

ความไว/ความต้านทานสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้านต่อสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ในงานสาธารณสุข

Insecticide susceptibility/resistance Status in Aedes aggpti L. to insecticides

คณัจฉรีย์ ธานิสพงศ์
ชนิษฐา ปานแก้ว
ประชา สุขโชติ
สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง
กรมควบคุมโรค

Kanutcharee Thanispong
Kanitta Pankeaw
Phacha Sukchote
Bureau of Vector Borne Diseases
Department of Disease Control

Abstract

Insecticides have been inadvertently used in vector control program for several years in Thailand. In this study, twenty two strains of *Aedes aegypti* adults and larvae from different locations were subjected to susceptibility tests against commonly used insecticides for vector control. Results showed that *Ae. aegypti* adults from almost locations were resistant to malathion and etofenprox, except for two strains from Thung Song and Meuang Surat Thani and one strain from Kosamphi which were found to manifest incipient resistance to malathion and etofenprox, respectively. All the test strains showed high level resistance to propoxur and permethrin. Various levels of deltamethrin susceptibilities were detected among the test *Ae. aegypti* strains. Fifty percent Knockdown Time (KT50) was detected in three synthetic pyrethroids (deltamethrin, etofenprox and permethrin). All the strains tested had prolonged knockdown time for both permethrin and etofenprox. Moderate KT50 was recorded from deltamethrin when compared with the susceptible strain, Bora from French Polynesia. Three strains of Ae. aegypti (Mueang Khon Kaen, Mueang Nong Khai and Kumphawapi strains) were found susceptible to deltamethrin.

The tests done on the last third stage larvae indicated strong susceptibilities of the strains to temephos, except for those that were collected from Kosamphi, Mueang Sukhothai and Wang Chao that showed incipient resistance. The results suggest that Ae. aegypti from Thailand can probably develop resistance to almost all insecticide class available in the market. Therefore, it is highly recommended that monitoring of insecticide resistance be made periodically to ensure efficacy of ongoing interventions. Through this study, the National Network for the Surveillance of the Insecticide Resistance in Thailand should be established.

บทคัดย่อ

ประเทศไทยใช้สารเคมีกำจัดแมลงในโครงการควบคุมพาหะนำโรคมาเป็นเวลาหลายปี การศึกษาครั้งนี้จึงได้ทดสอบความไวของยุงลายบ้านและลูกน้ำยุงลายบ้าน 22 สายพันธุ์จากพื้นที่ต่างๆ กับสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ทั่วไปสำหรับการควบคุมพาหะนำโรค ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่ายุงลายบ้านเกือบทุกสายพันธุ์ต้านทานต่อสารเคมี Malathion และ Etofenprox ยกเว้นสองสายพันธุ์จากทุ่งสง และเมืองสุราษฎร์ธานี ที่เริ่มสร้างความต้านทานต่อสารเคมี Malathion และอีกหนึ่งสายพันธุ์จากโกสัมพีที่เริ่มสร้างความต้านทานต่อสารเคมี Etofenprox และทุกสายพันธุ์มีความต้านทานสูงต่อสารเคมี Propoxur และ Permethrin สำหรับความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมี Deltamethrin มีหลายระดับ ช่วงเวลาที่ทำให้ยุงทดสอบสลบร้อยละ 50 ศึกษากับสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ 3 ชนิด (Deltamethrin, Permethrin, Etofenprox) ช่วงเวลาที่ยุงลายบ้านทุกสายพันธุ์สลบร้อยละ 50 ค่อนข้างนานมากเมื่อให้สัมผัสกับสารเคมี Permethrin และ Etofenprox และพบว่ามีระดับปานกลางกับสารเคมี Deltamethrin เมื่อเปรียบเทียบกับ Bora สายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีโดยที่ยุงลายบ้านสามสายพันธุ์ (สายพันธุ์เมืองขอนแก่น เมืองหนองคาย และกุมภวาปี) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีความไวต่อสารเคมี Deltamethrin ในการทดสอบลูกน้ำยุงลายบ้านระยะที่ 3 ตอนปลาย แสดงให้เห็นว่าเกือบทุกสายพันธุ์มีความไวต่อสารเคมี Temephos ยกเว้นสายพันธุ์จากโกสัมพี เมืองสุโขทัย และวังเจ้า ที่เริ่มจะสร้างความต้านทาน ผลการศึกษาทำให้เห็นว่ามีความเป็นไปได้ที่ยุงลายบ้านในประเทศไทยจะพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงที่มีขายในตลาดเกือบทุกกลุ่มสารเคมี จึงเสนอแนะว่าการตรวจสอบความต้านทานสารเคมีกำจัดแมลงเป็นช่วงๆ จะทำให้มั่นใจในประสิทธิภาพของการปฏิบัติการที่จะดำเนินต่อไป โดยเหตุผลจากการศึกษานี้ควรจัดตั้งเครือข่ายระดับชาติในการเฝ้าระวังความต้านทานสารเคมีกำจัดแมลงของประเทศ

บทนำ

โรคไข้เลือดออกเป็นปัญหาสาธารณสุขที่สำคัญ ของโลก[1,2] แต่ละปีมีผู้ป่วยเกือบ 50 ล้านคนทั่วโลก[3] เช่นเดียวกับประเทศไทยคงประสบกับปัญหาโรคไข้เลือดออกทุกปี ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาจำนวนผู้ป่วย แต่ละปีค่อนข้างสูง ปี 2544 เป็นปีที่มีผู้ป่วยสูงที่สุด คือ 139,355 ราย และอัตราป่วยตาย 0.18% ตามด้วย ปี 2553 ที่มีผู้ป่วยจำนวน 115,845 ราย มีอัตราป่วยตาย 0.12% สำหรับปี 2554 มีผู้ป่วยจำนวน 44,330 ราย อัตราป่วยตาย 0.08% (ข้อมูล ณ วันที่ 30 สิงหาคม 2554) ซึ่งน้อยกว่า ผู้ป่วยในช่วงเวลาเดียวกันของปี 2553 ถึง 2 เท่า[4] แต่อย่างไรก็ตามอัตราป่วยตายด้วยโรคไข้เลือดในแต่ละปีไม่มากนัก

โรคไข้เลือดออกเป็นโรคติดต่อที่มียุงเป็นพาหะนำโรค ซึ่งนำโดยยุงลาย 2 ชนิดคือ ยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) และยุงลายสวน (*Ae. albopictus*) โดยที่ยุงลายบ้านเป็นยุงพาหะหลักในการนำโรคไข้เลือดออกในประเทศไทย เป็นยุงที่มีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับคน คือ ชอบกัดคนในบ้าน มีแหล่งเพาะพันธุ์อยู่ภายในบ้าน มักเกาะพักและอาศัยอยู่ภายในบ้าน โดยเฉพาะที่มืด และมีความชื้น[5,6,7] โดยทั่วไปยุงลายบ้าน ชอบออกหากินเวลากลางวัน ชอบกินเลือดคนมากกว่าเลือดสัตว์[8,9] และไม่ออกหากินไกลจากแหล่งเพาะพันธุ์มากนัก[5] จึงมีโอกาสสัมผัสกับคนได้ง่าย ตรงกันข้ามกับยุงลายสวนที่มักอาศัยและมีแหล่งเพาะพันธุ์ส่วนใหญ่อยู่ในสวน บริเวณที่อยู่จะเป็นภายนอกบ้าน[10] และในขณะที่วัคซีนสำหรับป้องกันไข้เลือดออกอยู่ระหว่างการพัฒนา การควบคุมโรคไข้เลือดออกของประเทศไทยส่วนใหญ่จึงเน้นที่การลดการสัมผัสของยุงพาหะกับคน ด้วย 2 วิธีการหลัก คือ 1. เฝ้าระวังในระยะ

ลูกน้ำและระยะดักแด้ และ 2. ควบคุมยุงพาหะ นำโรค โดยเน้นการทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ด้วยการใช้สารเคมีกำจัดแมลง หรือการจัดการสภาพแวดล้อม ซึ่งวิธีการนี้มีค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูง จำเป็นต้องอาศัยความร่วมมือของคนในพื้นที่[11] อย่างไรก็ตาม ในช่วงที่มีการระบาด จะพ่นสารเคมีกำจัดแมลงเพื่อควบคุมยุงตัวเต็มวัยในรัศมี 100 เมตรรอบบริเวณที่มีการระบาด ซึ่งการใช้สารเคมีกำจัดแมลงคงยังมีความสำคัญสำหรับใช้ควบคุมพาหะนำโรค หลายชนิด[12] ดังนั้นจะเห็นได้ว่าโครงการควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้เลือดออกของประเทศไทยจะใช้สารเคมีกำจัดแมลงเป็นวิธีการหลัก[13,14] และสารเคมีกำจัดแมลงที่นำมาใช้ควบคุมยุงลายบ้านประกอบด้วยสารเคมีในหลายกลุ่ม เช่น กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต คาร์บาเมต และไพรีทรอยด์สังเคราะห์[13,14,15] โดยสารเคมี Deltamethrin เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ทั่วไปในการควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้เลือดออกตั้งแต่ปี 2537[11,13] สำหรับสารเคมี Temephos ใช้สำหรับการควบคุมในระยะลูกน้ำ นอกจากนี้ยังมีการใช้สารเคมี Malathion พ่น ULV ควบคุมยุงลายบ้าน โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน และยังมีการใช้สารเคมีไพรีทรอยด์สังเคราะห์อีกหลายชนิด เช่น Resmethrin, Tetramethrin, Permethrin, Cypermethrin, Bifenthrin, Lambdacyhalothrin and Cyfluthrin เป็นต้น ซึ่งอยู่ในรูปกระป๋องอัดลมที่ใช้ทั่วไปในบ้าน[13,14,15,16] รวมทั้งในรูปแบบขดแบบแผ่น แบบของเหลวที่ใช้ไฟฟ้า[17] การใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่หลากหลายชนิด และยาวนานต่อเนื่องกันในการควบคุมยุงจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ยุงสร้างความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ โดยเฉพาะในยุงลายบ้าน[12,18,19,20]

การแก้ปัญหาการสร้างความต้านทานสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้าน ไม่มีวิธีการใดที่ใช้เวลาเพียงระยะสั้นๆ ดังนั้นการที่มีความเข้าใจที่ดีในเรื่องของการสร้างความต้านทานสารเคมีกำจัดแมลงของพาหะนำโรค จะเป็นวิธีการที่ดีในการจัดการโครงการควบคุมยุงพาหะนำโรคที่มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงเป็นวิธีการหลัก เพื่อที่จะส่งเสริมให้มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพมีความปลอดภัย และคุ้มค่า ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการใช้สารเคมีกำจัดแมลงในงานด้านสาธารณสุข[12] ดังนั้นการตรวจสอบความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้านในเบื้องต้นแต่เนิ่นๆ เป็นการป้องกันไม่ให้ยุงในพื้นที่ต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดต่างๆ ที่ใช้ในพื้นที่ และยังเป็นข้อมูลที่จะช่วยในการตัดสินใจ เลือกใช้สารเคมีกำจัดแมลงให้เหมาะสมกับสภาพของพื้นที่ ซึ่งจะทำให้การควบคุมพาหะนำโรคมีประสิทธิภาพ วิธีการตรวจสอบหาความต้านทานสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้านในเบื้องต้นที่สามารถทำได้อย่างรวดเร็วและหลายพื้นที่ในเวลาเดียวกัน คือ การทดสอบความไวยุงด้วยวิธีการขององค์การอนามัยโลก[21] ในช่วง 10 ปีที่ ผ่านมามีการระบาดของโรคไข้เลือดออกทั่วทั้งประเทศ ซึ่งเป็นไปได้ที่จะมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงเพื่อควบคุมยุงลายบ้านพาหะนำโรคในหลายพื้นที่ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ เพื่อหาระดับความไว/ความต้านทานสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้านในพื้นที่ระบาดของโรคในปี 2553 ต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดต่างๆ ที่นำมาใช้ในทางสาธารณสุข

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาระดับความไว/ความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ทางสาธารณสุข
2. เพื่อหาช่วงเวลาที่ทำให้ยุงทดสอบสลบ 50% (Knockdown Time: KT50)

วิธีการดำเนินการ

1. พื้นที่ดำเนินการ

ในปี 2553 คัดเลือกพื้นที่เก็บตัวอย่างยุงจากพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงควบคุมยุงในระยะลูกน้ำและระยะตัวเต็มวัย และมีรายงานผู้ป่วยด้วยโรคไข้เลือดออกในช่วง 1-2 ปี สำหรับเป็นตัวแทนของพื้นที่ใน 4 ภาคของประเทศไทย ภาคละ 2-3 จังหวัด และจังหวัดละ 2 อำเภอ ซึ่งครอบคลุม 22 พื้นที่ โดยเก็บลูกน้ำยุงลายและดักแด้ ตามภาชนะขังน้ำ ที่อยู่ภายในบ้าน และรอบๆ บริเวณบ้าน

2. สายพันธุ์ยุงทดสอบ

ลูกน้ำและดักแด้ยุงลายที่เก็บจากพื้นที่ต่างๆ จะเป็นสายพันธุ์ของแต่ละพื้นที่ (ตารางที่ 1) นำกลับมาเลี้ยงที่ห้องเลี้ยงแมลงของสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง จนกระทั่งเข้าสู่ระยะตัวเต็มวัย ตัวเต็มวัยทุกตัวจะนำมาจำแนกชนิด เฉพาะชนิดที่เป็นยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) จะนำใส่ในกรงเลี้ยงยุงขนาด 30 ซม. x 30 ซม. x 30 ซม. หลังจากเป็นตัวเต็มวัยอายุ 4 วัน ให้ยุงกินเลือดหนู ครั้งละไม่เกิน 30 นาที ยุงทุกสายพันธุ์จะเลี้ยงที่ห้องเลี้ยงแมลงของสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลงที่ควบคุมอุณหภูมิ ที่ 25±2 ˚C และความชื้น 65±10% ยุงที่นำมาทดสอบเป็นยุงรุ่นที่1 (F1) เท่านั้น และยุงสายพันธุ์ Bora (Bora French Polynesia) เป็นสายพันธุ์ที่มีความไวต่อสารเคมี (susceptible strain)

3. สารเคมีกำจัดแมลง

สารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ทดสอบมี 6 ชนิด ใน 3 กลุ่มสารเคมี คือ สารเคมีในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Temephos และ Malathion) สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต (Propoxur) และสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (Deltamethrin, Etofenprox และ Permethrin) ซึ่งเป็นสารเคมีฯ ที่ใช้แพร่หลายในการควบคุมแมลงสำคัญทางสาธารณสุข ใช้มาเป็นระยะเวลานานสำหรับเป็นสารเคมีฯ ควบคุมยุงพาหะนำโรค

4. สารละลาย Temephos และกระดาษทดสอบ

สารเคมีและกระดาษชุบสารเคมีใช้ตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก[21] โดยสั่งจาก Uni versiti Sains Malaysia, Penang, Malaysia ซึ่งเป็น ศูนย์ความร่วมมือขององค์การอนามัยโลก สารเคมี Temephos ใช้ในรูปของสารละลายที่ความเข้มข้น 0.02 มก./ลิตร สำหรับกระดาษทดสอบใช้กระดาษชุบสารเคมีกำจัดแมลงที่ความเข้มข้น diagnostic concentration ที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก[21] ดังนี้ Malathion ความเข้มข้น 0.8%, Propoxur ความเข้มข้น 0.1%, Deltamethrin ความเข้มข้น 0.05%, Etofenprox ความเข้มข้น 0.5% และ Permethrin ความเข้มข้น 0.75%

5. การทดสอบความไวลูกน้ำยุงลาย

วิธีการทดสอบลูกน้ำดัดแปลงจากการทดสอบขององค์การอนามัยโลก[22] เล็กน้อย โดยนำลูกน้ำยุงลายบ้านระยะ 3 ตอนปลาย จำนวน 25 ตัว ใส่ในถ้วยที่บรรจุน้ำสะอาด 25 มล. ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เติมน้ำสะอาด 225 มล. ลงในบิกเกอร์ทดสอบขนาด 250 มล. และเติมสารละลาย Temephos ความเข้มข้น 0.02 มก./ลิตร ปริมาตร 1 มล. ลงในบิกเกอร์ที่เตรียมไว้แต่ละอัน คนให้สารละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ เสร็จแล้วนำถ้วยใส่ลูกน้ำที่เตรียมไว้ เทลงในบิกเกอร์แต่ละอันอย่างเบาๆ ปล่อยให้ลูกน้ำยุงสัมผัสกับสารเคมี เป็นเวลา 24 ชั่วโมง การทดสอบลูกน้ำยุงแต่ละสายพันธุ์ ทำการทดสอบจำนวน 4 ซ้ำ และทุกการทดสอบมีชุดควบคุม โดยใช้สาร Ethanol 1 มล.ซึ่งเป็นตัวทำละลายใส่ในน้ำแทนสารเคมี Temephos

6. การทดสอบความไวยุงตัวเต็มวัย

วิธีการทดสอบความไวของยุงลายบ้านแต่ละสายพันธุ์กับสารเคมีแต่ละชนิด ดัดแปลงจากการทดสอบมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก[21] เล็กน้อย โดยให้ยุงตัวเต็มวัยเพศเมีย อายุ 3-5 วัน ที่กินน้ำหวานจนอิ่ม จำนวน 25 ตัว ใส่ในกระบอกเลี้ยงยุง (Holding tube) ทิ้งไว้ 60 นาที จากนั้นย้ายยุงไปที่กระบอกทดสอบ (Insecticide exposure tube) ซึ่งมีกระดาษชุบสารเคมีบุอยู่ภายในให้ยุงสัมผัสกับสารเคมีในกระบอกทดสอบนาน 60 นาที เมื่อครบเวลาที่กำหนด ย้ายยุงจากกระบอกทดสอบไปที่กระบอกเลี้ยงยุงที่สะอาด และใช้สำลีชุบน้ำหวาน 10% บีบให้หมาดวางบนตาข่ายของกระบอกเลี้ยงยุงแต่ละอัน แล้วนำไปวางในห้องที่ไม่มีสารเคมี ที่มีการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง การทดสอบยุงแต่ละสายพันธุ์กับสารเคมีแต่ละชนิด ทำการทดสอบจำนวน 4 ซ้ำ และทุกการทดสอบมีชุดควบคุม โดยให้ยุงสัมผัสกับกระดาษที่ชุบด้วยตัวทำละลาย (Silicone และ Acetone) แทนกระดาษชุบสารเคมี

7. การเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผล

- ลูกน้ำ นับจำนวนลูกน้ำยุงที่ตายและ

มีชีวิตในบิกเกอร์ทดสอบแต่ละอันที่ 24 ชั่วโมง วิเคราะห์หาอัตราการตายที่ 24 ชั่วโมง

- ตัวเต็มวัย นับจำนวนยุงที่สลบ ทุก 10 นาที จนครบเวลา 60 นาทีในกระบอกทดสอบสารเคมีที่เป็นกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (Deltamethrin, Etofenprox และ Permethrin) สำหรับสารเคมี Malathion และ Propoxur นับจำนวนยุงที่สลบที่ 60 นาที และนับจำนวนยุงที่ตายและมีชีวิตในกระบอกเลี้ยงยุงทุกกระบอกที่ 24 ชั่วโมง นำข้อมูลมาวิเคราะห์ หาเวลาที่ทำให้ยุงสลบร้อยละ 50 (knockdown Time: KT50) โดยวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Probit[23] หาอัตราการสลบที่ 60 นาที (KD) และหาอัตราการตายที่ 24 ชั่วโมง

- เกณฑ์การตัดสินใจผลการทดสอบของลูกน้ำและตัวเต็มวัย ใช้ตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก ปี 1998[21] ซึ่งเกณฑ์กำหนดไว้ ได้แจกแจงระดับผลการทดสอบความไวออกเป็น 3 ระดับ คือ ยุงมีความไวต่อสารเคมี ถ้าอัตราตายของยุงอยู่ในช่วง 98-100% ยุงที่กำลังจะเริ่มต้านทานต่อสารเคมี จะมีอัตราตายอยู่ระหว่าง 80-97% แต่ถ้ามีอัตราตายต่ำกว่า 80% แสดงว่ายุงมีความต้านทานต่อสารเคมี ถ้าในชุดควบคุมของการทดสอบ แต่ละสารเคมีมีอัตราตาย ระหว่าง 5-20% จะทำการปรับค่า Abbott[24] แต่ถ้ามีอัตราการตายมากกว่า 20% จะทำการทดสอบใหม่

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาความไวต่อสารเคมี Temephos, Malathion, Propoxur, Deltamethrin, Etofenprox และ permethrin ที่ความเข้มข้น diagnostic concentration ความเข้มข้นเดียว ดังกราฟที่ 1-6 และตารางที่ 2-3 ในการศึกษาครั้งนี้ในทุกชุดทดสอบ เมื่อเลี้ยงยุงไว้ 24 ชั่วโมง ไม่พบว่ามียุงในชุดควบคุมตายมากกว่า 2%

ลูกน้ำยุงลายบ้านเกือบทุกสายพันธุ์มีความไวต่อสารเคมี Temephos ที่ใช้กำจัดลูกน้ำ ยกเว้น 3 สายพันธุ์จากโกสัมพี (91.06%) เมืองตาก (96.97%) และวังเจ้า (96.08%) ที่ลูกน้ำยุงลายบ้านเริ่มจะมีความต้านทาน (กราฟที่ 1) สำหรับสารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มเดียวกันสารเคมี Malathion ที่ใช้สำหรับควบคุมยุงลายบ้านในระยะตัวเต็มวัย พบว่ายุงลายบ้านทุกสายพันธุ์ทดสอบมีอัตราการสลบ (KD) ที่ต่ำมากซึ่งอยู่ในช่วง 0-10.08% และมีอัตราตายอยู่ในช่วง 0-91.67% สายพันธุ์ทดสอบส่วนใหญ่ต้านทานต่อสารเคมี Malathion นอกจากสายพันธุ์ทุ่งสง (90.43%) และสายพันธุ์เมืองสุราษฎร์ฯ (91.67%) ที่เริ่มมีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ (กราฟที่ 2) เช่นเดียวกับผลการทดสอบกับสารเคมี Etofenprox ที่ยุงลายบ้านทุกสายพันธุ์มีอัตราสลบที่ค่อนข้างต่ำ (0-21.74%) และเกือบทุกสายพันธุ์ต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ (อัตราตายอยู่ในช่วง 0-31.31%) ยกเว้นเพียงสายพันธุ์เดียว คือ สายพันธุ์โกสัมพี ที่เริ่มจะต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ (93.00%) (กราฟที่ 3) ซึ่งตรงกันข้ามกับระดับความไว/ความต้านทานต่อสารเคมี Propoxur และ Permethrin ที่พบว่ายุงลายบ้านทุกสายพันธุ์ต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงทั้งสองชนิดนี้ โดยยุงลายบ้านมีอัตราสลบอยู่ในช่วง 0-45.26% และอัตราตายอยู่ในช่วง 1.12-57.14% เมื่อสัมผัสกับสารเคมี Propoxur (กราฟที่ 4) และอัตราสลบอยู่ในช่วง 1.01-37.36% และอัตราตายอยู่ในช่วง 2.02-48.38% เมื่อสัมผัสกับสารเคมี Permethrin (กราฟที่ 5) แต่ระดับความไว/ความต้านทานต่อสารเคมี Deltamethrin ของยุงลายบ้านมีความแตกต่างกันมาก (กราฟที่ 6) มีอัตราสลบอยู่ในช่วง 68.37-100% เช่นเดียวกันอัตราตายค่อนข้างจะแตกต่าง พบว่า สายพันธุ์ที่ยังไวต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ คือ สายพันธุ์เมืองขอนแก่น เมืองหนองคาย และกุมภวาปี (อัตราตาย 98.99-100%) ยุงสายพันธุ์ที่เริ่มจะสร้างความต้านทาน คือ สายพันธุ์ท่าแซะ ชำสูง โกสัมพี ท่าบ่อ เมืองนครศรีฯ ทุ่งสง เมืองปราจีนบุรี เมืองสระแก้ว เมืองสุราษฎร์ฯ บ้านด่านลานหอย และวังเจ้า (อัตราตาย 79.59-96.70%) สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารเคมี Deltamethrin มี 8 สายพันธุ์ คือ เมืองชุมพร เมืองกำแพงเพชร ประจันตคาม วัฒนานคร

พุนพิน เมืองสุโขทัย เมืองตาก และเมืองอุดรธานี (อัตราตาย 20.69-77.17%) (กราฟที่ 6)

ช่วงเวลาที่ทำให้ยุงแต่ละสายพันธุ์สลบร้อยละ 50 (KT50) เมื่อสัมผัสกับสารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์ พบว่ายุงทุกสายพันธุ์เมื่อสัมผัสกับสารเคมี Etofenprox และ Permethrin ระยะเวลาที่จะทำให้ยุงทดสอบสลบร้อยละ 50 ต้องใช้เวลาค่อนข้างนาน การทดสอบครั้งนี้ถ้า KT50 เกิน 80 นาที จะให้ผลการทดสอบเป็น > 80 นาที จากการทดสอบพบว่ายุงลายบ้านเมื่อสัมผัสกับสารเคมี Etofenprox มีเพียง 3 สายพันธุ์เท่านั้นที่ค่า KT50 น้อยกว่า 80 นาที คือสายพันธุ์ เมืองขอนแก่น (67.30 นาที) ท่าบ่อ (67.03 นาที) และวัฒนานคร (65.30 นาที) โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติของจำนวนซ้ำ และช่วงเวลาสลบแตกต่างจากยุงสายพันธุ์ที่มีความไว (Bora) (28.01 นาที) ที่เร็วกว่า 30 นาที (ตารางที่ 2) ในขณะที่ 4 สายพันธุ์ที่สัมผัสกับสารเคมี Permethrin ที่มีค่า KT50 น้อยกว่า 80 นาที คือสายพันธุ์ ชำสูง (64.94 นาที) เมืองปราจีนบุรี (79.26 นาที) เมืองสุราษณฎร์ฯ (80.09 นาที) และเมืองตาก (64.46 นาที) โดยแต่ละซ้ำของการทดสอบไม่มีความแตกต่างทางสถิติเช่นกัน และช่วงเวลาสลบแตกต่างจากยุงสายพันธุ์ที่มีความไว (8.27 นาที) ซึ่งเร็วกว่า 60 นาที (ตารางที่ 2) แต่ทว่าผลการทดสอบแตกต่างจากสารเคมี Deltamethrin ที่พบว่าช่วงเวลาที่ยุงลายบ้านทุกสายพันธุ์สลบ 50% เร็วกว่าสารเคมีสองชนิดที่กล่าวมา โดยค่า KT50 อยู่ในช่วง 27.34 – 43.15 นาที แต่มีเพียง 13 สายพันธุ์ที่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติของซ้ำการทดสอบ ซึ่งช่วงเวลาที่ยุงทดสอบสลบ 50% (KT50) ของทั้ง 13 สายพันธุ์ สอดคล้องกับอัตราการสลบ (KD) ของยุง (อยู่ระหว่าง 75.82 – 100%) และค่า KT50 ของแต่ละสายพันธุ์สูงกว่า KT50 ของสายพันธุ์ที่มีความไว (7.88 นาที)(ตารางที่ 3)

สรุปและวิจารณ์

โรคติดต่อนำโดยแมลงที่เป็นโรคประจำถิ่นของประเทศไทยมีหลายโรค เช่น ไข้มาลาเรีย ไข้เดงกี่ ไข้เลือดออก ไข้สมองอักเสบ และเท้าช้าง[14] การที่ประชากรมีการเติบโตขึ้นอย่างเห็นได้ชัดประกอบกับการเคลื่อนย้ายถิ่นอาศัยไปสู่พื้นที่เมือง ความต้องการที่จะเพิ่มความสะดวกสบายให้กับนักท่องเที่ยว ล้วนเป็นผลทำให้มีการบุกรุกพื้นที่ป่า ทำระบบส่งน้ำ และทำให้เป็นเมืองมากขึ้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพโดยรอบเหล่านี้เป็นการสนับสนุนเงื่อนไขที่ว่ายุงพาหะมีโอกาสแพร่เชื้อเพิ่มมากขึ้น[13] วิธีที่จะช่วยลดการแพร่เชื้อของยุงพาหะมาสู่คนได้ดีวิธีการหนึ่งคือ การป้องกันการสัมผัสกับยุงด้วยการใช้สารเคมีกำจัดแมลง ซึ่งประเทศไทยได้นำสารเคมีกำจัดแมลงหลายชนิดมาใช้สำหรับป้องกันการเข้าสัมผัสของยุงกับคน เช่น Deltamethrin Permethrin Lambdacyhalothrin Alphacypermethrin Cypermethrin Zetacypermethrin Etofenprox Malathion Fenitrothion Propoxur และ Pirimiphos-methyl[13,14, 25, 26] นอกจากนี้ยังมีการควบคุมยุงในระยะลูกน้ำเพื่อลดประชากรของยุงควบคู่ไปด้วย เช่น การใช้ทรายกำจัดลูกน้ำ (Temephos) เป็นต้น การใช้สารเคมีกำจัดแมลงหลากหลายชนิด เป็นเวลานานและต่อเนื่อง เป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ยุงพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีได้ โดยเฉพาะยุงลายที่มีรายงานว่ายุงลายบ้านในประเทศแถบร้อนชื้นหรือกึ่งร้อนชื้นได้พัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงหลายกลุ่ม[27] เช่นเดียวกัน จากการศึกษาครั้งนี้ที่ยุงลายบ้านจากทุกพื้นที่ (22 สายพันธุ์) ต้านทานต่อสารเคมี Propoxur และ Permethrin ในระดับที่สูงมาก และยุงลายบ้านเกือบทุกพื้นที่ต้านทานต่อสารเคมี Malathion และ Etofenprox นอกจากนี้ยังมียุงลายบ้านในหลายพื้นที่ที่ต้านทานและเริ่มพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมี Deltamethrin อาจจะเป็นไปได้ว่ายุงลายบ้านของประเทศไทยมีการพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงเกือบทุกกลุ่มสารเคมี ยกเว้นในระยะลูกน้ำของยุงลายบ้านที่พบว่ามีหลายพื้นที่ที่ยังไม่มีความต้านทานต่อสารเคมี Temephos จะเห็นว่าในการศึกษานี้ลูกน้ำยุงลายเกือบทุกสายพันธุ์ที่ยังมีความไวต่อสารเคมีฯ ชนิดนี้ เช่นเดียวกับที่พรรณเกษม และคณะ[29]

รายงานไว้ว่าลูกน้ำยุงลายบ้านในหลายจังหวัดยังไวต่อสารเคมี temephos ดังนั้นการควบคุมพาหะนำโรคไข้เลือดออกในระยะลูกน้ำ ตามนโยบายการใช้สารเคมี temephos ความเข้มข้น 1 ppm. ยังคงให้ประสิทธิภาพดีในการช่วยทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงพาหะนำโรคไข้เลือดออก แม้จะมีรายงานจากการศึกษาในจังหวัดเขตภาคเหนือตอนล่าง[35] ที่ลูกน้ำยุงลายบ้านบางพื้นที่ไวต่อ Temephos บางพื้นที่เริ่มจะสร้างความต้านทาน แต่อย่างไรก็ตามอัตราตายยังอยู่ในช่วงสูงกว่า 88% ดังนั้นการตรวจสอบระดับความไวของลูกน้ำยุงลายบ้านอย่างสม่ำเสมอจะทำให้ป้องกันการต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ได้

จะเห็นได้ว่าผลการศึกษาของนักวิจัยหลายคนที่ได้ศึกษากับยุงลายบ้านให้ผลคล้ายคลึงกับการศึกษาครั้งนี้ ที่พบว่ายุงลายบ้านในประเทศไทยหลายพื้นที่ทั่วทุกภาคเกือบจะทุกจังหวัดที่สร้างความต้านทานต่อสารเคมี Permethrin ทั้งด้านกายภาพ (ลดหรือป้องกันไม่ให้สารเคมีผ่านผนังลำตัวเข้าสู่ร่างกาย) ด้านชีวภาพ (ลดความเป็นพิษหรือขจัดสารเคมีออกโดยการสร้าง Detoxification enzyme) และการกลายพันธุ์ของยีน (ด้วยการดัดแปลงยีนที่ Sodium channel gate ไม่ให้ทำงานได้ตามปกติ)[19, 20, 26, 28, 29] ซึ่งการต้านทานต่อสารเคมี Permethrin ในวงกว้างเกือบทั้งประเทศนี้อาจเป็นเพราะมีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้อย่างแพร่หลายและต่อเนื่อง ทั้งในการควบคุมยุงก้นปล่องพาหะนำไข้มาลาเรีย ซึ่งใช้สารเคมีชนิดนี้สำหรับการพ่นพนังบ้านและการชุบมุ้ง[30] สารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ยังเป็นส่วนผสมหลักในผลิตภัณฑ์สำหรับควบคุมแมลงในครัวเรือนในรูปแบบกระป๋องอัดลม[16] ที่มีการใช้กันแพร่หลายตามอาคารบ้านเรือน นอกจากนี้ยังมีการใช้อย่างแพร่หลายในการเกษตรเป็นเวลานาน จึงไม่น่าแปลกใจที่ยุงลายบ้านจะต้านทานต่อสารเคมีชนิดนี้ เช่นเดียวกับการต้านทานต่อสารเคมี Malathion และ Propoxur เนื่องจากในอดีตได้ใช้สารเคมีกำจัดแมลงทั้งสองชนิดนี้ในโครงการควบคุมยุงลายพาหะนำโรคไข้เลือดออก แม้จะไม่ใช่สารเคมีฯ ที่แนะนำให้ใช้สำหรับควบคุมยุงพาหะในปัจจุบัน แต่ยังมีหลายหน่วยงานที่ไม่ใช่หน่วยงานของสาธารณสุขที่ใช้สารเคมี Malathion สำหรับควบคุมยุงในพื้นที่ที่มีการระบาดของโรคอย่างรุนแรง เนื่องจากสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้มีความเป็นพิษสูง[31] จึงเป็นสาเหตุให้ยุงลายบ้านต้านทานต่อสารเคมี Malathion ในพื้นที่กว้างได้ และสารเคมี Propoxur เป็นสารเคมีที่อยู่ในส่วนผสมของผลิตภัณฑ์กำจัดแมลงในครัวเรือนที่มีการใช้กันแพร่หลายโดยประชาชนทั่วไป ทำให้ยุงลายบ้านซึ่งเป็นยุงที่อาศัยอยู่ในบ้านมีโอกาสสัมผัสกับสารเคมีชนิดนี้เป็นประจำ ในปี 2549 มีรายงานว่ายุงลายบ้านมีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงทั้ง 2 ชนิดนี้[32] และเพิ่มมากขึ้นในหลายพื้นที่ในปี 2551[19] นอกจากนี้ยังพบว่ายุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus*) ในแถบจังหวัดนนทบุรีต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้[32] สำหรับสารเคมี Etofenprox แม้จะใช้ในบางพื้นที่เท่านั้น แต่ยุงลายบ้านได้สร้างความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ในเกือบทุกภาค จากรายงานการศึกษาของ Curtis[33] ที่พบว่ายุง *Anopheles stephensi* สายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์ จะ Cross-Resistance ต่อ Etofenprox ด้วย ดังนั้นการต้านทานสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ของยุงลายบ้านอาจจะมีสาเหตุมาจากการ Cross-Resistance ของยุงลายบ้านต่อสารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ เช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษา cross-resistance ในยุงลายบ้านเพิ่มเติม

Deltamethrin เป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่แนะนำให้ใช้สำหรับควบคุมยุงลายพาหะนำโรค[14] ทว่าในการศึกษาครั้งนี้ยุงลายบ้านส่วนใหญ่เริ่มสร้างความต้านทาน และหลายพื้นที่ต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ นอกจากนี้ยังมีการศึกษาของสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง ที่พบว่ายุงลายบ้านใน 15 เขตกรุงเทพฯ ส่วนใหญ่ต้านทานและบางเขตเริ่มต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ (จากการติดต่อโดยตรง) และผลการศึกษาของ Yaicharoen และคณะ[34] มีความสอดคล้องกันคือยุงลายบ้านหลายเขตในกรุงเทพ มีความต้านทานทางกายภาพ

ต่อสารเคมี Deltamethrin เช่นเดียวกับในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีรายงานว่าอัตราความต้านทานของยุงลายบ้านต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้สูง[26] พรรณเกษม และคณะ[29] ได้ศึกษาความไวของยุงลายบ้านปี 2549-2553 พบว่ายุงลายบ้านในหลายพื้นที่ต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ มีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่เริ่มสร้างความต้านทาน ซึ่งจากผลการศึกษาเหล่านี้จะเห็นได้ว่ายุงลายบ้านน่าจะต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้เป็นวงกว้าง แม้ว่าระดับความต้านทานจะสูงหรือพึ่งเริ่มจะสร้างความต้านทาน แต่เนื่องจากเป็นสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้กันแพร่หลายในการควบคุมยุงพาหะนำไข้เลือดออก ดังนั้นจำเป็นต้องมีการตรวจระดับความไวของยุงลายบ้านให้ครอบคลุมพื้นที่ประเทศให้เร็วที่สุด เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับประกอบการพิจารณาเลือกสารเคมีกำจัดแมลง/วิธีการสำหรับการควบคุมยุงลายบ้านที่เหมาะสมกับสถานการณ์ในปัจจุบัน สำหรับพื้นที่ที่ยุงลายบ้านยังมีความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลงชนิดนี้ ต้องตรวจสอบระดับความไวของยุงต่อสารเคมีเป็นระยะๆ พร้อมกับการศึกษาหารูปแบบ หรือชนิดของสารเคมีกำจัดแมลงสำรองสำหรับใช้ในกรณีที่เกิดการระบาดของโรค สารเคมีกำจัดแมลงที่มีคุณสมบัติเป็นสารทำให้สลบ (ต้านทานต่อการสลบ (kdr : knockdown resistance) ร่วมด้วย[34] นอกจากนี้ยังมีรายงานของ Chandel และคณะ[36] ที่ยุงก้นปล่อง Anopheles gambiae s.s ที่ cross-resistance ต่อสารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์ รวมทั้ง Etofenprox จะถูกชักนำด้วยจึงทำให้เกิดการต้านทาน ต่อการสลบ (kdr) ในอนาคตควรมีการศึกษาในด้านชีวโมเลกุลเพื่อดูกลไกการสร้างความต้านทานของยุงต่อสารไพรีทรอยด์สังเคราะห์ที่เป็นสารเคมีฯกลุ่มหลักที่นำมาใช้ในการควบคุมยุงพาหะชนิดต่างๆ ต่อไป

ในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์นอกจากมีความเป็นพิษที่ทำให้ยุงตายแล้ว ยังมีคุณสมบัติในการทำให้ยุงเกิดการสลบด้วย จากการศึกษาจะเห็นว่าอัตราการสลบที่ 60 นาที (KD) กับช่วงเวลาที่ยุงสลบร้อยละ 50 (KT50) ในการทดสอบกับสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์มีผลไปทิศทางเดียวกัน ยุงลายบ้านที่ทดสอบกับสารเคมี Deltamethrin ช่วงเวลาที่ทำให้ยุงสลบ 50% สูงที่สุด 43.60 นาที ซึ่งพบว่าเป็นสายพันธุ์ที่ต้านทานต่อสารเคมีชนิดนี้ เช่นเดียวผลการทดสอบกับ Permethrin และ Etofenprox ทุกสายพันธุ์ต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงทั้งสองชนิดนี้ และช่วงเวลาที่ยุงสลบร้อยละ 50 ต้องใช้เวลาที่นานมาก (> 80 นาที) แสดงว่ายุงลายบ้านสายพันธุ์เหล่านั้นนอกจากจะมีความต้านทานในด้านกายภาพ แล้วอาจมีการดัดแปลงยีนที่ Sodium Channel Gate ทำให้เกิดความต้านทานต่อสารเคมี

จากการรายงานที่ต่อเนื่องของหลายการศึกษาที่พบว่ายุงลายบ้านในพื้นที่หลายแห่งของประเทศไทยต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลง และเริ่มจะสร้างความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงอีกหลายชนิด แต่ในขณะที่การควบคุมยุงพาหะในปัจจุบันจำเป็นต้องใช้สารเคมีกำจัดแมลง ดังนั้นการตรวจสอบระดับความไวยุงพาหะต่อสารเคมีกำจัดแมลงที่นำมาใช้ในแต่ละพื้นเป็นระยะๆ เป็นสิ่งจำเป็นเช่นกัน ซึ่งจะบอกให้ทราบถึงความสำเร็จในการควบคุมพาหะนำโรคได้ ดังนั้นการมีระบบเฝ้าระวังการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุงพาหะนำโรค ที่เป็นระบบเครือข่ายทั่วประเทศจะช่วยป้องกันหรือชลอการสร้างความต้านทานของยุงต่อสารเคมีกำจัดแมลงได้

อย่างไรก็ตามหากพบว่าในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งยุงมีความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ไม่ควรตัดสินใจที่จะ เปลี่ยน หรือ หยุด หรือ ยกเลิก การใช้สารเคมีกำจัดแมลงชนิดนั้นๆ อย่างทันที ควรมีการตรวจสอบปัจจัยหลายๆด้านประกอบ เพราะการควบคุมยุงด้วยวิธีการใช้สารเคมีที่มีประสิทธิภาพ ต้องประกอบด้วย หลายปัจจัย คือ วิธีการพ่นที่ถูกต้อง อัตราความเข้มข้น และ/หรือรูปแบบของสารเคมีฯ ที่เหมาะสม เครื่องมือพ่นที่ใช้มีประสิทธิภาพ ผู้ปฏิบัติงานการพ่นมีความรู้ความชำนาญ และยุงชนิดเป้าหมายมีความไวต่อสารเคมีที่ใช้ หากพบว่าปัจจัยใดขาดไป หรือปัจจัยใดทำได้ไม่ถูกต้องหรือขาดความสมบูรณ์ ล้วนจะเป็นปัญหาสำคัญที่จะกระตุ้นให้ยุงสร้างความต้านทานต่อสาร

เคมีกำจัดแมลงเร็วยิ่งขึ้น ควรทำการแก้ไขในปัจจัยที่เป็นปัญหาหลักก่อน ฉนั้นข้อมูลความต้านทานสารเคมีกำจัดแมลงของยุงจึงเป็นข้อมูลสำคัญที่จะทำให้เกิดความตระหนักถึงผลความสำเร็จของการควบคุมยุงด้วยวิธีการใช้สารเคมี หรืออาจใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นนำมาการประกอบการตัดสินใจเลือกชนิดหรือรูปแบบสารเคมีกำจัดแมลง และ/หรือวิธีการควบคุมให้มีความเหมาะสมกับชนิดของยุงพาหะและสภาพพื้นที่ในปัจจุบัน แต่ไม่ใช่ข้อมูลหลักเพียงอย่างเดียวที่จะใช้ในการตัดสินใจ ดังนั้นโครงการควบคุมยุงพาหะนำโรคด้วยวิธีการใช้สารเคมี ควรมีการประเมินด้านประสิทธิภาพของการดำเนินงาน เช่น การปฏิบัติงานพ่นสารเคมีฯ ผู้พ่นสารเคมีฯ และการตรวจเช็คอุปกรณ์อย่างต่อเนื่อง ควบคู่ไปกับดำเนินระบบเฝ้าระวังความต้านทานฯ จะช่วยชลอหรือลดการสร้างความต้านทานสารเคมีฯ ของยุงพาหะ ได้ข้อมูลช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้วิธีการควบคุมให้เหมาะสมกับสภาพปัจจุบัน และทำให้การควบคุมยุงพาหะนำโรคประสบผลสำเร็จยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

1. Gubler DJ. Dengue and dengue haemorrhagic fever. Clin. Microbiol. Rev. 1998; 11: 480 - 496.
2. Guzman MG, Kouri G. Dengue: an update. Lancet Infect Dis. 2002; 2: 33 – 42.
3. เว็บไซต์ http://www.searo.who.int/LinkFiles/Dengue__Dengue__update__SEA__2010.pdf.
4. สรุปรายงานสถานการณ์โรคไข้เลือดออก สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง เว็บไซต์ http://www.thaivbd.org/dengue__history.php
5. Christophers SR. *Aedes aegypti* (L.), The Yellow Fever Mosquito: Its Life History, Bionomics and Structure. Cambridge University Press, London. 1960.
6. Chareonviriyaphap T, Akratanakul P, Nettanomsak S, Huntamni S. Larval habitats and distribution patterns of *Aedes aegypti* (Linnaeus) and *Aedes albopictus* (Skuse), in Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2003; 34: 529 –5.
7. Scott TW, Morrison AC, Lorenz LH, Clark GG, Strickman D, Kittayapong P, Zhou H, Edman JD. Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: population dynamics. J Med Entomol. 2000; 37: 77-88.
9. Scott TW, Amerasinghe PH, Morrison AC, Lorenz LH, Clark GG, Strickman D, Kittayapong P, Edman JD. Longitudinal studies of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in Thailand and Puerto Rico: Blood feeding frequency. J Med Entomol. 2000; 37: 89 – 101.
10. Hawley WA. The biology of *Aedes albopictus*. J Am Mosq Control Assoc. 1988; 4: 1–40.
11. Kongmee M, Prabaripai A, Akratankul P, Bangs MJ, Chareonviriyaphap T. Behavioral responses of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) exposed to deltamethrin and possible implications for disease control. J Med Entomol. 2004; 4: 1055–63.
12. Insecticide Resistance Action Committee. *Prevention and Management of Insecticide Resistance in Vectors of Public Health Importance*. 2nd edition. 2011; 1-71.
13. Chareonviriyaphap T, Aum-Aong B, Ratanatham S. Current insecticide resistant pattern in mosquito vectors. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 1999; 30: 130 – 41.
14. รายงานประจำปี สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง 2552-2553
15. WHO. Pesticides and their application: for the control of vectors and pests of public health importance. WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDDP/2006.1. World Health Organization. Geneva, Switzerland. 2006; 1 – 125.
16. พรรณเกษม แผ่พร, กสิน ศุภปฐม, สมเกียรติ บุญญะบัญชา, ประคอง พันธุอุไร. ประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ชนิดพ่นอัดแก๊ส. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. 2539; 38(1): 37-43.
17. Paeporn P. Supaphathom K, Sisawat R, Komalamisra N, Deesin V, Ya-umphan P, Leemingsawat S. Biochem detection of pyrethroid resistance mechanisms in *Aedes aegypti* in Ratchaburi province Thailand. Trop Biomed. 2004; 21(2): 145-51.
18. Jirakanjanakit N, Rongnoparut P, Saengtharatip S, Chareonviriyaphap T, Duchon S, Bellec C. Yoksan S. Insecticide susceptible/resistance status in *Aedes (Stegomyia) aegypti* and *Aedes (Stegomyia) albopictus* (Diptera: Culicidae) in Thailand during 2003-2005. J Econ Entomol. 2007; 100: 545 –50.
19. Thanispong K, Sathantriphop S, Theeraphap C. Insecticide resistance of *Aedes aegypti* and *Culex quinquefasciatus* in Thailand. J Pestic Sci. 2008; 33(4): 351 – 6.
20. Paeporn P, Supaphathom K, Sathatriphop S, Mukkhun P, Sangki tporn S. Insecticide susceptibility of *Aedes aegypti* in Isunami-affected areas in Thailand. Dengue Bull. 2006; 29: 210 - 3.

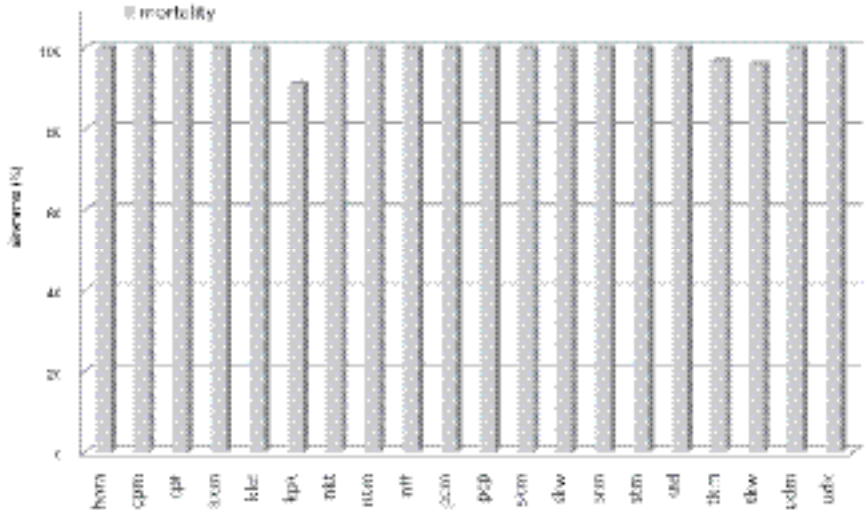
21. WHO. Test procedure for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bio – efficacy and persistence of insecticides on treated surfaces. WHO/CDS/CPC/ MAL/ 98.12. World Health Organization. Geneva, Switzerland. 1998; 1 – 43.
22. WHO. Instructions for determining the susceptibility or resistance of mosquito larvae to insecticides. WHO/VBC/81.807. World Health Organization. Geneva, Switzerland. 1981.
23. SAS Software version 9. SAS Institute Inc. Cary, NC. USA.
24. Abbot WS. A method of commuting the effectiveness of an insecticide. J Econ Entomol. 1925; 18: 265-7.
25. สำนักงานควบคุมโรคไข้เลือดออก กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. โรคไข้เลือดออก ฉบับประเกียรณก พ.ศ. 2544.
26. Pimsamarn S, Sornpeng W, Akksilp S, Paeporn P, Limpawitthayakul M. Detection of insecticide resistance in *Aedes aegypti* to organophosphate and synthetic pyrethroid compounds in the north-east of Thailand. Dengue Bull. 2009. 33: 194-202.
27. World Health Organization. Vector resistance to insecticides. 15th Report of the WHO Expert Committee on Vector Biology and Control. World Health Organization Technical Report Series 818. 1992. 1-62.
28. Somboon P. Prapanthadara L. Suwanakerd W. I nsecticide susceptibility tests of Anopheles minimus, *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* in northern Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2003; 34: 87 – 93.
29. พรรณเกษม แผ่พร, กสิน ศุภปฐม, สุนัยนา สท้านไตรภพ. ความไวของยุงลายตามภาคต่างๆของประเทศไทยต่อสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ในการควบคุมไข้เลือดออก 2445-2553. วารสารโรคติดต่อนำโดยแมลง. 2553; 7(1): 8-16.
30. สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข. แนวทางการปฏิบัติงานควบคุมโรคมาลาเรียสำหรับบุคลากรสาธารณสุข พ.ศ. 2552. กรุงเทพฯ. โรงพิมพ์ เวดิสัน จำกัด. 2552.
31. WHO. WHO Specification and Evaluations for Public Health Pesticides; Malathion. Available Source: http://www.who.int/ctd/whopes. July 23, 2007.
32. Sathantriphop S, Paeporn P, Supaphathom K. Detection of insecticides resistance status in Culex quiquefasciatus and *Aedes aegypti* to four major groups of insecticide. Trop Biomed. 2006; 23(1): 97 – 101. 33. Curtis CF. Workshop on bednets at the International Congress of Tropical Medicine. Jap J Sanit Zool. 1993; 45: 65 – 8.
34. Yaicharoen R, Kiatfuengfoo R, Chareonviriyaphap T, Roungnoparut P. Characterization of deltamethrin resistance in field populations of *Aedes aegypti* in Thailand. J Vector Ecol. 2005; 30: 44 –50.
35. นิธิพัฒน์ มีโภคสม ทวีศักดิ์ ทองบู่ พรสุข เกิดทอง และคณะ. ความไวของลูกน้ำยุงลายต่อสารทีมีฟอสในภาคเหนือตอนล่างของประเทศไทย ปี 2551. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่3 ชลบุรี. 2552. 2(1): 1-7.
36. Chandre F, Darriet F, Manguin S, Brengues C, Carnevale P, Guillet P. Pyrethroid cross resistance spectrum among populations of *Anopheles gambiae* s.s. from C¢te d'Ivoire. J Am Mosq Control Assoc. 1999; 15: 53 - 9.

คำนิยม

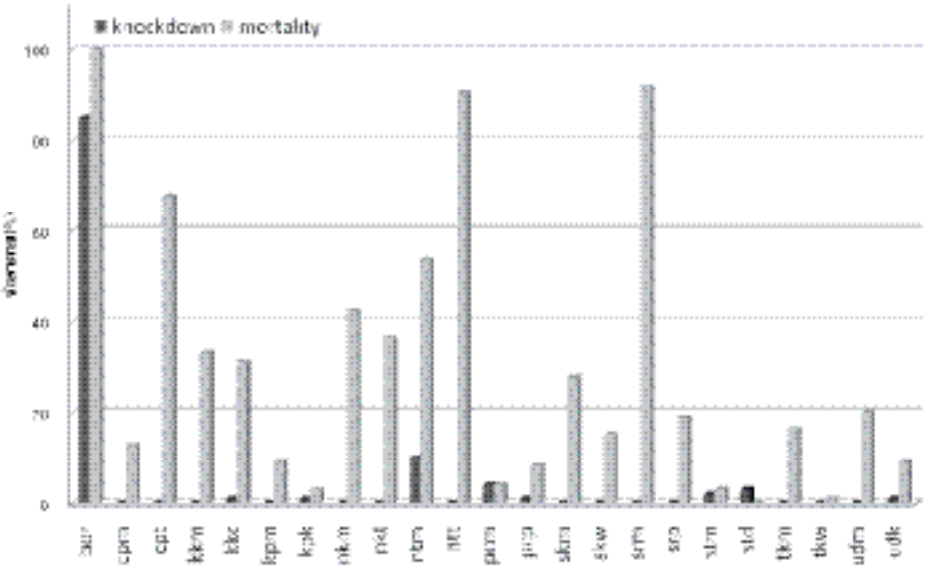
คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดล ที่ให้การสนับสนุนยุงสายพันธุ์ Bora French Polynesia สำหรับใช้ในการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบคุณ สำนักงานป้องกันควบคุมโรค (สคร.) ที่ 3 ชลบุรี สคร. ที่ 6 ขอนแก่น สคร.ที่ 8 นครสวรรค์ สคร.ที่ 9 พิษณุโลก และ สคร. ที่ 11 นครศรีธรรมราช ที่ให้การสนับสนุนเจ้าหน้าที่จากศูนย์ควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลงในพื้นที่ ร่วมดำเนินการเก็บตัวอย่างลูกน้ำและดักแด้ยุงลายบ้านในครั้งนี้

ตารางที่ 1. แสดงสายพันธุ์ยุงลายบ้านและพื้นที่เก็บตัวอย่าง ในปี 2553

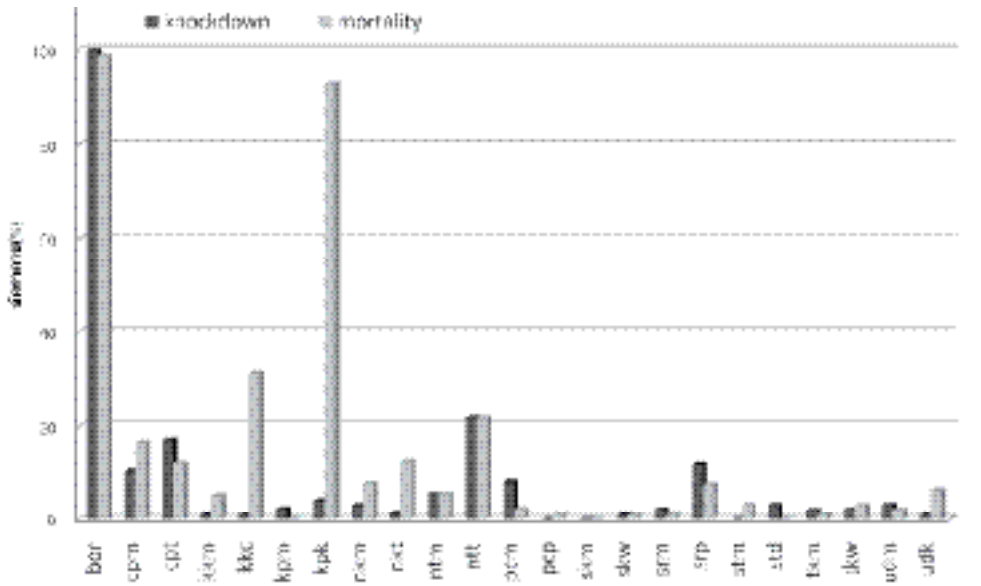
สายพันธุ์/พื้นที่		หมู่บ้าน/ชุมชน	ตำบล	ค่า GPS coordinates
bor	**Bora French Polynesia**		**สายพันธุ์ที่มีความไว (susceptible strain)**	
cpm	เมืองชุมพร	วัดสุบรรณนิมิตร	ในเมือง	10 ° 29' N 099 ° 10' E
cpt	ท่าแซะ	ท่าข้าม	ท่าข้าม	10 ° 35' N 099 ° 08' E
kkm	เมืองขอนแก่น	โนนทัน	ในเมือง	16 ° 24' N 102 ° 51 E
kkc	ชำสูง	กระนวน	กระนวน	16 ° 31' N 103 ° 03' E
kpm	เมืองกำแพงเพชร	ประชารังสรรค์	ในเมือง	16 ° 28' N 099 ° 32' E
kpk	โกสัมพี	โกสัมพี	โกสัมพี	16 ° 40' N 099 ° 17' E
nkm	เมืองหนองคาย	มีชัย	ในเมือง	17 ° 52' N 102 ° 44' E
nkt	ท่าบ่อ	ป่างิ้ว	ท่าบ่อ	17 ° 51' N 102 ° 34' E
ntm	เมืองนครศรีธรรมราช	วัดโพธิ์เสด็จ	โพธิ์เสด็จ	08 ° 24' N 099 ° 56' E
ntt	ทุ่งสง	ชัยชุมพล	ปากแพรก	08 ° 09' N 099 ° 40' E
pcm	เมืองปราจีนบุรี	เชียนชื่อ	ในเมือง	14 ° 03' N 101 ° 22' E
pcp	ประจันตคาม	ท่าน้ำ	ประจันตคาม	14 ° 03' N 101 ° 30' E
skm	เมืองสระแก้ว	เทศบาล	ในเมือง	13 ° 49' N 102 ° 04' E
skw	วัฒนานคร	คลองหาด	วัฒนานคร	13 ° 44' N 102 ° 19' E
srm	เมืองสุราษฎร์ธานี	บางกุ้ง	บางกุ้ง	09 ° 10' N 099 ° 22' E
srp	พุนพิน	มุ่งพัฒนา	ท่าข้าม	09 ° 05' N 099 ° 14' E
stm	เมืองสุโขทัย	-	ในเมือง	17 ° 01' N 099 ° 42' E
std	บ้านด่านลานหอย	บ้านด่าน	บ้านด่านลานหอย	17 ° 01' N 099 ° 35' E
tkm	เมืองตาก	บ้านม้างาม	ไม้งาม	16 ° 53' N 099 ° 07' E
tkw	วังเจ้า	ทุ่งกง	ประคาง	16 ° 42' N 099 ° 12' E
udm	เมืองอุดรธานี	ผาสุก	หมากแข้ง	17 ° 23' N 102 ° 46' E
udk	กุมภวาปี	ปะโด	ปะโด	17 ° 06' N 102 ° 56' E



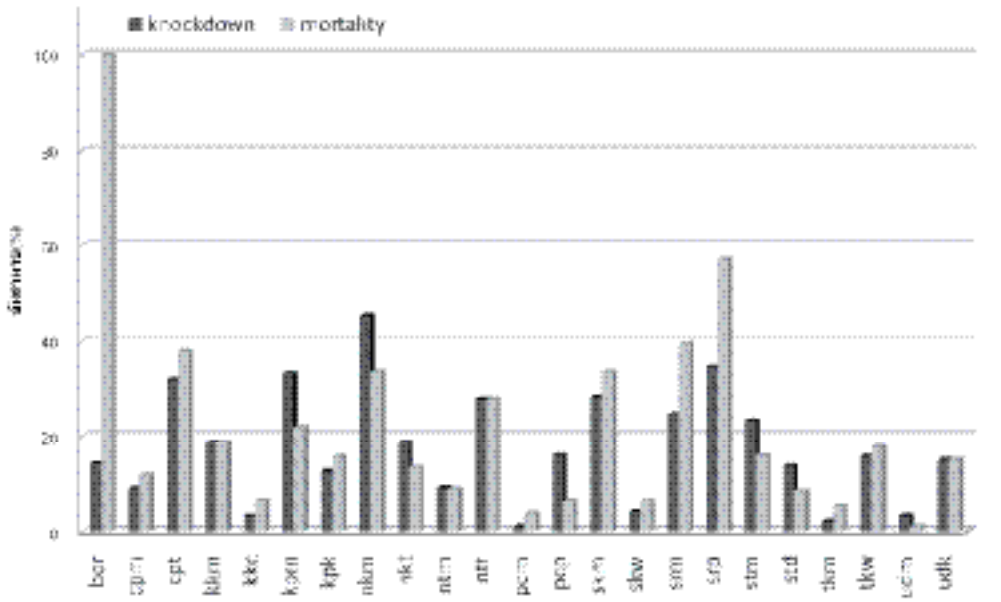
กราฟที่ 1 อัตราตายลูกน้ำยุงลายบ้าน ที่ 24 ชั่วโมง เมื่อสัมผัสสารเคมี temephos ที่ diagnostic concentration 0.02 mg/l



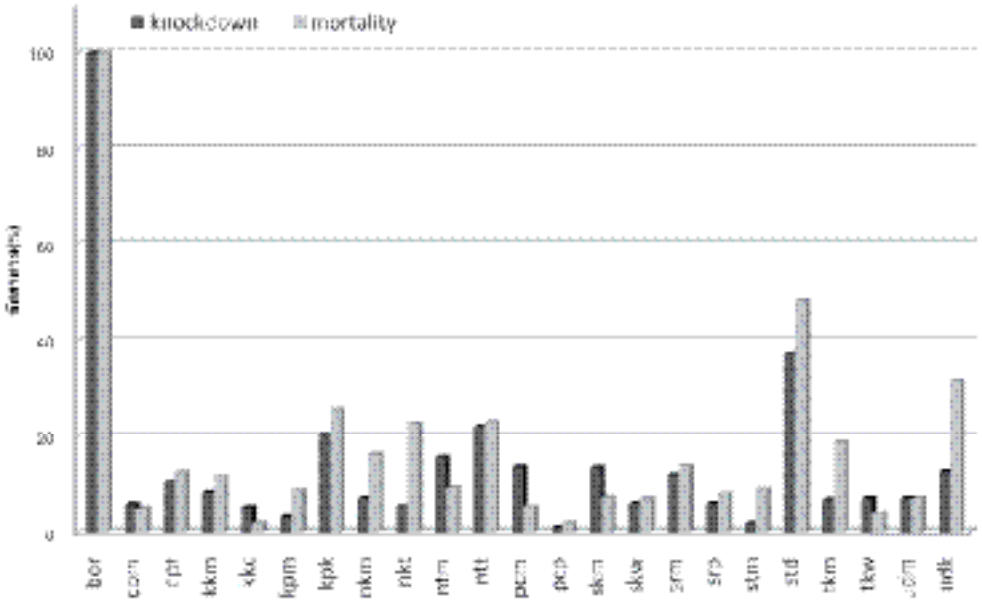
กราฟที่ 2 อัตราตายของยุงลายบ้านที่ 24 ชั่วโมง เมื่อสัมผัสสารเคมี malathion ที่ diagnostic concentration 0.8%



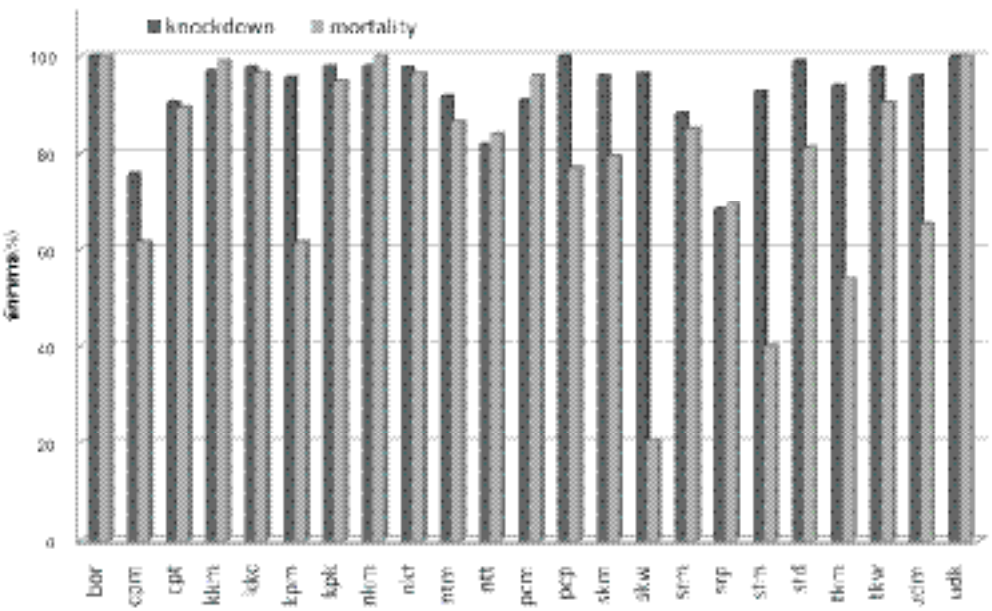
กราฟที่ 3 อัตราตายของยุงลายบ้านที่ 24 ชั่วโมง เมื่อสัมผัสสารเคมี etofenprox ที่ diagnostic concentration 0.5%



กราฟที่ 4 อัตราตายของยุงลายบ้านที่ 24 ชั่วโมง เมื่อสัมผัสสารเคมี propoxur ที่ diagnostic concentration 0.1%



กราฟที่ 5 อัตราตายของยุงลายบ้านที่ 24 ชั่วโมง เมื่อสัมผัสสารเคมี permethrin ที่ diagnostic concentration 0.75%



กราฟที่ 6 อัตราตายของยุงลายบ้านที่ 24 ชั่วโมง เมื่อสัมผัสสารเคมี deltamethrin ที่ diagnostic concentration 0.05%

ตารางที่ 2. ช่วงเวลาที่ยุงสลบ 50 % (Knockdown Time: KT50) เมื่อสัมผัสกับกระดาษชุบสารเคมี etofenprox 0.5% และ permethrin 0.75%

สายพันธุ์	สารเคมี etofenprox 0.5%			สารเคมี permethrin 0.75%		
	KT50(นาที)	95 %CI	Pr>Chisq*	KT50(นาที)	95 %CI	P>Chi square*
Bora	28.01	26.62-29.36	0.2275	8.27	-	1.0000
cpm	>80	-1	0.1043	>80	290.59-1.0E11	0.3525
cpt	>80	-	0.0188	>80	232.89-2079005	0.4221
kkm	67.30	-	1.0000	>80	95.08-1199	0.9877
kkc	>80	-	0.4064	64.94	-	1.0000
kpm	>80	-	0.8516	>80	-	0.9962
kpk	>80	-	0.7250	>80	-	0.3941
nkm	>80	-	0.9262	>80	-	0.6107
nkt	67.03	-	1.0000	>80	-	0.8871
ntm	>80	-	0.9551	>80	-	0.4843
ntt	>80	-	0.0425	>80	-	0.0036
pcm	>80	-	0.1460	79.26	69.17-129.48	0.1628
pcp	>80	-	<0.001	6.98E-7	-	0.3744
skm	>80	-	<0.001	>80	-	0.9251
skw	65.30	-	1.0000	>80	-	0.8371
srm	>80	-	0.1461	80.0	69.43-134.24	0.9619
srp	>80	-	0.2186	>80	-	0.6528
stm	-	-	<0.001	>80	-	0.9784
std	>80	-	0.8295	>80	-	0.4528
tkm	>80	-	0.9312	64.46	-	1.0000
tkw	>80	-	0.7142	>80	-	0.8571
udm	>80	-	0.7318	>80	-	0.5951
udk	>80	-	0.002	>80	-	0.9828

* Pearson Goodness – of – Fit chi – square: P>0.05 (SAS probit analysis) 1 ค่า KT50 มากกว่า 80 นาที

ตารางที่ 3. แสดงช่วงเวลาที่ยุงสลบ 50 % (Knockdown Time: KT50) เมื่อสัมผัสกับกระดาษชุบสารเคมี Deltamethrin 0.05%

สายพันธุ์	KT50 (นาที)	95%CI	P>Chi square *
Bora	7.88	-	1.0000
cpm	43.15	40.72-45.86	0.3057
cpt	31.68	29.77-33.56	0.5002
kkm	26.72	25.13-28.24	0.2199
kkc	33.36	30.38-36.06	0.0920
kpm	32.78	25.20-39.65	<0.001
kpk	25.70	24.02-27.34	0.5463
nkm	26.20	24.53-27.83	0.1086
nkt	31.05	20.68-40.55	<0.0001
ntm	32.75	30.82-34.68	0.6074
ntt	35.45	28.90-43.17	0.0037
pcm	41.27	35.73-47.87	0.0071
pcp	31.71	30.36-33.03	0.1764
skm	23.23	14.67-31.49	<0.0001
skw	35.73	23.69-48.38	<0.0001
srm	38.39	36.18-40.73	0.4247
srp	43.60	36.57-54.41	0.0049
stm	33.04	31.27-34.78	0.6503
std	26.38	24.71-28.01	0.1942
tkm	34.36	30.07-38.59	0.0199
tkw	33.60	32.06-35.12	0.1812
udm	29.80	24.40-34.80	0.0026
udk	27.34	26.18-28.47	0.9845

* Pearson Goodness-of-Fit chi-square: P>0.05 (SAS probit analysis)