



ความไวต่อสารเคมีของลูกน้ำและยุงลายในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 7 ปี 2561

Insecticide Susceptibility of *Aedes aegypti* in Heath Region 7 in 2018

กองแก้ว

ยะอุป *

Kongkaew

Ya-oup

สุภาพร

ทวยบิ่งฉิม *

Supaporn

Thubaungsim

กุลชล

ภัทรโรคนานท์ *

Kullachon

Pattarapokanon

* สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดขอนแก่น

Office of Disease Prevention and Control Region 7,
Khon Kaen

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental study) วัตถุประสงค์เพื่อเฝ้าระวังความไวของยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti* (L.)) ต่อสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมยุงลายพาหะนำโรคไข้เลือดออกในระยะลูกน้ำและตัวเต็มวัย ด้วยวิธี susceptibility test โดยเก็บลูกน้ำยุงจากพื้นที่ที่มีผู้ป่วยไข้เลือดออกสูงย้อนหลัง 5 ปี (2556-2560) ในพื้นที่เขตสุขภาพที่ 7 มาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการให้ได้รุ่นลูกที่ 1 (F1) ทดสอบลูกน้ำยุงลายบ้านกับสารเคมี temephos ที่ความเข้มข้น 0.012% และ 1%, นอกจากนี้ ทดสอบสารเคมี 6 ชนิด ได้แก่ deltamethrin 0.05 %, cypermethrin 0.22%, alphacypermethrin 0.08%, malathion 5%, fenitrothion 1% และ deltamethrin 0.05 % + piperonyl butoxide 4 %(PBO) กับยุงลายบ้านระยะตัวเต็มวัย ตามวิธีมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก

ผลการศึกษาพบว่า ลูกน้ำยุงลายบ้านมีแนวโน้มดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี temephos 0.012 % ส่วนสารเคมี temephos 1% ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่ใช้ในการควบคุมยุงในระยะลูกน้ำ พบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านทุกพื้นที่ยังไวต่อสารเคมีชนิดนี้ โดยมีอัตราการตายร้อยละ 100 สำหรับความไวของยุงตัวเต็มวัยต่อสารเคมี พบว่ายุงลายบ้านบางพื้นที่ดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี deltamethrin โดยมีอัตราการตายร้อยละ 75 สารเคมี cypermethrin พบว่ายุงลายบ้านหลายพื้นที่ดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมีชนิดนี้ อัตราตายร้อยละ 50-76 สารเคมี alpha-cypermethrin ยุงลายบ้านบางพื้นที่ดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี อัตราตายร้อยละ 45-88 สารเคมี malathion พบว่ายุงลายบ้านบางพื้นที่ดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี อัตราตายร้อยละ 67-77 สารเคมี fenitrothion พบว่ายุงลายบ้านหลายพื้นที่ดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี อัตราตายร้อยละ 35-75 สาร piperonyl butoxide (PBO) 4 % พบว่ายุงลายบ้านมีอัตราการตายร้อยละ 1 ส่วนสารผสม deltamethrin 0.05 % + PBO 4 % พบว่ายุงลายบ้านกลับมาไวต่อสารเคมีดังกล่าว มีอัตราการตายร้อยละ 96-100 จากผลการศึกษาครั้งนี้ พบว่ายุงลายบ้านต้านทานต่อสารเคมีหลายชนิด ซึ่งการต้านทานสารเคมีของยุงลายบ้านในหลายพื้นที่สาเหตุหนึ่งมาจากปัจจุบันมีการนำสารเคมีหลากหลายชนิด มาใช้ควบคุมโรคไข้เลือดออกในพื้นที่ การใช้สารเคมีชนิดเดิมในพื้นที่เป็นเวลานานจะเป็นสาเหตุทำให้ยุงต้านทานต่อสารเคมีซึ่งอาจส่งผลให้การควบคุมโรคได้ผลลดลง ดังนั้นสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น จึงควรมีการเฝ้าระวังความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมีอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง เพื่อเป็นข้อมูลนำไปสู่การเลือกใช้สารเคมีในการควบคุมพาหะนำโรคที่มีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม มาตรการในการป้องกันควบคุมโรคไข้เลือดออกที่ดีที่สุดและทำได้ง่าย สะดวก ประหยัด มีประสิทธิภาพ และปลอดภัย คือการลดและทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลาย ซึ่งเป็นการป้องกันและกำจัดลูกน้ำยุงลายอย่างถาวร

คำสำคัญ: ยุงลายบ้าน สารเคมีกำจัดแมลง ทดสอบความไว ความต้านทาน

Abstract

This study was an experimental study. The objective was to determine the insecticide susceptibility of *Aedes aegypti* (L.) larvae and adults, the vector of dengue fever. *Aedes aegypti* larva were collected from urban and rural of Heath Region 7, from 2013 - 2017. Insecticide susceptibility tests were performed with 0.012% (a diagnostic concentration) and 1% (an operational concentration) temephos for larval stages, while diagnostic concentrations of 0.05% deltamethrin, 0.22% cypermethrin, 0.08 % alphacypermethrin, 5% malathion, 1% fenitrothion and 0.05% deltamethrin + 4 % piperonyl butoxide (PBO) were tested with adult stage using WHO tube bioassay.

The results showed strong resistance of *Ae. aegypti* in all population to 0.012 % temephos, whilst an operational concentration at 1% temephos still efficient kill all mosquitoes. *Aedes aegypti* has developed resistance to deltamethrin in some areas with mortality ranging from 75%-100%. However, when 0.05% deltamethrin was mixed with 4% piperonyl butoxide (PBO), mortality rate was increase between 96% to 100%. Most areas were resistance to 0.22% cypermethrin, with mortality rates at 50 – 76 %, and resistance with 0.08 % alpha-cypermethrin were mortality rates at 45 % - 88 %. Some areas were resistance to 5% malathion, with mortality rates at 67% - 77%. Most areas were resistance to 1% fenitrothion, with mortality rates ranging from 35% to 75%. These findings indicate *Ae. aegypti* resistance to various chemicals, expanding across different areas. One contributing factor is the widespread use of various chemicals for dengue fever control in these regions. The findings of this study indicate a growing trend of *Ae. aegypti* resistance to insecticides. The potential of insecticides resistances may be due to improper use or the repeated use of the same chemicals over time, which can reduce the effectiveness of disease control efforts. Therefore, it is crucial for the Office of Disease Prevention and Control 7 Khon Kaen (ODPC 7) to monitor systematically and continuously. This information is vital for selecting the most effective chemicals to control the vector. However, the most efficient, cost-effective, safe, and easy-to-implement measure for dengue fever prevention are the reduction and elimination of mosquito breeding sites, which offers a permanent solution by controlling *Aedes* larvae.

Keywords: *Aedes aegypti*, Insecticides, Susceptibility test, Resistant

บทนำ

โรคไข้เลือดออกเป็นโรคติดต่อมาโดยแมลงที่เป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขของประเทศไทย สาเหตุเกิดจากเชื้อไวรัสเด็งกี (dengue virus) ซึ่งมียุงลายบ้าน *Aedes aegypti* เป็นพาหะหลัก และยุงลายสวน *Aedes albopictus* เป็นพาหะรอง โรคไข้เลือดออกมีการระบาดเป็นระยะๆ 2-3 ปี⁽¹⁾ สถานการณ์โรคไข้เลือดออกในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2561 มีผู้ป่วยจำนวน 87,494 ราย คิดเป็นอัตรา 89.27 ต่อประชากรแสนคน เสียชีวิต 101 ราย⁽²⁾ จึงยังคงเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญ นอกจากนี้ยังเป็นโรคที่มีการแพร่ระบาดจากเขตเมืองสู่ชนบทและกระจายไปทั่วประเทศ⁽³⁾ ดังนั้นจึงอาจกลับมาระบาดและเป็นภัยคุกคามต่อสุขภาพของประชาชนได้ตลอดเวลา ยุงลายเป็นยุงที่มีชีวิตนิสัยชอบใกล้ชิดกับคน ระยะไข่ ลูกน้ำ และตัวโม่่ง พบได้ในภาชนะเก็บกักน้ำในครัวเรือนทั้งในบ้านและนอกบ้าน ยุงลายมีนิสัยชอบกินเลือดคน (anthropophilic)⁽⁴⁾ การป้องกันควบคุมโรคไข้เลือดออกได้ให้ความสำคัญกับมาตรการลดแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลาย แต่เมื่อมีการระบาดเกิดขึ้นก็จำเป็นต้องกำจัดยุงตัวเต็มวัยเพื่อกำจัดยุงที่มีเชื้อไวรัสให้หมดไป โดยการใช้สารเคมี ซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ และออร์กาโนฟอสฟอรัส⁽⁵⁾ แต่ในปัจจุบันมีการรายงานการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีของยุงลายบ้านและยุงลายสวน Duque Luna *et al*⁽⁶⁾ ศึกษาความไวของยุงลายบ้านที่เมือง Curitiba ประเทศบราซิลต่อสารเคมี temephos และ cypermethrin พบว่ายุงลายบ้านมีความไวต่อสารเคมี temephos แต่ดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี

ดังนั้นการศึกษาระดับความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมีที่ใช้กำจัดยุง จึงมีความจำเป็นเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานของการประเมินสถานการณ์ระดับความไว แนวโน้มการดื้อ/ต้านทาน

cypermethrin มีการศึกษาใน 10 จังหวัดเขตภาคกลางของประเทศไทย พบว่ายุงลายบ้านดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี DDT 4%, propoxur 0.1%, permethrin 0.25% และ etofenprox 0.25% แต่ไวต่อสารเคมี malathion 5%⁽⁷⁾ กองแก้ว ยะอุป และคณะ⁽⁸⁾ ได้ศึกษาความไวของยุงลายใน 14 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือพบว่า ยุงลายดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี permethrin 0.75 % ต่อมาในปี 2547 ลักษณะ หลายทวีวัฒน์ และคณะ⁽⁹⁾ ได้ศึกษาความไวของยุงลายบ้านต่อสาร permethrin 0.75% เปรียบเทียบกับการศึกษาของกองแก้ว ยะอุป และคณะ⁽⁸⁾ ในปี 2545 พบว่ายุงลายบ้านสายพันธุ์ขอนแก่น ดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี permethrin 0.75% เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราตายร้อยละ 29.0 และ 28.0 ตามลำดับ และต่อมาได้ศึกษาหาระดับความต้านทาน (Resistance Ratio) เปรียบเทียบกับยุงลายสายพันธุ์ Bora bora ขององค์การอนามัยโลก พบว่า มีค่า RR เท่ากับ 25 เท่า⁽¹⁰⁾ ในปีพ.ศ. 2547 สีวิภา แสงธราทิพย์ และคณะ⁽¹¹⁾ ได้ทำการศึกษาความไวของยุงลายต่อสารกำจัดแมลง 3 ชนิด ได้แก่ สารผสม deltamethrin (Deltacide®), etofenprox (Lenatop®) และ สารผสม fenitrothion (Sumithion®) กับตัวอย่างประชากรยุงลายบ้าน 5 จังหวัด คือ นครปฐม พิจิตร ระยอง สมุทรปราการ และ สุรินทร์ พบว่ายุงลายบ้านทั้ง 5 จังหวัด มีความไวสูงต่อสารผสม fenitrothion และมีความไวค่อนข้างดีต่อสารผสม deltamethrin อย่างไรก็ตาม พบว่ายุงลายบ้านกลุ่มนี้มีความไวปานกลางต่อสารผสม etofenprox

ต่อสารเคมีที่ใช้ในพื้นที่ และเป็นประโยชน์ในการประกอบการพิจารณาวางแผนคัดเลือกใช้สารกำจัดแมลงได้อย่างมีประสิทธิภาพเหมาะสมในการควบคุมยุงพาหะนำโรค

วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาระดับความไวของลูกน้ำยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* ต่อสารเคมี temephos
2. เพื่อหาระดับไวของยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* ระยะตัวเต็มวัยต่อสารเคมี

วิธีการศึกษา

เป็นการวิจัยเชิงทดลอง(Experimental study) ทำการศึกษาในสนาม (Field study) และในห้องปฏิบัติการ ช่วงเดือนมกราคม - กันยายน 2561 ได้ดำเนินการเก็บตัวอย่างลูกน้ำยุงลายในพื้นที่ นำมาเลี้ยงในห้องเลี้ยงแมลงของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น ยุงที่ใช้ในการทดสอบเป็นยุงรุ่นที่ 1 (F_1) หรือรุ่นที่ 2 (F_2) วิธีทดสอบใช้วิธีการตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก¹² โดยแบ่งการทดสอบเป็นการทดสอบกับลูกน้ำกับสารเคมี temephos และทดสอบยุงตัวเต็มวัยกับกระดาษชุบสารเคมี ดังนี้ deltamethrin 0.05 %, cypermethrin 0.22 %, alphacypermethrin 0.08 %, malathion 5 % และ fenitrothion 1 % ซึ่งสั่งซื้อจาก WHO Vector Control Research Unit มหาวิทยาลัย Sains Malaysia รัฐปีนัง ประเทศมาเลเซีย

ประชากรศึกษา

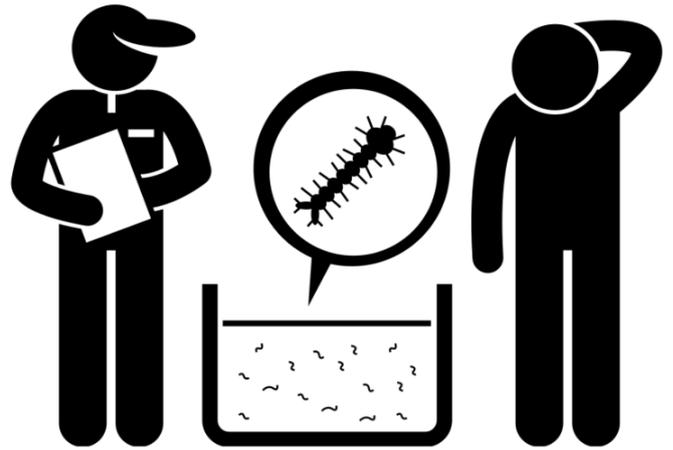
1. ยุงลายบ้านที่ใช้ศึกษา ใช้ลูกน้ำยุงลายที่เก็บรวบรวมจากพื้นที่เป้าหมาย
2. พื้นที่เก็บตัวอย่าง เป็นชุมชนในพื้นที่เสี่ยงสูง ในเขตสุขภาพที่ 7 ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีโรคไข้เลือดออกระบาด 5 ปีซ้อนหลัง (2556- 2560) ได้แก่ ชุมชนในพื้นที่จังหวัดขอนแก่น กาฬสินธุ์ มหาสารคาม และร้อยเอ็ด รวม 19 พื้นที่

ขั้นตอนการศึกษา

1. วิธีการเก็บตัวอย่าง
 - 1.1. สุ่มเก็บตัวอย่างลูกน้ำยุงลายจากชุมชน ในเขตเทศบาลเมือง เทศบาลตำบล และนอกเขตเทศบาล ในเขตสุขภาพที่ 7
 - 1.2. นำลูกน้ำยุงลายมาเลี้ยงเพิ่มปริมาณ ในห้องเลี้ยงแมลงของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดขอนแก่นโดย

ใช้ลูกน้ำและตัวเต็มวัย รุ่นที่1(F_1) สำหรับทดสอบ

- 1.3. ใช้ยุงลายสายพันธุ์มาตรฐาน (Bora bora) ทดสอบเพื่อเปรียบเทียบความไวต่อสารเคมี โดยปกติลูกน้ำและยุงตัวเต็มวัยนี้จะมีอัตราการตายร้อยละ 100 เมื่อทดสอบกับสารเคมีทุกชนิด



2. วิธีการทดสอบ

2.1. การทดสอบความไวของลูกน้ำยุงลายต่อสาร temephos⁽¹²⁾

- 1) เตรียมสารละลาย temephos ความเข้มข้น 0.012 % และ 1 % ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร/ความเข้มข้น แล้วใส่ลงในถ้วยทดสอบขนาด 400 มิลลิลิตร ปริมาตร 225 มิลลิลิตรจำนวน 4 ถ้วยต่อความเข้มข้น
- 2) ใส่ลูกน้ำยุงลายระยะที่ 3 ตอนปลายหรือระยะที่ 4 ตอนต้น จำนวน 25 ตัวต่อถ้วย
- 3) ดำเนินการทดสอบ 4 ชั่วโมงต่อความเข้มข้น แต่ความเข้มข้นจะมีชุดควบคุม ซึ่งใช้สารละลาย Butanone 1 มิลลิลิตร (ที่ใช้เป็นตัวทำละลาย temephos) แทนการใส่สารเคมี temephos
- 4) นับจำนวนการตายของลูกน้ำหลังการทดสอบ 24 ชั่วโมง และบันทึกข้อมูล
- 5) คำนวณอัตราการตายของลูกน้ำที่ 24 ชั่วโมง

2.2 การทดสอบความไวของยุงตัวเต็มวัยต่อสารเคมี โดยวิธี Susceptibility test ตามวิธีการทดสอบมาตรฐานของ องค์การอนามัยโลก⁽¹²⁾

- 1) คูดยุงลายบ้านเพศเมียอายุ 2-5 วัน ที่ยังไม่กินเลือดใส่ในกระบอกพัก (holding tube) จำนวน 25 ตัว/กระบอก
- 2) พักยุงในกระบอกพัก เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ถ้ามียุงที่ไม่แข็งแรงหรือตายจะเอาออก และเพิ่มยุงใหม่เข้าไปทดแทน
- 3) เมื่อครบเวลา จะถ่ายยุงจากกระบอกพักไปยังกระบอกทดสอบ (exposure tube) ซึ่งภายในกระบอกกรุด้วยกระดาษชุบสารเคมี ให้ยุงสัมผัสกระดาษชุบสารเคมีในกระบอกทดสอบ เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
- 4) เมื่อครบเวลา จะถ่ายยุงจากกระบอกทดสอบกลับไปยังกระบอกพัก (กระบอกเดิม) นำไปเลี้ยงไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โดยให้สำลีชุบสารละลายน้ำตาล 10 % เป็นอาหาร
- 5) ในการทดสอบสารเคมีแต่ละชนิด จะทำการทดสอบ 4 ซ้ำ (1 ซ้ำคือ 1 กระบอก ที่มียุง 25 ตัว) และการทดสอบสารเคมีแต่ละชนิดจะทำการทดสอบยุงชุดควบคุม (control) ไปพร้อมกัน ซึ่งดำเนินการเช่นเดียวกับการทดสอบกับกระดาษชุบสารเคมี แต่ภายในกระบอกจะกรุด้วยกระดาษชุบด้วยตัวทำละลาย หรือกระดาษที่ไม่ชุบสารเคมี
- 6) เมื่อครบ 24 ชั่วโมง นับจำนวนยุงตาย ในแต่ละกระบอก และบันทึกข้อมูล
- 7) บันทึกอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ระหว่างการทดสอบและระหว่างเลี้ยงยุง 24 ชั่วโมง



3. การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1. ใช้สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ร้อยละ อัตราตาย การคำนวณอัตราตาย

$$\text{อัตราตาย} = \frac{\text{จำนวนลูกน้ำหรือตัวเต็มวัยของยุงทดสอบที่ตาย}}{\text{จำนวนลูกน้ำหรือตัวเต็มวัยของยุงทดสอบทั้งหมด}} \times 100$$

3.2. หาอัตราตายที่แท้จริง ถ้าอัตราตายของลูกน้ำหรือตัวเต็มวัยของยุงในชุดควบคุม อยู่ระหว่าง 5-20% ให้หาค่าอัตราตายที่แท้จริงของลูกน้ำและยุงโดยใช้ Abbott's formula⁽¹³⁾ ดังนี้

$$\text{อัตราตายที่แท้จริง} = \frac{(\text{อัตราตายของยุงทดสอบ} - \text{อัตราตายของยุงชุดควบคุม})}{(100 - \text{อัตราตายของยุงชุดควบคุม})} \times 100$$

3.3. ถ้าอัตราตายของลูกน้ำหรือตัวเต็มวัยในชุดควบคุม มากกว่าร้อยละ 20 ให้ทำการทดสอบใหม่

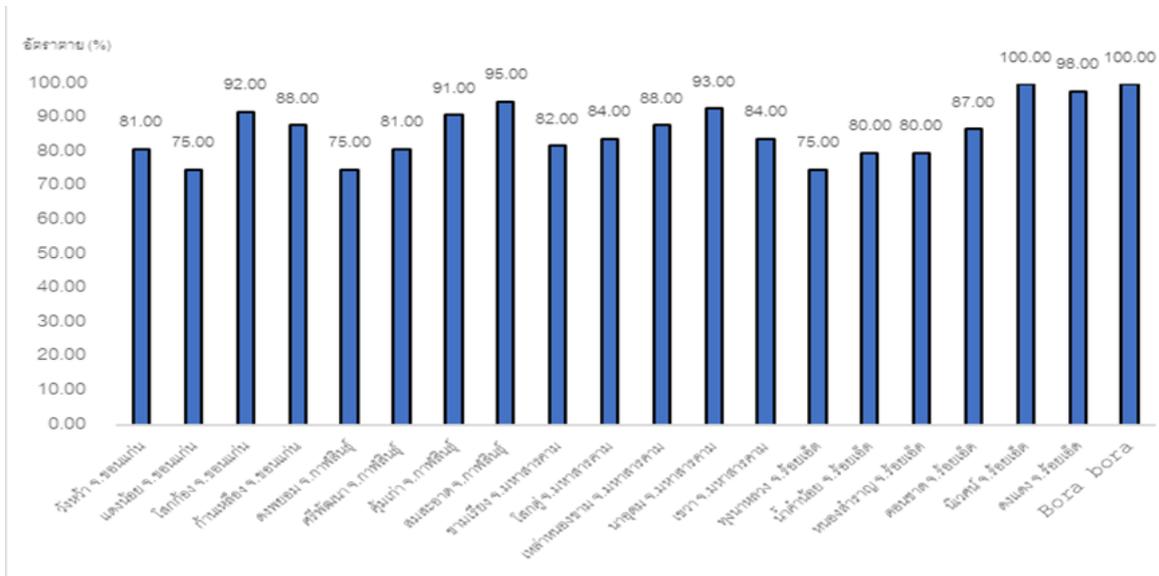
3.4. การแปลผล ใช้ตามเกณฑ์การประเมินผลความไวของลูกน้ำหรือตัวเต็มวัยต่อสารเคมีขององค์การอนามัยโลก⁽¹²⁾ ดังนี้

- อัตราตายระหว่าง 98 – 100% หมายถึง ยุงมีความไวต่อสารเคมี
- อัตราตายระหว่าง 80 – 97% หมายถึง ยุงเริ่มดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี
- อัตราตายน้อยกว่า 80% หมายถึง ยุงดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมี

ผลการศึกษา

1. ความไวของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสารเคมี temephos 0.012% ในพื้นที่เก็บตัวอย่าง 19 แห่ง พบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านเกือบทุกแห่งมีแนวโน้มดี/ต้านทานต่อสารเคมี โดยมีอัตราการตาย

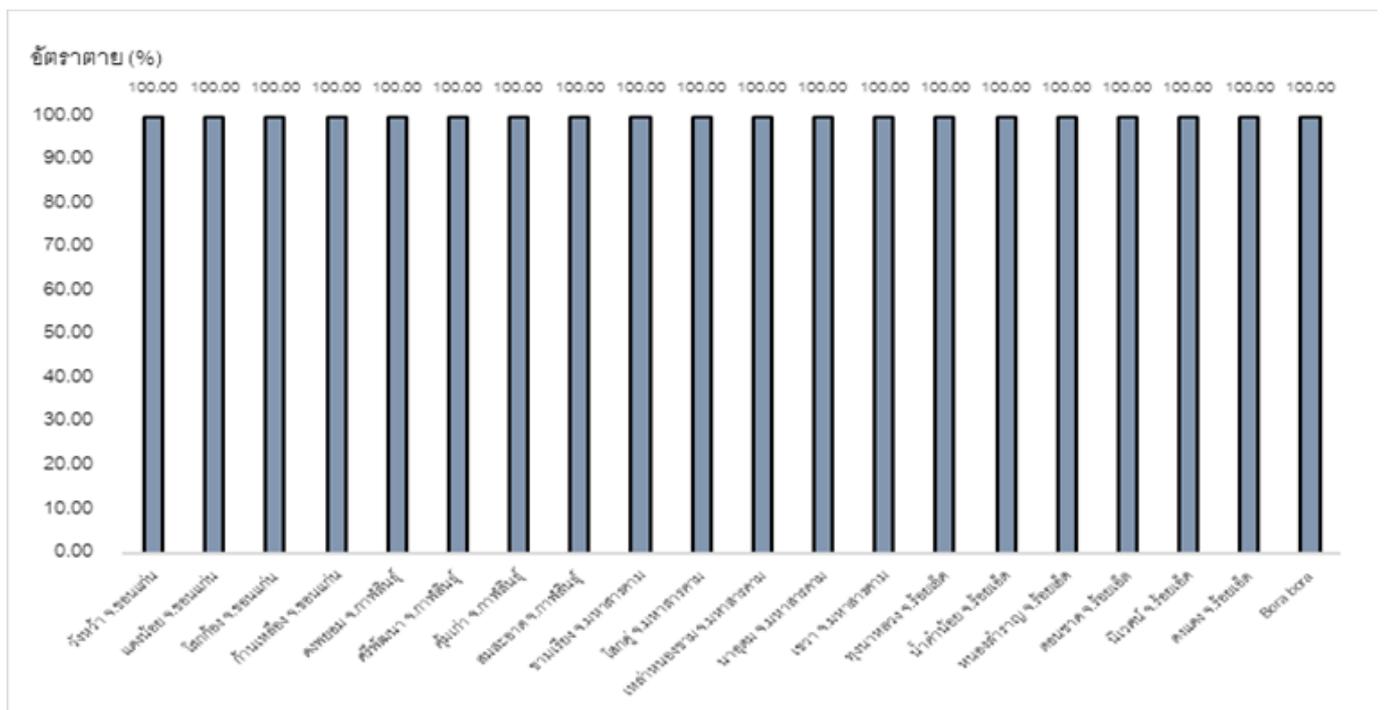
อยู่ระหว่าง ร้อยละ 14.89-73.47 ยกเว้น ลูกน้ำยุงลายบ้านในพื้นที่ชุมชน นิเวศน์ จ.ร้อยเอ็ด ที่เริ่มดี/ต้านทานต่อสารเคมี โดยมีอัตราการตายร้อยละ 84.69 (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 อัตราตายของลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) ต่อสารเคมี temephos 0.012%

2. ความไวของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสารเคมี temephos 1% พบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านทุกกลุ่มประชากรศึกษามีความไวต่อ

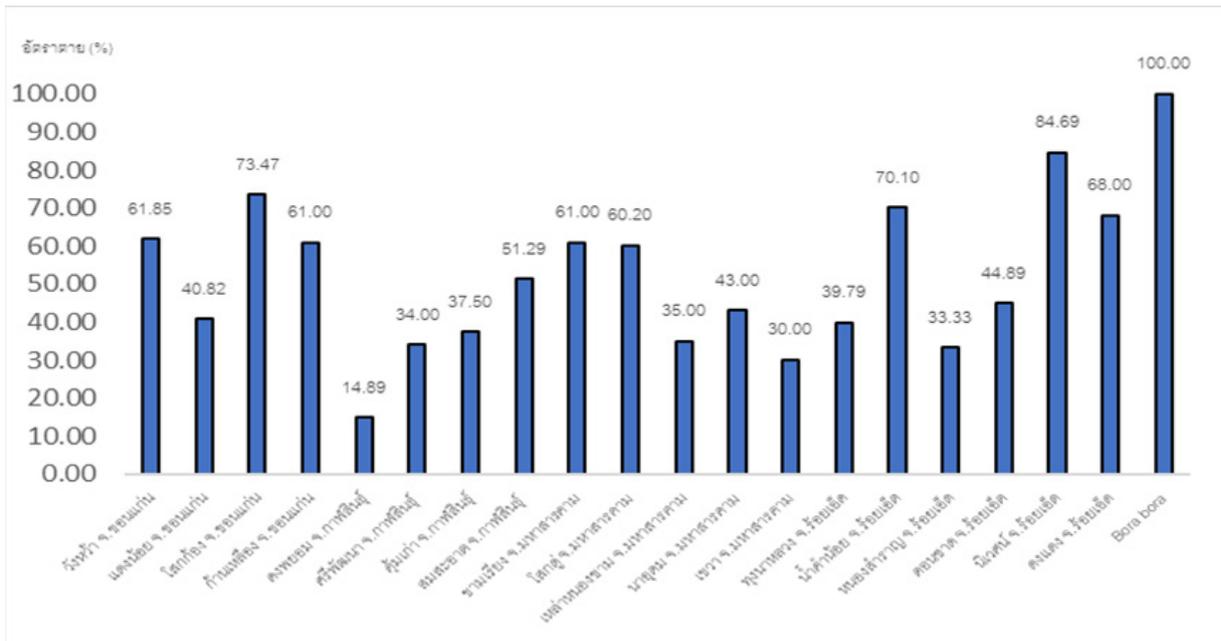
สารเคมี temephos ที่ความเข้มข้นที่ 1% (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 อัตราตายของลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) ต่อสารเคมี temephos 1 %

3. ความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมี deltamethrin 0.05% พบว่า ระดับความไว/ต้านทานสารเคมีของยุงลายบ้านในพื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ในสถานะ เริ่มดื้อ/ต้านทานต่อสารเคมีชนิดนี้ ซึ่งมีอัตราการตาย ระหว่างร้อยละ 80-96 พบ 2 พื้นที่ที่ยุงลายบ้านยังมีความไวต่อสารเคมีชนิดนี้ คือ ยุงลายบ้านในพื้นที่ชุมชน

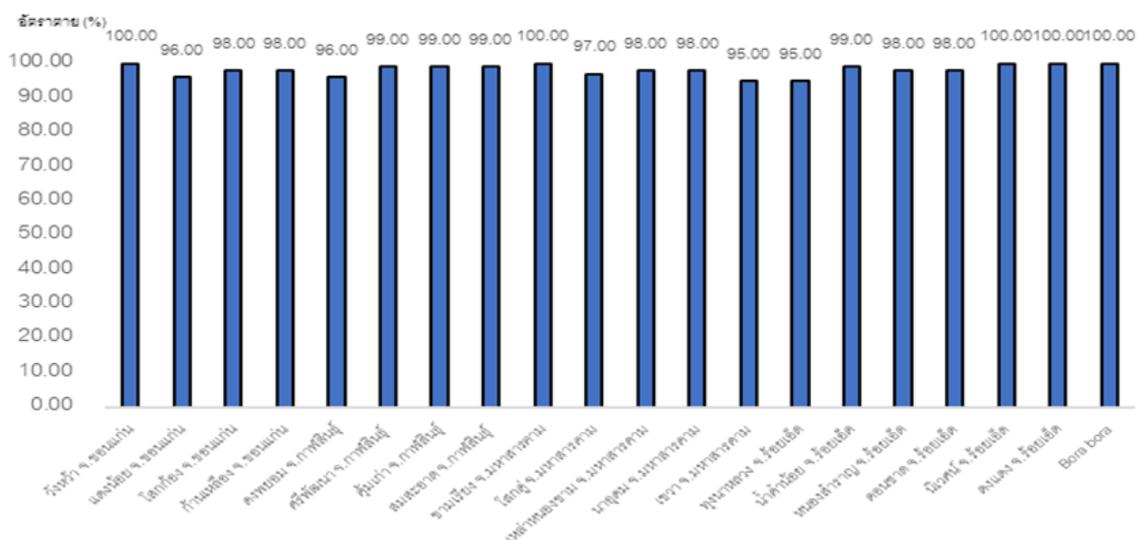
นิเวศน์ และดอนแดง จ.ร้อยเอ็ด เช่นเดียวกับยุงลายสายพันธุ์ bora ในทางตรงกันข้ามกับยุงลายบ้านในพื้นที่ชุมชน แดงน้อย จ.ขอนแก่น ดงพะยอม จ.กาฬสินธุ์ และทุ่งนาหลวง จ.ร้อยเอ็ด ที่มีสถานะดื้อ/ต้านทานต่อสารชนิดนี้ โดยมีอัตราการตาย ร้อยละ 75 (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 อัตราตายของยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) ต่อสารเคมี deltamethrin 0.05%

4. ความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมี deltamethrin 0.05% + piperonyl butoxide (PBO) 4.0% พบว่า ยุงลายบ้านส่วนมาก (14 ชุมชน) จะมีความไวต่อสารเคมี deltamethrin เมื่อทดสอบร่วมกับ PBO มีอัตราการตายร้อยละ 98-100 และ

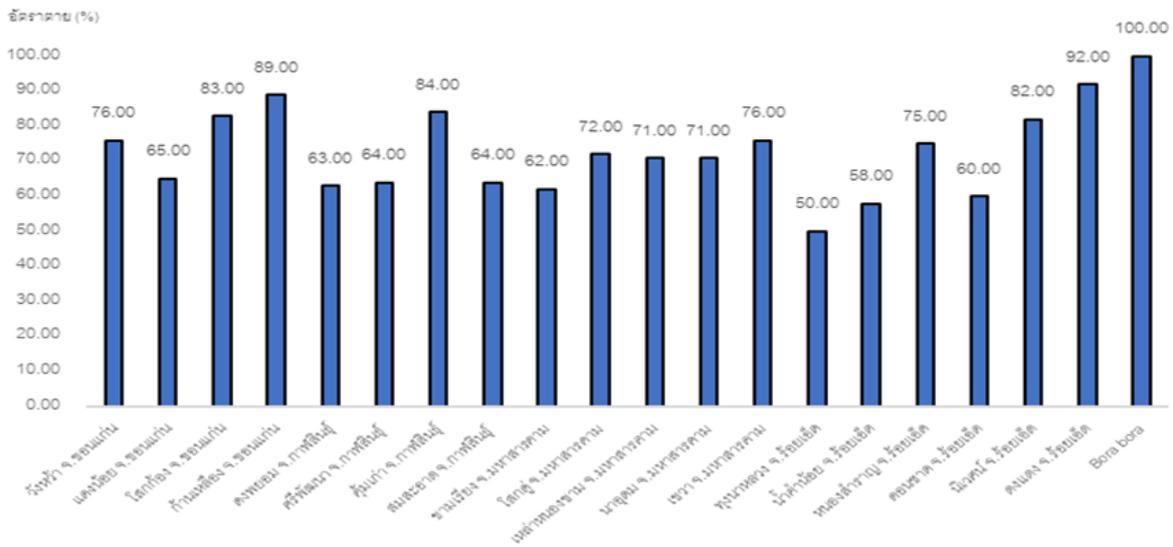
ยุงลายจาก 5 ชุมชนมีแนวโน้มดื้อ/ต้านทาน โดยมีอัตราการตายอยู่ในช่วงร้อยละ 95-97 ได้แก่ ยุงลายบ้านจากชุมชนแดงน้อย จ.ขอนแก่น ดงพะยอม จ.กาฬสินธุ์ โสกคู้ จ.มหาสารคาม เขวา และทุ่งนาหลวง จ.ร้อยเอ็ด (รูปที่ 4)



รูปที่ 4 อัตราตายของยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) ต่อสารเคมี deltamethrin 0.05% + piperonyl butoxide 4.0%

5. ความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมี cypermethrin 0.22% พบว่า ส่วนใหญ่ยุงลายบ้านในพื้นที่ที่มีสถานะคือ/ด้านทานต่อสารเคมีชนิดนี้ โดยมีอัตราการตายอยู่ในระดับร้อยละ 50-76 ได้แก่ ยุงลายบ้านในพื้นที่ชุมชน วังหว่า แดงน้อย จ.ขอนแก่น ดงพยอม ศรีพัฒนา สมสะอาด จ.กาฬสินธุ์ ขามเรียง โสภคคู่ เหล่าหนองขาม

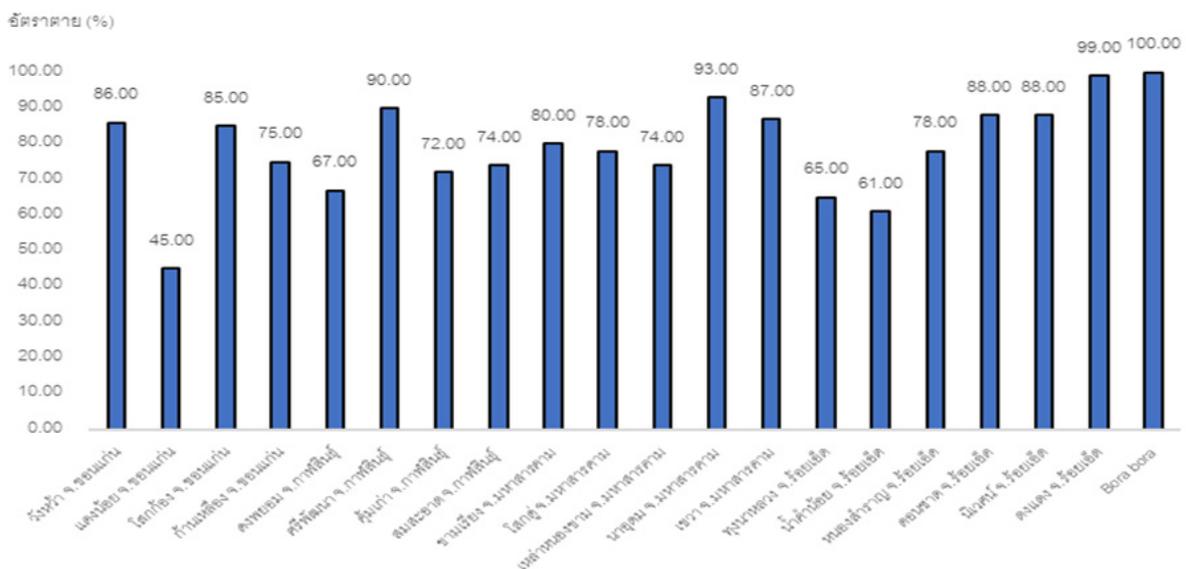
นาอุดม เขวา จ.มหาสารคาม ทุงนาหลวง น้ำค้ำน้อย หนองสำราญ และดอนชาติ จ.ร้อยเอ็ด แต่พบว่ายุงลายบ้านใน 5 ชุมชนที่เริ่มมีสถานะด้านทานต่อสารเคมีชนิดนี้ ซึ่งมีอัตราการตายระหว่างร้อยละ 82-92 (รูปที่ 5)



รูปที่ 5 อัตราตายของยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) ต่อสารเคมี cypermethrin 0.22%

6. ความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมี alpha-cypermethrin 0.08% พบว่า ยุงลายบ้านในพื้นที่เก็บตัวอย่างส่วนใหญ่คือ/ด้านทานต่อสารเคมีโดยมีอัตราการตายในช่วงระหว่างร้อยละ 45-78 ได้แก่ยุงลายบ้านของชุมชน แดงน้อย บ้านเหลียง จ.ขอนแก่น ดงพยอม คุ่มแก้ว สมสะอาด จ.กาฬสินธุ์ โสภคคู่ เหล่าหนอง

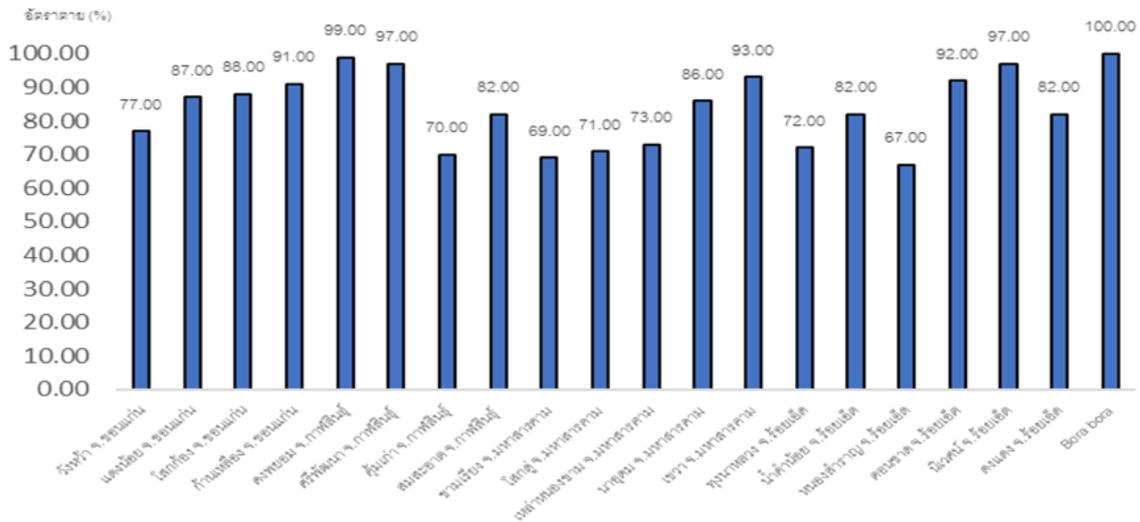
ขาม จ.มหาสารคาม ทุงนาหลวง น้ำค้ำน้อย และหนองสำราญ จ.ร้อยเอ็ดอย่างไรก็ตามจะพบว่ายุงมียุงลายบ้านจากพื้นที่ชุมชน ดินแดง จ. ร้อยเอ็ด ที่พบว่ายังไวต่อสารเคมีalpha-cypermethrin ซึ่งมีอัตราการตายร้อยละ 99 (รูปที่ 6)



รูปที่ 6 อัตราตายของยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) ต่อสารเคมี alpha-cypermethrin 0.08%

7. ความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมี malathion 5% พบว่า ยุงลายบ้านในพื้นที่ส่วนใหญ่ (10 พื้นที่) มีสถานะคือ/ต้านทานต่อสารเคมีโดยมีอัตราการตายอยู่ในช่วงร้อยละ 50-77 นอกจากนี้ยังพบว่ามียุงลายจากพื้นที่ 8 ชุมชนที่พบว่าเริ่มคือ/ต้านทานต่อสารเคมีชนิดนี้ มีอัตราการตายร้อยละ 80-93 อย่างไรก็ตาม พบว่า

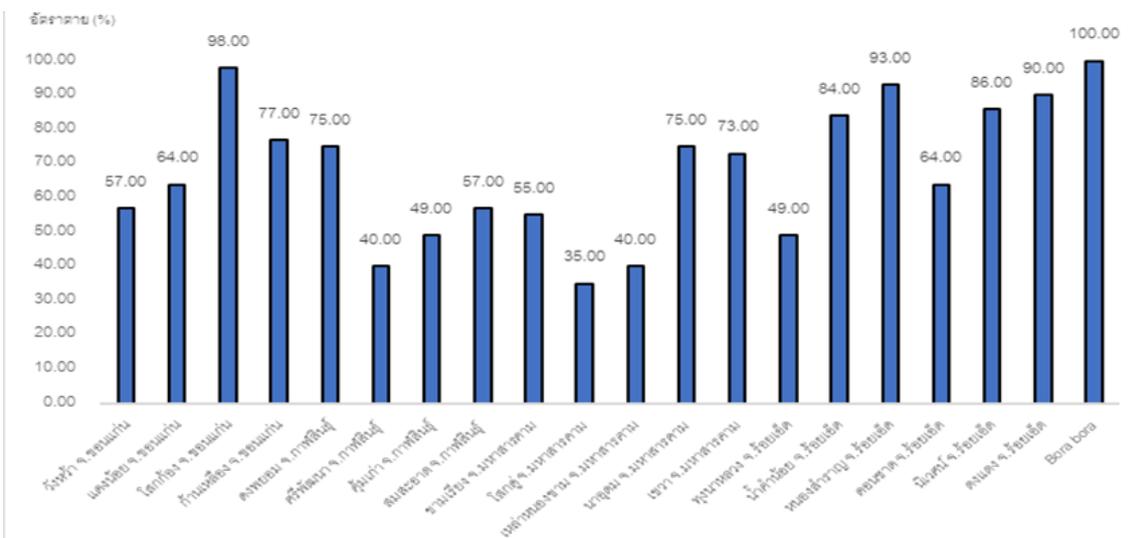
มียุงลายบ้านที่มีความไวต่อสารเคมีชนิดนี้ คือ ยุงลายบ้าน จากพื้นที่ในชุมชน ดงพะยอม จ. กาฬสินธุ์ ที่มีอัตราการตายร้อยละ 99 (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 อัตราตายของยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) ต่อสารเคมี malathion 5%

8. ความไวของยุงลายบ้านต่อสารเคมี fenitrothion 1.0% พบว่าส่วนใหญ่มีสถานะคือ/ต้านทานต่อสารเคมีชนิดนี้ โดยมีอัตราการตายอยู่ระหว่างร้อยละ 35-77 ได้แก่ยุงลายบ้านในพื้นที่ชุมชน นาหว้า แดงน้อย ก้านเหลือง จ.ขอนแก่น ดงพยอม ศรีพัฒนา คุ้มเก่า สมสะอาด จ.กาฬสินธุ์ ขามเือง โสกกู่ เหล่าหนองขาม นาอุดม เขวา จ.มหาสารคาม พญาหลวง และดอนขาด จ.ร้อยเอ็ด

เช่นเดียวกันยุงลายบ้านจากพื้นที่ในชุมชน น้ำคำน้อย นิเวศน์ ดงแดง และหนองสำราญ จ. ร้อยเอ็ด ที่มีสถานะเริ่มคือ/ต้านทานต่อสารเคมี fenitrothion ซึ่งมีอัตราการตายร้อยละ 84-86 แต่ยังมียุงลายบ้านที่ยังไวต่อสารเคมีชนิดนี้ ที่มีอัตราการตายที่ร้อยละ 98 ซึ่งเป็นยุงลายบ้านจากพื้นที่ในชุมชน โสกก้อง จ. ขอนแก่น (รูปที่ 8)



รูปที่ 8 อัตราตายของยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) ต่อสารเคมี fenitrothion 1.0%

สรุปและวิจารณ์ผล

จากผลการศึกษาระดับความไว/ความต้านทานต่อสารเคมีของยุงลายบ้านในพื้นที่ 19 แห่ง พบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านมีแนวโน้มต้านทานต่อสารเคมี temephos เมื่อตรวจสอบที่ความเข้มข้นมาตรฐาน 0.012% จากการใช้สาร temephos กำจัดลูกน้ำ ในรูปของสารเคลือบทราย 1% โดยมีอัตราการการใช้ที่ 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร คิดเป็นปริมาณสารออกฤทธิ์ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร (1 ppm) ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ใช้สำหรับควบคุมลูกน้ำยุงลาย⁽¹¹⁾ มาเป็นเวลานานตั้งแต่ปี พ.ศ. 2510 และการใช้ทรายกำจัดลูกน้ำไม่ได้ตามอัตราส่วนที่กำหนด จะเป็นสาเหตุในการกระตุ้นให้ลูกน้ำยุงลายสร้างความต้านทานต่อสารเคมี การควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านโดยการใช้ทรายกำจัดลูกน้ำในปริมาณที่น้อยเกินไปแล้วลูกน้ำยุงลายไม่ตาย และลูกน้ำยุงลายบ้านก็ได้รับสารเคมีไปนาน ๆ จะกระตุ้นให้ลูกน้ำยุงลายบ้านมีการสร้างเอนไซม์เพื่อลดความเป็นพิษของสารเคมีซึ่งกลไกหนึ่งที่ทำให้เกิดความต้านทานในประชากร สารเคมี temephos เป็นสารกลุ่ม organophosphate มีฤทธิ์ต่อระบบประสาททำให้ลูกน้ำเป็นอัมพาต แล้วตาย ดังนั้นจึงควรมีการสลับหมุนเวียนการใช้สารเคมีที่มีกลไกการออกฤทธิ์แตกต่างกัน เพื่อเป็นการลดความเร็วในการพัฒนาความต้านทานต่อสารกำจัดลูกน้ำ เช่น methropin ยับยั้งการสร้างสารโคตินทำให้ลูกน้ำลอกคราบไม่ได้ สาร IGR ยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำ หรือใช้วิธีการควบคุมอื่นเช่นใส่ปลากินลูกน้ำ การขัดล้างทำความสะอาดภาชนะมาใช้ร่วมด้วยเพื่อชะลอการสร้างความต้านทานของลูกน้ำที่เกิดขึ้น แต่อย่างไรก็ตาม ปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขยังคงแนะนำให้ใช้สารเคมี temephos ที่มีความเข้มข้น 1 ppm. ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน ซึ่งจากการทดสอบจะเห็นว่าความเข้มข้น 1 ppm. สามารถทำให้ลูกน้ำยุงลายบ้านมีอัตราการตายสูงถึง 100% ดังนั้น ทรายกำจัดลูกน้ำที่เคลือบด้วยสารเคมี temephos ความเข้มข้น 1 ppm. จะสามารถควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงควรใช้ในอัตราความเข้มข้นตามที่กระทรวงสาธารณสุขแนะนำ

จากการศึกษาที่พบว่ายุงลายบ้านตัวเต็มวัยมีความต้านทานต่อสารเคมี deltamethrin เป็นวงกว้าง สาเหตุอาจเกิดจากการใช้สารเคมีชนิดนี้พ่นกำจัดยุงในการควบคุมยุงลายโรคไข้เลือดออก อย่างกว้างขวางและต่อเนื่องเป็นเวลานานจากรายงานในช่วง 10 ปีที่ผ่านมาพบว่ายุงลายบ้านดื้อ/ต้านทาน

ต่อสาร deltamethrin กระจายเกือบทุกภาคในประเทศไทย จากการศึกษาของ Somboon et al.⁽¹⁴⁾ ในพื้นที่ภาคเหนือ อ.เมือง จ.เชียงใหม่ และ อ. เมือง จ.น่าน พบว่ายุงต้านทานต่อสารเคมี deltamethrin 0.1 % อัตราตายร้อยละ 61.2 และ 73.9 ตามลำดับ Paeporn et al.⁽¹⁵⁾ ศึกษาความไวของยุงในภาคใต้พบว่ายุงต้านทานต่อสารเคมี deltamethrin 0.05 % ที่จังหวัดภูเก็ต และกระบี่ อัตราตายร้อยละ 72 และ 71 ตามลำดับ และลักษณะหลายทวีดัมน์ และคณะ⁽⁹⁾ ได้ศึกษาความไวของยุงในพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ในเขตเทศบาลของ จ.สกลนคร และ จ.หนองคาย พบว่ายุงต้านทานต่อสารเคมี deltamethrin 0.05 % มี อัตราตายร้อยละ 73.5 และ 79 ตามลำดับ

สาร piperonyl butoxide (PBO) เป็นสารเสริมฤทธิ์ (synergist) มีฤทธิ์ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ cytochrome P450 monooxygenases ซึ่งเป็นกลุ่มเอนไซม์ทำลายพิษ (detoxification enzyme) โดยเป็นกลไกหนึ่งที่ทำให้เกิดความต้านทานของแมลงต่อสารเคมี การใช้สารเสริมฤทธิ์จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของสารกำจัดแมลงทำให้แมลงมีอัตราการตายเพิ่มมากขึ้น จากการทดสอบยุงลายบ้านต่อสารเคมี deltamethrin + piperonyl butoxide จะพบว่ายุงลายบ้านในทุกพื้นที่ทดสอบ มีอัตราการตายที่เพิ่มขึ้น โดยมีอัตราการตายร้อยละ 96-100 และยิ่งไปกว่านั้น ยุงลายบ้านใน 14 พื้นที่จาก 19 พื้นที่ ที่เก็บตัวอย่างนำมาทดสอบ พบว่าสามารถกลับมาในสภาวะที่ไวต่อสารเคมี deltamethrin (อัตราการตาย 98%-100%) ซึ่งชี้ให้เห็นว่า PBO ส่งผลทำให้ยุงลายบ้านกลับมาไวต่อสารเคมี deltamethrin ดังนั้นกลไกความต้านทานที่เกิดขึ้นในพื้นที่ศึกษาอาจมาจากการสร้างสารย่อยสลายสารพิษของเอนไซม์ทำลายพิษ cytochrome P450 monooxygenases อย่างไรก็ตาม ยังมีกลไกความต้านทานอื่นที่เกี่ยวข้อง ซึ่งควรศึกษาต่อไปเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการจัดการความต้านทานสารเคมีของยุงลายบ้าน ในพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงที่มีสารออกฤทธิ์เพียงชนิดเดียว และใช้ซ้ำๆ เป็นเวลานาน ยุงอาจจะสามารถพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีชนิดนั้นได้ จึงแนะนำให้เลือกใช้สารเคมีที่ส่วนผสมของสารเสริมฤทธิ์ เช่น สารเสริมฤทธิ์ชนิด PBO ในปัจจุบันประเทศไทยมีการศึกษาความไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์และสารเสริมฤทธิ์ในยุงลายยังไม่มีรายงานมากนัก

สำหรับสารเคมี cypermethrin และ alpha-cypermethrin พบว่ายุ่งหลายพื้นที่ที่ต้านทานต่อสารเคมีดังกล่าว เนื่องจากองค์การปกครองส่วนท้องถิ่น (อปท) มีการใช้เป็นปริมาณมาก ซึ่งสอดคล้องกับการสำรวจของบุญเทียน อาสารินทร์ และคณะ⁽¹⁶⁾ ได้สำรวจการใช้สารเคมีกำจัดแมลงพาหะนำโรคใช้เลือดออกของ อปท. และหน่วยผู้สัญาบริการระดับปฐมภูมิ ในพื้นที่สาธารณสุขเขต 6 ปี 2547 พบว่า หน่วยงานที่มีการซื้อ/ใช้สารเคมีมากที่สุดคือ อบต. รองลงมาคือ สถานีอนามัยคิดเป็นร้อยละ 76.61 และ 12.88 ตามลำดับ สารเคมีที่มีการซื้อและใช้มากที่สุดคือ temephos รองลงมาคือ cypermethrin สัดส่วนการซื้อและใช้สารเคมีของ อบต. ต่อเทศบาลเป็น 15 : 1 เช่นเดียวกับผลการศึกษาของวศิน เทพเนาว์ และคณะ⁽¹⁷⁾ ที่ศึกษาความไวต่อสารเคมีของยุ่งหลายบ้านในพื้นที่อำเภอเมืองและอำเภอละหานทราย จังหวัดบุรีรัมย์พบว่ายุ่งหลายบ้านต้านทานต่อสารเคมี deltamethrin, cypermethrin และ alpha-cypermethrin โดยมีอัตราตายร้อยละ 35-72, 46-75 และ 49-77 ตามลำดับ

สารเคมี malathion พบว่ายุ่งหลายในหลายพื้นที่คือ/ต้านทานต่อสารนี้กระจายไปทุกจังหวัดในเขตสุขภาพที่ 7 สอดคล้องกับการศึกษาของกองแก้ว ยะอุบ และคณะ⁽¹⁸⁾ ที่ศึกษาในพื้นที่เขตรับผิดชอบของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 จังหวัดขอนแก่นพบว่ายุ่งหลายบ้านนอกเขตเทศบาลจังหวัดร้อยเอ็ดมีอัตราตายร้อยละ 72 เนื่องจากมีการใช้สารเคมีชนิดนี้ในการเกษตรมานานและข้อมูลจากหลายประเทศก็มีรายงานยืนยันพัฒนาการสร้างความต้านทานดังกล่าว⁽¹⁹⁾ ส่วนกรณีของสารเคมี fenitrothion ที่พบว่า การต้านทานต่อสารเคมีชนิดนี้ของยุ่งหลายบ้าน กระจายไปเกือบทุกจังหวัดในเขตสุขภาพที่ 7 โดยเฉพาะจังหวัดมหาสารคาม เนื่องจากมีการใช้สารเคมีชนิดนี้ในการเกษตร นอกจากนี้สารเคมี fenitrothion และ malathion ยังได้นำมาใช้ในโครงการป้องกันและควบคุมโรคใช้เลือดออกกรมควบคุมโรคระยะแรก⁽⁵⁾ ต่อมาได้เปลี่ยนมาใช้กลุ่มไพริทรอยด์สังเคราะห์แทนเนื่องจากประชาชนไม่ค่อยยอมรับเพราะมีกลิ่นแรง

การต้านทานของยุ่งต่อสารเคมียังมีปัจจัยอีกหลายด้านที่เกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นเครื่องพ่นสารเคมี เทคนิคการพ่นและการผสมสารเคมีที่ไม่ถูกต้อง ก็มีส่วนทำให้ยุ่งดื้อ/ต้านทาน

ต่อสารกำจัดแมลงได้เช่นกัน ควรมีการตรวจประเมินมาตรฐานเครื่องพ่นเป็นระยะก่อนใช้งาน ได้แก่ การตรวจวัดอุณหภูมิ ความร้อน ณ จุดหัวหยดน้ำยาตรงปลายท่อ วัดอัตราการไหลของสารเคมี และตรวจวัดขนาดเฉลี่ยของเม็ดน้ำยา (VMD) ให้อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน จะทำให้การกำจัดยุ่งพาหะนำโรคและประสิทธิภาพในการควบคุมการระบาดของโรคได้ดียิ่งขึ้น จากการศึกษาการประเมินประสิทธิภาพของเครื่องพ่นสารเคมีขององค์การปกครองส่วนท้องถิ่นที่ใช้ในการควบคุมยุ่งหลายพาหะนำโรคใช้เลือดออกของ กองแก้ว ยะอุบ และคณะ⁽²⁰⁾ พบว่า การตรวจวัดอุณหภูมิความร้อน ณ จุดหัวหยดน้ำยาตรงปลายท่อพบว่าส่วนมากเครื่องพ่นอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน (600-800 °C) คิดเป็นร้อยละ 79.75 อัตราการไหลของสารเคมี และขนาดละอองเม็ดน้ำยาเฉลี่ย (VDM) ที่ระยะ 6 ฟุตส่วนมากมีขนาดละอองอยู่ในช่วงมาตรฐาน 10-30 ไมโครเมตร คิดเป็นร้อยละ 60.90 และ 60.90 ตามลำดับ สำหรับเครื่องพ่นที่ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานครบทั้ง 3 ด้านอาจส่งผลให้การควบคุมการระบาดของโรคไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นควรนำเครื่องไปประเมินมาตรฐานที่หน่วยงานของกรมควบคุมโรคให้ได้มาตรฐานก่อนใช้งาน สำหรับคนพ่นควรได้รับการแนะนำหรือฝึกอบรมการใช้เครื่องพ่นและสารเคมีที่ถูกเพื่อควบคุมการระบาดของโรคที่ได้ผลและยังชะลอการดื้อต่อสารเคมีของยุ่งต่อสารเคมีอีกด้วย

ดังนั้นการศึกษาความไวของลูกน้ำและยุ่งตัวเต็มวัยต่อสารเคมีจึงมีความสำคัญ และจำเป็นต้องศึกษาเพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเลือกชนิดของสารกำจัดแมลงที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ มาใช้ในการควบคุมยุ่งพาหะนำโรคในแต่ละพื้นที่ นอกจากนี้ควรมีการเก็บประวัติข้อมูลสารเคมีที่ใช้ในแต่ละพื้นที่เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่บ่งบอกถึงการสร้างความต้านทานของยุ่งหลายในพื้นที่ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปสู่การจัดการใช้สารเคมีกำจัดแมลง เพื่อลดการดื้อ/ต้านทานสารเคมีที่เกิดจากการใช้สารเคมีชนิดเดิมติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปี นอกจากนี้ควรมีการศึกษาหลักการต้านทานต่อสารกำจัดแมลงในแต่ละชนิด เพื่อยืนยันโดยการหาระดับความต้านทานของยุ่ง Resistance Ratio, biochemical assay และ Molecular techniques ต่อไป



กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะเวชศาสตร์เขตร้อน มหาวิทยาลัยมหิดลที่สนับสนุนไปยังลายสายพันธุ์มาตรฐาน (Bora bora) ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ขอขอบคุณแพทย์หญิงศศิธร ตั้งสวัสดิ์ ผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดขอนแก่น และ เจ้าหน้าที่ที่ภาควิทยากลุ่มโรคติดต่อฯ โดยแมลง ที่ให้ร่วมปฏิบัติงานในพื้นที่และสนับสนุนในการทำงานด้วยดีมาตลอด

เอกสารอ้างอิง

1. สีวิกา แสงธราทิพย์. ระบาดวิทยาของโรคไข้เลือดออก. ใน: สีวิกา แสงธราทิพย์, บรรณาธิการ. โรคไข้เลือดออก ฉบับประเถียรณก. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2545. น. 1-6
2. สำนักระบาดวิทยา[อินเทอร์เน็ต]. Dengue Haemorrhagic Fever [Serial online] 2010 [สืบค้นเมื่อวันที่ 11 กันยายน 2553]. จาก:URL: [http:// epid.moph.go.th /dssur/vbd/dhf.htm](http://epid.moph.go.th/dssur/vbd/dhf.htm).
3. จิตติ จันทรแสง, อรุณากร จันทรแสง, อุษาวดี ถาวระ, ประคอง พันธุ์ไร. การแพร่กระจายของยุงลายในชนบทช่วง พ.ศ. 2532 – 2534. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ 2536; 35: 91-105.
4. Pant CP. Vector ecology and bionomics. In: Thongcharoen P, editor. Monograph on dengue/dengue haemorrhagic fever. New Delhi: World Health Organization Regional Office for South–East Asia; 1993. 122-38.
5. สมศักดิ์ วสาคารวะ. สารเคมีกำจัดแมลง. ใน: สีวิกา แสงธราทิพย์, บรรณาธิการ. โรคไข้เลือดออก ฉบับประเถียรณก. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2545. น. 89-98.
6. Duque luna JE, Martins MF, Anjos AF, Kuwabara EF, Navarro-Silva MA. Susceptibility of *Aedes aegypti* to temephos and cypermethrin insecticide, Brazil. *Rev Saude Publica* 2004; 38 (6): 824-3.
7. บุญเสริม อ่วมอ่อง, สงคราม งามปฐม, มาโนช ศรีแก้ว. การศึกษาความไวของยุงลาย *Aedes aegypti* ต่อสารกำจัดแมลงในภาคกลางของประเทศไทย. *วารสารกระทรวงสาธารณสุข* 2542; 18: 93-101.
8. กองแก้ว ยะอุป, สมบูรณ์ เถาว์พันธ์, ปานแก้ว รัตนศิลป์กัลยาณ, ลักษณะ หลายทวีวัฒน์. การทดสอบความไวของยุงลายต่อสารเพอร์มีทรินและเดลตามิทรินใน 14 จังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. *วารสารมาลาเรีย* 2545; 37(3): 125-131.
9. ลักษณะ หลายทวีวัฒน์, กองแก้ว ยะอุป, สมบูรณ์ เถาว์พันธ์, บุญเทียน อาสารินทร์, เกรียงศักดิ์ เวทีวุฒาจารย์. ความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลงของยุงลายบ้านในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของประเทศไทย ปี 2547. *วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ขอนแก่น* 2548; 12(1): 50-57.
10. ลักษณะ หลายทวีวัฒน์, กองแก้ว ยะอุป, สิทธิพร นามมา, ปรีชา เศษสมบูรณ์, วิรัชพัชร ดิษฐาพันธ์. ระดับความไวของยุงลายต่อสารเคมีกำจัดแมลงในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. *วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ขอนแก่น* 2549; 13(3): 16-27.
11. สีวิกา แสงธราทิพย์ และ นิภา เลิศน้อย. การทดสอบความไวของยุงลายต่อสารเคมีกำจัดแมลง 3 ชนิด. *วารสารกรมควบคุมโรค* 2547; 30(3): 251-258.

12. World Health Organization. Techniques to detect insecticide resistance mechanisms (Field and laboratory manual) WHO/CDC/CPC/MAL/1998; 6.

13. Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of an insecticide. J Econ Entomol. 18: 265–267

14. Somboon P, Prapanthadara L, Suwonkerd W. Insecticide susceptibility test of *Anopheles minimus* s.l., *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* and *Culex quinquefasciatus* in northern Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2003; 34(1): 87–93.

15. Paeporn P, Supaphathom K, Srisawat R, Komalamisra N, Deesin V, Ya-umphan P, et al. Biochemical detection of pyrethroid resistance mechanism in *Aedes aegypti* in Ratchaburi province, Thailand. Trop Biomed. 2004; 21(2): 145-151.

16. บุญเทียน อาสารินทร์, ชุติมา วัชรกุลม, สำอาง เชื้อกุล. การสำรวจการใช้สารเคมีกำจัดแมลงพาหะนำโรคไข้เลือดออกขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น และหน่วยคู่สัญญาบริการระดับปฐมภูมิ(CUP)ในพื้นที่สาธารณสุขเขต 6 ปี 2547. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ขอนแก่น. 2548; 12(1) : 1-10.

17. วศิณ เทพเนาว์, นที ขาวนา, ดอกกรัก ฤทธิจัน, สำราญ ปานขาว. ความไวต่อสารเคมีฆ่าแมลง(Temephos, Alphacypermethrin, Deltamethrin, Lamda-cyhalothrin และCypermethrin) ของยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* ในพื้นที่จังหวัดบุรีรัมย์. วารสารวิชาการ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 9 จังหวัดนครราชสีมา. 2561: 24(2): 21-23.

18. กองแก้ว ยะอุป, อาสาพหะ พิมพ์บึง, บุญส่ง กุลโฮง, พรทวิวัฒน์ ศูนย์จันทร์. ระดับความไวต่อสารเคมีของลูกน้ำและยุงลาย ในพื้นที่เขตรับผิดชอบของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ขอนแก่นปี 2552. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ขอนแก่น. 2554; 18(3): 1-10.

19. World Health Organization. Vector resistance to pesticide: 15th Report of the World Health Organization expert committee on vector biology and control. WHO Technical Report Series. 1992; 818.

20. กองแก้ว ยะอุป. การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องพ่นสารเคมีขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่ใช้ในการควบคุมยุงลาย พาหะนำโรคไข้เลือดออก. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 6 ขอนแก่น 2549; 13(3): 16-27.

