

ภาวะสองรูปแบบทางเพศและอัตราส่วนเพศของแมลงหางดีด *XENYLLA* SP. SEXUAL DIMORPHISM AND SEX RATIO OF SPRINGTAIL *XENYLLA* SP.

เกษม คงนรินทร์สุข

Kasem Kongnirundonsuk

Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

corresponding author e-mail: protozoa_kk@hotmail.com

Received: 6 March 2019; Revised: 17 May 2019; Accepted: 5 August 2019

บทคัดย่อ

โดยทั่วไปขนาดและรูปร่างของสัตว์จะถูกใช้ในการจำแนกเพศ ภายใต้สภาวะห้องทดลองที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส แมลงหางดีดที่เลี้ยงในหลอดพลาสติกที่มีซับสเตรทที่ผสมด้วยปูนปลาสเตอร์ และผงถ่านถูกนำมาสังเกตภาวะสองรูปแบบทางเพศ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐาน พบว่าแมลงหางดีด ทั้งสองเพศถูกแยกด้วยขนาดร่างกาย โดยแมลงหางดีดเพศเมียจะมีความยาวลำตัวและขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ นอกจากนี้รังควัตถุที่อยู่บนลำตัวและสีลำตัวยังเป็นลักษณะที่เด่นในการแยกเพศของ *Xenylla* sp. โดยเพศเมียจะมีลำตัวสีเหลือง ขณะที่เพศผู้ที่ช่วงอายุเดียวกันจะมีลำตัวสีเข้มเนื่องจากการกระจายตัวของรงควัตถุตามลำตัว สำหรับอัตราส่วนเพศ พบว่า เพศผู้มีจำนวนมากกว่าเพศเมียในอัตราส่วน 1.63: 1 ตามลำดับ จากการศึกษาพบว่า *Xenylla* sp. เป็นพวกเพศแยก ไม่พบการสืบพันธุ์แบบไร้การปฏิสนธิ และสามารถใช้นาฬิกาชีวิตและสีในการแยกเพศ

คำสำคัญ: ภาวะสองรูปแบบทางเพศ อัตราส่วนเพศ แมลงหางดีด

Abstract

Generally, size and shape of the body of animals were used to determine sexes. Under laboratory conditions at 25 – 28 °C, rearing springtail in the plastic bottle containing plaster of Paris-charcoal substrate was established to investigate the sexual dimorphism which was in agreement with hypothesis. It was found that the both sexes of *Xenylla* sp. were separated by the body size and female body size was longer and bigger than male. In addition, the pattern of pigmentation on the body and color body were as the main characteristics to separate sexes in *Xenylla* sp. Female was bright yellow whereas male of the same age had darker body due to distribution of pigments. For sex ratio, it was found that an apparent predominance of males over female in the

ratio of 1.63: 1, respectively. Based on this study, it indicated that *Xenylla* sp. was dioecious and non parthenogenetic species and possible to use the combination of body size and color to determine the sexes.

Keywords: sexual dimorphism, sex ratio, springtail

บทนำ

ภาวะสองรูปแบบทางเพศเป็นการแสดงลักษณะกายสัณฐานวิทยาที่แตกต่างกันระหว่างเพศผู้และเพศเมียของสัตว์ที่อยู่ในสปีชีส์เดียวกัน ซึ่งโดยทั่วไปขนาดและรูปร่างของร่างกายมักจะถูกใช้เป็นลักษณะที่สำคัญในจำแนกเพศ เช่น เพศเมียของแมลงมมยทองทองขนาน (*Nephila clavipes*) มีขนาดลำตัวใหญ่กว่าเพศผู้ แมลงมมยเพศผู้จะมีปีกขณะที่เพศเมียจะไม่พบปีก ดั้งกว้างหรือด้างคิมเพศผู้มีเขาขนาดใหญ่บริเวณหัวและอกปล้องแรกเพื่อใช้ในการต่อสู้ ซึ่งไม่พบในเพศเมีย และแมลงสาบอเมริกันเพศผู้จะพบรอยาครีที่มีลักษณะเป็นแท่ง 2 คู่ (cerci และ styli) ส่วนเพศเมียจะมีคู่เดียว (cerci) (Youdeowei, 1977; Vollrath & Parker 1992; Elzinga, 2000; Emlen, 2005) สำหรับแมลงหางดีดพบภาวะสองรูปแบบทางเพศน้อยและแมลงหางดีดเพศเมียอาจจะมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ในช่วงที่ลำตัวมีการผลิตและเก็บไขอยู่ภายในร่างกาย อย่างไรก็ตามการใช้ลักษณะสัณฐานดังกล่าวในการแยกเพศจำเป็นต้องใช้ช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ (genital opening) ที่อยู่บนแผ่นอวัยวะสืบพันธุ์ (genital plate) ในการอ้างอิงร่วมด้วย ซึ่งจำเป็นต้องศึกษากายใต้กล้องจุลทรรศน์ ช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์เป็นช่องทางที่แมลงหางดีดเพศผู้ใช้สำหรับปล่อยก้านชูสเปิร์ม (spermatophore) หรือปล่อยไขในเพศเมีย ซึ่งช่องเปิดนี้จะอยู่บริเวณด้านท้องของปล้องท้องปล้องที่ 5 และมีความแตกต่างกันระหว่างเพศ โดยช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศเมียจะเปิดในแนวตามขวาง ขณะที่ช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศผู้จะเปิดในแนวตามยาวของลำตัว (Petersen, 1978, Hopkin, 1997) จากการรวบรวมเอกสารที่มีการศึกษาแมลงหางดีดจำนวน 33 วงศ์ พบ 10 วงศ์ที่มีภาวะสองรูปแบบทางเพศและมีแมลงหางดีด 28 สกุลที่พบลักษณะหุตุยภูมิทางเพศ ได้แก่ สืบนำตัวที่แตกต่างกัน หรือลักษณะของหนวดที่มีการเปลี่ยนแปลงไปทำหน้าที่เฉพาะ (Palacios-Vargas & Castaño-Meneses, 2009) ตัวอย่างเช่น การจำแนกเพศโดยดูลักษณะสืบนำตัวเพศผู้และเพศเมียของแมลงหางดีด *Entomobrya atrocincta* และ *Willowsia fascobsonier* ที่อยู่ในวงศ์ Entomobryidae ซึ่งเพศผู้จะไม่มีเม็ดสืบนำปล้องอกปล้องที่ 2 และมีขนาดลำตัวเล็ก (Mari-Mutt, 1981; Ramel et al., 2008) และการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างหนวดให้สามารถยึดจับเพศเมียขณะเกี่ยวพาราสีของแมลงหางดีดเพศผู้ในวงศ์ Sminthuridae (Hopkin, 1997; Palacios-Vargas, 2007)

เนื่องจากแมลงหางดีด *Xenylla* sp. มีอายุขัยสั้นและสามารถเพิ่มประชากรได้รวดเร็ว จึงเหมาะสำหรับใช้เป็นโมเดลในการทดลอง ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทำการตรวจหาภาวะสองรูปแบบทางเพศของแมลงหางดีด *Xenylla* sp. ที่เลี้ยงในห้องปฏิบัติการ และใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการจำแนกเพศของแมลงหางดีดสำหรับนักวิจัยที่ต้องการเพาะเลี้ยงไว้สำหรับการทดลองต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเลี้ยงแมลงหางคืด *Xenylla* sp.

นำแมลงหางคืดที่สกัดจากดินที่เก็บจากมหาวิทยาลัยมหิดล ศาลายา จังหวัดนครปฐม มาเลี้ยงในขวดพลาสติกภายใต้ห้องปฏิบัติการที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส บริเวณด้านล่างของขวด พลาสติกจะทะลุสเตรทที่ผสมด้วยปูนพลาสเตอร์และผงถ่านในอัตราส่วน 2: 1 หยดน้ำกลั่นลงบน สเตรทเพื่อให้มีความชื้นภายในขวด และให้อาหารแมลงหางคืดด้วยยีสต์พร้อมหยดน้ำทุก ๆ 3 วัน เมื่อแมลงหางคืดมีการเพิ่มจำนวนจนหนาแน่นให้ย้ายแมลงหางคืดใส่ในขวดใหม่

2. การวินิจฉัยเพศของแมลงหางคืด

นำแมลงหางคืดระยะตัวอ่อนอายุ 1 วัน จำนวน 100 ตัว มาแยกเลี้ยงในขวด ๆ ละ 2 ตัว สังเกตลักษณะสีของลำตัวและถ่ายภาพแมลงหางคืดภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอทุกวัน เพื่อวัดขนาด ความยาวลำตัว เป็นเวลา 1 เดือน พร้อมทั้งให้อาหารและหยดน้ำทุก ๆ 3 วัน เมื่อสิ้นสุดการทดลองให้ แยกกลุ่มแมลงหางคืดออกเป็น 2 กลุ่ม โดยอาศัยขนาดลำตัวและสีบริเวณด้านหลังของลำตัว คือ 1) กลุ่ม ที่มีลำตัวสีเข้มและมีขนาดเล็ก และ 2) กลุ่มที่มีลำตัวสีเหลืองและมีขนาดใหญ่ นับจำนวนแมลงหางคืดใน แต่ละกลุ่ม และแบ่งแต่ละกลุ่มออกเป็น 2 ส่วน จากนั้นนำแมลงหางคืดไปศึกษาโครงสร้างทางด้าน จุลกายวิภาคโดยวิธีทางมิวชีววิทยา (Histological techniques) เพื่อตรวจหาอวัยวะสืบพันธุ์และตรวจหา ช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning electron microscope)

3. การศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

นำแมลงหางคืดทั้ง 2 กลุ่มมาคงสภาพด้วยสารละลายกลูตาราดีไฮด์ความเข้มข้น 2.5 เปอร์เซ็นต์และออสเมียมเตตระออกไซด์ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ ใน 0.2 M ฟอสเฟตบัฟเฟอร์ pH 7.2 เป็นเวลา 15 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นทำการดึงน้ำออกจากตัวอย่างด้วยเอทานอลที่ระดับความ เข้มข้นต่าง ๆ ไล่ตั้งแต่ 30-100 เปอร์เซ็นต์ และทำให้แห้ง ณ จุดวิกฤติ (critical point dried) นำแมลง หางคืดไปติดบนแท่นวางแล้วนำไปเคลือบด้วยแพลตตินัมด้วยเครื่องฉาบ (Hitachi E102 ion sputtering device) ก่อนนำไปตรวจหาช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Hitachi S-2500 at 15 kV)

4. การศึกษาทางมิวชีววิทยา

นำแมลงหางคืดทั้ง 2 กลุ่ม นำมาคงสภาพตัวอย่างด้วยสารละลายบูแองส์ (Bouin's fixative) โดยแช่ตัวแมลงลงในสารละลายเป็นเวลา 10 นาที และล้างสารละลายบูแองส์ด้วย 70% เอทานอล หลังจากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทางด้านมิวชีววิทยาตามวิธีของ Humason (1997) นำแมลงหางคืดที่อยู่ในพาราฟินบล็อก ไปตัดแผ่นบางด้วยเครื่อง microtome ที่ความหนา 5 ไมโครเมตร แล้วนำแผ่นบางที่ได้ติดบนสไลด์ทั้งหมด ท้ายสุดนำสไลด์เนื้อเยื่อมาย้อมสีด้วยฮีมาทอกซิลิน และอีโอซิน (Harris Hematoxylin & Eosin) มาตรวจสอบองค์ประกอบและการจัดเรียงของจุลกาย วิภาคของรังไข่ของแมลงหางคืดภายใต้กล้องจุลทรรศน์และถ่ายภาพด้วยกล้อง

5. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

นำข้อมูลขนาดลำตัวของแมลงหางดีด มาวิเคราะห์ผลทางสถิติด้วยวิธี Student's t-test ($P = 0.05$) ด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ทางสถิติ SPSS ver. 22

ผลการวิจัย

1. การศึกษาภาวะสองรูปแบบทางเพศและอัตราส่วนเพศของแมลงหางดีด *Xenylla* sp.

จากการสังเกตการเจริญเติบโตของแมลงหางดีดที่เลี้ยงในสภาวะห้องปฏิบัติการพบว่า *Xenylla* sp. มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยตัวอ่อน (juvenile) ที่ฟักออกจากไข่มีลำตัวสีขาวและมีการลอกคราบจำนวน 6 ครั้งก่อนที่จะเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย และจากการแยกเลี้ยงแมลงหางดีด 100 ตัว โดยใส่ขวด ๆ ละ 2 ตัว พบว่า *Xenylla* เป็นกลุ่มแมลงที่มีการแยกเพศและไม่พบสืบพันธุ์แบบไร้การปฏิสนธิ ในช่วงระยะตัวอ่อนขนาดและสีบนลำตัวจะยังไม่สามารถแยกเพศได้เด่นชัด จนกระทั่งเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัยประมาณ 16 วันหลังจากที่ฟักออกจากไข่ เพศเมียจะมีความยาวลำตัวมากกว่าเพศผู้ (Table 1) และขณะที่แมลงหางดีดมีการเพิ่มขนาดความยาวลำตัว บริเวณด้านหลังของลำตัวจะค่อย ๆ เปลี่ยนจากสีขาวเป็นสีเหลือง โดยเพศเมียจะมีลำตัวสีเหลืองและมีสีเข้มบริเวณส่วนหัวเนื่องจาก พบว่า รังควัตถุมีการรวมตัวกันบริเวณส่วนหัว ขณะที่เพศผู้ที่ช่วงอายุเดียวกันจะมีสีเข้มตลอดลำตัวเนื่องจากการกระจายตัวของรังควัตถุบนส่วนหัวและลำตัว (Figure 1) ซึ่งจำนวนที่พบลักษณะลำตัวสีเหลืองคือ 62 ตัว และลำตัวสีเข้ม 38 ตัว เมื่อนำมาคิดอัตราส่วนเพศผู้ต่อเพศเมีย คือ 1.63: 1 ตามลำดับ

Table 1 Comparison of body length between two sexes of *Xenylla* sp.

Day	body length (mm)		t
	Male	Female	
	Mean $\pm$ S.E.	Mean $\pm$ S.E.	
4	0.37 $\pm$ 0.028	0.45 $\pm$ 0.037	1.777 NS
6	0.43 $\pm$ 0.046	0.47 $\pm$ 0.023	0.854 NS
8	0.49 $\pm$ 0.020	0.58 $\pm$ 0.036	2.325 NS
10	0.57 $\pm$ 0.047	0.67 $\pm$ 0.042	1.596 NS
12	0.60 $\pm$ 0.028	0.75 $\pm$ 0.066	2.132 NS
14	0.63 $\pm$ 0.003	0.78 $\pm$ 0.056	2.729 NS
16	0.67 $\pm$ 0.012	0.93 $\pm$ 0.039	6.270
18	0.67 $\pm$ 0.021	0.95 $\pm$ 0.039	6.785
20	0.68 $\pm$ 0.006	0.97 $\pm$ 0.051	5.604
22	0.70 $\pm$ 0.011	1.02 $\pm$ 0.069	4.562
24	0.71 $\pm$ 0.042	1.13 $\pm$ 0.014	8.994
26	0.74 $\pm$ 0.016	1.16 $\pm$ 0.029	15.503

Remark NS = not significant, t = Student's t-test, S.E. = standard error of mean



Figure 1 Male and Female of *Xenylla* sp. in mass culture

Remark E = egg, Ex = exuviae, M = male, F = female

2. การศึกษาช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์จะพบอยู่บริเวณด้านท้อง (ventral side) ของปล้องท้องปล้องที่ 5 และมีรูปร่างที่แตกต่างกันทั้ง 2 เพศ โดยช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศเมียเปิดในแนวตามขวางและแผ่นอวัยวะสืบพันธุ์มีลักษณะรูปวงรี ขณะที่ช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ของเพศผู้จะเปิดในแนวตามยาวของลำตัวและแผ่นอวัยวะสืบพันธุ์มีลักษณะรูปวงกลม (Figure 2)

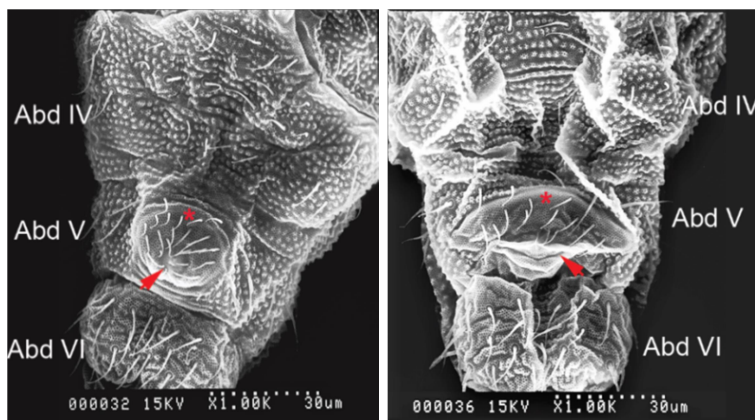


Figure 2 The genital opening of *Xenylla* sp. male (Left) and female (Right)

Remark arrow = genital opening, * = genital plate, Abd IV, V, VI = abdominal segment at 4 5 and 6

3. จุลกายวิภาครังไข่ของแมลงหางคืด

จากภาพตัดขวางภายในปล้องท้องแสดงให้เห็นว่า แมลงหางคืดเพศเมีย คือ กลุ่มที่มีลำตัวสีเหลืองและมีขนาดใหญ่กว่าเพศผู้ โดยมีรังไข่อยู่ 2 ข้างของทางเดินอาหาร (gut) ภายในพบบเซลล์ไข่ 2 ระยะ

ได้แก่ 1) primary growth stage เซลล์ขนาดเล็ก นิวเคลียสกลมอยู่ตรงกลางเซลล์ ไซโทพลาสซึมติดสีน้ำเงินเข้ม และเห็นการพัฒนาของชั้นพอลลิเคิล 2) secondary growth stage เซลล์มีขนาดใหญ่ขึ้น นิวเคลียสขนาดเล็กหรือสลายไป ภายในไซโทพลาสซึมบรรจุด้วยโยร์ค (yolk) หรือไข่แดง เพื่อใช้ในการเจริญของตัวอ่อน (Figure 3)



Figure 3 Ovary of *Xenylla* sp. female (400X)

Remark G = gut, YG = yolk granule, PGS = primary growth stage, SGS = secondary growth stage

อภิปรายผล

แมลงทางติตส่วนใหญ่จะมีการแยกเพศยกเว้นในบางชนิดที่มีการสืบพันธุ์แบบไร้การปฏิสนธิ (Goto, 1960; Petersen, 1978) ในระยะแรกของการวิจัย ข้อมูลเกี่ยวกับอัตราส่วนเพศและการสืบพันธุ์แบบไร้การปฏิสนธิมีการศึกษาน้อย และส่วนใหญ่เป็นข้อมูลที่ได้จากการเก็บตัวอย่างซึ่งข้อมูลดังกล่าวมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากปัจจัยในเรื่องจำนวนตัวอย่างที่เก็บและรูปแบบการแพร่กระจาย เช่น ความลึกในดิน (Chahartaghi et al., 2006; Chernova et al., 2010) ดังนั้นในการศึกษาอัตราส่วนเพศของแมลงทางติตจึงควรศึกษาในห้องปฏิบัติการ เนื่องจากแมลงทางติตบางชนิดมีการสืบพันธุ์แบบไร้การปฏิสนธิซึ่งส่วนใหญ่เป็นกลุ่มแมลงทางติตที่อยู่อาศัยบริเวณใต้ดิน (eudaphic) ขณะที่กลุ่มที่อยู่ใต้ผิวดินหรือซากพืชที่ทับถมบนดิน (hemidaphic) หรือบนพื้นดิน (epedaphic) จะเป็นกลุ่มที่มีการแยกเพศ รวมทั้งแมลงทางติตสกุล *Xenylla* (Chahartaghi et al., 2006, 2009) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chernova et al. (2010) ที่พบว่า แมลงทางติตที่มีการสืบพันธุ์แบบไร้การปฏิสนธิจะเป็นกลุ่มที่ไม่มีสืบลำตัว มีการลดจำนวนตาเดี่ยว นอกจากนี้ยังรวมถึงการมีลำตัวขนาดเล็ก และมีการลดขนาดของหนวด ขา และอวัยวะที่ใช้ในการติดตัว (furca) เช่น แมลงทางติตในวงศ์ Onychiuridae Isotomidae และ Tullbergiinae

สำหรับวงศ์ Hypogastruridae จะพบการสืบพันธุ์แบบไร้การปฏิสนธิในสกุล *Willemia* เช่น *W. aspinata* *W. Anophthalma* และ *W. intermedia* (Chathartaghi et al., 2006) และสกุล *Ceratophysella* มีรายงานว่าพบ 1 ชนิด (Skarzynski, 2002) อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของ Chathartaghi et al. (2006) พบว่า แมลงหางคืดสกุล *Xeylla* เป็นกลุ่มแยกเพศและพบทั้ง 2 เพศในประชากรที่อยู่ตามธรรมชาติ ซึ่งการศึกษานี้เป็นการยืนยันว่า *Xenylla* sp. เป็นกลุ่มแมลงหางคืดที่มีการแยกเพศ เนื่องจากไม่พบการวางไข่ของเพศเมีย ขณะที่เลี้ยงแยกอยู่ภายในขวด และเมื่อทำการตรวจหาอัตราส่วนเพศจากไข่ที่แยกออกมาเลี้ยงจนถึงระยะตัวเต็มวัย พบว่า *Xenylla* เพศผู้มีจำนวนมากกว่าเพศเมียในอัตราส่วน 1.63: 1

แม้ว่าแมลงหางคืดจะมีการเจริญแบบไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างหรืออะเมตาโบลิส (ametabolus) ซึ่งระยะตัวอ่อนมีลักษณะคล้ายกับระยะตัวเต็มวัย และการใช้ลักษณะทางกายวิธานวิทยาในการจำแนกเพศได้ยาก แต่อย่างไรก็ตามมีรายงานเกี่ยวกับแมลงหางคืดบางชนิดที่มีภาวะสองรูปแบบทางเพศ เช่น *Sminthuridia sphaeridioides* (Hopkin, 1997), *Xenylla welchi* (Bandyopadhyaya & Choudhuri, 2002), *Willowsia jacobsoni* (Mari-Mutt, 1981) ซึ่งการจำแนกเพศจะใช้ลักษณะทุติยภูมิทางเพศ (second sex characteristics) สำหรับ *Xenylla* sp. ลักษณะทุติยภูมิทางเพศที่พบ คือ สืบลำตัวและความยาวลำตัวซึ่งสามารถสังเกตได้ง่ายและสะดวก ในกรณีสืบลำตัวที่แตกต่างกันเกิดจากการกระจายของรงควัตถุบนผิวหนังทำให้เพศผู้มีลำตัวสีเข้มมากกว่าเพศเมีย สอดคล้องกับการศึกษาของ Sharma & Metz (1976) ที่พบว่า *X. grisea* เพศผู้มีจุดสีดำกระจายอยู่ตามลำตัว ขณะที่เพศเมียพบอยู่บริเวณหัว อย่างไรก็ตามการใช้ลักษณะทุติยภูมิทางเพศในการจำแนกเพศไม่สามารถใช้ในระยะตัวอ่อนเนื่องจากขนาดและสืบลำตัวไม่แตกต่างกันอย่างเด่นชัด

สรุปผลการวิจัย

จากผลการทดลองทางด้านมิวชีววิทยาที่พบระบบสืบพันธุ์และช่องเปิดอวัยวะสืบพันธุ์ช่วยยืนยันสมมติฐานและแสดงให้เห็นว่า ขนาดของลำตัวและสีที่พบลำตัว สามารถใช้ในการจำแนกเพศของแมลงหางคืด *Xenylla* sp. ระยะตัวเต็มวัย โดยเพศเมียจะมีความยาวลำตัวมากกว่าเพศผู้ (มากกว่า 1 มิลลิเมตร) ขณะเดียวกันก็สามารถใช้การกระจายตัวของรงควัตถุที่อยู่บนลำตัวเป็นจุดสังเกตได้ ซึ่งเพศเมียจะมีสีเหลืองเนื่องจากรงควัตถุมีการรวมกันเฉพาะบริเวณหัว ขณะที่เพศผู้จะมีสีเข้มเนื่องจากรงควัตถุกระจายทั่วลำตัว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- Bandyopadhyaya I. Choudhuri DK. Laboratory observations on the biology of *Xenylla welchi* (Collembola: Hexapoda). *Pedobiologia*. 2002; 46: 311-315.
- Chahartaghi M. Scheu S, Ruess L. Sex ratio and mode of reproduction in collembolan of an oak-beech forest. *Pedobiologia*. 2006; 50: 331-340.
- Chahartaghi M. Maraun M. Scheu S, et al. Resource depletion and colonization: a comparison between parthenogenetic and sexual collembolan species. *Pedobiologia*. 2009; 52: 181-189.
- Chernova NM. Patapov MB, & Savenkova YY. Ecological significance of parthenogenesis in collembolan. *Entomological Review*. 2010; 90(1): 23-38.
- Elzinga RJ. *Fundamental of Entomology*. Upper saddle river: Prentice Hall; 2000.
- Emlen DJ. Hunt J. & Simmons, LW. Evolution of sexual dimorphism and male dimorphism in the expression of beetle horn: phylogenetic evidence for modularity, evolutionary lability and constraint. *The American Naturalist*. 2005; 166: S42-S68.
- Goto HE. Facultative parthenogenesis in Collembola. *Nature*. 1960; 188: 958-959.
- Hopkin SP. *Biology of the Springtails (Insecta: Collembola)*. New York: Oxford University Press; 1997.
- Humason GL. *Animal tissue Techniques*. San Francisco: Freeman; 1979.
- Mari-Mutt JA. Redescription of *Willowsia jacobsoni* (Börner), an entomobryid with conspicuous sexual dimorphism (Insecta: Collembola). *The Journal of Agriculture of the University of Puerto Rico*. 1981; 65: 361-373.
- Palacios-Vargas JG. A new species of *Denisiella* (Collembola: Sminthuridae) from Panama and new records for *D. sexpinnata* (Denis, 1983). *Zootaxa*. 2007; 1637: 63-68.
- Palacios-Vargas JG, & Castaño-Meneses G. Importance and evolution of sexual dimorphism in different families of Collembola (Hexapoda). *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2009; 44(8): 959-963.
- Petersen H. Sex-ratios and the extent of parthenogenetic reproduction in some collembolan populations. In: R Dallai (Ed.), First International Seminary on Apterygota. Siena: *Accademia delle Scienze di Siena detta de' Fisiocritici*. 1978: 19-35.
- Ramel G. Baquero E, Jordana R. Biodiversity of the Collembola fauna of wetland Kerkini (N. Greece), with description of the sexual dimorphism of *Entomobrya atrocincta* Schött 1896 (Collembola: Entomobryomorpha). *Annales de la Société Entomologique de France*. 2008; 44: 113-128.
- Sharma GD, Metz LJ. Biology of the Collembola *Xenylla grisea* Axelson and *Lepidocyrtus cyaneus* f. *cinereus* Folsom. *Ecological Entomology*. 1976; 1: 209-212.
- Skarzynski D. Parthenogenesis in *Ceratophysella succinea* Gisin, 1949 (Collembola: Hypogastruridae). *Polish Journal of Entomology*. 2002; 71: 323-326.
- Vollrath F. Parker, GA. Sexual dimorphism and distorted sex ratios in spiders. *Nature*. 1992; 360: 156-159.
- Youdeowei A. *A laboratory manual of entomology*. New York: Oxford University Press; 1977.