

การเฝ้าระวังการต้านทานสารเคมีที่มีฟอส เดลต้าเมทริน และสารเสริมฤทธิ์ไพเพอร์โรนิลบิวทอกไซด์
ร่วมกับสารเคมีเดลต้าเมทรินของยุงลายบ้านในพื้นที่ท่องเที่ยว จังหวัดนครราชสีมา

Surveillance of Temephos and Deltamethrin Resistance and the Synergistic Effects of
Piperonyl Butoxide in *Aedes aegypti* from Tourist Areas in Nakhon Ratchasima, Thailand

ปาริฉัตร เสาสง*, วสิน เทพเนาว์, จิรปริยา บุญสงค์, นที ชาวนา

Parichat Saosoong*, Wasin Tepnow, Jirapreeya Bunsong, Natee Chaona

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา

Office of Disease Prevention and Control Region 9, Nakhon Ratchasima

*Corresponding author: baiting_1802@hotmail.com

(Received: Jan 31, 2024 / Revised: Sep 24, 2024 / Accepted: Sep 30, 2024)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความต้านทานของยุงลายบ้านระยะลูกน้ำ ต่อที่มีฟอส และระยะตัวเต็มวัยต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน และสารเสริมฤทธิ์ไพเพอร์โรนิลบิวทอกไซด์ (PBO) ร่วมกับสารเคมีเดลต้าเมทรินในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอปากช่อง และอำเภอด่านช้าง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีสถานที่ท่องเที่ยวหลายแห่ง หากเกิดการระบาดของโรคติดต่อที่นำโดยยุงลายอาจส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวได้ ทำการศึกษาโดยเก็บตัวอย่างลูกน้ำยุงลายบ้านในพื้นที่ มาเลี้ยงให้ได้ยุงลายบ้าน รุ่นที่ 1 (F_1) ทำการทดสอบลูกน้ำกับสารละลายที่มีฟอสที่ความเข้มข้น 0.012 mg/L และทดสอบยุงตัวเต็มวัยกับกระดาษชุบสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%) และ PBO (4%) นับอัตราตายที่ 24 ชั่วโมง โดยใช้วิธีการทดสอบขององค์การอนามัยโลก ผลการทดสอบพบว่า ลูกน้ำยุงลายบ้านทุกพื้นที่ มีอัตราตายร้อยละ 100 แสดงว่าไม่ต้านทานต่อที่มีฟอส การทดสอบยุงลายบ้านต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน 0.03% พบว่า ยุงลายบ้าน อำเภอปากช่อง มีอัตราตายร้อยละ 98 ซึ่งไม่ต้านทานต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน ขณะที่ยุงลายบ้านอำเภอเมือง และอำเภอด่านช้าง มีอัตราตายร้อยละ 79 และ 80 ตามลำดับ ซึ่งต้านทานต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน เมื่อวิเคราะห์เวลาที่ทำให้ยุงทดสอบหงายท้องร้อยละ 50 (knockdown time: KT_{50}) พบว่า ยุงลายบ้านอำเภอปากช่อง อำเภอเมือง และอำเภอด่านช้าง มีเวลาหงายท้องที่ 17.84, 22.01 และ 49.68 นาที ตามลำดับ ส่วนการทดสอบยุงลายบ้านต่อ PBO (4%) ร่วมกับเดลต้าเมทริน (0.03%) พบว่า ยุงลายบ้านทุกพื้นที่มีอัตราตายเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับการใช้เดลต้าเมทรินอย่างเดียว โดยมีอัตราตายระหว่างร้อยละ 84-100 และทุกพื้นที่มีค่าการเสริมฤทธิ์ (synergistic ratio: SR >1) แสดงว่า PBO ช่วยเสริมฤทธิ์กับสารเคมีทดสอบ อย่างไรก็ตาม ความต้านทานสารเคมีของยุงลายบ้านขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ดังนั้นควรมีการศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ เพิ่มเติม เพื่อเป็นข้อมูลในการบริหารจัดการสารเคมีในพื้นที่ต่อไป

คำสำคัญ: ยุงลายบ้าน, การต้านทาน, ที่มีฟอส, เดลต้าเมทริน, ไพเพอร์โรนิลบิวทอกไซด์

Abstract

This study is experimental research. The objective of this research is to investigate the resistance of *Aedes aegypti* larvae to temephos and the resistance of adult *Ae. aegypti* to a combination of piperonyl butoxide (PBO) and deltamethrin in three tourist destination districts: Mueang, Pak Chong, and Wang Nam Khiao, in Nakhon Ratchasima province. These findings are important because vector-borne disease outbreaks in these areas could have significant economic and tourism-related impacts. *Ae. aegypti* larvae samples were collected from these districts and reared to obtain first-generation (F_1) mosquitoes. The larvae were tested against a 0.012 mg/L temephos solution, and the adults were tested against deltamethrin (0.03%) and PBO (4%). Mortality rates were recorded after 24 hours, following World Health Organization (WHO) guidelines. The results showed 100% mortality in larvae in all areas, indicating no resistance to temephos. Adults from Pak Chong district exhibited 98% mortality when exposed to deltamethrin (0.03%), indicating susceptibility. In contrast, adults from Mueang and Wang Nam Khiao districts had mortality rates of 79% and 80%, respectively, indicating resistance to deltamethrin. The knockdown times for 50% (KT_{50}) of mosquitoes from Pak Chong, Mueang, and Wang Nam Khiao districts were 17.84, 22.01, and 49.68 minutes, respectively. Testing the combination of PBO (4%) with deltamethrin (0.03%) resulted in increased mortality rates (84–100%) compared to exposure to deltamethrin alone. The synergistic ratio (SR) was greater than 1, indicating that PBO enhanced the efficacy of deltamethrin in mosquitoes from all districts. However, mosquito resistance to chemical agents is influenced by various factors, emphasizing the need for further research to better understand these relationships and guide future chemical management strategies.

Keywords: *Aedes aegypti*, Resistance, Temephos, Deltamethrin, Piperonyl butoxide (PBO)

บทนำ

ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) เป็นพาหะของโรคติดต่อมาโดยยุงลายที่สำคัญ ได้แก่ โรคไข้เลือดออก โรคไข้ปวดข้อยุงลาย และโรคติดเชื้อไวรัสซิกา ซึ่งเป็นกลุ่มโรคที่มากับการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ เป็นโรคที่มีความเสี่ยงทางสุขภาพ และเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขที่ต้องดำเนินการป้องกันควบคุมโรคอย่างต่อเนื่อง โดยสถานการณ์โรคไข้เลือดออกของเขตสุขภาพที่ 9 ปี 2566 มีผู้ป่วยสะสม 11,987 ราย อัตราป่วย 178.97 ต่อประชากรแสนคน มีผู้เสียชีวิต 11 ราย อัตราป่วยตาย ร้อยละ 0.09 จังหวัดที่มีอัตราป่วยสูงสุด คือ จังหวัดสุรินทร์ (243.06 ต่อประชากรแสนคน) รองลงมาคือ จังหวัดชัยภูมิ (178.72 ต่อประชากรแสนคน) จังหวัดบุรีรัมย์ (164.31 ต่อประชากรแสนคน) และ จังหวัดนครราชสีมา (154.41 ต่อประชากรแสนคน) ในจังหวัดนครราชสีมา มีผู้ป่วยสะสม 4,061 ราย อัตราป่วย 154.41 ต่อประชากรแสนคน มีผู้เสียชีวิต 3 ราย อัตราป่วยตาย เท่ากับ 0.07⁽¹⁾

การควบคุมและกำจัดยุงลายเป็นยุทธศาสตร์สำคัญของกระทรวงสาธารณสุขที่ใช้ในการป้องกันและควบคุมโรคติดต่อมาโดยยุงลาย ซึ่งสามารถทำได้หลากหลายวิธีทั้งวิธีทางกายภาพ ชีวภาพ และการใช้สารเคมี องค์การอนามัยโลก (World Health Organization, WHO) แนะนำมาตรการการควบคุมโรค โดยเน้นการกำจัดยุงพาหะนำโรคที่เป็นระยะตัวเต็มวัยที่มีเชื้อ (infective mosquito) ทันที เพื่อลดอายุขัยยุง และตัดวงจรการติดต่อของเชื้อไวรัสจากยุงสู่คน ป้องกันไม่ให้เกิดการระบาดในวงกว้าง วิธีการควบคุมยุงลายบ้านในช่วงเกิดการระบาด จะเน้นการใช้สารเคมีฆ่าแมลงเป็นวิธีการหลัก โดยในระยะลูกน้ำเน้นการใส่ทรายกำจัดลูกน้ำในภาชนะขังน้ำที่เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ ส่วนในระยะตัวเต็มวัย เน้นการพ่นสารเคมีแบบหมอกควัน (thermal fog) หรือแบบฝอยละอียด (ULV) ให้เม็ดน้ำยาละลายสัมผัสกับยุงพาหะโดยตรง ปัจจุบันการใช้สารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์เป็นหนึ่งในแนวทางที่ใช้ในการควบคุม

ยุงพาหะนำโรคในประเทศไทย เนื่องจากมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่มีความเป็นพิษสูงต่อแมลง โดยสารไพรีทรอยด์มีฤทธิ์ต่อยุงทำให้เป็นอัมพาตเฉียบพลันและตายอย่างทันที (knockdown effect)⁽²⁾ การใช้สารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์พ่นควบคุมยุงลายกระจายทั่วทุกพื้นที่ในประเทศ บางพื้นที่มีการใช้สารเคมีชนิดเดิมเป็นระยะเวลานานหลายปีติดต่อกัน ส่งผลให้ยุงลายเกิดการปรับตัวและสร้างความต้านทานต่อสารเคมีขึ้น⁽³⁾ Jirakanjanakit N, et al⁽⁴⁾ ศึกษาความไวของยุงลายบ้านและยุงลายสวนในประเทศไทยในช่วงปี 2546–2548 พบว่า ยุงลายบ้านเกือบทุกพื้นที่ในจังหวัดนครสวรรค์และนครราชสีมา มีความต้านทานต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน เพอร์เมทริน เฟนิโตรไธออน และ โพรพอกซัวร์ รวมถึงยุงลายบ้านมีการพัฒนาตัวเองให้ต้านทานต่อสารเคมีเพอร์เมทรินและเดลต้าเมทรินมากขึ้น ขนิษฐา ปานแก้ว และคณะ⁽⁵⁾ ศึกษาความไวต่อสารเคมีและสารเสริมฤทธิ์ของยุงลายบ้านในประเทศไทย พบว่ายุงลายบ้านทุกภูมิภาคสร้างความต้านทานต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ในระดับปานกลางจนถึงระดับสูง และเมื่อศึกษาสารเคมีร่วมกับสารเสริมฤทธิ์ พบว่าอัตราตายของยุงลายบ้านเกือบทุกพื้นที่เพิ่มสูงขึ้นกว่าการใช้สารเคมีเพียงชนิดเดียว นอกจากนี้ พรรณเกษม แม่พร และคณะ⁽⁶⁾ พบว่า ลูกน้ำยุงลายบ้านจากจังหวัดจันทบุรีและจังหวัดกาญจนบุรีมีความต้านทานในระดับสูง และลูกน้ำยุงลายบ้านจากจังหวัดนครปฐมและจังหวัดพิษณุโลก มีความต้านทานระดับปานกลาง และวศิน เทพเนาว์ และคณะ⁽⁷⁾ พบว่า ลูกน้ำยุงลายบ้านในพื้นที่อำเภอเมือง และอำเภอละหานทราย จังหวัดบุรีรัมย์ มีแนวโน้มต้านทานและต้านทานต่อสารเคมีที่มีฟอสที่ระดับความเข้มข้น 0.012 มิลลิกรัม/ลิตร

ในปี พ.ศ.2562 เริ่มมีการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19) และระบาดทั่วโลก ประเทศไทยได้มีมาตรการป้องกันการแพร่ระบาดของโรคต่างๆ เช่น ปิดสถานที่ที่มีความเสี่ยงงดการจัดกิจกรรมรวมคนจำนวนมาก งดกิจกรรมที่มี

การเคลื่อนย้ายคนข้ามจังหวัด เป็นต้น และหลังจากสถานการณ์โรคคลัสเตอร์ มีการปลดล็อกมาตรการต่างๆ ทำให้มีประชาชนเดินทางท่องเที่ยวมากยิ่งขึ้น โดยจังหวัดนครราชสีมา มีแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ และห้างสรรพสินค้าหลายแห่ง ในปี 2566 มีรายงานจำนวนนักท่องเที่ยวทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติเข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัดนครราชสีมา เพิ่มขึ้นร้อยละ 29.36 จากปี 2565⁽⁸⁾ หากมีผู้ป่วยโรคติดต่อโดยยุงลายเดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในจังหวัด ก็มีโอกาเสี่ยงที่จะเกิดการระบาดของโรคส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจและการท่องเที่ยวได้ ซึ่งวิธีการควบคุมยุงลายในช่วงเกิดการระบาด จะเน้นการใช้สารเคมีฆ่าแมลงกำจัดยุงพาหะนำโรคที่เป็นระยะตัวเต็มวัยที่มีเชื้อ ผู้วิจัยจึงสนใจดำเนินการเฝ้าระวังการต้านทานสารเคมีที่มีฟอส เดลต้าเมทริน และสารเสริมฤทธิ์ไพเพอร์โรนิลบิวโทกไซด์ร่วมกับสารเคมีเดลต้าเมทรินของยุงลายบ้านในพื้นที่ท่องเที่ยวจังหวัดนครราชสีมา เพื่อศึกษาอัตราการตายของยุงลายบ้านระยะลูกน้ำต่อสารเคมีที่มีฟอส และระยะตัวเต็มวัยต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน และสารเสริมฤทธิ์ PBO ร่วมกับสารเคมีเดลต้าเมทริน ใช้เป็นฐานข้อมูล

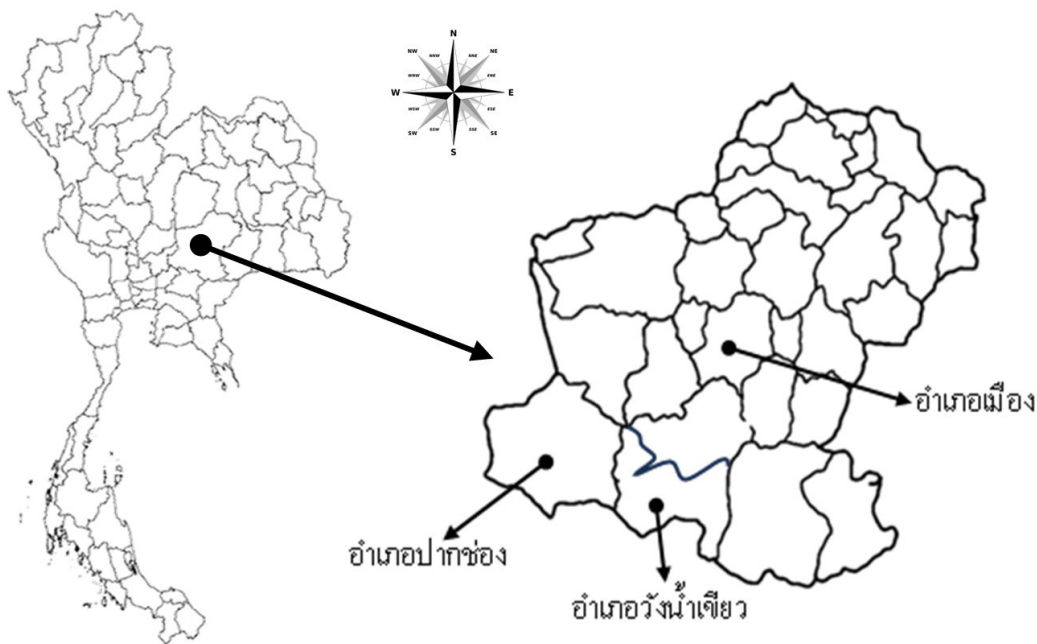
เผยแพร่ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องรับทราบ และนำไปใช้ในการวางแผนการเลือกใช้และจัดซื้อสารเคมีในการควบคุมโรคติดต่อโดยยุงลายในพื้นที่ต่อไป

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาความต้านทานของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสารเคมีที่มีฟอสที่ระดับความเข้มข้น 0.012 mg/L ในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา
2. เพื่อศึกษาความต้านทานของยุงลายบ้านตัวเต็มวัยต่อสารเคมีเดลต้าเมทรินในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา
3. เพื่อศึกษาความต้านทานของยุงลายบ้านตัวเต็มวัยต่อเคมีสารเสริมฤทธิ์ไพเพอร์โรนิลบิวโทกไซด์ร่วมกับสารเคมีเดลต้าเมทรินในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา

วิธีการดำเนินการศึกษา

1. **พื้นที่ศึกษา** คัดเลือกพื้นที่ท่องเที่ยวในจังหวัดนครราชสีมา จำนวน 3 พื้นที่ คือ อำเภอเมือง อำเภอปากช่อง และอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 1 พื้นที่เก็บตัวอย่างยุงลายบ้านจังหวัดนครราชสีมา

(ที่มา : <https://cleverlearn-hocthongminh.edu.vn>, <https://rainbowhenclub.com>)

ตารางที่ 1 สถานที่และพิกัด (GPS coordinate) พื้นที่เก็บตัวอย่างยุงลายบ้าน

จังหวัด	อำเภอ	ตำบล	GPS coordinate
นครราชสีมา	เมือง	หนองบัวศาลา	14.905224, 102.159610
	ปากช่อง	โป่งตาลอง	14.475477, 101.629121
	วังน้ำเขียว	ไทยสามัคคี	14.347320, 101.921014

2. ระยะเวลาศึกษา ดำเนินการระหว่างเดือนเมษายน-กันยายน 2566

3. กลุ่มตัวอย่าง

3.1 ยุงลายบ้านระยะลูกน้ำและระยะตัวเต็มวัยจากพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอปากช่อง และอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา

3.2 ยุงลายบ้านระยะลูกน้ำและระยะตัวเต็มวัยสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการที่มีความไวต่อสารเคมี

4. การเก็บตัวอย่างลูกน้ำยุงลายบ้าน เก็บลูกน้ำยุงลายบ้านตามภาชนะขังน้ำภายในบ้านเรือนและบริเวณโดยรอบบ้านในพื้นที่เป้าหมาย นำลูกน้ำมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการกีฏวิทยา ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อฯโดยแมลงที่ 9.2 บุรีรัมย์ ให้อาหารสุกรเล็กเมื่อเข้าสู่ระยะตัวโม่่ง เก็บใส่แก้วขนาดเล็กนำไปวางไว้ในกรงเลี้ยงขนาด 30×30×30 เซนติเมตร ให้น้ำหวาน 10% และให้เลือดหนูทดลองเป็นอาหารนำถัวยดินเผาใส่น้ำเพื่อให้ยุงวางไข่จะได้ยุงลายบ้านรุ่นที่ 1 (F₁) เพื่อนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

5. สารเคมีที่ใช้ทดสอบ สารเคมีที่มีฟอสความเข้มข้น 156.25 mg/L กระดาษชุบสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%) และกระดาษชุบสารเสริมฤทธิ์ PBO (4%) ซึ่งเป็นชุดทดสอบมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก ได้รับสนับสนุนจากกองโรคติดต่อฯโดยแมลง กรมควบคุมโรค

6. วิธีการทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเคมี (insecticide bioassay test)

6.1 วิธีการทดสอบความต้านทานของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสารเคมีที่มีฟอส ความเข้มข้น 0.012 mg/L

ดำเนินการทดสอบโดยประยุกต์ใช้วิธีการขององค์การอนามัยโลก⁽⁹⁾ โดยนำไข่ยุงลายบ้านรุ่นที่ 1 (F₁) มาฟักเป็นลูกน้ำ ให้อาหารสุกรเล็กเป็นอาหาร คัดเลือกลูกน้ำยุงลายบ้านระยะที่ 3 ตอนปลายถึงระยะที่ 4 ตอนต้นที่มีความสมบูรณ์แข็งแรงและมีขนาดใกล้เคียงกัน จำนวน 25 ตัว ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 mL ที่มีน้ำปราศจากคลอรีน ปริมาตร 25 mL จากนั้นเตรียมสารละลายที่มีฟอสความเข้มข้นมาตรฐาน (diagnostic dosage) 0.012 mg/L โดยนำสารละลายที่มีฟอส ความเข้มข้น 156.25 mg/L นำมาลดความเข้มข้นลงจนได้ความเข้มข้น 3 mg/L แล้วดูดสารละลายที่มีฟอส ความเข้มข้น 3 mg/L จำนวน 1 mL ใส่ลงบีกเกอร์ขนาด 400 mL (ภาชนะทดสอบ) ที่มีน้ำสะอาดปราศจากคลอรีน ปริมาตร 224 mL ใช้แท่งแก้วคนให้เข้ากัน จากนั้นถ่ายลูกน้ำยุงลายบ้านที่เตรียมไว้ลงในบีกเกอร์ที่มีสารละลายที่มีฟอสที่เตรียมไว้ ดำเนินการทดสอบซ้ำ จำนวน 4 ครั้ง รวมลูกน้ำที่ทดสอบ 100 ตัวต่อพื้นที่ ส่วนตัวควบคุมให้เต็ม Absolute Ethanol 99.8% ปริมาตร 1 mL แทนการใส่สารละลายที่มีฟอส ดำเนินการทดสอบซ้ำ จำนวน 4 ครั้ง รวมลูกน้ำตัวควบคุม 100 ตัว ทดสอบในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25+2 องศาเซลเซียส และมีความชื้นสัมพัทธ์ 60+10% ตรวจนับจำนวนลูกน้ำยุงลายตายที่ 24 ชั่วโมง บันทึกผลการทดสอบอุณหภูมิ และความชื้นลงในแบบฟอร์มรายงานผลการทดสอบความไวของยุงลายระยะลูกน้ำ

6.2 วิธีการทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%)

ดำเนินการทดสอบโดยประยุกต์ใช้วิธีการขององค์การอนามัยโลก⁽¹⁰⁾ นำลูกน้ำยุงลายบ้านรุ่นที่ 1 (F₁) มาเลี้ยงจนกระทั่งเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย คัดเลือกยุงลายเพศเมียที่มีอายุ 3–5 วัน ตัวที่แข็งแรงสมบูรณ์นำไปทดสอบดังนี้

6.2.1 ชุดทดสอบ นำยุงลายบ้านทดสอบใส่กระบอกพัก (holding tube) กระบอกละ 25 ตัว จำนวน 4 กระบอก พักให้ยุงลายบ้านปรับตัวประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายยุงลายบ้านทดสอบใส่กระบอกทดสอบ (exposure tube) ที่มีกระดาษชุบสารเคมีเดลต้าเมทริน 0.03% ให้ยุงลายบ้านสัมผัสกระดาษชุบสารเคมี พร้อมกับตรวจนับจำนวนยุงหายท้อง (knockdown) ทุก 10 นาที จนครบเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นให้ถ่ายยุงลายบ้านทดสอบกลับกระบอกพัก ให้น้ำหวาน 10% เป็นอาหาร นำไปไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60+10% และตรวจนับจำนวนยุงลายตายที่ 24 ชั่วโมง

6.2.2 ชุดควบคุม นำยุงลายบ้านทดสอบใส่กระบอกพัก กระบอกละ 25 ตัว จำนวน 2 กระบอก พักให้ยุงลายบ้านปรับตัวประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายยุงลายบ้านทดสอบใส่กระบอกทดสอบที่มีกระดาษชุบสารควบคุม (PY control) โดยให้ยุงลายบ้านสัมผัสกระดาษชุบสารควบคุม พร้อมกับตรวจนับจำนวนยุงหายท้อง (knockdown) ทุก 10 นาที จนครบเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นให้ถ่ายยุงลายบ้านทดสอบกลับกระบอกพัก ให้น้ำหวาน 10% เป็นอาหาร นำไปไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60+10% และตรวจนับจำนวนยุงลายตายที่ 24 ชั่วโมง

6.3 วิธีการทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเสริมฤทธิ์ไพเพอโรนิลบิวโทกไซด์ (4%) ร่วมกับสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%)

ดำเนินการทดสอบโดยประยุกต์ใช้วิธีการขององค์การอนามัยโลก⁽¹¹⁾ นำลูกน้ำยุงลายบ้านรุ่นที่ 1 (F₁) มาเลี้ยงจนกระทั่งเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย คัดเลือกยุงลายเพศเมียที่มีอายุ 3–5 วัน ตัวที่แข็งแรงสมบูรณ์

จำนวน 100 ตัวต่อพื้นที่ โดยนำยุงลายบ้านทดสอบใส่กระบอกพัก กระบอกละ 25 ตัว จำนวน 4 กระบอก พักให้ยุงลายบ้านปรับตัวประมาณ 1 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายยุงลายบ้านทดสอบใส่กระบอกทดสอบที่มีกระดาษชุบสารเสริมฤทธิ์ PBO (4%) ให้ยุงลายบ้านสัมผัสกระดาษชุบสารเสริมฤทธิ์ PBO พร้อมกับตรวจนับจำนวนยุงหายท้อง (knockdown) ทุก 10 นาที จนครบเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นให้ถ่ายยุงลายบ้านทดสอบไปกระบอกทดสอบที่มีกระดาษชุบสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%) ให้ยุงลายบ้านสัมผัสกระดาษชุบสารเคมี พร้อมกับตรวจนับจำนวนยุงหายท้องทุก 10 นาที จนครบเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นให้ถ่ายยุงลายบ้านทดสอบกลับกระบอกพัก ให้น้ำหวาน 10% เป็นอาหาร นำไปไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิ 25+2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 60+10% และตรวจนับจำนวนยุงลายตายที่ 24 ชั่วโมง

7. การวิเคราะห์และแปลผล

7.1 คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของลูกน้ำที่ 24 ชั่วโมง และแปลผลการทดสอบตามเกณฑ์การประเมินผลความไวของลูกน้ำยุงลายต่อสารเคมีขององค์การอนามัยโลก⁽⁹⁾ ดังนี้

สูตรคำนวณอัตราการตายของลูกน้ำยุงลาย (mortality rate) ที่ 24 ชั่วโมง

อัตราการตาย (%) = (จำนวนลูกน้ำยุงลายทดสอบตาย/จำนวนลูกน้ำยุงลายทดสอบทั้งหมด) × 100

การแปลผล

อัตราการตายระหว่าง 98–100% หมายถึง ยุงไม่ต้านทานต่อสารเคมี

อัตราการตายระหว่าง 80–97% หมายถึง ยุงมีแนวโน้มหรือเป็นไปได้ที่จะต้านทานต่อสารเคมี

อัตราการตายต่ำกว่า 80% หมายถึง ยุงมีความต้านทานต่อสารเคมี

7.2 คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของยุงทดสอบที่ 24 ชั่วโมง และแปลผลการทดสอบตามเกณฑ์การประเมินผลความไวของยุงลายต่อสารเคมี

ขององค์การอนามัยโลก⁽¹⁰⁾ ดังนี้

สูตรคำนวณอัตราการตายของยุงลาย (mortality rate) ที่ 24 ชั่วโมง

อัตราการตาย (%) = (จำนวนยุงทดสอบตาย / จำนวนยุงทดสอบทั้งหมด) × 100

การแปลผล

อัตราการตายระหว่าง 98–100% หมายถึง ยุงไม่ต้านทานต่อสารเคมี

อัตราการตายระหว่าง 90–97% หมายถึง ยุงมีแนวโน้มหรือเป็นไปได้ที่จะต้านทานต่อสารเคมี

อัตราการตายต่ำกว่า 90% หมายถึง ยุงมีความต้านทานต่อสารเคมี

7.3 หากพบยุงในชุดควบคุม มีอัตราการตาย >20% ให้ถือว่าการทดสอบล้มเหลวต้องทำการทดสอบใหม่ แต่ถ้ามีอัตราการตายอยู่ระหว่าง 5–20% ให้ปรับค่าอัตราการตายที่แท้จริง โดยใช้ Abbott's formula ดังนี้

อัตราการตายที่แท้จริง = [(อัตราการตายของยุงที่สัมผัสสารเคมี - อัตราตายของยุงชุดควบคุม) / (100 - อัตราตายของยุงชุดควบคุม)] × 100

7.4 นำข้อมูลการหยาดยุงของยุงในแต่ละช่วงเวลาของการทดสอบไปวิเคราะห์หาช่วงเวลาที่ทำให้ยุงทดสอบหยาดยุงร้อยละ 50 (knockdown time 50 หรือ KT_{50}) โดยใช้ Probit analysis

7.5 นำค่า KT_{50} ของยุงจากภาคสนามที่สัมผัสสารเคมีดูดซับสารเคมีเดลต้าเมทรินและกรดอะซิติกดูดซับสารเคมีเดลต้าเมทริน + PBO ที่ได้ ไปคำนวณหา ค่าการเสริมฤทธิ์ (Synergist ratio: SR)

สูตรคำนวณหา ค่าการเสริมฤทธิ์ (Synergist ratio, SR)

Synergist ratio (SR) = KT_{50} ของยุงที่สัมผัสสารเคมีเดลต้าเมทริน / (KT_{50} ของยุงที่สัมผัสสารเคมีเดลต้าเมทริน + PBO)

*ถ้าค่า SR > 1 แสดงว่า สาร PBO ช่วยเสริมฤทธิ์กับสารเคมีทดสอบ⁽¹²⁾

ผลการศึกษา

1. การทดสอบความต้านทานของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสารเคมีที่มีฟอส ความเข้มข้น 0.012 mg/L

การทดสอบความต้านทานของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสารเคมีที่มีฟอส ความเข้มข้น 0.012 mg/L พบว่า ลูกน้ำยุงลายบ้านทดสอบของทุกพื้นที่ มีอัตราการตายร้อยละ 100 แสดงให้เห็นว่า ลูกน้ำยุงลายบ้านทดสอบมีความไวต่อสารเคมีที่มีฟอสอยู่ในระดับสูงหรือไม่ต้านทานต่อสารเคมีที่มีฟอส (ดังตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 อัตราตายของลูกน้ำยุงลายทดสอบ เมื่อทดสอบกับสารเคมีที่มีฟอส ความเข้มข้น 0.012 mg/L

ยุงลายบ้าน	จำนวนลูกน้ำทดสอบ	อัตราการตายที่ 24 ชั่วโมง (%)	ระดับความไว	ความต้านทาน
ยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ	100	100	สูง	ไม่ต้านทาน
อ.เมือง จ.นครราชสีมา	100	100	สูง	ไม่ต้านทาน
อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	100	100	สูง	ไม่ต้านทาน
อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา	100	100	สูง	ไม่ต้านทาน

2. การทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%)

การทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%) พบว่ายุงลายบ้านทดสอบจากอำเภอปากช่อง มีอัตราการตายเท่ากับร้อยละ 98 แสดงให้เห็นว่า ยุงลายบ้านทดสอบมีความไวอยู่ในระดับสูงหรือยุงลายยังไม่มี ความไวอยู่ในระดับสูงหรือยุงลายยังไม่มี ความต้านทานต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน ส่วนยุงลายบ้านทดสอบจากอำเภอเมือง และอำเภอวังน้ำเขียว มีอัตราการตายร้อยละ 79 และ 80 ตามลำดับ แสดง

ให้เห็นว่า ยุงลายบ้านทดสอบมีความไวอยู่ในระดับต่ำหรือยุงลายมีความต้านทานต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน ในขณะที่ยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการมีอัตราการตายร้อยละ 100 เมื่อวิเคราะห์ช่วงเวลาที่ทำให้ยุงทดสอบหงายท้องร้อยละ 50 (KT_{50}) หลังจากสัมผัสสารเคมี พบว่า ยุงลายบ้านทดสอบอำเภอปากช่อง มีช่วงเวลาที่ทำให้ยุงหงายท้องเร็วที่สุดโดยมีค่า KT_{50} เท่ากับ 17.84 นาที รองลงมา คือ อำเภอเมือง และอำเภอวังน้ำเขียว มีค่า KT_{50} เท่ากับ 22.01 และ 49.68 นาที ตามลำดับ (ดังตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่า KT_{50} และอัตราการตายของยุงลายบ้านทดสอบ เมื่อทดสอบกับสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%)

ยุงลายบ้าน	จำนวนยุงทดสอบ	Knockdown time 50% (KT_{50}) (นาที)	อัตราการตายที่ 24 ชั่วโมง	ระดับความไว	ความต้านทาน
ยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ	100	17.82 (13.22–21.87)	100	สูง	ไม่ต้านทาน
อ.เมือง จ.นครราชสีมา	100	22.01 (12.14–30.44)	79	ต่ำ	ต้านทาน
อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	100	17.84 (16.65–18.90)	98	สูง	ไม่ต้านทาน
อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา	100	49.68 (43.01–61.60)	80	ต่ำ	ต้านทาน

3. การทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเสริมฤทธิ์ไพเพอร์โรนิลบิวทอกไซด์ (4%) ร่วมกับสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%)

การทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเสริมฤทธิ์ PBO (4%) ร่วมกับสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%) พบว่ายุงลายบ้านทดสอบจากอำเภอเมือง อำเภอปากช่อง และอำเภอวังน้ำเขียว มีอัตราการตายร้อยละ 84, 100 และ 100 ตามลำดับ

นอกจากนี้ ผลการทดสอบระยะเวลาที่ทำให้ยุงทดสอบหงายท้องร้อยละ 50 (KT_{50}) หลังจากสัมผัสสารเคมี พบว่า ยุงลายบ้านทดสอบทุกพื้นที่มีระยะเวลาการหงายท้องเร็วขึ้น โดยค่า KT_{50} ของยุงลายบ้านทดสอบจากอำเภอเมือง อำเภอปากช่อง และอำเภอวังน้ำเขียว เท่ากับ 17.86, 15.10 และ 28.74 นาที ตามลำดับ (ดังตารางที่ 4)

4. การหาค่าการเสริมฤทธิ์ (Synergist ratio, SR)

การเสริมฤทธิ์ของสารเคมี โดยการเปรียบเทียบค่า KT_{50} ของยุงลายบ้านทดสอบหลังจากสัมผัสสารเคมีเดลต้าเมทริน และ PBO พบว่า ค่า SR ของพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอปากช่อง และอำเภอวังน้ำเขียว เท่ากับ 1.23, 1.18 และ 1.73 ตามลำดับ ซึ่งมีค่า $SR > 1$ ในทุกพื้นที่ แสดงให้เห็นว่า สารเสริมฤทธิ์ PBO ช่วยเสริมฤทธิ์ของสารเคมีเดลต้าเมทริน ในการทำให้ยุงลายบ้านทดสอบตายเพิ่มขึ้น (ดังตารางที่ 5)

สรุปและอภิปรายผล

ยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) เป็นพาหะโรคติดต่อมาโดยยุงลายที่สำคัญ ได้แก่ โรคไข้เลือดออก โรคไข้ปวดข้อยุงลาย และโรคติดเชื้อไวรัสซิกา ในช่วงเกิดการแพร่ระบาดของโรค จะเน้นการกำจัดยุงพาหะโดยใช้สารเคมีฆ่าแมลง เนื่องจากสามารถช่วยกำจัดลูกน้ำและยุงลายตัวเต็มวัยได้อย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 4 ค่า KT_{50} และอัตราการตายของยุงลายบ้านทดสอบ เมื่อทดสอบกับสารเสริมฤทธิ์ PBO (4%) ร่วมกับสารเคมีเคลือบแมทรีน (0.03%)

ยุงลายบ้าน	จำนวนยุงทดสอบ	Knockdown time 50% (KT_{50}) (นาทิจ)	อัตราการตายที่ 24 ชั่วโมง	ระดับความไว	ความต้านทาน
ยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ	100	11.57 (9.09–14.42)	100	สูง	ไม่ต้านทาน
อ.เมือง จ.นครราชสีมา	100	17.86 (16.24–19.41)	84	ต่ำ	ต้านทาน
อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	100	15.10 (14.10–16.11)	100	สูง	ไม่ต้านทาน
อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา	100	28.74 (25.44–31.86)	100	สูง	ไม่ต้านทาน

ตารางที่ 5 ค่าการเสริมฤทธิ์ (Synergist ratio, SR)

ยุงลายบ้าน	KT_{50} มี PBO (นาทิจ)	KT_{50} ไม่มี PBO (นาทิจ)	ค่า SR*	แปลผล
ยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ	11.57	17.82	1.54	เสริมฤทธิ์
อ.เมือง จ.นครราชสีมา	17.86	22.01	1.23	เสริมฤทธิ์
อ.ปากช่อง จ.นครราชสีมา	15.10	17.84	1.18	เสริมฤทธิ์
อ.วังน้ำเขียว จ.นครราชสีมา	28.74	49.68	1.73	เสริมฤทธิ์

หมายเหตุ *ค่า $SR > 1$ แสดงว่าสาร PBO ช่วยเสริมฤทธิ์กับสารเคมีทดสอบ

อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีฆ่าแมลงที่มากเกินไปหรือไม่เหมาะสม อาจส่งผลให้ยุงลายบ้านมีความต้านทานต่อสารเคมี ซึ่งจะทำให้การใช้สารเคมีกำจัดยุงลายไม่ได้ผล โดยในการศึกษาในครั้งนี้ ทำการศึกษาในพื้นที่อำเภอที่เป็นแหล่งท่องเที่ยวในจังหวัดนครราชสีมา คือ อำเภอเมือง อำเภอปากช่อง และอำเภอยางน้ำเขียว ซึ่งจะมีนักท่องเที่ยวเดินทางเข้าออกพื้นที่ตลอดเวลา หากเกิดการแพร่ระบาดของโรคติดต่อมาโดยยุงลายในพื้นที่ จะส่งผลกระทบต่อด้านเศรษฐกิจและการท่องเที่ยว Yodjan N⁽¹³⁾ รายงานว่า ในช่วงของการแพร่ระบาดของโรค COVID-19 มีการรายงานผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกในประเทศไทยปี 2564 ลดลงอย่างผิดปกติ แต่จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่ต้นปี 2565 ดังนั้น การศึกษาความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเคมี จึงเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งที่ส่งผล

ต่อความสำเร็จในการควบคุมยุงพาหะในพื้นที่ การทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเคมีที่มีฟอส ที่ความเข้มข้น 0.012 mg/L ในพื้นที่อำเภอเมือง อำเภอปากช่อง และอำเภอยางน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา พบว่า ยุงลายบ้านจากพื้นที่ทดสอบทั้ง 3 อำเภอ ไม่มีความต้านทานต่อสารเคมีที่มีฟอสที่ระดับความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ แสดงให้เห็นว่า สารเคมียังมีประสิทธิภาพควบคุมกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้านในพื้นที่ศึกษาและพื้นที่อื่นที่ยังไม่มีความต้านทานต่อสารเคมีที่มีฟอส สอดคล้องกับการศึกษาของวศิน เทพเนาว์ และคณะ⁽⁷⁾ ที่ศึกษาในอำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ เจนจิรา จันสุภา และคณะ⁽¹⁴⁾ ที่ศึกษาในพื้นที่จังหวัดเชียงราย และนิธิพัฒน์ มีโกลสม⁽¹⁵⁾ ที่ศึกษาในพื้นที่เขตเทศบาลจังหวัดพิษณุโลก จังหวัดอุดรธานี จังหวัดสุโขทัย และจังหวัดตาก เป็นต้น โดยประเทศไทยมีการนำ

สารเคมีที่มีฟอสมาใช้ควบคุมลูกน้ำยุงลายตั้งแต่ปี 1950 ในปัจจุบันเริ่มมีรายงานการสร้าง ความต้านทานของยุงลายบ้านในบางพื้นที่ของ ประเทศไทย⁽¹⁶⁾ ได้แก่ จังหวัดตาก จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดพัทลุง จังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดบุรีรัมย์ จังหวัดพิษณุโลก จังหวัดกาญจนบุรี จังหวัดจันทบุรี และจังหวัดนครปฐม^(6,7,17) Ponlawat A, et al⁽¹⁷⁾ รายงานว่าลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่สามารถมี ความต้านทานได้มากกว่า 100 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับยุงสายพันธุ์มาตรฐาน Rockefeller (ROCK) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีความไวต่อสารเคมี แต่ในสภาพการ ใช้งานจริงประชาชนใช้ในรูปแบบทรายเคลือบสาร ที่มีฟอสที่ระดับความเข้มข้น 1 mg/L (1 ppm) หรือ ใช้ในอัตราส่วน 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร มากกว่าระดับ ความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ 0.012 mg/L ซึ่งยังมี ประสิทธิภาพเพียงพอต่อการกำจัดลูกน้ำยุงลาย บ้าน⁽⁶⁾ แต่ในพื้นที่ที่ลูกน้ำยุงลายมีการสร้าง ความต้านทานต่อสารเคมีที่มีฟอส ควรพิจารณาเปลี่ยน ผลิตภัณฑ์กำจัดลูกน้ำชนิดอื่น ๆ เช่น Diflubenzuron Pyriproxyfen แบบที่เรียกกำจัดลูกน้ำ (Bti) เป็นต้น โดยชนิดอื่นๆ และคณะ⁽¹⁸⁾ รายงานว่า กรณีที่ไม่มีการ ใช้น้ำภายในห้อง Diflubenzuron และ Bti สามารถ กำจัดลูกน้ำยุงลายบ้านได้มากกว่าร้อยละ 90 เป็น เวลา 17 สัปดาห์ และ 5 สัปดาห์ ตามลำดับ Yadav K, et al⁽¹⁹⁾ รายงานว่า Pyriproxyfen สามารถยับยั้ง การเจริญเป็นตัวเต็มวัยอยู่ในช่วงร้อยละ 58.8–79.2 ที่ความเข้มข้น 0.00075–0.75% หรืออาจนำวิธีการ ควบคุมทางกายภาพ และชีวภาพมาใช้ร่วมด้วย เช่น มาตรการ 5ป1ช, มาตรการ 3 เก็บ 3 โรค และการ ใช้ปลากินลูกน้ำ เป็นต้น เพื่อชะลอการสร้าง ความต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงในพื้นที่

การทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้าน ต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน (0.03%) พบว่า ยุงลาย บ้านในพื้นที่อำเภอปากช่อง ยังไม่มีความต้านทาน ต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน ยังสามารถใช้สารเคมีชนิด นี้ในการควบคุมยุงลายบ้านในพื้นที่ได้ ส่วนยุงลาย บ้านในพื้นที่อำเภอเมือง และอำเภอด่านช้าง

มีความต้านทานต่อสารเคมีแล้ว ซึ่งสาเหตุอาจเกิด จากในพื้นที่มีการใช้สารเคมีเดลต้าเมทริน หรือสาร เคมีชนิดอื่นในกลุ่มไพรีทรอยด์ ที่มีกลไกการออกฤทธิ์แบบเดียวกันอย่างต่อเนื่องมาเป็นระยะเวลา นาน ความถูกต้องตามหลักวิชาการด้านเทคนิคหรือ พฤติกรรมการพ่นของผู้พ่นสารเคมี รวมถึงการใช้ สารเคมีเพื่อควบคุมแมลงศัตรูพืชในทางการเกษตร ก็อาจเป็นปัจจัยเสริมที่กระตุ้นให้ยุงลายเกิดความ ต้านทานที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ได้^(7,20) ใน ประเทศไทยมีรายงานยุงลายบ้านมีความต้านทาน ต่อสารเคมีเดลต้าเมทรินในหลายพื้นที่เช่นกัน เช่น จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดตาก จังหวัดนครสวรรค์ จังหวัดอยุธยา จังหวัดนครราชสีมา จังหวัดขอนแก่น จังหวัดอุบลราชธานี จังหวัดอุดรธานี จังหวัด นครปฐม จังหวัดระยอง จังหวัดพังงา จังหวัดสงขลา จังหวัดนครศรีธรรมราช จังหวัดชัยนาท และจังหวัด บุรีรัมย์ เป็นต้น^(5,7,21) สุนัยนา และคณะ⁽²²⁾ รายงาน ว่า การใช้สารเคมีเดลต้าเมทริน อัตราการใช้ 0.15 และ 0.2 g a.i./m² มีประสิทธิภาพดี ในการกำจัด ยุงลายบ้านในพื้นที่ที่ต้านทานต่อสารกลุ่มไพรีทรอยด์

การทดสอบความต้านทานของยุงลายบ้าน ต่อสารเสริมฤทธิ์ PBO (4%) ร่วมกับสารเคมีเดลต้า เมทริน (0.03%) พบว่า ยุงลายบ้านในทุกพื้นที่ ทดสอบมีอัตราตายเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับอัตรา ตายของยุงลายบ้านที่สัมผัสกับสารเคมีเดลต้าเมทริน สารเดียว และเมื่อทดสอบหาค่าการเสริมฤทธิ์ (SR) แสดงให้เห็นว่า สารเสริมฤทธิ์ PBO ช่วยเสริมฤทธิ์ ของสารเคมีเดลต้าเมทรินในการทำให้ยุงลายบ้าน ทดสอบตายเพิ่มขึ้น ซึ่งผลการศึกษาสอดคล้องกับ จิราภรณ์ และคณะ⁽⁴⁾ รายงานว่า สารเคมีสูตรผสมที่มี สาร PBO ช่วยเสริมฤทธิ์ ประสิทธิภาพในการฆ่า ยุงลายได้ดีเมื่อเทียบกับสารเคมี Cyfluthrin สูตรเดี่ยว พรพรรณเกษม และคณะ⁽²¹⁾ รายงานว่า เมื่อนำสาร เสริมฤทธิ์ PBO มาใช้ร่วมกับสารเคมีเดลต้าเมทริน สามารถทำให้ยุงลายบ้านที่ต้านทานต่อสารเคมี เดลต้าเมทริน มีอัตราตายเพิ่มขึ้น 1–2 เท่า Kongmee M, et al⁽²³⁾ พบว่าการผสมสารเสริมฤทธิ์ PBO กับ

สารเคมีเคลือบเมทรีน หรือสารประกอบไพรีทรอยด์อื่นๆ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของสารเคมีฆ่าแมลงที่ติดต่อกับสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ได้อย่างมีนัยสำคัญ แต่ถึงแม้ว่าสารเสริมฤทธิ์ PBO จะไปยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cytochrome P450 monooxygenase และเอนไซม์ esterase ซึ่งเป็นเอนไซม์ทำลายพิษ (Detoxification enzyme) ที่พบในตัวแมลง และเป็นเอนไซม์สำคัญที่ไปทำลายพิษของสารกลุ่มไพรีทรอยด์⁽²⁴⁾ ช่วยให้อัตราตายของยุงลายบ้านเพิ่มขึ้น แต่ก็ยังพบว่า ยุงลายบ้านในพื้นที่อำเภอเมือง ยังมีความไวระดับต่ำ หรือมีความต้านทานต่อสารเคมีอยู่ ซึ่งกลไกการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีเคลือบเมทรีนของยุงลายบ้านสายพันธุ์พื้นที่ อาจไม่ได้ขึ้นกับเอนไซม์ monooxygenase เพียงชนิดเดียว แต่อาจเกิดจากกลไกการต้านทานอื่น ๆ ร่วมด้วยส่งผลให้ยุงไม่ลดความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงลง⁽⁵⁾ เช่น กลไกทางกายภาพ (Physical resistance) ยุงจะสร้างผนังที่หนาหรือลดอัตราการซึมผ่านของสารเคมีเข้าทางผิวหนัง กลไกทางพันธุกรรม (Genetic resistance) ยีนที่เป็นเป้าหมายในการรับความเป็นพิษของสารเคมี จะเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือเปลี่ยนตำแหน่งไปจากเดิม ทำให้ไม่มีความไวรับสารเคมี (Target site insensitivity) เป็นต้น⁽²⁰⁾ ซึ่งต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับกลไกที่ทำให้ยุงเกิดความต้านทานต่อสารเคมีในพื้นที่นั้น

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1. ยุงลายบ้านมีความต้านทานต่อสารเคมีเคลือบเมทรีน (0.03%) ในพื้นที่อำเภอเมือง และอำเภอวังน้ำเขียว ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญที่จะสนับสนุนหน่วยงานสาธารณสุขในพื้นที่ และองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ในการนำไปพิจารณาปรับเปลี่ยนไปใช้สารเคมีที่มีสารเสริมฤทธิ์ PBO เป็นส่วนประกอบในการควบคุมยุงลายในพื้นที่ เพื่อจะทำให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดยุงลายได้ดีกว่าใช้สารเคมีเชิงเดี่ยว
2. ยุงลายบ้านพื้นที่อำเภอเมือง มีความไว

ระดับต่ำต่อสารเคลือบเมทรีน (0.03%) และสารเสริมฤทธิ์ PBO (4%) ผสมสารเคมีที่ถูกต้อง เพื่อป้องกันการสร้างความต้านทานสารเคมีของยุงลาย

ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการศึกษาอัตราตายของยุงลายบ้านระยะลูกน้ำและตัวเต็มวัยต่อสารเคมีในพื้นที่อื่นๆ และศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยต่างๆ เพิ่มเติม เช่น วิธีการพ่นสารเคมี การผสมสารเคมี อัตราการใช้สารเคมี ประสิทธิภาพของเครื่องพ่นสารเคมี พฤติกรรมการใช้สารเคมีฆ่าแมลงของประชาชน เป็นต้น เพื่อให้ทราบปัญหาที่แท้จริง และใช้เป็นข้อมูลในการแก้ไขปัญหาการสร้างการต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเคมีในอนาคตต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา ที่ให้การสนับสนุนด้านการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่หน่วยควบคุมโรคติดต่อ นำโดยแมลงที่ 9.4.1 วังน้ำเขียว และโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลไทยสามัคคี อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา ในการประสานพื้นที่ และช่วยเก็บตัวอย่างลูกน้ำยุงลายบ้าน และขอบคุณประชาชนในพื้นที่เป้าหมาย ที่ให้ความร่วมมือ และอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างลูกน้ำยุงลายบ้าน

เอกสารอ้างอิง

1. กองระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค. ระบบรายงานและฐานข้อมูล R506 [อินเทอร์เน็ต]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 2567 มกราคม 8]. เข้าถึงได้จาก: <http://doe.moph.go.th/surdata/disease.php?dcontent=situation&ds=262766>
2. จักรวาล ชมพุศรี, รัตนา ตาเจริญเมือง, ชญาดา ขำสวัสดิ์, นิตยา เมธาวณิชพงศ์, จริยา ครุฑบุตร, ธัญญภัทษณ์ มากริน และคณะ. ความไวต่อ

- สารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้านคือสารไพรีทรอยด์ระดับพันธุกรรม. วารสารควบคุมโรค 2564;47(2):1303–18.
3. จิราภรณ์ เสวงนา, บุษราคัม สีนาคม, บุญเสริม อ่วมอ่อง. ประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดยุงลายบ้านโดยการพ่นฝอยละเอียดแบบกึ่งภาคสนาม. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2563;62(4):343–51.
4. Jirakanjanakit N, Rongnoparut P, Saengtharatip S, Chareonviriyaphap T, Duchon S, Bellec C, et al. Insecticide susceptible/resistance status in *Aedes* (*Stegomyia*) *aegypti* and *Aedes* (*Stegomyia*) *albopictus* (Diptera: Culicidae) in Thailand during 2003–2005. J Econ Entomol 2007;100(2):545–50.
5. ขนิษฐา ปานแก้ว, บุษราคัม สีนาคม, พรพิมล ประดิษฐ์, บุญเสริม อ่วมอ่อง. การศึกษาความไวต่อสารเคมีและสารเสริมฤทธิ์ของยุงลาย *Aedes aegypti* ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562. วารสารวิชาการป้องกันควบคุมโรค สคร.2 พิษณุโลก 2564;8(1):69–83.
6. พรรณเกษม แผ่พร, สุนัยนา สัทธานไตรภพ, วิสาข์ชนม์ ศรีโพธิ์, ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์, เมนะกา วิวน, ละเวง นิลมณี. การประเมินประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการและภาคสนามของทรายเคลือบสารที่มีฟอสในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านพาหะนำโรคไข้เลือดออกสายพันธุ์ต้านทานต่อสารเคมี. วารสารควบคุมโรค 2564;47(1):734–45.
7. วศิน เทพเนาว์, นที ชาวนา, ดอกรัก ฤทธิ์จัน, สำราญ ปานขาว. ความไวต่อสารเคมีฆ่าแมลง (Temephos, Alphacypermethrin, Deltamethrin, Lambda-cyhalothrin และ Cypermethrin) ของยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* ในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์. วารสารวิชาการ สคร. 9 2561;24(2):17–25.
8. กระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬา. สถานการณ์การท่องเที่ยวในประเทศ รายจังหวัด ปี 2566 [อินเทอร์เน็ต]. 2566 [เข้าถึงเมื่อ 2567 มกราคม 8]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.mots.go.th/news/category/705?page=1&perpage=18>
9. World Health Organization. Instructions for determining the susceptibility of resistance of mosquito larvae to insecticides 1981. WHO/VBC/81.807.
10. World Health Organization. Standard operating procedure for testing insecticide susceptibility of adult mosquitoes in WHO tube tests 2022.
11. World Health Organization. Standard operating procedure for determining the ability of PBO to restore susceptibility of adult mosquitoes to pyrethroid insecticides in WHO tube tests 2022.
12. Matowo J, Kulkarni MA, Mosha FW, Oxborough RM, Kitau JA, Tenu F, et al. Biochemical basis of permethrin resistance in *Anopheles arabiensis* from Lower Moshi, north-eastern Tanzania. Malar J 2010;9:193.
13. Yodjan N. A review of dengue and dengue haemorrhagic fever amidst the COVID-19 pandemic in Thailand: A raising concern and public health nested crises [Internet]. 2023 [cited 2024 January 8]. Available form: <https://www.microbiologyresearch.org/content/journal/acmi/10.1099/acmi.0.000486.v1>
14. เจนจิรา จันสุภา, สุชาสินี มาแดง, กาญจนา โกติทิพย์. ความต้านทานลูกน้ำยุงลายบ้าน

- อิชิปไตย์ พาหะนำโรคไข้เลือดออกต่อสารเคมี
เคมีฟอส ในพื้นที่ 8 จังหวัดภาคเหนือ ปี
2558-2559. วารสารสาธารณสุขสู่ล้านนา
2560;13(2):28-34.
15. นิธิพัฒน์ มีโกศล. การสังเคราะห์ข้อมูล
ระดับความไวของลูกน้ำยุงลายต่อสาร
ที่มีฟอสในภาคเหนือตอนล่างของ
ประเทศไทย ปีพ.ศ.2551-2561. วารสาร
วิชาการป้องกันควบคุมโรค สคร.2 พิษณุโลก
2563;7(1):57-68.
 16. Asgarian TS, Vatandoost H, Hanafi-Bojd
AA, Nikpoor F. Worldwide status of
insecticide resistance of *Aedes aegypti*
and *Ae. Albopictus*, Vectors of Arboviruses
of Chikungunya, Dengue, Zika and
Yellow Fever. J Arthropod-Borne Dis
2023;17(1):1-27.
 17. Ponlawat A, Scott JG, Harrington LC.
Insecticide Susceptibility of *Aedes*
aegypti and *Aedes albopictus* across
Thailand. Journal Of Medical Entomology
2005;42(5):821-25.
 18. ขนิษฐา ปานแก้ว, บุษราคัม สีนาคม,
บุญเสริม อ่วมอ่อง. ประสิทธิภาพของสาร
กำจัดลูกน้ำเคมีฟอส ไดฟูเบนซูรอน และ
แบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิดบีทีไอเพื่อการ
ควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน *Aedes aegypti*
(L.) ในภาคสนาม. วารสารสาธารณสุขสู่ล้านนา
2563;16(1):32-45.
 19. Yadav K, Dhiman S, Acharya BN,
Ghorpade RR, Sukumaran D.
Pyriproxyfen treated surface exposure
exhibits reproductive disruption in
dengue vector *Aedes aegypti*. PLOS
Neglected Tropical Diseases 2019:1-
15.
 20. กองโรคติดต่อมาโดยแมลง กรมควบคุมโรค
กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือสารเคมีและ
เครื่องพ่นสารเคมีเพื่อควบคุมยุงพาหะนำ
โรค. กรุงเทพมหานคร: อักษรกราฟฟิค
แอนด์ดีไซน์; 2565.
 21. พรรณเกษม แผ่พร, สุนัยนา สท้านไตรภพ,
คุณัจฉรีย์ ธานีสงศ์, ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์,
พงศกร มุขพันธ์. ประสิทธิภาพการเสริม
ฤทธิ์ของไพเพอร์โรนิลบิวทอกไซด์ร่วมกับ
สารเดลต้าเมทรีนต่อพฤติกรรมการตอบ
สนองการหลีกหนีและอัตราตายของยุงลาย
บ้าน. วารสารควบคุมโรค 2564;47(1):788-
803.
 22. สุนัยนา สท้านไตรภพ, พรรณเกษม แผ่พร,
ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์, พงศกร มุขพันธ์, สุนิสา
อ่อนคง, พรอนงค์ ทักนัย. การศึกษา
ประสิทธิภาพของสารเคมี Deltamethrin
และ Cypermethrin ต่อยุงลายบ้านพาหะ
นำโรคไข้เลือดออกสายพันธุ์ต้านทานและ
สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมี. วารสารวิชาการ
สาธารณสุข 2563;29(4):701-10.
 23. Kongmee M, Thanispong K,
Sathantriphop S, Sukkanon C,
Bangs MJ, Chareonviriyaphap T.
Enhanced mortality in Deltamethrin-
resistant *Aedes aegypti* in Thailand
using a piperonyl butoxide synergist.
Acta Tropica 2019;189:76-83.
 24. Bingham G, Field LM, Gunning RV,
Delogu G, Borzatta V, Moores GD.
Temporal synergism can enhance
carbamate and neonicotinoid
insecticidal activity against resistant
crop pests. Pest Manag Sci 2008;
64:81-5.