

การประเมินผลวัสดุของทรายต่อประสิทธิภาพของทรายที่มีฟอส ในการกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้าน

Evaluation of the Effects of Sand Sachet Materials on Efficacy of Temephos Sand Granules against *Aedes aegypti* L. Larvae

วิสาข์ชนม์ ศรีโพธิ์^{1,2}Wisachon Sripho^{1,2}สุนัยนา สาทันไตรภพ²Sunaiyana Sathantriphop²อัญชญา สุมาลย์โรจน์¹Anchana Sumarnrote¹มณฑาทิพย์ คงมี¹Monthathip Kongmee¹¹คณะเกษตร กำแพงแสน¹Faculty of Agriculture at Kamphaeng Saen,

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Kasetsart University

²สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข²National Institute of Health,

กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์

Department of Medical Sciences

DOI: 10.14456/dcj.2026.7

Received: May 26, 2025 Revised: September 14, 2025 Accepted: January 9, 2026

บทคัดย่อ

การใช้ทรายที่มีฟอสในการควบคุมและกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) เป็นวิธีที่นิยมและมีประสิทธิภาพ ซึ่งทรายที่มีฟอสแบบบรรจุซองเป็นอีกหนึ่งรูปแบบผลิตภัณฑ์ของการนำไปใช้ จากข้อมูลการทดสอบประสิทธิภาพชีววิเคราะห์ของทรายที่มีฟอสประเภทของทรายต่อลูกน้ำยุงลายบ้านระหว่างปี 2559 ถึง 2565 พบว่าไม่มีผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานทดสอบของกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคุณสมบัติและคัดเลือกวัสดุสำหรับใช้ทำซองบรรจุทรายที่มีฟอสและเปรียบเทียบอุปกรณ์ทดสอบที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพชีววิเคราะห์ของทรายที่มีฟอสต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน โดยคัดเลือกบรรจุภัณฑ์ของทรายที่ทำจากวัสดุชนิดต่างๆ และทำการทดสอบโดยมีอุปกรณ์ทดสอบที่ใช้สังเกตการตายของลูกน้ำ 2 แบบ คือ กระชังลอยลูกน้ำและกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ จากผลการทดสอบคุณสมบัติวัสดุของได้เลือกบรรจุภัณฑ์ที่ขายในท้องตลาดมาเป็นตัวแทนจำนวน 1 ตัวอย่างและบรรจุภัณฑ์วัสดุของชนิดอื่นอีก 1 ตัวอย่าง (ซองโนลอน) นำมาทดสอบประสิทธิภาพชีววิเคราะห์ในสภาพจำลองธรรมชาติ โดยใช้ทรายที่มีฟอส 1% w/w อัตรา 1 ppm ในรูปแบบแตกต่างกันมาทดสอบประสิทธิภาพที่ 24 ชั่วโมงหลังการใช้ทรายที่มีฟอสนาน 24 ชั่วโมงถึง 7 วัน และทุก 30 วัน จนครบระยะเวลา 180 วัน ผลการทดสอบพบว่าร้อยละการตายของลูกน้ำยุงลายบ้านเมื่อทดสอบหลังการใช้ทรายที่มีฟอสในซองของทรายที่ขายในท้องตลาดนาน 24 ชั่วโมง และ 7 วัน มีค่าน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับการใช้ทรายที่มีฟอสในรูปแบบอื่น และในระยะเวลาการใช้ทรายที่มีฟอสนาน 24 ชั่วโมงจนถึง 120 วัน พบว่า การใช้ทรายที่มีฟอสในซองโนลอนขนาด 5 กรัม (4 ซอง) มีประสิทธิภาพภาพเทียบเท่าการใช้ทรายที่มีฟอสแบบไม่บรรจุซองขนาด 20 กรัม (ชุดควบคุมเชิงบวก) รองลงมาคือ ทรายที่มีฟอสในซองโนลอนขนาด 20 กรัม นอกจากนี้ จากการทดสอบหลังการใช้ทรายที่มีฟอสทุกรูปแบบนาน 90 วัน เป็นต้นไป พบว่า ร้อยละการตายของลูกน้ำยุงลายบ้านในกรงลูกน้ำ

แบบปล่อยยีสระมีค่ามากกว่าในกระชังลอยลูกน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ผลการศึกษานี้สามารถบอกได้ว่าในลอนเหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้เป็นบรรจุภัณฑ์ทรายที่มีฟอส และการใช้กรงลูกน้ำแบบปล่อยยีสระช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการวัดผลการทดสอบประสิทธิภาพชีววิเคราะห์ในสภาพจำลองธรรมชาติได้มากขึ้น

ติดต่อผู้พิมพ์: มณฑาทิพย์ คงมี

อีเมล: fagrmtk@ku.ac.th

Abstract

The use of temephos sand granules for the control of *Aedes aegypti* larvae is a widely accepted and effective method. One application form of this larvicide is the ready-to-use sand sachet. However, based on bioefficacy data from 2016 to 2022, none of the sachet-based products fulfilled the standard criteria set by the Department of Medical Sciences. Therefore, this study aimed to evaluate the structure and properties of various materials, to select the optimum material for the sand sachets, and to compare two testing equipment for ensuring adequate larval bioefficacy. Sand sachet packaging made from various materials were selected and filled with 1% w/w temephos sand granules at a concentration of 1 ppm for testing. Two types of observation equipment were used: floating larval cages and free-living larval cages. Based on initial material evaluations, one commercially available sachet and one alternative sachet made of nylon were selected for comparative testing under simulated natural conditions. Larvicidal efficacy was assessed 24 hours post-exposure, following periods of 24 hours, 7 days, and every 30 days up to 180 days after temephos application. The results showed that the 24-hour larval mortality rate from sachets made with commercial materials after 24 hours and 7 days of applying was the lowest among all test treatments. From 24 hours to 120 days after application, the 5 g nylon sachets (4 sachets) demonstrated larvicidal efficacy comparable to that of 20 g of unpackaged temephos-treated sand (positive control), followed by the 20 g nylon sachets. Furthermore, from 90 days onward following the application of all forms of temephos-treated sand, a statistically significant difference ($p < 0.05$) in larval mortality was observed between the two types of test equipment, with free-living larval cages showing higher mortality rates than floating larval cages. These findings suggest that nylon is the most suitable material for use as packaging for temephos sand granules. Additionally, the use of free-living larval cages enhances the effectiveness of bioassay evaluations under simulated natural conditions.

Correspondence: Monthathip Kongmee

E-mail: fagrmtk@ku.ac.th

คำสำคัญ

ซองทราย; ทรายที่มีฟอส;
ลูกน้ำยุงลายบ้าน

Keywords

sand sachet materials; temephos sand granules;
Aedes aegypti larvae

บทนำ

โรคไข้เลือดออกเป็นปัญหาสำคัญทางสาธารณสุขของประเทศไทย มีระบาดในช่วงฤดูฝน ในแต่ละปีพบผู้ป่วยได้จากทุกภาคเป็นจำนวนมาก ปี 2566 พบผู้ป่วยไข้เลือดออก 156,097 ราย เสียชีวิต 175 ราย พบมากที่สุดในกลุ่มอายุ 5-14 ปี และผู้สูงอายุที่มากกว่า 65 ปี⁽¹⁾ โรคไข้เลือดออกมียุงลายบ้านเป็นพาหะหลักและยุงลายสวนเป็นพาหะรอง ยุงลายบ้าน มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Aedes (Stegomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762)⁽²⁾ มีขนาดเล็กสีดำ ขาและลำตัวมีลายสีขาวสลับดำบินได้รวดเร็ว ยุงชนิดนี้สามารถพบได้ทั่วโลก แต่มักพบในเขตร้อนและเขตอบอุ่น พบได้ทั่วไปในเขตเมืองเนื่องจากชอบดูดกินเลือดคนมากกว่าเลือดสัตว์ออกหากินในเวลากลางวัน และวางไข่ตามภาชนะใส่น้ำหรือมีน้ำขังในบริเวณบ้านและรอบบ้าน นอกจากนี้เป็นพาหะหลักของโรคไข้เลือดออกแล้ว ยังสามารถเป็นพาหะของโรคไข้ปวดข้อยุงลาย หรือโรคชิคุนกุนยา โรคไข้เหลือง และโรคไข้ซิกา^(3,4) ปัจจุบันกรมควบคุมโรคได้กำหนดมาตรการในการควบคุมยุงพาหะไว้ 3 วิธีคือ วิธีทางกายภาพ ทางชีวภาพ และทางเคมี ที่ผ่านมาการใช้สารเคมีในการควบคุมยุงพาหะเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเนื่องจากสามารถควบคุมโรคได้อย่างรวดเร็วในช่วงเวลาที่มีการระบาด แต่ในช่วงปกติจะรณรงค์ให้มีการกำจัดแหล่งเพาะพันธุ์ยุงลายเพื่อลดจำนวนประชากรยุง และใส่ทรายกำจัดลูกน้ำซึ่งเป็นทรายที่เคลือบด้วยสารเคมีที่มีชื่อสามัญว่า “ทีมีฟอส (Temephos)” โดยใส่ทรายที่มีฟอสนี้ในภาชนะเก็บน้ำต่างๆ เช่น อ่างน้ำ โอ่งน้ำ ตุ่มน้ำ หรือภาชนะใส่น้ำอื่นที่ไม่มีฝาปิดมิดชิด เป็นต้น และมีการฉีดพ่นสารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์คือ deltamethrin ปีละ 2 รอบ⁽⁵⁾ เพื่อควบคุมยุงลายตัวเต็มวัย

ผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบสารเคมีที่นิยมนำไปใช้ในการควบคุมกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้าน และเป็นที่ยอมรับในชื่อทางการค้าว่า “ทรายอะเบท (Abate®)” สารออกฤทธิ์คือ ทีมีฟอส ซึ่งเป็นสารเคมีในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (organophosphate) มีค่าความเป็นพิษต่อหนูเมื่อได้รับทางปาก (oral LD50) เท่ากับ 8,600 mg/kg

และไม่เป็นพิษกับคนหากใช้ในอัตราการใช้ที่กำหนด⁽⁶⁾ ผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำจัดเป็นวัตถุอันตรายชนิดที่ 3 ตามพระราชบัญญัติวัตถุอันตราย พ.ศ. 2535 คือเป็นวัตถุอันตรายที่การผลิต การนำเข้า การส่งออก หรือการมีไว้ในครอบครองต้องได้รับใบอนุญาตจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (อย.)⁽⁷⁾ สำหรับวิธีการทำทรายที่มีฟอสหรือทรายอะเบท มีส่วนประกอบที่นิยมใช้ได้คือทรายซิลิกา (Silica sand) ขนาดประมาณ 1,250 ไมโครเมตร มาเข้ากระบวนการทำให้แห้งและผสมกับสารที่มีฟอสเข้มข้นให้เข้ากันและเข้าสู่กระบวนการทำให้แห้งอีกครั้ง จากนั้นจึงบรรจุในบรรจุภัณฑ์⁽⁸⁾ โดยทั่วไปบรรจุภัณฑ์ของทรายกำจัดลูกน้ำยุงลายที่มีฟอส 1% w/w SG มี 2 รูปแบบ คือ (1) ทรายบรรจุในซองพลาสติกขนาด 50 กรัม ซึ่งมีวิธีใช้โดยตักทรายใส่ในภาชนะเก็บน้ำในอัตราส่วน 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร หรือ 2 ซ้อนชาต่อน้ำ 140 ลิตร (1 ซ้อนชา เท่ากับ 7 กรัม) และ (2) ทรายบรรจุในซองทราย (ซองน้ำซึม) ขนาด 20 กรัม ซึ่งสามารถนำของทรายที่มีทรายบรรจุอยู่ภายในใส่ลงในภาชนะเก็บน้ำได้เลยโดยไม่ต้องตวงในอัตราส่วน 1 ซองต่อน้ำ 200 ลิตร ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา ฝ่ายวิจัยและทดสอบเคมีกำจัดแมลง สถาบันวิจัย-วิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ ซึ่งเป็นหน่วยงานรับผิดชอบผลิตภัณฑ์เคมีกำจัดแมลง เพื่อนำผลการทดสอบไปขึ้นทะเบียนผลิตภัณฑ์ อย. ได้มีการทดสอบประสิทธิภาพชีวโคโรนาของผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำที่มีฟอส 1% ชนิดของทราย ต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน ผลิตภัณฑ์ทรายที่มีฟอสชนิดของทรายที่ส่งทดสอบทั้งหมด ไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายบ้านตายได้ภายใน 24 ชั่วโมง (อัตราการตายร้อยละ 0) สาเหตุที่ทำให้ผลิตภัณฑ์ตัวอย่างทรายที่มีฟอสชนิดของทรายไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายบ้านตายได้มากกว่าร้อยละ 90 ก่อนระยะเวลา 3 เดือน อาจเนื่องมาจากสารที่มีฟอสภายในซองทรายไม่สามารถแทรกซึมผ่านซองออกมาได้ถึงแม้ว่าทรายที่มีฟอสที่อยู่ในซองทรายจะมีประสิทธิภาพดีในการกำจัดลูกน้ำยุงลาย ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผล

ในการปลดปล่อยสารเคมีที่มีฟอสผ่านของของวัสดุชนิดต่างๆ ในรูปแบบของทรายที่ไม่ทำให้ทรายกระจายและคงสภาพได้ตลอดระยะเวลาใช้งานในการกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้านในสภาพจำลองธรรมชาติ เพื่อที่จะใช้ข้อมูลในการพิจารณาเลือกใช้ให้เหมาะสมในการป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออกที่มีประสิทธิภาพต่อไป

วัสดุและวิธีการศึกษา

รูปแบบการศึกษา

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เป็นการทดสอบความสามารถในการปลดปล่อยสารของวัสดุชนิดต่างๆ ที่นำมาทำเป็นของทราย ทดสอบความทนทานของของทรายที่ทำจากวัสดุชนิดต่างๆ เมื่อแช่อยู่ในน้ำ และทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ (bioefficacy test) ของทรายที่มีฟอสในรูปแบบของทรายในสภาพจำลองธรรมชาติ (simulated field trial) ต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) สายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ ดำเนินการทดสอบในช่วงเดือนกรกฎาคม 2566 ถึงมกราคม 2568

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ประกอบด้วย

1. แมลงทดสอบ

ลูกน้ำยุงลายบ้าน ระยะที่ 3 สายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ NIH (National Institute of Health strain)

2. ผลิตภัณฑ์ทรายกำจัดลูกน้ำ

ผลิตภัณฑ์ทรายที่มีฟอส 1% w/w SG ที่ใช้ในการทดสอบเป็นผลิตภัณฑ์ทรายที่มีฟอสที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบตามวิธีมาตรฐานการทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ที่ทรายที่มีฟอสกำจัดลูกน้ำของสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ โดยผลิตภัณฑ์ที่ผ่านเกณฑ์การทดสอบต้องมีประสิทธิภาพทำให้ลูกน้ำยุงลายบ้านตายไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 หลังการใส่ผลิตภัณฑ์ในตุ่มน้ำทดสอบนาน 3 เดือน

3. วัสดุของทราย

วัสดุของทรายทั้งหมด 7 ประเภท ดังแสดงในภาพที่ 1 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรกเป็นของบรรจุทรายที่มีฟอสขนาด 20 กรัมแบบสำเร็จรูปที่วางจำหน่ายในท้องตลาด (วัสดุผลิตขึ้นโดยไม่ได้ผ่านกระบวนการถักทอและใช้เส้นใยสังเคราะห์ที่ผลิตจาก polypropylene, PP) และอีกกลุ่มที่นำมาคัดเลือกมี 5 ประเภทเป็นของที่ทำจากวัสดุอื่นแตกต่างกันโดยซื้อจากร้านขายของสำหรับชงชา ได้แก่ ของเยื่อกระดาษ ของเยื่อไผ่ ของไนลอน ของเยื่อข้าวโพด และของเยื่อไม้



ภาพที่ 1 ของทราย 7 รูปแบบ A. ของพร้อมทรายที่ขายอยู่ในท้องตลาดแบบที่ 1 B. ของพร้อมทรายที่อยู่ในท้องตลาดแบบที่ 2 C. ของเยื่อกระดาษ D. ของเยื่อไผ่ E. ของไนลอน F. ของเยื่อข้าวโพด และ G. ของเยื่อไม้

Figure 1 Sand sachets (7 types): A. sachet available in market type 1, B. sachet available in market type 2, C. paper sachet, D. bamboo fiber sachet, E. nylon sachet, F. corn fiber sachet and G. wood sachet

วิธีการทดสอบ

1. การศึกษาการเรียงตัวของเส้นใยวัสดุที่นำมาทำของใส่ทราย

ตัดวัสดุของประเภทต่างๆ ที่ใช้ทดสอบเป็นชิ้นสี่เหลี่ยมขนาด 1x1 เซนติเมตร นำไปส่องใต้กล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ รุ่น Nikon G-AL 2X บันทึกภาพด้วยโปรแกรม NIS-Elements D5.10.00 64 Bit Ink ที่กำลังขยาย 6.7 เท่า 20 เท่า 30 เท่า 40 เท่า และ 50 เท่า นำภาพถ่ายมาศึกษาการเรียงตัวของเส้นใยวัสดุของทรายที่อาจมีผลต่อการปลดปล่อยสาร

2. การทดสอบการปลดปล่อยสารของวัสดุของทราย

นำทรายซิลิกาขนาดประมาณ 1,250 ไมโครเมตร คลุกกับสัผสมอาหาร (สีแดง) ในอัตราทราย 10 ส่วนต่อสัผสมอาหาร 1 ส่วน จากนั้นนำไปเข้ากระบวนการทำให้แห้งด้วยเครื่องอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 6 ชั่วโมง บรรจุทรายซิลิกาที่เคลือบสัผสมอาหาร 0.1 กรัม ในช่องที่ทำจากวัสดุชนิดต่างๆ จำนวน 7 ประเภท ปิดผนึกของหลังการบรรจุทรายด้วยเครื่องซีลความร้อน เปรียบเทียบการปลดปล่อยสัออกจากวัสดุของทดสอบแต่ละประเภทกับทรายคลุกสีที่ไม่ได้บรรจุในช่อง โดยใส่ทรายคลุกสี หรือช่องบรรจุทรายคลุกสีลงในน้ำกรองปริมาตร 1 ลิตร (อุณหภูมิของน้ำ 25.10±0.20 องศาเซลเซียส ค่า pH 7.26±0.03) ในบีกเกอร์ขนาด 1 ลิตร ในสภาพห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิ 25.80 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 64 เปอร์เซ็นต์ ถ่ายภาพทุกๆ 5 นาที จนครบเวลา 120 นาที และปล่อยให้ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมง สังเกตและบันทึกลักษณะการแพร่กระจายของสีที่เคลือบอยู่บนเม็ดทรายในน้ำจากภาพถ่ายในแต่ละช่วงเวลาของการบันทึกภาพ

3. การทดสอบความทนทานของของทราย

3.1 ทดสอบในห้องปฏิบัติการ โดยแช่ของทรายในน้ำปริมาตร 500 มิลลิลิตร ในบีกเกอร์ขนาด 500 มิลลิลิตร (อุณหภูมิของน้ำ 25.40±0.50 องศาเซลเซียส ค่า pH 7.24±0.06 ในสภาพห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิ 26.40±0.80 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์

64.80±2.80 เปอร์เซ็นต์) บันทึกสภาพของทรายทดสอบทุก 7 วัน เป็นเวลา 12 เดือน

3.2 ทดสอบในสภาพจำลองธรรมชาติ แช่ของทรายในน้ำปริมาตร 200 ลิตร ที่บรรจุในตุ่มน้ำขนาด 200 ลิตร (อุณหภูมิของน้ำ 31.90±0.70 องศาเซลเซียส ค่า pH 7.63±0.10 อุณหภูมิแวดล้อม 34.80±2.00 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 51.20±7.30 เปอร์เซ็นต์) บันทึกสภาพของทรายทดสอบทุก 7 วัน เป็นเวลา 12 เดือน

4. การทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ (Bioefficacy test) ของทรายที่มีฟอสต่อลูกน้ำยุงลายบ้านในสภาพจำลองธรรมชาติ (Simulated field trial)⁽⁶⁾

ก่อนเริ่มการทดสอบต้องตรวจสอบการปนเปื้อน สารเคมีของตุ่มน้ำสำหรับใช้ทดสอบโดยเติมน้ำประปาใส่ลงในตุ่มน้ำ ขนาด 200 ลิตร จนเต็มความจุของตุ่ม พักน้ำทิ้งไว้ในตุ่มนาน 24 ชั่วโมง เพื่อให้คลอรีนระเหย หลังครบ 24 ชั่วโมง วางกระชังลอยลูกน้ำ (Floating larval cage) ขนาด 7x7x7 เซนติเมตร ลงในตุ่ม แล้วใส่ลูกน้ำยุงลายบ้านระยะที่ 3 จำนวน 50 ตัวในกระชัง จากนั้นสังเกตการตายของลูกน้ำยุงลายเมื่อครบ 72 ชั่วโมง ตุ่มน้ำที่จะนำมาใช้ในการทดสอบต้องไม่ปรากฏการตายของลูกน้ำ

การทดสอบประสิทธิภาพทรายที่มีฟอสในของทรายในสภาพจำลองธรรมชาติ ซึ่งทรายที่มีฟอส 1% w/w น้ำหนัก 20 กรัมใส่ในช่องทรายทดสอบเมื่อนำไปใส่ในน้ำ 200 ลิตร จะได้ความเข้มข้นของสารที่มีฟอส 1 ppm หรือ 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ ปิดผนึกของทรายด้วยเครื่องซีลความร้อน หย่อนของทรายลงในตุ่มทดสอบขนาด 200 ลิตรที่มีน้ำเต็มความจุของตุ่ม จำนวน 5 ตุ่ม ปล่อยให้ของทรายทิ้งไว้ในแต่ละตุ่มนาน 24 ชั่วโมง หลังครบเวลา 24 ชั่วโมง นำกระชังลอยลูกน้ำขนาด 7x7x7 เซนติเมตร (ลูกน้ำภายในอุปกรณ์มีการเคลื่อนที่ได้เฉพาะบริเวณผิวน้ำ) และกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ (Free-living larval cage) ขนาด 20x20x54.50 เซนติเมตร (ลูกน้ำภายในอุปกรณ์สามารถเคลื่อนที่ไปมาจากผิวน้ำ

ไปยังด้านล่างของตุ่มทดสอบ ใกล้เคียงกับการเคลื่อนที่ตามสภาพจริงในธรรมชาติ) วางในตุ่มทดสอบ ใส่ลูกน้ำยุงลายระยะที่ 3 จำนวน 25 ตัวในกระชังลอยลูกน้ำ และลูกน้ำยุงลายจำนวน 50 ตัวในกรงลอยลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ ดังแสดงในภาพที่ 2 ใส่อาหารเลี้ยงลูกน้ำลงในอุปกรณ์ทดสอบทั้งสองแบบ บันทึกผลการตายของลูกน้ำยุงลายที่ 24 ชั่วโมง และนำลูกน้ำหรือซากลูกน้ำทั้งหมดออกจากตุ่มทดสอบหลังการบันทึกผล ดำเนินการเช่นเดียวกันสำหรับชุดเปรียบเทียบ (negative control) แต่ใช้ทรายเปลือยไม่เคลือบสารที่มีฟอส (ไม่บรรจุในซอง

ทราย) ปริมาณ 20 กรัม จำนวน 5 ตุ่ม (5 ซ้ำ) การทดสอบฤทธิ์ตกค้างทำในตุ่มเดิมต่อเนื่องกัน 7 ครั้ง ในวันที่ 7, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 วันหลังการใส่ซองทราย ตลอดการทดสอบมีการบันทึกอุณหภูมิและความเป็นกรดต่าง (pH) ของน้ำในตุ่มทดสอบ 3 ช่วงเวลา (9:00 น. 12:00 น. และ 15:00 น.) ของแต่ละวันเป็นเวลา 7 วัน ก่อนการทดสอบแต่ละ ครั้ง รวมถึงมีการถ่ายน้ำออกและเติมน้ำใหม่ร้อยละ 20 ของปริมาตรน้ำในตุ่มทุกสัปดาห์ๆ ละ 2 ครั้ง^(9,10)



ภาพที่ 2 อุปกรณ์เช็คผล A. กระชังลอยลูกน้ำ และ B. กรงลอยลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ

Figure 2 Equipment for checking; A. Floating larval cage and B. Free-living larval cage

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้

การทดสอบประสิทธิภาพชีววิเคราะห์ของทรายที่มีฟอส 5 รูปแบบต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน ดังนี้

1. ทรายที่มีฟอสไม่บรรจุในซองทราย 20 กรัม (positive control)
2. ทรายที่มีฟอสบรรจุในซองในลอนขนาด 20 กรัม
3. ทรายที่มีฟอสบรรจุในซองที่ขายอยู่ในท้องตลาดแบบที่ 2 ขนาด 20 กรัม
4. ทรายที่มีฟอสบรรจุในซองในลอนขนาด 5 กรัม

$$\text{ร้อยละการตายที่ถูกต้อง} = \left[\frac{\text{ร้อยละการตายของลูกน้ำในชุดทดสอบ} - \text{ร้อยละการตายของลูกน้ำในชุดเปรียบเทียบ}}{100 - \text{ร้อยละการตายของลูกน้ำในชุดเปรียบเทียบ}} \right] \times 100$$

นำข้อมูลร้อยละการตายของลูกน้ำมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (analysis of variance: ANOVA) ด้วยโปรแกรม R Version 4.2.1 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย

จำนวน 4 ซอง วางที่ก้นตุ่มในตำแหน่งที่แตกต่างกัน เปรียบเทียบกับรูปแบบที่ 2 ซึ่งมีการกระจายตัวของสารจากซองเดียว

5. ทรายไม่เคลือบที่มีฟอส 20 กรัม ไม่บรรจุในซองทราย (negative control: ชุดเปรียบเทียบ) ในการทดลองหากพบลูกน้ำในชุดเปรียบเทียบมีอัตราการตายอยู่ระหว่างร้อยละ 5-20 ให้ปรับร้อยละการตายของลูกน้ำด้วย Abbott's formula⁽¹¹⁾ แต่ถ้าลูกน้ำตายมากกว่าร้อยละ 20 ให้ทำการทดสอบใหม่

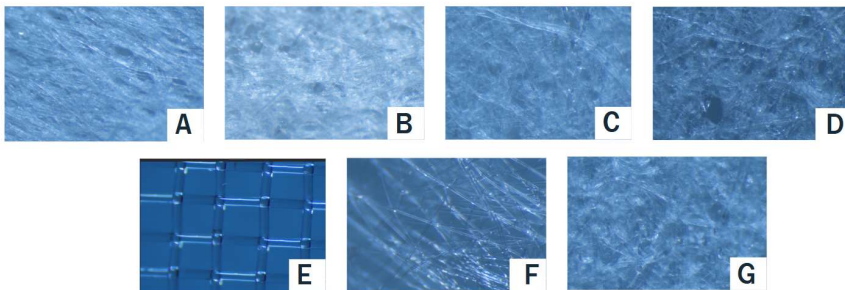
Abbott's formula:

ด้วยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการศึกษา

ผลการศึกษาคณสมบัติของซองทรายทั้ง 7 ประเภท (ซองพร้อมทรายที่มีฟอสสำเร็จรูป 2 ประเภท ซองเยื่อกระดาษ ซองเยื่อไผ่ ซองไนลอน ซองเยื่อข้าวโพด และซองเยื่อไม้) พบว่าการเรียงตัวของเส้นใยของไนลอน มีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ มีจำนวนและขนาดช่องว่างสม่ำเสมอ (ภาพที่ 3E) ตรงข้ามกับวัสดุของชนิดอื่นที่มีลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยไม่เป็นระเบียบ จำนวนและขนาดช่องว่างไม่สม่ำเสมอ และซองเยื่อข้าวโพดมีช่องว่างมากที่สุด (ภาพที่ 3F) สำหรับผลการทดสอบการปลดปล่อยสารของซองใส่ทราย ประเภทต่างๆ พบว่า ซองทรายที่ทำจากเยื่อข้าวโพด สามารถแพร่กระจายสีที่เคลือบอยู่บนเม็ดทรายออกมาด้านนอกของซองทรายได้เร็วที่สุดคือภายในเวลา 20 นาที ในขณะที่ซองชนิดอื่นใช้เวลานานกว่าแต่ไม่เกิน 60 นาที ยกเว้นซองพร้อมทรายแบบสำเร็จรูปที่ขายอยู่ในท้องตลาดแบบที่ 1 และซองทรายที่ทำจากเยื่อกระดาษใช้เวลา

ในการแพร่กระจายของสีมากกว่า 60 นาที ดังแสดงในตารางที่ 1 สำหรับผลทดสอบคุณสมบัติความทนทานของซองทรายทดสอบพบว่า ซองทรายที่ทำจากไนลอนมีความทนทานสูงสุดโดยสามารถคงสภาพสมบูรณ์อยู่ในน้ำได้นานถึง 12 เดือน (สิ้นสุดเวลาทดสอบ) ส่วนซองชนิดอื่นเริ่มเกิดการย่อยสลายเมื่อผ่านไป 1 เดือน และสามารถคงสภาพได้นาน 6 เดือน ยกเว้นซองทรายที่ทำจากเยื่อข้าวโพดสามารถคงสภาพได้นานเพียง 1.5 เดือน จากผลการศึกษาคณสมบัติทั้งหมดข้างต้นของซองทรายทั้ง 7 ประเภทพบว่าซองพร้อมทรายที่มีฟอสแบบสำเร็จรูปที่ขายอยู่ในท้องตลาดแบบที่ 2 และซองทรายที่ทำจากไนลอนมีคุณสมบัติที่เหมาะสมที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นภายในกลุ่มประเภทวัสดุซองทรายสำเร็จรูปและวัสดุที่นำมาคัดเลือก ซองทรายทั้งสองชนิดนี้จึงถูกเลือกนำไปทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ต่อลูกน้ำยุงลายบ้านในสภาพจำลองธรรมชาติ



ภาพที่ 3 ลักษณะเส้นใยของซองทรายถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอ รุ่น Nikon G-AL 2X ที่กำลังขยาย 50 เท่า A. ซองพร้อมทรายที่ขายอยู่ในท้องตลาดแบบที่ 1 B. ซองพร้อมทรายที่อยู่ในท้องตลาดแบบที่ 2 C. ซองเยื่อกระดาษ D. ซองเยื่อไผ่ E. ซองไนลอน F. ซองเยื่อข้าวโพด และ G. ซองเยื่อไม้

Figure 3 Characteristics of fibers observed under a Nikon G-AL 2X stereomicroscope with camera at 50X magnification: A. commercially available sachet type 1, B. commercially available sachet type 2, C. paper sachet, D. bamboo fiber sachet, E. nylon sachet, F. corn fiber sachet and G. wood sachet

ตารางที่ 1 เวลาการแพร่กระจายของสีที่เคลือบเม็ดทรายผ่านวัสดุของทราย

Table 1 The diffusion time of the color coated on sand granule through the sand sachet materials

ประเภทวัสดุของทราย	เวลาแพร่กระจายสีผ่านทะเลวัสดุของทราย (นาที)							
	10	20	30	40	50	60	90	120
ของทรายที่ขายอยู่ในท้องตลาดแบบที่ 1								+
ของทรายที่ขายอยู่ในท้องตลาดแบบที่ 2						+	+	+
ซองเยื่อกระดาษ							+	+
ซองเยื่อไผ่			+	+	+	+	+	+
ซองไนลอน				+	+	+	+	+
ซองเยื่อข้าวโพด		+	+	+	+	+	+	+
ซองเยื่อไม้				+	+	+	+	+

หมายเหตุ : เครื่องหมาย + แสดงถึงการแพร่กระจายของสีผ่านทะเลวัสดุของทราย ณ เวลานั้น ๆ

ผลการทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ต่อลูกน้ำยุงลายบ้านในสภาพจำลองธรรมชาติดังแสดงในตารางที่ 2 ผลการทดสอบหลังใส่ทรายนาน 24 ชั่วโมงพบว่าร้อยละการตายของลูกน้ำในกระชังลอยลูกน้ำจากการใช้ทรายที่มีฟอสในซองไนลอนขนาด 5 และ 20 กรัมไม่แตกต่างกันทางสถิติ (ร้อยละ 87.20 และ 80.00 ตามลำดับ) และเมื่อเปรียบเทียบกับทรายที่มีฟอสที่ไม่บรรจุซอง (ร้อยละ 100.00) ปรากฏว่าไม่แตกต่างกันทางสถิติกับทรายที่มีฟอสในซองไนลอนขนาด 5 กรัม แต่แตกต่างทางสถิติกับทรายที่มีฟอสในซองไนลอนขนาด 20 กรัม อย่างไรก็ตามทรายทั้ง 3 รูปแบบนี้มีผลให้ลูกน้ำในกระชังลอยลูกน้ำตายมากกว่าทรายที่มีฟอสบรรจุในซองที่ขายอยู่ในท้องตลาดอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 8.00) เช่น

เดียวกันกับผลการตายของลูกน้ำในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระที่ทรายที่มีฟอสบรรจุในซองที่ขายอยู่ในท้องตลาดทำให้ลูกน้ำตายน้อยที่สุด (ร้อยละ 60.80) เมื่อเปรียบเทียบกับทรายที่มีฟอสรูปแบบอื่น นอกจากนี้ยังพบว่าการตายของลูกน้ำในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระต่างจากการตายของลูกน้ำในกระชังลอยลูกน้ำตรงที่ทรายที่มีฟอสไม่บรรจุซองและทรายที่มีฟอสบรรจุในซองไนลอนขนาด 5 และ 20 กรัม (ร้อยละ 100.00, 100.00 และ 90.40 ตามลำดับ) ทำให้ลูกน้ำตายไม่แตกต่างกันทางสถิติสำหรับผลการทดสอบหลังใส่ทรายนาน 7 วัน พบว่าการตายของลูกน้ำในอุปกรณ์ทดสอบทั้งสองเป็นไปในทำนองเดียวกันกับผลการตายของลูกน้ำในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระหลังใส่ทรายนาน 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 2 การตายของลูกน้ำยุงลายบ้านที่ 24 ชั่วโมง (\pm SD) หลังการใส่ทรายที่มีฟอสนาน 24 ชั่วโมง ถึง 180 วัน

Table 2 The average mortality rate of *Aedes aegypti* larvae at 24 hours after the application of Temephos sand granule for 24 hours to 180 days

รูปแบบ	ร้อยละการตายหลังใส่ทรายนาน 24 ชั่วโมง		ร้อยละการตายหลังใส่ทรายนาน 7 วัน	
	กระชังลอยลูกน้ำ	กรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ	กระชังลอยลูกน้ำ	กรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ
1	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}
2	80.00 \pm 18.76 ^{bA}	90.40 \pm 6.07 ^{aA}	92.00 \pm 11.31 ^{aA}	81.60 \pm 34.83 ^{abA}
3	8.00 \pm 6.33 ^{cB}	60.80 \pm 36.60 ^{bA}	30.40 \pm 21.65 ^{bA}	58.00 \pm 26.34 ^{bA}
4	87.20 \pm 17.53 ^{abA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}
5	0.00 \pm 0.00 ^{cA}	0.00 \pm 0.00 ^{cA}	0.00 \pm 0.00 ^{cA}	0.00 \pm 0.00 ^{cA}

ตารางที่ 2 การตายของลูกน้ำยุงลายบ้านที่ 24 ชั่วโมง (\pm SD) หลังการใส่ทรายที่มีฟอสฟอรัส 24 ชั่วโมง ถึง 180 วัน (ต่อ)

Table 2 The average mortality rate of *Aedes aegypti* larvae at 24 hours after the application of Temephos sand granule for 24 hours to 180 days (continue)

รูปแบบ	ร้อยละการตายหลังใส่ทรายนาน 30 วัน		ร้อยละการตายหลังใส่ทรายนาน 60 วัน	
	กระชังลอยลูกน้ำ	กรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ	กระชังลอยลูกน้ำ	กรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ
1	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	99.60 \pm 0.89 ^{aA}
2	81.00 \pm 21.61 ^{aA}	94.80 \pm 11.63 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	99.60 \pm 0.89 ^{aA}
3	92.00 \pm 11.31 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	98.40 \pm 3.58 ^{aA}	96.40 \pm 4.34 ^{bA}
4	85.60 \pm 19.92 ^{aA}	95.60 \pm 9.84 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}
5	0.00 \pm 0.00 ^{bA}	0.00 \pm 0.00 ^{bA}	0.00 \pm 0.00 ^{bA}	0.00 \pm 0.00 ^{cA}
รูปแบบ	ร้อยละการตายหลังใส่ทรายนาน 90 วัน		ร้อยละการตายหลังใส่ทรายนาน 120 วัน	
	กระชังลอยลูกน้ำ	กรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ	กระชังลอยลูกน้ำ	กรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ
1	29.20 \pm 7.12 ^{bB}	99.20 \pm 1.79 ^{bA}	16.00 \pm 5.66 ^{bB}	98.00 \pm 4.47 ^{aA}
2	42.40 \pm 6.69 ^{bB}	95.20 \pm 3.03 ^{bA}	32.00 \pm 8.00 ^{bB}	100.00 \pm 0.00 ^{aA}
3	33.60 \pm 11.87 ^{bB}	95.20 \pm 6.72 ^{bA}	3.20 \pm 5.22 ^{cB}	80.60 \pm 20.34 ^{bA}
4	60.80 \pm 19.06 ^{bB}	99.60 \pm 0.89 ^{aA}	14.60 \pm 9.99 ^{bB}	98.00 \pm 4.47 ^{aA}
5	0.00 \pm 0.00 ^{cA}	0.00 \pm 0.00 ^{bA}	0.00 \pm 0.00 ^{cA}	0.00 \pm 0.00 ^{cA}
รูปแบบ	ร้อยละการตายหลังใส่ทรายนาน 150 วัน		ร้อยละการตายหลังใส่ทรายนาน 180 วัน	
	กระชังลอยลูกน้ำ	กรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ	กระชังลอยลูกน้ำ	กรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ
1	0.00 \pm 0.00 ^{aB}	62.40 \pm 3.58 ^{aA}	0.00 \pm 0.00 ^{aB}	38.00 \pm 2.83 ^{aA}
2	0.00 \pm 0.00 ^{aB}	20.80 \pm 3.63 ^{bA}	0.00 \pm 0.00 ^{aB}	17.20 \pm 4.15 ^{bA}
3	0.00 \pm 0.00 ^{aB}	2.80 \pm 3.35 ^{cA}	0.00 \pm 0.00 ^{aB}	2.40 \pm 1.67 ^{cA}
4	0.00 \pm 0.00 ^{aB}	19.20 \pm 5.76 ^{bA}	0.00 \pm 0.00 ^{aB}	13.60 \pm 6.23 ^{bA}
5	0.00 \pm 0.00 ^{aA}	0.00 \pm 0.00 ^{cA}	0.00 \pm 0.00 ^{aA}	0.00 \pm 0.00 ^{cA}

หมายเหตุ: รูปแบบที่ 1 ทรายที่มีฟอส (ไม่บรรจุของ) 20 กรัม

รูปแบบที่ 2 ทรายที่มีฟอสบรรจุในของไหลขนาด 20 กรัม

รูปแบบที่ 3 ทรายที่มีฟอสบรรจุในของไหลที่อยู่ในห้องตลาดขนาด 20 กรัม

รูปแบบที่ 4 ทรายที่มีฟอสบรรจุในของไหลขนาด 5 กรัม (4 ของ)

รูปแบบที่ 5 ทรายไม่เคลือบที่มีฟอส (ไม่บรรจุของ) 20 กรัม

ในสดมภ์เดียวกันของแต่ละช่วงเวลาทดสอบ ค่าเฉลี่ยตามตัวอักษรพิมพ์เล็กที่เหมือนกันแสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และในแถวเดียวกันตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ที่เหมือนกันระหว่างคู่สดมภ์ที่ 2-3 และ 4-5 แสดงว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการทดสอบหลังใส่ทรายนาน 30 และ 60 วัน ไม่พบความแตกต่างทางสถิติของร้อยละการตายที่ 24 ชั่วโมงของลูกน้ำยุงลายบ้านเมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างรูปแบบทรายที่มีฟอส (ยกเว้นผลต่อลูกน้ำในกรง

ลูกน้ำแบบปล่อยอิสระเมื่อใช้ทรายที่มีฟอสบรรจุในของไหลที่อยู่ในห้องตลาดนาน 60 วัน) และระหว่างอุปกรณ์ทดสอบ โดยมีร้อยละการตายอยู่ระหว่าง 81.00-100.00 แต่ความแตกต่างระหว่างผลทดสอบในอุปกรณ์ทดสอบทั้งสองแบบนี้เริ่มปรากฏเมื่อใส่ทรายนาน 90 วัน เป็นต้นไป โดยร้อยละการตายของลูกน้ำในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระมีค่าสูงกว่าในกระชังลอยลูกน้ำอย่างมีนัยสำคัญ และการตายของลูกน้ำในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระที่ 90 และ 120 วัน มีค่าสูงกว่าร้อยละ 90 (ยกเว้นทรายที่มีฟอสบรรจุในของไหลที่อยู่ในห้องตลาดมีร้อยละ

การตาย 80.60) แต่ที่ 150 และ 180 วัน พบว่าจากการใช้ทรายที่มีฟอสในรูปแบบบรรจุของทำให้ลูกน้ำในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระตายลดลงน้อยกว่าร้อยละ 21 ในขณะที่ทรายที่มีฟอสไม่บรรจุของทำให้ลูกน้ำตายมากกว่ารูปแบบอื่นอย่างมีนัยสำคัญ (ร้อยละ 62.40 และ 38.00 ตามลำดับ) สำหรับร้อยละการตายของลูกน้ำในกระชังลอยลูกน้ำเมื่อทดสอบที่ 90 วัน พบว่ามีค่าน้อยกว่าร้อยละ 61.00 และลดลงจนถึงร้อยละ 0.00 เมื่อทดสอบที่ 150 วัน

จากการนำอุปกรณ์ทดสอบ 2 แบบ คือกระชังลอยลูกน้ำและกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระมาใช้เพื่อเก็บข้อมูลการตายของลูกน้ำในบ่อเลี้ยงปลาในการทดสอบประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ในสภาพจำลองธรรมชาติ จะเห็นได้ว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติของร้อยละการตายของลูกน้ำที่เก็บข้อมูลจากอุปกรณ์ทดสอบทั้งสองแบบ โดยร้อยละการตายในกระชังลอยลูกน้ำมีค่าน้อยกว่าในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระปรากฏในการทดสอบหลังใส่ทรายที่มีฟอสบรรจุในช่องที่ขายอยู่ในท้องตลาดนาน 24 ชั่วโมง ซึ่งมีการตายของลูกน้ำในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระเท่ากับร้อยละ 60.80 และร้อยละ 8.00 สำหรับกระชังลอยลูกน้ำ และเป็นไปในทำนองเดียวกันนี้เมื่อทดสอบหลังการใส่ทรายนาน 90 วันเป็นต้นไป

วิจารณ์

ผลการทดสอบพบว่าคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการทำช่องเพื่อบรรจุทรายที่มีฟอสมีความสำคัญต่อคุณภาพและประสิทธิภาพการปลดปล่อยสารที่มีฟอสผ่านช่องทรายสู่แหล่งน้ำที่อยู่ในภาชนะเพื่อการควบคุมกำจัดลูกน้ำในบ่อเลี้ยงปลาเป็นอย่างมาก จากการศึกษาประสิทธิภาพการปลดปล่อยสารของวัสดุของร่วมกับรูปแบบการเรียงตัวของเส้นใยของช่องแต่ละชนิดพบว่าช่องที่ทำจากวัสดุที่เป็นไนลอนมีการปลดปล่อยสารออกมาภายในระยะเวลา 50 นาที และลักษณะของเส้นใยมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบ มีช่องว่างสม่ำเสมอซึ่งลักษณะดังกล่าวมีความเหมาะสมต่อการนำมาใช้บรรจุทรายที่มีฟอสเพื่อให้สารที่อยู่ภายในสามารถปลดปล่อย

ออกมาได้สม่ำเสมอเทียบเท่าทรายที่มีฟอสที่ไม่ได้บรรจุของ โดยช่องไนลอนผลิตมาจากวัสดุหลัก 2 ชนิดคือโพลีเอไมด์เป็นโพลีเมอร์ที่ทำจากวัสดุสังเคราะห์มีความทนทาน และโพลีเอทิลีนเทเรฟทาเลตซึ่งเป็นโพลีเมอร์อีกชนิดหนึ่งที่พบในขวดพลาสติก การผสมผสานของสองวัสดุนี้ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและความมั่นคงของช่องไนลอน ในขณะเดียวกันก็รับประกันว่าปลอดภัยสำหรับการบริโภค⁽¹²⁾ ด้วยเหตุนี้จึงเป็นผลให้ช่องไนลอนสามารถคงสภาพอยู่ในน้ำได้นานถึง 12 เดือน หรืออาจนานกว่านี้หากขยายระยะเวลาทดสอบนานขึ้น ดังนั้นหากทรายที่มีฟอสที่บรรจุอยู่ในช่องไนลอนหมดประสิทธิภาพก็สามารถเก็บช่องไนลอนออกมาทิ้งได้ง่าย หรือใช้บรรจุทรายที่มีฟอสใหม่เข้าไปแทนทรายที่มีฟอสเดิมและยังสามารถนำช่องไนลอนกลับไปใช้ใหม่ได้หลายครั้ง อีกทั้งการใช้ทรายที่มีฟอสในรูปแบบช่องไนลอนเพื่อกำจัดลูกน้ำในบ่อเลี้ยงปลาในภาชนะเก็บกักน้ำ มีความสะดวกใช้งานง่าย และช่วยลดการสัมผัสสารเคมีโดยตรงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ทรายที่มีฟอสแบบใช้ซ้อนดวงและยังสามารถช่วยลดปริมาณขยะให้น้อยลง ด้วยการนำช่องไนลอนกลับมาใช้ซ้ำ แม้ว่าการใช้ช่องไนลอน จะมีข้อดีดังที่กล่าวมาแต่ก็ยังมีข้อเสียได้แก่กระบวนการผลิตไนลอนมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และไนลอนไม่สามารถย่อยสลายตามธรรมชาติได้ ทำให้คงอยู่ในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน

สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพชีววิเคราะห์ของทรายที่มีฟอส 1% w/w ต่อลูกน้ำในบ่อเลี้ยงปลา พบว่าหลังใส่ทรายในตุ่มน้ำทดสอบนาน 7 วัน ทรายที่มีฟอสที่บรรจุในช่องไนลอนและทรายที่มีฟอสที่ไม่ได้บรรจุในช่องทรายสามารถกำจัดลูกน้ำได้ผลดีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เนื่องจากเส้นใยวัสดุของช่องไนลอนมีการเรียงตัวอย่างเป็นระเบียบและมีช่องว่างสม่ำเสมอจึงทำให้สารที่มีฟอสที่เคลือบอยู่บนเม็ดทรายถูกละลายและซึมผ่านช่องไนลอนออกมากระจายไปทั่วตุ่มทดสอบและออกฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำ ในขณะที่ทรายที่มีฟอสบรรจุของที่วางขายอยู่ในท้องตลาดทำให้มีร้อยละการตายของลูกน้ำน้อยหลังใส่ทรายนาน

24 ชั่วโมง และนาน 7 วัน เมื่อเทียบกับของไหลอ่อน พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าของบรรจุทรายที่วางขายอยู่ในท้องตลาดสามารถปลดปล่อยสารที่มีฟอสได้ช้ากว่าของไหลอ่อน อาจเนื่องมาจากวัสดุที่ใช้ทำของทรายมีความหนา ขนาดรูพรุน ไม่เหมาะสมต่อการซึมผ่านของสารที่มีฟอสออกมานอกของทราย ดังนั้นโครงสร้างรูพรุนและลักษณะรูพรุนของวัสดุของทรายมีผลต่อการแพร่ผ่าน (Diffusion) ของสารที่มีฟอส⁽¹³⁾

สำหรับผลการทดสอบระหว่างกระชังลอยลูกน้ำกับกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระพบว่าร้อยละการตายของลูกน้ำหลังการใส่ทรายนาน 90 วัน มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยกระชังลอยลูกน้ำพับลูกน้ำตายน้อยกว่ากรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระ และที่ระยะเวลาใส่ทรายนาน 150 วัน และ 180 วัน กระชังลอยลูกน้ำมีร้อยละการตายของลูกน้ำเท่ากับ 0 ซึ่งอาจเกิดจากการทดสอบฤทธิ์ตกค้างจะมีการถ่ายน้ำออกและเติมน้ำใหม่เข้าไปแทนร้อยละ 20 ของปริมาตรน้ำในตุ่มทุกสัปดาห์ ละ 2 ครั้ง ดังนั้นเมื่อเวลาผ่านไปสารที่มีฟอสที่เคลือบบนทรายเหลือไม่มากพอที่จะแพร่ขึ้นมาได้ถึงส่วนผิวหน้าของตุ่มทดสอบ การทดสอบลูกน้ำในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระที่ลูกน้ำสามารถเคลื่อนที่จากผิวน้ำลงสู่บริเวณด้านล่างของตุ่มทดสอบจึงเป็นการเพิ่มโอกาสให้ลูกน้ำได้รับสารที่มีฟอสที่คงเหลืออยู่บริเวณด้านล่างของตุ่มทดสอบ จึงยังพบการตายของลูกน้ำในกรงลูกน้ำแบบปล่อยอิสระในทุกช่วงเวลาการทดสอบ

ผลจากการศึกษาวัสดุทดสอบที่ทำของใส่ทรายที่มีฟอสในครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าของไหลอ่อนมีคุณสมบัติเหมาะสมที่สุดสำหรับใช้บรรจุทรายที่มีฟอสเพื่อใช้ควบคุมกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้านในภาชนะเก็บกักน้ำ เนื่องจากสามารถปลดปล่อยสารที่มีฟอสผ่านของทรายได้อย่างสม่ำเสมอโดยมีฤทธิ์ตกค้างได้นาน 90-120 วัน จากการศึกษายังพบว่าทรายที่มีฟอสในของไหลอ่อนมี

ประสิทธิภาพดีในการกำจัดลูกน้ำไม่แตกต่างจากทรายที่มีฟอสที่ไม่ได้บรรจุในของทราย แสดงว่าของไหลอ่อนไม่ได้เป็นอุปสรรคกีดขวางการซึมผ่านของสารที่มีฟอสหรือลดประสิทธิภาพของทรายที่มีฟอสในการกำจัดลูกน้ำ

ข้อเสนอแนะ
การศึกษาวิจัยนี้เป็นการศึกษาในรูปแบบจำลองธรรมชาติ จึงยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง ดังนั้นควรมีการนำทรายที่มีฟอสในของไหลอ่อนไปศึกษาวิจัยเพิ่มเติมในลักษณะที่นำไปใช้งานจริงในภาคสนามเพื่อยืนยันผลการทดสอบจากห้องปฏิบัติการและสภาพจำลองธรรมชาติ

อย่างไรก็ตามการใช้ทรายที่มีฟอสควบคุมลูกน้ำยุงลายไม่ควรใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลานาน เพราะอาจส่งผลให้ลูกน้ำยุงลายพัฒนาสร้างความต้านทานต่อสารที่มีฟอส Saeung M และคณะ⁽¹⁴⁾ ได้รวบรวมข้อมูลจากบทความตีพิมพ์ระหว่างปี พ.ศ. 2542 และ 2562 พบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่ศึกษา 73 พื้นที่จากทั้งหมด 206 พื้นที่ในประเทศไทยมีความต้านทานต่อสารที่มีฟอส และงานวิจัยของ Makruen T และคณะ⁽¹⁵⁾ พบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านจากจังหวัดจันทบุรี มหาสารคาม พิษณุโลก ตราด และลำพูน มีความต้านทานต่อสารที่มีฟอส ดังนั้น ควรมีการหมุนเวียนใช้สารกลุ่มอื่นในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านเพื่อชะลอการสร้างความต้านทานต่อสารที่มีฟอส เช่น แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) สารควบคุมการเจริญเติบโตของแมลง (Insect Growth Regulator: IGR) เป็นต้น อาจใช้การควบคุมด้วยวิธีอื่นร่วมด้วย เช่น ใช้ปลาหางนกยูง หรือใช้ลูกน้ำยุงยักษ์กินลูกน้ำภาชนะน้ำเก็บน้ำ^(16,17) มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมทั้งภายในและนอกบ้านไม่ให้เป็นที่หลบพำนักของยุงลายตามมาตรการสำคัญของกรมควบคุมโรค คือ มาตรการ 5 ป 1 ข (ปิด เปลี่ยน ปล่อย ปรับ ปฏิบัติเป็นนิสัย และขัดไข่อยุงลายในภาชนะที่มีน้ำขัง) และ 3 เก็บ ป้องกัน 3 โรค (เก็บบ้าน เก็บน้ำ และเก็บขยะ)⁽¹⁸⁾

เอกสารอ้างอิง

- Hospital for Tropical Diseases. Dengue fever patients 2019 - 2023 [Internet]. 2023 [cited 2023 Jun 3]. Available from: <https://www.tropmedhospital.com/knowledge/54126.html> (in Thai)
- Wilkerson RC, Linton YM, Fonseca DM, Schultz TR, Price DC, Strickman DA. Making mosquito taxonomy useful: a stable classification of tribe Aedini that balances utility with current knowledge of evolutionary relationships. *PLoS One*. 2015;10(7):1-26. doi: 10.1371/journal.pone.0133602
- Kraemer MU, Sinka ME, Duda KA, Mylne AQ, Shearer FM, Barker CM, et al. The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *Elife* [Internet]. 2015 [cited 2023 May 10];4:1-8. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26126267>.
- Schaffner F, Mathis A. Dengue and dengue vectors in the WHO European region: past, present, and scenarios for the future. *Lancet Infect Dis*. 2014;14:1271-1280. doi: 10.1016/S1473-3099(14)70834-5
- Bureau of Vector Borne Diseases. Evaluation project of Thailand's dengue fever surveillance, prevention, and control program: annual report from Bureau of Vector Borne Diseases 2017. [Internet]. 2017 [cited 2023 Jun 11]. Available from: <https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor/6f4922f45568161a8cdf4ad2299f6d23/files/Report/Annual%20Report/2560.pdf> (in Thai)
- Paeporn P, Sathantriphop S, Sripho W, Ya-umphan P, Vivon M, Nilmanee L. Laboratory and field evaluation on the efficacy of temephos for larval control of insecticide resistant strains of the dengue vector *Aedes aegypti* L. *Diseases Control Journal*. 2021 [cited 2023 Jun 11] 47(1):734-45 Available from: <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/DCJ/article/view/246478/170375> (in Thai)
- The Council of State. Hazardous Substance Act B.E.1992. Thai government gazette. 1992;109:1-17. (in Thai)
- Pharma Chemicals. How to make "abate" [Internet]. 2019 [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.framacm.com>. (in Thai)
- World Health Organization. Guidelines for laboratory and field testing of mosquito larvicides. Geneva: World Health Organization; 2005. [cited 2022 Aug 15]. Available from: <https://www.who.int/publications/i/item/WHO-CDS-WHOPES-GCDPP-2005.13>
- Bang YH, Tonn RJ. Evaluation of 1% abate (OMS - 768) sand granules for the control of *Aedes aegypti* larvae in portable water. *Bull World Health Organ*. 1969;121:1-10.
- Abbott WS. A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol*. 1925;18(2):265-7.
- Hangzhou Longhuida New Materials Co.,Ltd. Revealing the composition of nylon tea bags: what are they made of? [Internet]. 2023 [cited 2024 May 10]. Available from: <https://www.th.teabagpacking.com/info/revealing-the-composition-of-nylon-tea-bags-w-88932474.html>
- Jha DK, Dhekne PP, Patwardhan AW. Characterization and evaluation of tea bag papers. *J Food Sci Technol* [Internet]. 2020 [cited 2023 May 10]. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32624608>

14. Saeung M, Ngoen-Klan R, Thanispong K, Muenworn V, Bangs MJ, Chareonviriyaphap T. Susceptibility of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae) to temephos in Thailand and surrounding countries. *J Med Entomol.* 2020;57(4):1207-20. doi: 10.1093/jme/tjaa035
15. Makruen T, Krutbut J, Khamsawads C, Chompoosri J, Rojanawiwat A. Resistance status to insecticide temephos in *Aedes aegypti* larvae from dengue risk areas in Thailand. *Journal of the Office of Disease Prevention and Control 9 Nakhon Ratchasima.* 2025 [cited 2025 Jan 8];31(1):18-29. Available from: <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ODPC9/article/view/263703> (in Thai)
16. Ya-ooup K, Kulhong B, Soonchan P. Efficacy of fishes for control *Aedes aegypti* larvae. *Journal of the Office of Disease Prevention and Control 7 Khon Kaen.* 2015 [cited 2024 Jun 17];22(1):49-55. Available from: <https://he01.tci-thaijo.org/index.php/jdpc7kk/article/view/164459/119215> (in Thai)
17. 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. doi: 10.1016/j.biocontrol.2019.104009
18. Tepnow W, Chaona N, Rithjeen D, Parnkrow S. Susceptibility to temephos, alphacypermethrin, deltamethrin, lambda-cyhalothrin and cypermethrin to *Aedes aegypti* in Buriram Province. *Journal of the Office of Disease Prevention and Control 9 Nakhon Ratchasima.* 2018 [cited 2024 Jun 3];24(2):17-25. Available from: <https://he02.tci-thaijo.org/index.php/ODPC9/article/view/188230/147484> (in Thai)