



## การศึกษาแคริโอไทป์ เซลล์ไมโอซิส และพฤติกรรมโครโมโซมเพศของตั๊กแตนตำข้าวยุโรป เพศผู้ (*Mantis religiosa siedleckii* (Linnaeus, 1758))

### The study of karyotype, meiotic cell and sex chromosome behavior in male religious mantis (*Mantis religiosa siedleckii* (Linnaeus, 1758))

อิสสระ ปะทะวัง<sup>1\*</sup> และ อลงกลด แทนอมทอง<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50200

<sup>2</sup>ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40002

\*Corresponding Author, E-mail: isara.p@cmu.ac.th

Received: 8 December 2018 | Revised: 4 February 2019 | Accepted: 10 August 2019

#### บทคัดย่อ

รายงานการศึกษานี้เป็นการศึกษาแคริโอไทป์ เซลล์ไมโอซิส และพฤติกรรมโครโมโซมเพศของตั๊กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้ (*Mantis religiosa siedleckii* (Linnaeus, 1758)) จากกลุ่มประชากรที่มีการแพร่กระจายในพื้นที่จังหวัดเชียงใหม่ เตรียมโครโมโซมไมโทซิสและไมโอซิสโดยวิธีตรงจากเนื้อเยื่ออวัยวะของตั๊กแตนเพศผู้ด้วยเทคนิคการใช้โคลชิซิน-สารละลายไฮโปโทนิก-การตรึงเซลล์ ย้อมสีโครโมโซมด้วยเทคนิคการย้อมสีจิมซ่าแบบธรรมดาและการย้อมแถบซิลเวอร์เนอร์ ผลการศึกษาเซลล์ไมโทซิสพบว่าตั๊กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 27 แห่ง ประกอบด้วยออโตโซม 24 แห่ง และโครโมโซมเพศ 3 แห่ง โครโมโซมเพศจำแนกเป็นโครโมโซมเอกซ์ 1 โครโมโซมเอกซ์ 2 และโครโมโซมวาย ผลการศึกษาเซลล์ไมโอซิสพบว่าเซลล์ระยะโพรเฟส 1 ประกอบด้วย 12 ไบวาเลนต์กับอีก 1 ไทรวาเลนต์ โดยไทรวาเลนต์เป็นการเข้าคู่แบบชิดของโครโมโซมเพศ 3 แห่งแบบปลายชนปลาย เซลล์ระยะเมทาเฟส 2 พบว่ามีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์ 2 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบที่ 1 มีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์เท่ากับ 13 แห่ง และมีโครโมโซมเพศเป็นวาย และรูปแบบที่ 2 มีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์เท่ากับ 14 แห่งและมีโครโมโซมเพศเป็นเอกซ์ 1 และเอกซ์ 2 นอกจากนี้ยังพบตำแหน่งนอร์บริเวณปลายแขนข้างยาวของโครโมโซมเอกซ์ 1 และปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซมวาย

ตั๊กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้มีสูตรแคริโอไทป์ คือ  $2n (27) = 24$  ออโตโซม + โครโมโซมเพศ  $X_1X_2Y$

#### ABSTRACT

Mitotic and meiotic studies of the male religious mantis, *Mantis religiosa siedleckii* (Linnaeus, 1758), from Chiang Mai Province in Thailand were investigated. The mitotic and meiotic chromosomes were prepared directly from male testis tissue by colchicine-hypotonic-fixation technique. Conventional Giemsa and silver-NOR staining techniques were applied to stain the chromosomes. The results showed that the diploid chromosome number of the male religious mantis, *M. religiosa siedleckii*, was  $2n = 27$  including 24 autosomes and 3 sex chromosomes. The types of sex chromosome observed were  $X_1$  chromosome,  $X_2$  chromosome and Y chromosome. We found that during prophase I the homologous chromosomes showed synapsis, which can be defined as the 12 bivalents

and 1 trivalent. The trivalent was synapsis by end by end between  $X_1$ ,  $X_2$  and Y chromosomes. The metaphase II comprises 2 types that included 13 haploid chromosomes, one of which to be Y chromosome, and 14 haploid chromosomes with  $X_1$  and  $X_2$  chromosomes. We also observed distinctive nucleolar organizer regions (NORs) at the region adjacent to the long arms near the telomere of  $X_1$  chromosome and short arms near the telomere of Y chromosome.

The karyotype formula of the male religious mantis was deduced as:  $2n (27) = 24$  autosomes + sex chromosomes  $X_1X_2Y$ .

**คำสำคัญ:** ตั๊กแตนตำข้าว ตั๊กแตนตำข้าวยุโรป แคริโอไทป์ โครโมโซม โครโมโซมเพศ

**Keywords:** Praying Mantis, *Mantis religiosa siedleckii*, Karyotype, Chromosome, Sex chromosome

## บทนำ

ตั๊กแตนตำข้าวยุโรป (*Mantis religiosa* (Linnaeus, 1758)) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังในไฟลัม (phylum) Arthropoda ชั้น (class) Insecta อันดับ (order) Mantodea วงศ์ (family) Mantidae วงศ์ย่อย (subfamily) Mantinae และเผ่า (tribe) Mantini ตั๊กแตนตำข้าวยุโรปมีเขตการแพร่กระจายพันธุ์กว้างครอบคลุมเขตตอนใต้ไปจนถึงเขตร้อน ได้แก่ พื้นที่ทางตอนใต้ของยุโรป แอฟริกา เอเชีย ออสเตรเลีย และถูกนำเข้าไปในพื้นที่สหรัฐอเมริกาและแคนาดาจนกลายเป็นสัตว์รุกรานต่างถิ่น (Liana, 2007; Battiston, 2016; Linn and Griebeler, 2016) ปัจจุบันตั๊กแตนตำข้าวยุโรปถูกจัดจำแนกออกเป็น 12 ชนิดย่อย (subspecies) โดยชนิดย่อยที่มีการกระจายพันธุ์ในประเทศไทยคือ *M. religiosa siedleckii* ซึ่งชนิดย่อยนี้นอกจากจะพบในประเทศไทยแล้ว ยังพบกระจายพันธุ์ในพื้นที่อื่นๆ ของเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ทั้งบนแผ่นดินใหญ่และหมู่เกาะต่างๆ ด้วย ลักษณะเด่นทางสัณฐานวิทยาภายนอกของตั๊กแตนตำข้าวยุโรป ได้แก่ มีปีก 2 คู่ ปีกคู่หน้ามีลักษณะเหมือนแผ่นหนังบางเป็นเนื้อเดียวตลอดปีก (tegmen) ปีกคู่หน้าของเพศเมียสั้นกว่าปลายท้องเล็กน้อย ส่วนหัวมีรูปทรงสามเหลี่ยม ขาคู่หน้ามีการเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นขาแบบหนีบจับ (raptorial legs) ใช้สำหรับจับเหยื่อ ตาโตและกลม ลำตัวยาวประมาณ 60 มิลลิเมตร ลำตัวมีสีเขียวจนถึงน้ำตาลอ่อน และมีเส้นสีชมพูจางๆ พาดตามขวางที่ด้านบนส่วนหัว (พิสุทธิ์, 2556; Roeder, 1935; Reitz and Nentwig, 1991; Kral, 2014)

ระบบกำหนดเพศของแมลงกลุ่มตั๊กแตนตำข้าวส่วนใหญ่เป็นระบบโครโมโซมเพศแบบ XX/XO (XX ในเพศเมีย และ XO ในเพศผู้) อย่างไรก็ตามมีรายงานการศึกษาพบว่ามีตั๊กแตนตำ

ข้าวบางชนิดที่มีระบบกำหนดเพศแบบใหม่ เรียกว่า neo-sex chromosome ซึ่งในชนิดที่มีระบบกำหนดเพศแบบใหม่นี้จะปรากฏโครโมโซมเพศแบบ  $X_1X_2Y$  ในเพศผู้ และ  $X_1X_1X_2X_2$  ในเพศเมีย จุดเริ่มต้นของโครโมโซมเพศแบบ  $X_1X_2Y$  ในเพศผู้ นั้นวิวัฒนาการเปลี่ยนแปลงมาจากเพศผู้เดิมที่มีโครโมโซมเพศแบบ XO โดยกระบวนการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนกันระหว่างโครโมโซมต่างคู่ (reciprocal translocation) ซึ่งเกิดการแลกเปลี่ยนระหว่างออโตโซม (autosome) 1 แห่งกับโครโมโซม X ได้โครโมโซมใหม่ 2 แห่ง คือ โครโมโซม X แบบทรานสโลเคชันซึ่งกลายเป็น  $X_1$  และออโตโซมแบบทรานสโลเคชันซึ่งกลายเป็น  $X_2$  ส่วนออโตโซมที่เป็นโครโมโซมคู่เหมือนเดิมนั้นกลายเป็นโครโมโซม Y การเข้าคู่แนบชิดกัน (synapsis) ในช่วงการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของเพศผู้จะเกิดการเข้าคู่แบบไตรวาเลนต์ (trivalent) และแนบชิดแบบปลายชนปลาย (end by end) โดยมีโครโมโซม Y อยู่ตรงกลาง ส่วนในเพศเมียโครโมโซมเพศแบบ  $X_1X_1X_2X_2$  ได้รับการถ่ายทอดโครโมโซมที่มีการกระจายพันธุ์มาจากเพศผู้ผ่านห่วงของกระบวนการวิวัฒนาการจนกลายเป็นโครโมโซมเพศที่คงที่รูปแบบใหม่ ซึ่งในการเข้าคู่แนบชิดในช่วงการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสก็ยังคงมีการเข้าคู่แบบไบวาเลนต์ (bivalent) ปกติ (King, 1931; Hughes-Schrader, 1950; del Cerro et al., 1998; Castillo et al., 2010)

ในอดีตมีรายงานการศึกษาโครโมโซมของตั๊กแตนตำข้าวยุโรปจำนวน 3 รายงาน คือรายงานของ Callan and Jacobs (1957), Yaseen et al. (1996) และ del Cerro et al. (1998) โดยการศึกษาของ Yaseen et al. (1996) รายงานไว้ว่า ตั๊กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ( $2n$ ) เท่ากับ 27 แห่ง ประกอบด้วยออโตโซม 26 แห่ง และมีโครโมโซม

เพศแบบ XO ส่วนในเพศเมียมีโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 28 แห่ง ประกอบด้วยออโตโซม 26 แห่ง และมีโครโมโซมเพศแบบ XX อย่างไรก็ตามรายงานการศึกษาของ Yaseen et al. (1996) เป็นการศึกษาเฉพาะโครโมโซมในเซลล์ไมโทซิส ส่วนอีก 2 รายงานการศึกษา คือ Callan and Jacobs (1957) และ del Cerro et al. (1998) ได้ทำการศึกษาโครโมโซมทั้งไมโทซิสและไมโอซิส โดยพบว่าด้กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 27 แห่ง และมีโครโมโซมเพศเป็น  $X_1X_2Y$  โดยลักษณะโครโมโซมเพศนั้นสังเกตจากพฤติกรรมการเข้าคู่กันแบบ 3 แห่งในช่วงระยะไมโอซิส 1 สำหรับในประเทศไทยยังไม่มีรายงานการศึกษาเกี่ยวกับโครโมโซมของด้กแตนตำข้าวยุโรป รวมทั้งของด้กแตนตำข้าวชนิดอื่นๆ ด้วย

ตัวอย่างรายงานการศึกษาโครโมโซมของด้กแตนตำข้าวชนิดอื่นๆ ในวงศ์ Mantidae เช่น รายงานการศึกษาของ King (1931) ศึกษาโครโมโซมของด้กแตนตำข้าวชนิด *Tenodera sinensis* (Saussure, 1871) เพศผู้ โดยพบว่ามีจำนวนโครโมโซมเป็นดิพลอยด์เท่ากับ 27 แห่ง ประกอบด้วยออโตโซม 24 แห่ง และมีโครโมโซมเพศเป็น  $X_1X_2Y$  โดยโครโมโซมเพศทั้ง 3 แห่งมีการเข้าคู่แบบไทรวาเลนตีในระยะโพรเฟส 1 รายงานการศึกษาของ Yaseen et al. (1996) ศึกษาโครโมโซมในด้กแตนตำข้าวชนิด *Sphodromantis bioculata* Burmeister, 1838 พบว่าเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แห่ง ประกอบด้วยออโตโซม 22 แห่ง มีโครโมโซมเพศเป็น XO และเพศเมียมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 24 แห่ง ประกอบด้วยออโตโซม 22 แห่ง มีโครโมโซมเพศเป็น XX โดยรายงานของ Yaseen et al. (1996) เป็นการศึกษาเฉพาะโครโมโซมแบบไมโทซิส

### วิธีการดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างด้กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้จำนวน 15 ตัวอย่าง ในเขตพื้นที่อำเภอแม่ริม อำเภอสันทราย และอำเภอดอยสะเก็ด จังหวัดเชียงใหม่ ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 เตรียมโครโมโซมโดยวิธีตรงตัดแปลงจากวิธีการของ de Almeida et al. (2006) โดยการฉีดโคลชิซิน

ความเข้มข้น 0.01% เข้าบริเวณช่องท้องเป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นผ่าตัดแยกเอาเฉพาะเนื้อเยื่อบริเวณอัมตะสับให้ละเอียดในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ความเข้มข้น 0.075 โมลาร์ (M) และบ่มไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำส่วนผสมไปปั่นแยกเอาสารส่วนใสทิ้งและทำการตรึงเซลล์ด้วยน้ำยาตรึงเซลล์สูตรของคาร์นอย (Carnoy's fixative) ทำการตรึงเซลล์จำนวน 2-3 รอบ

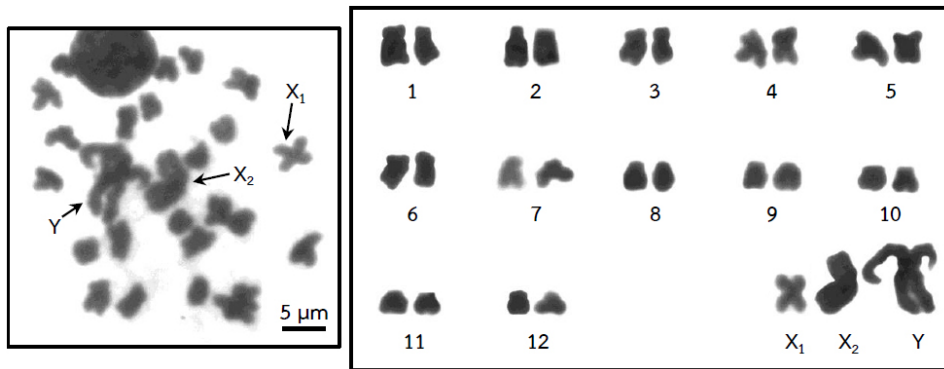
จากนั้นหยดเซลล์ลงบนสไลด์และนำไปย้อมด้วยเทคนิคการย้อมสีแบบธรรมดา (conventional Giemsa) ด้วยสีจิมซ่า ความเข้มข้น 15% (v/v) (Rooney, 2001) และย้อมด้วยเทคนิคการย้อมแถบซิลเวอร์เนอร์ (Ag-NOR banding) ด้วยซิลเวอร์ไนเตรตความเข้มข้น 50% (w/v) (Howell and Black, 1980) ตรวจสอบโครโมโซมด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงธรรมดาที่กำลังขยาย 1,000 เท่า ถ่ายภาพเพื่อนำมาวิเคราะห์ลักษณะพฤติกรรมของโครโมโซมในระยะต่างๆ จัดทำแคโรไทป์จากโครโมโซมระยะเมทาเฟส จำแนกชนิดโครโมโซมโดยอ้างอิงตามวิธีการของกันยาร์ตัน (2532) และ Turpin and Lejeune (1965)

### ผลการวิจัย

#### โครโมโซมดิพลอยด์ (2n) และไมโทซิส

ด้กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้มีชุดโครโมโซมแบบดิพลอยด์จำนวน 27 แห่ง ประกอบด้วยออโตโซม 24 แห่ง เป็นโครโมโซมชนิดที่มีแขน 2 ข้างทั้งหมด (bi-armed chromosome) และโครโมโซมเพศ 3 แห่ง โดยเป็นโครโมโซมเอกซ์ 2 แห่ง จำแนกเป็นโครโมโซมเอกซ์ 1 ( $X_1$ ) และเอกซ์ 2 ( $X_2$ ) และเป็นโครโมโซมวาย (Y) 1 แห่ง โดยโครโมโซมเพศทั้ง 3 แห่งนั้นเป็นชนิดเมทาเซนทริก (metacentric) ทั้งหมดและมีขนาดใหญ่กว่าออโตโซมทุกคู่ โดยเรียงลำดับจากแห่งที่มีขนาดใหญ่ที่สุด ได้แก่ โครโมโซม Y โครโมโซม  $X_2$  และโครโมโซม  $X_1$  ตามลำดับ (รูปที่ 1) และสามารถเขียนเป็นสูตรแคโรไทป์ได้ดังนี้

$$2n (27) = 24 \text{ ออโตโซม} + \text{โครโมโซมเพศ } X_1X_2Y$$

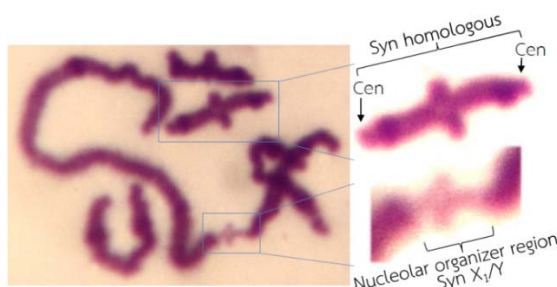


รูปที่ 1 โครโมโซมระยะเมทาเฟสและแคโรไทป์ของต๊กแตนตำข้าวยุโรป (*M. religiosa siedleckii*,  $2n=27$ ) โดยเทคนิคการย้อมสีจิมซ่าแบบธรรมดา

**โครโมโซมแฮพลอยด์ (n) และไมโอซิส**

เซลล์ไมโอซิสของต๊กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้คือเซลล์ที่อยู่ในกระบวนการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ โดยพบเซลล์ในระยะโพรเฟส 1 มีการเข้าคู่แนบชิดกันของโครโมโซมคู่เหมือนประกอบด้วย 12 โบริวาเลนต์ซึ่งเป็นการเข้าคู่แนบชิดของออโตโซม และ 1 ไทรวาเลนต์ซึ่งเป็นการเข้าคู่แนบชิดของโครโมโซมเพศทั้ง 3 แห่ง (รูปที่ 3ก) ลักษณะการแนบชิดของไทรวาเลนต์ของโครโมโซมเพศทั้ง 3 แห่ง เป็นแบบเอาส่วนปลายแขนมาแนบชิดกัน หรือที่เรียกว่าแบบปลายชนปลาย โดยการเรียงตำแหน่งนั้นมีโครโมโซม Y อยู่ตรงกลางแล้วหันปลายแขนด้านหนึ่งไปแนบ

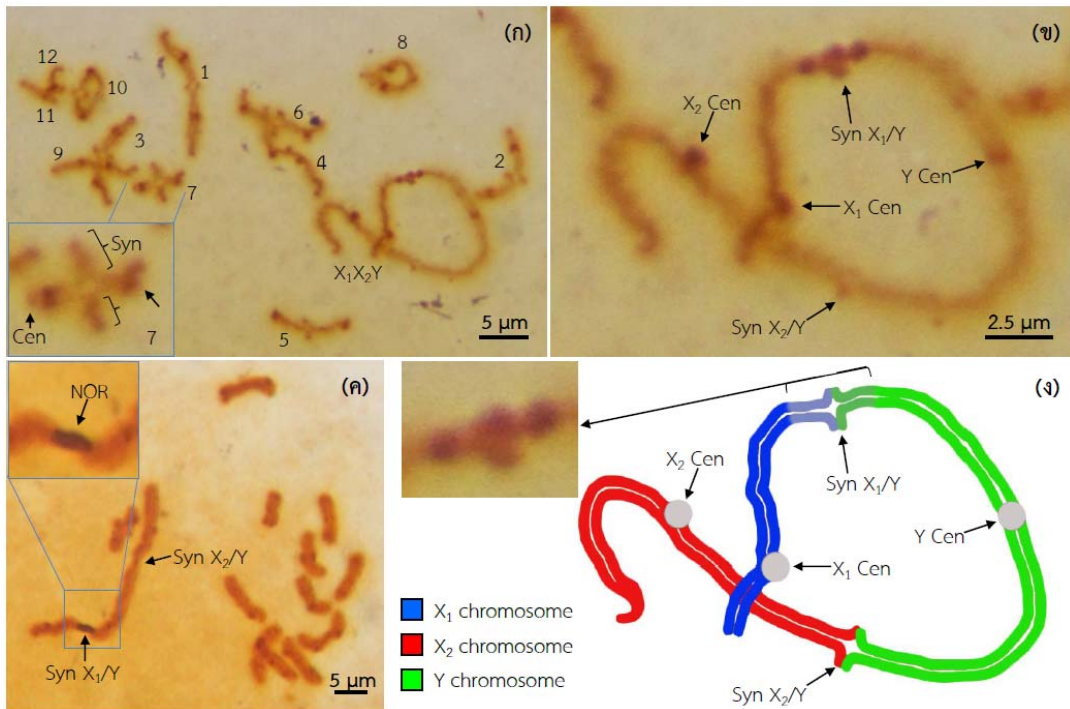
ชิดกับปลายแขนข้างยาวของโครโมโซม X<sub>1</sub> และปลายแขนของโครโมโซม Y อีกด้านหนึ่งก็หันไปแนบชิดกับปลายแขนข้างยาวของโครโมโซม X<sub>2</sub> (รูปที่ 3ข, 3ค และ 3ง) นอกจากนี้ยังพบบริเวณตำแหน่งนอร์ซึ่งติดสีเข้มจากการย้อมด้วยสีซิลเวอร์ในเตรตอยู่บริเวณตรงปลายแขนข้างสั้นของโครโมโซม Y และปลายแขนข้างยาวของโครโมโซม X<sub>1</sub> ซึ่งเป็นบริเวณที่มีการแนบชิดของโครโมโซมทั้ง 2 (รูปที่ 3ข และ 3ค) ตำแหน่งนอร์นี้ยังสามารถตรวจพบได้โดยการย้อมสีจิมซ่าซึ่งจะมีลักษณะติดสีจางกว่าบริเวณอื่นๆ บนโครโมโซม (รูปที่ 2)



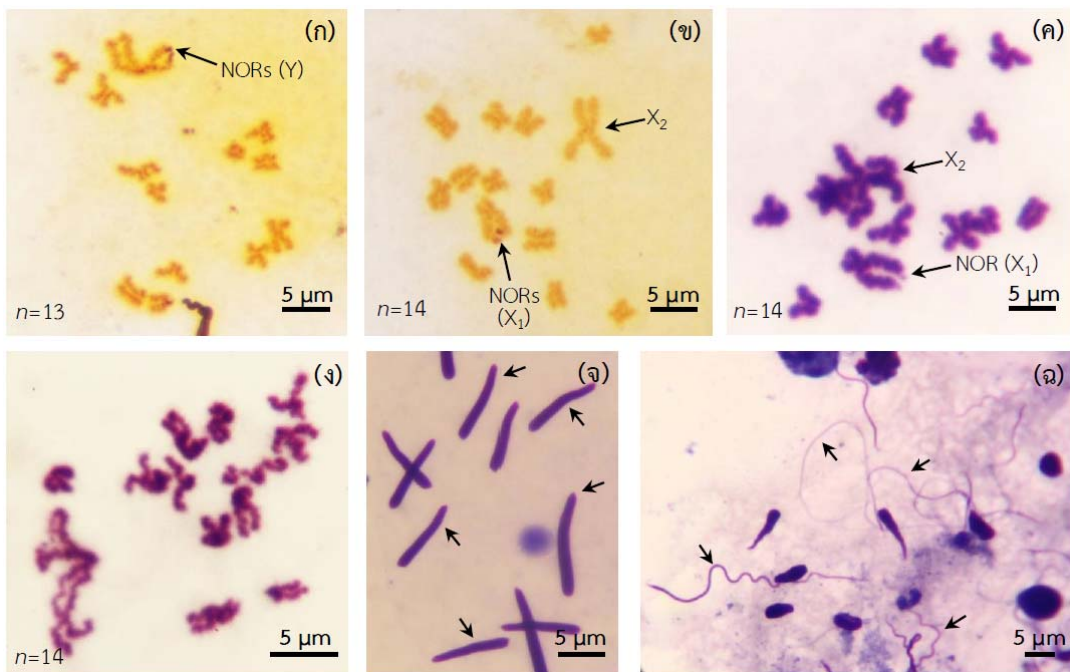
รูปที่ 2 โครโมโซมระยะโพรเฟส 1 แสดงลักษณะการเข้าคู่แนบชิดของโครโมโซมคู่เหมือน และลักษณะบริเวณนอร์บนปลายแขนของโครโมโซม X<sub>1</sub> และ Y ที่ย้อมติดสีจิมซ่าแบบจางๆ

เซลล์ในระยะเมทาเฟส 2 มีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์ 2 แบบ ได้แก่ เซลล์ระยะเมทาเฟส 2 ที่มีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์เท่ากับ 13 แห่ง ซึ่งจะมีโครโมโซมเพศเป็น Y (รูปที่ 4ก) และเซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์เท่ากับ 14 แห่ง ซึ่งจะมีโครโมโซมเพศเป็น X<sub>1</sub> และ X<sub>2</sub> (รูปที่ 4ข, 4ค และ 4ง) นอกจากนี้ยังพบบริเวณนอร์บนปลายแขนโครโมโซม Y (รูปที่

4ก) และบนปลายแขนโครโมโซม X<sub>1</sub> (รูปที่ 4ข) ซึ่งจะติดสีเข้มเมื่อย้อมด้วยสีซิลเวอร์ในเตรต และยังตรวจพบตำแหน่งนอร์บนบริเวณเดียวกันนี้เมื่อย้อมด้วยสีจิมซ่าซึ่งจะมีลักษณะติดสีจาง (รูปที่ 4ค) อีกด้วย เซลล์สืบพันธุ์หรือสเปิร์มของต๊กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้ประกอบด้วยส่วนหัว มีลักษณะเรียวยาว ขนาดความยาวประมาณ 10 ไมโครเมตร (รูปที่ 4จ) และส่วนหาง (รูปที่ 4ฉ)



**รูปที่ 3** การเข้าคู่แนบชิดในระยะโพรเฟส 1 จำนวน 12 โบริวาเลนต์ของออโตโซม และ 1 ไทรวาเลนต์ของโครโมโซมเพศ (ก) ภาพขยายไทรวาเลนต์ของโครโมโซมเพศแสดงการแนบชิดบริเวณปลายของแขนโครโมโซมทั้ง 3 แห่ง โดยปรากฏตำแหน่งนอร์บนปลายแขนบริเวณที่มีการแนบชิดระหว่างโครโมโซม X<sub>1</sub> และโครโมโซม Y (ข) ตำแหน่งนอร์บนปลายแขนโครโมโซม X<sub>1</sub> และโครโมโซม Y ที่ติดแถบเข็มของสปีชีลเวอร์ไนเตรด (ค) ภาพวาดจำลองลักษณะการแนบชิดของไทรวาเลนต์ของโครโมโซมเพศทั้ง 3 แห่ง และตำแหน่งนอร์ (ง) (Syn คือ synapsis และ Cen คือ centromere)



**รูปที่ 4** โครโมโซมระยะเมทาเฟส 2 โดยเทคนิคการย้อมแถบสีแบบนอร์ (ก และ ข) โครโมโซมระยะเมทาเฟส 2 โดยเทคนิคการย้อมสีจิมซ่าแบบธรรมดา (ค และ ง) ส่วนหัวของสเปิร์มตัวเต็มวัย (ลูกศรชี้, จ) และลักษณะหางสเปิร์ม (ลูกศรชี้, ฉ) ของตั๊กแตนตำข้าวยุโรป (*M. religiosa siedleckii*) เพศผู้

## สรุปและวิจารณ์ผลการวิจัย

การศึกษานี้เป็นรายงานการศึกษาโครโมโซมของ ต๊กแตนตำข้าวยุโรป (*M. religiosa siedleckii*) ครั้งแรกในประเทศไทย ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาโครโมโซมใน ต๊กแตนตำข้าวยุโรปชนิดเดียวกัน (ชนิด *Mantis religiosa*) ในรายงานก่อนหน้านี้ที่ระบุถึงจำนวนโครโมโซม-ดิพลอยด์ในเพศผู้เท่ากับ 27 แห่ง (Callan and Jacobs, 1957; Yaseen et al., 1996; del Cerro et al., 1998) และพบโครโมโซมเพศของเพศผู้เป็นระบบ  $X_1X_2Y$  สอดคล้องกับรายงานการศึกษาของ Callan and Jacobs (1957) และ del Cerro et

al. (1998) ที่ศึกษาพบโครโมโซมเพศแบบเดียวกันนี้ใน ต๊กแตนตำข้าวยุโรป (ตารางที่ 1)

การศึกษานี้ได้วิเคราะห์เซลล์ต่างๆ ที่อยู่ในช่วงกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเพื่อการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ พบว่า ต๊กแตนตำข้าวยุโรปเพศผู้ชนิดย่อยที่กระจายพันธุ์ในประเทศไทยนี้มีพฤติกรรมของโครโมโซมเพศที่ตรงตามหลักการเกิดวิวัฒนาการมาเป็น neo-sex chromosome สอดคล้องกับองค์ความรู้เรื่องโครโมโซมเพศแบบ neo-sex chromosome ของ ต๊กแตนตำข้าวในวงศ์ Mantidae (King, 1931; Hughes-Schrader, 1950; Yaseen et al., 1996; del Cerro et al., 1998; Castillo et al., 2010)

ตารางที่ 1 ข้อมูลการศึกษาโครโมโซมของ ต๊กแตนตำข้าวยุโรปและ ต๊กแตนตำข้าวบางชนิดในวงศ์ Mantidae

ชนิด	2n	แคโรไทป์	อ้างอิง
<i>Mantis religiosa</i>	27 (♂)	24 autosomes + $X_1X_2Y$	Callan and Jacobs (1957), del Cerro et al. (1998)
	27 (♂)	26 autosomes + XO	Yaseen et al. (1996)
	28 (♀)	26 autosomes + XX	
<i>(M. religiosa siedleckii)</i>	27 (♂)	24 autosomes + $X_1X_2Y$	การศึกษานี้
<i>Sphodromantis bioculata</i>	23 (♂)	22 autosomes + XO	Yaseen et al. (1996)
	24 (♀)	22 autosomes + XX	
<i>Tenodera sinensis</i>	27 (♂)	24 autosomes + $X_1X_2Y$	King (1931)

พฤติกรรมของโครโมโซมเพศในเพศผู้ เพศผู้มีโครโมโซมเพศแบบ  $X_1X_2Y$  ในการเข้าคู่แบบชิดกันในระยะโพรเฟส 1 จะมีพฤติกรรมเข้าคู่แบบ 1 ไทรวาเลนต์ โดยส่วนปลายแขนแนบกันในลักษณะเรียงแถว ตามทฤษฎีแล้วการแยกกันในระยะแอนาเฟส 1 สามารถเกิดขึ้นได้ 3 รูปแบบ (แสดงดังตารางที่ 2) แต่จะมีเพียงรูปแบบเดียวเท่านั้นที่จะได้เซลล์สืบพันธุ์ที่สมบูรณ์ ส่วนอีก 2 รูปแบบจะได้เซลล์สืบพันธุ์ที่ไม่สามารถทำงานได้เนื่องจากเมื่อเกิดการปฏิสนธิกับเซลล์สืบพันธุ์ของเพศเมียแล้ว ตัวอ่อนจะมีภาวะโครโมโซม X ขาดหรือเกินสำหรับรูปแบบการแยกของโครโมโซมเพศในระยะแอนาเฟส 1 ที่จะทำให้ได้เซลล์สืบพันธุ์ที่สมบูรณ์ คือ รูปแบบการแยกที่โครโมโซม  $X_1$  และ  $X_2$  ไปด้วยกัน และโครโมโซม Y แยกไปอีกฝั่ง ขั้วเซลล์ เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสแล้ว ฝั่งขั้วเซลล์ที่มีโครโมโซม  $X_1$  และ  $X_2$  จะมีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์เท่ากับ 14 แห่ง ส่วนฝั่งขั้วเซลล์ที่มีโครโมโซม Y จะมีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์เท่ากับ 13 แห่ง ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้ก็พบ

เซลล์ระยะเมทาเฟส 2 ที่สอดคล้องตามการแยกของโครโมโซมเพศในลักษณะนี้ (รูปที่ 4ก, 4ข และ 4ค)

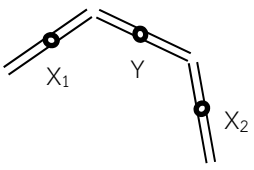
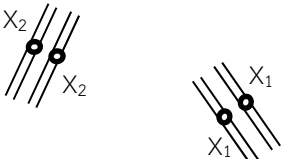
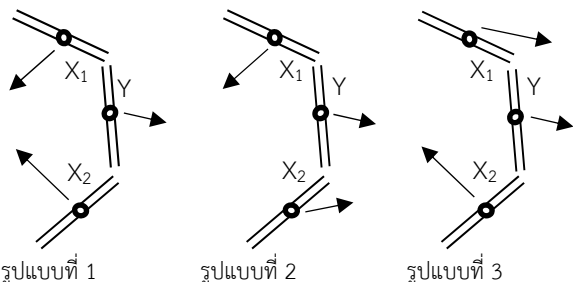
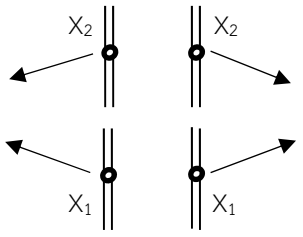
พฤติกรรมของโครโมโซมเพศในเพศเมีย จากข้อมูลการศึกษาต่างๆ และองค์ความรู้ก่อนหน้านี้ (del Cerro et al., 1998; Castillo et al., 2010) พบว่าเพศเมียมีโครโมโซมเพศแบบ  $X_1X_1X_2X_2$  ในการเข้าคู่แบบชิดกันในระยะโพรเฟส 1 จะมีพฤติกรรมเข้าคู่แบบไบวาเลนต์ 2 คู่ คือ คู่ไบวาเลนต์ของโครโมโซม  $X_1X_1$  และคู่ไบวาเลนต์ของโครโมโซม  $X_2X_2$  โครโมโซมเพศของเพศเมียจึงมีการแยกกันในระยะแอนาเฟส 1 แบบปกติรูปแบบเดียว เมื่อสิ้นสุดการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจึงได้เซลล์สืบพันธุ์ชนิดเดียวคือมีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์เท่ากับ 14 แห่ง และมีโครโมโซมเพศแบบ  $X_1X_2$  (ตารางที่ 2)

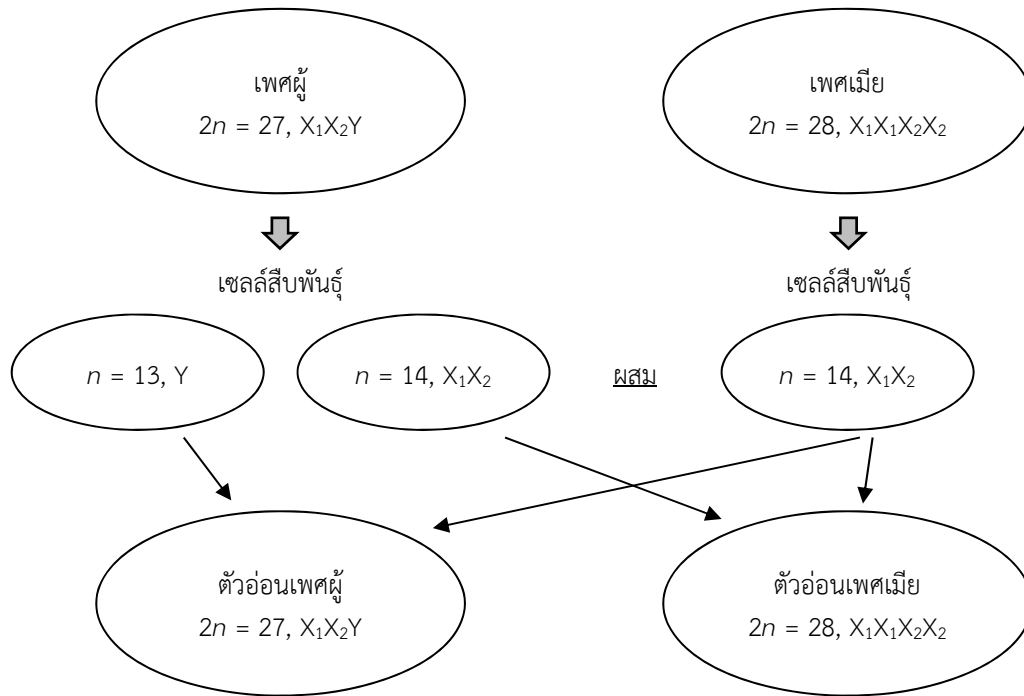
จากผลการศึกษาครั้งนี้จะพบว่าพฤติกรรมของโครโมโซมเพศของเพศผู้สอดคล้องกับหลักการของการเกิด neo-sex chromosome ในกลุ่ม ต๊กแตนตำข้าว การปฏิสนธิระหว่างเซลล์สืบพันธุ์ของตัวผู้กับตัวเมียจะประสบความสำเร็จจน

ก่อให้เกิดตัวอ่อนได้ต้องเกิดจากเซลล์สืบพันธุ์ของเพศผู้ที่มีการแยกกันแบบ  $X_1X_2$  แยกออกจาก Y ซึ่งจะได้เซลล์สืบพันธุ์ 2 ชนิด ได้แก่ เซลล์สืบพันธุ์ชนิดที่ 1 มีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์เท่ากับ 14 แห่ง มีโครโมโซมเพศเป็น  $X_1X_2$  ( $n = 14, X_1X_2$ ) เมื่อไปรวมกับเซลล์สืบพันธุ์ของเพศเมีย ( $n = 14, X_1X_2$ ) ตัวอ่อนที่เกิดขึ้นจะเป็นเพศเมีย ( $2n = 28, X_1X_1X_2X_2$ ) และเซลล์สืบพันธุ์

ชนิดที่ 2 มีจำนวนโครโมโซมแฮพลอยด์เท่ากับ 13 แห่ง มีโครโมโซมเพศเป็น Y ( $n = 13, Y$ ) เมื่อไปรวมกับเซลล์สืบพันธุ์ของเพศเมีย ( $n = 14, X_1X_2$ ) ตัวอ่อนที่เกิดขึ้นจะเป็นเพศผู้ ( $2n = 27, X_1X_2Y$ ) แบบแผนการผสมพันธุ์ของตึกแตนตำข้าวยุโรปแสดงดังรูปที่ 5

**ตารางที่ 2** แสดงพฤติกรรมของโครโมโซมเพศของตึกแตนตำข้าวยุโรป (*M. religiosa siedleckii*) ในการเข้าคู่แบบชิดในระยะโพรเฟส 1 รูปแบบการแยกกันในระยะแอนาเฟส 1 และชนิดของเซลล์สืบพันธุ์

โครโมโซมเพศของตัวผู้ $X_1X_2Y$	โครโมโซมเพศของตัวเมีย $X_1X_1X_2X_2$
<p>ระยะโพรเฟส 1 แบบชิดแบบ 1 ไทรวาเลนต์</p> 	<p>ระยะโพรเฟส 1 แบบชิดแบบ 2 ไบวาเลนต์</p> 
<p>การแยกกันของโครโมโซมเพศในระยะแอนาเฟส 1</p>  <p>รูปแบบที่ 1                      รูปแบบที่ 2                      รูปแบบที่ 3</p>	<p>การแยกกันของโครโมโซมเพศในระยะแอนาเฟส 1</p> 
<p>ชนิดของเซลล์สืบพันธุ์ที่ได้หลังเสร็จสิ้นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส</p>	
<p>รูปแบบที่ 1                      <math>X_1X_2 : Y</math> (ทำงานได้หมด)</p> <p>รูปแบบที่ 2                      <math>X_1 : X_2Y</math> (ทำงานไม่ได้หรือปฏิสนธิไม่สำเร็จ)</p> <p>รูปแบบที่ 3                      <math>X_2 : X_1Y</math> (ทำงานไม่ได้หรือปฏิสนธิไม่สำเร็จ)</p>	<p>ได้เซลล์สืบพันธุ์ชนิดเดียวคือ <math>X_1X_2</math> ทำงานได้ตามปกติ</p>



รูปที่ 5 แบบแผนการผสมพันธุ์และปฏิสนธิของตั๊กแตนตำข้าวยุโรป (*M. religiosa siedleckii*) ระหว่างเซลล์สืบพันธุ์ของเพศผู้และเพศเมีย

**กิตติกรรมประกาศ**

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากทุนวิจัยจากดอกผลกองทุนคณะวิทยาศาสตร์ ปี 2560 มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และได้รับอนุญาตการใช้สัตว์ทดลองตามมาตรฐานสถาบันพัฒนาการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (เลขที่คำขอรับใบอนุญาตใช้สัตว์ U1-04491-2559)

**เอกสารอ้างอิง**

กันยารัตน์ ไชยสุด. (2532). เซลล์พันธุศาสตร์และเซลล์อนุกรมวิธานของพืชสกุล *Zephyranthes*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิสุทธิ์ เอกอำนวยการ. (2556). โลกของตั๊กแตน จิ้งหรีด 3: ตั๊กแตนตำข้าว. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: พลัสเพรส. หน้า 29-30.

Battiston, R. (2016). *Mantis religiosa*. The IUCN Red List of Threatened Species, available: <https://www.iucnredlist.org/species/44793247/44798476>, 8 December 2018.

Callan, H.G. and Jacobs, P.A. (1957). The meiotic process in *Mantis religiosa* L. males. *Journal of Genetics* 55(1): 200-217.

Castillo, E.R., Marti, D.A. and Bidau, C.J. (2010). Sex and neo-sex chromosomes in Orthoptera: A review. *Journal of Orthoptera Research* 19(2): 213-231.

de Almeida, M.C., Campaner, C. and Cella, D.M. (2006). Karyotype characterization, constitutive heterochromatin and nucleolus organizer regions of *Paranaita opima* (Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae). *Genetics and Molecular Biology* 29(3): 475-481.

del Cerro, A.L., Cuñado, N. and Santos, J.L. (1998). Synaptonemal complex analysis of the  $X_1X_2Y$  trivalent in *Mantis religiosa* L. males: inferences on the origin and maintenance of the sex-determining mechanism. *Chromosome Research* 6(1): 5-11.

Howell, W.M. and Black, D.A. (1980). Controlled silver-staining of nucleolus organizer regions with a protective colloidal developer: A 1-step method. *Experientia* 36(8): 1014-1015.

Hughes-Schrader, S. (1950). The chromosomes of mantids (Orthoptera: Manteidae) in relation to taxonomy. *Chromosoma* 4(1): 1-55.

King, R.L. (1931). Chromosomes of three species of Mantidae. *Journal of Morphology* 52(2): 525-534.



- Kral, K. (2014). Orientation behavior with and without visual cues in newly hatched and adult praying mantis. *Journal of Insect Behavior* 27(2): 192-205.
- Liana, A. (2007). Distribution of *Mantis religiosa* (L.) and its changes in Poland. *Fragmenta Faunistica* 50(2): 91-125.
- Linn, C.A. and Griebeler, E.M. (2016). Habitat preference of German *Mantis religiosa* populations (Mantodea: Mantidae) and implications for conservation. *Environmental Entomology* 45(4): 829-840.
- Reitze, M. and Nentwig, W. (1991). Comparative investigations into the feeding ecology of six Mantodea species. *Oecologia* 86(4): 568-574.
- Roeder, K.D. (1935). An experimental analysis of the sexual behavior of the praying mantis (*Mantis religiosa* L.). *The Biological Bulletin* 69(2): 203-220.
- Rooney, D.E. (2001) *Human cytogenetics: Constitutional analysis*. London: Oxford University Press.
- Turpin, R. and Lejeune, J. (1965). *Les chromosomes humains*. Paris: Gauthier Villars.
- Yaseen, A.E., Mostafa, F.M. and Kawashti, I.S. (1996). Karyological studies on five species of Dictyoptera (Pterygota: Insecta). *Cytologia* 61(3): 285-295.

