

การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดยุงลายโดยการพ่นหมอกควัน
ในพื้นที่จังหวัดเลยและหนองบัวลำภู ปี 2565

Efficacy of Insecticides to *Aedes aegypti* by thermal fogging
in Loei and Nong Bua Lamphu province Year 2022

ไพฑูริยา ประดิษฐ์ศิริ ส.ม. (อนามัยสิ่งแวดล้อม)	Pathaimat Pruangpreechasak M.P.H (Environmental Health)
จักรพงษ์ วงษ์งาม วท.บ. (สาธารณสุขชุมชน)	Jaggapong Wong-ngam B.Sc. (Community Public Health)
สามิตร พันทะลย์ ปวช. (ช่างยนต์)	Samits Phantalai (Voc. Cert. in Mechanical)
สุริยันต์ โสภาว์พัฒน์ มัธยมศึกษาตอนปลาย	Suriyan Sopawat Senior High School
ศักดิ์ชาย ศิริกันรัตน์ มัธยมศึกษาตอนต้น	Sakchai Sirikanrat Junior High School
ปรามิทธิ์ บุญแก้ว ปวส. (การเงินและบัญชี)	Pramote Bunkaew (Diploma in Accounting)
ศูนย์ควบคุมโรคติดต่อฯ โดยแมลงที่ 8.2 จังหวัดเลย Vector-Borne Disease Control Center 8.2 Loei	

Received : January 4, 2023

Revised : August 11, 2023

Accepted: August 12, 2023

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีต่อยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) เป็นการศึกษาวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) โดยใช้วิธีการศึกษาประสิทธิภาพสารเคมีต่อยุงลายแบบ Bioassay test ตามวิธีการองค์การอนามัยโลก โดยนำลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ (Bora bora) สายพันธุ์จังหวัดเลยและสายพันธุ์จังหวัดหนองบัวลำภู มาเพาะเลี้ยงเพิ่มจำนวนในห้องทดลองจนเป็นตัวเต็มวัย แบ่งยุงกลุ่มทดสอบ 300 ตัวต่อสายพันธุ์ และยุงควบคุม 75 ตัวต่อสายพันธุ์ พื้นที่ดำเนินการทดสอบ คือ จังหวัดเลย ทดสอบโดยการพ่นหมอกควัน กับสารเคมีกลุ่มไพเรทรอยด์ (Pyrethroids) 3 ชนิด ประกอบด้วย เดลตาเมทรีน (Deltamethrin), ไซเพอร์เมทรีน (Cypermethrin) และเซต้าไซเพอร์เมทรีน (Zeta-cypermethrin) ในขนาดอัตราการออกฤทธิ์เท่ากับ 0.50, 10 และ 2.25 กรัม/เฮกตาร์ ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า ยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ (Bora bora) มีความไวระดับสูงต่อสารเคมีทั้ง 3 ชนิด ยุงลายบ้านสายพันธุ์จังหวัดเลย มีความไวระดับสูงต่อสารเคมี Cypermethrin อัตราตาย ร้อยละ 100, Deltamethrin มีความไวระดับต่ำ อัตราตาย ร้อยละ 69, Zeta-cypermethrin มีความไวระดับปานกลาง อัตราตาย ร้อยละ 89 ยุงลายบ้านสายพันธุ์จังหวัดหนองบัวลำภู มีความไวต่อ Cypermethrin ระดับสูง อัตราตาย ร้อยละ 100 Deltamethrin อัตราตาย ร้อยละ 89 และ Zeta-cypermethrin อัตราตาย ร้อยละ 95 ถือว่ามีความไวระดับปานกลาง สรุปได้ว่า ยุงลายบ้านมีความไวต่อสารเคมี 3 ชนิด แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ดังนั้น ควรเลือกใช้สารเคมีที่มีความไวให้สอดคล้องกับพื้นที่ รวมทั้งใช้สารเคมีในกรณีจำเป็นเท่านั้น เพื่อความประหยัดปลอดภัยและป้องกันการดื้อของยุงพาหะ

และมีการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีของยุงลายบ้านอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการเลือกใช้สารเคมีเพิ่มเติมต่อไป

คำสำคัญ: ยุงลายบ้าน, ความไว, สารเคมี

Abstract

The purpose of the study was to test the efficacy of the Insecticides on *Aedes aegypti* through quasi-experimental research. The testing involved a bioassay test conducted according to the World Health Organization's guidelines. *Aedes aegypti* larvae from Bora Bora, Loei, and Nong Bua Lam Phu species were cultured in the laboratory until they reached the adult stage. A total of 300 mosquitoes per species were assigned to the case group, while 75 mosquitoes per species were assigned to the control group. The test area was Loei province, and thermal fogging was used for the testing. The three chemical substances used in the study were pyrethroids: deltamethrin, cypermethrin, and zeta-cypermethrin, with concentrations of 0.50, 10, and 2.25 g/ha, respectively.

The results revealed that the Bora Bora species was highly susceptible to all pyrethroids, while the Loei species showed high susceptibility to cypermethrin, low susceptibility to deltamethrin, and moderate susceptibility to zeta-cypermethrin. The Nong Bua Lam Phu species was highly susceptible to cypermethrin, and moderately susceptible to deltamethrin and zeta-cypermethrin. The susceptibility of *Ae. aegypti* to pyrethroids varied in different areas. Therefore, it is important to use insecticides appropriate for specific areas and in the necessary quantities. This approach can help save budgets and protect the environment while minimizing insecticide resistance. Continuous monitoring should be conducted to gather information for the selection of appropriate insecticides.

Keyword: *Aedes aegypti*, bioassay test, Insecticide

บทนำ

โรคไข้เลือดออก เกิดจากการติดเชื้อไวรัสเดงกี ซึ่งมียุงลายเป็นพาหะนำโรค ยุงลายพาหะหลักคือ ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) พาหะรอง คือ ยุงลายสวน (*Aedes albopictus*) อาการของโรคแบ่งได้ 3 รูปแบบตามลักษณะอาการทางคลินิก ซึ่งความรุนแรงของโรคสามารถเกิดการติดเชื้อซ้ำได้⁽¹⁾ โรคไข้เลือดออกจึงเป็นหนึ่งในโรคติดต่ออันตรายโดยแมลงที่สำคัญ ทว่าโลกมักจะเกิดการระบาดในประเทศเขตร้อนชื้นได้แก่ อเมริกากลางและใต้ เอเชียตะวันออกเฉียงใต้ และแปซิฟิกตะวันตก ในปี 2551 ทั้ง 3 ภูมิภาค เกิดการระบาดของโรคไข้เดงกี มีผู้ป่วยรวมกันมากกว่า 1.2 ล้านราย ต่อมาปี 2556 พบผู้ป่วยมากกว่า 3 ล้านราย สำหรับประเทศสมาชิกอาเซียน (ASEAN) เกือบทุกประเทศ มีโรคไข้เลือดออกเป็นโรคประจำถิ่น (endemic area)⁽²⁾ ปัจจุบันรูปแบบการระบาดไม่แน่นอน โดยในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา มีทั้งการระบาด แบบปีเว้นปี ปีเว้นสองปี หรือปีเว้นสามปี⁽³⁾

การระบาดของโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย จากรายงานสถานการณ์โรคไข้เลือดออก (รง.506) มีจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก 5 ปีย้อนหลัง ปี 2560 – 2564 พบผู้ป่วยสะสมแต่ละปีจำนวน 15,974, 23,932, 37,534, 21,354, และ 4,407 ราย มีอัตราป่วย 24.18, 36.10, 56.45, 32.17 และ 7.05 ต่อประชากรแสนคนตามลำดับ (ข้อมูล ณ วันที่ 15 มิถุนายน 2565) ซึ่งปี 2562 มีจำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกสูงที่สุด การระบาดของโรคไข้เลือดออกของจังหวัดเลยและหนองบัวลำภู อยู่ในเขตพื้นที่รับผิดชอบของเขตสุขภาพที่ 8 การระบาดของโรคไข้เลือดออกมีเป็นประจำทุกปี ในปี 2563 จังหวัดเลย มีจำนวนผู้ป่วยสะสม 926 ราย อำเภอที่พบจำนวนผู้ป่วยสูงสุด คือ อำเภอเมืองเลย 236 ราย รongลงมา คือ อำเภอภูกระดึง 154 ราย และอำเภอหนองหิน 152 ราย รวมทั้งจังหวัดหนองบัวลำภู มีจำนวนผู้ป่วยสะสม 298 ราย อำเภอที่พบจำนวนผู้ป่วยสูงสุด คือ อำเภอเมือง 108 ราย รongลงมา คือ อำเภอสุวรรณคูหา 79 ราย และอำเภอศรีบุญเรือง 73 ราย⁽⁴⁾ ด้านการป้องกันควบคุมโรคไข้เลือดออกที่ดีที่สุด คือ การควบคุมยุงพาหะทั้งในระยะตัวเต็มวัยและระยะลูกน้ำ⁽⁵⁾ ในการกำจัดยุงลายตัวเต็มวัยจำเป็นต้องใช้สารเคมีควบคุมยุงพาหะนำโรค โดยใช้หลักการพ่นแบบฟุ้งกระจาย ในรูปแบบการพ่นแบบหมอกควัน (Fogging) หรือแบบละอองฝอย (ULV) ส่วนใหญ่หน่วยงานด้านสาธารณสุขในพื้นที่จังหวัดเลยและจังหวัดหนองบัวลำภู จะใช้เครื่องพ่นหมอกควัน ในการควบคุมและกำจัดยุงพาหะในช่วงฤดูกาลเกิดโรคไข้เลือดออก โดยสารเคมีควบคุมและกำจัดยุงที่ใช้กันในปัจจุบัน ได้แก่ สารเคมีสังเคราะห์กลุ่มไพรีทรอยด์ (Pyrethroids) เป็นสารเคมีที่มีความเป็นพิษต่อแมลงสูง แต่มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำ เช่น เดลตาเมทรีน (Deltamethrin) เพอร์เมทรีน (Permethrin) เป็นต้น⁽⁶⁾ จากการประเมินประสิทธิผลการพ่นสารเคมีควบคุมยุงลายขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น โดยคัดเลือกพื้นที่ 3 แห่ง ทดสอบสาร Deltamethrin 1% โดยการพ่นหมอกควัน มีอัตราการตาย 96 - 100% สาร Deltamethrin 0.50% โดยใช้การพ่นหมอกควัน มีอัตราการตาย 6.67 - 100% และสาร Deltamethrin 0.5% โดยใช้การพ่นฝอยละออง มีอัตราการตาย 97.33 - 100% พบว่า ประสิทธิภาพในการกำจัดยุงลายในพื้นที่จังหวัดอุดรดิษฐ์ และตาก อยู่ในระดับสูง แต่จังหวัดเพชรบูรณ์ การพ่นเคมียังไม่มีประสิทธิภาพ อัตราการตายของยุงลายต่ำกว่าเกณฑ์⁽⁷⁾ การประเมินประสิทธิภาพการพ่นสารเคมี

ควบคุมยุงลายขององค์กรปกครองท้องถิ่น ในพื้นที่จำนวน 12 แห่ง (12 ยี่ห้อ) พบว่า สารเคมีที่ใช้เป็นสารกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์แยกตามชนิดของสารที่ออกฤทธิ์ได้ 3 ชนิด คือ เดลต้าเมทริน 6 ยี่ห้อ ไซเปอร์เมทริน 5 ยี่ห้อ และไซฟลูทริน 1 ยี่ห้อ ทดสอบประสิทธิภาพโดยผสมสารเคมีในอัตราส่วนที่ระบุตามฉลากพบว่า สารเคมีทุกตัวมีประสิทธิภาพกำจัดยุงอยู่ในระดับสูง โดยยุงมีอัตราการตาย ร้อยละ 98 - 100 ซึ่งสารเคมี เดลต้าเมทริน 0.50 % มีอัตราการตายร้อยละ 98.00 - 99.20 เดลต้าเมทริน 1.00 และ 2.00 % มีอัตราการตายร้อยละ 100 ไซเปอร์เมทริน 25 % มีอัตราการตายร้อยละ 100⁽⁸⁾ คุณลักษณะความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมีและประสิทธิภาพของสารเคมีประเภท ฉีดพ่นหมอกควันในการกำจัดยุงลายบ้านที่มีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงจากจังหวัดจันทบุรี การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีสำหรับฉีดพ่นแบบฟุ้งกระจายประเภทหมอกควันในการกำจัดยุงลายบ้านสายพันธุ์ ที่มีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงสำหรับสาร Zeta-cypermethrin, สาร Cypermethrin และสาร Deltamethrin ที่อัตราการใช้ 2.50, 2.50 และ 1 กรัม/เฮกตาร์ พบว่า มีประสิทธิภาพในการกำจัดยุงลายบ้าน สายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงจากจังหวัดจันทบุรีได้ ร้อยละ 5.70, 1.00 และ 4.00 ตามลำดับ พบว่าสารเคมีในกลุ่ม pyrethroids มีผลทำให้ยุงลายบ้านสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงจากจังหวัดจันทบุรีตายในระดับต่ำ ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมีในกลุ่ม organophosphates คือ Pirimiphos-methyl ฉีดพ่นหมอกควันที่อัตราการใช้ 20, 50, 75 และ 100 กรัมต่อเฮกตาร์ พบอัตราการตายของยุงลายบ้านจันทบุรีเท่ากับร้อยละ 13.70, 41.70, 54.80 และ 97.70 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการตายของยุงลายบ้านจันทบุรีที่อัตราการใช้ 100 และ 200 กรัมต่อเฮกตาร์ พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p>0.05$) และพบว่ามีผลทำให้ยุงลายบ้านสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงจากจังหวัดจันทบุรีตายสูง (ร้อยละ 97.70 - 99.70) ไม่แตกต่างจากยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ การศึกษาระดับเอนไซม์ทำลายฤทธิ์ของสารเคมีกำจัดแมลงในยุงลายบ้าน พบว่า ค่าเฉลี่ยระดับของเอนไซม์ Esterase และ mixed function oxidases ของยุงลายบ้านจันทบุรีมีค่าสูง โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.001$) เมื่อเทียบกับยุงลายบ้านจากห้องปฏิบัติการ เอนไซม์ Esterase และ mixed function oxidases คือ เอนไซม์ที่ทำลายฤทธิ์ของสารเคมีกำจัดแมลง⁽⁹⁾ กล่าวได้ว่า การที่เอนไซม์ Esterase และ mixed function oxidases มีค่าสูง ทำให้เกิดความต้านทานของสารเคมีขึ้น จากการประเมินประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดยุงลายบ้านโดยการปล่อยระยะเหี่ยวแบบกึ่งภาคสนามกับยุงลายบ้าน 4 สายพันธุ์ ใช้สารเคมีสูตรผสม 3 สูตร สูตรผสม 1 (deltamethrin, s-bioallethrin, piperonyl butoxide (PBO)), สูตรผสม 2 (lambda-cyhalothrin, tetramethrin, PBO), สูตรผสม 3 (zeta cypermethrin, tetramethrin, PBO) และ สูตรเดี่ยว (cyfluthrin) พบว่า สูตรผสม 3 มีประสิทธิภาพดีที่สุดสามารถฆ่ายุงลายได้มากกว่าร้อยละ 90 ทั้ง 4 สายพันธุ์ โดยการผสมตามอัตราการใช้ที่แนะนำบนฉลากและเป็นอัตราสูงสุดตามคำแนะนำของ WHO ในขณะที่สูตรผสม 1 และสูตรผสม 2 มีประสิทธิภาพฆ่ายุงลายได้มากกว่าร้อยละ 90 ได้ 3 สายพันธุ์ ตามอัตราการใช้ที่แนะนำบนฉลากและอัตราสูงสุดตามคำแนะนำของ WHO

สวสนสารเคมีสูตรเดี่ยว (cyfluthrin) มีประสิทธิภาพฆ่ายุงลายได้มากกว่าร้อยละ 90 ได้ 3 สายพันธุ์ เมื่อใช้อัตราการผสมสูงสุดตามคำแนะนำของ WHO และฆ่ายุงลายได้น้อยกว่าร้อยละ 90 เมื่อใช้ตามอัตราที่แนะนำบนฉลาก ซึ่งสารเคมี cyfluthrin สูตรเดี่ยวอาจมีข้อจำกัดในการใช้เนื่องจากไม่มีสาร piperonyl butoxide (PBO) ช่วยเสริมฤทธิ์⁽¹⁰⁾ สารเคมีกลุ่มไพริทรอยด์มีการใช้อย่างแพร่หลายในพื้นที่จังหวัดเลยและหนองบัวลำภู บางพื้นที่มีการใช้มาเป็นเวลานาน ทั้งนี้ในเขตสุขภาพที่ 8 จังหวัดเลย มีการระบาดของโรคไข้เลือดออกสูงสุดช่วงปี 2560 - 2563 ส่วนจังหวัดหนองบัวลำภู พบการระบาดสูงในบางปีจากการพยากรณ์โรคโดยกองโรคติดต่อฯ โดยแมลงคาดว่า ในปี 2565 มีแนวโน้มการระบาดมากกว่าปี 2564 โดยจำนวนผู้ป่วยตลอดทั้งปีประมาณ 95,000 ราย⁽¹¹⁾ การควบคุมโรคจึงมีความสำคัญในการลดการระบาดของโรคไข้เลือดออก ปัจจัยหนึ่งที่จะทำให้การควบคุมโรคมีประสิทธิภาพ คือ สารเคมีที่ใช้ และอัตราการใช้ที่เหมาะสม ดังนั้น จึงควรมีการทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีต่อยุงลายบ้านอย่างต่อเนื่อง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีต่อยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) ในพื้นที่จังหวัดเลย และหนองบัวลำภู
2. เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการเลือกใช้สารเคมีและพิจารณาการใช้สารเสริมฤทธิ์ในการควบคุมยุงลายบ้าน

วิธีการศึกษา

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-experimental research) ทำการศึกษาระหว่างเดือนธันวาคม 2564 และ มีนาคม 2565 โดยมีวิธีการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 - 1.1 ประชากร คือ ลูกน้ำยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* สุ่มมาจากพื้นที่บ้านนาแปนเหนือ หมู่ที่ 14 ตำบลศรีฐาน อำเภอภูกระดึง จังหวัดเลย และบ้านโคก หมู่ที่ 1 ตำบลบ้านโคก อำเภอสุวรรณคูหา จังหวัดหนองบัวลำภู และสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ (Bora bora) จากสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดขอนแก่น นำมาเลี้ยง เป็นยุงตัวเต็มวัย (F_0) และผสมพันธุ์ในห้องปฏิบัติการศูนย์ควบคุมโรคติดต่อฯ โดยแมลงที่ 8.2 จังหวัดเลย เป็นลูกน้ำยุงลายบ้าน เจริญเป็นยุงตัวเต็มวัยรุ่นที่ 1 (F_1)
 - 1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ ยุงตัวเต็มวัยรุ่นที่ 1 (F_1) แยกยุงลายบ้านเพศเมียตัวเต็มวัย อายุ 3-5 วัน และยังไม่ได้อุดเลือด จำนวนยุงกลุ่มทดสอบ 100 ตัว ต่อสารเคมี 1 ชนิด และยุงควบคุม 25 ตัวต่อสารเคมี 1 ชนิด ทดสอบด้วยสารเคมีที่มีความเข้มข้น 3 ชนิด รวมใช้ยุงกลุ่มทดสอบ 300 ตัวต่อสายพันธุ์ และยุงควบคุม 75 ตัว ต่อสายพันธุ์

2. การเตรียมการทดสอบ นำยุงทดสอบแต่ละสายพันธุ์ใส่กรง กรงละ 25 ตัว จำนวน 4 กรง และยุงควบคุมสายพันธุ์ละ 25 ตัว จำนวน 1 กรง ดำเนินการตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก (World Health Organization, 1975)⁽¹²⁾

3. การเลือกพื้นที่ สำหรับเก็บลูกน้ำยุงลายคัดเลือกจากพื้นที่ที่มีจำนวนผู้ป่วยของโรคไข้เลือดออกสูงที่สุดในปี 2563 พื้นที่สำหรับทดสอบ คือ บ้านโป่งป่าตัว หมู่ที่ 5 ตำบลกกคู้ อำเภอมือเืองเลย จังหวัดเลย โดยคัดเลือกบ้านในสภาพธรรมชาติที่สามารถวัดขนาดพื้นที่ได้ชัดเจนและปิดมิดชิดโดยมีพื้นที่ระหว่าง 100 - 200 ตารางเมตร เพื่อคำนวณหาปริมาณสารเคมีและเวลาที่ใช้พ่น ใช้บ้านจำนวน 6 หลังต่อยุง 1 สายพันธุ์

3.1 เลือกบ้าน 2 หลัง แขนงกรงยุงทดสอบหลังละ 2 กรง

3.2 เลือกบ้านแขนงกรงยุงควบคุมสำหรับเปรียบเทียบ (ไม่สัมผัสสารเคมี) 1 หลัง จำนวน 1 กรง โดยห่างจากบ้านที่ทำการศึกษาน้อย 100 เมตร

4. การใช้เครื่องมือในการวิจัย

4.1 สารเคมีที่ทดสอบ สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ความเข้มข้นมาตรฐาน 3 ชนิด ประกอบด้วย Deltamethrin 0.5%, Cypermethrin 25%, Zeta-cypermethrin 2.25% ระบุตามฉลากข้างขวด

4.2 เครื่องพ่นเคมี เป็นเครื่องพ่นหมอกควันยี่ห้อ swing fog วัดอัตราการไหลของเครื่องพ่น เพื่อคำนวณหาเวลาในการพ่นสารเคมี วัดอัตราการไหลของน้ำยาเคมี 4.5 มิลลิลิตรต่อวินาที อุณหภูมิปลายท่อ 700 องศาเซลเซียส ดำเนินการตามคำแนะนำของกรมควบคุมโรค⁽¹³⁾

4.3 การเตรียมสารเคมี ผสมสารเคมีกับน้ำมันดีเซลในอัตราส่วนตามแต่ละชนิดของสารเคมีนั้นๆ และคำนวณเวลาที่ใช้พ่น เพื่อให้ได้อัตราสารออกฤทธิ์ต่อพื้นที่ต้องการตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก

$$\text{สูตรคำนวณ เวลาที่ใช้พ่น (วินาที)} = \frac{\text{อัตราการออกฤทธิ์ที่ต้องการ (g/ha)} \times \text{จำนวนพื้นที่ (ม}^2\text{)} \times \text{อัตราผสมรวม}}{\text{อัตราการไหล (มล./วินาที)} \times \text{ความเข้มข้นสารตั้งต้น (\%)} \times 100}$$

5. วิธีการทดสอบ การทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ในการพ่นสำหรับเครื่องพ่นแบบ สะพายไหล่/หลัง (Bioassay test)

5.1 ก่อนการพ่นสารเคมีให้นำกรงไปแขวนในบ้านที่สุ่มเลือกไว้ บ้านทุกหลังที่แขวนกรงยุงต้องปิด หน้าต่าง และบ้านแต่ละหลังมีกรงทดสอบ 2 กรง

5.2 นำกรงยุงไปแขวนไว้ที่กลางห้อง สูงจากพื้นประมาณ 1.5 เมตร ทั้งในบ้านทดสอบ และบ้านเปรียบเทียบ

5.3 การพ่นสารเคมีตามความเข้มข้นที่ผลิตภัณฑ์กำหนดและอัตราการไหลของสารเคมีได้ มาตรฐานตามคุณสมบัติของเครื่องพ่นที่ใช้ วิธีการพ่น เดินเข้าไปในบ้านปลายท่อห่างจากฝาผนัง 2 เมตร

เอียงปลายท่อพ่นลงประมาณ 30 องศา เปิดน้ำยาเดินถอยหลังช้าๆ พร้อมกับส่ายปลายท่อครึ่งวงกลมครบ เวลาปิดน้ำยาและปิดประตูไว้

5.4 แขนงทรงยุงให้สัมผัสสารเคมีนาน 60 นาที ครบเวลา 60 นาที นำทรงยุงออกจากบ้าน มาบริเวณที่ไม่มีการพ่นสารเคมี ใช้สาลีชุบน้ำตาลร้อยละ 10 วางบนทรงยุงดูตกิน นำไปเลี้ยงต่อในห้องปฏิบัติการจนครบ 24 ชั่วโมง นับจำนวนยุงตายหลังครบ 24 ชั่วโมง⁽¹⁴⁾

6. วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้สถิติเชิงพรรณนา คือ ร้อยละ

6.1 หาอัตราตายของยุง

$$\text{อัตราตาย} = \frac{\text{จำนวนยุงทดสอบตาย} \times 100}{\text{จำนวนยุงทดสอบทั้งหมด}}$$

ถ้ามีอัตราตายระหว่างร้อยละ 5 - 20 ให้ปรับค่าอัตราตายจริง โดยใช้ Abbott's formula: อัตราตายที่แท้จริง และอัตราตายมากกว่า ร้อยละ 20 ผลการทดสอบผิดพลาด ต้องทำการทดสอบใหม่⁽¹⁵⁾

$$\text{อัตราตายที่แท้จริง} = \frac{\text{อัตราตายของยุงที่ทดสอบ} - \text{อัตราตายของยุงเปรียบเทียบ} \times 100}{100 - \text{อัตราตายของยุงเปรียบเทียบ}}$$

6.2 การแปลผล

- อัตราตายร้อยละ 98 - 100 ถือว่า มีความไวระดับสูง
- อัตราตายร้อยละ 80 - 97 ถือว่า มีความไวระดับปานกลาง
- อัตราตายน้อยกว่าร้อยละ 80 ถือว่า มีความไวระดับต่ำหรือดื้อสารเคมี

ผลการศึกษา

ชนิดสารเคมีและปริมาณสารออกฤทธิ์ต่อพื้นที่ (active ingredient: กรัม/เฮกตาร์) เป็นสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ 3 ชนิด คือ Deltamethrin, Cypermethrin และ Zeta-cypermethrin ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดสารเคมี ความเข้มข้น อัตราการผสม และอัตราการออกฤทธิ์

สารเคมี	ความเข้มข้น (%)	อัตราการผสม	สารออกฤทธิ์ที่พ่น (กรัม/เฮกตาร์)	WHO แนะนำ ⁽¹⁶⁾ , (กรัม/เฮกตาร์)
Deltamethrin	0.5	1:99	0.5	0.5-1
Cypermethrin	25	1:99	10*	-**
Zeta-cypermethrin	2.25	1:99	2.25	1-3

*ได้จากการคำนวณปริมาณอัตราการใช้สารออกฤทธิ์หลักต่อพื้นที่

**ไม่พบคำแนะนำสำหรับการพ่น Space spray เพื่อควบคุมยุงลายในเอกสารขององค์การอนามัยโลก

สารเคมี Deltamethrin ความเข้มข้น 0.5%, Cypermethrin ความเข้มข้น 25% และ Zeta-cypermethrin ความเข้มข้น 2.25% ทั้ง 3 ชนิด มีอัตราส่วนผสม 1:99 ขึ้นอยู่กับคำแนะนำบนสลากข้างขวด การคำนวณอัตราสารออกฤทธิ์ สารเคมี Deltamethrin และ Zeta-cypermethrin เท่ากับ 0.5 และ 2.25 กรัม/เฮกตาร์ ตามคำแนะนำขององค์การอนามัยโลก สารเคมี Cypermethrin มีอัตราส่วนผสม 10 กรัม/เฮกตาร์ ไม่พบคำแนะนำที่ใช้พ่นจาก WHO

ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีกับยุงลายบ้านสายพันธุ์จังหวัดเลย สายพันธุ์จังหวัดหนองบัวลำภู และสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการต่อการต่อสารเคมีทั้ง 3 ชนิด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีกับยุงลายในพื้นที่จังหวัดเลยและจังหวัดหนองบัวลำภู
(Record of Bioassay test)

ยุงลายสายพันธุ์	อัตราตาย (ร้อยละ) ต่อสารเคมี		
	Deltamethrin 0.5%	Cypermethrin 25%	Zeta-cypermethrin 2.25%
เลย	69	100	86
หนองบัวลำภู	89	100	95
ห้องปฏิบัติการ	100	100	100
เปรียบเทียบ	0	0	0

จากการทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีกับยุงลายบ้านในพื้นที่จังหวัดเลยและจังหวัดหนองบัวลำภู สารเคมีทั้ง 3 ชนิด พบว่า

ยุงลายบ้านต่อสารเคมี Deltamethrin ความเข้มข้น 0.5% สายพันธุ์จังหวัดเลย มีอัตราตายร้อยละ 69 มีความไวระดับต่ำหรือต่อสารเคมี สายพันธุ์จังหวัดหนองบัวลำภู อัตราตายร้อยละ 89 มีความไวปานกลางและสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ (Bora bora) อัตราตายร้อยละ 100 มีความไวระดับสูง

สารเคมี Cypermethrin ความเข้มข้น 25% ต่อยุงลายทั้ง 3 สายพันธุ์ มีอัตราตายร้อยละ 100 มีความไวระดับสูง

สารเคมี Zeta-cypermethrin ความเข้มข้น 2.25% ต่อยุงลายจังหวัดเลย มีอัตราตายร้อยละ 86 มีความไวปานกลาง สายพันธุ์จังหวัดหนองบัวลำภู อัตราตายร้อยละ 95 มีความไวปานกลาง และสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ (Bora bora) อัตราตายร้อยละ 100 มีความไวระดับสูง

สรุปผลการศึกษา

จากสถานการณ์โรคไข้เลือดออก พบรายงานผู้ป่วยอย่างต่อเนื่องทุกปี มีวิธีการควบคุมยุงพาหะนำโรค ด้วยสารเคมีเป็นหนึ่งในวิธีที่มักใช้ในควบคุมการระบาดของโรคไข้เลือดออกที่ได้ผลและรวดเร็ว โดยทั่วไปพบการใช้สารเคมีชนิดเดิมเป็นระยะเวลานานและการใช้อัตราส่วนที่ไม่ตรงตามฉลากข้างขวด ซึ่งอาจส่งผลกระทบต่อยุงลายบ้านในด้านความต้านทานต่อสารเคมี การวิจัยครั้งนี้จึงทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีต่อยุงลายในพื้นที่จังหวัดเลยและหนองบัวลำภู (Bioassay test) สารเคมีที่ใช้ในการทดสอบเป็นกลุ่มไพรีทรอยด์ 3 ชนิด คือ Deltamethrin, Cypermethrin และ Zeta-cypermethrin ทดสอบกับยุงลายบ้าน 3 สายพันธุ์ จากผลการศึกษา พบว่า ยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ (Bora bora) มีความไวระดับสูงต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ทุกชนิด สายพันธุ์จังหวัดเลย มีความไวต่อ Cypermethrin ระดับสูง Zeta-cypermethrin ระดับปานกลาง และ Deltamethrin ระดับต่ำ สายพันธุ์จังหวัดหนองบัวลำภู มีความไวต่อสารเคมี Cypermethrin ระดับสูง และ Deltamethrin, Zeta-cypermethrin ระดับปานกลาง

อภิปรายผล

จากผลการศึกษา ยุงลายบ้านเริ่มมีความต้านทานต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ชนิด Deltamethrin และ Zeta-cypermethrin อาจกล่าวได้ว่า ในช่วงที่ผ่านมาทั้งสองพื้นที่ มีการใช้สารเคมีทั้ง 2 ชนิด เป็นระยะเวลายาวนาน ทำให้ยุงมีความต้านทานต่อสารเพิ่มมากขึ้น สำหรับ Cypermethrin ยุงลายบ้านมีความไวระดับสูง มีความเข้มข้นที่ใช้สูงกว่า Deltamethrin และ Zeta-cypermethrin และการใช้งานไม่ได้แพร่หลายเมื่อเทียบสารเคมี Deltamethrin, Cypermethrin และ Zeta-cypermethrin สอดคล้องกับ เสาวนีย์ ตีมูล และคณะ (2565) พบว่า สาร Deltamethrin 0.5% โดยการใช้การพ่นหมอกควัน มีอัตราการตาย 6.67 - 100% การพ่นเคมียังไม่มีประสิทธิผล อัตราการตายของยุงลายมีระดับต่ำ เป็นยุงลายในพื้นที่จังหวัดเพชรบูรณ์ เมื่อเปรียบเทียบกับ สาร Deltamethrin 1% โดยการพ่นหมอกควัน มีอัตราการตาย 96 - 100% และสาร Deltamethrin 0.5% โดยการใช้การพ่นฝอยละออง มีอัตราการตาย 97.33 - 100% ประสิทธิภาพในการกำจัดยุงลายในพื้นที่จังหวัดอุดรดิษฐ์ และตาก อยู่ในระดับสูง ตามลำดับ จากผลการทดสอบครั้งนี้ สารเคมี Deltamethrin, Cypermethrin และ Zeta-cypermethrin สายพันธุ์จังหวัดเลย มีอัตราตายร้อยละ 69, 100 และ 86 สายพันธุ์จังหวัดหนองบัวลำภูมีอัตราตายร้อยละ 89, 100 และ 95 กล่าวคือ สายพันธุ์ทั้ง 2 จังหวัด มีแนวโน้มความต้านทานสารเคมีมากขึ้น โดยเฉพาะสารเคมี Deltamethrin มีความไวในระดับต่ำถึงปานกลาง อัตราตายระหว่างร้อยละ 69 - 89 ซึ่งเป็นอัตราตายน้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารเคมี Cypermethrin และ Zeta-cypermethrin จากการศึกษาของกองแก้ว ยะอุบ และคณะ (2561) พ่นสารเคมีควบคุมยุงตัวเต็มวัย ในพื้นที่ 3 ชนิด คือ เดลต้าเมทริน 6 ยี่ห่อ ไซเปอร์เมทริน 5 ยี่ห่อ และไซฟลูทริน 1 ยี่ห่อ ทดสอบประสิทธิภาพโดยผสมสารเคมีในอัตราส่วนที่ระบุตามฉลากพบว่า สารเคมีทุกตัวมีประสิทธิภาพกำจัดยุงอยู่ในระดับสูง สารเคมี Deltamethrin 0.5 % อัตราตายระหว่างร้อยละ 98 - 99.2

และ Cypermethrin 25% อัตราตายร้อยละ 100 ผลแตกต่างจากผลที่ได้จากการทดสอบครั้งนี้ ยุงลายสายพันธุ์จังหวัดเลยและหนองบัวลำภู มีอัตราตายระหว่างร้อยละ 69 - 89 อยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง เห็นได้ว่า ยุงลายบ้านเริ่มมีแนวโน้มการต้านทานต่อสารเคมี Deltamethrin 0.5% เพิ่มมากขึ้น ผลการทดสอบของ Cypermethrin 25% อัตราตายร้อยละ 100 สอดคล้องกัน ด้วยปัจจัยการใช้สารเคมี Cypermethrin ในพื้นที่ยังมีน้อย เช่นเดียวกับการศึกษาของภูเบศร์ ยะอัมพันธ์ และคณะ (2564) การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีสำหรับฉีดพ่นแบบฟุ้งกระจายประเภทหมอกควัน สำหรับสาร Zeta-cypermethrin 2.5%, สาร Cypermethrin 2.5% และสาร Deltamethrin 1% ที่อัตราการใช้ 2.5, 2.5 และ 1 กรัม/เฮกตาร์ พบว่ายุงลายบ้านสายพันธุ์จากจังหวัดจันทบุรีมีอัตราตาย ร้อยละ 5.70, 1.00 และ 4.00 ตามลำดับ มีผลทำให้ยุงลายบ้านสายพันธุ์ที่มีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงจากจังหวัดจันทบุรีตายในระดับต่ำ ซึ่งจากการสอบถามข้อมูลในพื้นที่ศึกษาพบว่ามีการใช้สาร Deltamethrin ในการฉีดพ่นควบคุมกำจัดยุงลายเป็นระยะเวลาต่อเนื่องนานหลายปี รวมทั้งในพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่มีการทำสวนผลไม้เป็นจำนวนมาก เช่น ทุเรียน เงาะ และมังคุด เป็นต้น พื้นที่สวนผลไม้เหล่านี้ มักเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้เคียงหรือติดต่อกับบ้านเรือนที่อยู่อาศัยชาวบ้านในพื้นที่มีการใช้สารเคมีหลากหลายชนิด เช่น Cypermethrin, Chlorpyrifos, Pirimiphos-methyl, Lambda cyhalothrin และ Fipronil เป็นต้น ยุงลายสายพันธุ์จังหวัดเลยและหนองบัวลำภู มีความไวต่อสารเคมีกลุ่ม Pyrethroids ที่มีระดับต่ำ คือ สาร Deltamethrin 0.5% ถึงจะมีอัตราตายร้อยละ 69 - 89 ซึ่งสูงกว่าสายพันธุ์จังหวัดจันทบุรี และมีผลแตกต่างในส่วนสาร Zeta-cypermethrin 2.25% มีอัตราตายร้อยละ 86 - 95 มีความไวระดับปานกลาง, สาร Cypermethrin 25% มีอัตราตายร้อยละ 100 มีความไวระดับสูง ด้วยพื้นที่จังหวัดเลยและหนองบัวลำภู ส่วนใหญ่เป็นสวนยางพารา ซึ่งไม่มีการใช้สารเคมีไร้อ้อย มีการใช้สารกำจัดวัชพืชบางส่วน และห่างจากที่อยู่อาศัยของประชาชน ทำให้ยุงลายสายพันธุ์จังหวัดเลยและหนองบัวลำภู มีอัตราตายสูงกว่าสายพันธุ์จังหวัดจันทบุรี จึงเป็นข้อควรระวังการใช้สารเคมีให้ถูกต้องตามฉลากที่ระบุข้างขวดเท่านั้น เพื่อลดการใช้สารเคมีที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็นในอนาคต และลดปัจจัยที่ทำให้ยุงลายบ้านมีความต้านทานเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้จิราภรณ์ เสวะนา และคณะ (2563) ให้ข้อสรุปว่าการใช้สารเคมีผสมสาร Piperonyl butoxide (PBO) ลงไปในสูตรเพื่อเป็นสารเสริมฤทธิ์ประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงจะดียิ่งขึ้น ดังนั้นควรใช้สารเคมีสูตรผสมซึ่งมีประสิทธิภาพในการฆ่ายุงลายบ้าน ได้ดีกว่าสารเคมีสูตรเดี่ยว ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงเทคนิคการพ่นสารเคมี และอัตราการผสมสารเคมีจะต้องปฏิบัติอย่างถูกต้องจึงจะสามารถควบคุมยุงลายบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อจำกัดของการศึกษา

พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบ ไม่ใช่แหล่งที่อยู่ของยุงลายสายพันธุ์จังหวัดเลยและหนองบัวลำภู และการใช้พื้นที่เดียวกันในการทดสอบ ทำให้ผลการทดสอบอาจจะคลาดเคลื่อนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกใช้สารเคมีที่มีความไวให้สอดคล้องกับพื้นที่ ได้แก่ Cypermethrin และ Zeta-cypermethrin หรือสารชนิดอื่นที่ยังไม่มีการใช้ในพื้นที่ การใช้สารเสริมฤทธิ์ รวมทั้งการใช้สารเคมีในอัตราส่วนที่เหมาะสมเท่านั้น
2. มีการดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพสารเคมีของยุงลายบ้านอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นข้อมูลประกอบการเลือกใช้สารเคมีเพิ่มเติมต่อไป
3. ควรเลือกใช้ Deltamethrin 0.5% สูตรผสม ที่มีสารเสริมฤทธิ์ Piperonyl butoxide (PBO) แทน Deltamethrin สูตรสารเดี่ยว

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณพื้นที่บ้านโป่งป่าตัว ตำบลกกตู อำเภอมือ จังหวัดเลย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้พื้นที่เพื่อทดสอบ ขอขอบคุณนายบุญเทียน อาสารินทร์ ผู้ช่วยผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 8 จังหวัดอุดรธานี ที่ให้การสนับสนุนด้านวิชาการ ไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

1. ศิริเพ็ญ กัลยาณรุจ, มุกดา หวังวีรวงศ์, วารุณี วัชรเสวี, บรรณาธิการ. แนวทางการวินิจฉัยและรักษาโรคไข้เลือดออกแดงกึ ฉบับเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษามหาราชนิ. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: กระทรวงสาธารณสุข; 2559.
2. กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. ยุทธศาสตร์การจัดการ โรคติดต่อภายในโดยแมลง พ.ศ.2566-2575. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2565.
3. กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. แนวทางการดำเนินงานเฝ้าระวังป้องกัน ควบคุมโรคติดต่อภายในโดยยุงลาย สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข พ.ศ. 2564. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2564.
4. กลุ่มงานระบาดวิทยา สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 8 จังหวัดอุดรธานี. ระบบรายงานการเฝ้าระวังโรค 506. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 14 ธันวาคม 2565]. เข้าถึงได้จาก : <https://ddc.moph.go.th/odpc8/r8dashboard/zr506.html>
5. ขนิษฐา ปานแก้ว, บุษราคัม สีนาคม, พรพิมล ประดิษฐ์, บุญเสริม อ่วมอ่อง. การศึกษาความไวต่อสารเคมีและสารเสริมฤทธิ์ของยุงลาย *Aedes aegypti* ในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2562. วารสารวิชาการป้องกันควบคุมโรค สคร.2 พิษณุโลก [อินเทอร์เน็ต]. 2564 [เข้าถึงเมื่อ 27 ตุลาคม 2565]; 8(1): 69-83. เข้าถึงได้จาก: <https://he01.tcithaijo.org/index.php/dpcphs/article/view/250053/169109>

6. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการใช้เครื่องพ่นสารเคมีสำหรับปฏิบัติการเพื่อป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออก. พิมพ์ครั้งที่ 4. [ม.ป.ท.: ม.ป.พ.]; 2560.
7. เสาวนีย์ ตีมูล, นันทิดา คำศรี, ฐานิกา นามะวงศ์, ภาณุวัฒน์ ยอดคำ. การประเมินประสิทธิภาพการพ่นสารเคมีควบคุมยุงลายขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตสุขภาพที่ 2. วารสารวิชาการป้องกันควบคุมโรค สคร.2 พิษณุโลก [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 25 ก.ค.2566]; 9(3): 50-65. เข้าถึงได้จาก: <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/dpcphs/article/view/258987>
8. กองแก้ว ยะอุป, วาสนา สอนเพ็ง, บุญเทียน อาสารินทร์, พรทวิวัฒน์ ศูนย์จันทร์, สุกัญญา ขอพรกลาง. การประเมินประสิทธิภาพการพ่นสารเคมีควบคุมยุงลายขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น. 2561; 25(2): 1-13.
9. ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์, สุนัยนา สท้านไตรภพ, พงศกร มุขพันธ์, พรรณเกษม แม่พร, วรณภา ฤทธิสนธิ์. คุณลักษณะความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมีและประสิทธิภาพของสารเคมีประเภทฉีดพ่นหมอกควันในการกำจัดยุงลายบ้านที่มีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงจากจังหวัดจันทบุรี. วารสารควบคุมโรค. 2564; 47(4): 967-981.
10. จิราภรณ์ เสวะนา, บุษราคัม สีนาคม, บุญเสริม อวมอง. ประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดยุงลายบ้านโดยการพ่นฝอยละเอียดแบบกึ่งภาคสนาม. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2563; 62(4): 343-351.
11. กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. รายงานประเมินความเสี่ยงการระบาดโรคติดต่อฯ โดยแมลง ปี พ.ศ. 2565. [อินเทอร์เน็ต]. 2565 [เข้าถึงเมื่อ 1 พฤศจิกายน 2565]. เข้าถึงได้จาก: <https://drive.google.com/drive/folders/1L9lHT60Qixp3uoTgDOGAwwK2QjzDROq>
12. World Health Organization. Manual on practical entomology in malaria: part 2 methods and techniques. Geneva: World Health Organization; 1975.
13. กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือสารเคมีและเครื่องพ่นสารเคมีเพื่อควบคุมยุงพาหะนำโรค. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2565.
14. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการทดสอบสารเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2557.
15. World Health Organization. Guidelines for efficacy testing of insecticides for indoor and outdoor ground applied space spray applications. WHO Pesticide Evaluation Scheme (WHOPES). Geneva: World Health Organization; 2009.

16. Chavasse D.C., Yap H.H., Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance. World Health Organization (WHO/CTD/WHOPES/97.2). Geneva: World Health Organization; 1997.