

國立臺灣大學生物資源暨農學院昆蟲學系

碩士論文

Department of Entomology

College of Bioresources and Agriculture

National Taiwan University

Master Thesis

木瓜秀粉介殼蟲於四種寄主植物上之生命表

**Life Table of *Paracoccus marginatus* on Four
Host Plant Species in Taiwan**

陳敏敏

Min-Min Chen

指導教授：吳文哲 博士

楊景程 博士

Advisors: Wen-Jer Wu, Ph.D.

Chin-Cheng Yang, Ph.D.

中華民國 103 年 6 月

June 2014



國立臺灣大學碩士學位論文

口試委員會審定書

木瓜秀粉介殼蟲於四種寄主植物之生命表

Life Table of *Paracoccus marginatus* on Four Host
Plant Species in Taiwan

本論文係陳敏敏君 (R01632007) 在國立臺灣大學昆
蟲學系、所完成之碩士學位論文，於民國 103 年 6 月
26 日承下列考試委員審查通過及口試及格，特此證明

口試委員：

吳文哲

(指導教授)

楊景程

(指導教授)

齊 彥

(召集人)

陳文華

陳淑佩

楊恩誠

系主任、所長

誌謝



兩年研究所時間很快飛逝，回頭看這短短的兩年，要感謝太多人，首先是兩位指導老師，感謝吳文哲及楊景程老師悉心指導，在實驗遇到困難時給我很多指引及幫助，讓研究順利完成，也讓我學習到學者的風範!在碩一暑假到霧峰農試所短期實習學到非常多，當時我只是剛進研究所的菜鳥，對研究對象還不太熟悉，研究方法也仍在摸索，而農試所的陳淑佩學姊及邱一中學長為台灣研究木瓜秀粉介殼蟲的前輩，兩位學長姐教我認識秀粉介，也幫助我建立實驗室飼育環境。碩二分析資料時請教中興大學齊心老師，齊老師細心的教導我使用兩性生命表軟體，每次去中興大學還請我吃飯!還有大學的許如君老師，許老師教導我關於分生實驗的操作，讓我在大學時期就能在實驗室學習，也見識到研究生應具備的技能!口試時，屏科大的陳文華老師不遠千里從屏東而來，給予我的論文許多指導和寶貴的建議，非常感謝這些研究道路上的專家前輩給予我的幫助!

實驗室的旌集學長、雅均學姊、邱名鍾學長、欣頤學姊在研究過程都給我很多幫助及意見，讓我在生態室這個大家庭過得很愉快!每次跟雅均學姊聊天都會有一語驚醒夢中人的感覺，是一位細心又有智慧的大姊姊!邱名鍾（邱大師）學長在實驗上給予我非常大的幫助，每次請教他都能幫我解決問題，真的是很厲害的大師!實驗室的貓咪們也是我很大的舒壓來源!在研究所宿舍期間，碩一的室友品安及碩二的室友姿瑛陪伴我度過兩年來許多開心及忙碌的日子，還有大學室友向晴，陪我聊天，聽我發牢騷。謝謝這些陪我度過研究生涯的朋友，謝謝你（妳）們!

這兩年真的有種以實驗室為家的感覺，因為實驗繁忙與無法多陪伴家人，要非常感謝家人的支持，謝謝媽媽給我的關心和鼓勵，每次回家都給我帶好多食物跟水果，謝謝姊姊常常聽我說話，忍受我打一堆無聊電話，在家裡幫我照顧家人，這兩年家人都很辛苦，而我卻幫不上忙，心裡非常愧疚。這份畢業的喜悅還要分享給我在天上的外婆，謝謝愛我的家人，你們是我最大的支持與力量!

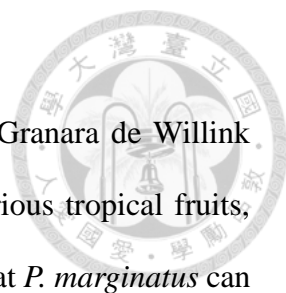
中文摘要



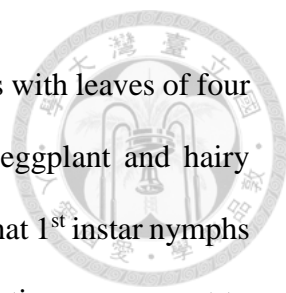
木瓜秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink) (半翅目：粉介殼蟲科) 屬於廣食性的害蟲，可為害至少 32 科植物。此蟲雖已知可存活於多種寄主植物上，但於大多數寄主植物上之發育及繁殖型式仍舊未明。本試驗以木瓜、茄子、朱槿及大花咸豐草作為木瓜秀粉介殼蟲於果樹、蔬菜、園藝植物及雜草之代表，將木瓜秀粉介殼蟲及四種寄主植物飼育於 25°C、75-80% RH、光週期 12:12 h (L:D) 之生長箱。研究結果顯示，木瓜秀粉介殼蟲雄蟲累積發育時間均較雌蟲長，兩性累積發育時間皆於朱槿上最短 (雄蟲 22.4 日、雌蟲 19.0 日)，茄子上則最長 (雄蟲 27.3 日、雌蟲 24.8 日)。於茄子上之雌雄成蟲壽命分別為 15.2 及 1.3 日，較其他三種寄主植物上之族群短。產卵期、成蟲壽命與存活率與寄主種類並無相關。族群雌性比例於木瓜 (76.1%) 及茄子 (79.7%) 較高，繁殖力也呈現相似趨勢。試驗資料以蟲齡蟲期兩性生命表分析，無論淨增殖率 (R_0) 或內在增殖率 (r)，木瓜上之族群 ($R_0 = 374.7$ 子代數/雌蟲； $r = 0.218$ /日) 皆遠高於其他三種寄主植物，顯示木瓜為木瓜秀粉介殼蟲之最適寄主。利用兩性生命表分析木瓜秀粉介殼蟲於四種寄主上穩定齡期分布之未成熟期比例及穩定齡期分布之雌雄成蟲比例，結果顯示於淨增殖率較高之族群生長的寄主上，族群之雌性比例及穩定齡期分布之雌性比例通常較高，顯示族群雌性比例與寄主適合度具相關性。綜觀上述資料，木瓜秀粉介殼蟲於木瓜上最具族群增長潛力，茄子次之，朱槿及大花咸豐草為適存值較低之寄主。寄主選擇性試驗結果指出，木瓜秀粉介殼蟲對朱槿葉片之偏好性最低，對木瓜、茄子及大花咸豐草葉片之偏好性較高；Y 型嗅覺測試儀結果顯示一齡蟲對寄主氣味幾乎無反應，說明寄主氣味可能非一齡蟲搜尋寄主之主要依據。本研究反映出木瓜秀粉介殼蟲於不同寄主上之生活史介量，並可作為後續擬定相關防治策略使用。

關鍵詞：寄主植物、寄主偏好性、生命表、木瓜秀粉介殼蟲、粉介殼蟲科。

Abstract



The papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae), is a polyphagous pest feeding on various tropical fruits, vegetables and ornamental plants. Previous observations indicated that *P. marginatus* can infest up to 32 families of plants, all of which presumably allow survival of the mealybug, yet how it develops and reproduces on various plants remains unclear. To assess the life history parameters of the mealybugs on different host plants, *P. marginatus* were reared on papaya (*Carica papaya* L.), eggplant (*Solanum melongena* L.), hibiscus (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) and hairy beggartick (*Bidens pilosa* L.) under laboratory conditions of 25°C, 75-80% RH, and a photoperiod of 12:12 h (L:D). Results indicate that males generally possess longer cumulative developmental time than females, and both sexes of *P. marginatus* have the shortest cumulative developmental time on hibiscus (male 22.4 d, female 19.0 d) but the longest on eggplant (male 27.3 d, female 24.8 d). Longevity of adult females and males on eggplant are 15.2 and 1.3 days, respectively, which are both shorter than those on other three host plants. The patterns of oviposition period, adult longevity and survival rate were found irrelevant to host species. Proportion of female *P. marginatus* is higher on papaya (76.1%) and eggplant (79.7%), and a similar trend can be discovered for fecundity. Raw data were further analyzed with the age-stage, two-sex life table, the net reproductive rates (R_0) and intrinsic rate of increase (r) of *P. marginatus* reared on papaya ($R_0 = 374.7$ offspring/female; $r = 0.218/d$) are both the highest over others. Stable stage distribution analyses show that proportions of adult females are generally higher on the host on which *P. marginatus* possesses higher net reproductive rate, thus suggesting the potential correlation between the proportion of female and host suitability. In conclusion, virtually every line of evidence in this study supports that papaya represents the most suitable host plant with most potential for population growth of *P.*



marginatus. Host preference was tested by exposing 1st instar nymphs with leaves of four host plants, and higher preference can be discovered for papaya, eggplant and hairy beggartick but not hibiscus. Y-tube olfactometer bioassays revealed that 1st instar nymphs seem not respond to the odor of each host plant, suggesting that olfaction appears not to function as the primary mechanism for host searching of *P. marginatus*. Life history patterns of *P. marginatus* on four different hosts generated from the present study therefore can be baseline information for future development of IPM strategy for this invasive mealybug.

Key words: host plant, host preference, life table, *Paracoccus marginatus*, Pseudococcidae.

目錄



誌謝.....	i
中文摘要.....	ii
英文摘要.....	iii
目錄.....	v
表次.....	viii
圖次.....	ix
壹、緒言.....	1
貳、往昔研究.....	2
一、木瓜秀粉介殼蟲的分類.....	2
二、原產地與現今分布範圍.....	2
三、寄主植物種類.....	3
四、木瓜秀粉介殼蟲生活史.....	4
五、生態.....	4
(一) 溫度對木瓜秀粉介殼蟲的影響.....	4
1. 溫度對本蟲發育之影響.....	5
2. 溫度對本蟲存活率之影響.....	5
3. 溫度對本蟲性比、成蟲壽命之影響.....	5
4. 溫度對本蟲生殖力、產卵前期與產卵天數之影響.....	5
(二) 寄主對木瓜秀粉介殼蟲的影響.....	6
1. 寄主對本蟲發育之影響.....	6
2. 寄主對本蟲存活率之影響.....	6
3. 寄主對本蟲性比、成蟲壽命之影響.....	6
4. 寄主對本蟲生殖力、產卵前期與產卵天數之影響.....	7
(三) 寄主之選擇性.....	7
(四) 防治方法.....	7



六、生命表.....	8
參、材料與方法.....	9
一、供試蟲源.....	9
二、供試寄主.....	9
三、生活史資料收集.....	10
(一) 幼期之觀察.....	10
(二) 成蟲壽命及繁殖力.....	11
(三) 卵期發育天數.....	11
四、寄主選擇性試驗.....	11
(一) 培養皿測試法.....	11
(二) Y型嗅覺測試儀.....	12
五、生命表資料分析.....	13
六、期望壽命分析.....	14
七、統計分析.....	15
肆、結果.....	16
一、生活史.....	16
二、木瓜秀粉介殼蟲於不同寄主植物之發育時間.....	18
三、兩性生命表.....	20
(一) 齡別齡期生長率.....	20
(二) 齡別齡期發育率.....	23
(三) 齡別存活率、齡別繁殖率、齡別淨繁殖率.....	26
(四) 每日總產卵數及孵化卵數.....	28
(五) 齡別齡期存活率.....	29
(六) 齡別齡期死亡率分布.....	32
(七) 穩定齡別齡期分布.....	33
(八) 齡別齡期繁殖值.....	35

(九) 齡別齡期期望壽命	36
四、木瓜秀粉介殼蟲在不同寄主植物之產卵期、產卵量、成蟲壽命、體型	39
(一) 產卵期與產卵量	39
(二) 成蟲壽命	39
(三) 體型	39
五、木瓜秀粉介殼蟲在不同寄主植物之族群介量	43
六、以 TIMING-MSChart 軟體預測木瓜秀粉介殼蟲 60 天之族群成長	45
七、寄主選擇性試驗	47
(一) 培養皿測試法	47
(二) Y 型嗅覺測試儀試驗	48
伍、討論	49
陸、結論	59
柒、參考文獻	61



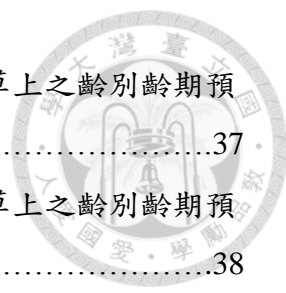
表次

表一、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上各齡期發育所需平均日數.....	19
表二、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之穩定齡期分布.....	33
表三、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之產卵期、產卵量、成蟲壽命.....	41
表四、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之體型.....	42
表五、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之族群介量.....	44
表六、不同品系的木瓜秀粉介殼蟲對在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之偏好.....	47

圖次




圖一、木瓜秀粉介殼蟲於朱槿葉片的飼育裝置.....	10
圖二、培養皿測試法的裝置.....	12
圖三、Y 型嗅覺測試儀的裝置.....	13
圖四、解剖顯微鏡下木瓜秀粉介殼蟲各齡期外部形態.....	17
圖五、木瓜秀粉介殼蟲雌蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期生長率.....	21
圖六、木瓜秀粉介殼蟲雄蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期生長率.....	22
圖七、木瓜秀粉介殼蟲雌蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期發育率.....	24
圖八、木瓜秀粉介殼蟲雄蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期發育率.....	25
圖九、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別存活率、雌蟲齡別齡期繁殖率、齡別繁殖率、齡別淨繁殖率.....	27
圖十、木瓜秀粉介殼雌蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之每日總產卵數及孵化卵數.....	28
圖十一、木瓜秀粉介殼雌蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期存活率.....	30
圖十二、木瓜秀粉介殼雄蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期存活率.....	31
圖十三、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期死亡率.....	32
圖十四、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之穩定齡別齡期分布.....	34
圖十五、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期繁殖值.....	35



圖十六、木瓜秀粉介殼蟲雌蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期預 期壽命.....	37
圖十七、木瓜秀粉介殼蟲雄蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期預 期壽命.....	38
圖十八、模擬飼育於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之木瓜秀粉介殼蟲在無限 制情形之族群成長.....	46
圖十九、解剖顯微鏡下朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之葉片外觀.....	55

壹、緒言



木瓜秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink), 英文普通名為 papaya mealybug, 於 2010 年入侵臺灣 (Chen *et al.*, 2011)。若蟲及雌成蟲為橢圓型, 體表覆有白色蠟粉, 雄成蟲為粉紅色, 具一對翅, 飛行能力不佳 (Miller and Miller, 2002)。秀粉介 1992 年由 Williams and Granara de Willink 發表為新種 (Williams and Granara de Willink, 1992), 該蟲被認為原產於墨西哥及中美洲地區 (Miller *et al.*, 1999), 目前分布於東南亞、非洲、大洋洲、北美洲及中美洲, 共計超過 20 個國家。秀粉介寄主範圍相當廣泛, 已知有 32 科 85 種 (Tanwar *et al.*, 2010; Chen, unpublished data), 其廣食性導致防治難度上升。秀粉介以刺吸式口器取食植物汁液, 造成植物葉片變黃、葉片畸形、落葉、植株矮小、落果、降低農作物之種子、果實產量, 受秀粉介為害嚴重的植株最終將死亡。該蟲亦會分泌大量的蜜露引發煤煙病, 且常群聚大量的螞蟻共生 (Tanwar *et al.*, 2010)。體表具白色蠟粉, 加上卵被白色棉絮包覆, 造成藥劑防治效果不佳 (陳等, 2012a)。關於木瓜介殼蟲的文獻相當稀少, 2007 年以前以形態描述及寄主範圍為主, 2008 年後生物學相關研究才陸續發表。由於秀粉介為新入侵臺灣的害蟲, 目前沒有文獻報導對於該蟲入侵臺灣後對寄主適應情形, 而秀粉介寄主範圍廣且木瓜又為臺灣高經濟作物之一, 研究秀粉介於不同寄主上之生命表相當重要, 有助於防治上之參考。本試驗以木瓜、茄子、朱槿及大花咸豐草四種寄主植物研究秀粉介在不同寄主上之生命表, 並進一步求得族群介量, 藉此了解該蟲之生物學資訊, 做為防治策略參考。

貳、 往昔研究



一、木瓜秀粉介殼蟲的分類

木瓜秀粉介殼蟲 (*Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink) 屬於半翅目，胸喙亞目，介殼蟲總科，粉介殼蟲科 (Hemiptera: Sternorrhyncha, Coccoidea, Pseudococcidae)。本蟲於 1955 年首次在墨西哥被採集到 (Tanwar *et al.*, 2010)，但直至 1992 年才由 Williams and Granara de Willink 發表為新種 (Williams and Granara de Willink, 1992)，之後才由 Miller and Miller (2002) 重新描述該蟲各齡期及雄蟲的鑑定特徵。

秀粉介為雌雄蟲異態，雄成蟲體長 0.9-1.1 mm，寬 0.2-0.3 mm，體表為粉紅色，有一對前翅，後翅退化成一對平均棍，具有發達的觸角和複眼，雌成蟲無翅。雌成蟲外型為橢圓形，體長 1.5-2.7 mm，寬 0.9-1.7 mm，體表為淡黃色，為白色蠟粉所覆蓋；觸角多為 8 節；胸氣孔 2 對，無腹氣孔。雌成蟲的葷狀腺 (oral-rim tubular duct) 只分布於蟲體邊緣，背面缺乏領狀腺 (oral-collar tubular duct) 和多眼孔 (multilocular pore)，背部有 17 對刺孔群 (cerarii) 及 2 對背唇裂 (ostiole)。腹面的多眼孔通常分布在體節六至八節之前或之後，以及第四和五節之後。三眼孔 (trilocular pore) 集中在腹面的剛毛基部 (setal base)。盤狀孔 (discoidal pore) 不常見。領狀腺 (oral-collar tubular duct) 分布在腹面第二至七體節的邊緣。透明孔 (translucent pore) 位於後足基節上。後足脛節沒有腺孔 (Miller and Miller, 2002；翁等，2013)。

二、原產地與現今分布範圍

木瓜秀粉介殼蟲最早分布紀錄為新熱帶區 (Neotropical Region) 的貝里斯、哥斯大黎加、瓜地馬拉和墨西哥 (Williams and Granara de Willink, 1992)，因此被認為原產於墨西哥及中美洲地區。20 世紀末侵入加勒比群島後迅速擴散 (Miller *et al.*, 1999)，迄今已分布下列地區：古巴 (Cuba)、法屬瓜德魯普島



(Guadeloupe)、多明尼加 (Dominican Republic)、安地卡及巴布達 (Antigua and Barbuda)、波多黎各和維開斯島 (Puerto Rico and Jarvis Island)、法屬圭亞那 (Guyana)、法屬聖巴瑟米 (St. Barthelemy)、美國佛羅里達 (Florida)、關島 (Guam)、夏威夷 (Hawaii)、英屬維爾京群島 (British Virgin Islands)、海地 (Haiti)、法屬馬丁尼克島 (Martinique)、聖馬丁島 (Saint Martin)、聖啟斯 (St. Kitts)、墨西哥 (Mexico)、帛琉 (Palau)、印度 (India)、印尼 (Indonesia)、孟加拉 (Bangladesh)、柬埔寨 (Cambodia)、泰國 (Thailand)、斯里蘭卡 (Sri Lanka)、菲律賓 (Philippines)、多哥 (Togo)、貝南 (Benin)、迦納 (Ghana)、法屬留尼旺島 (Reunion) 及台灣 (Taiwan) (Williams and Granara de Willink, 1992; Watson and Chandler, 1999; Muniappan *et al.*, 2008; Tanwar *et al.*, 2010; 翁等, 2013)。台灣自 2010 年 8 月，在台中、南投、彰化、雲林及高雄發現秀粉介，隨後於 2012 年的調查顯示，秀粉介已幾乎擴散至全台 (Chen, unpublished data)。

三、寄主植物種類

木瓜秀介殼蟲為廣食性昆蟲，吸食植物汁液後，會造成植物葉片黃化、落葉、生長減緩及影響農作物果實產量 (Miller and Miller, 2002)。在台灣記錄到 12 種寄主植物，包括緬梔 (*Plumeria acutifolia* L.)、大花咸豐草 (*Bidens pilosa* L.)、木瓜 (*Carica papaya* L.)、木薯 (*Manihot esculenta* Crantz)、黃禱花 (*Malpighia glabra* L.)、朱槿 (*Hibiscus rosa-sinensis* L.)、木槿 (*Hibiscus syriacus* L.)、桑樹 (*Morus alba* L.)、番石榴 (*Psidium guajava* L.)、夏堇 (*Torenia fournieri* Lind.)、銀膠菊 (*Parthenium hysterophorus* L.) 及茄子 (*Solanum melongena* L.) (Chen *et al.*, 2011)。寄主範圍據已發表報告有 28 科，包含了爵床科 (Acanthaceae)、番杏科 (Aizoaceae)、莧科 (Amaranthaceae)、番荔枝科 (Annonaceae)、夾竹桃科 (Apocynaceae)、棕櫚科 (Arecaceae)、菊科 (Compositae)、白花菜科 (Capridaceae)、番木瓜科 (Caricaceae)、鴨跖草科



(Commelinaceae)、旋花科 (Convolvulaceae)、大戟科 (Euphorbiaceae)、豆科 (Fabaceae)、唇形科 (Lamiaceae)、樟科 (Lauraceae)、黃耨花科 (Malpighiaceae)、錦葵科 (Malvaceae)、桑科 (Moraceae)、桃金娘科 (Myrtaceae)、禾本科 (Poaceae)、蓼科 (Polygonaceae)、薔薇科 (Rosaceae)、茜草科 (Rubiaceae)、芸香科 (Rutaceae)、玄參科 (Scrophulariaceae)、茄科 (Solanaceae)、梧桐科 (Sterculiaceae) 及馬鞭草科 (Verbenaceae) 等 (Williams and Granara de Willink, 1992; Ben-Dov, 1994; Miller and Miller, 2002; Ben-Dov and Miller, 2010; Tanwar *et al.*, 2010; Chen *et al.*, 2011)。

四、木瓜秀粉介殼蟲生活史

木瓜秀粉介殼蟲的雌成蟲將卵產於卵囊內，卵囊被雌成蟲所分泌的蠟質包裹。報告顯示卵可存活的溫度在 20 至 30°C 之間，且於 25°C 雌成蟲的繁殖力最佳，平均可產下 300 顆卵 (Amarasekare *et al.*, 2008a)。雌性有四個齡期，雄性有五個齡期。第一齡蟲階段，雌、雄蟲並無形態差異。第二齡期之後，雌、雄蟲外型開始分歧。雄性第三齡蟲具翅芽，亦為前蛹，包裹在白色棉絮狀的蛹中；雄性第四齡期為蛹期。

當秀粉介為害狀況嚴重時，植株葉片常受到大量棉絮狀堆積物覆蓋，因此可輕易藉由肉眼確認。受介殼蟲危害的植株葉片色澤轉淡、植株矮小、葉片畸形、造成落葉與落果。此蟲亦會分泌大量的蜜露引發煤煙病，造成葉黃、落葉、減緩植物之生長勢、降低農作物之種子、果實之產量，為害嚴重的者最終將死亡。蜜露同時也吸引大量的螞蟻群聚共生，常導致秀粉介對植物之危害加劇 (Tanwar *et al.*, 2010)。

五、生態

(一) 溫度對木瓜秀粉介殼蟲的影響



1. 溫度對本蟲發育之影響

Amarasekare *et al.* (2008a) 於 15、18、20、25、30、34、35 及 37°C 下的恆溫中以朱槿 (*Hibiscus rosa-sinensis* L.) 飼育木瓜秀粉介殼蟲，發現於 37°C 時卵無法孵化；在 15、34 及 35°C 時第一齡蟲無法發育為第二齡蟲；然而在 18、20、25 及 30°C 即可正常發育，發育所需天數與溫度的增加成反比。發育天數方面，在 18、20、25 及 30°C 下，卵期分別為 23、14、9 及 7 天；雌性若蟲期分別為 52、33、17 及 16 天；完成整個發育期（自卵期成功發育至成蟲）分別為 74、46、26 及 23 天；雄性若蟲平均發育天數較雌性長，分別為 65、42、20 及 19 天，完成整個發育期分別為 85、53、29 及 25 天。在相同溫度下，完成整個發育期所需時間，雌蟲顯著的較雄蟲短，雄蟲在雌蟲羽化後 4-12 天才羽化，但雌蟲與雄蟲發育期的差異會隨溫度上升而減少。

2. 溫度對本蟲存活率之影響

Amarasekare *et al.* (2008a) 以朱槿飼育秀粉介，在 18、20、25 及 30°C 的存活率，卵期分別為 80、90、83 及 86%；第一齡期分別為 54、77、83 及 91%；第二齡期分別為 80、94、98 及 91%；雌蟲第三齡期分別為 73、84、80 及 93%；雄蟲第三齡期分別為 96、98、89 及 97%；雄蟲第四齡期分別為 98、75、87 及 98%；卵期至成蟲的存活率分別為 31、41、51 及 71%。卵期存活率（孵化率）隨溫度上升而增加，升溫至 35°C 存活率開始下降。第一齡期的存活率於 18°C 最低，成蟲累積存活率於 30°C 最高。

3. 溫度對本蟲性比、成蟲壽命之影響

Amarasekare *et al.* (2008a) 以朱槿飼育秀粉介，在 18、20、25 及 30°C 的雌蟲比例分別為 69、82、43 及 71%，雌蟲比例於 25°C 時最低；雌成蟲壽命分別為 40、36、21 及 19 天；雄成蟲壽命分別為 6、5、3 及 1 天。

4. 溫度對本蟲生殖力、產卵前期與產卵天數之影響

Amarasekare *et al.* (2008a) 以朱槿飼育秀粉介，在 18、20、25 及 30°C 的



生殖力 (卵數) 分別為 161、232、300 及 82 粒；產卵前期 (自交配至開始產下卵囊的時間) 分別為 17、14、7 及 8 天；產卵天數分別為 20、21、11 及 12 天；在 25、30°C 下的產卵前期及產卵天數沒有差異。

(二) 寄主對木瓜秀粉介殼蟲的影響

1. 寄主對本蟲發育之影響

根據 Amarasekare *et al.* (2008b) 的報告，於恆溫 25°C、濕度 65% 下，以朱槿、紅葉鐵莧 (*Acalypha wilkesiana* Muell Arg)、緬梔 (*Plumeria rubra* L.) 及銀膠菊 (*Parthenium hysterophorus* L.) 飼育秀粉介，其卵期約為 8 天，第一齡蟲發育天數約為 6-7 天。以朱槿、紅葉鐵莧及銀膠菊飼育的雄蟲第二齡蟲發育天數約為 6-7 天，以緬梔飼育的雄蟲第二齡蟲發育天數為 10 天；以四種寄主植物飼育的雌蟲第二齡蟲發育天數約為 4-5 天；雄蟲第三齡蟲發育天數約為 2-3 天，雌蟲第三齡蟲發育天數約為 5-6 天；雄蟲第四齡蟲發育天數約為 3-5 天。最後累計該蟲之發育天數可得知，以四種寄主植物飼育的雄蟲之累積發育天數約為 28-30 天，雌蟲則是 25-26 天。

2. 寄主對本蟲存活率之影響

Amarasekare *et al.* (2008b) 以朱槿、紅葉鐵莧、緬梔及銀膠菊飼育秀粉介，發現卵期存活率約為 82-84%。以朱槿、紅葉鐵莧及銀膠菊飼育的各齡期存活率相近，約 82-90%；以緬梔飼育的各齡期存活率分別為：雄蟲第一齡期 59%、第二齡期 65%、雄蟲第三齡期 85%、雌蟲第三齡期 82%、雄蟲第四齡期 82%。累計該蟲之存活率，以朱槿、紅葉鐵莧、銀膠菊飼育的累積發育存活率約為 50%，以緬梔飼育的累積發育存活率為 20%。以緬梔飼育的第一、二齡蟲之存活率最低，寄主種類並不影響第三齡期及第四齡蟲的存活率。

3. 寄主對本蟲性比、成蟲壽命之影響

Amarasekare *et al.* (2008b) 以朱槿、紅葉鐵莧、緬梔及銀膠菊飼育木瓜秀粉介殼蟲，發現以緬梔飼育的秀粉介之後代雌性比例較高。後代的雌性比例約



為 53-59%。寄主種類並不影響成蟲壽命，雄蟲壽命約為 2 天，雌性則是 21 天。

4. 寄主對本蟲生殖力、產卵前期與產卵天數之影響

Amarasekare *et al.* (2008b) 以朱槿、紅葉鐵莧、緬梔及銀膠菊飼育秀粉介，結果顯示以四種寄主植物飼育的未交配雌蟲不會產卵。以緬梔飼育的雌蟲產卵數最少，只有 186 粒，以朱槿飼育的雌蟲產卵數為 244 粒，以紅葉鐵莧飼育的雌蟲產卵數為 235 粒，以銀膠菊飼育的雌蟲產卵數為 230 粒。寄主植物種類並不影響產卵前期及產卵期天數，產卵前期平均為 6 天，產卵期平均為 11 天。

(三) 寄主之選擇性

粉介殼蟲科種類對寄主的選擇行為研究甚少，Silva-Torres *et al.* (2013) 調查絲粉介殼蟲 (*Ferrisia virgate* Cockerell) 對不同種棉花栽培種 (BRS Verde、BRS Rubi、BRS Safira、BRS 201 及 CNPA 7H) 的偏好性及建立族群之情形，發現第一、二齡蟲對不同棉花栽培種並無明顯偏好性，第一齡蟲在不同栽培種上立足的數量並無顯著差異。鍾等人 (2010) 利用 Y 型嗅覺測試儀及培養皿測定法 (剪取同樣大小葉片置於培養皿內之溼濾紙上) 分別測定西方花薊馬 (*Frankliniella occidentalis* Pergande) 若蟲及成蟲對茄子、辣椒、番茄及此三種植物不同處理 (健康植物、機械損傷植物、蟲傷植物或已蟲傷植物) 間的選擇；結果顯示除了健康辣椒對西方花薊馬成蟲無誘引性外，此三種植物之不同處理對西方花薊馬成蟲均有顯著的誘引性，並以蟲傷植物之誘引性最大。培養皿測定法的結果則指出，西方花薊馬若蟲偏好茄子，其次依序為番茄及辣椒；且對蟲傷茄子的選擇性最高。

(四) 防治方法

根據植物保護手冊 (王等, 2012) 於民國 100 年 9 月 30 日公告之緊急防治藥劑，適用於木瓜秀粉介殼蟲之藥劑為 50% 馬拉松乳劑、20% 達特南水溶性粒劑、100 g/L 賜派滅水懸劑及 99% 礦物油乳劑。除了化學防治及資材外，田間

管理亦為重要防治方法。

生物防治之研究以捕食性天敵熙灰蝶 (*Spalgus epius* Westwood) 及三種跳小蜂科 (Encyrtidae) : *Acerophagus papayae* Noyes and Schauff、*Pseudleptomastix mexicana* Noyes and Schauff 及 *Anagyrus loecki* Noyes and Menezes 為主 (Noyes and Schauff, 2003)。熙灰蝶第五齡蟲在該齡期內 (2.1 ± 0.76 天) 可捕食 18-26 個秀粉介卵囊及 112-132 隻秀粉介若蟲和成蟲；整個幼蟲期共捕食 42-53 個卵囊及 196-222 隻秀粉介若蟲及成蟲 (Thangamalar *et al.*, 2010)。Meyerdirk *et al.* (2004) 於 2002 年 6 月於關島大量釋放 *An. loecki*、*P. mexicana* 及 *Ac. papaya* 共 46,200 隻，同年 10 月秀粉介族群減少超過 99%。

六、生命表

生命表詳盡記錄生物族群的存活率，可了解昆蟲不同齡期的存活與繁殖情形，進而得知族群變動的資訊，為族群生態學的基礎。傳統的生命表例如 Leslie matrix (Leslie, 1945) 或 Birch's method (Birch, 1948) 利用雌性個體生活史資料之平均值計算齡別存活率和齡別生殖率，並未考慮雄性對族群生態的影響及個體間發育率的差異。Chi and Liu (1985) 及 Chi (1988) 提出年齡齡期兩性生命表之理論及模型，考慮兩性、個體和齡期發育速率的差異，運用該模型可計算族群的齡期結構。

參、材料與方法



一、供試蟲源

本試驗木瓜秀粉介殼蟲於 2012 年由行政院農業委員會農業試驗所應用動物組陳淑佩博士提供。將蟲源飼育於大花咸豐草 (*Bidens pilosa* L. var. *radiata* Sch.)，源自臺灣大學昆蟲館旁之大花咸豐草種子，種植於 25°C、相對溼度 70~75% 的步入式生長箱內。

二、供試寄主

試驗用寄主以大花咸豐草 (*B. pilosa*)、朱槿 (*Hibiscus rosa-sinensis* L.)、茄子 (*Solanum melongena* L.)、木瓜 (*Carica papaya* L.) 分別作為雜草、園藝植物、蔬菜、果樹之代表。

大花咸豐草屬菊科 (Asteraceae)，多年生草本植物 (許等, 2007)，四季開花，外圍花瓣呈白色，中央為管狀花，呈黃色。瘦果為黑褐色，長約 1 cm，具倒鈎刺，可附著於人畜助其傳播，分布超過 41 個國家 (Holm *et al.*, 1977)。大花咸豐草由琉球引進臺灣，在臺灣大多分布於農田及荒地，遍布全臺的平地、海邊及高海拔山地 (林, 1995)。

朱槿屬錦葵科 (Malvaceae)，為常綠灌木，終年開花，為臺灣常見的園藝植物。在美國木瓜秀粉介殼蟲可經由朱槿盆栽的方式運輸至美國其他州、甚至是加拿大境內 (Gilman, 1999; USDA-NRCS, 2007; Amarasekare *et al.*, 2008b)。臺灣也發現秀粉介危害朱槿 (陳等, 2012b)。

茄子屬茄科 (Solanaceae)，亞洲種植茄子的面積及產量佔全世界 90% 以上，依據農業委員會民國 101 年農業年報統計，臺灣地區茄子栽培面積約為 1,215 公頃，主要栽培地區在南部為屏東縣及高雄縣等；中部以彰化縣、南投縣及雲林縣等為主，為臺灣夏秋兩季的重要蔬菜。茄子雖被認為是秀粉介的寄主之一 (Chen *et al.*, 2011)，但生活史相關資料卻相當缺乏。

木瓜屬番木瓜科 (Caricaceae)，臺灣經濟栽培以台農二號為主。101 年農業統計年報統計臺灣栽培面積約 2,948 公頃，年產量約 132,763 公噸；主要產區在台南縣、屏東縣、高雄縣、嘉義縣、雲林縣及南投縣等 (黃等，2009)。

於溫度為 25°C，相對溼度 70~75%，光週期為 12:12 h (L:D) 之步入式生長箱內種植大花咸豐草，自臺灣大學昆蟲館採集大花咸豐草種子，以培養土栽培，長至 15 cm 高後，剪下 20 片咸豐草葉片扦插於裝有自來水之切花保鮮瓶並置於 50 ml 之離心瓶內，以 100 目之尼龍細紗網套住管口，並利用 parafilm 固定細紗網，防止該蟲脫逃。朱槿盆栽 (約 45 cm) 購自台北花木批發市場，剪下 20 片葉片扦插於直徑 7.9 cm、高 5.6 cm、250 c.c. 戳洞之透明塑膠杯內，下方則為裝水的布丁杯，保持葉片新鮮，上方覆蓋 104 網目的網子並加蓋，防止試驗個體逃脫 (圖一)。茄子 (約 15 cm)、木瓜組織培養苗 (約 30 cm) 種苗購自新店張豐鏡種苗店，試驗個體直接接於種苗葉片。植物皆以複合肥 43 號施肥，每三週施肥一次。



圖一、木瓜秀粉介殼蟲於朱槿葉片的飼育裝置。

Fig. 1. Rearing unit of hibiscus for *P. marginatus*.

三、生命表資料收集

(一) 幼期之觀察

自供試蟲源 (母族群) 產下之卵囊中取 5~6 顆卵，分別接於四種寄主植物葉片上，待孵化為第一齡蟲並穩定吸食葉片後，每片葉子只留一隻若蟲。同一種植物每次使用兩隻雌蟲的卵囊。每 24 h 以解剖顯微鏡觀察，以蛻皮為分別齡期依據，

記錄每一齡期發育時間。二齡蟲可依據體色分辨雌雄（雄蟲變成粉紅色），待其化蛹後，木瓜及茄子以長 30 cm，寬 10 cm，104 目尼龍網之雙向式拉繩養蟲套袋（博視公司）套住葉片，防止雄蟲羽化後脫逃。記錄雌雄蟲數量及每一齡期死亡率。

（二）成蟲壽命及繁殖力

待前項試驗之雌雄蟲羽化為成蟲，每日記錄其壽命及死亡情形。雌蟲羽化後 24 h 內，將 3 隻雄成蟲放入使其交配，茄子、木瓜以雙向式拉繩養蟲套袋套住葉片，大花咸豐草及朱槿分別以 104 網目網子及加蓋防止雄蟲脫逃。試驗過程中記錄每隻雌蟲開始產卵日、每日產卵量、產卵天數、停止產卵後雌蟲存活天數及雄成蟲交配後存活天數。

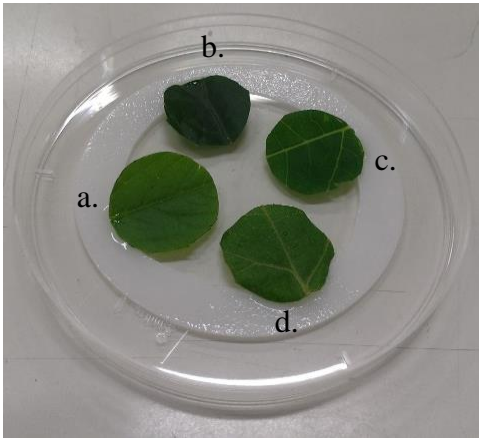
（三）卵期發育天數

將前項試驗交配之雌蟲產下的卵置於 1.5 ml Flat Cap PCR Tubes 內，放置於前述之生長箱內，並觀察卵發育時間、空卵囊數及孵化為第一齡蟲之數量。

四、寄主選擇性試驗

（一）培養皿測試法

將木瓜、茄子、朱槿及大花咸豐草葉片剪為直徑 28 mm 大小之圓葉，底部鋪直徑 70 mm 的中空濾紙，並加水保濕，置於培養皿內。培養皿中央放置一隻孵化 24 h 內的第一齡蟲，4 h 後記錄若蟲所在的葉片種類。為釐清木瓜秀粉介殼蟲子代是否偏好母本所利用之寄主，因此將利用不同寄主植物飼育孵化之一齡蟲進行本試驗。



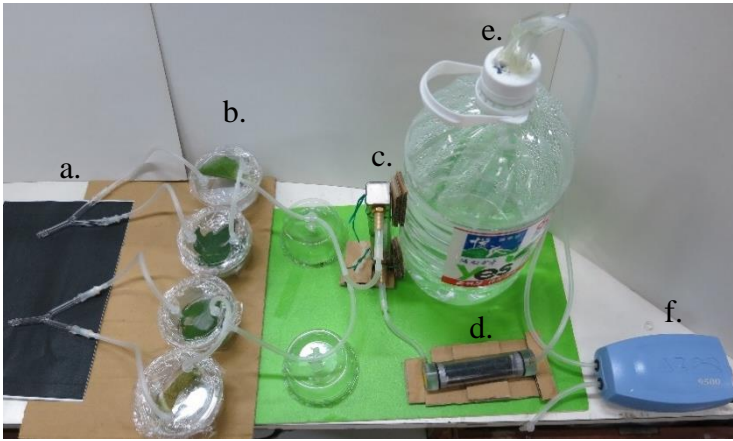
圖二、培養皿測試法的裝置：a. 大花咸豐草；b. 朱槿；c. 木瓜；d. 茄子。

Fig. 2. Experimental device of petri dish for selective behavior: a. hairy beggartick; b. hibiscus; c. papaya; d. eggplant.

(二) Y 型嗅覺測試儀

Y 型無色透明玻璃管三臂均長 5 cm，內徑 0.5 cm，兩臂夾角 45°，管中氣體流速 200 ml/min。每個 Y 型玻璃管與兩個內裝植物葉片的布丁杯（茄子及大花咸豐草、木瓜及朱槿連接同一個 Y 型管），

流量計再與活性碳管相連（圖三）。每次於 Y 型玻璃管口放置一隻一齡蟲，本試驗共測定 20 隻一齡蟲。試驗過程將記錄 30 分鐘內一齡蟲對植物葉片氣味之反應。為避免試驗受到干擾，每測定 5 隻一齡蟲後以酒精清洗 Y 型玻璃管。



圖三、Y 型嗅覺測試儀的裝置：a. Y 型管；b. 寄主葉片；c. 流量計；d. 活性炭；
e. 水；f. 打氣馬達。

Fig. 3. Experimental device of Y-tube olfactometer: a. Y tube; b. host leaves; c. flow
meter; d. active carbon; e. water; f. air pump.

五、生命表資料分析

將記錄的資料依據年齡齡期兩性生命表之理論 (Chi and Liu, 1985) 及方法 (Chi, 1988) 以 TWOSEX-MSChart 軟體 (<http://nhsbig.inhs.uiuc.edu/wes/chi.html>) (Chi, 2014b) 分析各齡期平均發育時間、成蟲產卵前期 (Adult preoviposition period, APOP)、總產卵前期 (Total preoviposition period, TPOP) 及計算族群參數，包含齡期齡別存活率 (Age-stage specific survival rate, s_{xj} ; x 為蟲齡， j 為蟲期)、齡別存活率 (Age-specific survival rate, l_x)、齡別齡期生殖率 (Age-stage specific fecundity, f_{xj})、齡別生殖率 (Age-specific survival fecundity, m_x)、齡別齡期繁殖值 (Age-stage specific reproductive value, v_{xj})、內在增殖率 (Intrinsic rate of increase, r)、終極增殖率 (Finite rate of increase, λ)、粗繁殖率 (Gross reproductive rate, GRR)、淨增殖率 (Net reproductive rate, R_0)、平均世代時間 (Mean generation time, T)。各公式計算如下：

$$l_x = \sum_{j=1}^k s_{xj} \quad (1)$$

$$m_x = \frac{\sum_{j=1}^k s_{xj} f_{xj}}{\sum_{j=1}^k s_{xj}} \quad (2)$$



其中 k 為齡期數。

$$\sum_{x=0}^{\infty} e^{-r(x+1)} l_x m_x = 1 \quad (3)$$

$$\lambda = e^r \quad (4)$$

$$GRR = \sum m_x \quad (5)$$

$$R_0 = \sum_{x=0}^{\infty} l_x m_x \quad (6)$$

$$T = \frac{\ln(R_0)}{r} \quad (7)$$

淨增殖率和雌蟲平均繁殖率（每個雌性個體能產的子代個數）的關係式為：

$$R_0 = F \left(\frac{N_f}{N} \right) \quad (8)$$

其中 N 為生命表中總個體數， N_f 為雌成蟲數， $\left(\frac{N_f}{N} \right)$ 為雌成蟲前期的存活率。

成蟲產卵前期為成蟲羽化至產卵的時間；總產卵前期是若蟲期至產卵的時間；繁殖值為特定日齡的個體對未來族群的貢獻；內在增殖率的定義為一個個體平均可產的子代數；終極增殖率為每日個體增長倍數；粗繁殖率和淨增殖率皆為每個雌性個體可產雌性子代的數量（所需的時間為平均世代時間），但粗繁殖率並未將存活率列入估算。平均世代時間為族群大小增長 R_0 倍所需的時間，也就是自親代孵化至子代出生的平均時間；倍增時間為族群增長兩倍所需時間。最後以 TIMING-MSChart 軟體預測木瓜秀粉介殼蟲 60 天之族群成長 (Chi, 2014a)。

六、期望壽命分析

昆蟲個體間發育率的差異使部分個體日齡相同但齡期不同，造成齡期重疊的現象，這些個體的期望壽命也不相同，可由以下公式估算蟲齡為 x ，蟲期為 y 的個體的期望壽命 (Age-stage specific life expectancy, e_{xy})。

公式為：

$$e_{xy} = \sum_{i=x}^n \sum_{j=y}^m s'_{ij} \quad (10)$$

其中 n 為蟲齡組數， m 為蟲期數， s'_{ij} 為蟲齡 x 蟲期 y 個體至蟲齡 i 蟲期 j 仍存活

的機率 (Chi, 1988; Chi and Su, 2006)。



七、統計分析

利用拔靴法 (Bootstrap) 重複取樣 10,000 次分析 TWOSEX-MSChart 所得生命表各參數的平均值(mean)及其標準差(standard error of mean, SEM)。以 Tukey-Kramer 與 Tukey's HSD 分析比較資料間的顯著性。選擇性試驗的培養皿測試法以卡方分析 (Chi-square analysis) 資料的顯著性。

肆、結果



一、生活史

木瓜秀粉介殼蟲雌雄蟲共經歷卵期、若蟲（雌性三個齡期；雄性則為四個齡期）、成蟲等三個生活史階段（圖四）。雌蟲產卵於卵囊內，卵粒為橢圓形，呈淡黃色，孵化前可見一對紅色眼點，孵化時會脫去一層蛻皮。第一齡蟲為淡黃色且無法分辨雌雄，蟲體光滑無分泌白色粉狀物，接近蛻皮時則漸增，此階段活動力強，主動尋找適合寄主吸食汁液，蟲體隨取食量增加而增大。第二齡蟲粉狀物更為明顯，第二齡期前期雌雄蟲外型無差異，中期雄蟲漸轉變為粉紅色，此階段雄蟲仍會四處活動，但活動力較第一齡蟲差，末期雄蟲靜止，並分泌絲狀蠟質棉粉將蟲體包裹於長型繭中。雌性第二齡蟲外型仍呈淡黃色，取食位置漸趨固著。繭內雄蟲蛻皮兩次，以此分別第三齡蟲與第四齡蟲。雌性第三齡蟲體型漸增，再次蛻皮成為成蟲，外觀與第二、三齡蟲並無差異，僅有體型大小差別。雌蟲取食後，尾端會翹起，末端噴出蜜露，產卵前期的雌蟲仍會分泌蜜露。雄性第四齡蟲後期，一對尾毛顯露於繭末端，羽化後為粉色，具一對翅，口器退化不取食，壽命極短。



圖四、解剖顯微鏡下木瓜秀粉介殼蟲各齡期外部形態：a. 第一齡蟲；b. 雌性第二齡蟲；c. 雄性第二齡蟲；d. 雌性第三齡蟲；e. 雄性第三齡蟲（前蛹期）；f. 雄性第四齡蟲（蛹期）；g. 雌成蟲；h. 雄成蟲；i. 產卵雌成蟲。

Fig. 4. Appearance of various stages of *P. marginatus* under dissecting microscope: a. first instar; b. second instar female; c. second instar male; d. third instar female; e. third instar male (prepupa); f. fourth instar male (pupa); g. female adult; h. male adult; i. female adult with ovisac.



二、木瓜秀粉介殼蟲於不同寄主植物之發育時間

木瓜秀粉介殼蟲在四種不同寄主植物上各齡期平均發育時間為卵期 6.48 日，第一齡期 6.66 日，雄性第二齡期 5.49 日，雌性第二齡期 5.36 日，雄性第三齡期（前蛹期）1.84 日，雌性第三齡期 4.62 日，雄性第四齡期（蛹期）4.54 日，雄蟲及雌蟲平均累積發育時間分別為 24.09 及 21.87 日。秀粉介在四種寄主植物上之發育時間如表一所示，顯示寄主植物顯著影響秀粉介的發育所需日數 ($P < 0.05$)。雌雄兩性秀粉介於茄子上累積發育時間最長（雄蟲 27.25 日，雌蟲 24.83 日），其次依序為大花咸豐草（雄蟲 24.00 日，雌蟲 23.00 日）、木瓜（雄蟲 22.68 日，雌蟲 20.62 日）及朱槿（雄蟲 22.44 日，雌蟲 19.03 日），且雄蟲累積發育時間皆較雌蟲長。秀粉介於四種寄主植物間之卵期具顯著差異，於朱槿上發育時間需 7.44 日，為四種寄主植物中最長者，其次依序為茄子（6.82 日）、木瓜（5.95 日）及大花咸豐草（5.70 日）。第一齡蟲飼育於茄子上的發育時間需 8.06 日最長，其次依序為大花咸豐草（7.70 日）及朱槿（5.47 日），於木瓜上需 5.41 日最短，於茄子及大花咸豐草上之第一齡期不具顯著差異。雄性第二齡蟲於茄子上發育時間最長（6.43 日），其次依序為大花咸豐草（6.10 日）及朱槿（4.68 日），於木瓜上需 4.57 日最短，其中於茄子與大花咸豐草、朱槿與木瓜不具顯著差異。雌性第二齡蟲於茄子上發育時間最長（6.50 日），其次依序為木瓜（5.58 日）及大花咸豐草（5.35 日），於朱槿上需 4.02 日最短，其中於茄子與木瓜不具顯著差異。雄性第三齡期時間由長至短依序為茄子（2.13 日）、木瓜（1.81 日）、大花咸豐草（1.74 日）、朱槿（1.68 日），其中於茄子與朱槿具顯著差異。雌性第三齡期時間由長至短依序為茄子（5.07 日）、大花咸豐草（5.06 日）、木瓜（4.30 日）、朱槿（4.03 日），其中於茄子與朱槿、木瓜與大花咸豐草具顯著差異。雄性第四齡期時間由長至短依序為木瓜（5.85 日）、茄子（5.06 日）、朱槿（4.00 日）、大花咸豐草（3.26 日），於四種寄主植物上之第四齡期皆具顯著差異。

表一、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上各齡期發育所需平均日數

Table 1. Mean number of days (\pm SEM) for each life-history stage of *P. marginatus* reared on hibiscus, papaya, eggplant and hairy beggartick

Life-history stage	N	Hibiscus	N	Papaya	N	Eggplant	N	Hairy beggartick	<i>F</i>	df	<i>P</i>
Egg	391	7.44 \pm 0.04a	412	5.95 \pm 0.05c	323	6.82 \pm 0.24b	229	5.70 \pm 0.04c	72.00	1053	< 0.0001
First instar	194	5.47 \pm 0.12b	197	5.41 \pm 0.10c	207	8.06 \pm 0.11a	34	7.70 \pm 0.37a	67.73	631	< 0.0001
Second instar											
Male	65	4.68 \pm 0.16b	61	4.57 \pm 0.11b	28	6.43 \pm 0.28a	23	6.10 \pm 0.33a	21.02	176	< 0.0001
Female	44	4.02 \pm 0.15d	24	5.58 \pm 0.41ab	14	6.50 \pm 0.43a	23	5.35 \pm 0.28c	11.25	104	< 0.0001
Third instar											
Male	47	1.68 \pm 0.10c	63	1.81 \pm 0.08ac	24	2.13 \pm 0.19ab	35	1.74 \pm 0.12bc	2.75	168	0.0444
Female	39	4.03 \pm 0.12b	23	4.30 \pm 0.28ab	14	5.07 \pm 0.22a	18	5.06 \pm 0.40a	4.25	93	0.0074
Fourth instar											
Male	58	4.00 \pm 0.11c	33	5.85 \pm 0.16a	17	5.06 \pm 0.28b	23	3.26 \pm 0.22d	39.58	130	< 0.0001
Cumulative											
Male	41	22.44 \pm 0.41c	44	22.68 \pm 0.22bc	16	27.25 \pm 0.28a	14	24.00 \pm 0.41b	28.99	114	< 0.0001
Female	34	19.03 \pm 0.34c	21	20.62 \pm 0.38c	12	24.83 \pm 0.44a	14	23.00 \pm 0.73b	27.81	80	< 0.0001

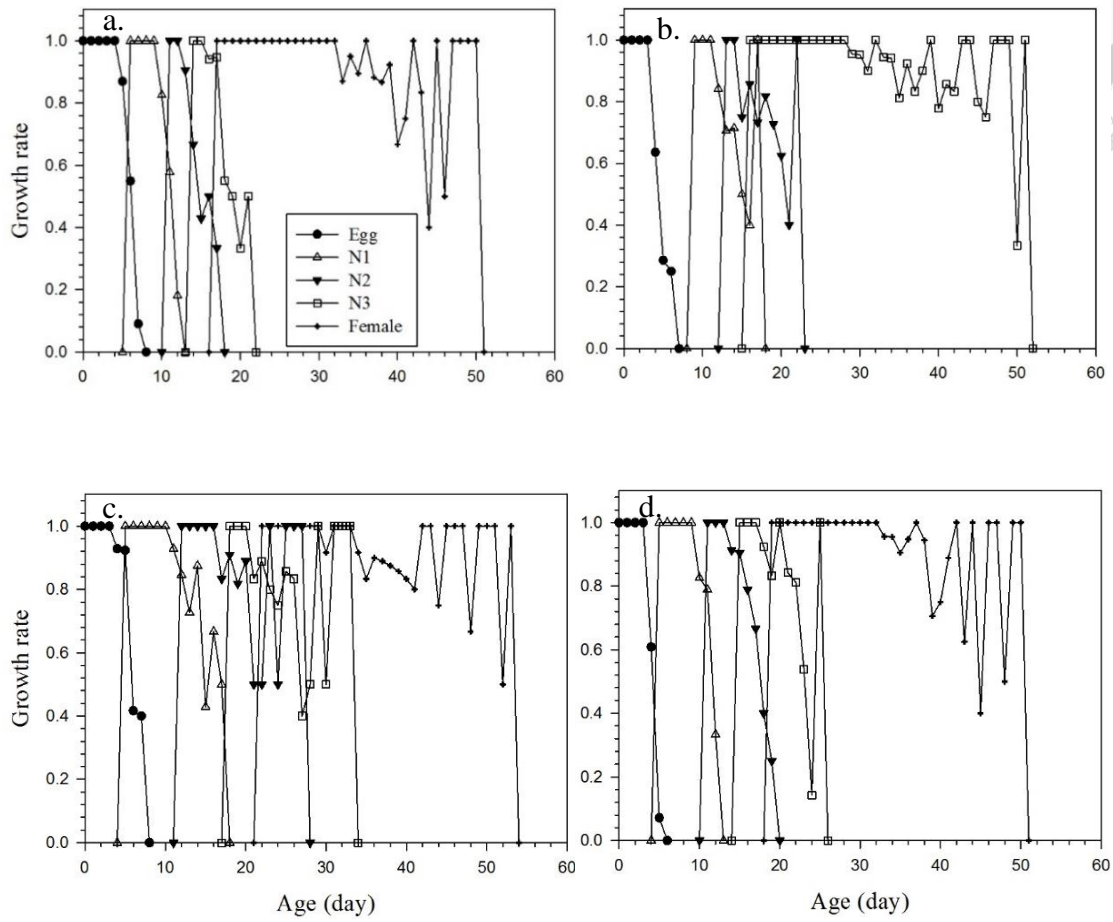
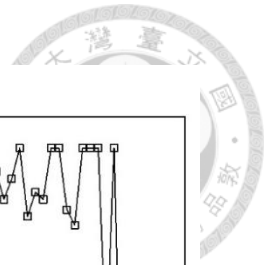
Means in each row with same small letter are not significantly different at the 5% level on the four host plants by Tukey's HSD procedure.



二、兩性生命表

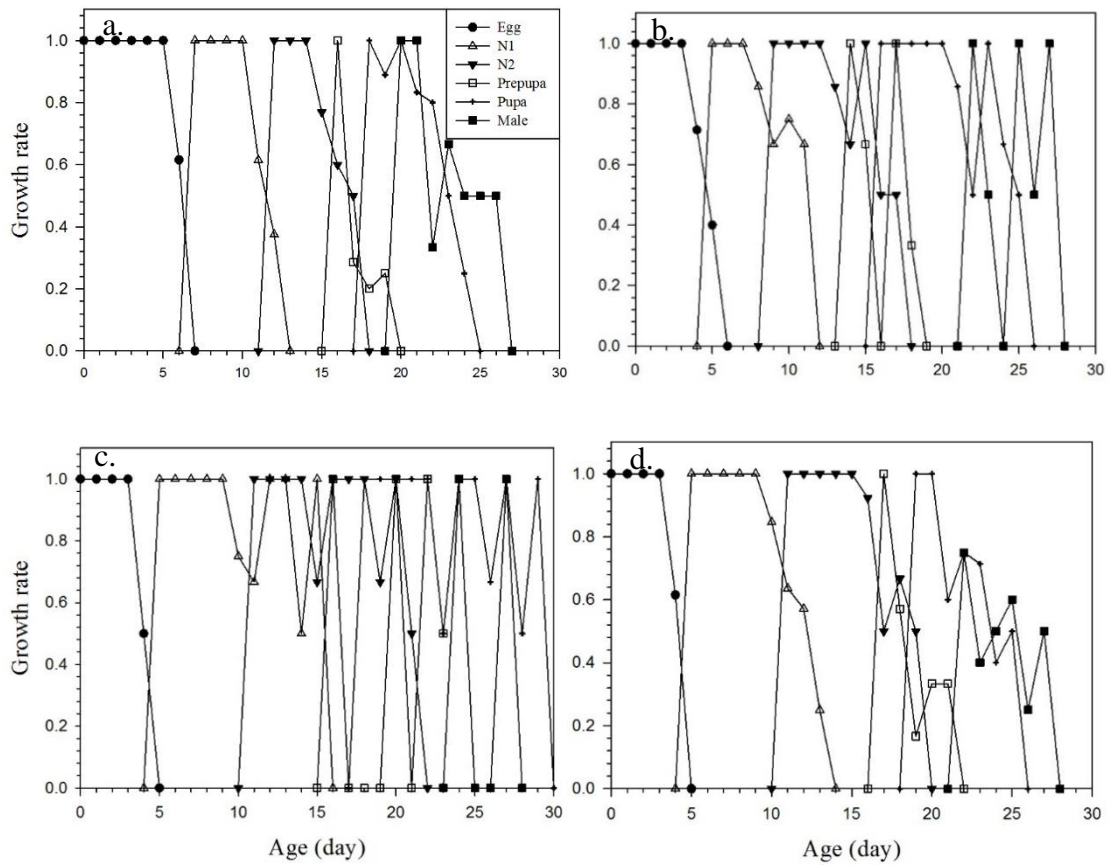
(一) 齡別齡期生長率

不同寄主植物下木瓜秀粉介殼蟲之齡別齡期生長率如圖五、圖六，由矩陣 G 繪製而成，可反映生活史的發育過程。生長率為一個蟲齡 i ，蟲期 j 之個體經過單位時間後，蟲齡為 $i+1$ ，蟲期仍為 j 之比率。圖中生長率為 1 代表仍停留在該發育階段，生長率為 0-1 代表部分個體進入下一齡期，生長率為 0 代表已無該齡期個體。雌蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之卵期生長日數依序為 1-8、1-6、1-7、1-5；雌性第一齡蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生長日數依序為 6-12、5-12、5-17、5-12；雌性第二齡蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生長日數依序為 11-17、9-17、12-27、11-19；雌性第三齡蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生長日數依序為 14-21、13-22、18-33、15-25；雌成蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生長日數依序為 17-50、16-51、22-53、19-50。雄蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之卵期生長日數依序為 1-6、1-5、1-4、1-4；雄性第一齡蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生長日數依序為 7-12、5-15、5-18、5-13；雄性第二齡蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生長日數依序為 12-17、9-17、11-21、11-19；雄性第三齡蟲（前蛹期）在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生長日數依序為 16-19、14-18、16-24、17-21；雄性第四齡蟲（蛹期）在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生長日數依序為 18-24、18-29、18-30、19-25；雄成蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生長日數依序為 20-26、22-27、24-27、22-27。由於個體間於四種寄主植物上生長速率不同，因此有齡期重疊現象，且於生活史後期可發現較明顯之重疊，且於茄子上最為顯著（雌性第三齡期與雌成蟲期重疊 13 天，前蛹期與蛹期重疊 6 天），若蟲期之日齡範圍亦最長。



圖五、木瓜秀粉介殼蟲雌蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡別齡期生長率。

Fig. 5. The age-stage specific growth rate of *P. marginatus* female reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



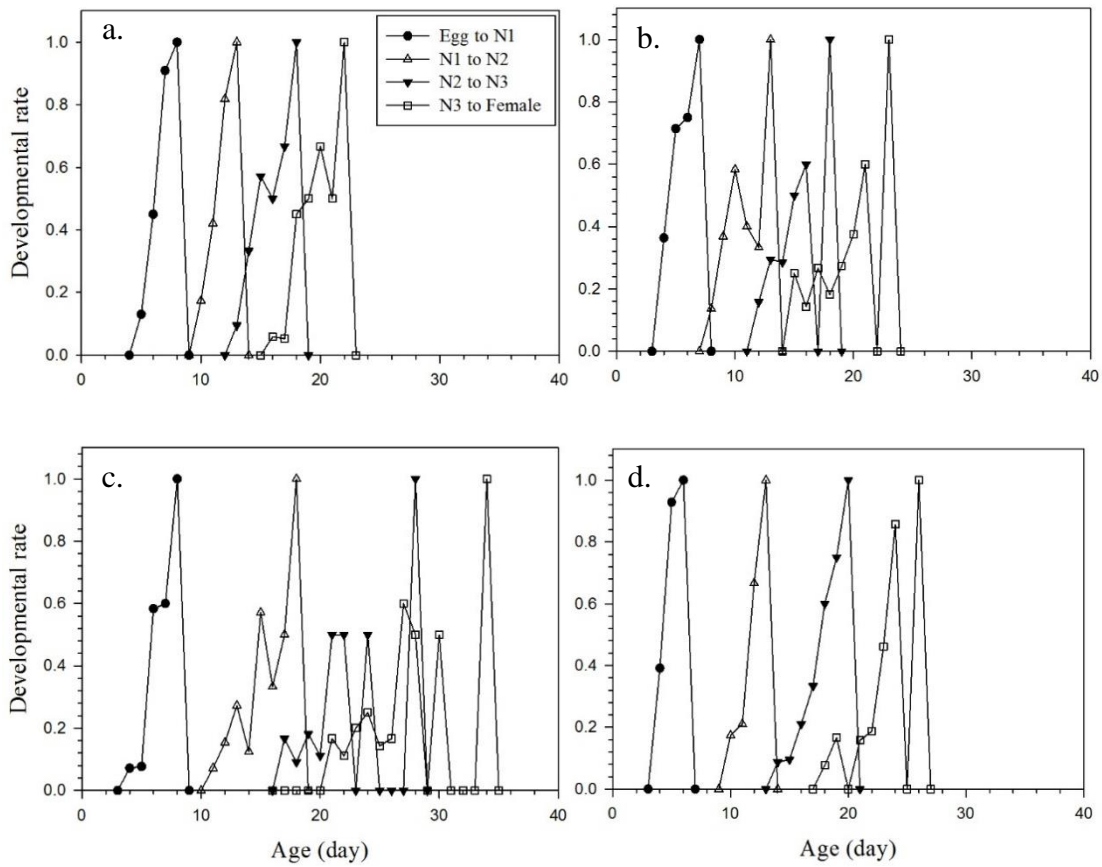
圖六、木瓜秀粉介殼蟲雄蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡別齡期生長率。

Fig. 6. The age-stage specific growth rate of *P. marginatus* male reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



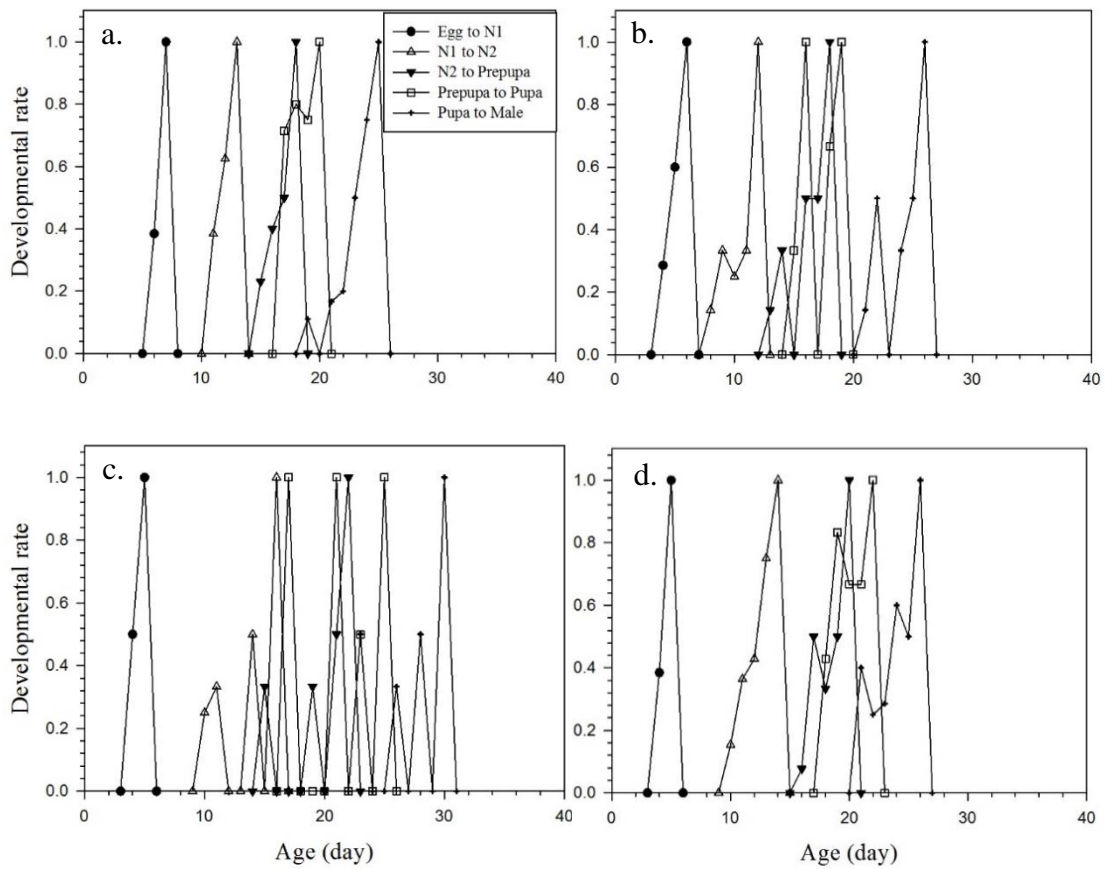
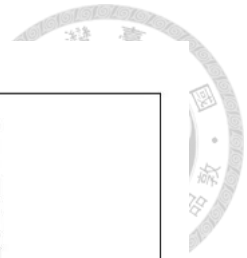
(二) 齡別齡期發育率

不同寄主植物下木瓜秀粉介殼蟲之齡別齡期發育率如圖七、圖八。發育率為一個蟲齡 i ，蟲期 j 之個體經過單位時間後，蟲齡為 $i+1$ ，蟲期變為 $j+1$ 之比率。發育率為 0-1 代表已有個體進入下一發育階段，發育率為 1 代表在該日齡所有個體進入下一蟲期。大花咸豐草上之雌蟲卵最早全部發育至第一齡期，雌蟲於茄子上之第一齡蟲、第二齡蟲、第三齡蟲最晚全部進入下一齡期；朱槿上之雌性第三齡蟲則是最早進入成蟲期，其次依序為木瓜、大花咸豐草。雄蟲於茄子及大花咸豐草上之卵最早全部發育至第一齡期；雄蟲於茄子上之第一齡蟲、第二齡蟲、第三齡蟲、第四齡蟲最晚全部進入下一齡期；朱槿上之雌性第三齡蟲則是最早進入成蟲期，其次為木瓜、大花咸豐草。由此可見雌蟲發育比雄蟲快，且圖中折線下面積越大代表族群中該齡期個體發育程度差異越大，茄子上之族群個體發育差異最大（圖七、八）。



圖七、木瓜秀粉介殼蟲雌蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡別齡期發育率。


Fig. 7. The age-stage specific developmental rate of *P. marginatus* female reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



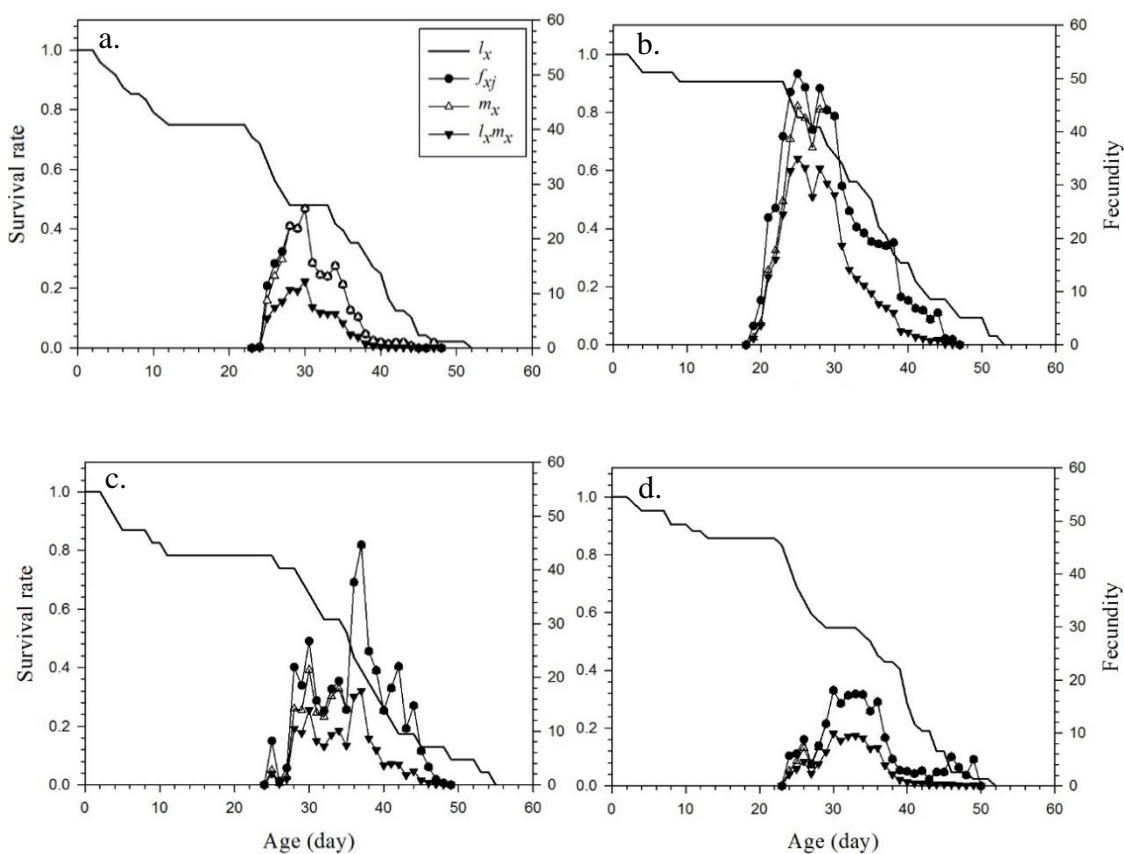
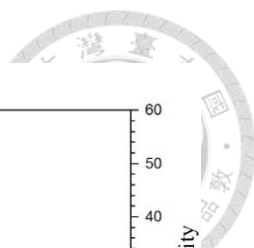
圖八、木瓜秀粉介殼蟲雄蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡別齡期發育率。

Fig. 8. The age-stage specific developmental rate of *P. marginatus* male reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.

(三) 齡別存活率、齡別繁殖率、齡別淨繁殖率



圖九為木瓜秀粉介殼蟲分別在朱槿、木瓜、茄子及大花咸豐草上之齡別存活率 (l_x)、雌蟲齡別齡期繁殖率 (f_x)、齡別繁殖率 (m_x) 與齡別淨繁殖率 ($l_x m_x$)。由齡別繁殖率曲線可知茄子上的雌蟲於 35-38 日之每日產卵量差異頗大，大花咸豐草上則是每日產卵量較平均 (圖九)。於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上開始生殖的日齡分別為 24、21、25、26 日齡，且在木瓜上最早開始產卵。在四種寄主植物上之產卵量隨年齡增加，於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別繁殖率的高峰分別為 32、27、39、32 日齡，分別平均每日可產下 25.48、50.91、44.67、18.04 顆卵，之後繁殖率隨年齡增加而漸減；於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之繁殖期天數 (自 m_x 第一天至最後一天) 分別為 24、28、24、26 天。齡別存活率曲線顯示該族群自出生 (設定為 100%) 至死亡之變化過程。在生活史初期於朱槿、木瓜、茄子及大花咸豐草上齡別齡期存活率 50% (族群半數自然死亡) 的時間分別為 19、35、35、35 天；於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期存活率分別可達 51、52、54、51 天。於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上達到 95% 淨繁殖率分別是第 38、39、44、40 日齡。秀粉介在四種主植物上之存活率於第 0-10 天較低；第 10-25 天為若蟲期，幾乎沒有個體死亡；第 25-35 天因雄成蟲死亡，存活率較低；第 35-55 天因雌成蟲產卵後死亡，存活率亦較低。



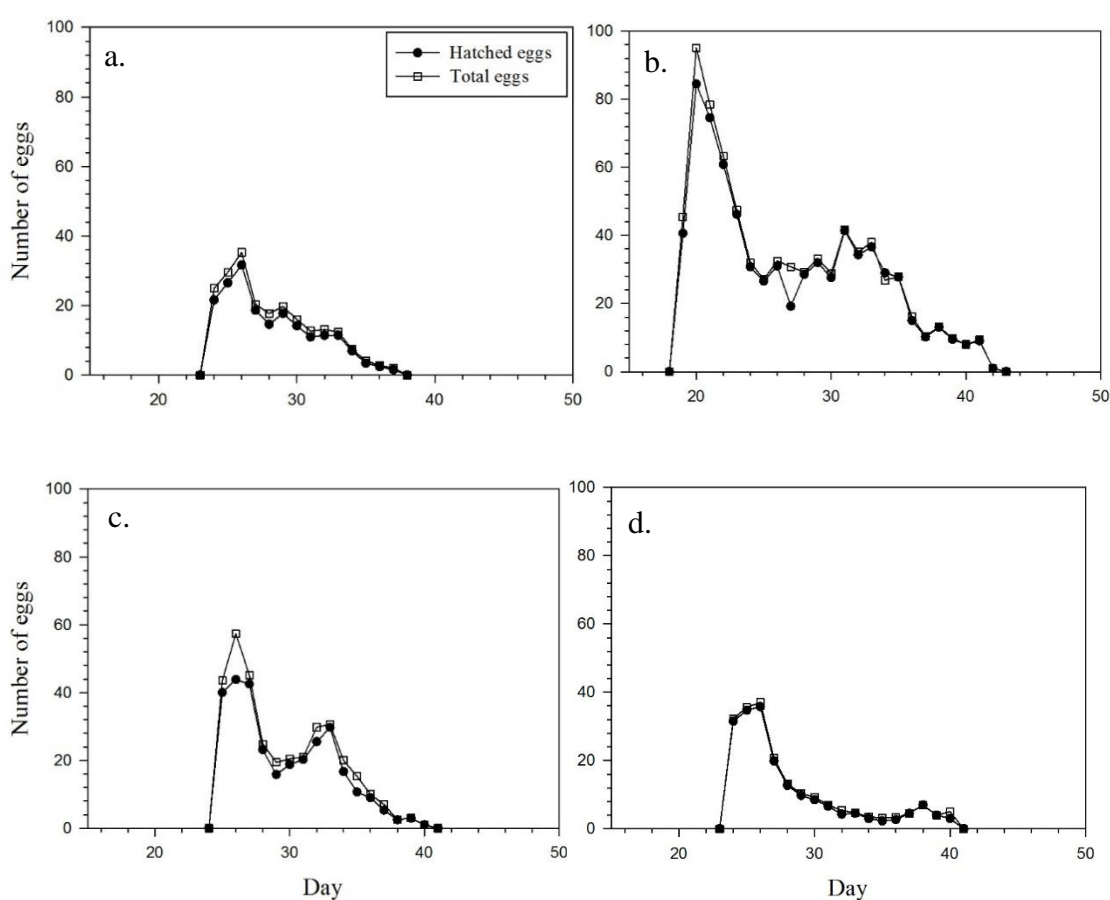
圖九、木瓜秀粉介殼蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡別存活率、雌蟲齡別齡期繁殖率、齡別繁殖率、齡別淨繁殖率。

Fig. 9. Age-specific survival rate (l_x), female age-specific fecundity (f_x), age-specific fecundity of total population (m_x), and age-specific maternity ($l_x m_x$) of *P. marginatus* reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



(四) 每日總產卵數及孵化卵數


圖十為木瓜秀粉介殼雌蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之每日總產卵數及孵化卵數。雌蟲在不同寄主上之產卵天數及每日產卵量不同。於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上單隻雌蟲最多產卵天數分為 15、25、17、18 天；於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上單日產卵量最高分別為 35.2、95.1、57.4、37.0 顆卵。於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之孵化率分別為 84.5%、94.4%、87.1%、95.2%。



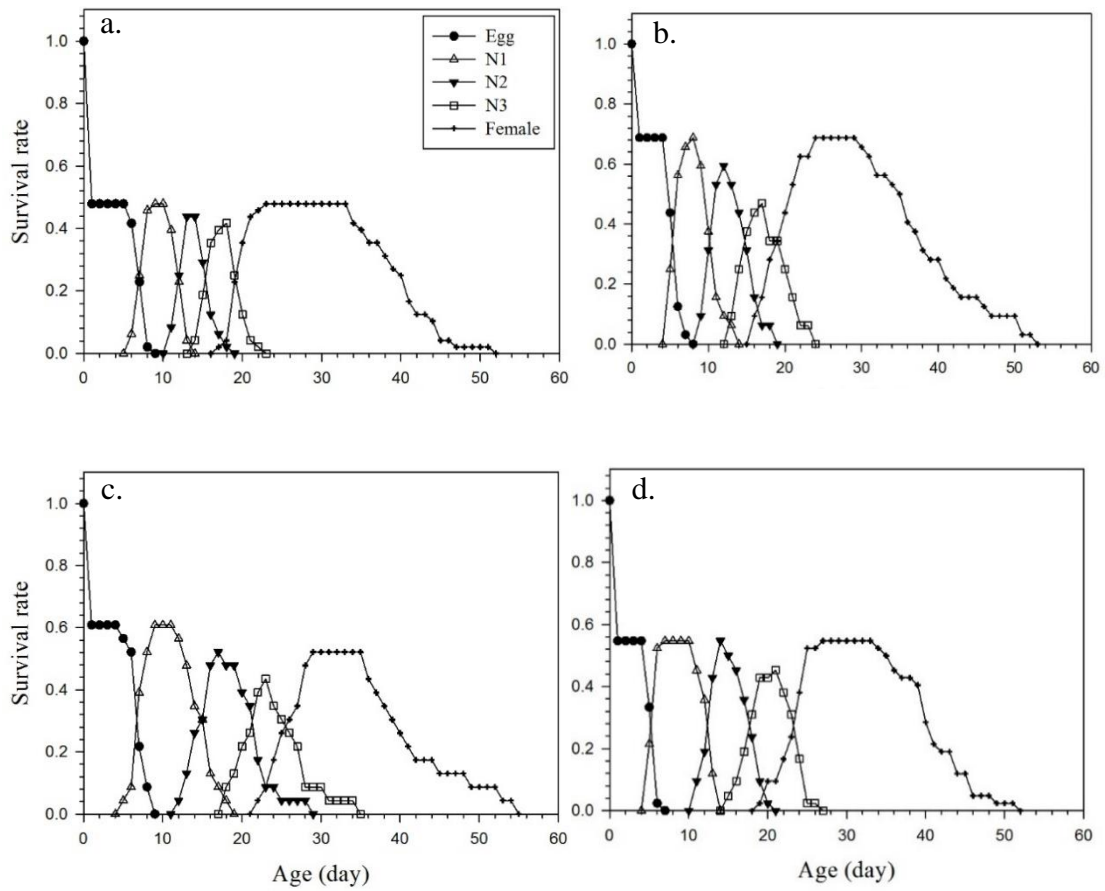
圖十、木瓜秀粉介殼雌蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之每日總產卵數及孵化卵數。

Fig. 10. Age-specific total eggs laid and age-specific hatched eggs of of *P. marginatus* female reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.

(五) 齡別齡期存活率

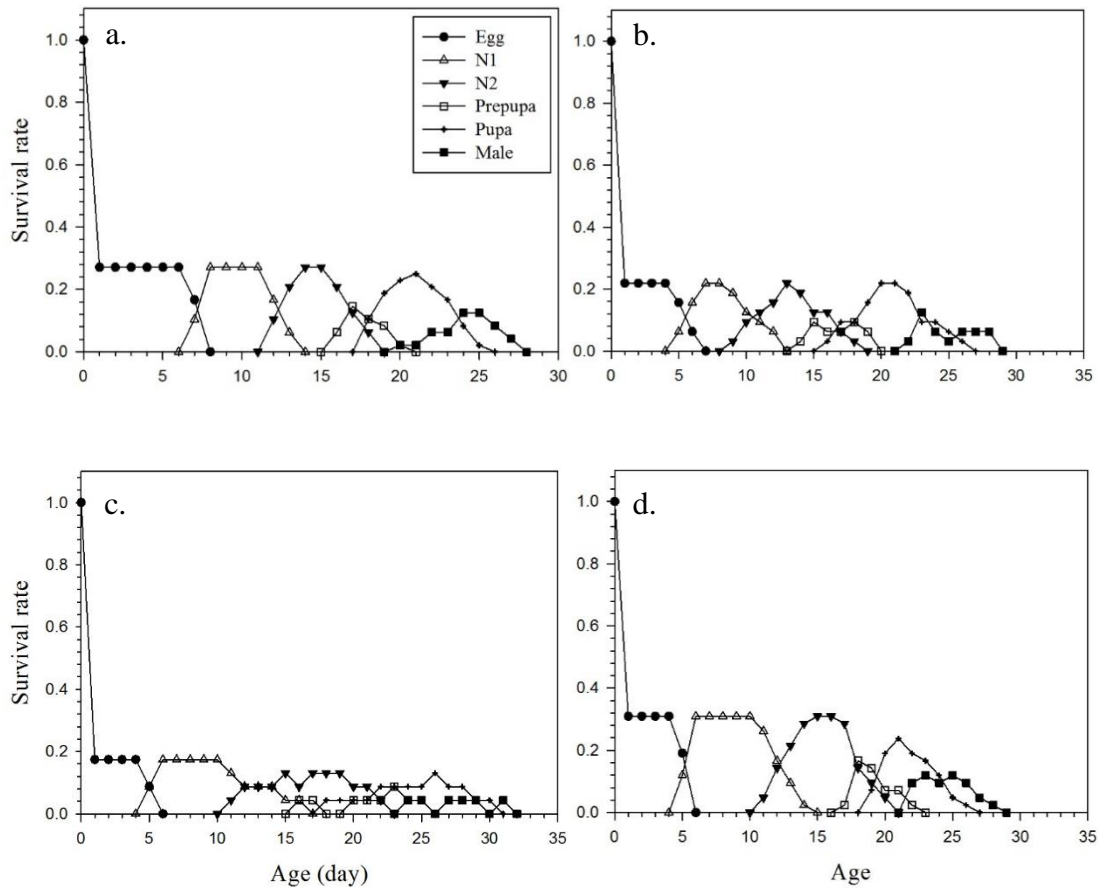


木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡期齡別存活率 (s_{xj}) 如圖十一、圖十二所示，可發現齡期重疊的現象，以及存活率隨日齡增加而減少之趨勢。齡別齡期存活率只計算日齡 x 至 $x+1$ 天的存活率，而齡別存活率則是計算日齡 0 至 $x+1$ 天的存活率，因此圖七的齡別存活率隨日齡增加而減少，圖九的齡別齡期存活率則是每個蟲期之曲線一開始增加，最後遞減。朱槿雌蟲之卵期存活率低於其他三種寄主植物，木瓜上之雌蟲卵期則是最高（圖十一），大花咸豐草上之雄蟲卵期存活率高於其他三種寄主植物（圖十二）。於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上可存活至雌成蟲期的百分率分別為 47.9%、68.8%、52.1%、54.8%；於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上可存活至雄成蟲期的百分率分別為 27.08%、21.88%、17.39%、30.95%。由雌成蟲與雄成蟲的曲線可知雄成蟲壽命明顯較雌成蟲短；於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之雌成蟲壽命分別為 10、5、6、6 天。



圖十一、木瓜秀粉介殼雌蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡期齡別存活率。

Fig. 11. Age-stage-specific survival rate (s_{xj}) of *P. marginatus* female reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



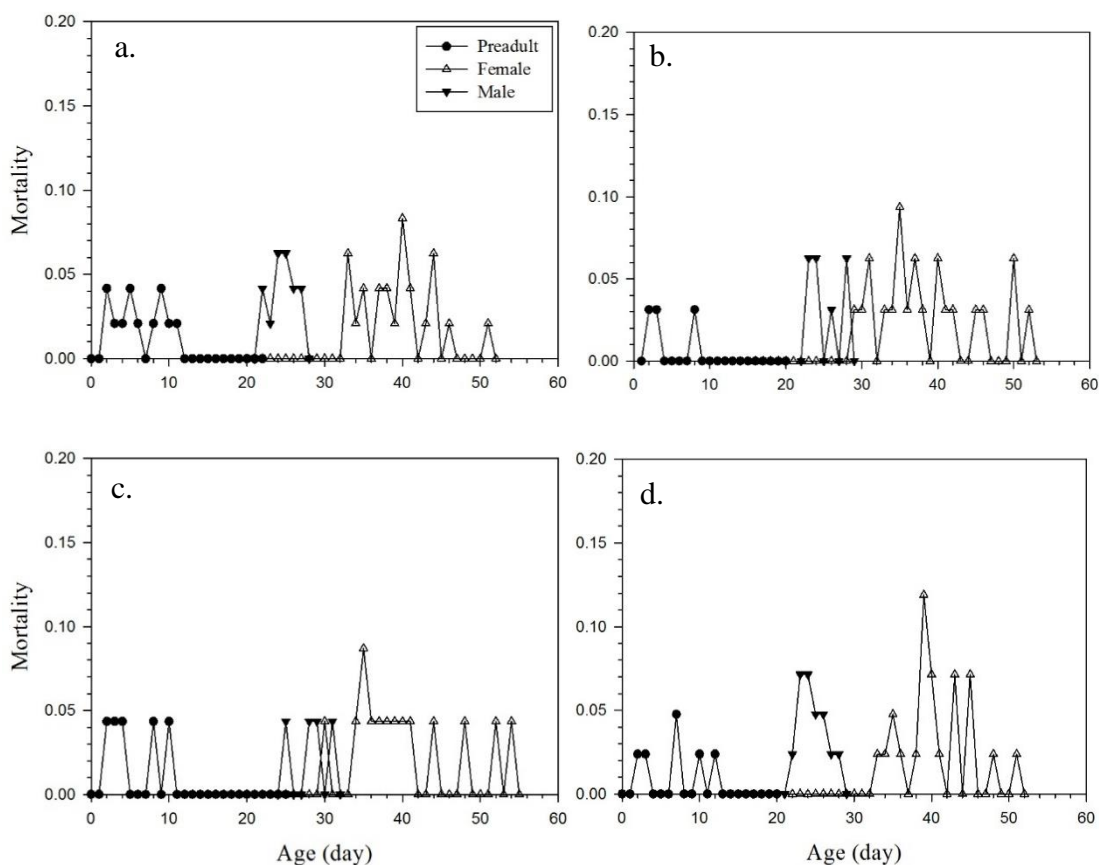
圖十二、木瓜秀粉介殼雄蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡期齡別存活率。

Fig. 12. Age-stage-specific survival rate (s_{xj}) of *P. marginatus* male reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



(六) 齡別齡期死亡率分布

圖十三呈現木瓜秀粉介殼蟲於四種寄主植物之齡期齡別死亡率分布。在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之卵期死亡率分別為 14.6%、6.3%、13.0%、4.8%；在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上若蟲期之死亡率分布分別為 25.0%、9.4%、21.7%、14.3%；在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上雌成蟲期之死亡率分布分別為 47.9%、68.8%、60.9%、54.8%；在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上雄成蟲期之死亡率分布分別為 27.1%、21.9%、17.4%、31.0%。秀粉介卵期死亡率高於其他齡期，存活下的個體幾乎全數可發育至成蟲。



圖十三、木瓜秀粉介殼蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡別齡期死亡率。

Fig. 13. Age-stage specific mortality (Q_{xj}) of *P. marginatus* reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



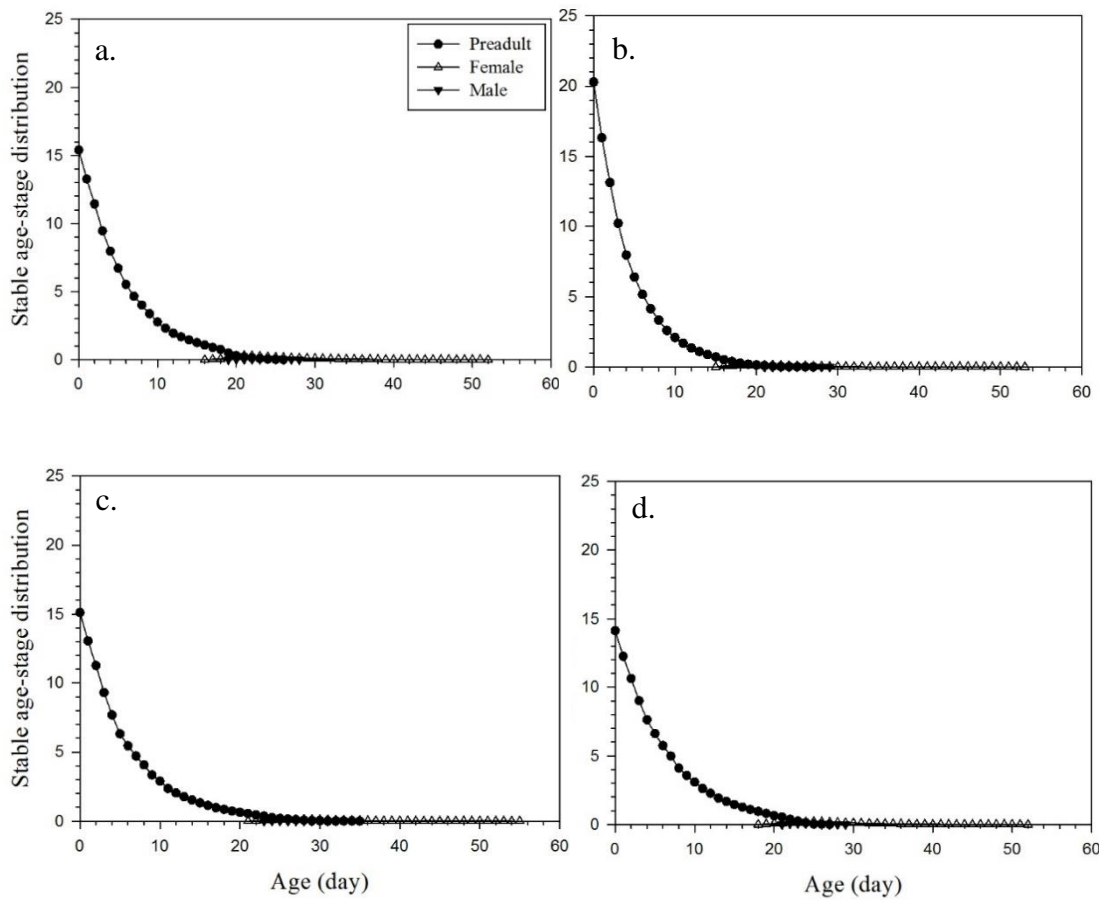
(七) 穩定齡別齡期分布

穩定齡別齡期分布 (stable age-stage distribution, SASD) 為當環境供給無限食物及空間後，族群呈現穩定分布 (Lotka, 1922)。由圖十四可見木瓜秀粉介殼蟲在四種寄主植物上皆為卵期比例最高，分布比例隨齡期增加而減少。若蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之穩定分布分別為 15.4%、20.2%、15.1%、14.1%；雌成蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之穩定分布最高比例，分別為 0.30%、0.10%、0.12%、0.21%；雄成蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之穩定分布最高比例，分別為 0.054%、0.017%、0.020%、0.077%。野外族群的齡期分布隨著若蟲蛻皮、成蟲羽化、氣候、天敵等因素造成齡期分布每日都會改變，但若將環境預設為穩定，可計算出穩定齡期分布 (stable stage distribution)。於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之若蟲的比例分別為 97.05%、98.83%、98.68%、97.67%；於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之雌成蟲的比例分別為 2.71%、1.13%、1.25%、2.05%；於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之雄成蟲的比例分別為 0.238%、0.042%、0.076%、0.277% (表二)。

表二、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之穩定齡期分布

Table 2. Stable stage distribution of *P. marginatus* reared on hibiscus, papaya, eggplant, and hairy beggartick

Host plant	Stable stage distribution (%)		
	Preadult	Female	Male
Papaya	98.8296	1.1280	0.0424
Eggplant	98.6784	1.2453	0.0763
Hibiscus	97.0498	2.7119	0.2383
Hairy beggartick	97.6719	2.0510	0.2771



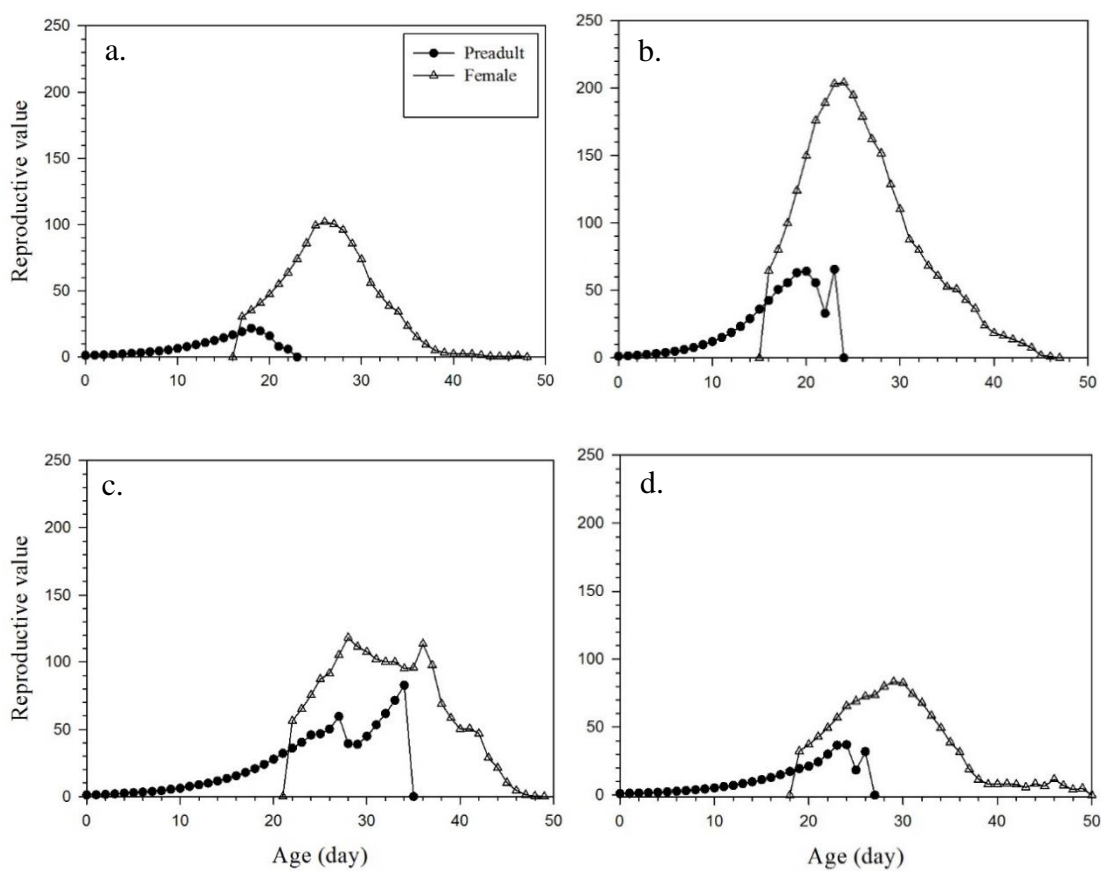
圖十四、木瓜秀粉介殼蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之穩定齡別齡期分布。

Fig. 14. Stable age-stage distribution of *P. marginatus* reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



(八) 齡別齡期繁殖值

齡別齡期繁殖值 (v_{xj}) 定義為日齡 x ，蟲期 j 的個體對族群未來後代的貢獻。雌成蟲期繁殖值較其他蟲期高 (圖十五)。木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之齡別齡期繁殖值最大數值在第 26、24、28、29 天；最大數值分別為 102.0、204.1、118.2、83.4。



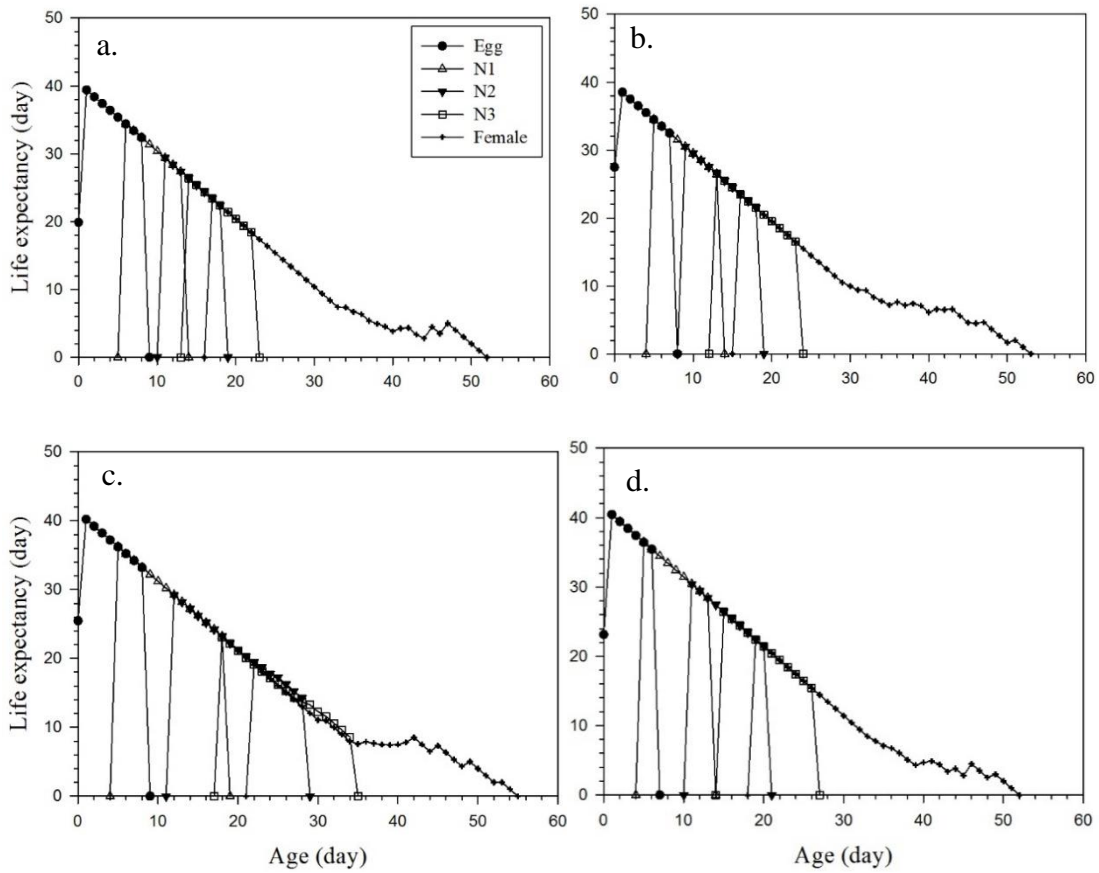
圖十五、木瓜秀粉介殼蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡別齡期繁殖值。

Fig. 15. Age-stage specific reproductive value (v_{xj}) of *P. marginatus* reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



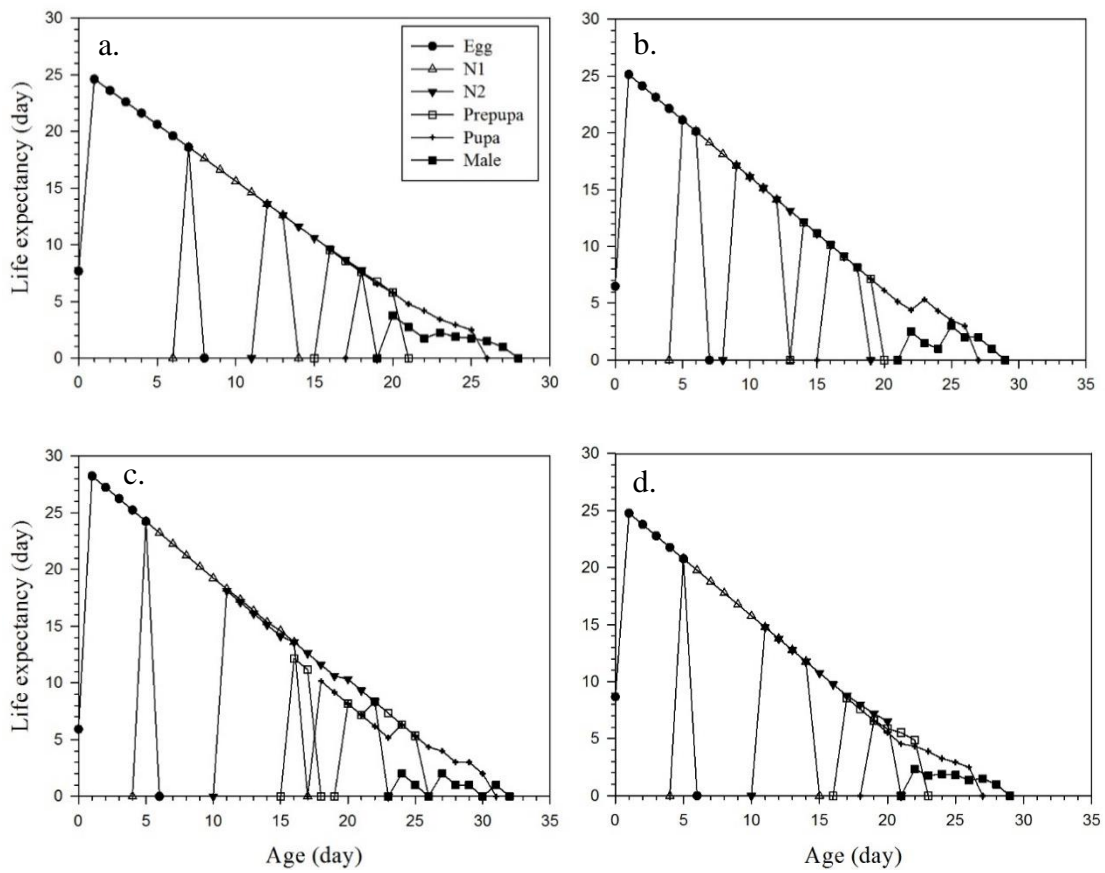
(九) 齡別齡期期望壽命

期望壽命為個體能存活的天數，與死亡率及存活率相關。木瓜秀粉介殼蟲於四種寄主植物之齡別齡期期望壽命 (e_{xj}) 曲線皆隨日齡而逐漸下降 (圖十六、圖十七)。期望壽命與死亡率及存活率相關，若有個體死亡，則期望壽命會減少，反之若所有個體都能活到下一日齡，則期望壽命會較高。而第 0 天期望壽命低於第 1 天是因為死亡率較高。雌蟲於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生活史卵期期望壽命分別為 19.87、27.47、25.48、23.14 天；雌蟲於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生活史第一齡期期望壽命分別為 34.39、34.5、36.21、36.43 天；第二齡期期望壽命分別為 24.39、30.5、29.21、30.43 天；第三齡期期望壽命分別為 26.39、26.5、23.12、26.43 天；雌成蟲生活史期望壽命分別為 23.39、23.5、19.04、22.43 天。雄蟲於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之生活史卵期期望壽命分別為 24.62、25.14、28.25、24.77 天；第一齡期期望壽命分別為 18.62、21.14、24.25、20.77 天；第二齡期期望壽命分別為 13.62、17.14、18.13、14.77 天；第三齡期期望壽命分別為 9.56、12.14、12.17、8.57 天；第四齡期期望壽命分別為 7.55、10.14、10.17、6.54 天；雄成蟲期望壽命分別為 3.75、2.5、2.0、2.32 天。



圖十六、木瓜秀粉介殼蟲雌蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡別齡期期望壽命。

Fig. 16. Age-stage specific life expectancy (e_{xy}) of *P. marginatus* female reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



圖十七、木瓜秀粉介殼蟲雄蟲在 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之齡別齡期期望壽命。

Fig. 17. Age-stage specific life expectancy (e_{xy}) of *P. marginatus* male reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



四、木瓜秀粉介殼蟲在不同寄主植物之產卵期、產卵量、成蟲壽命、體型

(一) 產卵期與產卵量


木瓜秀粉介殼蟲在不同寄主植物之產卵期與產卵量如表三所示。成蟲前產卵期 (adult preoviposition period, APOP) 為雌成蟲羽化至產卵的日數，總產卵前期 (total preoviposition period, TPOP) 為雌蟲卵期至產卵的日數，產卵後期為雌蟲停止產卵至死亡的日數。秀粉介在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之成蟲前產卵期分別為 6.87、3.27、4.07、5.83 日，其中朱槿與大花咸豐草、木瓜與茄子之前產卵期無顯著差異。秀粉介在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之總前產卵期分別為 26.65、22.77、30.86、29.09 日，其中茄子及大花咸豐草無顯著差異。秀粉介在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之產卵期分別為 7.44、8.58、7.36、9.92 日，四種寄主植物間並無顯著差異。秀粉介在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之產卵後期分別為 2.03、4.40、2.23、2.72 日，四種寄主植物間並無顯著差異。秀粉介在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之繁殖力分別為 192.52、545、239.43、171.61 顆，其中朱槿、茄子與大花咸豐草無顯著差異。秀粉介在木瓜上產卵量最高，在大花咸豐草上最少。雌成蟲進入產卵期後進食減少，至後期則不再取食，體型也因產卵而縮小，表面臘質物脫落，體色由黃白色轉為黃色。未產卵的雌成蟲體型會因取食增大，較產卵雌蟲體型大。

(二) 成蟲壽命

秀粉介在不同寄主植物之成蟲壽命如表三。雄成蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上平均壽命分別為 1.73、2.09、1.33、2.14 日，其中木瓜與茄子、大花咸豐草與茄子有顯著差異。產卵雌蟲在朱槿、木瓜、茄子上之平均壽命分別為 20.81、20.09、15.20、17.23 日，其中朱槿與茄子、木瓜與茄子有顯著差異。在茄子上之雌蟲及雄蟲平均壽命均低於其他三種寄主植物。

(三) 體型

秀粉介在不同寄主植物之體型大小如表四。雌性第二齡蟲、第三齡蟲、雌成蟲



體型皆在蛻皮或產卵後 24 h 內測量體型大小，而雄性第二齡蟲會於蛻皮幾天後才轉變體色，因此測量體型時無法分辨性別，該數據包含雌雄蟲。於四種寄主植物上之第二齡蟲體型大小並無顯著差異；於朱槿、木瓜、大花咸豐草上之雌性第三齡蟲體型大小沒有顯著差異，體型最小的為於茄子上之若蟲；於朱槿及木瓜上之雌成蟲體型大小沒有顯著差異，但兩者皆較茄子及大花咸豐草上個體大（但茄子及大花咸豐草上兩者間無顯著差異）；於木瓜上之產卵雌成蟲體型最大，其次為朱槿、大花咸豐草及茄子（末兩者間無顯著差異）。



表三、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之產卵期、產卵量、成蟲壽命

Table 3. Oviposition period, fecundity and adult longevity (mean \pm SEM) of *P. marginatus* reared on hibiscus, papaya, eggplant, and hairy beggartick

Parameter	Stage	N	Hibiscus	N	Papaya	N	Eggplant	N	Hairy beggartick	F	df	P
Adult longevity (days)	Male	30	1.73 \pm 0.11ab	22	2.09 \pm 0.06a	12	1.33 \pm 0.14b	14	2.14 \pm 0.10a	74	11.09	< 0.0001
	Female	22	20.81 \pm 1.00a	45	20.09 \pm 1.06a	15	15.20 \pm 1.47c	26	17.23 \pm 0.91ac	104	4.43	0.005675
Adult preoviposition period (APOP) (days)	Female	23	6.87 \pm 0.29a	22	3.27 \pm 0.16b	14	4.07 \pm 0.44b	23	5.83 \pm 0.45a	81	21.19	< 0.0001
Total preoviposition period (TPOP) (days)	Female	23	26.65 \pm 0.39b	22	22.77 \pm 0.55c	14	30.86 \pm 0.87a	23	29.09 \pm 0.63a	81	33.93	< 0.0001
Oviposition period (days)	Female	32	7.44 \pm 0.84a	40	8.58 \pm 0.85a	14	7.36 \pm 0.1a	26	9.92 \pm 0.51a	108	0.37	0.7748
Postoviposition period (days)	Female	26	2.03 \pm 0.27a	24	4.40 \pm 0.93a	13	2.23 \pm 0.50a	18	2.72 \pm 0.59a	87	2.36	0.076995
Fecundity (F) (eggs/female)	Female	23	192.52 \pm 24.3b	22	545.00 \pm 60.54a	14	239.43 \pm 62.75b	23	171.61 \pm 18.18b	81	16.15	< 0.0001

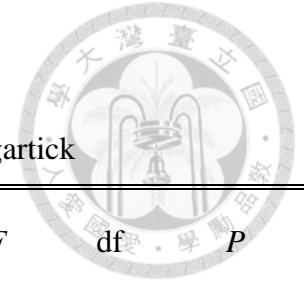
Means in each row with same small letter are not significantly different at the 5% level on the four host plants by Tukey's HSD procedure.

表四、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之體型大小 (mm)

Table 4. Body measurement (mean length \pm SE, in mm) of *P. marginatus* reared on hibiscus, papaya, eggplant, and hairy beggartick

Stage	N	Hibiscus	N	Papaya	N	Eggplant	N	Hairy beggartick	F	df	P
Second instar	33	0.526 \pm 0.01a	23	0.556 \pm 0.01a	25	0.535 \pm 0.01a	20	0.543 \pm 0.01a	2.39	100	0.073422
Third instar female	23	0.794 \pm 0.02a	21	0.807 \pm 0.01a	21	0.720 \pm 0.01b	22	0.781 \pm 0.01ab	4.79	86	0.003972
Adult female	22	1.272 \pm 0.02a	22	1.286 \pm 0.04a	29	1.146 \pm 0.02b	20	1.053 \pm 0.02b	17.56	92	< 0.0001
Adult female laying eggs	25	1.836 \pm 0.06b	50	2.419 \pm 0.06a	21	1.735 \pm 0.10c	40	1.790 \pm 0.05c	20.64	135	< 0.0001

Means in each row with same small letter are not significantly different at the 5% level on the four host plants by Tukey's HSD procedure.





五、木瓜秀粉介殼蟲在不同寄主植物之族群介量

木瓜秀粉介殼蟲在不同寄主植物之族群介量如表五。內在增殖率 (r)、終極增殖率 (λ)、淨生殖率 (R_0) 等族群介量為排除外在因素條件 (如食物、空間、氣候等) 下族群達到穩定族群分布時的情形。秀粉介在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之內在增殖率分別為 0.1486、0.2179、0.1465、0.1419/日；終極增殖率分別為 1.1602、1.2435、1.1577、1.1525/日；粗繁殖率 (Gross reproductive rate, GRR) 分別為 198.63、576.23、346.98、199.88；淨生殖率 (R_0) 分別為 92.25、374.69、145.74、93.98 子代/雌蟲；平均世代時間 (Mean generation time, T) 分別為 30.44、27.19、34.01、32.01 日；族群倍增時間 (Doubling time, DT) 分別為 4.66、3.18、4.73、4.88 日；族群齡別齡期穩定分布之出生率分別為 0.1786、0.2523、0.1749、0.1627；族群齡別齡期穩定分布之存活率分別為 0.9817、0.9912、0.9828、0.9897；族群齡別齡期穩定分布之死亡率分別為 0.0183、0.0088、0.0172、0.0103；雌性比分別為 61.9%、76.1%、79.7%、60.9%。秀粉介在木瓜之內在增殖率、終極增殖率、粗繁殖率、淨生殖率、穩定族群出生率及存活率均高於其他三種寄主植物，穩定族群死亡率則是最低；茄子之平均世代時間及雌性比皆高於其他三種寄主植物；大花咸豐草則是族群倍增時間高於其他三種寄主植物。


表五、木瓜秀粉介殼蟲在朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之族群介量

Table 5. Population parameters of *P. marginatus* reared on hibiscus, papaya, eggplant, and hairy beggartick

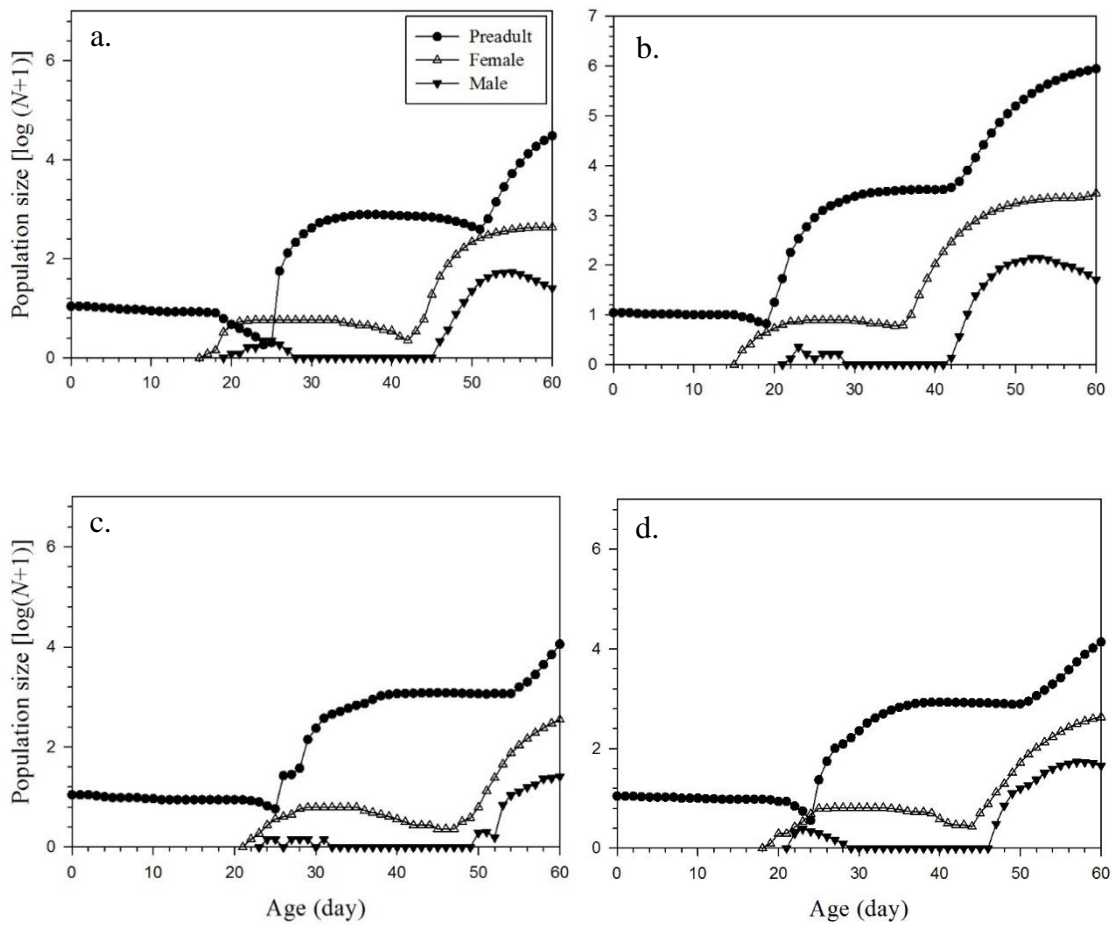
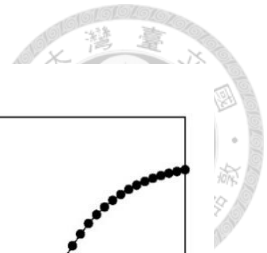
Population parameters	Hibiscus	Papaya	Eggplant	Hairy beggartick
Intrinsic rate of increase r (per days)	0.148622 a	0.217931 b	0.146467 a	0.141905 a
Finite rate of increase λ (per days)	1.1602 b	1.2435 a	1.1577 b	1.1525 b
Gross reproductive rate GRR (offspring)	198.63 c	576.23 a	346.98 b	199.88 c
Net reproductive rate R_0 (offspring/individual)	92.25 b	374.69 a	145.74 b	93.98 b
Mean generation time T (days)	30.44 b	27.19 c	34.01 a	32.01 b
Doubling time (DT)	4.66	3.18	4.73	4.88
Birth rate (at SASD)	0.1786	0.2523	0.1749	0.1627
Survival rate (at SASD)	0.9817	0.9912	0.9828	0.9897
Death rate (at SASD)	0.0183	0.0088	0.0172	0.0103
Sex ratio (%) (proportion of females)	61.9	76.1	79.7	60.9

Means in each row with same small letter are not significantly different at the 5% level on the four host plants by Tukey-Kramer procedure.

六、以 TIMING-MSChart 軟體預測木瓜秀粉介殼蟲 60 天之族群成長



圖十八為木瓜秀粉介殼蟲在空間及食物充足的條件下之族群生長。秀粉介於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上若蟲期的生長曲線之最大值分別為 4.49、5.95、4.05、4.14；雌成蟲的生長曲線之最大值分別為 2.64、3.45、2.54、2.63；雄成蟲的生長曲線之最大值分別為 1.73、2.15、1.41、1.73。在四種寄主植物上之若蟲期生長曲線呈現兩次明顯成長期，於朱槿上發生於第 26 天 (1.75) 及第 50 天 (2.59)；於木瓜上發生於第 19 天 (0.82) 及第 40 天 (3.52)；於茄子上發生於第 25 天 (0.76) 及第 53 天 (3.06)；於大花咸豐草上發生於第 24 天 (0.56) 及第 49 天 (2.88)。在四種寄主植物上之雌成蟲生長曲線呈現兩次明顯成長期，於朱槿上發生於第 17 天 (0.82) 及第 42 天 (0.36)；於木瓜上發生於第 16 天 (0.29) 及第 35 天 (0.78)；於茄子上發生於第 22 天 (0.16) 及第 47 天 (0.36)；於大花咸豐草上發生於第 19 天 (0.09) 及第 44 天 (0.43)。在四種寄主植物上之雄成蟲生長曲線呈現兩次明顯成長期，中間數天族群成長為 0，於朱槿上族群成長發生於第 20 天 (0.08) 及第 46 天 (0.33)；於木瓜上發生於第 22 天 (0.12) 及第 42 天 (0.14)；於茄子上發生於第 24 天 (0.16) 及第 50 天 (0.28)；於大花咸豐草上發生於第 22 天 (0.29) 及第 47 天 (0.49)。



圖十八、模擬飼育於 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草上之木瓜秀粉介殼蟲在無限制情形之族群成長。

Fig. 18. Simulation of population growth of *P. marginatus* reared on (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant, and (d) hairy beggartick.



七、寄主選擇性試驗

(一) 培養皿測試法

前測試驗中，同時放入數隻一齡蟲，三天後記錄朱槿品系（於朱槿飼育的子代）之若蟲於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之數量分別為 8、13、2、62 隻；木瓜品系之若蟲於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之數量分別為 154、8、15、48 隻；大花咸豐草品系之若蟲於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之數量分別為 14、14、277、1 隻，並以卡方分析顯著性。前測試驗顯示一齡蟲有聚集行為，大部分一齡蟲會隨著群體到葉片上，且聚集的葉片種類與品系之寄主種類無關，為避免聚集行為影響寄主選擇行為，試驗改為放入一隻一齡蟲，四小時後以解剖式顯微鏡觀察一齡蟲所在的葉片並記錄。朱槿品系之一齡蟲於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之數量（表六）分別為 28、69、90、74 隻；木瓜品系之一齡蟲於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之數量分別為 29、53、69、46 隻；茄子品系之一齡蟲於朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草上之數量分別為 3、28、16、24 隻。不同品系的木瓜秀粉介殼蟲對四種寄主植物之選擇顯示三種寄主品系之一齡蟲對朱槿偏好性最低。

表六、不同品系的木瓜秀粉介殼蟲對朱槿、木瓜、茄子、大花咸豐草之偏好

Table 6. Selection of hibiscus, papaya, eggplant, and hairy beggartick by different strains of *P. marginatus*

Strain	Hibiscus	Papaya	Eggplant	Hairy beggartick
Hibiscus strain	28 b	69 a	90 a	74 a
Papaya strain	29 c	53 ab	69 a	46 b
Eggplant strain	3 b	28 a	16 a	24 a

Means in each row with same small letter are not significantly different at the 5% level on the four host plants by Chi square tests.

(二) Y 型嗅覺測試儀試驗

試驗結果顯示木瓜秀粉介殼蟲一齡蟲對 4 種寄主植物葉片偏好性似乎不明顯。4 種寄主植物葉片分別連接 2 個 Y 型管，分別是茄子及大花咸豐草、木瓜及朱槿，每個組合測定 10 隻一齡蟲。測定的 20 隻一齡蟲中，僅 1 隻個體於茄子對大花咸豐草組合中趨向茄子，其他一齡蟲不移動、往回走或進行無明確方向性移動，因此判斷為沒有選擇性。



伍、討論



臺灣與美國木瓜秀粉介殼蟲生活史比較

Amarasekare *et al.* (2008a) 指出木瓜秀粉介殼蟲於 $25 \pm 1^\circ\text{C}$ ， $65 \pm 2\%$ RH 下飼育於朱槿、紅葉鐵莧 (*A. wilkesiana*)、緬梔 (*P. rubra*) 及銀膠菊 (*P. hysterothorus*) 卵期約 8 天，皆較本試驗四種寄主植物長 (6-7 天)，但朱槿的卵期與本試驗朱槿 (7.44 天) 的結果相近。其他試驗結果包括，第一齡期約 6 天；雄性第二齡期約 6 天，但緬梔上為 9.6 天，較本試驗的朱槿 (4.68 天) 及木瓜 (4.57 天) 長；雌性第二齡期約 5 天，但紅葉鐵莧上為 3.8 天，與本試驗結果相近 (4-6 天)；雄性第三齡期約 2-3 天，與本試驗結果相近 (約 2 天)；雌性第三齡期約 5-6 天，與本試驗結果相近 (4-5 天)；雄性第四齡期約 3-4 天，與本試驗結果相近 (3-6 天)；雄蟲累積發育時間約 28-30 天，較本試驗結果長 (22-27 天)，其中本試驗朱槿上為 22.44 天，與 Amarasekare *et al.* (2008a) 之結果 (27.6 天) 明顯短；雌蟲累積發育時間約 24-25 天，較本試驗結果長 (19-25 天)，其中本試驗朱槿上為 19.03 天，與 Amarasekare *et al.* (2008a) 之結果 (25.5 天) 明顯短。Amarasekare *et al.* (2008b) 指出，若秀粉介飼育於不同溫度下，於 25°C 下飼育於朱槿的秀粉介雄成蟲壽命為 2.9 天，雌成蟲壽命為 21.1 天，產卵前期 6.8 天，產卵天數 11.4 天，繁殖力為 300.2 顆卵/雌蟲，雌性比為 42.6%；相較於本試驗的結果 (表三、五)，與本試驗的雄成蟲壽命 (1-2 天) 與雌成蟲壽命 (20.81 天) 相近；與本試驗朱槿上之產卵前期結果相近，但本試驗朱槿之產卵期 (7.44 天) 較短，繁殖力 (192.52 顆卵/雌蟲) 也較少，朱槿上之雌性比例較高 (61.9%)。本試驗的四種寄主植物中，茄子上的雌成蟲壽命最短，朱槿及木瓜最長；朱槿上之雌成蟲產卵前期 (APOP) 最長，木瓜上之產卵前期最短，也就是雌成蟲羽化後最早進入產卵期。發育期及成蟲期皆於繁殖具有貢獻，且繁殖前所需日數越短，越利於族群增長，而從卵期起始估計繁殖前所需日數 (TPOP) 較從成蟲期 (APOP) 估計更為精確，因此總產卵前期較產卵前期為更精確的指標，防治應在雌蟲產下子代前為較佳防治時機。本試驗並未發現孤



雌生殖的現象，與 Amarasekare *et al.* (2008a) 結果雷同，由於粉介殼蟲通常於合適環境才會進行孤雌生殖 (Kunkel, 1997)，推測本試驗未觀察到孤雌生殖的現象可能是濕度較高。

木瓜秀粉介殼蟲之最佳寄主

(一) 發育時間及繁殖力

木瓜秀粉介殼蟲於茄子及大花咸豐草的繁殖率雖於生活史末期仍有一高峰 (圖九)，但由於存活率遞減，使淨繁殖率較小。木瓜及朱槿上之雌蟲發育較茄子及大花咸豐草快，但木瓜上之雌蟲產卵日齡較朱槿早，產卵日數及產卵量也多於朱槿，由此可知於木瓜上族群增長之速度較朱槿快 (表一)。於茄子累積發育時間較大花咸豐草短 (表一)，但由圖七雌蟲齡別齡期繁殖率 (m_x) 的曲線可知茄子的產卵量明顯多於大花咸豐草，若蟲在茄子上的生長雖較其他寄主植物緩慢，但總產卵量高於朱槿、大花咸豐草 (表二)，由此可見秀粉介在茄子上相當具有發育潛力。

秀粉介於四種寄主植物上之平均產卵天數並無顯著差異 (表三)，但於四種寄主植物上最高產卵日數卻是木瓜最多 (25 天，圖十)。在試驗操作觀察時也發現少數幾隻 ($n=3$) 於木瓜上之雌成蟲繁殖力及產卵天數異常的多，平均總產卵量超過 1,000 顆卵，且產卵天數都超過 10 天；於朱槿及大花咸豐草上之成蟲僅各 1 隻總產卵數超過 400 顆卵，而茄子上之雌成蟲中有 2 隻總產卵量超過 600 顆卵。

(二) 存活率

齡別齡期存活率只計算日齡 x 至 $x+1$ 天的存活率，而齡別存活率則是計算日齡 0 至 $x+1$ 天的存活率，因此齡別存活率隨日齡增加而減少 (圖九)，圖十一的齡別齡期存活率則是每個蟲期之曲線一開始增加，最後遞減。於木瓜上可存活至雌成蟲期的百分率為 68.8%，高於其他三種植物，朱槿為 47.9%，低於其他三種植物。

(三) 繁殖值

繁殖值與繁殖率及存活率相關，雌成蟲期可繁殖因此繁殖值最高，而卵期、若蟲期、蛹期雖無法產卵，但未來可成長為雌成蟲或與之交配的雄成蟲，因此也有繁

殖值，只是數值較低，但目前無法計算雄成蟲之繁殖值 (楊與齊, 1997)。木瓜上雌蟲之齡別齡期繁殖值 (圖十五) 最大數值最早出現 (第 24 天)，大花咸豐草最晚 (第 29 天)，木瓜上之雌蟲齡別齡期繁殖值最大 (204.1)，於大花咸豐草上最小 (83.4)。

(四) 體型與繁殖力

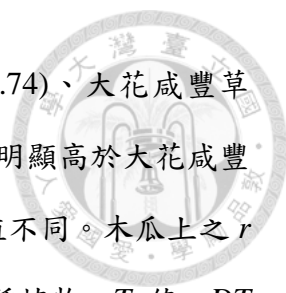
於木瓜上之產卵雌成蟲體型 (表四) 最大，繁殖力 (表三) 也最高；而於朱槿上之雌成蟲體型次之，繁殖力卻只高於大花咸豐草。茄子與大花咸豐草上之產卵雌成蟲體型無顯著差異，但茄子上之繁殖力高於大花咸豐草 (但統計上無顯著差異)。茄子上發育之秀粉介雖然體型較小，但由繁殖力、淨生殖率等結果顯示其族群成長相當具有潛力。朱槿上之若蟲發育時間較短，體型亦較大，但繁殖能力並未較佳。

(五) 產卵前期

開始繁殖年齡對 r 有重要的影響 (Lewontin, 1965)，產卵前期越短， r 值越大。APOP 為成蟲羽化至產卵的時間，TPOP 則為卵期至產卵的時間，TPOP 包含了個體成長的時間，較 APOP 精確評估對 r 的影響。木瓜的 TPOP 最短 (22.77 日)，茄子及大花咸豐草最長 (分別為 30.86 及 29.09 日)，因此木瓜的 r 值最大，茄子及大花咸豐草最小。

(六) 族群介量

r 的預設背景為當時間趨近於無限，族群達到穩定年齡齡期分布的繁殖能力，雖然在野外環境無法達到穩定族群， r 仍可為族群對環境合適性之指標，可反應出寄主植物對秀粉介發育、存活及繁殖等整體的影響。 r 由大至小依序為木瓜 (0.2179)、朱槿 (0.1486)、茄子 (0.1465)、大花咸豐草 (0.1419)。開始產卵之早晚及產卵模式分散與否會影響 r 值，因此由表五可知 r 由大至小排序之順序與 R_0 不完全相同，反而與 λ 較相近， λ 值為族群達到穩定後在一固定時間內個體倍增的倍數，與 r 皆為理論值。不同寄主植物間之 r 數值相近，而 R_0 差異較大。 R_0 由雌蟲存活率及繁殖率計算而得，為生殖年齡的雌蟲能產下的雌性子代數，可做為評估族




群增長的指標。 R_0 由大至小依序為木瓜 (374.69)、茄子 (145.74)、大花咸豐草 (93.98)、朱槿 (92.25)，茄子上之秀粉介發育時間雖長，但 R_0 值明顯高於大花咸豐草及朱槿。 GRR 值並未考慮存活率，因此數值大小差異與 R_0 值不同。木瓜上之 r 值、 λ 值、 GRR 值、 R_0 、SASD 的出生率及存活率大於其他三種植物， T 值、 DT 值、SASD 的死亡率低於其他三種植物。結果證明木瓜為四種植物中最佳的寄主植物。

環境適度與木瓜秀粉介殼蟲之入侵成功

環境造成族群齡期結構波動，若假設族群於穩定環境中且於無限世代後達到穩定族群，則可計算出穩定齡期分布 (表二)，唯該分布為理論值。木瓜與茄子的穩定齡期分布相似，大花咸豐草與朱槿的穩定齡期分布相似。穩定族群於木瓜與茄子的雌性 (分別為 96.38、94.23%) 比高於大花咸豐草與朱槿 (分別為 91.92、88.10%); 此一結果與表五的雌性比符合，木瓜與茄子的雌性比 (分別為 76.1、79.7%) 高於大花咸豐草與朱槿 (分別為 61.9、60.9%)。入侵種於新入侵地尚未建立穩定族群，因此繁殖後代增加族群數可能是成功的關鍵因子之一 (Sakai *et al.*, 2001); 若被迫於逆境中生長，發育為成蟲後 (通常成體具有較佳擴散能力，例如秀粉介雄成蟲) 若能遷移至合適環境將提升族群存續程度。生命表試驗當中，發現溫度、濕度會影響雌性比，溫度及濕度過高皆會造成雄性比例提高，由於雄成蟲具翅，遷移能力佳，因此雄性比例提高可能可增加雄蟲將基因攜至較合適的環境再繁殖的機率，因此推測性比與環境適合具高度相關。此推論，也與邱 (unpublished data) 之觀察不謀而合，若於飼育秀粉介過程中降低濕度，雌蟲開始行孤雌產雌，雌性比因而提高。Cheptou *et al.* (2008) 指出小野菊 (*Crepis sancta*) 產生傳播距離不同之 nondispersing seed 及 dispersing seed 兩種型種子，且都市族群產生之 nondispersing seed 比例較郊區高，證明環境適合度可顯著改變生物的繁殖播散方式。

寄主適合度及木瓜秀粉介殼蟲性比

環境因子可影響親代對子代的性別分配，親代的環境若可增加子代的某一性



別之適存值，或在該環境中某一性別受損害較少，親代應會增加子代該性別之比例。已知的環境因子包含極端溫度、乾燥、親代的年齡、缺乏資源 (reviewed in Ross *et al.*, 2011)。在本試驗中，發現秀粉介於 R_0 值較高的寄主 (木瓜及茄子) 上子代雌性比較高，而 Ross *et al.* (2011) 對於介殼蟲性比分配的原因主要為以種內競爭及 sex-specific dispersal 的角度解釋。雄蟲於第二齡期結繭後即不再進食，因此雄蟲所需資源較雌蟲少。當環境不合適時，雌蟲可能產生較多雄蟲以降低種內競爭。Ross *et al.* (2010) 將桔臀紋粉介殼蟲 (*Planococcus citri*) 成蟲置於高密度環境，發現所產子代之雄性比增加但雌性數量並未減少。族群總量不變的前提下，雄性比提高可減少種內競爭，但雌性數量不變，雄性數量增加反而增加種內競爭。另一解釋為 sex-specific dispersal，有些種類的介殼蟲一齡蟲兩性外型差異造成遷移能力不同，當環境不適合時，親代傾向產生較多遷移能力較佳的性別子代 (Ross *et al.*, 2010)，例如 *Dactylopius austrinus* 一齡蟲的雌蟲蠟毛長於雄蟲，由於該蟲為隨風遷移，因此雌蟲遷移距離較雄蟲長 (Moran *et al.*, 1982)。但桔臀紋粉介殼蟲的一齡蟲兩性並無差異，遷移能力也相同 (Ross *et al.*, 2010)。秀粉介一齡蟲兩性外型亦無差異，遷移能力可能亦相同，因此推測成蟲兩性的外型差異造成遷移能力的不同可能為親代性比分配的原因之一。雄成蟲具翅可遷移至其他棲地與該地的雌蟲繁衍後代，而雌成蟲幾乎不會移動，通常留於原棲地繁殖後代。當環境不合適時，族群可能傾向遷移，因此雌蟲產下較多雄蟲，使之後代於其他棲地成長；當環境合適時，族群可能傾向增長，因此產下較多雌蟲，於原棲地擴增族群。造癭介殼蟲雄成蟲飛離原棲地時，尾部會夾帶數隻雌性一齡蟲 (Gullan and Cockburn, 1986)，證實成蟲兩性間遷移能力的差異會影響該族群未來的發展。秀粉介於 R_0 值較高的寄主上之族群子代雌性比高於 R_0 值較低的寄主符合雌雄成蟲遷移能力不同之假說。朱槿及大花咸豐草之 R_0 值、繁殖力較低，推測為較不合適的寄主，族群可能傾向遷移，因此遷移能力佳的雄蟲較多；秀粉介於木瓜及茄子之 R_0 值及繁殖力較高，推測為較合適的寄主，秀粉介可能傾向拓展族群，因此具繁殖力的雌蟲較多。此試驗結果亦證實寄主之合



適性影響子代性比。


Danzig (1997) 指出白蠟蟲 (*Ericerus pela*) 於不同寄主植物上之性比有顯著差異，於柞屬 (*Fraxinus*) 植物上之雌性比遠低於女貞屬 (*Ligustrum*) 上之族群。以孤雌生殖為主的介殼蟲亦相似，例如堅介殼蟲 (*Parthenolecanium corni*) 之性比隨寄主植物而變動 (Danzig, 1997)。其他植食性害蟲亦有此現象：寄主種類會影響斜紋夜蛾 (*Spodoptera litura*) 之性比 (Xue *et al.*, 2010)；寄主葉片老化程度亦會影響菸草粉蝨 (*Bemisia tabaci*) 及溫室粉蝨 (*Trialeurodes vaporariorum*) 之性比 (Zhang and Wan, 2012)，證明性比與寄主植物相關。

齡期結構與危害率相關，不同齡期的秀粉介對植物的損害程度不同，不同植物及不同部位對秀粉介的耐受力亦不同。在野外長期調查族群於寄主植物的齡期結構可了解該族群對於氣候及寄主植物的適應性，同一環境下比較族群於不同寄主植物之齡期結構，藉由雌雄比例的高低可初步推估較合適的寄主植物。長期調查野外族群齡期結構可能發現雌性比逐漸增加，此現象可能代表該族群已逐漸適應該寄主植物。

族群自然成長模型如圖十八。族群齡期結構呈現波動，若蟲期的生長曲線之最大值依序為木瓜 (5.95)、朱槿 (4.49)、大花咸豐草 (4.14)、茄子 (4.05)；雌成蟲的生長曲線之最大值依序為木瓜 (3.45)、朱槿 (2.64)、大花咸豐草 (2.63)、茄子 (2.54)；雄成蟲的生長曲線之最大值依序為木瓜 (2.15)、朱槿 (1.73) 與大花咸豐草 (1.73)、茄子 (1.41)，於朱槿、大花咸豐草上之雌成蟲及雄成蟲族群生長最大值相近。茄子上的秀粉介之成長期最晚開始增長，而木瓜則是最早。自然無限制情形下，於木瓜上之族群量最多，其次依序為朱槿、大花咸豐草、茄子。

寄主選擇性

寄主選擇性試驗中，以培養皿測試法的前測試驗發現一齡蟲的聚集行為與寄主種類無關。第一齡期為若蟲期最具活動力的階段，會四處搜尋合適吸食的植物及部位，刺吸植物後即很少移動。聚集行為可能提供一齡蟲保護的功能，提高生存機



率。試驗改為一次測試一隻一齡蟲後，朱槿及木瓜品系的一齡蟲選擇茄子的數量最多，推測原因可能為茄子葉表佈滿的毛狀結構提供一齡蟲聚集行為的保護功能。木瓜、朱槿及茄子品系的一齡蟲選擇朱槿的數量均最少，推測原因可能為朱槿葉表面為革質，不利於一齡蟲刺吸（圖十九）。

Y 型嗅覺測試儀試驗中，一齡蟲對嗅覺沒有反應，推測嗅覺非一齡蟲擴散時尋找寄主的主要方式，而可能以隨機活動的方式尋找寄主。此現象很有可能是生活史 tradeoff 之結果，因本研究生生活史介量結果皆指出，秀粉介較偏向 *r* 型害蟲模式，生殖策略以產生大量後代以增加生存機率，精確的搜尋寄主之嗅覺能力因而不發達。Moran *et al.* (1982) 指出洋紅蟲科 (Dactylopiidae) 的 *Dactylopius austrinus* 一齡蟲因體表具有蠟質長絲，會移行至寄主植物頂端，利用風助其疏散。而秀粉介一齡蟲體型小，強風亦可能助其擴散，或隨植物掉落的部位，隨風遷移，在隨風擴散的不確定下，增加後代數目可能因此遠比精確嗅覺系統來的重要。許多研究指出造成經濟危害的介殼蟲大多是由人或動物接觸受感染植物而助其傳播，且已證明風可將介殼蟲傳播至較遠的距離 (Greathead, 1997)。



圖十九、解剖顯微鏡下四種寄主植物 (a) 朱槿、(b) 木瓜、(c) 茄子、(d) 大花咸豐草之葉片外觀。

Fig. 19. Leaf appearance of (a) hibiscus, (b) papaya, (c) eggplant and (d) hairy beggartick under dissecting microscope.


防治建議

由於秀粉介於雄性第二齡蟲體色轉為粉色才可分辨雌雄，因此第二齡期後記錄才分性別。秀粉介在朱槿上累積發育時間（表一）短於其他三種植物，發育時間短可能為環境不佳，盡快發育為成蟲離開該環境，或是環境良好。於朱槿上卵期較長可能不利於卵的發育，因為卵期營養來源為卵本身，卵期越長可能代表環境越不理想。入侵新地區首要是盡快產生下一代，增加子代生存機率，因此朱槿上的秀粉介發育時間短，雖然繁殖力較低，但可能在剛入侵時扮演建立族群的角色，子代可能轉移到其他更合適的寄主產下更多後代。目前野外個體大多於木瓜及緬梔花上發現，少數於大花咸豐草及朱槿上，但朱槿及緬梔花為都市常見園藝植物，木瓜樹亦常見於住宅區，秀粉介寄主範圍廣，一旦市區有寄主植物受感染，第一齡蟲極易隨風擴散成為新感染源，為害許多都市園藝植物。秀粉介在木瓜上之卵期明顯短於朱槿及茄子，第一齡期、雄性第二齡期明顯短於其他三種植物，顯示該蟲於木瓜上發育情形良好且發育快速，若為害嚴重時可導致木瓜樹死亡。防治上應避免木瓜附近種植其他寄主植物及清除雜草，以免秀粉介於木瓜樹死亡後遷移至新寄主植物。尤其都市木瓜多為零星種植，通常缺乏網室作為保護，一旦感染後易成為都市的孳生源。秀粉介在茄子上第二齡期之前的發育時間明顯長於其他三種植物，但第三齡期及第四齡期發育時間與其他三種植物的差距縮小，可能是第一及第二齡蟲仍在適應寄主。寄主植物影響粉介殼蟲之生活史已被證實 (Amarasekare *et al.*, 2008b; Bertin *et al.*, 2013)，*Dysmicoccus brevipes* 於不同寄主植物上之生活史、存活率、繁殖力、內在增殖率、淨增殖率皆有差異 (Bertin *et al.*, 2013)。寄主植物不同造成秀粉介生活史不同的因素可能有：營養成分、剋他物質 (allelochemical compound) 或葉片物性結構 (Amarasekare *et al.*, 2008b)。田間之茄子若發現秀粉介，由於茄子上之族群 R_0 值及繁殖力較高，應即早移除受感染植株，以免該蟲適應寄主後及繁殖造成嚴重危害。秀粉介在大花咸豐草上之卵期、雄性第四齡期發育時間短於其他三種寄主植物，第一齡期、雄性第二齡期、雌性第三齡期發育時間長於朱槿及木瓜，雌性第二齡期長於朱槿及茄子。秀粉介

雖然在大花咸豐草上累積發育時間較長，但大花咸豐草為臺灣常見的雜草，一旦秀粉介自其他寄主植物擴散至大花咸豐草，若天氣乾燥無雨，可能造成全臺大規模為害，因此清除雜草為重要田間管理措施。

綜上所述，寄主對秀粉介之影響應考慮繁殖力、發育情形、存活率。秀粉介並未對寄主植物氣味表現出選擇性，但對於不同寄主植物葉片表現偏好性，以木瓜、茄子及大花咸豐草較為偏好，對朱槿偏好性則最小。生活史試驗中，秀粉介於朱槿上發育時間最短，於茄子上發育時間最長。木瓜族群之 r 值最大，其他三種寄主植物沒有顯著差異。於木瓜上之 R_0 值最大，茄子次之，朱槿及大花咸豐草最小。於木瓜及茄子上之雌性比高於茄子及大花咸豐草，由以上資料推論，木瓜為最佳的寄主植物，茄子次之，朱槿及大花咸豐草為較不合適的寄主植物，但由於秀粉介於朱槿上生長較快，因此一旦發現被感染的朱槿，應盡快防治。大花咸豐草雖非理想寄主植物，但由於該雜草廣布全臺，易助長秀粉介的傳播。最後，本研究進一步提出，若可透過調查野外族群的齡期結構，與相同環境不同寄主上之族群比較，即可推測該寄主植物是否合適。

陸、結論



木瓜秀粉介殼蟲飼育於朱槿、木瓜、茄子及大花咸豐草，於朱槿上之累積發育時間最短，木瓜次之，於茄子上累積發育時間最長。寄主對該蟲之產卵期、產卵後期沒有影響，對壽命及產卵前期影響較小。於木瓜上平均世代時間 (T) 最短，於茄子上最長。於木瓜上之族群繁殖力最高，於大花咸豐草上之繁殖力最低，因此於木瓜上之內在增殖率 (r) 及淨繁殖率 (R_0) 明顯高於其他三種寄主植物；於其他三種寄主植物上之內在增殖率及淨繁殖率沒有顯著差異，但於朱槿及大花咸豐草上之淨繁殖率最低。淨繁殖率較高的寄主植物其雌性比亦較高；淨繁殖率為評估族群成長潛力的族群介量，數值越高顯示秀粉介可能對該寄主之適應性及合適性越高，因此族群之雌性比越高可能代表寄主較合適。依據族群介量之結果顯示木瓜為最合適寄主，朱槿為最不合適之寄主；以雌性比推測木瓜及茄子較大花咸豐草及朱槿為較合適之寄主，雌性比可做為評估寄主或環境對族群合適性之參考指標之一。

寄主選擇性試驗之培養皿測試法顯示，第一齡蟲對朱槿葉片的偏好性最低，對木瓜、茄子及大花咸豐草葉片之偏好性較高；Y型嗅覺測試儀試驗顯示第一齡蟲對四種寄主葉片之氣味沒有反應，說明秀粉介可能缺乏藉由寄主氣味搜尋寄主的機制，但對寄主葉片外部結構具選擇性。綜上所述，朱槿雖不為第一齡蟲偏好，於其上之繁殖力及淨繁殖率皆低，但族群於朱槿的累積發育時間最短，及朱槿為臺灣常見之園藝植物，利於新入侵之秀粉介於朱槿上快速發育並產下後代，擴散至更合適的寄主建立族群。都市環境中零星栽培木瓜，加上往往無網室結構，而易遭受秀粉介感染，並導致木瓜樹勢衰弱，若附近有其他雜草（例如大花咸豐草）或園藝植物，大量秀粉介可能遷移或隨風擴散至周圍，形成持續感染之蟲源。秀粉介對茄子之偏好性亦高，若感染茄子，應立即移除受感染植株，避免該蟲大發生，平時也應清除雜草，避免田間周圍有秀粉介之寄主。大花咸豐草為臺灣都市、郊區及荒地極為常見之雜草，又為秀粉介偏好性高之寄主，雖然目前於大花咸豐

草上之繁殖力低，但未來該蟲仍有可能適應大花咸豐草因而改變其繁殖力。因大花咸豐草分布範圍廣且零星，清除需耗費許多人力及財力，未來可發展生物防治，利用寄生蜂控制秀粉介之族群。



柒、參考文獻

- 王喻其、王泰權、陳富翔、蔡勇勝、李宏萍、費雯綺編。2012。植物保護手冊。行政院農業委員會農業藥物毒物試驗所，台中。1079 頁。
- 林文智。1995。臺灣高山植物圖鑑。淑馨出版社，台北。160 頁。
- 翁振宇、陳淑佩、吳文哲。2013。臺灣進口植物農產品檢出介殼蟲圖鑑。行政院農業委員會農業試驗所，台中。144 頁。
- 許曉茹、莊大永、楊文欽、賴邦嶽。2007。咸豐草的功效。科學發展 417:40-43。
- 陳淑佩、王清玲、翁振宇。2012a。木瓜高風險害蟲木瓜秀粉介殼蟲之簡介。農業試驗所技術服務 84:10-13。
- 陳淑佩、翁振宇、邱一中。2012b。臺灣地區錦葵科木槿屬植物之粉介殼蟲(半翅目：介殼蟲總科：粉介殼蟲科)調查。植物保護學會會刊 54:13-27。
- 黃士晃、張錦興、林棟樑。2009。番木瓜種苗及繁殖方式簡介。台南區農業專訊 70:3-6。
- 楊大吉、齊心。1997。姬龜瓢蟲之兩性生命表。花蓮區農業改良場研究彙報 14:39-59。
- 鐘鋒、何余容、高燕、趙成銀、李世茂、邵曉迎、呂利華。2010。西花薊馬對 3 種茄科植物的選擇行為。江西農業大學學報 32:472-478。
- Amarasekare KG, Chong JH, Epsky ND, Mannion CM. 2008a. Effect of temperature on the life history of the mealybug *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae). J Econ Entomol 101: 1798-1804.
- Amarasekare KG, Mannion CM, Osborne LS, Epsky ND. 2008b. Life history of *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) on four host plant species under laboratory conditions. Environ Entomol 37: 630-635.
- Ben-Dov Y. 1994. A systematic catalogue of the mealybugs of the world (Insecta: Homoptera: Coccoidea: Pseudococcidae and Putoidae) with data on geographical distribution, host plants, biology and economic importance. Andover, UK: Intercept Limited. 686 pp.
- Ben-Dov Y, Miller D. 2010. Pseudococcidae. Part of ScaleNet. 9 December 2010. <http://www.sel.barc.usda.gov/scalenet/scalenet.htm>
- Bertin A, Bortoli LC, Botton M, Parra JRP. 2013. Host plant effects on the development, survival, and reproduction of *Dysmicoccus brevipes* (Hemiptera: Pseudococcidae) on grapevines. Ann Entomol Soc Am 106: 604-609.
- Birch LC. 1948. The intrinsic rate of natural increase of an insect population. J Anim Ecol 17: 15-26.
- Chen SP, Wong JY, Wu WJ. 2011. Preliminary report on the occurrence of papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink, in Taiwan. J Taiwan Agric Res 60: 72-76.

- Cheptou PO, Carrue O, Rouifed S, Cantarel A. 2008. Rapid evolution of seed dispersal in an urban environment in the weed *Crepis sancta*. Proc Natl Acad Sci USA 105: 3796-3799.
- Chi H. 1988. Life-table analysis incorporating both sexes and variable development rates among individuals. Environ Entomol 17: 26-34.
- Chi H. 2014a. TIMING-MSChart: a computer program for the population projection based on age-stage, two-sex life table. Available from <http://140.120.197.173/Ecology>.
- Chi H. 2014b. TWSEX-MSChart: a computer program for the age-stage, two-sex life table analysis. Available from <http://140.120.197.173/Ecology/Download/Twosex-MSChart.zip>.
- Chi H, Liu H. 1985. Two new methods for the study of insect population ecology. Bull Inst Zool Academia Sinica 24: 225-240.
- Chi H, Su HY. 2006. Age-stage, two-sex life tables of *Aphidius gifuensis* (Ashmead) (Hymenoptera : Braconidae) and its host *Myzus persicae* (Sulzer) (Homoptera : Aphididae) with mathematical proof of the relationship between female fecundity and the net reproductive rate. Environ Entomol 35: 10-21.
- Danzig EM. 1997. Intraspecific variation of taxonomic characters. pp 203-212. In: Ben-Dov Y, Hodgson CJ (eds). Soft scale insects their biology, natural enemies and control. Vol. 7A. Elsevier, Amsterdam.
- Gilman EF. 1999. *Hibiscus rosa-sinensis*. Fact sheet. FPS-254. Environmental Horticulture Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL.
- Greathead DJ. 1997. Crawler behavior and dispersal. pp 339-342. In: Ben-Dov Y, Hodgson CJ (eds). Soft scale insects their biology, natural enemies and control. Vol. 7A. Elsevier, Amsterdam.
- Gullan PJ, Cockburn A. 1986. Sexual dichromism and intersexual phoresy in gall-forming coccoids. Oecologia 68: 632-634.
- Holm LG, Pucknett DL, Pancho JB, Herberger JP. 1977. The world's worst weeds. Distribution and biology. Univ. Press of Hawaii, Honolulu. 609 pp.
<http://www.tndais.gov.tw/press/100/10036.htm>
- Kunkel H. 1997. Scale insect honeydew as forage for honey production. pp 291-302. In: Ben-Dov Y, Hodgson CJ (eds). Soft scale insects their biology, natural enemies and control. Vol. 7A. Elsevier, Amsterdam.
- Leslie PH. 1945. On the use of matrices in certain population mathematics. Biometrika 33: 183-212.
- Lewontin RC. 1965. Selection for colonizing ability. pp 77-94. In: Baker HG, Stebbins GL (eds). The genetic of colonizing species. Academic Press, San Diego, CA.

- Lotka AJ. 1922. The stability of stable age distribution. Proc Natl Acad Sci USA 8: 339-345.
- Meyerdirk DE, Muniappan R, Warkentin R, Bamba J, Reddy GVP. 2004. Biological control of the papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) in Guam. Plant Prot Q 19: 110-114.
- Miller DR, Miller GL. 2002. Redescription of *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae), including descriptions of the immature stages and adult male. Proc Entomol Soc Wash 104: 1-23.
- Miller DR, Williams DJ, Hamon AB. 1999. Notes on a new mealybug (Hemiptera: Coccoidea: Pseudococcidae) pest in Florida and the Caribbean: the papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* Williams and Granara de Willink. Insecta Mundi 13: 179-181.
- Moran VC, Gunn BH, Walter GH. 1982. Wind dispersal and settling of first-instar crawlers of the cochineal insect *Dactylopius austrinus* (Homoptera: Coccoidea: Dactylopiidae). Ecol Entomol 7: 409-419.
- Muniappan R, Shepard BM, Watson GR, Carner GW, Sartiami D, Rauf A, Hamming MD. 2008. First report of the papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae), in Indonesia and India. J Agric Urban Entomol 25: 37-40.
- Noyes JS, Schauf ME. 2003. New Encyrtidae (Hymenoptera) from papaya mealybug (*Paracoccus marginatus* William and Granara de Willink) (Hemiptera: Sternorrhyncha: Pseudococcidae). Proc Entomol Soc Wash 105: 180-185.
- Ross L, Pen I, Shuker DM. 2010. Sex-specific dispersal behaviour of crawlers in the mealybug *Planococcus citri*. Entomol Hell 19: 54-65.
- Ross L, Dealey EJ, Beukeboom LW, Shuker DM. 2011. Temperature, age of mating and starvation determine the role of maternal effects on sex allocation in the mealybug *Planococcus citri*. Behav Ecol Sociobiol 65: 909-919.
- Sakai AK, Allendorf FW, Holt JS, Lodge DM, Molofsky J, With KA, Baughman S, Cabin RJ, Cohen JE, Ellstrand NC, McCauley DE, O'Neil P, Parker IM, Thompson JN, Weller SG. 2001. The population biology of invasive species. Annu Rev Ecol Evol Syst 32: 305-332.
- Silva-Torres CSA, Oliveira MD, Torres JB. 2013. Host selection and establishment of striped mealybug, *Ferrisia virgata*, on cotton cultivars. Phytoparasitica 41: 31-40.
- Tanwar RK, Jeyakumar P, Vennila S. 2010. Papaya mealybug and its management strategies. New Delhi: Technical Bulletin 22. National Centre for Integrated Pest Management. 22 pp.

- Thangamalar A, Subramanian S, Mahalingam CA. 2010. Bionomics of papaya mealybug, *Paracoccus marginatus* and its predator *Spalgius epius* in mulberry ecosystem, Karnataka. *J Agric Sci* 23: 39-41.
- [USDA-NRCS] U. S. Department of Agriculture-Natural Resources Conservation Service. 2007. The plants database. National Plant Data Center, Baton Rouge, Louisiana.
- Watson GW, Chandler LR. 1999. Identification of mealybugs important in the Caribbean region. Wallingford, Oxon: Commonwealth Science Council and CAB International. 40 pp.
- Williams DJ, Granara de Willink MC. 1992. Mealybugs of Central and South America. UK: CAB International. 644 pp.
- Xue M, Pang YH, Wang HT, Li QL, Liu TX. 2010. Effects of four host plants on biology and food utilization of the cutworm, *Spodoptera litura*. *J Insect Sci* 10: 22, available online: insectscience.org/10.22.
- Zhang GF, Wan FH. 2012. Suitability changes with host leaf age for *Bemisia tabaci* B biotype and *Trialeurodes vaporariorum*. *Environ Entomol* 41:1125-1130.