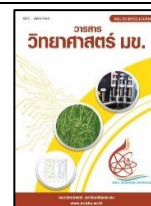




KKU SCIENCE JOURNAL

Journal Home Page : <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/KKUSciJ>

Published by the Faculty of Science, Khon Kaen University, Thailand



การศึกษาโครโมโซมของตั๊กแตนหนวดยาวชนิดสั้นบางชนิดด้วยวิธีการย้อมสีแบบธรรมดา Karyotypes of Short Horned Grasshoppers by Conventional Staining Technique

ณัฐพร จิรวัดนาสมกุล¹ กฤษณ์ พิเนตรเสถียร^{2*} ณิชานันท์ กุตรระแสง² ชญานิน นิวงษา²
และ ไพลิน แก้วนิวงษ์²

Nathaporn Jirawattanasomkul¹, Krit Phinetsathian^{2*}, Nichanun Kutrasaeng²,

Chayanin Niwongsa² and Phailin Kaewniwong²

¹สาขาวิชาสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

²สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร 47000

¹Program Environmental, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

²Program Biology, Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, 47000, Thailand

บทคัดย่อ

การศึกษาโครโมโซมของตั๊กแตนหนวดยาว (short-horned grasshopper) จำนวน 3 ชนิด ในพื้นที่ อำเภอมือง จังหวัดสกลนคร ทำการเตรียมโครโมโซมจากลำไส้ ด้วยวิธีการตรงโดยการฉีดสารโคลชิซินเข้าสู่ช่องท้อง จากนั้นทำการย้อมสีโครโมโซมแบบธรรมดาด้วยสีจิมซาความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาพบว่าตั๊กแตนมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) และสูตรโครโมโซมดังนี้ ตั๊กแตนปากทังก้า (*Patanga succincta*) เพศผู้ $2n (23) = L_{10}^t + M_2^t + S_{10}^t + (XO)$ และเพศเมีย $2n (24) = L_8^t + M_4^t + S_{10}^t + (XX)$ จำนวนโครโมโซมตั๊กแตนฝ้าย (*Cyrtacanthacris tatarica*) เพศผู้ $2n (23) = L_8^t + M_6^t + S_8^t + (XO)$ และเพศเมีย $2n (24) = L_{10}^t + M_4^t + S_8^t + (XX)$ และจำนวนโครโมโซมตั๊กแตนคอแหวน (*Hieroglyphus banian*) เพศผู้ $2n (23) = L_8^t + M_8^t + S_6^t + (XO)$ และเพศเมีย $2n (24) = L_8^t + S_{14}^t + (XX)$ สรุปผลการวิจัยครั้งนี้พบว่าตั๊กแตนหนวดยาวเพศผู้ทุกชนิดมีโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 23 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 23 ประกอบด้วยโครโมโซมขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก ส่วนตั๊กแตนหนวดยาวเพศเมียทุกชนิดมีโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 24 แท่ง จำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 24 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดขนาดใหญ่ ขนาดกลาง และขนาดเล็ก สามารถแยกโครโมโซมเพศระหว่างตั๊กแตนเพศผู้และเพศเมียได้ สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบกับตั๊กแตนสายพันธุ์อื่น ๆ ที่พบในพื้นที่

ABSTRACT

The Chromosome numbers, karyotypes and idiograms of three species of short-horned grasshoppers in Mueang Sakon Nakhon District, Sakon Nakhon Province were studied from the digestive tract by the direct method of colchicine injection to the abdomen. Then chromosome were dyed with

*Corresponding Author, E-mail: Biologysnru@snru.ac.th

Received: date: 4 December 2024 | Revised date: 3 February 2025 | Accepted date: 11 March 2025

doi: <https://doi.org/10.14456/kkuscij.2025.5>

10% Giemsa's solution. The results of all species showed diploid chromosome number, $2n=23$ and $2n=24$ in both male and female, respectively. Karyotype formula showed that *Patanga succincta* male $2n (23) = L_{10}^t + M_2^t + S_{10}^t + (XO)$ and female $2n (24) = L_8^t + M_4^t + S_{10}^t + (XX)$, *Cyrtacanthacris tatarica* male $2n (23) = L_8^t + M_6^t + S_8^t + (XO)$, and female $2n (24) = L_{10}^t + M_4^t + S_8^t + (XX)$ and *Hieroglyphus banian* male $2n (23) = L_8^t + M_8^t + S_6^t + (XO)$ and female $2n (24) = L_8^t + S_{14}^t + (XX)$. Based on the karyotype formulas of all species, the fundamental chromosome numbers were 23 in all males and 24 in all females consisting of large, medium and small chromosomes. The sex chromosomes between male and female grasshoppers could be separated. It can be used as a basis for comparison with other grasshopper species found in the area.

คำสำคัญ: พันธุศาสตร์เซลล์ ตั๊กแตนหนวดยาว คาร์ิโอไทป์

Keywords: Cytogenetics, Short-horned grasshopper, Karyotype

บทนำ

ในอดีตตั๊กแตนหนวดยาวชนิดที่มีการระบาดและทำลายพืชผลทางการเกษตรในประเทศไทยมาก ได้แก่ ตั๊กแตนปาทั้งก้า (*Patanga succincta* (Johannson, 1763)) ตั๊กแตนฝ้าย (*Cyrtacanthacris tatarica* (Linnaeus, 1758)) และ ตั๊กแตนคอกเหวน (*Hieroglyphus banian* (Fabricius, 1798)) ทั้งนี้ตั๊กแตนปาทั้งก้าเป็นชนิดที่มีการระบาดมากที่สุด (โกศล, 2525) แต่ในปัจจุบันตั๊กแตนกลายเป็นแมลงที่ถูกบริโภคเป็นอาหาร ในประเทศไทยแมลงที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ จิ้งหรีด รองลงมาได้แก่ ตั๊กแตน ตั๊กแตน หนอนรด่วน หนอนไหม ดั้ว มด แมงป่อง แมลงบางชนิดไม่สามารถเพาะเลี้ยงได้เนื่องจากขาดข้อมูลในการเพาะเลี้ยง ได้แก่ สายพันธุ์ ลักษณะทั่วไป ซึ่งข้อมูลดังกล่าวต้องอาศัยข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่ครบถ้วน (ฝ่ายวิจัยและข้อมูลสถาบันอาหาร, 2564) และข้อมูลจาก Food and Agriculture Organization of The United Nations (FAO) กล่าวว่าแมลงกินได้จัดเป็นเสบียงอาหารโปรตีนสำรองสำหรับประชากรของโลกที่เพิ่มขึ้น เหตุผลเนื่องจากแมลงหลายชนิด เช่น จิ้งหรีดและตั๊กแตนมีคุณค่าทางโภชนาการสูง เพาะเลี้ยงได้ง่าย ใช้เวลาไม่นาน มีต้นทุนการผลิตต่ำ สิ้นเปลืองพลังงานและทรัพยากรน้อยกว่าปศุสัตว์ทั่วไป ทำให้ลดการทำลายสิ่งแวดล้อม จึงเหมาะสมสำหรับการเป็นอาหารแห่งอนาคต (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2013)

การจัดจำแนกตั๊กแตนหนวดยาวในประเทศไทยพบว่ามีหลากหลายทางชีวภาพมาก ตั๊กแตนเป็นแมลงที่ประกอบด้วยแมลงหลายวงศ์ด้วยกัน ทั่วโลกมีประมาณ 22 วงศ์ (Grzimek *et al.*, 2004; Rowell *et al.*, 2001) สำหรับในประเทศไทย Hutacharn *et al.* (2007) รายงานไว้ 10 วงศ์ วงศ์ที่พบบ่อยที่สุด ได้แก่ วงศ์ Acrididae จำแนกได้ 47 ชนิด แต่การศึกษาด้านพันธุศาสตร์ของตั๊กแตนหนวดยาวยังมีค่อนข้างน้อย โดยทั่วไปการจัดจำแนกชนิดตั๊กแตนหนวดยาวนั้นใช้ลักษณะทางสัณฐานวิทยา (Morphological characters) ซึ่งบางครั้งมีความยุ่งยากเนื่องจากสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกันมีอิทธิพลต่อการแสดงออกของลักษณะทางพันธุกรรมแตกต่างกัน เช่นในตั๊กแตนทะเลทราย (*Schistocerca gregaria* (Forsskal, 1775)) หากระยะตัวอ่อนอยู่ในระยะ The solitary phase: ตัวอ่อนจะมีสีเขียว ตัวเต็มวัยจะมีสีเทาหรือน้ำตาล และอยู่แบบกระจัดกระจาย แต่ถ้าตั๊กแตนชนิดนี้อยู่ในระยะ The gregaria phase: ตัวอ่อนจะมีสีดำ ตัวเต็มวัยจะมีสีเหลืองหรือส้มจะอยู่รวมกันเป็นฝูง (Katel *et al.*, 2021) และส่งผลต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตั๊กแตนด้วย (Vilardi, 1984) ดังนั้นการศึกษาทางด้านพันธุศาสตร์เซลล์ ได้แก่ การศึกษาคาร์ิโอไทป์ (Karyotype) เป็นการจัดเรียงโครโมโซม (Chromosome) ให้เป็นหมวดหมู่ช่วยให้ศึกษารายละเอียดได้ง่ายขึ้น เช่น จำนวนโครโมโซม การจับคู่โครโมโซมคู่เหมือน รูปร่างของโครโมโซม อิดิโอแกรม (Idiogram) นอกจากนี้ยังสามารถใช้ประโยชน์พันธุศาสตร์ระดับเซลล์ตรวจสอบด้านพิษวิทยาของเซลล์ที่ได้รับสารเคมีจนเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างการทำงานของเซลล์ทำให้เกิดการกลายของโครโมโซมและดีเอ็นเอซึ่งเป็นผลในระดับพันธุกรรมได้หรือการปรับปรุงพันธุ์ให้มีคุณลักษณะตามต้องการ (อลงกตและคณะ, 2562)

ในการศึกษารั้วนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาดักแค้น 3 ชนิด ได้แก่ ดักแค้นปาทั้งก้า ดักแค้นฝ้าย และดักแค้นคอแหวนซึ่งเป็นแมลงเศรษฐกิจที่สำคัญในจังหวัดสกลนคร จากการสำรวจเบื้องต้นมีการจำหน่ายในบางฤดูกาลราคา 100 บาท/100 กรัมและยังไม่สามารถเพาะเลี้ยงในรูปแบบฟาร์มได้ โดยทำการศึกษาทั้งเพศผู้และเพศเมีย ด้วยวิธีการย้อมสีแบบธรรมดาเพื่อเป็นข้อมูลเพิ่มเติมในการพิจารณาเกี่ยวกับลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดักแค้นหนวดสั้น ซึ่งนำไปสู่การจัดจำแนกชนิด การศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ และปรับปรุงพันธุ์ดักแค้นเพื่อรองรับความต้องการบริโภคแมลงของมนุษย์ซึ่งต้องการให้แมลงเป็นแหล่งโปรตีนทดแทนเพิ่มมากขึ้น

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเก็บและบันทึกข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาของดักแค้นหนวดสั้น

เก็บตัวอย่างดักแค้นหนวดสั้นจากตลาดอำเภอเมืองสกลนคร จังหวัดสกลนคร ในช่วงเดือนพฤศจิกายน - ธันวาคม พ.ศ. 2567 เนื่องจากเป็นเวลาที่จับดักแค้นมาจำหน่าย ซึ่งจากเดิมเป็นแมลงศัตรูพืชแต่ในปัจจุบันเป็นแมลงเศรษฐกิจ หลังจากเก็บตัวอย่างได้แล้วนำมาคัดเลือกดักแค้นระยะตัวเต็มวัยทั้งเพศผู้และเพศเมียในแต่ละเพศต้องมากกว่า 3 ตัว จำนวน 3 ชนิด คือ ได้แก่ ดักแค้นปาทั้งก้า ดักแค้นฝ้าย และดักแค้นคอแหวน โดยอาศัยคู่มือข้อสังเกต ลักษณะชนิดของดักแค้น (กองส่งเสริมการอารักขาพืชและจัดการดินปุ๋ย, 2567) จากนั้นนำตัวอย่าง มาทำการศึกษาลักษณะภายนอก ถ่ายภาพ และบันทึกข้อมูลลักษณะสัณฐานวิทยาของดักแค้นหนวดสั้นโดยการวัดขนาดความยาวของลำตัว หนวด สันนอกปล้องแรก ปีก-ฟิเมอร์ของขาคู่หลังและทibiaของขาคู่หลัง

2. การจัดเตรียมโครโมโซม

2.1 นำตัวอย่างดักแค้นที่ยังคงมีชีวิตจากข้อ 1 มาทำการเตรียมเซลล์ระยะเมทาเฟส ดัดแปลงจากเทคนิคการศึกษาโครโมโซมจากลำไส้ (Intestine) โดยนำดักแค้นที่ยังมีชีวิตอยู่ ฉีดสารละลายโคลิซิซิน (Colchicine) ความเข้มข้น 0.01% เข้าทางช่องท้อง ทิ้งไว้ 3 ชั่วโมง ทำการสลบโดยวิธีการแช่เย็น จากนั้นผ่าตัดหน้าท้องตามยาวเอาส่วนระบบทางเดินอาหารแช่และตัดเป็นชิ้นเล็ก ๆ ในสารละลายโพแทสเซียมคลอไรด์ (KCl) 0.75 โมลาร์ และดูดสารตัวอย่างใส่ในหลอดปั่นเหวี่ยง (centrifuge tube) ขนาด 15 มิลลิลิตร เติมน้ำ KCl ให้ครบ 7 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 30 นาที จากนั้นนำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 3,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที ดูดสารละลายด้านบนออกเล็กน้อยจากนั้นนำตะกอนเซลล์ที่ได้มาเติมน้ำยาตรึงเซลล์ (methanol: glacial acetic acid ในอัตราส่วน 3:1) จนครบ 7 มิลลิลิตร นำไปปั่นเหวี่ยงรอบที่ 2 ทำเช่นเดิมจนได้ตะกอนเซลล์สีขาว จากนั้นดูดของเหลวด้านบนออกแล้วเก็บตะกอนไว้ เติมน้ำยาตรึงเซลล์ 4 - 5 มิลลิลิตร ขึ้นกับปริมาณเซลล์ที่ได้ ปิดปากหลอดแล้วเก็บในตู้แช่อุณหภูมิต่ำ - 20 องศาเซลเซียส (อลงกตและคณะ, 2562)

2.2 การเตรียมสไลด์เพื่อศึกษาโครโมโซม นำตัวอย่างตะกอนเซลล์ที่ได้จากข้อ 2.1 หยดบนสไลด์ (ตัวอย่างตะกอนเซลล์ควรอยู่ในสภาวะที่เย็น) โดยใช้หลอดหยดดูดตะกอนเซลล์จากนั้นทำการหยดตัวอย่างสูงประมาณ 30 เซนติเมตรจากสไลด์ (เพื่อให้เซลล์แตก และโครโมโซมกระจายตัวได้ดี) นำสไลด์ที่ได้วางบนเครื่องอุ่นสไลด์ (Warm plate) อุณหภูมิประมาณ 60 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้ให้สไลด์แห้ง (สุมาลีและวิวรรณ, 2561) เพื่อเตรียมย้อมสีต่อไป

2.3 นำสไลด์ที่ได้ ไปย้อมสีจีเมซ่า (Giemsa) ความเข้มข้น 10% เป็นเวลา 15 นาที ล้างสีโดยวิธีการจุ่มสไลด์ในน้ำสะอาดจากนั้นผึ่งสไลด์ให้แห้ง นำสไลด์ไปตรวจภายใต้กล้องจุลทรรศน์ชนิด 3 ตา Euromex ใช้จอทัชสกรีนในการถ่ายภาพเลือกเซลล์ที่กระจาย และโครโมโซมระยะเมทาเฟสครบสมบูรณ์ กระจายตัวดี ไม่ทับซ้อนกัน ด้วยกำลังขยาย 1,000 เท่า และบันทึกภาพ

2.4 วิเคราะห์ภาพที่บันทึกไว้โดยการจับคู่โครโมโซมที่เหมือนกัน และวัดขนาดโดยปริ้นภาพนำมาทำการวัดโดยใช้เวอร์เนียร์คาลิเปอร์ ศึกษาโครโมโซมโดยการหาความยาวของแขน โครโมโซมข้างสั้น (Length of short arm chromosome; Ls) ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว (Length of long arm chromosome; LL) แล้วนำมาคำนวณหา

ค่าความยาวของโครโมโซมแต่ละแท่ง (Length of total chromosome; LL + Ls) หาค่าความยาวสัมพัทธ์ (Relative length, RL) และกำหนดชนิดของโครโมโซมแต่ละคู่ โดยใช้ค่าดัชนีเซนโทรเมอร์ (Centromeric index, Ci) นำค่าที่ได้ไปใช้ประกอบในการจัดทำคาริโอไทป์ (อมรา, 2546)

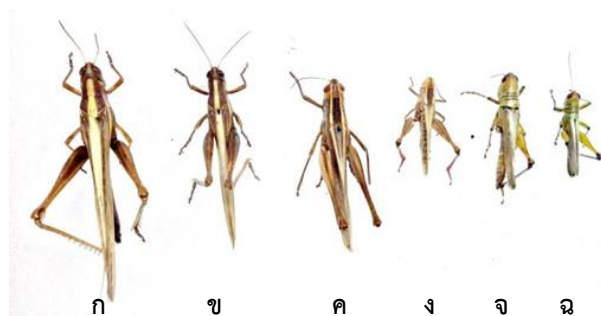
3. การจัดทำคาริโอไทป์และอิดิโอแกรม

การจัดทำคาริโอไทป์และอิดิโอแกรมดัดแปลงมาจากวิธีการของกันยารัตน์ (2532) โดยเลือกภาพถ่ายเซลล์ระยะเมทาเฟส 20 เซลล์ที่โครโมโซมกระจายตัวดีไม่หดสั้นเกินไป มีจำนวนโครโมโซมครบ และสังเกตรูปร่างได้ชัดเจน มาจัดทำคาริโอไทป์ และอิดิโอแกรม โดยใช้โปรแกรม Microsoft office

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของตั๊กแตน

จากการศึกษาการเก็บตัวอย่างตั๊กแตนหนวดยาว จำนวนทั้งหมด 37 ตัวอย่าง เป็นตั๊กแตนป่าทั้งก้าเพศผู้ 5 ตัว เพศเมีย 8 ตัว รวมเป็น 13 ตัว มีลักษณะทั่วไปคือ ลำตัวสีน้ำตาลอ่อนหรือเข้ม รูปหน้ายาว ริมฝีปากบนใหญ่ แก้มทั้ง 2 ข้าง มีแถบสีดำ มีแถบสีน้ำตาลดำพาดยาว ด้านหลังมีแถบสีเหลืองอ่อน ปีกคู่ที่ 2 เป็นสีชมพูอ่อน ขยายพันธุ์ 1 ครั้ง/ปี ตั๊กแตนฝ้าย เพศผู้ 7 ตัว เพศเมีย 8 ตัว รวมเป็น 15 ตัว มีลักษณะทั่วไปคือ มีแถบสีน้ำตาลดำพาดยาว ด้านหลังมีแถบสีเหลืองอ่อน ขยายพันธุ์ 1 ครั้ง/ปี ตั๊กแตนคอกหวาน เพศผู้ 4 ตัว เพศเมีย 5 ตัว รวมเป็น 9 ตัว ลำตัวและปีกสีเขียวหรือเขียวเหลือง ส่วนหัวเมื่อมองด้านข้างเป็นแนวตั้งตรง แก้ม 2 ข้างมีแถบสีเขียวเข้มพาด ส่วนอกด้านบนเป็นสันนูน ผิวขรุขระ มีแถบสีเหลืองพาดยาว ปีกคู่หน้าสีเขียวตลอดไม่มีลวดลาย หน้าแข็งสีม่วงแดงและมีหนามซี่ใหญ่ ขยายพันธุ์ 1 ครั้ง/ปี จากการศึกษาสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบขนาดของตั๊กแตนทั้ง 3 ชนิด แสดงดังรูปที่ 1 และตารางที่ 1 พบว่าลักษณะที่แตกต่างกันสามารถใช้จัดจำแนกชนิดได้ คือ ขนาดของลำตัวของตั๊กแตนทุกชนิดเพศเมียจะมีความยาวลำตัวมากกว่าเพศผู้ โดยตั๊กแตนฝ้ายเพศเมียจะมีลำตัวยาวเฉลี่ย 4.53 ± 0.06 เซนติเมตร ตั๊กแตนป่าทั้งก้าเพศเมียจะมีขนาดรองลงมาคือ 3.40 ± 0.06 เซนติเมตร และตั๊กแตนคอกหวานจะมีขนาดลำตัวเล็กที่สุด คือ 2.70 ± 0.04 เซนติเมตร



รูปที่ 1 สัณฐานวิทยาเปรียบเทียบขนาดของตั๊กแตนทั้ง 3 ชนิด ก: ตั๊กแตนฝ้ายเพศเมีย ข: ตั๊กแตนฝ้ายเพศผู้ ค: ตั๊กแตนป่าทั้งก้าเพศเมีย ง: ตั๊กแตนป่าทั้งก้าเพศผู้ จ: ตั๊กแตนคอกหวานเพศเมีย ฉ: ตั๊กแตนคอกหวานเพศผู้

ตารางที่ 1 ลักษณะสัณฐานวิทยาของตั๊กแตน

ลักษณะ	ความยาวเฉลี่ย (เซนติเมตร)					
	ตั๊กแตนปาทั้งก้า		ตั๊กแตนฝ้าย		ตั๊กแตนคอแหวน	
	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย	เพศผู้	เพศเมีย
ลำตัว	3.00±0.08	3.40±0.06	3.30±0.07	4.53±0.06	2.60±0.04	2.70±0.04
หนวด	1.56±0.25	1.66±0.02	1.70±0.07	1.8±0.01	2.10±0.02	2.20±0.02
สันอกปล้องแรก	1.23±0.07	1.33±0.06	1.70±0.02	1.66±0.05	0.73±0.05	0.83±0.05
ปีก	4.76±0.03	4.86±0.04	6.86±0.07	6.96±0.01	2.13±0.07	2.23±0.07
ฟีเมอร์ของขาคู่หลัง	3.43±0.07	3.53±0.02	3.50±0.07	3.60±0.09	1.63±0.01	1.73±0.01
ทิเบียของขาคู่หลัง	3.43±0.07	3.80±0.05	3.16±0.07	3.26±0.05	1.63±0.01	1.73±0.01

2. คาริโอไทป์และอิดิโอแกรมของตั๊กแตน

2.1 คาริโอไทป์ตั๊กแตนปาทั้งก้าเพศผู้ มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แห่งมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 23 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดทีโลเซนทริกทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 2 ผลการจัดคาริโอไทป์จากภาพตัวอย่างโครโมโซมระยะเมทาเฟสจำนวน 23 แห่งสามารถนำมาจัดเรียงคาริโอไทป์ได้โครโมโซมพื้นฐาน 11 คู่ และโครโมโซมเพศ 1 แห่ง อิดิโอแกรมมาตรฐาน ประกอบด้วยโครโมโซมขนาดใหญ่ 5 แห่ง ขนาดกลาง 1 แห่ง ขนาดเล็ก 5 แห่ง และโครโมโซมเพศขนาดเล็ก 1 แห่ง $2n(23) = L_{10}^t + M_2^t + S_{10}^t + (XO)$ แสดงดังรูปที่ 2

ตารางที่ 2 ขนาดและชนิดโครโมโซมของตั๊กแตนปาทั้งก้า (*Patanga succincta*) เพศผู้ จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ (2n) เท่ากับ 23 แห่ง จำนวน 20 เซลล์

คู่ที่	Ls (μm)	Ll (μm)	LT (μm)	Ci (μm)	ขนาดโครโมโซม	ชนิดโครโมโซม
1	0	0.9131	0.9131	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
2	0	0.8695	0.8695	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
3	0	0.6521	0.6521	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
4	0	0.6086	0.6086	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
5	0	0.5652	0.5652	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
6	0	0.4782	0.4782	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
7	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
8	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
9	0	0.3913	0.3913	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
10	0	0.3478	0.3478	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
11	0	0.1739	0.1739	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
X	0	0.1739	0.1739	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
RL (μm)		0.5141±0.05				

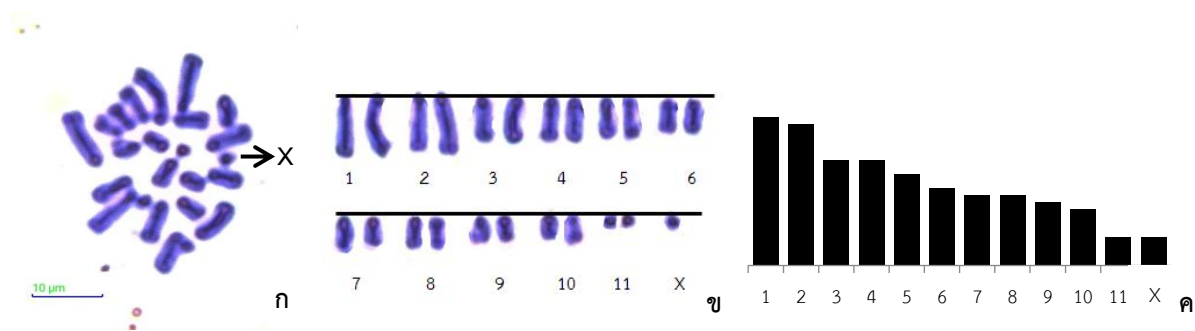
หมายเหตุ : Ls (Length of short arm chromosome) คือ ความยาวแขนของโครโมโซมข้างสั้น

LL (Length of long arm chromosome) คือ ความยาวของแขนโครโมโซมข้างยาว

LT (Length of total chromosome) คือ ความยาวทั้งหมดของโครโมโซมแต่ละคู่

RL (Relative length) คือ ค่าความยาวสัมพัทธ์

Ci (Centromeric index) คือ ค่าดัชนีเซนโทรเมียร์

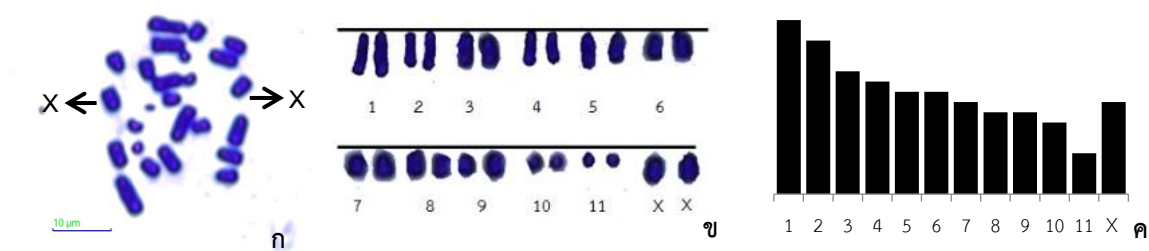


รูปที่ 2 ตั๊กแตนป่าทั้งก้าเพศผู้ ก: โครโมโซม ข: คาร์ิโอไทป์ ค: อิติโอแกรมมาตรฐาน

2.2 คาร์ิโอไทป์ของตั๊กแตนป่าทั้งก้าเพศเมีย จากการศึกษาโครโมโซมจำนวน 20 เซลล์มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 24 แท่งมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 24 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดทีโลเซนทริกทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 3 ผลการจัดคาร์ิโอไทป์จากภาพตัวอย่างโครโมโซมระยะเมทาเฟสจำนวน 24 แท่งสามารถนำมาจัดเรียงคาร์ิโอไทป์ได้โครโมโซมพื้นฐาน 11 คู่ โครโมโซมเพศ 2 แท่ง และอิติโอแกรมมาตรฐานมีอิติโอแกรมขนาดใหญ่ 4 แท่ง ขนาดกลาง 2 แท่ง ขนาดเล็ก 5 แท่ง และโครโมโซมเพศขนาดกลาง 1 แท่ง $2n (24) = L_8^t + M_4^t + S_{10}^t + \text{โครโมโซมเพศ (XX)}$ แสดงดังรูปที่ 3

ตารางที่ 3 ขนาดและชนิดโครโมโซมของตั๊กแตนป่าทั้งก้า (*Patanga succincta*) เพศเมีย จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 23 แท่ง จำนวน 20 เซลล์

คู่ที่	Ls (μm)	Ll (μm)	Lt (μm)	Ci (μm)	ขนาดโครโมโซม	ชนิดโครโมโซม
1	0	0.7391	0.7391	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
2	0	0.6956	0.6956	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
3	0	0.5217	0.5217	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
4	0	0.4782	0.4782	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
5	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
6	0	0.3913	0.3913	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
7	0	0.3478	0.3478	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
8	0	0.3478	0.3478	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
9	0	0.3043	0.3043	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
10	0	0.2173	0.2173	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
11	0	0.1739	0.1739	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
X	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
RL (μm)			0.4075±0.03			

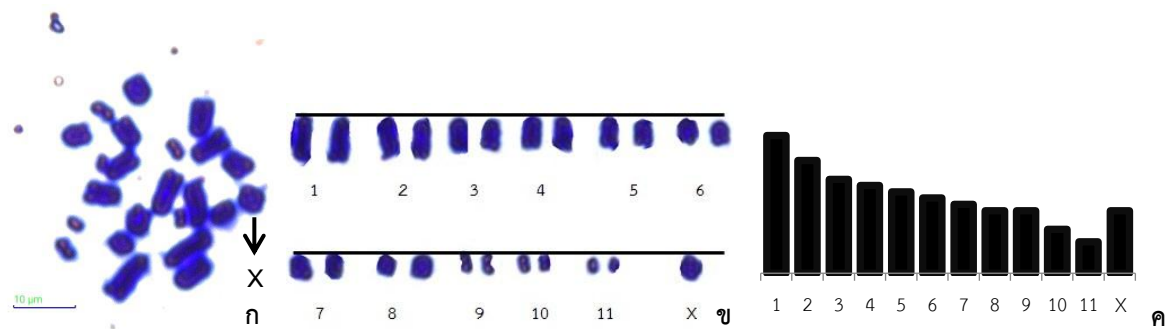


รูปที่ 3 ตั๊กแตนป่าทั้งก้ามเพศเมีย ก: โครโมโซม ข: คาร์ิโอไทป์ ค: อิติโอแกรมมาตรฐาน

2.3 คาร์ิโอไทป์ตั๊กแตนฝ้ายเพศผู้ จากการศึกษาโครโมโซมจำนวน 20 เซลล์มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แท่ง มีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 23 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิด ทีโลเซนทริกทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 4 ผลการจัด คาร์ิโอไทป์จากภาพถ่ายอย่างโครโมโซมระยะเมทาเฟสจำนวน 23 แท่งสามารถนำมาจัดเรียงคาร์ิโอไทป์ได้โครโมโซมพื้นฐาน 11 คู่ โครโมโซมเพศ 1 แท่ง และอิติโอแกรมมาตรฐานมีอิติโอแกรมขนาดใหญ่ 4 แท่ง ขนาดกลาง 3 แท่ง ขนาดเล็ก 4 แท่ง และโครโมโซมเพศขนาดเล็ก 1 แท่ง $2n (23) = L_8^t + M_6^t + S_8^t +$ โครโมโซมเพศ (XO) แสดงดังรูปที่ 4

ตารางที่ 4 ขนาดและชนิดโครโมโซมของตั๊กแตนฝ้าย (*Cyrtacanthacris tatarica*) เพศผู้ จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 23 แท่ง จำนวน 20 เซลล์

คู่ที่	Ls (μm)	LL (μm)	LT (μm)	Ci (μm)	ขนาดโครโมโซม	ชนิดโครโมโซม
1	0	0.9565	0.9565	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
2	0	0.7826	0.7826	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
3	0	0.6521	0.6521	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
4	0	0.6086	0.6086	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
5	0	0.5652	0.5652	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
6	0	0.5217	0.5217	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
7	0	0.4782	0.4782	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
8	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
9	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
10	0	0.3043	0.3043	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
11	0	0.2173	0.2173	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
X	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
RL (μm)			0.5386±0.04			

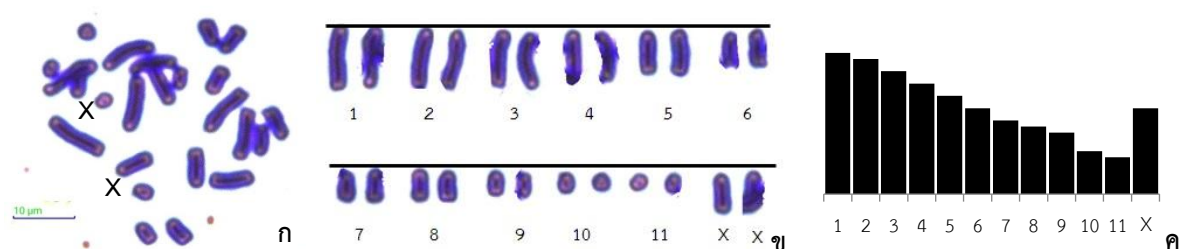


รูปที่ 4 ตั๊กแตนฝ้ายเทศผู้ ก: โครโมโซม ข: คาร์ิโอไทป์ ค: อิติโอแกรมมาตรฐาน

2.4 คาร์ิโอไทป์ตั๊กแตนฝ้ายเทศเมีย จากการศึกษาคาร์ิโอโซมจำนวน 20 เซลล์มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 24 แท่งมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 24 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดทีโลเซนทริกทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 5 ผลการจัด คาร์ิโอไทป์จากภาพตัวอย่างโครโมโซมระยะเมทาเฟสจำนวน 24 แท่งสามารถนำมาจัดเรียงคาร์ิโอไทป์ได้โครโมโซมพื้นฐาน 11 คู่ โครโมโซมเพศ 2 แท่ง และอิติโอแกรมมาตรฐานมีอิติโอแกรมขนาดใหญ่ 5 แท่ง ขนาดกลาง 2 แท่ง ขนาดเล็ก 4 แท่ง และโครโมโซมเพศขนาดกลาง 1 แท่ง $2n (24) = L_{10}^t + M_4^t + S_8^t + \text{โครโมโซมเพศ (XX)}$ แสดงดังรูปที่ 5

ตารางที่ 5 ขนาดและชนิดโครโมโซมของตั๊กแตนฝ้าย (*Cyrtacanthacris tatarica*) เพศเมีย จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 24 แท่ง จำนวน 20 เซลล์

คู่ที่	Ls (μm)	Ll (μm)	LT (μm)	Ci (μm)	ขนาดโครโมโซม	ชนิดโครโมโซม
1	0	1.0125	1.0125	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
2	0	0.9565	0.9565	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
3	0	0.8695	0.8695	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
4	0	0.7826	0.7826	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
5	0	0.6956	0.6956	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
6	0	0.6086	0.6086	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
7	0	0.5217	0.5217	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
8	0	0.4782	0.4782	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
9	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
10	0	0.3043	0.3043	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
11	0	0.2608	0.2608	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
X	0	0.6086	0.6086	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
RL (μm)		0.6205±0.03				

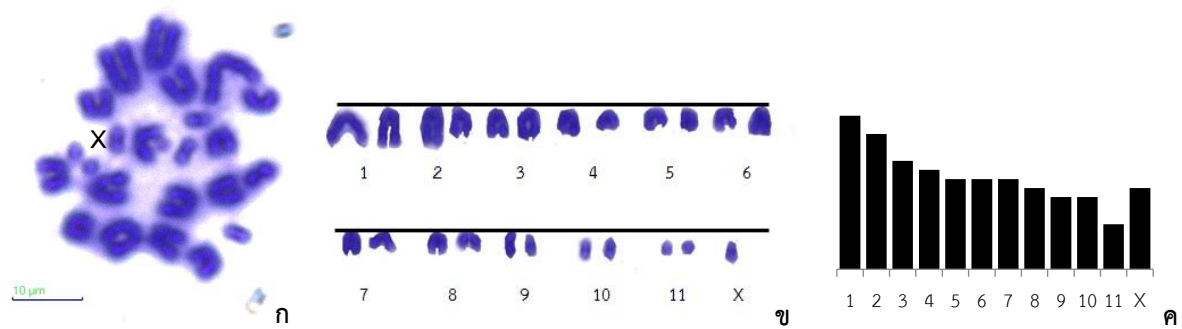


รูปที่ 5 ตั๊กแตนฝ้ายเทศเมีย ก: โครโมโซม ข: คาร์ิโอไทป์ ค: อิติโอแกรมมาตรฐาน

2.5 คาร์ิโอไทป์ของตั๊กแตนคอกแวนเทศผู้ จากการศึกษโครโมโซมจำนวน 20 เซลล์ มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แท่งมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 23 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดทีโลเซนทริกทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 6 ผลการจัดคาร์ิโอไทป์จากภาพตัวอย่างโครโมโซมระยะเมทาเฟสจำนวน 23 แท่งสามารถนำมาจัดเรียงคาร์ิโอไทป์ได้โครโมโซมพื้นฐาน 11 คู่ โครโมโซมเพศ 1 แท่ง และอิติโอแกรมมาตรฐานมีอิติโอแกรมขนาดใหญ่ 4 แท่งขนาดกลาง 4 แท่ง ขนาดเล็ก 3 แท่ง และโครโมโซมเพศขนาดกลาง 1 แท่ง $2n (23) = L_8^t + M_8^t + S_6^t + \text{โครโมโซมเพศ (XO)}$ แสดงดังรูปที่ 6

ตารางที่ 6 ขนาดและชนิดโครโมโซมของตั๊กแตนคอกแวน (*Hieroglyphus banian*) เพศผู้ จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 23 แท่ง จำนวน 20 เซลล์ จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 23 แท่ง จำนวน 20 เซลล์

คู่ที่	Ls (μm)	Ll (μm)	LT (μm)	Ci (μm)	ขนาดโครโมโซม	ชนิดโครโมโซม
1	0	0.7391	0.7391	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
2	0	0.6521	0.6521	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
3	0	0.5217	0.5217	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
4	0	0.4782	0.4782	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
5	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
6	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
7	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
8	0	0.3913	0.3913	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
9	0	0.3478	0.3478	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
10	0	0.3478	0.3478	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
11	0	0.2173	0.2173	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
X	0	0.3913	0.3913	1.000±0.00	กลาง	ทีโลเซนทริก
RL (μm)			0.4498±0.06			

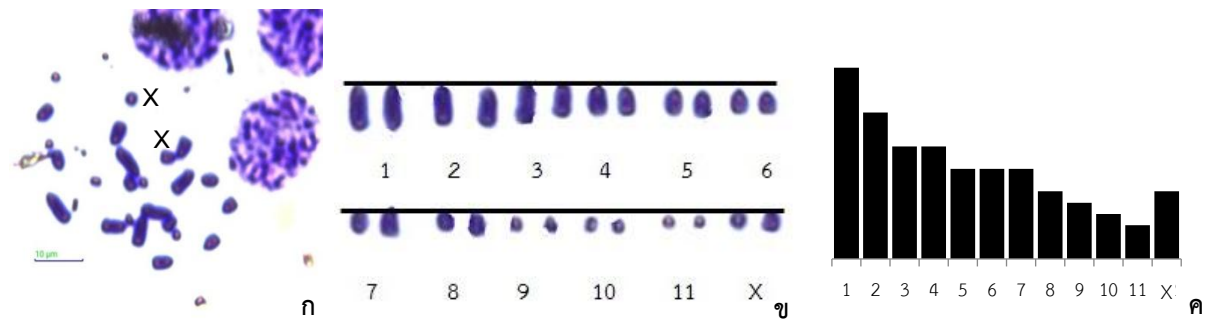


รูปที่ 6 ตั๊กแตนคอแหวนเพศผู้ ก: โครโมโซม ข: คาร์ิโอไทป์ ค: อิติโอแกรมมาตรฐาน

2.6 คาร์ิโอไทป์ของตั๊กแตนคอแหวนเพศเมีย จากการศึกษาโครโมโซมจำนวน 20 เซลล์มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 24 แท่งมีจำนวนโครโมโซมพื้นฐานเท่ากับ 24 ประกอบด้วยโครโมโซมชนิดทีโลเซนทริกทั้งหมด แสดงดังตารางที่ 7 ผลการจัดคาร์ิโอไทป์จากภาพตัวอย่างโครโมโซมระยะเมทาเฟสจำนวน 24 แท่งสามารถนำมาจัดเรียงคาร์ิโอไทป์ได้โครโมโซมพื้นฐาน 11 คู่ โครโมโซมเพศ 2 แท่ง และอิติโอแกรมมาตรฐานมีอิติโอแกรมขนาดใหญ่ 4 แท่ง เล็ก 7 แท่ง และโครโมโซมเพศขนาดเล็ก 1 แท่ง $2n (24) = L_8^t + S_{14}^t +$ โครโมโซมเพศ (XX) แสดงดังรูปที่ 7

ตารางที่ 7 ขนาดและชนิดโครโมโซมของตั๊กแตนคอแหวน (*Hieroglyphus banian*) เพศเมีย จำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ ($2n$) เท่ากับ 24 แท่ง จำนวน 20 เซลล์

คู่ที่	Ls (μm)	Ll (μm)	LT (μm)	Ci (μm)	ขนาดโครโมโซม	ชนิดโครโมโซม
1	0	0.7391	0.7391	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
2	0	0.5652	0.5652	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
3	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
4	0	0.4347	0.4347	1.000±0.00	ใหญ่	ทีโลเซนทริก
5	0	0.3478	0.3478	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
6	0	0.3478	0.3478	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
7	0	0.3478	0.3478	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
8	0	0.2608	0.2608	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
9	0	0.2173	0.2173	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
10	0	0.1739	0.1739	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
11	0	0.1304	0.1304	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
X	0	0.2608	0.2608	1.000±0.00	เล็ก	ทีโลเซนทริก
Rl (μm)			0.3551±0.02			



รูปที่ 7 ตั๊กแตนคอแหวนเพศเมีย ก: โครโมโซม ข: คาร์ิโอไทป์ ค: อิติโอแกรมมาตรฐาน

จากการศึกษาคริโอไทป์ของตั๊กแตนหนวดยักษ์ 3 ชนิด มีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน คือ เพศผู้ ($2n$) 23 โครโมโซมเพศ (XO) คือตั๊กแตนฝ้าย ตั๊กแตนปาทังก้าและตั๊กแตนคอแหวน ส่วนเพศเมีย ($2n$) 24 โครโมโซมเพศ (XX) โดยตั๊กแตนทั้ง 3 ชนิด สอดคล้องกับรายงานของบังอร (2544) จารุวัตรและคณะ (2565) ซึ่งได้มีการศึกษาคริโอไทป์พบว่า เพศผู้มี 23 แท่ง มีโครโมโซมเพศ (XO) และเพศเมียมี 24 แท่ง โครโมโซมเพศ (XX) สอดคล้องกับรายงานของ John and Naylor (1961) และ Buleu *et al.* (2017) ที่กล่าวว่าการกำหนดเพศของแมลงในอันดับออร์โทปเทอรามีระบบการกำหนดเพศต่างจากอันดับอื่น โดยเพศเมียมีโครโมโซมเพศสองแท่ง (XX) ส่วนเพศผู้มีโครโมโซมเพศหนึ่งแท่ง (XO) สอดคล้องกับวิสุทธิ์ (2538) และ Fox *et al.* (1973) ที่รายงานว่าตั๊กแตนเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมน้อยกว่าเพศเมียอยู่หนึ่งแท่งเสมอ ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า โครโมโซมเพศของตั๊กแตนหนวดยักษ์ทั้ง 3 ชนิด นำมาเขียนสูตรคริโอไทป์ พบว่าสูตรคริโอไทป์ของตั๊กแตนทั้ง 3 ชนิด แตกต่างกันเนื่องจากชนิดและขนาดของโครโมโซมมีขนาดไม่เท่ากัน แสดงดังตารางที่ 8 สูตรคริโอไทป์ที่แตกต่างกันในตั๊กแตนชนิดเดียวกันและต่างเพศกันเมื่อเปรียบเทียบกับรายงานการวิจัยอื่น อาจเกิดสาเหตุการเตรียมโครโมโซมเพื่อศึกษา จะมีปัจจัยที่มีผลกับขนาดของโครโมโซม ทั้งปัจจัยทางด้านฟิสิกส์และเคมี ซึ่งจะมีบทบาทต่อการศึกษโครโมโซม เช่น ชนิดของสารโคลชิซินหรืออนุหภูมิ (อลงกลดและคณะ, 2562) ทำให้คริโอไทป์ที่แตกต่างกันในตั๊กแตนแต่ละชนิด และในการวิจัยครั้งนี้มีความแตกต่างจากงานวิจัยของผู้อื่นคือ การทำการทดสอบในตัวอย่างการทดลองของทั้งเพศผู้และเพศเมียโดยทั่วไปในงานวิจัยมักจะทำการทดสอบเฉพาะเพศใดเพศหนึ่ง และอวัยวะที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ใช้ชิ้นส่วนระบบทางเดินอาหารในการวิจัย ซึ่งต่างจากในงานวิจัยอื่นซึ่งมักจะใช้เซลล์สืบพันธุ์ซึ่ง จะเห็นได้ว่าสามารถใช้ในการศึกษาด้านพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ได้โดยนำไปประยุกต์ใช้กับสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดเล็กซึ่งใช้เซลล์สืบพันธุ์อย่างเดียวยังอาจไม่พอเพียงต่อการศึกษาก็สามารถใช้อวัยวะส่วนทางเดินอาหารเพิ่มในตัวอย่างทดสอบวิจัยได้

ตารางที่ 8 ชนิดและขนาดของโครโมโซมของตั๊กแตน

ชนิดของตั๊กแตน		2n	ขนาดโครโมโซม			
			ใหญ่	กลาง	เล็ก	ชนิดโครโมโซมเพศ
ตั๊กแตนปาทังก้า	เพศผู้	23	10	2	10	X
	เพศเมีย	24	8	4	10	XX
ตั๊กแตนฝ้าย	เพศผู้	23	8	6	8	X
	เพศเมีย	24	10	4	8	XX
ตั๊กแตนคอแหวน	เพศผู้	23	8	8	6	X
	เพศเมีย	24	8	-	14	XX

การศึกษาจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์ตักแตนทั้ง 3 ชนิดสอดคล้องกับตักแตนสกุลอื่น ๆ ที่มีการรายงานไว้ Ma and Zheng (1989); Ma *et al.*, (1994); Yoshimura *et al.*, (2005); Qing *et al.*, (2012); Koli *et al.*, (2013) และ Phimphan *et al.*, (2016) คือเท่ากับ 23 แห่ง สังเกตได้ว่ากลุ่มของตักแตนหมวดสั้นมีการอนุรักษ์ (Conservative) ในด้านจำนวนโครโมโซมอย่างมากในแต่ละชนิด ซึ่งเป็นข้อบ่งชี้ว่าตักแตนหมวดสั้นแต่ละชนิดมีวิวัฒนาการมาจากบรรพบุรุษร่วมกัน

การวิจัยในครั้งนี้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้เปรียบเทียบกับตักแตนสายพันธุ์อื่น ๆ ที่พบในพื้นที่ เนื่องจากพื้นที่ในจังหวัดสกลนคร มีพื้นที่เป็นอุทยานและเป็นพื้นที่ทางการเกษตรจึงเหมาะแก่การแพร่กระจายของตักแตนอีกหลายชนิดที่ยังคงไม่ได้รับการศึกษาวิจัย

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาพันธุศาสตร์ระดับเซลล์ของตักแตนหมวดสั้นวงศ์ Acrididae จำนวน 3 ชนิด มีลักษณะการโอไทป์ ดังนี้ ตักแตนป่าทั้งห้าเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แห่ง และเพศเมียมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 24 แห่ง เพศผู้ประกอบด้วยโครโมโซมขนาดใหญ่ 10 แห่ง ขนาดกลาง 2 แห่ง ขนาดเล็ก 10 แห่ง และโครโมโซมเพศ 1 แห่ง เพศเมียประกอบด้วยโครโมโซมขนาดใหญ่ 8 แห่ง ขนาดกลาง 4 แห่ง ขนาดเล็ก 10 แห่ง

$$\text{เพศผู้ } 2n (23) = L_{10}^t + M_2^t + S_{10}^t + (XO) \quad \text{เพศเมีย } 2n (24) = L_8^t + M_4^t + S_{10}^t + (XX)$$

ตักแตนฝ่ายเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แห่ง และเพศเมียมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 24 แห่ง เพศผู้ประกอบด้วยโครโมโซมขนาดใหญ่ 8 แห่ง ขนาดกลาง 6 แห่ง ขนาดเล็ก 8 แห่ง และโครโมโซมเพศ 1 แห่ง เพศเมียประกอบด้วยโครโมโซมขนาดใหญ่ 10 แห่ง ขนาดกลาง 4 แห่ง ขนาดเล็ก 8 แห่ง และโครโมโซมเพศ 2 แห่ง

$$\text{เพศผู้ } 2n (23) = L_8^t + M_6^t + S_8^t + (XO) \quad \text{เพศเมีย } 2n (24) = L_{10}^t + M_4^t + S_8^t + (XX)$$

ตักแตนคอหวนเพศผู้มีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 23 แห่ง และเพศเมียมีจำนวนโครโมโซมดิพลอยด์เท่ากับ 24 แห่ง เพศผู้ประกอบด้วยโครโมโซมขนาดใหญ่ 8 แห่ง ขนาดกลาง 8 แห่ง ขนาดเล็ก 6 แห่ง และโครโมโซมเพศ 1 แห่ง เพศเมียประกอบด้วยโครโมโซมขนาดใหญ่ 8 แห่ง ขนาดเล็ก 14 แห่ง และโครโมโซมเพศ 2 แห่ง

$$\text{เพศผู้ } 2n (23) = L_8^t + M_8^t + S_6^t + (XO) \quad \text{เพศเมีย } 2n (24) = L_8^t + S_{14}^t + (XX)$$

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร และโครงการวิจัยในครั้งนี้ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินการต่อสัตว์เพื่องานวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนครแล้ว โดยยึดหลักเกณฑ์จริยบรรณการใช้สัตว์เพื่องานวิทยาศาสตร์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (เลขที่: อว 0621.03/ว1264 เลขที่คำขอรับใบอนุญาตใช้สัตว์ U1-10963-2566)

เอกสารอ้างอิง

กองส่งเสริมการอารักขาพืชและการจัดการดินปุ๋ย. (2567). ชนิดของตักแตน. กองส่งเสริมการอารักขาพืชและการจัดการดินปุ๋ย กรมส่งเสริมการเกษตร. แหล่งข้อมูล: <http://www.esc.doae.go.th/ชนิดของตักแตน>. ค้นเมื่อวันที่ 20 กันยายน 2567.

กันยารัตน์ ไชยสุต. (2532). เซลล์พันธุศาสตร์และเซลล์อนุกรมวิธานของพืชสกุล *Zephyranthes*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

โกศล เจริญสม. (2525). แมลงอ้อย, ตักแตนป่าทั้งห้า. ภาควิชาพืชไร่นา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 6 – 7.

- จารุวัฒน์ แท้กุล, จีระศักดิ์ กอคุณกลาง, ยวรินทร์ บุญทบ, สุนัดดา เชาวลิต, ชมัยพร บัวมาศ, อธิพิล บรรณาการ, เกศสุตา สนศิริ, อาทิตย์ รักกลีกร, จอมสุรางค์ ดวงธิสาร และสิทธิศิริโรตม แก้วสวัสดิ์. (2565). อนุกรมวิธานและความหลากหลายชนิดของตั๊กแตนหนวดยาว (Orthoptera) ในพื้นที่ปลูกอ้อยของประเทศไทย. วารสารกีฏวิทยาและสัตววิทยา 40(1): 17 - 49.
- บังอร กองอ้อม. (2544). ไมโทติคคาริโอไทป์ของตั๊กแตนหนวดยาวบางชนิดในจังหวัดขอนแก่นและสกลนคร. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ฝ่ายวิจัยและข้อมูลสถาบันอาหาร. (2564). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง การศึกษาตลาดผลิตภัณฑ์อาหารจากแมลงเพื่อรองรับการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารไทย. กรุงเทพฯ: สถาบันอาหารกระทรวงอุตสาหกรรม.
- วิสุทธิ ไบไม้. (2538). สถานภาพความหลากหลายทางชีวภาพในประเทศไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์วิจัยและนวัตกรรม.
- สุมาลี พิมพ์พันธุ์ และวิวรรธน์ แสงภักดี. (2561). คาริโอไทป์ของตั๊กแตนปีกสั้น. วารสารวิทยาศาสตร์แห่งมหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี 15(2): 34 - 40.
- อมรา คัมภีรานนท์. (2546). พันธุศาสตร์ของเซลล์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คณะวิทยาศาสตร์ ภาควิชาพันธุศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อลงกลด แทนอมทอง, กฤษณ์ ปิ่นทอง และอิสสระ ปะทะวัง. (2562). พันธุศาสตร์ระดับเซลล์. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 455 - 459.
- Buleu, O.G., Jetybayev, I.Y. and Bugrov, A.G. (2017). Comparative analysis of chromosomal localization of ribosomal and telomeric DNA markers in three species of Pyrgomorphidae grasshoppers. Comparative Cytogenetics 11(4): 601.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2013). Edible insects: Future prospects for food and feed security. Source: <http://www.fao.org/docrep/018/13253e/i3253e.pdf>. Retrieved 21 September 2023.
- Fox, D.P., Carter, K.C., and Hewitt, G.M. (1973). Giemsa banding and chiasma distribution in the desert locust. Heredity 31(2): 272 - 276.
- Grzimek, B., Kleiman, D.G., Geist, V. and McDade, M.C. (2004). Grzimek's Animal Life Encyclopedia. Detroit: Thomson-Gale.
- Hutachareon, C., Nopachon, T. and Chutima, D. (2007). Checklists of Insects and Mites in Thailand. Department of National Parks, Wildlife and Plant Conservation Ministry of Natural Resources and environment 77 - 80.
- John, B. and Naylor, B. (1961). Anomalous chromosome behaviour in the germ line of *Schistocerca gregaria*. Heredity 1(16): 187 - 198.
- Katel, S., Mandal, H.R., Neupane, P., Timsina, S., Pokhrel, P., Katuwal, A., Subedi, S., Shrestha, J. and Shah, K.K. (2021). Desert locust (*Schistocerca gregaria* Forskal) and its management: A review. Journal of Agriculture and Applied Biology 2(1): 61 - 69. doi: 10.11594/jaab.02.01.08
- Koli, J.Y., Gaikwad, M.S., Bharmal, L.D., and Bhawane, P.G. (2013). Karyotypic Studies of Six Species of Grasshopper (Orthoptera: Acrididae) from Kolhapur District, Maharashtra, India. Cytologia 78(3): 255 - 260. doi: 10.1508/cytologia.78.255.

- Ma, E.B. and Zheng, Z.M. (1989). Comparisons of karyotypes and chromosome C - banding patterns in five species of *Oxya*. *Acta Entomologica Sinica* 32(4): 399 - 405.
- Ma, E.B., Guo, Y.P. and Zheng, Z.M. (1994). Cytotaxonomic study of *Oxya* species in China (Orthoptera: Acridoidea). *Insect Science* 1(2): 101 - 109.
- Phimphan, S., Sangpakdee, W., Sangpakdee, K. and Tanomtong, A. (2016). Chromosomal analysis and meiosis studies of *Oxya chinensis* (Orthoptera: Acrididae) from Thailand. *The Nucleus* 60(1): 9 - 15.
- Qing, L., Xiaohong, O. and Hongjie, G. (2012). C-banding karyotypes of two *Caryanda* (Orthoptera: Catantopidae) species with short wings from China. *Entomological News* 122(1): 1 - 9.
- Rowell, H. and Flook, P. (2001). Caelifera. Shorthorned grasshoppers, locusts and relatives. The Tree of Life Web Project. Retrieved 21 September 2023.
- Vilardi, J.C. (1984). Chromosome polymorphisms and chiasma frequency in two populations of *Staurorhectus longicornis* (Orthoptera-Acrididae). *Cytologia* 49(3): 513 - 528.
- Yoshimura, A., Obara, Y., Ando, Y., and Kayano, H. (2005). Comparative karyotype analysis of grasshoppers in the genus *Oxya* (Orthoptera, Catantopidae) by differential staining techniques. *Cytologia* 70(1): 109 - 117.

