# 臺灣產鋸角雪螢之生活史(鞘翅目：螢科)

# Life history of the winter firefly *Diaphanes lampyroides* (Olivier) (Coleoptera: Lampyridae) in Taiwan

呂俊緯[1] 方華德[2] 張榮德[3] 林斯正[1,*] 何健鎔[1]

**Chung-Wei Lu[1], Hua-Te Fang[2], June-Te Chang[3], Sue-Cheng Lin[1,*] and Jen-Zon Ho[1]**

[1]行政院農業委員會特有生物研究保育中心 55244 南投縣集集鎮民生東路1號

[2]螢火蟲生態研究者 22067 新北市板橋區民生路一段1號10F-1

[3]國立臺灣大學生物資源暨農學院實驗林管理處 55750 南投縣竹山鎮前山路一段12號

[1]Endemic Species Research Institute, Jiji, Nantou, Taiwan

[2] Ecological researcher of firefly, Banqiao, New Taipei City, Taiwan

[3]The Experimental Forest, College of Bio-Resources and Agriculture, National Taiwan University, Zhushan, Nantou, Taiwan

*通訊作者：lsc@tesri.gov.tw

*Corresponding author: lsc@tesri.gov.tw

## 摘要

鋸角雪螢(*Diaphanes lampyroides* (Olivier))為臺灣山區常見的秋冬季螢火蟲，是目前推廣秋冬季賞螢活動的主要物種之一。為了解鋸角雪螢生活史，本研究以室內飼育及野外族群調查方式綜合探討。室內飼育部分，採集自杉林溪幼蟲，俟其羽化交尾所產之卵為供試材

料，在定溫17°C，相對濕度RH=80 ± 5%，光照L：D=10：14的條件下進行飼育。單隻飼育的鋸角雪螢共43隻，羽化成功計15隻，其中卵期平均120.9 ± 18.4天(平均值±標準偏差)，幼蟲期145.1 ± 13.9天，前蛹期4.3 ± 1.8天，蛹期14.5 ± 3.3天，成蟲期19.8 ± 5.9天。雄蟲完成一世代需298.4 ± 18.0天(n=9)，雌蟲需313.7 ± 19.0天(n=6)，全部羽化成功之飼育個體需304.5 ± 19.3天(n=15)。野外族群調查結果顯示，杉林溪鋸角雪螢之幼蟲主要於8-10月活動與發光，成蟲發生期為10-12月。綜合室內飼育及野外族群調查結果，鋸角雪螢的生活史為一年一世代。

**關鍵詞**：螢科、秋冬季螢火蟲、鋸角雪螢、生活史、臺灣

# Abstract

*Diaphanes lampyroides* (Olivier) is a winter firefly species commonly found throughout mountain areas of Taiwan, and it has become an important species for promoting firefly watching during the winter season. In order to understand the life history of the species, both laboratory and field populations were investigated. We collected the larvae of *D. lampyroides* from Sun-link-Sea, Nantou County, and reared them to become adults under laboratory conditions. After the adults mated and laid eggs, we collected the eggs and incubated them under the constant conditions of temperature (17°C), relative humidity (80% ± 5%), and the photoperiod of the light dark ratio (L:D=10:14). A total of 43 hatched larvae were reared separately, and 15 of them successfully emerged under laboratory conditions. The durations of each life cycle stage (including egg, larva, prepupa, pupa, and adult stages) were 120.9 ± 18.4 days (mean ± standard deviation), 145.1 ± 13.9 days, 4.3 ± 1.8 days, 14.5 ± 3.3 days, and 19.8 ± 5.9 days, respectively. The mean generation time, therefore, was 298.4 ± 18.0 days (n=9) for males and 313.7 ± 19.0 days (n=6) for females. For the individuals that successfully emerged, the mean generation time lasted 304.5 ± 19.3 days (n=15). The results from the field investigations indicated that the larval populations of *D. lampyroides* mainly occurred from August to October, and adults occurred from October to December. In conclusion, the results from both laboratory rearing and field investigations suggested that *D. lampyroides* has only one generation per year.

**Key words:** Lampyridae, winter firefly, *Diaphanes lampyroides*, life history, Taiwan

收件日期 : 2019年07月14日 接受日期 : 2019年08月01日
Received:July 14, 2019 Accepted:August 01,2019

## 緒　言

螢火蟲是臺灣生態旅遊的明星物種之一，現今多以春夏季賞螢活動為大宗，雖然秋冬季出現種類僅占少數，但在感官體驗上，具有與春夏螢迥異的視覺感受與環境氛圍。臺灣秋冬季賞螢紀錄最早可追溯阿里山的奮起湖，當地民宿業者約於2004年推出相關活動(何等 2014)。2014年阿里山國家風景區管理處首度舉辦冬季賞螢活動。2016年行政院農業委員會特有生物研究保育中心(以下簡稱特生中心)與南投縣竹山鎮杉林溪森林生態渡假園區(以下簡稱杉林溪)，共同策劃秋冬季賞螢活動並逐年舉辦至今。因此臺灣秋冬季賞螢活動已有近15年歷史。

全世界約有2,200種螢火蟲(Slipinski *et al*. 2011)，但秋冬季發生種類僅8屬24種，包括亞洲地區之垂鬚螢屬(*Stenocladius*)、短角窗螢屬(*Diaphanes*)、窗螢屬(*Pyrocoelia*)及扁螢屬(*Lamprigera*)等4屬19種(Kawashima 1999；鄭等 1999；Jeng *et al*. 2001；Kobayashi *et al*. 2006；Li and Liang 2007；Wang *et al*. 2007；Osozawa *et al*. 2013；何等 2014；Yiu 2017)，以及美洲地區之*Aspisoma*、*Araucariocladus*、*Ellychnia*及*Luciuranus*等4屬5種(Viviani 2001；Faust 2012；Silveira and Mermudes 2017)。臺灣秋冬季螢火蟲方面，計有雙色垂鬚螢(*Stenocladius bicoloripes* Pic)、灰翅雪螢(*Diaphanes cheni* Jeng)、橙螢(*Diaphanes citrinus* Olivier)、雪螢(*Diaphanes niveus* Jeng and Satô)、黃緣短角窗螢(*Diaphanes flavilateralis* Jeng and Yang)、鋸角雪螢(*Diaphanes lampyroides* (Olivier))及神木螢(*Diaphanes nubilus* Jeng and Lai)、山窗螢(*Pyrocoelia praetexta* Olivier)、雲南扁螢(*Lamprigera yunnana* (Fairmaire))等4屬9種(鄭等 1999；Jeng *et al*. 2001；何等 2014)。其中鋸角雪螢數量相對較豐，發光軌跡明亮，目前為秋冬季賞螢主要物種。有關鋸角雪螢往昔研究，Li *et al*. (2006)以粒線體DNA重建鋸角雪螢分子親緣關係，並確認賴等(1998)將鋸角雪螢從窗螢屬移至短角窗螢屬的判斷。何(2013)檢測鋸角雪螢等4種秋冬季螢火蟲發光光譜，其波長皆位在542-550 nm的黃綠色光。

近年來臺灣螢火蟲生活史研究已有很大進展(陳等 1998；何等 2003；Ho *et al*. 2010；何等 2013, 2018)，但在秋冬季螢火蟲方面論述仍少，僅山窗螢(陳等 1998)及鋸角雪螢(張 2010)有生活史初步探討。有關鋸角雪螢卵期、各齡幼蟲、成蟲等形態發育，以及野外族群消長等基礎資料仍不充足，有必要加強這方面研究。本研究結合室內飼育及野外族群調查，探討鋸角雪螢各生活期形態發育與生活史特性等基礎生物學，相關飼育方法也可作為鋸角雪螢種

源保存與復育之參考。

## 材料與方法

一、室內飼育

(一)試驗蟲源

2016年8月於杉林溪(WGS84：23.638917N, 120.789323E)採集幼蟲，攜回特生中心進行飼育。俟幼蟲羽化後進行成蟲配對，交尾後雌蟲置入圓形透明塑膠養蟲盒內(高度為6 cm，底部直徑為8 cm，開口直徑為9.5 cm)，盒內已鋪設苔蘚類植物作為產卵基質。為保持養蟲盒空氣流通，盒蓋中央鑽上十字紋通氣孔，底部鋪上衛生紙，並滴入3 ml自來水維持盒內濕度。每日更換苔蘚底質以正確記錄產卵日期，如發現剛產下之蟲卵，暫不將其挑出，待數日後卵殼轉硬，再以細毛筆將蟲卵移至幼蟲用養蟲盒內，同時以解剖顯微鏡之目鏡測微尺進行卵徑測量(n=10)。

(二)飼育記錄

鋸角雪螢單隻飼育方式參考何等(2003)及何等(2018)，即使用上述圓形透明塑膠養蟲盒，底部鋪有對摺2次的白色衛生紙作為飼育墊(10.5 cm x 10.5 cm)，飼育墊滴入3 ml自來水維持盒內濕度。本研究共進行43隻螢火蟲單隻飼育，飼育條件為17°C定溫，相對濕度RH=80 ± 5%，光照L：D=10:14。鋸角雪螢幼蟲主要捕食蚯蚓(陳及鄭 2012；陳等 2014)，因此以特生中心生態園區之環毛蚓類(pheretimoid earthworms)餵食，每週餵食2次。餵食前需將蚯蚓剪成片段，方便幼蟲攝食。為維護養蟲盒內清潔，每隔2日更換飼育墊。每日記錄各生活期發育變化，各生活期天數計算如下：雌蟲產下卵當日為卵期第1天；卵孵化當日為一齡幼蟲第1天，於下次蛻皮前皆為同一齡期，每個齡期的天數以此類推；終齡幼蟲在化蛹前，呈現倒仰並向上彎曲時，為前蛹期第1天；前蛹期進入蛹期前，會進行蛻皮，此時為蛹期第1天；羽化當日為成蟲第1天，記錄到成蟲死亡為止。在形質測量部分，各齡幼蟲及成蟲之體長與體寬皆以游標尺量測，幼蟲體長為頭部最前端至腹部最末端，雄蟲體長為頭部最前端至翅鞘最末端，雌蟲體長為頭部最前端至腹部最末端，體寬測量在幼蟲或雌、雄蟲皆為前胸背板最大寬度。

二、野外族群調查

(一)樣區描述

調查地點為杉林溪，本區位於南投縣竹山鎮大鞍里，為加走寮溪上游地帶，佔地面積約34 ha，年均溫約18°C，夏季涼爽，冬季雨量則較稀少(彭 2010)。園區海拔介於1,600-1,800 m，屬於闊葉林及針葉林皆有之暖溫帶山地森林。本研究於松瀧岩(Song-Long Rock)及燕庵(Yen-An)設立2條穿越線調查樣區(圖1)。松瀧岩樣區海拔高度約1,690-1,740 m，為加走寮溪旁的產業道路，即由松瀧岩熟食部往花卉中心調查，全長為1 km的平坦道路。燕庵樣區海拔高度約1,690-1,760 m，為加走寮溪旁的木棧步道，即由燕庵步道入口往燕庵涼亭與龍鱗瀑布調查，全長為200 m的緩坡木棧步道。

(二)調查方法

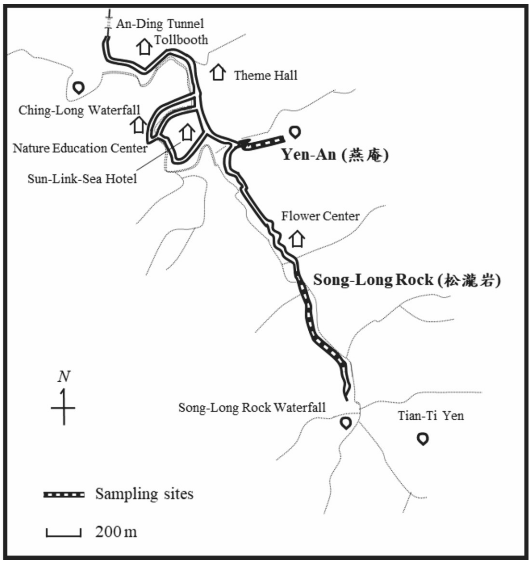


圖**1**. 杉林溪地區鋸角雪螢調查樣區位置。

**Fig. 1**. The location of sampling sites for *Diaphanes lampyroides* in Sun-Link-Sea area.

自2016年1月至2017年12月，每月調查1次，共計24次。調查時間依據當天入夜時間而定，並於日落前30分鐘就定位，每條穿越線調查時間約1小時。沿途記錄鋸角雪螢雄蟲所發出黃綠色持續光，以及地面或草叢上行棲的雌蟲及幼蟲，不確定之物種需以蟲網捕撈後鑑定。

三、統計分析

由於本研究成功飼育雄蟲(n=9)及雌蟲(n=6)數量較少，故以SPSS 20軟體程式進行Mann-Whitney *U*-test分析(Zar 1999)，比較一世代發育天數之差異。有關室內飼育羽化雄蟲及雌蟲，在體長與體寬之差異，以及室內飼育成蟲及野外成蟲，在體長與體寬之比較，亦以Mann-Whitney *U*-test進行檢定分析。

# 結果

一、室內飼育

(一)鋸角雪螢各生活期天數

單隻飼育共43隻，其中15隻順利羽化為成蟲，羽化成功率為34.9%。成功飼育個體之卵期平均120.9 ± 18.4天(平均值±標準偏差)，幼蟲期145.1 ± 13.9天，前蛹期4.3 ± 1.8天，蛹期14.5 ± 3.3天，成蟲期19.8 ± 5.9天，完成一世代304.5 ± 19.3天(表1)。在一世代中各生活期所需的天數，卵期占39.7%，幼蟲期47.7%，前蛹期1.4%，蛹期

表**1**. 鋸角雪螢各生活期之平均天數

**Table 1**. The mean developmental duration for each life cycle stage of *Diaphanes lampyroides* (mean ± SD, days)

| Sex | n | Egg | Larva | Prepupa | Pupa | Adult | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Male | 9 | 119.4 ± 15.6 | 141.1 ± 14.0 | 3.9 ± 1.9 | 16.3 ± 2.8 | 17.7 ± 6.6 | 298.4 ± 18.0 |
| Female | 6 | 123.0 ± 23.4 | 151.2 ± 12.5 | 4.8 ± 1.5 | 11.7 ± 1.5 | 23.0 ± 2.9 | 313.7 ± 19.0 |
| All | 15 | 120.9 ± 18.4 | 145.1 ± 13.9 | 4.3 ± 1.8 | 14.5 ± 3.3 | 19.8 ± 5.9 | 304.5 ± 19.3 |

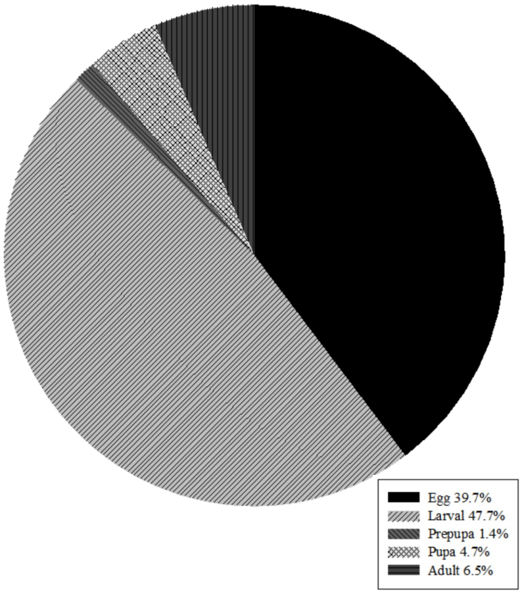


圖**2**. 鋸角雪螢各生活期所需時間之相對百分比。

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

4.7%，成蟲期6.5%(圖2)。

由雄蟲及雌蟲分別計算，雄蟲卵期平均119.4 ± 15.6天，幼蟲期141.1 ± 14.0天，前蛹期3.9 ± 1.9天，蛹期16.3 ± 2.8天，成蟲期17.7 ± 6.6天，完成一世代298.4 ± 18.0天(n=9)。雌蟲卵期平均123.0 ± 23.4天，幼蟲期151.2 ± 12.5天，前蛹期4.8 ± 1.5天，蛹期11.7 ± 1.5天，成蟲期23.0 ± 2.9天，完成一世代313.7 ± 19.0天(n=6)(表1)。雄蟲完成一世代所需的天數(298.4 ± 18.0天)稍短於雌蟲(313.7 ± 19.0天)，但仍未達到統計上的顯著差異($U$=40.5, $p$>0.05)。

(二)齡期數及成蟲體型

幼蟲發育所需齡期數呈現3-5齡期的變異，雄性幼蟲以4齡期占55.6%最多，雌性幼蟲以5齡期占66.7%最多(圖3)。各齡幼蟲及成蟲生活期之天數，詳如表2。各齡幼蟲及成蟲的體長與體寬，各詳如表3、4。飼育羽化雄蟲體長平均11.57 ± 0.68 mm，體寬2.46 ± 0.20 mm (n=9)；雌蟲體長平均12.38 ± 1.16 mm，體寬2.42 ± 0.23 mm (n=6)(表5)。雄蟲體長稍短於雌蟲，體寬則稍大於雌蟲，但皆未達到統計上的顯著差異($U$=39, $p$>0.05; $U$=26, $p$>0.05)。

(三)各生活期形態描述

卵為橙黃色，呈圓球狀，卵徑平均1.49 ± 0.03 mm (n=10)(圖4A)。終齡幼蟲體色為黑褐色，前胸背板前緣具2枚乳白色斑塊；背板上具許多乳白色微小斑點；腹部第8節

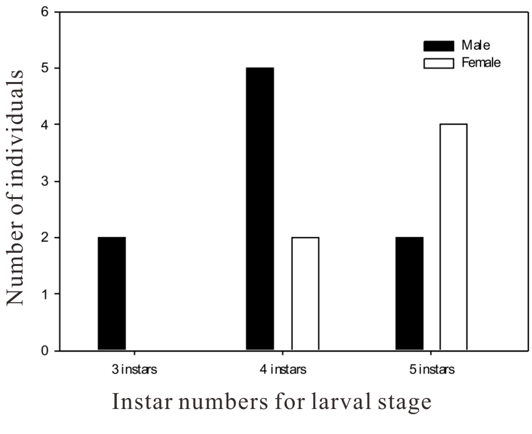


圖**3**. 鋸角雪螢雌雄性別之幼蟲齡期數分布。

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

表**2**. 鋸角雪螢各齡幼蟲及成蟲生活期之平均天數

**Table 2**. The mean developmental duration for different larval instars and adults of *Diaphanes lampyroides* (mean ± SD, days)

| Instar | Sex | n | 1st instar | 2nd instar | 3rd instar | 4th instar | 5th instar | Adult |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Male | 2 | 31.0 ± 11.3 | 51.0 ± 2.8 | 60.0 ± 7.1 | – | – | 15.0 ± 1.4 |
| 4 | Male | 5 | 20.2 ± 3.1 | 23.4 ± 10.4 | 35.8 ± 21.2 | 58.2 ± 6.3 | – | 16.4 ± 8.0 |
| | Female | 2 | 25.0 ± 9.9 | 26.0 ± 17.0 | 40.0 ± 8.5 | 60.0 ± 24.0 | – | 21.5 ± 3.5 |
| 5 | Male | 2 | 19.0 ± 2.8 | 26.0 ± 2.8 | 32.5 ± 10.6 | 22.0 ± 0.0 | 49.5 ± 12.0 | 23.5 ± 0.7 |
| | Female | 4 | 22.3 ± 9.5 | 22.0 ± 9.4 | 24.3 ± 5.3 | 26.5 ± 7.1 | 56.3 ± 8.7 | 23.8 ± 2.8 |

表**3**. 鋸角雪螢各齡幼蟲及成蟲之平均體長

**Table 3**. The mean body length of different larval instars and adults of *Diaphanes lampyroides* (mean ± SD, mm)

| Instar | Sex | n | 1st instar | 2nd instar | 3rd instar | 4th instar | 5th instar | Adult |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Male | 2 | 5.45 ± 0.14 | 8.34 ± 1.02 | 11.11 ± 0.11 | – | – | 11.33 ± 0.37 |
| 4 | Male | 5 | 5.46 ± 0.14 | 7.13 ± 0.52 | 9.73 ± 0.57 | 11.73 ± 0.45 | – | 11.34 ± 0.67 |
| | Female | 2 | 5.29 ± 0.36 | 7.80 ± 0.83 | 10.50 ± 0.42 | 12.63 ± 0.57 | – | 11.11 ± 0.66 |
| 5 | Male | 2 | 5.37 ± 0.04 | 6.86 ± 0.47 | 9.08 ± 0.15 | 11.24 ± 0.85 | 13.18 ± 0.35 | 12.40 ± 0.27 |
| | Female | 4 | 5.14 ± 0.21 | 7.27 ± 0.92 | 9.39 ± 0.37 | 11.39 ± 0.24 | 14.86 ± 1.15 | 13.02 ± 0.68 |

表**4**. 鋸角雪螢各齡幼蟲及成蟲之平均體寬

**Table 4**. The mean body width of different larval instars and adults of *Diaphanes lampyroides* (mean ± SD, mm)

| Instar | Sex | n | 1st instar | 2nd instar | 3rd instar | 4th instar | 5th instar | Adult |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | Male | 2 | 1.38 ± 0.06 | 1.98 ± 0.04 | 2.24 ± 0.04 | – | – | 2.30 ± 0.12 |
| 4 | Male | 5 | 1.22 ± 0.10 | 1.47 ± 0.23 | 1.89 ± 0.07 | 2.27 ± 0.07 | – | 2.49 ± 0.14 |
| | Female | 2 | 1.34 ± 0.13 | 2.08 ± 0.17 | 2.10 ± 0.14 | 2.45 ± 0.12 | – | 2.27 ± 0.35 |
| 5 | Male | 2 | 1.33 ± 0.11 | 1.60 ± 0.36 | 1.75 ± 0.08 | 2.04 ± 0.11 | 2.39 ± 0.02 | 2.54 ± 0.41 |
| | Female | 4 | 1.12 ± 0.09 | 1.45 ± 0.19 | 1.81 ± 0.09 | 2.19 ± 0.18 | 2.71 ± 0.31 | 2.49 ± 0.16 |

表**5**. 實驗室飼育之鋸角雪螢與野外族群之體長與體寬比較

**Table 5**. Comparisons of body length and body width of *Diaphanes lampyroides* between individuals bred in the laboratory and collected in the field (mean ± SD, mm)

| Sex | Male | | Female | |
|---|---|---|---|---|
| Individuals | Laboratory (n=9) | Field (n=30) | Laboratory (n=6) | Field (n=5) |
| Length | 11.57 ± 0.68 | 13.58 ± 0.75 | 12.38 ± 1.16 | 12.23 ± 3.47 |
| Width | 2.46 ± 0.20 | 3.49 ± 0.21 | 2.42 ± 0.23 | 2.70 ± 0.71 |

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，呈現倒仰並向上彎曲(圖4C)。蛹體色為橙黃色，前胸背板為紅色，雄蟲及雌蟲之翅芽及發光器明顯有別(圖4D)。雄蟲觸角為黑色，呈鋸齒狀，頭部為黑色；前胸背板呈半圓形，底色為米黃色，中央具紅色斑塊；前翅為米黃色，基部具黑褐色斑塊，後翅為黑色；腹部第5-6節各具1枚長橢圓形乳白色發光器(圖4E)。雌蟲體色為橙黃色；觸角為褐色，呈鋸齒狀，頭部為褐色；前胸背板為米黃色，中央具紅色斑塊，呈半圓形；翅完全退化，腹部第6-7節各具2枚點狀乳白色發光器，少數個體第6節2枚發光器接近相連(圖4F)。

(四)野外及室內飼育成蟲體型比較

本研究以採集自杉林溪之雄蟲(n=30)及雌蟲(n=5)，與室內飼育之雄蟲(n=9)及雌蟲(n=6)進行體長與體寬比較(表5)。野外雄蟲無論在體長($U$=4, $p$<0.01)與體寬($U$=0, $p$<0.01)上，皆非常顯著大於室內飼育雄蟲。野外雌蟲及室內飼育雌蟲之體長與體寬較為相近，且無統計上的顯著差異($U$=21, $p$>0.05; $U$=14, $p$>0.05)(表5)。

二、野外族群消長

(一)松瀧岩

幼蟲調查方面，2016年1-7月皆無調查到幼蟲，8月記錄幼蟲3隻次，9月幼蟲4隻次，10月幼蟲1隻次，11-12月皆無發現；翌年1-7月皆無調查到幼蟲，8月記錄幼蟲30隻次，9月幼蟲16隻次，10月幼蟲1隻次，11-12月皆無發現(圖5)。成蟲調查方面，2016年1-9月皆無調查到成蟲，10月記錄成蟲28隻次，11月成蟲512隻次，12月成蟲14隻次；翌年1-9月皆無調查到成蟲，10月記錄成蟲15隻次，11月成蟲1,100隻次，12月無發現。綜合2年調查成果，成蟲發生期為10-12月，高峰期約在11月中旬(圖6)。

(二)燕庵

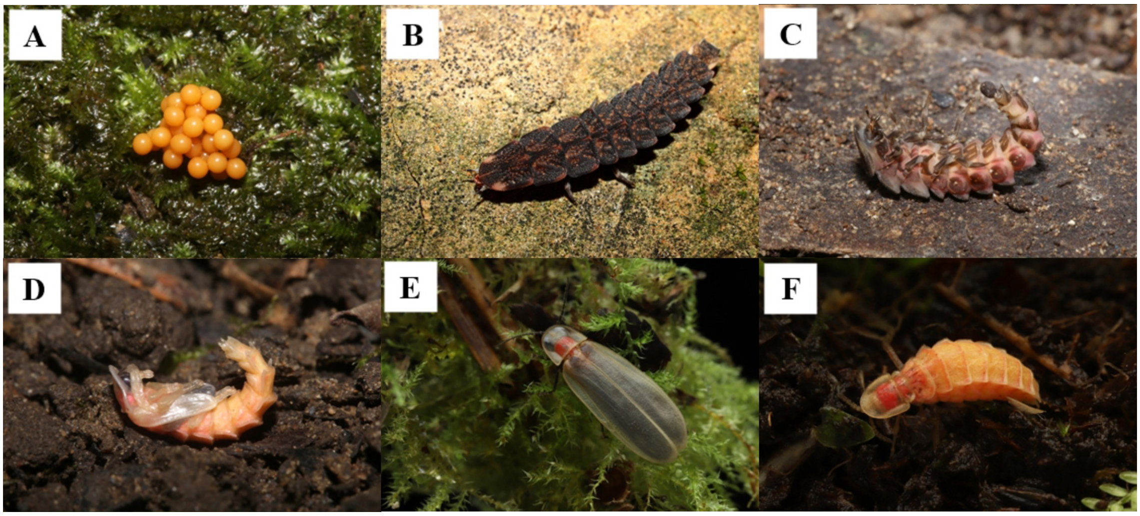


圖**4**. 鋸角雪螢各生活期之照片。A：卵；B：幼蟲；C：前蛹；D：蛹；E：雄成蟲； F：雌成蟲。

**Fig. 4**. Photographs of each life cycle stage for *Diaphanes lampyroides*. A: egg; B: larva; C: prepupa; D: pupa; E: male; F: female.

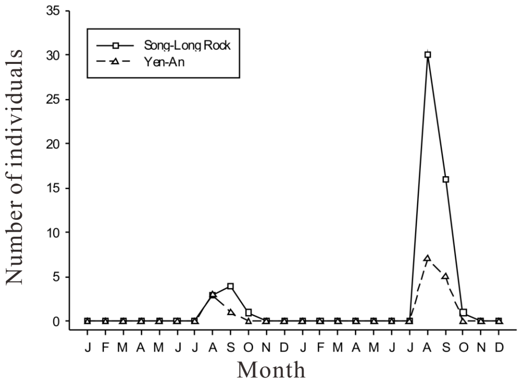


圖**5**. 從2016年1月到2017年12月鋸角雪螢幼蟲族群在兩條穿越線(Song-Long Rock (松瀧岩) and Yen-An (燕庵))調查的個體數量變化。

**Fig. 5**. The number of individuals of *Diaphanes lampyroides* larvae found in the two transect lines, Song-Long Rock and Yen-An, during the sampling period from January, 2016, to December, 2017.

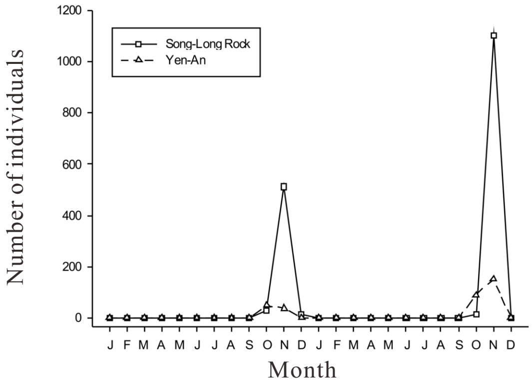


圖**6**. 從2016年1月到2017年12月鋸角雪螢成蟲族群在兩條穿越線(Song-Long Rock (松瀧岩) and Yen-An (燕庵))調查的個體數量變化。

**Fig. 6**. The number of individuals of *Diaphanes lampyroides* adults found in the two transect lines, Song-Long Rock and Yen-An, during the sampling period from January, 2016, to December, 2017.

幼蟲調查方面，2016年1-7月皆無調查到幼蟲，8月記錄幼蟲3隻次，9月幼蟲1隻次，10-12月皆無發現；翌年1-7月皆無調查到幼蟲，8月記錄幼蟲7隻次，9月幼蟲5隻次，10-12月皆無發現(圖5)。成蟲調查方面，2016年1-9月皆無調查到成蟲，10月記錄成蟲48隻次，11月成蟲37隻次，12月成蟲1隻次；翌年1-9月皆無調查到成蟲，10月記錄成蟲90隻次，11月成蟲150隻次，12月成蟲1隻次。綜合2年調查，成蟲發生期為10-12月，高峰期約在11月中旬(圖6)。

## 討 論

一、飼育技術

以人工方式飼育螢火蟲需耗費大量人力、物力及時間，且要高度技術配合，期間稍有不慎便無法成功完成。雖然養蟲不易，但室內飼育方式可補充野外觀察之不足，飼育結果也可作為種源保存與復育工作的參考，因此螢火蟲飼育技術研發頗受國內學界重視(張 1994；陳及陳 1997；陳等 1998；何等 2003；陳 2003；賴 2003；Ho *et al*. 2010；張 2010；何等 2013, 2018)，目前歸納出影響螢火蟲飼育成功因素，包括溫度、濕度、光週期及介質等非生物因子，以及食餌、種內競爭、病蟲害等生物因子。以下針對本研究所設定之溫度、光週期、介質、食餌、飼育方式等加以說明。

由於螢火蟲種類各異，溫度需求也應有所不同，雖然目前國內絕大部分是以室溫方式飼育，如黑翅螢(*Abscondita cerata* (Olivier))等8種之溫度紀錄介於18-30°C(陳等 1998；何 2002；何等 2003；Ho *et al*. 2010；張 2010；何等 2013, 2018)，但室溫條件並非適用所有種類，尤其是棲地溫度較低的中高海拔物種。本研究參考張(2010)於溪頭地區飼育鋸角雪螢的環境條件，其平均溫度21.4 ± 4.4°C，由於杉林溪海拔高度較溪頭高約500 m，溫度設定應較之為低。彭(2010)報導杉林溪年均溫約18°C，因此設定較低溫度17°C應屬合理。光週期設定也會影響螢火蟲發育天數，通常光照時間愈長，發育天數愈短(Buschman 1988；Fu and Meyer-Rochow 2013)。國內螢火蟲飼育的光週期設定，包括短日照(L：D=10：14)、等日照(L：D=12：12)及長日照(L：D=14：10)，雖然皆有飼育成功報導，但目前仍以短日照為多(張 1994；葉 1999；何 2002；何等 2003；Ho *et al*. 2010；何等 2013, 2018)。在陸生螢火蟲幼蟲飼育介質上，使用原棲地土壤或衛生紙是常用方式(何等 2003；Madruga Rios and Hernández Quinta 2010；張 2010；Viviani *et al*. 2012；何等 2013；Buschman 2017；何等 2018)。雖然原棲地土壤可模擬野外情況，但土壤濕度不易掌控，幼蟲蛻皮也不易觀察，更容易造成殘餌或糞便汙染等問題(張 2010；何等 2003, 2013)。以衛生紙當作介質可避免上述困擾外，對摺2次的衛生紙，其縫隙處亦提供幼蟲躲藏空間，在觀察記錄及飼育管理上也較容易。

目前已知短角窗螢屬中，除蓬萊短角窗螢(*D. formosus* Olivier)以蝸牛為主食外(陳 2003)，大多數種類以蚯蚓為主食(吳及楊 2008；陳及鄭 2012；陳等 2014)，其中

亦包括鋸角雪螢(張 2010)。餵食蚯蚓前將蚯蚓剪成片段，有助於1齡幼蟲攝食，也可避免幼蟲捕食時因蚯蚓扭動而受傷。大量飼育及單隻飼育是目前2種主要幼蟲飼育方式，大量飼育僅用於水生黃緣螢(*Aquatica ficta* (Olivier))(張 1994)，陸生螢火蟲通常為單隻飼育，此因陸生螢火蟲互相攻擊情形較常發生，單隻飼育可防止此問題發生，惟人力物力及空間存放上負擔較大。需特別說明的是，雖然本研究之幼蟲羽化率偏低，僅34.9%，主因是1齡幼蟲有較高死亡率，達37.2%。Buschman (2017)及何等(2017)指出1齡幼蟲容易受到容器壁上凝結水珠沾黏，導致幼蟲死亡。本實驗曾將底墊衛生紙壓實來減少水珠產生，且觀察到1齡幼蟲並不易沾黏到水珠，因此死亡率偏高原因仍需後續探究。

二、生活史特性

有關螢火蟲生活史特性，溫帶地區螢火蟲世代時間較長，可達1-2年，熱帶物種生活史較短，可在6-9個月完成一世代(Viviani *et al*. 2012)。臺灣產螢火蟲生活史則可歸類為一年多世代、一年一世代、二年一世代等3類型(張 1994；陳及陳 1997；陳等 1998；陳 2003；何等 2003；Ho *et al*. 2010；張 2010；Ho *et al*. 2012；陳等 2014；何等 2018)。秋冬季螢火蟲方面則有一年一世代，如雙色垂鬚螢及雲南扁螢(陳 2003)，以及兼具一年一世代與二年一世代的山窗螢(Ho *et al*. 2012)等2類型。鋸角雪螢野外族群調查顯示，幼蟲主要於8-10月活動與發光，接續成蟲發生，並再以卵期越冬，確認屬於一年一世代類型。雖然室內飼育世代時間稍短於1年，如雄蟲世代時間平均298.4 ± 18.0天，雌蟲313.7 ± 19.0天，可能是室內提供適宜與穩定環境，使世代時間較野外環境稍短。何等(2014)及鄭(2016)歸納秋冬季螢火蟲幾項生物學特性，包括發生期在秋季及冬季；活動適溫可低於15°C；雌雄異型，雄蟲有翅，雌蟲翅退化且部分種類維持幼態等，目前已知臺灣產4屬9種秋冬季螢火蟲皆符合上述特性。由於鋸角雪螢卵期長達120.9 ± 18.4天，即2016年11月雌成蟲所產之卵，需待4個月後才於翌年孵化，因此呈現卵期越冬現象，其他如雙色垂鬚螢、山窗螢及雲南扁螢等秋冬季螢火蟲亦有卵期越冬報導(陳等 1998；陳 2003；張 2010)。

影響昆蟲發育所需齡期數，包括遺傳、溫度、濕度、光週期、性別、飼育密度及食餌供給等因素(Buschman 1998；Esperk *et al*. 2007；Chapman 2012)。Ho *et al*. (2010)指出黃緣螢幼蟲在食餌不足或溫度下降時，有增加齡期數現象。本研究雖以相同條件飼育，但鋸角雪螢幼蟲仍呈現3-5齡期數變異，顯現除了環境因子外，個體的遺傳變異也不可忽視。雖然幼蟲發育所需齡期數愈多時，雄雌成蟲存活天數有愈長之趨勢(表2)，但因樣品數太小，此關係仍待進一步探究。

往昔報導有些螢火蟲發生期會隨海拔高度而變化，如春季發生的黑翅螢，隨海拔愈高，發生高峰期愈晚出現(陳及鄭 2012)。反之，秋冬季螢火蟲，如鋸角雪螢及山窗螢，海拔愈高發生期卻愈早(何 2007；張 2010；Ho *et al*. 2012；王 2012)。本研究調查樣區杉林溪，發生期最早為10月，與較

低海拔溪頭相比，發生期最早為11月(張 2010；王 2012)，確有提早發生趨勢。有關秋冬季螢火蟲發生期隨海拔愈高而出現愈早現象，目前仍無定論。但因前人論述多聚焦溫度(張 2010；Ho *et al*. 2012)，因此提早發生現象可能與溫度有關。一般而言，溫度會增加昆蟲發育速度，隨海拔愈低，溫度越高，成蟲發生高峰期愈早，如上述春季發生之黑翅螢。相反地，秋冬季之山窗螢及鋸角雪螢，發生期與海拔高度卻呈現反向關係。由於鋸角雪螢屬於冰河孑遺生物(鄭等 1999)，較適應高冷環境，在海拔較低地區，高溫月份是否形成環境逆境並遲滯幼期發育，致使成蟲發生期延後，頗值得深入探究。

三、棲地維護與保育建議

杉林溪已有多年辦理賞螢活動經驗，相關保育措施已見成效，如鋸角雪螢發生期時，步道周圍會實施路燈管制，降低人工光源影響螢火蟲交尾。由於目前賞螢地點主要以青龍蕨類步道為主，若人潮大量湧入容易造成遊客動線紊亂，使步道兩旁自然棲地有被踐踏風險。鋸角雪螢雌蟲翅退化，僅在地面爬行，對於棲地保護要更為謹慎。未來在導覽解說前，應當宣導不脫離人行步道，不踐踏步道兩旁螢火蟲棲地，讓螢火蟲能延續生命並繁衍下一代。

## 謝 誌

本研究感謝杉林溪森林生態渡假園區劉董事長瑞都、自然教育中心江館長華章與林洋汎、林嘉玲、陳瑞麒、劉威良及劉修銘等解說員在行政作業及野外調查之協助。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姈小姐協助飼育幼蟲，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

王億傑。2012。溪頭地區螢火蟲資源調查與黑翅螢監測。國立臺灣大學昆蟲學研究所碩士論文。

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。2007。96年度阿里山國家風景區秋冬季節螢火蟲資源調查研究案成果報告。交通部觀光局阿里山國家風景區管理處。

何健鎔。2013。102年度阿里山地區秋冬螢火蟲棲地改善計畫案成果報告。交通部觀光局阿里山國家風景區管理處。

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):85-95。

何健鎔、方華德、張秀姈。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、方華德、楊平世。2013。黑翅螢幼蟲的飼育裝置(鞘翅目：螢科)。台灣昆蟲 33(4):281-290。

何健鎔、方華德、鄭恕涵、胡景瀚。

2017。馬祖列島螢火蟲多樣性之研究。台灣生物多樣性研究 19(2):147-160。

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、楊平世。2008。東勢林場螢火蟲資源調查。台灣昆蟲 28(3):195-209。

張榮德。2010。溪頭地區鋸角雪螢 *Diaphanes 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。

張錦洲。1994。臺灣產黃緣螢人工飼育之研究。國立中興大學昆蟲學系碩士論文。

陳素瓊、陳仁昭。1997。黃緣螢(*Luciola ficta*)之飼育。宜蘭農工學報14:25-31。

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、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。

彭國棟。2010。尋求增值迎接挑戰。杉林溪季刊 1：7-13。

葉淑丹。1999。黃緣螢(鞘翅目：螢科)之棲地管理及食物偏好性。國立臺灣大學昆蟲學研究所碩士論文。

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。

賴胤就。2003。台灣螢火蟲家族。多識界圖書文化有限公司。

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。

Buschman, L. L. 1988. Larval development and its photoperiodic control in the firefly *Pyractomena lucifera* (Coleoptera: Lampyridae). Annals of the Entomological Society of America 81(1): 82-90.

Buschman, L. L. 2017. Analysis of courtship flash behaviour in two *Photuris* fireflies (Coleoptera: Lampyridae) with field validation and rearing notes. Lampyrid 4: 1-19.

Chapman, R. F. 2012. The insects: structure and function, 5$^{th}$ ed. Cambridge University Press.

Esperk, T., T. Tammaru and S. Nylin. 2007. Intraspecific variability in number of larval instars in insects. Journal of Economic Entomology 100(3): 627-645.

Faust, L. 2012. Fireflies in the snow: Observations on two early-season arboreal fireflies *Ellychnia corrusca* and *Pyractomena borealis*. Lampyrid 2: 48-

71.

Fu, X. and V. B. Meyer-Rochow. 2013. Larvae of the firefly *Pyrocoelia pectoralis* (Coleoptera: Lampyridae) as possible biological agents to control the land snail *Bradybaena ravida*. Biological Control 65(2): 176-183.

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, 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.

Kawashima, I. 1999. The lampyrid beetles of the genus *Stenocladius* (Coleoptera, Lampyridae) of the Ryukyu Islands, Southwest Japan, with descriptions of two new species. Elytra Tokyo 27(1): 141-158.

Kobayashi, Y., T. Watanabe and H. Suzuki. 2006. Embryonic development of the firefly *Pyrocoelia rufa* Olivier (Insecta: Coleoptera, Lampyridae), with special reference to its hibernal diapause. Proceedings of Arthropodan Embryological Society of Japan. 41: 47-53.

Li, X. and X. Liang. 2007. A new species of the genus *Diaphanes* Motschulsky (Coleoptera: Lampyridae) from Gaoligong Mountains of Yunnan, Southwest China. Zootaxa 1533(1): 53-61.

Li, X., S. Yang, M. Xie and X. Liang. 2006. Phylogeny of fireflies (Coleoptera: Lampyridae) inferred from mitochondrial 16S ribosomal DNA, with references to morphological and ethological traits. Progress in Natural Science 16(8): 817-826.

Madruga Rios, O. and M. Hernández Quinta. 2010. Larval feeding habits of the Cuban endemic firefly *Alecton discoidalis* Laporte (Coleoptera: Lampyridae). Psyche: A Journal of Entomology: Article ID 149879.

Osozawa, S., Z.-H. Su, Y. Oba, T. Yagi, Y. Watanabe and J. Wakabayashi. 2013. Vicariant speciation due to 1.55 Ma isolation of the Ryukyu islands, Japan, based on geological and GenBank data. Entomological Science 16(3): 267-277.

Silveira, L. F. L. and J. R. M. Mermudes.

2017. A new tropical montane firefly genus and species, active during winter and endemic to the Southeastern Atlantic Rainforest (Coleoptera: Lampyridae). Zootaxa 4221(2): 205-214.

Slipinski, S. A., R. A. B. Leschen and J. F. Lawrence. 2011. Order Coleoptera Linnaeus, 1758. *In*: Z.-Q. Zhang (ed.). Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. Zootaxa 3148: 203-208.

Viviani, V. R. 2001. Fireflies (Coleoptera: Lampyridae) from Southeastern Brazil: Habitats, life history, and bioluminescence. Annals of the Entomological Society of America 94(1): 129-145.

Viviani, V. R., S. P. Rosa and M. A. Martins. 2012. *Aspisoma lineatum* (Gyllenhal) (Coleoptera: Lampyridae) firefly: Description of the immatures, biological, and ecological aspects. Neotropical Entomology 41: 89-94.

Wang, Y, X. Fu, C. Lei, M.-L. Jeng and O. Nobuyoshi. 2007. Biological characteristics of the terrestrial firefly *Pyrocoelia pectoralis* (Coleoptera: Lampyridae). The Coleopterists Bulletin 61(1): 85-93.

Yiu, V. 2017. A study of Rhagophthalmidae and Lampyridae in Hong Kong with descriptions of new species (Coleoptera): Part 2. Lampyrid 4:67-119.

Zar, J. H. 1999. Biostatistical Analysis, 4th ed. Prentice-Hall, London.