วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ปีที่ 28 (ฉบับที่ 1) มกราคม – เมษายน พ.ศ. 2566
BURAPHA SCIENCE JOURNAL Volume 28 (No.1) January – April 2023 บทความวิจัย

ความเป็นพิษของไทมอลต่อแมลงที่ไม่ใช่เป้าหมาย กลุ่มแมลงหางดีด (ชั้น Collembola)

Toxicity of Thymol on Non-Target Insect, Springtail (Class Collembola)

เกษม คงนิรันดรสุข*

Kasem Kongnirundonsuk*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University

Received : 17 January 2022

Revised : 25 April 2022

Accepted : 3 August 2022

บทคัดย่อ

ไทมอลเป็นน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชไทม์และเป็นที่รู้จักกันดีว่าเป็นสารชีวภาพที่ฆ่าศัตรูพืชที่ส่งผลต่อการรอดการเจริญเติบโต การสืบพันธุ์ และการทำงานทางสรีรวิทยาของศัตรูพืช อย่างไรก็ตามยังมีรายงานค่อนข้างน้อยเกี่ยวกับความเป็นพิษต่อแมลงที่ไม่ใช่เป้าหมาย ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการศึกษานี้เพื่อประเมินความเป็นพิษของไทมอลต่อระยะไข่และระยะตัวเต็มวัยของแมลงหางดีด *Entomobrya* sp. พบว่าไทมอลมีผลต่อการอยู่รอดของแมลง ในระยะไข่ ความเข้มข้นของไทมอลที่ทำให้การฟักของไข่ลดลง 50 เปอร์เซนต์ (LC_{50}) คือ 5,507.82 ppm ขณะที่ปริมาณสารไทมอลที่ไม่ก่อให้เกิดการตายจะยับยั้งการเติบโตของตัวอ่อนและทำให้ระยะเวลาในการฟักไข่นานขึ้น ในขณะที่ความเข้มข้นของไทมอลที่ทำให้ระยะตัวเต็มวัยของแมลงหางดีด *Entomobrya* ตาย 50 เปอร์เซนต์จะเท่ากับ 11,685.03, 3,310.58 และ 343.73 ppm เมื่อสัมผัสกับไทมอลเป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าไทมอลเป็นพิษต่อแมลงหางดีดและระยะตัวเต็มวัยจะมีความทนทานต่อไทมอลสูงกว่าระยะไข่

คำสำคัญ : แมลงหางดีด *Entomobrya* sp. ; ความเป็นพิษ ; ไทมอล ; การตาย

Abstract

Thymol is an essential oil extracted from thyme and is well known as a biopesticide that affects on survival, growth, reproduction and physiological function of pest. However, there were a few reports about its toxicity on the non- target insect. Thus, this study evaluated the toxicity of thymol on egg and adult stages of springtails, *Entomobrya* sp. It found that thymol affected on survival of insects. In egg stage, the estimate median lethal concentration (LC_{50}) value of thymol was 5,507.82 ppm, while sublethal effect inhibited the growth of embryo and delayed the hatching time of the egg, whereas the LC_{50} value of thymol against *Entomobrya* adult was 11,685.03, 3,310.58 and 343.73 ppm insect when exposed to thymol 24, 48 and 72 hours, respectively. The result showed that thymol was toxic to springtails and the adult stage was higher resistant to thymol than the egg stage.

Keywords : springtail *Entomobrya* sp. ; toxicity ; thymol ; mortality

***Corresponding author. E-mail** : protozoa_kk@hotmail.com

บทนำ

ปัจจุบันค่านิยมเกี่ยวกับบริโภคอาหารจะเน้นทางด้านสุขภาพ โดยเลือกอาหารที่ไม่มีการปนเปื้อนของสารเคมี รวมทั้งมีกระบวนการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ส่งผลให้การเกษตรกรรมในประเทศไทยและต่างประเทศจำเป็นต้องปรับเปลี่ยนวิธีการผลิต จากเดิมที่มีการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรและการใช้สารเคมีและยาฆ่าแมลงเพื่อกำจัดศัตรูพืช มาใช้ผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ เพื่อลดการตกค้างของสารเคมีในผลผลิตทางการเกษตรและไม่ก่อให้เกิดการตกค้างของสารพิษในดิน รวมทั้งบริเวณพื้นที่เกษตรและแหล่งชุมชน ประเทศไทยเป็นหนึ่งในกลุ่มประเทศที่เป็นผู้ผลิตอาหารที่สำคัญของโลก ซึ่งรายได้หลักส่วนหนึ่งมาจากการส่งออกผลิตผลทางเกษตรกรรม จากการรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พบว่าการส่งออกสินค้าเกษตรและอาหารของไทยในปี พ.ศ. 2563 มีมูลค่า 1,290,477 ล้านบาท และแนวโน้มของมูลค่าการส่งออกจะเพิ่มสูงยิ่งขึ้นในปีถัดไป ดังนั้นเกษตรกรไทยจึงต้องปรับวิธีการผลิตและเพิ่มมูลค่าของสินค้า ซึ่งนับวันจะยิ่งมีมาตรฐานสูงขึ้น เนื่องจากในหลายประเทศได้ออกมาตรการในการควบคุมความปลอดภัยและกฎหมายที่ควบคุมสินค้าทางการเกษตรอย่างเข้มงวด ปัจจุบันจากการสำรวจและการรณรงค์ของหน่วยงานรัฐในการให้ข้อมูลและส่งเสริมการเพาะปลูกแบบเกษตรอินทรีย์ ส่งผลให้เกษตรกรไทยเริ่มมีการลดการใช้สารเคมีและนำภูมิปัญญาท้องถิ่นมาใช้ในการทำเกษตรกรรม เช่น การใช้สารสกัดจากพืชและนำศัตรูทางธรรมชาติมาควบคุมศัตรูพืช (biocontrol) ส่งผลให้หน่วยงานต่าง ๆ เกิดความสนใจในประสิทธิภาพของสารสกัดต่าง ๆ จากพืชและมีการนำสารสกัดจากพืชมาทดสอบกับศัตรูพืชและโรคพืชจำนวนมาก ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสารสกัดจากพืชมีฤทธิ์ในการควบคุมโรคพืช สามารถนำมาใช้ในการกำจัดและขับไล่แมลงศัตรูพืชได้ดีและไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (Bullangpoti *et al.*, 2002; Junhirun *et al.*, 2012; Bovornnanthadej *et al.*, 2013) ทำให้เกษตรกรเกิดความมั่นใจและนำสกัดจากพืชอื่น ๆ มาใช้ในทางเกษตรกรรมมากขึ้น ส่งผลให้ผลผลิตทางการเกษตรได้มาตรฐานและเป็นการเพิ่มมูลค่าของสินค้าแก่เกษตรกรไทย นอกจากนี้การใช้สารสกัดจากพืชยังมีส่วนช่วยลดค่าใช้จ่ายของประเทศไทยในการนำเข้าสารเคมีที่นำมาใช้ในการเกษตร จากข้อมูลรายงานการนำเข้าวัตถุอันตรายทางการเกษตรปี พ.ศ. 2563 พบว่ามูลค่าการนำเข้าของสารเคมีที่นำมาใช้ในการเกษตรเป็นจำนวนเงินมากกว่า 29,342 ล้านบาท และยังช่วยลดค่ารักษาพยาบาลที่เกิดจากเกษตรกรที่ได้รับสารเคมี รวมทั้งผู้บริโภคที่ได้รับพิษจากสารเคมีที่ตกค้างในอาหารและแพร่กระจายในแหล่งที่อยู่อาศัย

ไทมอลเป็นกลุ่มน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชไทม์ (*Thymus vulgaris* L.) เป็นสารอนุพันธ์ในกลุ่ม monoterpene phenol ที่มีบทบาทสำคัญในการควบคุมเชื้อราและแบคทีเรีย เนื่องจากมีฤทธิ์ในการทำลายผนังเซลล์ นอกจากนี้ยังเป็นส่วนประกอบที่สำคัญของสารกำจัดและควบคุมประชากรของแมลง ได้แก่ ไรศัตรูผึ้ง ตัวอ่อนด้วง ยุง แมลงวัน เป็นต้น (Chiesa, 1991; Lee *et al.*,1997; Mansour *et al.*, 2000; Waliwitiya *et al.*, 2009) ซึ่งจากการศึกษาของ Bovornnanthadej *et al.* (2013) และ Somjit *et al.* (2015) พบว่า ไทมอลยับยั้งการเจริญเติบโตและลดอัตราการวางไข่ของแมลงศัตรูพืช อย่างไรก็ดีถึงแม้ว่าไทมอลจะช่วยในการควบคุมประชากรศัตรูพืชได้ดี แต่ก็ยังขาดงานวิจัยที่ศึกษาผลกระทบต่อกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่เป้าหมาย (non-target organism) ของยาฆ่าแมลงที่ใช้ ซึ่งสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่เป้าหมายเหล่านี้มีบทบาทสำคัญในระบบนิเวศส่งผลให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารในดิน รวมทั้งมีส่วนช่วยในการย่อยสลายสารอินทรีย์ไปเป็นสารอนินทรีย์ที่พืชนำไปใช้ในการเจริญเติบโต เช่น ไส้เดือน แมลงที่เป็นตัวห้ำ แมงมุม รวมทั้งกลุ่มแมลงหางดีดที่อาศัยอยู่ในดิน (Hopkin, 2007)

สำหรับประเทศไทยนั้นยังขาดข้อมูลเกี่ยวกับผลกระทบของสารสกัดจากพืชต่อสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่เป้าหมายจำนวนมาก ซึ่งต่างจากต่างประเทศที่ให้ความสนใจและมีรายงานผลการวิจัยเรื่องดังกล่าวจำนวนมาก ในส่วนแมลงหางดีดเป็นกลุ่มแมลงหน้าดิน (soil fauna) ที่พบได้ทั่วโลก มีบทบาทในการช่วยย่อยสลายสารอินทรีย์และเป็นอาหารให้สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ที่อาศัยอยู่ในดิน นอกจากนี้ยังถูกใช้เป็นต้นแบบ (model) ในการทดสอบผลกระทบต่อสารเคมีที่ปนเปื้อนในดิน เช่น แมลงหางดีด *Folsomia candida* (Jegede *et al.*, 2017; Callahan *et al.*, 2019; Lee *et al.*, 2020) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ในการทดสอบผลกระทบของไทมอลต่อแมลงหางดีด *Entomobrya* sp. ซึ่งเป็นกลุ่มแมลงขนาดเล็กที่ไม่ใช่เป้าหมายที่พบในพื้นที่เกษตร มีระยะเวลาในการเจริญเติบโตสั้นและสามารถเพาะเลี้ยงได้ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ดูแนวโน้มในการควบคุมปริมาณความเข้มข้นที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อแมลงหางดีดที่เป็นกลุ่มแมลงที่มีประโยชน์ต่อระบบนิเวศในดิน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างและวินิจฉัยแมลงหางดีด

แมลงหางดีด *Entomobrya* sp. ที่ใช้ในการศึกษานี้ เก็บจากตัวอย่างดินในแปลงพืช ตำบลคู้ยายหมี จังหวัดฉะเชิงเทรา นำดินใส่ถุงพลาสติกและนำมาสกัดแมลงหางดีดจากดินด้วยกรวยเบอริส-ทุลเกรน ที่ห้องปฏิบัติการ หลังจากนั้นทำการย้ายแมลงหางดีดใส่ในขวดเลี้ยงโดยใช้พู่กัน สำหรับการวินิจฉัยสกุลของแมลงหางดีด นำแมลงหางดีดมารักษาสภาพด้วยแอลกอฮอล์ 70 % จากนั้นนำตัวอย่างมาวินิจฉัยภายใต้กล้องจุลทรรศน์โดยใช้คู่มือวินิจฉัยของ Hopkin (2007)

2. การเตรียมขวดเลี้ยงแมลงหางดีด

ทำการเตรียมขวดเลี้ยงแมลงหางดีด โดยผสมปูนพลาสเตอร์ ผงถ่านกัมมันต์ และน้ำในอัตราส่วน 8 : 4 : 6 ตามลำดับ ผสมให้เข้ากันแล้วเทลงในขวดเลี้ยงแมลงให้สูงประมาณ 1 เซนติเมตร ทิ้งไว้ให้แห้งก่อนนำมาใช้ จะได้ซับสเตรท (substrate) สำหรับแมลงหางดีดใช้เป็นที่อยู่อาศัย

3. การเพาะเลี้ยงแมลงหางดีด

แมลงหางดีด *Entomobrya* sp. ที่แยกจากดินจะถูกนำมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา ที่อุณหภูมิ 25-28 องศาเซลเซียส เพื่อให้ได้จำนวนเพียงพอต่อการทดสอบ โดยแมลงหางดีดจะถูกเลี้ยงในขวดพลาสติก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4.5 เซนติเมตร สูง 6 เซนติเมตร ให้อาหารด้วยยีสต์ทุก ๆ 3 วัน พร้อมทั้งหยดน้ำลงบนซับสเตรทเพื่อเพิ่มความชื้นภายในขวด หากมีเศษยีสต์ที่เหลือให้ใช้เข็มเขี่ยกำจัดออกจากซับสเตรท (ภาพที่ 1)

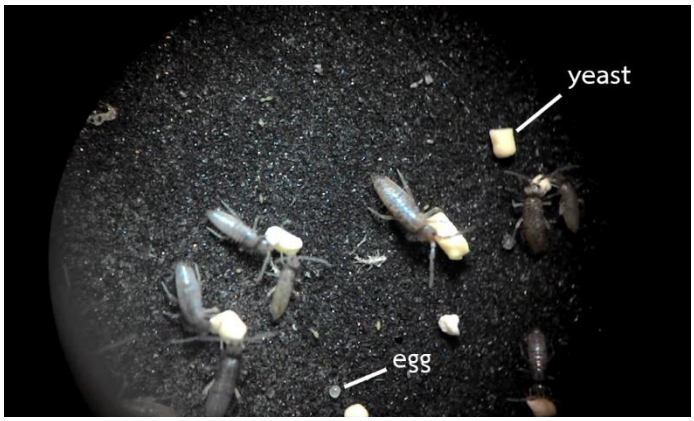

Figure 1 Springtails, *Entomobrya* sp. reared in the culture bottle

4. การเตรียมสารละลายไทมอล

สารไทมอล (2-Isopropyl-5-methylphenol) สั่งซื้อจากบริษัท Loba chemie (Mumbai, India) ในการเตรียมสารละลายไทมอล จะนำผงไทมอลมาละลายในอะซีโตน โดยให้มีความเข้มข้น 200 400 600 800 1,000 2,000 4,000 6,000 8,000 และ 10,000 ppm

5. การทดสอบความเป็นพิษของไทมอลต่อแมลงหางดีด

ระยะไข่ : นำไทมอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ปริมาตร 100 ไมโครลิตร มาหยดลงบนกระดาษกรอง ทิ้งไว้ให้แห้ง ต่อมาทำการเก็บไข่แมลงหางดีดอายุ 1 วันจำนวน 10 ฟองด้วยพู่กัน นำมาใส่ในขวดทดลองที่มีกระดาษกรองที่หยดสารละลายไทมอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไว้และอะซีโตน (ชุดควบคุม) โดยแต่ความเข้มข้นให้ทำซ้ำ 3 ครั้ง ทำการบันทึกจำนวนไข่ที่ฟักทุกวันจนกระทั่งไข่ไม่ฟักหรือประมาณ 2 สัปดาห์

ระยะตัวเต็มวัย : นำแมลงหางดีดอายุ 14 วัน ซึ่งเป็นระยะตัวเต็มวัย โดยสังเกตได้จากการพบการวางไข่ของแมลงหางดีดในช่วง 12-14 วัน จำนวน 10 ตัวมาใส่ในขวดทดลองที่มีกระดาษกรองที่หยดสารละลายไทมอลที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ไว้และอะซีโตน (ชุดควบคุม) เช่นเดียวกันกับวิธีการทดสอบระยะไข่ โดยแต่ละความเข้มข้นให้ทำซ้ำ 3 ครั้ง ตรวจนับจำนวนการตายของแมลงหางดีดที่เวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมงภายใต้กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ทำการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม SPSS โดยการวิเคราะห์แบบความแปรปรวนทางเดียว (one-way ANOVA) เพื่อเปรียบเทียบความเป็นพิษของไทมอลต่อระยะไข่และตัวเต็มวัยของแมลงหางดีดที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ และทำการหาปริมาณของไทมอลที่ทำให้อัตราการฟักของไข่และอัตราการตายของแมลงหางดีดลดลง 50 เปอร์เซ็นต์ (LC_{50}) ด้วยการวิเคราะห์การถดถอย

ผลการวิจัย

ระยะไข่

เมื่อนำไข่แมลงหางดีดวางบนกระดาษที่หยดสารละลายไทมอลและอะซีโตน (ชุดควบคุม) พบว่า ไทมอลส่งผลต่ออัตราการฟักของไข่และระยะเวลาในการฟักไข่อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับอะซีโตน ($p < 0.05$) โดยเปอร์เซ็นต์การฟักของไข่แมลงหางดีดจะลดลง เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารไทมอล และมีอัตราการฟัก 50 เปอร์เซ็นต์เมื่อได้รับไทมอลที่ความเข้มข้น 5,507.82 ppm ส่วนระยะเวลาในการฟักไข่จะแปรผกผันกับความเข้มข้น โดยไข่แมลงหางดีดจะใช้เวลาในการฟักไข่นานขึ้น หากได้รับความเข้มข้นของสารไทมอลที่สูงขึ้น ขณะที่ชุดควบคุมมีอัตราการฟักของไข่ 93.33 เปอร์เซ็นต์และใช้ระยะเวลาในการฟักไข่เฉลี่ย 5.50 วัน (ตารางที่ 1)

Table 1 Effect of thymol on the percentage of hatching and hatching time of eggs of springtails *Entomobrya* sp. (mean ± S.E.)

concentration (ppm)	% hatching of eggs	hatching time of eggs (days)
0 (acetone)	93.33 ± 6.66 a	5.50 ± 0.75 a
200	80.00 ± 10.00 a	6.60 ± 0.64 ab
400	86.66 ± 3.33 a	6.90 ± 0.58 ab
600	73.33 ± 3.33 a	8.03 ± 0.43 bc
800	70.00 ± 20.00 ab	7.56 ± 0.58 abc
1,000	66.66 ± 18.55 ab	7.93 ± 0.54 bc
2,000	50.00 ± 5.77 ab	8.83 ± 0.33 bc
4,000	60.00 ± 10.00 ab	7.63 ± 0.47 abc
6,000	36.66 ± 8.81 b	8.26 ± 0.35 bc
8,000	36.66 ± 6.66 b	9.26 ± 0.25 c
10,000	23.33 ± 3.33 b	9.13 ± 0.21 bc

means ± S.E. within column followed by the same letter are not significantly different by Turkey's test ($p > 0.05$)

ระยะตัวเต็มวัย

จากผลการทดสอบความเป็นพิษของไทมอลต่อระยะตัวเต็มวัยของแมลงหางดีดพบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงหางดีดระยะตัวเต็มวัยจะแปรผันตามความเข้มข้นของสารไทมอลได้รับและมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม เมื่อทำการเปรียบเทียบความเข้มข้นไทมอลที่ระดับเดียวกันแต่ระยะเวลาในการสัมผัสสารต่างกัน (24 48 และ 72 ชั่วโมง) พบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงหางดีดเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระยะเวลาในการ

สัมผัสสารนานขึ้น (ตารางที่ 2) และความเข้มข้นของสารไทมอลที่ส่งผลให้แมลงหางดีดตาย 50 เปอร์เซ็นต์คือ 11,685.03, 3,310.58 และ 343.73 ppm ตามลำดับ

Table 2 Percentages of mean mortality of adult springtails *Entomobrya* sp. among concentrations of thymol

concentration of thymol (ppm)	percentages of mean mortality of adult springtails (mean ± S.E.)		
	24 hours	48 hours	72 hours
0 (acetone)	13.33 ± 3.33 a	13.33 ± 3.33 a	13.33 ± 3.33 a
200	23.33 ± 3.33 ab	26.77 ± 3.33 ab	26.77 ± 3.33 a
400	26.77 ± 3.33 ab	33.33 ± 3.33 abc	40.00 ± 3.33 ab
600	33.33 ± 3.33 ab	53.33 ± 3.33 abc	66.77 ± 3.33 bc
800	30.00 ± 5.77 ab	53.33 ± 8.88 abc	76.77 ± 3.33 c
1,000	33.33 ± 3.33 ab	60.00 ± 5.77 ab	83.33 ± 6.66 c
2,000	36.77 ± 3.33 ab	63.33 ± 6.66 bc	83.33 ± 3.33 c
4,000	46.77 ± 3.33 b	66.77 ± 8.88 bc	83.33 ± 8.88 c
6,000	43.33 ± 3.33 b	70.00 ± 5.77 c	90.00 ± 5.77 c
8,000	40.00 ± 5.77 ab	60.00 ± 5.77 bc	90.00 ± 5.77 c
10,000	43.33 ± 8.88 b	66.77 ± 5.77 bc	96.77 ± 3.33 c

means ± S.E. within column followed by the same letter are not significantly different by Turkey's test ($p > 0.05$)

วิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดสอบความเป็นพิษแบบเฉียบพลัน (acute toxicity test) เพื่อหาอัตราการตายของแมลงหางดีดหลังได้รับสารไทมอลที่ความเข้มข้นแตกต่างกันจำนวน 10 ความเข้มข้นได้แก่ 200 400 600 800 1,000 2,000 4,000 6,000 8,000 และ 10,000 ppm และชุดควบคุม (อะซีโตน) โดยหยดสารละลายปริมาตร 100 µl หยดลงบนกระดาษกรอง จากนั้นนำกระดาษกรองที่รอแห้งไปวางบนซับสเตรทที่อยู่ในขวดพลาสติกที่ใช้ทดสอบความเป็นพิษของไทมอล พบว่า ไทมอลส่งกระทบต่อแมลงหางดีด *Entomobrya* sp. เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ($p<0.05$) ในระยะไข่ สารไทมอลจะแพร่ผ่านผนังไข่ขณะที่ไข่รับน้ำจากซับสเตรทซึ่งสังเกตได้จากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของไข่ที่เพิ่มขึ้น เมื่อแมลงหางดีดภายในไข่ได้รับสารไทมอลจะส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของเอมบริโอภายในไข่ โดยอัตราการฟักของไข่แมลงหางดีดจะลดลงเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสาร ไทมอล เนื่องจากเกิดการตายของเอมบริโอภายในไข่ ในขณะเดียวกันไทมอลยังส่งยับยั้งการเจริญของตัวอ่อนส่งผลให้ระยะเวลาในการฟักออกจากไข่นานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Laurin *et al*. (2001) และ Somjit *et al*.

(2015) ที่พบว่า อัตราการการเจริญของตัวอ่อนหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura)* และหนอนใยผัก (*Plutella xylostella*) ลดลงเมื่อได้รับสารไทมอลและระยะเวลาในการเจริญของแมลงจะนานขึ้นหากได้รับปริมาณสารเพิ่มขึ้น ซึ่งจากตารางที่ 1 จะพบว่า ระยะเวลาในการฟักของไข่ *Entomobrya* sp. จะนานขึ้นเมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นของสารไทมอล

สำหรับระยะตัวเต็มวัยพบว่า แมลงหางดีดจะมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นเมื่อได้รับความเข้มข้นของสารสูงขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่พบว่า ไทมอลมีความเป็นพิษต่อแมลงและสัตว์ขาปล้องอื่น ๆ เช่น ไร (Benelli *et al*., 2017; Tabari *et al*., 2017; Oliveira, *et al*., 2018) โดยไทมอลจะแพร่ผ่านทางเดินหายใจและคิวทิเคิล เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะยับยั้งการทำงานของสารสื่อประสาท octopamine หรือเอนไซม์ acetylcholinesterase (AChE) ส่งผลให้แมลงเกิดอาการชัก สลบและตาย (Bakkali *et al*., 2008) เมื่อทำการเปรียบความไวต่อความเป็นพิษของสารไทมอลระหว่างระยะไข่กับระยะตัวเต็มวัยของแมลงหางดีด จะพบว่าระยะตัวเต็มวัยจะมีความไวต่อสารน้อยกว่าระยะไข่ (11,685.03 vs 5,507.82 ppm) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Park *et al*. (2017) ที่พบว่า น้ำหนักและขนาดของแมลงส่งผลต่อความเป็นพิษของไทมอล ทำให้เพลี้ยกระโดด *Pochazia shantungensis* Chou and Lu, 1977 ระยะตัวเต็มวัยมีความไวต่อสารน้อยกว่าระยะตัวอ่อน

สรุปผลการวิจัย

จากการทดสอบความเป็นพิษของสารไทมอลต่อแมลงหางดีด พบว่าจะส่งผลกระทบในระยะไข่มากกว่าระยะตัวเต็มวัย ดังนั้นการนำไทมอลมาใช้ในการควบคุมศัตรูพืชสามารถทำได้ หากมีการควบคุมความเข้มข้นของสารในปริมาณที่เหมาะสมหรือน้อยกว่า 5,507.82 ppm แต่อย่างไรก็ตามแมลงหางดีดเป็นสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่เป้าหมายเพียงกลุ่มหนึ่งที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศ เพื่อให้การใช้สารไทมอลมีความปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ รวมทั้งลดผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ในระบบนิเวศ จึงควรที่จะมีการศึกษาผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่ไม่ใช่เป้าหมายกลุ่มอื่น ๆ เพิ่มเติม เช่น ไส้เดือน หรือสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กอื่น ๆ ที่อาศัยอยู่ภายในดิน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่ให้การสนับสนุนทุนวิจัย และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยาที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือและสถานที่ทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils – A review. *Food and Chemical Toxicology, 46*, 446-475.

Benelli, G., Pavela, R., Canale, A., Cianfaglione, K., Ciaschetti, G., Conti, F., Nicoletti, M., Senthil-Nathan, S., Mehlhorn, H., & Maggi, F. (2017). Acute larvicidal toxicity of five essential oils (*Pinus nigra*, *Hyssopus*

officinalis, *Satureja montana*, *Aloysia citrodora* and *Pelargonium graveolens*) against the filariasis vector *Culex quinquefasciatus*: Synergistic and antagonistic effects. *Parasitology International, 66*, 166-171.

Bovornnanthadej, T., Boonsoong, B., Taylor, D., Kainoh, Y., Kouland, O., & Bullangpoti, V. (2013). Effect of thymol on reproductive biology of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Communications in Agricultural and Applied Biological Science, 78*(2), 311-316.

Bullangpoti, V., Pensook, J., Wisarntanon, P., Kannasutra, P., & Visetsan, S. (2002). Chili extracts (*Capsicum frutescent* L.) for the control of corn weevil (*Sitophilus zeamais* Motschulsky). *Agricultural Science Journal, 33*(6), 300-304.

Callahan, S.T., Bidwell, A., Lin, C., DeLuca, H.H., & Tobin, P.C. (2019). Effects of copper exposure and increased temperatures on Collembola in western Washington, USA. *City and Environment Interactions, 4*, 1-7.

Chiesa, F. (1991). Effective control of Varroatosis using powdered thymol. *Apidologie, 22*(2), 135-145.

Hopkin, S.P. (2007). *A key to the Collembola (Springtails) of Britain and Ireland*. UK: Field Studies Council.

Jegede, O.O., Owojori, O.J., & Rombke, J. (2017). Temperature influences the toxicity of deltamethrin, chlorpyrifos and dimethoate to the predatory mite *Hypoaspis aculeifer* (Acari) and the springtail *Folsomia candida* (Collembola). *Ecotoxicology and Environmental Safety, 140*, 214-221.

Junhirun, P., Pluempanupatand, W. & Bullangpoti, V. (2012). Toxicological study of *Wedelia trilobata* (Asteraceae) extracts as alternative control strategies for *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Communications in Agricultural and Applied Biological Science, 77*(7), 721-726.

Laurin, A., Hummelbrunner, B.I., & Murray, B.I. (2001). Acute, Sublethal, Antifeedant, and Synergistic effects of Monoterpenoid Essential Oil Compounds on The Tobacco Cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 49*, 715-720.

Lee, S., Tsao, R., Peterson, C., & Coats, J.R. (1997). Insectidal activity of monoterpenoids to western corn rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae), two spotted spider mite (Acari: Tetranychidae) and house fly (Diptera: Muscidae). *Journal of Economic Entomology, 90*(4), 883-892.

Lee, Y-S., Son, J., Wee, J., Kim, Y., Hong, J., & Cho, K. (2020). A reconsideration of the safety of fenoxycarb (IGR) in soil environment: The toxicity of fenoxycarb to *Yuukianura szeptyckii* (Colllembola). *Journal of Asia-Pacific Entomology, 23*(1), 214-218.

Mansour, S.A., Messeha, S.S., & El-Gengaihi, S.E. (2000). Botanical biocides. 4. Mosquitocidal activity of certain *Thymus capitatus* constituents. *Journal of Natural Toxins, 9*(1), 49-62.

Oliveira, A.P., Santos, A.A., Santana, A.S., Lima, A.P.S., Melo, C.R., Santana, E.D.R., Sampaio, T.S., Blank, A.F., Araújo, A.P.A., Cristaldo, P.F., & Bacci, L. (2018). Essential oil of *Lippia sidoides* and its major compound thymol: Toxicity and walking response of populations of *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Crop Protection, 112*, 33-38.

Park, J-H., Jeon, Y-J., Lee, C-H., Chung, N., & Lee, H-S. (2017). Insecticidal toxicities of carvacrol and thymol derived from *Thymus vulgaris* Lin. Against *Pochazia shantungensis* Chou & Lu., newly recorded pest. *Scientific Reports, 7*, 40902.

Somjit, C., Kumrugsee, N., Pluempanupat, W. & Bullanpoti, V. (2015). Insecticidal activities of thymol on egg production and development in the diamondback moth, *Plutella xylostella* (Lepidoptera). *Communications in Agricultural and Applied Biological Science, 80*(2), 187-192.

Tabari, M.A., Youssefi, M.R., Maggi, F., & Benelli, G. (2017). Toxic and repellent activity of selected monterpenoids (thymol, carvacrol and linalool) against the castor bean tick, *Ixodes Ricinus* (Acari: Ixodidae). *Veterinary Parasitology, 245*, 86-91.

Waliwitiya, R., Belton, P., Nicholson, R.A., & Lowenberger, C.A. (2009). Effects of the essential oil constituent thymol and other neuroactive chemicals on flight motor activity and wing beat frequency in the blowfly *Phaenicia sericata*. *Pest Management Science, 66*(3), 277-289.