



สัณฐานวิทยาของเหล็กไน ท่อพิษ ถุงเก็บพิษ และต่อมพิษของต่อ (Hymenoptera: Vespidae) ที่พบ
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

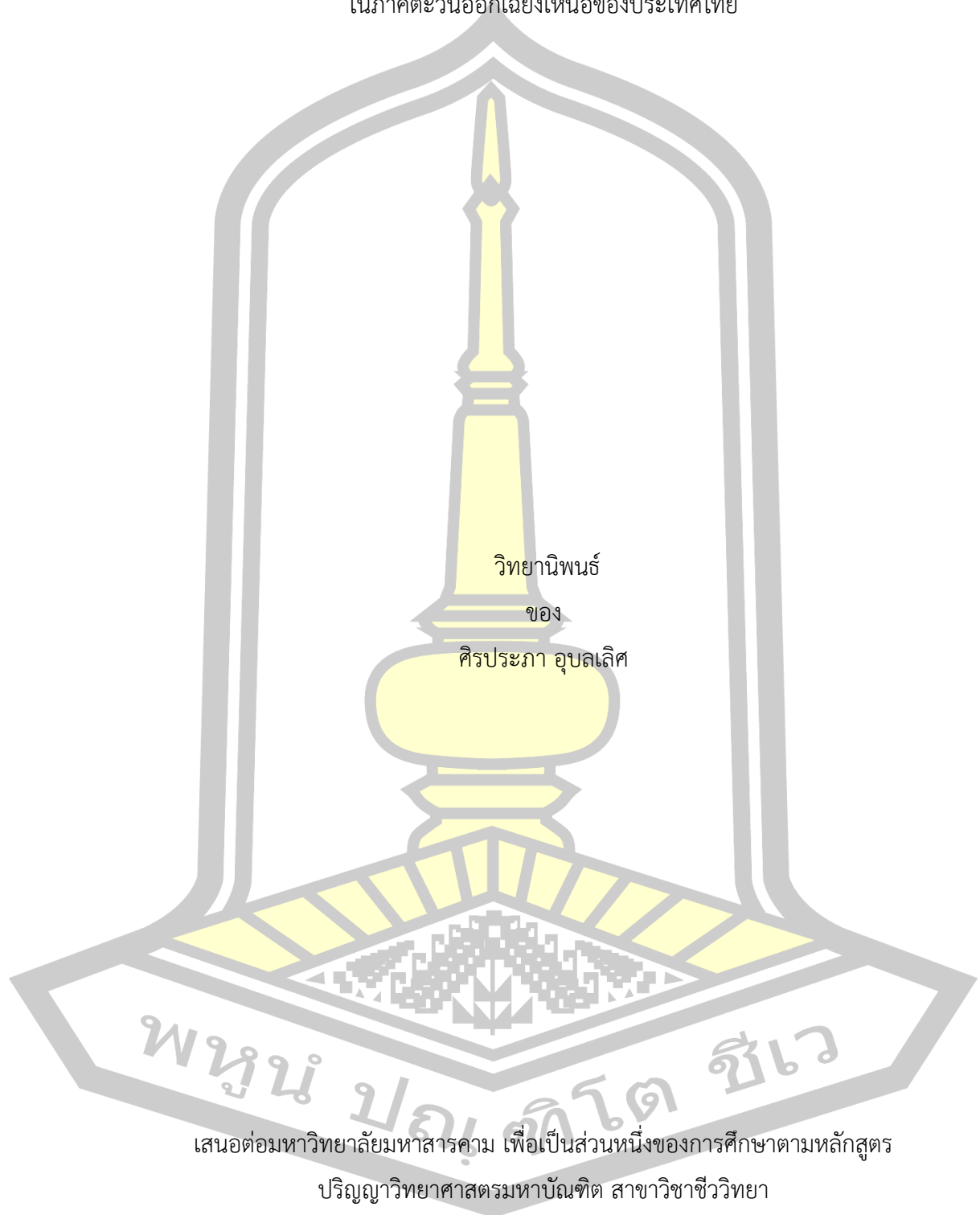
วิทยานิพนธ์
ของ
ศิริประภา อุบลเลิศ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

มกราคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

สัณฐานวิทยาของเหล็กไน ท่อพิษ ถุงเก็บพิษ และต่อมพิษของต่อ (Hymenoptera: Vespidae) ที่พบ
ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย



เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

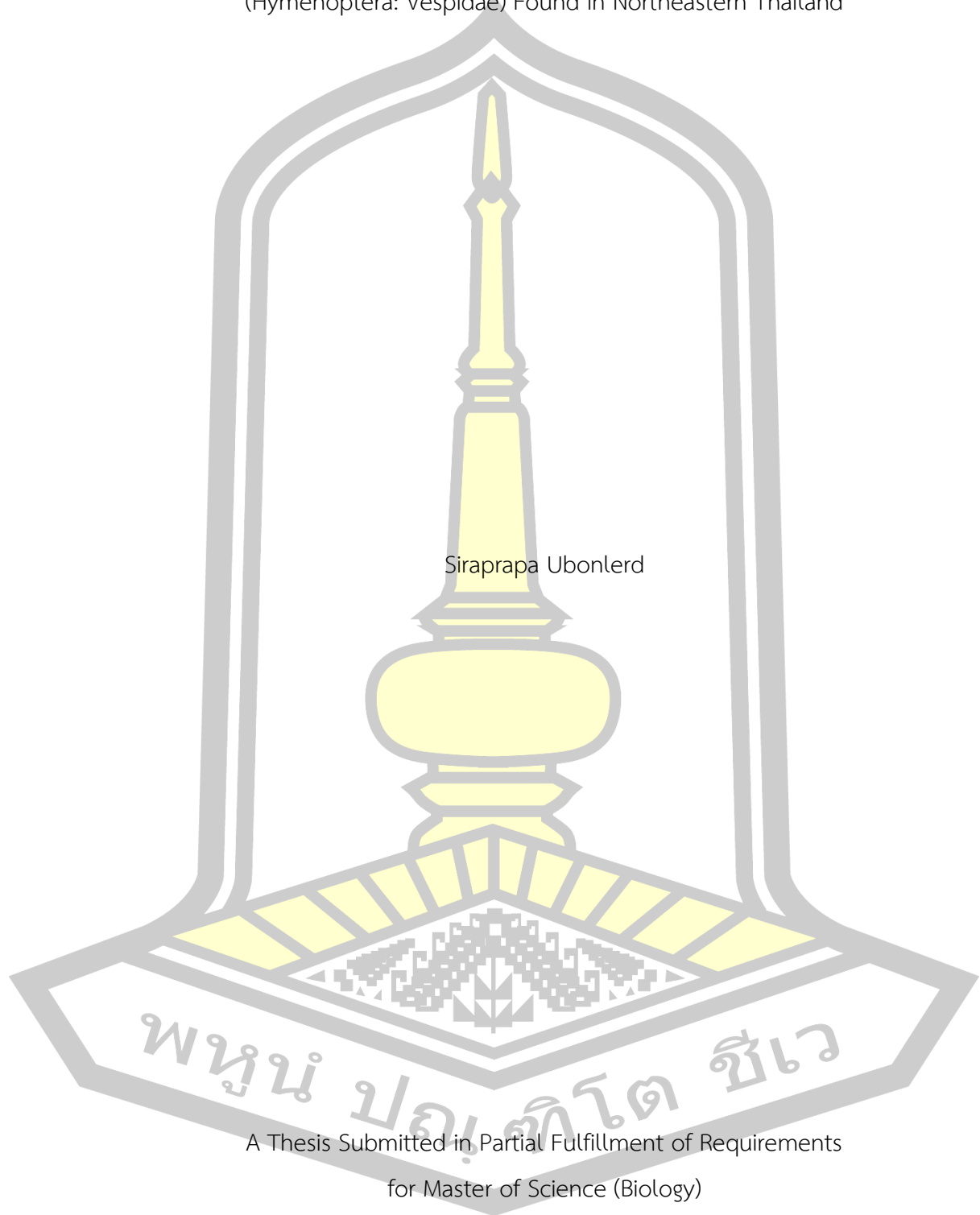
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

มกราคม 2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Morphology of Sting, Venom Duct, Venom Sac and Venom Gland of Wasps
(Hymenoptera: Vespidae) Found in Northeastern Thailand

Siraprapa Ubonlerd



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Science (Biology)

January 2024

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนางสาวศิริประภา อุบลเลิศ
แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(รศ. ดร. ปิยมาศ นานอก โสภาลดาวัลย์)

.....กรรมการ

(รศ. ดร. บังอร กองอ้อม)

.....กรรมการ

(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(ศ. ดร. ไพโรจน์ ประมวล)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

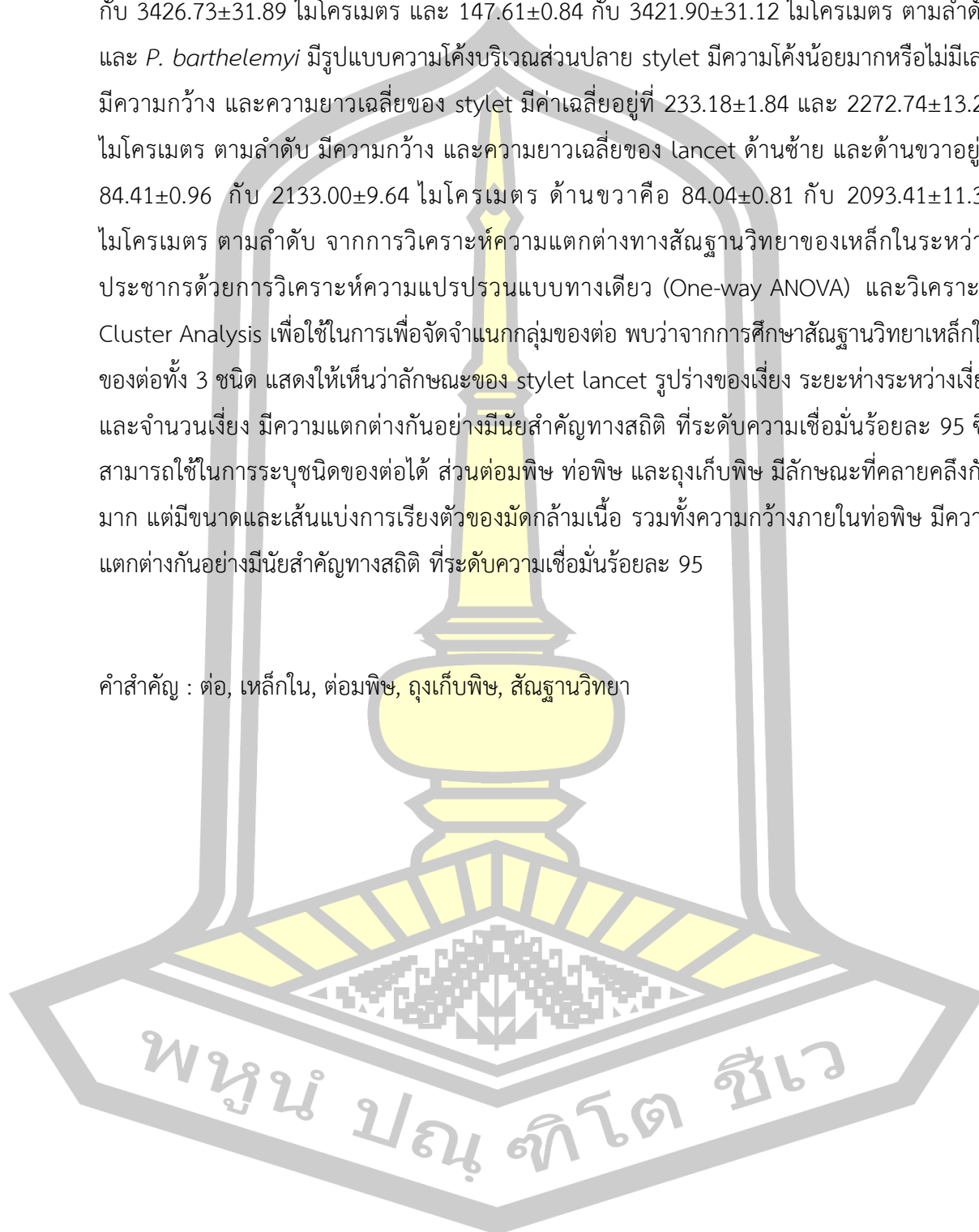
ชื่อเรื่อง	สัณฐานวิทยาของเหล็กใน ท่อพิษ ถุงเก็บพิษ และต่อมพิษของต่อ (Hymenoptera: Vespidae) ที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย		
ผู้วิจัย	ศิริประภา อุบลเลิศ		
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร. ปิยะมาศ นานอก โสภาลดาวัลย์		
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	ชีววิทยา
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2567

บทคัดย่อ

ต่อ (wasps) เป็นแมลงที่จัดอยู่ในอันดับ Hymenoptera วงศ์ Vespidae ต่อส่วนใหญ่จัดเป็นแมลงสังคมแท้ (eusocial insect) ซึ่งมีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศคือการทำหน้าที่ผู้ล่า (predator) ที่มีประโยชน์ในการควบคุมประชากรแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี (biological control) เหล็กใน (sting) ของต่อเป็นอาวุธสำคัญซึ่งมีโครงสร้างที่แตกต่างกันไปในแต่ละชนิด เหล็กในของต่อมีลักษณะเป็นเข็มแหลมที่ใช้ในการต่อยศัตรูหรือเหยื่อแล้วปล่อยพิษเข้าไปทำให้ตายหรือเป็นอัมพาตแล้วนำกลับสู่รัง และสามารถต่อยศัตรูหรือเหยื่อได้หลายครั้งโดยที่ตัวต่อไม่ตาย การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเหล็กใน ต่อสร้างพิษ และถุงเก็บพิษ ของต่อที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera จำนวน 3 ชนิด ได้แก่ *Vespa affinis* (ต่อหัวเสือ), *Vespa tropica* (ต่อหลุม) และ *Provespa barthelemyi* (ต่อนอนกลางวัน) เพื่อวิเคราะห์หา ลักษณะของเหล็กในที่สามารถนำมาใช้ในการจัดจำแนกชนิดของต่อได้ โดยเก็บตัวอย่างชนิดละ 3 รัง รังละ 50 ตัว จากในพื้นที่ 7 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัด กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม ยโสธร สกลนคร ศรีสะเกษ และ อำนาจเจริญ เก็บรักษาสภาพแมลง ไว้ในเอทิลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 80% ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อรักษาสภาพ โดยมีการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereo microscope) และการศึกษากล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) นำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่า ความกว้างและความยาวของเหล็กในมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ผลการศึกษาพบว่า *V. affinis* มีรูปแบบความโค้งบริเวณส่วนปลาย stylet มีความโค้งเล็กน้อย มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ stylet มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 259.42 ± 3.93 กับ 3199.24 ± 33.51 ไมโครเมตร ตามลำดับ มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ lancet ด้านซ้าย และ ด้านขวาอยู่ที่ 140.14 ± 2.15 กับ 2059.65 ± 15.54 ไมโครเมตร และ อยู่ที่ 140.56 ± 1.21 กับ 2061.11 ± 17.66 ไมโครเมตร ตามลำดับ ส่วน *V. tropica* มีความโค้งบริเวณส่วนปลาย Stylet มาก ที่สุด มีความกว้างและความยาวเฉลี่ยของ stylet 320.60 ± 3.15 และ 3634.77 ± 80.89 ไมโครเมตร

ตามลำดับ มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ lancet ด้านซ้าย และด้านขวาอยู่ที่ 154.70 ± 2.07 กับ 3426.73 ± 31.89 ไมโครเมตร และ 147.61 ± 0.84 กับ 3421.90 ± 31.12 ไมโครเมตร ตามลำดับ และ *P. barthelemyi* มีรูปแบบความโค้งบริเวณส่วนปลาย stylet มีความโค้งน้อยมากหรือไม่มีเลย มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ stylet มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 233.18 ± 1.84 และ 2272.74 ± 13.27 ไมโครเมตร ตามลำดับ มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ lancet ด้านซ้าย และด้านขวาอยู่ที่ 84.41 ± 0.96 กับ 2133.00 ± 9.64 ไมโครเมตร ด้านขวาคือ 84.04 ± 0.81 กับ 2093.41 ± 11.31 ไมโครเมตร ตามลำดับ จากการวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของเหล็กในระหว่างประชากรด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) และวิเคราะห์ Cluster Analysis เพื่อใช้ในการเพื่อจัดจำแนกกลุ่มของต่อ พบว่าจากการศึกษาสัณฐานวิทยาเหล็กในของต่อทั้ง 3 ชนิด แสดงให้เห็นว่าลักษณะของ stylet lancet รูปร่างของเงี่ยง ระยะห่างระหว่างเงี่ยง และจำนวนเงี่ยง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ซึ่งสามารถใช้ในการระบุชนิดของต่อได้ ส่วนต่อมพิช ท่อพิช และถุงเก็บพิช มีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมาก แต่มีขนาดและเส้นแบ่งการเรียงตัวของมัดกล้ามเนื้อ รวมทั้งความกว้างภายในท่อพิช มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

คำสำคัญ : ต่อ, เหล็กใน, ต่อมพิช, ถุงเก็บพิช, สัณฐานวิทยา



TITLE	Morphology of Sting, Venom Duct, Venom Sac and Venom Gland of Wasps (Hymenoptera: Vespidae) Found in Northeastern Thailand		
AUTHOR	Siraprapa Ubonlerd		
ADVISORS	Associate Professor Piyamas Nanork Sopaladawan , Ph.D.		
DEGREE	Master of Science	MAJOR	Biology
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2024

ABSTRACT

Wasps are insects classified in the order Hymenoptera, family Vespidae. Most wasps are true social insects (eusocial insects), playing a crucial role in the ecosystem as predators, beneficial for biological control of pest insect populations. The sting of a wasp is a vital weapon, with structures varying between species. The sharp needle-like sting is used to attack enemies or preys, releasing venom that causes death or paralysis, and then brought back to the nest. Wasps can sting enemies or preys multiple times without dying. This study aims to investigate the morphological characteristics of the sting, venom gland, and venom sac of wasps in the family Vespidae, order Hymenoptera. Three wasp species were studied: *Vespa affinis* (Lesser banded hornet), *Vespa tropica* (Greater banded hornet), and *Provespa barthelemyi* (Nocturnal hornet). The goal is to analyze the characteristics of the sting that can be used to classify wasp species. Wasp samples were collected from 7 provinces in northeastern Thailand: Kalasin, Khon Kaen, Maha Sarakham, Yasothon, Sakon Nakhon, Sisaket, and Amnat Charoen. Sample collection consisted of 3 nests per species, with 50 individuals per nest. The samples were preserved in 80% ethyl alcohol at a temperature of -20°C. The samples were studied under a stereo microscope and a scanning electron microscope (SEM). Averages width and length of the stings were analyzed for mean and standard deviation values. The study found that *V. affinis* has a slightly curved stylet tip, with an average width and length of 259.42 ± 3.93 and 3199.24 ± 33.51 μm , respectively. *V. tropica* has the most curved

stylet tip, with an average width and length of 320.60 ± 3.15 and 3634.77 ± 80.89 μm , respectively. *P. barthelemyi* has a very slightly curved or straight stylet tip, with an average width and length of 233.18 ± 1.84 and 2272.74 ± 13.27 μm , respectively. The venom gland, venom duct, and venom sac have similar characteristics but differ significantly in size, muscle bundle arrangement, and internal width of the venom duct at a confidence level of 95%. These can be used to identify wasp species.

Keyword : wasp, sting, venom gland, venom sac, morphology



กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความอนุเคราะห์อย่างสูงจาก ท่านอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ปิยมาศ นานอก โสภาลดาวัลย์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำชี้แนะแนวทาง ตลอดจนช่วยเหลือ ตรวจสอบ ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องมาโดยตลอดด้วยความเมตตา กรุณาต่อผู้วิจัยอย่างด้วยความเอาใจใส่เป็นอย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนัก และซาบซึ้งถึงความตั้งใจด้วยจริงใจ และความทุ่มเทของอาจารย์เป็นอย่างดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอบพระคุณประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. วันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ และ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร. ไพโรจน์ ประมวล และ รองศาสตราจารย์ ดร. บังอร กองอัม สำหรับคำชี้แนะแนวทางเพิ่มเติมเพื่อให้วิทยานิพนธ์มีความสมบูรณ์มากขึ้น

ขอบคุณ นายนครินทร์ บุตรโท นายทักษิณ ประกิ้ง นายธงไทย สัญจรเลิศ นางสาวธนพร ป้องกัน นายภูวนัย เหลือผล นายมานะ แน่นอุดร นายศุภณัฐ อร่ามพงษ์ นายเอกชัย นัคสูน และ นางสาวอุไรวรรณ ทองคำ ผู้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเหลือในการเก็บตัวอย่างในการทำวิจัย นายอนุสิทธิ์ แดลงศรี ช่วยเหลือด้านเอกสาร นางสาวศิริพรรณ บัวลา และนางสาวศศิธร สร้อยพิจิตร ผู้ที่คอยให้ความช่วยเหลือ แนะนำแนวทางการทำการทดลอง ตลอดจนให้คำปรึกษาการวิเคราะห์ข้อมูล และขอขอบคุณ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์ เครื่องมือ และสถานที่ในการปฏิบัติการวิจัย

กราบขอบพระคุณคุณพ่อ จตุพร อุบลเลิศ คุณแม่พูนศิริ อุบลเลิศ นางสาวนงคราญ อุบลเลิศ นางสาวสัญญาณ อุบลเลิศ และ นายศิวัช อุบลเลิศ เป็นอย่างสูงที่ได้เป็นแรงใจสำคัญ อีกทั้งยังให้การสนับสนุนในการทำวิจัย และการศึกษาต่อด้วยดีเสมอมา

คุณค่าและประโยชน์ของงานวิจัยและวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้เป็นเครื่องบูชา พระคุณบิดามารดา ผู้เป็นบูรพาจารย์ คณาจารย์ และผู้มีพระคุณที่ให้การอุปถัมภ์ทุกท่านที่ให้ความกรุณาช่วยเหลือสนับสนุนให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในวันนี้

พูน ปณ จิตโต ชีเว

ศิริประภา อุบลเลิศ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
กิตติกรรมประกาศ.....	ช
สารบัญ.....	ณ
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญรูปภาพ.....	ฐ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา.....	2
1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา.....	2
บทที่ 2 เอกสารที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 อนุกรมวิธานของต่อ.....	4
2.2 แมลงภายในวงศ์ Vespidae.....	5
2.2.1 วงศ์ย่อย (subfamily) ของต่อในวงศ์ (family) Vespidae	5
2.2.2 ความหลากหลายชนิดของต่อวงศ์ Vespidae ในประเทศไทย.....	6
2.3 ลักษณะสังคมของต่อและโครงสร้างทางสังคมภายในรังต่อ.....	7
2.4 ลักษณะการสร้างรังของต่อ	8
2.5 วัฏจักรชีวิตของต่อ	10
2.6 ลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกของต่อ	10
2.7 เหล็กใน.....	12

2.7.1 ลักษณะของเหล็กไน	12
2.7.2 หน้าที่และการทำงานของเหล็กไน.....	14
2.7.3 ต่อมสร้างพิษและถุงเก็บพิษ	14
2.8 พิษของต่อ.....	16
2.8.1 องค์ประกอบของพิษต่อ.....	16
2.8.2 อาการแพ้ที่เกิดขึ้น	16
2.8.3 วิธีป้องกันและรักษา.....	17
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	18
3.1 การเก็บตัวอย่าง	18
3.2 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกเพื่อระบุชนิด.....	19
3.3 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเหล็กไน	19
3.4 การศึกษาโครงสร้างของต่อมสร้างพิษและถุงเก็บพิษ	21
3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล	21
บทที่ 4 ผลการทดลอง.....	22
4.1 การเก็บตัวอย่าง	22
4.2 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกเพื่อระบุชนิด.....	23
4.3 การศึกษาโครงสร้างของเหล็กไน ท่อพิษ ถุงเก็บพิษ และส่วนต่อมสร้างพิษของต่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สเตอริโอ (Stereo microscope) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM).....	33
4.3.1 การศึกษาสัณฐานวิทยาของเหล็กไนต่อ.....	33
4.3.1.1 การศึกษาโครงสร้างลักษณะสัณฐานของ stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด.....	35
4.3.1.2 การศึกษาโครงสร้างลักษณะสัณฐานของ Lencet ของต่อทั้ง 3 ชนิด	37
4.3.2 การศึกษาโครงสร้างของท่อพิษ ถุงเก็บพิษ และต่อมพิษ.....	42
4.3.2.1 การศึกษาโครงสร้างของท่อพิษ.....	42

4.3.2.2 การศึกษาโครงสร้างของถุงเก็บพิษ	44
4.3.2.3 การศึกษาโครงสร้างของต่อมพิษ.....	45
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา.....	47
5.1 อภิปรายผลการศึกษา	47
5.1.1 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกเพื่อระบุชนิด	47
5.1.2 การศึกษาโครงสร้างของเหล็กในต่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์.....	47
5.1.2.1 การศึกษาสัณฐานวิทยาของเหล็กใน	48
5.1.2.2 การศึกษาสัณฐานวิทยาของต่อมพิษ ท่อพิษ และถุงเก็บพิษ.....	50
5.2 สรุปผลการศึกษา	52
5.3 ข้อเสนอแนะ	52
บรรณานุกรม.....	53
ภาคผนวก.....	60
ประวัติผู้เขียน.....	75



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย.....	3
ตารางที่ 2.1 ชนิดของต่อที่พบในภาคเหนือของประเทศไทย.....	7
ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลในการเก็บตัวอย่างต่อ 3 ชนิด ที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	23
ตารางที่ 4.2 ตารางข้อมูลลักษณะสัณฐานภายนอก ค่าเฉลี่ยความยาวของลำตัว และความยาวของปีก <i>Vespa affinis</i>	26
ตารางที่ 4.3 ตารางข้อมูลลักษณะสัณฐานภายนอก ค่าเฉลี่ยความยาวของลำตัว และความยาวของปีก <i>Vespa tropica</i>	28
ตารางที่ 4.4 ตารางข้อมูลสัณฐานภายนอก ค่าเฉลี่ยความยาวของลำตัว และความยาวของปีก <i>Provespa barthelemyi</i>	30
ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยความยาวของลำตัว และความยาวของปีก ของต่อทั้ง 3 ชนิด	32
ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation).....	34
ตารางที่ 4.7 ค่าความกว้าง ความยาว เฉลี่ยของ stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด.....	37
ตารางที่ 4.8 ค่าความกว้าง ความยาว เฉลี่ยของ lancet ด้านซ้าย ของต่อทั้ง 3 ชนิด.....	39
ตารางที่ 4.9 ค่าความกว้าง ความยาว เฉลี่ยของ lancet ด้านขวา ของต่อทั้ง 3 ชนิด.....	39
ตารางที่ 4.10 ลักษณะความยาว Barbs 1-11 ของต่อทั้ง 3 ชนิด.....	40
ตารางที่ 4.11 ลักษณะความกว้าง ความยาวของ Venom duct ต่อทั้ง 3 ชนิด	43
ตารางที่ 4.12 ลักษณะกว้าง ความยาว Venom sac ของต่อทั้ง 3 ชนิด	45

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ลักษณะภายนอกของรังต่อ 3 ชนิด และ ลักษณะหลอดรวงของรังต่อ.....	9
ภาพที่ 2.2 โครงสร้างสัณฐานวิทยาของเหล็กในของตัวต่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	13
ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบเงี่ยงของเหล็กในของตัวต่อ.....	14
ภาพที่ 2.4 โครงสร้างเหล็กใน และการทำงานร่วมกันของต่อมพิษ ของตัวต่อวงศ์ Vespidae.....	15
ภาพที่ 3.1 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย	18
ภาพที่ 3.2 ภาพเหล็กในพร้อมถุงพิษของ <i>Vespa affinis</i>	19
ภาพที่ 3.3 จำนวนและรูปแบบการเรียงตัวของเงี่ยงบน lancet ของต่อ	20
ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานภายนอกตัวอย่างต่อที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย.....	25
ภาพที่ 4.3 ภาพตัวอย่าง <i>Vespa affinis</i>	27
ภาพที่ 4.4 ภาพตัวอย่าง <i>Vespa tropica</i>	29
ภาพที่ 4.5 ภาพตัวอย่าง <i>Provespa barthelemyi</i>	31
ภาพที่ 4.6 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานภายนอกของเหล็กในต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope).....	33
ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานเหล็กในของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้ กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM).....	34
ภาพที่ 4.8 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ Stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope).....	35
ภาพที่ 4.9 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษา ภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM).....	36
ภาพที่ 4.10 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ curvature of sting ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)	36

ภาพที่ 4.11 การเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ Lencet ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope)	38
ภาพที่ 4.12 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ lancet ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)	38
ภาพที่ 4.13 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ Barb ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)	40
ภาพที่ 4.14 แผนภาพสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของต่อทั้ง 3 ชนิด	41
ภาพที่ 4.15 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venoms duct ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope)	43
ภาพที่ 4.16 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom sac ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)	43
ภาพที่ 4.17 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom sac ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope)	44
ภาพที่ 4.18 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom sac ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)	44
ภาพที่ 4.19 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom grand ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM)	45
ภาพที่ 4.20 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom grand ของต่อทั้ง 3 ชนิด	46



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

ต่อ (wasps) เป็นแมลงที่จัดอยู่ในอันดับ Hymenoptera วงศ์ Vespidae ซึ่งมีบทบาทที่สำคัญในระบบนิเวศเป็นอย่างมาก โดยทำหน้าที่ผู้ล่า (predator) ในห่วงโซ่อาหารของระบบนิเวศ และจากการเป็นผู้ล่าในระบบนิเวศนี้เองจึงถูกนำมาใช้ประโยชน์ในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยชีววิธี (biological control) โดยใช้เป็นแมลงตัวห้ำ ต่อส่วนใหญ่จัดเป็นแมลงสังคมแท้ (eusocial insect) แต่ละรังประกอบด้วยต่อ 3 วรรณะ ได้แก่ ราชินี ต่อกงาน และ ต่อเพศผู้ ต่อมีบทบาทสำคัญกับระบบนิเวศได้แก่ เป็นแมลงผสมเกสรให้กับพืชพรรณต่างๆ และต่อยังเป็นแมลงที่ทำหน้าที่ควบคุมประชากรของแมลงศัตรูพืช หากไม่มีต่อจะเกิดการขยายพันธุ์ของแมลงที่เป็นแหล่งอาหารของต่อนั้นจะมีการเพิ่มจำนวนสูงขึ้นทำให้เกิดการเสียความสมดุลของระบบนิเวศ เหล็กใน (sting) ของต่อเป็นอาวุธสำคัญของต่อซึ่งมีโครงสร้างที่แตกต่างกันไปในแต่ละสายพันธุ์ ทั้งยังพิษที่มีความรุนแรงที่ใช้ในการโจมตีที่สร้างความเจ็บปวดให้กับศัตรูหรือเหยื่อ เหล็กในของต่อมีลักษณะเป็นเข็มแหลมที่ใช้ในการต่อยศัตรูหรือเหยื่อแล้วปล่อยพิษเข้าไปทำให้ให้ตายหรือเป็นอัมพาตแล้วนำกลับสู่รัง และสามารถต่อยศัตรูหรือเหยื่อได้หลายครั้งโดยที่ตัวต่อไม่ตาย (Zhao et al., 2015, Stetsun et al., 2019, Barbosa et al., 2021) ซึ่งแตกต่างจากผึ้งในสกุล *Apis* ที่ต่อยได้ครั้งเดียวแล้วตาย (Jayasvasti, 1989) นอกจากเหล็กในจะใช้ในการป้องกันตัวเองแล้ว ความแตกต่างในด้านความโค้งของเหล็กใน ลักษณะของเยื่อบนเหล็กในของต่อยังมีรูปแบบและการเรียงตัวที่หลายหลาย รวมทั้งมีจำนวนเยื่อบที่แตกต่างกันซึ่งสามารถใช้สำหรับการจำแนกชนิดของแมลงได้ (Manzoli et al., 1997, Stetsun et al., 2019, Bissessarsingh and Starr, 2021) เนื่องจากในประเทศไทยมีรายงานความหลากหลายของชนิดของแมลงในกลุ่มต่อ แตน จำนวนหลายชนิด (รัชคณิน จงจิตวิมล และสิทธิชัย อุดก่า, 2561) แต่ข้อมูลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเหล็กในของต่อยังมีอย่างจำกัด ดังนั้นการศึกษาครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายในการศึกษาสัณฐานวิทยาของเหล็กใน ต่อมพิษ และถุงเก็บพิษของต่อ ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera ในพื้นที่ 7 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม ยโสธร สกลนคร ศรีสะเกษ และ อำนาจเจริญ โดยจะมีการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereo microscope) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชนิด ข้อมูลที่ได้จะทำให้ทราบความแตกต่างของสัณฐานวิทยา

เหล็กใน ต่อมสร้างพิษ และถุงเก็บพิษ ระหว่างชนิดของต่อ เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการจัดจำแนกชนิดของต่อในวงศ์ Vespidae ทั้งยังทราบกลไกเบื้องต้นในการทำงานของเหล็กในต่อเพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานต่อยอดในการเป็นข้อมูลประกอบการศึกษาทางด้านอื่นต่อไปในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์ในการศึกษา

1.2.1 ศึกษาลักษณะสัณฐานของเหล็กในต่อที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera

1.2.2 เปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของต่อมสร้างพิษและถุงเก็บพิษของต่อที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera

1.3 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบลักษณะสัณฐานของเหล็กในต่อที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera

1.3.2 สามารถเปรียบเทียบความแตกต่างของต่อมสร้างพิษและถุงเก็บพิษของต่อที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera

1.3.3 เพื่อให้เป็นแนวทางในการใช้ประกอบเป็นข้อมูลในการจัดจำแนกชนิดของต่อ โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของเหล็กใน

1.4 ขอบเขตการศึกษา

1.4.1 โครงสร้างเหล็กในของต่อ

ศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเหล็กใน ท่อพิษ ถุงเก็บพิษ และต่อมสร้างพิษ ของต่อในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera ชนิดละ 3 รัง รังละ 50 ตัว

1.4.2 พื้นที่การศึกษา

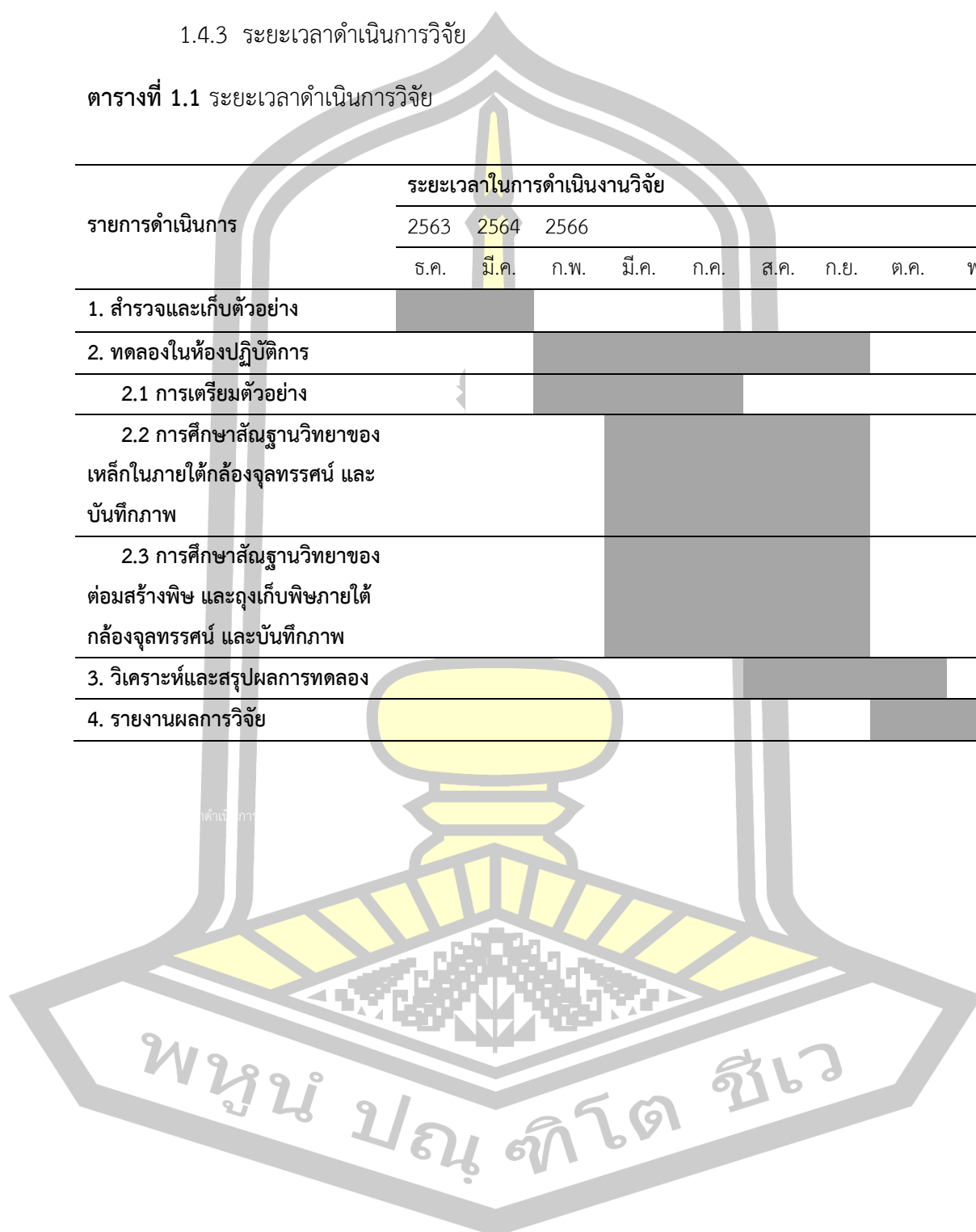
สำรวจ และเก็บรวบรวมตัวอย่างต่อที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera ที่พบจากพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

พูน ปณ จิต ชีเว

1.4.3 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

รายการดำเนินการ	ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย								
	2563	2564	2566						
	ธ.ค.	มี.ค.	ก.พ.	มี.ค.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.
1. สำรวจและเก็บตัวอย่าง									
2. ทดลองในห้องปฏิบัติการ									
2.1 การเตรียมตัวอย่าง									
2.2 การศึกษาสัณฐานวิทยาของ เหล็กในภายใต้กล้องจุลทรรศน์ และ บันทึกภาพ									
2.3 การศึกษาสัณฐานวิทยาของ ต่อมสร้างพิษ และถูกเก็บพิษภายใต้ กล้องจุลทรรศน์ และบันทึกภาพ									
3. วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง									
4. รายงานผลการวิจัย									



บทที่ 2

เอกสารที่เกี่ยวข้อง

2.1 อนุกรมวิธานของต่อ

แมลงในอันดับ Hymenoptera เป็นแมลงที่มีขนาดประชากรขนาดใหญ่เป็นอันดับสามของโลกรองจาก อันดับ Coleoptera และอันดับ Lepidoptera แมลงอันดับ Hymenoptera มีการระบุกลุ่มและชนิดแล้วมากกว่า 115,000 ชนิด แมลงในกลุ่มนี้มีการกระจายตัวเกือบทั่วทุกภูมิภาคทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตร้อนชื้นและกึ่งร้อนชื้น ยกเว้นบริเวณขั้วโลกเหนือและขั้วโลกใต้เท่านั้นที่ไม่พบแมลงในกลุ่มนี้ โดยทั่วไปแล้วแมลงในอันดับ Hymenoptera ถูกแบ่งออกเป็น 2 อันดับย่อย คือ Symphyta ได้แก่ Sawfly และ Horntails และ Apocrita ได้แก่ มด ผึ้ง ต่อ และแตนชนิดต่าง ๆ ซึ่งบางชนิดเป็นแมลงสังคม (social insect) แมลงในอันดับนี้ มีทั้งแมลงที่เป็น parasitoid หรือ non-parasitoid แมลงกินเนื้อ กินพืช หรือ สามารถกินได้ทั้งพืชและเนื้อ (ดวงทิพย์ และ คณะ, 2021) แต่ก็มีต่ออีกส่วนหนึ่งที่จัดเป็นแมลงที่อยู่โดดเดี่ยว (solitary insect) (Goulet and Huber, 1993; Gauld and Bolton, 1996) ต่อมีลำตัวขนาดใหญ่ ลำตัวอ้วน มีความยาวของลำตัวตั้งแต่ 1.5 ซม. ขึ้นไป ลำตัวไม่มีขน หนวดของเพศเมียแบ่งออกเป็น 10 ปล้อง และหนวดเพศผู้มี 11 ปล้อง ส่วนปลายของ posterolateral ของ pronotum ยาวไปถึง tegula โดยมีลักษณะเป็นรูปตัวยู (U) ส่วนของ metapostnotum รวมกับ propodeum ปีกหน้ามีเส้นปีกแบ่งเป็น 9 ช่อง ส่วนปีกหลังมีเพียง 2 ช่องและมีโครงสร้างของ jugal lobe โดยส่วนของ metasomal sterna ที่ 1 และ 2 ออกแยกกัน ในเพศเมียไม่พบการเชื่อมของ gonocoxa ที่ 2 และมีการเปลี่ยนแปลงของอวัยวะวางไข่ (ovipositor) ไปเป็นเหล็กไน (sting) เพื่อใช้ในการป้องกันตัวและการล่าเหยื่อ (Goulet and Huber, 1993)

ต่อ (wasps) ถูกจัดลำดับอนุกรมวิธานไว้ดังนี้

Kingdom: Animalia

Phylum: Arthropoda

Class: Insecta

Order: Hymenoptera

Family: Vespidae

2.2 แมลงภายในวงศ์ Vespidae

แมลงอันดับ Hymenoptera วงศ์ Vespidae มีมากกว่า 115,000 ชนิด กระจายอยู่เกือบทั่วโลกภูมิภาคทั่วโลกโดยเฉพาะเขตร้อนชื้น ยกเว้นบริเวณขั้วโลกเหนือและใต้เท่านั้นที่ไม่พบ แมลงในกลุ่มนี้มีความสำคัญคือเป็นparasitoids ที่ช่วยทำลายแมลงที่เป็นโทษทางการเกษตร อีกทั้งยังเป็นแหล่งผลิตอาหารให้กับมนุษย์ (ดวงทิพย์ กันฐา และคณะ, 2564) แมลงในวงศ์นี้สามารถแบ่งเป็นออกได้อีก 6 วงศ์ย่อย ได้แก่ วงศ์ย่อย Euparagiinae มี 10 ชนิด ใน 1 สกุล Masarinae มี 344 ชนิด ใน 14 สกุล Eumeninae มี 3,579 ชนิด ใน 210 สกุล Stenogastrinae มี 58 ชนิด ใน 7 สกุล Polistinae มี 958 ชนิด ใน 26 สกุล และ Vespinae มี 69 ชนิด ใน 4 สกุล (van der Vecht and Carpenter, 1990; Pickett and Carpenter, 2010) โดย แมลงในวงศ์ย่อย Eumeninae Euparagiinae และ Masarinae ไม่ใช่แมลงสังคม มักอยู่อย่างโดดเดี่ยว ส่วนแมลงในวงศ์ย่อย Polistinae Stenogastrinae และ Vespinae เป็นแมลงที่เริ่มเป็นแมลงสังคมอยู่ร่วมกันตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป มีการสื่อสาร และมีการทำงานร่วมกัน (Pham and Li, 2015)

ภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้เป็นสถานที่ที่เหมาะสมสำหรับตัวต่อวงศ์ Vespidae เนื่องจากมีสภาพอากาศที่เหมาะสมอีกทั้งยังมีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และแหล่งอาหารอุดมสมบูรณ์ จึงทำให้พบการกระจายตัวของต่อเป็นบริเวณกว้าง (Pham and Li, 2015) สามารถพบวงศ์ย่อยของ Vespidae ได้ 4 วงศ์ย่อย จาก 6 วงศ์ย่อย ได้แก่ Eumeninae Polistinae Stenogastrinae และ Vespinae โดยวงศ์ย่อย Eumeninae สามารถพบได้ทั่วโลก ซึ่งมีมากกว่า 3,500 ชนิด วงศ์ย่อย Stenogastrinae สามารถพบได้มากแถบ อินโด – มาลายัน มีการกระจายจากอินเดีย ศรีลังกา ไปจนถึงนิวกีนิ โดยพบ 5 สกุล ใน 7 สกุล ขณะที่อีก 2 สกุลที่เหลือพบได้เฉพาะในนิวกีนิและเกาะใกล้เคียงเท่านั้น วงศ์ย่อย Polistinae พบได้ทั่วไป โดยมีการค้นพบได้ 2 เผ่า (Tribe) จาก 4 เผ่า คือ Polistini และ Ropalidiini ส่วนวงศ์ย่อย Vespinae พบได้มากในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Pham and Li, 2015)

2.2.1 วงศ์ย่อย (subfamily) ของต่อในวงศ์ (family) Vespidae

ประกอบด้วย 6 วงศ์ย่อยดังนี้

1. วงศ์ย่อย Eumeninae ไม่เป็นแมลงสังคม สร้างรังเป็นรูปทรงกลมขนาดเล็กคล้ายหม้อ มีทางเข้าและออกทางเดียว กินสัตว์ชนิดอื่นเป็นอาหาร เช่น แตนหม้อ
2. วงศ์ย่อย Euparagiinae พบเฉพาะในเขตหนาว ไม่เป็นแมลงสังคม สร้างรังเป็นช่องเดี่ยวในดิน มีบทบาทเป็นตัวเบียนของแมลงกลุ่มอื่น เช่น แตนหลอด

3. วงศ์ย่อย Masarinae ไม่เป็นแมลงสังคม สร้างรังเป็นช่องอย่างง่าย ๆ ในดิน ทราวย ในก้อนหิน หรือในกิ่งไม้ โดย 1 รูอาจมีตัวหนอน อยู่ 1 – 2 ช่อง กินเกสรของดอกไม้เป็นอาหาร จึงมีบทบาทช่วยในการผสมเกสรของพรรณไม้ในระบบนิเวศป่าไม้ และระบบนิเวศเกษตร เช่น แตนนดอกไม้

4. วงศ์ย่อย Stenogastrinae วงศ์ย่อยนี้เริ่มมีวิวัฒนาการเป็นแมลงสังคม หรือสร้างรังอยู่รวมกัน แต่เป็นรังขนาดเล็ก มีประชากรในรังน้อย ลักษณะรังเป็นสายยาว ซึ่งส่วนใหญ่เราจะพบตามชายคาบ้าน มีลำตัวผอมและยาวมาก กินสัตว์ชนิดอื่นเป็นอาหาร

5. วงศ์ย่อย Polistinae เป็นแมลงสังคมที่แท้จริง รูปแบบการสร้างรังมีหลากหลาย ทั้งรูปแผ่นกลมคล้ายฝักบัว เป็นแผ่นแบนยาว กินอาหารได้หลากหลายทั้งเกสรดอกไม้ และสัตว์ชนิดอื่น ๆ เช่น แตนกระดาก

6. วงศ์ย่อย Vespinae ต่อขนาดใหญ่ เป็นแมลงสังคมที่แท้จริง สร้างรังเป็นก้อนกลม ๆ ภายใน แบ่งเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นมีลักษณะเป็นช่องรูป 6 เหลี่ยมเรียงอัดกันแน่น ภายนอกมีผนังหุ้มคล้ายฝาเพื่อป้องกันอันตรายจากภายนอก คนเราเลียนแบบจากการสร้างรังของต่อกลุ่มนี้ในการสร้างอาคารสูง (พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ, 2558)

2.2.2 ความหลากหลายชนิดของต่อวงศ์ Vespidae ในประเทศไทย

แมลงในวงศ์ Vespidae มีมากกว่า 5,000 ชนิด พบกระจายอยู่ทุกภูมิภาคทั่วโลก โดย Jongjitvimol and Urtgam (2018) ได้ศึกษาชนิดและแหล่งอาศัยของต่อ แตน (Hymenoptera : Vespidae) ในภาคเหนือของประเทศไทย พบแมลงในวงศ์ Vespidae จำนวน 17 ชนิด จัดอยู่ใน 4 วงศ์ย่อย คือ วงศ์ย่อย Eumeninae จำนวน 4 ชนิด วงศ์ย่อย Polistinae จำนวน 6 ชนิด วงศ์ย่อย Stenogastrinae จำนวน 1 ชนิด และ วงศ์ย่อย Vespinae จำนวน 6 ชนิด (ตารางที่ 2.1) ซึ่งการจัดจำแนกชนิดของต่อ แตน โดยปกติพิจารณาจากลักษณะการสร้างรัง และสัณฐานวิทยาภายนอกเป็นหลัก ซึ่งโครงสร้างที่ใช้เป็นลักษณะสำคัญในการจำแนกชนิดของต่อ แตน ได้แก่ ปีก หนวด ขา ปล้องอก และปล้องท้อง (Buck et al., 2008)

ตารางที่ 2.1 ชนิดของต่อที่พบในภาคเหนือของประเทศไทย (Jongjitvimol and Urtgam, 2018)

วงศ์ย่อย	ชื่อวิทยาศาสตร์	ชื่อสามัญ
Eumeninae	<i>Delta pyriforme</i> (Fabricius, 1781)	ต่อ
	<i>Delta esuriens</i> (Fabricius, 1787)	ต่อ
	<i>Phimenes flavopictus</i> (Blanchard, 1841)	แตน
	<i>Rhynchium quinquecinctum</i> (Fabricius, 1787)	ต่อ
Polistinae	<i>Polistes olivaceus</i> (DeGeer, 1773)	แตน
	<i>Polistes brunus</i> (Nguyen, Vu & Carpenter, 2017)	แตน
	<i>Parapolybia varia</i> (Fabricius, 1787)	แตน
	<i>Polybioides</i> sp.	แตน
	<i>Ropalidia</i> sp.1	แตน
	<i>Ropalidia</i> sp.2	แตน
Stenogastrinae	<i>Parischnogaster</i> sp.	แตน
Vespinae	<i>Rovespa anomala</i> (de Saussure, 1905)	แตน
	<i>Vespa affinis</i> (Linnaeus, 1764)	ต่อหัวเสือ
	<i>Vespa mandarinia</i> (Smith, 1852)	ต่อหลวง
	<i>Vespa soror</i> (du Buysson, 1905)	ต่อหัวเหลือง
	<i>Vespa tropica</i> (Linnaeus, 1758)	ต่อหลุม
	<i>Vespa velutina</i> (Lepeletier, 1836)	ต่อภาคพื้นตะวันออก

ชนิดของต่อที่พบในภาคเหนือของประเทศไทย

2.3 ลักษณะสังคมของต่อและโครงสร้างทางสังคมภายในรังต่อ

แมลงในวงศ์ Vespidae แสดงถึงความซับซ้อนทางสังคมที่หลากหลาย โดยพบตั้งแต่การอยู่อย่างโดดเดี่ยวไปจนถึงอยู่กันเป็นสังคมแท้ และด้วยเหตุนี้จึงเป็นแบบอย่างสำหรับการศึกษาด้านกำเนิดวิวัฒนาการและ พฤติกรรมทางสังคมในแมลง ส่วนประกอบสำคัญของค่านิยมของความเป็นแมลงสังคม คือการมีอยู่ของวรรณะราชินีเพียงตัวเดียวที่มีความสามารถในการสืบพันธุ์เพื่อเพิ่มจำนวนประชากรได้ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการดูแลความเรียบร้อยภายในรังโดยใช้กลิ่นฟีโรโมน (Donnell, 1998) ในการควบคุมให้วรรณะกรรมกรทำหน้าที่ผู้ดูแลให้อาหารตัวอ่อน เลี้ยงดูวรรณะราชินีรวมทั้งทำหน้าที่สร้างรัง ทำความสะอาดรัง และปกป้องรังจากอันตราย ส่วนต่อเพศผู้ทำหน้าที่ผสมพันธุ์เพียงอย่างเดียวเท่านั้นแล้วตายไปเหมือนแมลงในอันดับ Hymenoptera ชนิดอื่นๆ และ

วรรณะราชินีทำหน้าที่ในการวางไข่ และควบคุมความเรียบร้อยของรัง หากราชินีของรังตายหรือสูญหาย รังนั้นก็จจะร้างหรือสูญสิ้นไปในที่สุด (พิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ, 2558)

วรรณะภายในรังประกอบ 3 วรรณะ ดังนี้ ต่อราชินี (queen) ต่อเพศผู้ (drone) และ ต่องาน (worker) ต่อราชินี หน้าที่คือวางไข่ขยายเผ่าพันธุ์ ส่วนต่อเพศผู้ มีหน้าที่สืบพันธุ์เพียงอย่างเดียวแล้วก็ตายไปเหมือนแมลงในอันดับ Hymenoptera ชนิดอื่นๆ ต่องาน ซึ่งเป็นหมันทั้งหมด มีหน้าที่หาอาหารนำมาเลี้ยงตัวอ่อน ราชินี และปกป้องอันตรายที่จะเกิดกับรัง (Gadagkar et al., 1993)

1. ต่อราชินี (Queen) ต่อราชินีเมื่อถือกำเนิดขึ้นมาจะมีพฤติกรรมก้าวร้าวอย่างชัดเจน เนื่องจากต่อราชินีนี้ต้องควบคุมระบบการทำงานภายในรัง เพื่อควบคุมประชากร (Bhadra et al., 2007) โดยควบคุมต่องานผ่านฟีโรโมน (Sen and Gadagkar, 2010) โดยส่งสัญญาณการมีอยู่ เพื่อให้ต่องานได้รับรู้ถึงสัญญาณเหล่านี้ และต่อราชินียังมีการวางไข่เพื่อเพิ่มประชากรต่องานภายในรัง (Bhadra and Gadagkar, 2008)

2. ต่อเพศผู้ (Drone) ถือกำเนิดจากไข่ที่ไม่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อ หรือเกิดจากไข่ที่ไม่ได้รับการปฏิสนธิจากอสุจิ ต่อเพศผู้จะมีหนวดที่ยาวกว่าวรรณะอื่นๆ อีกทั้งยังมีประชากรน้อยกว่าเพศเมียภายในรัง ในขณะที่เพศผู้อาศัยอยู่ในรังไม่เหมาะสำหรับการหาอาหารหรือปกป้องอาณานิคม เพราะต่อเพศผู้มีขากรรไกรล่างที่อ่อนแอกว่า และไม่มีเหล็กใน ดังนั้นต่อเพศผู้ต้องอาศัยต่องานในการให้อาหารพวกมัน ต่อเพศผู้มีหน้าที่สืบพันธุ์เพียงอย่างเดียว แล้วก็ตายไปเหมือนแมลงในอันดับ Hymenoptera ชนิดอื่นๆ (Sen and Gadagkar, 2010)

3. ต่อกรรมกร หรือต่องาน (Worker) มีหน้าที่หาอาหารเพื่อนำมาเลี้ยง ราชินี ตัวอ่อน และเพศผู้ มีหน้าที่ช่วยสร้างรัง และดูแลตัวอ่อน (Sen and Gadagkar, 2010) นอกจากนี้ต่องานยังมีหน้าที่ปกป้องรังจากผู้รุกรานโดยใช้เหล็กในโจมตี (Gadagkar, 2016)

2.4 ลักษณะการสร้างรังของต่อ

รังของต่อส่วนใหญ่มีช่องเป็นรูปหกเหลี่ยม ซึ่งเป็นรูปทรงที่ใช้ประโยชน์จากพื้นที่ได้สูงสุด และมีความแข็งแรง โดยภายนอกรังต่อส่วนใหญ่มีลักษณะเป็นรูปทรงค่อนข้างกลม (ภาพที่ 2.1) ส่วนรังแต่นั้นจะมีหลากหลายรูปทรงมากกว่า ส่วนวัสดุที่ต่อนำมาใช้ในการสร้างรังมีทั้งดิน โคลน เศษไม้ ใบไม้ เยื่อไม้ ขึ้นอยู่กับชนิดของต่อ ซึ่งแมลงกลุ่มนี้มีส่วนปากที่มีลักษณะพิเศษแบบกัดกิน มีกรามใหญ่ ทำให้สร้างรังที่มีความซับซ้อนได้มากกว่าสัตว์อื่น การสร้างรังของต่อที่สร้างจากเศษไม้ โดยการเคี้ยวบดเนื้อไม้ของต่อเพื่อนำมาสร้างรัง (Matsuura, 1984)



ภาพที่ 2.1 ลักษณะภายนอกของรังต่อ 3 ชนิด โดยที่ (A) ลักษณะภายนอกของรังต่อ *Vespa affinis* (B) ลักษณะภายนอกของรังต่อ *Vespa tropica* (C) ลักษณะภายนอกของรังต่อ *Provespa barthelemyi* และ (D) ลักษณะหลอดรวงของรังต่อ

ภาพที่

รูปที่ 2.1

รังต่อ

พจนานุกรม ศัพท์ ชีว

2.5 วัฏจักรชีวิตของต่อ

วงจรชีวิตของต่อ แขนแบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังต่อไปนี้ (องค์การพิพิธภัณฑ์วิทยาศาสตร์แห่งชาติ, 2552)

1. ระยะไข่ (egg) หลังจากต่อราชินี (queen) เลือกสถานที่สร้างรังแล้ว จากนั้นสร้างหลอดรวงรูปหกเหลี่ยม (hexagonal cells) ขึ้นมาและวางไข่ในนั้น ไข่จะใช้เวลาประมาณ 5 – 8 วันฟักเป็นตัวอ่อน

2. ระยะตัวอ่อน (larvae) หลังจากออกจากไข่ ต่อราชินีจะทำหน้าที่เลี้ยงดูตัวอ่อนรุ่นแรกคนเดียวเท่านั้น หลังจากมีวรรณะกรรมกรแล้ว ต่องานจะทำหน้าที่ดูแลตัวอ่อนแทนต่อราชินี ตัวอ่อนจะใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ ตัวอ่อนจะสร้างสารปิดหลอดรวง เพื่อเปลี่ยนรูปร่างของดักแด้

3. ระยะดักแด้ (pupae) หลังจากตัวอ่อนสร้างสารปิดหลอดรวงแล้วจะมีการเจริญเติบโตและเปลี่ยนแปลงรูปร่างอยู่ภายในหลอดรวง เรียกว่า ดักแด้ และจะใช้เวลาประมาณ 2 สัปดาห์ จึงจะกลายเป็นต่อตัวเต็มวัย

4. ระยะตัวเต็มวัย (adults) แตนที่เพิ่งเกิดใหม่จะเป็นเพศเมีย เรียกว่า วรรณะกรรมกร (workers) มีหน้าที่สร้างรัง หาอาหารและดูแลตัวอ่อน หลังจากนั้นต่อราชินี จะเริ่มวางไข่อีกชุด ซึ่งชุดนี้จะเจริญไปเป็นนางพญาต่อไป หลังจาก 3-4 สัปดาห์ ต่องานที่เคยสร้างรังร่วมกับราชินีจะเริ่มตายลงจะถูกแทนที่ด้วยต่องานชุดใหม่ (Gill et al., 2020)

2.6 ลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกของต่อ

ต่อมีร่างกายแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และส่วนท้อง (abdomen) ดังนี้

2.6.1 ส่วนหัว (head) ประกอบด้วยอวัยวะดังนี้

1. ตา (eye) ตามี 2 แบบ คือ ตาประกอบ (compound eyes) และตาเดี่ยว (simple eyes หรือ ocelli) โดยตาประกอบ (compound eye) มี 1 คู่ อยู่ด้านมุมบนของหัว พื้นที่ของตาประกอบประกอบด้วยหน่วยของตาที่เรียกว่า ommatidium มารวมติดกันแน่นเป็นตาประกอบที่มีขนาดใหญ่ ทำหน้าที่ช่วยรับภาพ โดยเฉพาะภาพเคลื่อนไหว ทำให้ล่าเหยื่อ หรือหลบหลีกศัตรูได้ ส่วนตาเดี่ยว มี 3 ตา ตั้งอยู่ตรงกลางด้านบนของส่วนหัว ทำหน้าที่ตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของความเข้มแสงเป็นตัวกระตุ้นกล้ามเนื้อให้เตรียมพร้อมสำหรับการบิน

2. หนวด (antennae) เป็นของต่อหนวดแบบข้อคอก (geniculate) ฐานหนวดมีลักษณะยาวกว่าปล้องอื่นๆ ซึ่งงอเป็นรูปข้อคอก ประกอบด้วย 3 ส่วนคือ ฐานหนวด (scape)

เป็นปล้องแรกหรือ ปล้องฐานของหนวดที่ติดอยู่กับหัวบริเวณใต้ตา รวม ปล้องนี้มักจะยาวกว่าปล้องอื่น ข้อต่อหนวด (pedicle) เป็น ปล้องที่ 2 ถัดจากปล้องแรกออกมา และเส้นหนวด (flagellum) เป็น ปล้องส่วนที่เหลือไปจนถึงปลายหนวด ช่วยในการดมกลิ่นต่างๆ รวมถึง “สารฟีโรโมน” ที่ใช้ในการติดต่อสื่อสารระหว่างพวกเดียวกัน ซึ่งต่อเพศผู้มีหนวดยาวกว่าหนวดของเพศเมีย

3. ปาก (mouth) ปากของต่อเป็นปากแบบกัดกิน (chewing type) ปากแบบนี้จะมีปากบน (labrum) ปิดส่วนอื่น ๆ ของปาก ได้แผ่นปากบนลงไปจะพบกรามหรือเขี้ยว (mandibles) เป็นอวัยวะ แข็ง สำหรับขบเคี้ยวอาหาร 1 คู่ ได้กรามพบมีเส้นคล้ายหนวดยื่นออกมาจากปากข้างละ 2 เส้น คู่แรกคือ maxillary palps ซึ่งติดอยู่กับ ฟัน (maxillae) คู่ที่สอง คือ labial palps ซึ่งติดอยู่กับปากล่าง หรือ labium ส่วนที่เหนือริมปากขึ้นไป มีแผ่นสีเหลี่ยมเล็ก เรียกว่า clypeus (พิพิธภัณฑวัดวิทยาศาสตร์แห่งชาติ, 2558)

2.6.2 ส่วนอก (thorax) ของต่ออยู่ระหว่างส่วนหัวกับส่วนท้อง แบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ออกปล้องแรก (prothorax) มีขาคู่แรก (fore leg) อยู่ทางด้านข้างของปล้องอก และที่ด้านบนมีแผ่นแข็งเรียกว่า pronotum ออกปล้องกลาง (mesothorax) ประกอบไปด้วยขาคู่กลาง (mid leg) และปีกคู่แรก หรือปีกคู่หน้าของต่อ และออกปล้องหลัง (metathorax) ประกอบไปด้วยขาคู่หลัง (hind leg) และปีกคู่หลัง นอกจากนี้ ด้านข้างอกของแมลง อวัยวะที่สำคัญของส่วนอก ได้แก่

1. ขา (legs) อวัยวะส่วนขาของแมลงประกอบด้วยปล้องต่าง ๆ ได้แก่ คอกขา (coxa), ทรอกแคนเตอร์ (trochanter), ฟีมอร์ (femur), ทิเบีย (tibia), ทาร์ซัส (tarsus) และ พรียทาร์ซัส (pretarsus) รูปแบบขาของต่อ ต่อมีลักษณะเป็นขาเดิน (walking leg) ปล้องขามีลักษณะปกติ ขนาดสม่ำเสมอ

2. ปีก (wing) โดยทั่วๆ ไปปีกของแมลงมีลักษณะเป็นแผ่นแบน ค่อนข้างบอบบาง และมีรูปร่างคล้ายรูปสามเหลี่ยม ซึ่งขอบปีกด้านหน้า (anterior) เรียกว่า costal margin ขอบปีกด้านหลัง (posterior) เรียกว่า anal margin และขอบปีกด้านนอก เรียกว่า apical margin ส่วนมุมปีกที่ติดกับลำตัวกับปีกจะเรียกว่า humeral angle ปีกมี 2 คู่ คือ ปีกคู่หน้า และปีกคู่หลัง ลักษณะรูปร่างของปีก และเส้นปีก เส้นปีกแบ่งออกเป็น 2 แบบใหญ่ๆ คือ longitudinal vein เป็นเส้นที่อยู่ตามความยาวของปีกจากฐานปีกไปยังส่วนปลายปีก เขียนอักษรชื่อย่อใช้อักษรตัวใหญ่ และ cross vein เป็นเส้นขวางปีก ต่อมีลักษณะปีกแบบบาง (membrane) คือ ปีกบาง โปร่งใส เช่นเดียวกับกับ ผีเสื้อ ต่อ แตน

2.6.3 ส่วนท้อง (abdomen) เป็นส่วนสุดท้ายของลำตัวแมลง อวัยวะที่พบบนส่วนท้องแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการผสมพันธุ์ พบในแมลงที่เป็นตัวเต็มวัย อวัยวะสืบพันธุ์เพศผู้ (male genitalia) ปกติโดยทั่วไปพบในปล้องที่ 9 และ 10 ประกอบด้วย claspers เป็นอวัยวะคู่อยู่ที่ปลายส่วนท้องทำหน้าที่เกาะยึดตัวเมียในระหว่างผสมพันธุ์ และ aedeagus เป็นอวัยวะที่อยู่ระหว่าง claspers ซึ่งประกอบด้วย penis เป็นท่อส่งน้ำอสุจิ โดยทั่วไปอวัยวะดังกล่าวมักจะเห็นได้ไม่ชัดเจนนอกจากจะต้องผ่าดู ส่วนอวัยวะสืบพันธุ์เพศเมีย (female genitalia) โดยทั่วไปมักพบอวัยวะส่วนที่เห็นภายนอก คือ อวัยวะวางไข่ (ovipositor) ซึ่งประกอบด้วยแผ่นแข็ง 3 คู่ประกบกัน คือ first valvulae, ติดอยู่ด้านล่างของท้องปล้องที่ 8 มีปล้องฐานเรียกว่า first valvifers ส่วน second valvifers ติดอยู่ที่ท้องปล้องที่ 9 เป็นปล้องฐานของ second valvulae และ third valvulae โดยแมลงพวกผึ้ง ต่อ แตน มด อวัยวะวางไข่จะเปลี่ยนไปเป็นเหล็กใน (sting) สำหรับใช้ต่อย

2. อวัยวะที่ไม่เกี่ยวข้องกับการผสมพันธุ์ (non-reproductive appendages) พบบนส่วนท้องของแมลงทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัย มีหน้าที่แตกต่างกันไป เช่น รูหายใจ ทำหน้าที่รับก๊าซออกซิเจนเข้าสู่ลำตัว (Snodgrass, 1933)

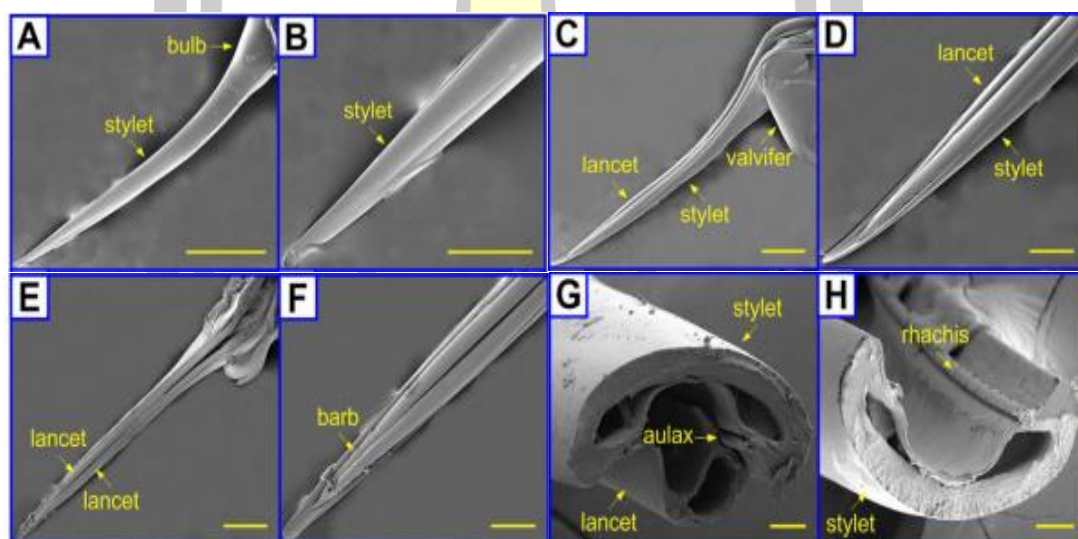
2.7 เหล็กใน

ต่อมเหล็กใน (sting) ที่ใช้ในการฆ่าเหยื่อ และป้องกันรัง เหล็กในของต่อจะทำให้มนุษย์เจ็บปวดมากกว่าเหล็กในทั่วไป เพราะพิษของต่อมีสารอะซิติลโคลีน (acetylcholine) อยู่เป็นจำนวนมาก (5%) ต่อแต่ละตัวสามารถต่อยซ้ำ ๆ ได้ โดยที่ต่อจะไม่ตายหลังจากที่ต่อยเหยื่อแล้ว ต่อมีเหล็กในของต่อมีเงี่ยงที่ละเอียดมาก และสามารถถอนออกได้ง่ายกว่าผึ้ง เนื่องจากเมื่อผึ้งโจมตีศัตรูจะปล่อยเหล็กในฝังไว้ในเนื้อเยื่อของศัตรูและต่อยได้เพียงครั้งเดียว (สีมา ชัยสวัสดิ์ และชนก ลิ้มปิทยั, 2531) เหล็กในจะแตกต่างกันไปตามชนิดของต่อ บางชนิดเป็นเพียงแมลงต่อยทั่วไป ในขณะที่บางชนิดเป็นแมลงที่มีพิษร้ายแรงที่สุด ต่อตัวเดียวต่อยอาจเป็นอันตรายถึงชีวิตได้ในกรณีที่ผู้ต่อยมีอาการแพ้รุนแรง ส่วนกรณีที่ถูกต่อหลายตัวต่อยก็อาจถึงชีวิตได้เช่นกัน เนื่องจากได้รับพิษในปริมาณที่สูง (Barss, 1989)

2.7.1 ลักษณะของเหล็กใน

Shing and Erickson (1982) ได้ศึกษาสัณฐานวิทยาเหล็กในของผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera*) โดยศึกษาเปรียบเทียบลักษณะเหล็กในระหว่างผึ้งงาน (worker) และผึ้งราชินี (queen) ทำการศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (scanning electron microscope: SEM) จากการศึกษาพบว่า เหล็กในของผึ้งราชินีมีขนาดใหญ่กว่าเหล็กในของผึ้งงาน โดยเหล็กในของ

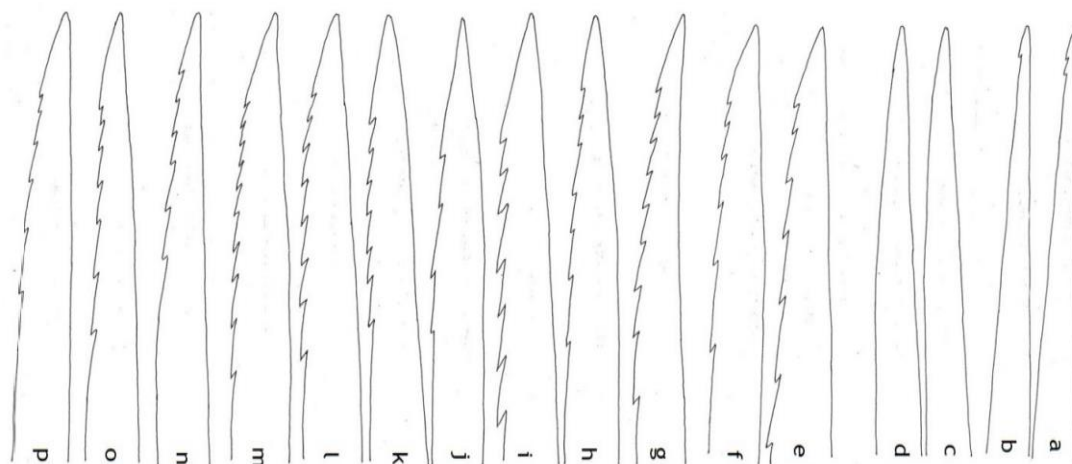
ผึ้งนางพญามีขนาดประมาณ 3 มิลลิเมตร ในขณะที่เหล็กในของผึ้งงานมีขนาดประมาณ 2.3 มิลลิเมตร ซึ่งมีขนาดเล็กกว่า สั้นกว่า และกว้างกว่าเหล็กในของผึ้งราชินี (queen) ลักษณะของเหล็กในของต่อ มีแกนกลางที่เรียกว่า stylet มีความโค้งมากกว่าเหล็กในของผึ้ง มี barb ที่มีเงี่ยงที่ละเอียดมาก หรือไม่มีเงี่ยง ซึ่งแตกต่างจากเหล็กในของผึ้งซึ่งส่วนที่เรียกว่า stylet มี barb ที่เป็นเงี่ยงอย่างชัดเจน (ภาพที่ 2.2) (Zhao et al., 2015) ด้วยเหตุนี้เมื่อผึ้งโจมตีศัตรูจะปล่อยเหล็กในฝังไว้ในเนื้อเยื่อของศัตรู และต่อได้เพียงครั้งเดียว แต่ในทางกลับกันต่อสามารถต่อได้หลายครั้งในเวลาเดียวกัน โดยที่เหล็กในไม่ติดกับเนื้อเยื่อ (สิมา ชัยสวัสดิ์ และชนก ลิมปิพิชัย, 2531) หน้าที่สัมพันธ์กับองค์ประกอบของเหล็กใน ได้แก่ ต่อมพิษ (venom gland) มีหน้าที่ผลิตสารโปรตีนออกมาจากตัวของผึ้ง ต่อ และแตน จะถูกส่งไปกักเก็บไว้ในถุงพิษ (venom sac) จะอยู่บริเวณโคนของเหล็กใน และจะถูกปล่อยออกมาผ่านเหล็กใน (Zhao et al., 2015)



ภาพที่ 2.2 โครงสร้างสัณฐานวิทยาของเหล็กในของตัวต่อด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (A,B) ด้านบน, (C,D) ด้านข้าง, (E,F) มุมมองด้านล่างและ (G,H) ส่วนตัดขวางของเหล็กใน มาตรฐาน=500 μm (A,C,E) 200 ไมครอน (B,D,F); 20 ไมครอน (G,H) ที่มา: (Zhao et al., 2015)

Bissessarsingh and Starr (2021) ได้ทำการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบของเหล็กในของตัวต่อ พบว่าตัวต่อในวงศ์ Vespidae จะใช้เหล็กในสำหรับการตอยเพื่อหาอาหาร และสร้างความเจ็บปวดให้กับศัตรูเพื่อปกป้องรัง จากการเปรียบเทียบเหล็กในวงศ์ Vespidae พบว่า เหล็กในมีโครงสร้างที่ความคล้ายคลึงกัน (ภาพที่ 2.3) จากการวิเคราะห์ได้แสดงถึงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นอกจากนี้

เหล็กในมีความแข็งแรงพร้อมทั้งจำนวนของเงี่ยงบนเหล็กในที่แตกต่างกันไปแล้วแต่ละชนิด ทำให้สามารถใช้เหล็กในเจาะผิวหนังในระหว่างการต่อยได้หลายครั้ง



ภาพที่ 2.3 แสดงโครงสร้างพื้นฐานวิทยาเปรียบเทียบเงี่ยงของเหล็กในของตัวต่อ (a) *Pachodynerus* sp. B, (b) *Zethus* sp. A, (c) *Eustenogaster calyptodoma*, (d) *Parischnogaster striatula*, (e) *Polistes lanio*, (f) *Polistes versicolor*, (g) *Agelaia centralis*, (h) *Angiopolybia pallens*, (i) *Epipona tatua* (j) *Parachartergus fraternus* (k) *Polybia occidentalis* (l) *Polybia rejecta*, (m) *Synoeca surinama*, (n) *Dolichovespula maculate*, (o) *Vespa bicolor* และ (p) *Vespa ducalis* ที่มา: (Bissessarsingh and Starr, 2021)

แสดงโครงสร้างพื้นฐานวิทยาเปรียบเทียบเงี่ยงของเหล็กในของตัวต่อ

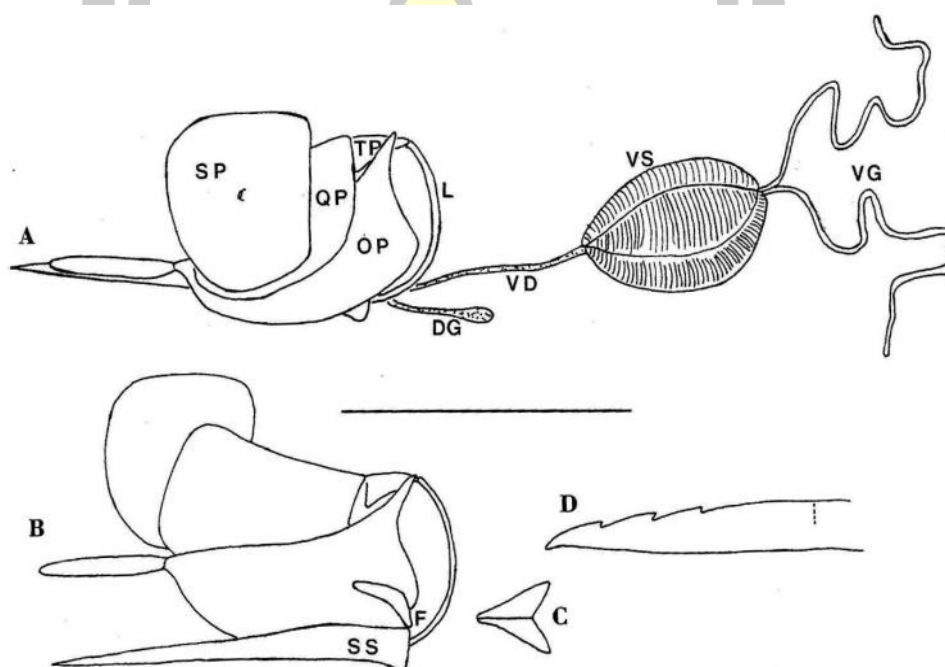
2.7.2 หน้าที่และการทำงานของเหล็กใน

โครงสร้างของเหล็กในประกอบด้วยแผ่นแข็งมีรอยหยักเล็กๆ จำนวน 2 แผ่น ห่อหุ้มรอบท่อน้ำพิษ เมื่อต่อยเหยื่อ เหล็กในจะค่อย ๆ ทิ่มแทงเข้าไปในเนื้อของเหยื่อ แล้วฉีดสารพิษออกมาทางท่อน้ำพิษคล้ายคลึงกับเข็มฉีดยา สารพิษดังกล่าวเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทเดียวกับที่พบในพิษของแมงมุมและแมงป่อง สามารถซึมเข้าสู่กระแสเลือดของเหยื่อ ความรุนแรงสารพิษเท่ากับพิษของผึ้งถึง 550 ตัว (องค์การพิพิธภัณฑสถานแห่งชาติ, 2552)

2.7.3 ต่อมสร้างพิษและถุงเก็บพิษ

แมลงในกลุ่ม Hymenoptera มีลักษณะพิเศษที่พบได้ในกลุ่มของ มด ผึ้ง ต่อ และแตน ก็คือต่อมพิษ และเหล็กในที่มีการพัฒนามาเพื่อทำหน้าที่ที่มีความเฉพาะ ซึ่งมีประกอบด้วย

เหล็กใน ต่อมพิษ และกล้ามเนื้อข้างเคียงที่ีการทำงานร่วมกัน (ภาพที่ 2.4) เพื่อให้เหล็กในทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้เพื่อหากิน และปกป้องรัง (Bissessarsingh and Starr, 2021) โดยต่อมพิษเป็นส่วนหนึ่งของอาวุธป้องกันที่สำคัญที่สุดของต่อ ต่อมเหล่านี้อาจแตกต่างกันไปตามชนิดของต่อ(ภาพที่ 2.4) แต่โดยทั่วไปประกอบด้วยท่อหลังยาวที่เชื่อมต่อกับถุงเก็บพิษ การศึกษาการวิเคราะห์สัณฐานวิทยาของต่อมพิษ และความสัมพันธ์ทางเคมีของต่อมที่ซับซ้อนในตัวต่อ ต่อมพิษประกอบด้วยส่วนท่สองส่วนเข้าไปในแหล่งกักเก็บพิษที่ซับซ้อนแยกกัน นอกจากความแตกต่างทางลักษณะสัณฐานวิทยาภายในเซลล์แล้ว การวิเคราะห์ทางฮิสโตเคมีของพิษ และต่อมพิษยังแสดงให้เห็นอย่างชัดเจนว่าความแตกต่างกัน แม้ว่าต่อมพิษจะบ่งบอกถึงการแสดงปฏิกิริยาเชิงบวกสำหรับโปรตีน (Stetsun et al., 2019)



ภาพที่ 2.4 โครงสร้างเหล็กใน และการทำงานร่วมกันของต่อมพิษ ของตัวต่อวงศ์ Vespidae (A) เหล็กในโดยที่ต่อมพิษมีการนำเอาเนื้อเยื่ออ่อนออก ยกเว้นกล้ามเนื้อรอบๆ ถุงพิษ (B) ตำแหน่งของเหล็กใน (C) มุมมองด้านบนของ Furcula (D) ปลายเหล็กใน โดยมีมาตราส่วนสำหรับ (A)–(C) = 1 มม. ส่วน (D) มีมาตราส่วนประมาณ 0.1 มม. (DG = Dufour's gland., F = Furcula, OP = oblong plate, QP = quadrangular plate., SP = spiracular plate, SS = sting shaft., TP = triangular plate., VD = venom duct., VG = venom gland. VS = venom sac) ที่มา : (Bissessarsingh and Starr, 2021)

Martin et al. (2005) ได้ศึกษาสัณฐานวิทยาของต่อม Dufour ในผึ้งโพรง (*A. cerana*) และ ผึ้งพันธุ์ (*A. mellifera*) ทั้งในผึ้งงานและผึ้งราชินี จากการศึกษพบว่า ต่อม Dufour อยู่ระหว่าง เหล็กในส่วน lancets มีช่องระหว่าง lancets ที่มีความแคบมากหรือไม่ชัดเจน และอยู่ในตำแหน่ง เดียวกันของผึ้งทั้ง 2 ชนิด (ทั้งผึ้งงานและผึ้งราชินี) ทางออกของต่อมนี้อยู่ใกล้กับเยื่อหุ้ม setosa บริเวณหนังกำพร้า ซึ่งทำหน้าที่สำหรับการปล่อยฟีโรโมน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าต่อม Dufour จะหลั่งสารที่ใช้ในการป้องกันโดยผึ้งงานหรือผึ้งราชินี

2.8 พิษของต่อ

2.8.1 องค์ประกอบของพิษต่อ

น้ำพิษของแมลงในอันดับ Hymenoptera (Hymenoptera venom) มี ส่วนประกอบต่างกันตามชนิดของแมลง โดยส่วนใหญ่ประกอบ ด้วยโปรตีน จำพวก peptide ที่มี คุณสมบัติเป็นเอนไซม์สารเหล่านี้สามารถกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาแพ้ได้ และในปริมาณที่มากก็เป็นพิษ ต่อเซลล์โดยตรงได้ โดยไม่เกี่ยวกับปฏิกิริยาภูมิแพ้ สารที่สำคัญคือ phospholipase ซึ่งทำให้เกิด ความเป็นพิษต่อเซลล์แบบ cytotoxic และ neurotoxic และ hyaluronidase ซึ่งเป็นสาร biogenic amine ที่นอกจากจะทำหน้าที่ร่วมกับ phospholipase แล้วยังทำหน้าที่เป็น spreading factor อีกด้วย (Przybilla and Rueff, 2010).

2.8.2 อาการแพ้ที่เกิดขึ้น

ปฏิกิริยาเฉียบพลัน (immediate reaction) จะเกิดภายใน 2-4 ชั่วโมงหลังจากถูก แมลงต่อย แบ่งเป็น 3 แบบ ได้แก่

1. ปฏิกิริยาเฉพาะที่ธรรมดา (normal local reaction) ได้แก่อาการปวด บวม แดง ร้อนในบริเวณที่ถูกแมลงต่อย
2. ปฏิกิริยาเฉพาะที่แบบกินบริเวณกว้าง (large local reaction) ซึ่งจะมีขนาดใหญ่เส้นผ่าศูนย์กลางมากกว่า 10 ซม. และมีอาการบวมนานมากกว่า 24 ชั่วโมง
3. ปฏิกิริยาแพ้ทั่วร่างกาย (systemic reaction) อาจมีเพียงแค่อาการทางผิวหนัง ทั่วร่างกายแบบผื่นคัน ลมพิษ angioedema ซึ่งเกิดขึ้นที่บริเวณอื่นของร่างกายหรือมีอาการของ ระบบอื่นๆ ร่วมด้วย เช่น แน่นหน้าอก หอบหืด กล้องเสียงบวม ความดันโลหิตต่ำ ช็อกหมดสติ หน้ามืดเวียนศีรษะคลื่นไส้อาเจียน และอาจรุนแรงถึงเสียชีวิตได้โดยมักเกิดภายใน 1 ชั่วโมงหลังจาก ถูกแมลงต่อย (Bilo and Rueff, 2005).

2.8.3 วิธีป้องกันและรักษา

สามารถการป้องกัน (preventive treatment) ได้โดยการหลีกเลี่ยงไม่ให้ถูกแมลงกัดหรือต่อย หากถูกต่อย สามารถทำการรักษาอาการเฉพาะที่ได้โดย ในกรณีที่มีการทิ่มเหล็กในควรรนำออกโดยวิธีการนำเหล็กออกคือ ใช้วัตถุแข็งมีขอบ เช่น บัตรต่างๆ สันมีด หรือ เล็บ ขูดออกโดยขูดสวนทางกับแนวเหล็กใน เพื่อให้หลุดออกครีบ ไม่ควรใช้ การบีบ คีบ ดึง เพราะอาจจะทำให้เกิดการบีบถุงพิษ จนทำให้พิษนั้นเข้าสู่ร่างกายในปริมาณมากขึ้น การทำความสะอาดแผลบริเวณที่ถูกแมลงต่อยด้วยน้ำสบู่ให้สะอาด เพื่อลดการปนเปื้อนเชื้อโรคจากผิวหนัง จากนั้นประคบน้ำแข็งเพื่อลดอาการบวมเฉพาะที่ โดยประคบบริเวณที่ถูกต่อยด้วยน้ำแข็งประมาณ 10-15 นาที เนื่องจากความเย็นจะทำให้เส้นเลือดหดตัว ยับยั้งการไหลเวียนของเลือด สารที่ก่อให้เกิดการอักเสบ และ สารก่อภูมิแพ้ ทำให้การอักเสบเฉพาะที่นั้นเบาลง และ ชะลอเวลาการกระจายของพิษ ลดอาการเจ็บ ปวด คัน หากมีอาการแพ้ ยาที่มีฤทธิ์ยับยั้งระบบภูมิแพ้ ยาแก้แพ้ (anti H1 antihistamine) ชนิดรับประทานเพื่อลดอาการคัน และปวดแสบ ปวดร้อน (Golden et al., 2011). จากนั้นเฝ้าสังเกตอาการหากมีอาการผิดปกติ หรือ อาการแพ้รุนแรงแสดงอาการภายใน 15-30 นาทีหากพบอาการแพ้รุนแรง เช่น มีผื่นคันขึ้นทั่วตัว หน้าแดง หรือซีด บวมบริเวณหน้า ตา ริมฝีปาก ลิ้น หอบ หายใจติดขัด เวียนหัว คลื่นไส้ ชีพจรผิดปกติ หากมีอาการดังกล่าวควรรีบส่งตัวพบแพทย์ทันที (รวิรัตน์ สีชมรังสี, 2014)

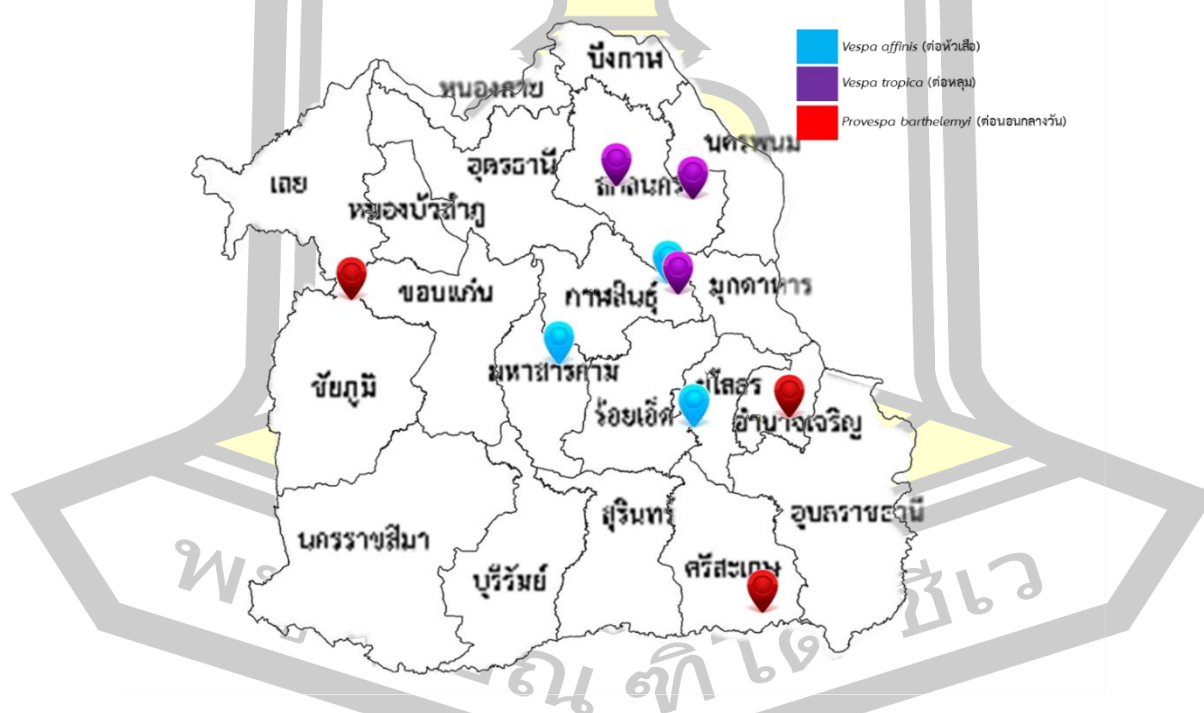


บทที่ 3

วิธีการดำเนินการ

3.1 การเก็บตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างต่อตัวเต็มวัยในอันดับ Hymenoptera วงศ์ Vespidae แบบสุ่มในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย (ภาพที่ 3.1) โดยการใช้เหยื่อล่อ สวิง กับดักแมลง หรือ กาวดักแมลง เก็บตัวอย่างต่อในวงศ์ Vespidae 3 ชนิด ชนิดละ 3 รัง รังละ 50 ตัว โดยอ้างอิงวิธีของ Ribeiro et al., (2019) เก็บตัวอย่างแมลงใส่ในขวดพลาสติกเนื้อหนา เจาะรูเพื่อระบายอากาศ และป้องกันไม่ให้ตัวอย่างหลุด พร้อมบันทึกลักษณะรังของต่อ ความสูงของรังจากพื้นดิน บริเวณที่พบรังของต่อ และบันทึกพิกัดทางภูมิศาสตร์ ทำให้ตัวอย่างสละและหมดความรู้สึกโดยใช้อุณหภูมิต่ำเป็นเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อต่อสละและหมดความรู้สึกแล้วจึงทำให้ เก็บรักษาสภาพแมลงไว้ในเอทิลแอลกอฮอล์ที่มีความเข้มข้น 80% ในขวดเก็บตัวอย่าง และเก็บรักษาตัวอย่างไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียสเพื่อรักษาสภาพ



ภาพที่ 3.1 พื้นที่ในการเก็บตัวอย่างในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้แก่ กาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม ยโสธร สกลนคร ศรีสะเกษ และ อำนาจเจริญ

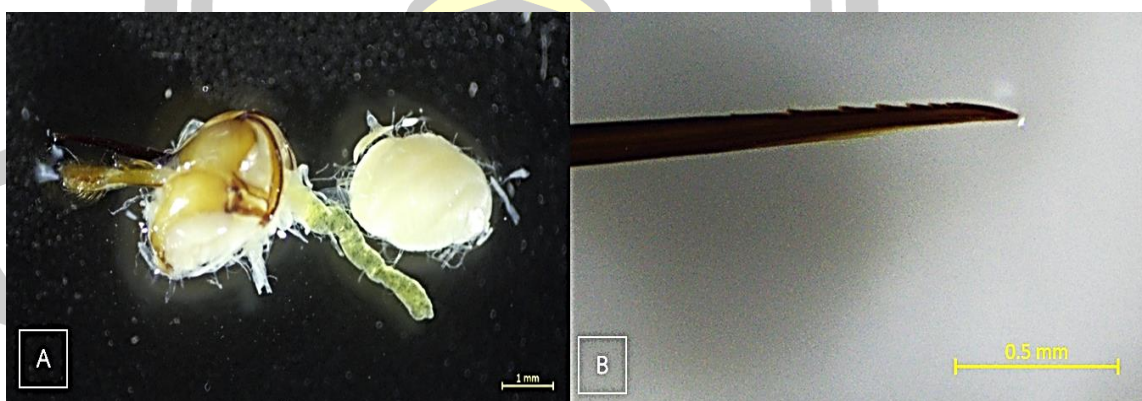
3.2 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกเพื่อระบุชนิด

จำแนกเพื่อระบุชนิดของต่อ โดยการเปรียบเทียบลักษณะทางสัณฐานวิทยาของตัวอย่างตาม การศึกษาสัณฐานวิทยาเบื้องต้นเพื่อระบุชนิดของ Carpenter & Nguyen (2003) และ Dorji et al. (2017)

3.3 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของเหล็กใน

3.3.1 การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

นำตัวอย่างต่อที่ได้มาผ่าตัดภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (stereo microscope) เพื่อนำเหล็กใน (sting) ออกมาศึกษา ซึ่งเหล็กในของต่อจะถูกดันออกมาจากส่วนท้อง จากนั้นใช้ปากคีบ (forceps) ดึงเหล็กในโดยให้มีส่วนถุงพิษ (venom sac) ติดออกมากับเหล็กในด้วยความระมัดระวัง หรือผ่ากรีดตัดเปิดช่วงท้องอย่างระมัดระวังไม่ให้ตัดโดนถุงพิษ จากนั้นค่อยๆ นำเหล็กในพร้อมถุงพิษ ออกมา (ภาพที่ 3.2) แล้วนำไปแช่ด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 10% เพื่อล้างสิ่งสกปรกออก เป็นเวลา 8 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง (Matushkina, 2011; Stetsun et al., 2019) จากนั้นล้างด้วยน้ำ กลั่นแล้วเก็บรักษาตัวอย่างเหล็กในไว้ด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ความเข้มข้น 80% โดยแยกเหล็กในแต่ละ อันไว้ในหลอดเก็บตัวอย่างขนาด 1.5 มิลลิลิตร (Eppendorf tubes) พร้อมทั้งระบุรายละเอียด แล้ว นำตัวอย่างเหล็กในไปเก็บไว้ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส จากนั้นถ่ายภาพตัวอย่างเหล็กในภายใต้ กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ เพื่อวัดขนาดความกว้างและความยาวของเหล็กใน พร้อมทั้งนับจำนวนเงี่ยง (barbs) ของเหล็กใน และบันทึกข้อมูลอย่างละเอียด

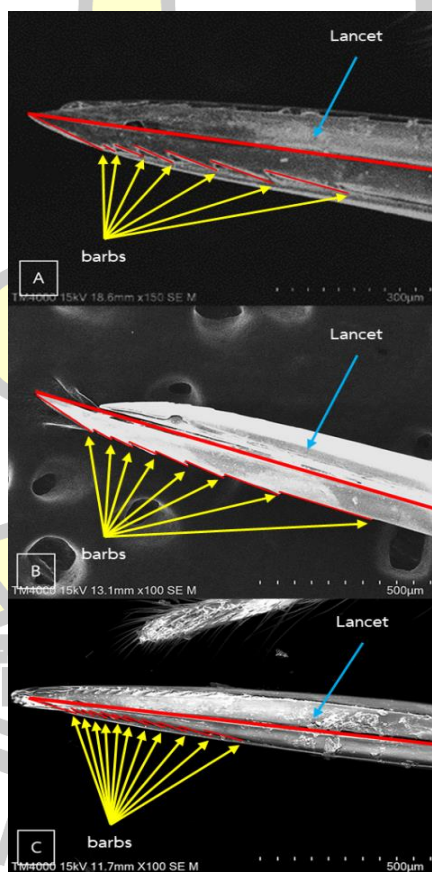


ภาพที่ 3.2 (A) ภาพเหล็กในพร้อมถุงพิษของ *Vespa affinis* (B) ภาพเงี่ยงบนเหล็กในของ *Vespa affinis*

นำตัวอย่างเหล็กในของต่อไปถ่ายภาพในส่วนที่ต้องการวัดรายละเอียดภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ หลังจากบันทึกภาพแล้วทำการแยกส่วน lancet และส่วน stylet ออกจากกัน และวัดความยาวในส่วนของ lancet และ stylet พร้อมทั้งบันทึกภาพและกำลังขยาย ทั้ง 2 ด้าน ventral และด้าน lateral จากนั้นนำภาพตัวอย่างที่ได้มาวัดความยาว ความกว้างของเหล็กใน และถุงเก็บพิษ โดยวัดความยาวของตัวอย่างแต่ละส่วน ส่วนละ 3 ซ้ำ และนับจำนวนเงี่ยงบน lancet

3.3.2 การศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด

ถ่ายภาพโครงสร้างของเหล็กในต่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) จากนั้นวัดมุมของเงี่ยงและระยะห่างระหว่างเงี่ยงแต่ละอันกับส่วนปลายของ lancet เงี่ยงตามแนวแกนของเหล็กใน เส้นทึบในคือแกนของเหล็กใน (ภาพที่ 3.3) ตามวิธีของ Wu et al., (2014) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป ImageJ



ภาพที่ 3.3 จำนวนและรูปแบบการเรียงตัวของเงี่ยงบน lancet ของต่อ โดยทำตามวิธีการของ Wu et al., (2014) (A) เงี่ยงบนบน lancet ของต่อ *Vespa affinis* (B)เงี่ยงบนบน lancet ของต่อ *Vespa tropica* (C) เงี่ยงบนบน lancet ของต่อ *Provespa barthelemyi*

3.4 การศึกษาโครงสร้างของต่อมสร้างพิษและถุงเก็บพิษ

วิธีการเตรียมตัวอย่างเพื่อนำมาศึกษาโครงสร้างของต่อมพิษและถุงเก็บพิษ คือทำให้ตัวอย่างต่อสั่นความรู้สึกโดยการแช่แข็ง จากนั้นผ่าตัดส่วนหลังของช่องท้องภายใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอเพื่อนำต่อมพิษและถุงเก็บพิษออกมาศึกษาลักษณะโครงสร้างต่างๆ (ภาพที่ 2.4) บันทึกภาพภายใต้กล้องจุลทรรศน์เพื่อวาดภาพเปรียบเทียบโครงสร้างของต่อมสร้างพิษและถุงเก็บพิษของแต่ละชนิด โดยอ้างอิงวิธีการของ Britto and Caetano, (2005) และ Suiçmez et al., (2017)

3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการวัดค่าความกว้างและความยาวของเหล็กในมาวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) จากนั้นวิเคราะห์ความแตกต่างทางสถิติของเหล็กในระหว่างประชากรด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) โดยใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-way ANOVA) ที่ความเชื่อมั่น 95 % จากนั้นใช้วิธีการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยใช้ข้อมูลความกว้าง ความยาวของเหล็กในระหว่างระหว่างเงี่ยง และ จำนวนเงี่ยง มาใช้ในการวิเคราะห์โดยใช้ Cluster Analysis เพื่อใช้ในการเพื่อจัดกลุ่มของต่อ

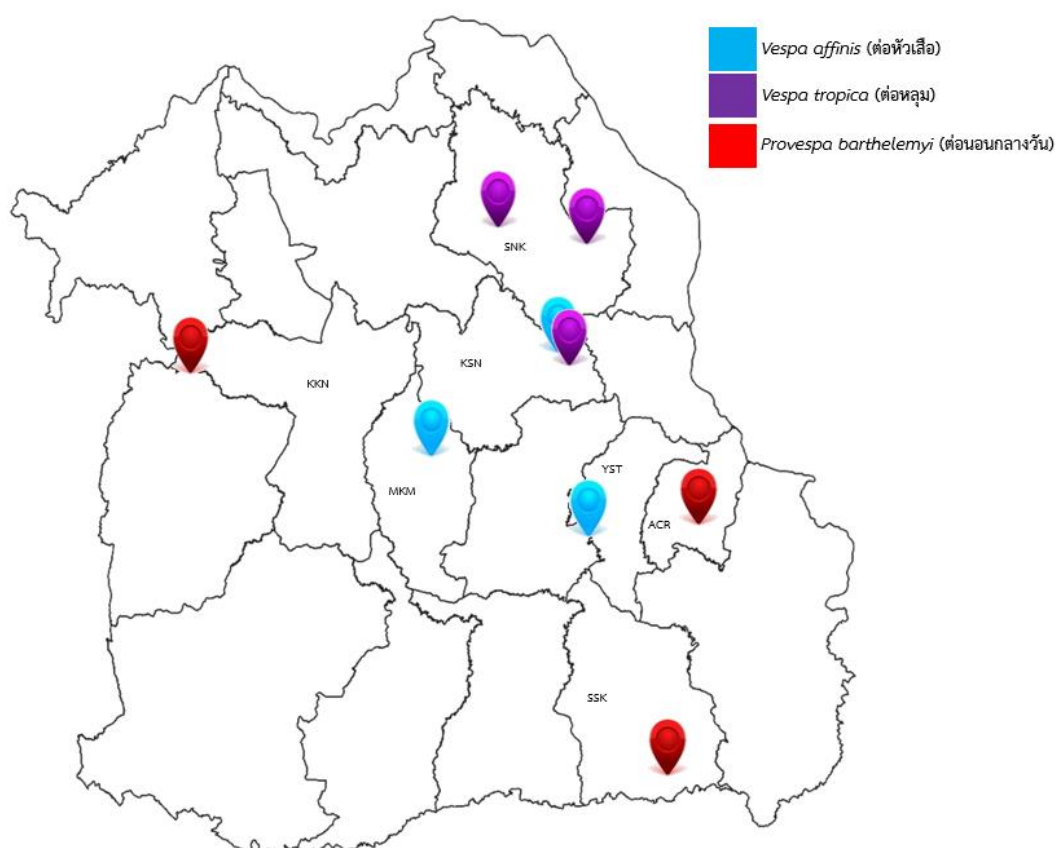


บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 การเก็บตัวอย่าง

จากการสำรวจ และเก็บรวบรวมตัวอย่างต่อที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera ที่พบจากพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย มีการเก็บตัวอย่างจากในพื้นที่ 7 จังหวัด ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดกาฬสินธุ์ ขอนแก่น มหาสารคาม ยโสธร สกลนคร ศรีสะเกษ และ อำนาจเจริญโดยมีรายละเอียดข้อมูลการเก็บตัวอย่างจากในพื้นที่ที่ทำการศึกษา และมีการจำแนกตามลักษณะสัณฐานวิทยาเบื้องต้นดังภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 ตำแหน่งที่เก็บตัวอย่างที่ได้จากการสำรวจและสุ่มเก็บตัวอย่างที่พบในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย กาฬสินธุ์ KSN ขอนแก่น KKN มหาสารคาม MKM ยโสธร YST สกลนคร SNK ศรีสะเกษ SSK และ อำนาจเจริญ ACR

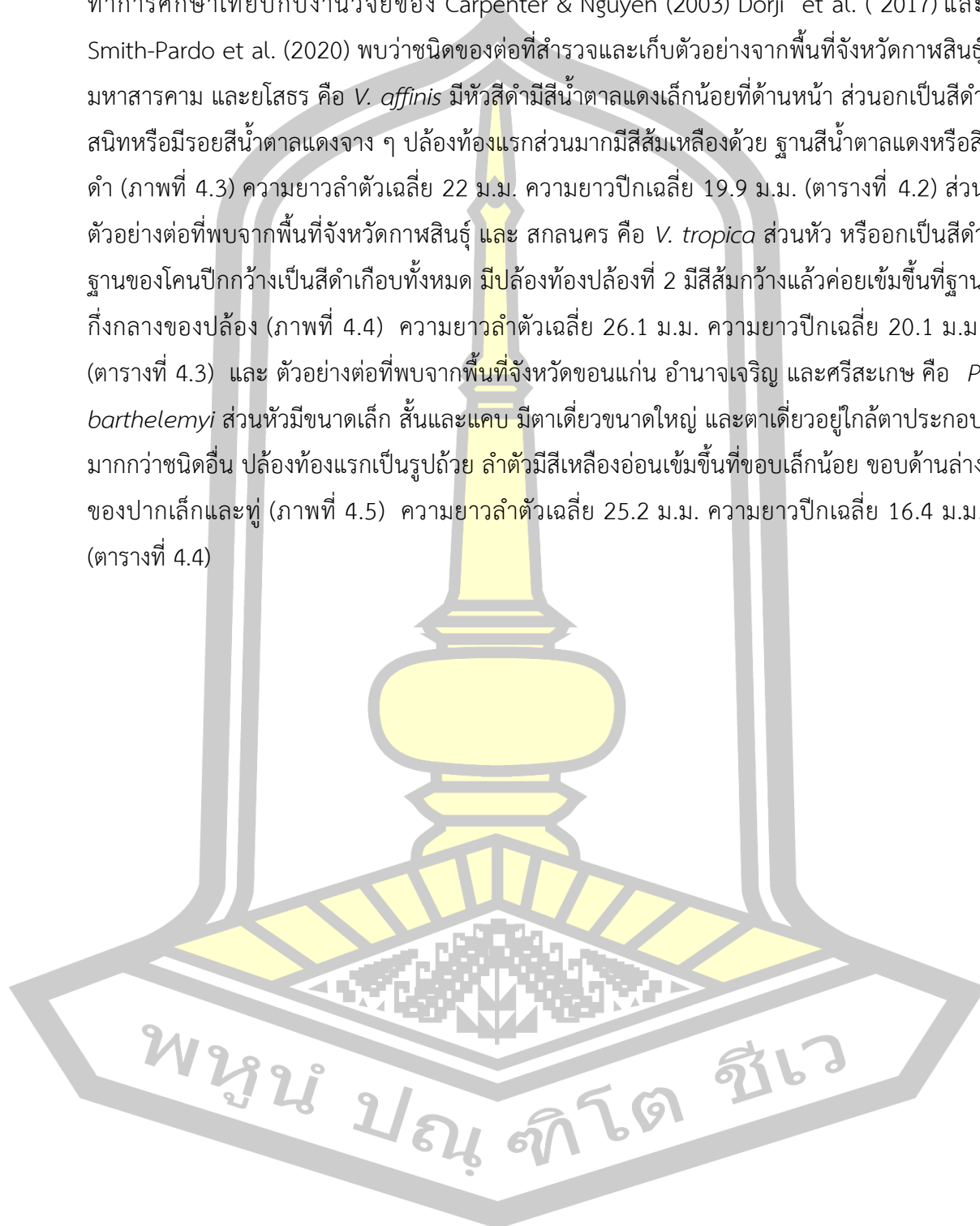
4.2 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกเพื่อระบุชนิด

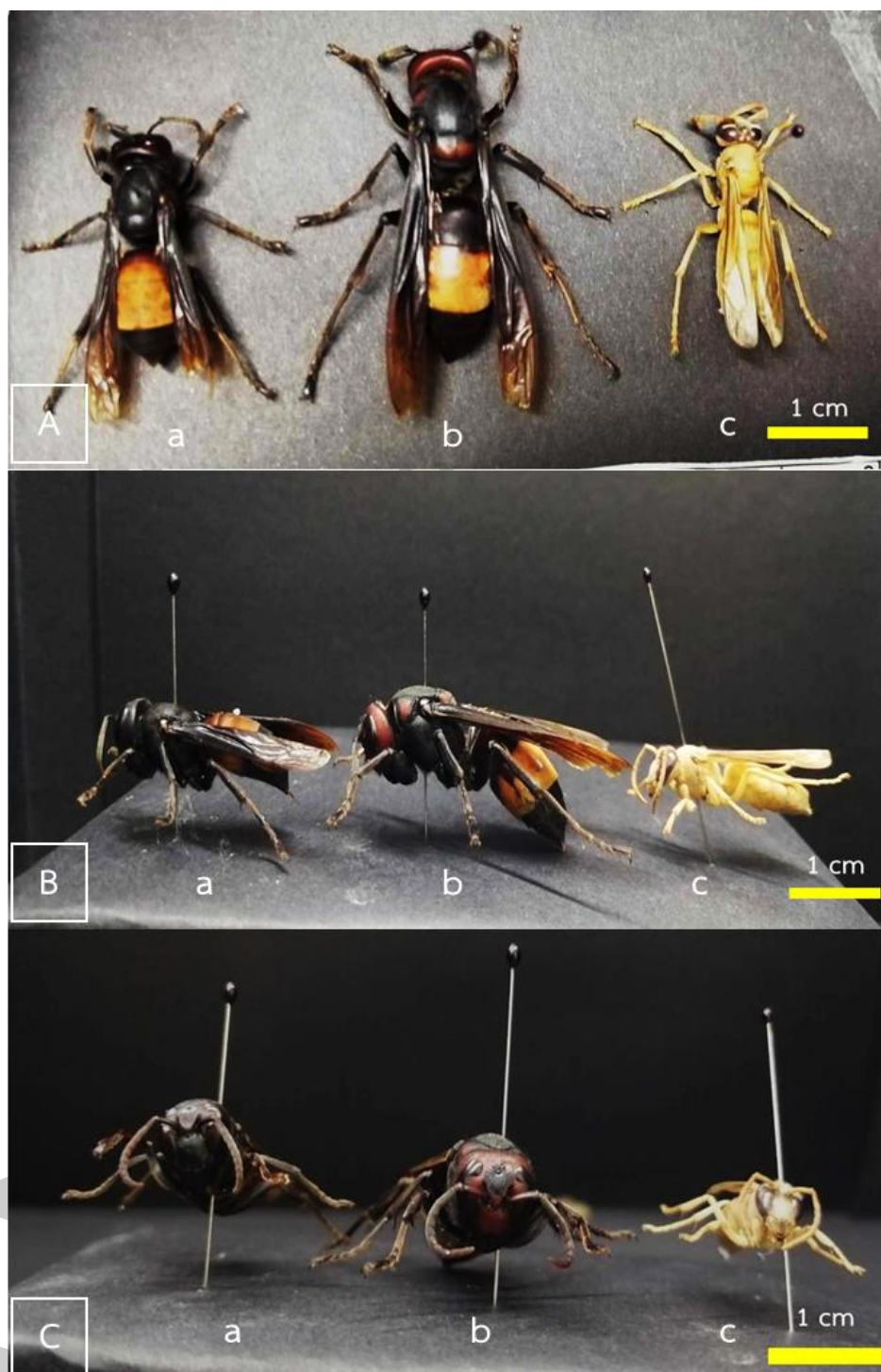
จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกของตัวอย่างที่เก็บมาจาก 7 จังหวัดของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เพื่อระบุชนิดตามวิธีการของ Carpenter & Nguyen (2003) Dorji et al. (2017) และ Smith-Pardo et al. (2020) พบต่อ 3 ชนิด ได้แก่ *Vespa affinis*, *Vespa tropica* และ *Provespa barthelemyi* ที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 แสดงข้อมูลในการเก็บตัวอย่างต่อ 3 ชนิด ที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย

ชนิด	พื้นที่เก็บตัวอย่าง	รหัส	พิกัดGPS	ละติจูด ลองจิจูด	แหล่งอาศัย	วันที่เก็บ
1. <i>Vespa affinis</i> (ต่อหัวเลื้อ)	หมู่บ้านลีลาวดี ซอย 1 ตำบล	VA01	16°14'59.0"N	16.249721	ติดตัวอาคาร	01/12/63
	ท่าขอนยาง อำเภอกันทรวิชัย	MKM	103°15'54.8"E	103.265211		
	จังหวัดมหาสารคาม 44150					
	บ้านโนนพัฒนา ตำบลบ่อแก้ว	VA02	16°46'04.4"N	16.767874	พื้นที่ทำการเกษตร	18/12/63
	อำเภอนาคู จังหวัดกาฬสินธุ์ 46160	KSN	103°59'33.4"E	103.992621	(ทุ่งนา)	
2. <i>Vespa tropica</i> (ต่อหลุม)	ตำบล น้ำคำใหญ่ อำเภอเมือง	VA03	15°49'46.5"N	15.829583	พื้นที่ทำการเกษตร	18/12/63
	ยโสธร จังหวัดยโสธร 35000	YST	104°10'48.1"E	104.180028	(ทุ่งนา)	
	ตำบลสระพังทอง อำเภอเขาวง	VT01	16°42'10.4"N	16.702880	ชายป่าใกล้หมู่บ้าน	18/12/63
	จังหวัดกาฬสินธุ์ 46160	KSN	104°05'10.7"E	104.086303		
	บ้านม่วงไข่ ตำบลม่วงไข่ อำเภอ	VT02	17°24'04.1"N	17.401139	ชายป่าใกล้หมู่บ้าน	19/12/63
3. <i>Provespa barthelemyi</i> (ตอนกลางวัน)	พังโคน จังหวัดสกลนคร 47160	SNK	103°39'40.2"E	103.661167	(แนวป่าหลังวัด)	
	ตำบลอุ่มจาน อำเภอกุสุมาลย์	VT03	17°20'50.6"N	17.347389	พื้นที่ทำการเกษตร	19/12/63
	จังหวัดสกลนคร 47230	SNK	104°10'45.5"E	104.179306	(สวนยางพาราหลุม คอกหมูเก่า)	
	บ้านคำไหล ตำบลโนนงาม	PB01	15°53'53.3"N	15.898139	พื้นที่ทำการเกษตร	20/02/64
	อำเภอบุณฑราวงศา จังหวัด	ACR	104°49'04.3"E	104.817861	(สวนยางพารา)	
	อำนาจเจริญ 37110					
	บ้านนาฝายเหนือ ตำบล นาฝาย	PB02	16°39'25.4"N	16.657056	พื้นที่ทำการเกษตร	01/03/64
	อำเภอ ภูพาน จังหวัด ขอนแก่น	KKN	101°50'52.3"E	101.847861	(สวนผสม)	
	40350					
	ตำบล โนนสว่าง อำเภอ กันทร	PB03	14°33'57.5"N	14.565972	พื้นที่ทำการเกษตร	27/03/64
	ลักษณ์ จังหวัด ศรีสะเกษ 33110	SSK	104°37'46.0"E	104.629444	(สวนยางพารา)	

ก่อนทำการศึกษา ได้มีการศึกษาสัณฐานวิทยาเบื้องต้น เพื่อระบุชนิดของตัวอย่างที่จะทำการศึกษาเทียบกับงานวิจัยของ Carpenter & Nguyen (2003) Dorji et al. (2017) และ Smith-Pardo et al. (2020) พบว่าชนิดของต่อที่สำรวจและเก็บตัวอย่างจากพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ มหาสารคาม และยโสธร คือ *V. affinis* มีหัวสีดำมีสีน้ำตาลแดงเล็กน้อยที่ด้านหน้า ส่วนอกเป็นสีดำสนิทหรือมีรอยสีน้ำตาลแดงจาง ๆ ปล้องท้องแรกส่วนมากมีสีส้มเหลืองด้วย ฐานสีน้ำตาลแดงหรือสีดำ (ภาพที่ 4.3) ความยาวลำตัวเฉลี่ย 22 ม.ม. ความยาวปีกเฉลี่ย 19.9 ม.ม. (ตารางที่ 4.2) ส่วนตัวอย่างต่อที่พบจากพื้นที่จังหวัดกาฬสินธุ์ และ สกลนคร คือ *V. tropica* ส่วนหัว หรืออกเป็นสีดำ ฐานของโคนปีกกว้างเป็นสีดำเกือบทั้งหมด มีปล้องท้องปล้องที่ 2 มีสีส้มกว้างแล้วค่อยเข้มขึ้นที่ฐานกึ่งกลางของปล้อง (ภาพที่ 4.4) ความยาวลำตัวเฉลี่ย 26.1 ม.ม. ความยาวปีกเฉลี่ย 20.1 ม.ม. (ตารางที่ 4.3) และ ตัวอย่างต่อที่พบจากพื้นที่จังหวัดขอนแก่น อำนาจเจริญ และศรีสะเกษ คือ *P. barthelemyi* ส่วนหัวมีขนาดเล็ก สันและแคบ มีตาเดี่ยวขนาดใหญ่ และตาเดี่ยวอยู่ใกล้ตาประกอบมากกว่าชนิดอื่น ปล้องท้องแรกเป็นรูปถ้วย ลำตัวมีสีเหลืองอ่อนเข้มขึ้นที่ขอบเล็กน้อย ขอบด้านล่างของปากเล็กและทู่ (ภาพที่ 4.5) ความยาวลำตัวเฉลี่ย 25.2 ม.ม. ความยาวปีกเฉลี่ย 16.4 ม.ม. (ตารางที่ 4.4)





ภาพที่ 4.2 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานภายนอกตัวอย่างต่อที่อยู่ในวงศ์ Vespidae อันดับ Hymenoptera ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยที่ภาพ (A) ภาพถ่าย dorsal view (B) ภาพถ่าย lateral view (C) ภาพถ่าย anterior view และ (a) *Vespa affinis* (b) *Vespa tropica* และ (c) *Provespa barthelemyi* ตามลำดับ

ตารางที่ 4.2 ตารางข้อมูลลักษณะสัณฐานภายนอก ค่าเฉลี่ยความยาวของลำตัว และความยาวของปีก *Vespa affinis*

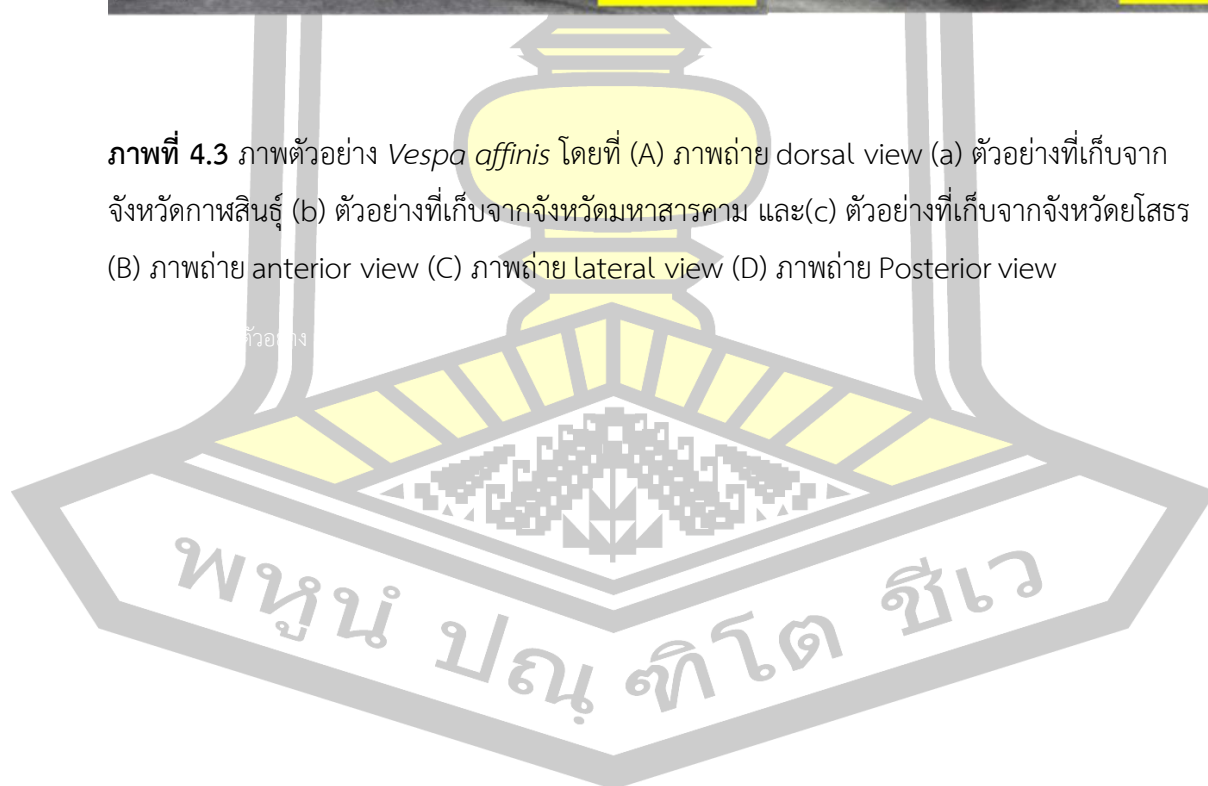
ลำดับ	อักษรย่อ จังหวัด	ความยาวลำตัว (cm)	ความยาวปีก (cm)	สีหัว	สีอก	สีท้อง	แถบสี
1	MKM	2.1017	2.078	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
2	MKM	2.133	1.8567	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
3	MKM	2.243	1.9523	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
4	MKM	2.159	2.1757	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
5	MKM	2.1933	2.1517	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
6	MKM	2.29	2.1303	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
7	MKM	2.2677	2.042	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
8	MKM	2.2163	1.914	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
9	MKM	2.09	1.9617	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
10	MKM	2.0747	1.9077	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
11	KSN	2.109	1.8163	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
12	KSN	2.1397	2.0387	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
13	KSN	2.212	1.9523	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
14	KSN	2.161	1.813	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
15	KSN	2.1983	1.8957	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
16	KSN	2.2653	2.0413	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
17	KSN	2.1323	2.019	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
18	KSN	2.257	2.092	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
19	KSN	2.2397	1.9397	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
20	KSN	2.191	2.0943	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลืองเข้ม	มีแถบสี
21	YST	2.322	1.95	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
22	YST	2.265	2.018	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
23	YST	2.2727	1.98	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
24	YST	2.1637	2.0363	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
25	YST	2.089	2.0233	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
26	YST	2.1913	2.0853	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
27	YST	2.1877	1.9713	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
28	YST	2.3013	1.9743	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
29	YST	2.2443	1.9677	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี
30	YST	2.3157	1.9547	ดำแดงเข้ม	ดำ	ดำ/เหลือง	มีแถบสี

*ภาพสินธุ์ KSN มหาสารคาม MKM และ ยโสธร YST



ภาพที่ 4.3 ภาพตัวอย่าง *Vespa affinis* โดยที่ (A) ภาพถ่าย dorsal view (a) ตัวอย่างที่เก็บจาก จังหวัดกาฬสินธุ์ (b) ตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดมหาสารคาม และ(c) ตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดยโสธร (B) ภาพถ่าย anterior view (C) ภาพถ่าย lateral view (D) ภาพถ่าย Posterior view

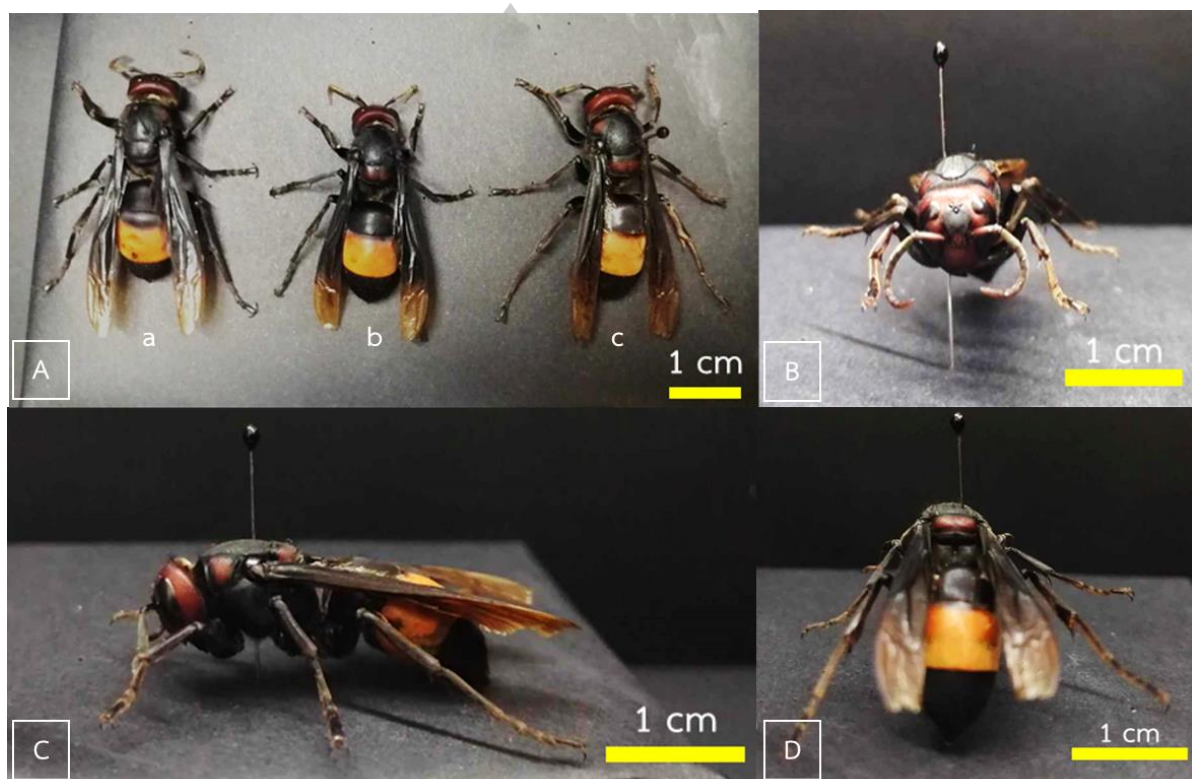
ตัวอย่าง



ตารางที่ 4.3 ตารางข้อมูลลักษณะสัณฐานภายนอก ค่าเฉลี่ยความยาวของลำตัว และความยาวของปีก *Vespa tropica*

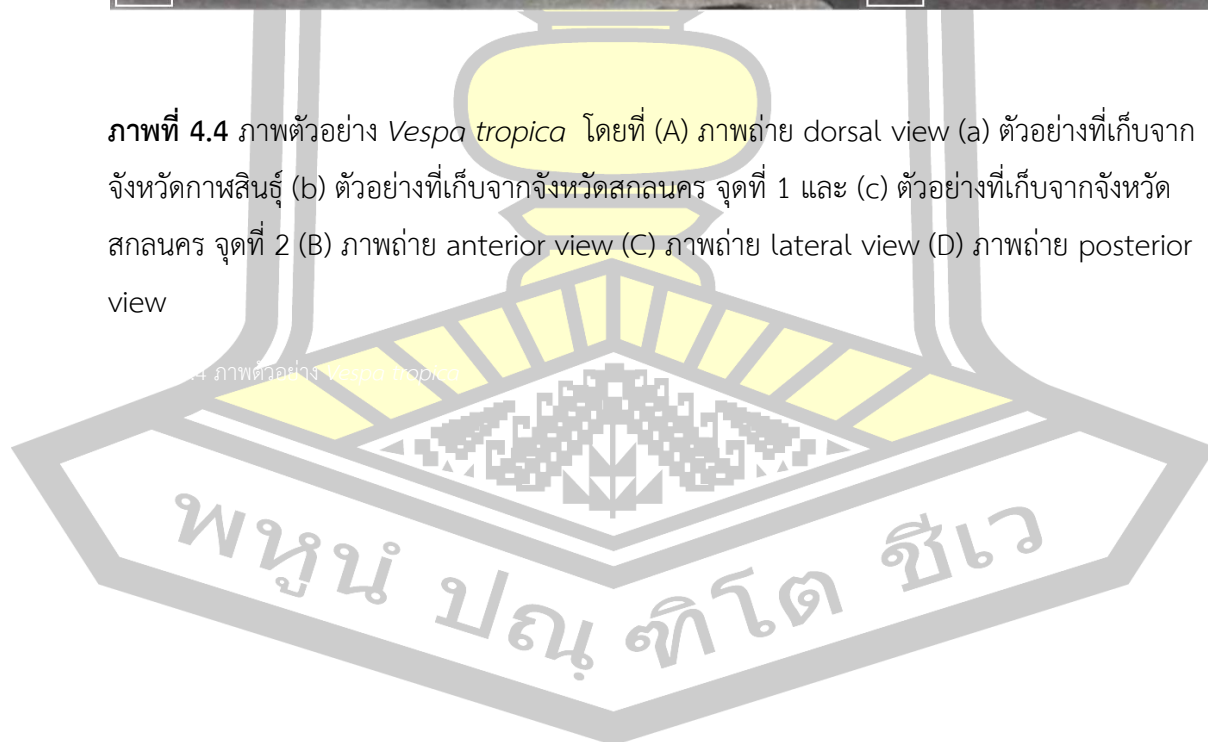
ลำดับ	อักษรย่อ จังหวัด	ความยาวลำตัว (cm)	ความยาวปีก (cm)	สีหัว	สีอก	สีท้อง	แถบสี
1	KSN	2.5837	2.5507	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
2	KSN	2.55	2.4983	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
3	KSN	2.683	2.544	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
4	KSN	2.6687	2.482	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
5	KSN	2.5457	2.5983	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
6	KSN	2.5547	2.283	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
7	KSN	2.635	2.447	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
8	KSN	2.4937	2.4693	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
9	KSN	2.4943	2.392	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
10	KSN	2.8013	2.617	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้มเหลือง	มีแถบสี
11	SNK1	2.638	2.6733	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
12	SNK1	2.603	2.5413	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
13	SNK1	2.4703	2.569	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
14	SNK1	2.5	2.5827	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
15	SNK1	2.3783	2.503	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
16	SNK1	2.6337	2.6603	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
17	SNK1	2.849	2.533	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
18	SNK1	2.688	2.5043	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
19	SNK1	2.6307	2.6207	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
20	SNK1	2.7843	2.468	แดงเข้ม	ดำแต้มแดง	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
21	SNK2	2.6093	2.3617	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
22	SNK2	2.6283	2.5747	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
23	SNK2	2.569	2.263	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
24	SNK2	2.393	2.6083	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
25	SNK2	2.614	2.547	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
26	SNK2	2.6563	2.6283	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
27	SNK2	2.5627	2.6603	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
28	SNK2	2.6197	2.3723	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
29	SNK2	2.9207	2.6497	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี
30	SNK2	2.6167	2.4777	แดงเข้ม	ดำ	ดำ/ส้ม	มีแถบสี

*ภาพสีนู้ KSN และ สกลนคร SNK



ภาพที่ 4.4 ภาพตัวอย่าง *Vespa tropica* โดยที่ (A) ภาพถ่าย dorsal view (a) ตัวอย่างที่เก็บจาก จังหวัดกาฬสินธุ์ (b) ตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดสกลนคร จุดที่ 1 และ (c) ตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัด สกลนคร จุดที่ 2 (B) ภาพถ่าย anterior view (C) ภาพถ่าย lateral view (D) ภาพถ่าย posterior view

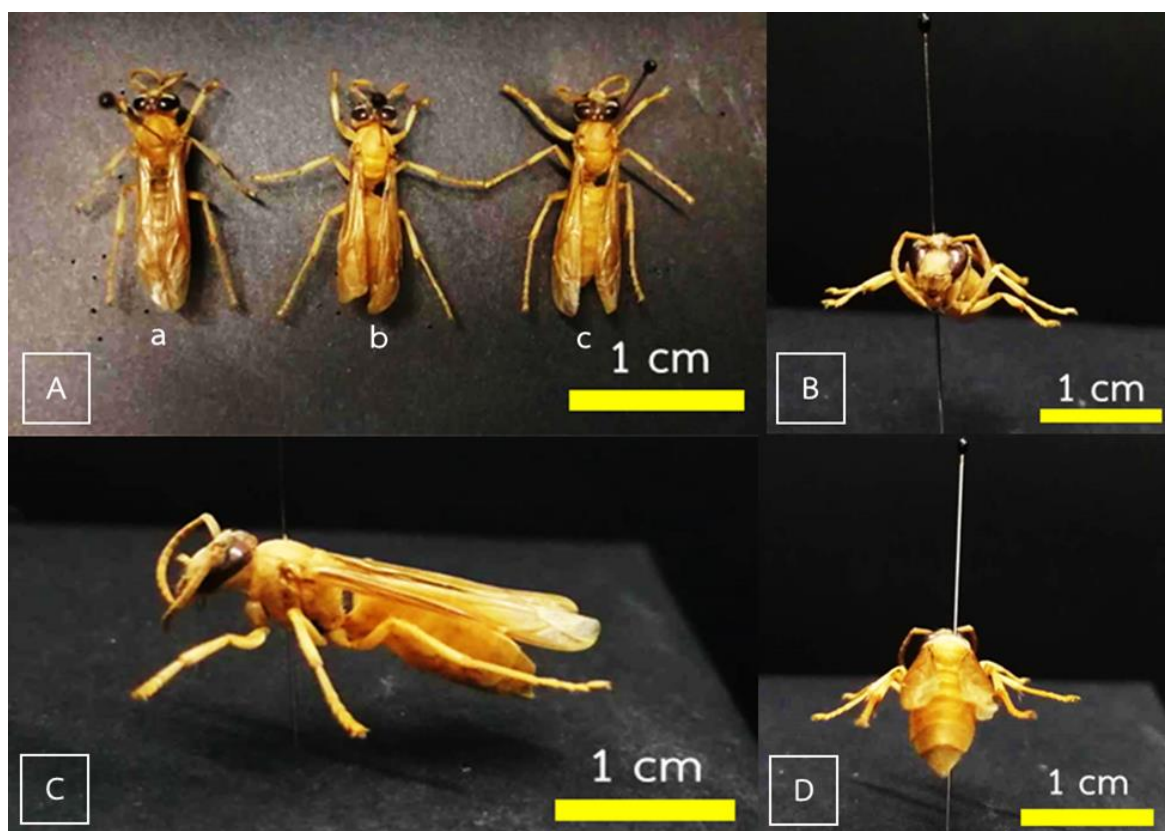
ภาพตัวอย่าง *Vespa tropica*



ตารางที่ 4.4 ตารางข้อมูลพื้นฐานภายนอก ค่าเฉลี่ยความยาวของลำตัว และความยาวของปีก
Provespa barthelemyi

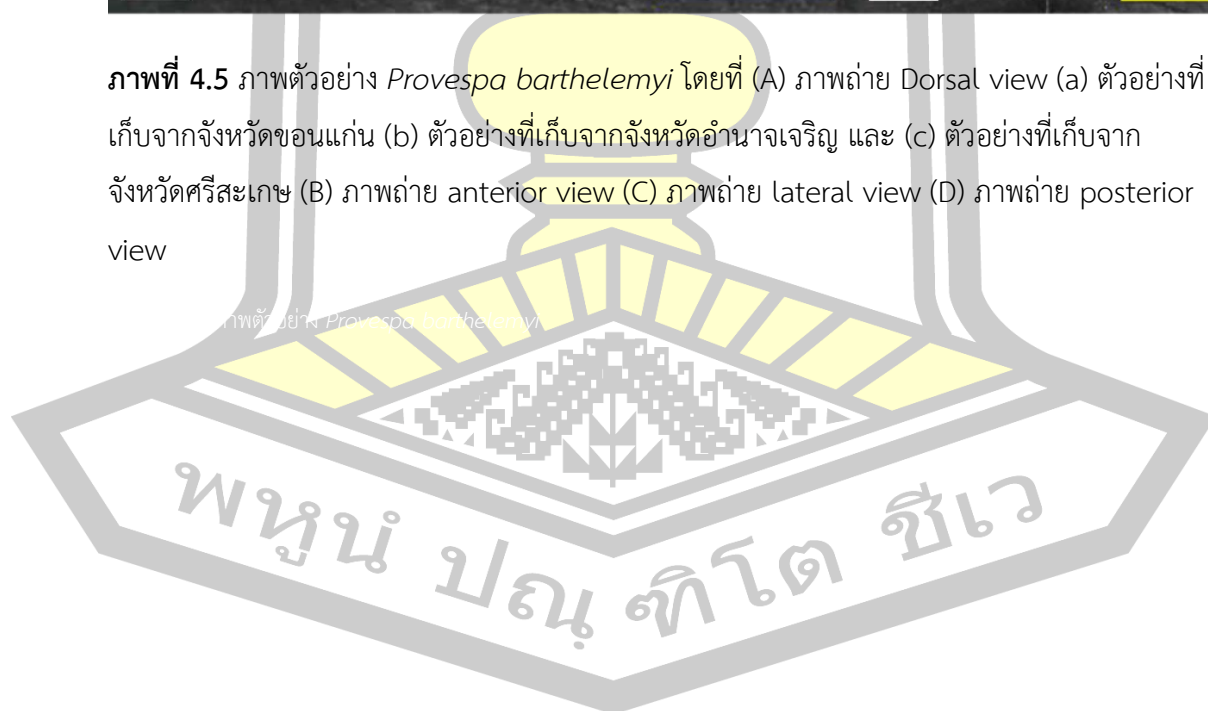
ลำดับ	อักษรย่อ จังหวัด	ความยาวลำตัว (cm)	ความยาวปีก (cm)	สีหัว	สีอก	สีท้อง	แถบสี
1	ACR	2.0603	1.7187	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
2	ACR	2.1507	1.645	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
3	ACR	1.9327	1.5763	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
4	ACR	1.8533	1.606	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
5	ACR	1.872	1.7343	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
6	ACR	1.9627	1.6017	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
7	ACR	1.98	1.6963	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
8	ACR	2.052	1.646	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
9	ACR	2.0123	1.6663	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
10	ACR	2.0147	1.5557	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
11	KKN	2.006	1.5283	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
12	KKN	1.955	1.4873	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
13	KKN	2.075	1.6743	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
14	KKN	2.0923	1.6097	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
15	KKN	1.9893	1.662	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
16	KKN	1.9507	1.549	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
17	KKN	2.2157	1.6467	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
18	KKN	2.0997	1.6987	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
19	KKN	2.026	1.8237	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
20	KKN	1.928	1.539	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
21	SSK	1.9803	1.7297	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
22	SSK	1.9937	1.5467	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
23	SSK	1.9863	1.722	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
24	SSK	2.0483	1.5437	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
25	SSK	2.0407	1.7357	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
26	SSK	2.1323	1.7153	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
27	SSK	1.9853	1.5907	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
28	SSK	2.086	1.642	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
29	SSK	1.8967	1.848	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ
30	SSK	2.0373	1.7457	เหลือง	เหลือง	เหลือง	ไม่มีแถบ

*ขอนแก่น KKN ศรีสะเกษ SSK และ อำนาจเจริญ ACR



ภาพที่ 4.5 ภาพตัวอย่าง *Provespa barthelemyi* โดยที่ (A) ภาพถ่าย Dorsal view (a) ตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดขอนแก่น (b) ตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดอำนาจเจริญ และ (c) ตัวอย่างที่เก็บจากจังหวัดศรีสะเกษ (B) ภาพถ่าย anterior view (C) ภาพถ่าย lateral view (D) ภาพถ่าย posterior view

ภาพตัวอย่าง *Provespa barthelemyi*



จากการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของต่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *V. affinis* *V. tropica* และ *P. barthelemyi* พบว่า มีค่าเฉลี่ยความยาวของลำตัว 2.20 2.61 และ 2.01 ซม. ตามลำดับ และเมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่าลักษณะความยาวของลำตัวของต่อทั้ง 3 ชนิด มีขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ตารางที่ 4.5) ค่าเฉลี่ยความยาวของปีก 1.99 2.52 และ 1.64 ซม. ตามลำดับ และเมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่าลักษณะความยาวของปีกของต่อทั้ง 3 ชนิด มีขนาดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ตารางที่ 4.5)

ตารางที่ 4.5 ค่าเฉลี่ยความยาวของลำตัว และความยาวของปีก ของต่อทั้ง 3 ชนิด

ตัวอย่าง (N=30)	ความยาวลำตัว (cm)			ความยาวปีก (cm)		
	ค่าเฉลี่ย (Mean)	±SD	Min-max	ค่าเฉลี่ย	±SD	Min-max
<i>Vespa affinis</i>	2.20 ^a	0.07	2.07 - 2.32	1.99 ^a	0.09	1.81 - 2.17
<i>Vespa tropica</i>	2.61 ^b	0.11	2.37 - 2.92	2.52 ^b	0.10	2.26 - 2.67
<i>Provespa barthelemyi</i>	2.01 ^c	0.08	1.85 - 2.21	1.64 ^c	0.08	1.48 - 1.84

$P < 0.05$ *a,b,c อักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95



4.3 การศึกษาโครงสร้างของเหล็กใน ท่อพิษ ถุงเก็บพิษ และส่วนต่อมสร้างพิษของต่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์ สเตอริโอ (Stereo microscope) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM)

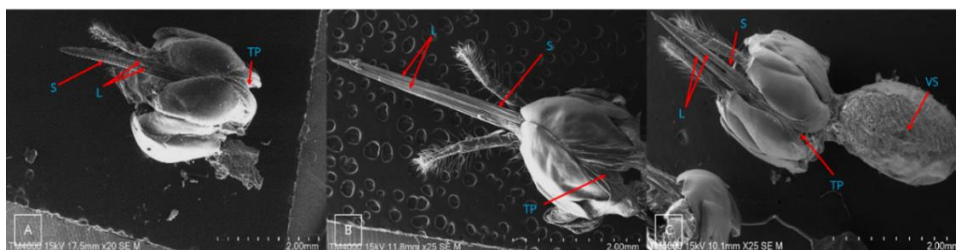
จากการศึกษาลักษณะสัณฐานภายนอกของเหล็กในต่อทั้ง 3 ชนิดได้แก่ *V. affinis*, *V. tropica* และ *P. Barthelemyi* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo microscope) ยี่ห้อ ZEISS รุ่น Stemi 305 LAB Set (W spot lighting) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope:SEM) ยี่ห้อ HITACHI รุ่น TM4000Plus พบว่าลักษณะภายนอกของเหล็กในของทั้ง 3 ชนิด มีความคล้ายคลึงกัน แต่มีขนาดที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ศึกษาส่วนของเหล็กใน ท่อพิษ ถุงเก็บพิษ และส่วนต่อมสร้างพิษ

4.3.1 การศึกษาสัณฐานวิทยาของเหล็กในต่อ

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานภายนอกของเหล็กในต่อทั้ง 3 ชนิดได้แก่ *V. Affinis*, *V. tropica* และ *P. barthelemyi* ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo microscope) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) พบว่า เหล็กในของ *V. affinis* มี 7 เเจียง (ภาพที่ 4.13A) ความยาวของ stylet อยู่ที่ 2.45-3.44 ม.ม. มีความยาวของ lancet อยู่ที่ 1.93-2.25 ม.ม. ส่วนเหล็กในของ *V. tropica* มี 8 เเจียง (ภาพที่ 4.13B) ความยาวของ stylet อยู่ที่ 2.70-4.23 ม.ม. มีความยาวของ lancet อยู่ที่ 3.09-3.71 ม.ม. และ เหล็กในของ *P. barthelemyi* มี 11 เเจียง (ภาพที่ 4.13C) ความยาวของ stylet อยู่ที่ 2.14-2.47 ม.ม. มีความยาวของ lancet อยู่ที่ 1.89-2.23 ม.ม. (ภาพที่ 4.6-4.7 และตารางที่ 4.6)



ภาพที่ 4.6 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานภายนอกของเหล็กในต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope) โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi* (S= Stylet, TP= Triangular plate. , L=Lancet , DG= Dufour's gland, VD = Venom duct, VS = Venom sac)



ภาพที่ 4.7 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานหลักในของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi* (S= Stylet, TP= Triangular plate. , L=Lancet , VS = Venom sac)

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ย (mean) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

ลักษณะที่ศึกษา (N = 30)	<i>Vespa affinis</i> (Mean±SE)	<i>Vespa tropica</i> (Mean±SE)	<i>Provespa barthelemyi</i> (Mean±SE)
1. ความกว้างของ stylet (μm)	259.42±3.93 ^a	320.60±3.15 ^b	233.18±1.84 ^c
2. ความยาวของ stylet (μm)	3199.24±33.51 ^a	3634.77±80.89 ^b	2272.74±13.27 ^c
3. ความกว้างของ lancet ด้านซ้าย (μm)	140.14±2.15 ^a	154.70±2.07 ^b	84.41±0.96 ^c
4. ความยาวของ lancet ด้านซ้าย (μm)	2059.65±15.54 ^a	3426.73±31.89 ^b	2133.00±9.64 ^c
5. ความกว้างของ lancet ด้านขวา (μm)	140.56±1.21 ^a	147.61±0.84 ^b	84.04±0.81 ^c
6. ความยาวของ lancet ด้านขวา (μm)	2061.11±17.66 ^a	3421.90±31.12 ^b	2093.41±11.31 ^a
7. ความกว้างของถุงเก็บพิษ (μm)	2611.32±50.98 ^a	3226.50±34.30 ^b	1786.84±18.46 ^c
8. ความยาวของถุงเก็บพิษ (μm)	4381.68±96.56 ^a	5486.50±83.37 ^b	3563.53±113.93 ^c
9. ความกว้างของท่อส่งพิษ (μm)	188.75±7.04 ^{ab}	206.43±6.17 ^b	170.02±4.43 ^{ac}
10. ความยาวของท่อส่งพิษ (μm)	3609.90±50.34 ^a	4225.22±71.04 ^b	3099.10±69.55 ^c
11. ความยาวของเงี่ยง ที่ 1 (μm)	175.01±1.78 ^a	206.92±1.28 ^b	132.73±2.43 ^c
12. ความยาวของเงี่ยง ที่ 2 (μm)	54.50±7.33 ^a	59.80±5.23 ^b	31.78±3.10 ^c
13. ความยาวของเงี่ยง ที่ 3 (μm)	71.15±1.61 ^a	78.04±0.84 ^b	40.07±0.49 ^c
14. ความยาวของเงี่ยง ที่ 4 (μm)	91.72±1.30 ^b	91.05±0.92 ^b	48.45±0.82 ^a
15. ความยาวของเงี่ยง ที่ 5 (μm)	114.11±1.57 ^a	100.37±3.24 ^b	52.46±0.92 ^c
16. ความยาวของเงี่ยง ที่ 6 (μm)	144.96±1.20 ^a	127.05±2.90 ^b	63.56±1.22 ^c
17. ความยาวของเงี่ยง ที่ 7 (μm)	182.07±2.33 ^a	165.56±4.69 ^b	69.78±0.71 ^c
18. ความยาวของเงี่ยง ที่ 8 (μm)	-	225.02±9.24 ^b	76.33±0.89 ^c
19. ความยาวของเงี่ยง ที่ 9 (μm)	-	-	82.57±1.28 ^c
20. ความยาวของเงี่ยง ที่ 10 (μm)	-	-	93.53±0.56 ^c
21. ความยาวของเงี่ยง ที่ 11 (μm)	-	-	112.62±1.59 ^c

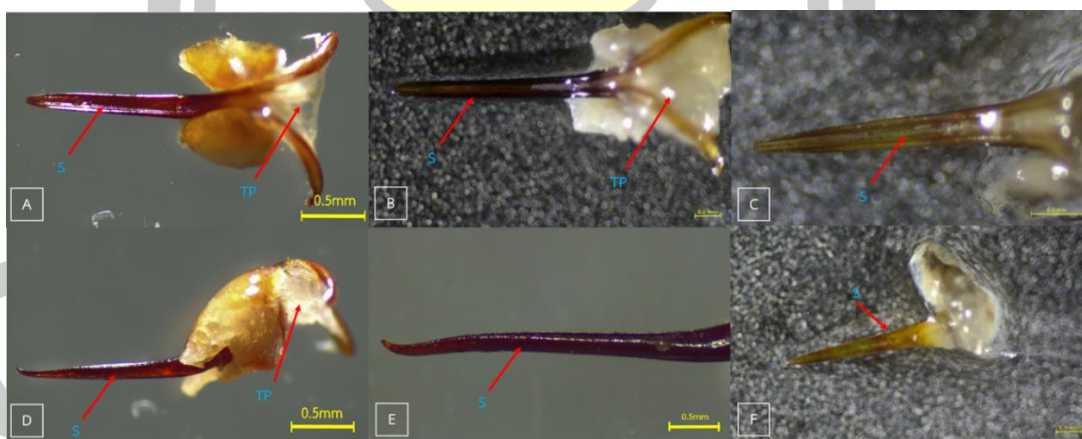
P < 0.05

*a,b,c อักษรแตกต่างกันแสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.1.1 การศึกษาโครงสร้างลักษณะพื้นฐานของ stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด

จากการศึกษาลักษณะพื้นฐานพื้นผิวเหล็กในของต่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *V. affinis* *V. tropica* และ *P. barthelemyi* (ภาพที่ 4.8) นำไปสู่การศึกษาลักษณะพื้นฐานพื้นผิวของ Stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิดภายใต้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) (ภาพที่ 4.9-4.10) พบว่า ลักษณะความโค้งของ Stylet หรือบริเวณ sting shaft ของทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ความโค้งของ sting shaft และบริเวณ ส่วนปลายของ Stylet ของ *V. affinis* มีความโค้งงอเล็กน้อย (ภาพที่ 4.10 A) ส่วน Stylet บริเวณ ส่วนปลายของ sting shaft ของ *V. tropica* มีความโค้งงอมากที่สุด (ภาพที่ 4.10 B) และใน *P. barthelemyi* มีรูปแบบความโค้งของ sting shaft และ บริเวณส่วนปลายของ sting shaft โค้งงอ น้อยมากหรือไม่มีเลย (ภาพที่ 4.10 C)

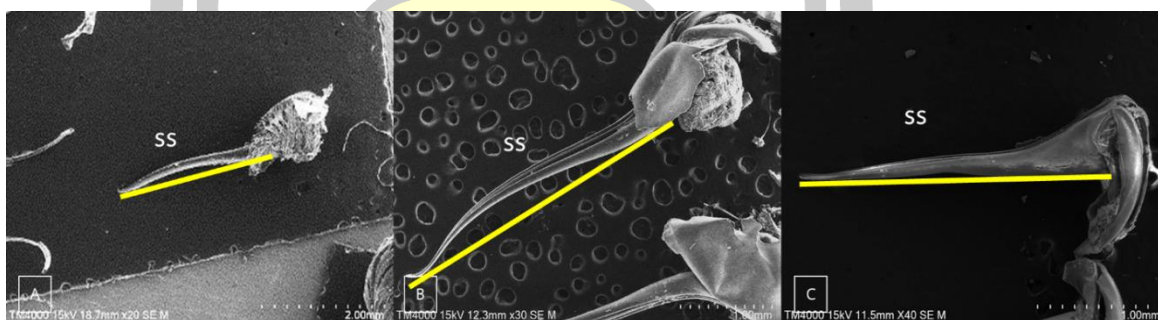
จากการศึกษาลักษณะพื้นฐานของ Stylet ต่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *V. affinis* *V. tropica* และ *P. barthelemyi* พบว่า มีความกว้างเฉลี่ยของ stylet คือ 259.42 320.60 และ 233.18 μm ตามลำดับ และเมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่า ความกว้างเฉลี่ย ของ stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด มีขนาดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ตารางที่ 4.7) มีความ ยาวเฉลี่ยของ stylet ดังต่อไปนี้ 3199.24 3634.77 และ 2272.74 μm ตามลำดับ และเมื่อทดสอบ ทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่าความยาวเฉลี่ยของ stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด มีขนาด แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ตารางที่ 4.7)



ภาพที่ 4.8 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะพื้นฐานของ Stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษา ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope) โดยที่ (A,D) *Vespa affinis* (B,E) *Vespa tropica* (C,F) *Provespa barthelemyi* (S= Stylet, TP= Triangular plate)



ภาพที่ 4.9 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) โดยที่ (A,D) *Vespa affinis* (B,E) *Vespa tropica* (C,F) *Provespa barthelemyi* (S= Stylet)



ภาพที่ 4.10 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ curvature of sting ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi* (SS= sting shaft)

ตารางที่ 4.7 ค่าความกว้าง ความยาว เฉลี่ยของ stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด

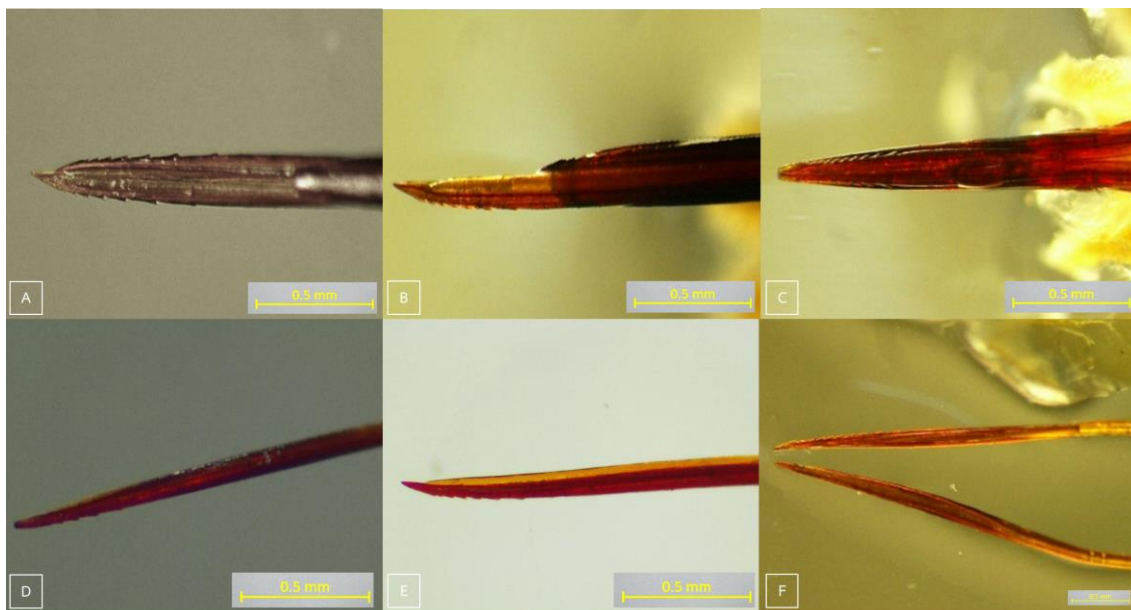
ตัวอย่าง (N = 30)	Stylet width (µm)			Stylet length (µm)		
	Mean	±SD	Min-max	Mean	±SD	Min-max
<i>V. affinis</i>	259.42 ^a	21.55	215.67-306.33	3199.24 ^a	183.56	2458.00-3444.33
<i>V. tropica</i>	320.60 ^b	17.29	286.33-358.33	3634.77 ^b	443.08	2702.33-4232.33
<i>P. barthelemyi</i>	233.18 ^c	10.10	214.33-263.00	2272.74 ^c	72.68	2149.00-2475.33

P < 0.05 *a,b,c อักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

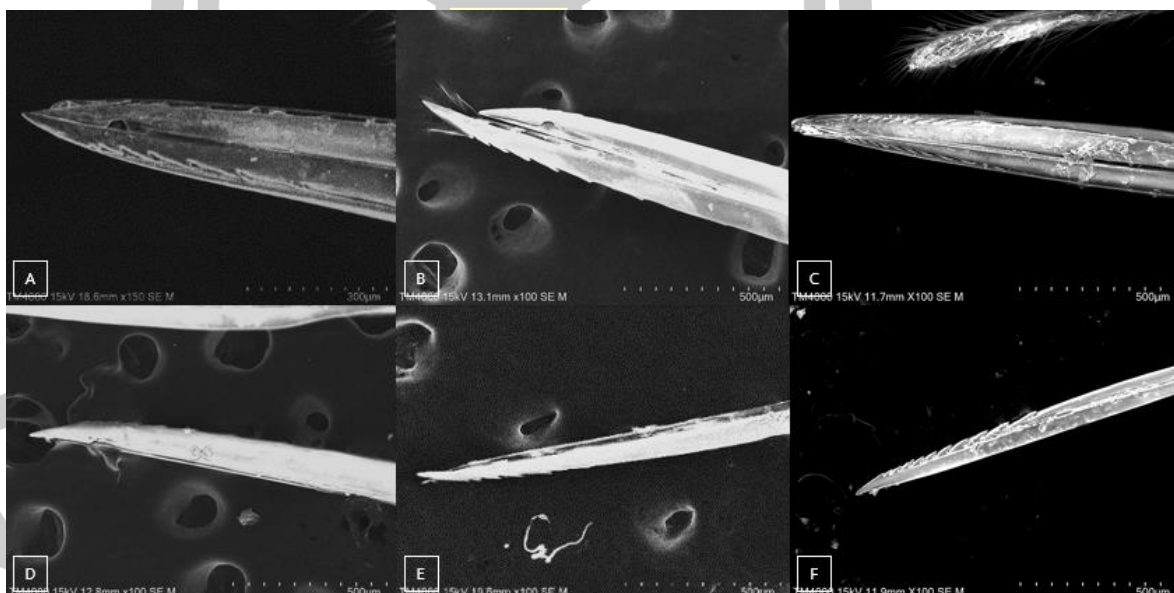
4.3.1.2 การศึกษาโครงสร้างลักษณะพื้นฐานของ *Lencet* ของต่อทั้ง 3 ชนิด

จากการศึกษาลักษณะพื้นฐานของ lancet ต่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *V. affinis*, *V. tropica* และ *P. barthelemyi* พบว่า มีความกว้างเฉลี่ยของ lancet ด้านซ้าย คือ 140.14, 154.70 และ 84.41 µm ตามลำดับ และเมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่า ลักษณะความยาวของลำตัวของต่อทั้ง 3 ชนิด มีขนาดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 (ตารางที่ 4.8) มีค่าเฉลี่ยความยาวของ lancet ด้านซ้าย คือ 2059.65, 3426.73 และ 2133.00 µm ตามลำดับ และเมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่าลักษณะของ lancet ด้านซ้าย มีขนาดไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจาก *V. tropica* อย่างมีนัยสำคัญที่ 0.05 (ตารางที่ 4.8)

จากการศึกษาลักษณะพื้นฐานของ lancet ต่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *V. affinis*, *V. tropica* และ *P. barthelemyi* พบว่า มีความกว้างเฉลี่ยของ lancet ด้านขวา คือ 140.566, 147.611 และ 84.044 µm ตามลำดับ และเมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่า ลักษณะความยาวของลำตัวของต่อทั้ง 3 ชนิด มีขนาดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05 (ตารางที่ 4.9) มีค่าเฉลี่ยความยาวของ lancet ด้านขวา คือ 2061.11, 3421.90 และ 2093.41 µm ตามลำดับ และเมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่าลักษณะของ lancet ด้านขวา ของต่อ *V. affinis* และ *P. barthelemyi* มีขนาดไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจาก *V. tropica* อย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05 (ตารางที่ 4.9)



ภาพที่ 4.11 การเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ Lencet ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope) โดยที่ (A,D) *Vespa affinis* (B,E) *Vespa tropica* (C,F) *Provespa barthelemyi*



ภาพที่ 4.12 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ lancet ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) โดยที่ โดยที่ (A,D) *Vespa affinis* (B,E) *Vespa tropica* (C,F) *Provespa barthelemyi*

ตารางที่ 4.8 ค่าความกว้าง ความยาว เกลียวของ lancet ด้านซ้าย ของต่อทั้ง 3 ชนิด

ตัวอย่าง (N=30)	Left lancet width (μm)			Left lancet length (μm)		
	Mean	±SD	Min-max	Mean	±SD	Min-max
<i>V. affinis</i>	140.14 ^a	11.79	112.67-156.00	2059.65 ^a	85.14	1901.00-2240.67
<i>V. tropica</i>	154.70 ^b	11.38	124.00-185.67	3426.73 ^b	174.67	3093.67-3751.67
<i>P. barthelemyi</i>	84.41 ^c	5.29	74.00-100.33	2133.00 ^c	52.82	1966.00-2213.33

P < 0.05 *a,b,c อักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 4.9 ค่าความกว้าง ความยาว เกลียวของ lancet ด้านขวา ของต่อทั้ง 3 ชนิด

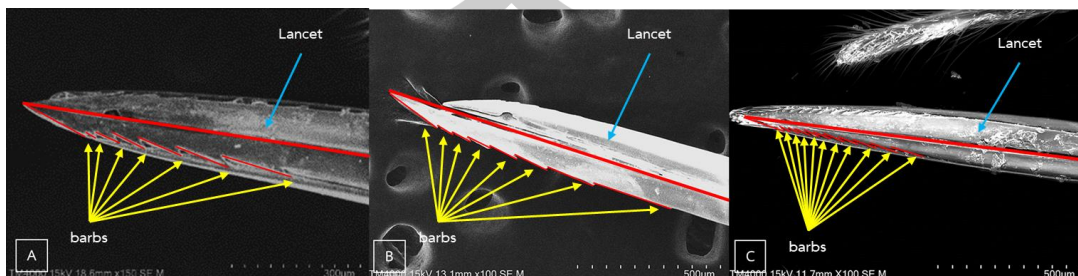
ตัวอย่าง (N=30)	Right lancet width (μm)			Right lancet length (μm)		
	Mean	±SD	Min-max	Mean	±SD	Min-max
<i>V. affinis</i>	140.566 ^a	6.646	124.33 -151.33	2061.11 ^a	96.757	1933.67-2253.00
<i>V. tropica</i>	147.611 ^b	4.635	135.00 - 154.67	3421.90 ^b	170.468	3093.67-3713.33
<i>P. barthelemyi</i>	84.044 ^c	4.461	73.00 - 95.00	2093.41 ^a	61.956	1894.00-2231.67

P < 0.05 *a,b,c อักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานของ Barbs ต่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *V. affinis*, *V. tropica* และ *P. barthelemyi* พบว่า มีความยาวเฉลี่ย Barbs ของ *V. affinis* มีดังนี้ 175.011 54.500 71.155 91.722 114.11 144.966 และ 182.077 μm ตามลำดับ ความยาวเฉลี่ย Barbs ของ *V. tropica* คือ 206.922 59.800 78.044 91.055 100.377 127.055 165.566 และ 225.022 μm ตามลำดับ และความยาวเฉลี่ย Barbs ของ *P. barthelemyi* คือ 132.733 31.788 40.077 48.455 52.466 63.566 69.788 76.333 82.577 93.53 และ 112.622 μm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.10)

เมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่าลักษณะความยาว Barbs ของต่อทั้ง 3 ชนิด มีขนาดแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ P<0.05 (ตารางที่ 4.10) ในขณะที่ตำแหน่ง Barbs ที่ 4 มีความยาวของ Barbs ของต่อ *V. affinis* กับ *V. tropica* มีขนาดไม่แตกต่างกัน

แต่แตกต่างจาก *P. barthelemyi* และ *V. affinis* กับ *P. barthelemyi* มีขนาดไม่แตกต่างกันแต่แตกต่างจาก *V. tropica* อย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ตารางที่ 4.10)



ภาพที่ 4.13 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ Barb ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi*

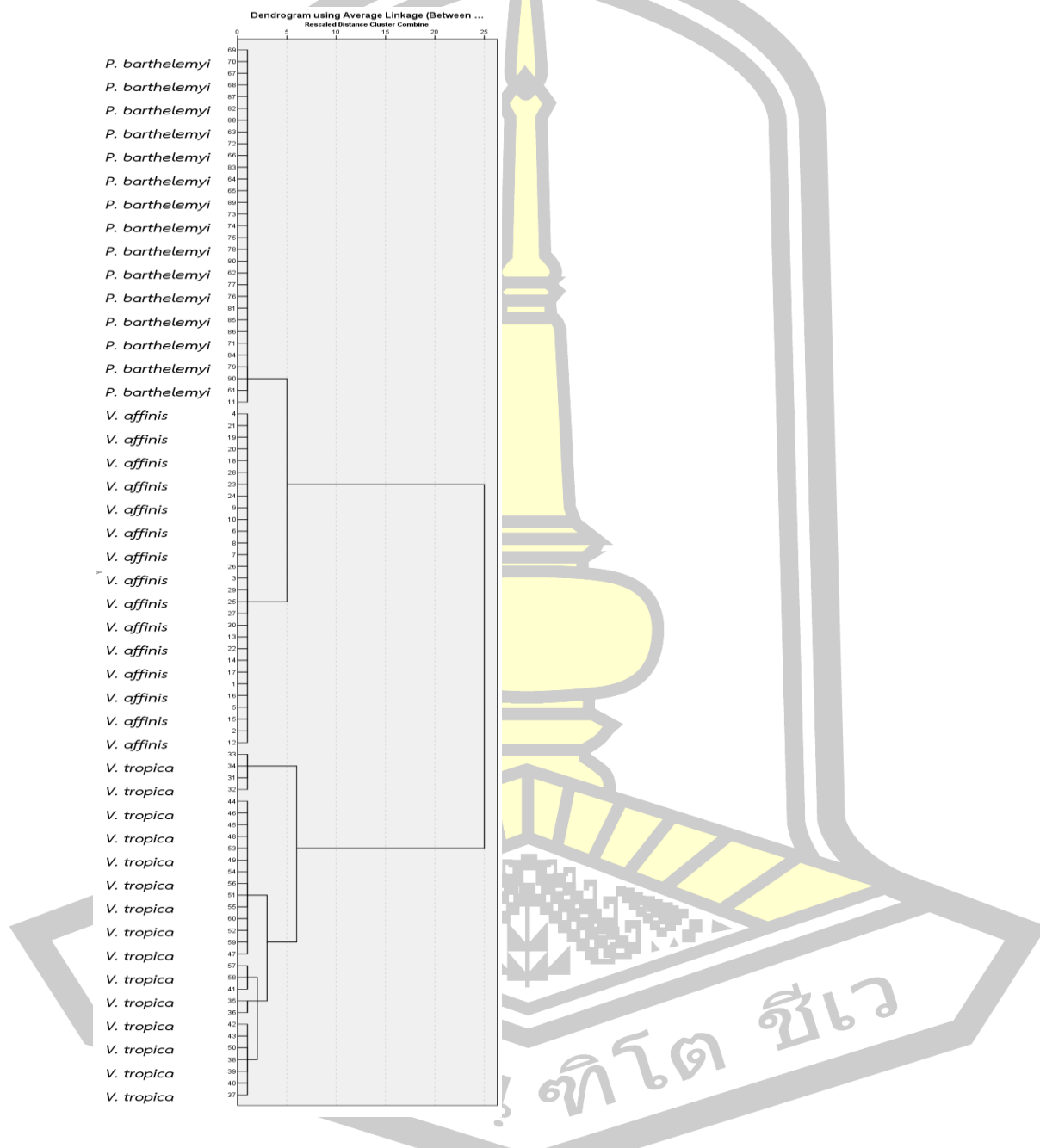
ตารางที่ 4.10 ลักษณะความยาว Barbs ที่ 1-11 ของต่อทั้ง 3 ชนิด โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi*

ตัวอย่าง (N=30)	Mean			±SD			Min-max		
	A	B	C	A	B	C	A	B	C
Barbs 1 (μm)	175.011 ^a	206.922 ^b	132.733 ^c	9.774	7.053	13.316	159.67-212.67	187.67-223.33	112.00-158.00
Barbs 2 (μm)	54.500 ^a	59.800 ^b	31.788 ^c	7.339	5.239	3.109	35.00-66.00	48.33-70.00	23.67-35.67
Barbs 3 (μm)	71.155 ^a	78.044 ^b	40.077 ^c	8.835	4.648	2.728	58.67-98.00	65.33-85.33	33.33-46.00
Barbs 4 (μm)	91.722 ^b	91.055 ^b	48.455 ^a	7.131	5.043	4.510	74.67-102.67	77.33-96.33	42.67-57.67
Barbs 5 (μm)	114.111 ^a	100.377 ^b	52.466 ^c	8.606	17.757	5.059	96.00-135.33	78.00-132.00	46.67-65.67
Barbs 6 (μm)	144.966 ^a	127.055 ^b	63.566 ^c	6.594	15.894	6.722	134.33-163.33	103.67-161.33	38.67-70.00
Barbs 7 (μm)	182.077 ^a	165.566 ^b	69.788 ^c	12.791	25.735	3.932	162.00-203.00	131.33-205.67	62.67-77.33
Barbs 8 (μm)	-	225.022 ^b	76.333 ^c	-	50.653	4.906	-	168.00-288.67	68.00-86.00
Barbs 9 (μm)	-	-	82.577 ^c	-	-	7.01	-	-	71.67-97.00
Barbs 10 (μm)	-	-	93.53 ^c	-	-	3.09	-	-	84.33-97.67
Barbs 11 (μm)	-	-	112.622 ^c	-	-	8.71	-	-	94.33-122.00

$P < 0.05$ *a,b,c อักษรแตกต่างกันในแถวเดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

จากการวิเคราะห์ Cluster Analysis โดยใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของ ความกว้าง ความยาว ของ lancet ทั้งด้านซ้าย ด้านขวา จำนวนเงี่ยง และความกว้างของถุงพิษ พบว่า เดนโดแกรมที่ได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างต่อออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มที่ 1 คือต่อ *V. tropica* และ กลุ่มที่ 2 คือต่อ *V. affinis* และ *P. barthelemyi* (ภาพที่ 4.14)



ภาพที่ 4.14 แผนภาพสายสัมพันธ์ทางวิวัฒนาการของต่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *Vespa affinis* *Vespa tropica* และ *Provespa barthelemyi*

4.3.2 การศึกษาโครงสร้างของท่อพิษ ถุงเก็บพิษ และต่อมพิษ

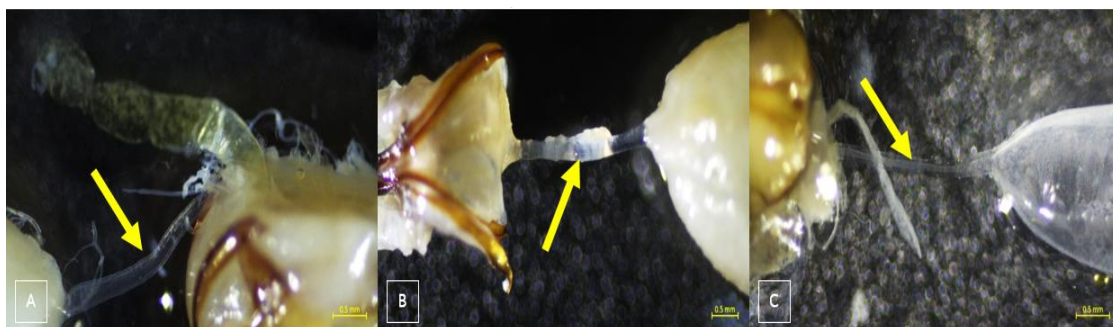
การศึกษาโครงสร้างของถุงเก็บพิษ ท่อพิษ และต่อมพิษ โดยใช้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo microscope) ยี่ห้อ ZEISS รุ่น Stemi 305 LAB Set (W spot lighting) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope:SEM) ยี่ห้อ HITACHI รุ่น TM4000Plus

เมื่อตรวจสอบต่อมพิษด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอแล้วพบว่าต่อมพิษมีลักษณะเป็นเส้นยาวสองเส้นสีขาวขุ่นเริ่มแยกออกจากกันอย่างบริเวณปลายถุงเก็บพิษโดยแยกออกจากกันเป็นสองเส้น บริเวณจุดเชื่อมต่อกับถุงพิษที่มีมดกล้ำมเนื้อบางๆห่อหุ้มอยู่โดยรอบ (ภาพที่ 4.17-4.18) โดยมีการเรียงตัวของมดกล้ำมเนื้อเป็นแนวขวาง เมื่อมีการบีบตัวของกล้ำมเนื้อพิษจะถูกส่งไปตามท่อส่งพิษไปยังเหล็กใน (ภาพที่ 4.15-4.16) โดยที่การเรียงตัวของมดกล้ำมเนื้อของ *V. affinis* มีเส้นแบ่งมดกล้ำมเนื้อที่โค้งงอมากกว่า *V. tropica* (ภาพที่ 4.20A) ซึ่งมีเส้นแบ่งมดกล้ำมเนื้อที่เรียบตรง (ภาพที่ 4.20B) ส่วน *P. barthelemyi* มีมดกล้ำมเนื้อที่เรียบตรง มีความโค้งเล็กน้อยหรือแทบไม่มีความโค้งเลย (ภาพที่ 4.20C) เนื่องจากตัวอย่างที่มีนั้นเก็บไว้นานเป็นเวลานานจึงมีความสมบูรณ์ไม่มากพอทำให้ตัวอย่างต่อมพิษซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นใยขนาดเล็ก บางและขาดง่าย ไม่สมบูรณ์เพียงพอที่จะวัดขนาดได้ อีกทั้งบริเวณส่วนปลายของต่อมพิษหดพันอยู่ติดกัน จึงไม่สามารถเขี่ยเพื่อวัดความยาวที่แท้จริงได้

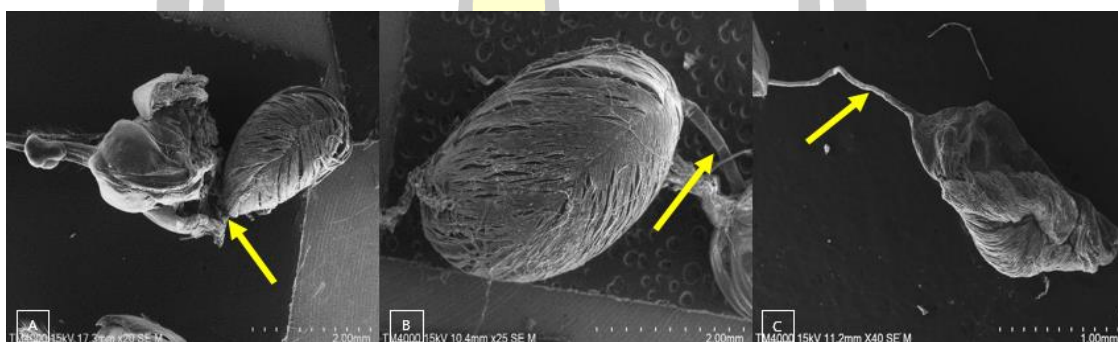
4.3.2.1 การศึกษาโครงสร้างของท่อพิษ

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานของ Venom duct ต่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *V. affinis* *V. tropica* และ *P. barthelemyi* (ภาพที่ 4.15-4.16) พบว่าความกว้างเฉลี่ย Venom duct ของต่อทั้ง 3 ชนิด มีค่า 188.756 206.433 และ 170.022 μm ตามลำดับ ตามลำดับ และ มีความยาวเฉลี่ยของ Venom duct คือ 3609.90 4225.222 และ 3099.10 μm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.11)

เมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่าลักษณะกว้าง ความยาว Venom duct ของต่อทั้ง 3 ชนิด มีขนาดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$ (ตารางที่ 4.11) ในขณะที่มีกว้างของ Venom duct ของต่อ *V. affinis* กับ *V. tropica* และ *V. affinis* กับ *P. barthelemyi* มีกว้างของ Venom duct ไม่แตกต่างกัน แต่แตกต่างจาก *V. tropica* อย่างมีนัยสำคัญที่ $P<0.05$ (ตารางที่ 4.15)



ภาพที่ 4.15 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom duct ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope) โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi*



ภาพที่ 4.16 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom sac ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi*

ตารางที่ 4.11 ลักษณะความกว้าง ความยาวของ Venom duct ต่อทั้ง 3 ชนิด

ตัวอย่าง (N=30)	Venom duct width (μm)			Venom duct length (μm)		
	Mean	$\pm\text{SD}$	Min-max	Mean	$\pm\text{SD}$	Min-max
<i>V. affinis</i>	188.756 ^{ab}	38.603	147.00-266.33	3609.90 ^a	275.753	3128.67-4029.33
<i>V. tropica</i>	206.433 ^b	33.829	147.00-246.00	4225.222 ^b	389.140	3555.00-4761.00
<i>P. barthelemyi</i>	170.022 ^{ac}	24.302	81.67-209.33	3099.10 ^c	380.984	2376.67-3590.33

$P < 0.05$ *a,b,c อักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

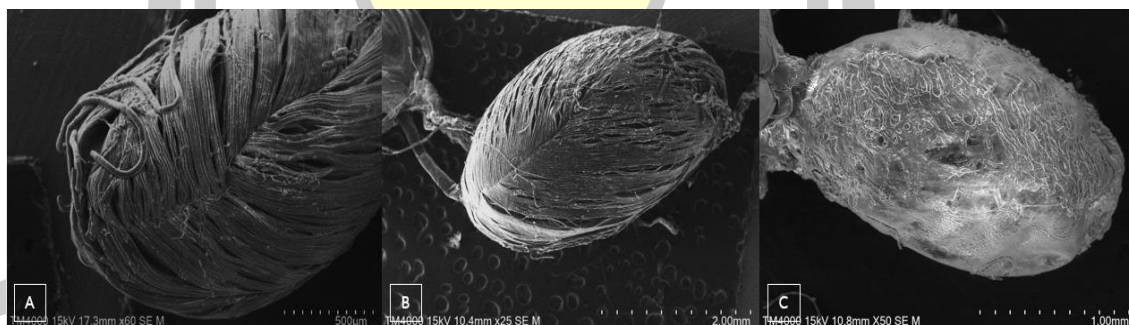
4.3.2.2 การศึกษาโครงสร้างของถุงเก็บพิษ

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานของ Venom sac ต่อทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ *V. affinis* *V. tropica* และ *P. barthelemyi* (ภาพที่ 4.17-4.18) พบว่า Venom sac มีความกว้างเฉลี่ย 2611.322 3226.500 และ 1786.844 μm ตามลำดับ และ มีความยาวเฉลี่ย 4381.688 5486.500 และ 3563.533 μm ตามลำดับ (ตารางที่ 4.12)

เมื่อทดสอบทางสถิติโดยใช้ one way ANOVA พบว่าลักษณะกว้าง ความยาว Venom sac ของต่อทั้ง 3 ชนิด มีขนาดแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญที่ $P < 0.05$ (ตารางที่ 4.12)



ภาพที่ 4.17 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom sac ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereoscopic microscope) โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi*



ภาพที่ 4.18 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom sac ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi*

ตารางที่ 4.12 ลักษณะกว้าง ความยาว Venom sac ของต่อทั้ง 3 ชนิด

ตัวอย่าง (N=30)	venom sac width (μm)			venom sac length (μm)		
	Mean	$\pm\text{SD}$	Min-max	Mean	$\pm\text{SD}$	Min-max
<i>V. affinis</i>	2611.322 ^a	279.272	1959.33-3020.67	4381.688 ^a	528.898	3381.33-6069.33
<i>V. tropica</i>	3226.500 ^b	187.917	2895.33-3557.33	5486.500 ^b	456.665	4753.67-6321.33
<i>P. barthelemyi</i>	1786.844 ^c	101.142	1602.67-1958.33	3563.533 ^c	624.022	2600.33-4392.33

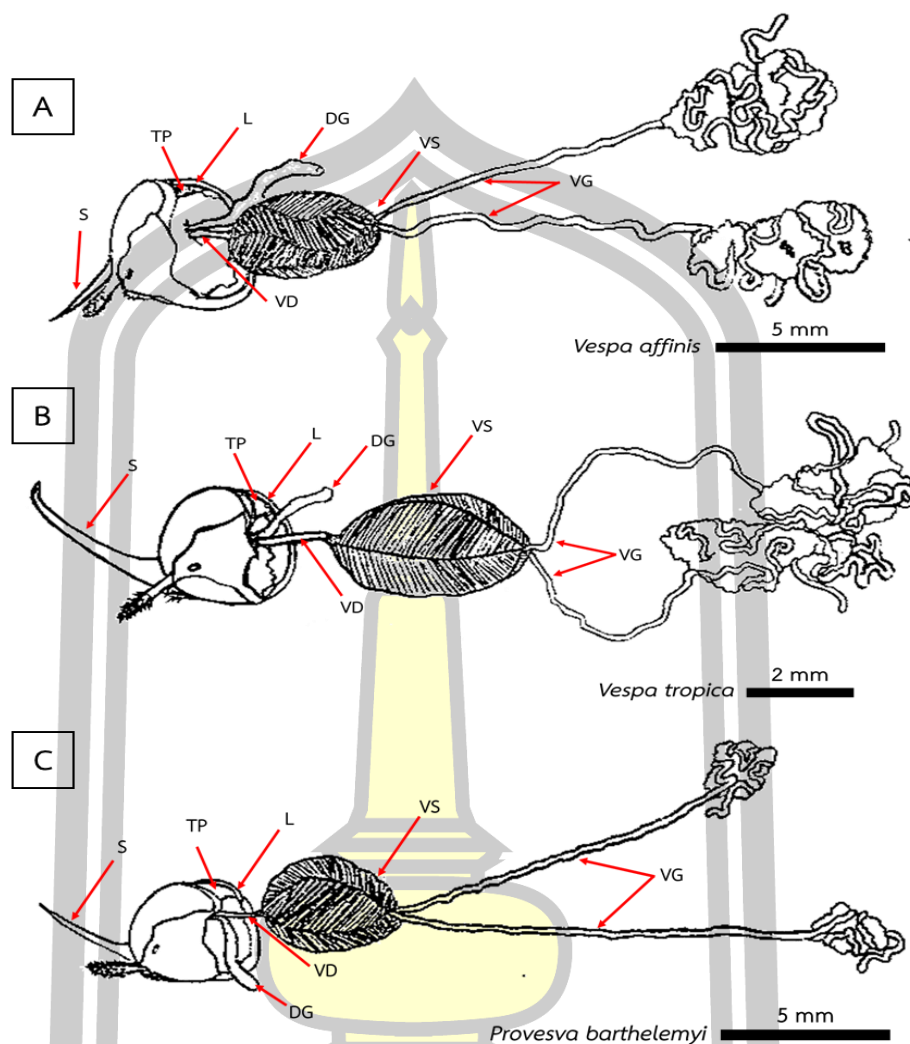
P < 0.05 *a,b,c อักษรแตกต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงว่ามีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

4.3.2.3 การศึกษาโครงสร้างของต่อพิษ

ต่อพิษมีหน้าที่สร้างพิษมีลักษณะเป็นท่อยาวสองท่อแยกออกจากกัน(ภาพที่ 4.19-4.20) แล้วรวมกันบริเวณปลายถุงเก็บพิษที่มีมดกล้ำมเนื้อบางๆห่อหุ้มถุงเก็บพิษ (ภาพที่ 4.17-4.18) โดยมีการเรียงตัวของมดกล้ำมเนื้อเป็นแนวขวาง เมื่อมีการบีบตัวของกล้ำมเนื้อพิษจะถูกส่งไปตามท่อส่งพิษไปยังเหล็กใน (ภาพที่ 4.15-4.16) โดยที่ต่อพิษของ *V. affinis* มีเส้นแบ่งมดกล้ำมเนื้อที่โค้งงอมากกว่า *V. tropica* ซึ่งมีเส้นแบ่งมดกล้ำมเนื้อที่เรียบตรง ส่วน *P. barthelemyi* มีมดกล้ำมเนื้อที่เรียบตรง มีความโค้งเล็กน้อยหรือแทบไม่มีความโค้งเลย (ภาพที่ 4.17-4.18)



ภาพที่ 4.19 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom grand ของต่อทั้ง 3 ชนิด จากศึกษาภายใต้กล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) โดยที่ (A) *V. affinis* (B) *V. tropica* (C) *P. barthelemyi*



ภาพที่ 4.20 ภาพแสดงการเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของ venom gland ของต่อทั้ง 3 ชนิด โดยที่ (A) *Vespa affinis* (B) *Vespa tropica* (C) *Provespa barthelemyi* (S= Stylet, TP= triangular plate. , L=Lancet , DG= Dufour's gland, VD = Venom duct, VS = Venom sac, VG = Venom gland)

พญ. ปณ. ทิโต ชีเว

บทที่ 5

อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

5.1 อภิปรายผลการศึกษา

5.1.1 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกเพื่อระบุชนิด

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกเพื่อระบุชนิดโดยมีความสอดคล้องกับงานของ Carpenter & Nguyen (2003) ซึ่งได้กล่าวถึงวิธีแยกชนิดของต่อในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ไว้ว่าต่อในสกุล *Provespa* มีตาเดี่ยวขนาดใหญ่ โดยตาเดี่ยวด้านหลังอยู่ใกล้ตามากกว่าต่อในสกุล *Vespa* ในขณะที่ต่อในสกุล *Vespa* จะมีตาเดี่ยวด้านหลังอยู่ใกล้กันมากขึ้น และพบวาระยะห่างระหว่างตาเดี่ยวบริเวณสันกะโหลกมากกว่าระยะห่างระหว่างด้านหลังของตาเดี่ยวกับตาประกอบ นอกจากนี้ผลการศึกษาในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับการศึกษาของ Smith-Pardo et al., 2020 ซึ่งได้ศึกษาอนุกรมวิธานเบื้องต้นเพื่อเปรียบเทียบความหลากหลายของชนิดของต่อในสกุล *Vespa* เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการประกอบการระบุชนิดของต่อในสกุล *Vespa* และยังสอดคล้องกับ Dorji et al. (2017) ที่ได้รายงานไว้ว่าปล้องท้องปล้องแรกของ *Vespa affinis* (ต่อหัวเสือ) ส่วนมากมีสีส้มเหลืองฐานสีน้ำตาลแดงหรือสีดำ หัวสีดำมีสีน้ำตาลแดงเล็กน้อยที่ด้านหน้า และบริเวณสันกะโหลก ทรวงอกเป็นสีดำสนิทหรือมีรอยสีน้ำตาลแดงจาง ๆ บนส่วนอก ความยาวลำตัว 20 มิลลิเมตร *Vespa tropica* (ต่อหลุม) หัวและอกเป็นสีดำ มีปล้องท้องปล้องที่ 2 สีส้มกว้างและเข้มกว่าที่ฐานไม่ถึงกึ่งกลางของปล้อง ฐานของโคนปีกกว้างเป็นสีดำเกือบทั้งหมด ความยาวลำตัว 23.80–29.95 มิลลิเมตร และ *Provespa barthelemyi* (ตอนอนกลางวัน) หัวขนาดเล็ก สัน และ แคบ มีตาเดี่ยวใหญ่มาก ตาเดี่ยวด้านหลังอยู่ใกล้ตามากกว่าชนิดอื่น ปีกด้านหน้ามี stigma ขนาดใหญ่ ช่องเส้นปีกช่องแรกยาวมากเท่ากับระยะทางจากจุดโคนปีกถึงปลายของปีก ปล้องท้องแรกเป็นรูปถ้วย ลำตัวมีสีเหลืองอ่อนเข้มขึ้นที่ขอบเล็กน้อย ขอบด้านล่างของฟันที่ไม่คมชัดเจน มีความยาวลำตัว 20.12–22.23 มิลลิเมตร

5.1.2 การศึกษาโครงสร้างของเหล็กในต่อภายใต้กล้องจุลทรรศน์

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกของเหล็กในต่อทั้ง 3 ชนิดได้แก่ *Vespa affinis* (ต่อหัวเสือ) *Vespa tropica* (ต่อหลุม) *Provespa barthelemyi* (ตอนอนกลางวัน) ภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ (Stereo microscope) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) พบว่า ลักษณะภายนอกของเหล็กในของทั้ง 3

ชนิด มีความคล้ายคลึงกัน แต่มีขนาดที่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งมีการศึกษาลักษณะของเหล็กใน 2 ส่วน ได้แก่ ส่วนของเหล็กใน ต่อมสร้างพิษและถุงเก็บพิษ

5.1.2.1 การศึกษาสัณฐานวิทยาของเหล็กใน

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานของ Stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิด พบว่า *V. affinis* มีรูปแบบความโค้งบริเวณส่วนปลาย stylet มีความโค้งมากที่สุด มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ stylet มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 259.42 ± 3.93 กับ 3199.24 ± 33.51 ไมโครเมตร ตามลำดับ ส่วน *V. tropica* มีความโค้งบริเวณส่วนปลาย Stylet มากที่สุด มีความกว้างและความยาวเฉลี่ยของ stylet 320.60 ± 3.15 และ 3634.77 ± 80.89 ไมโครเมตร ตามลำดับ และ *P. barthelemyi* มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ stylet มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 233.18 ± 1.84 และ 2272.74 ± 13.27 ไมโครเมตร ตามลำดับ

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานพื้นผิวของ Stylet ของต่อทั้ง 3 ชนิดภายใต้ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope : SEM) พบว่า ลักษณะความโค้งของ Stylet หรือบริเวณ sting shaft ของทั้ง 3 ชนิด มีความแตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด โดยที่ ความโค้งของ sting shaft ของ *V. affinis* มีรูปแบบความโค้งของ sting shaft และ บริเวณส่วนปลายของ Stylet มีความโค้งเล็กน้อย ส่วน *V. tropica* มีรูปแบบความโค้งของ Stylet และ บริเวณส่วนปลายของ sting shaft มีความโค้งมากที่สุดและ *P. barthelemyi* มีรูปแบบความโค้งของ sting shaft และ บริเวณส่วนปลายของ sting shaft มีความโค้งน้อยมากหรือไม่มีเลย

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานของ lancet ของต่อทั้ง 3 ชนิดพบว่า *V. affinis* มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ lancet ด้านซ้ายอยู่ที่ 140.14 ± 2.15 กับ 2059.65 ± 15.54 ไมโครเมตร และ มีความกว้าง ความยาวเฉลี่ยของ lancet ด้านขวาอยู่ที่ 140.56 ± 1.21 กับ 2061.11 ± 17.66 ไมโครเมตร ส่วน *V. tropica* มีค่าความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ lancet ด้านซ้ายคือ 154.70 ± 2.07 กับ 3426.73 ± 31.89 ไมโครเมตร ความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ lancet ด้านขวาคือ 147.61 ± 0.84 กับ 3421.90 ± 31.12 ไมโครเมตร และ *P. barthelemyi* มีค่าความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ lancet ด้านซ้ายคือ 84.41 ± 0.96 กับ 2133.00 ± 9.64 ไมโครเมตร มีค่าความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของ lancet ด้านขวาคือ 84.04 ± 0.81 กับ 2093.41 ± 11.31 ไมโครเมตร

ผลการศึกษาในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Schroeder, et al. (2018) ที่ได้กล่าวไว้ว่า กระบวนการต่อจะมีความเกี่ยวข้องกับส่วนต่างๆ มีการทำงานร่วมกันอย่างสมดุล โดยการเชื่อมต่อกันด้วยกล้ามเนื้อที่มีความแข็งแรง และยืดหยุ่น ส่วนปลายของเหล็กในที่แทง

ผิวหนังประกอบด้วยสามส่วนคือ lancets 2 ข้างซ้ายและขวา บริเวณปลายของ lancet มีเงี่ยง โดย lancet 2 ทั้งข้างที่เคลื่อนไหวได้อิสระด้วยร่องรางที่เรียกว่า rachises โดยมีรางประคองที่เรียกว่า stylet

นอกจากนี้ผลการศึกษาในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Zhao, et al. (2015) ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบกลไกการต้อยของผึ้งพันธุ์ และตัวต่อกระดาศ พบว่าแต่ละชนิดมี stylet และมี lancet 2 อัน ซึ่งเชื่อมต่อกันด้วยกลไกการประสานแบบเลื่อน โดย lancet ของผึ้งมีเงี่ยงยื่นออกจาก stylet ในขณะที่ lancet ของตัวต่อมีเงี่ยงไม่ยื่นออกจาก stylet นอกจากนี้เหล็กในของตัวต่อกระดาศสามารถดึงออกจากพื้นผิวของเหยื่อได้อย่างง่ายดาย ในขณะที่ผึ้งจะดึงเหล็กในออกได้ยากกว่าเนื่องจากมีเงี่ยงที่ยื่นออกมาด้านนอก

จากผลการศึกษาในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bissessarsingh and Starr (2021) ซึ่งได้ศึกษาสัณฐานวิทยาเปรียบเทียบของเหล็กในของตัวต่อจากการเปรียบเทียบเหล็กในของต่อทั้งหมด 51 ชนิด ได้แก่ Eumenines และ Zethines 4 ชนิด Stenogastrines 2 ชนิด Polistines 16 ชนิด Polistines ที่พบใหม่ 13 ชนิด และ Vespines 16 ชนิด พบว่า stylet ของเหล็กในต่อแต่ละชนิด มีความยาวใกล้เคียงกัน แต่มีรูปแบบความโค้งของ sting shaft ของเหล็กในใกล้เคียงกัน จากการวิเคราะห์เหล็กในได้แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ รวมไปถึงโครงสร้างของเหล็กในมีความคล้ายคลึงกัน แต่รูปแบบของเงี่ยงบน lancet มีรูปแบบที่แตกต่างกันเมื่อนำไปวิเคราะห์เงี่ยงบน lancet ได้แสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากการวิเคราะห์ Cluster Analysis โดยมีการเลือกใช้ลักษณะสัณฐานวิทยาของ ความกว้าง ความยาว ของ lancet ทั้งด้านซ้าย ด้านขวา จำนวนเงี่ยง และ ความกว้างของถุงพิษ พบว่า เดนโดแกรมที่ได้แบ่งกลุ่มตัวอย่างต่อออกเป็น 2 กลุ่ม โดยที่กลุ่มที่ 1 เป็นต่อ *V. tropica* และ กลุ่มที่ 2 เป็นต่อ *V. affinis* และ *P. barthelemyi* (ภาพที่ 4.14) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ Pickett and Carpenter (2010) ที่ได้การศึกษาความสัมพันธ์เชิงวิวัฒนาการของ Vespidae โดยพิจารณาจากตัวอย่างอนุกรมวิธาน และ ชุดข้อมูลลักษณะฟีโนไทป์ แสดงให้เห็นว่าความสัมพันธ์ระหว่างวงศ์ย่อยคือ Euparagiinae + (Masarinae + (Eumeninae + (Stenogastrinae + (Polistinae + Vespinae)))) โดยที่วงศ์ย่อยทั้งหมดมี monophyletic ดังนั้นจึงสนับสนุนว่ามีความเกี่ยวพันทางสายวิวัฒนาการอย่างชัดเจน และมีความสอดคล้องกับรายงานของ Persson (2015) โดยได้ศึกษาสายวิวัฒนาการและอนุกรมวิธานของวงศ์ย่อย Vespinae (Hymenoptera: Vespidae) ด้วยวิธีการตรวจสอบอัตลักษณ์ทางพันธุกรรม ได้กล่าวไว้ว่า ต่อในสกุล *Vespa* และ *Provespa* มีความใกล้ชิดกันภายในสายวิวัฒนาการ

การศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Stetsun et al. (2019) ซึ่งได้ศึกษาความสัมพันธ์ของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเหล็กในของตัวต่อในวงศ์ Crabronidae 2 ชนิด ได้แก่ *Crabro scutellatus* และ *Oxybelus quatuordecimnotatus* พบว่า จากการวิเคราะห์เพื่อค้นหาความสัมพันธ์ที่เป็นไปได้ระหว่างรูปร่างความคล้ายคลึงกันของในเหล็กในของทั้งสองสายชนิดแสดงให้เห็นว่าเหล็กใน มีความแตกต่างในด้านความโค้ง และพื้นผิวของเหล็กในแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

5.1.2.2 การศึกษาสัณฐานวิทยาของต่อมพิษ ท่อพิษ และถุงเก็บพิษ

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของต่อมพิษเมื่อตรวจสอบต่อมพิษด้วยกล้องจุลทรรศน์สเตอริโอแล้วพบว่าต่อมพิษมีลักษณะเป็นเส้นยาวสองเส้นสีขาวขุ่นเริ่มแยกออกจากกันอย่างบริเวณปลายถุงเก็บพิษโดยแยกออกจากกันเป็นสองเส้น บริเวณจุดเชื่อมต่อกับถุงพิษที่มีมัดกล้ามเนื้อบาง ๆ ห่อหุ้มอยู่โดยรอบโดยมีการเรียงตัวของมัดกล้ามเนื้อเป็นแนวขวาง เมื่อมีการบีบตัวของกล้ามเนื้อพิษจะถูกส่งไปตามท่อส่งพิษไปยังเหล็กใน เนื่องจากตัวอย่างที่มีนั้นมิเส้นใยมีขนาดเล็กบางและขาดง่าย และเก็บรักษาไว้เป็นเวลานานจึงทำให้ตัวอย่างมีความสมบูรณ์ไม่มากพอสำหรับการวัดขนาด อีกทั้งบริเวณส่วนปลายของต่อมพิษขดพันอยู่ติดกัน จึงไม่สามารถชี้ให้ทราบความยาวที่แท้จริงได้ ต่อมพิษมีบทบาทสำคัญมากในการผลิตน้ำพิษสำหรับใช้งานในกลไกการต่อยของต่อซึ่งมีการทำงานร่วมกันกับหลายส่วนโดยเริ่มต่อมพิษจะสร้างน้ำพิษแล้ว น้ำพิษจะถูกส่งไปเก็บยังถุงพิษและเมื่อกลไกการต่อยเริ่มกล้ามเนื้อรอบถุงพิษจะมีการบีบตัวเพื่อส่งน้ำพิษที่เก็บไว้ภายในถุงพิษถูกส่งลำเลียงไปตามท่อส่งพิษไปยังส่วนของเหล็กใน และฉีดลงไปในเนื้อเยื่อของเหยื่อ (Robertson, 1968; van Marle and Piek, 1986; Edson and Vinson, 1979; Quicke, 1997; Quicke et al., 1992, 1997; Vårdal, H. 2006)

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาของท่อพิษ (venom duct) ของต่อทั้ง 3 ชนิดพบว่า *V. affinis* มีความกว้าง และความยาวของท่อพิษ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 188.75 ± 7.04 กับ 3609.90 ± 50.34 ไมโครเมตร ตามลำดับ ส่วน *V. tropica* มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของท่อพิษอยู่ที่ 206.43 ± 6.17 กับ 4225.22 ± 71.04 ไมโครเมตร ตามลำดับ และ *P. barthelemyi* มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของท่อพิษ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 170.02 ± 4.43 กับ 3099.10 ± 69.55 ไมโครเมตร ตามลำดับ

จากการศึกษาลักษณะสัณฐานของถุงเก็บพิษ (venom sac) ของต่อทั้ง 3 ชนิด พบว่า *V. affinis* ความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของถุงเก็บพิษ มีค่า 2611.32 ± 50.98 กับ 4381.68 ± 96.56 ไมโครเมตร ตามลำดับ ส่วน *V. tropica* มีความกว้าง และความยาวเฉลี่ยของถุงเก็บพิษ อยู่ที่ 3226.50 ± 34.30 กับ 5486.50 ± 83.37 ไมโครเมตร ตามลำดับ และ *P. barthelemyi* ความกว้าง และความยาวของถุงเก็บพิษ มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 1786.84 ± 18.46 กับ 3563.53 ± 113.93 ไมโครเมตร ตามลำดับ

ผลการศึกษาในครั้งนี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Elieh Ali Komi, (2018) ซึ่งได้กล่าวว่า ท่อพิษมีหน้าที่สำคัญและเป็นส่วนหนึ่งของกลไกการต่อของต่อ โดยเมื่อต่อมพิษสร้างพิษแล้วจะมีการส่งน้ำพิษไปกักเก็บที่บริเวณถุงเก็บพิษซึ่งมีมดกล้ำมเนื้อบางๆ เรียงตัวเป็นแนวขวางท่อหุ้มถุงเก็บพิษไว้ เมื่อมีการต่อยกล้ำมเนื้อจะมีการบีบน้ำพิษจะถูกส่งไปตามท่อส่งพิษไปยังเหล็กในเพื่อสูบน้ำพิษเข้าสู่เนื้อเยื่อ ซึ่งการฝังเหล็กในเข้าไปยังเนื้อเยื่อของเหยื่อหรือศัตรู จะทำให้พิษสูบน้ำพิษได้นานถึง 1 นาที เพื่อส่งพิษไปยังเนื้อเยื่อที่ละเอียดอ่อนมากขึ้น

ต่อมพิษมีหน้าที่สร้างพิษมีลักษณะเป็นท่อยาวสองท่อแยกออกจากกัน แล้วรวมกันบริเวณปลายถุงเก็บพิษที่มีมดกล้ำมเนื้อบาง ๆ ท่อหุ้มถุงเก็บพิษ โดยมีการเรียงตัวของมดกล้ำมเนื้อเป็นแนวขวาง โดยที่ต่อมพิษของ *V. affinis* มีเส้นแบ่งมดกล้ำมเนื้อที่โค้งงอมากกว่า *V. tropica* ซึ่งมีเส้นแบ่งมดกล้ำมเนื้อที่เรียบตรง ส่วน *P. barthelemyi* มีมดกล้ำมเนื้อที่เรียบตรง มีความโค้งเล็กน้อยหรือแทบไม่มีความโค้งเลย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Britto et al. (2005) ได้กล่าวไว้ว่า ต่อมพิษมีการลักษณะของต่อมที่แตกต่างกันไปตามสปีชีส์ แต่โดยทั่วไปแล้วต่อมพิษจะประกอบด้วยท่อยาวที่เชื่อมต่อกับแหล่งกักเก็บคล้ายถุงกล้ำมเนื้อ ในรูของบริเวณกักเก็บน้ำพิษที่ จากการศึกษาวิเคราะห์ทางสัณฐานวิทยาของต่อมพิษ ต่อมพิษประกอบด้วยท่อสองส่วนที่เจาะแยกกันในถุงเก็บน้ำพิษ ซึ่งภายในนั้นเราจะพบต่อมที่ซับซ้อน นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างทางสัณฐานวิทยาของต่อมพิษ แสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างชัดเจน

การศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Suicmez et al. (2017) ได้กล่าวไว้ว่า ต่อมพิษเป็นอวัยวะลักษณะคล้ายท่อแยกออกจากถุงพิษสองท่อลักษณะคล้ายกิ่งไม้ หรือต่อมพิษมีท่อที่เชื่อมต่อกับถุงเก็บน้ำพิษคล้ายกระเพาะปัสสาวะ แต่ละต่อมท่อมีความยาว 5-8 มม. แต่ละท่อสาขาจากต่อมพิษถูกรวมเข้าด้วยกันเพื่อเข้าถุงเก็บน้ำพิษ ถุงพิษจะมีลักษณะเป็นทรงกลม และล้อมรอบด้วยมดกล้ำมเนื้อบาง ๆ เส้นใยกล้ำมเนื้อเรียงตัวกันเป็นแนวขวาง และเฉียงทำให้เกิดถุงที่มีกล้ำมเนื้ออยู่ในรูปแบบของกลีบสี่แฉกที่แตกต่างกัน

การศึกษานี้มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Silveira and Caetano (1993) การศึกษาความแตกต่างของต่อมพิษของตัวต่อสังคม 25 ชนิด ในวงศ์ Polistine ด้วยวิธีการวัดลักษณะทางสัณฐานวิทยา ได้แก่ ความยาวของเส้นใยของต่อมพิษ ความยาวของแหล่งกักเก็บพิษ ความกว้างของแหล่งกักเก็บพิษ ความยาวของท่อพิษหลัก ความยาวของต่อมดูฟัวร์ และความยาวหลักใน พบว่า ต่อมพิษมีลักษณะเป็นเส้นใยคล้ายท่อยาวต่อออกจากบริเวณปลายของถุงพิษ เมื่อทำการวิเคราะห์ค้นหาพบว่าลักษณะของต่อพิษมีรูปแบบมีความคล้ายคลึงกัน ในขณะที่ความยาวของเส้นใยของต่อมพิษแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันทางสถิติ

5.2 สรุปผลการศึกษา

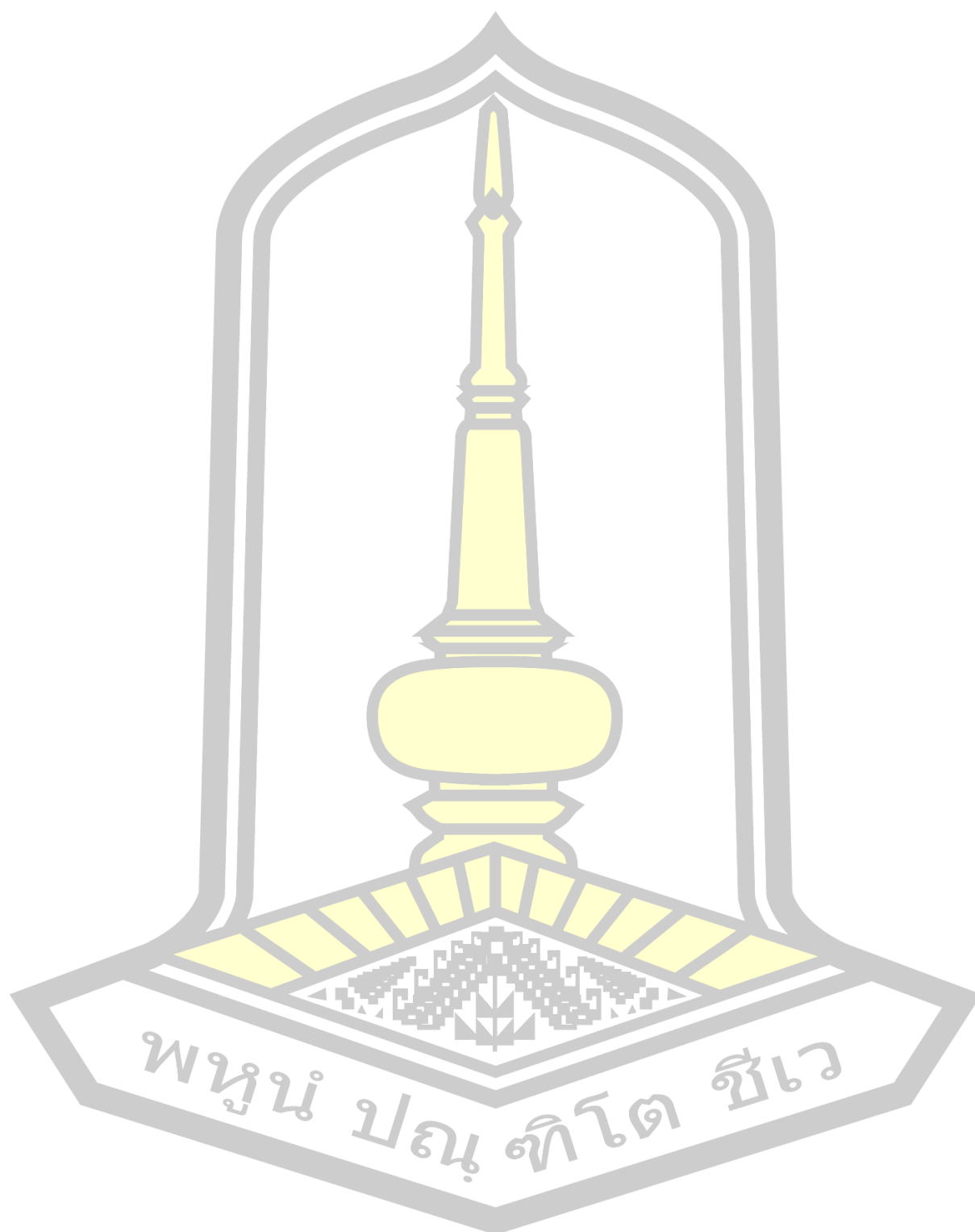
5.2.1 จากการศึกษาสัณฐานวิทยาหลักในต่อทั้ง 3 ชนิด พบว่า stylet lancet รูปร่างของเงี่ยง ระยะห่างระหว่างเงี่ยง และจำนวนเงี่ยง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาสามารถใช้ในการระบุชนิดของต่อได้ เนื่องจากลักษณะจากเงี่ยงและจำนวนเงี่ยง มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน

5.2.2 จากการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของต่อมพิษ ท่อพิษ และถุงเก็บพิษของต่อทั้ง 3 ชนิดพบว่า ต่อมพิษมีลักษณะคล้ายคลึงกันมาก โดยต่อมพิษมีลักษณะเป็นท่อยาวสองท่อแยกออกจากกัน แล้วรวมกันบริเวณปลายถุงเก็บพิษที่มีมดกล้ำมเนื้อบาง ๆ ท่อหุ้มถุงเก็บพิษ แต่มีขนาดและเส้นแบ่งการเรียงตัวของมดกล้ำมเนื้อ โดยมีการเรียงตัวของมดกล้ำมเนื้อเป็นแนวขวาง โดยถุงเก็บพิษของ *V. affinis* มีเส้นแบ่งมดกล้ำมเนื้อที่โค้งงอมากกว่า *V. tropica* ซึ่งมีเส้นแบ่งมดกล้ำมเนื้อที่เรียบตรง ส่วน *P. barthelemyi* มีลักษณะการแบ่งมดกล้ำมเนื้อที่เรียบตรง มีความโค้งเล็กน้อยหรือแทบไม่มีความโค้ง ส่วนบริเวณท่อพิษของต่อมีลักษณะเป็นท่อยาวใสเชื่อมต่อระหว่างถุงพิษกับหลักในของต่อ โดยความกว้างภายในท่อพิษต่อทั้ง 3 ชนิด แตกต่างกัน โดยมีความกว้างภายในท่อพิษกว้างที่สุด คือ *V. tropica*, *V. affinis* และ *P. barthelemyi* ตามลำดับ แต่มีความยาวท่อพิษระหว่างถุงพิษถึงหลักในไม่แตกต่างกัน

5.3 ข้อเสนอแนะ

ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบลักษณะสัณฐานของของหลักในต่อ ในระดับสกุลเดียวกันเพื่อพิจารณาความแตกต่างสำหรับการจำแนกชนิดภายในสกุลเดียวกันได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และมีใช้วิธีการทางด้านพันธุศาสตร์โมเลกุลเพื่อการระบุชนิดของต่อให้ถูกต้องแม่นยำมากขึ้น

บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

- ดวงทิพย์ กันฐา วิศรุต สุขเกตุ ภาวินี เขตร์นนท์ และคะเนิงนิจ บุศราคำ. (2564). ความหลากหลายและความหนาแน่นของแมลงกลุ่ม Hymenoptera ดัชนีบ่งชี้ความอุดมสมบูรณ์ของสถานีวิจัยสิ่งแวดล้อมสะแกราช. *วารสารก้าวหน้าทางโลกวิทยาศาสตร์*, 21(1), 28-45.
- พิพิธภัณฑธรรมชาติวิทยา. (2558). นิทรรศการต่อเติม. สืบค้นวันที่ 19 กุมภาพันธ์ 2559, จาก http://www.nsm.or.th/index.php?option=com_k2&view=item&id=3391:2015-02-24-04-34-19&Itemid=292.
- รวีรัตน์ ลิขณรังสี. (2557). การแพ้จากแมลงต่อย. *วารสารการแพทย์และวิทยาศาสตร์สุขภาพ*, 21(2), 32-39.
- สีมา ชัยสวัสดิ์ และ ชนก ลิ้มปิพิชัย. (2531). การศึกษาสัณฐานวิทยาของเหล็กในของผึ้งมิม (*Apis florea* F.) ผึ้งหลวง (*Apis dorsata* F.), ผึ้งโพรง (*Apis cerana* F.) และผึ้งพันธุ์ (*Apis mellifera* L.) ในประเทศไทย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย: กรุงเทพฯ.
- องค์การพิพิธภัณฑวิทยาศาสตร์แห่งชาติ. (2552). นิทรรศการต่อเติม แมลงร้ายที่โลกต้องการ. สืบค้นวันที่ 28 กันยายน 2565, จาก <http://www1a.biotec.or.th>.
- Abd El-Wahed, A., Yosri, N., Sakr, H. H., Du, M., Algethami, A. F., Zhao, C., and El-Seedi, H. R. (2021). Wasp venom biochemical components and their potential in biological applications and nanotechnological interventions. *Toxins*, 13(3), 206.
- Araújo, V. A., Antonini, Y., and Araújo, A. (2006). Diversity of bees and their floral resources at altitudinal areas in the Southern Espinhaço Range, Minas Gerais, Brazil. *Neotropical Entomology*, 35, 30-40.
- Archer, M. E. (1989). *A Key to the World Species of the Vespinae (Hymenoptera) Part 1: Keys, Checklist and Distribution*. York: Academic Board Research Committee of the College of Ripon and York St John.
- Barbosa, D.N., Vilhelmsen, L., and Azevedo, C.O. (2021). Morphology of sting apparatus of Chrysidoidea (Hymenoptera, Aculeata). *Arthropod Structure & Development*, 60, 100999.
- Barss, P. (1989). Renal failure and death after multiple stings in Papua New Guinea. Ecology, prevention and management of attacks by vespoid wasps. *The Medical Journal of Australia*, 151(11-12), 659-663.

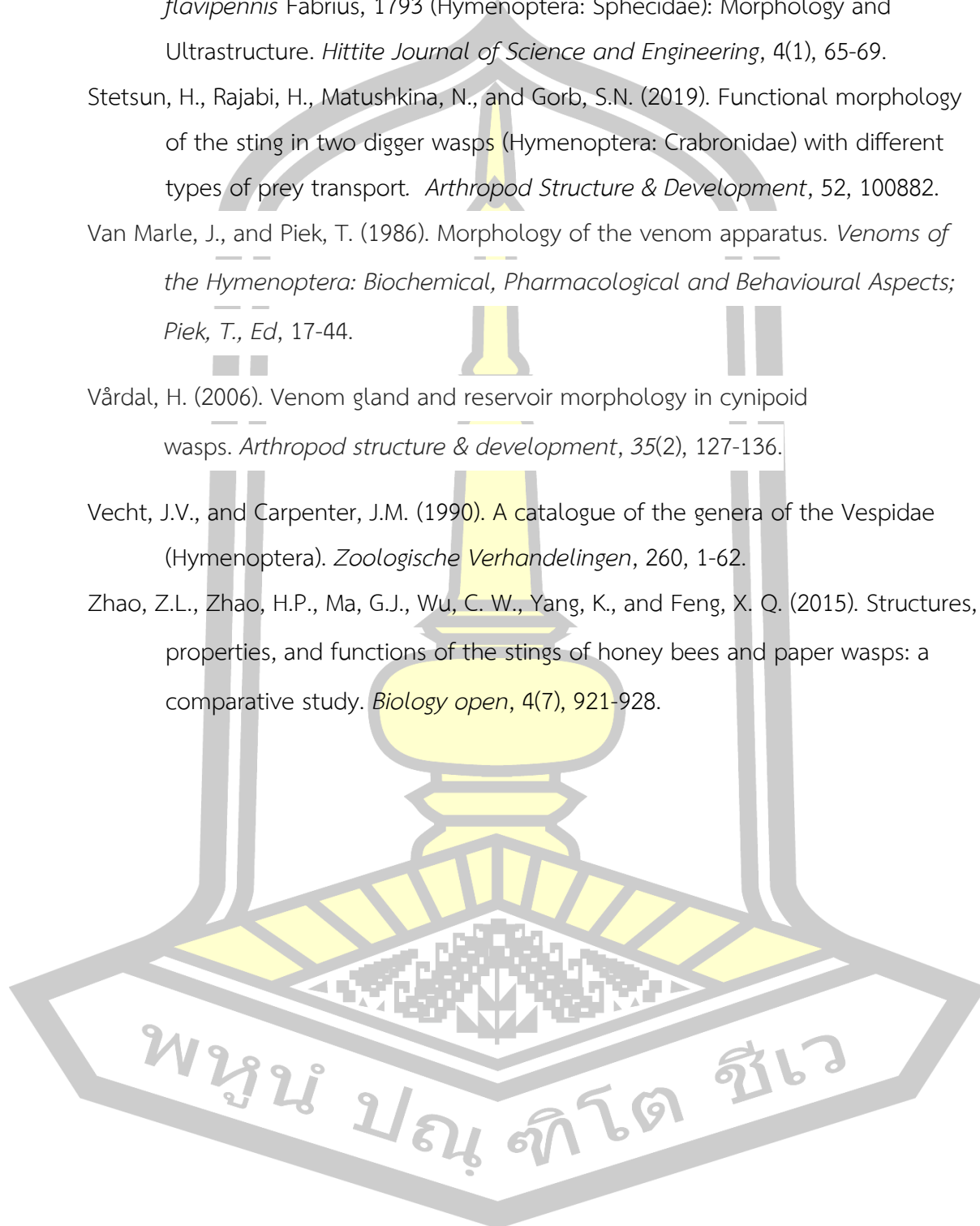
- Bhadra, A., and Gadagkar, R. (2008). We know that the wasps 'know': cryptic successors to the queen in *Ropalidia marginata*. *Biology Letters*, 4(6), 634-637.
- Bhadra, A., Iyer, P.L., Sumana, A., Deshpande, S.A., Ghosh, S., and Gadagkar R. (2007). How do workers of the primitively eusocial wasp *Ropalidia marginata* detect the presence of their queens? *Journal of Theoretical Biology*, 246(3), 574-582.
- Biló, B.M., Rueff, F., Mosbech, H., Bonifazi, F., and Oude-Elberink, J.N; the EAACI Interest Group on Insect Venom Hypersensitivity. (2005). Diagnosis of Hymenoptera venom allergy. *Allergy*, 60(11), 1339-1349.
- Bissessarsingh, M., and Starr, C.K. (2021). Comparative morphology of the stinger in social wasps (Hymenoptera: Vespidae). *Insects*, 12(8), 729.
- Britto, F.B., and Caetano, F.H. (2005). Ultramorphological analysis of the venom glands and their histochemical relationship with the convoluted glands in the primitive social paper wasp *Polistes versicolor* (Hymenoptera: Vespidae). *Journal of venomous Animals and Toxins including tropical Diseases*, 11(2), 160-174.
- Buck, M., Marshall, S.A. and Cheung, D.K.B. (2008) Identification atlas of the Vespidae (Hymenoptera, Aculeata) of the northeastern Nearctic region. *Canadian Journal of Arthropod Identification*, 5: 1-492.
- Carpenter, J.M. and Nguyen, P.L.T. (2003). Keys to the genera of social wasps of South-East Asia. *Entomological Science*, 6(3), 183-192.
- Dorji, P., Gyeltshen, T., Klein, W., & Nidup, T. (2017). New records of social wasps (Hymenoptera: Vespinae: *Vespa* and *Provespa*) from Bhutan. *Journal of Threatened Taxa*, 9(4), 10102-10108.
- Edson, K. M., and Vinson, S. B. (1979). A comparative morphology of the venom apparatus of female braconids (Hymenoptera: Braconidae)1. *The Canadian Entomologist*, 111(9), 1013-1024.
- Elieh Ali Komi, D., Shafaghat, F., and Zwiener, R. D. (2018). Immunology of bee venom. *Clinical reviews in allergy & immunology*, 54, 386-396.

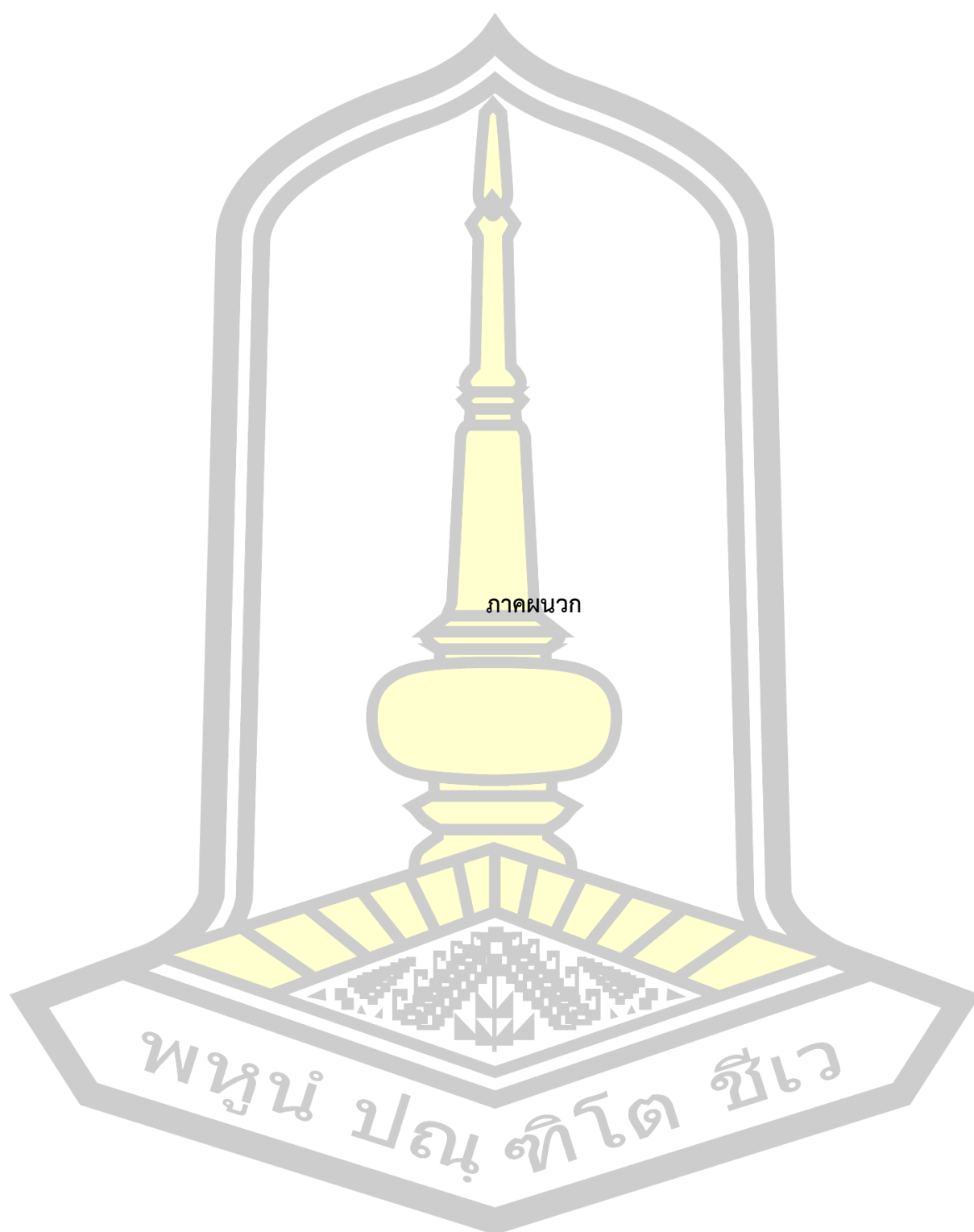
- Gadagkar, R. (2016). Evolution of social behaviour in the primitively eusocial wasp *Ropalidia marginata*: do we need to look beyond kin selection? *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 371(1687), 20150094.
- Gadagka, R., Chandrashekar, K., Chandran, S., and Bhagavan, S. (1993). Serial polygyny in the primitively eusocial wasp *Ropalidia marginata*: Implications for the evolution of sociality. In: Keller, L. (ed.) *Queen number and Sociality in Insects*. Oxford: Oxford university Press.
- Gauld, I., and Bolton, B. (1996). *The Hymenoptera*. British Museum (Natural History): Oxford University Press.
- Gill, C., Jack, C., and Lucky, A. (2020). Asian Giant Hornet *Vespa mandarinia* Smith (1852) (Insecta: Hymenoptera: Vespidae). Retrieved from <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/IN1281>
- Golden, D.B., Moffitt, J., Nicklas, R.A., et al. (2011). Stinging insect hypersensitivity: a practice parameter update 2011. *Journal of Allergy and Clinical immunology* 127, 852-854.
- Goulet, H., and Huber, J.T. (1993). *Hymenoptera of the World: An Identification Guide to Families*. Ottawa: Agriculture Canada Publication.
- Herrera, C., Leza, M., and Martínez-López, E. (2020). Diversity of compounds in *Vespa* spp. venom and the epidemiology of its sting: A global appraisal. *Archives of Toxicology*, 94(11), 3609-3627.
- Jalaei, J., Fazeli, M., Rajaian, H., Ghalehsoukhteh, S.L., Dehghani, A., and Winter, D. (2016). In vitro antihistamine-releasing activity of a peptide derived from wasp venom of *Vespa orientalis*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(3), 259-264.
- Jayasvasti, S., and Wongsiri, S. (1993). Scanning electron microscopy analysis of honey bees (*Apis florea*, *Apis dorsata*, *Apis cerana*, *Apis mellifera*, *Apis andreniformis* and *Apis koschevnikovi*) stings. *Honeybee Science*, 14(3), 105-109.
- Jongitvimol, T. and Urtgam, S. (2018). Species and habitat of wasps (Hymenoptera: Vespidae) in Northern Thailand. *PSRU Journal of Science and Technology*, 3(3), 1-10.

- Krebs, C.J. (1999). *Ecology Methodology*. Canada: An Imprint of Addison Wesley Longman.
- Light, W.C., Reisman, R.E., Shimizu, M., and Arbesman, C.E. (1977). Unusual reactions following insect stings. Clinical features and immunologic analysis. *Journal of Allergy Clinical Immunology*, 59(5), 391-397.
- Martin, S.J., Dils, V., and Billen, J. (2005). Morphology of the Dufour gland within the honey bee sting gland complex. *Apidologie*, 36(4), 543-546.
- Matushkina, N.A. (2011). Sting microsculpture in the digger wasp *Bembix rostrata* (Hymenoptera, Crabronidae). *Journal of Hymenoptera Research*, 21(2), 41-52.
- Manzoli-Palma, M. S. C., & Gobbi, N. (1997). Sting autotomy, sting morphology and sociality in Neotropical vespids (Hymenoptera: Vespidae). *J Hymenopt Res*, 6, 152-162.
- Maxwell J.F. (2004). A Synopsis of the Vegetation of Thailand. *The Natural History Journal of Chulalongkorn University*, 4(2), 19-29.
- O'Donnell, S. (1998). Reproductive caste determination in eusocial wasps (Hymenoptera: Vespidae). *Annual Review of Entomology*, 43, 323-346.
- Persson, S. (2015). Phylogeny and taxonomy of the subfamily Vespinae (Hymenoptera: Vespidae), based on five molecular markers. *Master of Science, University of Gothenburg*.
- Pham, P.H., and Li, T. (2015). A first list of vespid wasps from Vietnam (Hymenoptera: Vespidae). *Russian Entomological Journal*, 24(2), 133-144.
- Pickett, K., and Carpenter, J. (2010). Simultaneous analysis and the origin of eusociality in the Vespidae (Insecta: Hymenoptera). *Arthropod Systematics & Phylogeny*, 68, 3-33.
- Przybilla, B., and Rueff, F. (2010). Hymenoptera venom allergy. *Journal of the German Society of Dermatology*, 8(2), 114-27.
- Quicke, D. L. (1997). *Parasitic wasps*. Chapman & Hall Ltd.

- Quicke, D. L. J., Tunstead, J., Falco, J. V., & Marsh, P. M. (1992). Venom gland and reservoir morphology in the Doryctinae and related braconid wasps (Insecta, Hymenoptera, Braconidae). *Zoologica Scripta*, 21(4), 403-416.
- Quicke, D. L., Van Achterberg, K., and Godfray, H. C. J. (1997). Comparative morphology of the venom gland and reservoir in opiine and alysiine braconid wasps (Insecta, Hymenoptera, Braconidae). *Zoologica Scripta*, 26(1), 23-50.
- Reisman, R.E., and Livingston, A. (1989). Late-onset allergic reactions, including serum sickness, after insect stings. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 84(3), 331-337.
- Ribeiroa, D.G., Silvestre, R., and Garcete-Barrett, B.R. (2019). Diversity of wasps (Hymenoptera: Aculeata: Vespidae) along an altitudinal gradient of Atlantic Forest in Itatiaia National Park, Brazil. *Revista Brasileira de entomologia*, 63(1), 22-29.
- Robertson, P. L. (1968). A morphological and functional study of the venom apparatus in representatives of some major groups of Hymenoptera. *Australian Journal of Zoology*, 16(1), 133-166.
- Schroeder, T. B., Houghtaling, J., Wilts, B. D., & Mayer, M. (2018). It's not a bug, it's a feature: functional materials in insects. *Advanced Materials*, 30(19), 1705322.
- Sen, R., and Gadagkar, R. (2010). Natural history and behaviour of the primitively eusocial wasp *Ropalidia marginata* (Hymenoptera: Vespidae): a comparison of the two sexes. *Journal of Natural History*, 44(15-16), 959-968.
- Shing, H., and Erickson, E.H. (1982). Some ultrastructure of the honeybee (*Apis mellifera* L.) sting. *Apidologie*, 13(3), 203-213.
- Silveira, O. T., and Caetano, F. H. (1993). A morphometric study of sting glands in vespid wasps (Hymenoptera, Vespidae). *Sociobiology*, 23, 45-45.
- Snodgrass, R.E. (1933). Morphology of the insect abdomen, pt. II. The genital ducts and the ovipositor. *Smithsonian Miscellaneous Collections*, 89(8), 1-148.

- Suiçmez, M., Duran, M., and Özmen. K. (2017). Investigation of Poison Gland of *Sphex flavipennis* Fabrius, 1793 (Hymenoptera: Sphecidae): Morphology and Ultrastructure. *Hittite Journal of Science and Engineering*, 4(1), 65-69.
- Stetsun, H., Rajabi, H., Matushkina, N., and Gorb, S.N. (2019). Functional morphology of the sting in two digger wasps (Hymenoptera: Crabronidae) with different types of prey transport. *Arthropod Structure & Development*, 52, 100882.
- Van Marle, J., and Piek, T. (1986). Morphology of the venom apparatus. *Venoms of the Hymenoptera: Biochemical, Pharmacological and Behavioural Aspects*; Piek, T., Ed, 17-44.
- Vårdal, H. (2006). Venom gland and reservoir morphology in cynipoid wasps. *Arthropod structure & development*, 35(2), 127-136.
- Vecht, J.V., and Carpenter, J.M. (1990). A catalogue of the genera of the Vespidae (Hymenoptera). *Zoologische Verhandelingen*, 260, 1-62.
- Zhao, Z.L., Zhao, H.P., Ma, G.J., Wu, C. W., Yang, K., and Feng, X. Q. (2015). Structures, properties, and functions of the stings of honey bees and paper wasps: a comparative study. *Biology open*, 4(7), 921-928.





ตาราง A ข้อมูลการวัดเหล็กในของ *Vespa affinis* รังที่ 1 ลำดับ 1-10 รังที่ 2 ลำดับ 11-20 รังที่ 3 ลำดับ 21-30

<i>Vespa affinis</i>		stylet (μm)			Lancet (μm)	
ลำดับ	SLW	SLL	LCWR	LCLR	LCWL	LCLL
1	305.667	3206	148	2076	128	2084.67
2	306.333	3172	141.333	2068	153.667	2182.67
3	284.333	3172	138	1966.33	145.333	2093.33
4	256	3410.33	135.333	1999.67	152.333	2194.33
5	238.667	3298	143	2050.67	155.667	2166.33
6	236.333	3287.67	146	2051	132.667	1939.33
7	267.667	3147	136.333	2016.33	127.667	2057.67
8	242	3378.67	132	1954.33	133.333	1945.33
9	215.667	3371.67	145	2073	154.667	2078.67
10	228.333	3422.67	145.333	2010	143	2058.33
11	289	2458	128.667	1934.33	154	2082
12	249.667	2849.67	135.333	1965.67	142.333	2037.33
13	258	3256.67	133	1958.33	156	2035.33
14	274.667	3244.67	140	2127.33	148	2099.33
15	229.667	3262	143.667	2144.33	153	2210.67
16	280	3349.67	133	2145.67	144	2062.33
17	264	3250.67	145.333	2134.33	134.667	2027.67
18	277.667	3108.67	144.333	2167.33	138	2075.67
19	256.333	3149.33	147.667	2223	115.667	1950
20	257.667	3130.33	144	2155	112.667	1901
21	267.333	3444.33	142.333	2071.33	145.667	2240.67
22	249.333	3200.33	141	1965.33	134	1932
23	255.667	3132	151.333	2253	142.333	2065.67
24	257.333	3170	147	2239.33	154	2153.33
25	276.667	3172	124.333	1933.67	134	2021
26	245	3134.33	139	2017.33	134.667	2020
27	248.333	3251.33	136.667	1987	124	1982.33
28	266	3135.33	150	2197	142	2048.33
29	263	3201.33	147	1998.67	140.333	2050.67
30	236.333	3210.67	133	1950	128.667	1993.67
รวม	7782.67	95977.3	4217	61833.3	4204.33	61789.7
ค่าเฉลี่ย	259.422	3199.24	140.567	2061.11	140.144	2059.66

ตาราง B ข้อมูลการวัดระยะห่างระหว่างเงี่ยงของ *Vespa affinis* รังที่ 1 ลำดับ 1-10 รังที่ 2 ลำดับ 11-20 รังที่ 3 ลำดับ 21-30

<i>Vespa affinis</i>	Barbs (μm)						
ลำดับ	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7
1	212.667	44.3333	72.6667	92	127.333	152.667	194.667
2	182.333	35	61.6667	95.6667	104.667	144.667	184
3	175.667	55.3333	65	97.6667	127	142.333	184.333
4	165.667	51.3333	74	95	117.667	146.667	199
5	177.333	52.3333	72.6667	87	115.333	161.333	201
6	190.667	59.6667	77	102.667	126.333	152.333	201.333
7	181.667	66	98	101	117	155.667	194
8	176.667	60	92.6667	101.333	129.333	163.333	203
9	176.333	56.3333	64.6667	93.3333	103.667	138.333	173.667
10	173	48.6667	70	92.6667	105.667	146.333	190
11	175.667	39.6667	67.3333	86.6667	105.667	139.333	170.667
12	182.667	54.3333	71.6667	91	113.667	142.667	186
13	175	59.3333	87	100.667	135.333	147	193.333
14	184	56.6667	73	99	122	143.333	192.333
15	165.333	45.6667	62.3333	94	118	138	193
16	166.667	49.6667	58.6667	95.3333	111.667	146	187.667
17	159.667	57.3333	66.3333	87.6667	116.667	149.333	187.333
18	171.667	54.3333	66	78.6667	111.667	144.667	170.667
19	171.333	58.6667	68	76.6667	96	134.333	162
20	169	56.3333	79.3333	96.6667	114	142.667	168
21	167.667	45.3333	65.6667	74.6667	107.333	139.333	163
22	178.667	55.6667	69	93.6667	113.667	145	166.333
23	170.667	64.6667	77.6667	89	112.333	143.333	176.667
24	172.333	55.6667	63	80	112	139.667	173
25	163.333	49.3333	63.3333	88	107.667	142	181
26	170.667	57.3333	68	93.3333	106.333	144.333	181
27	171.667	63	67	91.3333	110.333	142.667	188
28	171	62.3333	71.3333	89	111.333	142	165.333
29	171.667	64.3333	71	94	112	141	164.667
30	179.667	56.3333	70.6667	94	111.667	138.667	167.333
รวม	5250.33	1635	2134.67	2751.67	3423.33	4349	5462.33
ค่าเฉลี่ย	175.011	54.5	71.1556	91.7222	114.111	144.967	182.078

ตาราง C ข้อมูลการวัดท่อพิษ และถุงพิษ *Vespa affinis* รังที่ 1 ลำดับ 1-10 รังที่ 2 ลำดับ 11-20 รังที่ 3 ลำดับ 21-30

ลำดับ	Venom duct (μm)		Venom sac (μm)	
	VDW	VDL	VSW	VSL
1	257.333333	3716.6667	2948.67	4479.667
2	266.333333	3879.6667	2865.67	6069.333
3	245.333333	3865.3333	2723.67	4753.333
4	179	3998	2772.33	4732.667
5	259	3743	2950.33	4556
6	180.666667	3128.6667	2928.33	4543
7	226.333333	3607	2947	4129
8	153.333333	3330	2978.33	4450.333
9	158	3580.6667	2943	4662
10	169	3581.3333	2619	4407
11	188	3527.3333	3020.67	6024
12	213	3142.6667	2429	4241
13	153.666667	3386	1959.33	3381.333
14	157	3314.3333	2674	4152.667
15	152	3429.3333	2584.67	4362.667
16	161	3281.3333	2694.67	4326.667
17	147	4029.3333	2602.67	4159
18	159	3369.3333	2564	4013.667
19	170	3350.6667	2338.33	4051.667
20	166.333333	3250	2352.67	4163.667
21	172	3365	2790.33	4312.333
22	152	3804.6667	2609.33	3816.667
23	156.666667	3886.6667	2168	4407
24	154	3925.6667	2227.67	4049
25	159	3896.3333	2337	4278.333
26	235.666667	3692.3333	2595	4048.667
27	187.333333	3495	2527.67	4307.333
28	220.333333	3878.6667	2153.67	4177.333
29	227.666667	3925	2568.67	4229.667
30	236.666667	3917	2466	4165.667
รวม	5662.66667	108297	78339.7	131450.7
ค่าเฉลี่ย	188.755556	3609.9	2611.32	4381.689

ตาราง D ข้อมูลการวัดเหล็กในของ *Vespa tropica* รังที่ 1 ลำดับ 1-10 รังที่ 2 ลำดับ 11-20 รังที่ 3

Vespa tropica (ต่อหลุม)		Lancet (μm)				
ลำดับ	SLW	SLL	LCWR	LCLR	LCWL	LCLL
1	330.67	2702.3333	149	3713.33	159	3344
2	328	2734.6667	151.67	3578	160	3193.667
3	321	2912	140.67	3657.67	167	3198.667
4	323.67	2903	147.33	3615.33	160	3356.333
5	301	3250.3333	150.67	3592	157	3375.333
6	295	3283.6667	141.33	3580	165	3242
7	316.33	3713.3333	149	3198.67	168	3276.667
8	288.67	3589.6667	142.33	3356.33	147	3207.333
9	286.33	3603	143	3375.33	161	3171.667
10	307.67	3620.3333	152.67	3242	147	3093.667
11	296.33	3502	146	3276.67	155	3687
12	319.67	3371.3333	143.67	3239	151	3353
13	311.33	3507.6667	135	3234	156	3311.667
14	313.67	3960.6667	151.67	3207.33	147	3365.333
15	318	3963.6667	146.33	3171.67	124	3479
16	318.33	3979	151.33	3093.67	170	3355.333
17	332.33	3993.3333	141	3687	156	3306
18	338.33	4043.6667	150.33	3353	145.33	3516.333
19	331	3941	146	3311.67	145	3509.333
20	328.33	3476.3333	150.33	3365.33	146.33	3467.333
21	337	4044	154.67	3479	151.33	3578.333
22	317.67	4232.3333	151	3355.33	141	3545
23	311.67	4039	151.33	3306	150.33	3533
24	316.67	3877.3333	147	3516.33	146	3519.333
25	358.33	4044	152.33	3509.33	150.33	3513
26	328.67	3951.6667	152.67	3467.33	154.67	3573.333
27	339.67	3171.3333	144.33	3578.33	146	3662.667
28	315.67	3361.3333	151.33	3545	160	3751.667
29	358.33	4232.3333	144.67	3533	185.67	3649.333
30	328.67	4039	149.67	3519.33	169	3666.667
รวม	9618	109043.33	4428.3	102657	4641	102802
ค่าเฉลี่ย	320.6	3634.7778	147.61	3421.9	154.7	3426.733

ลำดับ 21-30

<i>Vespa tropica</i> Barbs (μm) (ต่อหลุม)								
ลำดับ	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8
1	201	56	65.333	84.667	102.67	115	156.67	288
2	187.67	55	77	90	107.33	115.33	157.67	288
3	204.67	67	76.667	94.667	109.67	120.33	205.67	284.67
4	211	55	80.333	94	106	121	189	221.67
5	212.33	67	82.333	77.333	105.33	124.67	193.67	219.67
6	209.33	67	79.667	95.333	102.67	125	167.33	218
7	210.67	50.667	80.667	77.333	79.333	124.67	181.67	175.33
8	207.33	55	82	95.333	79.333	127.67	180.67	171.33
9	212.67	56	79.333	96.333	79.333	128.67	170.33	168
10	198.33	56	81.667	94.333	78	140	174	174.33
11	197.67	58.333	74.333	96.333	89.333	140.33	132.33	175.33
12	197.33	63.667	77.667	92.333	106	142.33	131.33	175.67
13	211	67	77.333	89.667	118.33	161.33	182.67	177.67
14	212.33	48.333	75.667	87.333	113.67	103.67	181	168
15	209.33	59.333	70.333	90	102	117	154.33	190.67
16	210.67	61	75	94.667	132	115	134	186.33
17	207.33	63	73.667	92.333	129.67	115.33	131.33	186
18	212.67	65	85	95	79.333	120.33	204.33	187.67
19	199.33	56	72.667	94.667	102.67	124.67	137.67	285.67
20	200	59	77	93.333	132	127.67	205.67	288.67
21	198.33	63.333	76.667	94	79.333	107.33	156.67	286.33
22	211	61	75.667	91.333	79.333	116	157.67	187.67
23	212.33	63	75.667	91.667	102.67	127.33	161	274.33
24	209.33	63.333	85.333	85	107.33	127.33	132	274.67
25	207.67	56	80.667	87.333	109.67	126.33	137.67	174.33
26	201	58.667	82	94.333	79.333	157.67	205.67	187.67
27	223.33	60	79.333	87	102.67	161.33	187.33	274.33
28	212.33	59.333	72.667	87	132	103.67	188	285.67
29	209.33	54	84.333	95	79.333	117	134	288.67
30	210.33	70	85.333	94	85	157.67	135.67	286.33
รวม	6207.7	1794	2341.3	2731.7	3011.3	3811.7	4967	6750.7
ค่าเฉลี่ย	206.92	59.8	78.044	91.056	100.38	127.06	165.57	225.02

ตาราง E ข้อมูลการวัดระยะห่างระหว่างเงี่ยงของ *Vespa tropica* รังที่ 1 ลำดับ 1-10 รังที่ 2 ลำดับ

11-20 รังที่ 3 ลำดับ 21-30

ตาราง F ข้อมูลการวัดท่อพิษ และถุงพิษ *Vespa tropica* รังที่ 1 ลำดับ 1-10 รังที่ 2 ลำดับ 11-20 รังที่ 3 ลำดับ 21-30

Vespa tropica (ต่อ หลุม)	Venom duct (μm)		Venom sac (μm)	
ลำดับ	VDW	VDL	VSW	VSL
1	171	4639.67	3557.3	6267
2	159	4734.67	3471.3	6321.33
3	153.67	4745	3465.7	6152.33
4	157	4622.67	3350.3	6183.67
5	150	4761	3145	6257.33
6	246	4290.33	2947.7	4980.33
7	238.67	4118.33	2981	5018.67
8	221	4301.33	3005.3	4803.33
9	222	4373.67	2956	4753.67
10	235.67	4277.33	2938.3	4973.67
11	187.33	3926	3232.3	5237
12	220.33	3858	3232.3	5173.33
13	227.67	3899	3238	5169
14	147	3729	3056.3	5057
15	159	3792.33	3043.7	5132.33
16	170	3802.67	3429.3	5331.33
17	235	3846.33	3365.3	5306.67
18	176.33	3665.33	3285	5274.67
19	241.33	3555	3397.7	5306.67
20	246	4644	3222.7	5230.33
21	238.67	4746	3463.7	5911.33
22	221	4271	3405.7	5898
23	222	3555	3424	5727.67
24	235.67	4644	3149	5847
25	187.33	4746	2895.3	5835.33
26	220.33	4271	3271	5556.67
27	227.67	4266.67	3288	5621.33
28	236.67	4230.67	3188.3	5406.33
29	227	4197.33	3305	5358
30	212.67	4247.33	3084.3	5503.67
รวม	6193	126757	96795	164595
ค่าเฉลี่ย	206.43	4225.22	3226.5	5486.5

ตาราง G ข้อมูลการวัดเหล็กในของ *Provesa anomala* รังที่ 1 ลำดับ 1-10 รังที่ 2 ลำดับ 11-20 รังที่ 3 ลำดับ 21-30

<i>Provesa anomala</i> (ตอนกลางวัน)	stylet (μm)		Lancet (μm)			
ลำดับ	SLW	SLL	LCWR	LCLR	LCWL	LCLL
1	230	2212.7	84.333	2231.7	74	1966
2	230.33	2300.3	80.667	2091.3	77	2160.3
3	240	2340	88.333	2094.3	81.667	2123.7
4	237.67	2288.7	81	2093.3	85	2113
5	235	2357.3	80.333	2067.3	87	2093.7
6	240.33	2314.3	87.333	2063.7	79.667	2103
7	229.33	2207.7	83.667	2053	82	2115.7
8	224.33	2239.3	83.333	2079	81.333	2138.7
9	230.33	2231	84	2043.3	84.667	2121.3
10	219.67	2231	80.667	2050.7	88	2112.3
11	241.67	2157.7	84.333	2046	75.333	2102.3
12	241.33	2321	85.333	2092.7	87.333	2127.7
13	263	2318.7	88	2178.3	83.667	2190
14	248	2283	90.333	2177	85.333	2213.3
15	220.33	2298.7	73	2176.3	85.667	2172.7
16	238	2342	80	2120.3	86	2184
17	233	2294.3	80	2087.3	79.333	2186.7
18	231.33	2304.3	87.667	2129.3	80.667	2189.7
19	217.67	2475.3	89.333	2154.3	79.333	2182
20	214.33	2294.3	86.667	2131.3	80.667	2181.7
21	224.67	2304.3	95	2133.3	85	2132.3
22	229.67	2230	81.333	2045	88.333	2178.3
23	232.33	2325.3	84.333	2057.3	85	2133.3
24	238	2149	82	2061.3	84.333	2045
25	223	2187.7	81.333	2134.3	84.667	2057.3
26	241.33	2153.3	84.667	2135.7	89.333	2061.3
27	229.33	2244	88	2086.3	89.667	2151.3
28	246.67	2257	75.333	2054.7	90.667	2167.7
29	236	2350.3	87.333	2039.7	91.333	2156.3
30	229	2169.7	83.667	1894	100.33	2129.3
รวม	6995.7	68182	2521.3	62802	2532.3	63990
ค่าเฉลี่ย	233.19	2272.7	84.044	2093.4	84.411	2133

ตาราง H ข้อมูลการวัดระยะห่างระหว่างเงี่ยงของ *Provesva anomala* รังที่ 1 ลำดับ 1-10 รังที่ 2 ลำดับ 11-20 รังที่ 3 ลำดับ 21-30

<i>Provesva anomala</i> (ตอนกลางวัน)											
Barbs (μm)											
ลำดับ	BL1	BL2	BL3	BL4	BL5	BL6	BL7	BL8	BL9	BL10	BL11
1	154	35.667	37.667	43.667	46.667	61.333	67.333	79	72.333	97.333	118
2	153	33.667	40.333	45.667	48.333	59.333	71.333	81.333	71.667	96.333	118.33
3	155.67	34	37.333	52.333	47.667	59.333	74.667	77	72.667	95	120
4	137.67	35.667	39	52	56	68	69	78.333	80.333	94.333	120
5	135.33	27.667	40	49.333	57.667	67.667	66.333	71.667	79	92.667	118.33
6	129.33	30	39.333	57.667	53.667	68.333	65.333	74.333	78.667	94.333	120.33
7	132.33	26.667	39.667	53.667	50	67.333	67.667	80	78	94.333	121
8	135	29.667	40.667	52.667	49.333	65.333	65	76.667	78	92.667	103.33
9	135	23.667	38.667	47.333	47.667	69.333	76.333	74	79.667	94.333	107
10	155	35	41.333	43	47.667	59	72.333	86	78.667	93	108.67
11	158	35.667	36.667	46.333	65.667	61	73.667	82	78	93	94.333
12	139.33	33.667	43.667	42.667	63	62	71	75.333	80.333	94.333	108.67
13	134.33	34	42	45	59.667	56.333	68	69	79	97.667	97.333
14	132	31.667	38.333	46.667	54.667	68.333	64.333	72.667	78.667	97	118
15	138	30.333	40.333	43	56	65.667	70.667	70.667	91	94.667	121.33
16	132.67	32	37	55.333	56.667	67.667	68	68	92.667	91.333	119
17	115.67	32.667	38	49	52	69.667	70.667	73	85.333	94.667	122
18	132.33	33.667	36.667	45.333	47	68.667	68	75.333	83.333	96.333	118
19	115.67	31.333	43.333	44.333	48	66.333	68	80	81	97.667	121.33
20	113.33	29	46	45	47.667	66.333	76.333	71.333	78	87.333	119
21	131.67	25	42.333	45.333	54.667	63	77.333	81.667	79	95.333	104.33
22	136.33	31.667	41.333	44.333	52.333	57	72.667	84.333	78.333	97	98.333
23	134.67	33.333	37	48	55.667	70	76.333	82	79	89	97.667
24	115	30.667	33.333	53.333	55.667	69	68.667	70.333	87.333	91	103.33
25	116	33	41.667	44.333	52.333	68.667	71.667	76.667	95.333	92.667	107
26	133	34.667	42	45	50	66.333	66.333	82	97	92.333	108.67
27	112	35.667	42.333	53	48	68.333	65.333	77.667	89	94.667	118
28	135	31.667	43.333	56	47.667	54.333	62.667	78.333	91	91.333	116.33
29	115	30.333	43.333	55	46.667	54.667	67.333	72.667	92.667	90	122
30	119.67	32	39.667	49.333	56	38.667	71.333	68.667	92.333	84.333	109
รวม	3982	953.67	1202.3	1453.7	1574	1907	2093.7	2290	2477.3	2806	3378.7
ค่าเฉลี่ย	132.73	31.789	40.078	48.456	52.467	63.567	69.789	76.333	82.578	93.533	112.62

ตาราง I ข้อมูลการวัดท่อพิษ และถุงพิษ *Provesva anomala* รังที่ 1 ลำดับ 1-10 รังที่ 2 ลำดับ 11-20 รังที่ 3 ลำดับ 21-30

<i>Provesva anomala</i> (ตอนกลางวัน)	Venom duct (μm)		Venom sac (μm)	
ลำดับ	VDW	VDL	VSW	VSL
1	163	2753	1772.3	3076
2	173	2685	1773.7	3070
3	179.67	2633.3	1844.7	2807.667
4	182.33	2865.7	1745	2918.333
5	166	2629	1771	2943
6	163.33	2633.3	1782.7	2693.333
7	158	2381.3	1794.3	2885.667
8	171.67	2376.7	1776.7	2820.667
9	176	2571.3	1661	2600.333
10	151.67	2468.7	1786.3	2714
11	191.33	3590.3	1926.3	4392.333
12	209.33	3348.7	1915.3	4385.667
13	195.67	3313.7	1902.7	4362
14	200.67	3286.3	1938.7	4306.667
15	204	3337.3	1901	4365
16	168.67	3413.3	1958.3	4296
17	173.33	3301.7	1847.7	4300
18	180.67	3231	1853	4187
19	199.67	3516.7	1923.7	4290.667
20	184	3377.7	1890	4196.667
21	144	3533.3	1735.3	3766
22	180	3365.7	1688.7	3766.667
23	153	3378.7	1711.3	3562
24	176	3249	1658.3	3658
25	155.67	3260.3	1675	3650
26	148	3315.7	1721.7	3386
27	151	3181.3	1602.7	3195.667
28	152	3245	1663.7	3303.667
29	167.33	3219.3	1645.7	3293.333
30	81.667	3510.7	1738.7	3713.667
รวม	5100.7	92973	53605	106906
ค่าเฉลี่ย	170.02	3099.1	1786.8	3563.533



ภาพ A ชุดป้องกันสำหรับเก็บตัวอย่างที่ใช้ในการทำการศึกษ

พูน ปณ ทัโต ชเว



ภาพ B ภาพเปรียบเทียบลักษณะภายนอกรังของ *Vespa affinis* และ ลักษณะหลอดรวงภายในรัง

พญาน์ ปณฺ ทิโต ชีเว



ภาพ C ลักษณะภายนอกรังของ *Provesa anomala* และ ลักษณะหลอดรวงภายในรัง



ภาพ D ลักษณะทางเข้ารังของ *Vespa tropica*

ศูนย์ ปณ จิต ชีเว



ภาพ E ลักษณะภายนอกรังของ *Vespa tropica* และ ลักษณะหลอดรวงภายในรัง



ภาพ F การรวบรวมวัสดุในการสร้างรังของรังต่อ โดยที่ (A) การเก็บยางไม้ของต่อ *Vespa affinis* (B) การเก็บโคลนของ *Vespa tropica* (C) การเก็บเปลือกไม้ของต่อ *Vespa affinis*

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	ศิริประภา อุลเลิศ
วันเกิด	วันที่ 14 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2540
สถานที่เกิด	โรงพยาบาลกาฬสินธุ์ 283 ถนนกาฬสินธุ์ ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง กาฬสินธุ์ จังหวัดกาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	936/1 ถนน อนุธรรมนาค ตำบลกาฬสินธุ์ อำเภอเมืองกาฬสินธุ์ จังหวัด กาฬสินธุ์ รหัสไปรษณีย์ 46000
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	นิสิต
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ประวัติการศึกษา	พ.ศ.2562 หลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต (วท.บ.) สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม พ.ศ.2567 หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วท.ม.) สาขาวิชาชีววิทยา มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-

พูนัน ปณฺ ทิโต ชีเว