วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มรย.
YRU Journal of Science and Technology
Print ISSN: 2539-5688, e-ISSN: 2672-9873

การวิเคราะห์ทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยาเชิงจุดกำหนดของเส้นปีกแมลงปอบ้าน 2 ชนิด ระหว่าง *Brachythemis contaminata* และ *Diplacodes trivialis*

Landmark-based Geometric Morphometric Analysis of Wing Venation between Two Libellulid Species, *Brachythemis contaminata* and *Diplacodes trivialis*

พีรวิชญ์ สุขพัฒน์ วีรนุช แซ่ตั้ง และพิสิษฐ์ พูลประสริฐ*
Peeravit Sukkaphat, Weeranut Saetang and Pisit Poolprasert*

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก 65000
Program of Biology Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University, Mueang, Phitsanulok, 65000, Thailand
*Corresponding Author, e-mail: poolprasert_p@psru.ac.th
(Recieived: July 6, 2018; Revised: September 10, 2018; Accepted: September 14, 2018)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการแยกความแตกต่างของแมลงปอบ้าน 2 ชนิด ได้แก่ *Brachythemis contaminata* และ *Diplacodes trivialis* ในวงศ์ Libellulidae ที่เก็บตัวอย่างจากเขตพื้นที่ของจังหวัดพิจิตร-พิษณุโลก โดยอาศัยการวิเคราะห์ทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยาจากเส้นปีก จำนวน 120 ปีก ซึ่งได้มาจากปีกทั้งเพศผู้และเพศเมียของแมลงปอบ้านในแต่ละชนิด (30 ปีกต่อเพศของแต่ละชนิด) จากนั้นทำการกำหนดตำแหน่งจุดตัดบนภาพปีกขวาที่ถ่ายภายใต้กล้องดิจิตอลจำนวน 15 จุด และวิเคราะห์ผ่านโปแกรมคอมพิวเตอร์ ผลการศึกษาพบว่ารูปแบบของเส้นปีกคู่หน้าของแมลงปอบ้านระหว่างทั้งสองเพศในชนิดเดียวกันมีความสัมพันธ์กันมากกว่าแมลงปอในเพศเดียวกันแต่ต่างชนิด ในการนี้อาจกล่าวได้ว่าการใช้เทคนิคทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยากับปีกสามารถแยกกลุ่มหรือชนิดของแมลงปอบ้านได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสามารถใช้เพื่อจัดกลุ่มจากเพศที่แตกต่างกันได้อีกด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์ทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยาของเส้นปีกสามารถเป็นเครื่องมือที่มีประโยชน์ต่อการศึกษาถึงชีววิทยาเชิงอนุกรมวิธานของแมลงปอบ้านรวมทั้งแมลงชนิดอื่นๆ หรือซากฟอสซิลที่เป็นส่วนปีกของแมลง

คำสำคัญ : แมลงปอบ้าน การวิเคราะห์ทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยา เส้นปีก

Abstract

In this current research, a discrimination of two distinguished dragonfly species: *Brachythemis contaminata* and *Diplacodes trivialis* in family Libellulidae gathered from Phichit-Phitsanulok areas was conducted using geometric morphometric analysis of wing venation. A total of 120 wings obtained from both males and females in each species (30 wings per sex in each species) were analyzed. Afterwards, a set of 15 landmarks in each digitized right forewing was chosen and all data were computed under the computer program. Our results revealed the patterns of forewing venation of dragonfly between sexes in the same species were more closely related to each other than the dragonfly of the same sex in another species. In this regards, it might be said that the landmark-based geometric morphometrics of the wing could be applied to identify libellulid group or species. Besides, the different sexes of dragonfly could be also classified. Thus, morphometric analysis of wing venation could be as a useful tool for systematic biology of dragonfly and other insects or fossil records which are merely known from a wing.

Keywords: Dragonfly, Geometric morphometric analysis, Wing venation

บทนำ

แมลงปอเป็นแมลงที่มีการใช้ชีวิตมาแสนยาวนานนับร้อยปีมาแล้วเนื่องจากแมลงปอเป็นแมลงโบราณชนิดหนึ่งที่ยังพบเห็นได้ในปัจจุบันและมีวิวัฒนาการที่แสนยาวนาน ทั้งนี้มีหลักฐานยืนยันคือการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ (Fossil) อย่างกว้างขวางกว่า 150 แห่งทั่วโลก โดยมีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของแมลงปอ *Meganeura monyi* เป็นแมลงปอโบราณที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในโลกและมีชีวิตอยู่ราว 280 ล้านปีมาแล้ว (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2541) และต่อมาได้มีการค้นพบซากดึกดำบรรพ์ของแมลงปอ *Liassogomphus brodiei* Beckman ที่ถูกค้นพบขึ้นในประเทศอังกฤษโดยแมลงปอ *L. brodiei* ถือกำเนิดขึ้นในช่วงปลายยุค Jurassic (Hennig, 1981) เป็นต้น ต่อมาในยุค Triassic แมลงปอได้มีวิวัฒนาการอย่างรวดเร็วโดยแบ่งออกเป็นอันดับย่อย Zygoptera และ Anisoptera และแบ่งออกเป็นวงศ์ (Family) อย่างชัดเจน จากลักษณะสัณฐานวิทยาของปีกแมลงปอจากซากดึกดำบรรพ์ที่ถูกค้นพบในอดีตทำให้ทราบได้อย่างชัดเจนว่าขนาดของแมลงปอในยุคดึกดำบรรพ์มีขนาดใหญ่กว่าแมลงปอที่พบเห็นได้ในปัจจุบัน โดยมีขนาดความกว้างของปีกถึง 70 เซนติเมตร ในขณะที่ขนาดความกว้างของปีกแมลงปอในปัจจุบันมีความกว้างของปีกไม่เกิน 9 เซนติเมตร จากวิวัฒนาการของแมลงปอตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีขนาดของตัวที่เล็กลงมาก แต่อย่างไรก็ตามรูปร่างทางสัณฐานวิทยาภายนอกนั้นไม่ได้เปลี่ยนแปลงมากนักจากในอดีต (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2541) แมลงปอมีวงจรชีวิตแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete metamorphosis) เป็นวงจรที่มีสามระยะคือ ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน และตัวเต็มวัย โดยระยะตัวอ่อนมีการลอกคราบไปเรื่อยๆเพื่อเป็นการเพิ่มขนาดของร่างกายที่ใหญ่ขึ้น เมื่อถึงระยะลอกคราบครั้งสุดท้ายแมลงปอจะขึ้นมาจากผิวน้ำแล้วเกาะตามกิ่งไม้เพื่อลอกคราบแล้วกลายเป็นตัวเต็มวัย อย่างไรก็ตามตัวอ่อนของแมลงปอยังมีบทบาทและหน้าที่สำคัญทางระบบนิเวศน้ำจืด คือทำหน้าเป็นตัวห้ำคอยกินแมลงศัตรูของพืชน้ำและสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ตัวอ่อนของแมลงน้ำ ลูกกุ้ง ลูกปลา และลูกอ๊อด เป็นต้น (Blois, 1985; Johnson, 1991; Kumar, 1996) โดยตัวอ่อนของแมลงปอจะอาศัยอยู่บริเวณขอบฝั่งของแหล่งน้ำ (Benke and Benke, 1975; Crowley and Johnson, 1982; Corbet, 1999; Mahato, 2000) นอกจากนี้ตัวอ่อนของแมลงปอนั้นยังสามารถบอกถึงคุณภาพของแหล่งน้ำได้เป็นอย่างดี (bioindicator) เนื่องจากตัวอ่อนของแมลงปอแต่ละชนิดสามารถทนต่อสภาพสิ่งแวดล้อมที่ถูกรบกวนได้แตกต่างกัน และหลายชนิดมีระยะของตัวอ่อนนานกว่า 1 ปี (Carle, 1979)

ประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในเขตร้อน มีลักษณะทางภูมิอากาศเป็น 2 แบบคือ เขตร้อน (True Tropical Climate) และแบบกึ่งร้อน (Sub-Tropical Climate) ความหลากหลายทางระบบนิเวศสูง โดยเฉพาะในแถบป่าดิบร้อนมักพบแมลงที่มีความหลากหลายของชนิดจำนวนมาก โดยเฉพาะแมลงปอเมื่อพิจารณาจากสัณฐานวิทยาภายนอกรูปร่างโครงสร้างต่าง ๆ มีความคล้ายคลึงกัน แตกต่างกันแค่สีสันภายนอกกับอวัยวะที่บ่งบอกเพศเท่านั้น ยากต่อการจำแนกชนิดด้วยสายตา อย่างไรก็ตามในแต่ละพื้นที่ในภูมิภาคต่าง ๆ ของประเทศไทยนั้นมีลักษณะของระบบนิเวศที่แตกต่างกัน แหล่งอาหาร ภูมิอากาศที่แตกต่างกันไป ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ เหล่านี้มันส่งผลให้แมลงปอที่มีการกระจายตัวอยู่ตามภูมิภาคที่แตกต่างกัน เกิดการผันแปรของปีกเกิดขึ้น ดังนั้นจึงเกิดการศึกษาความผันแปรของลักษณะ (Character) ในสิ่งมีชีวิตด้วยวิธีมอร์โฟเมตริก (Morphometric Analysis) เป็นการวิเคราะห์ทางสถิติขั้นสูงร่วมกับโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของสิ่งมีชีวิต (Daly, 1985) อย่างไรก็ตามการศึกษาทางด้าน Morphometric Analysis นิยมใช้กับกลุ่มของแมลงที่มีความซับซ้อนทางชนิดมาก ๆ คือแมลงที่มีลักษณะทางสัณฐานภายนอกเหมือนกันทั้งสีสันและลายที่ปรากฏบนตัวของแมลงยกตัวอย่าง เช่น แมลงวันผลไม้ ผึ้ง และชันโรง เป็นต้น ในอดีตได้มีการรายงานศึกษามอร์โฟเมตริกภายในปีกของชันโรงสกุล *Homotrigona, Lepdotrigona, Tetragonilla* และ*Tetragonula* จำนวน 8 ลักษณะ พบว่า สามารถจัดกลุ่มประชากรในระดับสกุลและชนิดได้ชัดเจน (เสาวลักษณ์ ตอโนนสูง, 2555) ทั้งนี้การศึกษาความผันแปรของปีกในแมลงปอด้วยวิธี (Morphometric Analysis) มีเพียงในต่างประเทศ (Demayo et al., 2011; Lee and Lin, 2012; Johnson et al., 2013) แต่ยังไม่พบการรายงานในประเทศไทย จึงเห็นควรที่จะทำการศึกษาวัดขนาดของปีกแมลงปอบ้านด้วยวิธีวิเคราะห์ทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยา (Geo Morphometric Analysis) เพื่อแยกชนิดของแมลงปอ

ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาความผันแปรของปีกแมลงปอบ้านที่อาศัยอยู่บริเวณตามทุ่งหญ้าใกล้กับแหล่งน้ำตามธรรมชาติ โดยสำรวจแมลงปอในสองจังหวัดทางภาคเหนือตอนล่างคือ จังหวัดพิจิตร และจังหวัดพิษณุโลก วิเคราะห์ความผันแปรทางสัณฐานวิทยาของปีกหน้าข้างบนขวา โดยวิธีการวิเคราะห์ทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยา (Geometric Morphometric Analysis) เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาทางชีววิทยาด้านความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงปอบ้าน เพื่อใช้ในการจัดจำแนกแมลงปอบ้านระดับชนิด และระดับประชากร นอกจากนี้ยังสามารถบอกถึงความสัมพันธ์ของ

ประชากรแมลงปอที่พบการกระจายตัวในภาคเหนือตอนล่างได้ และพัฒนาวิธีที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกชนิดของแมลงปอและแมลงชนิดอื่น ๆ ต่อไป

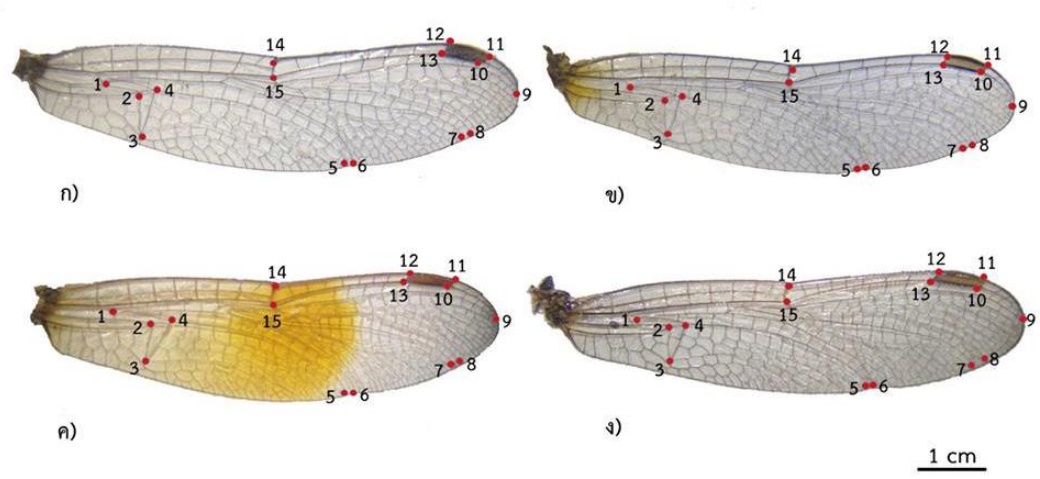
วิธีดำเนินการวิจัย

การเก็บตัวอย่าง

สุ่มเก็บแมลงปอบ้าน 2 ชนิด ในระยะตัวเต็มวัย คือ *Brachythemis contaminate* และ *Diplacodes trivialis* ในวงศ์ Libellulidae โดยใช้สวิงในการโฉบจับแมลงปอบ้านในบริเวณทุ่งหญ้าใกล้กับแหล่งน้ำทางธรรมชาติ จังหวัดพิจิตรและพิษณุโลก ระหว่างเดือน เมษายน-กรกฎาคม พ.ศ. 2560 จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้เก็บไว้ในซองกระดาษสามเหลี่ยม นำจัดรูปร่างและอบแห้ง และทำการจัดจำแนกชนิดตามคู่มือของพิสุทธิ์ เอกอำนวย (2541) ทำการถ่ายรูปปีกบนขวาของของแมลงปอบ้านที่ได้ทั้งเพศผู้และเพศเมียภายใต้กล้องดิจิตอลสำหรับการศึกษาในขั้นถัดไป

การศึกษาด้วยเทคนิคทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยาของเส้นปีก

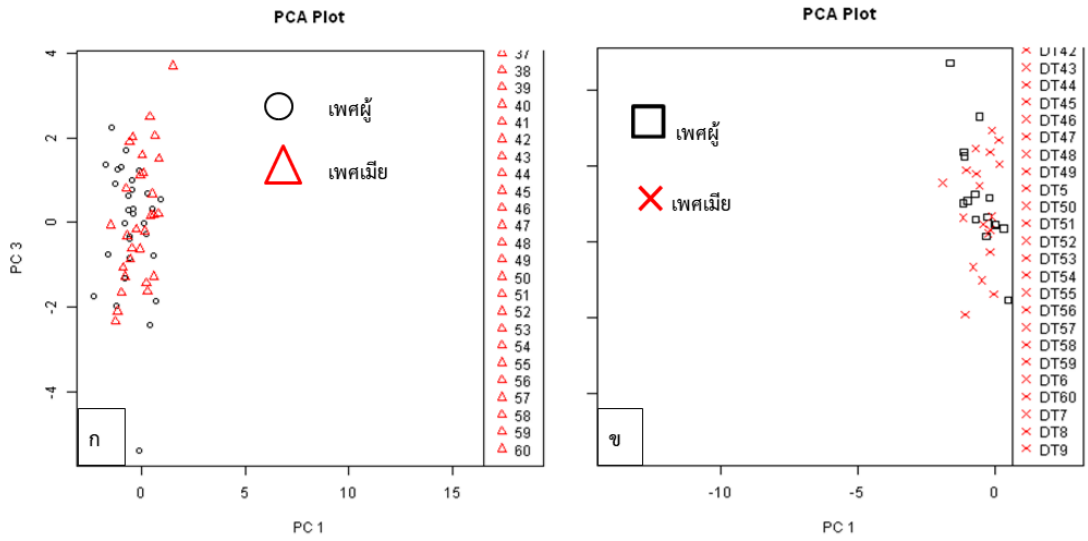
นำตัวอย่างปีกของแมลงปอบ้านทั้ง 2 ชนิด จำนวน 120 ปีก ซึ่งได้มาจากปีกทั้งเพศผู้และเพศเมียของแมลงปอบ้านในแต่ละชนิด (30 ปีกต่อเพศของแต่ละชนิด) นำภาพไฟล์ปีกที่บันทึกไว้ด้วยสกุล .JPEG ที่ได้มาทำการจุดตำแหน่งบนปีก (Landmark) จำนวน 15 จุด ต่อ ปีก (ดังภาพที่ 1) ด้วยโปรแกรม tpsUtil32, tpsDig32 และ tpsrelw32 (Rohlf, 2010a, b) ตามลำดับ เมื่อไฟล์ถูกแปลงเป็นตัวแปรแล้ว บันทึกไฟล์เป็น Excel.CSV จากนั้นเข้าสู่โปรแกรม STAR เพื่อวิเคราะห์การจัดกลุ่มความสัมพันธ์ตามองค์ประกอบ (*Principal Component Analysis*: PCA) ตามวิธีการของ Rattanawannee et al. (2010)



ภาพที่ 1 จุด land mark บนปีกข้างบนขวาของแมลงปอบ้าน 2 ชนิด คือ *Brachythemis contaminata* และ *Diplacodes trivialis* ในวงศ์ Libellulidae โดยโปรแกรม tpsdig32 ก) *D. trivialis* (เพศผู้) ข), *D. trivialis* (เพศเมีย), ค) *B. contaminata* (เพศผู้) และ ง) *B. contaminata* (เพศเมีย)

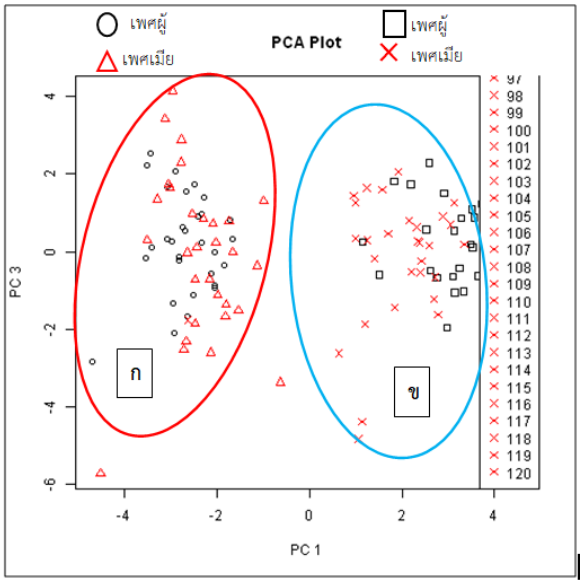
ผล

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาจากเส้นปีกของแมลงปอบ้านทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ *B. contaminata* และ *D. trivialis* ในวงศ์ Libellulidae โดยอาศัยการวิเคราะห์ทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยาเมื่อนำโครงสร้างของเส้นปีกแมลงปอภายในชนิดเดียวกันแต่ต่างเพศกัน พบว่า โครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของเส้นปีกในเพศผู้และเพศเมียมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ของแมลงปอบ้านแต่ละชนิดที่ต่างเพศ โดยอาศัย PCA Analysis ข้อมูลทางมอร์โฟเมตริก) *Brachythemis contaminata* และ ข) *Diplacodes trivialis*

ทั้งนี้เมื่อนำแมลงปอบ้านทั้ง 2 ชนิดโดยคละเพศ โดยการใช้การวิเคราะห์การจัดกลุ่ม PCA พบว่า แมลงปอบ้านทั้ง 2 ชนิด แยกกลุ่มได้อย่างชัดเจน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 การแยกชนิดชองแมลงปอบ้านทั้ง 2 ชนิดจากทั้ง 2 เพศ โดยอาศัย PCA Analysis ก) *Brachythemis contaminata* และ ข) *Diplacodes trivialis*

อภิปรายผล

การศึกษาความผันแปรของปีกแมลงปอบ้านจากเส้นปีกของทั้งสองชนิด คือ *B. contaminata* และ *D. trivialis* ในวงศ์ Libellulidae โดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์ทางเรขาคณิตสัณฐานวิทยา พบว่าภายในแมลงปอชนิดเดียวกันแต่ต่างเพศนั้นมีความสัมพันธ์ใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเปรียบเทียบระหว่างชนิดพบว่า สามารถแยกแมลงปอบ้านทั้ง 2 ชนิดออกจากกันได้อย่าง

ชัดเจน ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับการวิจัยของ Rattanawannee et al. (2010) ที่ศึกษาการใช้เทคนิคทางเรขาคณิตสัณฐานหรือมอร์โฟเมตริกกับการแยกผึ้ง 4 ชนิดและต่างเพศกัน ผลการศึกษาพบว่า ผึ้งชนิดเดียวกันแต่ต่างเพศกัน ยังคงจัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันหรือชนิดเดียวกัน ในทางตรงกันข้าม เทคนิคนี้สามารถจัดกลุ่มของผึ้งทั้ง 4 ชนิด ออกจากกันได้อย่างชัดเจน แต่อย่างไรก็ตามการวิจัยนี้เป็นเพียงการแยกชนิดโดยทั่วไปของแมลงปอที่ต่างชนิดกัน ซึ่งมีรายการว่าหากนำไปประยุกต์ใช้กับแมลงที่มีความซับซ้อนทางชนิด (Complex Species) สามารถใช้แยกจากกันได้เป็นอย่างดี เช่น การศึกษาของทิพย์วรรณ สรรพสัตย์ และมณฑากานต์ บุญหิน (2557) และ กนกวรรณ ชัยสิทธิ์ และคณะ (2559) ที่ศึกษาในการผันแปรของปีกชันโรง *Tetrogonilla collina* นอกจากนี้ Rattanawannee et. al. (2017) ได้นำเทคนิคทางทางเรขาคณิตสัณฐานนี้ไปวิเคราะห์ร่วมกันการใช้ลำดับเบสของยีน *COI* เพื่อเป็นการยืนยันชันโรงชนิด *T. collina* ผลการศึกษาที่ได้ทั้งสองวิธีการสอดคล้องกัน ซึ่งเป็นไปได้ว่า หากเรานำเพียงเทคนิคมอร์โพเมตริกนี้ไปประยุกต์กับเส้นปีกของแมลงกลุ่มอื่นเพื่อการจัดกลุ่มหรือแยกชนิดแมลงออกจากกัน

เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ ชัยสิทธิ์, นิศากร บดีรัฐ, ณัฐพจน์ วาฤทธิ์ และทิพย์วรรณ สรรพสัตย์. (2559). ความแปรผันทางสัณฐานวิทยาของโครงสร้างปีกในชันโรงสกุล *Tetrigona. ใน รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการ The 8th Science Research Conference. มหาวิทยาลัยพะเยา*. หน้า 127-133.

ทิพย์วรรณ สรรพสัตย์ และมณฑกานต์ บุญหิน. (2557). ความผันแปรในปีกชันโรง *Tetragonilla collina* บนพื้นฐานของการวิเคราะห์ทางมอร์ โฟเมตริกและเรขาคณิตสัณฐานวิทยา. *ในวารสารการประชุมครั้งที่ 4 : อนุกรมวิธานลซิสเทมาติคส์ในประเทศไทย, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร*. หน้า 37-45.

พิสุทธิ์ เอกอำนวย. (2541). *แมลงปอของไทย.* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : บริษัท บี พริ้นติ้งกรุ๊ปจำกัด

เสาวลักษณ์ ตอโนนสูง. (2555). ความผันแปรทางสัณฐานวิทยาของปีกชันโรงสกุล *Ttigona.* การศึกษาอิสระ. พะเยา : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา.

Benke, A. C. & Benke, S. S. (1975). Comparative Dynamics & Life Histories of Coexisting Dragonfly Population. *Ecology*, 56, 302-317.

Blois, C. (1985). Diets & Resource Partitioning between Larvae of Tree Anisopteran Species. *Hydrobiologia, 126,* 221-227.

Carle, F. L. (1979). Environmental Monitoring Potential of the Odonata, with a List of Rare & Endangered Anisoptera of Virginia, United States. *Odontologica, 8*, 319-323.

Corbet, P. S. (1999). Dragobflies: *Behaviour* & Ecology of Odonata. Colchteesr: Harley Books.

Crowley, P. H. & Johnson. 1982. Habitat and Seasonality as Niche Axesin an Odonata Community. *Ecology, 63,* 1064-1077.

Daly, H. V. (1985). Insect Morphometrics. *Annual Review Entomology*, *30,* 415-438.

Demayo, C. G., Harun, S. A. & Torres, M. A. J. (2011). Procrustes Analysis of wing Shape Divergence among Sibling Species of Neurothemis Dragonflies. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, *5*(6), 748–759.

Hennig, W. (1981). *Insect Phylogeny*. Translated and Edited by Adrian C. Pont, Revisionary Notes by Dieter Schlee and 9 Collaborators. New York: John Wiley and Sons.

Johnson, D. M. (1991). Behavioral Ecology of Larval Dragonflies and Damselflies. *Trends in Ecology and Evolution*, *6,* 8–13.

Johnson, L., Mantle, B. L., Gardner, J. L. & Backwell, P. R. Y. (2013) Morphometric Measurements of Dragonfly Wings: The Accuracy of Pinned, Scanned and Detached Measurement Methods. *ZooKeys*, *276,* 77–84.

Kumar, A. (1996). A Comparative Study on Stomach – Content & Forage Ratio of Zygoptera & Anisopteran Larvae in a Fish Pond of Santhal Pargana (Bihar), India. *Proc. Natl. Acad. Sci. India. B. Biol. Sci, 66,* 315-321.

Lee, Y. H. & Lin C. P. (2012). Morphometric and Genetic Differentiation of Two Sibling Gossamer–Wing Damselflies, *Euphaea formosa* and *E. yayeyamana*, and Adaptive Trait Divergence in Subtropical East Asian islands. *Journal of Insect Science, 12*(53), 1-17.

Mahato, M. (2000). Resource Partitioning among Larvae of Six Coexisting Odonate Spices of the Kali Gandaki River, Central Napal (Anisoptera). *Odontologica,* 29, 209-233.

Rattanawannee, A., Chanchao, C & Wongsiri, S. (2010). Gender and Species Identification of Four Native Honey Bees (Apidae: *Apis*) in Thailand Based on Wing Morphometic Analysis. *Entomological Society of America, 103*(6), 965-970.

Rattanawannee, A. Jeratthitikul, E, Duangpakdee, O & Oldroyd, B. P. (2017). Mitochondrial Sequencing and Geometric Morphometrics Suggest Two Clades in the *Tetragonilla collina* (Apidae: Meliponini) Population of Thailand. *Apidologie*. 1-13.

Rohlf, F. J. (2010a). *tpsDig. Version 2.04*. Ecology & Evolution. USA: State University of New York at Stony Brook.

Rohlf, F. J. (2010b). *tpsRelw. Version 1.49*. Ecology & Evolution. USA: State University of New York at Stony Brook.