

## 以網路攝影機監測 菱形奴草繁殖期的物候現象及來訪動物

鄭美如<sup>1)</sup> 陳建文<sup>2)</sup> 葉耕帆<sup>3)</sup> 謝君謙<sup>4)</sup> 陳燕章<sup>1)</sup> 張勵婉<sup>1,5)</sup>

### 摘要

本研究在台灣中部蓮華池森林，針對寄生性植物菱形奴草(*Mitrastemon kanehirai*)以網路攝影機進行24小時的遠端自動攝影監測，每30分鐘拍攝一張，記錄其植株自冒出地面後，從鱗葉的發育、開花、結果至種子散布的全部過程，並將所拍攝的影像進行判識與統計分析，以了解菱形奴草繁殖期之雌雄花器、種子成熟、及散布的各期物候之時間表現，以及各期來訪的動物。本研究可補足過去人力觀察時間限制之不足，獲得其生物學的基礎資料，並作為保育及復育時的參考依據。本研究於2014年10月1日至2015年2月3日共拍攝5240張照片，分析結果顯示菱形奴草之鱗葉期為10月1日~11月13日(平均為 $40.6 \pm 2.4$ 天)；雄花期為11月7~11月22日(平均 $7.4 \pm 1.8$ 天)，雌花期為11月14~11月30日(平均 $6.5 \pm 2.0$ 天)；結果期為11月20日~隔年1月16日(平均 $29.6 \pm 10.9$ 天)；種子散布期為隔年1月21日~2月3日(平均 $11.3 \pm 6.7$ 天)。繁殖期間來訪的動物種類，以鱗葉期來訪的物種比例最少(3.82%)，而後依次為雄花期(4.89%)、結果期(19.96%)、雌花期(20.55%)，而種子散布期來訪的物種比例則最多(50.78%)；探討來訪的動物物種比例之差異，推測和奴草所回饋給來訪者的蜜液和氣味有關；動物來訪的時段比例，夜間(19:00~04:00)占45.70%，白天(07:00~16:00)占24.36%，黃昏(16:00~19:00)及清晨(04:00~07:00)各占19.24及10.71%。比較往昔研究方法，利用網路攝影機進行遠端自動攝影觀察，更能確實記錄繁殖過程中各物候期的時間表現與各期來訪的動物。此外，新紀錄的動物種類包括蜘蛛、蟾蜍、鞘翅目之擬步行蟲、潮蟲目之鼠婦，及大量鱗翅目的幼蟲等，牠們是否與授粉以及種子傳播有關，需要其它監測實驗方能證實。

關鍵詞：網路攝影機、菱形奴草、繁殖期、物候。

鄭美如、陳建文、葉耕帆、謝君謙、陳燕章、張勵婉。2017。以網路攝影機監測菱形奴草繁殖期的物候現象及來訪動物。台灣林業科學32(3):251-57。

<sup>1)</sup> 林業試驗所技術服務組，10066台北市南海路60號 Division of Technical Service, Taiwan Forestry Research Institute, 60 Nanhai Rd., Taipei 10066, Taiwan.

<sup>2)</sup> 林業試驗所植物園組，10066台北市三元街67號 Division of Botanical Garden, Taiwan Forestry Research Institute, 67 Sanyuan Rd., Taipei 10066, Taiwan.

<sup>3)</sup> 林業試驗所保護組，10066台北市三元街67號 Division of Forest Protection, Taiwan Forestry Research Institute, 67 Sanyuan Rd., Taipei 10066, Taiwan.

<sup>4)</sup> 私立中國文化大學森林暨自然資源保育學系，11114台北市陽明山華岡路55號 Department of Forestry and Nature Conservation, Chinese Culture University, 55 Hwa-Kang Road, Yang-Ming-Shan, Taipei, 11114, Taiwan.

<sup>5)</sup> 通訊作者 Corresponding author, e-mail:liwanc@tfri.gov.tw

2016年6月送審 2016年12月通過 Received June 2016, Accepted December 2016.

## Research note

## Observations of the phenology of *Mitrastemon kanehirai* and animals that visited it during the reproductive season with a network camera

Meei-Ru Jeng,<sup>1)</sup> Chien-Wen Chen,<sup>2)</sup> Geng-Fang Yeh,<sup>3)</sup>  
Chun-Chien Hsieh,<sup>4)</sup> Yan-Chang Chen,<sup>1)</sup> Li-Wan Chang<sup>1,5)</sup>

### 【 Summary 】

A network of video cameras was used to monitor a parasitic plant, *Mitrastemon kanehirai*, for 24 h a day with every 30 min per image from the beginning of scale-leaf development, to the flower-blooming, fruiting, and seed-dispersal stages. The purposes of this study were, by analyzing captured images, to understand the timespan of the reproductive period and identify visiting animals to *M. kanehirai* in the Lienhuachih forest, central Taiwan. The research achievements may make up for shortages of manpower and survey times, and be used as a reference for conservation and restoration of *M. kanehirai*. In this study, 5240 images taken from 1 October, 2014 to 3 February, 2015 were analyzed. Results showed that the dates and average times of the stages of scale-leaf development, androecium, gynoecium, fruiting, and seed dispersal were 1 October~13 November (40.6±2.4 d), 7~22 November (7.4±1.8 d), 14~30 November (6.5±2.0 d), 20 November~16 January (29.6±10.9 d) and 21 December~3 February (11.3±6.7 d), respectively. Percentages of visiting animals in each stage of *M. kanehirai* were: 3.82% (the lowest) for the scale-leaf development stage, and 4.89, 19.96, 20.55, and 50.78% (the highest) for the androecium stage, fruiting stage, gynoecium stage, and seed-dispersal stage, respectively. This might have been affected by the secretion of nectar and odor from *M. kanehirai*. Visiting animals of *M. kanehirai* were 45.70% at night (19:00~04:00), 24.36% during daytime (07:00~16:00), 19.24% in the late evening (16:00~19:00), and 10.71% for early morning (04:00~07:00), respectively. Our results suggested that using a monitoring network can precisely monitor the phenology of reproduction and animals visiting *M. kanehirai*. Moreover, spiders, toads, and the Tenebrionidae are new records visiting *M. kanehirai*.

**Key words:** network camera, *Mitrastemon kanehirai*, reproductive season, phenology.

**Jeng MR, Chen CW, Yeh GF, Hsieh CC, Chen YC, Chang LW. 2017.** Observations of the phenology of *Mitrastemon kanehirai* and animals that visited it during the reproductive season with a network camera. *Taiwan J For Sci* 32(3):251-57.

植物的繁殖及訪花授粉動物的研究，傳統多仰賴於密集的人工觀察與記錄，但資料獲得常礙於時間和人力有所限制。近年來由於自動

監測系統的發展，利用自動相機或攝影機進行監測(Suetsugu and Tanaka 2013a, b, 2014, Zaller et al. 2015)，並結合環境感測網絡以有線或無

線網路進行影像的自動傳輸與倉儲，來替代密集的人力觀察，使得資料獲取的便利性與正確性已大幅提升(Mainwaring et al. 2002, Kung et al. 2008, Rundel et al. 2009, Peter et al. 2010, Lu et al. 2011)。

菱形奴草(*Mitrastemon kanehirai* Yamamoto) 屬於大花草科(Rafflesiaceae)，為一年生的台灣特有寄生性植物，僅分布蓮華池及東眼山等二個地點，依照國際自然保育聯盟(International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, IUCN)的分類標準，被評定屬嚴重瀕臨絕滅(critically endangered, CR)等級(Lu et al. 1997)；其寄生於殼斗科(Fagaceae)植物的根部，僅在繁殖期植株出土，開花、授粉、結實，種子傳播後，地面上的植株又會凋萎；對於菱形奴草自地面冒出後生殖期的研究，迄今僅止於開花及結實現象的描述(Yamamoto 1925, Huang 1976, 1996, Yao and Hsu 1996)，並未有記錄鱗葉期、雌雄花期、結果期及種子散布期等，不同繁殖期之物候時間表現的量化數據。

有關其授粉昆蟲研究，僅Liou (2000)在菱形奴草開花期利用黏蟲紙套於植株周圍4天，採集訪花的昆蟲，及在日間(08:00~17:00)以人工觀察記錄昆蟲及動物的覓食行為；與Lu (2007)研究證實螞蟻為菱形奴草的授粉者等兩篇研究外，關於菱形奴草於雌、雄蕊成熟、結實、種子散布及夜晚等不同時期的來訪動物，目前尚無更詳細的研究。

本研究在台灣中部林業試驗所蓮華池試驗林地內之菱形奴草生育地(23°55'9"N, 120°52'54"E)，架設一部具夜視紅外線功能之網路攝影機(AXIS Q1765-LE，解析度1920×1080)，自2014年10月1日起至2015年2月3日止，24小時運行，每30分鐘一張，記錄菱形奴草自地面後繁殖期的全部過程；除去無法辨識或失敗的照片，共計拍攝5240張照片，並將影像進行判識與統計分析，以了解菱形奴草在繁殖期雌雄蕊成熟、結實、種子散布的各物候期的時間表現，及各期間來訪的動物。

本研究將菱形奴草繁殖過程分為5期：鱗葉期，奴草於地面冒出至所有鱗葉完全打開；雄花

期，頂端鱗葉打開筒狀雄蕊露出至雄蕊筒脫落；雌花期，雄蕊脫落露出白色柱頭至柱頭接受花粉變黑褐色；結果期，柱頭變全黑子房變圓膨大；及種子散布期，黑色柱頭脫落露出胎座與種子，種子完全散布後剩下空的胎座。各期日期紀錄是以該期第一株表現開始，至最後一株該期表現結束，利用所拍攝的照片以單株個體計算各期之維持時間，單株加總平均後再計算拍攝族群各期之平均值及標準差，代表繁殖過程中各物候期表現的日期和所持續的天數。

統計各期來訪的動物為出現於各期植株上的動物種類及照片張數，若一張照片出現多種生物時，會於各種類分別紀錄；各類型來訪的動物以百分比呈現，計算方式為出現物種張數除以全部統計的張數。另將出現時間區分為夜間(19:00~04:00)、清晨(04:00~07:00)、日間(07:00~16:00)及傍晚(16:00~19:00)等4個時段，統計不同時間來訪動物之百分比，計算方式亦為該時段出現物種張數除以全部統計的張數。

本研究共觀察紀錄18株個體，18株個體中有1株在鱗葉期即凋萎無開花，剩下17株個體；鱗葉期自10月1日至11月13日(平均為 $40.6 \pm 2.4$ 天)，雄花期自11月7日至11月22日(平均 $7.4 \pm 1.8$ 天)，雌花期自11月14日至11月30日(平均 $6.5 \pm 2.0$ 天)。花期結束後之17株個體，其中有7株未發育，剩下10株個體，結果期自11月20日至隔年1月16日(平均 $29.6 \pm 10.9$ 天)，種子散布期自12月21日至2月3日(平均 $11.3 \pm 6.7$ 天)。

統計各期來訪動物種類的百分比詳見Table 1。以鱗葉期的來訪物種比例最少(3.82%)，而後依次為雄花期(4.89%)、結果期(19.96%)、雌花期(20.55%)，而種子散布期來訪的物種比例最多(50.78%)。所有來訪的物種中，以昆蟲的膜翅目之蟻科(*Atta* sp.)占有比例最高(44.03%)，鱗翅目的幼蟲次之(30.53%)，另依次為雙翅目(7.44%)和蜚蠊目(6.65%)昆蟲；而非昆蟲類的動物以蜘蛛所占的比例最高(4.60%)，其他各類物種的來訪比例皆不到1%。比較各期各物種來訪比例，鱗葉期以非昆蟲類的蜘蛛類來訪比例最高(1.76%)；雄花期、雌花期及結果期皆是以膜翅目的蟻科最多，分

**Table 1. Animals visting *Mitrastemon kanehirai* in each stage of the reproductive season**

stages animals	Scale-leaves (%)	Androecium (%)	Gynoecium (%)	Fruit (%)	Seed dispersal (%)	Total (%)
Blattodeans	0.69	0.98	0.88	1.47	2.64	6.65
Coleopterans	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.10
Dipterans	0.10	1.08	0.29	2.15	3.82	7.44
Lepidopterans	0.00	0.00	0.10	0.00	1.27	1.37
Lepidopteran larvae	0.00	0.00	0.00	0.00	30.53	30.53
Orthopterans	0.49	0.59	0.20	0.20	0.10	1.57
Hymenopterans	0.69	0.10	0.78	0.10	1.08	2.74
Hymenopterans ( <i>Atta</i> sp.)	0.00	1.96	17.61	15.36	9.10	44.03
Amphibians	0.10	0.00	0.00	0.10	0.00	0.20
Mammals	0.00	0.00	0.10	0.10	0.00	0.20
Birds	0.00	0.10	0.00	0.20	0.10	0.39
Spiders	1.76	0.10	0.29	0.29	2.15	4.60
Others	0.00	0.00	0.20	0.00	0.00	0.20
Total	3.82	4.89	20.55	19.96	50.78	100.00

別為1.96、17.61及15.36%而種子散布期則是以鱗翅目的幼蟲來訪比例最高30.53%，膜翅目的蟻科次之9.10%及雙翅目排名第三3.82%。

植物為利生殖繁衍，用來回饋動物的物質中，最普遍的是蜜液(Simpson and Neff 1983)，菱形奴草主要也利用蜜液吸引授粉者，Liou (2007)研究指出，奴草的蜜液在鱗葉完全展開後1~2天開始分泌，雄蕊筒脫落進入雌蕊期的當天進入分泌高峰期，整個雌蕊期蜜液體積持續保持大量分泌，進入結果期後，再出現第二個蜜液分泌高峰，之後蜜液分泌量便持續減少，與本研究統計來訪的生物比例以雌花期(20.55%)與結果期(19.96%)來訪的物種比例最高，而鱗葉期來訪的生物比例最少(3.82%)之趨勢相符合。除蜜液外，氣味亦為吸引生物前來拜訪的重要因子(Qing 1987)。成熟的果實在花柱基部開裂，脫落後露出胎座與種子，而後胎座開始瓦解呈黏稠狀，並流出黏稠的液體，有濃烈的發酵氣味(Liou 2000)；發酵的氣味在種子散布期對昆蟲有極大的吸引力(Qing 1987)，在本研究結果中，此時期來訪的昆蟲比例亦高。

所有來訪的物種中，統計以昆蟲的膜翅目之蟻科占有比例最高(44.03%)，而如以各繁殖期而言，雌蕊期、結果期及種子散布期蟻科來

訪比例皆高，分別為17.61、15.36及9.10%。Liou (2000)研究台灣奴草屬授粉現象時指出，膜翅目的蟻科拜訪菱形奴草比例高達25.44%，而Lu (2007)進一步證實蟻科確實可為菱形奴草授粉，可解釋為何在雄、雌蕊期蟻科來訪的比例高。而結果期蟻科可能也被蜜液所吸引，來訪比例亦高；在種子散布期，蟻科的高來訪比例，同為大花草科的*Bdallophyton bambusarum*的種子，曾被報導是藉由蟻科散布種子(Garcia-Franco and Rico-Gray 1997, Heide-Jørgensen 2008)。而蟻科來訪是否對於菱形奴草的種子傳播有影響，尚需進行其他操作實驗。

本研究方法在雄、雌花期訪花最多的昆蟲排名，分別為膜翅目、蜚蠊目以及雙翅目，而Liou (2000)利用誘蟲紙捕捉收集昆蟲相排名卻為雙翅目、膜翅目、及鱗翅目；推測可能是因誘蟲紙的捕捉是以雙翅目及鱗翅目為主。

統計各時段來訪動物相比例如Table 2，夜間(19:00~04:00)來訪的物種占45.70%，白天(07:00~16:00)占24.36%，黃昏(16:00~19:00)及清晨(04:00~07:00)來訪分別為19.24%及10.71%。本研究顯示夜晚(19:00~04:00)到訪的物種比例最多，但傳統以人工觀察法大多是在白天(08:00~17:00)進行，本研究白天

**Table 2. Animals visting *Mitrastemon kanehirai* at different times**

times	19:00~04:00	04:00~07:00	07:00~16:00	16:00~19:00
animals	(%)	(%)	(%)	(%)
Blattodeans	2.91	0.42	0.00	3.33
Coleopterans	0.00	0.00	0.10	0.00
Dipterans	0.91	0.61	5.62	0.30
Lepidopterans	0.00	0.11	0.93	0.33
Lepidopteran larvae	23.37	3.39	0.00	3.77
Orthopterans	0.60	0.24	0.36	0.36
Hymenopterans	0.00	0.30	2.23	0.20
Hymenopterans ( <i>Atta</i> sp.)	14.93	4.48	14.93	9.70
Amphibians	0.10	0.00	0.00	0.10
Mammals	0.10	0.00	0.00	0.10
Birds	0.00	0.10	0.20	0.10
Spiders	2.65	1.06	0.00	0.88
Others	0.13	0.00	0.00	0.07
Total	45.70	10.71	24.36	19.24

(07:00~16:00)及黃昏(16:00~19:00)來訪的物種共為41.50%，顯示利用24小時的自動攝影觀察，更能確實呈現繁殖期的來訪生物。

另檢視各物種出現時間(Table 2)，膜翅目中之蟻科類在全天各時段皆會出現，且出現比例高；除了蟻科外，夜間(7PM-4AM)以蜚蠊目、蜘蛛、鱗翅目幼蟲為主(2.91、2.65、23.37%)，而白天(7AM-4PM)主要以雙翅目、非蟻科的膜翅目及鱗翅目之成蟲為主(5.62、2.23、0.93%)。此外，非昆蟲類物種的來訪比例極少，哺乳類及兩棲類主要出現於傍晚及夜晚、鳥類則出現於清晨、白天及傍晚，入夜後則未出現。

有關非昆蟲類的來訪物種，Watanabe (1933)研究日本奴草(*M. yamamotoi*)時證實，綠繡眼(*Zosterops japonicus*)會取食奴草的種子，排出無法消化的種子而有利於其傳播。本研究並無發現綠繡眼在種子散布期取食菱形奴草，而在結果期及種子散布期，拍攝到頭烏線(*Schoeniparus brunnea*)的到訪記錄，Liou (2000)利用望遠鏡觀察發現該鳥類有取食菱形奴草的行為；此外，亦拍攝到松鼠類(*Callosciurus* sp.)，推測此兩種動物有利於菱形奴草種子之傳播。

和過去的研究相比較，來訪的動物

中，本研究增加蜘蛛類、兩棲類之蟾蜍(*Duttaphrynus* sp.)、潮蟲目(Oniscidea)的鼠婦(*Armadillidium vulgare*)、鞘翅目昆蟲之擬步行蟲(*Tenebrionidae*)、以及鱗翅目的幼蟲等新紀錄。推測因菱形奴草開花結實吸引大量的昆蟲來訪，而兩棲類或蜘蛛類的出現是獵食昆蟲；而鞘翅目的昆蟲來訪期間為雌花期，停留在雌蕊的柱頭上，推測此被奴草之花蜜或氣味吸引；另在奴草的種子散布期出現大量鱗翅目的幼蟲，但無從得知該幼蟲是吸食菱形奴草胎座分泌出的汁液或是啃食菱形奴草鱗葉。以上幾類生物的來訪監測，需進行其他野外控制實驗。

本研究建置完整之生態感測網絡系統，進行菱形奴草長時間自動攝影觀察，結果更能確實呈現菱形奴草在繁殖期不同物候期的時間表現及來訪生物，研究成果累積了瀕危物種生殖生物學的基本資料，並可作為保育及復育時的參考依據。

## 致謝

本研究為愛台12建設所研提之政府第四階段電子化計畫，屬「智慧生態計畫：生態及生物多樣性資訊基礎建設與應用計畫」，經費由經建會及科技計畫統籌編列支應。特別感謝蓮



華池研究中心工作人員，黃照翔及蘇耀瑩先生協助野外儀器設置及維護，林業試驗所陸聲山博士協助蜂類辨識，以及兩位匿名者的審查及寶貴意見，本研究才得以完成，特此致謝。

## 參考文獻

- Garcia-Franco JG, Rico-Gray V. 1997.** Reproductive biology of the holoparasitic endophyte *Bdallophyton bambusarum* (Rafflesiaceae). *Bot J Linn Soc.* 123:237-47.
- Heide-Jørgensen HS. 2008.** Parasitic flowering plants. Leiden, Germany and Boston, MA, Koninklijke Brill NV.
- Huang TC (Chief Editor). 1976.** Flora of Taiwan, 1st ed., Vol. 2. Taipei, Taiwan: Department of Botany, National Taiwan Univ.
- Huang TC (Chief Editor). 1996.** Flora of Taiwan, 2nd ed., Vols. 2. Taipei, Taiwan: Department of Botany, National Taiwan Univ.
- Kung HY, Li CL, Ou CY, Kuo CW, Chen CC. 2008.** Natural ecology sensing system based on solar power -the case studying for Dan Shui mangrove environment. *Comput Sci and Appl* 4(2):105-21.
- Lu SS, Perry M, Nekrasov M, Fountain T, Arzberger P, Wang YH, Lin CC. 2011.** Automatic analysis of camera image data: an example of honey bee (*Apis cerana*) images from the Shanping wireless sensor network. *Taiwan J For Sci* 26(3):305-11.
- Liou SY. 2000.** Studies on pollination and population genetics of *Mitrastemon* in Taiwan MS thesis. Taichung, Taiwan: National Chung-Hsing Univ. 97 p. [in Chinese with English summary].
- Liu YY. 2007.** Nectary structure and nectar secretion dynamics and composition of *Mitrastemon* in Taiwan MS thesis. Taichung, Taiwan: National Chung-Hsing Univ. 52 p. [in Chinese with English summary].
- Lu SL. 2007.** Study on ant-pollination of *Mitrastemon* in Taiwan. MS thesis. Taichung, Taiwan: National Chung-Hsing Univ. 46 p. [in Chinese with English summary].
- Lu SY, Chiou WL, Kuo CM. 1997.** Rare and endangered plants in Taiwan. Taipei. Taiwan: Council of Agriculture, Executive Yuan...
- Mainwaring A, Culler D, Polastre J, Szewczyk R, Anderson J. 2002.** Wireless sensor networks for habitat monitoring. In *Proceeding of the 1st ACM International Workshop on Wireless Sensor Networks and Applications*. New York: American for Computing Machinery. p 88-97.
- Qing JD. 1987.** The relationship between insects and plants. Beijing. China: Chinese Science and publishing Media. 227 p.
- Rundel PW, Graham EA, Allen MF, Fisher JC, Harmon TC. 2009.** Environmental sensor networks in ecological research. *New Phytol* 182:589-607.
- Porter J, Lin CC, Smith DE, Lu SS. 2010.** Ecological image databases: from the webcam to the researcher. *Ecol Inform* 5(1):51-8.
- Simpson BB, Neff JL. 1983.** Evolution and diversity of floral rewards. In: Jones CE, and Little RJ editors. *Handbook of experimental pollination biology*. New York: Van Nostrand Reinhold Company Inc. p 142-59.
- Suetsugu K, Tanaka K. 2013a.** Moths visiting the flowers of the orchid *Platanthera japonica*. *Entomol News* 123:78-80.
- Suetsugu K, Tanaka K. 2013b.** Pollination of *Sedirea japonica* (Orchidaceae) by *Bombus diversus diversus* (Hymenoptera: Pidae). *Eur J Entomol* 110:545-8.
- Suetsugu K, Tanaka K. 2014.** Diurnal butterfly pollination in the orchid *Habenaria radiata*. *Entomol Sci* 17:443-5.
- Watanabe K. 1933.** Biologie von *Mitrastemon yamamotoi* Makino (Rafflesiaceae). I. fruchte und samen. *Bot Mag Tokyo* 47:798-805.
- Yamamoto Y. 1925.** Species nova Rafflesiacearum ex Formosa. *Bot Mag Tokyo* 39:142-145, t. 1-15.

**Yao NY, Hsu SC. 1996.** A preliminary biological study of two varieties of *Mitrastemon yamaotoi* separately at Chi-tou and Lien-hua-chi in Taiwan. Q. J. Exp For Natl Taiwan Univ. 10(2):131-44.

**Zaller JG, Kerschbaumer G, Rizzoli R, Tiefenbacher A, Gruber E, Schedl H. 2015.** Monitoring arthropods in protected grasslands: comparing pitfall trapping, quadrat sampling and video monitoring. Web Ecol 15:15-23.

