

咖啡果小蠹於咖啡果實內之齡期組成與防治藥劑之 室內藥效評估

朱宜芬¹ 楊滿霞² 張淑芬³ 陳柏宏⁴ 王泰權^{4,*}

摘要

朱宜芬、楊滿霞、張淑芬、陳柏宏、王泰權。2017。咖啡果小蠹於咖啡果實內之齡期組成與防治藥劑之室內藥效評估。台灣農業研究 66(4):318–325。

咖啡果小蠹 [*Hypothenemus hampei* (Ferrari)] 是危害全球咖啡生產最嚴重的害蟲，近年來入侵台灣造成咖啡生產嚴重損害，本研究進行咖啡果小蠹於果實內之齡期發生結構調查及藥劑篩選試驗。咖啡果小蠹於果實內，可以同時發現卵、1 齡幼蟲、2 齡幼蟲、前蛹、蛹及雌雄成蟲，雌雄成蟲比率非常懸殊，為 13:1。藥劑直接噴灑蟲體及果實浸藥試驗顯示，藥劑直接噴灑試驗之藥劑效果並不理想；各種藥劑造成的死亡率並不明顯，蟲體經藥劑處理 24 h 及 48 h 後，以加保利、陶斯松、益達胺及第滅寧較佳，累積死亡率為 11.1–26.7% 及 11.1–28.9%。經 72 h 後，以加保利、陶斯松、益達胺及賜諾特較佳，累積死亡率為 15.6–28.9%。果實浸藥試驗以陶斯松及培丹處理死亡率最佳，於藥劑處理果實後接種咖啡果小蠹 24 h 後之死亡率可達 86.7% 及 73.3%。比較供試果實入侵率與入侵孔數，培丹處理組 (6.7% 及 1.7 個) 比起陶斯松處理組為低 (40.0% 及 4.0 個)，顯示培丹為最佳防治藥劑。

關鍵詞：咖啡果小蠹、殺蟲劑藥效、齡期。

前言

咖啡果小蠹 (*Hypothenemus hampei*) 為咖啡果實重要的害蟲 (Damon 2000; Jaramillo *et al.* 2006; Vega 2008; Vega *et al.* 2009; Vega *et al.* 2015)，首次發現於非洲中部地區。由於咖啡果小蠹可以存活於水分含量低的咖啡豆中，隨著全球咖啡的國際貿易，咖啡果小蠹已經擴散至世界各地 (Vega *et al.* 2015)，目前台灣亦為咖啡果小蠹的入侵地區 (Lin *et al.* 2010)。咖啡果小蠹主要造成未成熟的咖啡果實落果與收穫果實的品質不良，對世界主要的咖啡產區造成極大損失，該蟲在烏干達、哥倫比亞、牙買加、坦尚尼亞、馬來西亞和墨西哥等地的危

害率高達 50–90%，每年所造成咖啡果實的損失估計超過 5 億美元 (Vega *et al.* 2002b; Vega 2008)。

咖啡果小蠹雌蟲於咖啡果實內完成交配後，會離開果實尋找入侵下一顆咖啡果實 (Vega 2008)。雌蟲會於果實上直接鑽孔深入胚乳 (endosperm) 取食與產卵，幼蟲孵化後直接取食胚乳。受害的咖啡種仁可能因咖啡果小蠹鑽孔時帶入病原菌，更造成採收的果實內部發黴，失去經濟價值 (Pérez *et al.* 2003; Carrión & Bonet 2004)。

咖啡果小蠹蟲的生活史為卵、1 齡幼蟲、2 齡幼蟲、前蛹、蛹，最後發育為成蟲 (Gómez *et al.* 2015)。於 25°C 卵發育至成蟲為 26.6 d，

投稿日期：2016 年 9 月 26 日；接受日期：2017 年 3 月 15 日。

* 通訊作者：tcw@dns.caes.gov.tw

¹ 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系研究助理。台灣 嘉義市。

² 農委會農業試驗所作物組助理研究員。台灣 台中市。

³ 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所園藝系副研究員。台灣 嘉義市。

⁴ 農委會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系助理研究員。台灣 嘉義市。

各階段分別為，卵期 5.3 d、1 齡幼蟲 2.8 d、2 齡幼蟲 5.8 d、前蛹期 6 d、蛹 6.3 d。以有效發育溫度來進行推估年發生世代，於哥倫比亞為 2.95–4.30 代，坦尚尼亞為 2.39–4.71 代，肯亞為 2.03–3.31 代 (Jaramillo *et al.* 2009)。

目前於台灣並無登記咖啡果小蠹的防治藥劑，生產者僅使用誘殺器內置入誘引劑 (甲醇與乙醇以 1:1 的混合液) 誘殺雌蟲，降低果園中的危害蟲源。但以每分地吊掛 20 個咖啡果小蠹誘殺器的田間試驗，僅可以降低咖啡果小蠹危害率約 19.1% (Lin *et al.* 2010)，仍無法有效地防治咖啡果小蠹。因此，本研究探討咖啡果小蠹於咖啡果實內齡期組成，以瞭解田間實際發生情況，並以藥劑直接噴灑及果實浸藥法測試殺蟲劑的藥效，以提供作為咖啡果小蠹登記防治藥劑的參考。

材料與方法

供試昆蟲

本研究中之 2 種藥劑試驗方式使用之蟲源，來自 2016 年 1 月嘉義縣中埔鄉同仁村咖啡樹上受害果實內的咖啡果小蠹人工飼育的後代，以 Brun (1993) 所建立使用於大量繁殖咖啡果小蠹之人工飼料配方，將使用於抑制黴菌之丙酸鈉 (sodium propionate) 與維他命 C (ascorbic acid) 換成苯丙酸鈉 (sodium benzoate) 與山梨酸 (sorbic acid)，於試管中放入咖啡果小蠹雌蟲，於實驗室內進行大量飼養。

咖啡果小蠹於咖啡果實內的發生生態

本次試驗以 2016 年 1 月 8 日於嘉義縣中埔鄉同仁村採集受到咖啡果小蠹危害的咖啡果實，攜回實驗室切開，共檢視 40 顆受害的咖啡果實。依照 Gómez *et al.* (2015) 所描述咖啡果小蠹的齡期特徵，計算果實內的卵數、各齡期幼蟲數、蛹數、雌雄成蟲數，進行果實內各齡期之分布比例與數量計算，果實中的咖啡果小蠹雌雄比則以果實內所有發現雌蟲與雄蟲數量來計算。

供試藥劑

供試藥劑以市售之成品農藥配置，包括

85% 加保利可濕性粉劑 (WP, 日農科技股份有限公司) 稀釋 850×、40.8% 陶斯松乳劑 (EC, 雅飛股份有限公司) 稀釋 1000×、2.4% 第滅寧水懸劑 (SC, 台灣拜耳股份有限公司) 稀釋 1000×、18.2% 益達胺水懸劑 (SC, 世大農化工廠股份有限公司) 稀釋 2000×、2% 阿巴汀乳劑 (EC, 國豐股份有限公司) 稀釋 2000×、11.6% 賜諾殺水懸劑 (SC, 台灣道禮股份有限公司) 稀釋 3000×、50% 培丹可溶性粉劑 (SP, 龍燈生物科技有限公司) 稀釋 1000×、18.4% 剋安勃水懸劑 (SC, 台灣杜邦股份有限公司) 稀釋 2500×、11.7% 賜諾特水懸劑 (SC, 台灣道禮股份有限公司) 稀釋 2000× 及水 (對照組)，藥劑均以逆滲透水進行配製後，分別進行咖啡果小蠹之藥劑直接噴灑測試及果實浸藥法試驗。

藥劑直接噴灑試驗

藥劑直接噴灑試驗，挑選 15 隻咖啡果小蠹雌成蟲，將蟲置於 6 cm 培養皿上，底部鋪濾紙。以噴藥塔 (Burkard Manufacturing Co. Ltd., UK)，以噴藥壓力 13 lb in⁻² 將 2 mL 藥液直接噴灑於蟲體上。每次噴施後即更換培養皿底部濾紙，供試藥劑更換時，培養皿亦進行更換。噴施後之蟲體放置於 12 mL 之平口取樣瓶內，內置面積約 1 cm²、厚度 0.3 cm 之人工飼料，瓶口以棉花封緊。每取樣瓶為 1 重複，共 3 重複。試驗完成，將瓶口取樣瓶置於恆溫生長箱中 (25°C，光週期為 12 D: 12 L)，每日記錄蟲體死亡數，死亡率判定以害蟲無法爬行移動者視為死亡，於藥劑處理後 24、48 及 72 h 進行觀察。

果實浸藥試驗

果實浸藥試驗，使用與藥劑直接噴灑試驗所用相同之供試藥劑種類與濃度，每個藥劑處理以未轉色的綠色咖啡果實各 10 顆進行。浸藥約 10 s 後取出，於室內放置約 2 h 陰乾，再放入飢餓 24 h 的咖啡果小蠹共 10 隻，置於塑膠布丁杯 (7.5 cm × 6 cm × 4.8 cm) 中。於杯中底部放一片濾紙，每個藥劑處理共 3 重複，依照藥劑直接噴灑所敘方式，放入咖啡果小蠹於 24 h 後觀察死亡率、危害果數及果實蛀孔

數，以進行藥劑效果評估分析。

統計分析

本研究所進行之藥劑直接噴灑試驗所獲得之累積死亡率，經常態分布檢定後為非常態分布，原始資料經角度轉換後，再經常態分布檢定仍非常態分布，故採用無母數統計方法 Kruskal-Wallis rank sum test (Kruskal & Wallis 1952)，以顯著水準為 0.05 來檢定供試藥劑之殺蟲效果。倘 Kruskal-Wallis rank sum test 顯著後，以 Dunn's test 進行兩兩比較分析。果實浸藥試驗，經常態分布檢定後為常態分布，以單因子變方分析，在顯著水準為 0.05 下檢定。倘變方分析顯著後，以最小顯著差異性測驗法 (Fisher's least significant difference test; LSD test) 進行兩兩比較分析。

結果

咖啡果小蠹於果實內之各齡期分布比

於嘉義縣中埔鄉田間所採集到之咖啡果實經剖開後，各齡期於每顆果實內平均帶卵率為 70.0%，6.1 顆；1 齡幼蟲為 62.5%，1.9 隻；2 齡幼蟲為 70.0%，2.4 隻；前蛹期為 65.0%，2.0 隻；蛹為 50.0%，1.3 隻；雄成蟲為 35%，0.4 隻；雌成蟲 90.0%，5.0 隻 (表 1)。於 40 顆果實內之雌雄比為 13:1。經過各齡期的計算之後，25% 咖啡豆同時存在咖啡果小蠹各齡期，且

表 1. 由田間收集受到咖啡果小蠹入侵的果實內咖啡果小蠹各齡期分布與數量。

Table 1. The composition of different instars of coffee berry borer in infested coffee berries collected from field.

The composition of different developed stage in coffee berries (n = 40)		
Stage	Percentage (%)	Number
Egg	70.0	6.1
1st larva	62.5	1.9
2nd larva	70.0	2.4
Prepupa	65.0	2.0
Pupa	50.0	1.3
Female adult	35.0	0.4
Male adult	90.0	5.0

雌蟲數量遠高於雄蟲。此外，亦發現果實內無雌成蟲，卻存在有其他發育期，占總數比率為 10%。

咖啡果小蠹藥劑直接噴灑試驗

藥劑直接噴灑蟲體試驗顯示，咖啡果小蠹經過處理藥劑後的死亡率並不顯著，處理 24–48 h 後的造成的死亡率 4 種較佳的藥劑依序為加保利、陶斯松、益達胺及第滅寧，24 h 死亡率分別為 26.7、15.6、15.6 及 11.1%。48 h 累積死亡率僅加保利略增為 28.9%，另 3 個藥劑並無改變；其餘藥劑造成之死亡率介於 0–6.7%。72 h 累積死亡率較佳藥劑依序為加保利、陶斯松、益達胺及賜諾特，分別為 28.9、15.6、15.6 及 17.8%，其餘藥劑累積死亡率介於 4.4–11.1% (表 2)。

咖啡果小蠹果實浸藥試驗

果實浸藥試驗結果顯示，咖啡果小蠹放入經藥劑處理果實 24 h 後死亡率以陶斯松及培丹處理效果最佳，死亡率分別為 86.7% 與 73.3%；其次為剋安勃、第滅寧、加保利及賜諾特，死亡率為 53.3、53.3、40.0 及 40.0%。其餘藥劑處理之死亡率介於 13.3–23.3%。比較供試果實受害率及平均入侵孔數經統計分析結果顯示，防治效果最佳的藥劑依序為培丹 (6.7%，0.7 個)、第滅寧 (10.0%，1.0 個)、加保利 (13.3%，1.3 個)、剋安勃 (16.7%，1.7 個)、阿巴汀 (33.3%，3.3 個)、陶斯松 (40.0%，4.0 個)、賜諾特 (43.3%，4.3 個)、賜諾殺 (46.7%，5.3 個)、益達胺 (50%，5.7 個) 及對照組 (70.0%，7.7 個) (表 3)。根據比較死亡率、果實受害率及平均入侵孔數，以培丹的防治效果最佳。

討論

本試驗果實中所發現咖啡果小蠹，每個生活史階段皆可於咖啡豆內發現，因此生活史皆於咖啡豆內完成 (表 1)。有些咖啡豆內並無發現成蟲，但仍有其他齡期，這個現象可能是由於咖啡豆內的生長環境不佳，造成雌成蟲離去的現象 (Baker *et al.* 1992)。以咖啡豆內雌雄

分比為 13 : 1，顯示雌蟲的數量遠比雄蟲為多，與以往文獻所述咖啡果小蠹的雌雄約為 10 : 1 現象相近。近來研究發現，咖啡果小蠹內帶有可以造成性比偏差的共生菌 (*Wobachia*) (Vega *et al.* 2002a; Werren *et al.* 2008)，是否為本種共生菌的作用而使雌雄的性比偏差增大，仍待

後續的研究。

本試驗利用 2 種不同的藥劑試驗方式，去探討不同作用機制殺蟲劑對於咖啡果小蠹的藥效，發現以不同的施藥方式下藥劑對於咖啡果小蠹的藥效亦有不同 (表 2、表 3)，以藥劑直接噴灑的方式進行的試驗死亡率皆偏低，可能

表 2. 咖啡果小蠹以不同藥劑直接噴灑蟲體後 24、48 及 72 h 的累積死亡率。

Table 2. The cumulative mortality of coffee berry borer by direct spraying with different insecticides after 24, 48 and 72 h.

Chemical	Dilution factor	n	The cumulative mortality (%) of each insecticides treatments by direct spraying		
			24 h	48 h	72 h
80% Carbaryl WP	850	45	26.7 ± 3.9 a ^z	28.9 ± 5.9 a	28.9 ± 5.9 a
40.8% Chlorpyrifos EC	1000	45	15.6 ± 2.2 ab	15.6 ± 2.2 ab	15.6 ± 2.2 ab
2.4% Deltamethrin SC	1000	45	11.1 ± 2.2 ab	11.1 ± 2.2 abc	11.1 ± 2.2 bc
18.2% Imidacloprid SC	2000	45	15.6 ± 4.4 ab	15.6 ± 4.4 abc	15.6 ± 4.4 ab
2% Abamectin EC	2000	45	4.4 ± 2.2 bc	6.7 ± 3.9 bcd	8.9 ± 2.2 bcd
11.6% Spinosad SC	3000	45	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	8.9 ± 2.2 bcd
50% Cartap hydrochloride SP	1000	45	4.4 ± 2.2 bc	4.4 ± 2.2 cd	4.4 ± 2.2 cd
18.4% Chlorantraniliprole SC	2500	45	6.7 ± 3.9 bc	6.7 ± 3.9 bcd	11.1 ± 2.2 bc
11.7% Spinetoram SC	2000	45	0.0 ± 0.0 c	6.7 ± 3.9 bcd	17.8 ± 5.9 ab
H ₂ O, Control	-	45	0.0 ± 0.0 c	0.0 ± 0.0 d	0.0 ± 0.0 d

^z Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% level by Dunn multiple comparison test.

表 3. 果實以不同藥劑浸藥處理，於 24 h 後咖啡果小蠹之死亡率、果實上的危害率及平均入侵孔數。

Table 3. Mortality, averaged damaged fruit and infestation hole of coffee berry borer by fruit dipping treatments with different insecticides after 24 h.

Chemical	Dilution factor	Coffee berry borer exposed with fruit dipping with different insecticides treatment after 24 h		
		Mortality (%)	Damaged fruit (%)	Infestation hole
80% Carbaryl WP	850	40.0 ± 5.8 bc ^z	13.3 ± 3.3 a ^z	1.3 ± 0.3 a ^z
40.8% Chlorpyrifos EC	1000	86.7 ± 6.7 a	40.0 ± 5.8 bc	4.0 ± 0.6 cd
2.4% Deltamethrin SC	1000	53.3 ± 3.3 b	10.0 ± 5.8 a	1.0 ± 0.6 a
18.2% Imidacloprid SC	2000	13.3 ± 3.3 de	50.0 ± 5.8 c	5.7 ± 0.3 d
2% Abamectin EC	2000	23.3 ± 8.8 cd	33.3 ± 8.8 b	3.3 ± 0.9 bc
11.6% Spinosad SC	3000	16.7 ± 3.3 de	46.7 ± 3.3 bc	5.3 ± 0.9 d
50% Cartap hydrochloride SP	1000	73.3 ± 13.3 a	6.7 ± 3.3 a	0.7 ± 0.3 a
18.4% Chlorantraniliprole SC	2500	53.3 ± 3.3 b	16.7 ± 6.7 a	1.7 ± 0.7 ab
11.7% Spinetoram SC	2000	40.0 ± 5.8 bc	43.3 ± 3.3 bc	4.3 ± 0.3 cd
H ₂ O, Control	-	0.0 ± 0.0 e	70.0 ± 5.8 d	7.7 ± 0.7 e

^z Means within each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5 % level by Fisher's least significant difference (LSD) test.

為噴藥撒布塔進行藥劑噴灑布方式時接觸咖啡果小蠹體表的藥劑較少的關係，以及藥劑不易進入咖啡果小蠹體內。雖然藥劑直接撒布試驗蟲體的試驗死亡率低，藥劑處理後 24–48 d 的累積死亡率最高依序為加保利、陶斯松、益達胺、第滅寧，72 h 後為加保利、賜諾特、陶斯松、益達胺。上述這些藥劑除了益達胺之外，於果實浸藥處理試驗中亦具有相當程度的防治效果，藥效最佳為陶斯松，其次為第滅寧、賜諾特及加保利 (表 3)。培丹及剋安勃雖於藥劑直接撒布處理下，對於咖啡果小蠹造成死亡率並不高，累積死亡率僅為 4.4% 及 6.7–11.1%，但是此兩個藥劑於咖啡果小蠹經果實浸藥處理後卻有防治效果，死亡率可達 73.3% 及 53.3%，可能為這兩個藥劑的取食毒性高於接觸毒性所致。

本研究果實浸藥試驗除了觀察死亡率，亦觀察咖啡果小蠹對於果實的危害比率及危害孔數來做為藥劑效果的參考指標 (表 3)，每種藥劑處理後的果實危害比率與入侵孔數趨勢相同，危害果率與危害孔數最少的藥劑依序為培丹、第滅寧、加保利及剋安勃。培丹對於果實浸藥處理造成的咖啡果小蠹接觸果實 24 h 後，死亡率極高，且造成的果實危害率與危害孔數最低，而造成果實的危害最小。而果實浸藥試驗中，陶斯松比起其他藥劑對於咖啡果小蠹具有高度的致死率 (86.7%)，但是其果實受害率仍高達 40% (表 3)，顯示培丹的防治效果仍優於陶斯松。根據 Lin & Chen (2015) 報告中指出，以這兩個藥劑於本試驗同濃度下對咖啡果小蠹直接進行噴灑藥劑於蟲體後 24 h 後，亦具有 100% 的死亡率，儘管於本研究中以藥劑直接撒布造成處理後 24 h 的死亡率明顯偏低 (15.6%)，可能為本試驗噴藥後給予人工飼料而降低了死亡率。雖然無任何研究推薦培丹於防治咖啡果小蠹的研究，但是於國外於田間已推薦使用陶斯松來進行咖啡果小蠹化學防治 (Baker *et al.* 2002; Rutherford & Phiri 2006)，但是陶斯松目前可用於防治咖啡介殼蟲，於未來可進一步來評估本藥劑用於防治咖啡果小蠹的防治適期。

果實浸藥研究中，加保利、第滅寧、剋安勃及賜諾特於放入咖啡果小蠹 24 h 處理後，死亡率介於 40.0–53.3%。這些藥劑除了賜諾特之外，藥劑處理後明顯減少了果實的受害率 (表 3)。雖無研究報告指出加保利可防治咖啡果小蠹，但許多試驗指出加保利對於果小蠹的毒效並不佳 (Brun *et al.* 1994; Lin & Chen 2015)，但這些試驗皆僅限直接噴灑藥劑於咖啡果小蠹蟲體上所獲得之數據，並無實際評估於本藥劑於果實上之藥效。第滅寧已推薦於咖啡上防治東方果實蠅，本試驗所使用的濃度 (1000×)，高於對於東方果實蠅的推薦用量 (1500×)。如依照第滅寧於咖啡東方果實蠅上的藥劑用量來防治咖啡果小蠹，可能所造成之死亡率應該更低，因此本藥劑之最佳防治稀釋倍數仍需進行更深入的探討。剋安勃目前於台灣用於防治鱗翅目害蟲，國外仍有研究指出剋安勃於田間對咖啡果小蠹具防治效果 (de Souza *et al.* 2013)。因此，這些藥劑於田間之實際防治效果仍待後續更深入的研究。

根據咖啡果小蠹的發生生態，如要在田間進行咖啡果小蠹綜合防治，耕作防治的實施是非常重要的。由於咖啡果小蠹於果實內繁衍，不易受到殺蟲劑的噴灑而死亡 (Lin & Chen 2015)，且許多藥劑對於咖啡果小蠹並無良好防治效果，於國外應用整合害蟲防治咖啡果小蠹清除田間受害落果減少危害蟲源，為非常重要的防治措施 (Aristizábal *et al.* 2012)。咖啡果小蠹於台灣目前尚無推薦藥劑，根據本研究所進行之藥劑直接噴灑及果實浸藥試驗結果顯示，未來於可評估推薦使用培丹於田間防治咖啡果小蠹。

誌謝

本研究感謝行政院農業委員會農業試驗所嘉義農業試驗分所植物保護系倪蕙芳系主任對於本研究的推動，黃守宏副研究員協助稿件的校閱，周紹宸先生及黃鈞愉小姐協助進行試驗，園藝系沈秀芳小姐、胡採滿小姐、林雅芬小姐協助收集試驗材料。

附錄 40 顆受害果實內咖啡果小蠹各齡期分布情況。

Appendix The composition of life stages of coffee berry borer in the 40 infested coffee berries.

Number	Egg	First larval instar	Second larval instar	Prepupa	Pupa	Male adult	Female adult
1	0	0	5	0	1	1	6
2	3	0	1	1	4	0	5
3	6	1	2	0	0	1	0
4	0	1	2	2	1	0	0
5	16	3	12	8	0	2	6
6	0	0	0	0	0	0	5
7	5	4	6	4	0	1	1
8	1	5	2	1	2	1	12
9	7	1	1	1	0	0	6
10	2	3	4	1	1	0	1
11	8	2	6	4	3	0	3
12	2	0	1	2	3	0	8
13	3	4	1	3	2	0	1
14	12	0	0	6	0	1	8
15	0	0	0	0	0	0	1
16	2	0	1	1	2	1	17
17	0	2	3	0	0	1	8
18	4	2	5	6	1	0	3
19	15	1	0	1	0	0	1
20	0	0	0	1	3	0	3
21	0	1	2	0	6	0	11
22	6	4	7	5	0	0	4
23	6	5	0	0	0	0	0
24	21	2	3	3	0	1	4
25	7	10	0	0	0	0	1
26	16	0	1	3	2	0	2
27	23	2	1	0	0	0	2
28	0	0	3	2	2	1	8
29	0	0	1	1	2	1	12
30	2	4	0	0	0	0	3
31	0	0	0	1	5	0	31
32	0	0	0	1	2	0	10
33	11	1	3	0	0	0	2
34	7	6	2	4	0	0	2
35	14	4	3	2	2	1	1
36	0	3	6	0	0	0	0
37	2	0	0	0	0	0	4
38	20	0	0	0	0	1	4
39	5	3	4	7	3	0	1
40	19	3	6	8	1	1	2
Ave.	6.125	1.925	2.35	1.975	1.2	0.375	4.975

引用文獻

- Aristizábal, L. F., O. Lara, and S. P. Arthurs. 2012. Implementing an integrated pest management program for coffee berry borer in a specialty coffee plantation in Colombia. *J. Integr. Pest Manage.* 3:G1–G5.
- Baker, P. S., J. F. Barrera, and A. Rivas. 1992. Life-history studies of the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*, Scolytidae) on coffee trees in southern Mexico. *J. Appl. Ecol.* 92:656–662.
- Baker, P. S., J. A. F. Jackson, and S. T. Murphy. 2002. Natural enemies, natural allies. Project completion report of the integrated management of coffee berry borer project. CFC/ICO/02 (1998–2002). The Commodities Press, Colombia, CA. http://www.ico.org/projects/cabi_cdrom/PDFfiles/NATURAL.pdf (visit on 8/4/2016)
- Brun, L. O., V. Gaudichon, and P. J. Wigley. 1993. An artificial diet for continuous rearing of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Scolytidae). *Insect Sci. Appl.* 14:585–587.
- Brun, L. O., C. Marcillaud, V. Gaudichon, and D. M. Suckling. 1994. Cross resistance between insecticides in coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) from New Caledonia. *Bull. Entomol. Res.* 84:175–178.
- Carrión, G. and A. Bonet. 2004. Mycobiota associated with the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae) and its galleries in fruit. *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 97:492–499.
- Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bull. Entomol. Res.* 90:453–465.
- de Souza, J. C., P. R. Reis, R. A. Silva, T. A. F. de Carvalho, and A. B. Pereira. 2013. Chemical control of the coffee berry borer with cyantraniliprole. *Coffee Sci.* 8:404–410. (in Spanish with English abstract)
- Gómez, J., B. Y. Chávez, A. Castillo, F. J. Valle, and F. E. Vega. 2015. The coffee berry borer (Coleoptera: Curculionidae): how many instars are there? *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 108:311–315.
- Jaramillo, J., C. Borgemeister, and P. Baker. 2006. Coffee berry borer *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Curculionidae): searching for sustainable control strategies. *Bull. Entomol. Res.* 96:223–233.
- Jaramillo, J., A. Chabi-Olaye, C. Kamonjo, A. Jaramillo, F. E. Vega, H. M. Poehling, and C. Borgemeister. 2009. Thermal tolerance of the coffee berry borer *Hypothenemus hampei*: Predictions of climate change impact on a tropical insect pest. *PLoS One* 4(8):e6487.
- Kruskal, W. H. and W. A. Wallis. 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. *J. Amer. Stat. Assoc.* 47:583–621.
- Lin, M. Y. and S. K. Chen. 2015. Study on the control efficiency of insecticides against coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*. *Res. Bull. Tainan Dis. Agric. Improve. Stn.* 65:38–44. (in Chinese with English abstract)
- Lin, M. Y., Y. F. Wu, and S. K. Chen. 2010. Monitoring survey of coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* and its control in the field. *Res. Bull. Tainan Dis. Agric. Improve. Stn.* 56:35–44. (in Chinese with English abstract)
- Pérez, J., F. Infante, F. E. Vega, F. Holguín, J. Macías, J. Valle, G. Nieto, S. W. Peterson, C. P. Kurtzman, and K. O' Donnell. 2003. Mycobiota associated with the coffee berry borer (*Hypothenemus hampei*) in Mexico. *Mycol. Res.* 107:879–887.
- Rutherford, M. A. and N. Phiri. 2006. Pests and Diseases of Coffee in Eastern Africa: A Technical and Advisory Manual. CAB International. Wallingford, UK. 70 pp.
- Vega, F. E. 2008. Coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). p. 959–960. *in: Encyclopedia of Entomology.* (Capinera, J. L., ed.) Springer. Dordrecht, The Netherlands. 4346 pp.
- Vega, F. E., P. Benavides, J. A. Stuart, and S. L. O'Neill. 2002a. Wolbachia infection in the coffee berry borer (Coleoptera: Scolytidae). *Ann. Entomol. Soc. Amer.* 95:374–378.
- Vega, F. E., R. A. Franqui, and P. Benavides. 2002b. Scientific note: The presence of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei*, in Puerto Rico: Fact or fiction? *J. Insect Sci.* 2. doi:10.1093/jis/2.1.13.
- Vega, F. E., F. Infante, A. Castillo, and J. Jaramillo. 2009. The coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Ferrari) (Coleoptera: Curculionidae): A short review, with recent findings and future research directions. *Terr. Arthropod Rev.* 2:129–147.
- Vega, F. E., F. Infante, and A. J. Johnson. 2015. The genus *Hypothenemus*, with emphasis on *H. hampei*, the coffee berry borer. p.427–494. *in: Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species.* (Vega, F. E. and R. W. Hofstetter, eds.) Academic Press. London, UK. 620 pp.
- Werren, J. H., L. Baldo, and M. E. Clark. 2008. Wolbachia: Master manipulators of invertebrate biology. *Nat. Rev. Microbiol.* 6:741–751.

The Composition of Life Stages of Coffee Berry Borer (Scolytidae: *Hypothenemus hampei*) in the Coffee Berry and the Control Efficacy of Different Insecticides for the Pest

Yi-Fen Chu¹, Man-Hsia Yang², Shu-Fen Chang³, Po-Hung Chen⁴, and Tai-Chuan Wang^{4,*}

Abstract

Chu, Y. F., M. H. Yang, S. F. Chang, P. H. Chen, and T. C. Wang. 2017. The composition of life stages of coffee berry borer (Scolytidae: *Hypothenemus hampei*) in the coffee berry and the control efficacy of different insecticides for the pest. *J. Taiwan Agric. Res.* 66(4):318–325.

Coffee berry borer (Scolytidae: *Hypothenemus hampei*) is the most destructive pest in coffee industry worldwide. Recently the pest was as an in Taiwan and caused severe economic loss in planted areas. In this study, the composition of different development stages of the pest in coffee berries and control efficacy with different insecticides were investigated by direct spraying and fruit dipping methods. The all stages of coffee berry borer were found in the same infested berry and the female to male sex ratio was 13 : 1. The insecticides control efficacy by direct spraying showed the low mortality in every treatment. The insecticides with the best control efficacy were carbaryl, chlorpyrifos, imidacloprid, and deltamethrin treatments after 24 h and 48 h, causing the mortality at 11.1–26.7% and 11.1–28.9% separately. However, the insecticides with the best control efficacy were carbaryl, chlorpyrifos, imidacloprid, and spinotram treatments after 72 h treatments, causing the mortality at 15.6–28.9%. Fruit dipping method showed chlorpyrifos and cartap hydrochloride treatments caused the highest mortality at 86.7% and 73.3% after inoculating the coffee berry borer. However, comparing the infested fruit rate and infestation hole, cartap hydrochloride treatment had the lowest numbers at 6.7% and 1.7, while chlorpyrifos at 40.0% and 4.0, indicating cartap hydrochloride was the best insecticide to control coffee berry borer.

Key words: Coffee berry borer, Insecticides efficacy, Instars.

Received: September 26, 2016; Accepted: March 15, 2017.

* Corresponding author, e-mail: tcw@dns.caes.gov.tw

¹ Research Assistant, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

² Assistant Research Fellow, Crop Science Division, Taiwan Agricultural Research Institute, Taichung City, Taiwan, ROC.

³ Associate Research Fellow, Department of Horticulture, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.

⁴ Assistant Research Fellows, Department of Plant Protection, Chiayi Agricultural Experiment Branch, Taiwan Agricultural Research Institute, Chiayi, Taiwan, ROC.