



มิถุนวิทยาของระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกของผีเสื้อ หนอนคูนธรรมดา *Catopsilia pomona* (Fabricius, 1758) Microanatomical Structure of Nervous System and Sense Organ of *Catopsilia pomona* (Fabricius, 1758)

ศุภลักษณ์ สุ่มเข้ม¹ ณภัทร โสมาลา¹ พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ^{1*} และศิลาปชัย เสนารัตน์²
Supalak Soomcham¹, Naphat Somala¹, Pisit Poolprasert^{1*} and Sinlapachai Senarat²

¹สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม จังหวัดพิษณุโลก 65000

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทางทะเล คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

¹Program of Biology, Faculty of Science and Technology, Pibulsongkram Rajabhat University,
Phitsanulok, 65000, Thailand

²Department of Marine Science, Faculty of Science Chulalongkorn University, Bangkok, 10330, Thailand.

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ครั้งนี้เพื่อศึกษาโครงสร้างมหากายวิภาคและมิถุนวิทยาของระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกของผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา *Catopsilia pomona* (Fabricius, 1758) โดยทำการเก็บตัวอย่างทั้งหมดเป็นระยะเวลา 4 เดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม ถึง เดือนเมษายน พ.ศ. 2557 บริเวณพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม วิทยาเขตส่วนทะเลแก้ว พบว่า โครงสร้างมหากายวิภาคของระบบประสาทผีเสื้อหนอนคูนประกอบด้วยสมองและปมประสาท โดยสมองถูกบรรจุอยู่ในกะโหลกศีรษะและเชื่อมต่อกับปมประสาทที่ขนานไปกับลำตัว ด้านล่าง จำนวน 5 ปม ที่สามารถจำแนกเป็นบริเวณส่วนนอก 2 ปม คือ ปมประสาทอกปมแรก และปมกลาง และส่วนท้องอีก 3 ปม ภายใต้การศึกษาทางด้านมิถุนวิทยา พบว่า ทั้งสมองและปมประสาทมีการจัดเรียงและองค์ประกอบพื้นฐานของเนื้อเยื่อไม่แตกต่างกัน กล่าวคือ ชั้นนอกสุดของแต่ละปมประสาทประกอบด้วยเยื่อหุ้มร่วมกันของเซลล์ประสาทที่สามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิด คือ เซลล์นิวโรคริสทอรี เซลล์ประสาท และเซลล์ประสาทคำจุน ทั้งนี้เซลล์นิวโรคริสทอรีมีขนาดใหญ่ที่สุด นิวเคลียสติดสีน้ำเงินและถูกล้อมรอบด้วยไซโตพลาสซึมติดสีชมพู ส่วนตัวรวมของผีเสื้อซึ่งจัดเป็นอวัยวะรับความรู้สึก ประกอบด้วยหน่วยตาเล็ก ๆ คือ ออมเมทิเดีย ด้านบนปิดด้วยเลนส์แก้วตาหกลีบเยื่อคือ เลนส์แก้วตาซึ่งมีลักษณะโค้งนูนออกทางด้านนอกเรียกว่า ฟาเซต ซึ่งอยู่ด้านใต้ของแก้วตา และเชื่อมต่อกับกลุ่มเซลล์รับแสงเรียกว่า แรบดอม หรือแรบโดเมียร์ แต่ละเซลล์มีแขนงประสาทไปเชื่อมต่อกับออปติคัลโกลของสมองส่วนหน้า

คำสำคัญ : มหากายวิภาค ผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา มิถุนวิทยา ระบบประสาท อวัยวะรับความรู้สึก

*Corresponding Author, e-mail : poolprasert_p@psru.ac.th



Abstract

Basic anatomical and histological structures of nervous system and sense organ of pierid butterfly, *Catopsilia pomona* (Fabricius, 1758) were investigated. Alive specimens were exclusively collected in four months during January to April 2014 within the area of the Pibulsongkram Rajabhat University (Talay Kaew campus). The results revealed that the structure of anatomy of nervous system was consisted of brain and ganglia. Its brain was contained within the skull (head capsule) which was connected to the ganglia along the ventral zone of the body. The ganglia consisted of five ganglia including two thoracic ganglia (pro- and mesothoracic ganglia) and three abdominal ganglia. Based on histological analysis, the basic characteristics of brain tissue and ganglia were similarly observed that could be divided into two regions i.e., inner medular and outer cortex. The outer cortex contained three main types of cell based on size and histological characterization namely, neurosecretory cell, neuron and neuroglia. Among their cells, neurosecretory cell was the highest in size. Basophilic nucleus with surrounding the eosinophilic cytoplasm was observed in this cell. The compound eye as well as sensory organ was comprised of the multiple functional units, called facets or ommatidia. Each ommatidium was consisted of corneal lens (curve outward) on the top that linked to crystalline tract, rhabdom or rhabdomeres. The nerves of receptor apparatus or retinula cells are connected to the optic lobe of protocerebrum.

Keywords: Anatomy, *Catopsilia pomona*, Histology, Nervous system, Sense organ

บทนำ

ผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา *Catopsilia pomona* (Fabricius, 1758) จัดเป็นผีเสื้อกลางวันในวงศ์ผีเสื้อหนอนกระหล่ำ (Family Pieridae) อันดับเลpidoptera (Order Lepidoptera) ซึ่งพบได้ทั่วไป โดยเฉพาะเดือนพฤษภาคมถึงกรกฎาคมของประเทศไทย (เกรียงไกร สุวรรณศักดิ์, 2540, สุทัศน์ สุบินประเสริฐ และเมณี อัครวานนท์, 2545) ในระยะตัวเต็มวัยของผีเสื้อชนิดนี้พบว่า มีพืชอาหารเป็นน้ำต้อยจากเกสรดอกไม้ตรงกันข้ามกับระยะตัวหนอน จัดเป็นศัตรูพืชที่สามารถเข้าทำลายในพืชเศรษฐกิจหลายชนิด โดยเฉพาะพืชตระกูลถั่ว (วงศ์ Fabaceae) อาทิ ราชพฤกษ์หรือคูน (*Cassia fistula* L.) ชีเหล็กเลือด (*C. timoriensis* DC.) ชีเหล็ก (*Senna siamea* Lam.) และชุมเห็ดเทศ (*S. alata* (L.) Roxb.) (สุทัศน์ สุบินประเสริฐ และเมณี อัครวานนท์, 2545;



สุทัศน์ สุบิน, 2554, Ek-Amnuay, 2006) ด้วยเหตุดังกล่าว ทำให้องค์ความรู้ความเข้าใจทางทางด้านชีววิทยาพื้นฐานของผีเสื้อชนิดนี้ มีความสำคัญและจำเป็นต้องศึกษาอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ เพื่อใช้ประยุกต์ใช้ในระหว่างแก้ไขปัญหา เพื่อจำกัดจำนวนประชากรของผีเสื้อชนิดนี้ในธรรมชาติ

การศึกษาโดยการวิเคราะห์โครงสร้างทางด้านมิถุวิทยา (Histological analysis) ทำให้ทราบถึงรายละเอียดที่ชัดเจน และสามารถยืนยันถึงองค์ประกอบและการจัดเรียงของเซลล์และเนื้อเยื่อของอวัยวะ ๆ นั้นได้เป็นอย่างดี แต่อย่างไรก็ดี รายงานการวิจัยส่วนใหญ่ในผีเสื้อกลับกล่าวถึงความรู้ทางด้านอนุกรมวิธาน (Fabricius et al., 1775, Ek-Amnuay, 2006) นิเวศวิทยา (สุทัศน์ สุบินประเสริฐ และมณี อัครวานานนท์, 2545; สุทัศน์ สุบินประเสริฐ, 2552) หรือสัณฐานวิทยาภายนอก (External morphology) (ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2527) ทั้งสิ้น ตรงกันข้ามกับการศึกษาด้านมิถุวิทยากลับมีน้อยมาก โดยเฉพาะในประเทศไทย มีเพียงการศึกษาจุลกายวิภาคและมิถุขเคมีของระบบสืบพันธุ์ผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา (ปิยนุช ทองจีนและคณะ, 2557) แต่ไม่ได้ครอบคลุมถึงระบบประสาทซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการทำงาน ลังงานและประมวลผล (Borror et al., 1989) และหากมีการทดลองถึงผลของสารสกัดทางชีวภาพหรือสารเคมีทางการเกษตรล้วนมีผลขัดขวางหรือรบกวนการทำงานของระบบประสาททั้งสิ้น ดังนั้นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยครั้งนี้เพื่อศึกษาด้านมหากายวิภาคและมิถุวิทยาของระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึกของผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา ข้อมูลที่ได้รับสามารถใช้ในการศึกษาด้านต่าง ๆ ในอนาคตต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

สุ่มเก็บตัวอย่างผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา *Catopsilia pomona* (Fabricius, 1758) ตัวเต็มวัย มีความยาวเยียด (Standard length) ประมาณ 6 - 8 เซนติเมตร ด้วยวิธีการใช้สวิง โฉบ โดยเก็บตัวอย่างผีเสื้อทั้งหมด 4 ครั้ง ตั้งแต่เดือนมกราคมถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2557 บริเวณศาลเจ้าพ่อทะเลแก้ว ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ทำการสลบโดยการบีบบริเวณอก (Pinching) แล้วนำมาเก็บรักษาสภาพเนื้อเยื่อในน้ำยาเดวิดสัน (Davidson's fixative) ประมาณ 12 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิห้อง หลังจากนั้นนำมาผ่านกระบวนการทางด้านมิถุวิทยานำชิ้นเนื้อเยื่อในพาราฟินบล็อก (Paraffin block) ไปตัดด้วยเครื่อง Rotary microtome ที่ความหนาประมาณ 6-8 ไมโครเมตร แล้วนำเนื้อเยื่อที่ตัด (Section) ที่ได้ติดบนสไลด์ทั้งหมดแล้วนำไปย้อมสีฮีมาทอกซิลิน (Hematoxylin) และอีโอซิน (Eosin) ตามวิธีมาตรฐาน Standard histological technique ของ Humason (1997) ตรวจสอบโครงสร้างของระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ แบบใช้แสง (LM) ถ่ายภาพและวิเคราะห์ผล



ผล

1. มหกายวิภาคของระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก

1.1 สมอง (Brain) ของผีเสื้อชนิดนี้ถูกบรรจุอยู่ภายในกระโหลกศีรษะ (Head capsule) เหนือหลอดอาหาร (Esophagus) ส่วนบนก่อนมาทางด่างกลางสมองเชื่อมอยู่ต่อกับ ตารวม (Compound eyes) ในขณะที่ด้านล่างเชื่อมต่อกับปมประสาท (Ganglia)

1.2 ปมประสาท (Ganglion) คือส่วนที่ต่อจากสมองที่ประกอบด้วยปมหลายปม ซึ่งสามารถพบได้ตลอดแนวความยาวด้านล่างของลำตัว (Ventral zone) ในการศึกษาครั้งนี้ สามารถพบปมประสาทที่สำคัญ 2 บริเวณ คือ ส่วนอก 2 ปม ได้แก่ Prothoracic ganglion และ Mesothoracic ganglion อีก 3 ปม อยู่ในบริเวณส่วนท้อง ได้แก่ Abdominal ganglion ที่ 1 (First abdominal ganglion) 2 (Second abdominal ganglion) และ 3 (Third abdominal ganglion) ตามลำดับ

1.3 อวัยวะรับความรู้สึก (Sense organ) คือ ตารวมที่มีขนาดใหญ่และเห็นได้ชัดเจน อวัยวะนี้ประกอบด้วยหน่วยตาเล็ก ๆ หรือที่เรียกว่า ออมแมทิเดียม (Ommatidium)

2. มิถุขวิทยาของระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก

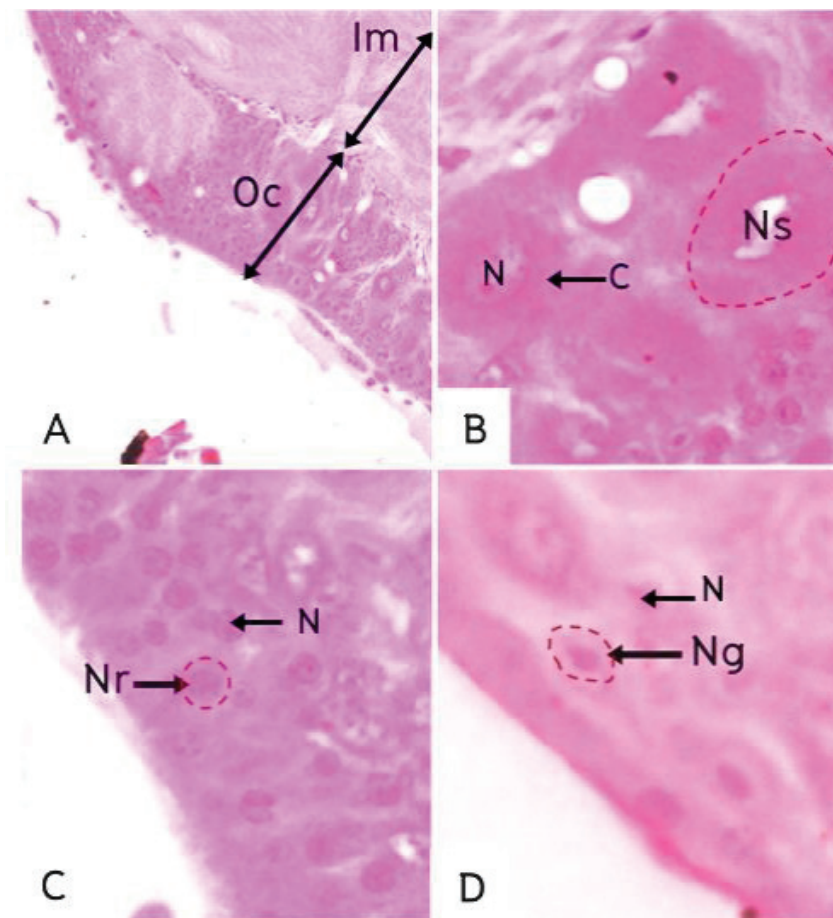
พบว่าการจัดเรียงและองค์ประกอบของเนื้อเยื่อระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกของผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา เมื่อย้อมด้วยสีฮีมาทอกซิลินและอีโอซิน (H&E) สามารถแสดง โครงสร้างทางด้านมิถุขวิทยาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงได้ดังต่อไปนี้

2.1 สมอง เป็นส่วนของปมประสาทที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ด้วยเทคนิค มิถุขวิทยา พบว่า มีโครงสร้างจุลกายวิภาคพื้นฐานของเนื้อเยื่อสมองสามารถแบ่งเป็น 2 ส่วนหลัก โดยพิจารณาจากตำแหน่งและองค์ประกอบของชนิดเซลล์ประสาท คือ ปมประสาทส่วนใน (Inner medular) ประกอบด้วยเส้นใยประสาทเท่านั้น และปมประสาทส่วนนอก (Outer cortex) เป็นบริเวณที่มีเซลล์ประสาทหลายชนิดอยู่รวมที่สามารถจำแนกได้เป็น 3 ชนิด ตามรูปร่างของ เซลล์ ลักษณะของนิวเคลียสและองค์ประกอบภายในของไซโตพลาสซึม ได้แก่

1) เซลล์นิวโรเซครีทอรี (Neurosecretory cell, Ns cell) เป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุด มีนิวเคลียสกลมอยู่ตรงกลางเซลล์ที่ภายในมีนิวคลีโอลัสติดสีน้ำเงิน และถูกล้อมรอบด้วยไซโตพลาสซึมติดสีชมพูอ่อน นอกจากนี้ภายในไซโตพลาสซึมยังมีแกรนูลติดสีชมพูเข้มเป็นจำนวนมากอีกด้วย

2) เซลล์ประสาท (Neuron) เป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็กที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับ เซลล์ชนิดอื่น แต่ละเซลล์มีรูปร่างกลม นิวเคลียสอยู่ตรงกลางเซลล์ขนาดเล็กติดสีน้ำเงินจาง และถูกล้อมรอบด้วยไซโตพลาสซึมติดสีชมพูอ่อน

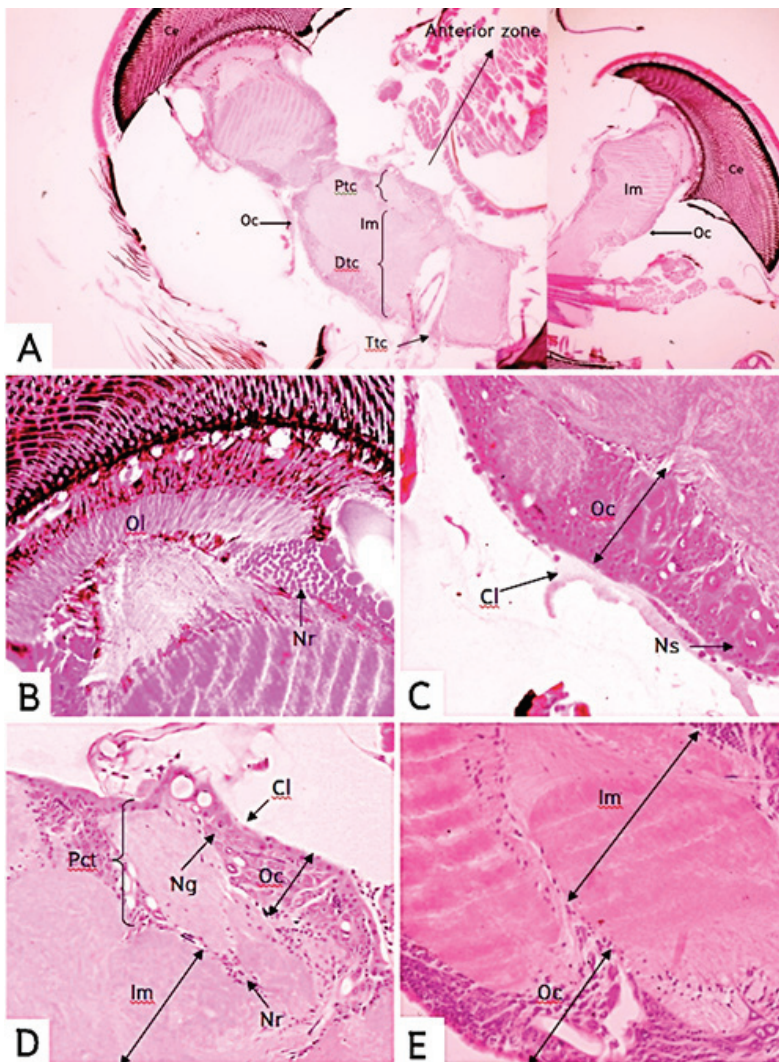
3) เซลล์ประสาทค้ำจุน (Neuroglia) เป็นเซลล์ที่มีขนาดเล็กกว่าเซลล์นิวโรเซค
รีทอรีเซลล์มีลักษณะรีหรือกลม นิวเคลียสกลมติดสีน้ำเงิน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 แสดงภาพตัดตามยาวโครงสร้างของเซลล์ชนิดต่าง ๆ ที่พบในปมประสาทส่วนนอกของ
สมอง; (A) บริเวณเนื้อเยื่อชั้นนอกของปมประสาท (B) เซลล์นิวโรเซครีทอรี (C) เซลล์ประสาท
(D) เซลล์ประสาทค้ำจุน (H&E) Im = Inner medullae, Oc = Outer cortex, Ns =
Neurosecretory cell, Nr = Neuron, Ng = Neuroglia, N = Nucleus, C = Cytoplasm.
(scale bar A-C = 40X)

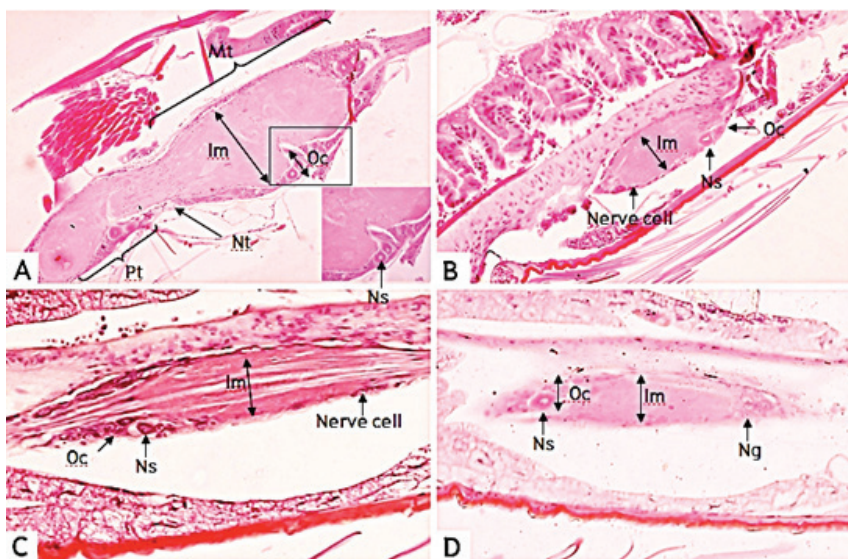
นอกจากนี้เมื่อพิจารณาถึงตำแหน่งของสมองยังสามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วนหลัก คือ
1) สมองส่วนหน้า (Protocerebrum) มีขนาดใหญ่เป็นสองพู (Bilobed) เชื่อมติดกัน ตั้งอยู่ทาง
ด้านหน้า ของส่วนหัว (Dorsal part) ด้านข้างทั้งสองข้างขยายออกเป็นออฟติกโลบ (Optic
lobes) ซึ่งเป็นจุดเชื่อมกับตา ถัดมาเป็น 2) สมองส่วนกลาง (Deutocerebrum) อยู่ถัดจาก
สมองส่วนหน้า มีพื้นที่มากที่สุดและอยู่ตรงกลางของสมอง (Middle part) มีลักษณะเป็นสองพู

เชื่อมติดกัน และส่วนสุดท้ายคือ 3) สองส่วนท้าย (Tritocerebrum) ตั้งอยู่ด้านล่างของสมอง (Ventral part) มีลักษณะเป็นสองพูไม่เชื่อมติดกัน แต่มีสายประสาทเชื่อมโยงระหว่างพูทั้งสอง และสมองส่วนท้ายของสมองส่วนนี้เชื่อมต่อไปยังปมประสาทใต้หลอดอาหาร (Subesophageal ganglion) (ภาพที่ 2)



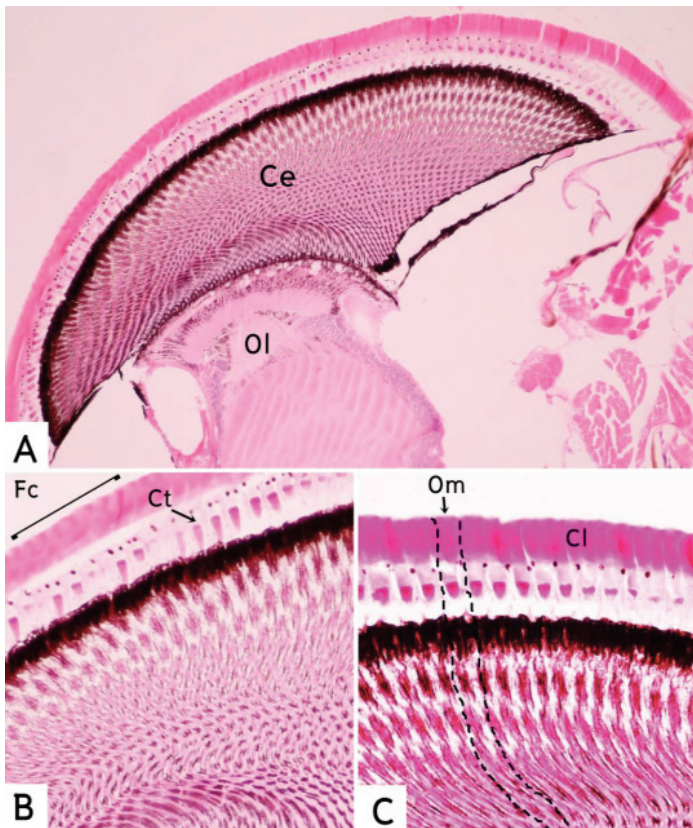
ภาพที่ 2 แสดงภาพตัดตามยาวโครงสร้างมโนวิทยาของสมอง (A) แสดงรายละเอียดของระบบประสาทส่วนสมองประกอบด้วย เนื้อเยื่อชั้นใน (Im = inner medulae) เนื้อเยื่อชั้นนอก (Oc = outer cortex) (B) สมองส่วนหน้า (protocerebrum) (C-D) สมองส่วนกลาง (Deutocerebrum) (E) สมองส่วนท้าย (Tritocerebrum) (*Pct* = *protocerebrum*, *Dct* = *Deutocerebrum*, *Tct* = *Tritocerebrum*, *Ns* = *Neurosecretory cell*, *Nr* = *Neuron*, *Ng* = *Neuroglia*, *Cl* = *Connective layer* (scale bar A = 100x, B-C = 40X)

2.2 ปมประสาท (Ganglion) พบว่า แต่ละปมประสาทมีโครงสร้างทางด้านมิวชีววิทยาพื้นฐาน เช่นเดียวกับในสมอง กล่าวคือ ชั้นนอก (Outer cortex) (ภาพที่ 3) โดยที่เซลล์นิวโรเซครีทอรี (Neurosecretory cell) มีขนาดประมาณ 10 ไมโครเมตร เซลล์ประสาท (Neuron) มีขนาดประมาณ 0.48 ไมโครเมตร และเซลล์ประสาทค้ำจุน (Neuroglia) ขนาดประมาณ 1.04 ไมโครเมตร ในรายละเอียด พบว่า ปมประสาททอกปมแรก (Prothoracic ganglion) เป็นปมที่อยู่ใกล้สมอง มีลักษณะเป็นก้อนกลมที่ถูกห่อหุ้มด้วยเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (Connective layer) ภายในประกอบด้วย เซลล์นิวโรเซครีทอรีขนาดใหญ่ จำนวนมากและเห็นได้ชัดกว่าเซลล์ชนิดอื่น ๆ ถัดมาเป็นปมประสาททอกปมกลางหรือ 2 (Mesothoracic ganglion) ซึ่งเชื่อมต่อกับปมอกปมแรกโดยสายประสาทเส้นคู่ที่เรียกว่า เส้นประสาทมีเดียน (Median nerve) โดยโครงสร้างมิวชีววิทยาของ ปมนี้มองค้ประกอบที่ค่อนข้างแตกต่างกัน กล่าวคือ มีเซลล์นิวโรเซครีทอรีและเซลล์นิวโรเกลียเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน ถัดมาในบริเวณส่วนท้อง ซึ่งพบปมประสาท 3 ปม ที่มีขนาดเล็กลงเมื่อเปรียบเทียบกับปมประสาทส่วนนอก คือ ปมประสาทท้อง (Abdominal ganglion) ที่ 1, 2 และ 3 แต่อย่างไรก็ตามพบว่า โครงสร้างจุลกายวิภาคทั้งสามปมไม่แตกต่างกัน คือ ประกอบด้วย เซลล์นิวโรเซครีทอรีที่ลดลงและตรงกันข้ามกับจำนวนเซลล์ประสาทเพิ่มมากขึ้น



ภาพที่ 3 แสดงภาพตัดตามยาวของโครงสร้างมิวชีววิทยาปมประสาทประกอบด้วยปมประสาทชั้นใน (Im = inner medulae) และปมประสาทชั้นนอก (Oc = outer cortex) (A) ปมประสาท 2 ปมบริเวณอก (B) ปมประสาทปมแรกบริเวณท้อง (C) ปมประสาทปมที่ 2 บริเวณท้อง (D) ปมประสาทปมสุดท้าย (Ns=Neurosecretory) Pt=prothoracic ganglion Mt = mesothoracic ganglion, Ns=Neurosecretory cell, Nr=Neuron, Ng=Neuroglia, N=Nucleus, C=Cytoplasm. (scale bar A-C=40X)

2.3 ตารวม (Compound eyes) ประกอบด้วยหน่วยตาเล็ก ๆ คือ ออมเมทิเดียมค้ำ นบนปิดด้วยเลนส์แก้วตาหกลเหลี่ยมคือ คอร์เนลเลนส์ หรือแก้วตา (Corneal lens) ซึ่งมีลักษณะ โค้งนูนออกทางด้านนอกเรียกว่าฟาเซต (Facet) ทางด้านใต้ของแก้วตานั้นเป็นแก้วตาชั้นใน (Crystalline tract) (ภาพที่ 4)



ภาพที่ 4 แสดงภาพตัดตามยาวโครงสร้างมิถุนวิทยาตารวมผีเสื้อหนอนคูน; (A) ตารวม, (B) ใยประสาทที่เชื่อมต่อกับตาและสมอง (C-D) ส่วนประกอบตารวม Fc = facet, Cl = corneal lens, Ct = crystalline tract, Rd = rhabdom, Om = ommatidium) (Scale bar A = 100X, B-C = 40X).

อภิปรายผลและสรุป

จากการศึกษาหมากยวิภาคของระบบประสาทของผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา ประกอบด้วย 1) สมอง (Cerebral ganglion หรือ Brain) และ 2) ปมประสาท (Ganglion) อีก 5 ปม (ปมที่ 1, 2 และ 3 และปมที่ 4 และ 5) ซึ่งทอดแนวยาวและขนานไปกับลำตัว (Ventral zone) สอดคล้องกับการรายงานของ Heywood (1965) ซึ่งได้ศึกษาในผีเสื้อหนอนกระทู้ *Pieris brassicae* นอกจากนี้บริเวณส่วนอกของผีเสื้อหนอนคูนธรรมดาพบปมประสาทได้เพียงแค่



2 ปมเท่านั้น ซึ่งพบได้ในผีเสื้อทั่วไป โดยลักษณะดังกล่าวนี้ Kim et al. (1998) ได้อธิบายและพิสูจน์ในผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก *Spodoptera litura* (Fabricius, 1775) ว่าโดยทั่วไปผีเสื้อชนิดนี้ในระยะหนอนมีระบบประสาทส่วนกลางซึ่งได้แก่สมอง (Brain) ปมประสาทบริเวณใต้หลอดอาหาร (Supraesophageal ganglion) ปมประสาทบริเวณอก 3 ปม (Pro-, Meso- และ Metathoracic ganglia) และปมประสาทบริเวณท้อง 8 ปม (1st - 8th abdominal ganglia) แต่เมื่อหนอนผีเสื้อเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (Metamorphosis) เข้าสู่ระยะดักแด้ พบว่าในระยะนี้เกิดการรวมตัวของปมประสาทส่วนอกกลายเป็นปมประสาทที่เรียกว่า Mesothoracic ganglion ตามการรายงานของ Heywood (1965) และปมประสาท 3 ปมสุดท้ายจากส่วนท้อง คือ ปมที่ 6-8 (6th - 8th Abdominal ganglia) เกิดการรวมกันอย่างสมบูรณ์ซึ่งทำให้ปมประสาทปมท้ายนี้มีขนาดใหญ่และเรียกปมประสาทส่วนท้องปมสุดท้ายนี้ว่า Terminal abdominal ganglion เช่นเดียวกันกับการรายงานของ Loi et al. (2001) พบรูปแบบการพัฒนาของปมประสาทตลอดลำตัวในลักษณะนี้ตั้งแต่ระยะหนอน ดักแด้ และตัวเต็มวัย ของผีเสื้อหัวกะโหลก *Manduca sexta* (Linnaeus, 1763) นอกจากนี้ ซึ่งในการรายงานของ Kim et al. (1998) ยังพบอีกว่า ปมประสาทส่วนท้องปมสุดท้ายของหนอนผีเสื้อหนอนกระทู้ผัก *S. litura* (Fabricius, 1775) มีการรวมตัวกันของปมประสาทที่ 6-9 (6th - 9th abdominal ganglia) อีกด้วย ทั้งนี้จำนวนปมประสาทของแมลงนั้นโดยทั่วไปมีความแตกต่างกันไปขึ้นกับการวิวัฒนาการของแมลง กล่าวได้ว่าแมลงที่มีการวิวัฒนาการสูงจะมีการรวมของปมประสาททำให้มีจำนวนน้อยลง ตัวอย่างเช่น ตัวงูปีกกว้างเหาสกุล *Dictyopterus* มีปมประสาทอก 3 ปม และ ท้อง 8 ปม แมลงสาบสกุล *Blatta* มีปมประสาทอก 3 ปม และ ท้อง 6 ปม หมาล่าสกุล *Crabro* และผึ้งสกุล *Eucera* มีปมประสาทอก 2 ปม และ ท้อง 3 ปม และแมลงวันบ้าน *Musca domestica* มีปมประสาทอกเพียง 1 ปม และไม่มีปมประสาทท้อง เป็นต้น (Gullan, 2005) อย่างไรก็ตามในการศึกษาค้างนี้ไม่พบปมประสาทบริเวณใต้หลอดอาหาร (Supraesophageal ganglion) และปมประสาทบริเวณท้องอีกหนึ่งปม เป็นไปได้ว่าอาจเกิดจากการตัดไม่ผ่านในบริเวณปมดังกล่าว ซึ่งจำเป็นที่จะต้องใช้จำนวนตัวอย่างและความชำนาญเพิ่มมากขึ้น

สมองเป็นส่วนของระบบประสาทที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในผีเสื้อชนิดนี้เกิดจากการเชื่อมกันของปมย่อย 3 ปม คือ 1) สมองส่วนหน้า 2) สมองส่วนกลาง (Deutocerebrum) และ 3) สมองส่วนท้าย (Tritocerebrum) โดยที่สมองส่วนท้ายเชื่อมต่อไปยังปมประสาทใต้หลอดอาหาร ซึ่งลักษณะดังกล่าวพบได้ทั่วไปในแมลงชนิดอื่น ๆ (Gullan, 1994; Triplehorn & Johnson, 2005) นอกจากนี้จากการศึกษาค้างนี้ หากพิจารณาถึงโครงสร้างพื้นฐานมิถุนวิทยาของสมองและปมประสาทประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ปมประสาทส่วนอกและส่วนใน โดยแต่ละปมประสาทถูกเชื่อมกันด้วยเส้นประสาท (Nerve tract) สอดคล้องกับรายงานของ McLaughlin (1974)



ที่ศึกษามีอนุชีววิทยาของปมประสาทในผีเสื้อหัวกะโหลก *M. sexta* (Linnaeus, 1763) และแมลงกลุ่มอื่น อาทิ ตัวน้ำมันแถบขาว *Epicauta waterhousei* Haag-Rutenberg, 1880 (กาญจนา ลังการวงศ์ และคณะ, 2556) หรือสัตว์ในกลุ่มไม่มีกระดูกสันหลังได้แก่ หอยเป่าฮือ *Halotis asinina* Linnaeus, 1758 (Nuurai et al., 2014)

สำหรับผลการศึกษาวัยวะรับรู้ความรู้สึกในแมลงมีหน้าที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการรับแสง (Heywood, 1965) โดยทั่วไปตาในแมลง สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ 1) ตารวมหรือตาประกอบ (Compound eyes หรือ Faceted eyes) พบได้ในแมลงทั่วไป 2) ตาเดี่ยวด้านข้าง (Stemmata หรือ Lateral ocelli) พบได้ในหนอนผีเสื้อชนิดต่าง ๆ และ 3) ตาเดี่ยว (Simple eye หรือ Ocelli) พบได้ในแมลงบางชนิด สำหรับการศึกษาในครั้งนี้เป็นการศึกษาของตารวมของผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา มีตารวม 1 คู่ ขนาดใหญ่ มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าและอยู่บริเวณด้านหลังของหัว เมื่อศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่าคอร์เนล เลนส์ หรือแก้วตา (Corneal lens) เป็นผนังชั้นนอกสุด ซึ่งจากการทบทวนเอกสารพบว่า ทำหน้าที่โดยตรงเกี่ยวข้องกับการรับแสงและป้องกันอวัยวะของตาที่อยู่ภายใน ด้านใต้ของแต่ฟาเซต (Facet) มีลักษณะที่เป็นรูปกรวย เรียกว่า หน่วยต่าย่อย หรือออมมาทีเดีย (Ommatidia) โดยที่จำนวนหน่วยต่าย่อยแต่ละข้างของแมลงก็แตกต่างกันไปตามแต่ละชนิด โดยที่หน่วยตาแต่ละหน่วย หรือออมมาทีเดีย (Ommatidium) จะเบียดกันแน่นซึ่งเห็นเป็นรูปคล้ายรังผึ้งหรือมีลักษณะเป็น 6 เหลี่ยม (Hexagonal) เรียงติดต่อกัน ทั้งนี้ได้หน่วยต่าย่อยจะมีเส้นประสาทที่ต่อมาจากสมองทำหน้าที่บันทึกภาพ (Triplehorn & Johnson, 2005) สำหรับหน่วยตานี้มีอุปกรณ์ที่เป็นองค์ประกอบสำคัญ 2 ประเภท คือ อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเลนส์แก้วตา (Dioptric apparatus) และอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับแสง (Receptor apparatus หรือ Retinula) โดยอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเลนส์แก้วตาจะมีองค์ประกอบที่สำคัญ 3 ชนิด คือ 1) แก้วตาชั้นนอก (Cornea), 2) แก้วตาชั้นใน (Crystalline tract or cone) และ 3) เซลล์เลนส์แก้วตา (Corneal pigment cells) ทางด้านใต้ของแก้วตาชั้นนอกจะเชื่อมต่อแก้วตาชั้นใน ซึ่งเกิดจากเซลล์ที่เรียกว่าเซมเพอร์เซลล์ (Semper cell) มี 4 เซลล์ ลักษณะเป็นแท่งโปร่งแสงทรงสามเหลี่ยมรูปกรวยและมีเซลล์แก้วตาปฐมภูมิสีเข้ม (Primary pigment cells) เรียงรายอยู่โดยรอบ สำหรับอุปกรณ์ทำหน้าที่รับแสงนั้นประกอบด้วยเซลล์ประสาทรับแสง (Retinula cells) มีเซลล์แก้วตาทุติยภูมิสีเข้ม (Secondary pigment cells) ล้อมอยู่ทางด้านนอกโพรงที่เป็นแกนกลางอยู่ทางด้านในของกลุ่มเซลล์รับแสงเหล่านี้เรียกว่าเรบโดม หรือเรบโดเมียร์ (Rhabdom หรือ Rhabdomeres) ซึ่งแต่ละเซลล์มีแขนงประสาทไปเชื่อมต่อกับออปติคโลบ (Optic lobe) ของสมองส่วนหน้า (Protocerebrum) ทั้งนี้อุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เป็นเลนส์แก้วตาและอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับแสงมีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน กล่าวคือ เมื่อเซลล์รับแสงมีตำแหน่งอยู่ติดด้านล่างของแก้วตาชั้นในหน่วยตาในลักษณะนี้



จัดเป็นแบบ Apposition (Photopic) ซึ่งสามารถพบได้ในแมลงที่ออกหากินในเวลากลางวัน (Diurnal insects) ในขณะที่เซลล์รับแสงตั้งอยู่ห่างจากเลนส์แก้วตาชั้นใน หน่วยตาในลักษณะนี้จัดเป็นแบบ superposition (Scotopic หรือ Clear-zoned eyes) ซึ่งพบได้ในแมลงที่ออกหากินในตอนพลบค่ำ (Crepuscular insects) หรือออกหากินตอนค่ำ (Nocturnal insects) (ปิยนุช ทองจิ้น และคณะ, 2557; Triplehorn & Johnson, 2005) จากการศึกษาในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าตาของผีเสื้อหนอนคูนธรรมดาไม่ปรากฏบริเวณช่องว่าง (Clear zone) ระหว่างแก้วตาชั้นในและเซลล์รับแสง จึงสามารถสรุปได้ว่าผีเสื้อชนิดนี้หากินในเวลากลางวัน สอดคล้องกับการรายงานของการศึกษาของตาในผีเสื้อกลางวันกลุ่มอื่น ๆ และแมลงชนิดต่าง ๆ ที่มีตารวมหรือตาประกอบอีกด้วย (ปิยนุช ทองจิ้น และคณะ, 2557; Gullan & Cranston, 1994; Triplehorn & Johnson, 2005; Chapman, 1998; Henze et al., 2012)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากกองทุนสนับสนุนและส่งเสริมการวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรเวศน์นครราชสีมา ประจำปีการศึกษา 2557

เอกสารอ้างอิง

- กาญจนา ลังกาวงค์ ศิลปชัย เสนารัตน์ นราธิปจันทร์สวัสดิ์ ปิยากร บุญยัง และพิสิษฐ์ พูลประเสริฐ. (2556). จุลกายวิภาค และจุลกายวิภาคเคมีบางระบบของด้วงน้ำมัน *Epicauta waterhousei* (Haag-Rutenberg, 1880) เพศเมียส่วนท้าย. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 15(3), 43-52.
- เกรียงไกร สุวรรณภักดี. (2540). *ผีเสื้อ*. กรุงเทพฯ : สารคดี.
- ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2527). *รูปร่างและสรีรวิทยาเบื้องต้นของแมลง*. มหาสารคาม : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- ปิยนุช ทองจิ้น แสงเดือน กลิ่นรอด พิสิษฐ์ พูลประเสริฐ วชิพร เย็นน้ำ ศิลปชัย เสนารัตน์ และนราธิปจันทร์ สวัสดิ์. (2557). จุลกายวิภาคและมิวซเคมีของระบบสืบพันธุ์ผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา *Catopsilia pomona* (Fabricius, 1758). *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*, 22(1), 24-33.
- สุทัศน์ สุปินประเสริฐ และมณี อัครวานนท์. (2545). *การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อการอนุรักษ์ผีเสื้อในประเทศไทย*. รายงานการวิจัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยรามคำแหง.



- สุทัศน์ สุบินประเสริฐ. (2552). อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศและสีของดอกต้นหางนกยูงไทย *Caesalpinia polcherrima* (Leguminosae) ต่อการบินของผีเสื้อหนอนคูน *Catopsilia* spp. (Pieridae). *วารสารวิจัยรามคำแหง*, 12(1), 58-56.
- สุทัศน์ สุบินประเสริฐ. (2554). พฤติกรรมการกินของผีเสื้อหนอนคูนธรรมดา *Catopsilia pomona* (Lepidoptera: Pieridae) ในการเลือกพันธุ์ไม้ดอกชนิดต่าง ๆ และช่วงเวลาที่เหมาะสมในการหาอาหาร. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ, ประสิทธิ์ เพียรอนุรักษ์ และ Cunninham, R. (2545). นิเวศวิทยาการผสมเกสรที่เกี่ยวข้องกับการติดผลของไม้สัก : ที่ป่าธรรมชาติและสวนป่าการหาอาหาร. รายงานการวิจัย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- Borror, D. J, Triplehorn, C. A & Johnson, N. F. (1989). *An Introduction to the Study of Insects* (6th ed.). United States of America: Library of Congress.
- Chapman, G. B. (1998). Similarity and reluctance to trade. *Journal of Behavioral Decision Making*, 11(1), 47-58.
- Ek-Amnuay P. (2006). *Butterflies of Thailand*. (English ed.). Bangkok: Baan LaeSuan.
- Fabricius, J. C. (1775). *Systema Entomologiae, Sistens Insectorum Classes, Ordines, Genera, Species, Adiectis Synonymis, Locis, Descriptionibus, Observationibus, Officina Libraria Kortii*, Germany: Flensburg and Leipzig.
- Gullan, P. J. & Cranston, P. S. (2005). *The Insects: and outline of Entomology*. (3rd ed.). Malden: Blackwell Publishing.
- Gullan, P. J. & Cranston, P. S. (1994). *The Insects: an outline of Entomology*. UK: Chapman & Hall.
- Henze, M. R. J., Dannenhauer, K. R., Kohler, M. T., Labhart, T. M. & Gesemann, M. T. (2012). Opsin evolution and expression in arthropod compound eyes and Ocelli: Insights from the cricket *Gryllus bimaculatus*. *BMC Evolutionary Biology*, 12, 163.
- Heywood R. B. (1965). Changes occurring in the central nervous system of *Pieris brassicae* L. (Lepidoptera) during metamorphosis. *Journal of Insect Physiology*, 413-420.
- Humason G. L. (1997). *Animal Tissue Techniques* (4th ed.). San Francisco: Freeman.
- Kim, M. Y., Lee, B. H, Kang, D. K. H, Nässel, D. R. (1998). Distribution of tachykinin-related neuropeptide in the developing central nervous system of the moth *Spodoptera litura*. *Cell and Tissue Research*, 294(2), 351-365.



- Loi, P. K., Emmal, S. A, Park, Y. & Tublitz, N. J. (2001). Identification of a CCAP gene and its spatial and temporal distribution in the moth *Manduca sexta*. *Journal of Experimental Biology*, 204, 2803-2816.
- McLaughlin, B. J. (1974). Fine-structural changes in a lepidopteran nervous system during metamorphosis. *Journal of Cell Science*, 14(2), 369-387.
- Nuurai, R. Y. P, Primphon, J. R. W., Seangcharone, T. W. C, Tinikul, Y. S. W., Wanichanon, C. T. & Sobhon, P. S. (2014). Immunohistochemical Detection of GnRH-like Peptides in the Neural Ganglia and Testis of *Halictis asinine*. *Microscopy Research and Technique*, 77, 110-119.
- Triplehorn, C. A. & Johnson, N. F. (2005). *Borror and DeLong's Introduction to Study of Insects*. (7th ed.). USA: Thomson Brooks/Cole.