螟蛾 (*Ephestia kuehniella* Zeller) 卵量產 (Van Lenteren and Loomans, 1998)，並有學者將蠶豆栽培於草莓周圍，發現於蠶豆周圍的草莓花朵有較多的 *O. laevigatus*，因此能將此區域草莓上薊馬族群抑制於經濟危害水平之下 (Gonzalez-Zamora et al., 1994)。巴氏小新綫蟎為西班牙草莓田間常見的捕食性天敵，能夠利用腐蝕酪蟎 (*Tyrophagus putrescentiae* Schrank) 進行量產，亦可以花粉做為替代食餌飼養 (Solomon et al, 2001)。

六、應用基徵草蛉捕食草莓蚜蟲之生物防治技術

危害草莓的蚜蟲種類甚多，不同地區與環境好發的種類有所不同。草莓蚜蟲 (*Aphid ichigocola*) 之成蟲與若蟲均喜棲習於嫩芽或葉背吸食汁液，並分泌蜜露誘發煤病，被害嚴重葉片變黑皺縮，生育受阻，草莓蚜蟲同時也是傳播 strawberry mild yellow edge virus (SMYEV) 與 strawberry crinkle virus (SCV) 之媒介昆蟲。冬蔥瘤蚜 (*Myzus ascalonicus* Doncaster) 在冬季溫度較高時會產生地區性危害，受害之草莓植株容易有發育遲緩及葉片捲曲之情況 (Solomon et al, 2001)。棉蚜 (*Aphis gossypii* Glover) 於溫暖氣候條件下，草莓亦為其寄主植物，常見於設施栽培之田區 (Solomon et al, 2001)。國外報告指出捕食蚜蟲之天敵種類包括七星瓢蟲 (*Coccinella septempunctata* Linnaeus)、食蚜絨蟻 (*Allothrombium* spp.)、小黑花椿象 (*Orius niger* WolV) 及草蛉 (*Chrysoperla* spp.)，其中又以普通草蛉 (*Chrysoperla carnea*) 對於草莓蚜蟲 (*Chaetosiphon fragaefolii* Cockerell) 與 *M. ascalonicus* 防治效果最佳，即便於開放田區也有助於抑制兩種蚜蟲族群於低密度狀態 (Solomon et al, 2001)。

基徵草蛉 (*Mallada basalis* Walker) 屬於脈翅目 (*Neuroptera*) 草蛉科 (*Chrysopidae*)，已記載約 90 屬 1400 種，所有捕食性草蛉均只在幼蟲期才能捕食害蟲。草蛉能捕食葉蟎類、蚜蟲類、粉蝨類、介殼蟲類、木蝨類，以及多種鱗翅目及鞘翅目昆蟲之初齡幼蟲及卵等，是種多功能的天敵昆蟲。

防治草莓葉蟎或蚜蟲時以草蛉幼蟲直接釋放，每分地釋放 20,000 隻，每株草莓釋放幼蟲 5 隻，釋放時應先摘除老葉後再釋放天敵，每葉有一隻葉蟎時為最佳釋放時機，並在天氣良好無露水時釋放，夏季以下午 3 點以後，冬季則在早上 9 點以後釋放為佳。由於害蟲密度分佈不均，所以應時常注意田間害蟲發生情形，機動調配投放量，並隨時檢視害蟲蟎密度，以補充天敵。章、黃 (1995) 針對釋放基徵草蛉防治草莓園葉蟎之效益進行評估，結果顯示釋放草蛉後，對神澤氏葉蟎及二點葉蟎防治率為 50 ~ 90%，釋放草蛉區之示範田由於不施藥或低頻率施藥，授粉昆蟲如蜜蜂等族群較高，使草莓畸型果率降低 6.1%，一級果率提高 7.7%，增產率 15%，每次每公頃至少可降低防治成本 6,100 元。

七、應用黃斑粗喙椿象捕食草莓斜紋夜盜蟲之生物防治技術

斜紋夜盜蟲 (*Spodoptera litura* Fabricius) 屬鱗翅目、夜蛾科，俗稱黑肚蟲、

黑蟲或行軍蟲。一年可發生 8 ~ 11 世代，成蟲之體及翅全身均呈黑褐色，成蟲翅中央有一條寬長灰白斜帶，有趨光性。雌蟲產卵於葉背，一百至數百粒成一卵塊，幼蟲群集啃食葉背葉肉，3 齡以後分散，日間潛伏於土中或枯葉中，黃昏後自葉緣蠶食全葉，嚴重時只留葉柄及葉脈。老熟後潛入土中作土窩化蛹，該蟲食性雜，一般農作物都會受害，草莓亦不例外。

黃斑粗喙椿象 (*Eocanthecona furcellata* (Wolff)) 屬於半翅目，椿象科，因以臭氣來驅逐敵人而被稱為臭屁蟲。在 25~30 °C 約 20~25 天完成一個生活史，全年約可繁殖 5 ~ 6 世代，主要以多種鱗翅目幼蟲為食且捕食能力強，常見的捕食對象如紋白蝶、斜紋夜盜、甜菜夜蛾、小菜蛾，為臺灣果蔬作物常見捕食性天敵。本場利用代用食餌及改良飼育方式，已建立大量繁殖技術，提供田間生物防治所需的大量蟲源。

草莓園釋放黃斑粗喙椿象方法，每棵草莓上若有五隻斜紋夜盜蟲危害時為最佳釋放時機，可釋放 1 ~ 2 隻三齡以上椿象，並在天氣良好無露水時釋放，冬季在早上 9 點以後釋放為佳。隨時檢視害蟲密度，以補充天敵。

結 語

化學農藥對環境之污染、對非標的生物之傷害、生態平衡之破壞等副作用已成為全球農業發展必須面對的問題。生物農藥具有低殘留、對非標的生物低毒性、環境友善等優點，不論是站在降低對化學農藥之依賴性或在有害生物綜合管理 (IPM) 的策略應用上，生物農藥均提供另外一種安全、經濟且有效的選擇。在作物害蟲管理上，天敵昆蟲扮演舉足輕重角色，然而全面推動生物防治尚需突破許多障礙及困難，除了目前已推廣並略有成效之天敵昆蟲外，今後更應加強建立生物防治理念，並將研究與應用的結合，同時尋找提高天敵防治效果之方法。像是在田間設置天敵之食餌、寄主或花粉、花蜜等食物，或提供天敵之棲所，同時配合運用其他防治技術以提高防治成效。研究發展天敵貯存、天敵商品運輸、天敵商品管理及如何發展有效又具經濟利益之天敵大量繁殖技術等。藉由建立健康管理之觀念，於病蟲害未發生前事先預防及配合生物防治技術的應用，大幅減少化學藥劑之濫用，同時力行草莓生產履歷制度，生產優質安全草莓，提供消費者使用，消弭以往草莓多農藥之舊印象，提昇草莓產業之形象。

為減少農作物的化學農藥殘留、避免濫用農藥破壞生態環境，具有環境友善及低殘留風險特性的微生物製劑已成為世界各國研發及應用上所重視的焦點。臺

灣氣候炎熱潮濕適合草莓病害滋生危害，且政府推動「農藥十年減半」政策，對微生物製劑亦有強烈的需求。本回顧介紹國內草莓病害—灰黴病、炭疽病、萎凋病、葉枯病、細菌性角斑病在國外進行的研究與推薦的商品化微生物製劑。國外商品化微生物製劑目前沒有出現新的菌種，研究以 *Trichoderma* 屬、*Bacillus* 屬為大宗，研究目的除了評估這些菌株的防治效果，也有探討不同施用方式的效果差異以及菌株施用對草莓果實植株的影響，希望尋找能同時減少病害並增進草莓植株的健康微生物，值得國內微生物製劑研發參考。

國外天敵昆蟲使用多已普遍，天敵物種選擇多，得以因應田間多種害蟲。草莓栽培以薊馬、蚜蟲及葉蟻為主要害蟲，其中，薊馬之防治可以草莓間植開花之綠籬植物，增加小黑花椿象族群數量，藉此抑制薊馬族群；蚜蟲防治以普通草蛉 (*Chrysoperla carnea*) 為首選；葉蟻因繁殖速率快，世代繁衍迅速而造成化學防治困難，國外使用捕植蟻及食蟻蠅蚋 (*Feltiella occidentalis*) 進行控制，以智利捕植蟻 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) 使用最多，可於高峰期先行施用化學藥劑進行控制，再施放捕植蟻防治。國內市場上亦有小黑花椿象及草蛉之天敵產品，應用於薊馬及蚜蟲之防治，葉蟻之非農藥防治則多以礦物油劑或施放草蛉進行控制，惟於栽培後期仍有防治上困難，尚有待其他資材投入。運用天敵進行田間防治為一永續且友善環境之方法，並可藉由改變栽培模式、結合化學藥劑及物理防治進行病蟲害綜合防治，達到穩定控制田間蟲害之效益。

參考文獻

1. 李昱輝、呂理燦。1994。臺灣草莓炭疽病。植病會刊 3：256-257。
2. 許嘉伊。2010。全球生物農藥產業概況與未來展望。農業生技產業季刊 24:1-7。
3. 郭建志、林煜恒、廖君達、羅佩昕。2018。芽孢桿菌製劑導入有機與友善病害管理之研究。有機及友善環境耕作研討會論文輯。P.141-154。
4. 章加寶。2011。天敵在有機農業害蟲防治上的利用。農業生技產業季刊。第 28 期。p.41-47。
5. 章加寶、黃勝泉。1995。基徵草蛉 (*Mallada basalis* (Walker)) 防治草莓園葉蟻之效益評估。植保會刊 37: 41-58。
6. 黃勝泉、張廣焱、彭淑貞。2009。南方小黑花椿象對草莓薊馬類防治效果評估。苗栗區農業專訊 48:10-12。
7. 鄭志文、李吉峰、吳岱融、盧美君、林盈宏、朱盛祺。2017。開發生物農藥液化澱粉芽孢桿菌 ML15-4 防治草莓灰黴病。苗栗區農業改良場研究彙報。第 5 期。P51 – 67。
8. 農委會臺灣農家要覽增修訂三版策劃委員會。2005。臺灣農家要覽增修訂三版-農作篇(二)。575-580。
9. Chung P. C., Wu H. Y., Ariyawansa H. A., Tzean S. S. and Chung C. L., 2019. First Report of Anthracnose Crown Rot of Strawberry Caused by *Colletotrichum siamense* in Taiwan, Article in Plant Disease.
10. Kim, Ju, H., Lee, S.H., Kim, C.S., Lim, E.K., C, K.H., Kong, H.G., Kim, D.W., Lee, S.W., and Moon, B.J. 2007. Biological control of strawberry bray mold caused by *Botrytis cinerea* using *Bacillus licheniformis* N1 formulation. J. Microbiol. Biotechnol. 17:438-444.
11. Abd-El-Kareem, F., Elshahawy, I.E. and Abd-Elgawad, M.M.M. 2019. Local *Trichoderma* strains as a control strategy of complex black root rot disease of strawberry in Egypt. Bulletin of the National Research Centre. 43: 160-167. DOI: 10.1186/s42269-019-0206-7.
12. Atakan, E. (2008) Thrips (Thysanoptera) species and thrips damage associated with strawberry in Adana and Mersin provinces, Turkey. *Turkiye Entomoloji Dergisi* 32, 91-101.

13. Vicente-Hernández, A., Salgado-Garciglia, R., Valencia-Cantero, E. et al. 2019. *Bacillus methylotrophicus* M4-96 Stimulates the Growth of Strawberry (*Fragaria × ananassa* ‘Aromas’) Plants In Vitro and Slows *Botrytis cinerea* Infection by Two Different Methods of Interaction. *Journal of Plant Growth Regulation*. 38: 765–777. DOI: 10.1007/s00344-018-9888-6.
14. Amrutha P, Vijayaraghavan R. 2018. Evaluation of Fungicides and Biocontrol Agents against *Neopestalotiopsis clavispora* Causing Leaf Blight of Strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(8): 622-628. DOI: 10.20546/ijcmas.2018.708.067.
15. Chen, C., Cao, Z., Li, J., Tao, C., Feng, Y. and Han, Y.. 2020. A novel endophytic strain of *Lactobacillus plantarum* CM-3 with antagonistic activity against *Botrytis cinerea* on strawberry fruit. *Biological Control*. 148: 1-10. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2020.104306.
16. Chen Y, Xu YP, Zhou T, Akkaya MS, Wang LL, Li SY and Li XY. 2020. Biocontrol of *Fusarium* wilt disease in strawberries using bioorganic fertilizer fortified with *Bacillus licheniformis* X-1 and *Bacillus methylotrophicus* Z-1. *3 Biotech*. 10: 80. DOI: 10.1007/s13205-020-2060 -6.
17. Es-Soufi, R. , Tahiri, H. , Azaroual, L. , El Oualkadi, A. , Martin, P. , Badoc, A. and Lamarti, A. 2020. Biocontrol Potential of *Bacillus amyloliquefaciens* Bc2 and *Trichoderma harzianum* TR against Strawberry Anthracnose under Laboratory and Field Conditions. *Agricultural Sciences*, 11, 260-277. doi: 10.4236/as.2020.113017.
18. Shen, H., Wei, Y., Wang, X., Xu, C. and Shao, X.. 2019. The marine yeast *Sporidiobolus pararoseus* ZMY-1 has antagonistic against *Botrytis cinerea* in vitro and in strawberry fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 150: 1–8. DOI: 10.1016/j.postharvbio.2018.12.009.
19. Carroll J, Pritts M and Heidenreich C. 2016. 2016 Organic Production and IPM Guide for Strawberries. New York. New York State Integrated Pest Management Program.
20. Alijani Z., Amini J., Ashengroph M., and Bahramnejad B.. 2020. Volatile compounds mediated effects of *Stenotrophomonas maltophilia* strain

- UN1512 in plant growth promotion and its potential for the biocontrol of *Colletotrichum nymphaeae*. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, Vol. 112. DOI: 10.1016/j.pmpp.2020.101555.
21. Easterbrook, M.A. (1992) The possibilities for control of two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* on eld-grown strawberries in the UK by predatory mites. *Biocontrol Science and Technology*, p235- 245.
 22. Gonzalez-Zamora, J.E., Garcia-Mari, F., Benages, E. & Royo, S. (1992) Control biologico del thrips *Frankliniella occidentalis* (Pergande) en freson. *Boletin de Sanidad Vegetal, Plagas*, p265-288.
 23. Niemczyk, E. (1978) Food requirement, searching abilities and role of *Orius minutus* L. (*Heteroptera, Anthocoridae*) in controlling the two-spotted mite *Tetranychus urticae* Koch. *Polskie Pismo Entomologiczne*, p445-451.
 24. Opit, G.P., Roitberg, B. & Gillespie, D.R. (1997) The functional response and prey preference of *Feltiella acarisuga* (Vallot) (Diptera: Cecidomyiidae) for two of its prey: male and female twospotted spider mites, *Tetranychus urticae* Koch (Acari: *Tetranychidae*). *The Canadian Entomologist*, p221- 227.
 25. Rondon, S.I., Cantliffe, D.J. (2005) Biology and Control of the Strawberry Aphid, *Chaetosiphon fragaefolii* (Cockerell) (Homoptera: Aphididae) in Florida. IFAS UF. Florida: USA, HS1009
 26. Sances, F.V., Toscano, N.C., Lapre, L.F., Oatman, E.R. & Johnson, M.W. (1982) Spider mites can reduce strawberry yields. *California Agriculture*, p15-16
 27. Solomon M. G., Jay C. N., Innocenzi P. J., Fitzgerald J. D., Crook D., Crook A. M., Easterbrook M. A., Cross J. V. (2001) Review: Natural Enemies and Biocontrol of Pests of Strawberry in Northern and Central Europe. *Biocontrol Science and Technology*, p167-193
 28. Tommasini, M.G. & Maini, S. (1995) *Frankliniella occidentalis* and other thrips harmful to vegetable and ornamental crops in Europe. Wageningen Agricultural University Papers, p1- 42.
 29. Van Lenteren, J.C. & Loomans, A.J.M. (1998) Is there a natural enemy good enough for biological control of thrips? *Proceedings of the 1998 Brighton Conference*, p401- 408.

30. Waite, G.K. (1988) Integrated control of *Tetranychus urticae* in strawberries in south-east Queensland. *Experimental and Applied Acarology*, p23-32.

表一、可用於草莓病蟲害之生物防治資材品牌補助名單一覽表

Tab 1. List of subsidies for brands of biological control materials that can be used for strawberry pests and diseases

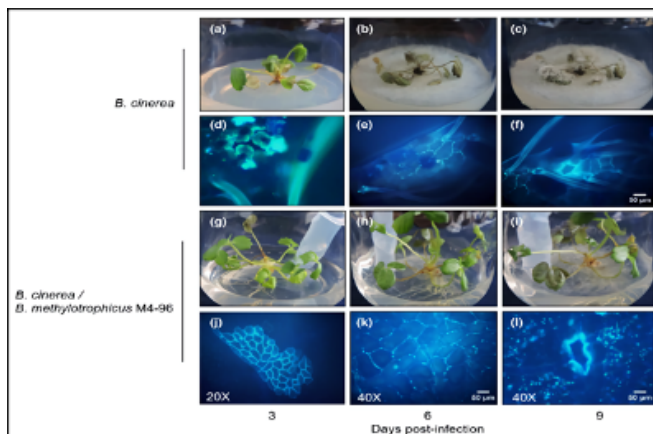
商品名 Trade Name	有效成份與含量 Active ingredient and content	劑型 Formulation	農藥許可證 字號 NO. of registration license	使用範圍 Usage range	業者名稱 Manufacturer
見達利	蘇力菌 48.100 (%)	WG 水分散性 粒劑	農藥進字 第 01543 號	小葉菜類、蔥、菠菜、胡 蘿蔔、草莓、菊、野薑、 蓮一夜蛾類	臺灣住友化學 股份有限公司
義定勇	蓋棘木黴菌 ICC080/012 1×10 ⁷ CFU/g	WP 可溼性粉劑	農藥進字 第 03198 號	菊科（包葉菜類、小葉菜 類、根菜類）、茄科（小 葉菜類、根菜類、果菜 類）、蔥科（小葉菜類、 根菜類）、葫蘆科小葉菜 類、香椿、甜菜、薑、芋、 甜椒、金針、瓜菜類、果 菜類、草莓、黃耆、當歸、 丹參、地黃一疫病	易利特 開發有限公司
綠寶 克蟲	苦參鹼 6.000 (%)	SL 溶液	農藥製字 第 05971 號	1. 蔬菜—鱗翅目、蚜蟲類 2. 竹、草莓—蚜蟲類	綠寶生物科技 股份有限公司
神真水 3 號	液化澱粉芽孢桿 菌 CL3 1×10 ⁸ CFU/mL	SC 水懸劑	農藥製字 第 06299 號	蔬菜、草莓、花木—灰黴 病	興農 股份有限公司
台肥 農眾賀	液化澱粉芽孢桿 菌 Ba-BPD1 1×10 ⁹ CFU/mL	SC 水懸劑	農藥製字 第 06345 號	蔬菜、草莓、花木—灰黴 病	臺灣肥料 股份有限公司
強強菌	貝萊斯芽孢桿菌 BF 1×10 ⁹ CFU/g	WP 可溼性粉劑	農藥製字 第 06618 號	1. 水稻 - 白葉枯病 2. 油菜 - 黑腐病 3. 十字花科 (包菜類、小 葉菜類、根菜類) - 黑腐 病 4. 草莓 - 灰黴病 5. 橡果 - 細菌性黑斑病 6. 柿 - 灰黴病	亞亮生技 股份有限公司

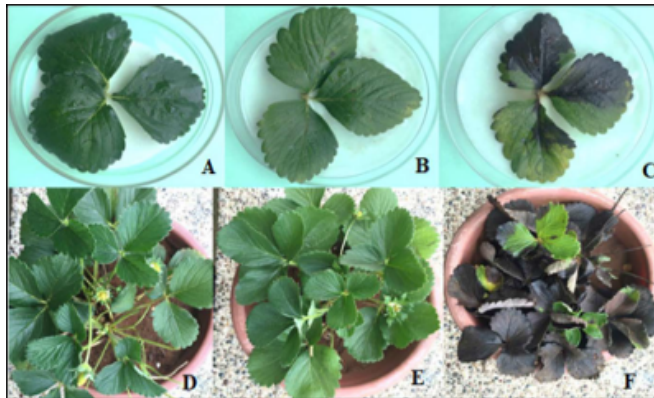
備註：上網日期：109 年 9 月 28 日

表二、美國草莓病害防治推薦微生物商品列表

Tab 2. The recommend biological control products for strawberry disease in America

病害名 (病原菌) Disease (pathogen name)	商品名 Commodity name	有效成份菌種 Active ingredients
白粉病 (<i>Podosphaera aphanis</i>)	Actinovate AG	<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC 108
	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> str D747
灰黴病 (<i>Botrytis cinerea</i>)	Prestop	<i>Gliocladium catenulatum</i>
	Optiva	<i>Bacillus subtilis</i> QST 713
	Actinovate AG	<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC 108
	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D747
疫病 (<i>Phytophthora cactorum</i>)	BIO-TAM	<i>Trichoderma asperellum</i> <i>Trichoderma gamsii</i>
	RootShield PLUS+ WP	<i>Trichoderma harzianum</i> <i>Trichoderma virens</i>
	Actinovate AG	<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC 108
	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D747
炭疽病 (<i>Colletotrichum acutatum</i>)	Serenade ASO	<i>Bacillus subtilis</i>
	Actinovate AG	<i>Streptomyces lydicus</i> WYEC 108
	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D747
細菌性角斑病 (<i>Xanthomonas fragariae</i>)	Double Nickel 55	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> D747

圖一、草莓組培苗以 *B. methylotrophicus* M4-96 揮發物處理 (下)，累積胼氈質進而減緩灰黴病菌 *B. cinerea* 感染Fig. 1. Slowing of *B. cinerea* infection in strawberry leaves by increasing callose deposition induced by volatiles from *B. methylotrophicus* M4-96



圖二、以 *B. amyloliquefaciens* Bc2 和 *T. harzianum* 拮抗炭疽病菌 *C. acutatum* 之離葉試驗 (上) 與盆栽試驗 (下) , (A, D) 以 *B. amyloliquefaciens* Bc2 處理 ; (B, E) 以 *T. harzianum* 處理 ; (C, F) 以無菌水處理 (對照組)

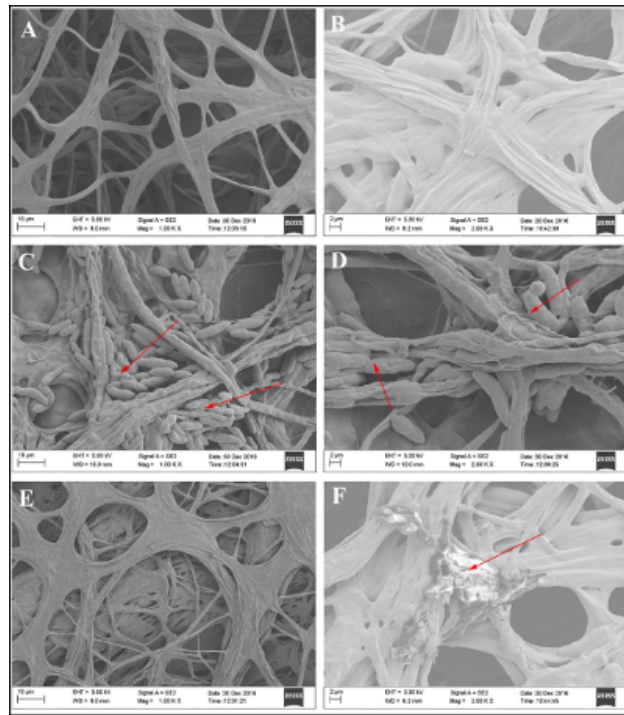
Fig. 2. Inhibition test in vitro (A, B, C) and vivo(D, E, F). (A, D) Inoculation of *C. acutatum* Ca6 and antagonist *B. amyloliquefaciens* Bc2. (B, E) Inoculation of *C. acutatum* Ca6 and antagonist *T. harzianum*. (C, F) Inoculation of Ca6 and distilled water (control)

表三 . 四種 *Trichoderma* spp. 對於田間草莓根部病害的抑制效果

Table 3. Effect of four *Trichoderma* spp. on black root rot disease of strawberry plants under field conditions. (Abd-El-Kareem et al., 2019)

Treatment	Black root rot disease			
	Disease incidence	Reduction, %	Disease severity	Reduction, %
<i>Trichoderma harzianum</i>	14.0c	70.8	10.0d	80.8
<i>T. viride</i>	12.0c	75.0	10.0d	80.8
<i>T. viridis</i>	21.0b	56.3	20.4b	60.8
<i>T. koningii</i>	14.0c	70.8	13.5c	74.0
<i>T. mixture</i> (<i>T. h.</i> + <i>T. v.</i> + <i>T. v.</i> + <i>T. k.</i>)	8.0d	83.3	6.0e	88.5
Actamyl 3 g/l (fungicide)	12.0c	75.0	13.0c	75.0
Control	48.0a	0.0	52.0a	0.0

Figures in a column with the same letter are not significantly ($P \leq 0.05$) different



圖三、拮抗細菌與萎凋病菌在 PDA 上的交互作用，以電子顯微鏡分別放大 1000 倍 (左) 與 2000 倍 (右) 之影像。(A, B) 對照組；(C, D) *B. licheniformis* X-1 圍繞在萎凋病菌菌絲周圍；(E, F) *B. methylotrophicus* Z-1 攻擊萎凋病菌菌絲

Fig. 3. SEM micrographs of antagonistic bacteria interacting with hyphae of Fof on PDA medium. A, C, E Magnification: 1000ification: 10000001000ng with hyphth *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* (Fof) hyphae alone; C, D Fof hyphae treated with strain X-1 (red arrows show Fof hyphae surrounded by X-1); E, F Fof hyphae treated with strain Z-1 (red arrows indicate Fof hyphae damaged by Z-1)



圖四、受葉蟎嚴重危害草莓葉片表面呈現白色斑點

Fig.4. Spider mite damage appears as a stippling, scarring and bronzing of strawberry leaves



圖五、智利捕植蟎 (*Phytoseiulus persimilis* Athias-. Henriot) 捕食二點葉蟎 (<https://www.koppertus.com/spidex-boost/>)

Fig.5. Predatory mite (*Phytoseiulus persimilis* Athias-. Henriot) preys on two spot spider mite (*Tetranychus urticae* Koch)



圖六、(a) 薊馬藏匿於草莓花器中 (b) 草莓成熟果實受薊馬危害狀 (Atakan, 2008)

Fig.6. (a) Thrip (*Frankliniella occidentalis* Pergande) in strawberry flower and (b) ripe strawberry fruit (signs of harm)



圖七、小黑花椿象 (*Orius laevigatus* Fieber) 捕食薊馬 (<http://bioaccio.com/es/productes/depredador-orius-laevigatus/>)

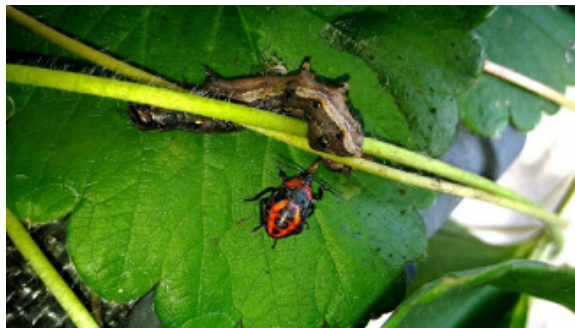
Fig.7. *Orius laevigatus* Fieber preys on thrip



圖八、設施栽培的草莓受蚜蟲嚴重危害 (Rondon and Cantliffe ,2005)
Fig.8. Strawberry grown under protected cultivation heavily infested with aphids



圖九、草蛉用於防治蚜蟲
Fig.9. Lacewing is used for controlling aphid



圖十、黃斑粗椿象捕食斜紋夜盜蛾
Fig.10. Stingbug (*Eocanthecona furcellata* Wolff) preys on carterpillar (*Spodoptera litura* Fabricius)

Application of Microbial Agents and Natural Enemy Insects in Strawberry Biological Control

Yi-Pei Li, Che-hao Cheng, Sheng-Chi Chu *

Miaoli District Agricultural Research and Extension Station, Council of Agriculture,
Executive Yuan, Miaoli, Taiwan, R. O. C.

*Corresponding author, E-mail: 7124@mdais.gov.tw

Abstract

Strawberry is a high economic value crop. The cultivated area in Taiwan is about 550 hectares. Miaoli County accounts for about 90% of the country's total production area. Since strawberry is a continuous harvest crop, that has a high risk of pesticide residues, food safety has become a major concern for consumers. Natural enemies used in strawberry cultivation include small black flower stink bugs, lacewings, and planting mites, which have good control effects on thrips, aphids, and spider mites, respectively. For thrips control, flowering hedge plants can be planted between strawberries to increase the number of small black flower stink bugs (*Orius laevigatus* Fieber) and keep the number of thrips below the economic injury level. For aphids control, common green lacewing (*Chrysoperla carnea*) can have the best control effect. For Spider mite control, phytoseiid mite and mite-eating gnats (*Feltiella occidentalis*) are common in foreign biological because of the limited effect of chemical control resulted from the high reproduction rate. In particular, *Persimilis* (*Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot) is the most common one, which can be used after the chemical agents in the peak period. Strawberry diseases include anthracnose, gray mold, wilt, as well as recent emerging diseases-fungal leaf blight and bacterial angular leaf spot. The microbiological preparations and disease prevention for these strawberry diseases have been studied abroad. The microbial species that have been commercialized and recommended for

use in strawberry diseases include *Bacillus subtilis*, *Bacillus amyloliquefaciens*, *Gliocladium catenulatum*, *Streptomyces lydicus*, etc.; in recent years, strawberry diseases have been used as the object of prevention and control, and the antagonistic potential strains are mainly *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp.. In addition to directly spraying them on the surface of plants, the indirect control is also used in evaluation research, such as using the volatile microbial metabolites or soil medium mixing to induce plant disease resistance. Biological control combining microorganisms and natural enemy insects is a sustainable and environmentally friendly method for controlling the field diseases and insect pests, which can be applied by manipulating the cultivation mode, chemical agents, and physical control for integrated comprehensive prevention and control of pests and diseases.

Key words: microbial agents, natural enemy insects, biological control, strawberry