

การประเมินประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการและภาคสนามของทรายเคลือบสารที่มีฟอสในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านพาหะนำโรคไข้เลือดออกสายพันธุ์ต้านทานต่อสารเคมี

Laboratory and field evaluation on the efficacy of temephos for larval control of insecticide resistant strains of the dengue vector *Aedes aegypti* L.

พรรณเกษม แผ่พร¹สุนัยนา สาทันไตรภพ¹วิสาขชนม์ ศรีโพธิ์¹ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์¹เมเนกา วีน²ละเวง นิลมณี²¹สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

²สำนักเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

Pungasem Paeporn¹Sunaiyana Sathantriphop¹Wisachon Sripho¹Phubeth Ya-umphan¹Menaka Vivon²Laweng Nilmanee²¹National Institute of Health,

Department of Medical Sciences

²Bureau of Cosmetics and Hazardous

Substances, Department of Medical Sciences

DOI: 10.14456/dcj.2021.65

Received: December 15, 2020 | Revised: March 17, 2021 | Accepted: March 18, 2021

บทคัดย่อ

การศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ (bioefficacy assays) รวมถึงคุณสมบัติทางเคมี (chemical properties) และคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) ของผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบสารที่มีฟอส (temephos 1% w/w SG) ที่เก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์จาก จังหวัดจันทบุรี นครปฐม กาญจนบุรี และพิษณุโลก การทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของทรายเคลือบที่มีฟอสทั้งทางห้องปฏิบัติการและภาคสนามต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti* L.) ระยะที่ 3 ตอนปลาย ถึงระยะที่ 4 ตอนต้น จาก 4 จังหวัดที่เป็นพื้นที่เก็บตัวอย่างทราย เปรียบเทียบกับลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการที่มีความไวต่อสารเคมี โดยการทดสอบความไวต่อสารที่มีฟอส ที่ความเข้มข้น 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร (WHO diagnostic concentration) พบว่าลูกน้ำทั้ง 4 จังหวัดมีความต้านทานต่อสารที่มีฟอส ลูกน้ำจากจันทบุรีและกาญจนบุรีมีความต้านทานในระดับสูง อัตราตายร้อยละ 13.5 และ 66.0 ตามลำดับ ลูกน้ำจากนครปฐมและพิษณุโลก มีความต้านทานระดับปานกลาง อัตราตายร้อยละ 90.0 และ 88.0 ตามลำดับ ผลทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของทรายเคลือบที่มีฟอส 1% w/w ในห้องปฏิบัติการ พบว่าลูกน้ำจากทั้ง 4 จังหวัด มีอัตราตายร้อยละ 100 เช่นเดียวกับลูกน้ำจากห้องปฏิบัติการ สำหรับผลการทดสอบในภาคสนามลูกน้ำจากจันทบุรี กาญจนบุรี และพิษณุโลก มีอัตราตายต่ำร้อยละ 0-5 ในขณะที่ลูกน้ำ จากนครปฐม มีอัตราตายร้อยละ 83.3 และลูกน้ำจากห้องปฏิบัติการมีอัตราตายร้อยละ 100.0 ในทุกจังหวัดยกเว้นทรายจาก

นครปฐมสามารถฆ่าลูกน้ำจากห้องปฏิบัติการได้ร้อยละ 93.3 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีโดยการวิเคราะห์ปริมาณสารที่มีฟอสในผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำของแต่ละจังหวัด ด้วยเทคนิค high performance liquid chromatography (HPLC) พบว่ามีเพียงทรายจากจันทบุรีที่ไม่ผ่านเกณฑ์ ส่วนคุณสมบัติทางกายภาพ โดยวิเคราะห์ขนาดของทรายที่ใช้เคลือบสารที่มีฟอส ด้วยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน (sieve analysis) พบว่าทรายจาก 4 จังหวัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ดังนั้น ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอสจาก 4 จังหวัด สามารถฆ่าลูกน้ำจากห้องปฏิบัติการได้ดี แต่มีประสิทธิภาพต่ำในการฆ่าลูกน้ำจากธรรมชาติ จึงเป็นการยืนยันว่าลูกน้ำทั้ง 4 จังหวัดมีความต้านทานในระดับต่าง ๆ ต่อทรายเคลือบสารที่มีฟอส ดังนั้นจำเป็นต้องมีการปรับเปลี่ยนการควบคุมลูกน้ำยุงลายในพื้นที่ศึกษาด้วยวิธีอื่นแทนการใช้ทรายเคลือบที่มีฟอส รวมถึงควรมีการตรวจสอบความต้านทานต่อสารเคมีที่ใช้ในพื้นที่ของลูกน้ำและยุงตัวเต็มวัยเป็นประจำและต่อเนื่องจะช่วยให้การควบคุมยุงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ติดต่อผู้นิพนธ์ : พรณเกษม แผ่พร

อีเมล : pungasem.p@dmcs.mail.go.th

Abstract

The purpose of this study was to evaluate the bioefficacy assays as well as physical and chemical properties of larvicides, temephos 1% w/w sand granule (SG) collected from Chanthaburi, Nakhon Pathom, Kanchanaburi, and Phitsanulok Provinces. The bioefficacy assays were performed under laboratory and field conditions against the late 3rd to early 4th instar larvae of *Aedes aegypti* L. collected from 4 Provinces the same places that temephos SG products were collected and compared with laboratory susceptible strain. The results showed that *Ae. aegypti* larvae from 4 Provinces showed resistance to temephos at WHO diagnostic concentration (0.012 mg/L), Chanthaburi and Kanchanaburi populations with high level of resistance to temephos (13.5 and 66.0% mortality, respectively), but moderately levels were demonstrated in Nakhon Pathom and Phitsanulok populations (90.0 and 88.0% mortality, respectively). Laboratory bioefficacy of temephos 1% w/w SG against the laboratory and field strains of *Ae. aegypti* larvae, 100% mortality was achieved. Field bioefficacy, showed very low larval mortality for Chanthaburi, Kanchanaburi, and Phitsanulok populations ranged from 0 to 5.0% while larvae from Nakhon Pathom Province had 83.3% mortality. Laboratory strain was found to be sensitive to temephos from three Provinces, except Nakhon Pathom Province with 93.3% mortality. For chemical properties of temephos in temephos SG products collected from 4 Provinces were determined by high performance liquid chromatography (HPLC), only temephos from Chanthaburi Province did not pass the criteria. Physical properties by sieve analysis, all temephos were considered passing the criteria. The study concluded that all temephos products obtained from 4 Provinces were effective to kill the laboratory larval strain of *Ae. aegypti*, but were ineffective in field tests against all field populations, confirming various levels of temephos resistance in these 4 Provinces. Therefore, alternative methods should be considered for larval control in these study areas. Regular monitoring for insecticide resistance in *Ae. aegypti* larvae and adults is also necessary to improve the management of mosquito control.

Correspondence: Pungasem Paeporn

E-mail: pungasem.p@dmcs.mail.go.th

คำสำคัญ

ลูกน้ำยุงลายบ้าน, ต้านทานต่อสารเคมี,
ทรายเคลือบที่มีฟอส, ประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห,
คุณสมบัติทางเคมี, คุณสมบัติทางกายภาพ

Keywords

Aedes aegypti larvae, insecticide resistance,
temephos sand granule, bioefficacy assay,
chemical properties, physical properties

บทนำ

ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบสารที่มีฟอส ชื่อเรียกทางการค้าว่า “ทรายอะเบท” มีสารออกฤทธิ์ คือสารที่มีฟอส (temephos) ซึ่งเป็นสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphates) มีค่าความเป็นพิษต่อหนูเมื่อได้รับทางปาก (LD50) เท่ากับ 8,600 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม แต่ไม่เป็นพิษกับคน หากใช้ในอัตราการใช้ที่กำหนด⁽¹⁾ ผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำทำมาจากเม็ดทรายขนาดประมาณ 1250 ไมโครเมตร เคลือบด้วยสารที่มีฟอส จัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 คือเป็นวัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องได้รับใบอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา⁽²⁾ ทรายเคลือบสารที่มีฟอสจะมีกลิ่นเหม็นสาบตัวได้ง่ายเมื่อถูกแดดหรือความร้อน มีความเป็นพิษต่ำต่อคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม แต่มีความเป็นพิษสูงต่อแมลงบางชนิด รวมทั้งลูกน้ำยุง⁽³⁾ โดยมีกลไกการออกฤทธิ์ไปรบกวนการทำงานของสารสื่อประสาท (neurotransmitter) ชนิด acetylcholine ซึ่งเป็นสารเคมีที่คอยส่งสัญญาณจากเซลล์ประสาทตัวหนึ่งไปยังอีกตัวหนึ่งในระบบประสาทส่วนกลาง (central nervous system) ของแมลง สารที่มีฟอสจะไปยับยั้งเอนไซม์ acetylcholinesterase (AChE) ที่ทำหน้าที่ย่อยสาร

สื่อประสาท จึงทำให้เกิดการคั่งของ acetylcholine หรือมีการส่งกระแสประสาทไม่หยุดและเกิดมากเกินไปจนทำให้แมลงเป็นอัมพาตและตายในที่สุด⁽⁴⁾ ทรายเคลือบสารที่มีฟอสเป็นที่ยอมรับจากองค์การอนามัยโลก โดยแนะนำให้ใช้น้ำดื่มน้ำใช้ได้ โดยให้ใช้ในอัตรา 1 มิลลิกรัมสารออกฤทธิ์ต่อน้ำ 1 ลิตร (1 ppm)⁽⁵⁾ ปัจจุบัน

ทรายเคลือบสารที่มีฟอสมีด้วยกัน 2 สูตร คือ temephos 1% w/w ให้ใช้ที่อัตรา 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร และ temephos 2% w/w อัตราใช้ 0.50 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร โดยสามารถควบคุมลูกน้ำได้ นาน 3 เดือน⁽³⁾ กระทรวงสาธารณสุขได้เริ่มนำมาใช้ ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายตั้งแต่ ปี พ.ศ. 2493⁽⁶⁾ ดังนั้นในหลายพื้นที่พบว่ามีการรายงานการสร้างความต้านทานของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อทรายเคลือบสารที่มีฟอส⁽⁷⁾ เมื่อปี พ.ศ. 2529

มีรายงานว่าพบลูกน้ำยุงลายบ้านในหลายพื้นที่ในประเทศไทยเริ่มสร้างความต้านทานต่อสารที่มีฟอสและสารอื่นๆ ในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (malathion และ fenitrothion)⁽⁸⁾ ดังนั้น งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบสารที่มีฟอสกำจัดลูกน้ำยุงลายที่ทางสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.) ได้สุ่มเก็บมาจากจังหวัดจันทบุรี นครปฐม กาญจนบุรี และพิษณุโลกและนำเสนอตรวจวิเคราะห์ประสิทธิภาพทางชีววิเคราะหที่ฝ่ายศึกษาควบคุมแมลงโดยใช้สารเคมี พร้อมทั้งทดสอบคุณสมบัติทางเคมีเพื่อตรวจหาปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีฟอสในผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำและคุณสมบัติทางกายภาพเพื่อตรวจสอบความละเอียดของเม็ดทรายที่นำมาใช้ในการผลิตทรายกำจัดลูกน้ำโดยสำนักเครื่องสำอางและวัตถุอันตราย พร้อมทั้งศึกษาความไวต่อสารที่มีฟอสของลูกน้ำจากภาคสนาม 4 จังหวัดที่ทาง อย. ได้สุ่มเก็บผลิตภัณฑ์ทรายที่มีฟอส ข้อมูลศึกษาที่ได้สามารถนำไปประกอบในการตัดสินใจเลือกใช้ผลิตภัณฑ์กำจัดลูกน้ำให้มีความเหมาะสมกับพื้นที่ที่ต้องการควบคุมลูกน้ำยุงลายพาหะนำโรคไข้เลือดออกและมีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำในธรรมชาติได้ดี

วัสดุและวิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (experimental study) โดยทำการทดสอบระหว่างเดือนมกราคม-กรกฎาคม พ.ศ. 2563 มีการทดสอบทั้งหมด 4 ส่วน คือ 1. การทดสอบความไวของลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด คือ จังหวัดจันทบุรี จังหวัดนครปฐม จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดพิษณุโลก ต่อสารละลายเคมีที่มีฟอสที่ระดับความเข้มข้น (diagnostic dose) 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นที่ทำให้ลูกน้ำยุงลายที่มีความไวต่อสารเคมีตายร้อยละ 100.00 กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก⁽⁹⁾ 2. การทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำจากพื้นที่ศึกษาต่อลูกน้ำยุงลายบ้านทั้งในห้องปฏิบัติการและสภาพจำลองธรรมชาติ 3. การศึกษาคุณสมบัติทางเคมี (chemical properties) เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์สำคัญในผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำด้วยเทคนิค high performance liquid chromatography (HPLC) และ 4. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) เพื่อตรวจสอบขนาดของเม็ดทรายกำจัดลูกน้ำ โดยวิธีการร่อนผ่านตะแกรงมาตรฐาน ด้วยเครื่องเขย่าตะแกรงร่อน (sieve shaker) วัสดุอุปกรณ์และแมลงทดสอบ

1. ลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*)

1.1) ลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมี (susceptible strain)

ลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ (National Institute of Health, NIH strain) จากฝ่ายพิพิธภัณฑสถานและอนุกรมวิธานและสนับสนุนงานกีฏวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

1.2) ลูกน้ำยุงลายบ้านจากภาคสนาม โดยคัดเลือกพื้นที่ศึกษาจากภาคต่างๆ ที่มีการรายงานยุงลายต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงและมีรายงานการผู้ป่วยไข้เลือดออกหรือใช้ซาก⁽¹⁰⁻¹¹⁾ ได้แก่

- พื้นที่หมู่ 2 ต.ปอแก้ว อ.มะขาม จ.จันทบุรี
- พื้นที่หมู่ 2 ต.โคกพระเจดีย์ อ.นครชัยศรี

จ.นครปฐม

- พื้นที่หมู่ 9 ต.ด่านมะขามเตี้ย อ.ด่านมะขามเตี้ย จ.กาญจนบุรี
- พื้นที่หมู่ 9 ต.นิคมพัฒนา อ.บางระกำ จ.พิษณุโลก

ทำการเก็บลูกน้ำและตัวไม่ตามภาชนะเก็บน้ำ และภาชนะที่มีน้ำซึ่งตั้งทิ้งอยู่ภายในและรอบๆ บ้านเรือนของแต่ละพื้นที่ศึกษา ระหว่างเดือนมกราคม-มีนาคม พ.ศ. 2563 นำลูกน้ำและตัวไม่มาเลี้ยงต่อในห้องปฏิบัติการของฝ่ายศึกษาควบคุมแมลงโดยใช้สารเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข จนได้ยุงตัวเต็มวัย จำแนกชนิด เพื่อคัดเลือกเฉพาะที่เป็นยุงลายบ้านทั้งตัวผู้และตัวเมีย นำไปเพิ่มขยายปริมาณยุงเพื่อให้ได้ยุงลายบ้านรุ่นที่ 1 นำไข่ยุงรุ่นที่ 1 ที่ได้ไปแช่น้ำให้ไข่ฟัก จากนั้นเลี้ยงลูกน้ำด้วยอาหารปลาชนิดเม็ดยี่ห้อซากูระ จนกระทั่งได้ลูกน้ำระยะที่ 3 ตอนปลาย หรือระยะที่ 4 ตอนต้น นำลูกน้ำที่ได้ไปทดสอบ

2. สารเคมีที่มีฟอส (temephos)

สารเคมีที่มีฟอสจาก WHO test kit ความเข้มข้น 156.25 มิลลิกรัม/ลิตร จัดเตรียมโดย Universiti Sains Malaysia (USM), Penang, Malaysia ซึ่งเป็นศูนย์ความร่วมมือองค์การอนามัยโลก (WHO Collaborating Centre)

เตรียมสารละลายที่มีฟอส ความเข้มข้น 0.012 มิลลิกรัม/ลิตร (diagnostic dose) จากสารที่มีฟอสตั้งต้น ความเข้มข้น 156.25 มิลลิกรัม/ลิตร โดยใช้เอทานอล (ethanol) ที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 95 เป็นตัวทำละลาย สำหรับการทดสอบหาระดับความไวต่อสารเคมีที่มีฟอสของลูกน้ำยุงลายบ้าน

3. ผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำ

ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอส สารออกฤทธิ์ temephos 1% w/w ซึ่งทางสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้เก็บผลิตภัณฑ์ตัวอย่างมาจากจังหวัด

ต่าง ๆ ตามโครงการเฝ้าระวังคุณภาพมาตรฐานทราย ที่มี
ฟอสของอย. ในปีงบประมาณ 2563 และคณะผู้วิจัยได้
คัดเลือกผลิตภัณฑ์ที่มาจาก 4 จังหวัดที่เป็นพื้นที่ศึกษา
คือ จังหวัดจันทบุรี (ทรายที่มีฟอส วันผลิต 9 มี.ค. 62),
จังหวัดนครปฐม (ทรายที่มีฟอส วันผลิต 23 มี.ค. 60),
จังหวัดกาญจนบุรี (ทรายที่มีฟอส วันผลิต 7 มี.ค. 62),
และจังหวัดพิษณุโลก (ทรายที่มีฟอส วันผลิต 6 ก.พ. 62)
วิธีการทดสอบ

1. การทดสอบความไวของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสาร เคมีที่มีฟอส⁽¹²⁾

เติมสารละลายที่มีฟอส ความเข้มข้น 0.012
มิลลิกรัม/ลิตร ลงในบีกเกอร์ขนาด 400 มิลลิลิตร
ที่มีน้ำกรอง ปริมาตร 250 มิลลิลิตร คัดเลือกลูกน้ำระยะ
3 ตอนปลายถึงระยะ 4 ตอนต้น โดยใช้กระชอนขนาด
เล็กตักลูกน้ำใส่ในบีกเกอร์ทดสอบ บีกเกอร์ละ 25 ตัว
จำนวน 4 บีกเกอร์ พร้อมชุดเปรียบเทียบ (control) ที่
ไม่ใส่สารละลายที่มีฟอส จำนวน 4 บีกเกอร์ นำบีกเกอร์
ทดสอบและบีกเกอร์ชุดเปรียบเทียบวางไว้ในอุณหภูมิห้อง
26-28 องศาเซลเซียส ปล่อยให้ลูกน้ำสัมผัสกับ
สารละลายที่มีฟอสในบีกเกอร์ทดสอบ เป็นเวลา 24
ชั่วโมง หลังครบเวลาทดสอบนับจำนวนตายของลูกน้ำ
การวิเคราะห์ผล

คำนวณอัตราการตายของลูกน้ำหลังสัมผัส
สารละลายที่มีฟอส ความเข้มข้น 0.012 มิลลิกรัม/ลิตร
หลังครบเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้เกณฑ์การตัดสินระดับ
ความไวของลูกน้ำตามเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก⁽¹³⁾
ดังนี้

- อัตราการตายร้อยละ 98-100 หมายถึง
ลูกน้ำมีความไวต่อสารเคมีระดับสูง
- อัตราการตายร้อยละ 90-97 หมายถึง
ลูกน้ำมีความไวต่อสารเคมีระดับปานกลาง
- อัตราการตายน้อยกว่าร้อยละ 90 หมายถึง
ลูกน้ำมีความไวต่อสารเคมีระดับต่ำ

2. การทดสอบหาประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของ ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอสในห้องปฏิบัติการ

เติมน้ำกรอง ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ลงในบีก
เกอร์ ขนาด 1000 มิลลิลิตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้
คลอรีนระเหย หลังจากนั้น ซึ่งผลิตภัณฑ์ทรายที่มีฟอสที่
ได้จากพื้นที่ศึกษา (จังหวัดจันทบุรี จังหวัดนครปฐม
จังหวัดกาญจนบุรี และจังหวัดพิษณุโลก) ปริมาณ 0.1
กรัม ลงในแต่ละบีกเกอร์ จำนวน 3 บีกเกอร์ เก็บ
สารละลายผลิตภัณฑ์ทรายที่มีฟอสไว้ในบีกเกอร์ทดสอบ
นาน 24 ชั่วโมง เพื่อให้สารเคมีที่มีฟอสละลายออกมาใน
น้ำ นำลูกน้ำยุงลายบ้านระยะที่ 3 ตอนปลายถึงระยะที่ 4
ตอนต้น จำนวน 20 ตัว ใส่ลงในแต่ละบีกเกอร์ทดสอบ
พร้อมชุดเปรียบเทียบ (control) ที่ไม่ใส่ผลิตภัณฑ์ทราย
เคลือบที่มีฟอส จำนวน 3 บีกเกอร์ นำบีกเกอร์ทดสอบ
และบีกเกอร์ชุดเปรียบเทียบวางไว้ในอุณหภูมิห้อง
26-28 องศาเซลเซียส นับจำนวนตายของลูกน้ำหลังสัมผัส
สารละลายที่มีฟอสครบ 24 ชั่วโมง

การวิเคราะห์ผล

คำนวณอัตราการตายของลูกน้ำยุงลายหลัง
สัมผัสสารละลายที่มีฟอส เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง

3. การทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของ ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอสในสภาพจำลอง ธรรมชาติ⁽¹⁴⁾

เติมน้ำประปา ปริมาตร 30 ลิตร ลงในตุ่มน้ำ
ขนาด 50 ลิตร ตั้งอยู่ในบริเวณนอกอาคารที่ไม่มีแดด
ส่องถึง โดยพักน้ำทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง เพื่อให้คลอรีนระเหย
ซึ่งผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอสที่ได้จากพื้นที่ศึกษา
ปริมาณ 3 กรัม (ความเข้มข้นของสารที่มีฟอสเท่ากับ 1
ppm) ใส่ลงในแต่ละตุ่มทดสอบ จำนวน 3 ตุ่ม เก็บ
สารละลายของผลิตภัณฑ์ไว้ในตุ่มทดสอบนาน 24 ชั่วโมง
เพื่อให้สารเคมีที่มีฟอสละลายออกมาในน้ำ นำลูกน้ำยุง
ลายบ้านระยะที่ 3 ตอนปลายถึงระยะที่ 4 ตอนต้น จำนวน
20 ตัว ใส่ลงในกรงลอยลูกน้ำ ขนาด 6.5x6.5x5.5
เซนติเมตร พร้อมกับใส่อาหารเลี้ยงลูกน้ำ นำกรงลอย
ลูกน้ำไปลอยในตุ่มทดสอบ พร้อมชุดเปรียบเทียบ
(control) ที่ไม่ใส่ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอส จำนวน
3 ตุ่ม นับจำนวนตายของลูกน้ำหลังสัมผัสสารละลายที่มี
ฟอสครบ 24 ชั่วโมง

การทดสอบหากพบลูกน้ำในชุดเปรียบเทียบมี อัตราการตายอยู่ระหว่างร้อยละ 5-20 ให้ปรับอัตรา

การตายของลูกน้ำด้วย Abbott's formula แต่ถ้าลูกน้ำ ตายมากกว่าร้อยละ 20 ให้ทำการทดสอบใหม่⁽¹⁵⁾

Abbott's formula:

$$\text{อัตราการตายที่แท้จริง} = \frac{\text{อัตราการตายของลูกน้ำในชุดทดสอบ} - \text{อัตราการตายของลูกน้ำในชุดเปรียบเทียบ}}{100 - \text{อัตราการตายของลูกน้ำในชุดเปรียบเทียบ}} \times 100$$

การวิเคราะห์ผล

คำนวณอัตราการตายของลูกน้ำหลังสัมผัสสารละลายที่มีฟอสในตู้ม่น้ำ หลังครบเวลา 24 ชั่วโมง โดยใช้เกณฑ์การตัดสินสำหรับการทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอสของฝ่ายศึกษาควบคุมแมลงโดยใช้สารเคมี สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข คือผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบต้องมีประสิทธิภาพทำให้ลูกน้ำตายไม่น้อยกว่าร้อยละ 90.0 เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง⁽¹⁴⁾

4. การทดสอบคุณสมบัติทางเคมี (chemical properties) เพื่อหาปริมาณสารสำคัญที่มีฟอสในผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำ⁽¹⁶⁾

ซึ่งผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอส ปริมาณ 60 มิลลิกรัม ใส่ขวดแก้วสีชาฝาเกลียว ขนาด 125 มิลลิตร เติมน internal standard solution 5 มิลลิตร และ dry ethyl acetate 25 มิลลิตร ปิดจุกเขย่า ประมาณ 1 นาที เติมน dry n-hexane 20 มิลลิตร เขย่าให้เข้ากัน ปลอยให้ตกตะกอน กรองด้วย membrane filter ชนิด nylon ขนาด 0.45 ไมโครเมตร เก็บส่วนที่กรองได้นำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พร้อมชุดเปรียบเทียบ (control) ที่ดำเนินการโดยไม่ใส่ผลิตภัณฑ์ทรายตัวอย่าง

เกณฑ์กำหนด

เกณฑ์การคลาดเคลื่อนเป็นไปตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่องกำหนดเกณฑ์ค่าคลาดเคลื่อนจากปริมาณที่กำหนดไว้ของสารสำคัญในวัตถุอันตรายที่สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยาได้รับพิชชอบ พ.ศ. 2555 คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์การหาสารสำคัญต้องมีปริมาณสารที่มีฟอสในผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำอยู่ระหว่าง 0.75-1.25% w/w

5. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) โดยความสามารถผ่านตะแกรงร่อน (sieving test) เพื่อดูความเหมาะสมของขนาดของเม็ดทราย⁽¹⁷⁾

ซึ่งแผ่นตะแกรง เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 1250 ไมโครเมตร และ 250 ไมโครเมตรพร้อมถาดรองรับและฝาปิด ซึ่งผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำ ปริมาณ 300 กรัม ใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 500 มิลลิตร หลังจากนั้นเทผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำลงบนชุดตะแกรงทดสอบที่ยึดติดกับเครื่องเขย่าตะแกรงร่อน (sieve shaker) ปิดฝาตะแกรง กำหนดอัตราความเร็วในการเขย่าที่ 2.5 ± 0.04 ครั้ง/นาที นาน 45 นาที หลังเครื่องเขย่าตะแกรงร่อนหยุดทำงานประมาณ 2 นาที นำผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำที่คงค้างบนตะแกรงพร้อมฝาและถาดรองไปชั่งน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทรายพร้อมตะแกรงในแต่ละส่วน

คำนวณหาร้อยละของทรายสะสมที่ค้างบนตะแกรง

เกณฑ์กำหนด

ร้อยละของน้ำหนักผลิตภัณฑ์ทรายที่ค้างบนตะแกรงมาตรฐานขนาด 1250 ไมโครเมตร ต้องไม่เกินร้อยละ 2.00 หรือค้างบนตะแกรงมาตรฐานขนาด 250 ไมโครเมตร ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 98

ผลการศึกษา

ผลการทดสอบความไวต่อสารที่มีฟอสของลูกน้ำยุงลายบ้านจากจังหวัดจันทบุรี นครปฐม กาญจนบุรี และพิษณุโลก มีอัตราการตายร้อยละ 13.5, 90.0, 66.0 และ 88.0 ตามลำดับ เปรียบเทียบกับลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ (NIH strain) มีอัตราการตายร้อยละ 100.0 ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าลูกน้ำยุงลายบ้านทดสอบมีความไวต่อสารที่มีฟอส เรียงลำดับจากมาก

ไปน้อยได้ดังนี้ NIH strain > นครปฐม > พิษณุโลก > กาญจนบุรี > จันทบุรี โดยลูกน้ำยุงลายบ้านจากจังหวัดจันทบุรีมีระดับความไวต่อสารเคมีที่มีฟอสในระดับต่ำที่สุด หรือมีความต้านทานต่อสารที่มีฟอสสูง ดังแสดงในตารางที่ 1 ขณะที่ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอส 1.0% w/w ในห้องปฏิบัติการพบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านจากทั้ง 4 จังหวัด และลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการมีอัตราการตายร้อยละ 100 ที่ 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบสำหรับผลทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอส 1.0% w/w ต่อลูกน้ำ

ยุงลายบ้านจาก 4 จังหวัด ในสภาพจำลองธรรมชาติ โดยทดสอบในตุ่มน้ำ ขนาด 50 ลิตร สารที่มีฟอสที่ละลายภายในตุ่มน้ำทดสอบมีความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบอัตราการตายของลูกน้ำยุงลายจากพื้นที่ศึกษามีค่าเท่ากับร้อยละ 0.0 (จันทบุรี), ร้อยละ 83.3 (นครปฐม), ร้อยละ 0.0 (กาญจนบุรี) และร้อยละ 5.0 (พิษณุโลก) เปรียบเทียบกับลูกน้ำจากห้องปฏิบัติการมีอัตราการตายร้อยละ 100.0 ยกเว้นผลการทดสอบของผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอสจากจังหวัดนครปฐมที่มีผลทำให้ลูกน้ำห้องปฏิบัติการมีอัตราการตายร้อยละ 93.3 ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ความไวของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสารที่มีฟอสที่ระดับความเข้มข้น 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร

สายพันธุ์	จำนวนลูกน้ำทดสอบ	อัตราการตายของลูกน้ำ (ร้อยละ)	ระดับความไว ^{*(13)}
ห้องปฏิบัติการ	100	100.0	ระดับสูง
จันทบุรี	100	13.5	ระดับต่ำ
นครปฐม	100	90.0	ระดับปานกลาง
กาญจนบุรี	100	66.0	ระดับต่ำ
พิษณุโลก	100	88.0	ระดับปานกลาง

* อัตราตายร้อยละ 98-100 หมายถึง ลูกน้ำมีความไวต่อสารเคมีระดับสูง
อัตราตายร้อยละ 90-97 หมายถึง ลูกน้ำมีความไวต่อสารเคมีระดับปานกลาง
อัตราตายน้อยกว่าร้อยละ 90 หมายถึง ลูกน้ำมีความไวต่อสารเคมีระดับต่ำ

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอส 1% w/w จากพื้นที่ 4 จังหวัดต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน ในสภาพจำลองธรรมชาติ

ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอส	สายพันธุ์ลูกน้ำ	จำนวนลูกน้ำทดสอบ	อัตราการตายของลูกน้ำ ที่ 24 ชั่วโมง (ร้อยละ)	ผลการทดสอบ*
จันทบุรี	จันทบุรี	60	0.0	ไม่ผ่านเกณฑ์
	ห้องปฏิบัติการ	60	100.0	ผ่านเกณฑ์
นครปฐม	นครปฐม	60	83.3	ไม่ผ่านเกณฑ์
	ห้องปฏิบัติการ	60	93.3	ผ่านเกณฑ์
กาญจนบุรี	กาญจนบุรี	60	0.0	ไม่ผ่านเกณฑ์
	ห้องปฏิบัติการ	60	100.0	ผ่านเกณฑ์
พิษณุโลก	พิษณุโลก	60	5.0	ไม่ผ่านเกณฑ์
	ห้องปฏิบัติการ	60	100.0	ผ่านเกณฑ์

* เกณฑ์การทดสอบ คือ ผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบต้องมีประสิทธิภาพทำให้ลูกน้ำตายไม่น้อยกว่าร้อยละ 90.0 เมื่อครบเวลา 24 ชั่วโมง⁽¹⁴⁾

การวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญที่มีฟอสในผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำด้วยเครื่อง HPLC พบว่าผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอสจากจังหวัดจันทบุรี นครปฐม กาญจนบุรี และพิษณุโลก มีค่าเท่ากับ 0.66, 0.89, 0.97 และ 0.95% w/w ตามลำดับ โดยผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำจากจังหวัดจันทบุรีไม่ผ่านเกณฑ์ที่

กำหนด คือมีปริมาณสารที่มีฟอสในผลิตภัณฑ์น้อยกว่าค่ามาตรฐาน (0.75–1.25% w/w) สำหรับผลทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำ โดยการร่อนทรายผ่านตะแกรกร่อนมาตรฐาน พบว่าผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำจากทั้ง 4 จังหวัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนด ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การทดสอบคุณสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำ

ผลิตภัณฑ์ทราย เคลือบที่มีฟอส	การทดสอบทางเคมี* ปริมาณสารที่มีฟอส (% w/w)	การทดสอบทางกายภาพ**	
		ร้อยละของทรายคงค้างบนตะแกรกร่อน	
		ตะแกรงขนาด 250 ไมโครเมตร	ตะแกรงขนาด 1250 ไมโครเมตร
จันทบุรี	0.66	98.69	0.90
นครปฐม	0.89	98.36	1.53
กาญจนบุรี	0.97	99.78	0.07
พิษณุโลก	0.95	99.66	0.04

* ปริมาณสารที่มีฟอสที่เคลือบบนเม็ดทรายต้องมีค่าระหว่าง 0.75–1.25% w/w ตามเกณฑ์ที่กำหนดค่าคลาดเคลื่อนของปริมาณสารที่มีฟอสที่กำหนดโดยองค์การอนามัยโลก⁽¹⁶⁾

** ทรายสามารถคงค้างบนตะแกรงมาตรฐานขนาด 1250 ไมโครเมตรได้ไม่เกินร้อยละ 2 และคงค้างบนตะแกรงมาตรฐานขนาด 250 ไมโครเมตรได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 98.0⁽¹⁷⁾

วิจารณ์

จากผลการศึกษาความไวของลูกน้ำยุงลายบ้านจาก 4 จังหวัด คือ จันทบุรี นครปฐม กาญจนบุรี และพิษณุโลก ต่อสารเคมีที่มีฟอสที่ระดับความเข้มข้น 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นมาตรฐาน (diagnostic dose) ที่ทางองค์การอนามัยโลกกำหนดขึ้นเพื่อใช้ในการตรวจสอบความไวของลูกน้ำต่อสารที่มีฟอสพบว่า ลูกน้ำจากนครปฐมและพิษณุโลกมีค่าความไวในระดับปานกลาง หรือมีแนวโน้มสร้างความต้านทานต่อสารที่มีฟอส ในขณะที่จันทบุรีและพิษณุโลกมีความไวในระดับต่ำ หรือมีความต้านทานต่อสารที่มีฟอส โดยเฉพาะลูกน้ำจากจันทบุรีพบว่ามีค่าความต้านทานสูงต่อสารที่มีฟอส (อัตราตายร้อยละ 13.50) ซึ่งผลการศึกษาพบลูกน้ำยุงลายบ้านในหลาย ๆ จังหวัดมีการสร้างความต้านทานต่อสารที่มีฟอส เช่น บึงกาฬ นครพนม เลย สกลนคร หนองคายและอุดรธานี แต่ลูกน้ำจังหวัดหนองบัวลำภูยังมีความไวต่อสารที่มีฟอสอยู่⁽¹⁸⁾ Tepnow W

และคณะ⁽¹⁹⁾ พบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านตำบลโคกवान และตำบลละหานทราย จังหวัดบุรีรัมย์มีความต้านทานต่อสารที่มีฟอส ประเทศไทยมีการใช้ทรายเคลือบสาร temephos ในการกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้านตั้งแต่ปี พ.ศ. 2493 และมีการรายงานความต้านทานของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสาร temephos ครั้งแรกในกรุงเทพฯ เมื่อปี พ.ศ. 2529⁽⁸⁾ เนื่องจากลูกน้ำยุงลายบ้านได้รับสารที่มีฟอสอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน จึงทำให้ลูกน้ำยุงลายจากหลายพื้นที่มีการพัฒนาความต้านทานต่อสารที่มีฟอส สำหรับผลการทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำที่เก็บมาจากพื้นที่ศึกษา 4 จังหวัด ผลทดสอบในห้องปฏิบัติการพบว่าลูกน้ำทดสอบจาก 4 จังหวัดมีอัตราตายร้อยละ 100 ในขณะที่การทดสอบในสภาพจำลองธรรมชาติพบว่าลูกน้ำจากจันทบุรี กาญจนบุรี และพิษณุโลกมีอัตราการตายต่ำอยู่ระหว่างร้อยละ 0.0–5.0 ซึ่งเป็นไปได้ว่าการทดสอบในห้องปฏิบัติการโดยทดสอบในบีกเกอร์ ขนาด 1000

มิลลิลิตร และปล่อยลูกน้ำลอยแบบอิสระ ลูกน้ำมีโอกาสสัมผัสกับสารละลายที่มีฟอสได้มากกว่าลูกน้ำที่ทดสอบแบบจำลองธรรมชาติที่ปล่อยให้อยู่ในกรงลอยลูกน้ำ ซึ่งการทดสอบในตุ่มน้ำมีความใกล้เคียงกับการใช้งานจริงมากกว่าในบีกเกอร์ ดังนั้น การทดสอบประสิทธิภาพของทรายที่มีฟอสจึงควรทดสอบในตุ่มน้ำ ซึ่งเป็นการทดสอบในสภาพจำลองธรรมชาติและเป็นวิธีมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก⁽²⁰⁾ และจากการทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำจากจังหวัดนครปฐมทำให้ลูกน้ำยุงลายจากห้องปฏิบัติการที่มีความไวต่อสารเคมี และลูกน้ำจากพื้นที่นครปฐมมีอัตราการตายร้อยละ 93.3 และ 83.3 ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากมาจากทรายที่เก็บในพื้นที่จังหวัดนครปฐมเป็นทรายที่ผลิตเมื่อวันที่ 23 มีนาคม พ.ศ. 2560 ซึ่งต่างจากทรายจากพื้นที่อื่นที่ผลิตในปี พ.ศ. 2562 (ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอสเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีอายุไม่เกิน 2 ปี นับจากวันผลิต) เมื่อพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพของทรายเคลือบที่มีฟอสทุกพื้นที่ที่ศึกษาพบว่าขนาดของทรายเคลือบที่มีฟอสมีขนาดเป็นไปตามมาตรฐาน ผลการทดสอบทางเคมี พบว่าปริมาณสารที่มีฟอสที่เป็นสารออกฤทธิ์สำคัญในทรายจากพื้นที่จังหวัดจันทบุรีมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐาน จึงช่วยเสริมผลจากการที่ลูกน้ำยุงลายในพื้นที่จังหวัดจันทบุรีมีการติดต่อสารเคมีที่มีฟอส ทำให้ไม่พบการตายของลูกน้ำหลังสัมผัสสารที่มีฟอสจากทรายที่ได้จากจันทบุรี ส่วนลูกน้ำจากจังหวัดพิษณุโลกมีการตายน้อยมากและไม่พบการตายของลูกน้ำจากจังหวัดกาญจนบุรี ทั้งที่คุณสมบัติทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ทรายจากทั้งสองจังหวัดผ่านเกณฑ์ที่กำหนด อาจเนื่องมาจากการละลายของผลิตภัณฑ์ทรายมีความไม่สม่ำเสมอ ซึ่งควรมีการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการละลายของสารที่มีฟอสที่เคลือบอยู่บนเม็ดทรายเพิ่มเติมต่อไป

จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำจากทั้ง 4 จังหวัด เมื่อทดสอบในสภาพจำลองธรรมชาติ พบว่าไม่ผ่านเกณฑ์ทดสอบ คือมีอัตราการตายของลูกน้ำน้อยกว่าร้อยละ 90.00 ซึ่งสอดคล้องกับ

ผลความไวของลูกน้ำต่อสารที่มีฟอส 0.012 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ ลูกน้ำทั้ง 4 จังหวัดมีความต้านทานต่อสารที่มีฟอส นอกจากนี้ยังมีการศึกษายืนยันทางด้านชีวเคมี (biochemical assay) พบว่ายุงลายทั้ง 4 จังหวัด มีปริมาณเอนไซม์ esterase ในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับยุงลายสายพันธุ์มาตรฐานห้องปฏิบัติการ (NIH strain) ซึ่งมีผลต่อการทำงานของสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต รวมทั้งสารที่มีฟอส โดยปริมาณเอนไซม์ esterase ที่ตรวจพบในยุงลายทั้ง 4 จังหวัดเรียงจากมากไปหาน้อย ดังนี้ จังหวัดจันทบุรี > กาญจนบุรี > นครปฐม > พิษณุโลก > ห้องปฏิบัติการ⁽²¹⁾ เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ Bisset JA และคณะ⁽²²⁾ พบว่าเอนไซม์ esterase และ glutathione S-transferase มีส่วนเกี่ยวข้องกับการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีที่มีฟอสในยุงลายบ้านจากประเทศคิวบา อย่างไรก็ตามหลายพื้นที่ที่ยังพบว่าอัตราการใช้ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอส 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร ยังประสิทธิภาพดีในการกำจัดลูกน้ำ⁽¹⁹⁾ Pankeaw K และคณะ⁽²³⁾ ได้เปรียบเทียบประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนของผลิตภัณฑ์กำจัดลูกน้ำ 3 ประเภท คือ ทรายเคลือบที่มีฟอส 1.0% SG ที่อัตราการใช้ 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร, ไดฟลูเบนซuron (diflubenzuron) สูตร 2.0% T ความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำ 200 ลิตร และแบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิดบีทีไอ (Bti: *Bacillus thuringiensis israelensis*) สูตร 37.4% WDG (3,000 ITU/mg) ความเข้มข้น 1 กรัม ต่อน้ำ 200 ลิตร พบว่าทรายเคลือบที่มีฟอสมีประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนยาวนานที่สุด และทรายเคลือบที่มีฟอสที่บรรจุในซองชาวยังพบว่ามีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำยุงลายในภาชนะที่มีการใช้น้ำหมุนเวียนได้นานถึง 2 เดือน⁽³⁾ ดังนั้นทรายเคลือบที่มีฟอสที่อัตราการใช้ 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร จึงยังสามารถใช้ควบคุมลูกน้ำได้ต่อไป แต่ในพื้นที่ที่ลูกน้ำยุงลายมีการสร้างความต้านทานต่อทรายเคลือบที่มีฟอส ควรปรับเปลี่ยนไปใช้ผลิตภัณฑ์อื่นในการควบคุมลูกน้ำแทน อาทิ ผลิตภัณฑ์ยับยั้งการเจริญเติบโต (insect growth regulator หรือ IGR) เช่น diflubenzuron หรือแบคทีเรียกำจัดลูกน้ำ Bti ซึ่งงานวิจัยของ Marcombe S

และคณะ⁽²⁴⁾ พบว่าแบคทีเรีย Bti และ diflubenzuron สามารถควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านที่มีความต้านทานต่อสารที่มีฟอสได้ดี สำหรับพื้นที่ที่มีการใช้ทรายเคลือบที่มีฟอสในการควบคุมลูกน้ำ ควรมีข้อมูลการต้านทานต่อสารที่มีฟอสของลูกน้ำในพื้นที่นั้นๆ ประกอบการตัดสินใจในการเลือกใช้ และควรใช้วิธีอื่นๆ ร่วมด้วยในการกำจัดลูกน้ำ เช่น การควบคุมโดยชีววิธี (biological control) ซึ่งเป็นการใช้สิ่งมีชีวิตอื่นมาควบคุมจำนวนลูกน้ำ เช่น การปล่อยปลากินลูกน้ำในแหล่งเพาะพันธุ์ของยุง Ya-ooup K และคณะ⁽²⁵⁾ ได้ศึกษาปลา 12 ชนิดในการกินลูกน้ำยุงลายบ้าน พบว่าปลานิลสามารถกินลูกน้ำได้มากที่สุด รองลงมา คือปลาหางนกยูง หรือการใช้ยุงยักษ์ (Toxorhynchites spp.) เป็นอีกวิธีหนึ่งในการกำจัดลูกน้ำ ดังเช่นในประเทศฟิลิปปินส์พบว่าลูกน้ำยุงยักษ์ *Toxorhynchites amboinensis* ระยะที่ 4 สามารถกำจัดยุงลายบ้าน, ยุงลายสวน และยุงรำคาญได้ดี⁽²⁶⁾ นอกจากนี้ การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมทั้งในและนอกบ้านเพื่อป้องกันโรคอย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง ตามมาตรการ 5ป 1ข (ปิด เปลี่ยน ปล่อย ปรับ ปฏิบัติเป็นนิสัย และขัด ขี ยุงลายในภาชนะที่มีน้ำขัง) และ 3 เก็บ ป้องกัน 3 โรค (เก็บบ้าน เก็บน้ำ และเก็บขยะ) ซึ่งเป็นมาตรการสำคัญของกรมควบคุมโรค⁽¹⁹⁾ เพื่อกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลาย และป้องกันโรคติดต่อมาโดยยุงลาย อีกทั้งยังเป็นการชะลอการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงในยุง ซึ่งการที่ยุงลายสร้างความต้านทานต่อสารเคมีที่ใช้ ทำให้การควบคุมยุงลายพาหะไม่ได้ผลเท่าที่ควร โดยเฉพาะในช่วงที่มีการระบาดของโรคไข้เลือดออก ทำให้มีผู้ป่วยไข้เลือดออกเพิ่มขึ้นได้⁽²⁷⁾ ดังนั้นการเฝ้าระวังการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีในยุงลายจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อลดการระบาดของโรค

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณ นายแพทย์บัลลังก์ อุปพงษ์ ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ที่ให้การสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยจนสำเร็จด้วยดี และขอบคุณฝ่ายพิพิธภัณฑสถาน

และอนุกรมวิธานและสนับสนุนงานกีฏวิทยาที่สนับสนุนลูกน้ำยุงลายสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการสำหรับทดสอบ

เอกสารอ้างอิง

1. Rawlins SC. Spatial distribution of insecticide resistance in Caribbean populations of *Aedes aegypti* and its significance. *Rev Panam Salud Publica*. 1998;4(4):243-51.
2. Sunthorntham P. Key factors influencing the effectiveness of dengue prevention by using temephos sand granules. *FDA Journal*. 2012;19(3):26-35.
3. Thadtong U, Glamseeda T, Ritthison W. Insecticide susceptibility status of *Aedes aegypti* larvae against temephos in Rayong Province. *Office of Disease Prevention and Control Journal*. 2015;6(1):50-7.
4. Resti R, Gusti F, Hasmiwati. Susceptibility status and acetylcholinesterase (AChE) enzyme activity on *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae) larvae against temephos. *J Entomol Res*. 2020;44(1):93-8.
5. World Health Organization (WHO). 2006. Pesticides and their application-For the control of vectors and pests of public health importance. 6th ed. Document WHO/CDS/NTD/WHOPES/GCDPP/2006.1.
6. Chareonviriyaphap T, Aum-aung B, Ratanatham S. Current insecticide resistance patterns in mosquito vectors in Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 1999;30:184-94.
7. Chareonviriyaphap T, Bangs MJ, Suwonkerd W, Kongmee M, Corbel V, Ngoen-Klan R. Review of insecticide resistance and behavioral avoidance of vectors of human diseases in Thailand. *Parasit Vectors*. 2013;6:280-308.

8. Jirakanjanakit N, Saengtharapit S, Rongnoparut P, Duchon S, Bellec C, Yoksan S. Trend of temephos resistance in *Aedes* (*Stegomyia*) mosquitoes in Thailand during 2003–2005. *Environ Entomol*. 2007;36(3):506–11.
9. World Health Organization (WHO). Vector resistance to pesticides: fifteenth report of the WHO Expert Committee on Vector Biology and Control. Geneva: Switzerland; 1992. p. 61.
10. Paeporn P, Supaphathom K, Sathantriphop S. Insecticide susceptibility of *Aedes aegypti* in different parts of Thailand, 2006–2010. *J Vector Borne Dis*. 2011;9:8–16.
11. Division of vector born disease. Summary of Dengue Fever Situation Report 2015–2017 [Internet]. [cited 2018 Dec 17]. Available form: http://www.thaivbd.org/dengue_history.php
12. World Health Organization (WHO). Instructions for determining the susceptibility or resistance of mosquito larvae to insecticides. Geneva: Switzerland; 1981.
13. World Health Organization (WHO). Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vector mosquitoes. Global Malaria Programme, 2nd ed. Geneva: Switzerland; 2016.
14. Chemical control section. National Institute of Health. Department of Medical Sciences. Standard Operating Procedures (SOP 13–02–291) for bio-efficacy of insecticides against *Aedes aegypti* larvae.
15. Abbott WS. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J Am Mosq Control Assoc*. 1925;3:302–3.
16. Henriet J, Martijn A, Povlsen HH, editors. Collaborative International Pesticides Analytical Council (CIPAC): 340/GR/M/3 Temephos granular. CIPAC Handbook C1. Cambridge. Heffers Printer. 1985: p. 2233.
17. World Health Organization (WHO). Full specification for Temephos WHO/SIT/19.R4. Revised 10 December 1999 incorporating WHO/SIF/34.R3 and WHO/SIF/40.R1 (Superseded).
18. Arsarin B, Rammakot P, Ounavin V, Pama P, Phothimon S. Temephos resistance of *Aedes aegypti* larvae in the area covered by the Office of Disease Prevention and Control Region 8, Udon Thani. *Disease Control Journal*. 2019;45(4):431–8.
19. Tepnow W, Chaona N, Rithjeen D, Parnkrow S. Susceptibility to temephos, alphacypermethrin, deltamethrin, lambda-cyhalothrin and cypermethrin to *Aedes aegypti* in Buriram Province. *DPC 9 J*. 2018;24(2):17–25.
20. Bang YH, Tonn RJ. Evaluation of 1% Abate (OMS786) sand granules for the control of *Aedes aegypti* larvae in potable water. *WHO/VBC/69*. 1969;121:10.
21. Ya-umphan P, Sathantriphop S, Mukkhun P, Ritthison W, Paeporn P. Development of thermal fogging insecticide products for control of *Aedes aegypti* susceptible and resistant strains to insecticides, vector of dengue and Zika. Unpublished raw data 2020.
22. Bisset JA, Rodriguez MM, Piedra LA, Cruz M, Gutierrez G, Ruiz A. Reversal of resistance to the larvicide temephos in an *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) laboratory strain from Cuba. *J Med Entomol*. 2020;57(3):801–6.
23. Pankeaw K, Sinakom B, Aumaung B. Field studies on efficiency of temephos, diflubenzuron and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti)

- against *Aedes aegypti* (L.). Lanna Public Health J. 2020;16(1):32-45.
24. Marcombe S, Chonephetsarath S, Thammavong P, Brey PT. Alternative insecticides for larval control of the dengue vector *Aedes aegypti* in Lao PDR: insecticide resistance and semi-field trial study. Parasit Vectors. 2018;11(1):616.
25. Ya-oooup K, Kulhong B, Soonchan P. Efficacy of fishes for control *Aedes aegypti* larvae. Journal of the Office of DPC 7 Khon Kaen. 2015;22(1):49-55.
26. Digma JR, Sumalde AC, Salibay CC. Laboratory evaluation of predation of *Toxorhynchites amboinensis* (Diptera:Culicidae) on three mosquito vectors of arboviruses in the Philippines. Bio Control. 2019;137:104009.
27. Bellinato DF, Viana-Medeiros PF, Araújo SC, Martins AJ, Lima JB, Valle D. Resistance status to the insecticides temephos, deltamethrin, and diflubenzuron in Brazilian *Aedes aegypti* populations. Biomed Res Int. 2016;8603263. doi: 10.1155/2016/8603263.