



พฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 นฤมล นีมลป^{1*} และวันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ²

Mating Behavior of firefly, *Trisinuata* sp.1

Naruemon Nimlob^{1*} and Wandee Wattanachaiyingcharoen²

^{1,2} ภาควิชาชีววิทยา และสถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านความหลากหลายทางชีวภาพภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย
นเรศวร จังหวัดพิษณุโลก 65000

^{1,2} Department of Biology and Center of Excellence for Biodiversity, Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000

*Corresponding author. E-mail: naruemonnim19@gmail.com

บทคัดย่อ

หิ่งห้อยมีพฤติกรรมการกะพริบแสงเพื่อเป็นสื่อสัญญาณในการผสมพันธุ์โดยมีรูปแบบการกะพริบแสงที่แตกต่างกันในแต่ละชนิด หิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 พบได้ในพื้นที่ภาคเหนือของไทย ขณะนี้ยังไม่สามารถระบุชนิดได้และคาดว่าอาจจะเป็นหิ่งห้อยชนิดใหม่ของไทย แต่เนื่องจากยังขาดข้อมูลทางด้านชีววิทยาที่เกี่ยวข้องที่จะใช้ในการระบุชนิดจึงได้ทำการศึกษาพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมผสมพันธุ์และสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการจัดจำแนกชนิดของหิ่งห้อยในสกุล *Trisinuata* จากการจับคู่หิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 จำนวน 15 คู่ พบว่าหิ่งห้อยมีรูปแบบพฤติกรรมการผสมพันธุ์แบ่งออกเป็น 5 ช่วง ประกอบด้วย 1) ช่วงหยุดนิ่ง 2) ช่วงก่อนการเกี่ยวพาราสี 3) ช่วงเกี่ยวพาราสี 4) ช่วงที่หิ่งห้อยเพศผู้ขึ้นคร่อมหิ่งห้อยเพศเมีย และ 5) ช่วงผสมพันธุ์ ซึ่งในแต่ละช่วงพฤติกรรมการผสมพันธุ์หิ่งห้อยมีการกะพริบแสงในรูปแบบที่แตกต่างกันสามารถจำแนกออกเป็น 3 รูปแบบ โดยแต่ละรูปแบบของการกะพริบแสงมีค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาที่เกิดแสง (pulse duration) ค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงแต่ละครั้ง (flash interval) และลักษณะของกราฟการกะพริบแสงที่แตกต่างกัน ข้อมูลดังกล่าวนี้เป็นการรายงานครั้งแรกของพฤติกรรมการผสมพันธุ์ในหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1

คำสำคัญ: พฤติกรรมการผสมพันธุ์ รูปแบบการกะพริบแสง

Abstract

Firefly is known in producing of light for communication within species. The difference in flash pattern resulted in species specific communication. *Trisinuata* sp.1 was found in Northern Thailand and has not been recorded as a novel species due to insufficient data of their biology. In order to obtain those data on mating behaviour for species description, we carried a study on mating behaviour of a firefly, *Trisinuata* sp.1 in a laboratory condition. Fifteen pairs of firefly were allowed to perform mating behaviour. This behaviour consists of 5 durations; i.e. 1) immobile duration, 2) pre-courtship duration, 3) courtship duration, 4) mounting duration and 5) copulating duration. In each duration, males illuminated different flash types which can be divided into 3 types. Each flash type showed differences in pulse duration mean, mean of flash interval and pattern of flash signals. These data was the first report of mating behavior of firefly, *Trisinuata* sp.1 in the laboratory condition.

Keywords: mating behaviour, flash communication patterns



บทนำ

หิ่งห้อย (firefly) เป็นตัวปีกแข็งจัดอยู่ในวงศ์ Lampyridae มีลักษณะแตกต่างจากแมลงอื่น คือ มีอวัยวะเปล่งแสง (light organ) อยู่บริเวณส่วนปลายของปล้องท้องด้านล่าง เป็นแมลงที่มีกิจกรรมส่วนใหญ่ในเวลากลางคืน (nocturnal) หิ่งห้อยในระยะตัวเต็มวัยใช้การกะพริบแสงเพื่อการเกี้ยวพาราสีและส่งสัญญาณเพื่อบอกตำแหน่งแก่คู่ผสมพันธุ์ ทั้งนี้หิ่งห้อยแต่ละชนิดจะมีรูปแบบของการกะพริบแสง สี ตลอดจนจำนวนครั้ง ความถี่ และความยาวของช่วงเวลาในการกะพริบแสงที่ต่างกัน ตัวอย่างเช่น จากรายงานการศึกษารูปแบบการกะพริบแสง (flash pattern) ของหิ่งห้อยในสกุล *Photinus* พบว่าหิ่งห้อยแต่ละชนิดในสกุลนี้มีรูปแบบการกะพริบแสงที่ต่างกัน (Lloyd, 1966, p. 6) หิ่งห้อยสามารถรับรู้สัญญาณเฉพาะของการกะพริบแสงที่เพศตรงข้ามในชนิดเดียวกันส่งมาเพื่อการจับคู่ผสมพันธุ์และช่วยป้องกันการผสมพันธุ์ข้ามชนิด (Branham & Wenzel, 2003, p. 2)

จากการศึกษาอนุกรมวิธานและการกระจายตัวของหิ่งห้อยที่พบในภาคเหนือของประเทศไทยได้รายงานการพบหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 โดยพบในบริเวณพื้นที่ราบที่มีลักษณะเป็นที่ราบลุ่มและพื้นที่ทางการเกษตร (Nak-eiam, 2015, pp. 223-230) และเป็นหิ่งห้อยที่ยังไม่สามารถจัดจำแนกในระดับชนิดได้เมื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานกับหิ่งห้อยอีก 8 ชนิดในสกุลเดียวกันที่มีรายงานมาก่อนหน้า โดยอ้างอิงจากรูปวิธาน (Ballantyne & Lambkin, 2013, pp. 112-122) และเนื่องจากหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 มีบางลักษณะทางสัณฐานที่มีความซับซ้อนและคล้ายคลึงกับหิ่งห้อยชนิดอื่นในสกุลเดียวกันและต่างสกุล ซึ่งข้อมูลลักษณะทางสัณฐานของหิ่งห้อยเพียงอย่างเดียวอาจทำให้การจัดจำแนกมีความคลาดเคลื่อนได้ ดังนั้นการใช้ข้อมูลด้านอื่น ๆ เช่น พฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อยที่ศึกษามาใช้เป็นส่วนหนึ่งเพื่อประกอบในการจัดจำแนกทางอนุกรมวิธานจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ตัวอย่างเช่น รายงานการให้ชื่อชนิดใหม่ของหิ่งห้อย *Pygoluciola qingyu* (Fu & Ballantyne, 2008, pp. 12) ซึ่งได้มีการศึกษาพฤติกรรมการเปล่งแสงของหิ่งห้อย โดยพบว่าพฤติกรรมการเปล่งแสงของหิ่งห้อย *Pygoluciola qingyu* มีช่วงระยะเวลาที่เกิดแสง (pulse duration) ประมาณ 2.4-4 วินาที ในการรายงานหิ่งห้อยสกุลใหม่ *Abcondita* (Ballantyne, et al., 2013, p. 45) มีการศึกษารูปแบบการกะพริบแสงของหิ่งห้อยที่มีสีและขนาดของลำตัวที่ใกล้เคียงกัน ได้แก่ หิ่งห้อย *Abcondita terminalis* และหิ่งห้อย *Abcondita chinensis* พบว่าหิ่งห้อยทั้ง 2 ชนิดนี้มีพฤติกรรมการกะพริบแสงที่มีรูปแบบเป็นกลุ่ม (multiple flash) และมีช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงแต่ละครั้ง (flash interval) ต่างกัน คือ หิ่งห้อย *Abcondita terminalis* มีช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงแต่ละครั้งประมาณ 1.5 วินาที ส่วนหิ่งห้อย *Abcondita chinensis* มีช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงแต่ละครั้งนานกว่าหิ่งห้อย *Abcondita terminalis* คือประมาณ 2.8 วินาที แต่อย่างไรก็ตาม การจัดจำแนกหิ่งห้อยชนิด *Trisinuata* sp.1 นั้น ยังไม่สามารถทำได้เนื่องจากขาดข้อมูลด้านอื่น ๆ ประกอบการจัดจำแนก นอกเหนือจากข้อมูลทางด้านลักษณะทางสัณฐาน งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประกอบในการจัดจำแนกและยืนยันชนิดของหิ่งห้อยในสกุล *Trisinuata* ต่อไป

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการ

พฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1

1. รูปแบบพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ

ปล่อยหิ่งห้อยเพศผู้และเพศเมียอย่างละ 1 ตัว ลงในกล่องพลาสติกใส เพื่อให้หิ่งห้อยผสมพันธุ์กัน โดยใช้หิ่งห้อยจำนวน 15 คู่ ทำการศึกษาในห้องปฏิบัติการที่มีตมสนิท เริ่มศึกษาตั้งแต่วันที่ 18.00 น. เป็นต้นไป สังเกตพฤติกรรมการผสมพันธุ์ และบันทึกพฤติกรรมต่าง ๆ ด้วยกล้องวิดีโอ (Sony handycam รุ่น DCR-SR62 ระบบ nightshot mode) เพื่อติดตามพฤติกรรมที่เกิดขึ้น หลังจากที่พบว่าหิ่งห้อยมีการผสมพันธุ์แล้วหิ่งห้อยเพศเมียจะวางไข่จึงจะเป็นการยืนยันว่าหิ่งห้อยประสบความสำเร็จในการผสมพันธุ์

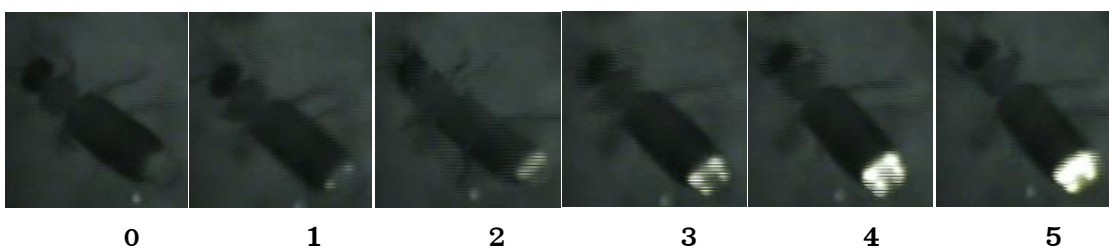


2. รูปแบบการสื่อสารด้วยการกะพริบแสงของหิ่งห้อย *Trisnuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ

สังเกตรูปแบบการสื่อสารด้วยการกะพริบแสงของพฤติกรรมที่เกิดขึ้นจากการจับคู่ผสมพันธุ์ของหิ่งห้อยในห้องปฏิบัติการด้วยการอ่านผลจากวิดีโอที่ได้จากข้อ 1. โดยแสดงผลเป็นภาพนิ่งด้วยโปรแกรม Ulead VideoStudio® 11 ดังรูปที่ 1 เปรียบเทียบระดับความสว่างของแสงบริเวณอวัยวะเปล่งแสงของหิ่งห้อยที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพ ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 6 ระดับความสว่าง (0-5) ดังรูปที่ 2 สังเกตระดับความสว่างของแสงที่เกิดขึ้นในแต่ละภาพและบันทึกตัวเลข (0-5) ที่ได้จากการสังเกตลงในโปรแกรม Microsoft® Excel และสร้างกราฟเส้นเพื่อแสดงรูปแบบการกะพริบแสง (flash pattern) ดังรูปที่ 3 (ดัดแปลงจากวิธีของ Thancharoen, 2007, pp. 25-31)



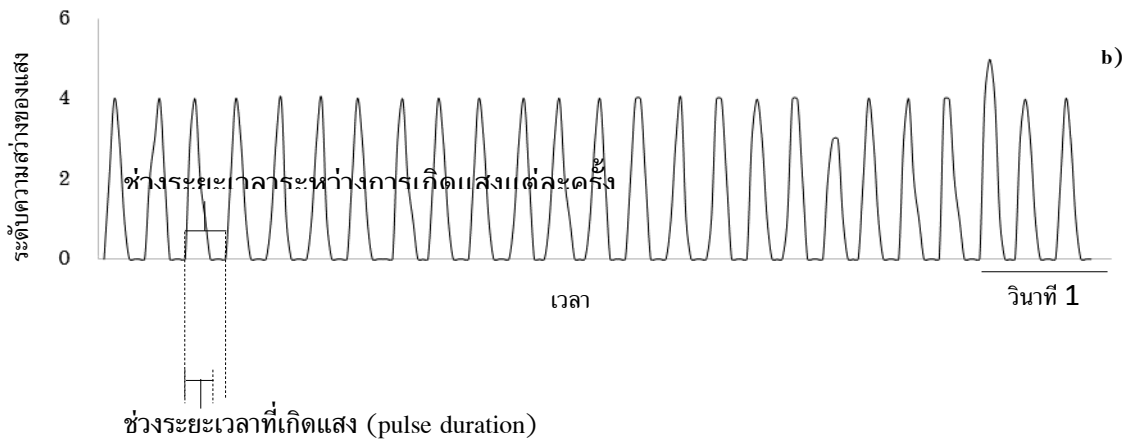
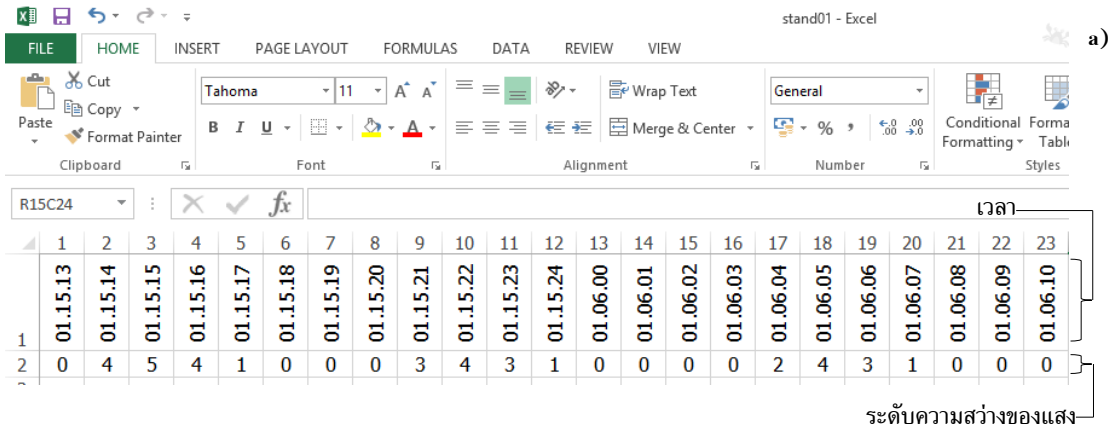
รูปที่ 1 การแสดงผลวิดีโอเป็นภาพนิ่งด้วยโปรแกรม Ulead VideoStudio® 11 (แสดงเวลา 00:00:00:00 = ชั่วโมง : นาที : วินาที : 1/25 วินาที)



รูปที่ 2 ระดับความสว่างของการกะพริบแสงทั้ง 6 ระดับซึ่งแบ่งออกเป็นระดับ 0-5 ตามสัดส่วนของความสว่างของแสงกับ



- พื้นที่ของอวัยวะเปล่งแสง โดย 0 หมายถึง ความสว่างเป็น 0% ของพื้นที่อวัยวะเปล่งแสง
- 1 หมายถึง ความสว่างประมาณ 20% ของพื้นที่อวัยวะเปล่งแสง
 - 2 หมายถึง ความสว่างประมาณ 40% ของพื้นที่อวัยวะเปล่งแสง
 - 3 หมายถึง ความสว่างประมาณ 60% ของพื้นที่อวัยวะเปล่งแสง
 - 4 หมายถึง ความสว่างประมาณ 80% ของพื้นที่อวัยวะเปล่งแสง
 - 5 หมายถึง ความสว่างเป็น 100% ของพื้นที่อวัยวะเปล่งแสง



รูปที่ 3 การวิเคราะห์รูปแบบการกะพริบแสงด้วยโปรแกรม Microsoft® Excel a) ข้อมูลช่วงเวลาที่เกิดการกะพริบแสงกับระดับความสว่างของแสง (0-5) b) กราฟเส้นที่สร้างจากข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างช่วงเวลาที่เกิดการกะพริบแสงกับระดับความสว่างของแสง

ผลการศึกษา

พฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ

1. รูปแบบพฤติกรรมการผสมพันธุ์ (mating behavior patterns) ของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ

จากการศึกษารูปแบบพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ โดยควบคุมให้มีอุณหภูมิ 25-27 °C ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% และมีช่วงแสงกลางวัน: กลางคืน เท่ากับ 12: 12 ชั่วโมง และจับคู่หิ่งห้อยเพศผู้และเพศเมียอย่างละ 1 ตัว ลงในกล่องทดลอง (กล่องพลาสติกใส) ปล่อยให้หิ่งห้อยผสมพันธุ์กัน ทำการบันทึกภาพพฤติกรรมด้วยกล้องวิดีโอ ตั้งแต่เวลา 18.00 น. จนกระทั่งเวลา 24.00 น. พบว่าหิ่งห้อยมีรูปแบบพฤติกรรมผสมพันธุ์แบ่งออกเป็น 5 ช่วง ประกอบด้วย 1) ช่วงหยุดนิ่ง 2) ช่วงก่อนการเกี่ยวพาราสิ 3) ช่วงการเกี่ยวพาราสิ 4)



ช่วงที่หึ่งห้อยเพศผู้ขึ้นคร่อมหึ่งห้อยเพศเมีย และ 5) ช่วงการผสมพันธุ์ โดยในแต่ละช่วงของพฤติกรรมการผสมพันธุ์ หึ่งห้อยมีรูปแบบของการกะพริบแสงที่แสดงออกแตกต่างกัน โดยสามารถอธิบายรูปแบบได้ในข้อ 2 (รูปแบบการสื่อสารด้วยการกะพริบแสง (flash communication patterns) ของหึ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ)

ช่วงหยุดนิ่ง (immobile duration)

เป็นช่วงแรกเริ่มของพฤติกรรมการผสมพันธุ์ หลังจากที่พักพิงห้องปฏิบัติการมีแสงน้อยลง หึ่งห้อยเพศผู้และเพศเมียจะเริ่มมีการขยับร่างกาย มีการทำความสะอาดร่างกายด้วยการใช้ขาหน้าใช้หรือถูส่วนปาก ตา หนวด และขาคู่อื่น มีการกะพริบปีกและบิดส่วนท้องไปมาเพื่อเตรียมพร้อมก่อนการผสมพันธุ์ ในหึ่งห้อยเพศเมียพบว่าการขยับส่วนของอวัยวะวางไข่ (ovipositor) โดยการยืดและหดกลับไปมา และในขณะที่หึ่งห้อยเพศผู้ใช้ขาหน้าใช้อวัยวะ ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายจะมีการกะพริบแสงเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง โดยมีรูปแบบการกะพริบแสงแบบส่องสว่างในรูปแบบที่ 1.1 (N=4) และรูปแบบที่ 1.2 (N=3) ในช่วงนี้อาจจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที

ช่วงก่อนการเกี่ยวพาราสี (pre-courtship duration)

หลังจากที่หึ่งห้อยเพศผู้และเพศเมียเตรียมความพร้อมของร่างกายเรียบร้อยแล้ว หึ่งห้อยเพศผู้จะเดินทั่วทั้งกล่องทดลองเพื่อหาหึ่งห้อยเพศเมีย บางครั้งอาจจะมีการหยุดอยู่กับที่สลับกับการเดินไปมา และมีการกะพริบแสงเป็นจังหวะอย่างต่อเนื่อง ซึ่งใช้ระยะเวลาประมาณ 30-35 นาที โดยในขณะที่หึ่งห้อยเพศผู้กำลังเดิน จะมีการกะพริบแสงในรูปแบบที่ 1.1 (N=8) และรูปแบบที่ 1.2 (N=2) และในขณะที่หึ่งห้อยเพศผู้หยุดอยู่กับที่จะมีการกะพริบแสงในรูปแบบที่ 1.1 (N=4) และรูปแบบที่ 1.2 (N=4) เช่นกัน และเมื่อหึ่งห้อยเพศผู้พบหึ่งห้อยเพศเมียที่เป็นเป้าหมาย หึ่งห้อยเพศผู้จะเข้าไปใกล้หึ่งห้อยเพศเมีย และหยุดอยู่กับที่พร้อมกับมีการกะพริบแสงในรูปแบบที่ 2 (N=5) เพื่อตึงตูดหึ่งห้อยเพศเมียเป็นระยะเวลาประมาณ 1.5-2 นาที

ช่วงเกี่ยวพาราสี (courtship duration)

เป็นช่วงภายหลังจากที่หึ่งห้อยเพศเมียมีการส่งสัญญาณตอบรับด้วยการกะพริบแสง (female responses) และก่อนที่หึ่งห้อยเพศผู้จะสามารถขึ้นคร่อมหึ่งห้อยเพศเมียได้สำเร็จ โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 1.5-2.5 นาที หึ่งห้อยทั้งเพศผู้และเพศเมียจะมีการสั่นหนวด และหึ่งห้อยเพศผู้จะเดินเข้าหาหึ่งห้อยเพศเมียพร้อมกับมีการกะพริบแสงที่มีช่วงระยะเวลาของระดับความสว่างของแสงสูงสุดยาวนาน (รูปแบบการกะพริบแสงรูปแบบที่ 3; N=4)

ช่วงที่หึ่งห้อยเพศผู้ขึ้นคร่อมหึ่งห้อยเพศเมีย (mounting duration)

เป็นช่วงที่หึ่งห้อยเพศผู้สามารถขึ้นคร่อมอยู่ทางด้านหลังของหึ่งห้อยเพศเมียได้สำเร็จ โดยใช้ระยะเวลาประมาณ 0.5-1 นาที หึ่งห้อยเพศผู้จะใช้หนวดแตะบริเวณ pronotum และหนวดของหึ่งห้อยเพศเมีย และใช้ส่วนปลายปล้องท้องของหึ่งห้อยเพศผู้สัมผัสที่ปลายปล้องท้องของหึ่งห้อยเพศเมีย พบว่าในช่วงที่หึ่งห้อยมีพฤติกรรมนี้จะมีรูปแบบการกะพริบแสงรูปแบบที่ 1.1 (N=4) และรูปแบบที่ 1.2 (N=1) และเมื่อหึ่งห้อยเพศผู้ขึ้นคร่อมอยู่ทางด้านหลังของหึ่งห้อยเพศเมียแล้วจะงอตัวและบิดส่วนท้องที่มีปล้องอวัยวะเปล่งแสงหันออกนอกลำตัวไปทางด้านหน้าของหึ่งห้อยเพศเมียพร้อมกับกะพริบแสง (รูปแบบการกะพริบแสงรูปแบบที่ 3; N=3)

ช่วงผสมพันธุ์ (copulating duration)

เป็นช่วงที่หึ่งห้อยเพศผู้สามารถผสมพันธุ์กับหึ่งห้อยเพศเมียได้สำเร็จ ซึ่งเกิดขึ้นหลังจากที่หึ่งห้อยเพศผู้สามารถขึ้นคร่อมทางด้านหลังของหึ่งห้อยเพศเมียและหึ่งห้อยเพศผู้จะยื่นส่วนปลายปล้องท้องปล้องที่ 8 และใช้อวัยวะสืบพันธุ์ (aedeagus) สอดเข้าไปตามช่องผสมพันธุ์ของหึ่งห้อยเพศเมีย (genital chamber) จากนั้นหึ่งห้อยเพศผู้จะหมุนตัวไปในทิศทางตรงข้ามและอยู่ในท่าที่ส่วนปลายปล้องท้องของหึ่งห้อยเพศผู้และเพศเมียชนกัน (tail-to-tail position) ในช่วงที่หึ่งห้อยผสมพันธุ์กันนั้นจะไม่มีมีการกะพริบแสง แต่เมื่อเกิดการสั่นสะเทือนหรือถูกรบกวน หึ่งห้อยจะมีการกะพริบแสงในรูปแบบที่ 1.1 (N=3) และรูปแบบที่ 1.2 (N=4) และเมื่อสิ้นสุดการผสมพันธุ์หึ่งห้อยเพศเมียจะดึงหึ่งห้อยเพศผู้และใช้ขาที่ 3 ผลักหึ่งห้อยเพศผู้ออกจากตัว ช่วงระยะเวลาในการผสมพันธุ์จะใช้เวลาประมาณ 2.20-2.50 ชั่วโมง



เมื่อการผสมพันธุ์สิ้นสุดลงทั้งห้อยเพศผู้และทั้งห้อยเพศเมียยังคงกะพริบแสงต่อไป โดยมีรูปแบบการกะพริบแสงรูปแบบที่ 1.1 และรูปแบบที่ 1.2 หลังจากทั้งห้อยเพศเมียได้รับการผสมพันธุ์แล้วเป็นระยะเวลา 2-3 วัน ทั้งห้อยเพศเมียจะเริ่มวางไข่อย่างต่อเนื่องจนกว่าไข่จะหมด ซึ่งเป็นการยืนยันว่าประสบความสำเร็จในการผสมพันธุ์

2. รูปแบบการสื่อสารด้วยการกะพริบแสง (flash communication patterns) ของทั้งห้อย *Trisinuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ

รูปแบบการสื่อสารด้วยการกะพริบแสงของทั้งห้อยเพศผู้

จากการสังเกตและวิเคราะห์รูปแบบการสื่อสารด้วยการกะพริบแสงของทั้งห้อยเพศผู้ในการผสมพันธุ์ด้วยการอ่านผลวิดีโอที่ได้จากข้อ 1. สามารถจำแนกรูปแบบการสื่อสารด้วยการกะพริบแสงของทั้งห้อยเพศผู้ที่มีความแตกต่างกันได้ 3 รูปแบบ คือ

การกะพริบแสงรูปแบบที่ 1 คือ การกะพริบแสงเพื่อส่องสว่าง (illumination flash) พบว่า มีรูปแบบการกะพริบแสงที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบ ประกอบด้วยการกะพริบแสงรูปแบบที่ 1.1 และการกะพริบแสงรูปแบบที่ 1.2 โดยจากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าลักษณะของกราฟรูปแบบการกะพริบแสงทั้ง 2 รูปแบบนี้มีลักษณะของกราฟเป็นกราฟเดี่ยว (single flash) ยอดกราฟปลายแหลม เนื่องจากเมื่อมีการเกิดแสงจนถึงระดับความสว่างสูงสุดแล้วแสงจะดับลงอย่างรวดเร็ว การกะพริบแสงทั้ง 2 รูปแบบนี้มีพิสัยของค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาที่เกิดแสง (pulse duration) ที่ใกล้เคียงกัน แต่พิสัยของค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงแต่ละครั้ง (flash interval) แตกต่างกัน

รูปแบบการกะพริบแสงรูปแบบที่ 1.1 มีพิสัยของค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาที่เกิดแสงประมาณ 0.11-0.27 วินาที (N=23) และมีช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงอยู่ระหว่าง 0.34-0.7 วินาที (N=23) (รูปที่ 4a; ตาราง 1)

รูปแบบการกะพริบแสงรูปแบบที่ 1.2 มีพิสัยของค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาที่เกิดแสงประมาณ 0.12-0.26 วินาที (N=14) และมีช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงอยู่ระหว่าง 0.81-1.72 วินาที (N=14) (รูปที่ 4b; ตาราง 1)

สามารถพบรูปแบบการกะพริบแสงทั้ง 2 รูปแบบนี้ ในช่วงที่ทั้งห้อยมีพฤติกรรมต่าง ๆ กัน คือ การทำความสะอาดร่างกายโดยใช้ขาคู่หน้าใช้อวัยวะส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย การหยุดอยู่กับที่ การเดินไปรอบ ๆ ภายในกล่องทดลอง การขึ้นคร่อมทางด้านหลังของทั้งห้อยเพศเมีย รวมทั้งในช่วงของการผสมพันธุ์

การกะพริบแสงรูปแบบที่ 2 คือ การกะพริบแสงเพื่อดึงดูดทั้งห้อยเพศเมีย (advertising flash) พบว่าการกะพริบแสงรูปแบบนี้มีลักษณะที่ใกล้เคียงกับการกะพริบแสงรูปแบบที่ 1.2 โดยมีพิสัยของค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสง (flash interval) ใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 0.86-1.61 วินาที (N=5) แต่พิสัยของค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาที่เกิดแสง (pulse duration) มีค่ามากกว่า คือประมาณ 0.31-0.36 วินาที (N=5) และพบว่าลักษณะของกราฟการกะพริบแสง มีลักษณะเป็นกราฟเดี่ยว (single flash) ยอดกราฟเป็นปลายตัด ซึ่งแตกต่างจากรูปแบบที่ 1.2 ที่กราฟเป็นปลายแหลม เนื่องจากระยะเวลาการเกิดแสงที่ระดับความสว่างสูงสุดนานกว่ารูปแบบที่ 1.2 (รูปที่ 4c; ตาราง 1) สามารถพบการกะพริบแสงรูปแบบนี้ในช่วงที่ทั้งห้อยเพศผู้พบทั้งห้อยเพศเมียที่เป็นเป้าหมาย โดยทั้งห้อยเพศผู้จะหยุดอยู่กับที่และกะพริบแสงเพื่อดึงดูดทั้งห้อยเพศเมีย

การกะพริบแสงรูปแบบที่ 3 คือ การกะพริบแสงเพื่อเกี้ยวพาราสี (courtship flash) พบว่ามีลักษณะของกราฟการกะพริบแสงเป็นกลุ่ม (multiple flash) ดังรูปที่ 4d; ตาราง 1 มีพิสัยของค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาที่เกิดแสงยาวนานกว่ารูปแบบการกะพริบรูปแบบอื่น โดยมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 0.52-0.75 วินาที (N=7) สามารถพบการกะพริบแสงรูปแบบนี้ในช่วงที่ทั้งห้อยเพศผู้มีพฤติกรรมเกี้ยวพาราสีกับทั้งห้อยเพศเมีย ซึ่งพบหลังจากที่ทั้งห้อยเพศผู้พบทั้งห้อยเพศเมียที่เป็นเป้าหมายและมีการส่งสัญญาณตอบรับจากทั้งห้อยเพศเมียแล้ว และพบในช่วงที่ทั้งห้อยเพศผู้ขึ้นคร่อมอยู่ทางด้านหลังของทั้งห้อยเพศเมียพร้อมกับการงอตัวและบิดส่วนท้องที่มีปล้องอวัยวะเปล่งแสงหันออกนอกลำตัวไปทางด้านหน้าของทั้งห้อยเพศเมีย



รูปที่ 4 กราฟรูปแบบการกะพริบแสงของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 เพศผู้ในห้องปฏิบัติการ a) รูปแบบที่ 1.1 b) รูปแบบที่ 1.2 c) รูปแบบที่ 2 และ d) รูปแบบที่ 3



ตาราง 1 ช่วงระยะเวลาที่เกิดแสง และช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงของการกะพริบแสงที่พบในพฤติกรรมต่าง ๆ ของหิ่งห้อยเพศผู้

รูปแบบที่	พฤติกรรม	ช่วงระยะเวลาที่เกิดแสง (วินาที)		ช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสง (วินาที)		จำนวนตัวอย่าง (ตัว)
		พิสัยของค่าเฉลี่ย	±SD	พิสัยของค่าเฉลี่ย	±SD	
1.1	การใช้	0.12-0.18	0.05	0.44-0.70	0.14	4
	การหยุดอยู่กับที่	0.11-0.20	0.06	0.34-0.62	0.27	4
	การเดิน	0.14-0.23	0.04	0.49-0.66	0.12	8
	การขึ้นคร่อม	0.15-0.27	0.06	0.41-0.66	0.17	4
	การผสมพันธุ์	0.14-0.16	0.02	0.49-0.59	0.15	3
1.2	การใช้	0.20-0.26	0.04	0.88-1.42	0.48	3
	การหยุดอยู่กับที่	0.12-0.22	0.06	0.82-1.72	0.51	4
	การเดิน	0.18-0.19	0.03	0.81-1.32	0.39	2
	การขึ้นคร่อม	0.24	0.06	1.39	0.39	1
	การผสมพันธุ์	0.13-0.24	0.05	0.83-1.30	0.27	4
2	การกะพริบแสงเพื่อดึงดูดหิ่งห้อยเพศเมีย	0.31-0.36	0.08	0.86-1.61	0.41	5
3	การเกี่ยวพาราสี	0.52-0.75	0.06	N/A [*]	N/A [*]	7

* การคำนวณช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงไม่สามารถคำนวณได้ในกรณีการกะพริบแสงที่มีรูปแบบเป็นแบบกลุ่ม (multiple flash)

สรุปผลการศึกษา

จากรูปแบบพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อย *Trisinuata* sp.1 ในห้องปฏิบัติการ พบว่าหิ่งห้อยมีการแสดงออกของรูปแบบพฤติกรรมการผสมพันธุ์แบ่งออกเป็นช่วง โดยในแต่ละช่วงพฤติกรรมการผสมพันธุ์ หิ่งห้อยมีการกะพริบแสงในรูปแบบที่แตกต่างกัน สามารถแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาที่เกิดแสง และค่าเฉลี่ยของช่วงระยะเวลาระหว่างการเกิดแสงแต่ละครั้ง การกะพริบแสงรูปแบบที่ 1 (1.1 และ 1.2) หรือการกะพริบแสงเพื่อส่องสว่างสามารถพบได้เกือบทุกช่วงของพฤติกรรมการผสมพันธุ์ยกเว้นในช่วงท้ายของช่วงก่อนการเกี่ยวพาราสี และช่วงเกี่ยวพาราสี ซึ่งทั้ง 2 ช่วงนี้เป็นช่วงที่หิ่งห้อยแสดงปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นระหว่างหิ่งห้อยเพศผู้และเพศเมีย มีการส่งสัญญาณจากหิ่งห้อยเพศผู้โดยการกะพริบแสงรูปแบบที่ 2 เพื่อดึงดูดหิ่งห้อยเพศเมีย (เกิดขึ้นช่วงท้ายของช่วงก่อนการเกี่ยวพาราสี) และเมื่อมีการตอบรับจากหิ่งห้อยเพศเมีย หิ่งห้อยเพศผู้จะกะพริบแสงรูปแบบที่ 3 เพื่อเกี่ยวพาราสีหิ่งห้อยเพศเมียแล้วจะเข้าสู่ช่วงผสมพันธุ์ต่อไป

รายงานนี้เป็นรายงานครั้งแรกของการศึกษาพฤติกรรมของหิ่งห้อยในสกุล *Trisinuata* ซึ่งไม่เพียงให้เข้าใจถึงพฤติกรรมของหิ่งห้อยเท่านั้น แต่ยังสามารถนำข้อมูลไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการระบุชนิดของหิ่งห้อยได้อย่างแม่นยำ และเนื่องจากยังไม่มีการศึกษาพฤติกรรมการผสมพันธุ์ของหิ่งห้อยชนิดอื่น ๆ ในสกุลนี้จึงยังไม่สามารถเปรียบเทียบรูปแบบของการเปล่งแสงเพื่อการสื่อสารในการผสมพันธุ์ระหว่างชนิดภายในสกุลนี้ได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอบคุณภาควิชาชีววิทยา และสถานวิจัยเพื่อความเป็นเลิศทางวิชาการด้านความหลากหลายทางชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่รวมถึงอุปกรณ์ในการทำวิจัย โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณการวิจัยส่วนหนึ่งจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยนเรศวร (โครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี) (เลขที่ R2559B127)



เอกสารอ้างอิง

- Ballantyne, L. A. and Lambkin, C. (2013). Systematics and phylogenetics of Indo-Pacific Luciolinae fireflies (Coleoptera: Lampyridae) and the description of new Genera. *Zootaxa*, 3653 (1), 1–162.
- Ballantyne, L. A., Fu, X., Lambkin, C., Jeng, M. L., Faust L., Wijekoon, W. M. C. D., et al. (2013). Studies on South-east Asian fireflies: *Abscondita*, a new genus with details of life history, flashing patterns and behaviour of *Abs. chinensis* (L.) and *Abs. terminalis* (Olivier) (Coleoptera: Lampyridae: Luciolinae). *Zootaxa*, 3721 (1), 1–48.
- Branham, M.A. and Wenzel, J.W. (2003). The origin of photic behavior and the evolution of sexual communication in fireflies (Coleoptera: Lampyridae). *Cladistics*. 19(1), 1–22.
- Fu, X.H. and Ballantyne, L. A. (2008). Taxonomy and behaviour of lucioline fireflies (Coleoptera: Lampyridae: Luciolinae) with redefinition and new species of *Pygoluciola* Wittmer from mainland China and review of *Luciola* Laporte. *Zootaxa*. 1733, 1–44.
- Lloyd, J.E. (1966). **Studies on the flash communication system in Photinus fireflies**. Museum of Zoology, University of Michigan. 95 pp.
- Nak-eiam, S. (2015). **Taxonomy and species distribution of fireflies (Coleoptera; Lampyridae) in the North of Thailand**. Doctoral dissertation, Ph.D., Naresuan University. 272 pp.
- Thancharoen, A. (2007). **The biology and mating behavior of an aquatic firefly species, *Luciola aquatilis* sp. nov. Thancharoen (Coleoptera: Lampyridae)**. Doctoral dissertation, Ph.D., Mahidol University. 104 pp.