ความเป็นพิษและผลต่อกิจกรรมเอนไซม์ของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อชันโรง, *Tetragonula pagdeni* Schwarz (Hymenoptera: Apidae)

TOXICITY AND ENZYME ACTIVITY EFFECT OF SYNTHETIC INSECTICIDES ON STINGLESS BEE, *TETRAGONULA PAGDENI* SCHWARZ (HYMENOPTERA: APIDAE)

สหรัฐ เกชาคุปต์

SAHARATH KACHACUPT

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเกษตรศาสตร์
คณะเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2568
KMITL-2025-AG-M-065-458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TOXICITY AND ENZYME ACTIVITY EFFECT OF SYNTHETIC INSECTICIDES ON STINGLESS BEE, *TETRAGONULA PAGDENI* SCHWARZ (HYMENOPTERA: APIDAE)

SAHARATH KACHACUPT

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AGRICULTURE
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2025

KMITL-2025-AG-M-065-458

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2025
SCHOOL OF AGRICULTURAL TECHNOLOGY
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์ ความเป็นพิษและผลต่อกิจกรรมเอนไซม์ของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อชันโรง, *Tetragonula pagdeni* Schwarz (Hymenoptera: Apidae)

ชื่อนักศึกษา นายสหรัฐ เกชาคุปต์

รหัสประจำตัว 63604049

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

พ.ศ. 2568

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.มัลลิกา กิลาโส

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาถึงความเป็นพิษและผลทางสรีรวิทยาของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อชันโรง, *Tetragonula pagdeni* ด้วยสารป้องกันกำจัดแมลง 9 ชนิด ได้แก่ อะเซทามิพริด โคลไทอะนิดิน ไทอะโคลพริด ไทอะมีทอกแซม คลอแรนทรานิลิโพรล ฟิโพรนิล อีมาเมกตินเบนโซเอต อินดอกซาคาร์บ และสไปนีโทแรม ผ่านวิธีหยดและวิธีกิน โดยสารที่มีความเป็นพิษมากที่สุดเมื่อทดสอบด้วยวิธีการหยด คือ สไปนีโทแรม โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.003 ng/µL รองลงมา คือ ไทอะมีทอกแซม ฟิโพรนิล อีมาเมกตินเบนโซเอต โคลไทอะนิดิน ไทอะโคลพริด คลอแรนทรานิลิโพรล อะเซทามิพริด และอินดอกซาคาร์บ โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.004, 0.029, 0.077, 0.325, 7.557, 23.259, 133.778 และ 155.984 ng/µL ตามลำดับ สำหรับวิธีกินนั้น สารที่มีความเป็นพิษมากที่สุด คือ อีมาเมกตินเบนโซเอต โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.603 ng/µL รองลงมา คือ ไทอะมีทอกแซม โคลไทอะนิดิน สไปนีโทแรม ฟิโพรนิล ไทอะโคลพริด อะเซทามิพริด อินดอกซาคาร์บ และคลอแรนทรานิลิโพรล โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.818, 1.301, 6.17, 6.452, 7.366, 103.589, 334.374 และ 691.013 ng/µL ตามลำดับ การศึกษาผลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในชันโรง, *T. pagdeni* พบว่า แอกทิวิตีของกลูตาไธโอน-เอส-ทรานสเฟอเรสและเอสเทอเรสทั้งวิธีหยดและวิธีกินในทุกสารนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ อย่างไรก็ตาม แอกทิวิตีของอะซิติลโคลีนเอสเทอเรสผ่านวิธีการหยดสารจากกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองของชันโรงที่ได้รับสารอะเซทามิพริด มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ที่ 2 ชั่วโมงหลังจากได้รับสาร แต่ในช่วงเวลาอื่น ๆ นั้น ทุกสารไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และวิธีกินในทุกสารนั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ

คำสำคัญ: แมลงผสมเกสร สารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืช วิธีหยด วิธีกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Toxicity and enzyme activity effect of synthetic insecticides on stingless bee, *Tetragonula pagdeni* Schwarz (Hymenoptera: Apidae)
Student Name	Mr. Saharath Kachacupt
Student ID	63604049
Degree	Master of Science
Program	Agriculture
Year	2025
Thesis Advisor	Asst. Prof. Manlika Kilaso, Ph.D.

Abstract

This research aimed to study the toxicity and enzyme activity effect of insecticides on the stingless bee, *Tetragonula pagdeni* with nine insecticides which were acetamiprid, clothianidin, thiacloprid, thiamethoxam, chlorantraniliprole, fipronil, emamectin benzoate, indoxacarb, and spinetoram, via topical and oral methods. The most toxic insecticides by the topical method was spinetoram with an LC_{50} of 0.003 ng/µL, followed by thiamethoxam, fipronil, emamectin benzoate, clothianidin, thiacloprid, chlorantraniliprole, acetamiprid, and indoxacarb with LC_{50} values of 0.004, 0.029, 0.077, 0.325, 7.557, 23.259, 133.778 and 155.984 ng/µL, respectively. For the oral method, the most toxic insecticides was emamectin benzoate with an LC_{50} value of 0.603 ng/µL, followed by thiamethoxam, clothianidin, spinetoram, fipronil, thiacloprid, acetamiprid, indoxacarb, and chlorantraniliprole, with the LC_{50} values of 0.818, 1.301, 6.17, 6.452, 7.366, 103.589, 334.374, and 691.013 ng/µL, respectively. The study of the effects of insecticides on related enzyme activity in the stingless bee, *T. pagdeni* found that the glutathione-S-transferase and esterase activities of all insecticides in both topical and oral methods were not significantly different at all time points tested. However, the acetylcholinesterase activity via the topical method from the control and the experimental group of stingless bees receiving acetamiprid were significantly different ($P \leq 0.05$) at 2 hours after receiving the insecticide. However, at other time points, all insecticides were not significantly different. In addition, oral methods from all insecticides were not significantly different at all tested time points.

Keywords: pollinator, pesticide, topical method, oral method

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.มัลลิกา กิลาโส อาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้ให้การแนะนำ การปรึกษา การติดตาม การดูแล และการสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ตลอดขั้นตอนการทำวิจัยและการเขียนวิทยานิพนธ์ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.ธีรวัฒน์ ศรุตโยภาส รศ.ดร.คำรณวิทย์ ทิพย์มณี และผศ.ดร.พจนา สีขาว ที่ให้คำแนะนำ ตรวจทานและแก้ไข รวมไปถึงให้ข้อเสนอแนะในการเขียนวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบคุณศูนย์วิจัยร่วมภาครัฐและเอกชน คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ดร.จรงค์ศักดิ์ พุมนวน (หัวหน้าศูนย์ฯ) คุณจันทรา ดีมาก และคุณบุปผา จงพัฒน์ (นักวิทยาศาสตร์ประจำศูนย์ฯ) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์สำหรับการทำวิจัย

ขอขอบคุณแหล่งทุนสนับสนุนการวิจัย ทุนวิจัยส่งเสริมส่วนงานวิชาการ (รหัสโครงการ 2566-02-04-006) คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

นอกจากนี้ขอขอบคุณครอบครัว และคณาจารย์ในภาควิชาเทคโนโลยีการผลิตพืช สำหรับความเมตตาและการให้กำลังใจตลอดมา และขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุก ๆ คนในหลักสูตรที่ร่วมทุกข์ร่วมสุขมาจนถึงจุดหมายปลายทาง ขอขอบคุณจากใจจริง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ ..... ก

Abstract ..... ข

กิตติกรรมประกาศ ..... ค

สารบัญ ..... ง

สารบัญตาราง ..... ฉ

สารบัญรูป ..... ช

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 2

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 2

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 3

2.1 บทบาทของแมลงผสมเกสร (pollinator) 3

2.2. ข้อมูลทั่วไปของชันโรง 4

2.3 ประโยชน์ของชันโรง 6

2.4 การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช 10

2.5 ผลกระทบจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อประชากรแมลงที่เป็นแมลงผสมเกสร (Pollinator) 13

2.6 ความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อแมลงผสมเกสร 15

2.7 ความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อการตายของชันโรง 18

2.8 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดพิษของแมลง 23

บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย 25

3.1 การศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อการตายของชันโรง 25

3.1.1 การเก็บตัวอย่าง 25

3.1.2 สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง 25

3.1.3 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลง 27

3.1.3.1 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการหยด 27

3.1.3.2 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการกิน .. 27

3.2 การศึกษาผลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวข้องในชันโรง 27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.1 ขั้นตอนการสกัดโปรตีนอย่างหยาบ 27
3.2.2 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) 27
3.2.3 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) 28
3.2.4 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) 28
3.2.5 การตรวจวัดความเข้มข้นของโปรตีน 28
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ 28
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปรายผล 29
4.1 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการหยดและการกิน 29
4.2 การศึกษาผลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวข้องในชันโรง 35
4.2.1 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) ผ่านวิธีการหยด 35
4.2.2 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) ผ่านวิธีการกิน 41
4.2.3 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) ผ่านวิธีการหยด 46
4.2.4 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) ผ่านวิธีการกิน 51
4.2.5 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) ผ่านวิธีการหยด 56
4.2.6 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) ผ่านวิธีการกิน 61
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ 68
5.1 สรุปผลการทดลอง 68
5.1.1 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการหยด 68
5.1.2 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการกิน 68
5.1.3 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) 68
5.1.4 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) 68
5.1.5 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) 69
5.2 ข้อเสนอแนะ 69
เอกสารอ้างอิง 70
ประวัติผู้เขียน 79

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

4.1 ค่า LC_{50} ของสารป้องกันกำจัดแมลง (ng/µL) ที่ได้จากวิธีหยด..... 29

4.2 ค่า LC_{50} ของสารป้องกันกำจัดแมลง (ng/µL) ที่ได้จากวิธีกิน..... 30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ชันโรงขนเงิน *Tetragonula pagdeni*	4
2.2 ขนาดความยาวลำตัว ความกว้างลำตัวและความกว้างหัวกะโหลกของชันโรงขนเงิน *T. pagdeni*	4
2.3 ความกว้างหัวกะโหลกของชันโรงขนเงิน *T. pagdeni*	5
2.4 ลักษณะรังของชันโรงที่อาศัยอยู่ในโพรงไม้	6
2.5 ลักษณะรังของชันโรงที่อาศัยอยู่ในสิ่งปลูกสร้างหรือภาชนะอื่น ๆ ตามบ้านเรือน	6
2.6 ลักษณะภายในรังของชันโรง	6
2.7 ลักษณะของรังชันโรงที่มีการเพาะเลี้ยงไว้ในกล่องไม้รูปทรงสี่เหลี่ยม	7
2.8 ชันโรงชนิด *Tetragonisca angustula*	8
2.9 ชันโรงชนิด *Scaptotrigona Mexicana*	9
2.10 ชันโรงชนิด *Partamona bilineata*	9
2.11 ผึ้งพันธุ์ *Apis mellifera*	9
2.12 มอธหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *Spodoptera frugiperda*	11
2.13 มอธหนอนใยผัก *Plutella xylostella*	12
2.14 ผีเสื้อชนิด *Danaus Plexippus*	15
2.15 ผึ้งบัมเบิ้ลบี (bumble bee)	15
2.16 แมลงวันดอกไม้ชนิด *Sphaerophoria rueppellii*	17
2.17 แมลงวันดอกไม้ชนิด *Eristalinus aeneus*	17
2.18 แมลงวันลายชนิด *Exorista larvarum*	18
2.19 ชันโรงชนิด *Scaptotrigona xanthotricha*	19
2.20 ชันโรงชนิด *Scaptotrigona bipunctata*	20
2.21 ชันโรงชนิด *Tetragonisca fiebrigi*	20
2.22 ชันโรงชนิด *Nannotrigona perilampoides*	22
2.23 ชันโรงชนิด *Melipona scutellaris*	22
2.24 ผึ้ง *Bombus impatiens*	24
3.1 รังชันโรงบริเวณแปลงเกษตร	25
3.2 สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในการทดสอบ ได้แก่ ก acetamiprid, ข thiacloprid, ค thiamethoxam, ง clothianidin, จ chlorantraniliprole, ฉ emamectin benzoate, ช fipronil, ซ indoxacarb และ ด spinetoram	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.1 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการหยด..... 36
4.2 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการหยด..... 36
4.3 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการหยด..... 37
4.4 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการหยด..... 37
4.5 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการหยด..... 38
4.6 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร Emamectin benzoate ผ่านวิธีการหยด..... 38
4.7 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการหยด..... 39
4.8 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการหยด..... 39
4.9 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการหยด..... 40
4.10 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการกิน..... 41
4.11 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการกิน..... 42
4.12 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการกิน..... 42
4.13 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการกิน..... 43
4.14 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการกิน..... 43

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.15 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการกิน..... 44
4.16 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการกิน..... 44
4.17 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการกิน..... 45
4.18 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการกิน..... 45
4.19 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการหยด..... 46
4.20 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการหยด..... 47
4.21 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการหยด..... 47
4.22 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการหยด..... 48
4.23 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการหยด..... 48
4.24 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการหยด..... 48
4.25 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการหยด..... 49
4.26 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการหยด..... 49
4.27 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการหยด..... 50
4.28 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการกิน..... 51
4.29 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการกิน..... 52

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.30 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการกิน..... 52

4.31 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการกิน..... 53

4.32 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการกิน..... 53

4.33 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการกิน..... 54

4.34 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการกิน..... 54

4.35 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการกิน..... 55

4.36 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการกิน..... 55

4.37 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการหยด..... 56

4.38 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการหยด..... 57

4.39 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการหยด..... 57

4.40 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการหยด..... 58

4.41 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการหยด..... 58

4.42 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการหยด..... 59

4.43 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการหยด..... 59

4.44 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการหยด..... 60

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ **หน้า**

4.45 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการหยด..... 60

4.46 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการกิน..... 62

4.47 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการกิน..... 62

4.48 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการกิน..... 63

4.49 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการกิน..... 63

4.50 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการกิน..... 64

4.51 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร Emamectin benzoate ผ่านวิธีการกิน..... 64

4.52 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการกิน..... 65

4.53 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการกิน..... 65

4.54 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการกิน..... 66

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ชันโรง (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) เป็นหนึ่งในแมลงที่มีความสำคัญต่อระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม เนื่องจากเป็นแมลงที่มีบทบาทในการช่วยผสมเกสรทั้งในสวนผลไม้ของเกษตรกรและช่วยผสมเกสรให้กับต้นไม้ในธรรมชาติ ซึ่งส่งผลดีต่อเกษตรกรที่มีการทำสวนผลไม้ เช่น สวนลำไย เป็นต้น รวมทั้งก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพของพืชพันธุ์ตามธรรมชาติ แต่ในปัจจุบันมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงหลากหลายชนิดซึ่งอาจเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อชันโรงในธรรมชาติ เนื่องจากสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงหลายชนิดมีรูปแบบการออกฤทธิ์ที่ไม่เจาะจงกลุ่มเป้าหมาย ทำให้แมลงหลายชนิดที่มีประโยชน์ต่อเกษตรกรเช่น ผึ้ง ชันโรง ผีเสื้อและแมลงตัวห้ำอื่น ๆ นั้นได้รับผลกระทบจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงไปด้วย ส่งผลต่อการอยู่รอดของแมลงเหล่านั้นและส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์โดยรวมตามมา (Lima *et al.,* 2016)

ในปัจจุบันการลดลงของประชากรผึ้งทั่วโลกกำลังเป็นปัญหาที่สำคัญและได้รับความสนใจ (Zhu *et al.,* 2019) แม้ว่าจะมีสาเหตุมาจากหลากหลายปัจจัย เช่น การได้รับสารพิษจากเชื้อราที่ติดมากับละอองเกสรหรือการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดไรศัตรูพืชที่ส่งผลกระทบทางการเกษตรรวมไปถึงการใช้สารกำจัดแบคทีเรียหรือจุลินทรีย์บางชนิด เป็นต้น แต่การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในทางการเกษตรก็เป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญ (Gong and Diao, 2017) เนื่องจากสามารถส่งผลกระทบต่อผึ้งทั้งทางตรงและทางอ้อมได้ จึงส่งผลให้มีการศึกษาถึงผลกระทบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อผึ้งกันอย่างกว้างขวาง (Marzouk *et al.,* 2017)

นอกจากผึ้งที่เป็นแมลงชนิดหลักในการช่วยผสมเกสรแล้ว ชันโรงก็เป็นแมลงที่มีหน้าที่ในการผสมเกสรอีกชนิดหนึ่งที่อยู่ในกลุ่มเดียวกับผึ้งที่มีความเสี่ยงที่จะได้รับผลกระทบจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเช่นกัน ทั้งจากการได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงโดยตรงในระหว่างการออกหาอาหารหรือได้รับสารตกค้างจากน้ำหวานหรือเกสรที่เก็บมา (Lima *et al.,* 2016) จึงได้มีการศึกษาผลของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อชันโรงด้วยเช่นกัน ทั้งในแง่ของความเป็นพิษของสารที่ส่งผลต่อการตาย (Padilha *et al.,* 2020) วงจรชีวิต (Araujo *et al.,* 2019) พฤติกรรม (Escobar *et al.,* 2018) และการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา (Lima *et al.,* 2016) เป็นต้น

ในปัจจุบันได้มีการนำชันโรงมาเพาะเลี้ยงเพื่อช่วยในการผสมเกสรให้ผลไม้ที่อยู่ในสวนผลไม้ต่าง ๆ ชันโรงจึงจัดเป็นแมลงทางเศรษฐกิจที่สำคัญด้วยอีกชนิดหนึ่ง ดังนั้นการใช้สารเคมีทางการเกษตรโดยเฉพาะสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจึงมีแนวโน้มที่จะส่งผลกระทบต่อการอยู่รอดของประชากรของชันโรงทั้งในระบบนิเวศตามธรรมชาติและระบบนิเวศทางการเกษตรด้วย อย่างไรก็ตาม การศึกษา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลกระทบของสารเคมีทางการเกษตรที่ใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงในประเทศไทยนั้นยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก จึงทำให้ยังขาดข้อมูลในส่วนของการศึกษานี้อยู่

จึงเกิดความสนใจที่จะศึกษาผลกระทบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่มีต่อชันโรงในแง่ของความเป็นพิษและการเปลี่ยนแปลงทางด้านสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องผ่านการทำงานของเอนไซม์ โดยทำการศึกษาในชันโรง *Tetragonula pagdeni* ซึ่งเป็นชันโรงพื้นเมืองของประเทศไทยและมีการเพาะเลี้ยงโดยทั่วไป ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินผลกระทบของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อชันโรงซึ่งเป็นแมลงที่อยู่นอกกลุ่มเป้าหมาย เพื่อนำไปสู่การจัดการในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอย่างเหมาะสมและเป็นแนวทางในการอนุรักษ์ชันโรงต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจำนวน 9 ชนิดต่อการตายของชันโรง *T. pagdeni*

1.2.2 เพื่อศึกษาผลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง 9 ชนิดต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องในชันโรง *T. pagdeni*

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การทดสอบสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจำนวน 9 ชนิด ได้แก่ อะเซทามิพริด (acetamiprid) ไทอะโคลพริด (thiacloprid) ไทอะมีทอกแซม (thiamethoxam) โคลไทอะนิดิน (clothianidin) คลอแรนทรานิลิโพรล (chlorantraniliprole) อีมาเมกตินเบนโซเอต (emamectin benzoate) ฟิโพรนิล (fipronil) อินดอกซาคาร์บ (indoxacarb) และสไปนีโทแรม (spinetoram) ต่อชันโรง *T. pagdeni* ผ่านวิธีการหยดและวิธีการกินเพื่อหาค่า LC_{50} และคำนวณหาค่าแอกทิวิตีของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทบาทของแมลงผสมเกสร (Pollinator)

แมลงผสมเกสร ได้แก่ ผึ้ง ผีเสื้อ แมลงวัน ด้วง โดยแมลงผสมเกสรแต่ละตัวจะมีรูปแบบการถ่ายละอองเรณูที่แตกต่างกันออกไป โดยแมลงผมเกสรนั้นมีบทบาทในการรักษาสมดุลของระบบนิเวศและช่วยเพิ่มผลผลิตในทางการเกษตรรวมไปถึงช่วยเพิ่มความหลากหลายทางพันธุกรรมของพืช (Maggi *et al.*, 2024) โดยมีการศึกษาว่าแมลงผสมเกสรบางชนิดมีส่วนในการช่วยเพิ่มผลผลิตของผลไม้บางชนิดได้มากกว่าการผสมเกสรตามธรรมชาติหรือการผสมเกสรด้วยมือของมนุษย์ หากขาดแมลงแมลงผสมเกสรไปจะส่งผลให้การผสมเกสร การติดผลและปริมาณผลผลิตนั้นลดลงไปด้วย (Dymond *et al.*, 2021) ปัจจุบันทั่วโลกนั้น การผสมเกสรในพืชมีแมลงเป็นตัวช่วยในการที่จะผสมเกสรของพืชชนิดต่าง ๆ ซึ่งชันโรงเป็นหนึ่งในแมลงที่มีความสำคัญในการผสมเกสรในธรรมชาติและแปลงปลูกพืช ทั้งนี้สามารถใช้ประโยชน์จากชันโรงได้หลายด้าน เช่น ด้านระบบนิเวศและความหลากหลายทางชีวภาพ อีกทั้งรังของชันโรงมีอายุยืนยาวและมีขนาดเล็ก ชันโรงเป็นหนึ่งในแมลงที่มีศัตรูทางธรรมชาติไม่มากและมีโรคระบาดน้อยกว่าแมลงชนิดอื่น จึงเหมาะที่จะเป็นแมลงที่นำมาเพาะเลี้ยงและขยายพันธุ์เพื่อช่วยในการผสมเกสรในแปลงปลูกพืชต่าง ๆ โดยมีการศึกษาการผลของการผสมเกสรซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มผลผลิตของมะระจีนของชันโรง *T. pagdeni* เพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างและประเมินความคุ้มค่าในการใช้ชันโรงในแปลงปลูกมะระจีน โดยใช้แปลงปลูกที่ไม่มีรังชันโรงเป็นกลุ่มควบคุมและมีกลุ่มทดสอบเป็นแปลงปลูกที่มีการวางรังชันโรงเอาไว้ 4, 8 และ 12 รัง ตามลำดับ โดยผลการศึกษานั้นพบว่าในแปลงที่มีการทดสอบโดยการวางรังของชันโรง *T. pagdeni* เอาไว้นั้นมีอัตราการเพิ่มของผลผลิตที่มากขึ้นและทำให้ทราบได้ว่าชันโรง *T. pagdeni* สามารถผสมเกสรได้ดีและช่วยในการเพิ่มผลผลิตของมะระจีนได้เป็นอย่างดีและยังพบว่าการวางรังของชันโรงไว้ในแปลงปลูกพืชที่มากขึ้นยิ่งส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของผลผลิตอีกด้วย (ณัฏฐ์พัชร เถียรวรกานต์ และคณะ, 2560)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ข้อมูลทั่วไปของชันโรง

การจัดลำดับทางอนุกรมวิธาน

อาณาจักร Animalia

ไฟลัม Arthropoda

ชั้น Insecta

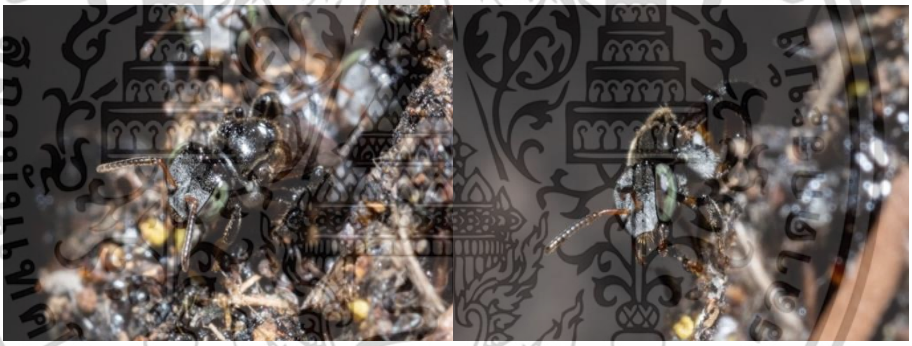
อันดับ Hymenoptera

วงศ์ Apidae

สกุล *Tetragonula*

ชนิด *Tetragonula pagdeni*

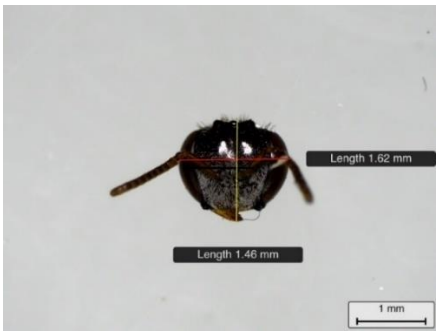
ชันโรง *Tetragonula pagdeni* (รูปที่ 2.1) จัดเป็นแมลงในวงศ์ Apidae ซึ่งเป็นวงศ์เดียวกับผึ้ง มีขนาดความยาวลำตัวอยู่ลำตัวอยู่ที่ 4.33–4.85 มิลลิเมตร (รูปที่ 2.2) และมีความกว้างของส่วนหัวกะโหลกอยู่ที่ 1.72-1.75 มิลลิเมตร (รูปที่ 2.3) จัดเป็นแมลงที่มีความสำคัญในการผสมเกสรให้กับพันธุ์ไม้ในเขตร้อนและเขตกึ่งร้อนทั่วโลก และยังมีความสามารถในการผลิตน้ำผึ้ง ขนมปังผึ้ง และชันผึ้งหรือโพรพอลิส (propolis) (Sinpoo *et al.*, 2023)



รูปที่ 2.1 ชันโรงขนเงิน *Tetragonula pagdeni*

รูปที่ 2.2 ขนาดความยาวลำตัว ความกว้างลำตัวและความกว้างหัวกะโหลกของชันโรงขนเงิน *T. pagdeni*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ความกว้างหัวกะโหลกของชันโรงขนเงิน *T. pagdeni*

ชันโรงมีวงจรชีวิตแบบสมบูรณ์ คือมีระยะไข่ ระยะตัวอ่อน ระยะดักแด้ และระยะตัวเต็มวัย มักสร้างรังตามโพรงไม้ (รูปที่ 2.4) โพรงใต้ดินและโพรงเทียมตามบ้านเรือนรวมไปถึงภาชนะหรือวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มีลักษณะเป็นโพรงที่มีความมืด (รูปที่ 2.5) มักสร้างรังแบบถาวรและไม่ทิ้งรัง สามารถอาศัยอยู่ในรังเดิมได้นาน ซึ่งในแต่ละรังนั้นจะประกอบไปด้วยวรรณะของชันโรง 3 วรรณะ ได้แก่ วรรณะนางพญา วรรณะเพศผู้ และวรรณะชันโรงงาน โดยวรรณะนางพญานั้นมีหน้าที่วางไข่ในหลอดที่มีลักษณะเป็นรวง (รูปที่ 2.6) โดยวรรณะเพศผู้จะมีหน้าที่ในการผสมพันธุ์กับวรรณะนางพญาและวรรณะงานเป็นผู้ดูแลจนตัวอ่อนเจริญเติบโตไปเป็นตัวเต็มวัยตลอดจนมีหน้าที่ในการทำความสะอาดรังและเมื่อมีอายุมากขึ้นจะทำหน้าที่ในการออกหาอาหารและคอยป้องกันรัง (ชลธิชา นิวาสประกฤติ และคณะ, 2565) ซึ่งการที่ตัวเต็มวัยที่เจริญมาจากตัวอ่อนนั้นจะเป็นเพศใดขึ้นอยู่กับว่าไข่นั้นได้รับการผสมกับน้ำเชื้อของชันโรงเพศผู้หรือไม่ ซึ่งถ้าไม่ได้รับการผสมกับน้ำเชื้อก็จะออกมาเป็นชันโรงเพศผู้ แต่ถ้าได้รับการผสมกับน้ำเชื้อก็จะเจริญเติบโตเป็นชันโรงเพศเมีย ซึ่งเป็นได้ทั้งวรรณะงานและวรรณะนางพญาต่อไป ชันโรงมีกล้ามเนื้อที่แข็งแรงและสามารถบินได้นาน ทำให้จัดเป็นหนึ่งในแมลงที่มีบทบาทในการช่วยผสมเกสรดอกไม้ทั้งในสวนผลไม้ไปจนถึงพืชพรรณต่าง ๆ ในธรรมชาติและยังจัดเป็นแมลงที่มีประโยชน์ทางเศรษฐกิจเพราะสามารถผลิตน้ำผึ้งได้เหมือนกับผึ้งแม้จะมีปริมาณที่น้อยกว่า ชันโรงทั่วโลกนั้นมีหลากหลายชนิด มักพบในประเทศที่มีอากาศอบอุ่นและชันโรงที่พบในประเทศไทยนั้นมีมากกว่า 26 ชนิด จากการสำรวจชันโรงในภาคใต้ของประเทศไทยใน 14 จังหวัด ยกเว้น 3 จังหวัดชายแดนภาคใต้ พบชันโรงมากถึง 22 ชนิด และพบว่ามีการแพร่กระจายอยู่ในเขตป่าร้อนชื้น ป่าร้อนที่แห้งแล้ง ป่าพรุ ป่าเมฆและป่าชนิดอื่น ๆ มักมีการเรียกชื่อที่แตกต่างกันไปตามแต่ละท้องถิ่น เช่น ในภาคเหนือมีการเรียกว่าขี้ตังนี ขี้ตัวนีหรือขี้ย้าแดง ในภาคใต้มีการเรียกว่าแมลงอุง และภาคอีสานเรียกแมลงขี้สูด ในขณะที่ภาคตะวันออกเรียกว่าตัวตุ้งติ้ง ด้วยพฤติกรรมในการผสมเกสรที่ไม่จำเพาะเจาะจงกับชนิดพืช ทำให้สามารถเข้าผสมเกสรให้กับพืชได้อย่างหลากหลาย (พิชญาดา เจริญจิต, 2563)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.4 ลักษณะรังของชันโรงที่อาศัยอยู่ในโพรงไม้

รูปที่ 2.5 ลักษณะรังของชันโรงที่อาศัยอยู่ในสิ่งปลูกสร้างหรือภาชนะอื่น ๆ ตามบ้านเรือน

รูปที่ 2.6 ลักษณะภายในรังของชันโรง

2.3 ประโยชน์ของชันโรง

ชันโรงมีรูปแบบในการเก็บน้ำหวานและเกสรที่ค่อนข้างนุ่มนวลซึ่งจะไม่ทำให้ดอกไม้นั้นเกิดอาการช้ำ โดยชันโรงนั้นมีประสิทธิภาพในการผสมเกสรค่อนข้างสูงเพราะมีพฤติกรรมการเก็บเกสรดอกไม้ 80% และเก็บน้ำหวานเพียง 20% เท่านั้น แตกต่างจากผึ้งที่มีอัตราส่วนการเก็บน้ำหวานและเกสรอยู่ที่ 50% :

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

50% ทำให้เกสรจากดอกไม้ดอกหนึ่งนั้นสามารถข้ามไปผสมกับดอกไม้อีกดอกหนึ่งที่อยู่ใกล้เคียงหรือไกลออกไปได้ (นุกูล ชิ้นฟัก และคณะ, 2563) เนื่องจากชันโรงนั้นเป็นแมลงที่ไม่สามารถทนต่ออากาศที่หนาวเย็นได้ เช่น ในประเทศญี่ปุ่น ไม่สามารถเพาะเลี้ยงชันโรงเองได้เนื่องจากชันโรงนั้นไม่อาจทนต่อฤดูหนาวจึงต้องนำเข้าน้ำผึ้งชันโรงจากประเทศอื่น ๆ เช่น ออสเตรเลียและฟิลิปปินส์ เป็นต้น (พิชญาดา เจริญจิต, 2563) ซึ่งการเพาะเลี้ยงชันโรงในประเทศไทยนั้นยังไม่แพร่หลายเหมือนกับการเพาะเลี้ยงผึ้ง แต่ถึงกระนั้นก็มีการเพาะเลี้ยงชันโรงไว้เป็นแมลงสำหรับผสมเกสรตามสวนพืชเศรษฐกิจอยู่บ้าง เช่น ภายในสวนทุเรียน เงาะ และลำไย เป็นต้น (รูปที่ 2.7) (พิชญาดา เจริญจิต, 2563) เนื่องจากเป็นแมลงที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงในการผสมเกสรกับชนิดของดอกไม้และไม่เลือกบริเวณที่จะออกหากิน (นุกูล ชิ้นฟัก และคณะ, 2563) จึงทำให้ชันโรงสามารถผสมเกสรให้กับพืชหลากหลายชนิดได้มากกว่าผึ้ง นอกจากนี้น้ำผึ้งของชันโรงยังมีสรรพคุณทางยาเนื่องจากเชื่อว่าเป็นสมุนไพรที่ได้จากธรรมชาติ ยกตัวอย่างเช่น ชันผึ้งหรือโพรพอลิส (propolis) ที่ได้จากชันโรงมีประโยชน์ในทางการแพทย์ในการนำมาสกัดที่มีฤทธิ์ในการต่อต้านเชื้อราและเชื้อแบคทีเรียต่าง ๆ และยังใช้ผสมเป็นยารักษาโรคต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับระบบเลือด บาดแผลไฟไหม้หรือน้ำร้อนลวก (ชลธิชา นิวาสประกฤติและคณะ, 2565) นอกจากนี้ยังสามารถนำไปเป็นส่วนผสมในเครื่องสำอางเพื่อรักษาโรคผิวหนังรวมไปถึงใช้เป็นส่วนผสมในการถนอมอาหาร ยับยั้งการบูดในอาหารที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในด้านของการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการให้กับอาหารสัตว์ด้วยการเป็นส่วนผสมอีกด้วย (พิชญาดา เจริญจิต, 2563)

รูปที่ 2.7 ลักษณะของรังชันโรงที่มีการเพาะเลี้ยงไว้ในกล่องไม้รูปทรงสี่เหลี่ยม

การศึกษาเกี่ยวกับการผสมเกสรโดยการใช้สัตว์เป็นตัวนำพานั้นเป็นหนึ่งในการศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของระบบนิเวศ ชันโรงและผึ้งก็จัดเป็นแมลงผสมเกสร (pollinator) ที่สำคัญโดยมีบทบาทในการช่วยผสมเกสร ช่วยในการสืบพันธุ์รวมไปถึงการช่วยผสมข้ามสายพันธุ์ของพืช ซึ่งส่งผลต่อการเพิ่มความหลากหลายของระบบนิเวศและช่วยเพิ่มคุณภาพชีวิตรวมไปถึงเสริมสร้างความ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นอยู่ที่ดีขึ้นของมนุษย์ทั่วโลก โดย Escobar *et al.* (2023) ได้ทำการศึกษาถึงความสัมพันธ์ของการผลิตผลกาแฟอาราบิก้า (*Coffea arabica* L.) กับพฤติกรรมในการผสมเกสรของชันโรง 3 ชนิด ได้แก่ ชันโรง *Tetragonisca angustula* (รูปที่ 2.8), ชันโรง *Scaptotrigona Mexicana* (รูปที่ 2.9) และชันโรง *Partamona bilineata* (รูปที่ 2.10) และผึ้งพันธุ์ *Apis mellifera* (รูปที่ 2.11)รวมไปถึงแมลงชนิดอื่น ๆ ในประเทศกัวเตมาลาโดยการนับจำนวนแมลงที่มีการเข้ามาผสมเกสรหรืออยู่บริเวณดอก และพบว่ามีแมลงจำนวน 1170 ตัวที่มาผสมเกสรหรืออยู่บริเวณดอกซึ่งสามารถจำแนกได้ถึง 43 สายพันธุ์ โดยมีแมลงที่เป็นแมลงจำพวกผึ้งอยู่ที่ 1151 ตัว คิดเป็น 98.50% ของแมลงที่มาผสมเกสรหรืออยู่บริเวณดอกทั้งหมดที่มีการนับจำนวนได้ และมีแมลงที่เป็นแมลงจำพวกแมลงวันอยู่ที่ 12 ตัว คิดเป็น 1% ของแมลงที่มาผสมเกสรหรืออยู่บริเวณดอกทั้งหมดที่มีการนับจำนวนได้ สุดท้ายมีแมลงที่เป็นแมลงจำพวกตัวต่อ มอธและมดอยู่ที่ 7 ตัว คิดเป็น 0.5% ของแมลงที่มาผสมเกสรหรืออยู่บริเวณดอกทั้งหมดที่มีการนับจำนวนได้ โดยมีจำนวนของชันโรงชนิด *T. angustula* อยู่ที่ 17.52%, มีจำนวนของชันโรงชนิด *S. Mexicana* อยู่ที่ 15.04% และมีจำนวนของชันโรงชนิด *P. bilineata* อยู่ที่ 11.02% ซึ่งรวมแล้วมีจำนวนของชันโรงทั้ง 3 ชนิดอยู่ที่ 43.58% ของจำนวนแมลงทั้งหมดที่มีการเข้ามาผสมเกสรหรืออยู่บริเวณดอก ในขณะที่ผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* มีจำนวนอยู่ที่ 31.02% ทำให้โดยรวมแล้วมีจำนวนแมลงทั้ง 4 ชนิดนี้อยู่สูงถึง 75% และทำให้ทราบได้ว่าชันโรงทั้ง 3 ชนิดนั้นมีประสิทธิภาพในการผสมเกสรที่สูงไม่แพ้กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ดังนั้นในประเทศเขตร้อนต่าง ๆ ที่มีการปลูกกาแฟนั้นอาจจะได้รับประโยชน์จากแมลงทั้ง 4 ชนิดนี้ในแง่ของการเพิ่มอัตราการติดผลและได้น้ำหนักผลที่มากขึ้น ดังนั้นการศึกษาเกี่ยวกับพฤติกรรมการในการหาอาหารรวมไปถึงการมองหาแนวทางในการอนุรักษ์ผึ้งและชันโรงในพื้นที่ที่มีการปลูกกาแฟจึงเป็นเรื่องที่ควรจะมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงคุณภาพในการผลิตกาแฟและพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ

รูปที่ 2.8 ชันโรงชนิด *Tetragonisca angustula*
ที่มา: Revistadeagronegocios (2020)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.9 ชันโรงชนิด *Scaptotrigona Mexicana*
ที่มา: Lafamiliapicola (2017)

รูปที่ 2.10 ชันโรงชนิด *Partamona bilineata*
ที่มา: Researchgate (2022)

รูปที่ 2.11 ผึ้งพันธุ์ *Apis mellifera*
ที่มา: Arthropodafotos (2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

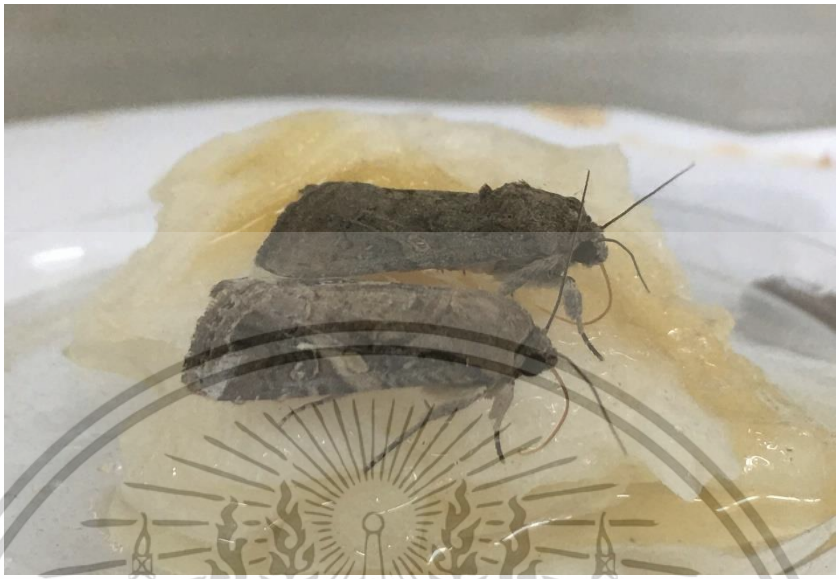
2.4 การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช

การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้นมีเป้าหมายที่สำคัญคือใช้ในการควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงที่เป็นศัตรูพืชชนิดต่าง ๆ แมลงศัตรูพืชโดยส่วนมากมันเป็นแมลงที่มีปากในรูปแบบกัดกินหรือเจาะดูด มักจะเข้าทำลายยอดอ่อน ดอกและผล ซึ่งส่งผลต่อการเจริญเติบโตของพืช เช่น ใบหงิกงอ ต้นแคระแกร็น ซึ่งหากถูกแมลงเข้าทำลายมากอาจทำให้พืชตายได้ (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2562) และแม้ว่าพืชนั้นจะยังยืนต้นอยู่ได้ก็ยังส่งผลต่อผลผลิตที่น้อยลงหรือไม่มีคุณภาพทำให้ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด ในบางครั้งการที่ผลไม้มีแมลงบางชนิด เช่น เพลี้ยอ่อน เพลี้ยแป้งหรือเพลี้ยหอยเกาะติดอยู่นั้นก็จะกลายเป็นแหล่งเพาะราดำ (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2562) แมลงศัตรูพืชที่สำคัญหลายชนิด เช่น หนอนเจาะสมอฝ้าย หนอนกระทู้ผักหรือเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาลนั้นต่างเป็นแมลงที่สามารถปรับตัวให้เข้ากับสภาพแวดล้อมได้ดี รู้จักการหลบซ่อนตัวและสามารถวางไข่ได้ในปริมาณมาก ๆ ต่อครั้งทำให้สามารถแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว มีชนิดของพืชอาหารที่กว้างขวางและยังสามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ใช้อยู่กันเป็นประจำได้ดี โดยเฉพาะการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชนิดเดียวโดยไม่มีการสลับเปลี่ยนกลุ่มสาร ทำให้แม้จะมีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดที่สูงแต่เมื่อเวลาผ่านไปอาจจะไม่สามารถควบคุมป้องกันกำจัดได้ดีอีกต่อไป (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2562) ในขณะเดียวกันแมลงบางชนิดเช่นผึ้งกัดใบหรือแมลงภู่ที่มีพฤติกรรมในการกัดใบไม้ให้เกิดรอยเว้าแหว่งแล้วนำกลับไปที่รังเพื่อเป็นอาหารของตัวอ่อนนั้นก่อให้เกิดความเสียหายต่อพืชเช่นกันแต่ก็ถือว่าน้อยมาก แต่ในทางกลับกันแมลงเหล่านี้มีบทบาทที่สำคัญในการผสมเกสรให้กับพืชช่วยให้พืชนั้นสามารถติดดอกและออกผลได้อย่างสมบูรณ์ ทำให้ไม่ถูกจัดว่าเป็นแมลงศัตรูพืช (พิสุทธิ์ เอกอำนวย, 2562)

Khalil *et al.* (2023) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง 3 ชนิด ได้แก่ อิมิดาโคลพริด (imidacloprid), คลอแรนทรานิลิโพรล (chlorantraniliprole) และสปินโนแซด (spinosad) ที่ส่งผลกระทบต่ออัตราการตายของหนอนตัวอ่อนของมอธหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *Spodoptera frugiperda* (รูปที่ 2.12) ซึ่งจัดเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญเนื่องจากมีพืชอาหารที่หลากหลายเช่น ข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวสาลี มะเขือเทศและพืชผักอีกหลายชนิดทำให้มีการระบาดอย่างรุนแรง ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจโดยรวม โดยเริ่มต้นการศึกษาโดยการเก็บรวบรวมไข่ของผีเสื้อหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* จากแปลงข้าวโพดในพื้นที่บริเวณที่มีการศึกษามาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ หลังจากที่หนอนตัวอ่อนฟักออกมาจะถูกแยกไปเลี้ยงในจานทดลองโดยใช้ใบข้าวโพดเป็นอาหารเพื่อเพาะพันธุ์ให้เพิ่มจำนวนและป้องกันไม่ให้หนอนตัวอ่อนกินกันเอง จนหนอนตัวอ่อนเข้าสู่ดักแด้และเจริญเติบโตออกมาเป็นตัวเต็มวัยก็จะถูกนำไปผสมพันธุ์และให้วางไข่ จากนั้นจึงนำตัวอ่อนรุ่น F1 ไปทำการทดสอบความเป็นพิษกับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงทั้ง 3 ชนิดผ่านวิธีการพ่นสารลงบนใบข้าวโพดก่อนจะนำไปเป็นอาหารให้หนอนตัวอ่อนโดยมีชุดควบคุมคือใบข้าวโพดที่ฉีดพ่นด้วยน้ำสะอาดก่อนจะนำไปเป็นอาหารให้หนอนตัวอ่อน โดย chlorantraniliprole จัดเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดในการป้องกันกำจัดหนอนตัวอ่อนของผีเสื้อหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* โดยมีอัตราการตายของหนอนตัวอ่อนสูงที่สุด รองลงมาคือ Spinosad และ imidacloprid) ตามลำดับ ซึ่งผลการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเหล่านี้จะมีความสำคัญต่อการศึกษาวิธีการควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงแบบผสมผสานหรือ IPM (Integrated pest management) รวมไปถึงการศึกษาความสามารถในการต้านทานต่อ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงของผีเสื้อมอธกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ที่อาจจะเพิ่มขึ้นได้ต่อไปในอนาคต



รูปที่ 2.12 ผีเสื้อหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุดระยะตัวเต็มวัย *Spodoptera frugiperda*

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ส่งผลต่อความต้านทานของแมลงที่เป็นศัตรูพืชด้วย โดย Banazeer *et al.* (2022) ได้ทำการศึกษาถึงความต้านทานต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงของผีเสื้อหนอนใยผัก *Plutella xylostella* (รูปที่ 2.13) ที่จัดเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญชนิดหนึ่งของโลก โดยจากการศึกษาในครั้งนี้พบว่าผีเสื้อหนอนใยผัก *P. xylostella* นั้นมีความต้านทานสูงมากต่อสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphates) เช่น คลอร์ไพริฟอส (chlorpyrifos), ไตรอะโซฟอส (triazophos) และโปรฟีโนฟอส (profenofos) เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีความต้านทานสูงต่อสารในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ เช่น เดลต้าเมทริน (deltamethrin), เบตา-ไซเพอร์เมทริน (beta-cypermethrin) และเพอร์เมทริน (permethrin) เป็นต้น และยังพบว่ามีความต้านทานต่ออาเวอร์เมคติน (avermectin) อย่างอะบาเมกติน (abamectin) และอีมาเมกตินเบนโซเอต (emamectin benzoate) ที่อยู่ในระดับที่สูงมาก นอกจากนั้นยังมีรายงานเกี่ยวกับความต้านทานสูงต่อสารในกลุ่ม สไปโนซิน (spinosyns) อย่าง spinosad และสไปนีโทแรม (spinetoram) ที่สูงมาก และยังพบว่ามีความต้านทานต่อเชื้อบาซิลลัสทูริงจิเอนซิส (*Bacillus thuringiensis*) หรือเชื้อ bt อีกด้วย นอกจากนี้ยังมีความต้านทานต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่มใหม่อย่างกลุ่มนีโอนิโคตินอยด์ (neonicotinoid), กลุ่มออกซาไดอะซีน (oxadiazine), กลุ่มเฟนนิลไพราโซล (phenyl pyrazole), ไพร์โรล (pyrrole), ไดอะไมด์ (diamide), ไทโอยูเรีย (thiourea), เซมิคาร์บาโซน (semicarbazone), ไพริดาลิล (pyridalyl) และสารที่ออกฤทธิ์ในการควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง (insect growth regulators) หรือ IGRs เช่น คลอฟูอะซูรอน (chlorfluazuron) ที่สูงมาก ผลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบได้ถึงความต้านทานต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อแมลงที่เป็นศัตรูพืชที่สำคัญซึ่งส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรของเกษตรกรและเป็นปัญหาที่กำลังเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในปัจจุบันอันเนื่องมาจากการใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ไม่เหมาะสม การใช้ในปริมาณที่ไม่ถูกต้องและระยะเวลาในการใช้ที่ไม่เหมาะสม ซึ่งหากปัญหาเหล่านี้จะได้รับการแก้ไขได้นั้นต้องมีการให้ข้อมูลกับเกษตรกรในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอย่างถูกต้องและเหมาะสมต่อไป

รูปที่ 2.13 ผีเสื้อหนอนใยผักระยะตัวเต็มวัย *Plutella xylostella*
ที่มา: Britishlepidoptera (2012)

Vineetha *et al.* (2023) ได้ทำการศึกษาถึงพฤติกรรมในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงของเกษตรกรในรัฐเกรละ ประเทศอินเดีย โดยพบว่าชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่เกษตรกรนิยมใช้ได้แก่ chlorantraniliprole, ไทอะมีทอกแซม (thiamethoxam), มาลาไทออน (malathion), ฟลูเบนไดอะไมด์ (flubendiamide) และไดเมโทเอต (dimethoate) ซึ่งใช้ในการควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงในแปลงปลูกมะระขี้นก โดยมีเป้าหมายในการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเพื่อควบคุมกำจัดแมลงศัตรูพืชเนื่องจากเป็นวิธีการที่รวดเร็วและช่วยลดความสูญเสียต่อผลผลิต การศึกษานี้ได้ทำการสำรวจจากเกษตรกร 120 คน จาก 4 อำเภอทางตอนกลางของรัฐเกรละ โดยพบว่าเกษตรกรส่วนใหญ่นั้นมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในปริมาณที่แนะนำ ซึ่งการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงของเกษตรกรนั้นจะเริ่มต้นใช้ทันทีที่พบการระบาดของแมลงศัตรูพืชมากกว่าจะรอให้การระบาดนั้นลุกลามไปถึงระดับทางเศรษฐกิจ ในส่วนของวิธีการในการควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงนั้นเกษตรกรบางส่วนยังคงนิยมใช้เพียงสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเพียงอย่างเดียวมากกว่าวิธีการควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงแบบผสมผสาน หรือ IPM (Integrated pest management) อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้นก็ยังคงมีประเด็นที่น่าเป็นห่วงเกี่ยวกับความยั่งยืนในระยะยาวเนื่องจากสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้นออกฤทธิ์แบบไม่เจาะจงกลุ่มเป้าหมายทำให้ส่งผลกระทบต่อแมลงที่เป็นศัตรูพืชและแมลงที่มีประโยชน์เช่น ผึ้ง ผีเสื้อและแมลงที่มีประโยชน์ชนิดอื่น ๆ ที่อาจจะมีการสัมผัสกับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงขณะที่กำลังออกหากินซึ่งอาจก่อให้เกิดปัญหาต่อการผสมเกสรในพืชทำให้ผลผลิตนั้นลดลงรวมไปถึงส่งผลต่อปริมาณที่ไม่สัมพันธ์กันของแมลงที่เป็นศัตรูพืชและแมลงที่เป็นตัวห้ำและตัวเบียน ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดการแพร่ระบาดของแมลงที่เป็นศัตรูพืชเมื่อเวลาผ่านไปซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรและสิ่งแวดล้อมโดยรวมในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของภาคการเกษตรในประเทศไทยนั้นมีการเติบโตอย่างรวดเร็วในช่วงหลายปีที่ผ่านมาโดยมีการใช้เครื่องจักรทางการเกษตรชนิดต่าง ๆ เมล็ดพันธุ์ที่ได้รับการปรับปรุงพันธุ์รวมไปถึงสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงมาใช้ร่วมด้วย โดยมีการนำเข้าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ เข้ามาเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ ปี โดยกลุ่มของสารเคมีที่นำเข้ามาโดยทั่วไปนั้นคือกลุ่ม organophosphates, คาร์บาเมต (carbamates) และไพรีทรอยด์ (pyrethroids) เป็นต้น (Laohaudomchok *et al.,* 2021) โดยมีรายงานเกี่ยวกับผลกระทบต่อสุขภาพของประชากรโลกจากการบริโภคน้ำผึ้งหรือผลผลิตทางการเกษตรซึ่งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ (Darwish *et al.,* 2022) ซึ่งแม้ว่าในประเทศไทยนั้น รัฐบาลจะมีการออกกฎหมายในการควบคุมการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอยู่แล้ว แต่เกษตรกรจำนวนมากก็ยังคงใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ถูกห้ามไม่ให้ใช้แล้วในปัจจุบัน รวมไปถึงการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในอัตราความเข้มข้นที่สูงเกินกว่าที่มีคำแนะนำบนฉลากบรรจุภัณฑ์ รวมไปถึงการไม่สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันที่ปลอดภัยในขณะที่มีการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ซึ่งปัจจัยทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าแม้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้นจะมีผลดีในการควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่ก็เป็นการเพิ่มความเสี่ยงต่อสุขภาพของเกษตรกรและประชาชนทั่วไปรวมถึงส่งผลกระทบสิ่งแวดล้อมโดยรวมอีกด้วย (Laohaudomchok *et al.,* 2021)

2.5 ผลกระทบจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อประชากรแมลงที่เป็นแมลงผสมเกสร (pollinator)

แมลงที่เป็น pollinator มีความสำคัญต่อระบบนิเวศของโลกโดยรวมด้วยเนื่องจาก 87% ของพืชดอกและพืชผลหลายชนิดต้องการการผสมเกสรจากสัตว์ โดยแมลงในตระกูลผึ้งนั้นมีประมาณ 20,000 สายพันธุ์ทั่วโลกและยังพบได้เกือบทุกทวีป ยกเว้นทวีปแอนตาร์กติกา โดยแบ่งเป็นผึ้งที่อาศัยอยู่กันในรูปแบบของรังใหญ่ ๆ หรือทำรังแบบเดี่ยว มีการทำรังทั้งบนต้นไม้ โพรงไม้และบนพื้นดิน และแมลงในตระกูลของชันโรงนั้นมีมากกว่า 500 สายพันธุ์ เป็นแมลงที่มีรังขนาดใหญ่ที่มีสมาชิกภายในรังได้ถึง 1,000 ตัว และมักทำรังในโพรงไม้หรือใต้ดิน เป็นแมลงที่มีความซับซ้อนในระบบของการสื่อสารระหว่างกัน เช่น บางชนิดอาจมีการทิ้งกลิ่นไว้ บางชนิดอาจใช้เสียงหรือพฤติกรรมในการบินวนเพื่อนำทางให้กับสมาชิกภายในรังตัวอื่น ๆ เพื่อไปยังแหล่งอาหาร นอกจากนี้ยังมีแมลงอื่น ๆ อีกหลายชนิดที่จัดเป็นแมลงผสมเกสรที่สำคัญด้วยเช่นกัน (Brunet and Fragoso, 2024) แต่เนื่องจากในช่วงหลายปีที่ผ่านมาประชากรของแมลงที่เป็นแมลงผสมเกสรทั่วโลกนั้นมีจำนวนลดลงเรื่อย ๆ โดย 40% ของแมลงที่เป็น pollinator นั้นมีความเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ การลดลงของแมลงผสมเกสรมีการบันทึกข้อมูลไว้จากทั่วโลก เช่น ผีเสื้อชนิด *Danaus plexippus* (รูปที่ 2.14) นั้นมีประชากรลดลงถึง 80% ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับความชุกชุมของผึ้งบัมเบิ้ลบี (bumble bee) (รูปที่ 2.15) ที่ลดลงมากถึง 96% ด้วย (Brunet and Fragoso, 2024)

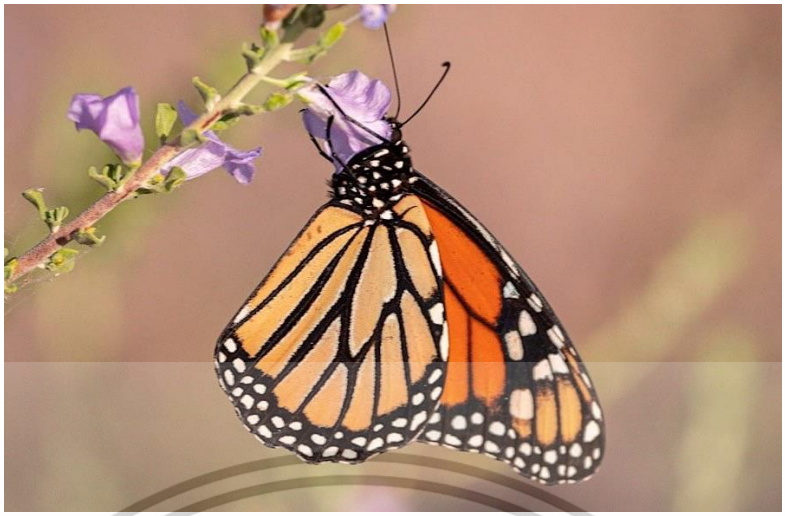
จากปัญหาการลดลงของประชากรของแมลงที่เป็น pollinator เหล่านี้ทำให้นักนิเวศวิทยาและเกษตรกรนั้นมีความกังวลเป็นอย่างมากเนื่องจากปัญหาเหล่านี้ล้วนส่งผลกระทบต่อการลดลงของผลผลิตซึ่งจะทำให้เกิดภาวะขาดแคลนอาหารของมนุษย์ได้ นอกจากนี้ยังทำให้ความหลากหลายและความอุดมสมบูรณ์ของระบบนิเวศโดยรวมมีความเปลี่ยนแปลงไป จึงได้มีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับสาเหตุในการลดลงของประชากรแมลงผสมเกสรทั่วโลก โดยพบว่าปัจจัยหลักที่เกี่ยวข้องกับสาเหตุของการลดลงของประชากรแมลงผสมเกสร ได้แก่ สาเหตุที่มาจากมลพิษทางอากาศ ทางดินและทางน้ำรวมไปถึงการได้รับโลหะหนักที่สะสมอยู่ในน้ำหวานหรือละอองเกสรที่ได้จากพืช และมีสาเหตุที่มาจากการเปลี่ยนแปลงของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สภาพภูมิอากาศของโลก เช่น ภาวะโลกร้อนที่เกิดจากอุณหภูมิของโลกที่สูงขึ้นที่ส่งผลต่อช่วงเวลาในการออกหากินของแมลงผสมเกสรกับช่วงเวลาในการออกดอกของพืชที่อาจไม่ตรงกัน นอกจากนี้ยังมีสาเหตุที่มาจากแมลงศัตรูพืชและโรคพืช เป็นต้น รวมไปถึงสาเหตุที่มาจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอื่น ๆ หลายชนิด (Brunet and Fragoso, 2024)

สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่ม neonicotinoid และ pyrethroids ที่มีความเป็นพิษต่อแมลงชนิดต่าง ๆ สูงมากโดยเฉพาะแมลงในกลุ่มแมลงผสมเกสร (Brunet and Fragoso, 2024) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Chavana and Joshi (2024) ที่ได้กล่าวว่าแมลงผสมเกสรนั้นมีบทบาทที่สำคัญในการผสมเกสร ช่วยรักษาความหลากหลายทางชีวภาพให้คงอยู่และเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกร โดย 75% ของพืชที่เป็นผลผลิตหลักจากทั่วโลกนั้นยังมีความต้องการการผสมเกสรจากแมลงกลุ่มนี้อยู่ แต่ในช่วงหลายปีที่ผ่านมานั้นแมลงที่จัดเป็นแมลงผสมเกสรกำลังมีปริมาณที่ลดลงเรื่อย ๆ อย่างรวดเร็วและบางชนิดนั้นอาจสูญพันธุ์ได้ ทำให้ส่งผลกระทบต่อผลผลิตทางการเกษตรตามมา โดยสาเหตุที่มีส่วนในการลดลงของแมลงที่เป็น pollinator และแมลงที่มีประโยชน์อื่น ๆ นั้นแบ่งออกได้เป็น 2 แบบ คือ สาเหตุที่มาจากธรรมชาติ เช่น ปรสิต เชื้อโรครวมไปถึงการแข่งขันกันเองทางสายพันธุ์ และสาเหตุที่เกิดจากมนุษย์ ได้แก่ การถูกรุกรานถิ่นที่อยู่อาศัย การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ โดยการเปลี่ยนแปลงทางสภาพภูมิอากาศและการทำการเกษตรนั้นเป็นสาเหตุที่ส่งผลกระทบต่อการลดลงของแมลงผสมเกสรมากที่สุดเนื่องจากทำให้เกิดการสูญเสียแหล่งที่อยู่อาศัยและทำให้แหล่งอาหารลดลง รวมไปถึงการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอย่างกว้างขวางนั้นยังทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมตามมาด้วย (Chavana and Joshi, 2024) โดยการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้นมีจำหน่ายในท้องตลาดมานานและมีการใช้กันอย่างแพร่หลายในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช แม้ว่าจะมีการจำกัดการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงบางชนิด แต่เพื่อการเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรนั้นทำให้ยังคงมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอย่างต่อเนื่องเรื่อยมา การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่เพิ่มขึ้นนั้นสามารถส่งผลทำให้มีการตกค้างในสิ่งแวดล้อมที่แมลงผสมเกสรต้องออกไปหาอาหาร รวมไปถึงการออกฤทธิ์ที่ไม่เจาะจงกลุ่มเป้าหมาย ทำให้มีความเป็นพิษต่อแมลงที่เป็น pollinator ในระดับที่สูง (Radwan *et al.,* 2020) ตัวอย่างเช่น แมลงในกลุ่มผึ้งนั้นเมื่อได้รับการสัมผัสกับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง spinosad ซึ่งเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่เป็นพิษอย่างมากทั้งการได้รับผ่านการกินและการสัมผัส แม้ว่าจะไม่ทำเกิดการตายแต่ก็อาจส่งผลต่อรูปแบบของพฤติกรรมของผึ้งที่เปลี่ยนไป เช่น การออกหาอาหารหรือการบินรวมไปถึงส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางพันธุกรรมหรือระดับของเอนไซม์ขจัดพิษในร่างกาย ทำให้สามารถระบุได้ว่าการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง spinosad ในช่วงที่ผึ้งออกหากินนั้นเป็นอันตรายต่อพวกมัน แต่ทั้งนี้หากสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง spinosad ที่ฉีดพ่นไปแล้วเกิดการแห้งตกค้างนั้นจะไม่ส่งผลกระทบต่อผึ้ง (Chavana and Joshi, 2024) ดังนั้นการศึกษาและวางแผนเกี่ยวกับช่วงเวลาในการฉีดพ่นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง spinosad ด้วยการฉีดพ่นในช่วงเย็นหรือช่วงหัวค่ำเพื่อให้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง spinosad นั้นมีเวลาในการออกฤทธิ์และแห้งไปก็จะช่วยในการอนุรักษ์ประชากรผึ้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 ผีเสื้อชนิด *Danaus Plexippus*
ที่มา: Traveltoeat (2023)

รูปที่ 2.15 ผึ้งบัมเบิ้ลบี (bumble bee)
ที่มา: Environmentalpestcontrol (2024)

2.6 ความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อแมลงผสมเกสร

ในปัจจุบันมีการศึกษาค้นคว้าและวิจัยเกี่ยวกับผลกระทบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงซึ่งส่งผลกระทบต่อแมลงผสมเกสรอย่างหลากหลายทั้งปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อปริมาณที่ลดลงและความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ เช่น ในประเทศเม็กซิโก มีการศึกษาทดลองเกี่ยวกับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง spinosad กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* เพื่อศึกษาผลกระทบและความรุนแรงของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ต่อชันโรงโดยวิธีการฉีดพ่นทางอากาศ (Escobar *et al.,* 2018) ซึ่งการศึกษาทดลองในครั้งนี้นั้นได้ทำให้ทราบถึงความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชนิดนั้น ๆ ว่ามีผลกระทบต่อลักษณะการดำรงชีวิต การขยายพันธุ์ หรือลักษณะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความผิดปกติของอวัยวะทั้งภายในและภายนอกของชันโรง ซึ่งจะนำไปสู่การค้นคว้าวิจัยในด้านของผลกระทบเชิงลบอื่น ๆ ต่อชันโรงในอนาคตต่อไป (Araujo *et al.,* 2019)

มีการศึกษาถึงความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง 5 ชนิด ได้แก่ เมทโธมิล (methomyl) ไซฮาโลทริน (cyhalothrin) deltamethrin chlorpyrifos และโพรฟีโนฟอส (profenofos) ต่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ผ่านวิธีการหยด โดยจากผลการทดสอบในครั้งนี้ทำให้สามารถจัดลำดับความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงจากมากไปหาน้อยได้ดังนี้ คือ deltamethrin, methomyl, cyhalothrin, profenofos และ chlorpyrifos ตามลำดับ และยังทำให้ทราบได้ว่าการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้นแม้จะทำให้สามารถควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่หากมีการตกค้างอยู่บนละอองเกสรและน้ำหวานของพืชก็อาจส่งผลต่อการอัตราการตายและพฤติกรรมต่าง ๆ ของผึ้งรวมไปถึงการที่หากมีผึ้งในวรรณะงานได้มีการนำเอาละอองเกสรดอกไม้หรือน้ำหวานไปป้อนเพื่อเป็นอาหารให้กับตัวอ่อนและผึ้งในวรรณะนางพญาที่อยู่ภายในรังก็อาจส่งผลกระทบทำให้เกิดการตายของตัวอ่อนและผึ้งในวรรณะนางพญาตามมาทำให้เกิดผลกระทบต่อรัง ซึ่งปัญหาทั้งหมดนี้อาจเกิดจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่มากเกินไปรวมไปถึงชนิดของสารออกฤทธิ์และสูตรของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ (Radwan *et al.,* 2020)

นอกจากนี้ การศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอีก 4 ชนิด ได้แก่ ซัลฟอกซาฟลอร์ (sulfoxaflor) thiamethoxam imidacloprid และอะเซทามิพริด (acetamiprid) ต่อผึ้งชนิดเดียวกัน ผ่านวิธีการสัมผัสที่เวลา 24, 48, 72 และ 96 ชั่วโมง ตามลำดับ จากผลการทดสอบในครั้งนี้ระบุว่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง sulfoxaflor มีค่าความเป็นพิษต่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* สูงที่สุด รองลงมาคือ thiamethoxam, imidacloprid และ acetamiprid ตามลำดับ การศึกษาในครั้งนี้จึงแสดงให้เห็นว่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงแต่ละชนิดมีความเป็นพิษที่แตกต่างกันต่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ที่จัดว่าเป็นแมลงที่เป็น pollinator ที่มีหน้าที่สำคัญในการผสมเกสร โดยอาจส่งผลกระทบต่อพฤติกรรมและการดำรงชีวิตของพวกมัน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่ไม่มากจนเกินไป และจะต้องมีการปฏิบัติตามข้อควรระวังและคำเตือนที่มีการระบุไว้สำหรับการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ รวมไปถึงจะต้องมีการนำข้อกฎหมายเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการการนำเข้า ซื้อขายและการจำหน่ายสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ เพื่อสาร้างมาตรฐานที่เข้มงวดต่อไป (Ahmed *et al.*, 2023)

นอกจากผึ้งที่จัดเป็นแมลงที่มีหน้าที่หลักในการผสมเกสรที่สำคัญแล้ว ยังมีแมลงในอีกหลาย ๆ กลุ่มที่จัดเป็นแมลงแมลงผสมเกสรด้วยเช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ชันโรงที่จัดเป็นแมลงในอันดับ Hymenoptera หรือแมลงวันดอกไม้ที่จัดเป็นแมลงในอันดับ Diptera โดย Martins *et al.* (2024) ได้ทำการศึกษาผลกระทบของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอินดอกซาคาร์บ (indoxacarb) ที่จัดเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่ม neonicotinoids ต่อแมลงวันดอกไม้ 2 ชนิด ได้แก่ แมลงวันดอกไม้ชนิด *Sphaerophoria rueppellii* (รูปที่ 2.16) และแมลงวันดอกไม้ชนิด *Eristalinus aeneus* (รูปที่ 2.17) และแมลงวันลายอีกหนึ่งชนิดคือแมลงวันลายชนิด *Exorista larvarum* (รูปที่ 2.18) ที่จัดเป็นแมลงวันเป็นแมลงศัตรูธรรมชาติผ่านวิธีการหยด โดยจากผลการทดลองนี้พบว่าแมลงวันดอกไม้ชนิด *S. Rueppellii* มีค่า 50% Lethal dose (LD_{50}) ของ indoxacarb ที่ 48 ชั่วโมงอยู่ที่ 10.23 ng/ตัว ซึ่งถือว่ามีความไวต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงมากที่สุด รองลงมาคือแมลงวันดอกไม้ *E. aeneus* ที่มีค่า LD_{50} ของ indoxacarb ที่ 48 ชั่วโมงอยู่ที่ 467.46 ng/ตัว และแมลงวัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลายชนิด *E. larvarum* ที่มีค่า LD_{50} ของ indoxacarb ที่ 48 ชั่วโมงอยู่ที่ 18,176.20 ng/ตัว ตามลำดับ จากการศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบได้ว่าผลกระทบจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้นไม่เพียงแต่จะมีความเป็นพิษต่อแมลงในกลุ่มผึ้งเท่านั้น แต่ยังส่งผลกระทบต่ออัตราการตายของแมลงที่เป็นแมลงผสมเกสรหรือแมลงที่มีประโยชน์ชนิดอื่น ๆ ด้วยเช่นกัน

รูปที่ 2.16 แมลงวันดอกไม้ชนิด *Sphaerophoria rueppellii*
ที่มา: Researchgate (2021)

รูปที่ 2.17 แมลงวันดอกไม้ชนิด *Eristalinus aeneus*
ที่มา: Arthropodafotos (2007)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.18 แมลงวันลายชนิด *Exorista larvarum*
ที่มา: Preboggion (2013)

2.7 ความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อการตายของชันโรง

การได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงของชันโรงนั้นเกิดขึ้นได้จากหลายทาง เช่น การสัมผัสโดยตรงกับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่มีการฉีดพ่นอยู่ในขณะนั้นหรือการสัมผัสกับสารตกค้างหลังการฉีดพ่นผ่านทางการกินอาหาร และการออกไปหาอาหารกลับมาที่รังซึ่งอาจมีการปนเปื้อนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่มากับน้ำหวานและละอองเกสรจากพืช รวมไปถึงสารตกค้างที่อยู่ตามพื้นดินอีกด้วย โดยการได้รับและตอบสนองต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงนั้นอาจมีหลายปัจจัยที่ส่งผล เช่น นิเวศวิทยา ชีววิทยา สรีรวิทยา สัณฐานวิทยาของชันโรง หรือภูมิอากาศและพืชพรรณเป็นต้น ชันโรงจึงเป็นแมลงที่มีความเสี่ยงในการที่จะได้รับผลกระทบจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง จึงได้มีการทำการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่มีต่อชันโรงเพื่อให้ประเมินถึงผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับชันโรงได้ในเบื้องต้น ยกตัวอย่างเช่นจากการศึกษาเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง 2 ชนิดคือ thiamethoxam และฟิโปรนิล (fipronil) โดยทำการศึกษาในชันโรง 2 ชนิด ได้แก่ ชันโรงชนิด *T. angustula* และชันโรงชนิด *Scaptotrigona xanthotricha* (รูปที่ 2.19) ผ่านวิธีการกินอาหารและวิธีการหยด โดยจากผลการทดลองนี้ทำให้ทราบว่า ในชันโรงชนิด *T. angustula* นั้น fipronil มีความเป็นพิษที่มากกว่า thiamethoxam จากการทดสอบทั้งวิธีการกินอาหารและวิธีการหยด ในขณะที่ในชันโรงชนิด *S. xanthotricha* นั้น thiamethoxam มีความเป็นพิษที่มากกว่า fipronil โดยวิธีการกินอาหาร แต่ในส่วนของวิธีการหยดนั้น fipronil มีความเป็นพิษที่มากกว่า thiamethoxam อย่างเห็นได้ชัด ซึ่งจากผลการทดลองนั้นสามารถแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงทั้ง 2 ชนิดและความแตกต่างที่เกิดจากรูปแบบของการได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเข้าสู่ร่างกายของชันโรงซึ่งส่งผลกระทบที่แตกต่างกันจากผลการทดลองนี้ (Quiroga-Murcia *et al.,* 2017)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.19 ชันโรงชนิด *Scaptotrigona xanthotricha*
ที่มา: Abuagla (2022)

Domeles *et al.* (2017) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารในกลุ่ม organophosphate 2 ชนิดคือ chlorpyrifos และฟอสเมต (phosmet) โดยทำการศึกษาในชันโรง 2 ชนิด ได้แก่ ชันโรงชนิด *Scaptotrigona bipunctata* (รูปที่ 2.20) และชนิด *Tetragonisca fiebrigi* (รูปที่ 2.21) ผ่านวิธีการกินอาหารและวิธีการหยด จากการทดลองพบว่าในชันโรงชนิด *S. bipunctata* นั้น ค่า LC_{50} และ LD_{50} ของ chlorpyrifos โดยวิธีการกินอาหารและวิธีการหยดมีค่าอยู่ที่ 0.0112 µg a.i./µL และ 0.0110 µg a.i. ตามลำดับ ในส่วนของค่า LC_{50} และ LD_{50} ของ phosmet นั้น ชันโรงชนิด *S. bipunctata* มีค่า LC_{50} และ LD_{50} ของ phosmet โดยวิธีการกินอาหารและวิธีการหยดมีค่าอยู่ที่ 0.0245 µg a.i./µL และ 0.0087 µg a.i. ตามลำดับ ในขณะที่ชันโรงชนิด *T. fiebrigi* นั้น ค่า LC_{50} และ LD_{50} ของ chlorpyrifos โดยวิธีการกินอาหารและวิธีการหยดมีค่าอยู่ที่ 0.0018 µg a.i./µL และ 0.033 µg a.i. ตามลำดับ ในส่วนของ phosmet นั้น ค่า LC_{50} และ LD_{50} ของชันโรงชนิด *T. fiebrigi* ในวิธีการกินอาหารและวิธีการหยดมีค่าอยู่ที่ 0.0236 µg a.i./µL และ 0.0083 µg a.i. ตามลำดับ ซึ่งจากผลการทดลองนี้แสดงให้ว่าในส่วนของวิธีการกินอาหารนั้น chlorpyrifos นั้นมีความเป็นพิษต่อชันโรงชนิด *T. fiebrigi* มากกว่าชันโรงชนิด *S. bipunctata* ในขณะที่ phosmet ไม่มีความแตกต่างในด้านของความเป็นพิษต่อชันโรงทั้ง 2 ชนิด และในส่วนของวิธีการหยด chlorpyrifos และ phosmet ไม่มีความแตกต่างในด้านของความเป็นพิษต่อชันโรงชนิด *S. bipunctata* แต่ในชันโรงชนิด *T. fiebrigi* นั้น chlorpyrifos มีความเป็นพิษมากกว่า phosmet นอกในด้านของความเป็นพิษแล้ว การศึกษานี้ยังทำให้ทราบอีกด้วยว่าชันโรงที่อยู่ในวรรณะงานของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชันโรงชนิด *S. bipunctata* มีความแข็งแรงและทนทานมากกว่าวรรณะงานของชันโรงชนิด *T. fiebrigi* อีกด้วย

รูปที่ 2.20 ชันโรงชนิด *Scaptotrigona bipunctata*
ที่มา: Abelhas (2022)

รูปที่ 2.21 ชันโรงชนิด *Tetragonisca fiebrigi*
ที่มา: Wikipedia (2022)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid ในชันโรงชนิด *Nannotrigona perilampoides* (รูปที่ 2.22) ผ่านวิธีการกินโดยการผสมสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid ในน้ำเชื่อม 50% จากผลการทดสอบพบว่า ที่ 48 ชั่วโมง ค่า LD_{10}, LD_{20} และ LD_{50} ของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid อยู่ที่ 0.45, 0.74 และ 1.93 ng/µL ตามลำดับ และมีการทดสอบอัตราการรอดชีวิตหลังจากสัมผัสสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid ด้วยการทดสอบผ่านวิธีการกินด้วยค่า LD_{10} และ LD_{20} และปล่อยให้มีชีวิตอยู่ต่อเนื่องจากหลังจากการได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid เป็นเวลา 10 วัน จากผลการทดสอบในครั้งนี้พบว่าชันโรงชนิด *N. perilampoides* มีความไวต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid ค่อนข้างมาก และยังพบว่าอัตราการรอดชีวิตของชันโรงชนิด *N. perilampoides* หลังจากได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid ที่ค่า LC_{20} นั้นแตกต่างกับค่า LC_{10} ค่อนข้างมาก โดยผลการทดสอบที่ค่า LD_{20} มีอัตราการรอดชีวิตของชันโรงชนิด *N. perilampoides* อยู่ที่ 30% หลังจากได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid เป็นเวลา 10 วัน ในขณะที่ผลการทดสอบที่ค่า LD_{10} มีอัตราการรอดชีวิตของชันโรงชนิด *N. perilampoides* อยู่ที่ 70% หลังจากได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid เป็นเวลา 10 วัน จากการทดสอบทั้งหมดนี้แสดงให้เห็นว่าการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid นั้นเป็นอันตรายต่อชันโรงชนิด *N. perilampoides* ค่อนข้างมากรวมถึงอาจจะเป็นอันตรายต่อชันโรงชนิดอื่น ๆ ด้วยเนื่องจากเป็นแมลงที่มีขนาดเล็กทำให้มีอัตราส่วนของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อขนาดของร่างกายสูง การทดสอบในครั้งนี้ยังทำให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง รูปแบบการออกฤทธิ์และระยะเวลารวมไปถึงปริมาณหรือความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาถึงการตอบสนองของชันโรงต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงแต่ละชนิดเพื่อให้มีความปลอดภัยในการใช้งานและลดผลกระทบต่อชันโรงและแมลงผสมเกสรชนิดอื่น ๆ ต่อไป (Naggar *et al.,* 2022)

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid ในชันโรงชนิด *Melipona scutellaris* (รูปที่ 2.23) ที่เป็นชันโรงที่พบได้ทั่วไปในประเทศบราซิลผ่านวิธีการกินโดยใช้สารละลายซูโครส 50% เป็นตัวทำละลาย ทำการทดสอบที่ 6 ชั่วโมง โดยพบว่า ค่า LC_{50} และ LD_{50} ของ imidacloprid มีค่าอยู่ที่ 0.0039 µg a.i. µL และ 0.025 µg a.i. ตามลำดับ จากผลการทดสอบในครั้งนี้ทำให้ทราบได้ว่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid นั้นมีความเป็นพิษสูงต่อชันโรงชนิด *M. scutellaris* เป็นอย่างมาก โดยมีความเสี่ยงที่ชันโรงชนิด *M. scutellaris* จะสัมผัสกับสารได้เมื่อออกไปหาอาหารจากพืชหลายชนิดที่อาจมีการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid เช่น ฝ้าย มันฝรั่ง ส้ม ถั่วเหลืองและมะเขือเทศ เป็นต้น แม้ว่าจะมีการใช้ในปริมาณที่แนะนำก็อาจจะยังมีความเสี่ยงที่จะทำให้ชันโรงชนิด *M. scutellaris* นั้นมีปริมาณที่ลดลงและส่งผลกระทบต่อผลผลิตได้เนื่องจากขาดการผสมเกสร จึงจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับผลกระทบจากการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อชันโรงชนิด *M. scutellaris* และชันโรงชนิดอื่น ๆ ต่อไป (Costa *et al.,* 2024) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Kilaso and Chaisuekul (2024) ที่ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง imidacloprid, profenofos และแลมบ์ดา-ไซฮาโลทริน (lambda-cyhalothrin) กับชันโรงชนิด *T. pagdeni* ผ่านวิธีการหยด วิธีการกินและวิธีการสัมผัส โดยพบว่าในวิธีการหยดนั้น profenofos, imidacloprid และ lambda-cyhalothrin มีค่า LD_{50} อยู่ที่ 45.39, 0.06 และ 0.53 ng a.i.ตามลำดับ และในส่วนของวิธีการกินนั้น profenofos, imidacloprid และ lambda-cyhalothrin มีค่า LD_{50} อยู่ที่ 75.04, 0.66 และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7.52 ng a.i. ตามลำดับ และในส่วนของวิธีการสัมผัสนั้น profenofos, imidacloprid และ lambda-cyhalothrin มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 3062.81, 48.74 และ 4339.83 ng a.i./cm^2 ตามลำดับ จากผลการทดสอบในครั้งนี้ทำให้ทราบได้ว่า imidacloprid นั้นมีความเป็นพิษต่อชันโรงชนิด *T. pagdeni* มากที่สุด และยังทำให้ทราบได้ว่าวิธีการสัมผัสกับสารที่ส่งผลต่ออัตราการตายของชันโรงชนิด *T. pagdeni* คือวิธีการหยดมากกว่าวิธีการกินและวิธีการสัมผัส การทดสอบครั้งนี้จึงทำให้ทราบได้ถึงชนิดของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงและวิธีการสัมผัสกับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่จะส่งผลต่ออัตราการตายของชันโรงชนิด *T. pagdeni* ได้ ดังนั้นจึงควรมีการพิจารณาถึงการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอย่างเหมาะสมเพื่อควบคุมและป้องกันกำจัดแมลงศัตรูโดยลดผลกระทบต่อแมลงที่มีประโยชน์ลง

รูปที่ 2.22 ชันโรงชนิด *Nannotrigona perilampoides*
ที่มา: Researchgate (2022)

รูปที่ 2.23 ชันโรงชนิด *Melipona scutellaris*
ที่มา: Wikipedia (2023)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.8 เอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดพิษของแมลง

ผลที่เกิดขึ้นกับชันโรงหลังจากได้รับสาร ยังเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์กำจัดพิษ โดยเอนไซม์นั้นมีความสามารถในการย่อยสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่แตกต่างกันตามชนิดของแมลงและชนิดโครงสร้างของสารเคมีรวมไปถึงรูปแบบการดูดซึมเข้าสู่ร่างกายของแมลง (Marzouk *et al.*. 2017) ซึ่งเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการป้องกันกำจัดสารเคมีนั้นแบ่งกลุ่มได้ดังต่อไปนี้ ได้แก่ cytochrome P450 monooxygenases (P450), glutathione-S-transferase (GST) และ general esterase (EST) (สิริภัค สุระพร, 2562)

Liu *et al.* (2024) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเอนไซม์กำจัดพิษ glutathione-S-transferase ในผีเสื้อหนอนใยผัก *P. xylostella* ต่อการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง 4 ชนิด ได้แก่ chlorantraniliprole, โนวาลูรอน (novaluron), lambda-cyhalothrinaba และ abamectin และพบว่าผีเสื้อหนอนใยผัก *P. xylostella* มีความต้านทานต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงโดยมีการเพิ่มขึ้นของเอนไซม์กำจัดพิษ glutathione-S-transferase ซึ่งถือเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงของผีเสื้อหนอนใยผัก *P. xylostella* และพบว่านอกจาก glutathione-S-transferase แล้วยังมี carboxylesterase และ P450 monooxygenases ที่ทำหน้าที่ร่วมกันในการกำจัดพิษด้วย

การศึกษาความผลกระทบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเมทิลเบนโซเอต (methyl benzoate) ในผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* โดยวิธีการกินอาหารและการสเปรย์ พบว่า methyl benzoate พบว่าส่งผลกระทบต่อผึ้งและการทำงานของเอนไซม์ cytochrome P450 monooxygenases รวมไป glutathione-S-transferase และ carboxylesterase ด้วย (Zhu *et al.*. 2019) เนื่องจากผึ้งเป็นแมลงที่ไวต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง แม้ว่าสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชบางชนิดอาจจะไม่ส่งผลกระทบต่อผึ้งโดยตรง เช่น สารเคมีป้องกันกำจัดไร แต่เมื่อนำไปใช้ร่วมกับสารเคมีป้องกันกำจัดศัตรูพืชชนิดอื่นนั้น พบว่ามีความเป็นพิษต่อผึ้งสูงขึ้นและพบกลไกในการต้านทานพิษในร่างกายผ่านการทำงานของ cytochrome P450 monooxygenases, glutathione-S-transferase และ carboxylesterase และพบว่าเอนไซม์กำจัดพิษ cytochrome P450 monooxygenases นั้นมีความสามารถในการกำจัดพิษมากกว่าเอนไซม์กำจัดพิษ glutathione-S-transferase และ carboxylesterase (Gong and Diao, 2017)

นอกจากเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับการกำจัดพิษแล้ว ยังได้มีการศึกษาเอนไซม์อื่น ๆ ที่ตอบสนองต่อการได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง เช่น acetylcholinesterase (AChE) โดย Samson-Robert *et al.* (2015) ได้รายงานผลการศึกษาการแสดงออกของยีนที่สร้าง acetylcholinesterase (AChE) ในผึ้ง *Bombus impatiens* (รูปที่ 2.24) พบว่าผึ้งในกลุ่มทดลองที่รังอยู่ใกล้กับแปลงปลูกข้าวโพดที่มีการคลุกเมล็ดโดยใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง neonicotinoid มีการแสดงออกของ acetylcholinesterase mRNA ในระดับที่สูงกว่าผึ้งในกลุ่มควบคุมที่รังอยู่ไกลมากกว่าจากแปลงข้าวโพดที่ได้รับสารเดียวกัน แสดงให้เห็นว่าการได้รับสาร neonicotinoid เกี่ยวข้องกับการเพิ่มขึ้นของ acetylcholinesterase ในผึ้ง ดังนั้น acetylcholinesterase จึงน่าจะเป็นเอนไซม์ที่นำมาใช้ในบ่งชี้การได้รับสารเคมีกำจัดแมลงของผึ้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.24 ผึ้ง *Bombus impatiens*
ที่มา: Bugguide (2016)

จากข้อมูลข้างต้นที่ได้มีการศึกษาผลกระทบของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงและการทำงานของเอนไซม์ที่มีผลต่อการกำจัดสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงและเกี่ยวข้องกับการออกฤทธิ์ของสารต่อแมลงในกลุ่มผึ้ง การใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงทางการเกษตรนั้นน่าจะเป็นหนึ่งในปัจจัยที่ส่งผลกระทบทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อชันโรงได้ จึงสนใจที่จะศึกษาผลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อชันโรงและการทำงานของเอนไซม์มีเกี่ยวข้อง ซึ่งการศึกษานี้จะนำไปสู่ความเข้าใจถึงความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงแต่ละชนิดและผลของสารต่อกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินผลกระทบของการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อชันโรงซึ่งเป็นแมลงที่มีประโยชน์และอยู่นอกกลุ่มเป้าหมาย และนำไปใช้เป็นข้อมูลนำไปใช้ในการวางแผนจัดการการใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงอย่างเหมาะสม ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการอนุรักษ์ชันโรงต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 การศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อการตายของชันโรง

3.1.1 การเก็บตัวอย่าง

ทำการเก็บตัวอย่างชันโรงตัวเต็มวัยที่แปลงเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ (รูปที่ 3.1) โดยใช้สวิงโฉบจับชันโรงที่บินอยู่บริเวณปากทางเข้ารัง จากนั้นนำตัวอย่างที่ได้กลับไปที่ห้องปฏิบัติการและทำการพักตัวอย่างไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมงก่อนเริ่มทำการทดลอง และคัดเลือกชันโรงที่มีการตอบสนองต่อการเขี่ยด้วยปากคีบ และมีอวัยวะภายนอกสมบูรณ์ มีหนวดครบ 1 คู่ มีขาครบ 3 คู่ มีปีกครบ 2 คู่ จากนั้นเมื่อคัดเลือกชันโรงเสร็จเรียบร้อยแล้ว จะเข้าสู่ขั้นตอนการทดลองต่อไป

รูปที่ 3.1 รังชันโรงบริเวณแปลงเกษตร

3.1.2 สารเคมีป้องกันกำจัดแมลง

สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่นำมาใช้ในการทดสอบ ได้แก่ อะเซทามิพริด (acetamiprid) ไทอะโคลพริด (thiacloprid) ไทอะมีทอกแซม (thiamethoxam) โคลไทอะนิดิน (clothianidin) คลอแรนทรานิลิโพรล (chlorantraniliprole) อีมาเมกตินเบนโซเอต (emamectin benzoate) ฟิโพรนิล (fipronil) อินดอกซาคาร์บ (indoxacarb) และสไปนีโทแรม (spinetoram) (รูปที่ 3.2) โดยเกณฑ์ในการเลือกสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชุดนี้คือ เป็นสารเคมีป้องกันแมลงที่นิยมใช้ในประเทศไทยและเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่เป็นสารกลุ่มใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

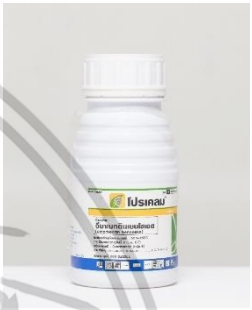
ก acetamiprid

ข thiacloprid

ค thiamethoxam

ง clothianidin

จ chlorantraniliprole



ฉ อีมาเมกตินเบนโซเอต

ช fipronil

ซ indoxacarb

ด spinetoram

ที่มา: Shopee (2019)

รูปที่ 3.2 สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงในการทดสอบ ได้แก่ **ก** acetamiprid, **ข** thiacloprid, **ค** thiamethoxam, **ง** clothianidin, **จ** chlorantraniliprole, **ฉ** emamectin benzoate, **ช** fipronil, **ซ** indoxacarb และ **ด** spinetoram

3.1.3 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลง

การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงทำโดย 2 วิธีการ คือ การหยดและการกิน โดยแต่ละวิธีการแบ่งการทดสอบแบ่งออกเป็น 2 การทดสอบย่อย คือ การทดสอบความเป็นพิษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เบื้องต้น (preliminary test) และการทดสอบความเป็นพิษขั้นสุดท้าย (final test) โดยในการทดสอบความเป็นพิษเบื้องต้น ตัวอย่างชันโรงถูกนำมาทดสอบความพิษของสารโดยใช้สารละลายความเข้มข้น 0.01, 0.1, 1, 10, 100 และ 1,000 ng/µL ตามลำดับ จากนั้นเลือกช่วงความเข้มข้นที่ก่อให้เกิดการตายที่ 0 – 100% มาแบ่งเป็นความเข้มข้นย่อย ๆ จำนวน 5 – 7 ความเข้มข้น เพื่อนำมาทดสอบความเป็นพิษขั้นสุดท้าย

3.1.3.1 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการหยด

ทำการหยดสารทดสอบแต่ละชนิดที่แต่ละความเข้มข้นปริมาตร 1 µL ลงบนส่วน pronotum ด้านบนของแมลงแต่ละตัว แมลงที่ผ่านการหยดสารแล้วจะถูกนำมาใส่ใน Petri dish ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. ด้านในรองด้วยกระดาษกรองและมีสำลีชุบสารละลาย 50% w/v ซูโครสให้เป็นอาหาร ในการทดสอบแต่ละซ้ำประกอบไปด้วยแมลงจำนวน 10 ตัวต่อPetri dish ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำต่อความเข้มข้นของสาร การทดลองกลุ่มควบคุมใช้อะซิโตนเป็นสารทดสอบ หลังจากหยดสารแล้วทำการตรวจสอบการตายที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ และบันทึกผลการตายและคำนวณหาค่า median lethal concentration (LC_{50})

3.1.3.2 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการกิน

ทำการอดอาหารชันโรงเป็นเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง จากนั้นนำแมลงแต่ละตัวมาป้อนสารทดสอบแต่ละชนิดที่แต่ละความเข้มข้น ปริมาตร 1 µL แมลงที่ผ่านการป้อนสารแล้วจะถูกนำมาใส่ใน Petri dish ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 9 ซม. ด้านในรองด้วยกระดาษกรองและมีสำลีชุบสารละลาย 50% w/v ซูโครสให้เป็นอาหาร ในการทดสอบแต่ละซ้ำประกอบไปด้วยแมลงจำนวน 10 ตัวต่อ Petri dish ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำต่อความเข้มข้นของสาร การทดลองกลุ่มควบคุมใช้สารละลาย 50% w/v ซูโครสเป็นสารทดสอบ หลังจากป้อนสารแล้วทำการตรวจสอบการตายที่ 24 และ 48 ชั่วโมง ตามลำดับ และบันทึกผลการตายและคำนวณหาค่า LC_{50}

3.2 การศึกษาผลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวข้องในชันโรง

3.2.1 ขั้นตอนการสกัดโปรตีนอย่างหยาบ

นำตัวอย่างแมลงมาทดสอบสารที่ LC_{10} โดยวิธีการหยดและการกิน ตามวิธีการในข้อ 3.1.3.1 และ 3.1.3.2 ทำการเก็บตัวอย่างที่ ที่ 2, 6, 12, 24 และ 48 ชั่วโมง หลังการทดสอบสาร ตามลำดับ โดยแต่ละช่วงเวลา ทำการเก็บตัวอย่างแมลงจำนวน 5 ตัว จากนั้น มาสกัดอย่างหยาบโดยการบดแมลงในสารละลาย 100 mM phosphate buffer pH 7.4 ปริมาตร 1,000 µL และนำสารละลายที่ได้มาทำการปั่นเหวี่ยงที่ 13,000 x g ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นดูดส่วนใสเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C และใช้เป็นสารละลายเอนไซม์สำหรับตรวจวัดแอกทิวิตีต่อไป

3.2.2 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตรวจวัดแอกทิวิตีของเอนไซม์โดยปรับเปลี่ยนตามวิธีการของ Yang *et al.* (2004) โดยเตรียมสารละลายผสมประกอบด้วย 20 µL ของสารละลายเอนไซม์ (ข้อ 3.2.1) 90 µL ของ 2 mM 1-chloro-2, 4-dinitrobenzene (CDNB) และ 90 µL ของ 10 mM reduced glutathione (GSH) ใน 96 well microtiter plate จากนั้นนำไปตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 340 nm ทุก 15 วินาที เป็นเวลา 10 นาที และนำค่าการดูดกลืนแสงที่เปลี่ยนแปลงต่อเวลามาคำนวณแอกทิวิตีของเอนไซม์

3.2.3 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST)

ทำการตรวจวัดแอกทิวิตีของเอนไซม์โดยปรับเปลี่ยนตามวิธีการของ Zhu *et al.* (2017) โดยเตรียมสารละลายผสมประกอบด้วย 15 µL ของสารละลายเอนไซม์ (ข้อ 3.2.1) และ 135 µL ของ 0.3 mM α-naphthyl acetate (α-NA) ใน 96 well microtiter plate ทำการบ่มสารละลายผสมเป็นเวลา 30 นาที ที่อุณหภูมิ 37 °C จากนั้นเติม 50 µL ของ fast Blue-SDS แล้วนำไปตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 600 nm นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณแอกทิวิตีของเอนไซม์

3.2.4 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE)

ทำการตรวจวัดแอกทิวิตีโดยใช้ชุดตรวจวัดสำเร็จรูป Acetylcholinesterase Assay Kit โดยเตรียมสารละลายผสมประกอบด้วย 50 µL ของสารละลายเอนไซม์ (ข้อ 3.2.1) และ 50 µL ของ acetylcholinesterase reaction mixture ใน 96 well microtiter plate ทำการบ่มสารละลายผสมเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปตรวจวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 405 nm นำค่าการดูดกลืนแสงมาคำนวณแอกทิวิตี

3.2.5 การตรวจวัดความเข้มข้นของโปรตีน

ทำการตรวจวัดความเข้มข้นโปรตีนโดยวิธี Bradford assay (Bradford, 1976) โดยใช้ bovine serum albumin (BSA) เป็นโปรตีนมาตรฐาน

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติ

ทำการหาค่า LC_{50} โดย probit analysis โดยโปรแกรม SPSS และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่า LC_{50} ระหว่างสารแต่ละชนิดโดยพิจารณาจากค่าความเชื่อมั่นที่ 95% [95% confidence intervals (CI)] เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าแอกทิวิตีของเอนไซม์โดยโดยโปรแกรม SPSS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

4.1 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการหยดและการกิน

จากการทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการหยด พบว่าสารในกลุ่ม neonicotinoid ได้แก่ acetamiprid, clothianidin, thiacloprid และ thiamethoxam มีค่า LC_{50} เท่ากับ 133.778, 0.325 , 7.557 และ 0.004 ng/µL ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ในขณะที่สารในกลุ่ม diamide ได้แก่ chlorantraniliprole มีค่า LC_{50} เท่ากับ 23.259 ng/µL และสารในกลุ่ม avermectin ได้แก่ emamectin benzoate มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.077 ng/µL และสารในกลุ่ม phenylpyrazole ได้แก่ fipronil มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.029 ng/µL และสารในกลุ่ม oxadiazine ได้แก่ indoxacarb มีค่า LC_{50} เท่ากับ 155.984 ng/µL และสุดท้ายสารในกลุ่ม spinosyn ได้แก่ spinetoram นั้นมีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.003 ng/µL (ตารางที่ 4.1) โดยสารที่มีความเป็นพิษต่อชันโรงขนเงิน *T. pagdeni* โดยการหยดมากที่สุดได้แก่ spinetoram โดยสารที่มีความเป็นพิษรองลงมาคือ thiamethoxam, fipronil, emamectin benzoate, clothianidin, thiacloprid, chlorantraniliprole, acetamiprid และ indoxacarb ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1)

ตารางที่ 4.1 ค่า LC_{50} ของสารป้องกันกำจัดแมลง (ng/µL) ที่ได้จากวิธีหยด

กลุ่มของสาร	สารป้องกันกำจัดแมลง	LC_{50} วิธีหยด(ng/µL)
Neonicotinoid	Acetamiprid	133.778
Neonicotinoid	Clothianidin	0.325
Neonicotinoid	Thiacloprid	7.557
Neonicotinoid	Thiamethoxam	0.004
Diamide	Chlorantraniliprole	23.259
Avermectin	Emamectin benzoate	0.077
Phenylpyrazole	Fipronil	0.029
Oxadiazine	Indoxacarb	155.984
Spinosyn	Spinetoram	0.003

การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการกิน พบว่าสารในกลุ่ม neonicotinoid ได้แก่ acetamiprid, clothianidin, thiacloprid และ thiamethoxam นั้นมีค่า LC_{50} เท่ากับ 103.589, 1.301, 7.366 และ 0.818 ng/µL ตามลำดับ (ตารางที่ 4.1) ในขณะที่สารใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่ม diamide ได้แก่ chlorantraniliprole มีค่า LC_{50} เท่ากับ 6391.013 ng/µL และสารในกลุ่ม avermectin ได้แก่ emamectin benzoate มีค่า LC_{50} เท่ากับ 0.603 ng/µL และสารในกลุ่ม phenylpyrazole ได้แก่ fipronil มีค่า LC_{50} เท่ากับ 6.452 ng/µL และสารในกลุ่ม oxadiazine ได้แก่ indoxacarb มีค่า LC_{50} เท่ากับ 334.374 ng/µL และสุดท้ายสารในกลุ่ม spinosyn ได้แก่ spinetoram มีค่า LC_{50} เท่ากับ 6.17 ng/µL (ตารางที่ 4.1) โดยสารที่มีความเป็นพิษต่อชันโรงขนเงิน *T. pagdeni* โดยการกินมากที่สุดได้แก่ emamectin benzoate รองลงมาคือ thiamethoxam, clothianidin, spinetoram, fipronil, thiacloprid, acetamiprid, indoxacarb และ chlorantraniliprole ตามลำดับ (ตารางที่ 4.2)

ตารางที่ 4.2 ค่า LC_{50} ของสารป้องกันกำจัดแมลง (ng/µL) ที่ได้จากวิธีกิน

กลุ่มของสาร	สารป้องกันกำจัดแมลง	LC_{50} วิธีกิน (ng/µL)
Neonicotinoid	Acetamiprid	103.589
Neonicotinoid	Clothianidin	1.301
Neonicotinoid	Thiacloprid	7.366
Neonicotinoid	Thiamethoxam	0.818
Diamide	Chlorantraniliprole	691.013
Avermectin	Emamectin benzoate	0.603
Phenylpyrazole	Fipronil	6.452
Oxadiazine	Indoxacarb	334.374
Spinosyn	Spinetoram	6.17

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในชันโรงชนิดอื่น ๆ ผ่านวิธีหยด ได้แก่ ชันโรง *T. fiebrigi* และ *Melipona quadrifasciata* จากผลการทดลองโดยวิธีหยด ซึ่งจากผลการทดลองในครั้งนี้ทำให้ทราบว่าในส่วนของวิธีหยดนั้น พบว่าสารป้องกันกำจัดแมลง thiamethoxam และ spinetoram ที่นำมาทดสอบมีแนวโน้มที่จะความเป็นพิษกับชันโรง *T. fiebrigi* และชันโรง *M. quadrifasciata* อย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลง thiamethoxam และ spinetoram ต่อชันโรง *T. fiebrigi* และ *M. ouadrifasciata* กับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* พบว่าผลการทดลองนั้นมีความสอดคล้องกันในวิธีหยด ที่แนวโน้มของการใช้สารทำให้ทราบได้ว่าทั้ง thiamethoxam และสารในกลุ่ม spinosyn อย่าง spinetoram นั้นต่างก็มีค่าความเป็นพิษต่อชันโรงในระดับที่ค่อนข้างจะสูงมาก ๆ ซึ่งส่งผลต่ออัตราการตายที่ค่อนข้างสูงตามไปด้วยเมื่อได้รับสาร (Piovesan *et al.,* 2020)

นอกจากนี้ในการทดลองของ Chan *et al.* (2019) ยังได้ทำการทดลองสารป้องกันกำจัดแมลง thiamethoxam, clothianidin และ chlorantraniliprole ผ่านวิธีสัมผัสและวิธีกินกับผึ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Peponapis pruinose โดยจากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าเมื่อเปรียบเทียบกันแล้วสารในกลุ่ม neonicotinoid มีแนวโน้มสูงที่จะมีความเป็นพิษต่อแมลงที่เป็น pollinator มากกว่าสารในกลุ่ม diamide อย่างเห็นได้ชัด

นอกจากนี้ในการทดสอบสารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid ที่จัดเป็นสารในกลุ่ม neonicotinoid นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในผึ้งพันธุ์ชนิด *Apis mellifera jemenitica* ที่เป็นสายพันธุ์ย่อยของผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ที่มีความเสี่ยงต่อการได้รับสารสารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid ในระหว่างการออกไปหาอาหารผ่านวิธีการหยด และได้มีการรายงานผลการทดลองเอาไว้ว่าในวิธีหยดนั้น acetamiprid มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 160.33 ng/µL เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองในวิธีหยดและวิธีกินกับชันโรง *T. pagdeni* พบว่าค่า LC_{50} ในวิธีหยดนั้นมีความสอดคล้องกัน (Abuagla *et al.*, 2024) แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Padilha *et al.* (2020) ที่ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid ต่อชันโรง *Plebeia emerina* และชันโรง *T. fiebrigi* ผ่านวิธีหยด จากผลการทดลองในครั้งนี้ ในส่วนของวิธีการหยดนั้นสารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid มีค่าความเป็นพิษต่อชันโรง *T. fiebrigi* มากกว่าชันโรง *P. Emerina* ค่อนข้างมาก โดยเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองในครั้งนี้มีพบว่ามีความแตกต่างจากการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* อย่างเห็นได้ชัดโดยมีการระบุว่าสารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid นั้นมีค่าความเป็นพิษต่อชันโรง *P. Emerina* และ *T. fiebrigi* ในระดับที่ไม่สูงมากนัก

เมื่อเปรียบเทียบผลการทดสอบของสารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid รวมไปถึง thiacloprid, thiamethoxam, spinetoram และ emamectin benzoate กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ผ่านวิธีการได้รับสารจากการฉีดพ่นและได้มีรายงานค่า LC_{50} ของสารต่าง ๆ โดย acetamiprid มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 55.53 ng/µL และ ในขณะที่ thiacloprid ที่จัดเป็นสารในกลุ่ม neonicotinoid มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 696.7 ng/µLและ thiamethoxam มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.248 ng/µL รวมไปถึง spinetoram ที่มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.28 ng/µL และสุดท้าย emamectin benzoate มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.04 ng/µL ซึ่งเมื่อนำสารทั้งหมดนำมาเรียงลำดับค่าความเป็นพิษจากค่าสูงที่สุดไปจนถึงค่าที่ต่ำที่สุดในวิธีการได้รับสารจากการฉีดพ่นจะเห็นได้ว่าสาร emamectin benzoate นั้นจัดเป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม avermectin นั้นมีค่าความเป็นพิษต่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* มากที่สุด รองลงมาคือ thiamethoxam, spinetoram, thiacloprid และ acetamiprid ตามลำดับ ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองกับชันโรง *T. pagdeni* พบว่ามีความสอดคล้องกัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในวิธีกินกับชันโรง *T. pagdeni* พบว่าทั้ง thiamethoxam, spinetoram รวมไปถึง emamectin benzoate ต่างก็เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษอยู่ในระดับที่สูงมากต่อชันโรง *T. pagdeni* และผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ในขณะที่ thiacloprid และ acetamiprid นั้นเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษต่อชันโรง *T. pagdeni* และผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* อยู่ในระดับที่รองลงมา (Ulziibayar *et al.,* 2022)

นอกจากนี้ในการทดลองของ Gokulakrishnan *et al.* (2022) ยังได้ทำการทดสอบสารป้องกันกำจัดแมลง fipronil, acetamiprid, chlorantraniliprole และ emamectin benzoate กับผึ้งสาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์อินเดีย *Apis cerana indica* ผ่านวิธีหยด จากนั้นจึงได้มีการรายงานผลการทดลองผ่านค่า LC_{50} โดย fipronil นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 46.28 ng/µL ในขณะที่ acetamiprid นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 759.81 ng/µL ขณะเดียวกัน chlorantraniliprole นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 467.86 ng/µL และสุดท้าย emamectin benzoate นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 5.87 ng/µL ตามลำดับ เมื่อเรียงลำดับความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงแต่ละชนิดแล้วจะพบว่า emamectin benzoate จัดเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษมากที่สุดทั้งในวิธีหยด วิธีกินและวิธีสัมผัส ต่อมาคือ fipronil ที่จัดเป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม phenylpyrazole นั้นมีค่าความเป็นพิษอยู่ในระดับรองลงมาตามด้วย chlorantraniliprole และ acetamiprid ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* ที่แสดงให้เห็นว่าทั้ง emamectin benzoate และ fipronil ต่างก็มีความเป็นพิษที่ค่อนข้างสูงกว่า chlorantraniliprole และ acetamiprid นอกจากนี้ในการทดลองที่ได้ทำการทดสอบสารป้องกันกำจัดแมลงทั้ง 2 ชนิดได้แก่ fipronil และ indoxacarb กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ซึ่งจัดเป็นแมลงในกลุ่ม pollinator เช่นเดียวกับชันโรงผ่านวิธีการสัมผัส จากผลการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่า fipronil นั้นมีค่าความเป็นพิษต่อทั้งชันโรง *T. pagdeni* และผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง แต่ในขณะเดียวกัน indoxacarb ที่จัดเป็นสารในกลุ่ม oxadiazine กลับมีค่าความเป็นพิษต่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง แต่กลับมีค่าความเป็นพิษอยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำต่อชันโรง *T. pagdeni* เมื่อเปรียบเทียบกัน (Pashte and Patil, 2018)

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในชันโรงชนิดอื่น ๆ ผ่านวิธีกิน ได้แก่ ชันโรง *T. fiebrigi* และ *M. quadrifasciata* จากผลการทดลองโดยวิธีกินนั้นพบว่าค่า LC_{50} ของ thiamethoxam และ spinetoram อยู่ที่ 2.05 และ 2.72 ng a.i./µL ตามลำดับ ในขณะที่ชันโรง *M. quadrifasciata* มีค่า LC_{50} ของ thiamethoxam และ spinetoram อยู่ที่ 0.18 และ 2.45 ng a.i./µL ตามลำดับ จากการทดสอบ พบว่า thiamethoxam เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษต่อชันโรงทั้ง 2 ชนิดมากที่สุด รองลงมาคือ spinetoram ตามลำดับ และเมื่อเปรียบเทียบค่าความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลง thiamethoxam และ spinetoram ต่อชันโรง *T. fiebrigi* และชนิด *M. ouadrifasciata* กับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* พบว่าผลการทดลองนั้นมีความสอดคล้องกันในวิธีกิน ทำให้ทราบได้ว่าทั้ง thiamethoxam และสารในกลุ่ม spinosyn อย่าง spinetoram นั้นต่างก็มีค่าความเป็นพิษต่อชันโรงในระดับที่ค่อนข้างจะสูงมาก ๆ ซึ่งส่งผลต่ออัตราการตายที่ค่อนข้างสูงตามไปด้วยเมื่อได้รับสาร (Piovesan *et al.,* 2020)

เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ทดสอบด้วยสาร thiamethoxam และ clothianidin กับผลการทดลองของ Laurino *et al.* (2011) ที่ทำการศึกษาในผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ผ่านวิธีการกิน ได้มีการรายงานผลค่า LC_{50} ของ thiamethoxam และclothianidin ไว้เท่ากับ 0.134 และ 0.081 ng/µL ตามลำดับ นอกจากนี้การทดลองในผึ้งโพรง *A. cerana* ยังแสดงให้เห็นว่าค่า LC_{50} ของ clothianidin เมื่อทดสอบด้วยวิธีกิน มีค่าเท่ากับ 12.02 ng/µL (Naseema *et al.*, 2024) แสดงให้เห็นว่าผลการทดลองนี้มีความสอดคล้องกับการทดสอบสารในชันโรง *T. pagdeni* โดยแต่ละสารมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความเป็นพิษต่อแมลงในกลุ่มผึ้งในระดับที่ค่อนข้างสูง และมีแนวโน้มที่จะมีความเป็นพิษต่อแมลงผสมเกสรชนิดอื่น ๆ ได้ แม้ว่าค่า LC_{50} จะมีความแตกต่างกันบ้าง ซึ่งอาจเกิดได้จากความแตกต่างของชนิดแมลงและขนาดของตัวแมลงที่นำมาทำการทดสอบ

อีกทั้งในการทดลองของ Li *et al.* (2023) ที่ได้ทำการทดสอบสารป้องกันกำจัดแมลงตามกลุ่มต่าง ๆ ได้แก่ สารในกลุ่ม neonicotinoid คือ thiamethoxam, สารในกลุ่ม organophosphate คือ dimethoate, สารในกลุ่ม carbamate คือ methomyl และสารในกลุ่ม pyrethroid ได้แก่ zeta-cypermethrin, cyfluthrin, permethrin และ esfenvalerate ตามลำดับกับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ผ่านวิธีการกิน และได้มีการรายงานผลการทดลองผ่านค่า LC_{50} โดย thiamethoxam นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.25 ng/μL ในขณะที่ dimethoate นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 5.30 ng/μL ในส่วนของ methomyl นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 4.19 ng/μL และสุดท้าย zeta-cypermethrin, cyfluthrin, permethrin และ esfenvalerate นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 149.8, 182.2, 33.78 และ 1125 ng/μL ตามลำดับ โดยจากผลการทดลองทั้งหมดนั้นจะเห็นได้ว่า thiamethoxam นั้นจัดเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีค่าความเป็นพิษมากที่สุด รองลงมาคือ methomyl, dimethoate, permethrin, zeta-cypermethrin, cyfluthrin และ esfenvalerate ตามลำดับ

นอกจากนี้ในการทดลองของ Campos *et al.* (2024) ได้มีการทดสอบสารป้องกันกำจัดแมลง thiamethoxam 2 สูตรได้แก่สูตรผงและสูตรน้ำเปรียบเทียบกับ dimethoate กับชันโรง *Melipona interrupta* ผ่านวิธีการกินและได้มีการรายงานผลการทดลองผ่านค่า LC_{50} โดย thiamethoxam สูตรผงนั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 1.22 ng/μL และ thiamethoxam สูตรน้ำนั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 1.28 ng/μL ในขณะที่ dimethoate นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 24.77 ng/μL จากค่า LC_{50} นั้นแสดงให้เห็นว่า thiamethoxam นั้นมีค่าความเป็นพิษที่มากกว่า dimethoate ซึ่งผลจากการทดลองนี้มีส่วนช่วยสนับสนุนว่า thiamethoxam นั้นจัดเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่เป็นที่ทราบกันดีว่ามีความเป็นพิษต่อแมลงในกลุ่มผึ้งค่อนข้างสูง อีกทั้งยังออกฤทธิ์ต่อแมลงที่เป็นแมลงกลุ่มเป้าหมายและแมลงที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายโดยการทำให้เป็นอัมพาตและส่งผลทำให้เกิดการตาย (Darwisch *et al.,* 2022) นอกจากนี้ชันโรงยังมีความไวต่อ thiamethoxam มากกว่าผึ้ง ซึ่งส่งผลทำให้เกิดอัตราการตายของชันโรงมากมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกับ thiamethoxam ส่งผลทำให้จำนวนประชากรนั้นลดลง ดังนั้นอาจจะต้องมีการพิจารณาการใช้งานสารป้องกันกำจัดแมลงชนิดอื่นทดแทนเพื่อเป็นการช่วยอนุรักษ์ปริมาณประชากรของผึ้งและชันโรงต่อไป (Vineetha *et al.,* 2022)

นอกจากนี้ในการทดสอบสารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid ที่จัดเป็นสารในกลุ่ม neonicotinoid นั้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในผึ้งพันธุ์ *A. mellifera jemenitica* ผ่านวิธีกินนั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 12.76 ng/μL ตามลำดับ แต่เมื่อเปรียบเทียบค่า LC_{50} ในวิธีกินนั้นกลับพบว่ามีความแตกต่างกัน โดย acetamiprid นั้นมีค่าความเป็นพิษต่อผึ้งพันธุ์ *A. m. jemenitica* ในระดับที่สูงกว่าชันโรง *T. pagdeni* อย่างไรก็ตาม สารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid นั้นก็ยังคงมีความเป็นพิษต่อผึ้งพันธุ์ *A. m. jemenitica* และชันโรง *T. pagdeni* ในระดับที่สูง (Abuagla *et al.*, 2024)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองของ Padilha *et al.* (2020) ที่ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid ต่อชันโรง *P. emerina* และชันโรง *T. fiebrigi* ผ่านวิธีกิน ในส่วนของวิธีการกินนั้น สารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid กลับมีค่าความเป็นพิษต่อชันโรง *P. Emerina* มากกว่าชันโรง *T. fiebrigi* ค่อนข้างมากเช่นกัน โดยเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองในครั้งนี้มีพบว่ามีความแตกต่างจากการทดลองในชันโรงขนเงิน *T. pagdeni* อย่างเห็นได้ชัดโดยมีการระบุว่าสารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid นั้นมีค่าความเป็นพิษต่อชันโรง *P. Emerina* และ *T. fiebrigi* ในระดับที่ไม่สูงมากนัก

นอกจากนี้ยังมีการทดลองของ Ulziibayar *et al.* (2021) ที่ได้ทำการทดสอบสารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid และ emamectin benzoate ต่อตัวอ่อนของผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ผ่านวิธีการกิน และได้มีการรายงานผลการทดลองเอาไว้ผ่านค่า LC_{50} โดย acetamiprid มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 4911.8 ng/μL และ emamectin benzoate มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.0000 ng/μL ตามลำดับ จากผลการทดลองนี้ทำให้ทราบได้ว่า emamectin benzoate มีค่าความเป็นพิษอยู่ในระดับที่สูงมากเมื่อมีการได้รับสารผ่านวิธีการกิน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* ที่สารป้องกันกำจัดแมลง emamectin benzoate จัดเป็นสารที่มีความเป็นพิษมากที่สุดเมื่อได้รับสารผ่านวิธีการกินเช่นเดียวกัน และต่อมาในการทดลองกับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* โดยทำการทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลง acetamiprid รวมไปถึง thiacloprid, thiamethoxam, spinetoram และ emamectin benzoate ผ่านวิธีการได้รับสารจากวิธีการกิน โดยได้มีการรายงานค่า LC_{50} ของสารป้องกันกำจัดแมลงชนิดต่าง ๆ ผ่านวิธีการกินดังต่อไปนี้ ได้แก่ acetamiprid มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 157.7 ng/μL ในขณะที่ thiacloprid ที่จัดเป็นสารในกลุ่ม neonicotinoid มีค่า LC_{50} อยู่ที่ >10,000 ng/μL และ thiamethoxam มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.01 ng/μL รวมไปถึง spinetoram ที่มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.93 ng/μL และสุดท้าย emamectin benzoate มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.1 ng/μL ซึ่งจะเห็นได้ว่าในวิธีการกินจะเห็นได้ว่าสาร thiamethoxam นั้นจัดเป็นสารที่มีค่าความเป็นพิษต่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* มากที่สุด รองลงมาคือ emamectin benzoate, spinetoram, acetamiprid และ thiacloprid ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับการทดลองกับชันโรง *T. pagdeni* พบว่ามีความสอดคล้องกัน เมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองในวิธีกินกับชันโรง *T. pagdeni* พบว่าทั้ง thiamethoxam, spinetoram รวมไปถึง emamectin benzoate ต่างก็เป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษอยู่ในระดับที่สูงมากต่อชันโรง *T. pagdeni* และผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ในขณะที่ thiacloprid และ acetamiprid นั้นเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษต่อชันโรง *T. pagdeni* และผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* อยู่ในระดับที่รองลงมา (Ulziibayar *et al.,* 2022)

นอกจากนี้ในการทดลองของ Baas *et al.* (2022) ที่ได้ทำการทดสอบความเป็นพิษของ thiacloprid ผ่าน BeeGUTS ที่เป็นแบบจำลอง Toxicokinetic-Toxicodynamic (TKTD) สำหรับวิเคราะห์ความเป็นพิษต่อผึ้งในวิธีสัมผัสและวิธีกิน และทำให้เห็นได้ว่า thiacloprid เป็นสารอีกหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดที่มีแนวโน้มที่จะมีค่าความเป็นพิษที่ต่ำกว่าสารในกลุ่ม neonicotinoid ชนิดอื่น ๆ เมื่อเปรียบเทียบกัน

นอกจากนี้ในการทดลองของ Gokulakrishnan *et al.* (2022) ยังได้ทำการทดสอบสารป้องกันกำจัดแมลง fipronil, acetamiprid, chlorantraniliprole และ emamectin benzoate กับผึ้งสายพันธุ์อินเดีย *Apis cerana indica* ผ่านวิธีกิน จากนั้นจึงได้มีการรายงานผลการทดลองผ่านค่า LC_{50} โดย fipronil นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 48.83 ng/µL ในขณะที่ acetamiprid นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 683.66 ng/µL ตามลำดับ ขณะเดียวกัน chlorantraniliprole นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 386.93 ng/µL และสุดท้าย emamectin benzoate นั้นมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 5.98 ng/µL ตามลำดับ เมื่อเรียงลำดับความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงแต่ละชนิดแล้วจะพบว่า emamectin benzoate จัดเป็นสารป้องกันกำจัดแมลงที่มีความเป็นพิษมากที่สุดทั้งในวิธีหยด วิธีกินและวิธีสัมผัส ต่อมาคือ fipronil ที่จัดเป็นสารที่อยู่ในกลุ่ม phenylpyrazole นั้นมีค่าความเป็นพิษอยู่ในระดับรองลงมาตามด้วย chlorantraniliprole และ acetamiprid ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* ที่แสดงให้เห็นว่าทั้ง emamectin benzoate และ fipronil ต่างก็มีความเป็นพิษที่ค่อนข้างสูงกว่า chlorantraniliprole และ acetamiprid นอกจากนี้ยังมีการทดลองที่ได้ทำการทดสอบสารป้องกันกำจัดแมลง indoxacarb และ emamectin benzoate กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ผ่านวิธีการกิน และได้มีการรายงานผลการทดลองไว้ว่า emamectin benzoate นั้นมีค่าความเป็นพิษต่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* อยู่ในระดับที่ค่อนข้างสูง โดยมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.247 ng/µL ในขณะที่ indoxacarb นั้นมีค่าความเป็นพิษต่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* อยู่ในระดับที่ค่อนข้างต่ำกว่า โดยมีค่า LC_{50} อยู่ที่ 14.436 ng/µL จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องกันกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* ที่ emamectin benzoate นั้นมีค่าความเป็นพิษที่มากกว่า indoxacarb เมื่อเปรียบเทียบกัน จากการเปรียบเทียบกับการวิจัยที่ผ่านมาในอดีตเหล่านี้นั้นสามารถทำให้ทราบได้ว่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงแต่ละชนิดนั้นแม้ว่าจะมีค่าความเป็นพิษที่แตกต่างกัน แต่ก็ยังจัดได้ว่าเป็นอันตรายต่อชันโรงทั้งหมด (Saad *et al.*, 2023)

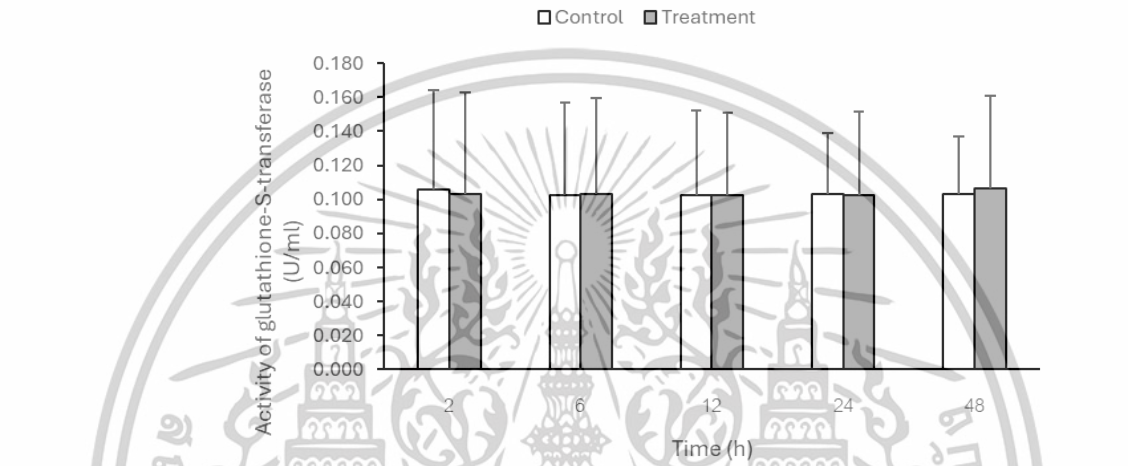
4.2 การศึกษาผลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องที่เกี่ยวข้องในชันโรง

4.2.1 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) ผ่านวิธีการหยด

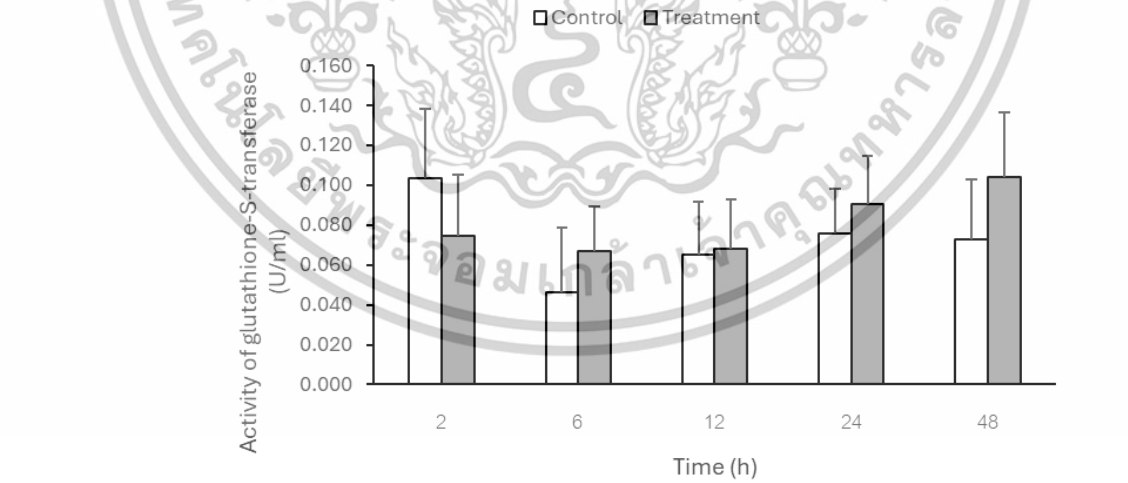
จากการตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) ผ่านวิธีการหยดสารป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่ม neonicotinoid นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร acetamiprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.1) และพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กลุ่มควบคุม (control) และกลุ่มทดลอง (treatment) ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร clothianidin ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.2) นอกจากนี้ยังพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรงข *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiacloprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.3)

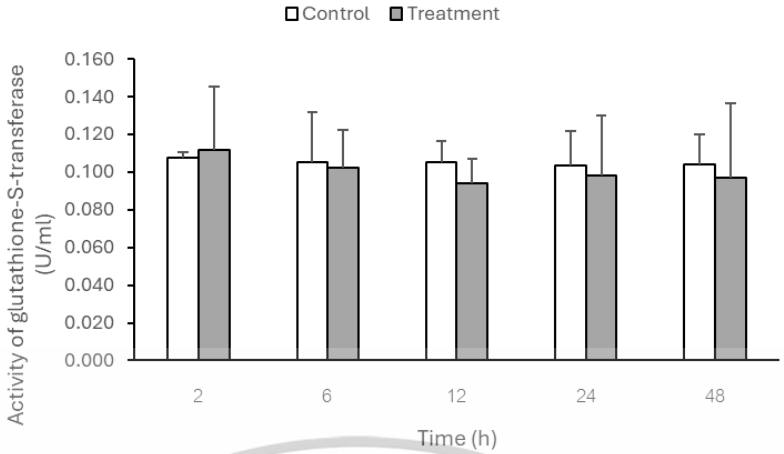


รูปที่ 4.1 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการหยด



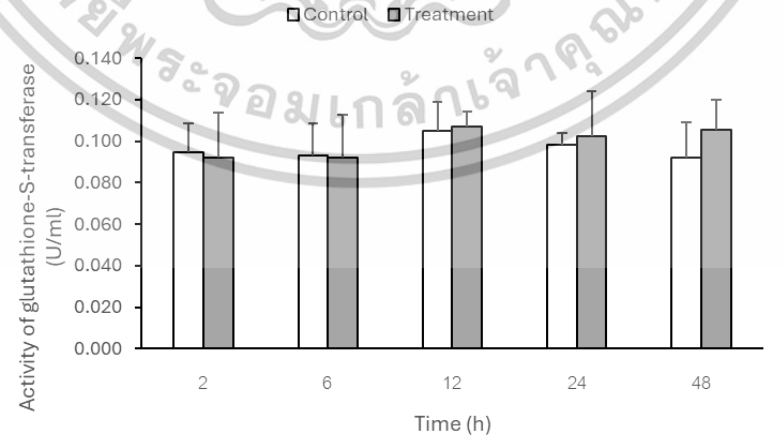
รูปที่ 4.2 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



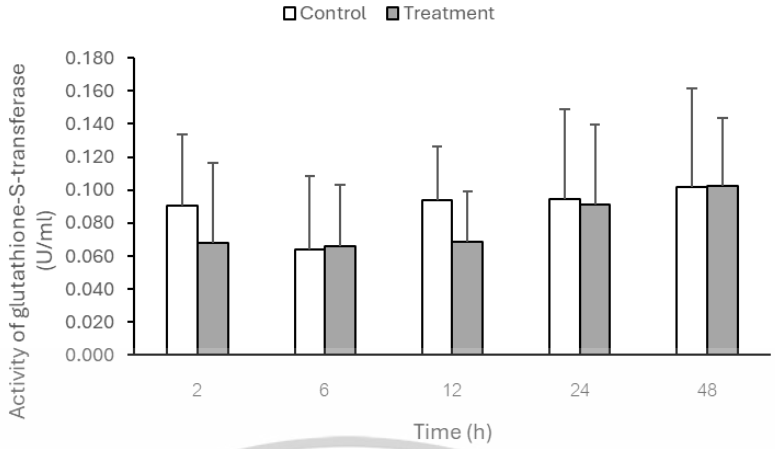
รูปที่ 4.3 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการหยด

รวมไปถึงผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiamethoxam ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบด้วยเช่นกัน (รูปที่ 4.4) ในส่วนของสารในกลุ่ม diamide นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.5) ในส่วนของสารในกลุ่ม avermectin นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร emamectin benzoate ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.6)

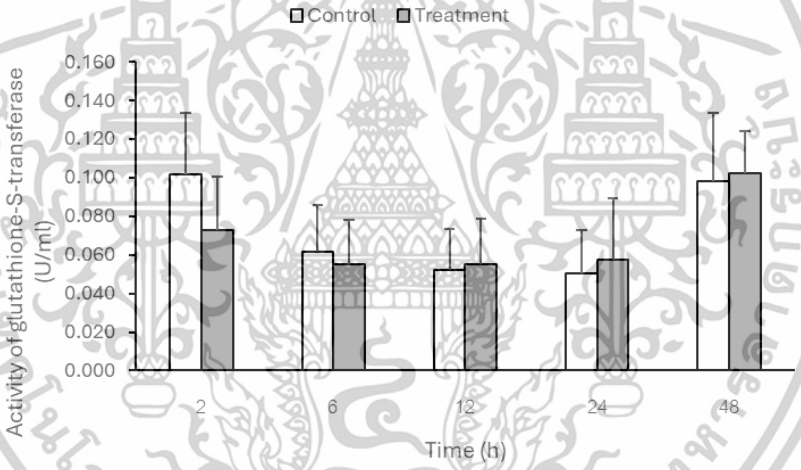


รูปที่ 4.4 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการหยด

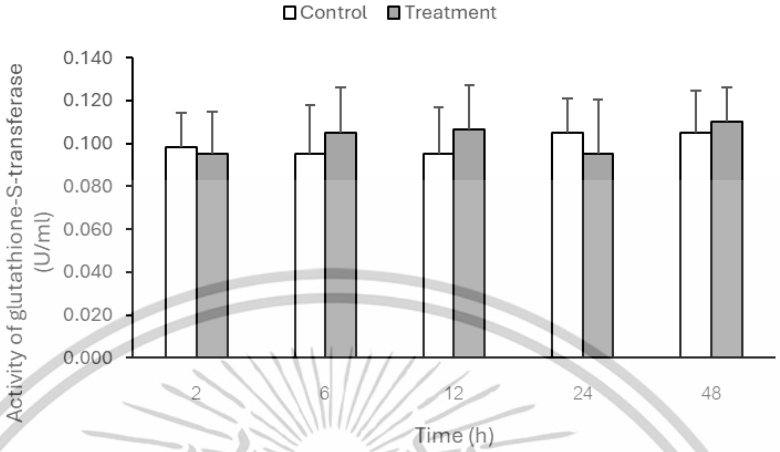


รูปที่ 4.6 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการหยด

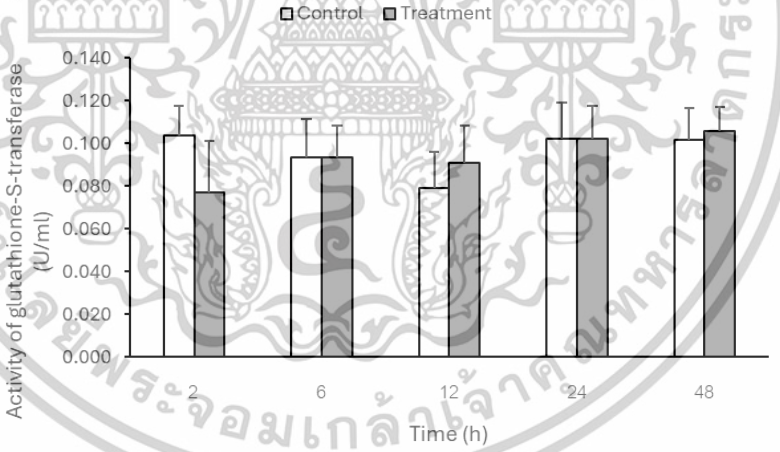
ในส่วนของสารในกลุ่ม phenylpyrazole นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร fipronil ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.7) ในส่วนของสารในกลุ่ม oxadiazine นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร indoxacarb ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.8) และสุดท้ายสารในกลุ่ม spinosyn พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.9)

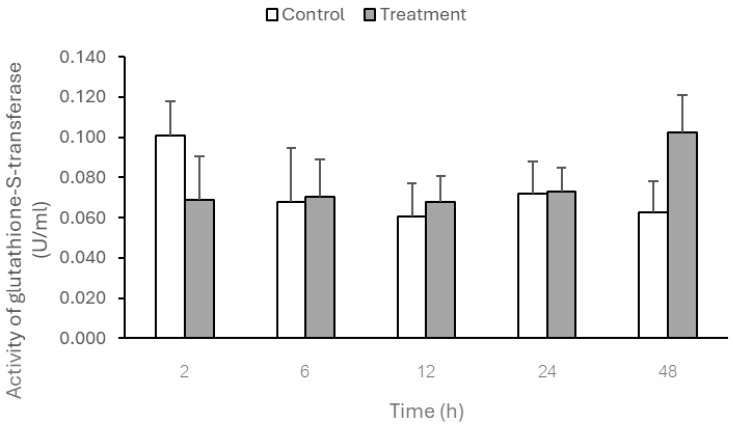


รูปที่ 4.7 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการหยด



รูปที่ 4.8 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการหยด

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Yin *et al.* (2021) ที่ได้ทำการทดสอบสาร chlorantraniliprole โดยวิธีจุ่มใบกับตัวอ่อนของผีเสื้อหนอนใยผัก *P. xylostella* และได้รายงานผลการทดลองไว้ว่าแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase มีการลดลงอย่างมีนัยสำคัญ แม้ว่า glutathione-S-transferase จะมีส่วนช่วยในการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารเคมีป้องกันกำจัดแมลง ดังนั้นกระบวนการแสดงออกของแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase นั้นอาจขึ้นอยู่กับชนิดของแมลงที่ได้รับสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* ที่จัดเป็นแมลงในกลุ่มผึ้ง

ในส่วนของงานวิจัยของ Abdelmoteleb *et al.* (2023) ที่ได้ทำการทดสอบสาร thiamethoxam กับเพลี้ยอ่อน *Aphis craccivora* ที่จัดเป็นแมลงศัตรูพืชผ่านวิธีการจุ่มใบและได้รายงานผลการทดลองไว้ว่าแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase มีการลดลงเมื่อมีการสัมผัสกับสาร thiamethoxam เมื่อทำการเปรียบเทียบกับเพลี้ยอ่อน *A. craccivora* ที่อยู่ในกลุ่มควบคุม แต่เนื่องจากการทดลองนี้มีการทดสอบสารที่ความเข้มข้นระดับ LC_{50} ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้นความเข้มข้นของสาร thiamethoxam อาจส่งผลต่อการแสดงออกของแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase ได้ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* ที่มีการใช้ค่า LC_{10} ในการทดลอง

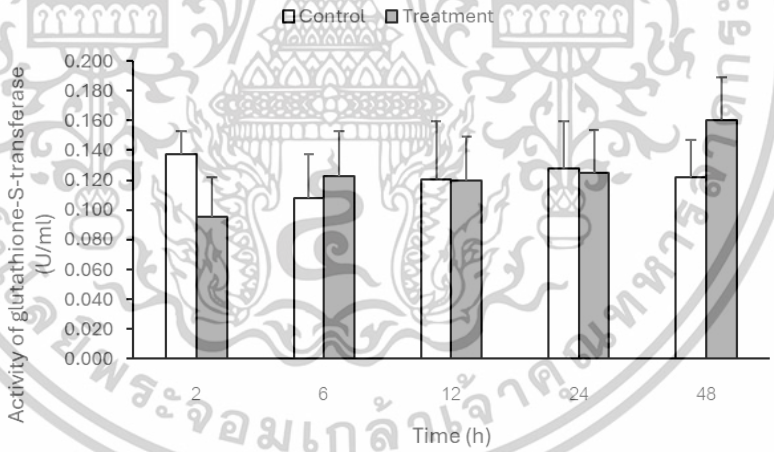
ในส่วนของการวิจัยที่ได้ทำการทดสอบสาร chlorantraniliprole กับลูกน้ำของยุงลาย *Aedes aegypti* ซึ่งจัดเป็นแมลงศัตรูทางการแพทย์ผ่านวิธีการสัมผัสและได้รายงานผลการทดลองไว้ว่าแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase มีการเพิ่มขึ้นหลังจากได้รับสาร chlorantraniliprole ที่ความเข้มข้นที่ไม่ส่งผลต่ออัตราการตาย โดยกล่าวไว้ว่าการออกฤทธิ์ของ chlorantraniliprole นั้นมีปัจจัยทางด้านเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง โดยสังเกตได้จากการเปลี่ยนแปลงของแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase กับระยะเวลาที่สัมผัสกับสาร โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในช่วง 24 ชั่วโมงแรกนั้นแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase มีการลดต่ำลง แต่เมื่อเวลาผ่านไป 48 และ 72 ชั่วโมง แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase มีการเพิ่มขึ้นตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* นั้นอาจกล่าวได้ว่าปัจจัยทางด้านเวลาและชนิดของแมลงอาจมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase เช่นเดียวกับงานวิจัยอื่น ๆ (Batool *et al.,* 2024)

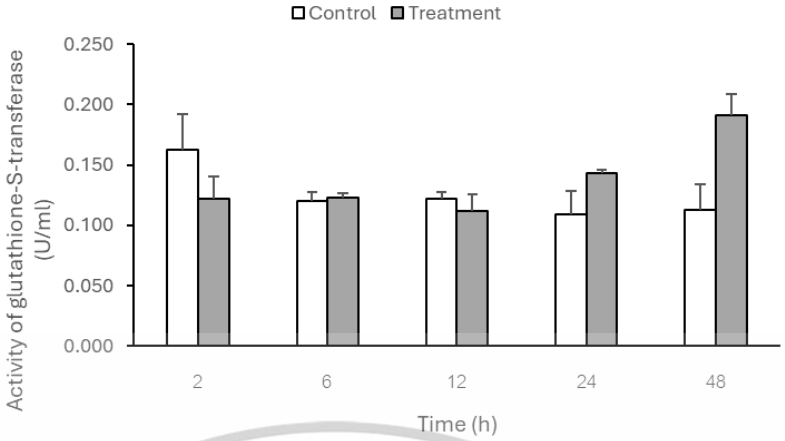
4.2.2 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) ผ่านวิธีการกิน

เมื่อตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) ผ่านวิธีการกินสารป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่ม neonicotinoid พบว่า ผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร acetamiprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.10) และพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร clothianidin ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.11) นอกจากนี้ยังพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiacloprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.12)

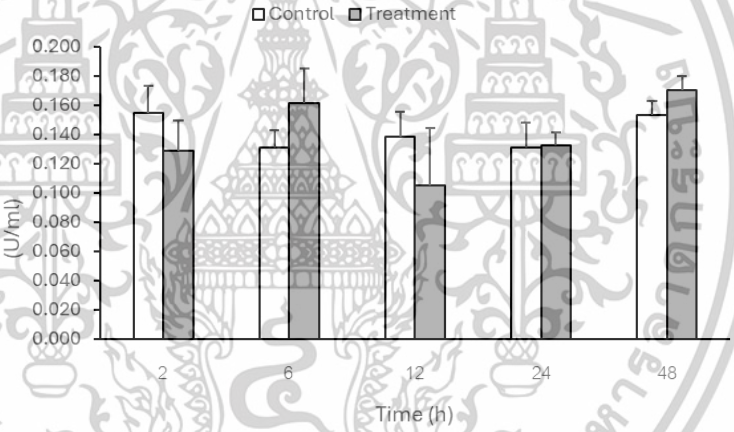


รูปที่ 4.10 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการกิน

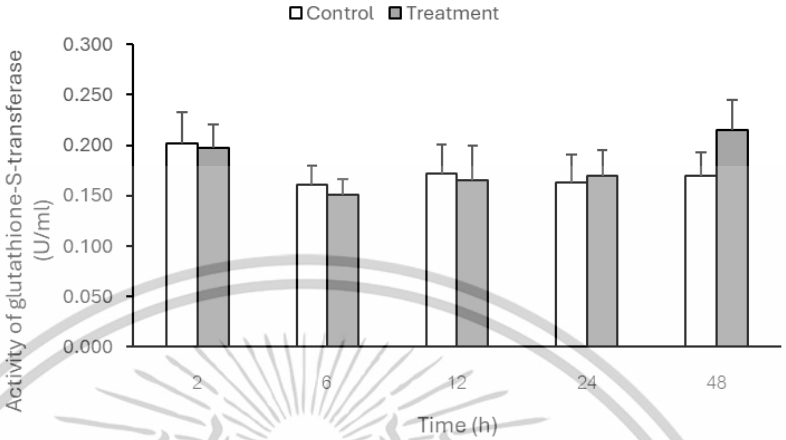


รูปที่ 4.12 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการกิน

รวมไปถึงผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiamethoxam ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบด้วยเช่นกัน (รูปที่ 4.13) ในส่วนของสารในกลุ่ม diamide นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.14) ในส่วนของสารในกลุ่ม avermectin นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

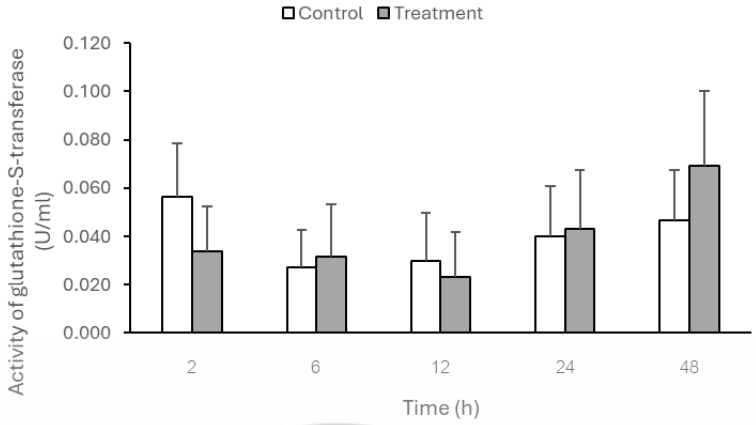
ได้รับสาร emamectin benzoate ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.15)



รูปที่ 4.13 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการกิน

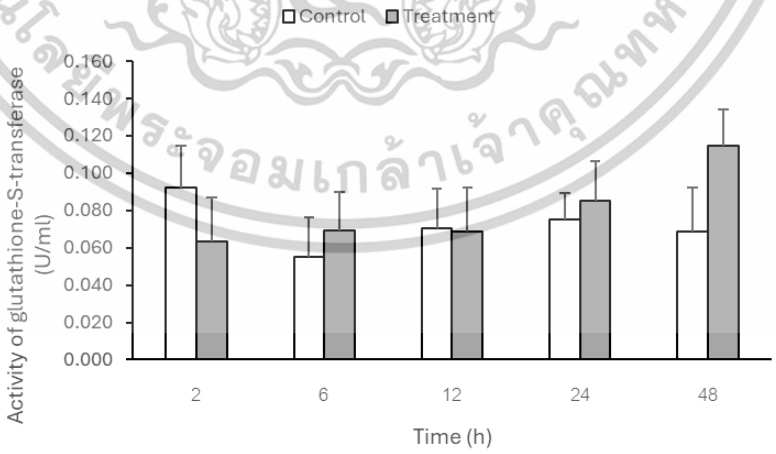
รูปที่ 4.14 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



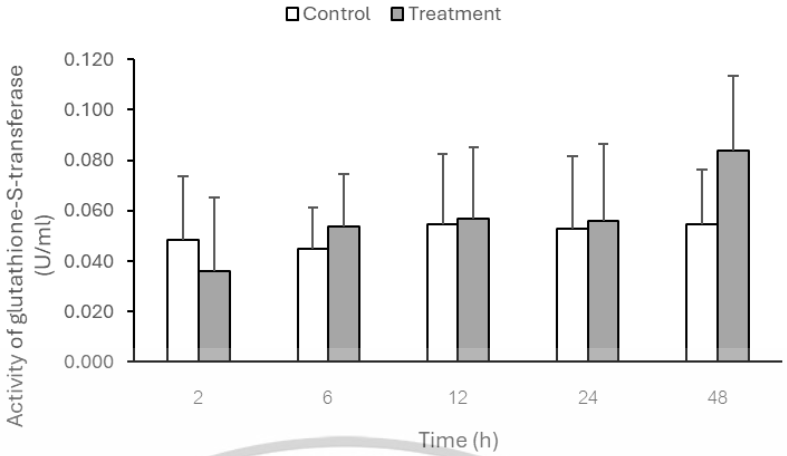
รูปที่ 4.15 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการกิน

ในส่วนของสารในกลุ่ม phenylpyrazole นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร fipronil ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.16) ในส่วนของสารในกลุ่ม oxadiazine นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร indoxacarb ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.17) และสุดท้ายสารในกลุ่ม spinosyn พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.18)

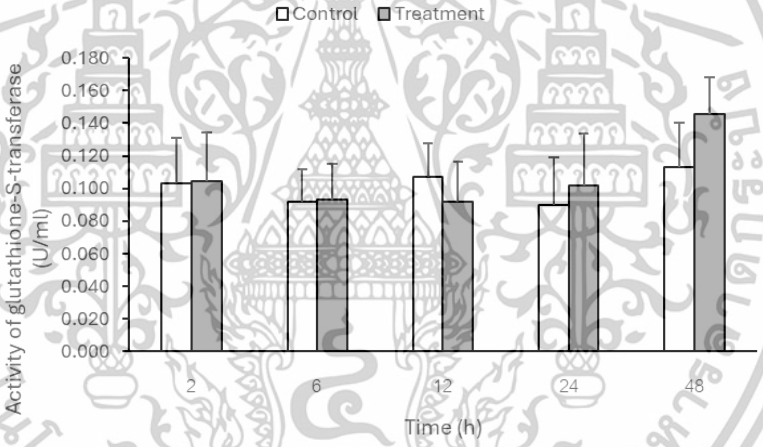


รูปที่ 4.16 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการกิน



รูปที่ 4.18 แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการกิน

จากการทดลองพบว่าผลการทดลองมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Han *et al.* (2019) ที่ได้ทำการทดสอบสาร acetamiprid กับผึ้งโพรง *Apis cerana cerana* ผ่านวิธีการกินและได้รายงานผลการทดลองที่ 24 ชั่วโมงไว้ว่าแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase ในผึ้งที่เกิดใหม่นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่เมื่อเวลาผ่านไป 10 วัน พบว่าแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase นั้นลดลง ในส่วนของผึ้งงานนั้น ที่ช่วงเวลา 24 ชั่วโมง แอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase เพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัด แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Wang *et al.* (2020) ที่ได้ทำการทดสอบสาร thiamethoxam กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera ligustica* และได้รายงานผลการทดลองว่าแอกทิวิตี

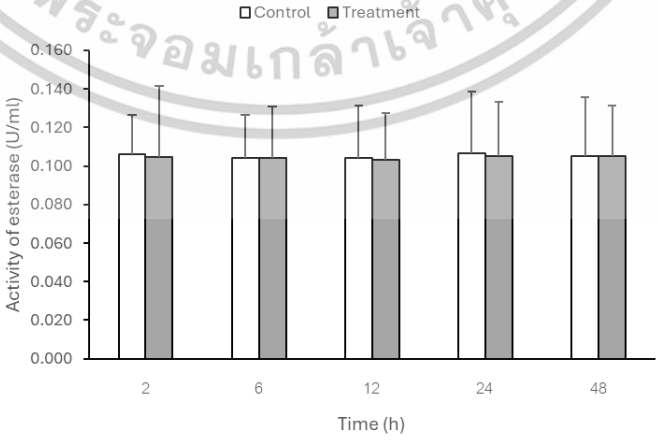
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของ glutathione-S-transferase นั้นไม่มีความแตกต่างกันระหว่างแมลงที่ได้รับสารและแมลงที่อยู่ในกลุ่มควบคุม

แต่ในส่วนของงานวิจัยของ Orčić *et al.* (2022) ที่ได้ทำการทดสอบสาร thiacloprid และ clothianidin กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* และได้รายงานผลการทดลองว่าแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase มีการลดลงเมื่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ได้กินสารละลายซูโครสที่มีส่วนผสมของสาร thiacloprid และ clothianidin อยู่เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ที่เป็นแมลงในกลุ่มควบคุม เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรงขนเงิน *T. pagdeni* ความแตกต่างของผลการทดลองนี้อาจเกิดจากชนิดของแมลงและสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ ในส่วนของการวิจัยที่ได้ทำการทดสอบสาร spinetoram กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ผ่านวิธีการกินและได้รายงานผลการทดลองว่าแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase ไม่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดได้จากรูปแบบการออกฤทธิ์ของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชนิดนั้น ๆ หรือช่วงระยะวัยต่างของแมลงชนิด ๆ นั้น ๆ เป็นส่วนสำคัญในการเปลี่ยนแปลงแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (Choi *et al.,* 2024)

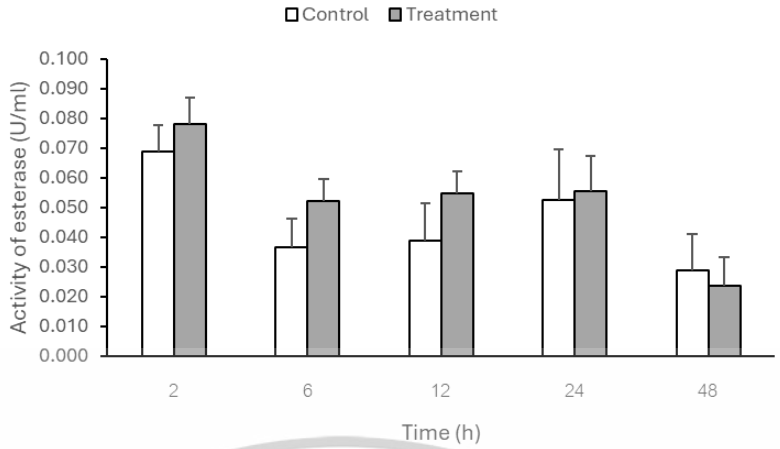
4.2.3 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) ผ่านวิธีการหยด

จากการตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) ผ่านวิธีการหยดสารป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่ม neonicotinoid นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร acetamiprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.19) และพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร clothianidin ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.20) นอกจากนี้ยังพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiacloprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.21)

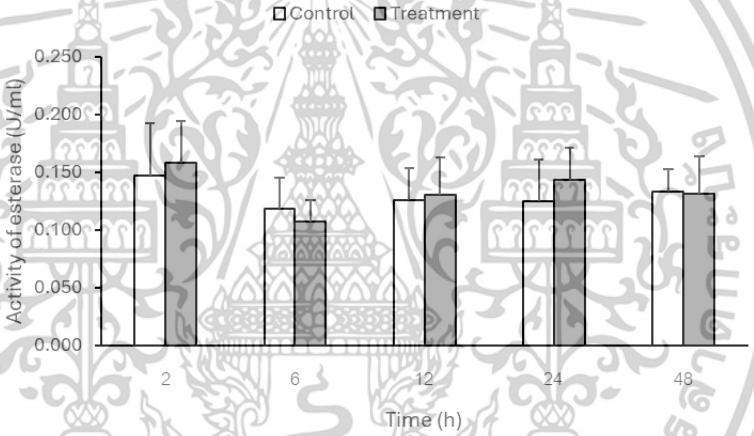


รูปที่ 4.19 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



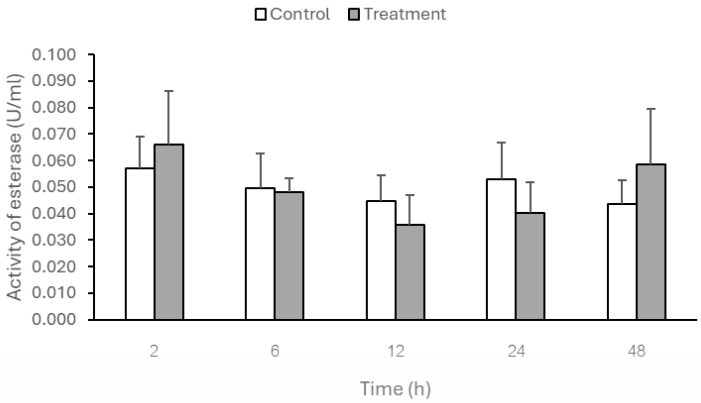
รูปที่ 4.20 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการหยด



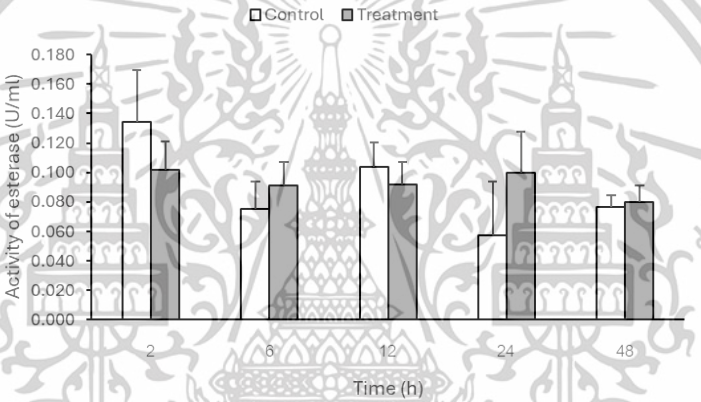
รูปที่ 4.21 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการหยด

รวมไปถึงผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiamethoxam ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบด้วยเช่นกัน (รูปที่ 4.22) ในส่วนของสารในกลุ่ม diamide นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.23) ในส่วนของสารในกลุ่ม avermectin นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร emamectin benzoate ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.24)

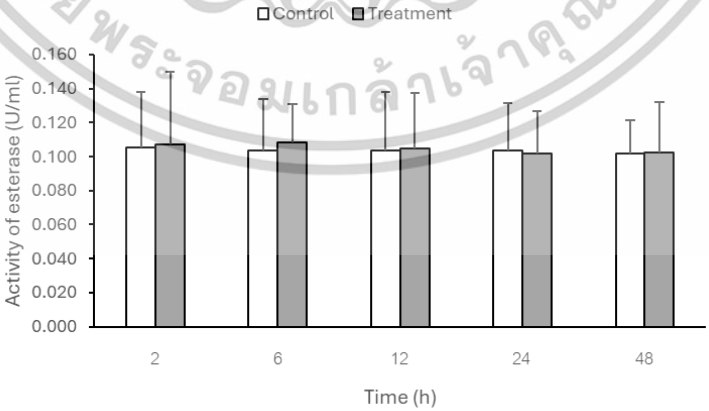
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.22 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการหยด



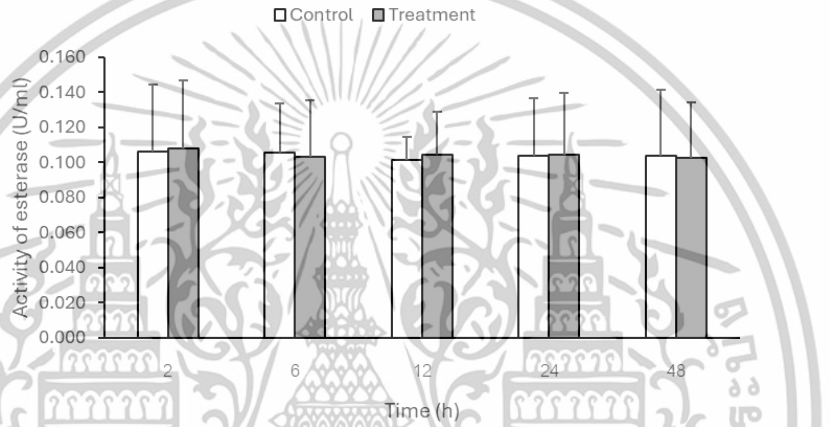
รูปที่ 4.23 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการหยด



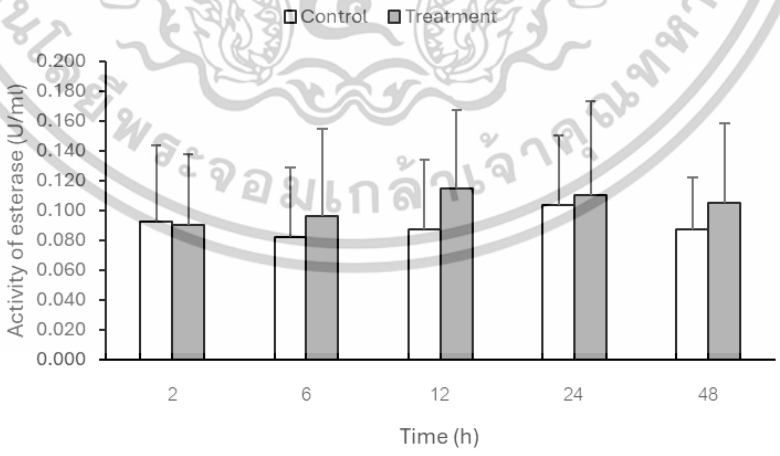
รูปที่ 4.24 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของสารในกลุ่ม phenylpyrazole นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร fipronil ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.25) ในส่วนของสารในกลุ่ม oxadiazine นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร indoxacarb ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.26) และสุดท้ายสารในกลุ่ม spinosyn พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.27)

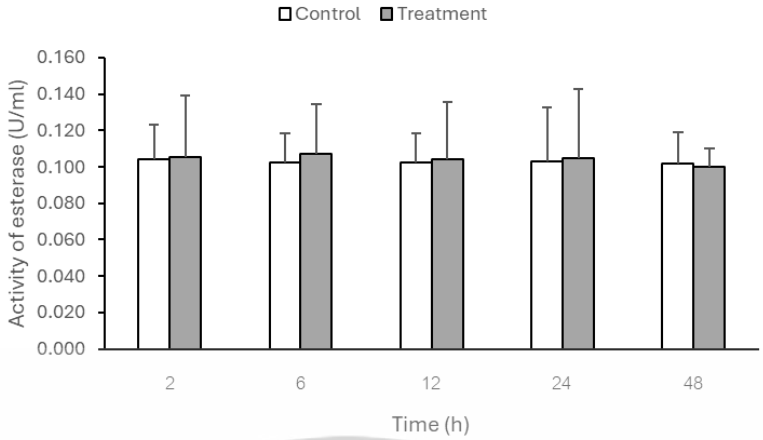


รูปที่ 4.25 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการหยด



รูปที่ 4.26 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.27 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการหยด

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Stuchi *et al.* (2022) ที่ได้ทำการทดสอบสาร thiamethoxam และ fipronil กับชันโรง *T. fiebrigi* ผ่านวิธีการสัมผัสและได้รายงานผลการทดลองว่าสาร thiamethoxam อาจมีส่วนในการเพิ่มแอกทิวิตีของ esterase ในขณะที่ fipronil นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ต่อ แอกทิวิตีของ esterase ซึ่งอาจจะเกิดได้จากรูปแบบการออกฤทธิ์ของสารป้องกันกำจัดแมลงชนิดนั้น ๆ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni*

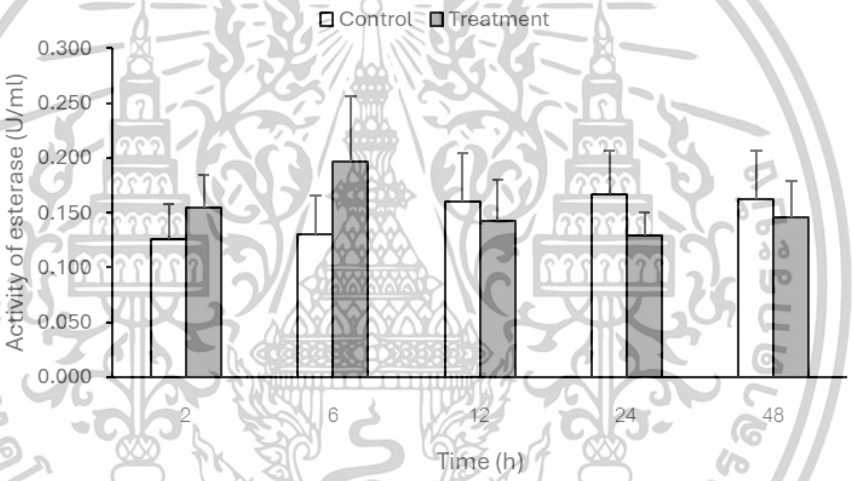
และเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Abdelmoteleb *et al.* (2023) ที่ได้ทำการทดสอบสาร thiamethoxam กับเพลี้ยอ่อน *Aphis craccivora* ที่จัดเป็นแมลงศัตรูพืชผ่านวิธีการจุ่มใบและได้รายงานผลการทดลองไว้ว่าแอกทิวิตีของ esterase มีการลดลงเมื่อมีการสัมผัสกับสาร thiamethoxam เมื่อทำการเปรียบเทียบกับเพลี้ยอ่อน *A. craccivora* ที่อยู่ในกลุ่มควบคุม แต่เนื่องจากการทดลองนี้มีการทดสอบสารที่ความเข้มข้นระดับ LC_{50} ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้นความเข้มข้นของสาร thiamethoxam อาจส่งผลต่อการแสดงออกของแอกทิวิตีของ esterase ได้ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* ที่มีการใช้ค่า LC_{10} ในการทดลอง

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้ทำการทดสอบสาร thiamethoxam กับชันโรง *T. angustula* ผ่านวิธีการสัมผัสและได้รายงานผลการทดลองไว้ว่า thiamethoxam มีส่วนในการยับยั้งแอกทิวิตีของ esterase บางส่วนที่ความเข้มข้น 0.0006 g a.i./L นอกจากนี้ยังกล่าวไว้ว่า thiamethoxam นั้นเป็นสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่มีความไวต่อการสัมผัสมาก โดยสามารถซึมเข้าสู่ชั้นผิวหนังของแมลงและเข้าถึงปลายประสาทโดยตรง ดังนั้นแม้ว่าจะมีค่าความเข้มข้นที่ต่ำมาก ก็อาจจะทำให้แมลงที่ไม่ใช่กลุ่มเป้าหมายในการป้องกันกำจัดอย่างผึ้งหรือชันโรงเกิดการตายได้ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* นั้น ความแตกต่างของผลการทดลองอาจเกิดจากชนิดของแมลงและความเข้มข้นของสาร thiamethoxam ที่แตกต่างกันที่จะทำให้มีความแตกต่างกันของแอกทิวิตีของ esterase (Stuchi *et al.*, 2023)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

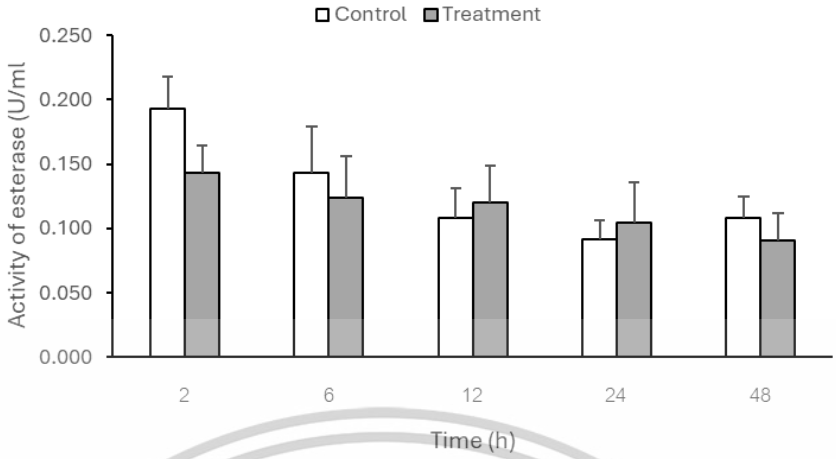
4.2.4 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) ผ่านวิธีการกิน

ในส่วนของการตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) ผ่านวิธีการกินสารป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่ม neonicotinoid นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร acetamiprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.28) และพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรงขนเงิน *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร clothianidin ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.29) นอกจากนี้ยังพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiacloprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.30)

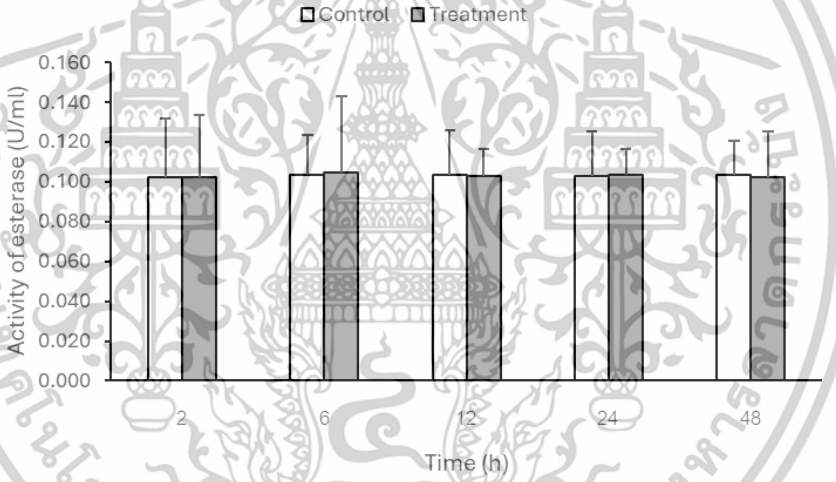


รูปที่ 4.28 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



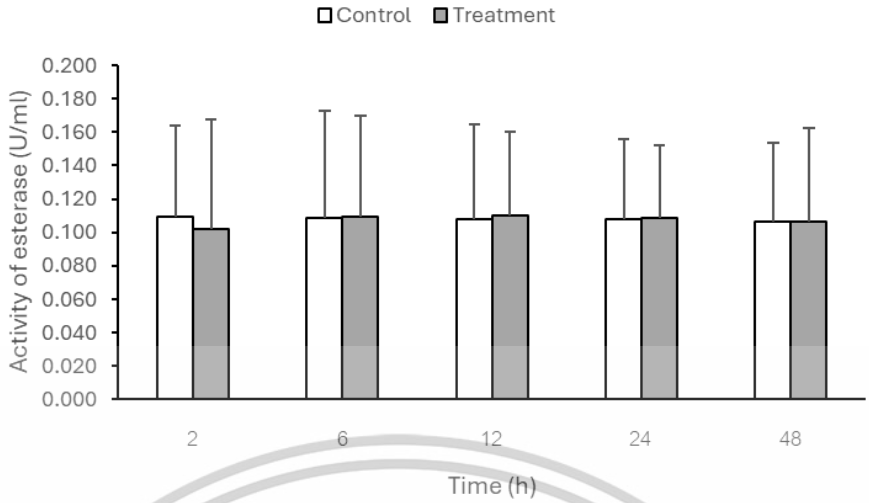
รูปที่ 4.29 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการกิน



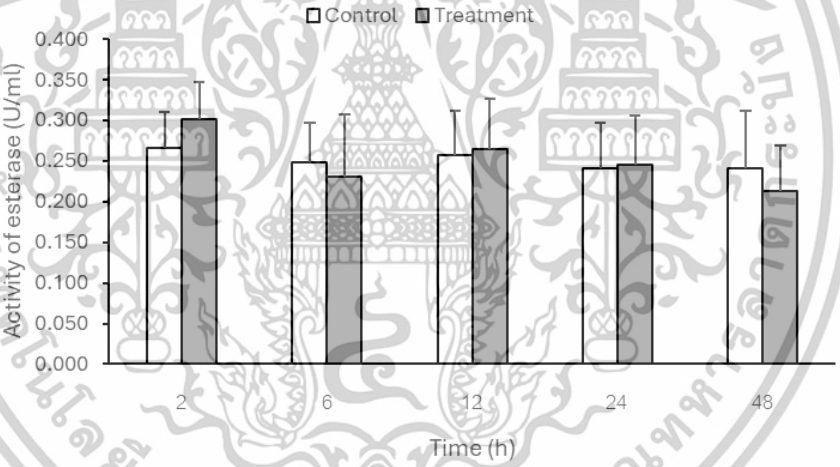
รูปที่ 4.30 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการกิน

รวมไปถึงผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiamethoxam ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบด้วยเช่นกัน (รูปที่ 4.31) ในส่วนของสารในกลุ่ม diamide นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.32) ในส่วนของสารในกลุ่ม avermectin นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร emamectin benzoate ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.33)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

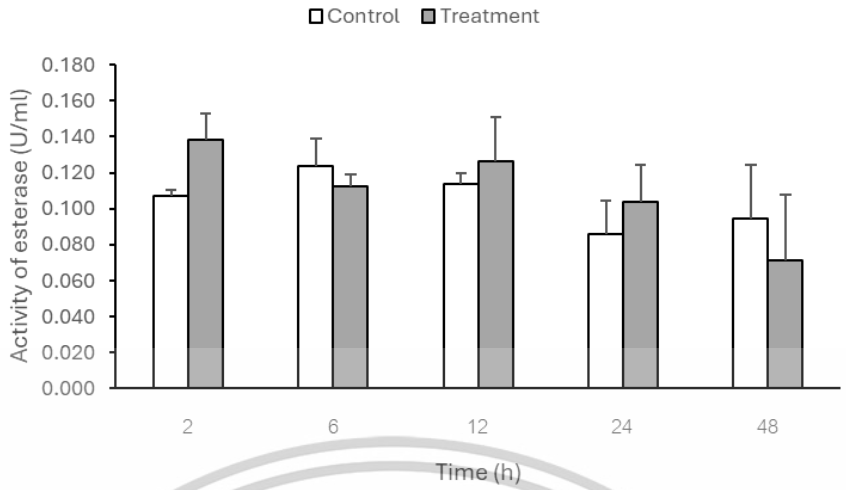


รูปที่ 4.31 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการกิน



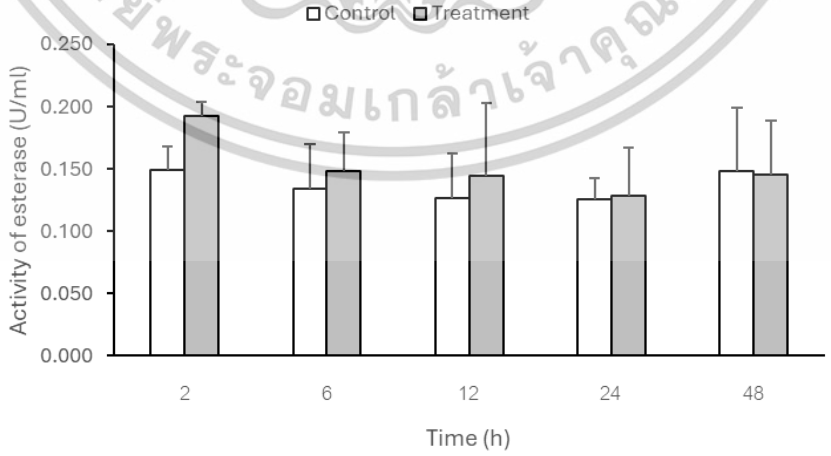
รูปที่ 4.32 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



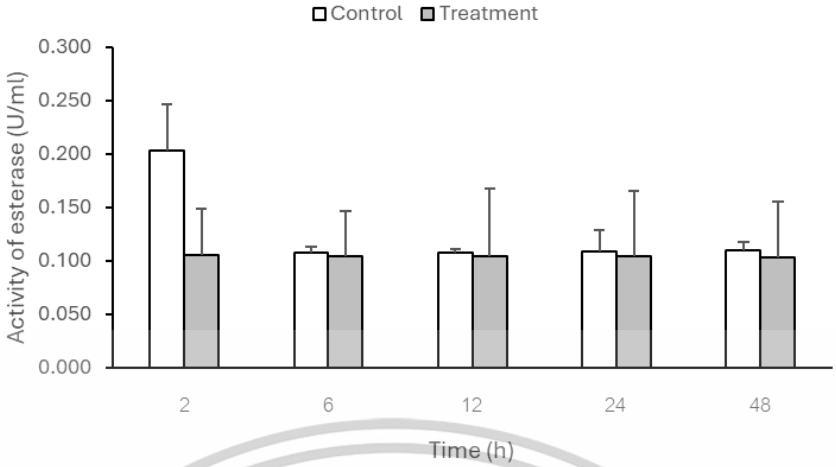
รูปที่ 4.33 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการกิน

ในส่วนของสารในกลุ่ม phenylpyrazole นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรงขนเงิน *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร fipronil ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.34) ในส่วนของสารในกลุ่ม oxadiazine นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร indoxacarb ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.35) และสุดท้ายสารในกลุ่ม spinosyn พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.36)

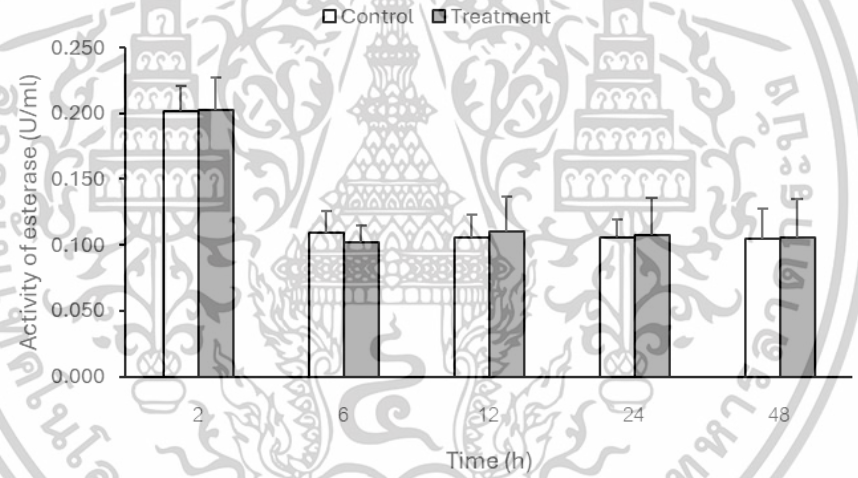


รูปที่ 4.34 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.35 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการกิน



รูปที่ 4.36 แอกทิวิตีของ esterase (EST) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการกิน

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Stuchi *et al.* (2022) ที่ได้ทำการทดสอบสาร thiamethoxam และ fipronil กับชันโรง *T. fiebrigi* ผ่านวิธีการสัมผัสและได้รายงานผลการทดลองว่าสาร thiamethoxam ไม่มีส่วนในการสร้างความเปลี่ยนแปลงต่อแอกทิวิตีของ esterase แต่ในส่วนของ fipronil อาจมีแนวโน้มที่จะมีส่วนในการยับยั้งแอกทิวิตีของ esterase เนื่องจากผลการทดลองนั้นแสดงให้เห็นว่ามีการเปลี่ยนแปลงแอกทิวิตีของ esterase ในการทดลองเป็นบางครั้ง ซึ่งอาจจะเกิดได้จากรูปแบบการออกฤทธิ์ของสารป้องกันกำจัดแมลงชนิดนั้น ๆ ได้ เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* ความแตกต่างที่เกิดขึ้นเล็กน้อยนี้นั้นอาจเกิดได้จากความแตกต่าง

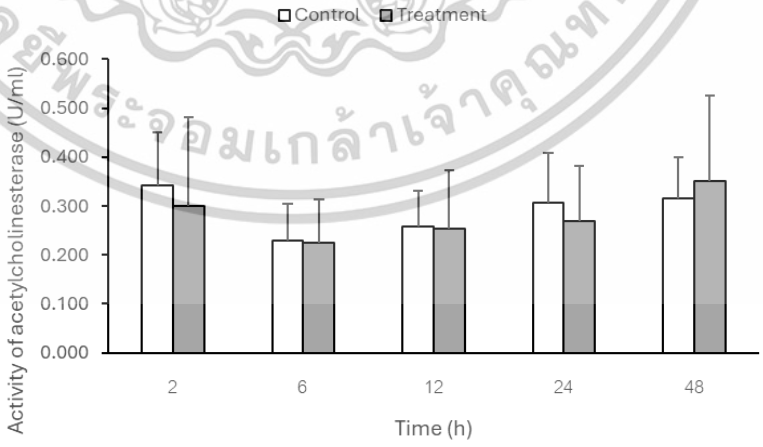
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของชนิดของชันโรงรวมไปถึงความเข้มข้นของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงที่นำมาทดสอบที่อาจทำให้แอกทิวิตีของ esterase มีความแตกต่างกัน

นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Stuchi *et al.* (2023) ยังได้ทำการทดสอบสาร thiamethoxam กับชันโรง *T. angustula* ผ่านวิธีการกินและได้รายงานผลการทดลองไว้ว่า thiamethoxam นั้นไม่มีส่วนสำคัญในการส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงต่อแอกทิวิตีของ esterase เนื่องจากเมื่อมีการกินสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงเข้าไป สารเหล่านั้นจะต้องมีการดูดซึมผ่านลำไส้ จากนั้นจึงมีการส่งสารเหล่านั้นผ่านเลือดเพื่อที่จะเข้าไปยังระบบประสาทของแมลง ดังนั้นร่างกายของแมลงจึงมีเวลาที่มากพอที่จะกระตุ้นระบบการหลั่งเอนไซม์กำจัดพิษออกมาก่อนที่สารเหล่านั้นจะออกฤทธิ์ ได้ สอดคล้องกับผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni*

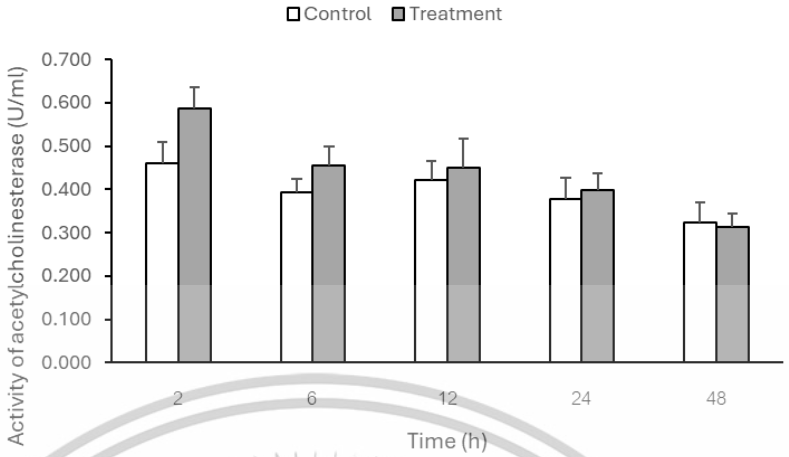
4.2.5 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) ผ่านวิธีการหยด

จากการตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) ผ่านวิธีการหยดสารป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่ม neonicotinoid นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร acetamiprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.37) แต่ในขณะเดียวกันกลับพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร clothianidin ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.38) นอกจากนี้ยังพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiacloprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.39)

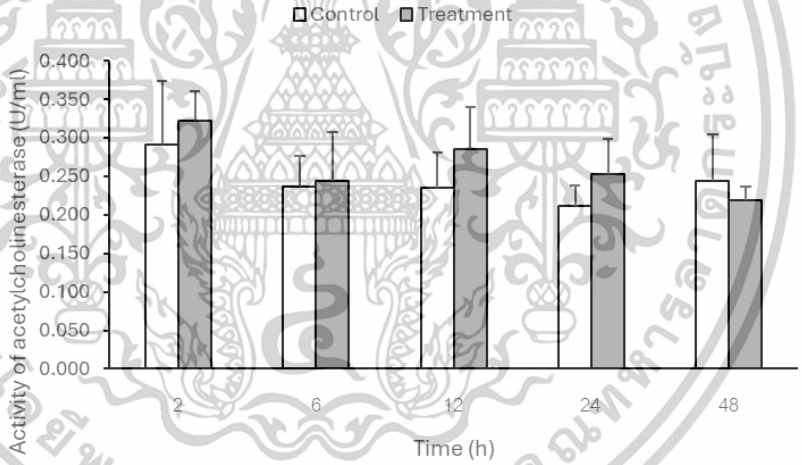


รูปที่ 4.37 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการหยด

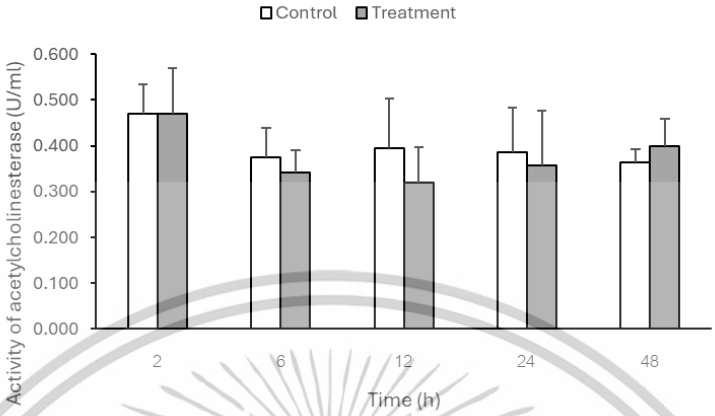


รูปที่ 4.39 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการหยด

รวมไปถึงผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiamethoxam ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบด้วยเช่นกัน (รูปที่ 4.40) ในส่วนของสารในกลุ่ม diamide นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.41) ในส่วนของสารในกลุ่ม avermectin นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

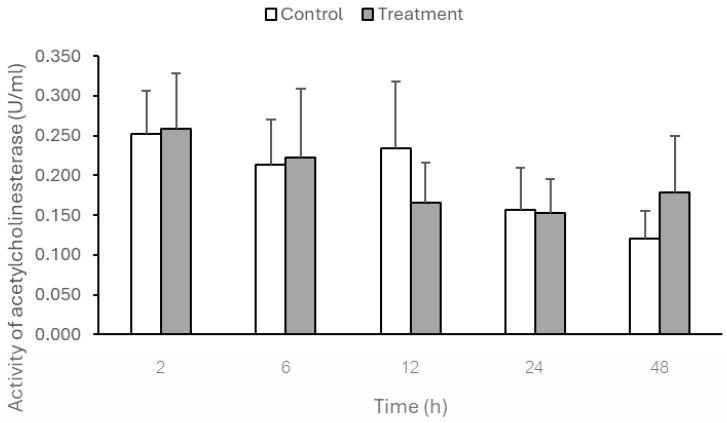
และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร emamectin benzoate ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.42)



รูปที่ 4.40 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการหยด

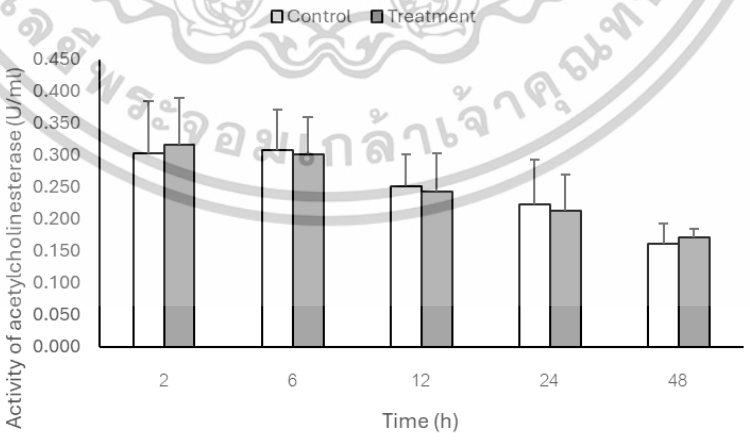
รูปที่ 4.41 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



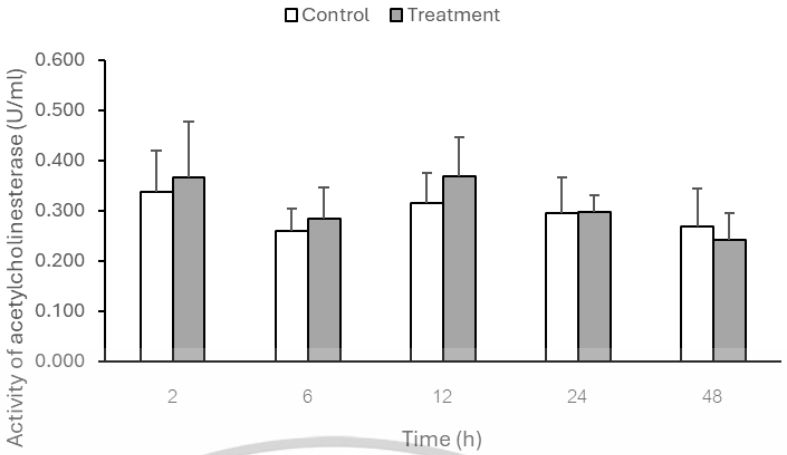
รูปที่ 4.42 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการหยด

ในส่วนของสารในกลุ่ม phenylpyrazole นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร fipronil ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.43) ในส่วนของสารในกลุ่ม oxadiazine นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร indoxacarb ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.44) และสุดท้ายสารในกลุ่ม spinosyn พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.45)

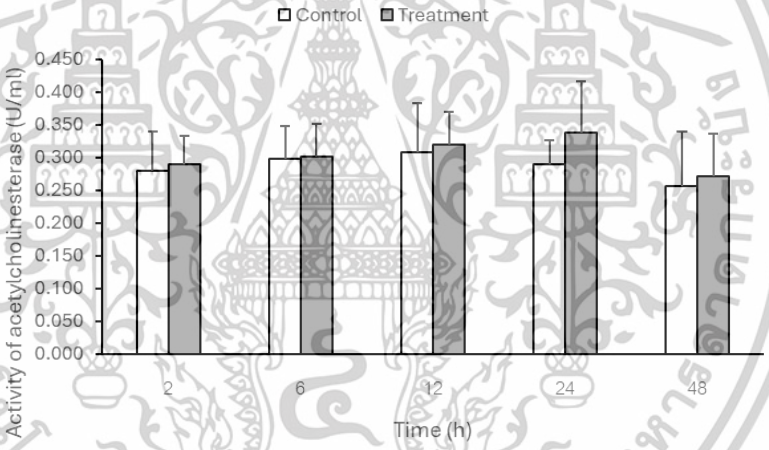


รูปที่ 4.43 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการหยด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.44 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการหยด



รูปที่ 4.45 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการหยด

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Abdelmoteleb *et al.* (2023) ที่ได้ทำการทดสอบสาร thiamethoxam กับเพลี้ยอ่อน *Aphis craccivora* ที่จัดเป็นแมลงศัตรูพืชผ่านวิธีการจุ่มใบและได้รายงานผลการทดลองไว้ว่าแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase มีการเพิ่มขึ้นเมื่อมีการสัมผัสกับสาร thiamethoxam เมื่อทำการเปรียบเทียบกับเพลี้ยอ่อน *A. craccivora* ที่อยู่ในกลุ่มควบคุม แต่เนื่องจากการทดลองนี้มีการทดสอบสารที่ความเข้มข้นระดับ LC_{50} ในช่วงเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้นความเข้มข้นของสาร thiamethoxam นั้นอาจส่งผลต่อการแสดงออกของแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase ได้เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni*

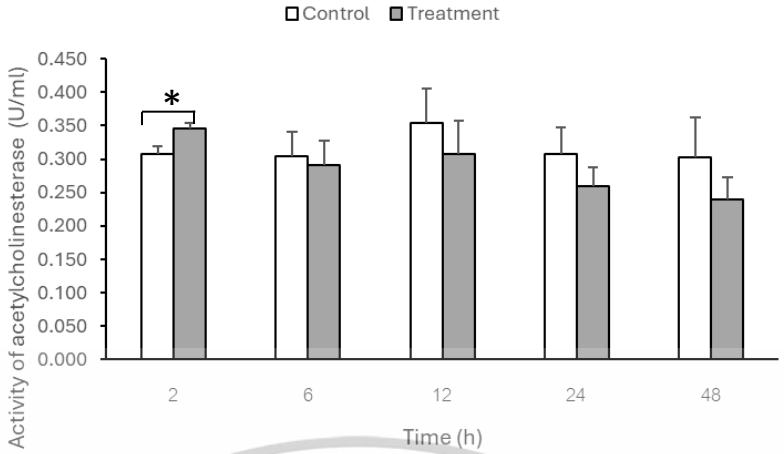
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ในงานวิจัยของ Kamdem *et al.* (2024) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสาร imidacloprid ที่จัดเป็นสารในกลุ่ม neonicotinoids เช่นเดียวกับสาร acetamiprid, clothianidin, thiacloprid และ thiamethoxam กับหนอนตัวอ่อนของแมลงวันดอกไม้สายพันธุ์ *Eristalis tenax* ผ่านวิธีการสัมผัสทั้งในห้องปฏิบัติการและในโรงเรือนที่อยู่กลางแจ้ง โดยได้รายงานผลการทดลองในครั้งนี้ว่าสาร imidacloprid ในสภาพแวดล้อมที่เป็นห้องปฏิบัติการมีผลทำให้แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase ลดลงเมื่อเทียบกับหนอนตัวอ่อนของแมลงวันดอกไม้สายพันธุ์ *E. tenax* ที่อยู่ในกลุ่มควบคุม เช่นเดียวกับในสภาพแวดล้อมที่เป็นโรงเรือนที่อยู่กลางแจ้ง สาร imidacloprid มีผลทำให้แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase ลดลงเมื่อเทียบกับหนอนตัวอ่อนของแมลงวันดอกไม้สายพันธุ์ *E. tenax* ที่อยู่ในกลุ่มควบคุม โดยการทดลองนี้ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 วัน เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* พบว่าความแตกต่างอาจเกิดได้จากชนิดของแมลงและวิธีการในการได้รับสารของแมลงรวมไปถึงช่วงวัยของแมลงด้วย และนอกจากนั้นในงานวิจัยที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสาร spinetoram กับตัวอ่อนของหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *S. frugiperda* ผ่านวิธีการสัมผัสและได้มีการรายงานผลการทดลองไว้ว่าสาร spinetoram มีผลทำให้แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase มีการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* พบว่าความแตกต่างของแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase อาจเกิดได้จากชนิดของแมลงและช่วงวัยของแมลงชนิดนั้น ๆ (Salem *et al.*, 2024)

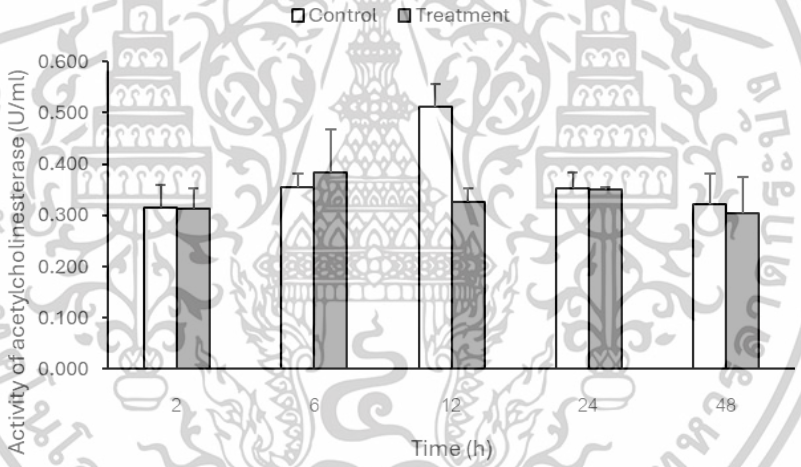
4.2.6 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) ผ่านวิธีการกิน

ในส่วนของการตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) ผ่านวิธีการกินสารป้องกันกำจัดแมลงในกลุ่ม neonicotinoid นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร acetamiprid มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในช่วงเวลาหลังจากได้รับสารไปแล้วชั่วโมง (รูปที่ 4.46) และพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร clothianidin ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.47) นอกจากนี้ยังพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiacloprid ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.48)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

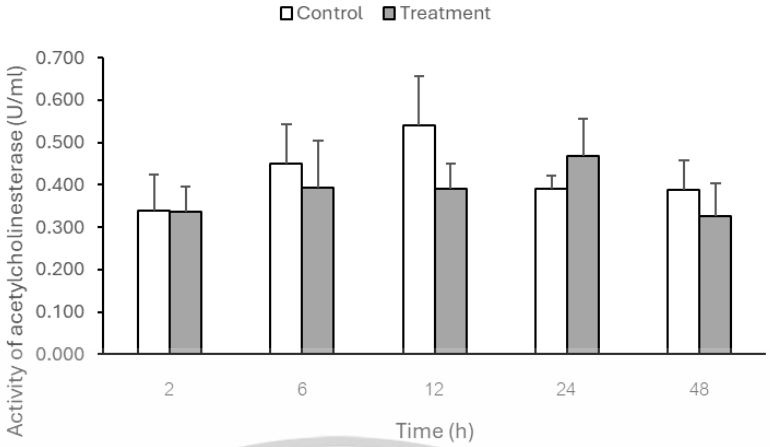


รูปที่ 4.46 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid ผ่านวิธีการกิน



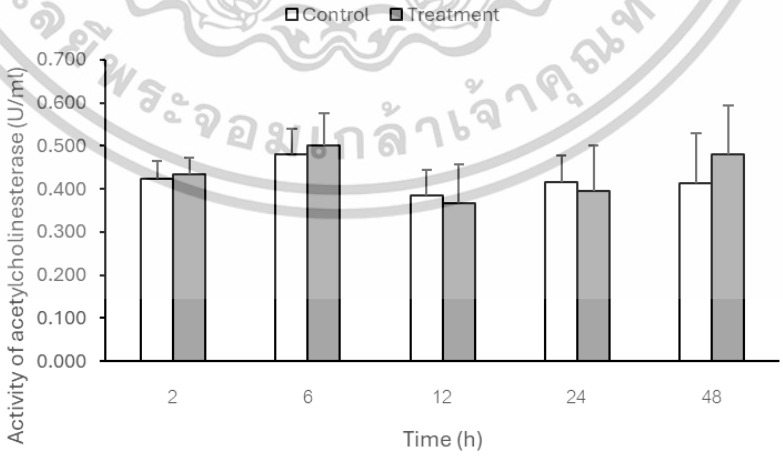
รูปที่ 4.47 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร clothianidin ผ่านวิธีการกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



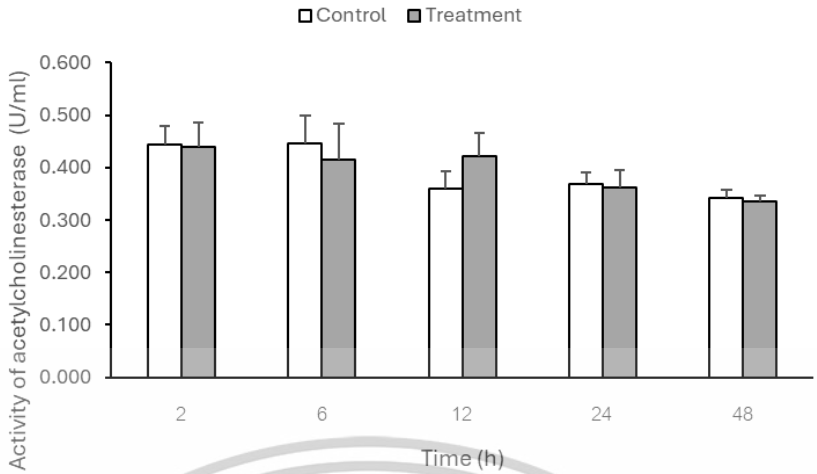
รูปที่ 4.48 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiacloprid ผ่านวิธีการกิน

รวมไปถึงผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร thiamethoxam ก็ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบด้วยเช่นกัน (รูปที่ 4.49) ในส่วนของสารในกลุ่ม diamide นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.50) ในส่วนของสารในกลุ่ม avermectin นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร emamectin benzoate ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.51)

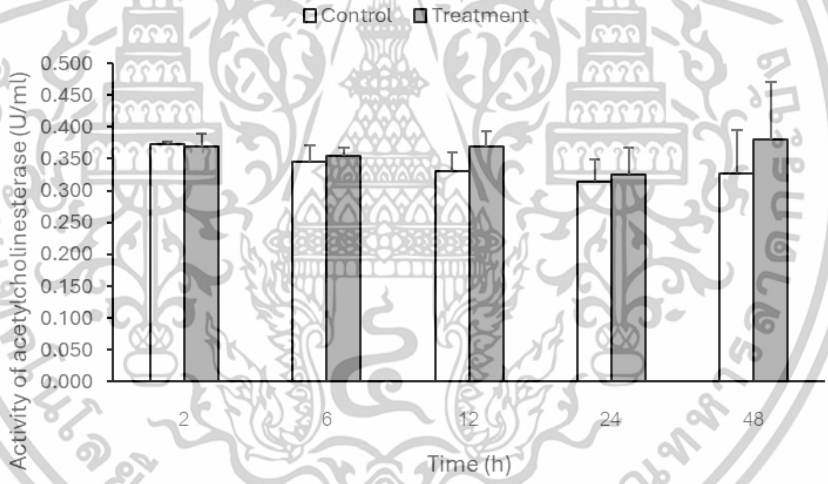


รูปที่ 4.49 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร thiamethoxam ผ่านวิธีการกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.50 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร chlorantraniliprole ผ่านวิธีการกิน

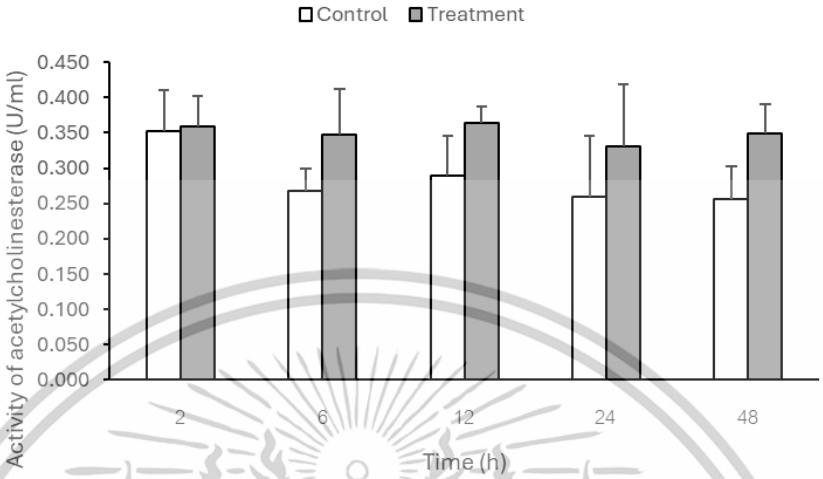


รูปที่ 4.51 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร emamectin benzoate ผ่านวิธีการกิน

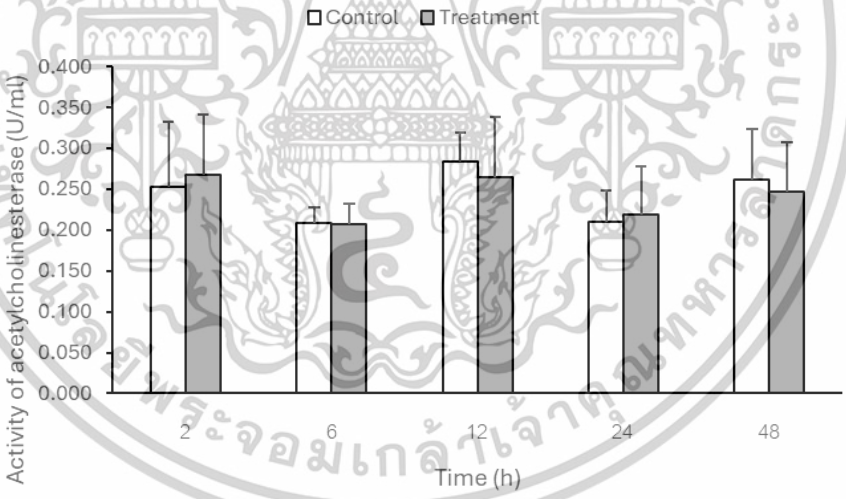
ในส่วนของสารในกลุ่ม phenylpyrazole นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร fipronil ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.52) ในส่วนของสารในกลุ่ม oxadiazine นั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร indoxacarb ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.53) และสุดท้ายสารในกลุ่ม spinosyn พบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชันโรง *T. pagdeni* ที่ได้รับสาร spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ (รูปที่ 4.54)

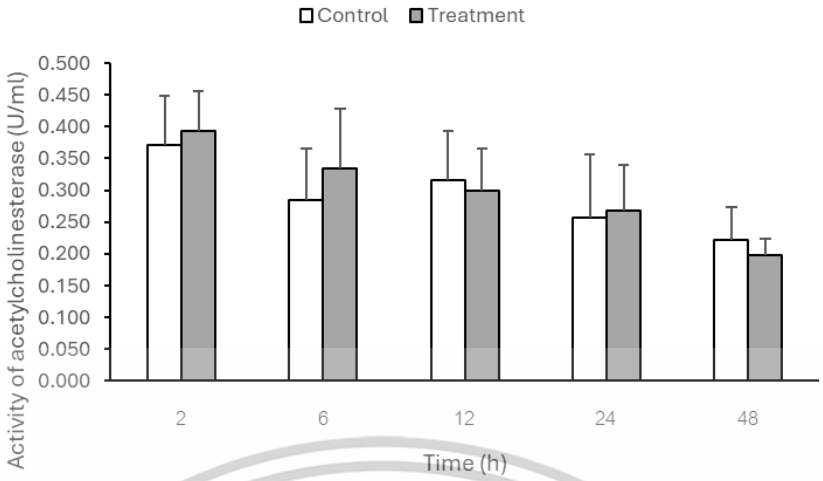


รูปที่ 4.52 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร fipronil ผ่านวิธีการกิน



รูปที่ 4.53 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร indoxacarb ผ่านวิธีการกิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.54 แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) จากชันโรงที่ได้รับสาร spinetoram ผ่านวิธีการกิน

เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Han *et al.* (2019) ที่ได้ทำการทดสอบสาร acetamiprid กับผึ้งโพรง *A. cerana cerana* ผ่านวิธีการกินและได้รายงานผลการทดลองที่ 24 ชั่วโมงไว้ว่าแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญทั้งผึ้งที่เกิดใหม่และผึ้งงาน เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* พบว่าความแตกต่างของแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase อาจเกิดได้จากช่วงเวลาที่ทำการวัดผลและชนิดของแมลง แต่ในงานวิจัยที่ได้ทำการทดสอบสาร thiamethoxam กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera ligustica* ได้รายงานผลการทดลองว่าแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase มีการเพิ่มขึ้นเมื่อผึ้งได้รับสาร thiamethoxam เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* พบว่ามีความแตกต่างกันซึ่งอาจเกิดขึ้นได้จากความแตกต่างของชนิดของแมลง (Wang *et al.*, 2020)

ในส่วนของงานวิจัยของ Orčić *et al.* (2022) ที่ได้ทำการทดสอบสาร thiacloprid และ clothianidin กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* และได้รายงานผลการทดลองว่าแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase มีการเพิ่มขึ้นเมื่อผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ได้กินสารละลายซูโครสที่มีส่วนผสมของสาร thiacloprid และ clothianidin อยู่เมื่อเวลาผ่านไป 48 ชั่วโมง โดยเปรียบเทียบกับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ที่เป็นแมลงในกลุ่มควบคุม เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* ความแตกต่างของแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase อาจเกิดจากชนิดของแมลงที่แตกต่างกัน

ในส่วนของการวิจัยของ Choi *et al.* (2024) ที่ได้ทำการทดสอบสาร spinetoram กับผึ้งพันธุ์ *A. mellifera* ผ่านวิธีการกินและได้รายงานผลการทดลองว่าแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase ไม่มีความเปลี่ยนแปลงอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งอาจเกิดได้จากรูปแบบการออกฤทธิ์ของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงชนิดนั้น ๆ หรือช่วงระยะวัยต่างของแมลงชนิด ๆ นั้นเป็นส่วนสำคัญในการเปลี่ยนแปลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แอกทิวิตีของ acetylcholinesterase เมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองกับการทดลองในชันโรง *T. pagdeni* พบว่ามีความสอดคล้องกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการหยด

สารที่มีความเป็นพิษต่อชันโรง *T. pagdeni* โดยวิธีการหยดมากที่สุดได้แก่ spinetoram ที่มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.003 ng/µL โดยสารที่มีความเป็นพิษรองลงมาคือ thiamethoxam, fipronil, emamectin benzoate, clothianidin, thiacloprid, chlorantraniliprole, acetamiprid และ indoxacarb ที่มีค่า LC_{50} อยู่ในช่วง 0.004-155.984 ng/µL

5.1.2 การทดสอบความเป็นพิษของสารป้องกันกำจัดแมลงโดยการกิน

สารที่มีความเป็นพิษต่อชันโรง *T. pagdeni* โดยการกินมากที่สุดได้แก่ emamectin benzoate ที่มีค่า LC_{50} อยู่ที่ 0.603 ng/µL รองลงมาคือ thiamethoxam, clothianidin, spinetoram, fipronil, thiacloprid, acetamiprid, indoxacarb และ chlorantraniliprole ที่มีค่า LC_{50} อยู่ในช่วง 0.818-691.013 ng/µL

5.1.3 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST)

จากการตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) ผ่านวิธีการหยดสารป้องกันกำจัดแมลงนั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid, clothianidin, thiacloprid, thiamethoxam, chlorantraniliprole, fipronil, emamectin benzoate, indoxacarb และ spinetoram ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ และในส่วนของการตรวจวัดแอกทิวิตีของ glutathione-S-transferase (GST) ผ่านวิธีการกินสารป้องกันกำจัดแมลงนั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid, clothianidin, thiacloprid, thiamethoxam, chlorantraniliprole, fipronil, emamectin benzoate, indoxacarb และ spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ

5.1.4 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST)

จากการตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) ผ่านวิธีการหยดสารป้องกันกำจัดแมลงนั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid, clothianidin, thiacloprid, thiamethoxam, chlorantraniliprole, fipronil, emamectin

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

benzoate, indoxacarb และ spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ และในส่วนของการตรวจวัดแอกทิวิตีของ esterase (EST) ผ่านวิธีการกินสารป้องกันกำจัดแมลงนั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid, clothianidin, thiacloprid, thiamethoxam, chlorantraniliprole, fipronil, emamectin benzoate, indoxacarb และ spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ

5.1.5 การตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE)

จากการตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) ผ่านวิธีการหยดสารป้องกันกำจัดแมลงนั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) ในช่วงเวลาหลังจากได้รับสารไปแล้ว 2 ชั่วโมง แต่ในช่วงเวลาอื่น ๆ ไม่พบว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ผลการวิเคราะห์ทางสถิติของสาร clothianidin, thiacloprid, thiamethoxam, chlorantraniliprole, fipronil, emamectin benzoate, indoxacarb และ spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ แต่ในส่วนของการตรวจวัดแอกทิวิตีของ acetylcholinesterase (AChE) ผ่านวิธีการกินสารป้องกันกำจัดแมลงนั้นพบว่าผลการวิเคราะห์ทางสถิติระหว่าง control และ treatment ของชันโรงที่ได้รับสาร acetamiprid, clothianidin, thiacloprid, thiamethoxam, chlorantraniliprole, fipronil, emamectin benzoate, indoxacarb และ spinetoram นั้นไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในทุกช่วงเวลาที่ทำการทดสอบ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชที่ศึกษามีความเป็นพิษต่อชันโรงต่างกัน ดังนั้นหากมีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช แนะนำให้ใช้ชนิดที่เป็นพิษต่อชันโรงต่ำ เช่น indoxacarb หรือ acetamiprid และควรหลีกเลี่ยงการใช้สารเคมีที่เป็นพิษต่อชันโรงสูง เช่น thiamethoxam หรือ emamectin benzoate

2. สามารถนำข้อมูลด้านความเป็นพิษของสารและแอกทิวิตีของเอนไซม์ที่ได้จากการทดลองนี้ไปเปรียบเทียบกับผลงานวิจัยอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

ชลธิชา นิวาสประกฤติ, จันทรา ปานขวัญ และบุญเรียม น้อยชุมแพ. 2565. มหัศจรรย์ชันโรง. **วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 37(4): 24-27.

ณัฏฐ์พัชร เถียรวรกานต์, ละไม ยะปะนันม, จิตติมา ตั้งศิริมงคล และสุชาดา โทผล. 2560. ประสิทธิภาพการผสมเกสรของชันโรงขนเงิน (*Tetragonula pagdeni*)ในการเพิ่มผลผลิตมะระจีนในสภาพไร่**. **วารสารวิจัย มสด สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.** 10(3): 171-186.

นุกูล ชิ้นฟัก, วรลักษณ์ ลลิตศศิวิมล, สมจิตร ยิ้มสุด ถาวร ไชยมะโณ, ประวีณ เลิศอริยะพงศ์กุล. 2564. **คู่มือการเลี้ยงชันโรงเพื่อสร้างอาชีพทางเลือกตามแนวคิดเศรษฐกิจพอเพียงในพื้นที่ตำบลเกาะเพชร อำเภอหัวไทร จังหวัดนครศรีธรรมราช.** นครศรีธรรมราช: มหาวิทยาลัยหาดใหญ่.

พิชญาดา เจริญจิต. 2563. **ชันโรง หรือ ผึ้งจิ๋ว สุดยอดแมลงผสมเกสรพืช.** [Online]. //สืบค้นได้จาก: https://www.technologychaoban.com/agricultural-technology (29 เมษายน 2564)

พิสุทธิ์ เอกอำนวย. 2562. **โรคและแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ.** พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพ: บ.อมรินทร์พริ้นติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จก. 984 หน้า.

สิริภัค สุระพร. 2562. กลไกที่แมลงต้านทานต่อสารฆ่าแมลง. **วารสารเกษตรพระวรุณ.** 16(1): 34-48.

Abdelmoteleb, M. N., Mohamed, A. Z., Genidy, N. A., and Abdel-Haleem D. R. 2023. Computational and Toxicological Evaluation of Thiamethoxam as Nicotinic Acetylcholine Receptor Modulator Against Cowpea Aphid, *Aphis craccivora* Koch. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences.** 16(4): 135-150.

Abelhas. 2022. ***Scaptotrigona bipunctata.*** [Online]. Available: https://abelhas.org/abelha/*Scaptotrigona bipunctata*/13559.

Abelhas. 2022. ***Scaptotrigona xanthotricha.*** [Online]. Available: https://abelhas.org/abelha/Scaptotrigona-xanthotricha/12249.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abuagla, M. I. B., Iqbal, Javaid., Raweh, H. S. A., and Alqarni, A. S. 2024. Insight into Olfactory Learning, Memory, and Mortality of *Apis mellifera jemenitica* after Exposure to Acetamiprid Insecticide. **Insects.** 15(7): 473.

Ahmed, M. A. I., El-Din, H. E., Omar, E. M., and Mosalam, O. 2023. Evaluating the Impact of Neonicotinoid and Sulfoximine Pesticides on Honey Bee Workers, *Apis mellifera* L., under Laboratory Conditions. **Assiut Journal of Agricultural Sciences.** 54(4): 183-195.

Araujo, R. S., Bernardes, R. C., Fernandes, K. M., Lima, M. A. P., Martins, G. F., and Tavares, M. G. 2019. Spinosad-mediated effects in the post-embryonic development of *Partamona helleri* (Hymenoptera: Apidae: Meliponini). **Environmental Pollution.** 253: 11-18.

Baas, J., Goussen, B., Miles, M., Preuss, T. G., and Roessink, I. 2022. BeeGUTS-A Toxicokinetic-Toxicodynamic Model for the Interpretation and Integration of Acute and Chronic Honey Bee Tests. **Environmental Toxicology and Chemistry.** 41(9): 2193-2201.

Banazeer, A., Afzal, M. B. S., Hassan, S., Ijaz, M., Shad, S. A., and Serrão, J. E. 2022. Status of insecticide resistance in *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae) from 1997 to 2019: cross-resistance, genetics, biological costs, underlying mechanisms, and mplications for management. **Phytoparasitica.** 50: 465-485.

Batool, N., Abubakar, M., Noureldeen, A., Naqqash, M. N., Alghamdi, A., Dhafar, Z. M. A., Baakdah, F., and Mozuratis, R. 2024. Toxicity and Sublethal Effect of Chlorantraniliprole on Multiple Generations of *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). **Insects.** 15(11): 851.

Bradford, M. M. 1976. A Rapid and Sensitive Method for the Quantitation of Microgram Quantities of Protein Utilizing the Principle of Protein-Dye Binding. **Analytical Biochemistry.** 72: 248-254.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Brunet, J., and Fragoso, F. P. 2024. What are the main reasons for the worldwide decline in pollinator populations?. **CABI Reviews.** 19: 1

Bugguide. 2016. **Bombus impatiens.** [Online]. Available: https://bugguide.net/node/view/1297231.

Campos, D., Silva-Lima, J. C., and Carvalho-Zilse, G. A. 2024. Amazonian stingless bees: lethal concentration and mortality after exposure to insecticide in *Melipona interrupta* Latreire, 1811 (Hymenoptera: Apidae). **EntomoBrasilis.** 17: e1065.

Chan, D. S. W., Prosser, R. S., Rodríguez-Gil. J. L., and Raine, N. E. 2019. Assessment of risk to hoary squash bees (*Peponapis pruinosa*) and other ground-nesting bees from systemic insecticides in agricultural soil. **Scientific Reports.** 9(1): 1-13.

Chavana, J., and Joshi, N. K. 2024. Toxicity and Risk of Biopesticides to Insect Pollinators in Urban and Agricultural Landscapes. **Agrochemicals.** 3(1): 70-93.

Costa, O. J., Brigante, J., and Vieira, E. M. 2024 Toxicity of Imidacloprid Against *Melipona scutellaris* (Latreille, 1811) - Preliminary Risk Analysis. **Sociobiology.** 71(1): e9825

Darwish, M. G., Ali, A. M., and Aly, M. F. K. 2022. Study the Influence of Three Acaricides on Honeybee Workers *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) under Laboratory Conditions. **Journal of Plant Protection and Pathology.** 13(8): 185-189.

Dorneles, A. L., Rosa, A. S., and Blochtein, B. 2017. Toxicity of organophosphorus pesticides to the stingless bees *Scaptotrigona bipunctata* and *Tetragonisca fiebrigi.* **Apidologie.** 48: 612–620.

Dymond, K., Celis-Diez, J. L., Potts, S. G., Howlett, B. G., Willcox, B. K., Garratt, M. P. D. 2021. The role of insect pollinators in avocado production: A global review. **Journal of Applied Entomology.** 145(5).

Environmentalpestcontrol. 2024. *BUMBLE BEE INFORMATION & FACTS.* [Online]. Available: https://www.environmentalpestcontrol.ca/bees/bumble-bee.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Escobar, E. G., Liedo, P., Montoya, P., Villarreal, A. M., Guzmán, Mi., Vandame, R., and Sánchez, D. 2018. Effect of GF-120 (Spinosad) Aerial Sprays on Colonies of the Stingless Bee *Scaptotrigona mexicana* (Hymenoptera: Apidae) and the Honey Bee (Hymenoptera: Apidae). **Journal of Economic Entomology.** 111 (4): 1711–1715.

Escobar-González, D., Landaverde-González, P., Bosbely Casiá-Ajché, Q., Morales-Siná, J., Cardona, E., Mejía-Coroy, A., and Enríquez E. 2023. Fruit production in coffee (*Coffea arabica* L.) crops is enhanced by the behaviour of wild bees (Hymenoptera: Apidae). **Austral Entomology.** 63(1): 83-95.

Friedrich M. 2025. ***Eristalinus (Lathyropthalmus) aeneus* (Scopoli, 1763).** [Online]. Available: https://arthropodafotos.de/dbsp.php?lang=eng&sc=1&ta=t_38_dipt_bra_syr&sci=Eristalinus&scisp=aeneus.

Friedrich M. 2025. ***Apis mellifera Linnaeus*, 1758 Honigbiene Honey Bee.** [Online]. Available: https://arthropodafotos.de/dbsp.php?lang=eng&sc=0&ta=t_43_hym_apo_api&sci=Apis&scisp=mellifera.

Gokulakrishnan, M., Justin, C. G. L., Roseleen, S. S. J. and Ejilane, J. 2022. Laboratory Evaluation on Insecticidal toxicity to Indian Honey bee, Apiscerana indica F. (Hymenoptera: Apidae). **Ecology, Environment and Conservation.** 10(10): 1807-1814.

Gong, Y., and Diao, Q. 2017. Current knowledge of detoxification mechanisms of xenobiotic in honey bees. **Ecotoxicology.** 26(1)

Han, W., Yang, Y., Gao, J., Zhao, D., Ren, C., Wang, S., Zhao, S., and Zhong, Y. 2019. Chronic toxicity and biochemical response of Apis cerana cerana (Hymenoptera: Apidae) exposed to acetamiprid and propiconazole alone or combined. **Ecotoxicology.** 28(4): 399-411.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Khalil, S., Aziz, A., Malik, U., Arshad, L., Naeem, H., Rana, S., Arshad, A., and Safder, A. 2023. In *Vitro* and In *Vivo* Toxicity of Selected Insecticides Against 2nd Instar Larvae of *Spodoptera Frugiperda*. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences A. Entomology.** 16(2): 135-141.

KILASO, M., and CHAISUEKUL, C. 2024. Toxicity of synthetic insecticides on *Tetragonula pagdeni* (Hymenoptera Apidae). **Bulletin of Insectology.** 77(1): 65-74.

Maggi, T., Pardo, L., and Chreil, R. 2024. Insect Pollinators: A Key to Ecosystem Resilience and Food Security. **Pollinators**.

Martins, C. A. H., Azpiazu, C., Bosch, J., Burgio, G., Dindo, M. L., Francati, S., Sommaggio, D., and Sgolastra, F. 2024. Different Sensitivity of Flower-Visiting Diptera to a Neonicotinoid Insecticide: Expanding the Base for a Multiple-Species Risk Assessment Approach. **Insects.** 15(5): 317.

Marzouk, S. Gh. M., El-Sheakh, A. A., El-Tantawy, M. A., and Ashour, M-B. A. 2017. Biochemical Markers for Acetamiprid and Imidacloprid Neonicotinoid Insecticides Selectivity in the Cotton White Fly, *Bemisia tabaci*, the Cotton Leafworm, *Spodoptera littoralis* and Honey Bee, *Apis mellifera*. **Egyptian Academic Journal of Biological Sciences.** 9(3): 61-73.

Medina, C. R. Q. 2022. **Nuevos registros y listados de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en el corredor biológico Paso del Istmo de Rivas, Nicaragua.** [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Figura-3-Hembra-de-Partamona-bilineata-a-Vista-lateral-b-Vista-dorsal_fig2_366174413.

Medina, C. R. Q. 2025. **Nuevos registros y listados de abejas sin aguijón (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) en el corredor biológico Paso del Istmo de Rivas, Nicaragua.** [Online]. Available: https://www.researchgate.net/figure/Figura-2-Hembra-de-Nannotrigona-perilampoides-a-Vista-lateral-b-Vista-dorsal_fig1_366174413.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Naggar, Y. A., Estrella-Maldonado, H., Paxton, R. J., Solís, T., and Quezada-Euán J. J. G. 2022. The Insecticide Imidacloprid Decreases *Nannotrigona* Stingless Bee Survival and Food Consumption and Modulates the Expression of Detoxification and Immune-Related Genes. **Insects.** 13(11): 972.

Naseema, H., Harischandra, N. R., Ratnamma, P., Babu, K., Bheemanna, M., Badariprasad, P. R., and Saraswathi, M. 2024. Assessment of neonicotinoids toxicity and their risk to honeybee under caged and open field ecosystem. **Research Square.**

Lafamiliapicola. 2017. **YUCATAN (MEXICO), POTENCIA PRODUCCION DE MIEL.** [Online]. Available: https://lafamiliapicola.blogspot.com/2017/08/yucatan-mexico-potencia-produccion-de.html.

Laohaudomchok, W., Nankongnab, N., Siriruttanapruk, S., Klaimala, P., Lianchamroon, W., Ousap, P., Jatiket, Marut., Kajitvichyanukul, P., Kitana, N., Siriwong, W., Hemachudhah, T., Satayavivad, J., Robson, M., Jaacks, L., Barr, D. B., Kongtip, P., and Woskie, S. 2021. Pesticide use in Thailand: Current situation, health risks, and gaps in research and policy. **Human and Ecological Risk Assessment.** 27(5): 1147–1169.

Laurino, D., Porporato, M., Patetta, A., and Manino, A. 2011. Toxicity of neonicotinoid insecticides to honey bees: Laboratory tests. **Bulletin of Insectology.** 64(1): 107-113.

Lewis, C. 2012. ***Plutella (Plutella) xylostella* (Diamond-backed Moth).** [Online]. Available: https://britishlepidoptera.weebly.com/001-plutella-xylostella-diamond-backed-moth.html.

Li, W., Lv. L., Wang, Y., and Zhu, Y. 2023. Mixture effects of thiamethoxam and seven pesticides with different modes of action on honey bees (*Aplis mellifera*). **Scientific Reports.** 13(1): 2679.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Lima, M. A. P., Martins, G. F., Oliveira, E. E., and Guedes, R. N. C. 2016. Agrochemical-induced stress in stingless bees: peculiarities, underlying basis, and challenges**. Journal of Comparative Physiology A.** 202: 733-747.

Liu, J., Tian, Z., Li, R., Ni, S., Sun, H., Yin, F., Li, Z., Zhang, Y., and Li, Y. 2024. Key Contributions of the Overexpressed *Plutella xylostella* Sigma Glutathione S-Transferase 1 Gene (PxGSTs1) in the Resistance Evolution to Multiple Insecticides. **Journal of Agricultural and Food Chemistry.** 72(5): 2560-2572.

Padilha, A. C., Piovesan, B., Morais, M. C., Pazini, J. B., Zotti, M. J., Botton, M., and Grützmacher, A. D. 2020. Toxicity of insecticides on Neotropical stingless bees *Plebeia emerina* (Friese) and *Tetragonisca fiebrigi* (Schwarz) (Hymenoptera: Apidae:Meliponini). **Ecotoxicology.** 29: 119-128.

Pashte, V. V., and Patil, C. S. 2018. Toxicity and Poisoning Symptoms of selected Insecticides to Honey Bees (*Apis mellifera mellifera* L.). **Archives of Biological Sciences.** 70: 20.

Piovesan, B., Padilha, A. C., Morais, M. C., Botton, M., Grützmacher, A. D., and Zotti, M. J. 2020. Effects of insecticides used in strawberries on stingless bees *Melipona quadrifasciata* and *Tetragonisca fiebrigi* (Hymenoptera: Apidae). **Environmental Science and Pollution Research.** 27: 42472–42480.

Preboggion. 2013. ***Exorista larvarum.*** [Online]. Available: https://www.preboggion.it/Insecta_SP_Exorista_larvarum.htm.

Quiroga-Murcia, D. E., Zotti, M. J., Polanía, I. Z., and Pech-Pech, E. E. 2017. Toxicity evaluation of two insecticides on *Tetragonisca angustula* and *Scaptotrigona xanthotricha* (Hymenoptera: Apidae). **Agronomía Colombiana.** 35(3): 340-349.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Radwan, M. H. I., Sand, R. E., and Hendawy M. A. 2020. ACUTE TOXICITY OF SOME INSECTICIDES ON HONEYBEE, *Apis mellifera* L. **Zagazig Journal of Agricultural Research.** 47(1): 65-70.

Revistadeagronegocios. 2020. ***Abelha Sem-Ferrão: Jataí (Tetragonisca angustula).*** [Online]. Available: https://revistadeagronegocios.com.br/tetragonisca-angustula.

Robledo, A. 2021. **Eupeodes corollae: una nueva especie para el control biológico de pulgón en los invernaderos de pimiento ecológico del sudeste peninsular.** [Online]. Available: https://revistadeagronegocios.com.br/tetragonisca-angustula.

Saad, M. A. A., Abd-Ella, A. A., Abdu-Allah, G. A. M., El-Din, H. E. A. E., Mahmoud, H. A., and Ahmed, A. M. M. Toxicological Impact of Certain Pesticides on Honeybee, *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) under laboratory Conditions. **Assiut Journal of Agricultural Sciences.** 54(3): 65-77.

Samson-Robert, O., Labrie, G., Mercier, P-L., Chagnon, M., Derome, N., and Fournier, V. 2015. Increased Acetylcholinesterase Expression in Bumble Bees During Neonicotinoid-Coated Corn Sowing. **Scientific Reports.** 5(1): 12636.

Shopee. 2019. **เอ็กซอล (Exalt) สไปนีโทแรม (Spinetoram) 12% SC ออกฤทธิ์กำจัดหนอนและเพลี้ยไฟ ขนาด 250 ซีซี.** [Online]. Available: https://shopee.co.th.

Sinpoo, C., In-on, A., Noirungsee, N., Attasopa, K., Chantawannakul, P., Chaimanee, V., Phokasem, P., Ling, T. C., Purahong, W., and Terd, D. 2023. Microbial community profiling and culturing reveal functional groups of bacteria associated with Thai commercial stingless worker bees (*Tetragonula pagdeni*). **PLOS ONE.** 18(3): e0280075.

Traveltoeat. 2023. **Monarch Butterfly (*Danaus plexippus*).** [Online]. Available: https://traveltoeat.com/monarch-butterfly-danaus-plexippus.

Ulziibayar, D., Begna, T., Ghosh, S., and Jung, C. 2021. Acute and Chronic Toxicity of Selected Pesticides Used in Strawberry Greenhouse to Honeybee (*Apis mellifera*) Larvae. **Journal of Apiculture.** 36(4): 281-287.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Ulziibayar, D., Begna, T., Bisrat, D., and Jung, C. 2022. Longevity-enhancing Effects of Rosmarinic Acid Feeding on Honey bees (*Apis mellifera* L.) after Exposure to Some Pesticides Used in Strawberry Greenhouse. **Journal of Apiculture.** 37(2): 135-141.

Vineetha, V., Chellappan, M., and Pathrose, B. 2023. A RAPID AND EASY BIOASSAY METHOD FOR STINGLESS BEES *TETRAGONULA TRAVANCORICA* SHANAS AND FASEEH. **Indian Journal of Entomology.** 85(4): 980-983.

Wikipedia. 2022. ***Melipona scutellaris*.** [Online]. Available: https://pt.wikipedia.org/wiki/ Melipona_scutellaris.

Wikipedia. 2022. ***Tetragonisca fiebrigi***. [Online]. Available: https://pt.wikipedia.org/wiki/Tetragonisca_fiebrigi.

Yang, Y., Wu, Y., Chen, S., Devine, G.J., Denholm, I., Jewess, P., and Moores, G. D. 2004. The involvement of microsomal oxidases in pyrethroid resistance in *Helicoverpa armigera* from Asia. **Insect Biochemistry and Molecular Biology.** 34: 763-773.

Yin, F., Lin, Q., Wang, X., Li, Z., Feng, X., and Shabbir, M. Z. 2021. The glutathione S-transferase (PxGST2L) may contribute to the detoxification metabolism of chlorantraniliprole in *Plutella xylostella*(L.). **Ecotoxicology.** 30(6): 1007–1016.

Zhu, K. Y., and Gao J-R. 1999. Increased activity associated with reduced sensitivity of acetylcholinesterase in organophosphate-resistant greenbug, *Schizaphis graminum* (Homoptera: Aphididae). **Pesticide Science.** 55: 11–17.

Zhu, Y-C., Wang, Y., Portilla, M., Parys, K., and Li, W. 2019. Risk and Toxicity Assessment of a Potential Natural Insecticide, Methyl Benzoate, in Honey Bees (*Apis mellifera* L.). **Insects.** 10(11): 382.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายสหรัฐ เกชาคุปต์
วัน เดือน ปีเกิด	4 กรกฎาคม 2540
ที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 78/159 ซอยศรีพรสวรรค์ ตำบลสวนใหญ่ อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี 11000
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2559-2562 ระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ พ.ศ. 2563-ปัจจุบัน ระดับปริญญาโท วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเกษตรศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานทางวิชาการ	1. สหรัฐ เกชาคุปต์ และมัลลิกา กิลาโส (2022). ผลของพืชอาหารที่แตกต่างกันต่อวงจรชีวิตของผีเสื้อหนอนกระทู้ข้าวโพดลายจุด *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). หน้าที่ 91-98 ใน: การประชุมวิชาการระดับชาติ เพื่อนำเสนอผลงานระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 12 บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยรามคำแหง. นำเสนอผลงานในรูปแบบออนไลน์ 2. สหรัฐ เกชาคุปต์ และมัลลิกา กิลาโส (2023). ผลของผลของสารเคมีป้องกันกำจัดแมลงต่อการตายของชันโรง, *Tetragonula pagdeni* Schwarz (Hymenoptera: Apidae) หน้าที่ 275-280 ใน: โครงการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติ ครั้งที่ 13 มหาวิทยาลัยศิลปากร นำเสนอผลงานในรูปแบบออนไลน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้