台灣昆蟲 31: 67-73 (2011)
Formosan Entomol. 31: 67-73 (2011)

刺桐釉小蜂 (*Quadrastichus erythrinae* Kim) 的產卵選擇與造癭偏好

黃馨瑩[1]、吳宜穗[2]、董景生[3*]

[1] 台北市立教育大學自然科學系 10048 台北市愛國西路 1 號
[2] 台灣昆蟲學會 10673 台北市羅斯福路四段 113 巷 27 號
[3] 林業試驗所森林保護組 10079 台北市三元街 67 號

摘　要

刺桐釉小蜂 (*Quadrastichus erythrinae* Kim) 是近年來危害台灣地區刺桐屬植物的外來入侵種膜翅目釉小蜂科昆蟲，雌蜂於刺桐屬寄主植物上產卵，在嫩莖、嫩芽及枝條上產生蟲癭，嚴重時甚至會危害到寄主植物的存活。由於蟲癭的形成涵蓋一連串複雜的造癭過程，造癭昆蟲必須配合適當的寄主植物物候期才能產生蟲癭。本試驗目的是找出刺桐釉小蜂雌蜂產卵偏好的物候期，並比較寄主植物產生蟲癭的偏好部位。雌蜂在日間全天皆可記錄到產卵行為，但以 8～13 點產卵次數較高；將刺桐葉片物候區分為五期，B 期的刺桐葉被產卵次數最多，E 期則不被雌蜂產卵。產癭則以 A 期數量最高。雌蜂產卵選擇以及蟲癭產生主要在芽 A～C 的初期階段，對葉片部位不具偏好性；建議未來在刺桐釉小蜂的防治上，需加強保護早春到夏初出現的大量刺桐嫩芽，可在此造癭時期進行防治，以避免刺桐釉小蜂族群的大爆發。

關鍵詞：刺桐、刺桐釉小蜂、造癭偏好、物候期。

前　言

刺桐 (*Erythrina variegata* L. var. *orientalis* (L.) Merr.) 為海濱的原生樹種，是一種莖上具有保護刺，三出複葉的落葉性大喬木。因其生長迅速、植株耐旱、病蟲害少，平埔族與原住民族以其豔麗的紅花盛花期作為生活曆，成為台灣的重要老樹種類，並在台灣廣植為行道樹。2003 年以後，台灣的刺桐遭遇入侵的植食性膜翅目害蟲－刺桐釉小蜂 (*Quadrastichus erythrinae* Kim) 之危害 (Yang *et al*., 2004)，此害蟲對寄主植物具有專一性，僅在刺桐屬植物上造癭；雌蜂將卵產於刺桐的嫩莖與嫩芽上，致許多剛長出來的新

*論文聯繫人
Corresponding email: gall@tfri.gov.tw

芽、嫩莖與新葉均膨大生長，造成嫩芽扭曲、變形，葉子上甚至產生水泡狀的突起，受害嚴重者幾無正常葉片，嚴重時導致植株受真菌感染後死亡 (Yang *et al*., 2004)。

造癭昆蟲的生活史與寄主植物的物候期 (phenology) 密不可分，植物物候期與昆蟲生活史的一致性，對於短生命週期的造癭昆蟲甚爲重要 (Yukawa, 2000)。例如癭蜂抽芽物候與芽長度造成的分布偏好 (Ito and Hijii, 2001)，受到食物來源以及植物抽芽物候的影響，造癭蚜蟲的蟲癭偏好出現在特定的葉片區域 (Ngakan and Yukawa, 1996, 1997)。蟲癭的形成涵蓋一連串複雜的造癭過程 (cecidogenesis)，而造癭成功的關鍵，通常取決於雌蜂的產卵選擇；假若雌蜂能正確產卵在適當的物候期部位，就能增加子代的存活機會。有些不同世代的蚜蟲，甚至能有效利用寄主植物的物候期，發展出複雜的造癭關係 (Tokuda *et al*., 2001)，也因爲蟲癭的出現需要符合許多因素，若要避免蟲癭的產生，就應先明瞭造癭的基礎生物學及生物條件。

刺桐釉小蜂的卵期、幼蟲期及蛹期皆在植物組織中生長，羽化時才會從蟲癭中鑽出，並留下一個小羽化孔；成蟲的活動時間主要在早上 6～10 點間。刺桐釉小蜂的生活史僅約 24 天，世代重疊 (Tung, 2007)，所以在春到秋季，刺桐不斷地抽芽，新葉產生後也會一再的被感染，但是蟲癭仍有主要的出現週期，雌蜂似乎具有產卵偏好性，若我們能針對造癭的關鍵時期，採行施藥、物理防治、植栽管理等有效防治策略，當可有效抑制蟲害的大爆發。

由於目前尚不清楚雌蜂產卵的偏好時間、對寄主植物組織的偏好部位，以及與蟲癭產生的關係，導致田間的防治如施藥、使用黏紙的時程等皆缺乏參考的依據。藉由本試驗釐清產癭主要係因刺桐釉小蜂的產卵偏好或是寄主植物物候所導致，找出刺桐釉小蜂的產卵與蟲癭生長的關連性，希望有助減緩刺桐釉小蜂對刺桐植株的危害。

材料與方法

一、試驗蟲源

2010 年 4 月間，採集台南市安南區受到刺桐釉小蜂危害的刺桐枝條，攜回分裝於實驗室養蟲箱。室溫下羽化後，判定性別，再分裝於指形瓶，每瓶放入雌蜂 60 隻及雄蜂 40 隻，以棉花沾取稀釋之蜂蜜水餵食一小時。隔日從瓶中選取活動力較大之個體進行試驗。

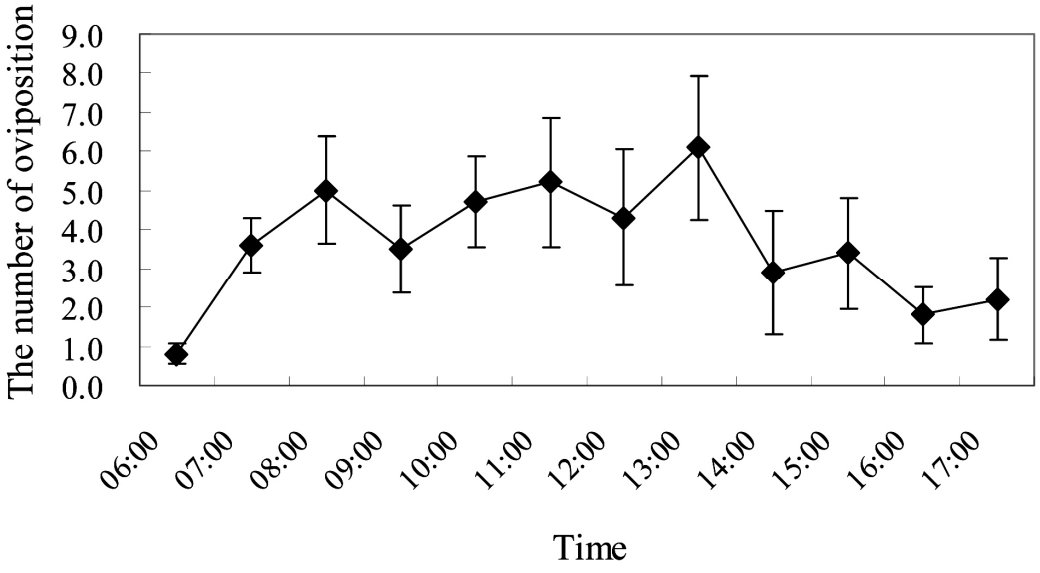
二、葉片物候分期及部位劃分

刺桐的葉片物候歷經抽芽、嫩葉、成葉、老葉等階段，本試驗逐日追蹤記錄 36 個葉芽發育及各葉片的表面積生長，直到葉片完全開展、表面積不再增加爲止，統計其葉片的最大葉面積與生長日數。參考面積與日數，將刺桐依葉片開展的物候狀況分期。

同時紀錄不同的葉片部位：一片刺桐葉片包含三片小葉，將三出複葉劃分成大葉 (medial leaflet)、小葉 (lateral leaflets) 及葉柄 (petiole)。大葉代表複葉末端之奇數小葉，小葉爲兩片對生的小葉，葉柄是葉片和莖連結的部位。

三、雌蜂產卵與蟲癭數量計算

準備 2 年齡刺桐扦插苗 10 株，插穗來自春季的台北市西藏路行道樹，每株需具備不同物候分期之葉齡，且各個物候分期以一個爲限，過多部分以修枝剪修去。樣株置放於室溫約 22℃，相對溼度約 78% 狀況下，套網供試樣株，每株爲一個處理，放入雌蜂 20 隻及雄蜂 5 隻。觀察後發現刺桐釉小蜂僅在白天



圖一　刺桐釉小蜂於一日之不同時間的產卵次數。
Fig. 1.　Oviposition frequency of erythrina eulophid wasps at various times of the day.

活動，故自上午 6 點到下午 5 點，以系統取樣方式，每小時每組觀察 5 分鐘，記錄雌蜂產卵之次數、葉片物候期、產卵之葉片部位。產卵後刺桐持續成長，爾後所有記錄皆延續此時之物候期數以便討論。

觀察一日後，移除成蜂，等待蟲癭形成。一顆蟲癭可能由單一到數隻幼蟲形成，本試驗以肉眼能辨識的最小蟲癭爲計數單位，單一蟲癭羽化時皆未超過 5 隻成蜂。待 10 天後蟲癭出現，再分別記錄不同葉片部位、物候期數所產生之蟲癭數量。

四、統計分析

試驗資料以 The R Project 統計軟體進行分析，採用 MRT (Duncan's new multiple range test) 法，在 α = 0.01 顯著水準下，比較處理間之差異。

結　　果

一、產卵時間

記錄雌蜂於刺桐上之逐時的產卵次數，其平均產卵次數如圖一，白天全時皆可見雌蜂產卵，於 6 時的平均產卵次數最低，只有 0.8 次，依序爲下午 16 時與 17 時；中午 13 時的平均產卵次數最高，有 6.1 次。在各個時段間，雌蜂產卵次數大致無顯著差異，約自 6 時起開始活動；於 13 時達到高峰後，活動力漸減。

二、葉片物候分期

依據葉片開展狀態，由幼嫩至成熟可將葉片物候期細分爲 A、B、C、D、E 五期 (圖二)。葉齡 A 期約 4 天，刺桐莖頂出現芽的雛形，尚未抽葉。葉齡 B 期亦約 4 天，已經抽芽，葉片尚未展開，但已能分辨出三片小葉。葉齡 C 期約 3 天，此期刺桐小葉半開



圖二　刺桐葉片物候分期，依序為 A、B、C、D、E 五期。
Fig. 2.　Phenology phase of coral trees, shown in the order of phases A, B, C, D, E.

表一　刺桐釉小蜂於不同葉齡的產卵偏好性以及蟲癭產生數
Table 1.　Galling preference of erythrina eulophid wasps on different phases of leaf phenology

	Leaf area	Oviposition	Amount of galls
Phases	Mean	Mean ± SEM[1)]	Mean ± SEM[1)]
A	0.31 cm^2	9.1 ± 2.61 [b] (n = 10)	61.2 ± 19.63 [a] (n = 10)
B	1.48 cm^2	21.8 ± 4.48 [a] (n = 10)	45.1 ± 14.18 [ab] (n = 10)
C	12.39 cm^2	10.0 ± 3.12 [b] (n = 10)	12.8 ± 4.45 [bc] (n = 10)
D	31.81 cm^2	2.5 ± 2.08 [b] (n = 10)	0.1 ± 0.10 [c] (n = 10)
E	42.80 cm^2	0.0 ± 0.00 [b] (n = 10)	0.0 ± 0.00 [c] (n = 10)

[1)] Means with the same letter are not significantly different. (α = 0.01, MRT)

展，葉色呈透明嫩綠。D 期之刺桐葉片完全開展，顏色偏翠綠色；葉齡達 D 期（約第 12 天）之葉片生長 3～5 天後，顏色轉深綠，葉面積生長遲緩乃至停止，為 E 期老葉，通常可在植株上一個月至半年之久。

刺桐葉片從幼葉到成熟，各葉片的葉表面積差異頗大，難以憑之分期。葉面積由 A 期開始，逐漸增快生長，至 E 期後生長遲緩乃至停止，計算逐日之平均葉面積，以進入各齡期之第一天葉面積代表各分期之葉面積：葉齡 A 期、B 期、C 期、D 期、E 期面積分別約為 0.31 cm^2、1.48 cm^2、12.39 cm^2、31.81 cm^2、42.80 cm^2，葉面積隨葉齡增加迅速遞增。

三、葉齡的產卵偏好

雌蜂在選擇產卵的植株時，受刺桐葉齡影響。不同植物物候期的產卵次數中，B 期迥異於他期，顯示雌蜂對葉齡 B 期具有顯著的偏好性，平均產卵次數有 21.8 次（表一），為五期葉齡中最高者；接著是葉齡 C 期及葉齡 A 期，平均產卵次數分別為 10.0 次及 9.1 次，再來是葉齡 D 期，平均產卵次數為 2.5 次，雌蜂未在葉齡 E 期上產卵。

實驗後約 10 天可記錄到蟲癭，受害部位呈現水泡狀突起。由此初期產生的蟲癭數量，依數量多寡可分為兩群，即葉齡 A、B 期及葉齡 C、D、E 期。葉齡 A 期及 B 期上的蟲癭顯著高於他期（表一），產生的平均癭數分別為 61.2 個及 45.1 個；其次是葉齡 C 期葉片，平均癭數有 12.8 個；葉齡 D 期葉片癭數偏少，僅 0.1 個；葉齡 E 期之葉片上完全不出現蟲癭。

四、葉片部位的產卵偏好

刺桐三出複葉之不同部份皆有蟲癭產

生，平均癭數依序分別爲 48.8 個、39.5 個及 30.9 個，三個部位的平均癭數沒有明顯區別 (表二)，顯示蟲癭可以發生在不同的葉片部位，雌蜂對葉片部位的產卵選擇，並無明顯的偏好性。

表二　刺桐釉小蜂於刺桐三出複葉之不同部位所產生的蟲癭數

Table 2. Preference of galling position among different parts of the *Erythrina* compound leaf by erythrina eulophid wasps

Position	Number of galls Mean ± SEM[1)]
Medial leaflet	48.8 ± 12.4 [a] (n = 10)
Lateral leaflets	39.5 ± 10.8 [a] (n = 10)
Petiole	30.9 ± 10.2 [a] (n = 10)

[1)] Means with the same letter are not significantly different. (α = 0.01, MRT)

討　論

實驗過程發現成蜂僅在白天活動，由刺桐釉小蜂日間逐時產卵的觀察記錄，各時段刺桐釉小蜂的產卵行爲無明顯差異，平均產卵次數最低 (6 時，0.8 次) 與最高 (13 時，6.1 次)，兩者相差 5.3 次 (圖一)，其活動趨勢約爲 6 時開始，至午間達高峰，下午漸緩。無確切的產卵高峰時段，雌蜂的產卵行爲與時間點無關聯，每一重覆間無明顯差異。本研究受限蟲體小對焦不易，無法使用全時攝影方式觀測記錄，採用人力每小時觀測 5 分鐘，可能產生誤差；此外刺桐釉小蜂成蜂體長不超過 0.5 公分，雌蜂產卵觀察更是不易。

按常理推斷，較大的葉片可能有較高的造癭機會。而本實驗觀測到葉面積隨葉齡增加遞增，癭數卻隨葉齡增加而遞減 (表一)，兩者趨勢相反；雌蜂在葉齡 B 期之產卵次數最多，明顯高於其他齡期，產卵次數依葉齡呈現先昇後降的曲線，不同於葉面積隨齡期增加的趨勢。因此推論雌蜂產卵及蟲癭產生具有偏好性。

刺桐釉小蜂在卵期與幼蟲期危害寄主植物，每隻雌蜂約產 400 多個卵，幼蟲在植物組織內成長並化蛹，羽化後鑽出植物組織擴散到其他植株。刺桐釉小蜂雌蜂在選擇產卵的葉片時，最偏好葉齡 B 期，其次是葉齡 A 期及 C 期葉片。觀察過程僅在 A～C 期的葉片被產卵的次數過多時，雌蜂才會選擇葉齡 D 期的葉片產卵。而當刺桐被產卵後約 10 天誘發蟲癭完整出現，以原先的 A 期及 B 期葉片產生的癭數最多，其次是 C 期，D 期雖然有觀察到產卵的行爲，但卻很少成功造癭，E 期葉片則不見蟲癭出現。在 Ngakan and Yukawa (1996) 的研究報告指出，造癭蚜蟲 *Neothoracaphis yanonis* 於蚊母樹 (*Distylium racemosum*) 上的造癭情形，偏好於第一及第二齡期的葉片上造癭，癭數均較其他葉齡多。本實驗也顯示相同結果，雌蜂較偏好在刺桐較幼嫩的葉片上產卵，即 A～C 期，尤其是 B 期，10 天後長出蟲癭，此時 A 期已形成三片未打開的小葉，B 期則以葉片開展，但仍依先前產卵時的分期稱呼，蟲癭在 A、B 期葉片上出現的癭數明顯多於 C、D 和 E 期，尤以 A 期數量最多。極可能是雌蟲在 A 期葉片產卵時，每次都產下較多的蟲卵，因而產生較多的蟲癭。

由本研究結果顯示，刺桐釉小蜂產卵偏好幼嫩的葉片齡期，而與葉片部位無關，在葉片或葉柄上均可造癭。台灣常見四種主要的刺桐屬植物，包括：刺桐、黃脈刺桐 (*Erythrina variegata* L. var. *orientalis* (L.) Merr. cv. Picta)、雞冠刺桐 (*Erythrina crista-galli* Linn.)、珊瑚刺桐 (*Erythrina corallodendron* Linn.)，其中以全年都能萌發新葉的刺桐和黃

脈刺桐受到刺桐釉小蜂危害最嚴重，雞冠刺桐和珊瑚刺桐每年在春初萌發新葉後，就不再生長大量新葉，或許導致雌蜂缺乏偏好的產卵嫩葉，因此限制了蟲癭數量。

早春到夏初是刺桐以及黃脈刺桐這兩種受害嚴重的寄主植物新葉、嫩芽數量最多的時期，未來在刺桐釉小蜂的防治上，必須在春天刺桐剛開始長新葉、嫩芽時，做好必要的保護措施或即時移除刺桐釉小蜂，只要渡過刺桐的嫩芽生長期 (A～C 期)，刺桐釉小蜂比較不會誘發出大量的蟲癭。

誌　　謝

本文的完成要感謝臺東農改場許嘉錦先生在擔任林試所助理期間，設計嫁接成蟲的操作技術；數次嫁接過程中，特別感謝林業試驗所葉信廷博士、劉晉榮先生、鍾頤時先生的協助及建議；感謝台北市立教育大學吳書平教授的協助及吳佩容同學維護並插穗試驗用苗，精確地揀選實驗用成蟲使得蟲癭成功發育；此外更要感謝刺桐釉小蜂研究團隊的楊恩誠老師、楊曼妙老師、藍艷秋老師長期的鞭策與鼓勵。

引用文獻

Ito M, Hijii N. 2001. Effect of shoot size and phenological variation of host plants on the spatial patterns of cynipid galls. J For Res 6: 147-151.

Ngakan PO, Yukawa J. 1996. Gall site preference and intraspecific competition of *Neothoracaphis yanonis* (Homoptera: Aphididae). Appl Entomol Zool 31: 299-310.

Ngakan PO, Yukawa J. 1997. Synchronization with host phenology and gall site preference of *Dinipponaphis autumna* (Homoptera: Aphididae). Appl Entomol Zool 32: 81-90.

Tokuda M, Maryana N, Yukawa J. 2001. Leaf-rolling site preference by *Cycnotrachelus roelofsi* (Coleoptera: Attelabidae). Entomol Sci 4: 229-237.

Tung GS. 2007. Save the ancient coral trees. In: Proceedings of Taipei city tree protection promotion conference in memorial of Professor Xie Huan-Ru. 2007 Dec 12; Taipei City; Department of Plant Pathology and Microbiology, National Taiwan University. pp. 59-70. (in Chinese)

Yang MM, Tung GS, La Salle J, Wu ML. 2004. Outbreak of erythrina gall wasp on *Erythrina* spp. (Fabaceae) in Taiwan. Plant Prot Bull 46: 391-396.

Yukawa J. 2000. Synchronization of gallers with host plant phenology. Popul Ecol 42: 105-113.

收件日期：2011 年 1 月 7 日
接受日期：2011 年 2 月 15 日

Oviposition and Galling Preference of Erythrina Eulophid Wasp (*Quadrastichus erythrinae* Kim) on Coral Tree

Hsin-Ying Huang[1], Yi-Sui Wu[2], and Gene-Sheng Tung[3*]

[1] Taipei Municipal University of Education, No. 1, Aiguo W. Rd., Taipei City 10048, Taiwan

[2] Taiwan Entomological Society, No. 27, Ln. 113, Sec. 4, Roosevelt Rd, Taipei City 10673, Taiwan

[3] Division of Forest Protection, Taiwan Forestry Research Institute, No. 67, San Yuan St., Taipei City 10079, Taiwan

ABSTRACT

The erythrina eulophid wasp, *Quadrastichus erythrinae* Kim (Hymenoptera: Eulophidae), is a new invasive species on coral trees (*Erythrina* spp.) in Taiwan. The oviposition of female wasps induces galls on the young shoots and stems of the coral trees. A serious infection could cause the death of the host tree. Cecidogenesis, the forming of galls, involves a series of complicated processes and the galling insects must induce galls within the right phenological phase of the host plant. This study attempts to clarify the oviposition preference of the erythrina eulophid wasps for the different phenological phases of the coral tree, and also to compare the location preference for the gall forming. The oviposition of the female wasps can be recorded throughout the daylight hours, but with a higher frequency from 8 am to 1 pm. We divided the phenological phase the leaves of the coral tree into 5 phases, and found that the oviposition frequency was highest in phase B, while no oviposition took place in phase E. The gall abundance, recorded 10 days after oviposition, was highest in stage A (during oviposition). The female erythrina eulophid wasps tend to prefer ovipositing in the new shoots from phase A-C, yet we could not find a location preference. We suggest that more protection efforts are needed in spring and summer when the new shoots emerge, to avoid population outbreak of the erythrina eulophid wasp.

Key words: *Erythrina*, *Quadrastichus erythrinae* Kim, galling preference, phenology

* Corresponding email: gall@tfri.gov.tw