

運用自動微噴霧設施降溫提升「玉荷包」荔枝開花率與防治荔枝細蛾

徐智政¹ 陳薪曉¹ 方信秀^{2,*}

摘要

徐智政、陳薪曉、方信秀。2024。運用自動微噴霧設施降溫提升「玉荷包」荔枝開花率與防治荔枝細蛾。台灣農業研究 73(4):259–268。

為提升「玉荷包」荔枝開花率，本研究嘗試以自動噴霧設施於12月定時噴霧降溫，再於3月調查開花比例。結果顯示，4種不同時間噴霧處理的開花率分別為不噴霧降溫18.3%、白天夜晚噴霧32.1%、白天噴霧42.9%及夜間噴霧26.7%，白天噴霧為提升荔枝開花率較佳的時段。白天噴霧的2種處理開花率皆顯著較不噴霧對照組高，而夜間噴霧處理並無顯著增加開花率。進一步使用同套噴霧系統測試以農藥噴霧防治荔枝細蛾的效果，結果顯示4種防治處理的為害率分別為：無用藥對照61%、自動噴藥10%、人工噴藥0%及夜間綠光 light-emitting diode (LED) 燈照2%。人工噴藥與夜間綠燈防治皆有極佳的防治效果，農藥自動噴霧方式雖可節省人力且降低荔枝細蛾為害率，但為害率仍有改進空間。

關鍵詞：荔枝、開花率、荔枝細蛾、溫度、農藥。

前言

荔枝 (litchi, *Litchi chinensis* Sonn.) 屬無患子科 (Sapindaceae) 的亞熱帶與熱帶常綠果樹，僅南北迴歸線一帶可順利生產，中國、泰國、印度、臺灣、越南及澳洲為主要生產國 (Mitra & Pathak 2010)，相當值得開發與研究。

臺灣主要荔枝栽培品種依產期早晚分為「玉荷包」、「黑葉」、「竹葉黑」、「糯米糍」及「桂味荔枝」。種植地區集中於臺灣中南部，其中以高雄市3,179 ha、臺中市1,873 ha及南投縣1,331 ha為主。荔枝於2022年總種植面積為9,640 ha，相較2012年的11,638 ha，於10年內快速減少近2,000 ha，約減少17.1%的面積 (農糧署農情報告資源網, https://agr.afa.gov.tw/afa/afa_frame.jsp)，因農民年齡老化與極端天氣趨於常態造成生產不穩定，進而使栽培面積逐漸減少 (Chang *et al.* 2017)。

「玉荷包」荔枝為早熟種，較「黑葉」荔枝與「糯米糍」荔枝較易達到花芽分化之低溫需求 (Chang 1999)。但近年暖冬發生率較高 (Fang *et al.* 2022a)，造成開花著果穩定性降低，影響收益。許多研究探討如何穩定荔枝生產，包括疏梢培養健壯結果枝、疏花減少養分消耗、環刻養分蓄積及適當的水分管理 (Yuan & Huang 1993; Hieke *et al.* 2002; Huang *et al.* 2003; Olesen *et al.* 2013)。荔枝入秋後於適度低溫與乾旱刺激下，有助荔枝營養生長轉換為生殖生長，花芽分化受到溫度、水分逆境及枝條成熟度所影響 (O'Hare 2002; Malhotra *et al.* 2018; Su *et al.* 2021)。溫度可決定新芽發展為葉片或是花朵 (Menzel *et al.* 1989)。必須有一段足夠的低溫期才可誘導花芽分化 (Chen & Huang 2005; Chen *et al.* 2013)。冬季低溫誘導荔枝花芽分化成花芽混合葉芽基體 (rudimentary leaves) 與花芽基體 (panicle primordia)，

投稿日期：2024年4月19日；接受日期：2024年7月31日。

* 通訊作者：show@tari.gov.tw

¹ 農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系助理研究員。臺灣 高雄市。

² 農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系副研究員。臺灣 高雄市。

若持續處於足夠低的溫度，葉芽基體將停止生長，花芽基體則持續發展為完整的圓錐花序。暖冬或暖春可使葉芽基體持續生長為完整葉片，而花芽基體則停止生長或萎縮，也可能形成帶葉花序，影響開花率 (Yang *et al.* 2017)。由於全球暖化，暖冬或是溫暖的春天會抑制花芽分化或花芽敗育而影響荔枝產量 (Liu *et al.* 2019)。本研究透過白天與夜晚噴霧降溫的概念，探討不同時間噴霧降溫增加開花穩定度的效果。過去研究指出，「玉荷包」荔枝產量與前一年 12 月的氣溫相關性最高 (Fang *et al.* 2022a)，故本試驗於 12 月進行噴霧降溫試驗。

除了使用噴霧降溫的試驗，進一步使用此套噴霧設施於夜間噴藥進行蟲害防治效果評估，主要觀察的防治對象為荔枝細蛾。荔枝細蛾 (*Conopomorpha sinensis* Bradley, litchi fruit borer) 為影響荔枝產業最嚴重的害蟲，易導致嚴重減產 (Chen *et al.* 2022)。以人工噴藥與不噴藥做為對照。因荔枝細蛾對光十分敏感，主要於夜間活動，白天則趨於靜止狀態。研究結果證實夜間使用 light-emitting diode (LED) 綠光照射，可同時具有高效率的防治效果與良好的果實品質 (Fang *et al.* 2022b, 2023)，因此將夜間綠光 LED 燈照防治方式也納入，共同比較不同防治方式之防治效率，作為未來產業運用之參考。

材料與方法

本試驗地點位於高雄市旗山區許氏農民「玉荷包」荔枝果園 (經緯度座標：22°46'05.3"N、120°26'25.0"E)，全園進行相同條件的灌水、施肥及病蟲害田間管理。微霧噴頭內含濾心操作壓力 200 pound per square inch (PSI)，噴霧角度 75°–80° (AQUA AIRCON C2, Shang-I, Taichung, Taiwan)，水源使用動力噴霧機 (W-45B, WULI, Taichung, Taiwan) 加壓，並設定 4 個迴路，分別設有電磁閥作為定時開關使用。以硬質水管連接至各區後，再使用軟管分接，每株植株設置 7 個微霧噴頭，包括離地上 3.5 m 處設置 5 個噴頭環繞植株，另有 2 個噴頭以軟管延長至植株內部離地面 1.5 m 處。

噴霧降溫試驗

噴霧降溫處理時間自 2021 年 12 月 1 日開始至 12 月 31 日，溫度紀錄器 (HOBO Pro v2, Onset, Boston, MA, USA) 每 5 min 記錄 1 筆資料，連續記錄 1 mo，每個處理設置 1 個紀錄器設置於玉荷包植株下方，離地面 1 m，陽光全日不會照射的區域，噴霧水來源水塔使用冰水機控制於 10℃。4 種噴霧時間處理分別為 (A) 不噴霧對照組、(B) 白天噴霧組 10:00–16:00、(C) 夜間噴霧組 01:00–07:00 及 (D) 白天夜晚噴霧組。各處理時間中每分鐘噴霧 36 mL，每噴霧 1 min 停止 30 s，每組各 24 株「玉荷包」，株齡 15 年，株高約 2.5 m 高。2022 年 3 月 15 日計算開花率，每株開花率調查方式為植株東西南北與頂部各隨機調查 2 穗，調查每穗是否有花芽抽出，無論是帶葉花序或純花序皆視為花芽有順利分化，皆標註為有花芽抽出，每株共調查 10 穗計算該株開花率。之後再將各處理的開花率平均，取得不同處理的平均開花率，另進行不同噴霧處理的不同開花率統計比較。

2019 年 12 月全天氣象變化資料，取自中央氣象署網站 (Central Weather Administration) 高雄溪埔站 (代號 C0V350)，海拔高度 36 m，(經緯度座標：22°44'18.9"N、120°26'48.5"E)，此氣象站距離試驗地點直線距離約 3.01 km。據 2019–2023 年的 12 月逐小時氣象資料顯示，全日氣溫於 7:00 之後開始增加，直至 14:00 達到全日最高溫，之後再逐漸減少，故本試驗將噴霧時間安排於夜間 1:00–7:00，與白天 10:00–16:00 兩個時段 (圖 1)。

自動微霧噴藥試驗

防治荔枝細蛾的試驗處理包括 (A) 不噴藥對照組、(B) 夜間自動噴霧組、(C) 白天人工噴藥組及 (D) 夜間綠光 LED 燈照組。藥劑種類與濃度分別為亞滅培水溶性粉劑 (active ingredient (a.i.) acetamiprid, 20% soluble powder)、丁基加保扶可濕性粉劑 (a.i. carbosulfan, 40% wettable powder)、加保利可濕性粉劑 (a.i. carbaryl, 50% wettable powder)、撲滅松可濕性粉劑 (a.i. fenitrothion, 40% wettable powder)、

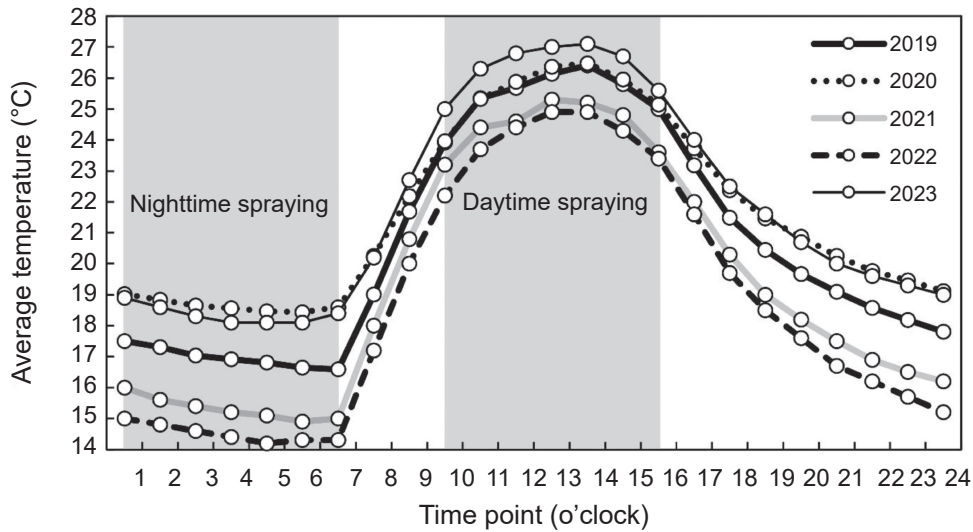


圖 1. 高雄溪埔氣象站 12 月全日平均溫度與本試驗噴霧時段。

Fig. 1. Daily average temperature of Kaohsiung Xipu Meteorological Station in December and spraying periods in this experiment.

芬殺松乳劑 (a.i. fenthion, 50% emulsifiable concentrate) 及賽洛寧微乳劑 (a.i. lambda-cyhalothrin, 2.5% microemulsion)。施用時間為 2022 年，施藥日期與藥劑種類如附錄所示。自動噴霧噴藥時間為夜晚 20:00 開始。夜間 LED 綠燈 (12 W LED lamp, Innovta, Kaohsiung, Taiwan) 架設於株與株之間離地 3.5 m 處，燈泡設置密度長 4 m 寬 6 m，於 3 月 28 日開始燈照，燈照時間為每日 18:00–06:00。使用燈具 12 W，電壓為 110 V，光譜範圍於 500–560 nm 之間，發光效率為 (113 lm W^{-1})。

所有處理於 6 月 5 日採收調查果實為害率。為害率調查方式為每處理內植株逢機取 10 株，每株逢機取 10 粒荔枝果實，每處理共採樣 100 粒果實。每粒果實皆使用刀具縱向開後，觀察果實種子切面與果蒂內部是否有荔枝細蛾為害。

資料於 Microsoft Office Word 與 Excel 進行資料輸入與圖表繪製，使用 SAS Enterprise Guide 7.1 版本進行統計分析，先進行變方分析確定處理因子具顯著差異水準後，再進行最小顯著性多重比較 (least significant difference; LSD) ($P < 0.05$)。

結果

噴霧降溫提升開花率試驗

噴霧降溫試驗的 4 種處理分為不噴霧對照組、白天噴霧組、夜間噴霧組及白天夜晚噴霧組等 4 種處理。試驗結果顯示，全日氣溫大多介於 15–30°C 之間，而夜晚溼度大多超過 90%。本試驗結果顯示，4 種噴霧降溫處理沒有造成明顯的處理植株周遭環境的溫度與溼度大幅變化 (圖 2)。

進一步觀察白天與夜晚噴霧時段之溫溼度資料，4 種處理之白天噴霧時段平均溫度為 24.7–25.5°C，夜晚噴霧時段平均溫度為 16.2–16.4°C。白天噴霧時段平均溼度為 65.4–68.9%，夜晚噴霧時段平均溼度為 94.3–95.9%。

以不噴霧對照組為比對基準，白天噴霧時段的白天噴霧組與白天夜晚噴霧組的平均溫度下降 0.8°C 與 0.4°C，平均溼度下降 0.4% 與 1.8%；而夜晚噴霧時段之夜間噴霧組與白天夜晚噴霧組的平均溫度增加 0.1°C 與 0°C，平均溼度增加 0.7% 與 0.6% (表 1、表 2)。

四種不同噴霧處理分別調查 24 株「玉荷包」荔枝，不同開花率之株數統計於圖 3，不噴霧對照組有 7 株開花率為 0%，為 4 種處理中最

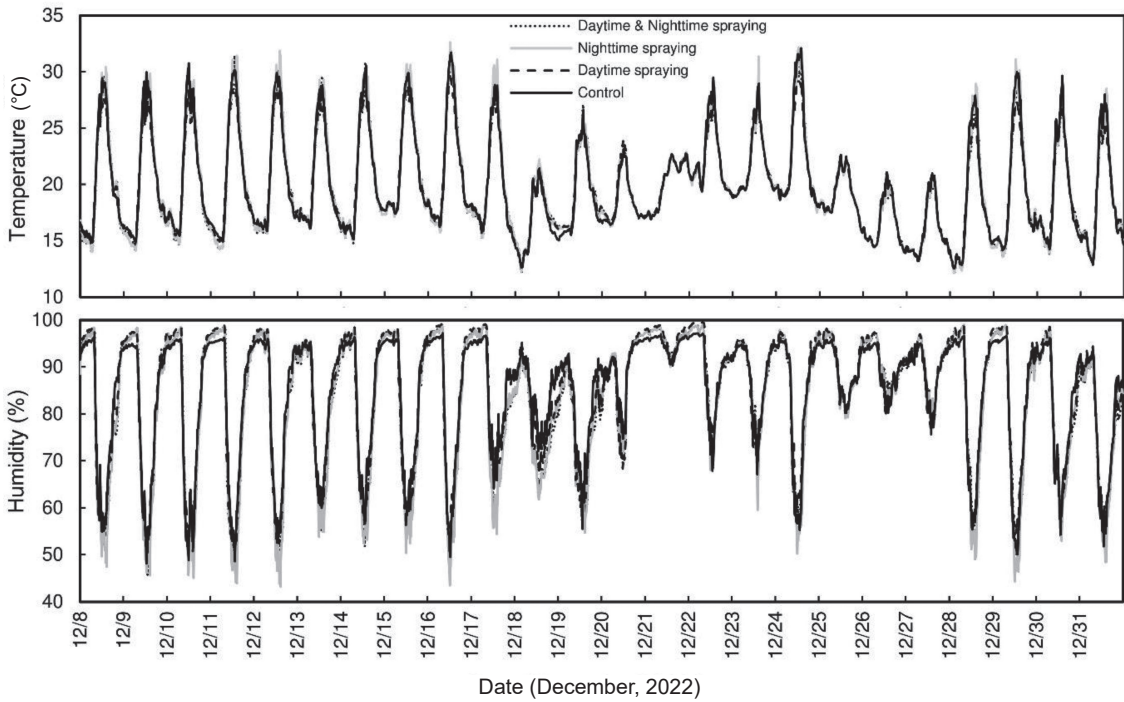


圖 2. 4 種不同噴霧處理之每日溫溼度變化。
Fig. 2. Daily temperature and humidity changes of 4 different spraying treatments.

表 1. 4 種不同噴霧處理之於白天噴霧時段與夜晚噴霧時段之平均溫度。
Table 1. Average temperature of 4 different spraying treatments applied during day and nighttime spraying periods.

Period	Average temperature (°C) at different treatments			
	Control	Nighttime spraying	Daytime spraying	Daytime & Nighttime spraying
10:00–16:00	25.5	25.5	24.7	25.1
01:00–07:00	16.3	16.2	16.4	16.2
All day	19.8	19.9	19.7	19.7

表 2. 4 種不同噴霧處理之於白天噴霧時段與夜晚噴霧時段之平均溼度。
Table 2. Average humidity of 4 different spraying treatments applied during day and nighttime spraying periods.

Period	Average humidity (%) at different treatments			
	Control	Nighttime spraying	Daytime spraying	Daytime & Nighttime spraying
10:00–16:00	68.9	65.4	68.5	67.1
01:00–07:00	94.3	95.0	95.9	94.9
All day	84.7	83.3	84.9	83.6

多植株者。而白天噴霧組與白天夜晚噴霧組全部植株都有不同比例的開花。將所有的開花率資料進行統計分析，不噴霧對照組、夜晚噴霧組、白天噴霧組及白天與夜晚噴霧組等 4 種處理的開花率分別為 18.3%、26.7%、42.9% 及 32.1%。其中白天噴霧組、白天夜晚噴霧組及

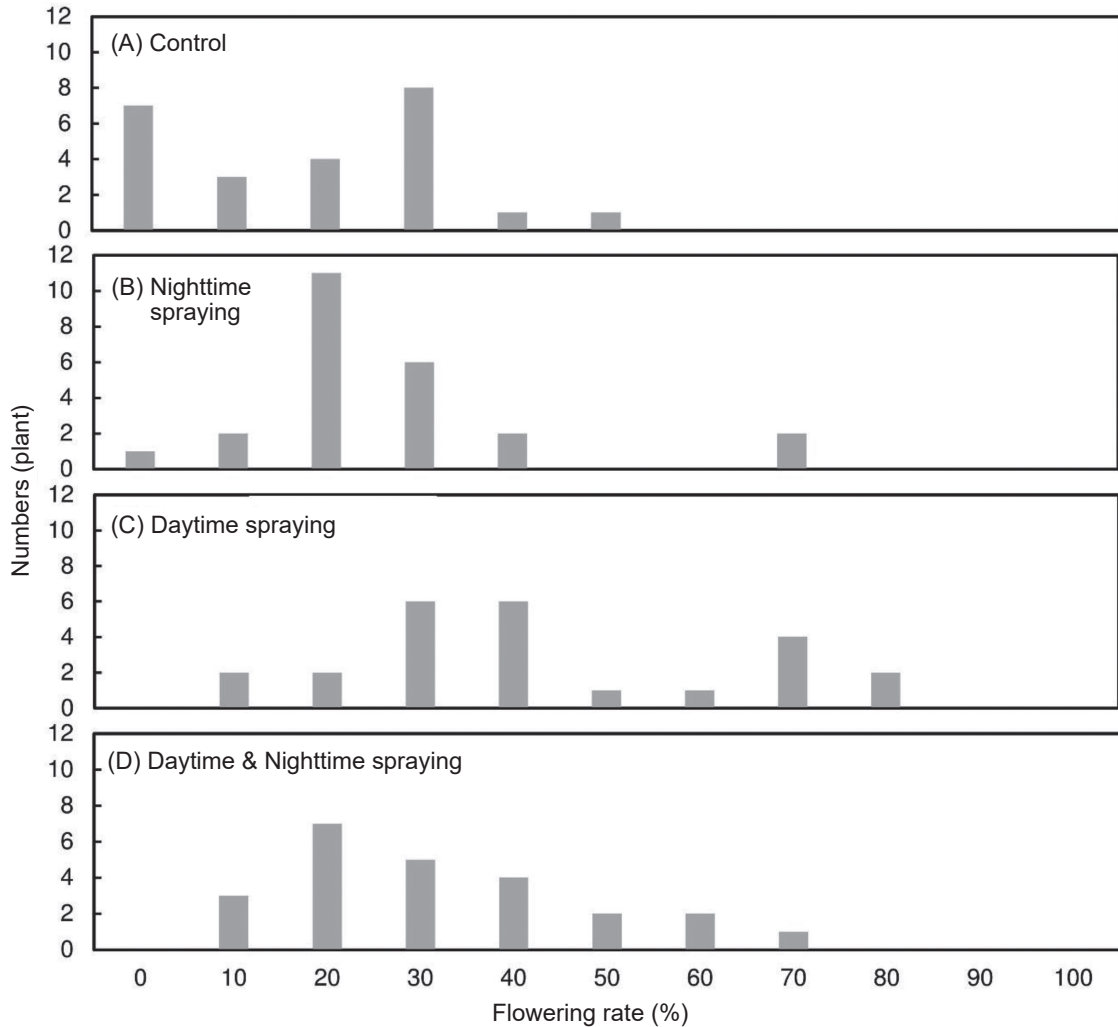


圖 3. 「玉荷包」荔枝進行 4 種不同噴霧處理的不同開花率株數統計。

Fig. 3. Statistical analysis of the numbers of 'Yu-Her-Pao' litchi plants with different flowering rates after 4 different spraying treatments.

不噴霧對照組的平均開花率皆有達顯著性差異，而夜晚噴霧組並沒有與不噴霧對照組的平均開花率達到顯著性差異 (表 3)。

夜晚自動噴藥防治荔枝細蛾試驗

防治荔枝細蛾試驗包括不噴藥對照組、夜晚自動噴藥組、白天人工噴藥組及夜間綠光 LED 燈照組等 4 種處理。於果實成熟後調查為害率分別為 61%、10%、0% 及 2%。以人工噴藥組與夜間綠光 LED 燈照組的為害率控制

表 3. 「玉荷包」荔枝進行 4 種不同噴霧處理之平均開花率。

Table 3. Average flowering rate of 'Yu-Her-Pao' litchi under 4 different spraying treatments.

Treatment	Flowering rate
Control	18.3 ± 3.04 c ^z
Nighttime spraying	26.7 ± 3.27 bc
Daytime spraying	42.9 ± 4.31 a
Daytime & Nighttime spraying	32.1 ± 3.40 b

^z Mean ± standard error. Means denoted with the same letter are not significantly different each other at level $P = 0.05$ of least significant difference (LSD) test ($n = 24$).

表 4. 4 種不同防治方式之荔枝細蛾為害率。

Table 4. Damage rates of litchi fruit borer under 4 different litchi fruit borer control methods.

Treatment	Litchi fruit borer damage rate (%)
Control (none pest control)	61.0 ± 1.4 a ²
Automatic pesticide spraying	10.0 ± 3.0 b
Manual pesticide spraying	0 ± 0 c
Green light-emitting diode (LED) light for nighttime illumination	2.0 ± 1.4 bc

²Mean ± standard error. Means denoted with the same letter are not significantly different each other at level $P = 0.05$ of least significant difference (LSD) test ($n = 100$).

顯著較佳，夜晚自動噴藥組亦顯著優於不噴藥對照組。

討論

荔枝於冬季有足夠的低溫期開花率普遍較穩定，抽花穗期較低的溫度花芽分化較穩定，而開花期較高的溫度可增加授粉昆蟲活性且光合效率較高，使產量較高，不同的荔枝品種對溫度變化的敏感度不同 (Qi & Ouyang 2017; Qi & Ou 2019)。高溫環境影響形態發育、生理及化學物質改變，而導致產量與經濟的損失 (Sharma & Manjeet 2020)。為使作物可順利生產，於溫室內搭配噴霧、風扇或空調，以增加溼度與蒸散作用的方式達到降溫目標，於溫室內可讓白天溼度由 40–60%，提升至 70–90%，並使白天平均溫度降低 2–5°C (Eduard *et al.* 2022)。自動噴霧降溫設施目前已嘗試於菠菜與葡萄等生產使用運用。以較喜好生長於冷涼氣候的菠菜為例，溫室內每日最高溫平均為 35.1°C，噴霧處理的每日最高溫平均降為 33.9°C，全日的平均溫度降低 0.4°C，全日平均溼度增加 5%，最終產量可增加 30% (Tai *et al.* 2020)。溫室的高溫會影響葡萄開花期的光合作用與產量減少，在 1、2 及 3 h 的噴霧，空氣溼度可由 40% 提升至 90%，分別可以降溫 5.12°C、5.09°C 及 5.17°C，噴霧環境可增加葉綠素含量與光合作用效率 (Zheng *et al.* 2021)。

本試驗結果顯示，白天噴霧並未大幅提升環境的溼度與降低環境溫度，以不噴霧對照組為基準，兩個有進行白天噴霧的處理，平均溫度分別下降 0.8°C 與 0.4°C (露地栽培屬於開放

空間，所以降溫幅度有限，但是卻可維持周遭環境於一相對較低的氣溫)。溼度部分，以全天溼度於 50–100% 之間變化來說，白天噴霧時的平均溼度卻反而分別下降 0.4% 與 1.8%，表示白天以露天噴霧的方式並沒有辦法大幅提升溼度，進而達到促進蒸散降溫的作用；而對照組的夜晚溼度高達 94.3%，兩個進行夜間噴霧處理的溼度分別只有提升 0.7% 與 0.6%，而平均溫度則幾乎沒有變化。此結果顯示，因噴霧處『露天開放』環境，面積達 0.5 ha，不易大幅提升白天溼度，也因此無法有效降溫，而夜間噴霧時段平均溼度高達 94.3%，可提升溼度的空間很少，即使用冰水機送出 10°C 冰水噴霧降溫，亦無法達到大幅降溫的效果。但是，相對氣溫較低的周遭環境與較高的溼度，將可減少白天的維持呼吸消耗與對花穗的高溫傷害，有助於花穗開花。

比較不同噴霧降溫處理的開花率結果顯示，每處理調查 24 株，無噴霧對照組開花率 18.3%，夜晚噴霧組開花率 26.7%，兩者間沒有達顯著性差異，而白天噴霧組與白天夜晚噴霧組的開花率為 42.9% 與 32.1%，與無噴霧對照組比較皆有達顯著性差異。進一步觀察 4 種噴霧處理之不同開花率株數統計，可發現不噴霧對照組完全沒開花比例最高，白天噴霧組與白天夜晚噴霧組之所有植株則皆有不同比例的開花率，可見白天噴霧對於開花率提升有部分幫助。

對農民生產而言，開花率愈高預期產量愈高。一般而言，期望「玉荷包」荔枝達到 8 成以上的開花率，才有較穩定的產量。於本試驗結果中，白天噴霧組與白天夜晚噴霧組之 10:00–6:00 溫度較對照組低 0.8°C 與 0.4°C，結

果顯示白天噴霧顯著提升開花率 1–2 成，而夜晚噴霧並沒有顯著提升開花率。雖然使用白天噴霧方式可部分提升開花率，但對於達到全區 8 成以上開花率的栽培技術仍待持續開發。

使用同套噴霧系統，進一步探討自動噴藥對荔枝細蛾的為害率控制能力，因荔枝細蛾主要活動時間為夜晚 (Fang *et al.* 2022b, 2023)，嘗試於夜晚自動噴霧噴藥以增加防治效率。試驗結果顯示，不施藥對照組果實為害率為 61%，因果實成熟才調查果實為害率，早期為害的果實大多已落果，所以實際的為害率應比 61% 還高上許多。自動噴藥、白天人工噴藥及夜間綠光 LED 燈照的為害率分別為 10%、0% 及 2%，皆與不施藥對照達顯著性差異。其中，人工噴藥與夜間綠光 LED 燈照防治效果皆相當好，且兩者之間沒有達顯著性差異。夜間綠燈 LED 照射為物理性的防治方式，雖然沒有使用任何化學農藥，但防治荔枝細蛾的效果與傳統的噴藥方式相當，為相當有效的防治方式。夜間自動噴霧防治荔枝細蛾的為害率 10%，雖然與不噴藥對照組達顯著差異，但農民與消費者對果實為害的期望接近 0%，所以，此套自動噴霧系統對於防治效率的提升仍有改善空間。

自動噴霧系統雖可減少噴藥人力成本，但因荔枝產業對荔枝細蛾防治效率的要求極高，單獨使用尚不易達到產業端對荔枝細蛾為害率的要求。因果實生長期間仍需有使用殺菌藥防治炭疽病或露疫病等病害的需求，若使用自動噴霧系統噴施殺菌劑，同時搭配夜間綠光燈照方式防治荔枝細蛾，有機會達成節省人力成本與經濟生產的目標。自動噴霧系統使用於開花率提升仍有加強空間，未來可持續開發穩定荔枝生產栽培技術或以品種更新方式提升開花率，使荔枝產業可在臺灣永續發展。

誌謝

本研究承蒙行政院農業部經費補助，農業部農業試驗所鳳山熱帶園藝試驗分所熱帶果樹系賴秋炫小姐、胡鐸騰先生、馬秀燕小姐及丁漢彥先生協助本研究進行。在此一併誌謝。

引用文獻

- Chang, J. W. 1999. Regulation of flowering in litchi. Doctoral Dissertation. Department of Horticulture and Landscape Architecture, National Taiwan University. Taipei, Taiwan. 136 pp. (in Chinese with English abstract)
- Chang, J. W., P. A. Chen, and I. Z. Chen. 2017. Litchi breeding and plant management in Taiwan. p.31–58. *in: The Lychee Biotech.* (Kumar, M., V. Kumar, R. Prasad, and A. Varma, eds.) Springer. Singapore. 448 pp. doi:10.1007/978-981-10-3644-6_2
- Chen, H. B. and H. B. Huang. 2005. Low temperature requirements for floral induction in lychee. *Acta Hort.* 665:195–202. doi:10.17660/ActaHortic.2005.665.21
- Chen, M. Y., W. S. Jeng, C. J. Chen, T. J. Chen, and M. N. Tseng. 2022. Evaluation of the control effect of acetamiprid on litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley) in the field. *J. Plant Med.* 64:79–84. (in Chinese with English abstract) doi:10.6716/JPM.202209_64(3).0001
- Chen, P. A., S. F. Roan, C. L. Lee, and I. Z. Chen. 2013. The effect of temperature during inflorescence development to flowering and inflorescence length on yield of ‘Yu Her Pau’ litchi. *Sci. Hort.* 159:186–189. doi:10.1016/j.scienta.2013.04.029
- Eduard, R., W. Ruslan, I. Iskandar, and D. Setyanto. 2022. Setting temperature and humidity with a misting system in a pilot greenhouse at Cisauk-Tangerang, Indonesia. *Appl. Sci.* 12:9192. doi:10.3390/app12189192
- Fang, H. H., K. D. Chiou, C. C. Hsu, and W. L. Lee. 2022a. Feasibility study on using meteorological data to forecast litchi yield. *J. Taiwan Agric. Res.* 71:343–357. (in Chinese with English abstract) doi:10.6156/JTAR.202212_71(4).0006
- Fang, H. H., W. L. Lee, K. D. Chiou, C. W. Tung, and Y. C. Tsai. 2022b. Application of lighting at night technique on the management of *Conopomorpha sinensis*. p.121–140. *in: Proceedings of Symposium on Development and Application of Innovative Technology for Plant Protection and Quarantine.* September 23, 2022. Taichung, Taiwan. Taiwan Phytopathological Society. Taichung, Taiwan. (in Chinese with English abstract)
- Fang, H. H., W. L. Lee, K. T. Chiu, H. Y. Ma, S. H. Yang, C. Y. Hung, ... Y. C. Tsai. 2023. Irradiation with green light at night has great effects on the management of *Conopomorpha sinensis* and maintains favorable litchi fruit quality. *Sci. Hort.* 312:111830. doi:10.1016/j.scienta.2023.111830
- Hieke, S., C. M. Menzel, V. J. Doogan, and P. Lüdders.

2002. The relationship between yield and assimilate supply in lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Hortic. Sci. Biotechnol.* 77:326–332. doi:10.1080/14620316.2002.11511501
- Huang, X., H. Wang, and W. Yuan. 2003. Effects of twig girdling at different stages on new shoot growth and carbon nutrient reservation. *Acta Hortic. Sin.* 30:192–194.
- Liu, H., C. Wang, H. Chen, and B. Zhou. 2019. Genome-wide transcriptome analysis reveals the molecular mechanism of high temperature-induced floral abortion in *Litchi chinensis*. *BMC Genom.* 20:127. doi:10.1186/s12864-019-5493-8
- Malhotra, S. K., S. K. Singh, and V. Nath. 2018. Physiology of flowering in litchi (*Litchi chinensis*): A review. *Indian J. Agric. Sci.* 88:1319–1330. doi:10.56093/ijas.v88i9.83329
- Menzel, C. M., T. S. Rasmussen, and D. R. Simpson. 1989. Effects of temperature and leaf water stress on growth and flowering of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *J. Hortic. Sci.* 64:739–752. doi:10.1080/14620316.1989.11516017
- Mitra, S. K. and P. K. Pathak. 2010. Litchi production in the Asia-Pacific region. *Acta Hortic.* 863:29–36. doi:10.17660/ActaHortic.2010.863.1
- O'Hare, T. J. 2002. Interaction of temperature and vegetative flush maturity influences shoot structure and development of lychee (*Litchi chinensis* Sonn.). *Sci. Hortic.* 95:203–211. doi:10.1016/S0304-4238(02)00035-3
- Olesen, T., C. M. Menzel, C. A. McConchie, and N. Wiltshire. 2013. Pruning to control tree size, flowering and production of litchi. *Sci. Hortic.* 156:93–98. doi:10.1016/j.scienta.2013.03.013
- Qi, W. and X. Ouyang. 2017. Impacts of climate variations on litchi yield in China. p.31–37. *in*: Proceedings of International Symposium on Tropical Fruits. October 23–25, 2007. Nadi, Fiji. International Tropical Fruits Network. Serdang, Malaysia.
- Qi, W. and Y. X. Ou. 2019. Impacts of climate variations on litchi yield in China. *South China Fruits.* 48:47–49. (in Chinese with English abstract) doi:10.13938/j.issn.1007-1431.20180431
- Sharma, S. and Manjeet. 2020. Heat stress effects in fruit crops: A review. *Agric. Rev.* 41:73–78. doi:10.18805/ag.R-1951
- Su, Z., Q. Xiao, J. Shen, H. Chen, S. Yan, and W. Huang. 2021. Metabolomics analysis of litchi leaves during floral induction reveals metabolic improvement by stem girdling. *Molecules* 26:4048. doi:10.3390/molecules26134048
- Tai, C., Y. Sawada, J. Masuda, H. Daimon, and Y. Fukao. 2020. Cultivation of spinach in hot seasons using a micro-mist-based temperature control system. *Sci. Hortic.* 273:109603. doi:10.1016/j.scienta.2020.109603
- Yang, H. F., X. Y. Lu, H. B. Chen, C. C. Wang, and B. Y. Zhou. 2017. Low temperature-induced leaf senescence and the expression of senescence-related genes in the panicles of *Litchi chinensis*. *Biol. Plant.* 61:315–322. doi:10.1007/s10535-016-0667-6
- Yuan, R. and H. Huang. 1993. Regulation of root and shoot growth and fruit-drop of young litchi trees by trunk girdling in view of source-sink relationships. *J. Fruit Sci.* 10:195–198. (in Chinese with English abstract)
- Zheng, M., Y. Bai, J. Zhang, H. Liu, and P. Ding. 2021. Effect of mist micro-spraying time on photosynthetic spatial heterogeneity of grape canopy. *Eng. Agric.* 41:39–46. doi:10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v41n1p39-46/2021

附錄． 本試驗使用藥劑種類與稀釋倍數。

Appendix. Types of pesticides and dilution ratios used in the experiment.

Application date	Type of pesticide and dilution ratio	
2022/3/28	acetamiprid 2,000 fold	carbosulfan 1,000 fold
2022/4/4	acetamiprid 2,000 fold	carbosulfan 1,000 fold
2022/4/11	fenitrothion 1,000 fold	carbaryl 1,000 fold
2022/4/18	acetamiprid 2,000 fold	fenitrothion 1,000 fold
2022/4/25	fenitrothion 1,000 fold	carbaryl 1,000 fold
2022/5/2	fenthion 1,000 fold	lambda-cyhalothrin 2,000 fold
2022/5/9	fenitrothion 1,000 fold	acetamiprid 2,000 fold
2022/5/16	fenthion 1,000 fold	lambda-cyhalothrin 2,000 fold
2022/5/23	acetamiprid 2,000 fold	lambda-cyhalothrin 2,000 fold

Evaluation of Using Automatic Micro-Spraying Facilities for ‘Yu-Her-Pao’ Litchi (*Litchi chinensis*) Flower Induction and Litchi Fruit Borer (*Conopomorpha sinensis*) Control

Chih-Cheng Hsu¹, Hsing-Liang Chen¹, and Hsin-Hsiu Fang^{2,*}

Abstract

Hsu, C. C., H. L. Chen, and H. H. Fang. 2024. Evaluation of using automatic micro-spraying facilities for ‘Yu-Her-Pao’ litchi (*Litchi chinensis*) flower induction and litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis*) control. J. Taiwan Agric. Res. 73(4):259–268.

To improve the flowering rate of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.), this study used an automatic spraying system to spray water for cooling at different times in December and investigated the flowering rate in the next March. The results showed that the flowering rates of the daytime spraying treatments were significantly higher than that of the non-spraying control group, while the nighttime spraying treatment did not significantly increase the flowering rate. The flowering rates of the four different spraying treatments were 18.3% for non-spraying, 32.1% for daytime and nighttime spraying, 42.9% for daytime spraying, and 26.7% for nighttime spraying. Daytime spraying was the best time to increase litchi flowering rate. The same spraying system was further used to test the effect of pesticide spraying on litchi fruit borer (*Conopomorpha sinensis* Bradley) control. The results showed that the damage rates of the four control treatments were 61% for the non-pesticide control, 10% for the automatic pesticide spraying, 0% for the manual pesticide spraying, and 2% for the night green light-emitting diode (LED) light illumination. Both daytime manual pesticide spraying and night green LED light control had positive effects. Although the automatic pesticide spraying method can save labor and reduce the damage rate of litchi fruit borer, there is still room for pest control improvement.

Key words: Litchi, Flowering rate, Litchi fruit borer, Temperature, Pesticide.

Received: April 19, 2024; Accepted: July 31, 2024.

* Corresponding author: show@tari.gov.tw

¹ Assistant Research Fellows, Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.

² Associate Research Fellow, Department of Tropical Fruit Trees, Fengshan Tropical Horticultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Kaohsiung, Taiwan, ROC.