

การทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงต่อการสลบและการตายของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยด้วงดำ

Alphitobius diaperinus ที่เก็บจากฟาร์มเลี้ยงไก่

สุदारัตน์ เจือจันทร์^{1,*} สุนัยนา สาทันไตรภพ² ดำเนิน เสาะสีบงาม³ และชนนท์ สุขะหมุด²

¹สำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ กรมปศุสัตว์ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ กรุงเทพฯ 10400

²สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข นนทบุรี 11000

³นักวิชาการอิสระ

*ผู้รับผิดชอบบทความ, Email: sudaratchuachan@gmail.com

บทคัดย่อ

ด้วงดำหรือด้วงซีโก้เป็นแมลงปีกแข็งที่เป็นศัตรูสำคัญในฟาร์มเลี้ยงสัตว์ปีกของประเทศไทยโดยเฉพาะฟาร์มเลี้ยงไก่ และยังเป็นพาหะนำโรคต่างๆ มาสู่สัตว์ปีก การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง 6 สูตร ต่อระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้วงดำที่เก็บจากฟาร์มเลี้ยงไก่ ด้วยวิธีการทดสอบแบบฤทธิ์สัมผัส (surface contact method) ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วย alpha-cypermethrin, bifenthrin, fipronil, spinosad, imidacloprid และ pirimiphos-methyl โดยให้ด้วงดำระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยเดินสัมผัสกับผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่เคลือบบนแผ่นกระดาษขนาด 10, 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง โดยแยกการทดสอบกัน ผลการศึกษาพบว่า bifenthrin สามารถทำให้ตัวอ่อนของด้วงดำสลบ (knockdown) เร็วที่สุดหลังสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในแต่ละช่วงเวลาทดสอบ มีค่า KT_{50} อยู่ระหว่าง 10.00-11.29 นาที และ KT_{95} อยู่ระหว่าง 18.56-23.03 นาที imidacloprid สามารถทำให้ตัวเต็มวัยของด้วงดำสลบเร็วที่สุดมีค่า KT_{50} อยู่ระหว่าง 4.25-5.73 นาที และ KT_{95} อยู่ระหว่าง 29.47-48.83 นาที สำหรับผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่ทำให้ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยมีอัตราการตาย 100% ที่ 72 ชั่วโมงหลังสัมผัสในทุกช่วงเวลาทดสอบ คือ fipronil และ pirimiphos-methyl แต่พบว่า alpha-cypermethrin มีประสิทธิภาพน้อยที่สุด โดยทำให้ตัวเต็มวัยมีอัตราการตายเพียง 56.7% แม้ว่าให้สัมผัสนานที่สุด 4 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงชนิดอื่น จากการศึกษาสรุปได้ว่า fipronil และ pirimiphos-methyl มีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดด้วงดำทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในการทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ ดังนั้น การประเมินประสิทธิภาพเพิ่มเติมในภาคสนามของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงทั้งสองชนิดจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อยืนยันผลการทดสอบที่ได้จากการศึกษานี้

คำสำคัญ : ด้วงดำ ฟาร์มเลี้ยงไก่ ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง อัตราการสลบ อัตราการตาย

บทนำ

อุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ทั่วโลกมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของประชากรที่เพิ่มมากขึ้น (Mottet and Tempio, 2017) เนื่องจากเนื้อไก่ถือว่าเป็นแหล่งโปรตีนคุณภาพดี อุดมด้วยวิตามินเกลือแร่ ไขมันต่ำ และราคาถูก (Saçlı, 2018) ปัจจุบันจึงมีการบริโภคเนื้อไก่เพิ่มขึ้นมากคิดเป็นหนึ่งในสามของการบริโภคเนื้อสัตว์ทุกชนิดทั่วโลก (Parlasca and Qaim, 2022) เมื่อมีการเลี้ยงไก่ในแบบอุตสาหกรรมมากขึ้นทำให้ฟาร์มเลี้ยงไก่ประสบปัญหาจากการรบกวนของด้วงดำ *Alphitobius diaperinus* ซึ่งสร้างความสูญเสียทางเศรษฐกิจให้กับเกษตรกรผู้เลี้ยงเป็นมูลค่ามหาศาล (Lopes et al., 2007) ด้วงดำเป็นแมลงศัตรูที่สำคัญในอุตสาหกรรมการเลี้ยงไก่ (Ducatelle and Immerseel, 2011) มักก่อให้เกิดปัญหามากมาย เช่น ด้วงดำเข้าไปกินอาหารสัตว์ที่เก็บไว้ในฟาร์ม (Aitken, 1975) เป็นพาหะนำโรคติดต่อจากสัตว์สู่คน และโรคที่พบในไก่หลายชนิด เช่น โรคนิวคาสเซิล (Newcastle disease), โรคไข้หวัดนก (Avian influenza), โรคมาเร็กซ์ (Marek's disease) (Crippen et al., 2009) อีกทั้งยังเป็นโฮสต์ของพยาธิตัวตืดในไก่ (Roche, 2009; Dinev, 2013) และหากไก่เลือกจิกกินด้วงดำเข้าไปจะทำให้ไก่กินอาหารได้น้อย ส่งผลให้การเจริญเติบโตชะงักและมีน้ำหนักตัวน้อย (Japp et al., 2010) และเกิดการอุดตันของระบบทางเดินอาหาร ทำให้ระดับน้ำตาลในเลือดลดลงอย่างรวดเร็วในไก่ (Davis et al., 1995) ด้วงดำกัดไก่ทำให้เกิดรอยที่ผิวหนังของไก่ทำให้ไม่นำบริโภค (Daniel, 2019) นอกจากนี้ด้วงดำยังก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของคน เนื่องจากด้วงดำผลิตควิโนนจากต่อมในช่องท้อง (Mariod et al., 2017) ทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและระบบทางเดินหายใจ นำไปสู่การเกิดภูมิแพ้ หากมีการสัมผัสกับด้วงดำเป็นระยะเวลานาน (Schroekenstein et al., 1988) และสารควิโนนที่ปล่อยออกมาจากด้วงดำหากสูดดมหรือสัมผัสเป็นเวลานาน อาจทำให้เกิดโรคมะเร็งในร่างกายของคนได้ (Phillips and Burkholder, 1984)

การกำจัดด้วงดำด้วยผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงเป็นวิธีที่นิยมใช้มากในฟาร์มไก่ (Axtell, 1999) เนื่องจากเป็นวิธีที่ได้ผลดีและเห็นผลเร็ว ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่ได้รับความนิยมในการใช้ควบคุมด้วงดำในฟาร์มเลี้ยงไก่มีหลายชนิด ได้แก่ อัลฟา-ไซเพอร์เมทริน (alpha-cypermethrin), สปีโนแซด (spinosad), ฟิพโรนิล (fipronil), ไบเฟนทริน (bifenthrin), พิริมิฟอส-เมทิล (pirimiphos-methyl) และอิมิดาโคลพริด (imidacloprid) โดย alpha-cypermethrin และ bifenthrin เป็นผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (synthetic pyrethroids) สามารถทำให้แมลงสลบอย่างรวดเร็ว (fast knockdown) มีกลไกการออกฤทธิ์ไปยับยั้งการเปิดของ voltage-gated sodium channel และยังมีผลยับยั้ง GABA-gated chloride channel ที่ระบบประสาทของแมลง (Narahashi, 1996) แต่ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงกลุ่มนี้มีความเป็นพิษค่อนข้างต่ำต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและมนุษย์ (Chrustek et al., 2018) จึงถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลายในการกำจัดแมลงทั้งในบ้านเรือน ทางสาธารณสุข และทางการเกษตร สำหรับ spinosad จัดอยู่ในกลุ่ม spinosyns ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาท โดยไปจับที่ตัวรับสารอะเซทิลโคลีนชนิดนิโคติค (nicotinic acetylcholine receptors, nAChRs) ในตำแหน่ง macrocyclic lactone site และกระตุ้นให้ nAChRs ทำงานในการส่งกระแสประสาทมากผิดปกติ (hyperexcitation) สำหรับ fipronil จัดอยู่ในกลุ่ม phenylpyrazole ออกฤทธิ์ยับยั้งการเกิด GABA receptor-chloride complex ทำให้เกิดการกระตุ้น

อย่างต่อเนื่องที่ระบบประสาทส่วนกลางทำให้แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด ส่วน imidacloprid จัดอยู่ในกลุ่ม neonicotinoids ออกฤทธิ์โดยไปรบกวนระบบประสาทส่วนกลางของแมลงทำให้แมลงเป็นอัมพาตและทำให้แมลงตายในที่สุด สำหรับ pirimiphos-methyl เป็นจัดอยู่ในกลุ่ม organophosphates ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ เอนไซม์ acetylcholinesterase (AChE) ซึ่งทำหน้าที่ในการย่อยสารสื่อประสาท acetylcholine (ACh) บริเวณรอยต่อระหว่างเซลล์ในระบบประสาท (synapse) จึงทำให้เกิดการคั่งของสารสื่อประสาท ที่บริเวณปลายประสาท ในปริมาณมากจนส่งผลให้แมลงตาย (Gupta et al., 2018) ดังนั้น การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบ ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เคมีกำจัดแมลง 6 สูตร ที่มีสารออกฤทธิ์แตกต่างกันต่อระยะตัวอ่อนและระยะตัวเต็มวัย ของด้วงดำด้วยวิธีแบบฤทธิ์สัมผัส (contact test) ภายใต้สภาวะห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์และวิธีการทดสอบ

1. แมลงทดสอบ โดยเก็บตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้วงดำจากพื้นที่ศึกษาที่คัดเลือกแบบเจาะจงจากพื้นที่ ฟาร์มเลี้ยงไก่ที่พบว่ามีภาระระบาดของด้วงดำ คือ อมรฟาร์ม ตั้งอยู่ในตำบลหนองสรวง อำเภอนามน จ.สุรินทร์ จังหวัดนครราชสีมา และโอนายฟาร์ม ตั้งอยู่ในตำบลสารภี อำเภอนางรอง บุณยามาก จังหวัดนครราชสีมา นำแมลง กลับมายังห้องปฏิบัติการ โดยให้อาหารไก่ และ สำลึชุนน้ำ (แหล่งน้ำของด้วงดำ) และควบคุมอุณหภูมิห้อง ที่ $28 \pm 1^{\circ}\text{C}$ ความชื้น $70 \pm 10\%$ เพื่อให้แมลงปรับสภาพก่อนนำไปทดสอบ

2. สารเคมีทดสอบ เป็นผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่ใช้ในการควบคุมกำจัดด้วงดำ จำนวน 6 สูตร ได้แก่ alpha-cypermethrin 10% w/v SC, bifenthrin 10% w/v SC, fipronil 5% w/v SC, spinosad 12% w/v SC, imidacloprid 21% w/v SC และ pirimiphos-methyl 50% w/v SC โดยเจือจางผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง ด้วยน้ำสะอาดตามอัตราการใช้ที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ (WHO 2006) สำหรับสารออกฤทธิ์ที่ไม่มีในคำแนะนำ ขององค์การอนามัยโลกให้ใช้อัตราการใช้ที่ระบุไว้บนฉลากของผลิตภัณฑ์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงสำหรับการทดสอบ

ผลิตภัณฑ์	กลุ่มสารเคมี	ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง	อัตราการใช้ (g/m ²)	แหล่งอ้างอิง อัตราการใช้
1	pyrethroid	alpha-cypermethrin 10% w/v SC	0.03	WHO2006
2	pyrethroid	bifenthrin 10% w/v SC	0.048	WHO2006
3	phenylpyrazole	fipronil 5% w/v SC	0.025	WHO2006
4	microbial insecticide	spinosad 12% w/v SC	0.3	ฉลากผลิตภัณฑ์
5	neonicotinoid	imidacloprid 21% w/v SC	0.435	ฉลากผลิตภัณฑ์
6	organophosphate	pirimiphos-methyl 50% w/v SC	1.25	WHO2006

3. การทดสอบประสิทธิภาพ เป็นการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงกับด้วงตำระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยด้วยวิธีการทดสอบแบบฤทธิ์สัมผัส (surface contact method) (สุนัยนาและคณะ, 2562) โดยนำสารละลายผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่เตรียมตามอัตราการใช้ ดังตารางที่ 1 ฉีดพ่นลงบนแผ่นกระดาษ ขนาด 20×20 ตารางเซนติเมตร ด้วยเครื่องพ่นสารเคมี (insecticide spray gun) ที่อัตราการฉีดพ่น 50 ml/m² ทิ้งไว้ให้แห้ง นาน 24 ชั่วโมงก่อนนำไปทดสอบ คัดเลือกตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัย จำนวน 10 ตัวต่อซ้ำ ไม่แยกเพศ ปล่อยแมลงเดินบนแผ่นกระดาษที่เคลือบผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงไว้ นาน 10, 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง บันทึกจำนวนตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยที่สลบ (knockdown) ในแต่ละช่วงเวลา จนครบเวลาทดสอบ หลังทดสอบเสร็จเก็บแมลงไปเลี้ยงต่อในภาชนะที่สะอาด พร้อมให้อาหารและน้ำสะอาด บันทึกจำนวนตายของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมงหลังการทดสอบ ดำเนินการทดสอบ 3 ซ้ำ พร้อมชุดควบคุม (control) โดยใช้กระดาษที่ฉีดพ่นด้วยน้ำเปล่า ถ้าชุดควบคุมมีอัตราการตายระหว่าง 5-20% ให้ปรับค่าด้วย Abbott's formula (Abbott, 1925) เพื่อหาอัตราการตายที่แท้จริง แต่ถ้าอัตราการตายมากกว่า 20% ต้องทำการทดสอบใหม่

4. วิเคราะห์ผล นำผลการทดสอบที่ได้ไปวิเคราะห์หาค่าเวลาที่ทำให้ตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยทดสอบสลบ 50% และ 95% (knockdown time 50, KT₅₀ และ 95, KT₉₅) โดยใช้ probit analysis และคำนวณอัตราการสลบ (knockdown rate) หลังครบเวลาทดสอบ และอัตราการตาย (mortality rate) ของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยที่เวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พร้อมทั้งวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการสลบและอัตราการตายของแมลงทดสอบต่อสารออกฤทธิ์แต่ละชนิดในแต่ละเวลาสัมผัสที่ 10, 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง ด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

ผลการทดสอบ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงทั้งหมด 6 สูตรที่มีสารออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสารออกฤทธิ์ bifenthrin ที่อัตราการใช้ 0.048 g/m² มีประสิทธิภาพในการทำให้ตัวอ่อนสลบไวที่สุด หลังให้สัมผัส bifenthrin บนแผ่นกระดาษนาน 10, 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง มีค่า KT₅₀ เท่ากับ 10.80, 10.00, 11.29, 10.12 และ 9.85 นาที และค่า KT₉₅ เท่ากับ 20.58, 23.03, 18.56, 19.79 และ 18.24 นาที ตามลำดับ และสามารถทำให้ตัวอ่อนมีอัตราการสลบ 100% หลังสัมผัสสารนาน 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง ดังตารางที่ 2 สำหรับตัวเต็มวัยพบว่า imidacloprid ที่อัตราการใช้ 0.435 g/m² มีประสิทธิภาพในการทำให้ตัวเต็มวัยสลบไวที่สุด หลังให้สัมผัสสารนาน 10, 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง โดยมีค่า KT₅₀ เท่ากับ 5.33, 4.81, 4.52, 5.73 และ 4.25 นาที และค่า KT₉₅ เท่ากับ 29.47, 40.11, 48.83, 43.55 และ 33.26 นาที ตามลำดับ และสามารถทำให้ตัวเต็มวัยมีอัตราการสลบ 100% หลังสัมผัสสารนาน 60 นาที และ 4 ชั่วโมง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 2 ช่วงเวลาที่ทำให้ด้วงค้ำระยะตัวอ่อนสลบ 50% (KT₅₀) และ 95% (KT₉₅) เมื่อสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง นาน 10, 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง

ระยะเวลาที่สัมผัส	ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง	KT ₅₀ (นาที) (ค่า 95% CL)	KT ₉₅ (นาที) (ค่า 95% CL)	Slope±SE	% อัตราการสลบหลังครบเวลาทดสอบ
10 นาที	Alpha-cypermethrin	42.30 (18.42-97.17)	523.44 (227.88-1202.35)	1.51±0.18	16.7 ^b
	Bifenthrin	10.80 (9.14-12.75)	20.58 (17.43-24.31)	5.87±0.04	43.3 ^a
	Fipronil	-	-	-	0 ^d
	Spinosad	-	-	-	0 ^d
	Imidacloprid	28.96 (16.83-49.86)	89.07 (51.75-153.33)	3.37±0.12	6.7 ^{cd}
	Pirimiphos-methyl	-	-	-	0 ^d
20 นาที	Alpha-cypermethrin	22.24 (15.13-32.70)	97.68 (66.46-143.59)	2.56±0.09	43.3 ^c
	Bifenthrin	10.00 (7.91-12.66)	23.03 (18.20-29.15)	4.57±0.05	100 ^a
	Fipronil	-	-	-	0 ^d
	Spinosad	-	-	-	0 ^d
	Imidacloprid	20.66 (17.95-28.76)	35.53 (30.88-40.88)	7.00±0.03	50 ^{bc}
	Pirimiphos-methyl	15.25 (11.23-20.71)	55.14 (40.61-74.86)	2.95±0.07	63.3 ^b
30 นาที	Alpha-cypermethrin	20.45 (15.52-26.95)	71.05 (53.92-93.61)	3.04±0.06	70 ^c
	Bifenthrin	11.29 (9.94-12.84)	18.56 (16.33-21.10)	7.67±0.03	100 ^a
	Fipronil	-	-	-	0 ^d
	Spinosad	-	-	-	0 ^d
	Imidacloprid	20.99 (18.00-24.49)	38.67 (33.15-45.11)	6.37±0.03	76.7 ^{bc}
	Pirimiphos-methyl	16.61 (13.99-19.72)	33.49 (28.21-39.76)	5.43±0.04	90 ^{ab}
60 นาที	Alpha-cypermethrin	18.72 (14.25-24.59)	58.96 (44.87-77.49)	3.28±0.11	86.7 ^b
	Bifenthrin	10.12 (8.17-12.55)	19.79 (15.96-24.52)	5.88±0.05	100 ^a
	Fipronil	64.80 (62.21-67.50)	72.90 (69.99-75.93)	32.21±0.01	13.3 ^c
	Spinosad	-	-	-	0 ^d
	Imidacloprid	15.45 (9.72-24.55)	28.36 (17.83-45.05)	6.45±0.09	93.4 ^a
	Pirimiphos-methyl	15.93 (13.07-19.42)	34.82 (28.56-42.44)	4.86±0.04	100 ^a
4 ชั่วโมง	Alpha-cypermethrin	15.38 (11.74-20.15)	42.13 (32.14-55.20)	3.71±0.14	100 ^a
	Bifenthrin	9.85 (8.04-12.07)	18.24 (14.88-22.36)	6.24±0.06	100 ^a
	Fipronil	53.47 (50.82-56.24)	65.31 (62.14-68.65)	18.76±0.04	63.4 ^b
	Spinosad	237.18 (214.53-262.16)	345.42 (312.75-381.36)	9.75±0.12	50.70 ^{bc}
	Imidacloprid	13.24 (8.57-20.43)	22.75 (14.72-35.15)	7.07±0.08	100 ^a
	Pirimiphos-methyl	14.78 (12.33-17.72)	29.56 (24.67-35.42)	5.52±0.03	100 ^a

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละระยะเวลาที่ให้ตัวอ่อนด้วงค้ำสัมผัสกับสารเคมีทดสอบแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05) โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

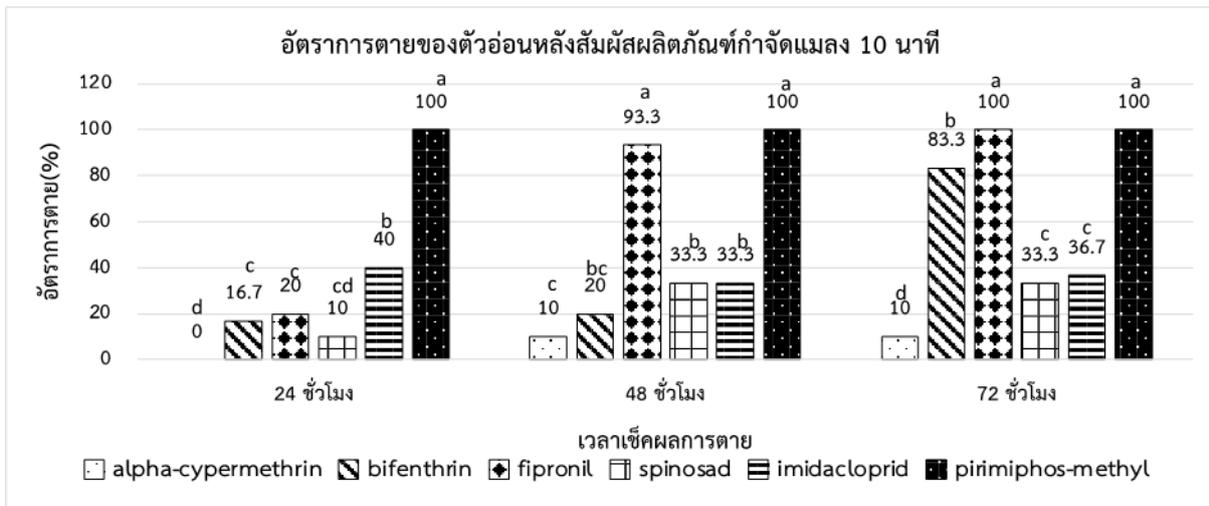
ตารางที่ 3 ช่วงเวลาที่ทำให้ด้วงดำระยะตัวเต็มวัยสลบ 50% (KT₅₀) และ 95% (KT₉₅) เมื่อสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง นาน 10, 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง

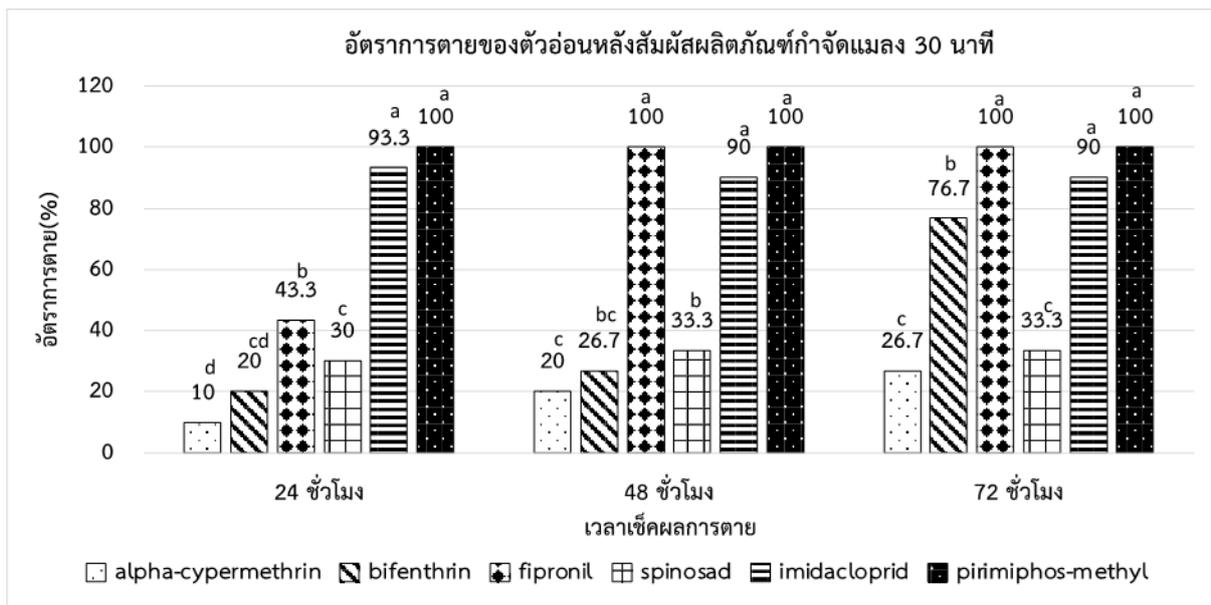
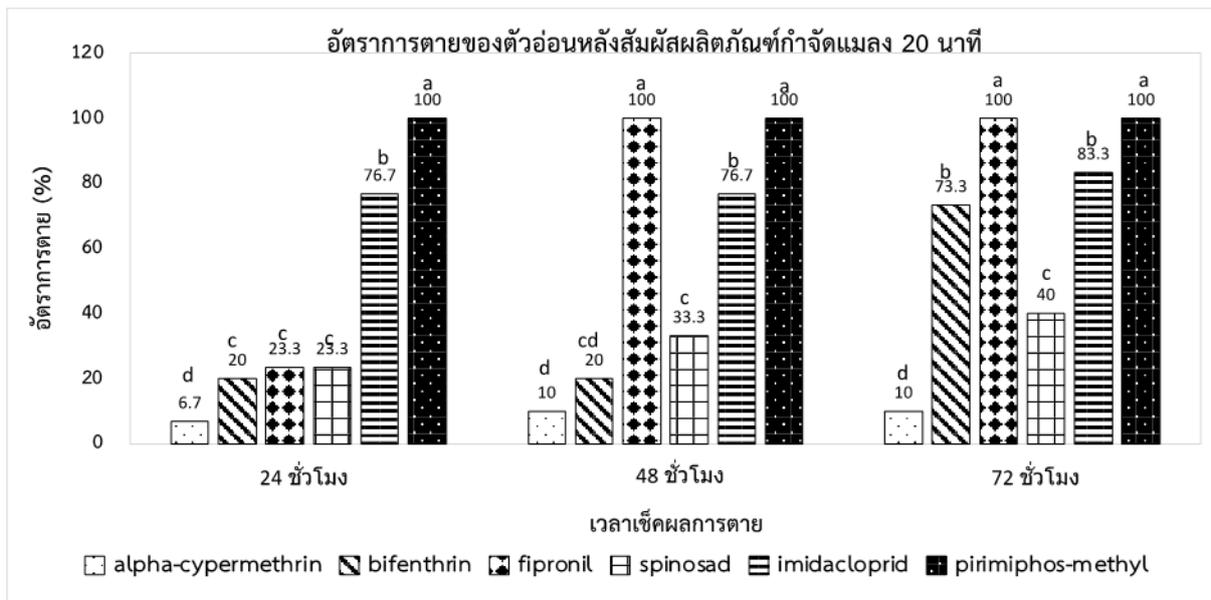
ระยะเวลาที่สัมผัส	ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง	KT ₅₀ (นาที) (ค่า 95% CL)	KT ₉₅ (นาที) (ค่า 95% CL)	Slope±SE	% อัตราการสลบหลังครบเวลาทดสอบ
10 นาที	Alpha-cypermethrin	-	-	-	0 ^b
	Bifenthrin	-	-	-	0 ^b
	Fipronil	-	-	-	0 ^b
	Spinosad	-	-	-	0 ^b
	Imidacloprid	5.33 (3.39-7.72)	29.47 (20.37-42.62)	2.23±0.08	70 ^a
	Pirimiphos-methyl	-	-	-	0 ^b
20 นาที	Alpha-cypermethrin	-	-	-	0 ^b
	Bifenthrin	20.83 (18.48-23.32)	32.21 (28.57-36.3)	8.55±0.03	40 ^b
	Fipronil	-	-	-	0 ^c
	Spinosad	-	-	-	0 ^c
	Imidacloprid	4.81 (2.77-8.37)	40.11 (23.05-69.77)	1.79±0.12	86.7 ^a
	Pirimiphos-methyl	-	-	-	8.3 ^c
30 นาที	Alpha-cypermethrin	-	-	-	10 ^c
	Bifenthrin	22.19 (19.16-25.68)	40.08 (34.62-46.40)	6.40±0.03	80 ^a
	Fipronil	-	-	-	0 ^c
	Spinosad	-	-	-	0 ^c
	Imidacloprid	4.52 (2.65-7.70)	48.83 (28.67-83.14)	1.59±0.12	90 ^a
	Pirimiphos-methyl	29.86 (26.64-33.46)	46.18 (41.21-51.76)	8.68±0.03	43.3 ^b
60 นาที	Alpha-cypermethrin	65.11 (50.28-84.30)	168.30 (129.98-217.93)	3.99±0.06	46.7 ^b
	Bifenthrin	21.42 (18.81-24.39)	33.77 (29.66-38.46)	8.33±0.03	96.7 ^a
	Fipronil	-	-	-	0 ^c
	Spinosad	-	-	-	0 ^c
	Imidacloprid	5.73 (3.31-9.91)	43.55 (25.16-75.38)	1.87±0.12	100 ^a
	Pirimiphos-methyl	35.70 (32.80-38.85)	48.04 (44.14-52.27)	12.76±0.02	100 ^a
4 ชั่วโมง	Alpha-cypermethrin	42.85 (34.62-53.04)	96.42 (77.92-119.35)	4.65±0.04	100 ^a
	Bifenthrin	20.5 (18.20-23.10)	32.01(28.42-36.08)	8.44±0.03	100 ^a
	Fipronil	412.87 (386.45-456.72)	687.54 (605.32-814.68)	7.92±0.85	13.3 ^b
	Spinosad	42.3 (37.1-47.2)	66.5 (60.4-75.2)	6.05±0.5210.2	10.2 ^b
	Imidacloprid	4.25 (2.48-6.73)	33.26 (21.95-50.41)	1.96±0.10	100 ^a
	Pirimiphos-methyl	24.53 (22.17-26.89)	36.14 (33.42-39.81)	10.28±0.04	100 ^a

ตัวอักษรที่เหมือนกันในแต่ละระยะเวลาที่ให้ตัวเต็มวัยด้วงดำสัมผัสกับสารเคมีทดสอบแสดงว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (P>0.05) โดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

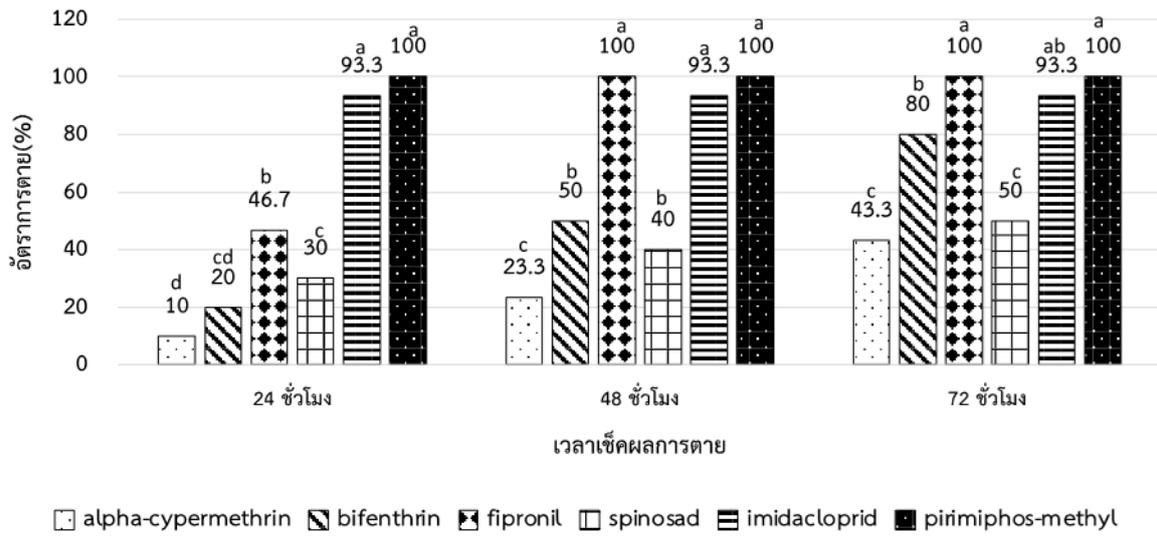
สำหรับอัตราการตายพบว่า fipronil ที่อัตราการใช้ 0.025 g/m² และ pirimiphos-methyl ที่อัตราการใช้ 1.25 g/m² สามารถทำให้ตัวอ่อนมีอัตราการตายที่ 100% หลังสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงนานทุกช่วงเวลา ทดสอบ ส่วนผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงชนิดอื่นสามารถทำให้ตัวอ่อนมีอัตราการตาย 100% (เช็คผลที่ 72 ชั่วโมง) หลังสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงครบ 4 ชั่วโมง ดังรูปที่ 1 สำหรับผลทดสอบตัวเต็มวัยพบว่า fipronil และ pirimiphos-methyl สามารถทำให้ตัวเต็มวัยมีอัตราการตายที่ 100% หลังมีระยะเวลาสัมผัสนานทุกช่วงเวลา ทดสอบ แต่ bifenthrin และ imidacloprid สามารถทำให้ตัวเต็มวัยตาย 100% หลังมีระยะเวลาสัมผัสนาน 60 นาที และ 4 ชั่วโมง สำหรับ spinosad ทำให้ตัวเต็มวัยตาย 100% หลังมีระยะเวลาสัมผัสนาน 4 ชั่วโมง ในขณะที่ alpha-cypermethrin ทำให้ตัวเต็มวัยตายเพียง 56.7% แม้วابل่อยให้แมลงเดินสัมผัสนานถึง 4 ชั่วโมง ดังรูปที่ 2 เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างอัตราการตายของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้วงดำในแต่ละช่วงเวลาที่ให้ ตัวอ่อนหรือตัวเต็มวัยสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงทดสอบพบว่า fipronil และ pirimiphos-methyl สามารถฆ่าด้วงดำทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัยในแต่ละช่วงเวลาทดสอบไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ดังรูปที่ 1 และ 2

รูปที่ 1 อัตราการตายของตัวอ่อน เมื่อครบเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลังสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง นาน 10, 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง (อัตราการตายที่มีตัวอักษรเหมือนกันในช่วงเวลาเช็คผลเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95 โดยวิธี Duncan's multiple range test)

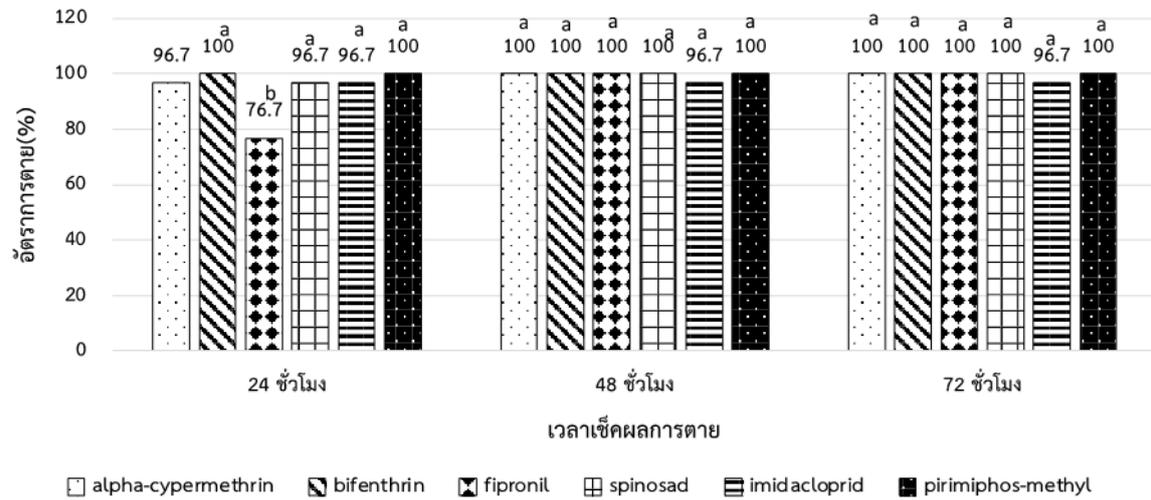




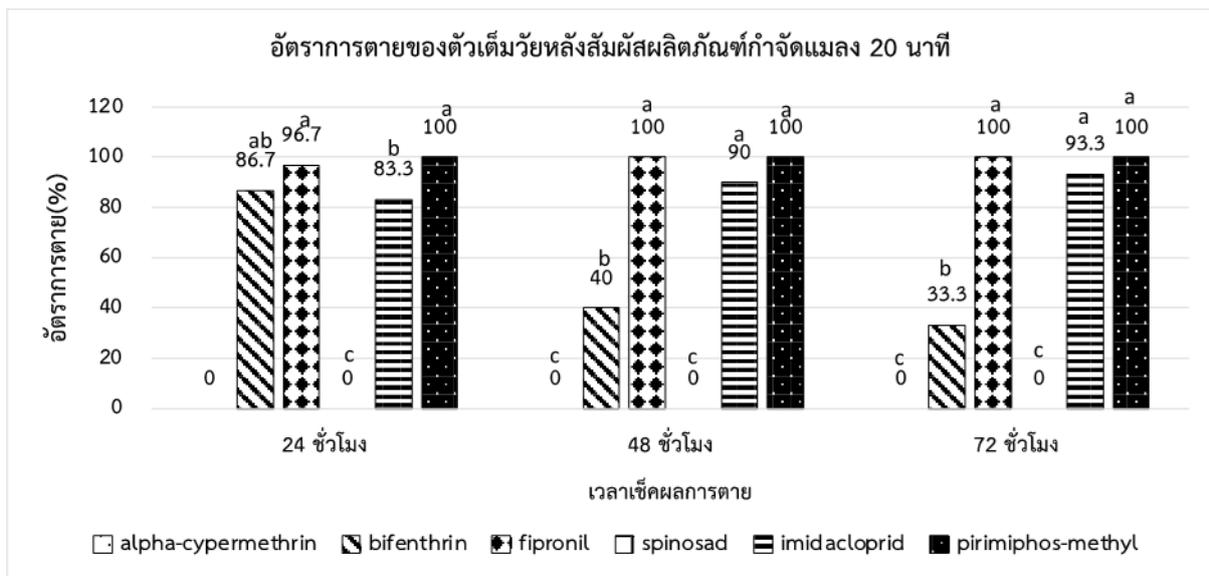
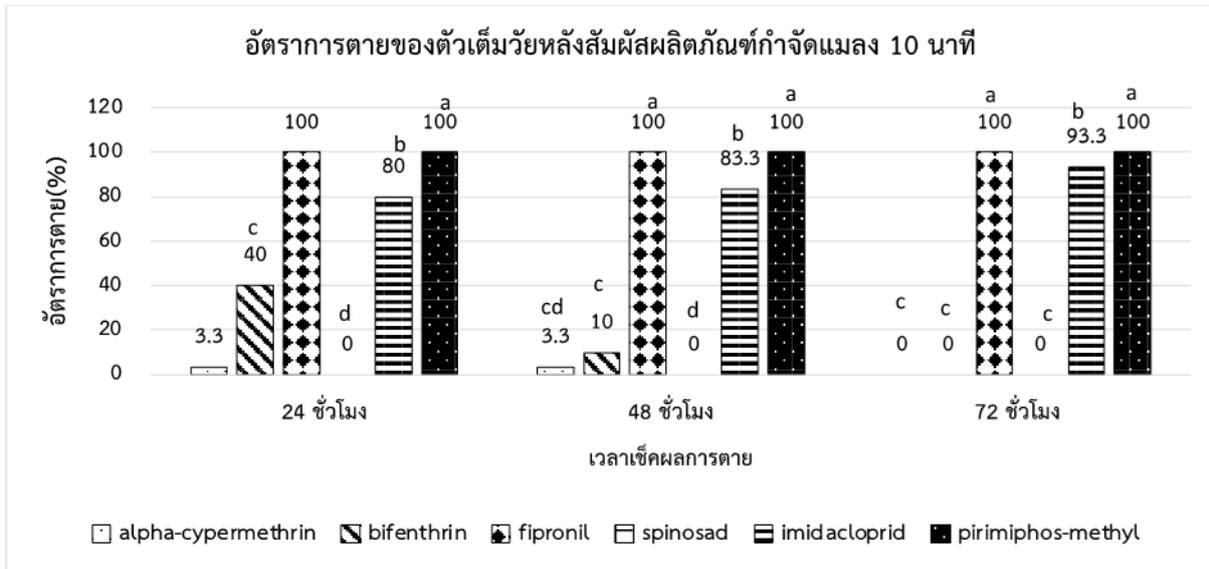
อัตราการตายของตัวอ่อนหลังสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง 60 นาที

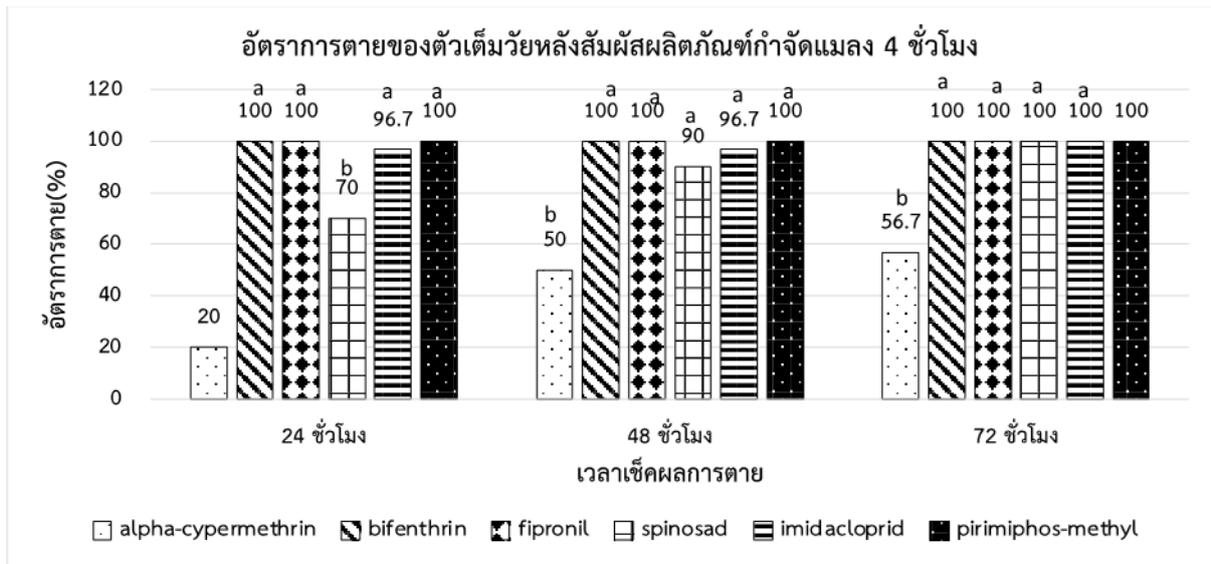
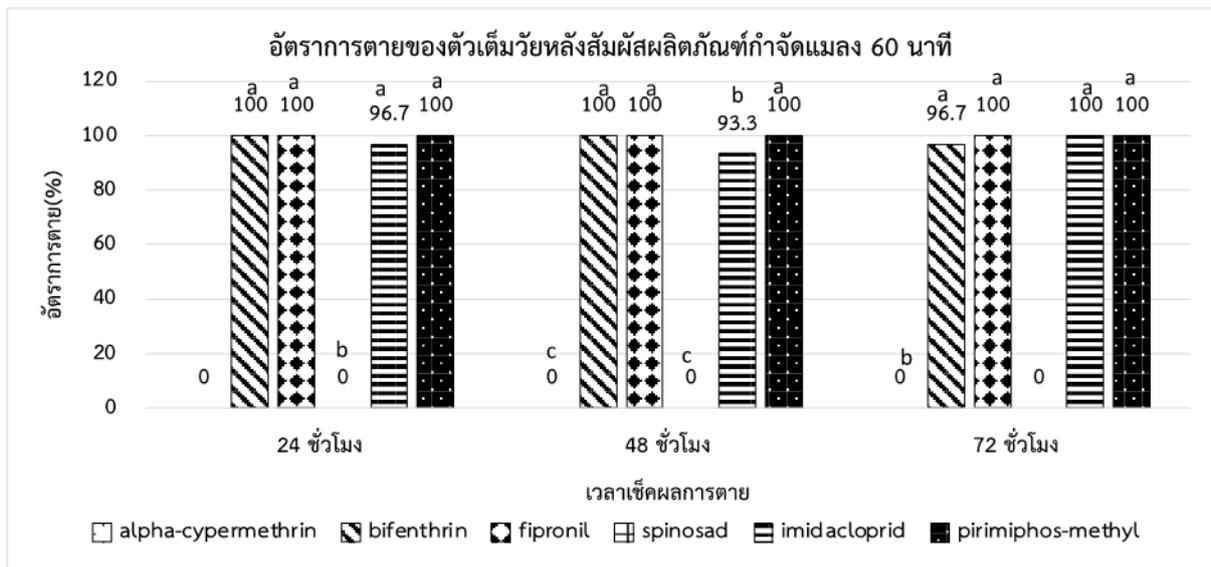
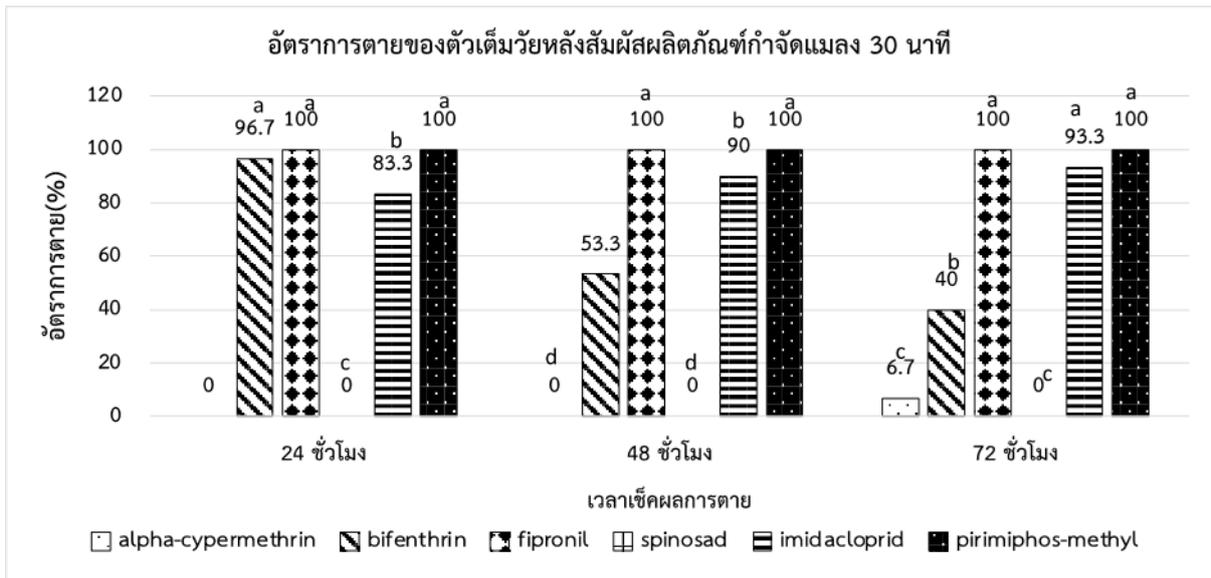


อัตราการตายของตัวอ่อนหลังสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง 4 ชั่วโมง



รูปที่ 2 อัตราการตายของตัวเต็มวัย เมื่อครบเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง หลังสัมผัสผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง นาน 10, 20, 30, 60 นาที และ 4 ชั่วโมง (อัตราการตายที่มีตัวอักษรเหมือนกันในช่วงเวลาเช็คผลเดียวกันไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติระดับความเชื่อมั่น 95 โดยวิธี Duncan's multiple range test)





วิจารณ์และสรุปผล

จากการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงทั้งหมด 6 สูตรต่อตัวอ่อนและตัวเต็มวัยของด้วงดำที่เก็บจากฟาร์มเลี้ยงไก่ พบว่า

ประสิทธิภาพการทำให้ด้วงดำสลบ (Knockdown Effect)

ผลิตภัณฑ์ที่มีสารออกฤทธิ์ bifenthrin สามารถทำให้ด้วงดำระยะตัวอ่อนสลบเร็วที่สุดและมีอัตราการสลบ 100% หลังมีระยะเวลาสัมผัสครบ 20 นาที และจากการทดสอบพบว่าด้วงดำตัวเต็มวัยสลบเร็วที่สุดเมื่อสัมผัสกับ imidacloprid ซึ่งมีอัตราการสลบ 100% หลังสัมผัสสารครบ 60 นาที โดย bifenthrin เป็นผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่จัดอยู่ในกลุ่มไพรีทรอยด์มีออกฤทธิ์โดยการยับยั้งการปิดเปิดของ voltage-gated sodium channels ในระบบประสาทของแมลง การรบกวนการทำงานของ sodium channel ทำให้เกิดการส่งสัญญาณประสาทอย่างต่อเนื่องส่งผลให้แมลงเกิดอาการเซื่องซึม สั่น และสลบในที่สุด ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงกลุ่มนี้ยังมีผลต่อ GABA-gated chloride channels ซึ่งเป็นตัวรับที่สำคัญในการควบคุมการกระตุ้นของระบบประสาท (Narahashi, 1996) นอกจากนี้ bifenthrin มีการออกฤทธิ์ผสมระหว่าง pyrethroid type I (ไม่มี α -cyano group ในสูตรโครงสร้างโมเลกุล) และ type II (มี α -cyano group) จึงทำให้มีฤทธิ์มากขึ้นและทำให้แมลงสลบได้ไว (Gammo et al., 2019) ผลการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Wickham et al. (1974) ที่พบว่าผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ ออกฤทธิ์ทำให้เกิดการสลบภายในไม่กี่นาที เมื่อเปรียบเทียบกับผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงกลุ่มอื่นๆ ที่ทำให้แมลงสลบช้า และสอดคล้องกับการศึกษาของ Sumita, et.al. (2016). และ Sugiura, et.al. (2008). ที่รายงานว่าผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในกลุ่มไพรีทรอยด์มีกลไกการออกฤทธิ์ทำให้แมลงสลบที่รวดเร็ว (น้อยกว่า 180 วินาที) นั้นเกิดจากสารเคมีสามารถเข้าสู่ร่างกายของแมลงผ่านระบบทางเดินหายใจ จึงสามารถออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทของแมลงได้อย่างรวดเร็ว แต่จากการทดลองพบว่าในตัวเต็มวัยพบว่า bifenthrin จะใช้เวลาในการทำให้สลบนานกว่าตัวอ่อน เนื่องจากตัวเต็มวัยสามารถผลิตเอนไซม์ cytochrome P450, esterase (EST) และ glutathione S-transferase (GST) ที่ใช้ในการขจัดผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ ออกจากร่างกายได้อย่างรวดเร็ว (Pedersen et al., 2019) สำหรับด้วงดำตัวเต็มวัยพบว่าการสลบเร็วที่สุดเมื่อสัมผัสกับ imidacloprid ซึ่งมีอัตราการสลบ 100% หลังสัมผัสสารครบ 60 นาที

ในทำนองเดียวกัน imidacloprid ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่ม neonicotinoid ก็แสดงผลทำให้ด้วงดำสลบที่รวดเร็วเช่นกัน โดยออกฤทธิ์โดยการจับกับ nicotinic acetylcholine receptors (nAChRs) ของแมลง ทำให้เกิดการกระตุ้นระบบประสาทอย่างต่อเนื่อง แมลงจะแสดงอาการเซื่องซึม เป็นอัมพาต และตายในที่สุด ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงกลุ่มนี้มีความจำเพาะสูงต่อ nAChRs ของแมลง การทำให้ด้วงดำตัวเต็มวัยสลบภายในระยะเวลาสั้นของ imidacloprid สอดคล้องกับผลการศึกษาของ Kaakeh et al. (1997) ที่พบว่า Imidacloprid ละลายน้ำได้ดีและมีประสิทธิภาพสูงในการทำให้ เพลี้ยฝ้ายแดงสลบในเวลาสั้น จากงานวิจัยของ Posposchil et al. (2005) พบว่าเหยื่อกำจัดแมลงวันสูตรที่มีสารออกฤทธิ์ imidacloprid 10% w/w ที่อัตราการใช้ 50 g/100 m² สามารถกำจัดแมลงวันบ้านที่ต้านทานต่อกลุ่มไพรีทรอยด์ที่พบในฟาร์มเลี้ยงหมูในประเทศเยอรมันได้นานกว่า 6 สัปดาห์ และมี

ประสิทธิภาพทำให้แมลงวันบ้านสลบได้เร็วภายในเวลาแค่ 1 นาที และสอดคล้องกับการศึกษาของ White et al. (2007) ในแมลงวันพบว่า imidacloprid แม้จะทำให้เกิด knockdown อย่างรวดเร็ว แต่แมลงถึง 50% สามารถฟื้นตัวได้หลังจากการสัมผัส ซึ่งสะท้อนให้เห็นความซับซ้อนของกลไกการออกฤทธิ์ที่แตกต่างกันระหว่างชนิดของแมลง

ประสิทธิภาพการตายของด้วงดำ (Mortality effect)

ผลิตภัณฑ์ที่มีสารออกฤทธิ์ fipronil และ pirimiphos-methyl มีประสิทธิภาพสูงสามารถฆ่าได้ทั้งตัวอ่อนและตัวเต็มวัย โดยมีอัตราการตาย 100% หลังให้สัมผัสสารนานเพียง 10 นาที โดย Fipronil เป็นผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในกลุ่ม phenylpyrazole ออกฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของ GABA receptor-chloride complex ทำให้เกิดการกระตุ้นอย่างต่อเนื่องที่ระบบประสาทส่วนกลาง ส่งผลให้แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงกลุ่มนี้มีความจำเพาะต่อ GABA receptors ของแมลงสูงกว่าของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม จึงมีความปลอดภัยสูงต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Simon-Delso et al. (2015) ที่พบว่า fipronil มีความจำเพาะต่อ GABA receptors มีผลทันทีต่อด้วงดำ เกือบ 100% ภายใน 72 ชั่วโมง และมีผลตกค้างต่ำมากเหลือเพียง 25% หลังจาก 2 สัปดาห์

pirimiphos-methyl จัดอยู่ในในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟตซึ่งมีความเป็นพิษรุนแรงกว่าผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงกลุ่มอื่น (Bernhardt, E. S., Rosi, E. J., & Gessner, M. O. (2017) มีกลไกการออกฤทธิ์คือ ยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase (AChE) ในจุดเชื่อมต่อของระบบประสาท การยับยั้งเกิดขึ้นผ่านกระบวนการ phosphorylation ที่ serine hydroxyl group ในตำแหน่ง active site ของเอนไซม์ AChE ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถทำหน้าที่ได้ เมื่อ AChE ถูกยับยั้ง จะเกิดการสะสมของ acetylcholine ในระบบประสาทส่วนกลางและส่วนปลาย การสะสมของ acetylcholine ส่งผลให้เกิดการกระตุ้น muscarinic และ nicotinic receptors มากกว่าปกติ ทำให้การทำงานของระบบประสาทผิดปกติ แมลงจะแสดงอาการเป็นพิษประสาทรุนแรง เช่น การเคลื่อนไหวมากกว่าปกติหรือไม่สามารถควบคุมการเคลื่อนไหว และตายในที่สุด จากรายงานของ Renault and Colinet (2021) พบว่า pirimiphos-methyl มีประสิทธิภาพในการกำจัดด้วงดำที่ต้านทานต่อกลุ่มไพริทรอยด์ที่พบในฟาร์มเลี้ยงไก่ในประเทศฝรั่งเศส และ fipronil ยังมีประสิทธิภาพสูงในการกำจัดด้วงงวงข้าว Sitophilus oryzae ที่มีความต้านทานต่อ malathion และ deltamethrin (Neethu et al. 2024)

การวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างประสิทธิภาพการสลบและการตายของด้วงดำ

จากผลการศึกษาที่พบว่า bifenthrin และ imidacloprid ทำให้ด้วงดำสลบเร็วที่สุดในขณะที่ fipronil และ pirimiphos-methyl ทำให้ด้วงดำมีอัตราการตายสูงที่สุด อย่างไรก็ตามผลการทดลองดังกล่าวชี้ให้เห็นว่า การออกฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่ทำให้ด้วงดำสลบอย่างรวดเร็วไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการตาย เนื่องจากเมื่อระยะเวลาผ่านไปด้วงดำสามารถฟื้นจากการสลบได้ ปรัชญาการนี้สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างของกลไกเภสัชจลนศาสตร์ (pharmacokinetic mechanisms) ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ซึ่งประกอบด้วยกระบวนการ 4 ขั้นตอนหลัก ได้แก่ การดูดซึม (absorption) การกระจาย (distribution) การเปลี่ยนแปลง (metabolism) และการขจัด (excretion) ซึ่งแต่ละสารออกฤทธิ์มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกัน

จากกลไกเภสัชจลนศาสตร์สามารถอธิบายได้ว่า fipronil และ pirimiphos-methyl มีการดูดซึมและกระจายตัวในเนื้อเยื่อที่ช้ากว่า แต่มีการจับยึดกับเป้าหมายโมเลกุลที่แข็งแกร่งและถาวรกว่า ส่งผลให้เกิดผลการฆ่าที่มีประสิทธิภาพสูง (Hainzl & Casida, 1996) ส่วน bifenthrin และ imidacloprid อาจมีการดูดซึมเข้าสู่ระบบประสาทอย่างรวดเร็ว แต่อาจถูกขจัดออกจากระบบได้เร็วเช่นกัน ทำให้เกิดผลการสลบที่รวดเร็วแต่ไม่ถาวร ผลจากการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Arthur et al. (2020) ใน flour beetles ที่พบว่า cyfluthrin แม้จะทำให้เกิด knockdown ทันทีแต่แมลงจำนวนมากไม่ได้ตายในที่สุด แต่ในทางตรงกันข้าม chlorfenapyr ไม่ทำให้เกิด knockdown ในช่วงแรกแต่ทำให้แมลงตายภายใน 7 วัน ซึ่งให้เห็นว่าการสลบเร็วไม่ได้หมายถึงการตายที่รวดเร็วตามไปด้วย และการสลบของแมลง (knockdown) เป็นสภาวะที่เปลี่ยนแปลงได้ตามเวลาและมีความยืดหยุ่นระหว่างการเคลื่อนไหวและการไม่เคลื่อนไหว และจากผลการศึกษาของ White et al. (2007) ในแมลงวันบ้าน ยังพบผลที่คล้ายคลึงกัน โดย imidacloprid แม้จะมีผลเร็วที่สุดในการทำให้เกิด knockdown แต่แมลงถึง 50% ยังคงมีชีวิตอยู่หลังจากการสัมผัส ในขณะที่ spinosad และ methomyl มีแมลงรอดชีวิตน้อยกว่า 5% หลังจากการสัมผัส 24 ชั่วโมง ข้อมูลนี้ขัดแย้งกับการคาดหวังทั่วไปที่ว่า knockdown ที่เร็วจะนำไปสู่อัตราการตายที่สูงตามไปด้วย

ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาสัมผัสระหว่างตัวดำและผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง

ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดที่ทดสอบสามารถฆ่าตัวอ่อนและตัวเต็มวัยตัวดำได้ 100% เมื่อปล่อยให้ตัวอ่อนและตัวเต็มวัยมีระยะเวลาสัมผัสนาน 4 ชั่วโมง แสดงว่าเมื่อตัวดำสัมผัสกับผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงนานขึ้นจะทำให้แมลงได้รับสารเคมีมากขึ้น ทำให้ตัวดำมีอัตราการตายเพิ่มขึ้นตามไปด้วย (Leong et al. 2020)

ความต้านทานของตัวดำต่อผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง

ผลิตภัณฑ์ทุกชนิดที่ทดสอบสามารถกำจัดตัวดำได้ 100 % ที่ 72 ชั่วโมงหลังสัมผัสในทุกช่วงเวลาทดสอบ ยกเว้น alpha-cypermethrin ที่สามารถฆ่าตัวเต็มวัยได้เพียง 56.7% ซึ่งเกิดจากการพัฒนาความต้านทานของตัวดำต่อกลุ่มไพรีทรอยด์ สอดคล้องกับข้อมูลจากการสัมภาษณ์เกษตรกรเลี้ยงไก่เนื้อในพื้นที่ศึกษาที่มีประวัติการใช้ alpha-cypermethrin และ cypermethrin ผิดพันควบคุมประชากรตัวดำในฟาร์มเลี้ยงไก่ติดต่อกันเป็นระยะเวลานานหลายปี ทำให้ตัวดำพัฒนาความต้านทานต่อ alpha-cypermethrin และมีรายงานที่พบความต้านทานของตัวดำต่อกลุ่มไพรีทรอยด์ในหลายประเทศ (Hickmann et al., 2018; Renault and Colinet, 2021) ดังนั้นการควบคุมประชากรตัวดำหรือแมลงชนิดอื่นที่เป็นปัญหาในฟาร์มปศุสัตว์จึงเป็นเรื่องที่ทำได้ค่อนข้างยาก หากใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงชนิดเดียวหรือจากกลุ่มเดียวกันติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน เป็นสาเหตุให้ตัวดำพัฒนาความต้านทานต่อผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงชนิดนั้นๆ ได้ (Japp et al., 2010) เกษตรกรควรเลือกใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงแบบหมุนเวียน โดยเลือกผลิตภัณฑ์ต่างกลุ่มที่มีกลไกการออกฤทธิ์ (mode of action) ที่แตกต่างกัน และเปลี่ยนกลุ่มผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่ใช้อย่างน้อยทุก 2 วงรอบในการเลี้ยงไก่ เพื่อยืดระยะเวลาการสร้างความต้านทานของตัวดำออกไป (Rowland et al., 2007) นอกจากนี้การควบคุมโดยใช้สารชีวภาพ (biological agents) เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่จะช่วยลดการสร้างความต้านทานของตัวดำต่อผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงและลดการปนเปื้อนของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในพื้นที่ ดังการศึกษาของ Alves et al. (2015) พบว่าเชื้อรา *Beauveria*

bassiana มีประสิทธิภาพดีในการควบคุมด้วงดำในฟาร์มเลี้ยงไก่เนื้อ โดยสามารถลดประชากรด้วงดำได้ถึง 56% และ 73% นาน 96 และ 146 วันหลังจากฉีดพ่น อย่างไรก็ตาม การจัดการด้วงดำให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุดต้องอาศัยหลายวิธีร่วมกันอย่างเหมาะสม (integrated pest management, IPM) เช่น ชีววิธี วิธีกล วิธีการใช้สารเคมี ปรับปรุงสภาพแวดล้อม รวมถึงต้องเข้าใจชีววิทยา นิเวศวิทยาของด้วงดำ มีการใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงแบบหมุนเวียน และมีการเฝ้าระวังการสร้างความต้านทานของด้วงดำต่อผลิตภัณฑ์กำจัดแมลง (Boozer, 2011)

สรุปผลการทดลอง

- ประสิทธิภาพการทำให้ด้วงดำสลบ (Knockdown Effect) สรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสารออกฤทธิ์ bifenthrin สามารถทำให้ด้วงดำระยะตัวอ่อนสลบเร็วที่สุดและมีอัตราการสลบ 100% หลังมีระยะเวลาสัมผัสครบ 20 นาที และ imidacloprid ทำให้ด้วงดำตัวเต็มวัยสลบเร็วที่สุด ซึ่งมีอัตราการสลบ 100% หลังสัมผัสสารครบ 60 นาที
- ประสิทธิภาพการตายของด้วงดำ (Mortality effect) เมื่อพิจารณาจากข้อมูลอัตราการตายของตัวอ่อนและตัวเต็มวัยด้วงดำที่ 72 ชั่วโมง สรุปได้ว่า ผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูงที่สุดได้แก่ fipronil และ pirimiphos-methyl รองลงมา ได้แก่ imidacloprid, bifenthrin, spinosad และ alpha-cypermethrin ตามลำดับ
- การออกฤทธิ์ของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่ทำให้ด้วงดำสลบอย่างรวดเร็วไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอัตราการตาย เนื่องจากเมื่อระยะเวลาผ่านไปด้วงดำสามารถฟื้นจากการสลบได้ ปรากฏการณ์นี้สะท้อนให้เห็นถึงความแตกต่างของกลไกเภสัชจลนศาสตร์ (pharmacokinetic mechanisms) ของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด
- ระยะเวลาสัมผัสระหว่างด้วงดำและผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่นานขึ้น ส่งผลให้อัตราการตายเพิ่มขึ้นตามไปด้วย
- ด้วงดำทั้งระยะตัวอ่อนและตัวเต็มวัยที่นำมาทดสอบ มีการสร้างความต้านทานต่อ alpha-cypermethrin เนื่องจากมีการใช้ผลิตภัณฑ์เพื่อกำจัดด้วงดำในฟาร์มติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน

อย่างไรก็ตาม นอกจากงานวิจัยที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กำจัดด้วงดำในห้องปฏิบัติการแล้ว การทดสอบในภาคสนามโดยตรงก็มีความสำคัญอย่างมากเช่นเดียวกัน เนื่องจากมีปัจจัยหลายอย่างที่อาจมีผลต่อประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์กำจัดด้วงดำ เช่น อุณหภูมิ ความร้อน แสง เป็นต้น (Arends, 1987) รวมทั้งฝุ่นและมูลของสัตว์ที่อยู่บนพื้นผิวคอกที่อาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์กำจัดด้วงดำมีประสิทธิภาพลดลง (Despins et al., 1991) ข้อมูลที่ได้จะมีความแม่นยำมากขึ้นและสามารถนำไปประกอบในการเลือกใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงได้อย่างเหมาะสม และเป็นไปตามหลักการของ IPM เพื่อให้ได้ผลสูงสุดในการควบคุม ด้วงดำในฟาร์มเลี้ยงไก่ นอกจากนี้ควรเลือกใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากกรมปศุสัตว์ ปฏิบัติตามคำแนะนำ คำเตือนบนฉลากอย่างเคร่งครัด สวมใส่อุปกรณ์ป้องกันส่วนบุคคลในขณะที่ใช้ผลิตภัณฑ์ และกำจัดผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วอย่างถูกต้อง เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้อำนวยการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่อนุญาตให้ใช้อุปกรณ์ทดสอบและสถานที่สำหรับใช้ในการทดสอบจนงานสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้อำนวยการสำนักตรวจสอบสินค้าปศุสัตว์ที่ได้อนุเคราะห์ตรวจสอบปริมาณสารสำคัญของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงทางห้องปฏิบัติการ ผู้อำนวยการสำนักพัฒนาระบบและรับรองมาตรฐานสินค้าปศุสัตว์ที่ให้คำแนะนำในการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณฟาร์มเลี้ยงไก่อมรฟาร์ม โอนายฟาร์ม ปาลิตาฟาร์ม และฟาร์มสองครที่อนุญาตให้เข้าไปเก็บตัวอย่างแมลงสำหรับทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

- เกวลิ เชื่อมสามัคคี. 2566. แนวทางการรับขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในบ้านเรือน รูปแบบฉีดพ่นอัด ก๊าซที่ประกอบด้วยสารสำคัญในกลุ่มไพเรทรอยด์ (Pyrethroids) หลายตัวผสมกัน. กองควบคุม เครื่องสำอางค์และวัตถุอันตราย. สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 5-14.
- สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช. 2564. การใช้สารกำจัดแมลงและไรศัตรูพืชเพื่อแก้ปัญหาความต้านทาน ศัตรูพืช. กรมวิชาการเกษตร. 157.
- สุนัยนา สท้านไตรภพ พรอนงค์ ทศนัย ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์ พรรณเกษม แผ่พร และ พงศกร มุขพันธ์. 2562. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์เคมีกำจัดแมลงที่ใช้ในการควบคุมแมลงสาบเยอรมัน. วารสารควบคุมโรค. 45(4): 392-401.
- Abbott, W.S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J. Econ. Entomol. 18: 265-267.
- Aitken, A.D. 1975. Insect travelers, I: Coleoptera. Technical bulletin 31. H.M.S.O., London, United Kingdom. 191.
- Alves, L.F.A., Oliveira, D.G.P., Lambkin, T., Bonini, A.K., Alves, V.M., Pinto, F.G.S. and Scur, M.C. 2015. *Beauveria bassiana* applied to broiler chicken houses as biocontrol of *Alphitobius diaperinus* Panzer (Coleoptera: Tenebrionidae), an avian pathogens vector. Rev. Bras. Cienc. Avic. 17(4): 459-466.
- Arends, J.J. 1987. Control, management of the litter beetle. Poultry Digest. 172: 174-176.
- Axtell, R.C. 1999. Poultry integrated pest management: Status and future. Integrated Pest Management Reviews. 4: 53-73.
- Boozer, W. 2013. Insecticide susceptibility of the adult darkling beetle, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae): Topical treatment with bifenthrin, imidacloprid, and spinosad; Auburn University: Auburn, AL, USA. Conference: Entomological Society of America Annual Meeting 2013.
- Chernaki-Leffer, A.M., Sosa-Gomez, R., Almeida L.M. and Lopes, I.O.N. 2011. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera, Tenebrionidae) to cypermethrin, dichlorvos and triflumuron in southern Brazil. Revista Brasileira de Entomologia. 55:125-128.
- Christos, I., Rumbos, A., Cristina, A., Dutton B. and Athanassiou, C. G. 2013. Comparison of two pirimiphos-methyl formulations against major stored-product insect species. Journal of Stored Research. 55: 106-115.

- Chrustek, A., Hołyńska-Iwan, I., Dziembowska, I., Bogusiewicz, J., Wróblewski, M., Cwynar, A., and Olszewska-Słonina, D. 2018. Current research on the safety of pyrethroids used as insecticides. *Medicina (Kaunas)*. 54(4): 61.
- Crippen, T.L., Sheffield, C.L., Esquivel, S.V., Droleskey, R.E. and Esquivel, J.F. 2009. The acquisition and internalization of Salmonella by the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). *Vector Borne Zoonotic Dis.* 9(1): 65-72.
- Daniel, J.F.S., Scalco, A.V., de Souza, R.M., Ocapos, F.M.M., Barison, A., Alves, L.F.A. and Neves, P.M.O.J. 2019. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* to *Beauveria bassiana* extracts. *Nat. Prod. Res.* 33(20): 3033-3036.
- Davis, J.F., Castro, A.E., de la Torre, J.C., Scanes, C.G., Radecki, S.V., Vasillatos-Younken, R., Doman, J.T. and Teng, M. 1995. Hypoglycemia, enteritis, and spiking mortality in Georgia broiler chickens: experimental reproduction in broiler breeder chicks. *Avian Dis.* 39: 162-174.
- Despins, J.L., Turner, E.C., Jr, and Pfeiffer, D.G. 1991. Evaluation of methods to protect poultry house insulation from infestations by lesser mealworm (Coleoptera: Tenebrionidae). *J. Agric. Entomol.* 8: 209-217.
- Dinev, I.V. 2013. THE darkling beetle (*Alphitobius diaperinus*) – a health hazard for broiler Chicken production. *Trakia J. Sci.* 1: 1-4.
- Ducatelle, R. and Immerseel, F.V. 2011. 8-Management and sanitation procedures to control Salmonella in laying hen flocks. In: *Improving the safety and quality of eggs and egg products : Egg safety and nutritional quality. Volume 2.* edited by Y. Nys, M. Bain and F.V. Immerseel. Woodhead Publishing. 146-162.
- Gupta, R.C., Sachana, M., Mukherjee, I.M., Doss, R.B., Malik, J.K. and Milatovic, D. 2018. Chapter 37 - Organophosphates and carbamates. In: *Veterinary toxicology.* 3rd ed. edited by R.C. Gupta. Academic Press. 495-508.
- Hickmann, F., de Moraes, A.F., Bronzatto, E.S, Giacomelli, T., Guedes, J.V.C. and Bernardi, O. 2018. Susceptibility of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae), from broiler farms of southern Brazil to insecticides. *J. Econ. Entomol.* 111(2): 980-985.
- Japp, A.K., Bicho, C.L. and Silva, A.V.F. 2010. Importância e medidas de controle para *Alphitobius diaperinus* em aviários. *Ciência Rural.* 40: 1668-1673.

- Kavallieratosa, N.G. and Boukouvala M.C. 2018. Efficacy of four insecticides on different types of storage bags for the management of *Trogoderma granarium* Everts (Coleoptera: Dermestidae) adults and larvae .Journal of Stored Research. 78: 50-58
- Lagisz, M., Wolff, K., Port, G. 2010. Time matters: delayed toxicity of pirimiphos-methyl on *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae) and its effects on efficacy estimation of residual treatments. Journal of Stored Research. 46: 161-165.
- Lambkin, T.A. and Furlong, M.J. 2014. Application of Spinosad increases the susceptibility of insecticide-resistant *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) to pyrethroids. Journal of Economic Entomology;107:1590-1598.
- Lopes, W.D.Z., Costa, F.H., Lopes, W.C.Z., Balieiro, J.C.C., Soares, V.E. and Prado, A.P. 2007. Artrópodes associados ao excremento de aves poedeiras. Neotrop. Entomol. 36(4): 597-604.
- Lyons, N.B., Crippen T. L., Teel P., Tomberlin, J. 2014. Insecticide resistance of *Alphitobius diaperinus* to β -Cyfluthrin and associated heat tolerance. Master thesis in Science, Texas A&M University.
- Mariod, A.A., Saeed Mirghani, M.E. and Hussein, I., 2017. *Alphitobius diaperinus*, the lesser mealworm and the litter beetle. In: Mariod Alnadif, A., Mirghani, M.S. and Hussein, I. (eds.) Unconventional oilseeds and oil sources. Elsevier, Amsterdam, the Netherlands, pp. 327-330.
- Mottet, A. and Tempio, G. 2017. Global poultry production: current state and future outlook and challenges. J. World's Poult Sci. 73(2): 1-12.
- Narahashi, T. 1996. Neuronal ion channels as the target sites of insecticides. Pharmacol. Toxicol. 79(1):1-14. doi: 10.1111/j.1600-0773.1996.tb00234.x.
- Parlasca, M.C. and Qaim, M. 2022. Meat consumption and sustainability. Annu. Rev. Resour. Econ.14: 17-41.
- Pedersen, K. E., Pedersen, N N, Fredensborg, B. L. and Cedergreen, N. 2019. Differences in life stage sensitivity of the beetle *Tenebrio molitor* towards a pyrethroid insecticide explained by stage-specific variations in uptake, elimination and activity of detoxifying enzymes.Pesticide Biochemistry and Physiology. 162:113-121.
- Renault, D. and Colinet, H. 2021. Differences in the susceptibility to commercial insecticides among populations of the lesser mealworm *Alphitobius diaperinus* collected from poultry houses in France. Insects. 12(4): 309.

- Roche, A.J., Cox, N.A., Richardson, L., Buhr, R.J., Cason, J.A., Fairchild, B.D. and Hinkle, N.C. 2009. Transmission of Salmonella to broilers by contaminated larval and adult lesser mealworms, *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae). Poultry Science. 88: 44-48.
- Sakka, M.K. and Athanassion, C.G. 2021. Insecticidal effect of diatomaceous earth and pirimiphos – methyl against phosphine-susceptible and phosphine -resistant population of two stored product beetle species. Environ.Sci.Pollut.Res. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-1297-1>.
- Sacli, Y. 2018. Evaluation of socio-economic factors affecting chicken meat consumption in Turkey. J. Poult. Res. 15(2): 47-52.
- Sakamoto, Y., Hayashi, T.I., Inoue M.N., Ohnishi H. and Kishimoto G. T. K. 2019. Effects of Fipronil on Non-target Ants and Other Invertebrates in a Program for Eradication of the Argentine Ant, *Linepithema humile*. Sociobiology. 66(2):227-238.
- Santos, K. F. A., Zanard, i O. Z., de Moraes, M. R., Jacob, C. R. O., de Oliveira, M. B. and Yamamoto P. T. 2017. The impact of six insecticides commonly used in control of agricultural pests on the generalist predator *Hippodamia convergens* (Coleoptera: Coccinellidae). Chemosphere. 186:218-226.
- Schroeckenstein, D.C., Davis, S.M., Frank, M., Graziano, Falomo, A. and Bush, R.K. 1988. Occupational sensitivity to *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (lesser mealworm). J. Allergy Clin. Immunol. 82(6): 1081-1088.
- Tamai, M.A., Alves, S.B., Lopes, R.B., Faion, M. and Padulla, L.F.L. 2002. Toxicidade de produtos fitossanitários para *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. Arquivos do Instituto Biológico. 69: 89-96.
- Tomberlin, J.K., Richman, D. and Myers, H.M. 2008. Susceptibility of *Alphitobius diaperinus* (Coleoptera: Tenebrionidae) from broiler facilities in Texas to four insecticides. Journal of Economic Entomology. 101:480-483.
- White, W. H. , McCoy, C. M., Meyer, J. A., Winkle, J. R., Plummer, P. R., Kemper, C. J., Starkey, R. and Snyder, D. E. 2007. Knockdown and mortality comparisons among spinosad-, imidacloprid and methomyl-containing baits against susceptible *Musca domestica* (Diptera: Muscidae) under laboratory conditions. 100(1):155-63.
- World Health Organization (WHO). 2006. Pesticides and their application - For the control of vectors and pests of public health importance. 6th ed. Document WHO/CDS/NTD/WHOPES/GC-DPP/2006.1.

Zafeiriadis, S., Sakka, M. K. and Athanassiou, C.G. .2021.Efficacy of contact insecticides for the control of the lesser mealworm, *Alphitobius diaperinus* (Panzer) (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of Stored Products Research.92(2021)101817 : 1-7.

Efficacy of Insecticides on Knockdown and Mortality of Larvae and Adults Darkling Beetles
(*Alphitobius diaperinus*) Collected from Chicken Farms

Sudarat Chuachan^{1,*}, Sunaiyana Sathantriphop², Damnern Sohsuebngarm³ and
Chanon Suyamud²

¹Animal feed and Veterinary Product Control, Department of Livestock Development,
Ministry of Agriculture and Cooperatives, Bangkok 10400

²National Institute of Health, Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health, Nonthaburi
11000

³Ph.D., Independent scholar

*Corresponding author, Email: phutanapeem@gmail.com

Abstract

Darkling beetles or lesser mealworms are significant pests of poultry farms in Thailand, particularly in chicken farms, and are considered vectors of several poultry diseases. The purpose of this study was to investigate the insecticidal efficacy of six insecticide formulations against larvae and adults of the darkling beetles collected from chicken farms using the surface contact method. The insecticides tested included alpha-cypermethrin, bifenthrin, fipronil, spinosad, imidacloprid, and pirimiphos-methyl. Darkling beetle larvae and adults were exposed individually to the insecticide-treated glass sheets for 10, 20, 30, 60 minutes, and 4 hours in separate tests. The results showed that bifenthrin provided the quickest knockdown of beetle larvae for all exposure periods, with KT_{50} ranging from 10.00 to 11.29 minutes and KT_{95} ranging from 18.56-23.03 minutes. Imidacloprid gave the fastest knockdown of beetle adults with KT_{50} ranging from 4.25 to 5.73 minutes and KT_{95} ranging from 29.47 to 48.83 minutes. Fipronil and pirimiphos-methyl exhibited 100% mortality at 72 hours in both larvae and adults for all tests. Alpha-cypermethrin induced 56.7% mortality in beetle adults even with the longest exposure time of 4 hours compared to the other insecticides. The study concluded that fipronil and pirimiphos-methyl were highly effective in killing larvae and adult darkling beetles under laboratory conditions. Therefore, further field studies on these insecticides are required to confirm the results of this study.

Keywords: *Alphitobius diaperinus*, chicken farm, insecticides, knockdown, mortality