

國立臺灣博物館一〇五年度研究計畫成果報告

水生螢火蟲的飼育條件與生物特性研究 (續)

計畫主持人：歐陽盛芝

共同主持人：陳素瓊

國立臺灣博物館

中華民國一〇六年二月

水生螢火蟲的飼育條件與生物特性研究 (續)

歐陽盛芝* 陳素瓊**

*國立臺灣博物館

**國立宜蘭大學 園藝學系

摘 要

本試驗主要探討三種溫度對黃緣螢 (*Aquatica ficta* (Olivier)) 成螢壽命和繁殖力的影響。首先以含水海綿片採取黃緣螢當日產卵，分置於 $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ 等3種溫度，光週期13L:11D條件的生長箱中，以川蟋 (*Semisulcospira libertine*) 集體飼育至上陸化蛹；蛹至羽化為成蟲則採單隻飼育，調查在不同溫度下羽化個體的壽命和性比；另將剛羽化的雌雄成螢在不同溫度條件下配對飼養，調查雌螢的繁殖力。由試驗結果可知，本種雌雄成螢併計壽命，各溫度組依序為 22.03 ± 0.98 、 13.94 ± 0.59 、 13.25 ± 0.73 日，即 22°C 組的成螢壽命明顯較 25°C 和 28°C 兩組長。三組成螢性比均符合1:1。各溫度組的雌螢繁殖力分別為 89.58 ± 12.72 、 147.64 ± 14.52 、 136.25 ± 15.42 粒，產卵量以 25°C 組最多， 22°C 組最少，即飼養溫度確實會影響本種繁殖力。

關鍵詞：黃緣螢、溫度、成螢壽命、繁殖力。

前 言

黃緣螢 (*Aquatica ficta* (Olivier)) 為臺灣產的水生螢火蟲，屬於鞘翅目 (Coleoptera) 螢科 (Lampyridae) 熠螢亞科 (Luciolinae) 水螢屬 (*Aquatica*)，與黃胸黑翅螢 (*A. hydrophila* (Jeng, Lai & Yang)) 和條背螢 (*Luciola substriata* Gorham) 並列為臺灣產三種水生螢類(方及何，

2013)。以全世界已記錄螢火蟲種類近 2,000 種，其中僅記錄 11 種水生類群幼蟲而言，本種雖非臺灣特有種，分布範圍還包括香港、中國西南部如貴州、福建和華南各省、日本和韓國（賴等，1998；鄭等，1999；Jeng *et al.*, 2003；饒，2011；方及何，2013），現仍被視為極珍貴的種類（陳及陳，1997）。

黃緣螢在臺灣的發現紀錄以西部較多，東部較少，廣泛分布於海拔 1,000 公尺以下地區（鄭等，1999）。楊等（1997）調查結果，本種曾出現於玉山、雪霸、陽明山、墾丁、金門等五座國家公園，但太魯閣國家公園未發現。但後來鄭明倫等經實地調查和查詢文獻紀錄，得知黃緣螢出現於陽明山國家公園、玉山國家公園和金門國家公園，分布地點為陽明山、竹子湖、馬槽、磺溪、礁溪、谷關、和社、南安和曾文水庫，水平分布屬廣布型，海拔分布屬山麓帶至山地下層帶（鄭等，1999）。陳燦榮和鄭明倫再調查墾丁國家公園，認為屏東縣九如的玉泉村是本種最南的分布地點，但在墾丁是否為原生種仍存疑；且提出恆春生態農場內的黃緣螢很可能是由墾丁以外地區引進，至少持續補充的個體來自他處（陳及鄭，2009）。

本種主要的棲息環境為終年有水的靜止或流速較緩水域，且植物被覆完整地區，特別是水芹菜（*Oenanthe javanica*）、水蘿菜（*Ipomoea aquatica*）、水稻（*Oryza sativa*）、水芋（*Colocasia esculenta*）與過溝菜蕨（*Diplazium esculentum*）等作物的田間或邊緣的灌溉溝渠，底質為泥漿者為多（何及姜，1997）。幼蟲取食淡水貝類如小椎實螺（*Austropeplea ollula*）、川蜷（*Semisulcospira libertina*）、瘤蜷（*Thiara granifera*）等約 15 種，卻不捕食圓寶螺（*Pila leopordovillensis*）或福壽螺（*Pomacea canaliculata*）（何及姜，1997；陳及陳，1997）。水生的幼蟲在化蛹前會爬上陸地，在適當的地點造繭化蛹，然後羽化為成蟲。

黃緣螢屬夜行性昆蟲且發光求偶，臺灣全年可見成蟲，以 4 月至 8 月的族群豐度較高，常出現於 3 月至 10 月（Jeng *et al.*, 2003；何等，2006）。以往雖為野外常見昆蟲，但隨著經濟開發，棲地遭到破壞或減少、人

工光源的衝擊、河道溝渠的水泥化、農藥的大量使用、水污染引起環境劣化、外來種之引入、外來種食蟲性魚類入侵等種種因素，不但改變自然生態系，且對原棲息河流、塘沼的螢火蟲幼蟲造成不利影響（楊等，1997；陳及林，2003），導致往昔常見的螢火蟲已不知不覺中在我們生活中消失（陳及陳，1997）。

因此，早在 20 年前，國內學者專家們即針對黃緣螢之形態與棲地特性、棲地管理、食物偏好、保育與復育等相關問題進行探討（何等，2006），近年來在分類和前述各方面研究有相當大的實質進展，本種以人工飼養繁殖已有復育成功案例，甚至出現因休閒觀光的賞螢活動，未考慮其原始分布棲地而被胡亂野放之嫌。即使如此，黃緣螢在野外的分布範圍與族群密度仍未達預期目標，有關本種基本生物學之研究仍須持續進行，故本試驗持續上年度研究，探討人工集體飼育方式在不同溫度條件下對黃緣螢壽命和繁殖力的影響，期能當作未來人工飼育繁殖、保育、復育等之參考。

材料與方法

一、供試蟲源及飼養方法

自宜蘭縣員山鄉雙連埤附近水芹菜田採集黃緣螢雌、雄成蟲，攜回國立宜蘭大學園藝學系的實驗室內飼養。飼養方法參照陳及陳（1997）的方式，只是盛裝含卵海綿片的透明塑膠盒較大（29x19x17 cm），已孵化的幼蟲自一齡開始即置入鋪有 10 cm 高海砂斜坡的水族箱（45x27x30 cm）內飼養，箱中放入打氣裝置以增加水中氧氣含量。

採集當地水生貝類川蝨（*S. libertine*）攜回實驗室內飼養做為幼蟲食物，餵食螢火蟲幼蟲前先將川蝨敲碎後，再放入飼養用水族箱內以幫助初齡幼蟲取食，俟幼蟲成長至三齡時，便可直接放入整粒川蝨活體，供幼蟲取食。另依陳及陳（1997）方法在海砂岸上放置一層潮濕水苔，老熟幼蟲會慢慢爬上水苔中靜待化蛹。將蛹體以軟鑷子挑起放入鋪有濾紙、含水棉花、活性碳各三層且保持濕潤的透明圓形玻璃皿

(直徑 18 cm，高 3 cm) 中，以利蛹存活。俟蛹快羽化前，再放入鋪有一層約 0.3 cm 含水海綿片的透明壓克力箱 (長 30cm，寬 30cm，高 30cm) 內供羽化成螢交尾和產卵。以此方式累代繁殖三代以上，作為本試驗供試蟲源。

二、溫度對成螢壽命和性比的影響

將 30 對黃緣螢雌、雄蟲置於鋪有含水海綿片的透明壓克力箱內，每日觀察，俟雌螢產卵在海綿片後，取產卵 2 小時內的新鮮含卵海綿片，先計算供試卵數，然後放入含水的較小長方形透明塑膠盒 (22x14x13 cm)，並以保鮮膜覆蓋保濕，分置於 $22\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $25\pm 1^{\circ}\text{C}$ 、 $28\pm 1^{\circ}\text{C}$ 等 3 種溫度，光週期 13L:11D 條件的生長箱。由各處理組選取 50 隻剛孵化的一齡幼蟲，做 3 重覆，即每種溫度各取 150 隻供試幼蟲，放入前述含水的較小長方形透明塑膠盒，盒內鋪有 5 cm 高海砂斜坡讓幼蟲在水邊休息，並在海砂岸上放置一層潮濕水苔供其化蛹。將蛹體以軟鑷子挑起單隻放入鋪有濾紙和含水棉花的透明圓形塑膠盒 (內徑 9 cm，高 5.5 cm，容量約 250 ml) 中，並編號區別，俟蛹羽化後再更換飼養容器供成螢活動和交尾產卵。試驗期間，供試蟲及飼育容器皆依處理組別分置於前述設定不同溫度條件之生長箱中。每日如飼養方法分組依齡期提供敲碎川蝮或完整川蝮為食物，觀察並記錄黃緣螢雌雄個體羽化數和壽命。本試驗因黃緣螢完成生活史所需日數較長，故各組的成蟲壽命係取樣確實完成整個發育階段者據以統計。

三、溫度對雌螢繁殖力的影響

取剛羽化的雌、雄成螢，單一配對，放入前述的透明壓克力箱內供羽化成螢交尾和產卵。每日供應 3% 蜜水供成螢取食，並更換一片長 2cm，寬 2cm 正方形含水海綿片供雌螢產卵，觀察和記錄其存活情形和每日產卵量，直到成螢死亡。

四、資料分析

本試驗所得數據之統計包含成螢壽命、繁殖力、日產卵量等，以 SAS System version 9.1 for windows 統計軟體 (PROC MEANS, SAS Institute, 2003) 計算出平均值 (Mean) 和標準誤差 (Standard Error)。不同溫度間各項資料再依據 SAS 9.1 統計軟體之變異數分析 ANOVA (PROC GLM) 進行分析，並以最小顯著差異 (Least significant difference-LSD) 比較平均值之間的顯著性。雌、雄性比例依卡方 (X^2) 之適合性測驗 (Chi-Square Test for Goodness of Fit) 進行計算。

結果與討論

一、溫度對成螢壽命和性比的影響

黃緣螢在 22°C、25°C、28°C 等三種處理，光週期 13L:11D 條件下，成螢壽命如表 1。其中各溫度組的雄螢的壽命分別為 20.19±1.45、15.17±0.79、12.76±1.02 日，以 22°C 組壽命最長，28°C 組最短，經最小顯著差異 (LSD) 分析結果，無顯著差異存在 ($p>0.05$)；各溫度組的雌螢的壽命分別為 23.67±1.24、12.72±0.84、13.87±1.02 日，以 22°C 組壽命最長，25°C 組最短；雌雄成螢併計時的壽命，各溫度組依序為 22.03±0.98、13.94±0.59、13.25±0.73 日，以 22°C 組壽命最長，28°C 組最短；無論是雌螢或併計成螢的結果，經最小顯著差異 (LSD) 分析，22°C 組與 25°C 和 28°C 兩組間均存在顯著差異 ($p\leq 0.05$)，但 25°C 及 28°C 間無顯著差異存在 ($p>0.05$)。即以 22°C 溫度飼養時，黃緣螢的成螢壽命明顯較 25°C 和 28°C 兩組長。

張 (1994) 指出本種成蟲壽命平均約 10 天，低於本試驗各結果。陳及陳 (1997) 在室溫下飼養的成螢壽命，雄螢 16.9±2.0 日、雌螢 11.8±2.0 日、雌雄併計為 15.0±1.4 日；以及 Ho *et al.* (2010) 在 18-30°C 室溫，80±5% 相對濕度飼養所得的雄螢、雌螢、和併計成螢壽命各為 18.5±3.3、10.7±2.7、15.7±5.2 日，兩者雄螢和併計成螢壽命皆較本試驗 22°C 組短，卻高於本試 25°C 和 28°C 組，且兩者雌螢壽命均低於本試驗各溫度組。

表 2 中有關三種不同溫度所得的雌、雄螢數量比，22°C 組為 18：16、25°C 組為 36：36、28°C 組為 23：29。成螢性比（雌：雄）以卡方之適合性測驗（Chi-Square Test for Goodness of Fit）分析結果，三種不同溫度組的成螢性比均符合 1：1，意即本試驗結果顯示以不同溫度飼育對本種成螢性比並無影響。此與 Ho *et al.* (2010) 試驗結果相同。

雖然國內確有人實際從事黃緣螢的飼養、研究和復育等，例如張錦洲以人工飼育方法在室內飼育黃緣螢，得知集體飼養容易造成幼蟲發育速率不一，由於密度與競爭，羽化的成蟲容易出現大小不一的現象（張，1994）。賴胤就曾以黃緣螢為例，用圖文說明水生螢火蟲的集體飼養方法（賴，2003）。惟鄭等（2013）認為集體飼養容易造成競爭、群聚細菌感染、或密度太大氧氣不足或糾結纏繞在一起而集體死亡、螢火蟲體型太小易從視野消失而不易觀察、化蛹用土壤未經殺菌而藏有寄生蟲及微生物，會降低螢火蟲的存活率等。何等（2006）曾研發本種於幼蟲期單隻飼養的碎肉飼育法和上陸化蛹台，以改善前述缺點並提供研究者應用。然而，有關成螢壽命的研究試驗資料卻不多，故本試驗結果可供參考。

二、溫度對雌螢繁殖力的影響

由表三可知，剛羽化的黃緣螢雌雄個體經配對後，以 22°C、25°C、28°C 三種溫度飼養，雌螢的繁殖力（即一生中的平均產卵量）各為 89.58 ± 12.72 、 147.64 ± 14.52 、 136.25 ± 15.42 粒，產卵量以 25°C 組最多，22°C 組最少，經最小顯著差異（LSD）分析結果，三組間均存在顯著差異（ $p \leq 0.05$ ），即飼養溫度確實會影響本種繁殖力。而陳及陳（1997）在室溫下飼養的雌螢產卵量為 112.3 ± 19.9 粒，高於本試驗 22°C 組，卻低於本試 25°C 和 28°C 組結果。鄭等（2013）以不同水質飼養本種，得知雌螢平均產卵量為 70 粒，均低於本試驗各溫度組。

三種飼養溫度的雌螢日產卵量如圖 1，由此可知各組雌螢在 1 日齡（羽化後第一天）時均未產卵，22°C、25°C、28°C 組分別於第 4、2、3 日齡開始產卵，雖然最長可存活至 18 日齡，但各組雌螢死亡前數日即

未產卵；各溫度組的產卵高峰依序各為第 5、4、3 日齡，顯示溫度愈高愈快達產卵高峰；各組單日平均最高產卵量分別為 26.5、43.4、41.1 粒。

圖 2 為黃緣螢雌螢的累積日產卵率，22°C、25°C、28°C 三組各在第 6、4、4 日齡超過 50%，除了 25°C 組雌螢於開始產卵的第 3 天（4 日齡）外，另兩組均在開始產卵的第 2 天（6、4 日齡）即達到 50% 以上的產卵率；各組依序於第 15、13、13 日齡完成一生中的產卵量（產卵率達 100%）。由圖 2 可明顯看出，累積日產卵率曲線，25°C 與 28°C 組較近似，但 22°C 組明顯較前兩組延遲。

由於黃緣螢的生活史相當長，陳及陳（1997）認為一年可在室內飼養 2 至 3 代，張（1994）指述集體飼養繁殖幼蟲時控制食物、空間和溶氧量條件下，一年可出現 2 至 3 代成蟲，但 Ho *et al.* (2010) 則指出本種在野外幾乎不可能一年發生 3 代。本研究亦曾提出黃緣螢在宜蘭地區一年僅可發生一代，且由本試驗得知其產卵量其實不高，因此無論在室內或野外想進行大量飼養或復育，困難度相對提高。故本試驗結果除能瞭解黃緣螢的基本生物學知識，亦可建立室內繁殖飼育技術，運用於教學、研究、保種、休閒農業和復育試驗。

參考文獻

- 方華德、何健鎔。2013。保育類黃胸黑翅螢之屬級更名與生物學概述。自然保育季刊，(81): 59-62。
- 何健鎔、姜碧惠。1997。台灣地區二種幼蟲水生的螢火蟲。自然保育季刊，(17): 42-46。
- 何健鎔、姜碧惠、楊平世。2006。飼養黃緣螢 (*Luciola ficta*) (鞘翅目：螢科) 之新方法。台灣昆蟲，26: 77-85。
- 陳仁昭、林穎明。2003。蝴蝶與螢火蟲的生態和保育 (農業推廣手冊 31)。國立屏東科技大學農業推廣委員會，59 頁。
- 陳素瓊、陳仁昭。1997。黃緣螢 (*Luciola ficta*) 之飼育。宜蘭農工學

- 報，14: 25-32。
- 陳燦榮、鄭明倫。2009。墾丁國家公園螢火蟲資源調查及應用期末報告。墾丁國家公園管理處，31 頁。
- 張錦洲。1994。臺灣產黃綠螢人工飼育之研究。國立中興大學昆蟲學研究所，碩士論文，48 頁。
- 楊平世、賴郁雯、陳明發、葉淑丹。1997。國家公園螢火蟲復育研究計畫報告。內政部營建署國家公園管理處，42 頁+6 圖。
- 鄭秀玲、林俐玲、林肇源。2013。砂岩對黃綠螢生長水質影響之研究。水土保持學報，45(1): 571-584。
- 鄭明倫、賴郁雯、楊平世。1999。臺灣六座國家公園螢火蟲相概要（鞘翅目：螢科）。中華昆蟲，19(1): 65-91。
- 賴胤就。2003。台灣螢火蟲家族。多識界圖書文化有限公司，中和市，臺灣，347 頁。
- 賴郁雯、佐藤正孝、楊平世。1998。臺灣螢科名錄—鞘翅目：多食亞目：螢科。中華昆蟲，18(3): 207-215。
- 饒戈。2011。Newly known and newly recognized fireflies in Hong Kong。蟲訊（香港昆蟲學會通訊），2011(2): 9-12。
- Ho, J. Z., P. H. Chiang, C. H. Wu, and P. S. Yang. 2010. Life cycle of the aquatic firefly *Luciola ficta* (Coleoptera: Lampyridae). *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 13: 189-196.
- Jeng, M. L., J. Lai, and P. S. Yang. 2003. Lampyridae: a synopsis of aquatic fireflies with description of a new species (Coleoptera). *Water Beetles of China*, 3: 539-562.

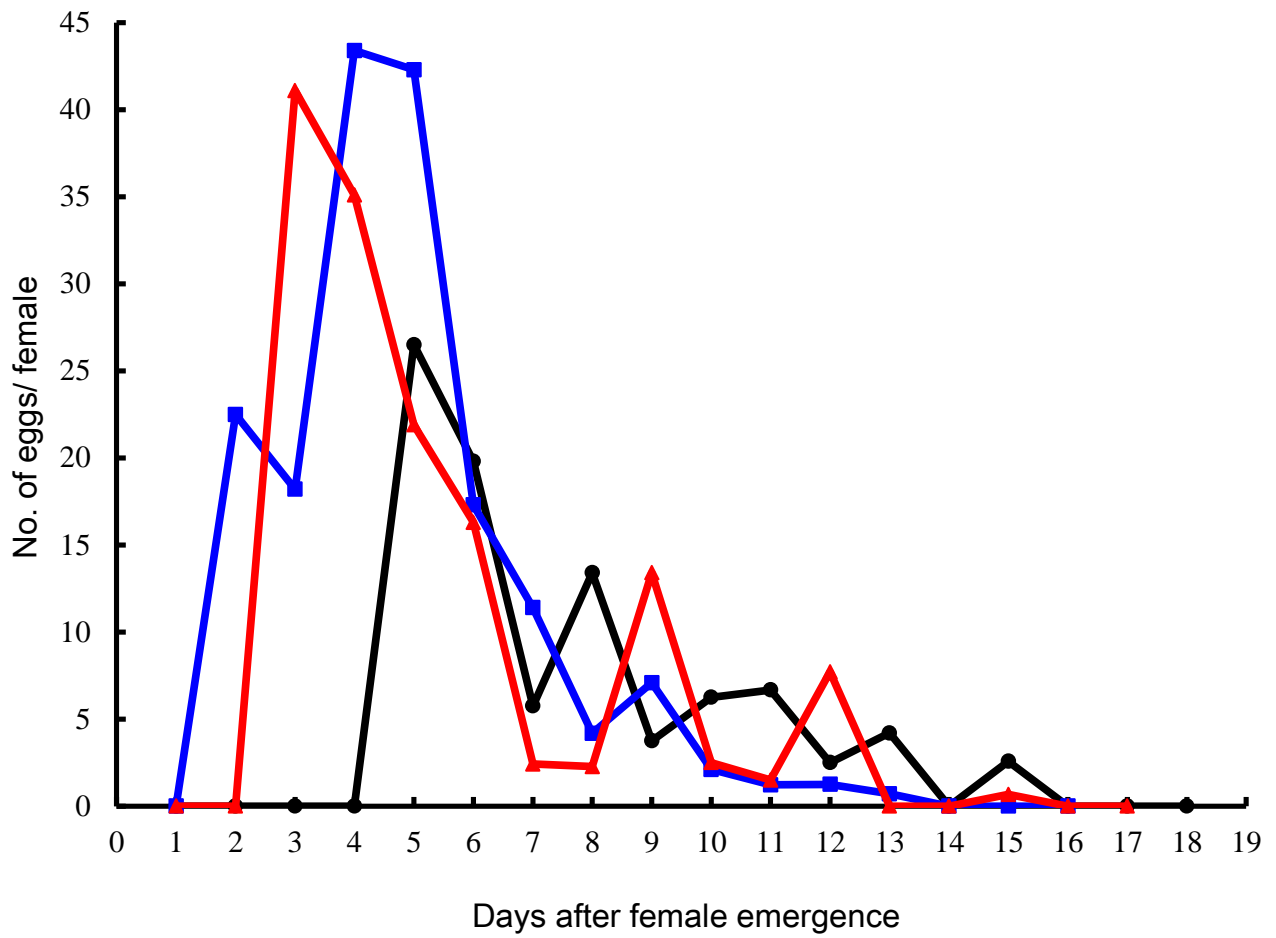


圖1. 在22、25、28°C 飼養溫度的黃緣螢雌螢的日產卵量 (—●— 22°C ; —■— 25°C ; —▲— 28°C)。

Fig 1. Daily number of eggs of *Aquatica ficta* female at 22, 25, and 28°C reared temperatures (—●— 22°C ; —■— 25°C ; —▲— 28°C).

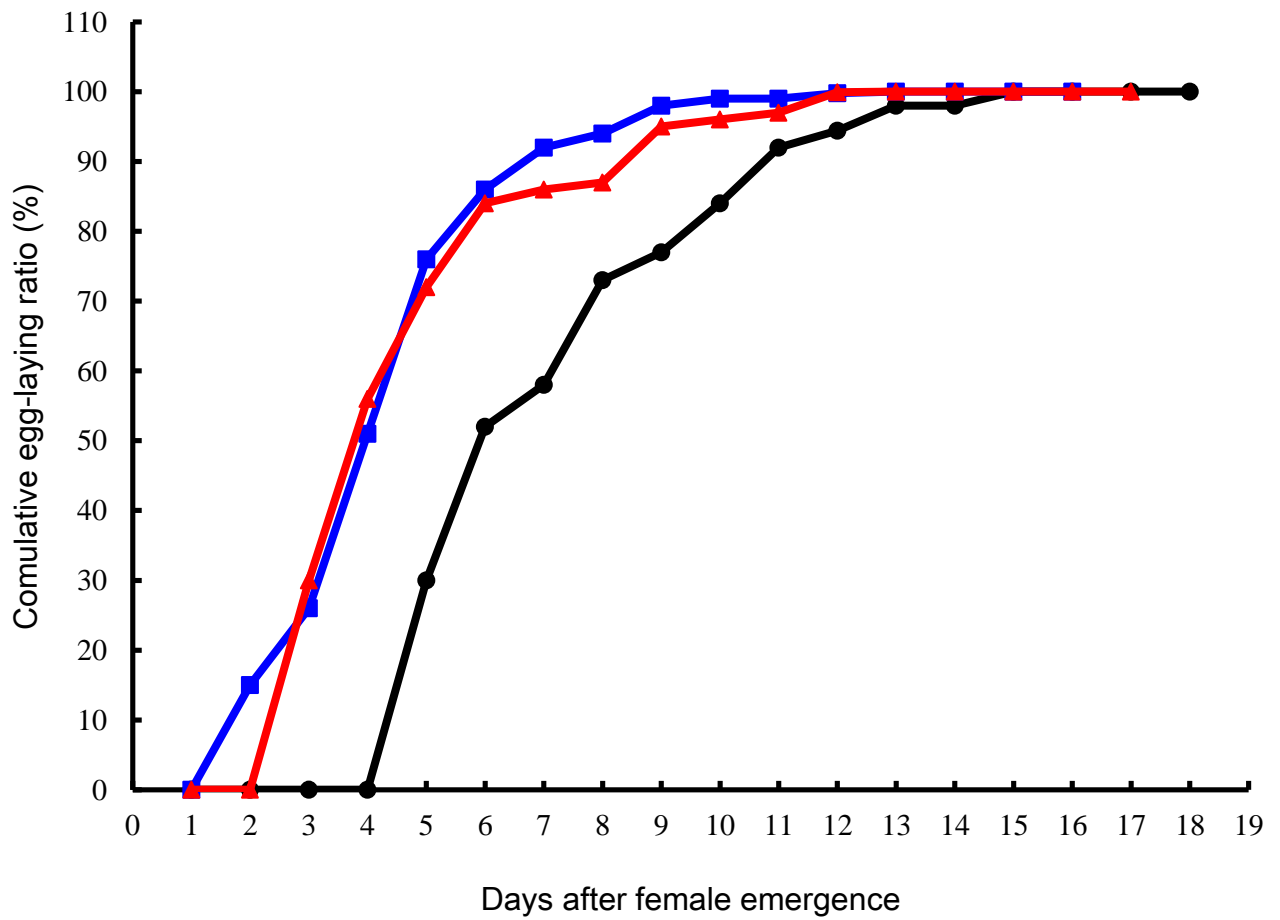


圖2. 在22、25、28°C 飼養溫度的黃緣螢雌螢的累積日產卵率 (—●— 22°C ; —■— 25°C ; —▲— 28°C)。

Fig 1. Cumulative daily eggs-laying ratio of *Aquatica ficta* female at 22, 25, and 28°C reared temperatures (—●— 22°C ; —■— 25°C ; —▲— 28°C).

表1. 在22、25、28°C飼養溫度的黃緣螢成螢壽命

Table 1. Longevity of *Aquatica ficta* adult at 22, 25, and 28°C reared temperatures

Sex	Longevity (Mean±SE, days ¹) (n) ²		
	22°C	25°C	28°C
Male	20.19±1.45a (16)	15.17±0.79a (36)	12.76±1.02a (29)
Female	23.67±1.24a (18)	12.72±0.84b (36)	13.87±1.02b (23)
Adult	22.03±0.98a (34)	13.94±0.59b (72)	13.25±0.73b (52)

1) Means within a row followed by the same letter are not significantly different at 5% confidence level according to LSD.

2) n in parentheses is the number of observed.

表2. 在22、25、28°C飼養溫度的黃緣螢成螢性比

Table 2. Sex ratio of *Aquatica ficta* adult at 22, 25, and 28°C reared temperatures

Temperature	No. of Female	No. of male	Sex ratio ¹⁾
22°C	18	16	1:1
25°C	36	36	1:1
28°C	23	29	1:1

1) The sex ratio was calculated by Chi-Square Test for Goodness of Fit.

表 3. 在 22、25、28°C 飼養溫度的黃緣螢雌螢繁殖力

Table 3. Fecundity of *Aquatica ficta* adult at 22, 25, and 28°C reared temperatures

Temperature	Fecundity (Mean±SE) ¹⁾	n ²⁾
	No. of Eggs / Female	
22°C	89.58±12.72a	12
25°C	147.64±14.52c	14
28°C	136.25±15.42b	12

1) Means within a row followed by the same letter are not significantly different at 5% confidence level according to LSD.

2) n in parentheses is the number of observed.