

การพัฒนาสเปรย์ฟิพรอนิลอัดก๊าซ ในการกำจัดยุงลายบ้านดื้อสารไพรีทรอยด์

Development of fipronil aerosol spray against pyrethroid-resistant *Aedes aegypti* mosquitoes

จริยา ครุบุตร^{1*}, ชญาดา ขำสวัสดิ์¹, ธัญญภักษ์ ภากรีน¹, จักรวาล ชมภูศรี¹, อาชวินทร์ โรจนวิวัฒน์¹

Jariya Krutbut^{1*}, Chayada Khamsawads¹, Thanyapak Makruen¹,

Jakkrawarn Chompoosri¹, Archawin Rojanawiwat¹

¹สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข

¹National Institute of Health, Department of Medical Sciences, Ministry of Public Health

* Corresponding author email: jariya.kr@dmsc.mail.go.th

Received: October 1, 2023

Revised: February 5, 2024

Accepted: February 26, 2024

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาสเปรย์ฟิพรอนิลอัดก๊าซกำจัดยุงลายบ้านดื้อสารไพรีทรอยด์จาก 6 พื้นที่เสี่ยงโรคไข้เลือดออกใน 3 จังหวัด คือ เชียงใหม่ ตาก และพิษณุโลก นำยุงลายบ้านเพศเมีย รุ่นลูกรุ่นที่ 1 จาก 6 พื้นที่ศึกษามาทดสอบความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลง 6 ชนิด โดยเป็นสารไพรีทรอยด์ 5 ชนิด และสารฟิพรอนิล ที่ความเข้มข้น discriminating concentration โดยวิธีขององค์การอนามัยโลก จากนั้น พัฒนาสเปรย์อัดก๊าซและประเมินผลในการกำจัดยุงลายบ้านในตู้ทดสอบ ผลการวิจัยพบว่า ยุงลายบ้านจาก 6 พื้นที่เสี่ยง ดื้อต่อสารไพรีทรอยด์ทั้ง 5 ชนิด โดยมีอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 2.0 ± 2.3 – 80.0 ± 3.3 แต่มีความไวต่อสารฟิพรอนิลและมีอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 100 โดยอัตราการตายเฉลี่ยของยุงลายบ้านมีความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สเปรย์อัดก๊าซที่มีฟิพรอนิล ร้อยละ 0.14 เป็นสารออกฤทธิ์ ให้อัตราตายของยุงลายบ้านดื้อสารไพรีทรอยด์จากทั้ง 6 พื้นที่เสี่ยงโรคไข้เลือดออกใน 3 จังหวัด ร้อยละ 100 ที่ 24 ชั่วโมง องค์ความรู้ที่ได้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สเปรย์อัดก๊าซกำจัดยุงพาหะนำโรคที่ดื้อสารเคมี กำจัดแมลงเพื่อป้องกันโรคที่นำโดยยุง

คำสำคัญ: ยุงลายบ้านดื้อสารไพรีทรอยด์, สเปรย์ฟิพรอนิลอัดก๊าซ, พื้นที่เสี่ยงไข้เลือดออก

ABSTRACT

This research aimed to develop a fipronil aerosol spray against pyrethroid-resistant *Ae. aegypti* mosquitoes from 6 dengue risk areas in 3 provinces; Chiang Mai, Tak, and Phitsanulok. Filial 1 hybrid female mosquitoes were tested with individual 5 pyrethroid insecticides, and fipronil at discriminating concentrations for susceptibility status by the World Health Organization procedure. The aerosol spray was developed and evaluated against the *Ae. aegypti* mosquitoes in Peet Grady Chamber. The result showed that the mosquitoes from 6 dengue high risk areas were resistant to all 5 pyrethroids with mean mortality rates of $2.0 \pm 2.3\%$ – $80.0 \pm 3.3\%$. However, they were completely susceptible to fipronil with a 100% mortality rate. The mortality rates of mosquitoes were statistically significantly different among the insecticides ($p < 0.05$). The aerosol spray containing 0.14% fipronil as an active ingredient provided a 100% mortality rate of pyrethroid-resistant *Ae. aegypti* from 6 dengue risk areas in 3 provinces. The knowledge obtained from this study will be used to develop an aerosol spray product against insecticide-resistant mosquito vectors to prevent mosquitoes-borne diseases.

Keyword: Pyrethroid-resistant *Ae. aegypti* mosquitoes, Fipronil aerosol spray, Dengue-risk areas

1. บทนำ

โรคไข้เลือดออกเกิดจากการที่ติดเชื้อไวรัสเดงกี (dengue virus, DENV) ซึ่งมี 4 ซีโรไทป์ คือ DENV 1, DENV 2, DENV 3 และ DENV 4 โดยมียุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) เป็นพาหะของโรคไข้เลือดออกและยังเป็นปัญหาที่สำคัญทางสาธารณสุขมาจนถึงปัจจุบัน ในปี พ.ศ. 2565 มีรายงานผู้ป่วยไข้เลือดออกของประเทศไทย 39,141 คน (อัตราป่วย 59.15 ต่อประชากรแสนคน) และเสียชีวิต 27 คน (อัตราป่วยตายร้อยละ 0.04)⁽¹⁾ โดยมีการควบคุมโรคไข้เลือดออก 3 มาตรการ คือ 1) ระวังผู้ป่วยที่อยู่ในระยะแพร่เชื้อหรือกำลังมีไข้ไม่ให้ถูกยุงลายกัดเพื่อป้องกันการแพร่เชื้อ 2) ค้นหาผู้ป่วยรายใหม่ในชุมชนของผู้ป่วยรายแรก และ 3) ควบคุมยุงลายอย่างต่อเนื่องโดยการจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลาย การใช้สารเคมีกำจัดลูกน้ำและยุงตัวเต็มวัย และการสำรวจความชุกชุมของลูกน้ำยุงลายเพื่อประเมินมาตรการควบคุมโรคโดยใช้ค่าดัชนี House Index (H.I.), Container Index (C.I.) และ Breteau Index (B.I.)⁽²⁾ อย่างไรก็ตาม กรมควบคุมโรคได้รายงานยุงลายบ้านดื้อต่อสารเคมีกำจัดแมลงหลายชนิด โดยเฉพาะสารกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ เช่น cypermethrin, cyfluthrin, deltamethrin, lambda-cyhalothrin, bifenthrin, permethrin, etofenprox และ alpha-cypermethrin ในหลายพื้นที่ของทุกจังหวัดในประเทศไทย⁽³⁻⁴⁾ ทำให้ไม่สามารถควบคุมยุงลายบ้านดื้อต่อสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มไพรีทรอยด์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ฟีโพรนิลเป็นสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่ม phenylpyrazole ที่มีการนำมาใช้ในทางสัตวแพทย์เพื่อป้องกันและกำจัดปรสิตภายนอก เช่น เห็บ หมัด ไร โดยนำฟีโพรนิลมาใช้เป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์ทั้งแบบสเปรย์และแบบหยอดลงบนผิวหนังสัตว์เลี้ยง เช่น แมว สุนัข ฟีโพรนิลสามารถกำจัดทั้งแมลงและสัตว์ขาปล้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีกลไกการเกิดพิษไปยับยั้งการเกิด GABA receptor-chloride complex ในแมลงและสัตว์ขาปล้องทำให้ในร่างกายของแมลงและสัตว์ขาปล้องได้รับการกระตุ้นอย่างต่อเนื่องที่ระบบประสาทส่วนกลาง จึงเกิดอาการชักกระตุก เป็นอัมพาตและตายในที่สุด โดยฟีโพรนิลสามารถเลือกจับเฉพาะ glutamate-gated GABA chloride channel ซึ่งพบเฉพาะในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ฟีโพรนิลจึงสามารถกำจัดทั้งแมลงและสัตว์ขาปล้องได้อย่างมีประสิทธิภาพ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้าน 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัดพื้นที่ศึกษาที่มีรายงานผู้ป่วยไข้เลือดออก คือ เชียงใหม่ ตาก พิชณุโลก และพัฒนาสเปรย์ฟีโพรนิลลดก๊าซที่มีประสิทธิภาพในการกำจัดยุงลายบ้านดื้อต่อสารเคมีกำจัดแมลงซึ่งสามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็น

ผลิตภัณฑ์สเปรย์อัดก๊าซกำจัดยุงพาหะนำโรคที่ดื้อสารเคมีกำจัดแมลงเพื่อป้องกันการระบาดของโรคที่นำโดยยุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างยุงลายบ้าน

เก็บลูกน้ำยุงลายบ้านจาก 6 อำเภอ ของ 3 จังหวัดภาคเหนือ คือ อ.เมืองตากและอ.บ้านตาก จ.ตาก อ.เมืองพิษณุโลกและอ.นครไทย จ.พิษณุโลก อ.หางดงและอ.สันทราย จ.เชียงใหม่ โดยเป็นพื้นที่ที่มีรายงานผู้ป่วยไข้เลือดออก ได้ดำเนินการสุ่มเก็บตัวอย่างลูกน้ำยุงลายบ้านโดยใช้หลอดหยด (dropper) และยุงลายบ้านตัวเต็มวัยโดยใช้อุปกรณ์โอบแมลงในบ้านจำนวนร้อยละ 15.7 – 27.3 (84/535 – 50/183 หลังคาเรือน) ของบ้านเรือนทั้งหมด โดยดัดแปลงจากเกณฑ์ในการประมาณขนาดกลุ่มตัวอย่างประชากรร้อยละ 15-30 จากประชากรทั้งหมดหลักร้อยละ⁽⁵⁾ และนำลูกน้ำและยุงลายบ้านสายพันธุ์ธรรมชาติที่ได้จาก 6 อำเภอของ 3 จังหวัด มาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการจนพร้อมสำหรับการศึกษา

2. การทดสอบความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลง

เตรียมสารเคมีกำจัดแมลงที่มีความเข้มข้น discriminating concentration (2xLC99 คือ ค่าความเข้มข้น 2 เท่า ของค่าความเข้มข้นที่ทำให้ยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการที่มีความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลงตายร้อยละ 99) ดังนี้ สารกลุ่มไพรีทรอยด์ 5 ชนิด คือ แลมบ์ดาไซฮาโลทริน ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ไซเพอร์เมทริน ความเข้มข้นร้อยละ 0.22 เดลต้าเมทริน ความเข้มข้นร้อยละ 0.05 ไซฟลูทริน ความเข้มข้นร้อยละ 0.15 และเพอร์เมทริน ความเข้มข้นร้อยละ 0.75 และสารกลุ่มเฟนิลไพราโซล คือ ฟีโพรนิล ความเข้มข้นร้อยละ 0.14 จากนั้นทดสอบความไวของยุงลายบ้านจากพื้นที่ศึกษาต่อสารเคมีกำจัดแมลงโดยใช้ยุงลายบ้านตามวิธีขององค์การอนามัยโลก (WHO susceptibility test)⁽⁶⁾ โดยการเตรียมยุงลายบ้าน เพศเมีย อายุ 3-5 วัน, 25 ตัว/กระบอก/4 ชั่วโมง ปล่อยให้สัมผัสกับกระดาศากรองชุบด้วยสารเคมีกำจัดแมลงแต่ละชนิด 60 นาที จากนั้นถ่ายยุงลายบ้านไปยังกระบอกพัก คำนวณอัตราการตายของยุงลายบ้านจาก 6 พื้นที่ศึกษาใน 3 จังหวัดที่ 24 ชั่วโมง ส่วนยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการที่สัมผัสกับกระดาศากรองที่ชุบสารเคมีกำจัดแมลงแต่ละชนิดใช้เป็นชุดควบคุมผลบวกส่วนยุงลายบ้านจากพื้นที่ศึกษาและยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการที่สัมผัสกับกระดาศากรองที่ชุบอะซิโตน (acetone) ใช้เป็นชุดควบคุมผลลบ แปลผลระดับความไวและการดื้อต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้าน

ตามเกณฑ์การประเมินผลความไวของยุงตัวเต็มวัยต่อสารเคมีกำจัดแมลง เกณฑ์การตัดสินใจการติดต่อสารเคมีกำจัดแมลงขององค์การอนามัยโลก อัตราการตายมากกว่าร้อยละ 98 หมายถึงยุงมีความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลง อัตราการตายระหว่างร้อยละ 90 - 97 หมายถึง ยุงอาจมีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลง ต้องมีการยืนยันเพิ่มเติม และถ้าอัตราการตายต่ำกว่าร้อยละ 90 หมายถึง ยุงติดต่อสารเคมีกำจัดแมลง⁽⁶⁾ และใช้โปรแกรม IBM SPSS Statistics 23 ในการทดสอบถ้ากลุ่มเปรียบเทียบมีอัตราการตายของยุงลายบ้านระหว่างร้อยละ 5-20 ให้ปรับค่า Abbott's formula⁽⁸⁾ แต่ถ้ามีอัตราการตายมากกว่าร้อยละ 20 ต้องทำการทดสอบใหม่

3. การพัฒนาสเปรย์อัดก๊าซ

พัฒนาสเปรย์อัดก๊าซที่มีสารไพโรนิล ความเข้มข้นร้อยละ 0.14 ในตัวทำละลายไอโซโพรพานอล ในอัตราส่วนสารผสมรวมตัวทำละลายไอโซโพรพานอลต่อก๊าซปิโตรเลียมเหลว (ก๊าซแอลพีจี) เป็น 40:60 ในความจุของกระป๋อง 640 มิลลิลิตร ความดันสูงสุดของกระป๋อง 2.2 เมกาปาสคาลมาตรและความดันของก๊าซที่ 37.8°C ไม่เกิน 0.55 เมกาปาสคาลมาตร ส่วนสเปรย์อัดก๊าซในอัตราส่วนไอโซโพรพานอลต่อก๊าซปิโตรเลียมเหลว เป็น 40:60 ใช้เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ โดยส่งให้กับ บริษัท ไชเบอร์แพค จำกัด บรรจุผลิตภัณฑ์อัดก๊าซ

4. การทดสอบประสิทธิภาพของสเปรย์ไพโรนิลอัดก๊าซต่อยุงลายบ้านในตู้ Peet Grady Chamber

ดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพของสเปรย์ไพโรนิลอัดก๊าซต่อกลุ่มตัวอย่างยุงในพื้นที่ศึกษาที่มีรายงานผลการทดสอบการติดต่อสารเคมีในกลุ่มไพโรทรอยด์ในครั้งนี้ เตรียมยุงลายบ้านจากพื้นที่ศึกษารุ่นรุ่นที่ 1 เพศเมีย อายุ 3-5 วัน จำนวน 50 ตัว ใส่ถ้วยกระดาษที่ปิดด้วยผ้าตาข่าย วางสำลีสับน้ำหวานสำหรับเป็นอาหารและพักยุงไว้ที่อุณหภูมิห้องอย่างน้อย 1 ชั่วโมง ฉีดสเปรย์ไพโรนิลอัดก๊าซที่ปริมาณ 0.65±0.1 กรัม เข้าไปในตู้ทดสอบขนาด 1.8 ม. x 1.8 ม. x 1.8 ม. จากนั้น ปลอ้ยยุงลายบ้านสายพันธุ์ธรรมชาติจากพื้นที่ศึกษาเข้าไปในตู้ทดสอบเป็นเวลา 60 นาที สังเกตและบันทึกจำนวนยุงที่อยู่ในตู้ทดสอบที่สลบ (knock down) คือยุงที่ไม่สามารถบินได้หรือไม่สามารถเคลื่อนไหวได้ เก็บเฉพาะยุงลายบ้านที่หงายท้องใส่ถ้วยกระดาษแล้วปิดด้วยผ้าตาข่าย วางสำลีสับน้ำหวานสำหรับเป็นอาหาร และตรวจสอบอัตราการตายของยุงลายบ้านจากพื้นที่ศึกษาที่ 24 ชั่วโมงตามวิธีขององค์การอนามัยโลก⁽⁷⁾ ดำเนินการทดสอบ 3 ซ้ำ โดยใช้สเปรย์ไอโซโพรพานอลอัดก๊าซเป็นกลุ่มควบคุมผลลบ

5. การวิเคราะห์ทางสถิติ

วิเคราะห์ค่า knockdown time 50 (KT_{50}) คือ ค่าเวลาที่ทำให้ยุงลายบ้านหงายท้องร้อยละ 50 และวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างของอัตราการตายเฉลี่ยของยุงลายบ้านจากพื้นที่ศึกษาที่ได้จากการทดสอบความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลง 6 ชนิด ใช้สถิติ One-Way ANOVA และ Bonferroni multiple comparison test กำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติ (α) = 0.05

3. ผลการวิจัย

1. ความไวของยุงลายบ้านสายพันธุ์ธรรมชาติต่อสารเคมีกำจัดแมลง

จากการทดสอบความไวของยุงลายบ้านสายพันธุ์ธรรมชาติต่อสารเคมีในกลุ่มไพโรทรอยด์ที่ศึกษา 5 ชนิด ได้แก่ ไชฟลูทรีน (0.15%) ไชเพอร์เมทรีน (0.22%) เดลต้าเมทรีน (0.05%) แลมบ์ดาไฮยาโลทรีน (0.05%) และเพอร์เมทรีน (0.75%) และสารกลุ่มเพนิลไพราโซล คือ ไพโรนิล (0.14%) โดยวิธีขององค์การอนามัยโลก พบว่า ยุงลายบ้านทั้ง 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัด ได้แก่ อำเภอมะนัง จังหวัดตาก, อำเภอบ้านตาก จังหวัดตาก, อำเภอมะนัง จังหวัดพิษณุโลก, อำเภอนครไทย จังหวัดพิษณุโลก, อำเภอหางดง จังหวัดเชียงใหม่, อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ ติดต่อสารไพโรทรอยด์ทั้ง 5 ชนิด โดยมีอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 2.0±2.3 – 80.0±3.3 แต่มีความไวต่อสารไพโรนิล โดยมีอัตราการตายเฉลี่ยร้อยละ 100 รายละเอียดแสดงในตารางที่ 1 (Table 1) ซึ่งอัตราการตายเฉลี่ยมีความต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P<0.05$) รายละเอียดแสดงในภาพที่ 1 (Figure 1) ส่วนกลุ่มควบคุมผลลบ พบว่า ยุงลายบ้านห้องปฏิบัติการมีความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลงทั้ง 6 ชนิด โดยมีอัตราการตายเฉลี่ยของยุงลายบ้านห้องปฏิบัติการที่ 24 ชั่วโมง เท่ากับร้อยละ 100 ในขณะที่กลุ่มควบคุมผลลบ พบว่า ยุงลายบ้านจาก 3 จังหวัดพื้นที่ศึกษาและยุงลายบ้านห้องปฏิบัติการมีอัตราการตาย เท่ากับ 0 จากผลการศึกษาช่วงเวลาที่ทำให้ยุงลายบ้านจากพื้นที่ศึกษาหงายท้องร้อยละ 50 (KT_{50}) หลังจากสัมผัสสารเคมีกำจัดแมลงทั้ง 6 ชนิด พบว่า ยุงลายบ้าน 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัด มีค่า KT_{50} เท่ากับ 19.9-25.4, 20.4-43.9, 32.3-45.7, 37.4-52.4, 39.2-49.1, 51.7-66.6 นาที เมื่อสัมผัสกับไพโรนิล ไชฟลูทรีน ไชเพอร์เมทรีน เดลต้าเมทรีน แลมบ์ดาไฮยาโลทรีน และเพอร์เมทรีน ตามลำดับ ส่วนยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการไม่สามารถวัดค่า KT_{50} ได้เนื่องจากมีความไวมากต่อสารเคมีกำจัดแมลงทั้ง 6 พื้นที่ จึงหงายท้องได้เร็ว ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ค่า KT_{50} ได้ รายละเอียดแสดงในตารางที่ 2 (Table 2)

2. ประสิทธิภาพของสเปรย์ไฟโพรนิลอัดก๊าซในการกำจัด ยุงลายบ้านดื้อสารไพรีทรอยด์ในตู้ทดสอบ

จากการทดสอบประสิทธิภาพของสเปรย์ไฟโพรนิลอัดก๊าซ ในการกำจัดยุงลายบ้านดื้อสารไพรีทรอยด์ในตู้ ทดสอบพบว่า สเปรย์อัดก๊าซที่ใช้สารเคมีไฟโพรนิลมีประสิทธิภาพในการกำจัด

ยุงลายบ้านดื้อสารไพรีทรอยด์ทั้ง 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัด โดยให้อัตราตายร้อยละ 100 ที่ 24 ชั่วโมง ส่วนกลุ่มควบคุมผลลบ พบว่า สเปรย์ไอโซโพรพานอลให้อัตราตายของยุงลายบ้านดื้อ สารไพรีทรอยด์ทั้ง 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัด ร้อยละ 0 ร้อยละเอียด ดังแสดงในตารางที่ 3 (Table 3)

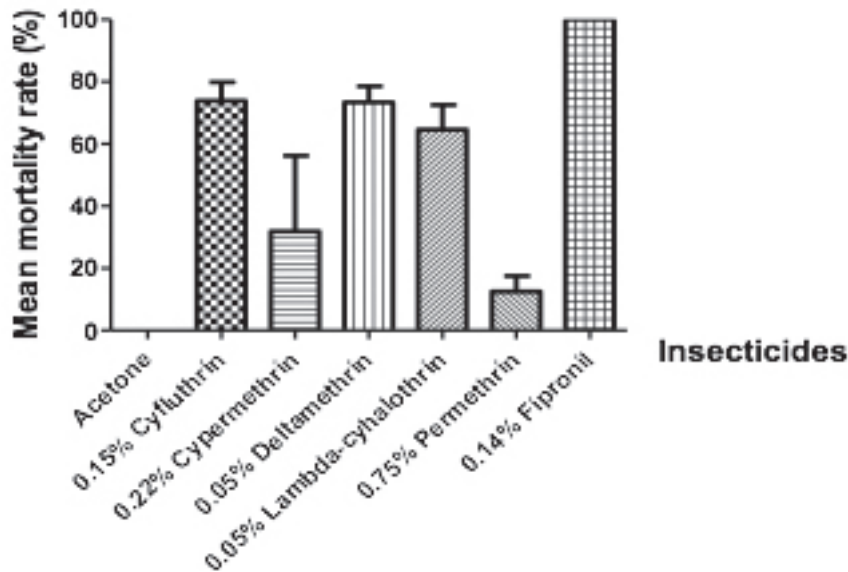
ตารางที่ 1 ผลการทดสอบความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้าน 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัดพื้นที่ศึกษา

Insecticides	Mean mortality rates of <i>Ae. aegypti</i> (Mean±SD) (%)						
	Laboratory	Muang Tak	Bantak Tak	Muang Phitsanulok	Nakhonhai Phitsanulok	Hangdong Chiangmai	Sansai Chiangmai
acetone	0	0	0	0	0	0	0
0.15% Cyfluthrin	100	80.0±3.3	74.0±2.3	65.0±3.8	72.0±4.6	75.0±3.8	77.0±6.0
0.22% Cypermethrin	100	18.0±2.3	66.0±5.1	2.0±2.3	62.0±2.3	23.0±2.0	20.0±3.3
0.05% Deltamethrin	100	75.0±3.8	79.0±3.8	77.0±3.8	72.0±3.3	70.0±2.3	67.0±3.8
0.05% Lambda-cyhalothrin	100	70.0±2.3	61.0±2.0	76.0±3.2	66.0±2.3	53.0±2.0	62.0±5.1
0.75% Permethrin	100	10.0±2.3	13.0±2.0	9.0±2.0	16.0±3.3	7.0±2.0	20.0±3.3
0.14% Fipronil	100	100	100	100	100	100	100

ตารางที่ 2 ค่าเวลาที่ทำให้ยุงลายบ้านหยายท้องร้อยละ 50 (knockdown time 50, KT_{50})

Insecticides	KT_{50} (minutes) (95% CI)						
	Laboratory	Muang, Tak	Bantak, Tak	Muang, Phitsanulok	Nakhonhai, Phitsanulok	Hangdong, Chiangmai	Sansai, Chiangmai
acetone	-	-	-	-	-	-	-
0.15% Cyfluthrin	ND	20.4 (16.0-23.6)	22.2 (18.6-24.9)	43.9 (38.8-47.6)	38.2 (30.2-43.1)	27.0 (22.6-30.2)	31.9 (28.0-35.0)
0.22% Cypermethrin	ND	38.0 (32.9-42.0)	42.8 (37.2-46.8)	45.7 (39.6-50.2)	40.5 (36.1-43.8)	35.7 (23.0-42.7)	32.3 (17.7-40.6)
0.05% Deltamethrin	ND	40.6 (36.0-44.1)	37.4 (30.6-41.8)	52.4 (47.4-57.0)	44.1 (37.7-48.4)	41.0 (32.9-46.0)	45.5 (38.4-50.2)
0.05% Lambda-cyhalothrin	ND	46.2 (39.5-50.8)	39.2 (30.3-44.5)	49.1 (45.0-52.8)	43.4 (38.3-47.0)	39.9 (33.7-44.0)	40.4 (35.8-43.8)
0.75% Permethrin	ND	66.6 (53.1-90.7)	56.3 (10.9-68.4)	53.8 (48.7-59.0)	55.0 (48.6-61.0)	51.7 (29.8-60.8)	58.7 (21.1-71.8)
0.14% Fipronil	24.1 (11.2-31.7)	24.0 (22.5-25.1)	22.9 (21.1-24.2)	20.8 (19.3-22.0)	19.9 (18.0-21.3)	25.4 (22.6-27.4)	22.1 (16.4-25.4)

Note: *ND คือ Not determined



ภาพที่ 1 อัตราตายเฉลี่ยของยุงลายบ้าน 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัดพื้นที่ศึกษา จากการทดสอบความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลง 6 ชนิด (ตัวอักษร a - e บนกราฟแต่ละแท่งหมายถึงมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $P < 0.05$)

ตารางที่ 3 การประเมินผลของสเปรย์ฟิพรอนิลอัดก๊าสในการกำจัดยุงลายบ้านคือสารไพรีทรอยด์ 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัดพื้นที่ศึกษา

Aerosol Sprays	Mean mortality rates of <i>Ae.aegypti</i> (Mean±SD)(%)						
	Laboratory	Muang, Tak	Bantak, Tak	Muang, Phitsanulok	Nakhonhai, Phitsanulok	Hangdong, Chiangmai	Sansai, Chiangmai
Isopropanol-Aerosol Spray	0	0	0	0	0	0	0
Fipronil Aerosol Spray	100	100	100	100	100	100	100

4. อภิปราย/วิจารณ์

โรคไข้เลือดออกยังเป็นปัญหาที่สำคัญทางสาธารณสุข เนื่องจากในแต่ละปียังมีรายงานผู้ป่วยจำนวนมากและมีผู้เสียชีวิต การควบคุมและป้องกันโรคไข้เลือดออกมีความจำเป็นต้องใช้สารเคมีกำจัดแมลงเพื่อตัดวงจรการระบาดของโรคได้อย่างทันกาล งานวิจัยนี้ พบว่า ยุงลายบ้านทั้ง 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัด คือต่อสารไพรีทรอยด์ทั้ง 5 ชนิดที่ใช้ในการทดสอบซึ่งสนับสนุนการศึกษาที่ผ่านมาที่รายงานว่ายุงลายบ้านคือต่อสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์ในหลายพื้นที่ของทุกจังหวัดในประเทศไทย⁽³⁻⁴⁾ อย่างไรก็ตาม ยุงลายบ้านทั้ง 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัดพื้นที่ศึกษาที่มีความไวต่อสารฟิพรอนิลที่มีความเข้มข้น discriminating concentration และเมื่อนำมาพัฒนาเป็นสเปรย์ฟิพรอนิลอัดก๊าสที่มีความเข้มข้นดังกล่าว พบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัดยุงลายบ้านคือสารไพรีทรอยด์จากทั้ง 3 จังหวัดได้ ซึ่งสนับสนุนงานวิจัยที่ผ่านมาที่มีรายงานว่าสารฟิพรอนิลสามารถ

ใช้ในการป้องกันกำจัดยุงลายบ้าน ยุงลายสวน ยุงรำคาญได้⁽⁹⁾ โดยสารฟิพรอนิลมีกลไกการออกฤทธิ์ไปยับยั้งการเกิด GABA receptor-chloride complex ในยุงลายบ้าน จึงทำให้เกิดการกระตุ้นอย่างต่อเนื่องที่ระบบประสาทส่วนกลาง ทำให้ยุงลายบ้านเกิดอาการชักกระตุก หงายท้องและตายในที่สุด ถึงแม้ว่า ligand-gated GABA chloride channel มีความจำเพาะต่อการทำงานของระบบประสาทส่วนกลางของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่สารฟิพรอนิลสามารถเลือกจับเฉพาะ glutamate-gated GABA chloride channel ซึ่งพบเฉพาะในสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง จึงทำให้เกิดพิษต่อสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง การทราบสถานะการต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้านมีความสำคัญต่อการพิจารณาเลือกใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่เหมาะสมสำหรับการควบคุมยุงลายบ้านคือสารเคมีกำจัดแมลง อย่างไรก็ตามในการควบคุมยุงลายบ้านคือสารเคมีกำจัดแมลงควรใช้วิธีแบบบูรณาการ โดยมุ่งเน้นการกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์

ของยุงอย่างสม่ำเสมอ ใช้วัสดุอุปกรณ์กำจัดยุงและใช้ผลิตภัณฑ์สมุนไพรป้องกันกำจัดยุงที่มีความปลอดภัยเพื่อป้องกันโรคที่นำโดยยุง ควรลดการใช้สารเคมีกำจัดแมลงหรือใช้เท่าที่จำเป็นเพื่อลดหรือชะลอการพัฒนาการดื้อต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุง โดยองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์สเปรย์อัดก๊าซกำจัดแมลงพาหะนำโรคที่ดื้อสารเคมี

กำจัดแมลงเพื่อป้องกันการระบาดของโรคที่นำโดยแมลง โดยสรุปได้ว่า สเปรย์อัดก๊าซที่มีพิโปรนิลความเข้มข้นร้อยละ 0.14 มีประสิทธิภาพในการกำจัดยุงลายบ้านดื้อสารไพรีทรอยด์ทั้ง 6 พื้นที่ จาก 3 จังหวัดพื้นที่ศึกษา โดยให้อัตราตายของยุงลายบ้านดื้อสารไพรีทรอยด์ร้อยละ 100 ที่ 24 ชั่วโมง

5. เอกสารอ้างอิง

1. Bureau of Vector-Borne Diseases Control (BVBD), Department of Disease Control (DDC). Dengue Fever [Internet]. 2022 [cited 2022 Nov 30]. Available from: http://doe.moph.go.th/surdata/506wk/y65/d262766_4765.pdf (In Thai)
2. Bureau of Epidemiology (BOE), Department of Disease Control (DDC). Reporting of Priority Diseases Guideline, Thailand (Second edition). Bangkok: The Agricultural Co-operative Federation of Thailand Printing Press; 2012.
3. Chareonviriyaphap T, Bangs MJ, Suwonkerd W, Kongmee M, Corbel V, Ngoen-Klan R. Review of insecticide resistance and behavioral avoidance of vectors of human diseases in Thailand. *Parasit Vectors* 2013; 6:280.
4. Division of Vector Borne Diseases (DVBD), Department of Disease Control (DDC). Reporting of Insecticide Susceptibility in Mosquito Vectors [Internet]. 2022 [cited 2022 Nov 20]. Available from: https://drive.google.com/drive/folders/1Kzxz3iEgyAzNpIDSEWJ0QTy_eVoS7FJY.
5. Srisa – ard, B. Preliminary research. (Ten edition). Bangkok: Suweriyasan Printing; 2017.
6. World Health Organization. Monitoring and managing insecticide resistance in Aedes mosquito populations. Interim guidance for entomologists [Internet]. 2016 [cited in 2022 Nov 27]. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/204588/WHO_ZIKV_VC_16.1_eng.pdf?sequence=2&isAllowed=y
7. World Health Organization. Guideline for efficacy testing of household insecticide products. [Internet] 2009 [cited 2022 Nov 27]. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/70071/WHO_HTM_NTD_WHOPE5_2009.3_eng.pdf;jsessionid=0B95FB0C3714948BD4D979B62093BB82?sequence=1
8. Abbott W. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J Econ Entomol* 1925; 18, 265–267.
9. Fankhauser B, Dumont P, Hunter III JS, McCall JW, Kaufmann C, Mathis A, Young DR, Carroll SP, McCall S, Chester ST and Soll MD. Repellent and insecticidal efficacy of a new combination of fipronil and permethrin against three mosquito species (*Aedes albopictus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*) on dogs. *Parasites & Vectors* 2015; 8:64