

橙螢生活史與在九份二山之季節性發生

**Life history of *Diaphanes citrinus* Olivier and its seasonal occurrence in Jiu-Fen-Er-Shan, Nantou County, Taiwan**

呂俊緯 方華德 林斯正\* 何健鎔

**Chung-Wei Lu, Hua-Te Fang, Sue-Cheng Lin\* and Jen-Zon Ho**

行政院農業委員會特有生物研究保育中心 南投縣集集鎮民生東路1號

Endemic Species Research Institute, No. 1, Ming-Shen East Rd., Jiji, Nantou County, Taiwan

\* 通訊作者 e-mail: lsc@tesri.gov.tw

\*Corresponding author e-mail: lsc@tesri.gov.tw

## 摘要

橙螢(*Diaphanes citrinus* Olivier)是臺灣低海拔山區常見的秋冬季螢火蟲，也是推動低海拔秋冬季賞螢活動的潛力物種。為瞭解橙螢生活史，本研究結合室內飼育及野外族群調查綜合探討。室內飼育部分，以南投縣九份二山雄成蟲及雌成蟲交尾所產蟲卵進行試驗，飼育條件為定溫23°C，相對濕度RH = 80 ± 5%，光照L : D = 10 : 14。單隻飼育59隻橙螢幼蟲，成功羽化31隻，所有成功飼育個體，卵期平均172.4 ± 4.9天，幼蟲期186.7 ± 16.8天，前蛹期3.8 ± 0.7天，蛹期11.0 ± 4.7天，成蟲壽命18.7 ± 6.7天，完成一世代約需392.6 ± 18.2天。其次，經由九份二山野外族群調查顯示，橙螢成蟲發生期為10-11月，並以10月中旬至下旬為發生高峰。無論室內飼育及野外族群調查結果，均呈現橙螢生活史屬於一年一世代。本研究於九份二山樣區共記錄7屬10種2,339隻次的螢火蟲，建議春季的黑翅螢(*Abscondita cerata* (Olivier))以及秋季的橙螢，可作為九份二山主要的賞螢物種。

**關鍵詞：**螢科、橙螢、生活史、季節性發生、九份二山

## Abstract

*Diaphanes citrinus* Olivier is an autumn firefly species commonly found in low altitude mountain areas of Taiwan, and it has become a potential species to promote firefly-watching activity in these areas. In order to understand the life history of the species, both laboratory and field investigations were conducted. Firstly, we collected male and female *D. citrinus* individuals from Jiu-Fen-Er-Shan, Nantou County, and reared them to mating and laying stages under laboratory conditions. The eggs were collected and incubated under the constant conditions of temperature (23°C), relative humidity (80% ± 5%), and the photoperiod of the light dark ratio (L: D = 10: 14). A total of 59 hatched larvae were reared separately, and 31 of them successfully emerged under the laboratory conditions. The durations of each life cycle stage (including egg, larva, prepupa, pupa, and adult longevity) were 172.4 ± 4.9 days, 186.7 ± 16.8 days, 3.8 ± 0.7 days, 11.0 ± 4.7 days, 18.7 ± 6.7 days, and completed mean generation time of 392.6 ± 18.2 days. Secondly, the results of the field investigations illustrated that the adult populations of *D. citrinus* occurred from October to November, and their peak appeared in mid to late October. Therefore, both laboratory and field investigations suggested that *D. citrinus* has only one generation per year. In this study, a total of seven genera, 10 species and 2,339 firefly

individuals were recorded in the Jiu-Fen-Er-Shan sampling site. We recommend *Abscondita cerata* (Olivier) and *D. citrinus* as the two main firefly-watching species in spring and autumn, respectively.

**Key words:** Lampyridae, *Diaphanes citrinus*, life history, seasonal occurrence, Jiu-Fen-Er-Shan

收件日期：2019年11月06日

接受日期：2020年01月13日

Received: November 06, 2019

Accepted: January 13, 2020

## 緒言

螢火蟲是夜間生態觀察活動中，最令人驚奇的視覺饗宴，奇妙的螢光總能吸引大家注意。因此在生態旅遊或環境教育上，螢火蟲總成為重要的觀察對象。經由產官學各界20餘年努力下，賞螢活動已是國內熱門的生態遊學項目，亦帶來可觀的經濟效益(何等 2009)。目前國內賞螢時段多集中在春夏季，賞螢種類包括常見的黑翅螢(*Abscondita cerata* (Olivier))及黃綠螢(*Aquatica ficta* (Olivier))等(何及姜 2001；陳 2003)。屬於賞螢淡季的秋冬季，其實也有當季發生的螢火蟲可供觀賞，如中海拔山區的鋸角雪螢(*Diaphanes lampyroides* (Olivier))及神木螢(*Diaphanes nubilus* Jeng and Lai)等(鄭等 1999；Jeng *et al.* 2001)，現已有若干賞螢報導(何等 2014；呂等 2019)。低海拔山區雖也有秋冬季螢火蟲，如橙螢(*Diaphanes citrinus* Olivier)及山窗螢(*Pyrocoelia praetexta* Olivier)等(Jeng *et al.* 1999；鄭等 1999；Ho *et al.* 2012)，但賞螢

報導卻相當少。由於中海拔山區賞螢，在交通與食宿上較不便利，低海拔賞螢有一日往返優點，若能加以推廣將可提供更多元的賞螢選擇。

有關臺灣產秋冬季螢火蟲生活史，已知鋸角雪螢為一年一世代，山窗螢兼具一年一世代與二年一世代(陳等 1998；張 2010；Ho *et al.* 2012；呂等 2019)，其他種類仍不清楚。如橙螢僅有形態、發光特性、海拔分布及幼蟲食性等描述性報導(Jeng *et al.* 2001；何 2002；陳 2003；何等 2014；陳等 2014)，有關生活史方面研究仍十分不足。由於生活史是物種生物學基礎資料，在物種保育、環境教育及生態旅遊上皆不可或缺，因此有必要加強橙螢此方面研究。

本研究以室內飼育及野外調查方式，整合探討橙螢生活史特性，包括在人工飼育條件下，觀察記錄各生活期的形態及發育時間，並於2016-2017年選定南投縣國姓鄉九份二山進行野外螢火蟲調查，瞭解橙螢族群的消長情形。為評估秋季賞螢之可行性，參考2016-2017年調查資料，於

2018年發生期間進行高頻度的每週調查，提供後續生態觀察之參考。

## 材料與方法

### 一、室內飼育

2016年11月於南投縣國姓鄉九份二山(WGS84: 23.959522N, 120.846253E)採集橙螢雄成蟲及雌成蟲，並置入圓形透明塑膠養蟲盒內進行自然交尾。養蟲盒高度為6 cm，底部直徑8 cm，開口直徑9.5 cm，底部鋪設對摺2次的白色衛生紙作為飼育墊(10.5 cm x 10.5 cm)，並滴入3 ml自來水維持盒內濕度，盒蓋中央鑽上十字紋通氣孔，以保持空氣流通。交尾後雌成蟲會將卵產於飼育墊上，每日更換飼育墊可精確記錄產卵日期。剛產下蟲卵較為柔軟，需待卵粒變硬後，才能以細毛筆挑出並於解剖顯微鏡下，以目鏡測微尺進行卵徑測量( $n = 30$ )。經由孵化卵數除以總觀察卵數，計算其孵化率。

飼育方法參考何等(2003)單隻飼育方式，使用上述之養蟲盒及飼育墊，並滴入3 ml自來水維持盒內濕度。飼育條件為定溫 $23^{\circ}\text{C}$ ，相對濕度 $\text{RH} = 80 \pm 5\%$ ，光照L:D = 10:14，每隔2日更換飼育墊，維護養蟲盒內清潔。由於橙螢幼蟲主要捕食蚯蚓(何等2014; 陳及鄭 2016)，本研究以採自特有生物研究保育中心園區的環毛蚓類(pheretimid earthworms)為食餌，每週餵食2次。餵食前需將蚯蚓剪成片段，方便幼蟲攝食。

每日上午記錄橙螢各生活期的發育變化，各生活期天數計算如下：雌成蟲產卵

當日為卵期開始，卵孵化當日為一齡幼蟲第1天，至脫皮前皆為同一齡期，其他各齡天數以此類推。終齡幼蟲化蛹前，身體倒仰並向上彎曲，稱為前蛹期。前蛹期脫皮後，即進入蛹期。羽化成蟲記錄至死亡為止。各齡幼蟲及成蟲之體長與體寬，皆在該生活期的第1日以游標尺測量。幼蟲及雌成蟲體長皆為頭部最前端(不含觸角)至腹部最末端，雄成蟲則為頭部最前端至翅鞘最末端。體寬測量在幼蟲、雄成蟲及雌成蟲皆為前胸背板最大寬度。

### 二、野外調查

調查地點位於南投縣國姓鄉九份二山地區，本研究於堰塞湖區(barrier lake)設立1條穿越線調查樣區。調查路線起點為環湖步道大岔路，環繞一圈後再往石門觀景台的方向調查，沿途經過堰塞湖停車場及一段陡坡的產業道路，終點則為九份二山土石流觀測站，全長為1.2 km，海拔高度約542-592m(圖1)。

螢火蟲調查自2016年3月-2018年2月，每月調查1次，每次調查包含白天及夜間，共計24次。白天主要針對日行性螢火蟲進行調查，調查時間約1小時；夜間調查時間，則依據當日入夜時間而定，並於日落前30分鐘就定位，調查時間約1小時。白天以蟲網捕捉飛行或在葉上停棲之成蟲個體，進行種類鑑定。夜間則沿途記錄所見光點，種類如不確定再以蟲網撈捕確認。

為能更精準掌握橙螢發生期消長情形，2018年9月下旬至11月中旬，調查方式改為每個星期進行夜間調查1次，共計8次。即在原穿越線樣區沿途記錄雄成蟲所發出

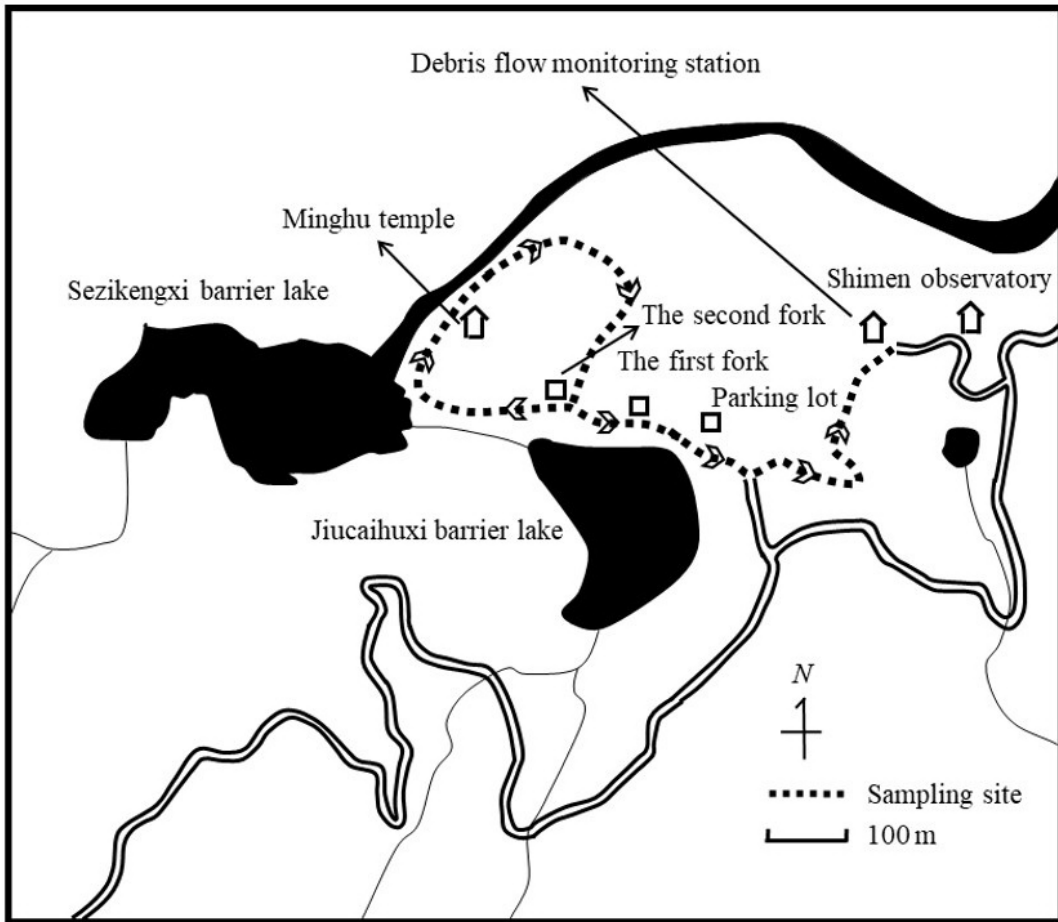


圖1. 南投縣國姓鄉九份二山螢火蟲種類與數量調查樣區位置。

Fig. 1. The location of sampling site in Jiu-Fen-Er-Shan area.

黃綠色持續光，並檢視地面或草叢上爬行及停棲之雌成蟲。

除了螢火蟲調查，本研究於樣區內掛設 HOBO Pro v2 U23-001 溫濕度記錄器，監測環境溫度及相對濕度變化，記錄時間為 2016 年 3 月至 2018 年 2 月。溫濕度資料每 1 小時記錄 1 筆，每日共記錄 24 筆資料。

### 三、資料分析

室內飼育試驗部分，由於成功飼育成蟲數量較少，因此以 Mann-Whitney  $U$ -test 比較雄成蟲及雌成蟲完成一世代所需天數、羽化雄成蟲及雌成蟲體長與體寬、羽化成蟲及野外成蟲體長與體寬 (Zar 1999)，使用軟體為 SPSS 20。

## 結果

### 一、室內飼育

#### (一) 生活期之天數、齡期數及體型

野外採集橙螢之雌成蟲，經交尾總共產下106顆卵，其中59顆卵成功孵化，孵化率為55.7%。單隻飼育59隻幼蟲，最終31隻

成功羽化為成蟲，幼蟲存活率為52.5%。所有成功飼育之個體，卵期平均 $172.4 \pm 4.9$ 天，幼蟲期 $186.7 \pm 16.8$ 天，前蛹期 $3.8 \pm 0.7$ 天，蛹期 $11.0 \pm 4.7$ 天，成蟲壽命 $18.7 \pm 6.7$ 天，完成一世代 $392.6 \pm 18.2$ 天(表1)。各生活期所需的天數，卵期占43.8%，幼蟲期47.6%，前蛹期1.0%，蛹期2.8%，成蟲壽命4.8%

表1. 橙螢各生活期之平均天數

**Table 1.** The mean developmental duration for each life cycle stage of *Diaphanes citrinus* (mean  $\pm$  SD, days)

Sex	n	Egg	Larva	Prepupa	Pupa	Adult	Total
Male	10	$172.3 \pm 3.6$	$169.3 \pm 4.2$	$3.7 \pm 0.5$	$12.6 \pm 1.3$	$16.0 \pm 7.7$	$373.9 \pm 7.2$
Female	21	$172.5 \pm 5.5$	$195.0 \pm 13.9$	$3.9 \pm 0.8$	$10.3 \pm 5.6$	$20.0 \pm 5.9$	$401.6 \pm 14.6$
All	31	$172.4 \pm 4.9$	$186.7 \pm 16.8$	$3.8 \pm 0.7$	$11.0 \pm 4.7$	$18.7 \pm 6.7$	$392.6 \pm 18.2$

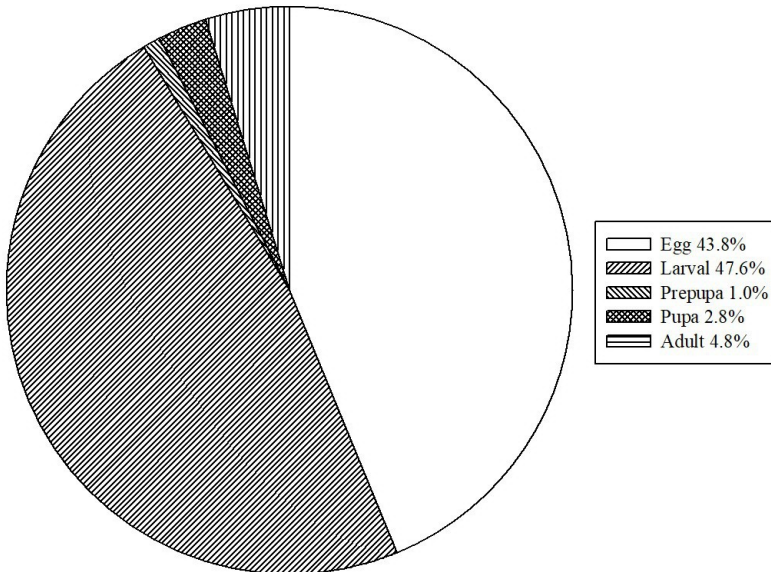


圖2. 橙螢各生活史階段所需時間之相對百分比。

**Fig. 2.** The relative percentage of time required to finish each life cycle stage for *Diaphanes citrinus*.

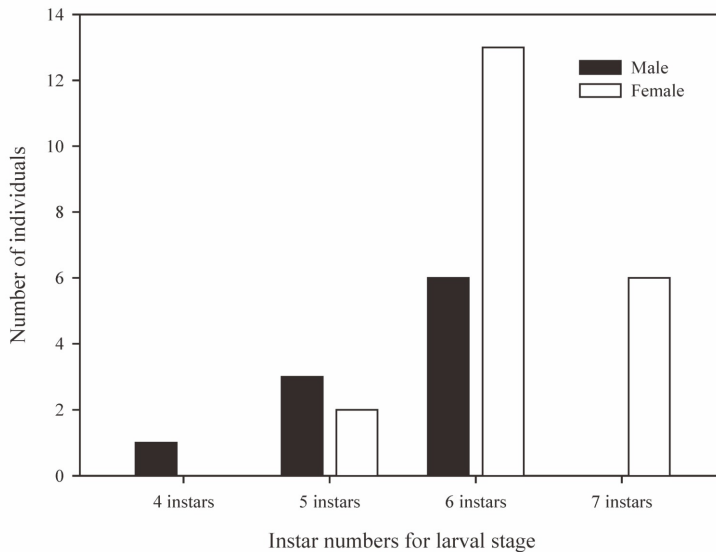


圖3. 橙螢不同性別所需之幼蟲齡期數。

Fig. 3. Instar numbers for the larval stage of both male and female *Diaphanes citrinus*.

占4.8%，其中卵期跟幼蟲期較長，皆超過生活史期程的40%以上(圖2)。

橙螢雄成蟲及雌成蟲各生活期比較，雄成蟲卵期平均 $172.3 \pm 3.6$ 天，幼蟲期 $169.3 \pm 4.2$ 天，前蛹期 $3.7 \pm 0.5$ 天，蛹期 $12.6 \pm 1.3$ 天，成蟲壽命 $16.0 \pm 7.7$ 天，完成一世代約需 $373.9 \pm 7.2$ 天 ( $n = 10$ )。雌成蟲卵期平均 $172.5 \pm 5.5$ 天，幼蟲期 $195.0 \pm 13.9$ 天，前蛹期 $3.9 \pm 0.8$ 天，蛹期 $10.3 \pm 5.6$ 天，成蟲壽命 $20.0 \pm 5.9$ 天，完成一世代則需 $401.6 \pm 14.6$ 天 ( $n = 21$ ) (表1)。經統計分析後，雄成蟲完成一世代所需的天數顯著短於雌成蟲 ( $U = 207.0, p < 0.05$ )。其中，雄成蟲世代天數中位數374.0天，第一四分位數及第三四分位數各為366.8、379.5天，雌

成蟲世代天數中位數399.0天，第一及第三四分位數各為388.0、409.0天。

橙螢幼蟲發育過程所需齡期數，呈現4-7齡期的變異，並以6齡期最多(占61.3%)。其中雄性幼蟲6齡期者占60.0%，雌性幼蟲6齡期者占61.9% (圖3)。各齡幼蟲分別記錄其平均體長(表2)及平均體寬(表3)，雄成蟲體長平均為 $13.18 \pm 1.17$  mm，平均體寬為 $3.40 \pm 0.19$  mm ( $n = 10$ )；雌成蟲體長平均則為 $16.35 \pm 1.97$  mm，平均體寬為 $3.06 \pm 0.38$  mm ( $n = 21$ ) (表4)。統計分析後，雄成蟲體長顯著小於雌成蟲 ( $U = 193.5, p < 0.05$ )，即雄成蟲體長中位數13.37 mm，第一四分位數及第三四分位數各為12.54、13.80 mm，雌成蟲則各為16.37、14.77、18.08 mm。體

表2. 橙螢各齡幼蟲之平均體長

Table 2. The mean body length of different larval instars of *Diaphanes citrinus* (mean  $\pm$  SD, mm)

Instar	Sex	n	1 <sup>st</sup> instar	2 <sup>nd</sup> instar	3 <sup>rd</sup> instar	4 <sup>th</sup> instar	5 <sup>th</sup> instar	6 <sup>th</sup> instar	7 <sup>th</sup> instar
4	Male	1	6.27	9.34	11.35	12.42	—	—	—
5	Male	3	6.26 $\pm$ 0.19	7.68 $\pm$ 0.47	9.70 $\pm$ 0.56	11.40 $\pm$ 0.60	15.08 $\pm$ 0.81	—	—
	Female	2	6.42 $\pm$ 0.43	8.31 $\pm$ 0.08	10.12 $\pm$ 0.62	14.02 $\pm$ 1.70	18.24 $\pm$ 0.69	—	—
6	Male	6	6.20 $\pm$ 0.28	7.47 $\pm$ 0.36	9.49 $\pm$ 1.05	11.25 $\pm$ 1.63	13.51 $\pm$ 2.09	16.32 $\pm$ 1.31	—
	Female	13	6.26 $\pm$ 0.23	8.02 $\pm$ 0.84	9.97 $\pm$ 0.81	12.59 $\pm$ 1.73	15.76 $\pm$ 1.54	19.47 $\pm$ 2.79	—
7	Female	6	6.17 $\pm$ 0.39	7.78 $\pm$ 0.56	9.35 $\pm$ 1.30	11.00 $\pm$ 1.44	13.82 $\pm$ 2.49	16.84 $\pm$ 2.63	21.74 $\pm$ 4.05

表3. 橙螢各齡幼蟲之平均體寬

Table 3. The mean body width of different larval instars of *Diaphanes citrinus* (mean  $\pm$  SD, mm)

Instar	Sex	n	1 <sup>st</sup> instar	2 <sup>nd</sup> instar	3 <sup>rd</sup> instar	4 <sup>th</sup> instar	5 <sup>th</sup> instar	6 <sup>th</sup> instar	7 <sup>th</sup> instar
4	Male	1	1.24	1.77	2.02	2.52	—	—	—
5	Male	3	1.17 $\pm$ 0.10	1.52 $\pm$ 0.10	1.93 $\pm$ 0.13	2.26 $\pm$ 0.18	2.79 $\pm$ 0.31	—	—
	Female	2	1.16 $\pm$ 0.01	1.67 $\pm$ 0.02	2.01 $\pm$ 0.10	2.59 $\pm$ 0.35	3.42 $\pm$ 0.24	—	—
6	Male	6	1.28 $\pm$ 0.04	1.49 $\pm$ 0.10	1.89 $\pm$ 0.22	2.18 $\pm$ 0.26	2.54 $\pm$ 0.38	3.12 $\pm$ 0.32	—
	Female	13	1.23 $\pm$ 0.06	1.57 $\pm$ 0.12	1.98 $\pm$ 0.16	2.39 $\pm$ 0.19	3.01 $\pm$ 0.32	3.85 $\pm$ 0.47	—
7	Female	6	1.23 $\pm$ 0.07	1.55 $\pm$ 0.08	1.83 $\pm$ 0.20	2.17 $\pm$ 0.28	2.69 $\pm$ 0.50	3.31 $\pm$ 0.50	4.09 $\pm$ 0.80

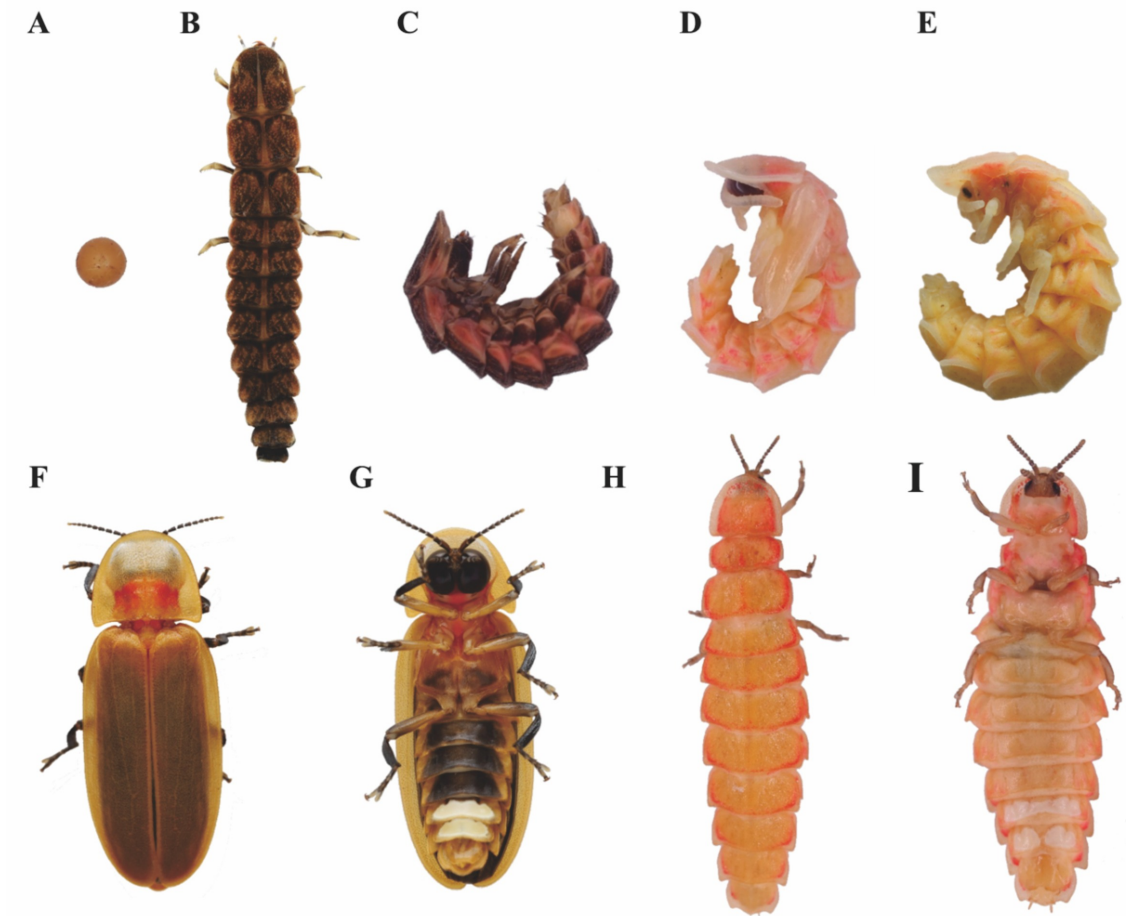


圖4. 橙螢各生活期之特徵。A：卵；B：幼蟲，背面觀；C：前蛹，側面觀；D：雄蛹，側面觀；E：雌蛹，側面觀；F：雄成蟲，背面觀；G：雄成蟲，腹面觀；H：雌成蟲，背面觀；I：雌成蟲，腹面觀。

Fig. 4. Characteristics of each life cycle stage for *Diaphanes citrinus*. A: egg; B: larva, dorsal view; C: prepupa, lateral view; D: male pupa, lateral view; E: female pupa, lateral view; F: male adult, dorsal view; G: male adult, ventral view; H: female adult, dorsal view; I: female adult, ventral view.

寬則雄成蟲顯著大於雌成蟲( $U = 39.5, p < 0.05$ )，即雄成蟲體寬中位數3.37 mm，第一四分位數及第三四分位數各為3.27、3.53

mm，雌成蟲則各為3.05、2.79、3.31 mm。

#### (二) 各生活期之形態描述

卵為橙黃色，呈圓球狀，卵徑平均

1.70 ± 0.03 mm (n = 30)(圖4A)。終齡幼蟲體色為暗紅色，前胸背板前緣具2枚乳白色斑塊，大多數個體背中線明顯，腹部第8節側緣具2枚乳白色發光器(圖4B)。終齡幼蟲化蛹前，會進入前蛹期，身體倒仰並向上彎曲(圖4C)。蛹體色為橙黃色，雄成蟲及雌成蟲之翅芽明顯有區別(圖4D、E)。雄成蟲觸角為黑色，呈絲狀，頭部為黑色；前胸背板為橙色，呈半圓形，前緣部有2枚弧形的透明斑塊，中央具紅色斑塊；前翅為橙色，後翅為黑色；腹節第5-6節共具2節乳白色發光器(圖4F、G)。雌成蟲體色為橙色，觸角為褐色，呈絲狀，頭部為褐色；前胸背板前緣處略為透明；翅完全消失，腹部第6-7節具乳白色發光器(圖4H、I)。

### (三) 室內飼育及野外成蟲體型之測量值

本研究以室內飼育橙螢之雄成蟲(n = 10)及雌成蟲(n = 21)，與後續採集自堰塞湖區之雄成蟲(n = 12)及雌成蟲(n = 6)進行體長與體寬之測量。野外族群之雄成蟲體長平均為14.47 ± 1.29 mm，平均體寬為4.46 ± 0.35 mm (n = 12)；雌成蟲體長平均則為18.32 ± 2.48 mm，平均體寬為3.83 ± 0.54 mm (n = 6)(表4)。經統計分析後，野外雄成蟲體長與室內飼育雄成蟲並無顯著差異( $U = 32.0, p > 0.05$ )，但體寬顯著大於室內飼育雄成蟲( $U = 0, p < 0.05$ )。飼育成蟲之體長與體寬中位數與第一、三四分位數如前所述，野外雄成蟲體長中位數與第一、三四分位數各為14.67、12.98、15.74 mm，體寬則各為4.54、4.06、4.69 mm。雌成蟲之測量結果亦與雄成蟲雷同，即二者體長無顯著差異( $U = 36.5, p > 0.05$ )，且野外族群體

寬顯著大於室內飼育雌成蟲( $U = 13.0, p < 0.05$ )。其中，野外雌成蟲體長中位數與第一、三四分位數各為18.02、16.98、20.13 mm，體寬則各為3.76、3.44、4.25 mm。

## 二、野外調查

### (一) 氣象因子

2016年3月-2018年2月南投縣九份二山樣區的月均溫及月均相對濕度如圖5。各季節的月均溫分別為春季(3-5月)15.4-23.4°C、夏季(6-8月)23.5-25.3°C、秋季(9-11月)20.6-25.2°C與冬季(12-2月)15.1-18.5°C。月均相對濕度分別為春季88.1-93.8%、夏季91.0-94.8%、秋季89.0-94.8%與冬季86.3-92.8%。整體而言，本地夏季氣候較為濕熱，冬季則較為乾冷。

### (二) 螢火蟲物種與數量

2016年3月至2018年2月，總共記錄7屬10種2,339隻次螢火蟲，其中以黑翅螢2,124隻次最高，占調查數量90.81%，橙螢85隻次(3.63%)次之，其餘8種螢火蟲共133隻次(5.56%)，包括黃緣螢38隻次(1.62%)、大端黑螢(*Abscondita anceyi* (Olivier))36隻次(1.54%)、梭德氏脈翅螢(*Curtos sauteri* Olivier)29隻次(1.24%)、紅胸黑翅螢(*Luciola kagiana* Matsumura)15隻次(0.64%)、紅胸窗螢(*Pyrocoelia formosana* Olivier)6隻次(0.26%)、端黑螢(*Abscondita chinensis* (Linnaeus))4隻次(0.17%)、奧氏弩螢(*Drilaster olivieri* (Pic))與紅弩螢(*Drilaster purpureicollis* (Pic))皆各1隻次(0.04%)(表5、6)。調查記錄絕大部分為夜間調查所得，白天調查僅有

表4. 實驗室飼育與野外族群之橙螢體長與體寬比較

**Table 4.** Comparison of body length and body width of *Diaphanes citrinus* between individuals bred in the laboratory and collected in the field (mean  $\pm$  SD, mm)

Sex	Male		Female	
	Laboratory (n = 10)	Field (n = 12)	Laboratory (n = 21)	Field (n = 6)
Length	13.18 $\pm$ 1.17	14.47 $\pm$ 1.29	16.35 $\pm$ 1.97	18.32 $\pm$ 2.48
Width	3.40 $\pm$ 0.19	4.46 $\pm$ 0.35	3.06 $\pm$ 0.38	3.83 $\pm$ 0.54

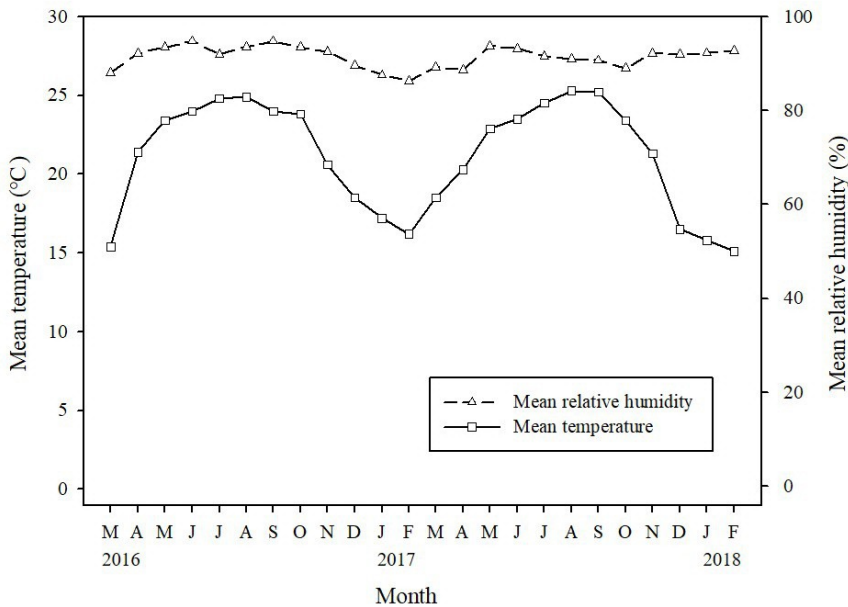


圖5. 2016年3月到2018年2月南投縣國姓鄉九份二山螢火蟲調查樣區平均溫度與濕度。

**Fig. 5.** The mean temperature and humidity of Jiu-Fen-Er-Shan during the sampling period from March, 2016, to February, 2018.

表5. 南投縣國姓鄉九份二山樣區螢火蟲調查數量

Table 5. The number of firefly individuals found in Jiu-Fen-Er-Shan

Species	Number of individuals	Percentage
<i>Drilaster olivieri</i>	1	0.04%
<i>Drilaster purpureicollis</i>	1	0.04%
<i>Abscondita anceyi</i>	36	1.54%
<i>Abscondita chinensis</i>	4	0.17%
<i>Abscondita cerata</i>	2,124	90.81%
<i>Luciola kagiana</i>	15	0.64%
<i>Aquatica ficta</i>	38	1.62%
<i>Curtos sauteri</i>	29	1.24%
<i>Diaphanes citrinus</i>	85	3.63%
<i>Pyrocoelia formosana</i>	6	0.26%

幾筆紀錄，即2016年3月紅胸窗螢3隻次、2016年4月紅弩螢1隻次及大端黑螢2隻次、2016年5月大端黑螢2隻次、2017年3月紅胸窗螢3隻次。

依總調查隻次達30隻以上者評估其發生期，在春季(3-5月)發生有大端黑螢、黑翅螢及黃緣螢等3種，夏季(6-8月)僅有黃緣螢，秋季(9-11月)有黃緣螢及橙螢等2種，冬季(12-2月)則無記錄(表7)。4種常見螢火蟲

中，大端黑螢、黑翅螢與橙螢多集中於單一季節，黃緣螢發生期較長，橫跨春、夏及秋季，惟數量較為零星。

### (三) 橙螢的季節性發生

2018年9月下旬至11月中旬的每週橙螢調查結果：9月下旬未發現成蟲，10月上旬至11月中旬的7次調查皆有記錄，依次為雄成蟲5隻次(10月4日)、雄成蟲38隻次(10月11日)、雄成蟲58隻次(10月18日)、雄成蟲



表7. 九份二山樣區螢火蟲之發生期

**Table 7.** Time of the occurrence of fireflies in Jiu-Fen-Er-Shan

Species	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
<i>Abscondita anceyi</i>				■	■	■						
<i>Abscondita cerata</i>			■	■	■	■						
<i>Aquatica ficta</i>			■	■	■	■	■	■	■	■	■	
<i>Diaphanes citrinus</i>											■	

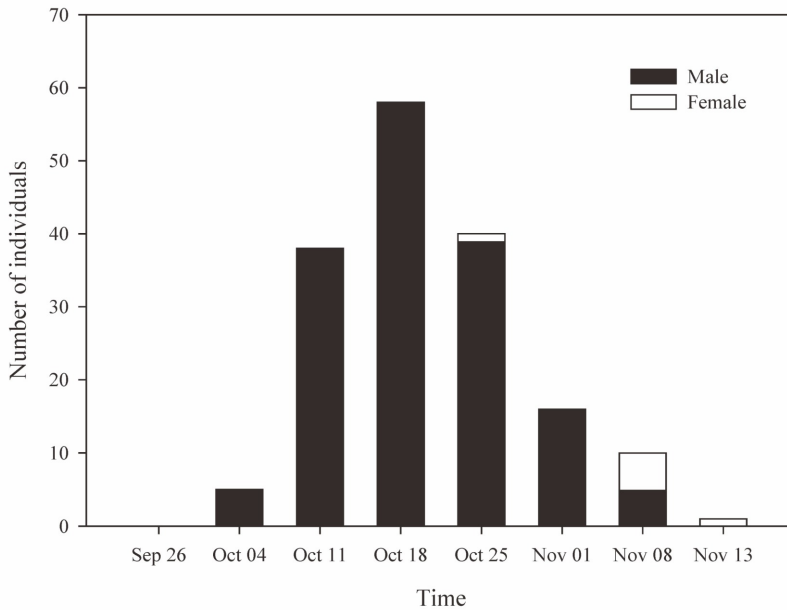


圖6. 2018年9月26日至2018年11月13日南投縣國姓鄉九份二山樣區橙螢調查數量變化。

**Fig. 6.** The number of *Diaphanes citrinus* individual found in Jiu-Fen-Er-Shan during the sampling period from September 26, 2018, to November 13, 2018.

39隻次及雌成蟲1隻次(10月25日)、雄成蟲16隻次(11月1日)、雄成蟲5隻次及雌成蟲5隻次(11月8日)、雌成蟲1隻次(11月3日)。因此10月中旬至下旬為橙螢成蟲發生高峰期，此期程約不到1個月(圖6)。

## 討論

### 一、飼育條件設定

溫度是螢火蟲飼育的重要設定條件之一，並以配合原棲地溫度為佳，特別是低溫季節出現的秋冬季螢火蟲，若攜回實驗室並以室溫飼育，夏季高溫可能導致蟲體死亡。本研究參考鄰近九份二山樣區的中央氣象局中寮觀測站(海拔192 m)年均溫22.5°C，而將飼育溫度設定為定溫23°C，並能順利完成生活史。

除了參考原棲地溫度外，胚胎發育成功率也適用於評估適溫範圍(optimal temperature threshold)，如臺灣窗螢(*Pyrocoelia analis* (Fabricius))在20°C及25°C的適溫範圍，卵孵化率可達99.0%，但15°C下僅6.0% (何及黃 2003)。由於本研究橙螢卵孵化率僅55.7%，與邊褐端黑螢(*Abscondita terminalis* (Olivier))及黃緣螢孵化率超過9成相比(Ho *et al.* 2010；何等2018)，明顯偏低。2016年3月至2018年2月野外調查資料顯示，樣區年均溫約為21.7°C，與參考中寮觀測站所設定之飼育溫度23°C為低，建議後續可調低飼育溫度以提高卵孵化率。

有關橙螢食性，目前已知有蚯蚓及蝸牛等2類食餌(何 2002；何等 2014；陳及鄭 2016)。預備試驗發現幼蟲比較偏好蚯蚓，

因此選擇以蚯蚓餵食。餵食前需將蚯蚓剪成片段，確保捕食時不會因蚯蚓扭動反擊而受傷。Danks (1992)指出食餌不足可能造成昆蟲發育期延長，本研究室內飼育完成一代平均 $392.6 \pm 18.2$ 天( $n = 31$ )，與野外一年一代相比時間稍長，可能與餵食頻度較低有關。

### 二、橙螢生活史特性

野外調查顯示橙螢主要出現於每年10-11月，且一年僅有一次成蟲發生，結合室內飼育結果，雄成蟲完成一代需 $373.9 \pm 7.2$ 天( $n = 10$ )，雌成蟲需 $401.6 \pm 14.6$ 天( $n = 21$ )，綜合研判橙螢的生活史屬於一年一代類型。前人報導有關秋冬季螢火蟲生物學特性，包括發生期主要在秋冬季；活動溫度可低於15°C；雌雄異型，雄成蟲有翅，雌成蟲翅特化消失且部分種類呈幼態持續(何等 2014；鄭 2016)。某些秋冬季螢火蟲還有卵期越冬特性，如雙色垂鬚螢(*Stenocladus bicoloripes* Pic)、鋸角雪螢、山窗螢及雲南扁螢(*Lamprigera yunnana* (Fairmaire))(陳等 1998；陳 2003；張 2010；呂等 2019)。橙螢無論在發生期、形態或卵發育期程上，皆符合上述秋冬季螢火蟲特性描述。

### 三、螢火蟲發生期

野外調查隻次達30以上的4種螢火蟲中，大端黑螢發生期為4-5月、黑翅螢3-5月、黃緣螢3-10月、橙螢10-11月。以上物種與其他地區發生期比較，其發生期與前人報導大致符合(鄭等 1999；何 2001；何及姜 2001；何等 2004；何及張 2006；吳及楊

2008；陳 2010；吳等 2012；陳及鄭 2012；張 2013)。僅大端黑螢及橙螢與部分地區有些差異，如墾丁國家公園大端黑螢發生期比本研究九份二山樣區早2個月，池南國家森林遊樂區橙螢在8月有成蟲記錄，亦比本樣區或其他地區約早1個月。

一般昆蟲發生期，雄成蟲會比雌成蟲先羽化，雌成蟲則較晚出現(Chapman 2012)，本研究橙螢族群也觀察到此現象。2018年9月-11月每週調查顯示，發生期中後段才陸續發現雌成蟲，最後一次調查僅記錄到雌成蟲。陳及鄭(2016)認為可能是雌性幼蟲所需齡期數比雄性幼蟲為多，因而呈現發生期延後現象。本研究室內飼育結果顯示，雌性幼蟲齡期數介於5-7齡，雄性幼蟲則介於4-6齡，整體呈現雌性幼蟲齡期數較多的形式，且雌成蟲完成一世代發育天數 $401.6 \pm 14.6$ 天( $n = 21$ )亦顯著大於雄成蟲 $373.9 \pm 7.2$ 天( $n = 10$ )，因此與前人報導相符。

#### 四、賞螢建議

由於九份二山堰塞湖區在春季及秋季都擁有相當豐富的螢火蟲資源，因此除了春季舉辦賞螢活動之外，秋季亦值得大力推廣。建議2個賞螢熱門時段，第1個時段為4-5月的春季，主要觀察的物種為黑翅螢，其發生期高峰可達上千隻，黑翅螢明亮快捷的黃綠色閃爍光極具觀賞價值。建議4月上旬至5月上旬前往觀賞，觀賞時間為日落後1.5-2小時內，即沿著堰塞湖環湖步道進行探索，在兩個堰塞湖之間的步道，以及明湖宮周遭低矮草地常有大量黑翅螢，石門觀景臺附近的九份二山土石流觀測站

旁，亦有大量族群分布。第2個時段為10-11月的秋季，主要觀察的物種為橙螢，雖然在數量上橙螢不及黑翅螢，但發生高峰期數量約可達數十隻，其黃綠色的持續光，異於黑翅螢的閃爍光，是非常不一樣的體驗。建議10月中旬至10月下旬前往觀賞。觀賞時間為日落後0.5-1小時內，即堰塞湖停車場往下走到第2個大岔路附近的茂密樹林，有較多橙螢可供觀賞(圖1)。

賞螢活動進行前需於天色未暗時，先至賞螢區瞭解環境，夜間賞螢時則遵循堰塞湖區的環湖步道，勿踐踏步道左右兩側草地，避免傷害棲地內的螢火蟲幼蟲或無翅型的雌成蟲。雖然環湖步道與螢火蟲的棲地有所區隔，但部分路段較不明顯，行進時需格外注意。目前九份二山螢火蟲資源已逐漸恢復，除了常見的黑翅螢之外，秋冬季出現的橙螢可說是本區特色之一。冀望主管機關、當地民眾及遊客等共同努力維護，讓螢火蟲與其他生物能在九份二山興盛長存。

#### 謝誌

感謝行政院農業委員會水土保持局李局長鎮洋、謝科長孟荃、水保局臺北分局李秘書正鈞在行政作業與計畫執行上的協助。感謝行政院農業委員會特有生物研究保育中心楊主任嘉棟及方前主任國運、國立臺灣大學楊名譽教授平世的支持與鼓勵。感謝特生中心蔡娜樺小姐及張秀姍小姐協助飼育幼蟲，胡景瀚先生、林宗政先生、彭柏涵先生協助野外調查。感謝二位審查委員提供文稿修正之寶貴建議。

## 參考文獻

- 呂俊緯、方華德、張榮德、林斯正、何健鎔。2019。臺灣產鋸角雪螢之生活史（鞘翅目：螢科）。台灣生物多樣性研究 21(4)：241-256。
- 何健鎔。2001。新竹縣螢火蟲導覽手冊。行政院農業委員會特有生物研究保育中心、新竹縣政府。
- 何健鎔。2002。台灣21種螢科幼蟲之形態及生物學。國立中興大學昆蟲學系博士論文。
- 何健鎔、方華德、呂俊緯。2018。臺灣產邊褐端黑螢之生活史特性與分布。台灣生物多樣性研究 20(2)：83-93。
- 何健鎔、方華德、張秀姍。2014。大阿里山秋冬螢生態導覽手冊。行政院農業委員會特有生物研究保育中心、交通部觀光局阿里山國家風景區管理處。
- 何健鎔、吳加雄、陳郁蕙、楊平世。2009。生態產業新趨勢-以阿里山賞螢產值及發展為例。台灣昆蟲 29(4)：279-292。
- 何健鎔、姜碧惠。2001。臺中縣螢火蟲導覽手冊。台中縣政府。
- 何健鎔、姜碧惠、張秀姍。2004。拜訪奧萬大的夜精靈。行政院農業委員會林務局。
- 何健鎔、張秀姍。2006。諸羅賞螢趣。行政院農業委員會林務局。
- 何健鎔、黃獻文。2003。溫度與卵大小對台灣窗螢卵期、孵化率與一齡幼蟲耐饑餓能力之影響。台灣昆蟲 23(4)：305-311。
- 何健鎔、蘇宗宏、黃獻文。2003。台灣窗螢之飼養法及其生活環。生物學報 38(2)：79-87。
- 吳加雄、何健鎔、鄭明倫、楊平世。2012。池南國家森林遊樂區螢火蟲資源調查及其資源利用。台灣昆蟲 32(3)：249-269。
- 吳加雄、楊平世。2008。東勢林場螢火蟲資源調查。台灣昆蟲 28(3)：195-209。
- 張志遠。2013。新北市烏來地區桶后林道螢火蟲多樣性與季節變化。國立臺北教育大學自然科學教育學系碩士論文。
- 張榮德。2010。溪頭地區鋸角雪螢 *Dipaphanes lampyroides* (Olivier, 1891)棲地選擇與生活史之研究。國立高雄師範大學生物科技系碩士論文。
- 陳素瓊、陳仁昭、歐陽盛芝。1998。山窗螢生活史。宜蘭技術學報 1：53-58。
- 陳陽發、張榮德、楊平世、王亞男。2014。溪頭賞螢趣。國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處。
- 陳燦榮。2003。台灣螢火蟲。田野影像出版社。
- 陳燦榮。2010。墾丁國家公園螢火蟲資源調查與應用-社頂及滿州部落生態旅遊推動。墾丁國家公園管理處。
- 陳燦榮、鄭明倫。2012。螢在西拉雅。交通部觀光局西拉雅國家風景區管理處。
- 陳燦榮、鄭明倫。2016。熠熠洄瀾。行政院農業委員會林務局花蓮林區管理處。

- 鄭明倫。2016。秋冬賞螢正對時。科博館訊 348 : 2。
- 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。
- Chapman, R. F. 2012. The insects: structure and function, 5<sup>th</sup> ed. Cambridge University Press.
- Danks, H. V. 1992. Long life cycles in insects. The Canadian Entomologist 124(1): 167-187.
- 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(3): 189-196.
- Ho, J.-Z., J.-H. Hu, E.-C. Yang, C.-H. Wu and P.-S. Yang. 2012. The distribution, life cycle and flash behaviour of the firefly *Pyrocoelia praetexta* Olivier (Coleoptera: Lampyridae) in the Alishan area of Taiwan. Lampyrid 2: 37-47.
- Jeng, M.-L., J. Lai and P.-S. Yang. 1999. On the validity of the generic name *Pyrocoelia* Gorham (Coleoptera, Lampyridae, Lampyrinae), with a review of Taiwanese species. Japanese Journal of Systematic Entomology 5(2): 347-362.
- Jeng, M.-L., J. Lai, P.-S. Yang and M. Satô. 2001. Revision of the genus *Diaphanes* Motschulsky (Coleoptera, Lampyridae, Lampyrinae) of Taiwan. Japanese Journal of Systematic Entomology 7(2): 203-235.
- Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis, 4<sup>th</sup> ed. Prentice-Hall, London.