夜間特殊波長燈照防治荔枝細蛾同時保持良好荔枝品質

方信秀[1]、李文立[1]、邱國棟[1]、董致韡[2]、蔡育彰[2]

1.高雄市鳳山區　農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系
2.臺北市大安區　國立臺灣大學農藝學系

摘　　要

荔枝細蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley, Litchi borer, 蒂蛀蟲) 嚴重的為害荔枝果實，為荔枝產業最主要的害蟲，少量蟲即可造成荔枝產量與品質巨大傷害，荔枝產業主要以農藥進行防治。為達荔枝產業永續發展與農藥減量目標，應開發防治效率高的物理防治方式。觀察發現，荔枝細蛾成蟲於白天棲息在樹幹下方陰影處，於有光環境活動力極低，夜間則活動力旺盛進行交尾與產卵，隔天日出後即處於靜止狀態。本技術利用荔枝細蛾的負趨光特性，以夜間燈照減少荔枝細蛾活動力達到減少為害之目標。篩選多種波長條件後，發現綠光可有效抑制荔枝細蛾活動力、減少產卵量與果實為害率，與白光處理比較，綠光燈照的果實較重、甜酸比亦較白光處理高，不影響荔枝果實品質。於高雄市杉林區、高雄市大樹區與屏東縣里港鄉的試驗結果顯示，夜間綠光燈照確實發揮良好的荔枝細蛾防治效果。建置夜間燈照設施成本每分地約 2 萬元，以減少 1 成損失計算，當年即可回收投入成本，此技術有良好的產業推廣與發展潛力，可減少農藥使用、友善環境，並讓消費者食用更安心。

關鍵詞：荔枝細蛾、LED 燈、農藥減量、作物生產整合管理

緒　　言

荔枝 (Litchi, *Litchi chinensis* Sonn.) 屬無患子科 (Sapindaceae) 的亞熱帶與熱帶常綠果樹。因荔枝花芽分化需要低溫刺激[2,24]，產地分佈於南北迴歸線一帶，以中國、印度、越南、馬達加斯加、台灣、泰國等國家為主要生產國[8,11,15]。台灣則以中南部的高雄、台中、南投、嘉義為主要荔枝產地[24]。

荔枝細蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley) 主要為害龍眼與荔枝果實[9]，為影響荔枝生產最主要的害蟲。成蟲受嫩葉、花與果實的香氣物質所吸引[21]。主要

為害嫩莖、花與果實，果實為害造成嚴重落果(圖 1A)、減少荔枝產量、品質與經濟收益。若不適度防治，果實為害率可達 100%[3]。

為了減少農藥使用，並避免連續使用相同作用機制藥劑，導致害蟲產生抗藥性，應適度開發非農藥防治的方式輔助。荔枝細蛾對光線極為敏感，白天大多停留於荔枝樹幹下方遮陰處(圖 1B)。使用搖樹方式驚嚇荔枝細蛾成蟲，荔枝細蛾於植株內部短暫飛行後迅速回到樹幹下方，鮮少跨株飛行，此方法可估算荔枝細蛾成蟲數量[26]。觀察荔枝細蛾極具負趨光性，燈光干擾為有開發潛力的防治方式。防治策略上，妥善利用燈照應可做為干擾荔枝細蛾用途。

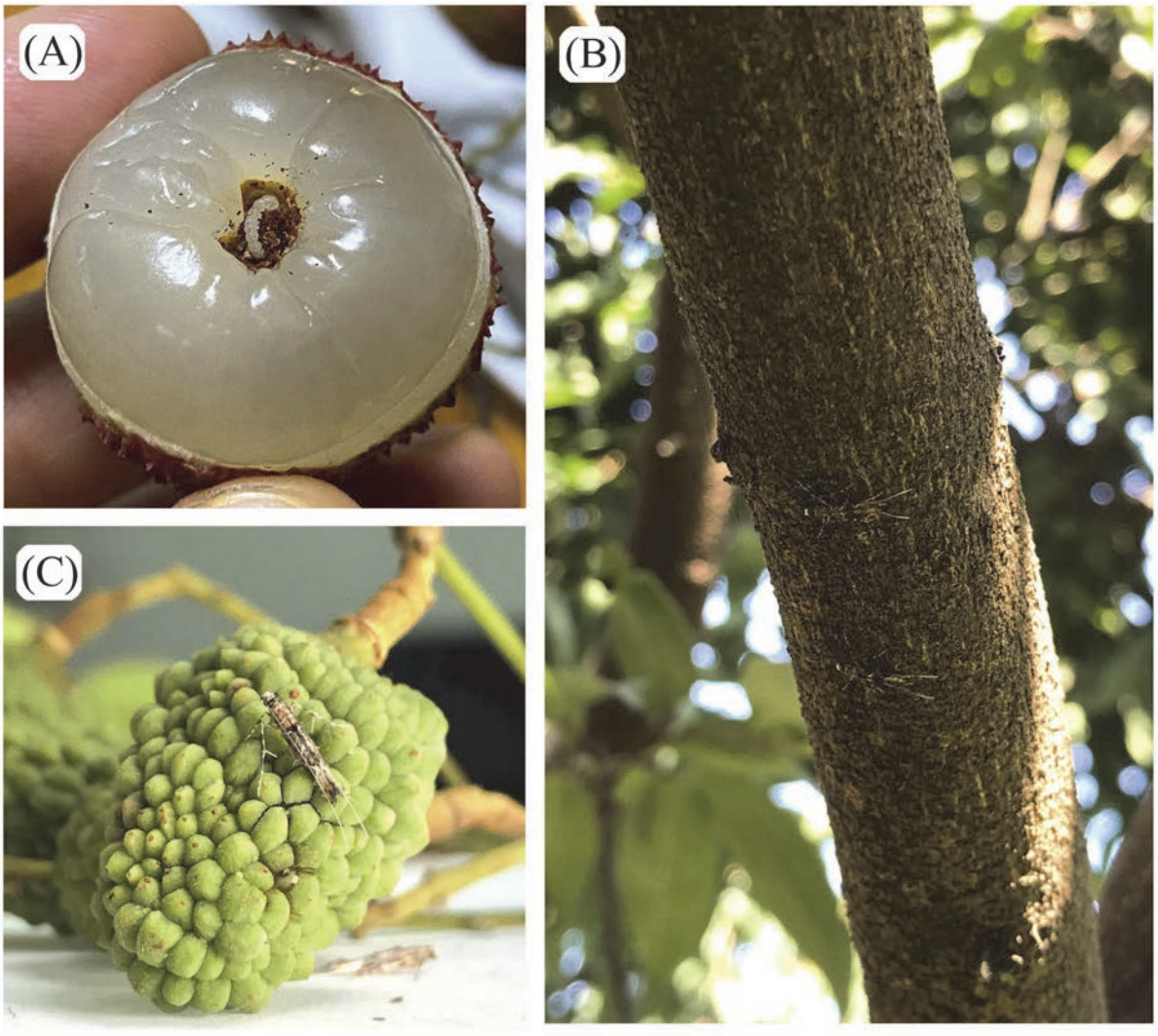


圖1：荔枝細蛾幼蟲與成蟲外觀。(A) 荔枝細蛾幼蟲為害果實、(B) 荔枝細蛾常停留在樹幹底端、(C)荔枝細蛾喜好產卵於果實溝縫處

Fig. 1. Appearance of larvae and adults of litchi borer. (A) Larvae of litchi borer damage fruits, (B) Imagoes of litchi borer under the litchi truck, (C) Litchi borer spawn on litchi fruit surface.

荔枝細蛾對光的反應

昆蟲常見對光的反應有向光性 (positive phototaxis)、避光性 (negative phototaxis)、光適應 (light adaptation)、晝夜規律干擾 (disturbance of circadian rhythm)、 光周期干擾 (disturbance of photoperiodicity)、UV 光毒害生長與發育 (Toxicity of UV on growth and development) 等多種反應[22]。過去研究利用夜行性昆蟲趨光的特性，使用特定波長捕捉等整合性蟲害管理 integrated pest management (IPM)[12,16]。使用有色黏蟲板或是燈照誘引方式偵測昆蟲種類以及數量[1]。使用 UV 誘引燈或不同波長 LED 燈，用於捕捉蛾類、白蟻[13]、粉蝨[23]或甲蟲[7]。亦有學者於棉花田中使用介於 375 - 748nm 共 19 種單一波長的 LED 進行試驗，以 395 nm 波長可捉到最多害蟲[17]。有研究觀察昆蟲對不同光譜的反應，例如藍光對黑腹果蠅 (*Drosophila melanogaster*)、地下家蚊 (*Culex pipiens molestus*) 與扁擬穀盜 (*Tribolium* confusum) 具有致死性[21]。533 nm 以下波長之光線會使雄性黃緣螢 (*Aquatica ficta*) 放出較低的頻率但較強的螢光，但對於 597 nm 以上的波長環境卻沒有影響[20]。660 nm 的紅光可減少南黃薊馬 (*Thrips palmi*) 為害胡瓜。520 nm 的綠光可促使分秘夜蛾 (*Mythimna separata)* 產生氧化逆境[9]。UV-B 對二點葉蟎有致死性 (*Tetranychus urticae*)，使用綠光以及白光可以有效捕捉茶樹小綠葉蟬(*Empoasca onukii*)[19]。

荔枝細蛾對光線很敏感，白天大多時間棲息於樹幹下方 (圖1B)，觀察荔枝細蛾活動力，發現白天的活動力非常低，接近完全不動的狀態。將荔枝細蛾置於玻璃瓶以錄影方式記錄荔枝細蛾於自然光環境一整天的活動情形，再以軟體運算每小時的移動距離。結果顯示荔枝細蛾白天活動距離趨近於 0，於日落後則活動力漸增，並於半夜2點達到活動力最高峰，日出前活動力漸漸減少，並於日出後又趨於不活動狀態 (圖2)。由此可證明荔枝細蛾屬夜行性昆蟲，白天有光環境下活動力極低。

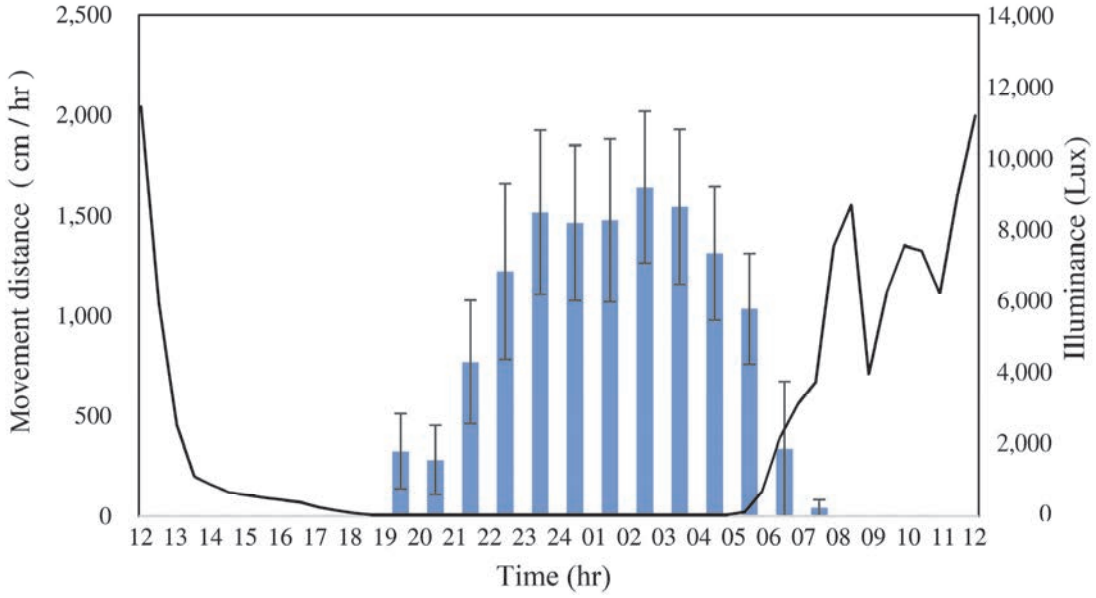


圖2、荔枝細蛾於一天中的活動距離。

Fig.2. The movement distance of *C. sinensis* in one day (n=14).

為瞭解荔枝細蛾在不同波長環境下的活動力、產卵量與為害率。將荔枝細蛾置於不透光的觀察箱中進行，設置之 LED 燈種類分別為400、460、520、600、660、740 nm、MixW與MixY等8種燈 (圖3)，光譜儀調整亮度為 0.5 與 0.1 μmol $m^{-2}s^{-1}$ 進行試驗，每個光波長皆全日燈照不關閉，另以全暗環境為對照，共 9 種試驗處理(圖3)。

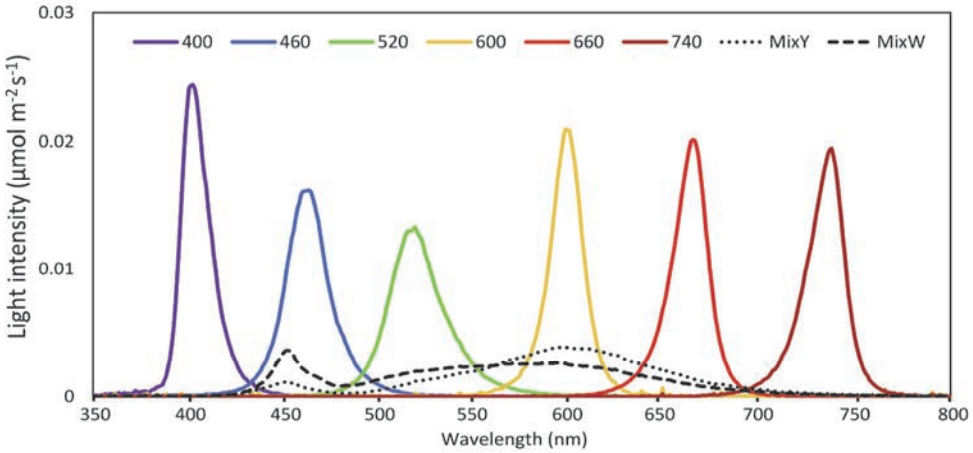


圖 3. 試驗使用不同燈照處理之光譜光量子情形。以光譜儀 (LM801S; Lebio, Ltd., Taiwan) 測量每個處理光強度為 0.5 μmol/$m^{-2}s^{-1}$ 之光譜強度。

Fig. 3. Photosynthetic photon flux (PPF) under different spectral illumination conditions in this study. The light intensity was detected by a spectrometer (LM801S, Lebio, Tainan, Taiwan), and the brightness of the observation boxes was adjusted to 0.5 μmol/$m^{-2}s^{-1}$.

荔枝細蛾於不同波長環境試驗結果顯示，若荔枝細蛾於黑暗環境，30 分鐘平均移動距離約 480.1 cm，於 0.5 μmol $m^{-2}s^{-1}$ 的不同光波長燈照皆會影響荔枝細蛾的活動距離。又以 400、460、520 與 600 nm 的短波長較 660 與 740 nm 的長波長活動力抑制達顯著性差異。此結果顯示荔枝細蛾對於短波長較為敏感，並明顯降低活動力。MixW 與 MixY 為混合波長，皆含高比例的 400 - 600 nm 波長光量子(圖 3)，顯著降低荔枝細蛾的活動力。其中 460、520 nm 與 MixW 的環境可使荔枝細蛾幾乎處於不移動的狀態，於 30 分鐘移動距離平均值只有個位數且達顯著性差異，分別為 8.7 cm、3.8 cm、3.5 cm (圖 4A)。

不同波長環境下之產卵量試驗結果顯示，荔枝細蛾於 400、460 與 520 nm 的短波長環境下的產卵量皆顯著低於 600、660 nm 與 740 nm 的長波長燈照環境。於各波長的試驗結果 0.5 μmol/$m^{-2}s^{-1}$ 的高光強環境產卵量皆顯示少於低光強 0.1 μmol/$m^{-2}s^{-1}$ 的環境。於 0.1 μmol/$m^{-2}s^{-1}$ 光強度的各種波長處理，以 400、460、520 nm 和 MixW 處理的產卵量顯著低於其它處理。於 0.5 μmol/$m^{-2}s^{-1}$ 光強度的各種波長環境下，則以 460、520nm、MixW 和 MixY 處理的產卵量顯著低於其它處理 (圖 4B)。

不同光譜燈具設置於田間進行荔枝細蛾田間為害率試驗，夜間黑暗處理為害率達 72% 顯著較其它處理嚴重。400、600、660 及 740 nm 的為害率為 36、32、32 及 38%次之，而 460、520 nm、MixW 和 MixY 的為害率為 10、6、16 與 18% 顯著較低 (圖 4C)，套袋處理的為害率 0% 是為害率最低的處理。

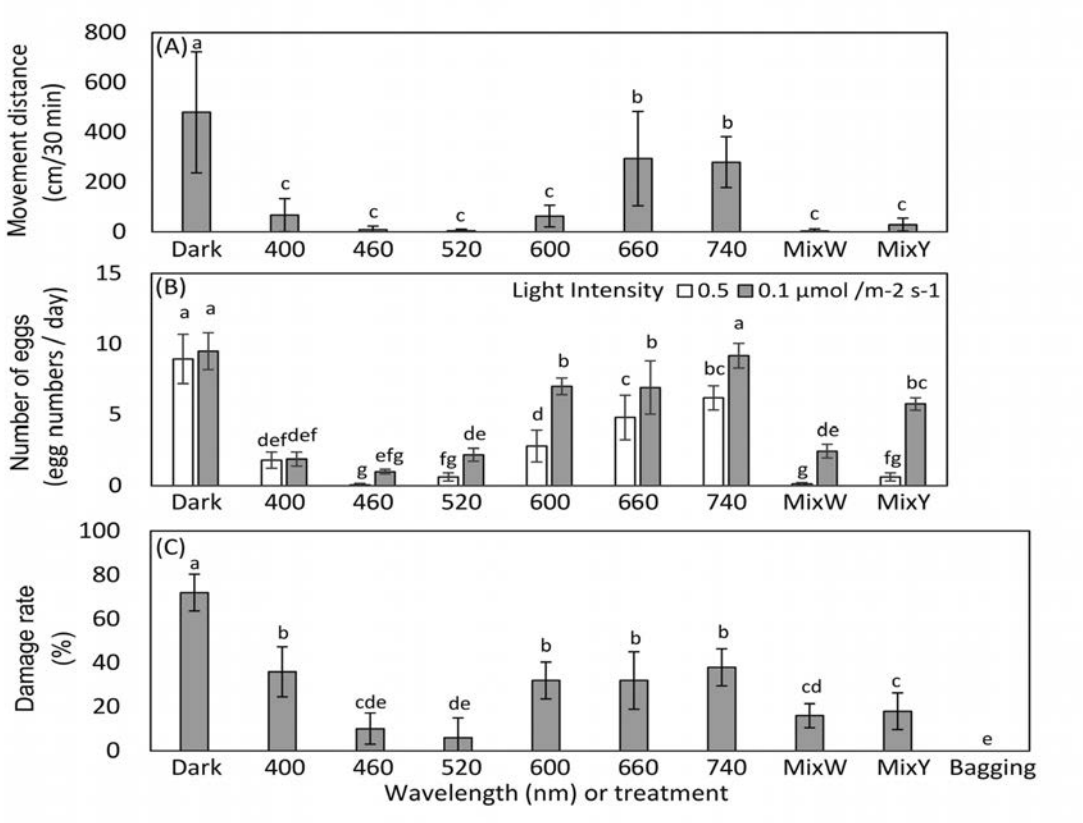


圖 4：荔枝細蛾於不同光波長環境之 (A)活動距離 (n=14) , (B) 產卵量(n=10) 與 (C) 果實蒂頭為害率(n=50)。

Fig. 4. The (A) Movement distance (n=14), (B) Number of eggs (n=10) and (C) Damage rate (n=50) by *C. sinensis* in different spectral environments. Means with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's LSD test. Bars indicate standard errors of the means.

夜間燈照技術於荔枝產區之防治效果與減藥成效

確定460 nm藍光、520 nm綠光與混合白光為防治荔枝細蛾最有效的波長後，進一步擴大於高雄大樹、杉林和屏東里港荔枝產區擴大試驗，以觀察大面積夜間燈照防治的效果。其中，高雄大樹過去為慣行栽培，111年著果後分為施藥、無施藥照射綠燈與無施藥等3種處理；屏東里港於著果後所有處理於採收前施8次農藥；高雄杉林則為全年皆無施用任何化學藥劑。111年於高雄大樹區的田間試驗結果顯示，完全沒有進行藥劑與燈光防治荔枝細蛾的成熟果實為害率為 61%，而果實生長期慣行噴藥的為害率為1%，只進行夜間綠光照射的為害率為 2% (圖5A)。可見夜間燈照的防治效果幾乎等同於藥劑防治，防治效果相當良好。屏東里港試區為慣行施藥荔枝園，果農表示過去10年果實為害率約3成至8成，藥劑防治效果相當不理想，夜間燈照試驗結果顯示夜間燈照藍、綠與白光的為害率介於 0～2% 之間，而無燈照對照組為 36%，燈照確實改善果農多年受荔枝細蛾為害之困擾(圖5B)。而杉林試區於110年6月採收後即無施任何農藥至111年6月，試驗結果顯示，無燈照對照組於採收時因已全數受荔枝細蛾為害，無果可進行調查，而藍、綠與白光的為害率介於 4 ～ 10% 之間。為害率較里港、大樹慣行農法較高，主要因為已1年沒有使用任何藥劑，荔枝細蛾的密度偏高，且杉林區沒有矮化樹體，枝葉較茂盛使燈照死角較多，但為害率可低於1成，顯示荔枝無農藥栽培搭配夜間燈照有機會進行大面積經濟生產 (圖5C)。

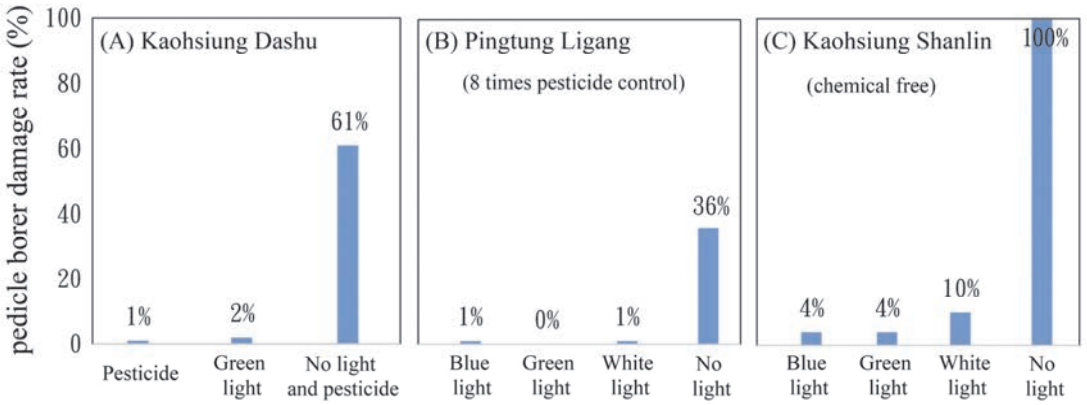


圖5：111年3個荔枝產區的夜間燈照試驗荔枝細蛾為害率。(A)高雄大樹區、(B)屏東里港鄉、(C)高雄杉林區。

Fig. 5. The damage rate of *C. sinensis* in three litchi-producing areas in the night lighting experiment. (A) Kaohsiung Dashu, (B)Pingtung Ligang, (C) Kaohsiung Shanlin.

於農藥檢測的結果顯示，農藥防治的處理有部分農藥殘留，只使用夜間綠光防治的處理因無施用農藥，檢驗結果為農藥零檢出(表1)。雖沒有使用農藥卻有相當低的荔枝細蛾為害率，顯見此防治方式效果良好，可提升消費者食用安全。

表1：111年3個荔枝產區農藥檢驗結果。

Table 1. Results of chemical inspection in three lychee experimantal areas in 2022.

	Kaohsiung Dashu			Pingtung Ligang	Kaohsiung Shanlin
	Pesticide (8 times)	Green light	No light and pesticide	Pesticide (8 times)	Chemical free
Acetamiprid 亞滅培	0.3	ND	ND	ND	ND
Carbaryl 加保利	0.01	ND	ND	ND	ND
Fenthion 芬殺松	0.01	ND	ND	ND	ND
lambda-cyhalothrin 賽洛寧	0.05	ND	ND	0.09	ND

綠光較白光可保持良好荔枝品質

過去夜間燈照防治蟲害的研究較著重於害蟲的影響，較少探討植物生理的影響。過去較無夜間燈照全株果樹的試驗，在此試驗中一同進行探討。於上述試驗已知夜間燈照有良好的荔枝細蛾防治效果，進一步瞭解荔枝果實品質的影響。

在3個產區進行較低光強度的 LED 試驗，高雄大樹區的試驗結果顯示，夜間燈照綠光與使用慣行噴藥的果實重量沒有顯著性差異 (圖6A)。屏東里港鄉的試驗結果顯示，夜間燈照藍光、綠光與白光的果實重量於處理間沒有達到顯著性差異，而沒有燈照的果實重量顯著較輕應是受到荔枝細蛾為害所造成 (圖6B)。高雄杉林的試驗結果顯示，夜間燈照綠光的果實重量顯著較藍光與白光較重 (圖6C)。

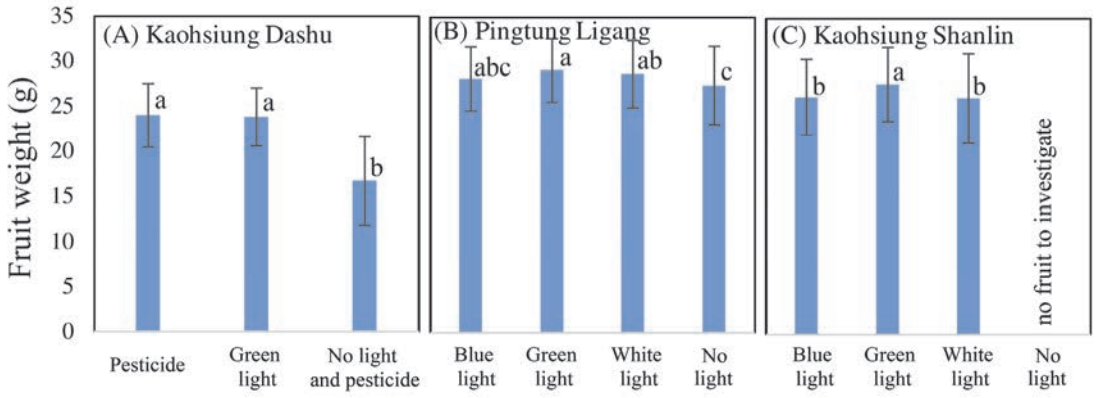


圖6：111年3個荔枝產區的夜間燈照試驗果實重量。(A)高雄大樹區、(B)屏東里港鄉、(C)高雄杉林區。

Fig. 6. The fruit weight of *C. sinensis* in three litchi-producing areas in the night lighting experiment. (A) Kaohsiung Dashu, (B)Pingtung Ligang, (C) Kaohsiung Shanlin. Means with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's LSD test. Bars indicate standard errors of the means.

糖酸比為果實口感與品質相當重要的指標，以可溶性固形物與可滴定酸的比值來呈現。試驗結果顯示，高雄杉林區夜間燈照綠光的果實糖酸比顯著高於藍光與白光 (圖7C)。高雄大樹區與屏東里港區亦以夜間燈照綠光呈現較高的糖酸比(圖7A、B)。綜合以上試驗結果，綠光不但有良好的荔枝細蛾防治效果，亦可保持良好的果實品質，為夜間燈照運用於荔枝產業的良好選擇。

進一步就過去研究探討為什麼夜間持續照光，會造成果實品質的影響。有的植物對於夜間持續光照較敏感，葉片有退綠症或壞死現象。花生(*Arachis hypogaea*

L.) 24小時燈照的氣孔導度較12小時燈照小，淨光合作用速率與產量也較少[19]。於番茄持續光照的研究顯示，夜間黑暗的對照組葉片損傷程度(Chlorotic area) 為11.9%，藍光、白光與紅光卻高達88%、83%與37.9%，顯示短波長的藍光處理會較長波長的紅光處理葉片的損傷較嚴重[18]。荔枝若和上述的花生和番茄一樣對持續光照敏感，可能因為氣孔導度較小、葉片產生氧化逆境及退綠症(Chlorosis)，間接影響光合產物累積及運輸。本試驗結果與上述研究有相似處，夜間持續燈照藍光或白光似乎有造成荔枝果實重量下降的現象，至於造成此現象的主要生理原因將在未來進一步研究確認。

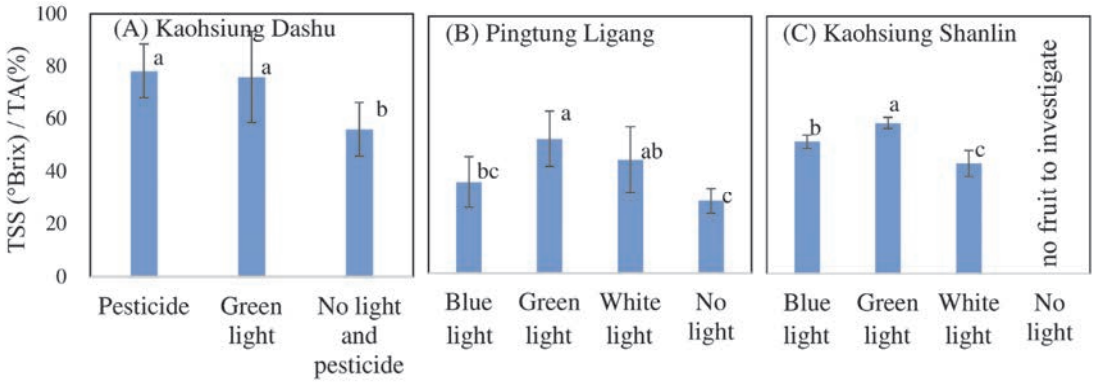


圖7：2022年夜間燈照試驗荔枝果實可溶性固形物與可滴定酸比值。(A)高雄大樹區、(B)屏東里港鄉、(C)高雄杉林區。

Fig. 7. The total soluble solid and titratable acid ratio of litchi fruit in the night lighting experiment. (A) Kaohsiung Dashu, (B)Pingtung Ligang, (C) Kaohsiung Shanlin. Means with the same letter are not significantly different at $P < 0.05$ by Fisher's LSD test. Bars indicate standard errors of the means.

荔枝細蛾防治技術綜合比較

目前荔枝產業主要減少荔枝細蛾密度的方式為殺蟲劑防治[12,34]。長年使用少數種類藥劑防治易產生抗藥性，例如高雄產區多年來常使用第滅寧(Deltamethrin 2.8% EC) 進行防治，藥效試驗結果顯示，著果後噴四次藥後七天的果實為害率，第滅寧為 59.38%，亞滅培為 1.25%，第滅寧於荔枝產地的防治效果較其它種農藥差[8]。應多種不同作用機制的藥劑輪替使用，並整合不同的防治方式，以達到良好的防治效果並減少抗藥性發生。研究單位多年來持續進行荔枝細蛾的防治方法研究，包括性費洛蒙誘引[27]、套袋[25]、全株套網、網室、自動微霧噴藥及夜間燈照等技術開發(圖 8)，在此進行綜合比較(表 2)。

表 2：荔枝細蛾防治技術綜合比較

Table 2. Comprehensive comparison of litchi borer protection technology.

防治方式	技術介紹與防治效果	優點	缺點
化學農藥防治(現行防治荔枝細蛾核准藥劑見表 3)	於著果後每 7~10 天噴施 1 次，目前為農民主要防治方式，果實生長期全園施用效果佳	1. 防治效果快	1. 對生物與環境為害較大 2. 有殘留量超標與害蟲產生抗藥性風險
性費洛蒙誘引	性費洛蒙可誘引到荔枝細蛾，但誘引蟲口數較低，目前此技術主要用於族群密度監測使用	1. 專一性高 2. 友善環境	1. 尚無法做為防治使用
套袋	著果後每穗果實以紙袋或 24 目塑膠網袋套袋，可防止蛾類、果實蠅為害，防治效果佳	1. 防治效果佳 2. 果皮鮮紅美觀 3. 低農藥殘留，可達農藥零檢出	1. 套袋過程耗費大量人力成本 2. 大多需爬梯作業，著果量少時較不符成本
全株套網	著果後全園進行藥劑防治 2~3 次後，快速進行全株套網，採收時才打開	1. 較逐穗套袋方式省工。 2. 可同時防止荔枝細蛾和果實蠅	1. 如果網內植株死角或落果內有少量荔枝細蛾，至採收期則常會全株為害
網室	著果後全園進行藥劑防治後即覆網，覆網至採收前仍可在網內進行多次藥劑防治，採收後即可掀網收起來，不會有颱風損害，妥善操作可使用 10 年以上	1. 不會有鄰田蟲害入侵風險 2. 控制網內低密度害蟲，可減少用藥次數 3. 可提前停藥，減少農藥殘留	1. 網室成本較高，不易大面積推廣 2. 較平整農地較適合網室操作
自動微霧噴藥	於網室內或露天設置微霧噴藥系統，於荔枝細蛾活動力最強盛的夜間進行噴藥，以增加防治效率	1. 只需配藥與設置定時器，節省人力成本	1. 噴藥管路需充分過濾以避免噴頭阻塞 2. 有時有噴藥死角
夜間燈照防治	利用荔枝細蛾避光特性，物理性的防治荔枝細蛾。於不適合施藥的開花期或著果初期即可開始夜間燈照防治。提早降低蟲害密度，	1. 防治效果良好 2. 設置簡單、成本不高 3. 可提早停藥，降低農藥殘留 4. 友善環境，提升食用安全	1. 於田間設置電線需注意用電安全

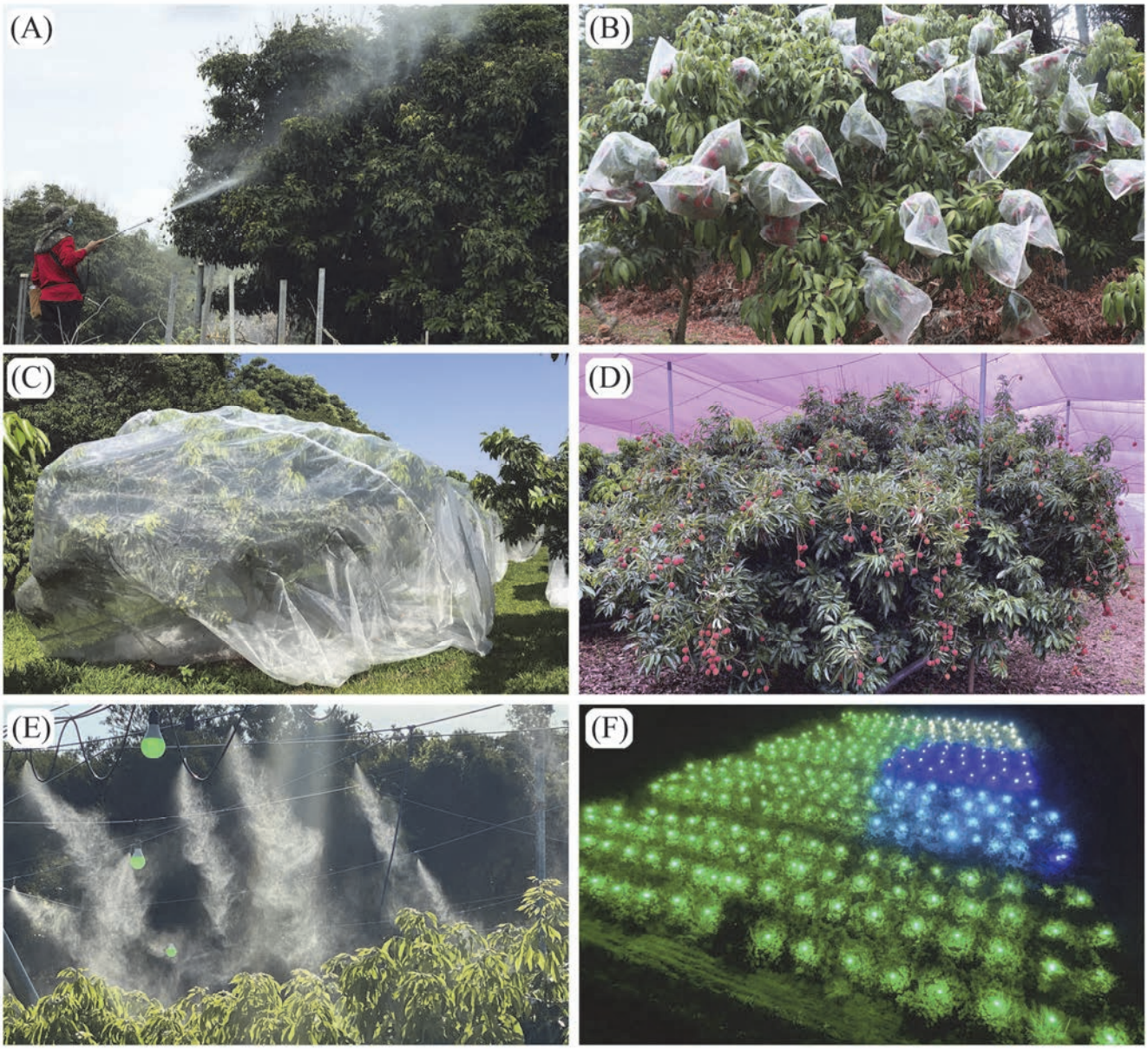


圖8：荔枝細蛾防治方式。(A)藥劑防治、(B)套袋防治、(C)整株套網防治、(D)網室栽培防治、(E)自動微霧噴藥防治、(F)夜間燈照防治。

Fig. 8.The management method of litchi borer. (A)pesticide management, (B)bagging management, (C)whole plant net cover management, (D)net house management, (E) automatic micro-mist spraying management, (F) lighting at night management.

表 3：現行防治荔枝細蛾核准藥劑 (此為 112/6/27 資訊，最新用藥資訊依防檢局公告為準)

Table 3. Current recommended pesticides for the control of litchi borer

Pesticide name 農藥名稱	Safe harvest period (days) 安全採收期 (天)	Mode of action 作用機制	Content and dosage form 含量與劑型	Dilution factor 稀釋倍數
carbaryl 加保利	15	systematic 系統性 1A	39.5%、40% SC 水懸劑	400
			44.1% SC 水懸劑	450
			50% WP 可溼性粉劑	500
			85% WP 可溼性粉劑	850
fenthion 芬殺松	10	contact 接觸性 1B	50% EC 乳劑、EW 水基乳劑	1,000
fenitrothion 撲滅松	10	contact 接觸性 1B	20% EC 乳劑	400
			40% WP 可溼性粉劑	800
			50% EC 乳劑	1,000
deltamethrin 第滅寧	9	contact 接觸性 3A	2.4% SC 水懸劑	1,500
			2.8% EC 乳劑、EW 水基乳劑	1,500
lambda-cyhalothrin + phosmet 益洛寧 (益滅松、賽洛寧)	25	contact 接觸性 1B,3A	42% WP 可溼性粉劑	1,500
acetamiprid 亞滅培	7	systematic 系統性 4A	20% SP 水溶性粉劑	4,000
lambda-cyhalothrin 賽洛寧	6	contact 接觸性 3A	2.46% CS 膠囊懸著劑 (110 年 3 月 31 日公告緊急防治藥劑)	2,000

資料來源：植物保護資訊系統 https://otserv2.tactri.gov.tw/ppm/

結論與展望

荔枝細蛾多年來造成荔枝產量嚴重影響，使用綠光進行夜間燈照，不但有良好的防治效果，亦較白光可保持良好的果實大小與甜度品質，至於架設成本，1分地的燈泡、電線、配電箱、支架、安裝工資等成本約需2萬元，1個月1分地的電費約400元，相當節能。使用此防治方式若以減少1成損失計算，當年即可回收投入成本。表示夜間綠光燈照為簡易可行又高效的防治方式。可提升農民、消費者安全，增加內外銷農藥殘留合格率，有助於創造品牌價值與友善環境目標，為具有發展潛力的創新技術。

謝　　辭

感謝行政院農業委員會與動植物防疫檢疫局支持研究經費(110AS-5.4.6-PI-P4)，研究過程承蒙國立台灣大學昆蟲學系許如君教授、國立彰化師範大學生物學系林宗岐教授、國立嘉義大學植物醫學系林彥伯助理教授、國立中山大學生物科學系顏聖紘副教授與高雄區農業改良場王泰權助理研究員共同提供寶貴意見，農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系徐智政助理研究員、賴秋炫小姐、胡鐸騰先生、馬秀燕小姐、丁漢彥先生與黃躍宗先生協助本研究進行，一併致上無限謝忱。

引用文獻

1. B”ockmann, E., Pfaff, A., Schirrmann, M., Pflanz, M., 2021. Rapid and low-cost insect detection for analysing species trapped on yellow sticky traps. Sci. Rep. 11, 10419.
2. Chen, H.B., Huang, H.B., 2005. Low temperature requirements for floral induction in lychee. Acta Hortic. 665, 195-202.
3. Chen, M.Y., Jeng W.S., Chen, C.J. Chen T.J., Tseng, M.N., Evaluation of the control effect of acetamiprid on litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley) in the field. J. Plant Med. 64: 79-84
4. Dong, Y., Xu, S., Chen, B., Yao, Q., Chen, G., 2015. Determination of larval instars and developmental duration of each stage at different temperatures of the litchi fruit borer, *Conopomorpha sinensis* (Lepidoptera: Gracillariidae).
5. Dorais, M., Yelle, S., Gosselin, A., 1996. Influence of extended photoperiod on photosynthate partitioning and export in tomato and pepper plants. N. Z. J. Crop Hortic. Sci. 24, 29-37.
6. Fang, H.H., Lee, W.L., Chiu, K.T., Ma, H.Y., Yang, S.H. Hung, C.Y., Chen, H.L., Tung, C.W. Tsai, Y.C. 2013. Irradiation with green light at night has great effects on the management of *Conopomorpha sinensis* and maintains favorable litchi fruit quality. Sci. Hortic. 312, 111830.
7. Hironaka, M., Kamura, T., Osada, M., Sasaki, R., Shinoda, K., Hariyama, T., Miyatake, T., 2017. Adults of *Lasioderma serricorne* and *Stegobium paniceum* (Anobiidae: Coleoptera) are attracted to ultraviolet (UV) over blue light LEDs. J. Econ. Entomol. 110, 1911-1915.
8. Hort Innovation, 2020. The Australian Horticulture Statistics Handbook 2018/2019, Horticulture Innovation Australia Limited. Hort Innovation, Sydney, Australia.
9. Hung, C.C, and J.S. Hwang and H.Y. Wang.2006. Survey of Lepidopterous pests of litchi and longan in Taiwan. Formosan Entomol. 26:27-44.
10. Hung, S.C., Ho, K.Y., Chen, C.C., 2008. Investigation of fruit damages of litchi caused by *Conopomorpha sinensis* Bradley and *Bactrocera dorsalis* (Hendel) in Chiayi. J. Taiwan Agric. Res. 57, 143-152.
11. Jahiel, M., Andreas, C., Penot, E., 2014. Experience from fifteen years of Malagasy lychee export campaigns. Fruits 69, 1-18.
12. Kim, K.N., Yun, C.N., Sin, U.C., Huang, Z.J., Huang, Q.Y., Lei, C.L., 2018. Green light and light stress in moth: influence on antioxidant enzymes in the oriental armyworm, *Mythimna separata* (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Sci. Pollut. Res. 25, 35176-35183.

13. Komatsu, M., Kurihara, K., Saito, S., Domae, M., Masuya, N., Shimura, Y., Kajiyama, S., Kanda, Y., Sugizaki, K., Ebina, K., Ikeda, O., Moriwaki, Y., Atsumi, N., Abe, K., Maruyama, T., Watanabe, S., Nishino, H., 2020. Management of flying insects on expressways through an academic-industrial collaboration: evaluation of the effect of light wavelengths and meteorological factors on insect attraction. Zool. Lett. 6, 15.
14. Meng, X., Hu, J., Li, Y., Dai, J., Guo, M., Ouyang, G., 2018. The preference choices of *Conopomorpha sinensis* Bradley (Lepidoptera: Gracilariidae) for litchi based on its host surface characteristics and volatiles. Sci. Rep. 8, 2013.
15. Mitra, S.K., Pathak, P.K., 2010. Litchi production in the Asia-pacific region. Acta Hortic. 863, 29-36.
16. Owens, A.C.S., Meyer-Rochow, V.B., Yang, E.C., 2018. Short- and mid-wavelength artificial light influences the flash signals of *Aquatica ficta* fireflies (Coleoptera: Lampyridae). PLoS One 13, e0191576.
17. Pan, H., Liang, G., Lu, Y., 2021. Response of different insect groups to various wavelengths of light under field conditions. Insects 12, 427.
18. Pham, M.D., Hwang, H., Park, S.W., Cui, M., Lee, H., Chun, C., 2019. Leaf chlorosis, epinasty, carbohydrate contents and growth of tomato show different responses to the red/blue wavelength ratio under continuous light. Plant Physiol. Biochem. 141, 477-486.
19. Rowell, T., Mortley, D.G., Loretan, P.A., Bonsi, C.K., Hill, W.A., 1999. Continuous daily light period and temperature influence peanut yield in nutrient film technique. Crop Sci. 39, 1111-1114.
20. Shi, L., He, H., Yang, G., Huang, H., Vasseur, L., You, M., 2021. Are yellow sticky cards and light traps effective on tea green leafhoppers and their predators in Chinese Tea plantations? Insects 12, 14.
21. Shibuya, K., Onodera, S., Hori, M., 2018. Toxic wavelength of blue light changes as insects grow. PLoS One 13, e0199266.
22. Shimoda, M., Honda, K.I., 2013. Insect reactions to light and its applications to pest management. Appl. Entomol. Zool. 48, 413-421.
23. Stukenberg, N., Gebauer, K., Poehling, H.M., 2015. Light emitting diode (LED)-based trapping of the greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*). J. Appl. Entomol. 139, 268-279.
24. Teng, Y. S., and H. H. Fang. 2012. The practical cultural model of lychee for adaptation to the climate change. p.39–44. *in*: Proceedings of the Symposium on Litchi-Inductry Development in Taiwan. April 17, 2012. Taichung, Taiwan. Taiwan Agric. Res. Inst. Taichung. (in Chinese).

25. Wang, T.C., Chang, J.W., Chang, J.Y., 2019. Assessment of bagging protection at different timings and mesh sizes for controlling litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley) on Litchi 'Tainung No. 1'. J. Agric. Res. 68, 40-46. (in Chinese)
26. Wei, W., Luo, Z.N., Fan, T.B., Liu, T.Z., 2005. Study on systemic surveillance of *Conopomorpha sinensis*. China Plant Prot. 25, 24-26.
27. Yao, Q., Xu, S., Dong, Y., Que, Y., Quan, L., Chen, B., 2018. Characterization of vitellogenin and vitellogenin receptor of *Conopomorpha sinensis* bradley and their responses to sublethal concentrations of insecticide. Front. Physiol. 9, 1250.
28. Zhao, L., Wang, K., Wang, K., Zhu, J., Hu, Z., 2020. Nutrient components, health benefits, and safety of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.): a review. Compr. Rev. Food Sci. Food Saf. 19, 2139–2163. Zhiping, L., 2014. Preliminary study on the trapping effect of sex pheromone in *Conopomorpha sinensis* Bradley. Beijing Agric. 12, 11-12.

ABSTRACT

Special Spectrum Lighting at Night to Control Litchi Borer (*Conopomorpha sinensis*) and Maintain Good Quality of Litchi (*Litchi chinenis*)

Fang, H. H.[1], Lee, W. L.[1], Chiou, K. D.[1], Tung, C. W.[2] and Tsai, Y. C.[2]

1. Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, TARI, Kaohsiung, Taiwan, R.O.C.
2. Department of Agronomy, College of Bioresources and Agriculture, National Taiwan University, Taipei, Taiwan, R.O.C.

Litchi borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley) is the most important pests in the litchi (*Litchi chinensis*) industry. In the past, the litchi industry mainly used chemicals to control insects. Litchi borer usually hide in the shade under the trunk, and their activity is extremely low in a bright environment. They are mating and spawning at night, and in a static state in the day times. After screening a variety of spectral conditions, it was found that green light can effectively inhibit the activity of litchi borer, reduce spawn and fruit damage rate, and does not affect fruit quality. The experiment results show that the green light at night have a good protective effect on litchi in Dashu, Xiongshi and Ligang experiment orchard. This technology has great potential for industrial promotion and development, which can reduce pesticides usage and friendly to the environment.

Key words: Litchi borer, LED, Pesticide reduction, IPM