



มหาวิทยาลัยหาดใหญ่
HATYAI UNIVERSITY

การดื้อต่อเคมีฟอสของลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) จากพื้นที่จังหวัดสระบุรี ระหว่างการรายงานผู้ป่วยไข้เลือดออก

Temephos Resistance in *Aedes aegypti* Larvae from Saraburi Province During Dengue Fever Outbreaks

ธนรัตน์ ชิวเรืองโรจน์^{1*}, ทวี สายวิชัย², วณฤทธิ์ จิตสมัย³, ธันวดี คล่องแคล่ว⁴, ธนวัฒน์ ชัยพงศ์พัชรา⁵
และเศรษฐพงศ์ เหล่าจันทร์⁶

Thanarat Shevaruangroj^{1*}, Tawee Saiwichai², Wanarit Jitsamai³, Tunwadee Klongklaew⁴,
Tanawat Chaiphongpachara⁵ and Sedthapong Laojun⁶

¹ นักศึกษาระดับปริญญาโท, หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาโรคติดต่อและวิทยาการระบาดทางการแพทย์ สาธารณสุข, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยมหิดล

¹ Graduate student, Master of Science Program in Public Health Infectious Diseases and Epidemiology, Faculty of Graduate Studies, Mahidol University

^{2,4} ผู้ช่วยศาสตราจารย์, ภาควิชาปรสิตวิทยาและกีฏวิทยา, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล

^{2,4} Assistant Professor, Department of Parasitology and Entomology, Faculty of Public Health, Mahidol University

³ อาจารย์, ภาควิชาปรสิตวิทยาและกีฏวิทยา, คณะสาธารณสุขศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล

³ Lecturer, Department of Parasitology and Entomology, Faculty of Public Health, Mahidol University

⁵ รองศาสตราจารย์, สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์และการส่งเสริมสุขภาพ, วิทยาลัยสหเวชศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

⁵ Associate Professor, Department of Public Health and Health Promotion, College of Allied Health Sciences, Suan Sunandha Rajabhat University

⁶ อาจารย์, สาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์และการส่งเสริมสุขภาพ, วิทยาลัยสหเวชศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

⁶ Lecturer, Department of Public Health and Health Promotion, College of Allied Health Sciences, Suan Sunandha Rajabhat University

*Corresponding author E-mail: tawee.sai@mahidol.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันการควบคุมพาหะนำโรคไข้เลือดออกทำได้โดยการควบคุมลูกน้ำยุงลาย โดยการใช้ทรายอะเบทเคลือบเคมีฟอส อย่างไรก็ตาม การใช้สารเคมีเป็นเวลานานทำให้เกิดความต้านทานต่อสารเคมีในพาหะนำโรค การศึกษาเชิงทดลองนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินการดื้อต่อเคมีฟอสของลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) ที่เก็บมาจากจังหวัดสระบุรี ในช่วงที่มีการรายงานผู้ป่วยไข้เลือดออกเปรียบเทียบกับลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ ลูกน้ำยุงลายบ้าน ระยะที่ 3 ถึงระยะที่ 4 จำนวน



พื้นที่ละ 600 ตัว และทดสอบกับสารเคมีฟอส ๓ ความเข้มข้นที่ 0.001, 0.01, 0.10, และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ในปริมาตร 300 มิลลิลิตร บันทึกผลการตาย ณ ชั่วโมงที่ 6, 12, 24, 48, 72, 96 และ 120 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติเชิงพรรณนา เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation; S.D.) และ ค่าความต้านทาน (Resistance ratio; RR) และสถิติ Probit Analysis ในการวิเคราะห์ค่า (lethal Concentration; LC) ผลการศึกษาพบว่าค่า LC_{50} และ LC_{90} ณ ชั่วโมงที่ 120 ของยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ คือ 0.023 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.069 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ในส่วนของยุงลายบ้านจากจังหวัดสระบุรี มีค่า LC_{50} และ LC_{90} ณ ชั่วโมงที่ 120 คือ 0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร และ 0.059 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าลูกน้ำยุงลายบ้านที่เก็บมาจากพื้นที่ในจังหวัดสระบุรีที่มีรายงานผู้ป่วยใช้เลือดออกติดต่อในระดับต่ำสารเคมีฟอสเมื่อเทียบกับสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ อย่างไรก็ตาม เจ้าหน้าที่ควรเฝ้าระวังการติดต่อสารเคมีฟอสในลูกน้ำยุงลายอย่างต่อเนื่องเพื่อการควบคุมลูกน้ำยุงลายอย่างมีประสิทธิภาพ

คำสำคัญ: การดื้อเคมีฟอส, LC_{50} , ใช้เลือดออก, ยุงลายบ้าน, การสอบวิเคราะห์โดยชีววิธี

Abstract

At present, dengue fever is primarily controlled by managing vector-borne transmission especially eliminating larvae using abate. However, repeated use of these chemicals may lead to resistance in mosquito populations. This experimental study aimed to evaluate the efficacy of temephos on mortality of *Aedes aegypti* larvae which were collected from Saraburi province during the period of dengue case report compared with laboratory strain. The 600 of 3rd to 4th instars from each strain were exposed to 0.001, 0.01, 0.10, and 1 mg/L of temephos in the total volume of 300 mL. The mortality was observed at 6, 12, 24, 48, 72, 96 and, 120 hours. Descriptive analysis was used to calculate percentage, mean, standard deviation (S.D.), and resistance ratio (RR). The Probit Analysis was used to determine lethal concentration (LC). The study result found that LC_{50} and LC_{90} in laboratory strain of *Aedes aegypti* were 0.023 mg/L and 0.069 mg/L respectively, while that of Saraburi strain were 0.032 mg/L and 0.059 mg/L, respectively. The study found that larvae collected from Saraburi province showed low resistance to temephos. Relevant authority should regularly monitor the resistance status of *Aedes* spp. larvae to ensure the efficiency of control program.

Keywords: Temephos Resistance, LC_{50} , Dengue fever, *Aedes aegypti*, Bioassay



บทนำ

โรคไข้เลือดออกเป็นปัญหาด้านสาธารณสุขที่สำคัญของประเทศไทย ซึ่งส่งผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนและระบบเศรษฐกิจ (Jung-Seok Lee, et al., 2017) ในปี พ.ศ. 2566 มีผู้ป่วยไข้เลือดออกสะสม จำนวน 126,731 ราย (กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง, 2566) และเมื่อเปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2565 มีผู้ป่วยไข้เลือดออกสะสม จำนวน 32,460 ราย (กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง, 2565) จำนวนผู้ป่วยจากไข้เลือดออก ในปี 2566 เพิ่มขึ้นมากกว่าหนึ่งแสนราย จากปี 2565 จะเห็นได้ว่าและในปีเดียวกัน จังหวัดสระบุรีมีผู้ป่วยโรคไข้เลือดออก จำนวน 198 ราย และ 1,345 ราย ตามลำดับ (กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง, 2566)

พาหะนำโรคไข้เลือดออกที่สำคัญในประเทศไทย มีสองชนิด ได้แก่ ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) และยุงลายสวน (*Aedes albopictus*) โดยยุงลายบ้านเป็นพาหะหลัก (primary vector) (ธีรภาพ เจริญวิริยภาพ, ชำนาญ อภิวัฒน์ และ คณัจกรีย์ ธานิสพงศ์, 2558) การแพร่กระจายของโรคไข้เลือดออกเกิดจากยุงลายบ้านตัวเมียที่เป็นพาหะนำโรค เมื่อยุงดูดเลือดผู้ที่มีเชื้อไวรัสเดงกี เชื้อไวรัสจะเข้าสู่กระเพาะยุงและเพิ่มจำนวน และเคลื่อนตัวไปยังต่อมน้ำลาย เมื่อยุงตัวเดิมไปกัดผู้อื่น ไวรัสจะถูกถ่ายทอดสู่คนต่อไป ความเสี่ยงของโรคนี้เพิ่มขึ้นเนื่องจากยุงลายบ้านมีแหล่งเพาะพันธุ์ที่ใกล้ชิดกับมนุษย์ เช่น โถงน้ำใช้ แจกัน ยางรถยนต์เก่า หรือแม้แต่เศษขยะที่มีน้ำขังเล็กน้อย ปัจจุบันยังไม่มียารักษาเฉพาะสำหรับโรคไข้เลือดออกทำได้เพียงการรักษาแบบประคับประคองตามอาการเท่านั้น ดังนั้น (กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง, 2558) การลดจำนวนผู้ป่วยไข้เลือดออกที่ได้ผลดีที่สุดคือการควบคุมพาหะนำโรค (ไสว โพธิมล และปรีชา เศษสมบูรณ์, 2559)

การควบคุมพาหะนำโรคไข้เลือดออก แบ่งได้เป็นการควบคุมทางกายภาพ การควบคุมทางชีวภาพ และการควบคุมทางเคมี (กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง, 2564) วิธีการควบคุมทางเคมีเป็นวิธีการที่สามารถควบคุมลูกน้ำยุงลายและยุงตัวเต็มวัยได้อย่างรวดเร็ว ปัจจุบันสารเคมีที่นิยมใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายคือเทมโฟส ในรูปแบบทรายอะเบท เทมโฟสเป็นสารเคมีกำจัดแมลงกลุ่มออร์กาโนฟอสฟอรัส มีความเป็นพิษต่อคนและสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ (กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง, 2564) เทมโฟสเป็นสารพิษต่อระบบประสาท ทำหน้าที่โดยยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ Acetylcholinesterase ที่รอยต่อประสาท (Synaptic Cleft) ทำให้เอนไซม์ไม่สามารถย่อยสารสื่อประสาทอะเซทิลโคลีน ดังนั้น จึงเกิดการสะสมของอะเซทิลโคลีนที่รอยต่อประสาท เกิดการกระตุ้นประสาท จนทำให้ชัก อัมพาต และตายในที่สุด (Adrianto, Subekti & Arwati, 2023)

ประเทศไทยได้นำสารเทมโฟสมาใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายตั้งแต่ปี พ.ศ. 2515 (ไสว โพธิมล และ ปรีชา เศษสมบูรณ์, 2559) ทั้งนี้ การใช้สารเคมีชนิดเดียวกันอย่างต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานทำให้ยุงพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมี (Dusfour & Chaney, 2022; Moyes CL, 2017) และส่งผลให้ประสิทธิภาพในการควบคุมพาหะนำโรคลดลง ผลการศึกษาในประเทศไทยสอดคล้องกับข้อสังเกตนี้ โดยพบว่าการใช้เทมโฟสไม่สามารถลดจำนวนลูกน้ำยุงลายได้อย่างมีประสิทธิภาพ สะท้อนจากอัตราการตายของลูกน้ำยุงลายระหว่าง 0% ถึง 90% ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่คาดหวังที่ร้อยละ 98 ขึ้นไป



(พรรณเกษม แผ่พร, สุนัยนา สท้านไตรภพ, วิสาข์ชนม์ ศรีโพธิ์, ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์, เมณะกา วิวน และ ละเวง นิลมณี, 2564; สุพรรณ สายหลักคำ, เจริญศักดิ์ แก้วหานาม, พรพิมล ชันภักดี และ ศิริรัตน์ รักน้ำ เทียง, 2559)

การศึกษาความต้านทานต่อเห็บฟอสในพื้นที่ระบาดของลูกน้ำยุงลายในประเทศมาเลเซียแสดงผลที่แตกต่างออกไป โดยพบว่าเห็บฟอสยังคงสามารถควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ในระดับที่คาดหวัง (Mohiddin, Lasim, & Zuharah, 2015) (Leong, Vythilingam, Wong, Sulaiman, & Lau, 2018) แม้ว่าประเทศมาเลเซียจะยังใช้เห็บฟอสได้ผล แต่ด้วยบริบทที่แตกต่างกับประเทศไทย การศึกษานี้จึงมุ่งเน้นเพื่อศึกษาการดื้อของลูกน้ำยุงลายบ้านในพื้นที่จังหวัดสระบุรี เปรียบเทียบกับลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ เพื่อนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในการพัฒนาแนวทางการควบคุมพาหะนำโรคที่มีประสิทธิภาพต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

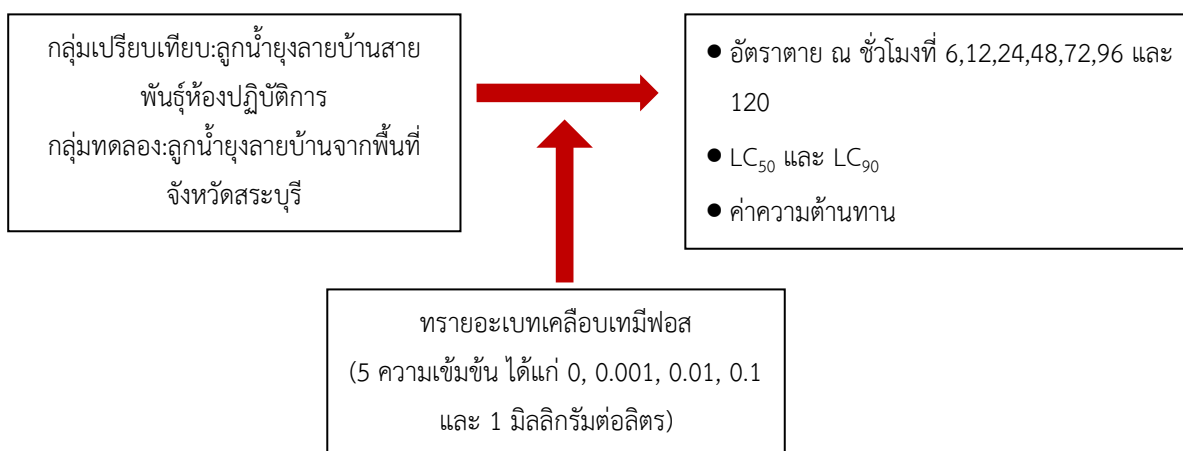
วัตถุประสงค์ทั่วไป

เพื่อศึกษาการดื้อต่อเห็บฟอสของลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่ที่มีการรายงานของผู้ป่วยไข้เลือดออกในพื้นที่จังหวัดสระบุรีเปรียบเทียบกับยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ

วัตถุประสงค์เฉพาะ

1. เพื่อศึกษาอัตราการตายของลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่
2. เพื่อศึกษาความเข้มข้นของสารเคมีที่ทำให้ลูกน้ำยุงลาย ร้อยละ 50 (LC₅₀) และร้อยละ 90 (LC₉₀) ของลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่ ตายลง
3. เพื่อศึกษาค่าความต้านทานของลูกน้ำยุงลายบ้านพันธุ์ห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด



ผู้วิจัยอาศัยกรอบแนวคิดนี้ ในการศึกษาอัตราตาย ณ ชั่วโมงต่าง ๆ ค่า lethal Concentration 50 และ ค่า lethal Concentration 90 ของลูกน้ำยุงลายบ้าน โดยการใช้ทรายอะเบทเคลือบเคมีฟอส ทั้ง 5 ความเข้มข้น มีกลุ่มทดลอง คือ ลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่จังหวัดสระบุรี กลุ่มเปรียบเทียบ คือ ลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ Thongwat & Bunchu (2015)

วิธีดำเนินการวิจัย

รูปแบบการวิจัยและประชากรและตัวอย่าง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองในห้องปฏิบัติการ (Experimental Study) โดยกลุ่มประชากร ที่ศึกษา คือ ลูกน้ำยุงลายบ้าน ระยะที่ 3 ตอนปลาย หรือ ระยะที่ 4 ตอนต้น ที่ได้จากสถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์ สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ (กลุ่มไม่เคยสัมผัสสารพิษ) ซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีความไวต่อสารเคมี เป็นกลุ่มเปรียบเทียบ และลูกน้ำยุงลายบ้านที่เก็บจากพื้นที่จังหวัดสระบุรีระหว่างช่วงที่มีรายงานผู้ป่วยโรค ไข้เลือดออก เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน กลุ่มละ 600 ตัว ทุกขั้นตอนของการวิจัยได้ผ่านการรับรองมาตรฐาน ความปลอดภัยทางชีวภาพ จากคณะกรรมการควบคุมความปลอดภัยทางชีวภาพ คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (หนังสือรับรองเลขที่ FPH-BS 011-2024) และได้รับการรับรองจริยธรรมการวิจัยใน สัตว์ทดลองจากคณะกรรมการกำกับดูแลการดำเนินงานต่อสัตว์เพื่องานทางวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล (หนังสือรับรองเลขที่ MU-IACUC 2025/002)

การเพาะเลี้ยงยุง

การเลี้ยงยุงดำเนินการในห้องปฏิบัติการกีฏวิทยา ภาควิชาปรสิตวิทยาและกีฏวิทยา คณะสาธารณสุข ศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ภายใต้อุณหภูมิ 25 ± 3 องศาเซลเซียส แสงสว่าง 12 : 12 ชั่วโมง (สว่าง : มืด) และ ความชื้นสัมพัทธ์ที่ $70 \pm 20\%$ โดยทำการฟักไข่ของยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) ในถาดพลาสติกที่เติมน้ำ ปราศจากคลอรีนจนถึงปริมาตรสามในสี่ส่วนของถาด ปิดถาดเลี้ยงด้านบนด้วยตาข่ายละเอียด เลี้ยงลูกน้ำ ยุงลายด้วยอาหารปลา ทำการแบ่งลูกน้ำยุงลายออกไปเลี้ยงในถาดอื่นเพิ่มเติมเพื่อป้องกันความแออัด เมื่อลูกน้ำยุงลายพัฒนาเป็นระยะตัวมด (pupa) ทำการดูดด้วย Dropper ใส่ถ้วยพลาสติกและย้ายเข้ากรง เพาะเลี้ยงขนาด $30 \times 30 \times 30$ (กว้าง x ยาว x สูง) เซนติเมตร เมื่อมีการพัฒนาเป็นยุงลายตัวเต็มวัย ทำการเลี้ยง ด้วยสารละลายซูโครส 10% เป็นเวลา 5-7 วัน จากนั้นทำการให้เลือดผ่านอุปกรณ์ให้เลือด ระบบให้อาหาร ด้วยเมมเบรน (Membrane Feeding Apparatus) หลังจากการดูดเลือด ทำการเลี้ยงยุงลายด้วยสารละลาย ซูโครส 10% ที่ซุบในก้านสำลี (สำลีพันหลอดดูดน้ำ) ใส่กระดาด مخروطหล่อน้ำในถ้วยวางไข่ใส่ไว้ในกรง ทำการเก็บไข่ทุกวันโดยเก็บกระดาดกรงที่ยุงลายวางไข่ ผึ่งอากาศให้แห้งเป็นเวลา 2 วัน เก็บในถุงซิปล็อค 2 ชั้น เขียนฉลากกำกับ เก็บในตู้เย็น ก่อนนำออกมาใช้ในขั้นตอนการทดลอง

การเตรียมตัวอย่างลูกน้ำยุงลายเพื่อการทดลอง

ทำการเก็บลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่ หมู่ที่ 5 ตำบลทับกวาง อำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี โดยผู้วิจัยและอาสาสมัครชุมชน โดยการใช้กระชอนตักปลา ตักลูกน้ำจากแหล่งเพาะพันธุ์ เช่น อ่างน้ำใช้



หรือเทลูกน้ำจากภาชนะลงในขวดพลาสติกโดยใช้กรวย ทำการเก็บลูกน้ำยุงลายบ้านในตอนกลางวัน ลูกน้ำยุงลายบ้านที่เก็บ (F0) ได้ถูกนำมาเพาะเลี้ยงในห้องปฏิบัติการกีฏวิทยา ภาควิชาปรสิตวิทยาและกีฏวิทยา คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ตามวิธีการข้างต้นที่กล่าวมาแล้ว จนได้ลูกน้ำยุงลายบ้านรุ่นที่ 3 จึงใช้ในการทดลอง

ทำการฟักไข่ยุงลายบ้านทั้งสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่จังหวัดสระบุรี เลี้ยงจนเจริญเป็นลูกน้ำยุงลายระยะที่ 3 ตอนปลาย - 4 ตอนต้น เตรียมลูกน้ำยุงลายโดยดูดด้วย Dropper ใส่ในถ้วยพลาสติกจำนวน 30 ตัวต่อถ้วย จึงนำไปใช้ในการทดสอบต่อไป

การสอบวิเคราะห์โดยชีววิธี (Bioassay)

สารเคมีที่ใช้ คือ ทราบอะเบทเคลือบเทมโฟส (เทมการ์ด 1% เอสจี, บริษัท ลัดดา จำกัด) ความเข้มข้น 1% W/W เตรียมสารละลายเทมโฟสความเข้มข้นที่ 0.001, 0.01, 0.10, และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรที่ใช้เพื่อทดสอบคือ 300 มิลลิลิตร

ลูกน้ำยุงลายบ้านระยะที่ 3 ตอนปลาย - ระยะที่ 4 ตอนต้น ที่ได้เตรียมไว้แล้วตั้งขึ้นตอนข้างต้น ทั้งสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่จังหวัดสระบุรีถูกแบ่งออกเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 30 ตัว ได้แก่ กลุ่มที่ 1 กลุ่มควบคุม-ไม่มีเทมโฟส, กลุ่มที่ 2-5 มีสารละลายเทมโฟสความเข้มข้น 0.001, 0.01, 0.10 และ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ใส่ลูกน้ำยุงลาย จำนวน 30 ตัวต่อกลุ่ม ลงในสารละลาย 5 กลุ่มที่เตรียมไว้ ทำการทดลองซ้ำทั้งหมด 4 ครั้ง บันทึกจำนวนลูกน้ำยุงลายบ้านที่ตาย ณ ชั่วโมง ที่ 6, 12, 24, 48, 72, 96 และ 120 ภายหลังการทดลอง โดยสูตรคำนวณอัตราตายเป็น ดังนี้

$$\text{อัตราตาย} = (\text{จำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตาย} / \text{จำนวนลูกน้ำยุงลายทั้งหมดที่ทดสอบ}) \times 100$$

กรณีอัตราตายของลูกน้ำยุงลายกลุ่มควบคุมอยู่ระหว่างร้อยละ 5 - 20 ใช้สูตร Abbott เพื่อใช้ผลของการศึกษานี้ (World Health Organization, 2016) หากอัตราตายของลูกน้ำยุงลายกลุ่มควบคุมมากกว่าร้อยละ 20 ให้ทำการทดลองใหม่ (พรรณเกษม แม่พร, สุนัยนา สท้านไตรภพ, วิสาขชนม์ ศรีโพธิ์, ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์, เมณะกา วีน และ ละเวง นิลมณี, 2564)

ค่าความต้านทานต่อสาร (Resistance Ratio) ในการศึกษาครั้งนี้ คือ

$$\text{ค่าความต้านทานต่อสาร} = \frac{\text{Lethal Concentration ของลูกน้ำยุงลายจากพื้นที่}}{\text{Lethal Concentration ของลูกน้ำยุงลายสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ}}$$

การวิเคราะห์ผล

การวิเคราะห์ด้วยสถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) โดยใช้ ค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เพื่อใช้ประมาณค่าอัตราตายของลูกน้ำยุงลายบ้าน และความต้านทานต่อสาร (Resistance Ratio) การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติ Probit Analysis เพื่ออธิบายค่า lethal Concentration 50 (LC₅₀) และ lethal Concentration 90 (LC₉₀)

ระดับความต้านทาน ตามองค์การอนามัยโลก ค.ศ. 2016 สามารถแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่



- ระดับความต้านทาน น้อยกว่า 5 เท่า หมายถึง มีความต้านทานต่อสารเคมีในระดับต่ำ
- ระดับความต้านทาน เท่ากับ 5-10 เท่า หมายถึง มีความต้านทานต่อสารเคมีในระดับปานกลาง
- ระดับความต้านทาน มากกว่า 10 เท่า หมายถึง มีความต้านทานต่อสารเคมีในระดับสูง

ผลการวิจัย

อัตราการตายของลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ

ลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการในกลุ่มควบคุม ไม่พบการตาย ความเข้มข้นที่ 0.001 มิลลิกรัมต่อลิตร พบลูกน้ำยุงลายเริ่มตายที่ชั่วโมงที่ 96 ความเข้มข้นที่ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร พบลูกน้ำยุงลายบ้านเริ่มตายชั่วโมงที่ 48 ความเข้มข้นที่ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เริ่มตายชั่วโมงที่ 6 และตายทั้งหมดชั่วโมงที่ 12 เป็นต้นไป และความเข้มข้นที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร พบตายทั้งหมดตั้งแต่ชั่วโมงที่ 6 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราตาย (ร้อยละ) ของลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ (จำนวน 600 ตัว)

ชั่วโมงที่	อัตราการตาย (ร้อยละ)				
	กลุ่มควบคุม	0.001 mg/L	0.01 mg/L	0.1 mg/L	1 mg/L
	(30 ตัว/ซ้ำ)	(30 ตัว/ซ้ำ)	(30 ตัว/ซ้ำ)	(30 ตัว/ซ้ำ)	(30 ตัว/ซ้ำ)
	(mean±S.D.)	(mean±S.D.)	(mean±S.D.)	(mean±S.D.)	(mean±S.D.)
6	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	96.67±6.67	100.00±0.00
12	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
24	0.00±0.00	0.00±0.00	0.00±0.00	100.00±0.00	100.00±0.00
48	0.00±0.00	0.00±0.00	2.50±2.98	100.00±0.00	100.00±0.00
72	0.00±0.00	0.00±0.00	3.33±3.65	100.00±0.00	100.00±0.00
96	0.00±0.00	1.67±3.33	3.33±3.65	100.00±0.00	100.00±0.00
120	0.00±0.00	2.50±3.19	5.83±3.80	100.00±0.00	100.00±0.00

อัตราการตายของลูกน้ำยุงลายบ้านจากจังหวัดสระบุรี

ลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่ กลุ่มควบคุม กลุ่มความเข้มข้นที่ 0.001 และ 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่พบการตาย ความเข้มข้นที่ 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เริ่มพบการตายชั่วโมงที่ 6 และตายทั้งหมดชั่วโมงที่ 96 ความเข้มข้นที่ 1 มิลลิกรัมต่อลิตร เริ่มตายชั่วโมงที่ 6 และชั่วโมงที่ 12 เป็นต้นไป ตายหมด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 อัตราตาย ($\bar{x} \pm S.D.$) ของลูกน้ำยุงลายบ้านจากจังหวัดสระบุรี ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ (จำนวน 600 ตัว)

ชั่วโมงที่	ความเข้มข้น				
	กลุ่มควบคุม	0.001 mg/L	0.02 mg/L	0.1 mg/L	1 mg/L
	(30 ตัว/ซ้ำ)	(30 ตัว/ซ้ำ)	(30 ตัว/ซ้ำ)	(30 ตัว/ซ้ำ)	(30 ตัว/ซ้ำ)
	(mean $\pm$ S.D.)	(mean $\pm$ S.D.)	(mean $\pm$ S.D.)	(mean $\pm$ S.D.)	(mean $\pm$ S.D.)
6	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	80.00 $\pm$ 5.44	95.00 $\pm$ 4.30
12	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	86.67 $\pm$ 3.85	100.00 $\pm$ 0.00
24	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	95.00 $\pm$ 4.30	100.00 $\pm$ 0.00
48	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	95.83 $\pm$ 5.00	100.00 $\pm$ 0.00
72	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	97.50 $\pm$ 3.19	100.00 $\pm$ 0.00
96	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	100.00 $\pm$ 0.00	100.00 $\pm$ 0.00
120	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	0.00 $\pm$ 0.00	100.00 $\pm$ 0.00	100.00 $\pm$ 0.00

ค่าความเข้มข้นของสารเคมีฟอสที่เป็เหตุทำให้ลูกน้ำยุงลายบ้านร้อยละ 50, 90 ตายลง (LC₅₀, LC₉₀)

ลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ ค่า LC₅₀ ที่ 6 ชั่วโมง เท่ากับ 0.037 มิลลิกรัมต่อลิตร และลดลงมีค่าเท่ากับ 0.023 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ 120 ชั่วโมง ค่า LC₉₀ ชั่วโมงที่ 6 เท่ากับ 0.071 มิลลิกรัมต่อลิตร และลดลงจนเท่ากับ 0.054 มิลลิกรัมต่อลิตร ชั่วโมงที่ 72 และเพิ่มขึ้นจนเท่ากับ 0.069 มิลลิกรัมต่อลิตร ชั่วโมงที่ 120 ค่า R² อยู่ระหว่าง 0.46 ถึง 0.49 (p<0.001)

ลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่ ค่า LC₅₀ ชั่วโมงที่ 6 เท่ากับ 0.063 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นลดลงเท่ากับ 0.032 มิลลิกรัมต่อลิตร ณ ชั่วโมงที่ 120 ค่า LC₉₀ ชั่วโมงที่ 6 เท่ากับ 0.273 มิลลิกรัมต่อลิตร และลดลงจนเหลือ 0.059 ณ ชั่วโมงที่ 96 และ 120 R² อยู่ระหว่าง 0.46 ถึง 0.57 (p<0.001) ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 Lethal concentration 50 (LC₅₀) และ Lethal concentration 90 (LC₉₀) ของลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและสระบุรี ณ ช่วงเวลาต่าง ๆ

ชั่วโมงที่	ลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ					ลูกน้ำยุงลายบ้านจากสระบุรี				
	LC ₅₀	LC ₉₀	Slope $\pm$ SE	R ²	Sig.	LC ₅₀	LC ₉₀	Slope $\pm$ SE	R ²	Sig.
6	0.037	0.071	4.496 $\pm$ 0.508	0.49	<0.001*	0.063	0.273	2.013 $\pm$ 0.170	0.57	<0.001*
12	0.032	0.059	4.703 $\pm$ 0.526	0.46	<0.001*	0.054	0.107	4.289 $\pm$ 0.963	0.56	<0.001*
24	0.032	0.059	4.703 $\pm$ 0.526	0.46	<0.001*	0.039	0.077	4.368 $\pm$ 0.521	0.50	<0.001*



ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชั่วโมง ที่	ลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ					ลูกน้ำยุงลายบ้านจากสระบุรี				
	LC ₅₀	LC ₉₀	Slope±SE	R ²	Sig.	LC ₅₀	LC ₉₀	Slope±SE	R ²	Sig.
48	0.028	0.055	4.516±0.491	0.46	<0.001*	0.038	0.074	4.419±0.510	0.49	<0.001*
72	0.028	0.054	4.416±0.482	0.46	<0.001*	0.035	0.067	4.587±0.513	0.48	<0.001*
96	0.025	0.065	3.074±0.257	0.46	<0.001*	0.032	0.059	4.703±0.526	0.46	<0.001*
120	0.023	0.069	2.681±0.226	0.46	<0.001*	0.032	0.059	4.703±0.526	0.46	<0.001*

SE = Standard Error, การวิเคราะห์แบบโพรบิต โดยระดับนัยสำคัญ ที่ = 0.05*

ความต้านทานต่อสาร

เมื่อนำค่า LC₅₀ ของพื้นที่เทียบกับห้องปฏิบัติการพบอัตราส่วนความต้านทานทุกชั่วโมงมากกว่า 1.00 โดยชั่วโมงที่ 6 เท่ากับ 1.70 และลดลงไปจนเท่ากับ 1.24 ณ ชั่วโมงที่ 24 จากนั้น ค่าเพิ่มขึ้นสลับกับลดลงจนชั่วโมงที่ 120 ค่าเท่ากับ 1.39

ค่า LC₉₀ ชั่วโมงที่ 6 อัตราส่วนเท่ากับ 3.84 จากนั้นค่าลดลงจนน้อยกว่า 1 ณ ชั่วโมงที่ 96 และ 120 เท่ากับ 0.90 และ 0.85 ตามลำดับ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าความต้านทานต่อสาร (resistance ratio) ของลูกน้ำยุงลายบ้านจากจังหวัดสระบุรีและลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ

ชั่วโมงที่	6	12	24	48	72	96	120
RR ₅₀	1.70	1.68	1.21	1.35	1.25	1.28	1.39
RR ₉₀	3.84	1.81	1.30	1.34	1.24	0.90	0.85

สรุปและอภิปรายผล

ลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่ที่มีอัตราตายที่ใกล้เคียงกัน โดยที่ความเข้มข้น ต่ำ (0.001 – 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร) ไม่พบตายในกลุ่มจากพื้นที่ แต่พบการตาย (2.50±3.19 และ 5.83±3.80) ในสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถทำให้ลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการตายทั้งหมดได้เร็วกว่าเมื่อเทียบกับลูกน้ำยุงลายจากพื้นที่ ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อลิตร ทั้งสองกลุ่มตายทั้งหมด ในเวลาใกล้เคียงกัน

อัตราตายของลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่จังหวัดสระบุรี ชั่วโมงที่ 24 ในความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ 0 ซึ่งต่ำกว่าอัตราตายของลูกน้ำยุงลายบ้านในจังหวัดอุดรธานี (ร้อยละ 31.95 - 96.96) (ไสว โพธิมล และ ปรีชา เศษสมบุรณ์, 2559) และอัตราตายของลูกน้ำยุงลาย



บ้านในจังหวัดเลยและหนองบัวลำภู (ร้อยละ 69 – 93) (สุพรรณ สายหลักคำ, เจริญศักดิ์ แก้วหานาม, พรพิมล ชันภักดี และ ศิริรัตน์ รักษ์น้ำเที่ยง, 2559) ทั้งนี้ การศึกษาก่อนหน้าได้ทดสอบด้วยความเข้มข้นที่ 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร อัตราตายในการศึกษานี้ที่ต่ำกว่าอาจเกิดจากระดับความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้มีความแตกต่างถึง 2 เท่า และการใช้สารเคมีที่แตกต่างกัน โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่ใช้สารเคมีเกรดอุตสาหกรรม (Technical Grade) ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยนี้ที่ใช้ทรายอะเบทเคลือบหมีฟอสเป็นสารในการทำสารละลายและทำเจือจางสิบเท่า (Ten Fold Dilution) อัตราตายของลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่จังหวัดสระบุรี ช่วงเวลาที่ 24 ในความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร คือ ร้อยละ 100 และ ร้อยละ 95 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Thongwat & Bunchu (2015) ที่พบอัตราตายในความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกัน คือ 0.125 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ทั้งนี้ อาจเป็นเพราะการใช้ความเข้มข้นที่สูงขึ้นในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน

LC₅₀ และ LC₉₀ ในลูกน้ำยุงลายสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ ต่ำกว่าลูกน้ำยุงลายจากพื้นที่ ในทุกช่วงเวลา แปลว่าลูกน้ำจากห้องปฏิบัติการไวต่อสารเคมีมากกว่า ค่า LC₅₀ และ LC₉₀ ของทั้งสองกลุ่มลดลงเมื่อเวลาผ่านไป และมีค่า LC ที่ลดลงขึ้นเมื่อระยะเวลาสัมผัสสารเคมีนานขึ้น ทั้งนี้ ค่า LC₅₀ ของลูกน้ำยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่จังหวัดสระบุรี ณ ช่วงเวลาที่ 24 เท่ากับ 0.032 และ 0.039 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าค่า LC₅₀ ในการศึกษาของ บุญเทียน อาสารินทร์, ประสิทธิ์ งามะโคตร, วราภรณ์ อุ่นนาวัน, ปิยานุช พามา และ ไสว โพธิ์ม (2562) ที่ 0.003 และ 0.011 – 0.037 มิลลิกรัมต่อลิตร ในลูกน้ำยุงลายบ้านในห้องปฏิบัติการและจากพื้นที่จังหวัดสระบุรี ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ค่า LC₅₀ ในลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่ในการศึกษานี้ ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับค่า LC₅₀ ในการศึกษาของ Thongwat & Bunchu (2015) ที่ 0.061 และ 0.113 ไมโครกรัมต่อมิลลิตร ซึ่งอาจเป็นเพราะลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่จังหวัดสระบุรียังสามารถควบคุมได้ในระดับสารเคมีที่ต่ำกว่า

ค่าความต้านทานของลูกน้ำยุงลายบ้านจากพื้นที่ RR₅₀ และ RR₉₀ อยู่ระหว่าง 1.21 – 1.70 เท่า และ 0.85 – 3.84 เท่า ตามลำดับ มีค่าความต้านทานน้อยกว่า 5 เท่า หมายถึงความต้านทานอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับค่าความต้านทานในลูกน้ำยุงลายบ้านในจังหวัดอ่างทอง (สัญญา พระพิชิต, ประชุมพร เล่าห์ประเสริฐ และ พรณเกษม แผ่พร, 2562) และในจังหวัดพิษณุโลก (Thongwat & Bunchu, 2015) ที่พบค่าความต้านทานน้อยกว่า 5 อย่างไรก็ตาม หนึ่งในพื้นที่การศึกษาในจังหวัดพิษณุโลก เป็นพื้นที่เกษตรกรรมพบค่าความต้านทานมากกว่า 5 จึงมีความเป็นไปได้ว่าในพื้นที่เกษตรกรรมที่มีการใช้สารฆ่าแมลงอยู่เป็นประจำจึงทำให้ลูกน้ำยุงลายในพื้นที่เกษตรกรรมมีความต้านทานต่อสารเคมีมากกว่าในชุมชน เช่นเดียวกับลูกน้ำยุงลายจากงานวิจัยนี้ที่เก็บได้จากพื้นที่ในชุมชน นอกจากนี้ ผลการศึกษานี้ยังสอดคล้องกับการศึกษาของ Leong et al. (2018) และ Mohiddin, Lasim & Zuharah (2016) ซึ่งพบความต้านทานของลูกน้ำยุงลายในพื้นที่มีการระบาดของไข้เลือดออกอยู่ในระดับต่ำ ดังนั้น การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าหมีฟอสยังสามารใช้ควบคุมลูกน้ำยุงลายในพื้นที่ที่มีการรายงานไข้เลือดออกได้



การศึกษานี้สามารถสะท้อนสถานการณ์ปัจจุบันการดื้อเหิมฟอสของลูกน้ำยุงลายในพื้นที่ อย่างไรก็ตาม ด้วยข้อจำกัดของการเก็บตัวอย่างที่มาจากพื้นที่เดียว จึงไม่สามารถนำผลการศึกษานี้ไปอ้างอิงหรือสะท้อนสถานการณ์ในภาพรวมได้อย่างสมบูรณ์

ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้ช่วยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนำผลการประเมินไปใช้ควบคุมลูกน้ำยุงลายในพื้นที่ได้อย่างเหมาะสม อย่างไรก็ตาม เนื่องจากการศึกษาเก็บข้อมูลจากพื้นที่เดียวในจังหวัดสระบุรี จึงควรเฝ้าระวังความต้านทานของลูกน้ำยุงลายในพื้นที่อื่น ๆ และพิจารณาใช้การควบคุมโรคแบบผสมผสาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย และป้องกันโรคไข้เลือดออกต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ กลุ่มงานกีฏวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กระทรวงสาธารณสุข ที่เอื้อเฟื้อยุงลายบ้านสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการเพื่อดำเนินการทดลอง ขอขอบคุณนางสาวจุฑิตา นุชคุ้ม ในการประสานงานพื้นที่เพื่อเก็บตัวอย่าง อาสาสมัครสาธารณสุขประจำหมู่บ้าน ตำบลทับทิม อำเภอกำแพงคอย จังหวัดสระบุรีในการเก็บตัวอย่างลูกน้ำ

เอกสารอ้างอิง

- กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง. (2558). ยุงลายพาหะนำโรคไข้เลือดออก. ใน สุภาวดี พวงสมบัติ, ธีราดี พยัคฆินทร์, วราภรณ์ เอมะรุจิ, ศรินทร์ชาติ ชาญประโคน (บ.ก.), คู่มือวิชาการโรคติดต่อเชิงรุกและโรคไข้เลือดออกเชิงรุกด้านการแพทย์และสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2558 (พิมพ์ครั้งที่ 1) (น. 51-56). นนทบุรี : สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดี้ดีไซน์.
- กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง. (2564). แนวทางการดำเนินงานเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคติดต่อฯ โดย ยุงลาย สำหรับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข พ.ศ. 2564. นนทบุรี : สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดี้ดีไซน์.
- _____. (2565). รายงานประจำปี 2565 กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง. นนทบุรี : กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.
- _____. (2566). รายงานประจำปี 2566 กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง. นนทบุรี : กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข.
- _____. (2566). รายงานสถานการณ์โรคไข้เลือดออก พ.ศ. 2566. สืบค้นเมื่อ 20 พฤศจิกายน 2567 จาก https://lookerstudio.google.com/u/0/reporting/dfa7d4e2-b7f5-48ed-b40a-54f1cd4cbdfb/page/p_cx1rkzxrpc



- ธีรภาพ เจริญวิริยภาพ, ชำนาญ อภิวัฒน์นคร และ คณัจฉรีย์ ธานิสพงศ์. (2558). ยุงลายพาหะนำโรค. ใน สุภาวดี พวงสมบัติ, ธีราวดี กอพยัคฆินทร์, วราภรณ์ เอมะรุจิ และศรีณรัชต์ ชาญประโคน (บ.ก.), คู่มือวิชาการโรคติดต่อเฉียบพลันและโรคไข้เลือดออกแดงก้นด้านการแพทย์และสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2558 (น. 51 – 56). นนทบุรี: สำนักพิมพ์อักษรกราฟฟิคแอนดส์ไซน์
- บุญเทียน อาสารินทร์, ประสิทธิ์ งามะโคตร, วราภรณ์ อุ่นนาวัน, ปิยานุช พามา และ ไสว โพธิมล. (2562). การติดต่อสารที่มีฟอสของลูกน้ำยุงลายบ้านในพื้นที่สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 8 จังหวัดอุดรธานี. วารสารควบคุมโรค, 45(4), 431-438.
- พรรณเกษม แผ่พร, สุนัยนา สท้านไตรภพ, วิสาข์ชนม์ ศรีโพธิ์, ภูเบศร์ ยะอัมพันธ์, เมณะกา วิวน และ ละเวง นิลมณี. (2564). การประเมินประสิทธิภาพในห้องปฏิบัติการและภาคสนามของทรายเคลือบสารที่มีฟอสในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านพาหะนำโรคไข้เลือดออกสายพันธุ์ต้านทานต่อสารเคมี. วารสารควบคุมโรค, 47(1), 734 – 745.
- สัญญา พระพิชิต, ประชุมพร เล่าห์ประเสริฐ และ พรรณเกษม แผ่พร. (2562) ประสิทธิภาพความเป็นพิษและความคงทนของทรายเคลือบสารที่มีฟอส จุลินทรีย์ และสารโนวาโลนต่อลูกน้ำยุงลายบ้านอำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทอง. วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน, 5(1), 111 – 122.
- สุพรรณ สายหลักคำ, เจริญศักดิ์ แก้วหานาม, พรพิมล ชันภักดี และ ศิริรัตน์ รักน้ำเที่ยง. (2559). การทดสอบความไวของลูกน้ำยุงลายต่อสารเคมีที่มีฟอสที่ระดับความเข้มข้น 0.02 มิลลิกรัมต่อลิตร จังหวัดเลยและหนองบัวลำภู ปี 2557. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 จังหวัดขอนแก่น, 23(2), 38 - 45.
- ไสว โพธิมล และปรีชา เศษสมบุรณ์. (2559). ความไวของลูกน้ำยุงลายต่อสารเคมีที่มีฟอสในจังหวัดอุดรธานี. วารสารสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 7 ขอนแก่น, 23(1), 105 - 111.
- Adrianto, H., Subekti, S., & Arwati, H. (2023). Another mode of action of temephos against *Aedes aegypti* Larvae: a stomach poison investigation. *Pharmacognosy Journal*, 15(2), 298-303
- Damrongpan Thongwat and Nophawan Bunchu. (2015) Susceptibility to temephos, permethrin and deltamethrin of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) from Muang district, Phitsanulok Province, Thailand. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 8(1), 14 – 18.
- Dusfour, I. & Chaney, S. C. (2022). Chapter 14 Mosquito control Success, failure and expectations in the context of arbovirus expansion and emergence. In Hall M., & Tam D. (Eds.), *Mosquitopia: The Place of Pests in a Healthy World* (pp. 213 – 233). New York : Routledge.



- Lee, J. S., Mogasale, V., Lim, J. K., Carabali, M., Lee, K. S., Sirivichayakul, C., Dang, D. A., Palencia-Florez, D. C., Nguyen, T. H. A., Riewpaiboon, A., Chanthavanich, P., Villar, L., Maskery, B. A., & Farlow, A. (2017). A multi-country study of the economic burden of dengue fever: Vietnam, Thailand, and Colombia. *PLoS neglected tropical diseases*, 11(10), e0006037.
- Leong, C. S., Vythilingam, I., Wong, M. L., Sulaiman, W. Y. W., & Lau, Y. L. (2018). *Aedes aegypti* (Linnaeus) larvae from dengue outbreak areas in Selangor showing resistance to pyrethroids but susceptible to organophosphates. *Acta Tropica*, 185, 115-126.
- Mohiddin, A., Lasim, A. M., & Zuharah, W. F. (2016). Susceptibility of *Aedes albopictus* from dengue outbreak areas to temephos and *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis*. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 6(4), 295-300.
- Moyes, C. L., Vontas, J., Martins, A. J., Ng, L. C., Koou, S. Y., Dufour, I., Raghavendra, K., Pinto, J., Corbel, V., David, J.P., & Weetman, D. (2017). Contemporary status of insecticide resistance in the major *Aedes* vectors of arboviruses infecting humans. *PLoS neglected tropical diseases*, 11(7), e0005625.
- World Health Organization. (2016). Monitoring and managing insecticide resistance in *Aedes* mosquito populations: Interim guidance for entomologists. World Health Organization.