

ประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ไดฟลูเบนซูรอน และแบคทีเรียควบคุม
ลูกน้ำชนิดบีทีไอ เพื่อการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน

Aedes aegypti (L.) ในภาคสนาม

Field studies on efficiency of Temephos, Diflubenzuron and *Bacillus*
thuringiensis var. *israelensis* (Bti) against *Aedes aegypti* (L.).

นางสาวชนิษฐา ปานแก้ว

นางสาวบุษราคัม สีนาคม

นายบุญเสริม อ่วมอ่อง

กองโรคติดต่อ นำโดยแมลง

กรมควบคุมโรค

2563

รายนามผู้ศึกษา และที่ปรึกษา

ผู้ศึกษาหลัก

นางสาวชนิษฐา ปานแก้ว

นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ

กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง

ผู้ร่วมศึกษา

1. บุษราคัม สีนาคม

นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ

กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง

2. บุญเสริม อ่วมอ่อง

นักวิชาการสาธารณสุขเชี่ยวชาญ

กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง

รายนามที่ปรึกษา

นายแพทย์ปรีชา เปรมปรี

รองอธิบดีกรมควบคุมโรค

กรมควบคุมโรค

นายแพทย์นิพนธ์ ชินานนท์เวช

ผู้อำนวยการสำนักงานคณะกรรมการควบคุมเครื่องสำอางค์

กรมควบคุมโรค

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ไดฟูเบนซูรอน และแบคทีเรียควบคุมลูกน้ำ ชนิดบีทีไอ เพื่อการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* (L.) ในภาคสนาม ครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองโรคติดต่อฯ โดยแมลง ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการกองโรคติดต่อฯ โดยแมลง ที่ให้การสนับสนุนการศึกษา รองผู้อำนวยการกองโรคติดต่อฯ โดยแมลง หัวหน้ากลุ่มกีฏวิทยาและควบคุมแมลงนำโรค ที่ให้ใช้พื้นที่ในการศึกษา นักวิชาการและเจ้าหน้าที่กลุ่มกีฏวิทยาและควบคุมแมลงนำโรคที่เกี่ยวข้องที่มีส่วนร่วมในการดำเนินการ

คณะผู้ศึกษา

ธันวาคม 2563

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านและการป้องกันการเกิดยุงลายตามธรรมชาติ ด้วยสารกำจัดลูกน้ำเคมีฟอส 1%SG อัตราการใช้ 1 กรัมต่อน้ำ 10 ลิตร ไดฟูเบนซูรอน 2%T และแบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิดบีทีไอ 37.4%WDG อัตราการใช้ 1 กรัมต่อน้ำ 200 ลิตร โดยใช้โอ่งเคลือบดินเผาขนาด 200 ลิตรทั้งหมดจำนวน 36 โอ่ง แบ่งตามประเภทของการถ่ายน้ำ สัปดาห์ละหนึ่งครั้งออกเป็นร้อยละ 0, 25 และ 50 ประเภทละ 3 โอ่ง ต่อสารกำจัดลูกน้ำ วางไว้ 3 สถานที่ และโอ่งไม่ใส่สารกำจัดลูกน้ำเป็นโอ่งเปรียบเทียบชนิดละ 3 โอ่งเช่นเดียวกัน ทำการทดสอบกับลูกน้ำยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* สายพันธุ์ ROCK จากห้องปฏิบัติการ ดำเนินการศึกษาในพื้นที่อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี ระยะเวลา 27 สัปดาห์ ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2560 ถึงเมษายน 2561 ผลการศึกษาพบว่าการใช้สารกำจัดลูกน้ำตามอัตราที่กำหนดในสภาพการใช้น้ำลักษณะเช่นเดียวกันนั้น สารกำจัดลูกน้ำเคมีฟอส 1% SG มีประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนยาวนานที่สุด ตามด้วย สารกำจัดลูกน้ำ ไดฟูเบนซูรอน 2%T และแบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิดบีทีไอ 37.4%WDG ตามลำดับ ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ใช้สำหรับประกอบการคัดเลือกสารเคมีกำจัดลูกน้ำยุงลายที่เหมาะสม ดังนั้นควรมีการศึกษาเพื่อติดตามความต้านทานต่อสารเคมีของยุงลายอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้เกิดการป้องกันและควบคุมลูกน้ำยุงลายที่มีประสิทธิภาพสูงต่อไป

คำสำคัญ: ลูกน้ำยุงลายบ้าน, เหมิฟอส, ไดฟูเบนซูรอน, แบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิดบีทีไอ

ABSTRACT

An evaluation of the efficacy of Temephos 1%SG at dilution of 1 g per 10 liters of water, Diflubenzuron 2%T and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (BTI) 37.4% WDG at 1 g per 200 liters of water against the larvae of *Aedes aegypti* (L.) laboratory strain was carried out in 36 clay earthen 200-liter jars. The treated jars were diluted weekly with water in separate three groups of 0%, 25% or 50%, by the kinds of chemical, respectively. This study performed between October 2017 and April 2018 in Nonthaburi Province. The purposes were to evaluate and compare the efficiency of the three larvicides for larvae control, and to observe the natural breeding of the *Aedes* mosquitoes. This study concluded that application of the larvicides at the same condition as above by following the dose recommendation, Temephos 1% SG showed highest efficiency against the *Aedes* larvae, secondly, diflubenzuron 2%T, and lastly *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) 37.4% WDG, respectively. The data gained from this study has proved usefulness for an appropriate selection of the larvicides. Thus, the susceptibility test monitoring should be applied regularly for most efficiency of the larvae control.

Key words: *Aedes aegypti* larva, temephos, diflubenzuron, Bti

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ii
บทคัดย่อ	iii
สารบัญ	v
สารบัญตาราง	vii
สารบัญภาพ	viii
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของปัญหาการศึกษา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	2
1.3 ขอบเขตของการศึกษา	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับความการศึกษา	2
1.5 นิยามศัพท์	2
1.6 กรอบแนวคิดในการศึกษา	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ความสำคัญของโรคติดต่อนำโดยยุงลาย	5
2.2 ยุงลายพาหะนำโรค	12
2.3 การควบคุมยุงลายพาหะนำโรค	18
2.4 การทดสอบประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนของสารเคมีกำจัดลูกน้ำยุงลาย	23
2.5 การศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ไดฟูเบนซูรอน และแบคทีเรีย ควบคุมลูกน้ำ เพื่อการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านในภาคสนาม	26
บทที่ 3 วิธีการศึกษา	
3.1 พื้นที่ศึกษา	29
3.2 วิธีการศึกษา	29
3.3 วิเคราะห์ผลการศึกษา	34
บทที่ 4 ผลการศึกษา	
4.1 การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำกับยุงลายจากห้องปฏิบัติการ	35
4.2 การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำกับลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ	37

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล	
5.1 สรุป อภิปรายผล	40
5.2 ข้อเสนอแนะ	42
เอกสารอ้างอิง	

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	เกณฑ์การตัดสินผลการทดสอบสารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิดในโอ่งเสมือนเป็นแหล่ง เพาะพันธุ์ตามธรรมชาติของยุงลายบ้าน	32
2	ประสิทธิภาพการกำจัดและการยั้งยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายจาก ห้องปฏิบัติการที่การถายนํ้าร้อยละ 0, 25 และ 50 ของสารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิด ตลอด ระยะเวลา 27 สัปดาห์	35
3	จำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติเฉลี่ยที่การถายนํ้าร้อยละ 0, 25 และ 50 ของสารกำจัด ลูกน้ำ 3 ชนิด ตลอดระยะเวลา 27 สัปดาห์	38

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วงจรการติดเชื้อไขเลือดออก	6
2	จำนวนผู้ป่วยโรคไขเลือดออกรายเดือน ประเทศไทย พ.ศ. 2552 - 2561	7
3	การเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis)	12
4	ไข่ยุงลาย	13
5	ลูกน้ำยุงลาย	14
6	ดักแด้ยุงลาย	15
7	ตัวเต็มวัยของยุงลายบ้านและยุงลายสวน	16
8	โครงสร้างของ Temephos	20
9	โครงสร้างของ Diflubenzuron	22
10	แสดงบริเวณบ้าน 3 ลักษณะ บริเวณบ้านที่มีแสงแดดส่องถึงตลอดทั้งวัน (ก) บริเวณที่มี ความร่มเงา (ข) และบริเวณที่แสงแดดส่องถึงบางเวลา (ค)	29
11	ใส่สารกำจัดลูกน้ำ Temephos สูตร 1% (ก) สารกำจัดลูกน้ำ Diflubenzuron สูตร 2%T (ข) และสารกำจัดลูกน้ำ Bti สูตร 37.4%WDG (3,000 ITU/mg) (ค)	30
12	ลูกน้ำยุงลายบ้าน (<i>Ae. aegypti</i>) สายพันธุ์ ROCK ที่เลี้ยงจากห้องปฏิบัติการ กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง	31
13	เหลูกน้ำยุงลายที่เตรียมไว้ลงในกรงที่แช่เตรียมไว้ในโอ่ง ๆ ละ 25 ตัว (ก) และเปิดฝา โอ่งไว้เพื่อให้ยุงลายธรรมชาติมาวางไข่ในโอ่ง (ข)	31
14	ตรวจสอบโอ่งที่ทำการศึกษานานทุกสัปดาห์	32
15	อัตราการตาย/ยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายของการใช้สารกำจัดลูกน้ำ Temephos, Diflubenzuron และ Bti ที่ไม่ถ่ายน้ำ (ร้อยละ 0) จำแนกรายสัปดาห์	36
16	อัตราการตาย/ยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายของการใช้สารกำจัดลูกน้ำ Temephos, Diflubenzuron และ Bti ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 25 จำแนกรายสัปดาห์	36
17	อัตราการตาย/ยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายของการใช้สารกำจัดลูกน้ำ Temephos, Diflubenzuron และ Bti ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 50 จำแนกรายสัปดาห์	36
18	ค่าเฉลี่ยจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ ที่ไม่ถ่ายน้ำ (ร้อยละ 0) จำแนกรายสัปดาห์	38
19	ค่าเฉลี่ยจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 25 จำแนกรายสัปดาห์	38
20	ค่าเฉลี่ยจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 50 จำแนกรายสัปดาห์	39

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหาการศึกษา

โรคไข้เลือดออกเป็นโรคติดต่อมาโดยยุงลายที่ยังคงเป็นปัญหาที่สำคัญทางสาธารณสุขของประเทศไทย จากรายงานขององค์การอนามัยโลกประเทศไทยจัดเป็นประเทศในกลุ่มที่มีการระบาดของโรคสูงเป็นอันดับ 6 จากประเทศที่มีการระบาดของโรคไข้เลือดออกสูงสุด 30 ประเทศ (สำนักโรคติดต่อมาโดยแมลง, 2558) ปัจจุบันการใช้วัคซีนไข้เลือดออกสำหรับการป้องกันโรคไข้เลือดออกยังมีข้อจำกัดอยู่ประสิทธิภาพของวัคซีนป้องกันได้ประมาณร้อยละ 60 เท่านั้น (สถาบันวัคซีนแห่งชาติ, ม.ป.ป.) วิธีที่ดีที่สุดในการดำเนินการควบคุมป้องกันโรคไข้เลือดออกปัจจุบันองค์การอนามัยโลกและกระทรวงสาธารณสุขส่งเสริมและสนับสนุนให้ใช้มาตรการการควบคุมยุงลายพาหะนำโรค โดยเน้นให้ใช้การผสมผสานระบบบริหารจัดการพาหะนำโรคแบบผสมผสาน (Integrated Vector Management: IVM) มาตรการที่สำคัญคือการลดและทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ การเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อม และการใช้สารเคมีกำจัดลูกน้ำ เช่น การใช้สารเคมีกลุ่มออกแซโนฟอสเฟต เช่น สารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ใช้ควบคุมลูกน้ำยุงลาย โดยใช้ในรูปแบบการเคลือบกับวัสดุชนิดต่างๆ การใช้ทรายเคลือบสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ที่อัตราความเข้มข้น 1 ส่วนในล้านส่วน (ppm) เป็นวิธีการที่ใช้ทั่วไป (World Health Organization, 2007) ซึ่งเป็นมาตรการหลักใช้มายาวนาน สารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ที่ใช้จะออกมาช้า ๆ และละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำในแหล่งที่ลูกน้ำอาศัย ลูกน้ำยุงลายจะได้รับสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส เข้าไปในร่างกาย โดยการกินเข้าไปพร้อมกับอาหาร นอกจากการใช้สารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ในการควบคุมยุงลายในระยะที่เป็นตัวอ่อนหรือลูกน้ำยุง ยังมีสารยับยั้งการเจริญเติบโต สารป้องกันการลอกคราบของลูกน้ำ (insect growth regulators; IGRs) คือ ไดฟูเบนซูรอน ซึ่งเป็นสารฆ่าแมลงที่มีความเป็นพิษต่ำ ออกฤทธิ์ยับยั้งการสังเคราะห์สารไคติน (chitin) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของโครงสร้างผนังลำตัวแมลง ทำให้ลูกน้ำยุงไม่สามารถเจริญเป็นตัวเต็มวัยได้และตายในที่สุด (Doucet & Retnakaran, 2012) และสารกำจัดลูกน้ำ Bti ในการกำจัดลูกน้ำยุงลาย เป็นแบคทีเรียกลุ่ม aerobic gram positive bacilli รูปแท่งยาว สามารถสร้างสปอร์ได้ (สุทาร์ตน์ พรจรรยา, 2545) และสร้างผลึกโปรตีนที่มีคุณสมบัติฆ่าลูกน้ำยุงลาย เมื่อลูกน้ำยุงกินผลึกโปรตีนเข้าไปอยู่ในกระเพาะซึ่งมีน้ำย่อยที่เป็นด่าง (อาคม สังข์วรานนท์, 2538) ทำให้เกิดสารพิษที่จะไปทำลายเซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหารทำให้เซลล์บวมแตกจนเป็นแผล เมื่อกระเพาะอาหารทะลุระบบโลหิตและระบบทางเดินอาหารจะเชื่อมต่อกันจนทำให้เกิดภาวะโลหิตเป็นด่างมีผลให้ลูกน้ำเป็นอัมพาตและตายในที่สุด ทั้งนี้เชื้อแบคทีเรียชนิดนี้ไม่สามารถคงอยู่ในธรรมชาติได้นานเพราะไม่สามารถขยายพันธุ์หมุนเวียนได้ในธรรมชาติ (สุทาร์ตน์ พรจรรยา, 2545) อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีกำจัดแมลงทุกชนิด หากใช้อย่างไม่เหมาะสมและการใช้เป็นระยะเวลานาน อาจชักนำให้แมลงสามารถสร้างความต้านทานต่อสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ และทำให้ไม่ประสบผลสำเร็จในการควบคุมแมลง (Chareonviriyaphap, Aum-Aung, & Ratanatham, 1999) การศึกษาเพื่อติดตามยุงลายพาหะต้านทานต่อสารเคมี (susceptibility test) จึงมีความจำเป็นต้องดำเนินการอย่างเป็น

ระบบ นอกจากนี้ควรมีการศึกษาเพื่อหาวิธีการป้องกันกำจัดลูกน้ำยุงลายทดแทนการใช้สารเคมีฯ ชนิดต่าง ๆ จึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนที่ต้องดำเนินการตรวจสอบประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนของสารเคมีฯ หรือสารที่ใช้ในการควบคุมยุงนั้นจะมีประโยชน์ในการเป็นข้อมูลสำหรับการพิจารณาเลือกใช้สารกำจัดลูกน้ำยุงลายที่มีประสิทธิภาพ สำหรับวางแผนการควบคุมยุงพาหะนำโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ เหมีฟอส Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) และ ไโดฟูเบนซูรอน ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* (L.) ในสภาพกึ่งสนาม

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตการศึกษาด้านประชากร ได้แก่ เจ้าหน้าที่ปฏิบัติงานด้านกีฏวิทยา ของกองโรคติดต่อฯ โดยแมลง ที่ได้รับการอบรมและมีประสบการณ์ด้านกีฏวิทยาสามารถจำแนกชนิดยุงได้

1.3.2 ลูกน้ำยุงลายเกิดขึ้นตามธรรมชาติในโอ่งน้ำ ในชุมชน ตำบลบางม่วง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี และลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) สายพันธุ์ ROCK จากศูนย์ควบคุมโรคติดต่อแอตแลนตา สหรัฐอเมริกา (CDC: Centers for Disease Control and Prevention) ที่เลี้ยงจากห้องปฏิบัติการกองโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค

1.3.3 สถานที่ดำเนินการศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ เหมีฟอส Bti และ ไโดฟูเบนซูรอน ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน *Ae. aegypti* (L.) ในสภาพกึ่งสนาม ในชุมชน ตำบลบางม่วง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี

1.3.4 ระยะเวลาดำเนินการ 7 เดือน ตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 - เมษายน พ.ศ. 2561

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

- 1.4.1 เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับทางเลือกในการควบคุมพาหะนำโรค
- 1.4.2 ใช้ประกอบการพิจารณาวางแผนการควบคุมพาหะนำโรคแบบผสมผสาน
- 1.4.3 ใช้ประกอบการกำหนดนโยบายการควบคุมพาหะนำโรคให้มีประสิทธิภาพต่อไป
- 1.4.4 เป็นข้อมูลให้กับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมพาหะนำโรค เช่น องค์การปกครองส่วนท้องถิ่น ในการจัดหาสารเคมี
- 1.4.5 สนับสนุนข้อมูลให้กับสถาบันการศึกษาต่าง ๆ ที่ต้องการนำไปวางแผนการศึกษา

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1 นิยามศัพท์เฉพาะ

- เหมีฟอส หมายถึง สารเคมีที่มีชื่อสามัญว่า เหมีฟอส (Temephos) ซึ่งเป็นสารเคมีสังเคราะห์ในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต (organophosphates) ลูกน้ำได้รับอันตรายโดยการกินเหมีฟอส

ที่ละลายในน้ำพร้อมอาหาร การได้รับทางผิวหนังมีผลต่อลูกน้ำน้อยกว่าการกิน สามารถฆ่าลูกน้ำให้ตายได้ในระยะเวลา 1 วัน มีฤทธิ์คงทนนานไม่น้อยกว่า 3 เดือน

- ไدفลูเบนซุรอน หมายถึง สารเคมีที่มีชื่อว่าไدفลูเบนซุรอน (Diflubenzuron) เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำที่ได้รับการรับรองจากองค์การอนามัยโลก
- แบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิดบีทีโอ หมายถึง แบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (Bti) โดยแบคทีเรียจะสร้างเอนโดสปอร์ ภายในเซลล์มีส่วนที่เป็นสารพิษมีฤทธิ์ต่อแมลง คือ protein inclusion ซึ่งได้แก่ delta-endotoxin จะขับสารพิษ (toxin) เมื่อลูกน้ำกินแบคทีเรียเข้าไปสารพิษนี้จะไปทำปฏิกิริยาเกิดพิษในกระเพาะอาหารทำให้ลูกน้ำตาย

1.5.2 นิยามศัพท์อื่น

- ลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ หมายถึง ลูกน้ำยุงลายบ้านหรือยุงลายสวน ระยะที่ 1 - ระยะที่ 4 ที่เกิดจากการวางไข่ของแมลงยุงลายในธรรมชาติแล้วฟักตัวในโอ่งดินเผาเคลือบขนาดความจุ 200 ลิตร ที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพ
- การทดสอบประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำ คือ การดำเนินการตามคู่มือการทดสอบสารเคมีของสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง เพื่อให้ทราบว่าสารกำจัดลูกน้ำมีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำยุงได้ โดยต้องมีอัตราการตายของลูกน้ำยุงไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 และระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 เดือน
- การทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการเจริญเติบโต คือ การดำเนินการตามคู่มือการทดสอบสารเคมีของสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง เพื่อให้ทราบว่าสารยับยั้งการเจริญเติบโตสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยได้ โดยต้องมีอัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 และระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 เดือน

1.6 กรอบแนวคิดในการศึกษา

16.1 การศึกษานี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (semi-field experiment research)

- สมมุติฐาน คือ สารกำจัดลูกน้ำ เทมโฟส Bti (*Bacillus thuringiensis israelensis*) และ ไدفลูเบนซุรอน มีประสิทธิภาพในการควบคุมกำจัด/ยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* (L.) ในสภาพกึ่งสนามได้

16.2 ตัวแปรต้น ได้แก่

- การใช้สารกำจัดลูกน้ำยุง เทมโฟส Bti และ ไدفลูเบนซุรอน

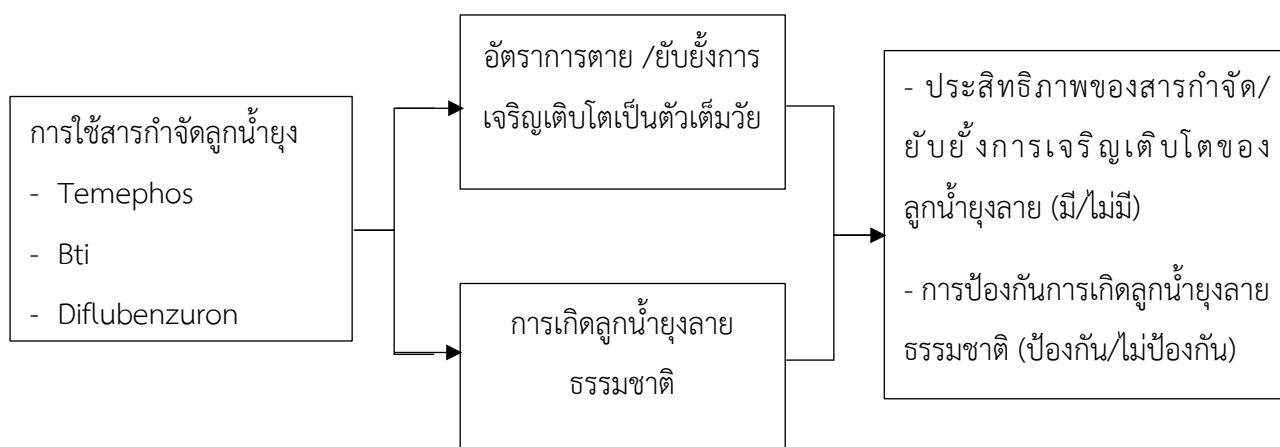
16.3 ตัวแปรตาม

- อัตราการตายของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส และ Bti และอัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำยุงลายบ้านต่อสารไดฟลูเบนซูรอน
- การเกิดลูกน้ำยุงลายธรรมชาติในภาชนะที่มีสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส Bti และ ไดฟลูเบนซูรอน

ผลลัพธ์

- ประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส Bti และ ไดฟลูเบนซูรอน ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน
- การป้องกันการเกิดลูกน้ำยุงลายธรรมชาติของสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส Bti และ ไดฟลูเบนซูรอน

กรอบแนวคิดในการวิจัย (conceptual framework)



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ เหมีฟอส ไดฟูเบนซูรอน และแบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิด Bti เพื่อการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน *Ae. aegypti* (L.) ในภาคสนาม การทบทวนเอกสารแบ่งประเด็นปัจจัยของการเกิดโรค การป้องกันโรคติดต่อมาโดยยุงลาย และการศึกษาที่ผ่านมาเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้า โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- 2.1 ความสำคัญของโรคติดต่อมาโดยยุงลาย
- 2.2 ยุงลายพาหะนำโรค
- 2.3 การควบคุมยุงลายพาหะนำโรค
- 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนของสารเคมีกำจัดลูกน้ำยุงลาย
- 2.5 การศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ เหมีฟอส ไดฟูเบนซูรอน และแบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิด Bti เพื่อการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้าน *Ae. aegypti* (L.) ในภาคสนาม

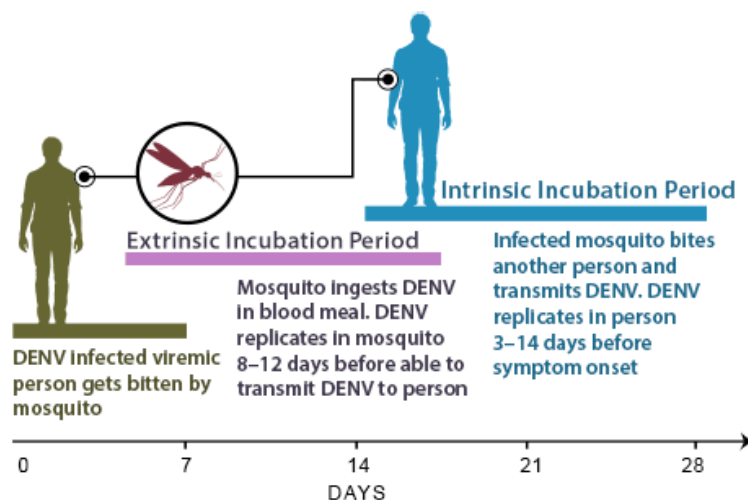
2.1 ความสำคัญของโรคติดต่อมาโดยยุงลาย

2.1.1 โรคไข้เลือดออก

โรคไข้เลือดออกที่พบในประเทศไทยและประเทศใกล้เคียงในภูมิภาคเอเชียอาคเนย์เกิดจากไวรัสเดงกี จึงเรียกชื่อว่า Dengue Fever (DF) หรือ Dengue Haemorrhagic Fever เป็นโรคติดเชื้อที่มียุงลายเป็นพาหะ ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดคือ *Ae. aegypti* (ยุงลายบ้าน) และ *Ae. albopictus* (ยุงลายสวน) ยุงลายทั้งเพศผู้และเพศเมียกินน้ำหวานเพื่อเป็นอาหาร ยุงลายเพศผู้จะไม่กินเลือดคน ยุงลายเพศเมียกินเลือดคนเพื่อใช้เป็นพลังงานในการวางไข่ และเมื่อยุงกินเลือดคนที่มีเชื้อไวรัสไข้เลือดออก เชื้อไวรัสก็จะเพิ่มจำนวนในเซลล์ของยุงและบางส่วนไปอยู่ที่ต่อมน้ำลาย เมื่อยุงกินเลือดอีกคนหนึ่งก็สามารถแพร่กระจายเชื้อไวรัสต่อไป

เชื้อไวรัสเดงกีเป็น single stranded RNA virus จัดอยู่ใน Family Flaviviridae มี 4 serotypes, (DENV 1, DENV 2, DENV 3, DENV 4) ทั้ง 4 serotypes มี antigen ร่วมบางชนิดจึงทำให้มี cross reaction และมี cross protection ได้ในระยะสั้นๆ กล่าวคือเมื่อมีการติดเชื้อชนิดใดชนิดหนึ่งแล้วจะมีภูมิคุ้มกันต่อเชื้อไวรัสชนิดนั้นอย่างถาวรตลอดชีวิต (permanent immunity) แต่จะมีภูมิคุ้มกันต่อไวรัสเดงกีอีก 3 ชนิดในช่วงระยะสั้นๆ (partial immunity) ประมาณ 6 - 12 เดือน (หรืออาจสั้นกว่านี้) หลังจากนั้นจะมีการติดเชื้อไวรัสเดงกีชนิดอื่นๆ ที่ต่างจากครั้งแรกได้เป็นการติดเชื้อซ้ำ (secondary dengue infection) ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการทำให้เกิดโรคไข้เลือดออกเดงกี ดังนั้นผู้ที่อยู่ในพื้นที่ที่มีไวรัสเดงกีชุกชุมอาจมีการติดเชื้อได้ 4 ครั้ง ตามทฤษฎีไวรัสทั้ง 4 serotypes สามารถทำให้เกิด DF หรือ DHF ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ อีกหลายประการที่สำคัญคือ อายุ และภูมิคุ้มกันของผู้ป่วย

การติดต้อมีอยู่กลายเป็นพาหะนำโรค โดยยุงตัวเมียซึ่งกัดเวลากลางวัน และดูดเลือดคนเป็นอาหารจะกัดดูดเลือดผู้ป่วยซึ่งในระยะไข้สูง จะเป็นระยะที่มีไวรัสอยู่ในกระแสเลือด เชื้อไวรัสจะเข้าสู่กระเพาะยุงเข้าไปอยู่ในเซลล์ที่ผนังกระเพาะ เพิ่มจำนวนมากขึ้นแล้วออกมาจากเซลล์ผนังกระเพาะ เดินทางเข้าสู่ต่อมน้ำลาย พร้อมทั้งจะเข้าสู่คนที่ถูกกัดในครั้งต่อไป ซึ่งระยะฟักตัวในยุงนี้ประมาณ 8 - 12 วัน เมื่อยุงตัวนี้ไปกัดคนอื่นอีกก็จะปล่อยเชื้อไวรัสไปยังผู้ที่ถูกกัดได้เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายคนและผ่านระยะฟักตัวนานประมาณ 5 - 8 วัน (สั้นที่สุด 3 วัน - นานที่สุด 14 วัน) ก็จะทำให้เกิดอาการของโรคได้ ดังวงจรการเกิดโรคไข้เลือดออก ตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วงจรการติดเชื้อไข้เลือดออก

ที่มา: Centers for Disease Control and Prevention, n.d.

อาการทางคลินิกไวรัสเดงกีมี 4 Serotypes คือ DEN 1, DEN 2, DEN 3 และ DEN 4 ส่วนใหญ่ของผู้ป่วยที่ติดเชื้อจะไม่มีอาการและเป็นเด็กอายุต่ำกว่า 15 ปี แต่ในปัจจุบันมีรายงานผู้ป่วยอายุมากกว่า 15 ปี ถึงร้อยละ 54 ดังนั้นจึงควรนึกถึงโรคไข้เลือดออกในผู้ป่วยกลุ่มที่มีอายุมากขึ้น และในผู้ใหญ่ด้วย ผู้ป่วยที่ติดเชื้อไวรัสเดงกีมีอาการได้ 4 แบบ คือ

1. Undifferentiated fever (UF) หรือกลุ่มอาการไวรัส
2. ไข้เดงกี (Dengue fever-DF)
3. ไข้เลือดออกเดงกี (Dengue Hemorrhagic fever-DHF)
4. ไข้เดงกีที่มีอาการแปลกออกไป (Expanded Dengue Syndrome or Unusual Dengue-EDS)

ในปี 2556 กระทรวงสาธารณสุข ได้จำแนกกลุ่มอาการโรคที่เกิดจากการติดเชื้อไวรัสเดงกีตามลักษณะอาการทางคลินิกดังต่อไปนี้

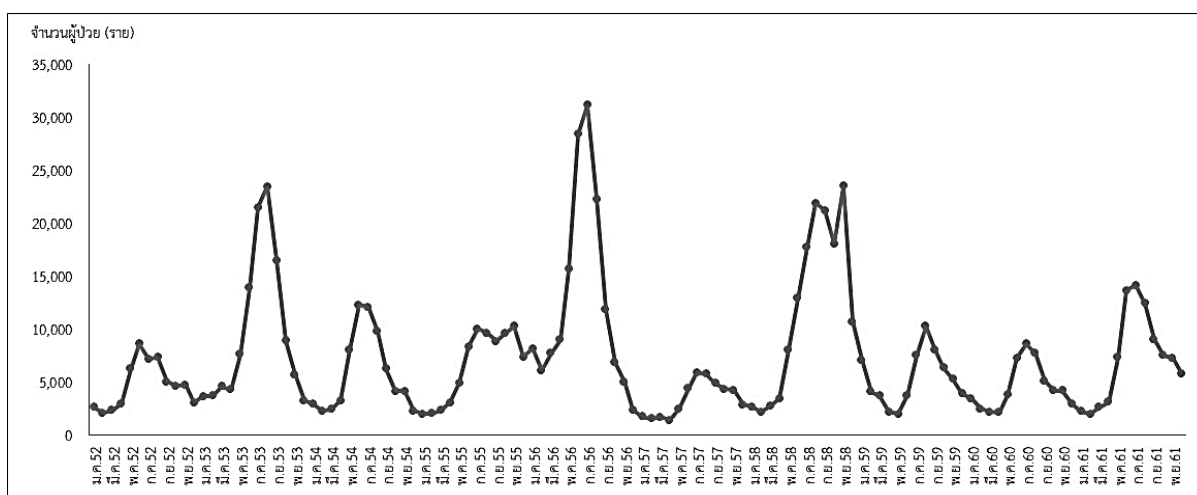
1. Undifferentiated fever (UF) หรือกลุ่มอาการไวรัส (viral syndrome) มักพบในทารกหรือเด็กเล็กจะปรากฏเพียงอาการไข้ 2-3 วัน บางครั้งอาจมีผื่นแบบ maculopapular rash มีอาการคล้ายคลึงกับโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสอื่นๆ ซึ่งไม่สามารถวินิจฉัยได้จากอาการทางคลินิก

2. ไข้เดงกี (DF) มักเกิดกับเด็กโตหรือผู้ใหญ่อาจมีอาการไม่รุนแรง คือมีเพียงอาการไข้ร่วมกับปวดศีรษะ เมื่อยตัว หรืออาจเกิดอาการแบบ classical DF คือ มีไข้สูงกะทันหัน ปวดศีรษะ ปวดรอบกระบอกตา ปวดกล้ามเนื้อ ปวดกระดูก (breakbone fever) และมีผื่น บางรายอาจมีจุดเลือดออกที่ผิวหนัง ตรวจพบ tourniquet test positive ผู้ป่วยส่วนใหญ่มีเม็ดเลือดขาวต่ำ รวมทั้งบางรายอาจมีเกล็ดเลือดต่ำได้ในผู้ใหญ่ เมื่อหายจากโรคแล้วจะมีอาการอ่อนเพลียอยู่นาน โดยทั่วไปแล้วไม่สามารถวินิจฉัยจากอาการทางคลินิกได้แน่นอน ต้องอาศัยการตรวจทางน้ำเหลือง/แยกเชื้อไวรัส

3. ไข้เลือดออกเดงกี (DHF) มีอาการทางคลินิกเป็นรูปแบบที่ค่อนข้างชัดเจน คือมีไข้สูงลอยร่วมกับอาการเลือดออก ตับโตและ มีภาวะช็อกในรายที่รุนแรง ในระยะมีไข้จะมีอาการต่างๆ คล้าย DF แต่จะมีลักษณะเฉพาะของโรค คือ มีเกล็ดเลือดต่ำและมีการรั่วของพลาสมา ซึ่งถ้าพลาสมารั่วออกไปมากผู้ป่วยจะมีภาวะช็อกเกิดขึ้นที่เรียกว่า dengue shock syndrome (DSS) การรั่วของพลาสมาซึ่งเป็นเอกลักษณ์ที่สำคัญของโรคไข้เลือดออกเดงกี สามารถตรวจพบได้จากการที่มีระดับระดับฮีมาโตคริตสูงขึ้น มีน้ำในเยื่อหุ้มช่องปอดและช่องท้อง

4. ไข้เดงกีที่มีอาการแปลกออกไป (EDS) ที่พบส่วนใหญ่ คือ ผู้ป่วยจะมีอาการทางสมอง มีตับวาย ไตวาย ผู้ป่วยที่มีอาการทางสมองส่วนใหญ่เกิดจากภาวะช็อกนานและมีตับวายร่วมด้วย (Hepatic encephalopathy) ผู้ป่วยเหล่านี้ส่วนหนึ่งพบว่ามีการติดเชื้อ 2 อย่างร่วมกันหรือผู้ป่วยมีโรคประจำตัวเดิมอยู่แล้ว

สถานการณ์การเกิดโรคไข้เลือดออกในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา ตั้งแต่ พ.ศ. 2552 - 2561 พบว่ามีรูปแบบการระบาดแบบปีเว้นปี หรือ ปีเว้นสองปี โดยมีการระบาดใหญ่ในช่วงปี 2553, 2556 และ 2558 ซึ่งพบผู้ป่วยมากถึง 116,947, 154,444 และ 144,952 ราย ตามลำดับ (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกรายเดือน ประเทศไทย พ.ศ. 2552 - 2561

ที่มา: ข้อมูลจากกองระบาดวิทยา 2552-2561

และมีรูปแบบการเกิดโรคที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (Seasonal Pattern) โดยจะเริ่มมีแนวโน้มผู้ป่วยมากขึ้นตั้งแต่ปลายเดือนเมษายนและพบสูงสุดในเดือนกรกฎาคม-สิงหาคม ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน อย่างไรก็ตาม หากในช่วงปลายปีจำนวนผู้ป่วยไม่ลดลงจะทำให้ในปีถัดไปมีโอกาสที่จะเกิดการระบาดใหญ่ได้ เช่น ในช่วงปี 2552 - 2553 และปี 2555 - 2556 ผู้ป่วยโรคไข้เลือดออกสามารถพบได้ในทุกกลุ่มอายุ โดยกลุ่มที่มีอัตราป่วยสูงที่สุดอยู่กลุ่มเด็กวัยเรียน (5 - 14 ปี) และวัยผู้ใหญ่ตอนต้น (15 - 24 ปี) เมื่อพิจารณารูปแบบการเกิดโรคในแต่ภูมิภาคพบว่า ในช่วงต้นปีอัตราป่วยสูงที่สุดอยู่ในภาคใต้ สถานการณ์โดยรวมของโรคไข้เลือดออก ปี 2561 พบว่าเป็นปีที่มีการระบาดทั่วทุกภาคของประเทศไทย ซึ่งมีแนวโน้มจำนวนผู้ป่วยสูงขึ้นและเกินกว่าค่ามัธยฐาน 5 ปีย้อนหลังและค่าพยากรณ์ ตั้งแต่เดือนเมษายน รวมทั้งมีการรายงานจำนวนผู้ป่วยที่ใกล้เคียงกับการระบาดใหญ่ในปี 2558 โดยในเดือนมิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม พบผู้ป่วยเกินกว่าค่ามัธยฐาน 5 ปีย้อนหลัง ร้อยละ 86, 65 และ 20 ตามลำดับ ปี 2561 มีรายงานผู้ป่วยไข้เลือดออกเสียชีวิต 125 ราย อัตราป่วยตาย ร้อยละ 0.14 อัตราส่วนผู้เสียชีวิตเพศชายต่อเพศหญิง 1:1.08 ภาคที่มีผู้เสียชีวิตมากที่สุด คือ ภาคกลาง 62 ราย รองลงมา คือ ภาคเหนือ 23 ราย ภาคใต้ 20 ราย และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 20 ราย ตามลำดับ เมื่อพิจารณากลุ่มอายุพบว่า วัยผู้ใหญ่ อายุ 35 ปีขึ้นไป มีอัตราป่วยตายสูง โดยผู้สูงอายุ (อายุ 65 ปีขึ้นไป) มีอัตราป่วยตายสูงที่สุด คือ ร้อยละ 0.61

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการนำวัคซีนไข้เลือดออกมาใช้ในโรงพยาบาลเอกชนและโรงพยาบาลของรัฐบาล ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2560 แต่พบว่าประสิทธิภาพของวัคซีนสามารถป้องกันโรคไข้เลือดออกทุกสายพันธุ์ได้เพียงร้อยละ 65 และพบผู้มีอาการข้างเคียงหลังจากได้รับวัคซีนร้อยละ 0.22 องค์การอนามัยโลกได้แนะนำการใช้วัคซีนในผู้ที่มีอายุ 9-45 ปี และเป็นผู้ที่เคยติดเชื้อไข้เลือดออกมาแล้วเท่านั้น (กองโรคติดต่อภายใน 2563 ก)

2.1.2 โรคไข้ปวดข้อยุงลาย

โรคไข้ปวดข้อยุงลายเป็นโรคที่พบมานานแล้ว เดิมโรคนี้นักเกิดในพื้นที่บางแห่งโดยไม่ค่อยมีการระบาดของโรค แต่ในปี พ.ศ. 2548 พบการระบาดของโรคไข้ปวดข้อยุงลายหรือโรคชิคุนกุนยาที่หมู่เกาะในมหาสมุทรอินเดียและกระจายไปในหลายประเทศ ได้แก่ สหภาพคอโมโรส ประเทศในคาบมหาสมุทรอินเดีย สาธารณรัฐมอริเชียส สาธารณรัฐเซเชลส์ มาดากัสการ์ อินเดีย และศรีลังกา และต่อมาในปี พ.ศ. 2550 - 2551 พบมีรายงานการระบาดเพิ่มในประเทศสาธารณรัฐกาบอง มาเลเซีย อินโดนีเซีย และสิงคโปร์ (World Health Organization, 2017) สำหรับประเทศไทยมีการรายงานพบผู้ป่วยโรคไข้ปวดข้อยุงลายครั้งแรก ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2501 จากผู้ป่วยที่เข้ามาใช้บริการที่สถาบันสุขภาพเด็กแห่งชาติมหาราชินีโดยพบมีภูมิต้านทานต่อเชื้อไวรัสชิคุนกุนยา และมีรายงานผู้ป่วยอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ในระหว่างปี พ.ศ. 2517 - 2521 มีการรายงานผู้ป่วยในหลายจังหวัดทั่วประเทศไทยแต่หลังจาก ปี พ.ศ. 2538 ก็ไม่พบการรายงานผู้ป่วยอีก จนกระทั่งในเดือนตุลาคม ปี พ.ศ. 2551 จากรายงานเฝ้าระวังทางระบาดวิทยา (รง. 506) พบผู้ป่วยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นและมีการรายงานพบผู้ป่วยอย่างต่อเนื่องจนถึงปี พ.ศ. 2552 โดยเริ่มมีการระบาดในหลายจังหวัดในภาคใต้และแพร่กระจายไปยังจังหวัดอื่นๆ ทั่วประเทศพบผู้ป่วยสูงสุดในปี พ.ศ. 2552 อัตราป่วย 82.03 ต่อประชากรแสนคน แต่ในปีพ.ศ. 2558 - 2560 ผู้ป่วยลดลงอย่างต่อเนื่องและต่ำสุดในปี พ.ศ. 2560 อัตราป่วย 0.02

ต่อประชากรแสนคน แต่ในปี พ.ศ. 2561 พบผู้ป่วยเพิ่มขึ้นอีก สัดส่วนอาชีพรับจ้างสูงสุด ร้อยละ 38.15 รองลงมา คือ นักเรียน (27.06%) และงานบ้าน (10.11%)

สาเหตุเกิดจากเชื้อไวรัสชิคุนกุนยา (chikungunya virus) ซึ่งเป็น RNA virus อยู่ใน genus alphavirus และ family togaviridae วิธีการติดต่อ 1) ติดต่อยุงเป็นการติดต่อหลัก 2) ติดเชื้อจากแม่สู่ลูก และ 3) ติดเชื้อผ่านทางเลือด

พาหะนำโรค คือ ยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) และยุงลายสวน (*Ae. albopictus*) เมื่อยุงลายตัวเมียกัดและดูดเลือดผู้ป่วยที่อยู่ในระยะไข้สูง ซึ่งเป็นระยะที่ผู้ป่วยมีเชื้อไวรัสอยู่ในกระแสเลือด เป็นปริมาณมาก หรือ viremia เชื้อไวรัสนี้จะเข้าสู่กระแสของยุง และมีการแบ่งตัวเพิ่มจำนวนมากขึ้น จากนั้นเชื้อจะเข้าสู่ต่อมน้ำลาย เมื่อยุงที่มีเชื้อไวรัสชิคุนกุนยาไปกัดคน จะปล่อยเชื้อเข้าสู่คน (ระยะฟักตัวในยุง 7 - 10 วัน) และทำให้คนเกิดอาการของโรคได้ มีระยะฟักตัว ประมาณ 2 - 4 วัน หลังถูกยุงลายที่มีเชื้อกัด (สั้นสุด 1 วันยาวสุด 12 วัน) ระยะติดต่อ ระยะไข้สูงประมาณ 4 วันแรกของโรค ซึ่งเป็นระยะที่มี viremia

อาการทางคลินิก คือ มักมีไข้สูงลอย อุณหภูมิสูงกว่า 39 องศาเซลเซียส พบได้ร้อยละ 58 - 84 เป็นอยู่ประมาณ 3 - 5 วัน หรืออาจนานเป็นสัปดาห์ บางรายอาจมีไข้สูง และมีไข้ใหม่อีกครั้ง (biphasic) ได้ มีปวดข้อหรือข้ออักเสบหลายข้อ พบประมาณร้อยละ 49 - 83 ส่วนใหญ่จะพบอาการปวดข้อเป็นหลัก มีส่วนน้อยที่มีข้ออักเสบมักเริ่มจากข้อเล็กที่บริเวณข้อมือส่วนปลายก่อน เช่น ข้อมือ ข้อนิ้ว ข้อเท้า หรือข้อที่มีพยาธิสภาพอยู่ก่อน มักปวดหลายข้อและเป็นทั้งสองข้าง จากนั้นอาการปวดข้ออาจลามไปที่ข้อที่ใหญ่ขึ้น เช่น ข้อเข่า ข้อศอก ข้อสะโพก ข้อไหล่ และอาจพบอาการปวดข้อกระดูกที่หน้าอกหรือกระดูกสันหลังได้ อาการปวดข้อสามารถพบได้หลายข้อและเปลี่ยนตำแหน่งได้ บางรายอาจมีอาการปวดข้อมากจนเดินไม่ได้ ระยะเวลาที่ปวดข้ออาจนานเป็นสัปดาห์ถึงเดือน อาการปวดข้อสามารถเกิดขึ้นซ้ำได้อีกใน 2 - 3 สัปดาห์ต่อมา (relapse) บางรายพบอาการปวดข้อเรื้อรังได้นานถึง 3 - 5 ปี รวมทั้งมีอาการชาได้ อาการปวดข้อในเด็กจะไม่รุนแรงเมื่อเทียบกับในผู้ใหญ่ ส่วนใหญ่มีแค่อาการปวดข้อไม่ค่อยพบข้ออักเสบ ผื่นพบประมาณร้อยละ 38 - 41 มักมีผื่นแดง (maculopapular rash) ขึ้นตามลำตัวและแขนขา บางรายอาจพบบริเวณมือ เท้า รวมถึงใบหน้า นอกจากนี้ยังอาจพบแผลที่ปาก (stomatitis) หรือกระพุ้งแก้มและเพดานปาก (oral ulcer) โดยผื่นนูนแดงมักเกิดขึ้น ภายใน 2 - 3 วัน หลังจากมีไข้ ผื่นจะเป็นอยู่นานประมาณ 2 - 5 วัน บางรายผื่นนี้จะลอกเป็นขุย และหายได้เองภายใน 7 - 10 วัน อาจมีอาการคัน บางรายอาจมีสีผิวเข้มบริเวณผื่นผิวหนังที่เป็น ในเด็กอาจมีตุ่มพอง ขนาด 2 - 3 มิลลิเมตร ถึง 2 - 3 เซนติเมตร ตามระยางค์โดยจะพบที่ขามากกว่าที่แขน 13, 14 และพอหายแล้วจะลอกเป็นแผ่น นอกจากนี้อาจพบจุดเลือดออก (petechiae) บริเวณผิวหนัง

สถานการณ์โรคไข้ปวดข้อยุงลายประเทศไทย ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2561 - 31 ธันวาคม 2561 พบผู้ป่วยสะสม 3,570 ราย อัตราป่วย 5.41 ต่อประชากรแสนคน สูงกว่าในรอบ 5 ปีที่ผ่านมาถึง 147 เท่า เป็นเพศหญิง 2,188 ราย เพศชาย 1,382 ราย อัตราส่วนเพศชายต่อเพศหญิงเท่ากับ 1 : 1.58 พบได้ทุกกลุ่มอายุ สูงสุดในวัยเรียน อายุ 10 - 14 ปี อัตราป่วย 8.06 ต่อประชากรแสนคน รองลงมาเป็นกลุ่มวัยทำงาน อายุ 25 - 29 ปี (7.84) อายุ 30 - 34 ปี (7.57) อายุ 20 - 24 ปี (6.97) และ 15 - 19 ปี (6.73) ยังไม่มีรายงานผู้เสียชีวิตจากโรคนี้ (สำนักโรคติดต่ออันตราย, 2561)

การดูแลรักษาปัจจุบันยังไม่มียาต้านไวรัสที่ใช้ในการรักษา ดังนั้น จึงเน้นการรักษาตามอาการเป็นหลัก โดยอาการในระยะเฉียบพลันมักเป็นอยู่ประมาณ 7 - 10 วัน ทั้งนี้ผู้ป่วยส่วนใหญ่มักมีอาการไม่รุนแรง (กรมการแพทย์, 2552)

2.1.3 โรคติดเชื้อไวรัสซิกา

ไวรัสซิกา (Zika virus) เป็นไวรัสที่เริ่มเป็นที่รู้จักตั้งแต่ปี พ.ศ. 2490 โดยถูกค้นพบครั้งแรกในเลือดของลิงแสม (macaque) ที่อาศัยอยู่ในป่าซิกา (Zika forest) ประเทศยูกันดา หลังจากนั้นเป็นเวลาเกือบ 70 ปี ที่เชื่อกันว่าไวรัสนี้ไม่ก่อให้เกิดโรคร้ายแรงใดๆ ในมนุษย์ เชื้อไวรัสซิกามีพาหะนำโรคคือ ยุงลาย (*Aedes spp.*) โดยผู้ป่วยที่ติดเชื้ออาจไม่มีอาการ หรือมีเพียงไข้ต่ำๆ และผื่นตามตัว ซึ่งสามารถหายไปเองได้โดยไม่ต้องรักษา นอกเหนือจากทวีปแอฟริกา อเมริกา และยุโรปแล้ว ยังมีรายงานพบผู้ป่วยโรคนี้จากประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เช่น กัมพูชา ฟิลิปปินส์ และประเทศไทย เป็นต้น จนกระทั่งต่อมาในช่วงปี พ.ศ. 2557-2559 นี้เองที่มีรายงานถึงความสามารถของไวรัสซิกาในการก่อให้เกิดโรครุนแรงทางระบบประสาท เช่น โรค Guillain-Barre syndrome และ meningoencephalitis หรือ myelitis ในมนุษย์ นอกจากนี้ยังพบว่าการระบาดของไวรัสซิกาในประเทศบราซิลสัมพันธ์กับอัตราการเกิดความผิดปกติของทารกในครรภ์แบบ microcephaly โดยพบอุบัติการณ์เพิ่มขึ้นกว่า 20 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงก่อนที่จะมีการระบาดของซิกาไวรัส ซึ่งมูลเหตุเหล่านี้เองที่ทำให้นานาชาติ รวมทั้งองค์การอนามัยโลกมีการตื่นตัวต่อการระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสซิกามากขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการติดเชื้อในหญิงตั้งครรภ์

สาเหตุเกิดจากเชื้อไวรัสซิกา (Zika virus; ZIKV) เป็นไวรัสในสกุล Flaviviridae ถูกตั้งชื่อตามสถานที่ที่พบไวรัสชนิดนี้ครั้งแรก คือ มาจากป่าซิกาในประเทศยูกันดา (ภาษายูกันดา zika แปลว่า ป่ารกชัฏ) โดยสามารถแยกเชื้อได้จากลิงวอก (*Rhesus macaque*)

การแพร่เชื้อไวรัสซิกาสู่มนุษย์จำเป็นต้องอาศัยพาหะที่สำคัญ คือ ยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) และยุงลายสวน (*Ae. albopictus*) โดยไวรัสจะเพิ่มจำนวนอยู่ในลำไส้ และต่อมน้ำลายของยุงชนิดนี้ ซึ่งมีถิ่นอาศัยอยู่ในแถบเอเชีย หมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิก และทวีปอเมริกาเป็นหลัก ส่วนน้อยอาจพบในทวีปแอฟริกา และยุโรปตอนใต้ ยุงลายมักจะกัดคนในเวลากลางวันโดยเฉพาะอย่างยิ่งภายในเคสสถาน ในขณะที่ยุงลายสวนมักจะออกหากินนอกเคสสถาน และกัดทั้งคน และสัตว์จนถึงปศุสัตว์ ไวรัสซิกามีวงจรชีวิตหลัก 2 แบบ คือ วงจรการติดต่อในป่า (sylvatic cycle) ระหว่างยุง - สัตว์มีกระดูกสันหลังในป่า (ลิง) - ยุง และ วงจรการติดต่อในเมือง (urban cycle) ระหว่างยุง - คน - ยุง นอกจากนี้ยังมีการรายงานว่าไวรัสซิกาสามารถติดต่อผ่านทางเพศสัมพันธ์ ติดต่อกับมารดาสู่ทารกในครรภ์ และยังสามารถตรวจพบไวรัสจากสารคัดหลั่งต่างๆ ของผู้ป่วย เช่น น้ำลาย ปัสสาวะ น้ำคร่ำ รก น้ำนม และน้ำสุจิ และมีรายงานว่าผู้ป่วยติดเชื้อไวรัสซิกาจากการถูกกัดอีกด้วย

อาการทางคลินิก ผู้ที่ติดเชื้ออาจมีผื่นแดงแบบ maculopapular ที่บริเวณลำตัว แขนขา ไข้ ปวดศีรษะเยื่อบุตาอักเสบตาแดง (แต่ไม่มีขี้ตา) ปวดข้อ อ่อนเพลีย อาจมีอาการต่อมน้ำเหลืองโต และอุจจาระร่วง ผู้ป่วยส่วนใหญ่มักมีอาการไม่รุนแรง โดยจะมีอาการคล้ายคลึงกับผู้ป่วยไข้เดงกี ส่วนน้อยอาจมีอาการ

เส้นประสาทอักเสบ (Guillain-Barre Syndrome: GBS) หรือความผิดปกติทางระบบประสาทอื่นๆ สำหรับหญิงตั้งครรภ์ที่ติดเชื้อไวรัสซิกาอาจแพร่เชื้อสู่ทารกในครรภ์ ซึ่งแตกต่างจากการติดเชื้อเดงกี คือ หญิงตั้งครรภ์ที่ติดเชื้อไวรัสซิกาอาจส่งผลกระทบต่อทารกในครรภ์ที่อาจทำให้มีภาวะศีรษะเล็กแต่กำเนิด (microcephaly) อาจพบมีหินปูนจับในเนื้อสมอง (intracranial calcifications) และอาจมีความพิการแต่กำเนิดภายนอก ร่วมด้วย เช่น ความผิดปกติของแขน ขา ข้อ เป็นต้น โดยอวัยวะที่ได้รับผลกระทบมากที่สุดคือ ระบบประสาท ระบบการมองเห็น การได้ยิน ซึ่งความผิดปกติดังกล่าวอาจตรวจพบตามมาในภายหลัง

การดูแลรักษาผู้ป่วยส่วนใหญ่มีอาการไม่รุนแรงให้การดูแลรักษาตามอาการ และ Supportive treatment ห้ามใช้ Aspirin และ NSAID เป็นยาแก้ปวดหรือลดไข้ ในกรณีที่พบหญิงตั้งครรภ์และทารกในครรภ์ติดเชื้อหรือสงสัยว่าติดเชื้อไวรัสซิกาให้ดูแลหญิงตั้งครรภ์ โดยสูติแพทย์ร่วมกับอายุรแพทย์ทั่วไป/อายุรแพทย์โรคติดเชื้อ และให้การรักษาดูแลตามอาการ พร้อมให้คำแนะนำปรึกษา (Psychosocial support/counseling) ทำ Fetal ultrasound ทันทีที่เริ่มดูแลพร้อมประเมินสุขภาพทารกในครรภ์ (Fetal surveillance) และการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ (หากพบความผิดปกติให้พิจารณาปรึกษาทีมแพทย์ผู้เชี่ยวชาญตามความเหมาะสม) (กองโรคติดต่ออันตราย, 2563 ข)

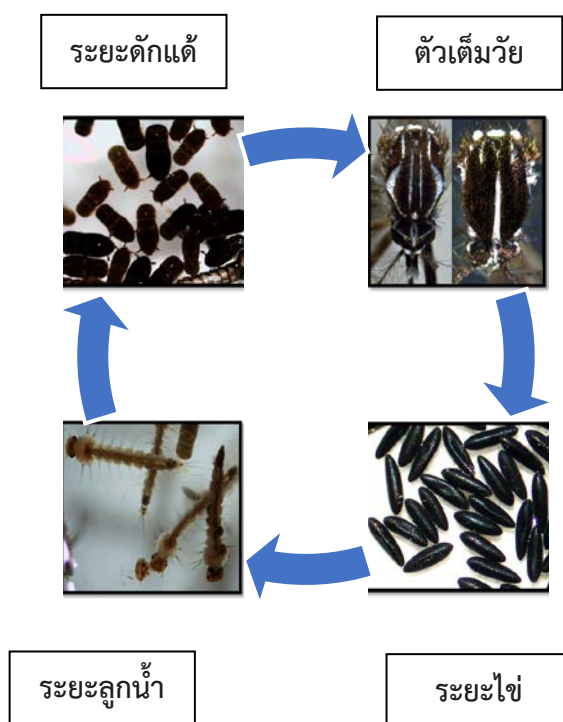
สถานการณ์ของโรคติดเชื้อไวรัสซิกาในประเทศไทย มีรายงานว่าตรวจพบภูมิคุ้มกันต่อเชื้อไวรัสซิกาในผู้ที่อาศัยในกรุงเทพมหานครประเทศไทย เมื่อปี พ.ศ. 2506 (ค.ศ. 1963) ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556 ซึ่งมีผู้ป่วยหญิงนักท่องเที่ยวจากประเทศแคนาดา เดินทางมาประเทศไทยในช่วงเวลา 21 มกราคม - 4 กุมภาพันธ์ 2556 และมีอาการป่วยระหว่างเดินทางกลับถึงประเทศแคนาดา โดยเริ่มป่วยวันที่ 4 กุมภาพันธ์ 2556 มีอาการไข้ อ่อนเพลีย ปวดศีรษะ กระสับกระส่าย หนาวสั่น คลื่นไส้ อาเจียน ปวดหลัง และปวดข้อ ได้รับการตรวจทางห้องปฏิบัติการยืนยันการติดเชื้อ Zika virus ส่วนในประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 - 2557 พบการระบาดของไข่ออกผื่นที่ไม่ทราบสาเหตุ 4 เหตุการณ์ มีผู้ป่วยรวมทั้งสิ้น 47 ราย ทุกรายให้ผลลบด้วยวิธีการตรวจทางภูมิคุ้มกันต่อการติดเชื้อหัด หัดเยอรมัน ชิคุนกุนยา และให้ผลลบด้วย วิธี PCR ต่อการติดเชื้อ ชิคุนกุนยา และเดงกี เมื่อนำตัวอย่างเลือดของผู้ป่วยทั้ง 47 รายส่งตรวจไปยังห้องปฏิบัติการของ US CDC ณ Ft Collin Colorado พบว่า 7 รายมีผลตรวจยืนยันติดเชื้อ Zika virus และในปี พ.ศ. 2559 ณ วันที่ 4 กรกฎาคม 2559 มีรายงานผู้ป่วยรวมทั้งสิ้น 97 ราย ใน 10 จังหวัด (บึงกาฬ พิษณุโลก อุตรดิตถ์ สุโขทัย กาญจนบุรี อุดรธานี นครราชสีมา นนทบุรี กรุงเทพมหานคร เพชรบูรณ์)

สถานการณ์ของโรคติดเชื้อไวรัสซิกา พ.ศ. 2561 พบผู้ป่วยติดเชื้อรวมทั้งสิ้น 306 ราย จาก 22 จังหวัด 86 อำเภอ รายงานผู้ติดเชื้อไวรัสซิการายใหม่ จำนวน 14 ราย จากกรุงเทพมหานคร นนทบุรี ปทุมธานี และพระนครศรีอยุธยา จำนวนผู้ป่วยรายสัปดาห์เปรียบเทียบกับ พ.ศ. 2559 - 2560 ตั้งแต่ 1 มกราคม 2559 - 3 สิงหาคม 2561 หญิงตั้งครรภ์ติดเชื้อไวรัสซิกา 130 ราย จำแนกเป็นผู้ติดเชื้อมีอาการ 76 ราย และผู้ติดเชื้อไม่มีอาการ 54 ราย ผลการติดตามหญิงตั้งครรภ์พบว่า แท้งบุตร 4 ราย มีสาเหตุจากการติดเชื้อไวรัสซิกา 2 ราย ไม่สัมพันธ์กับการติดเชื้อไวรัสซิกา 1 ราย และไม่สามารถระบุสาเหตุได้ 1 ราย (ไม่มีการเก็บตัวอย่างส่งตรวจทางห้องปฏิบัติการ) คลอดแล้ว 117 ราย พบทารกมีภาวะศีรษะเล็ก 4 ราย ซึ่งตรวจไม่พบสารพันธุกรรมของเชื้อไวรัสซิกา 4 ราย ระบบการเผื่อรังไข่ทารกแรกเกิดที่มีภาวะศีรษะเล็ก จากการเผื่อรังไข่ทารกศีรษะเล็ก

ทั้งสิ้น 285 ราย พบทารกที่ยืนยัน Congenital Zika syndrome 3 ราย จากจังหวัดสมุทรสาคร 2 ราย และ สุโขทัย 1 ราย

2.2 ยุงลายพาหะนำโรค

ยุงลายจัดอยู่ในอันดับ Diptera วงศ์ Culicidae สกุล Aedes ยุงลายในประเทศไทยมีมากกว่า 100 ชนิด บางชนิดเป็นพาหะนำโรคมาสู่คนและสัตว์ ยุงลายในสกุลนี้ที่สำคัญ 2 ชนิด คือ ยุงลายบ้าน *Ae. aegypti* และยุงลายสวน *Ae. albopictus* ยุงลายมีลักษณะการเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis หรือ holometabola) การเจริญเติบโตในแต่ละระยะต้องมีการลอกคราบ (molting) ซึ่งถูกควบคุมโดยฮอร์โมนที่สำคัญ 3 ชนิด คือ brain hormone, ecdysone และ juvenile hormone รูปร่างในแต่ละระยะแตกต่างกัน แบ่งเป็น 4 ระยะ คือ ระยะไข่ (egg) ระยะลูกน้ำ (larva) ระยะตัวมอด (pupa) และระยะตัวเต็มวัย (adult) (ภาพที่ 3)



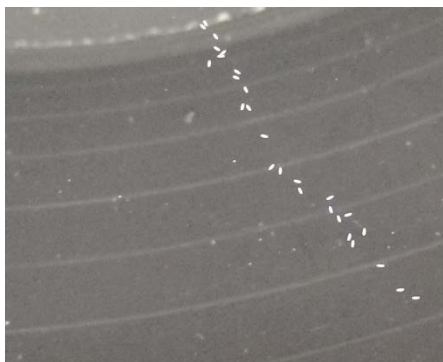
ภาพที่ 3 การเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis)

ที่มา : กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง

ระยะไข่

ลักษณะของไข่ยุงลายบ้านและยุงลายสวน คล้ายกันมากจนไม่สามารถแยกชนิดได้ ไข่ยุงลายมีลักษณะคล้ายกับชิการ์ ด้านยาววัดได้ประมาณ 609 ไมครอน ด้านกว้างประมาณ 192 ไมครอน ส่วนปลายด้านหน้าของไข่ค่อนข้างกลมมนและเรียวยาวมาทางด้านท้าย ไข่ที่วางใหม่ๆ จะมีสีขาว เปลือกนิ่ม สีจะเข้มขึ้นในเวลาต่อมา และเปลือกไข่จะแข็งขึ้นภายใน 12 - 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 4) ตามแต่สภาพอากาศ โดยทั่วไปไข่ของยุงลาย

ยังเจริญเติบโตไม่สมบูรณ์เต็มที่ที่ต้องใช้เวลาสักระยะเวลา 2-3 วัน จึงฟักตัวออกเป็นลูกน้ำได้ เนื่องจากเมื่อยุงเพศเมียจะวางไข่ก็จะปล่อยสเปิร์มที่เก็บไว้ในถุงเก็บสเปิร์มเข้าไปตามท่อไข่ และเข้าไปภายในไข่ที่ได้รับการพัฒนาการเจริญการเติบโต ขณะที่วางไข่ลงในแหล่งเพาะพันธุ์ก็จะเกิดขบวนการแบ่งเซลล์ขึ้น และเริ่มขบวนการพัฒนาการเจริญไปเป็นตัวอ่อนที่สมบูรณ์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงสภาพของตัวอ่อนภายในไข่จะเกิดขึ้นระหว่างการผสมที่อยู่ภายในไข่จนถึงระยะการฟักเป็นตัวอ่อน ดังนั้นยุงลายจึงวางไข่เป็นแนวเหนือระดับน้ำเล็กน้อยโดยประมาณ 1 ซม. เพื่อให้ไข่ที่อยู่ในระยะที่มีการพัฒนาความสมบูรณ์ได้รับความชื้นจนกระทั่งไข่ค่อยๆ แห้ง ซึ่งไข่ที่แห้งและภายในมีตัวอ่อนที่ได้รับการพัฒนาอย่างสมบูรณ์เต็มที่ จึงพร้อมที่จะฟักได้ทันทีเมื่อมีน้ำท่วมถึง ลักษณะการวางไข่ของยุงลายจะวางไข่ฟองเดี่ยวๆ อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม ยุงเพศเมียวางไข่ประมาณ 50 - 150 ฟอง/ครั้ง ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของตัวแม่พันธุ์และปริมาณเลือดที่ได้รับ ตลอดชีวิตยุงตัวเมียวางไข่ได้สูงสุด 7 ครั้ง ซึ่งส่วนใหญ่ 2 - 4 ครั้ง ไข่ยุงสามารถอยู่ในที่แห้งได้นานเป็นปี เมื่อระดับน้ำท่วมไข่จึงฟักตัวออกมาเป็นลูกน้ำ (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2553)



ไข่ยุงลายที่วางใหม่ๆ



ไข่ยุงลายที่พัฒนาสมบูรณ์เต็มที่

ภาพที่ 4 ไข่ยุงลาย

ที่มา : กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง

ระยะลูกน้ำ

การเจริญเติบโตมี 4 ระยะ ระยะที่ 1 มีขนาดประมาณ 1 มม. เมื่อเติบโตเต็มที่กลายเป็นระยะที่ 4 จะมีขนาด 6 - 7 มม. โดยใช้เวลาประมาณ 5 - 7 วัน ที่อุณหภูมิ 28 - 35 °C ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอาหารอาหารของลูกน้ำ ได้แก่ ตะไคร่น้ำ อินทรีย์สารต่างๆ และจุลินทรีย์เล็กๆ ในตุ่มน้ำ ลูกน้ำยุงลายกินอาหารที่บริเวณด้านข้างและก้นภาชนะ โดยใช้ขนบริเวณปากพัดโบกจุลินทรีย์ในน้ำเข้าไป หรือใช้ปากทะเล็พิเศษอินทรีย์สาร ในท่อหายใจของลูกน้ำมีลิ้นเปิดปิดพิเศษจะเปิดเพื่อนำอากาศเข้าขณะผิวน้ำและปิดเมื่อดำลงได้น้ำ ในภาวะที่มีอาหารสมบูรณ์จะโตเร็วใช้เวลาช่วงนี้สั้น ขณะที่เป็นลูกน้ำจะหายใจผ่านทางรูหายใจด้านข้างลำตัว (spiracle) และยังมีท่อหายใจสี่ช่องอยู่ที่ส่วนปลายของท่อนี้เรียกว่า siphon (ภาพที่ 5) บริเวณท่อหายใจมีลิ้นเปิดปิดได้ และมีระบบป้องกันน้ำผ่านเข้าสู่ทางเดินหายใจ ปกติลูกน้ำยุงลายจะลอยตัวทำมุม 90° กับผิวน้ำ แต่เมื่อมีแสงและเงาหรือถูกรบกวนจะหลบลงสู่ก้นภาชนะ ในการเปลี่ยนแปลงระยะการ

เจริญเติบโตของลูกน้ำต้องมีการลอกคราบทุกครั้ง หลังจากลอกคราบครั้งสุดท้ายจะกลายเป็นตัวโม่่ง ซึ่งยังคงอาศัยอยู่ในภาชนะซึ่งง่ายต่อการกำจัด ในการจำแนกชนิดของลูกน้ำยังใช้สัณฐานวิทยาของลูกน้ำในระยะที่ 3 ตอนปลายหรือระยะที่ 4 จะดีที่สุด เพราะเส้นขนต่างๆ เจริญเต็มที่ ลูกน้ำยุงลายบ้านและลูกน้ำยุงลายสวนมีลักษณะที่คล้ายคลึงกันมาก ไม่สามารถแยกได้ด้วยตาเปล่าต้องอาศัยการจำแนกภายใต้กล้อง stereo compound การจำแนกชนิดของลูกน้ำยุงลายทั้งสองชนิดจะอาศัยความแตกต่างของจำนวนเส้นขน (ventral brusher seta) ที่อยู่ที่ส่วนปลายของปล้องท้องปล้องสุดท้าย (สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง, 2558)



ภาพที่ 5 ลูกน้ำยุงลาย

ที่มา : กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง

คุณสมบัติทางด้านสรีรวิทยาเกี่ยวกับระดับ pH ของส่วนต่างๆ ในระบบทางเดินอาหารของลูกน้ำยุงลาย พบว่าในกระเพาะอาหาร (caeca) เป็นด่างเล็กน้อย เมื่อถึงช่วงลำไส้ส่วนกลาง (midgut) จะเป็นด่างมาก ส่วนในลำไส้ส่วนปลาย (hindgut) จะเป็นด่างอ่อนๆ หรือเกือบเป็นกลาง pH ของส่วนต่างๆ ในระบบทางเดินอาหารของลูกน้ำยุงลาย

ระยะดักแด้

หลังจากการลอกคราบของลูกน้ำครั้งที่ 4 จะเข้าสู่ระยะดักแด้ หรือเรียกว่า “ตัวโม่่ง” มีลักษณะคล้ายกับเลขหนึ่งไทย (ภาพที่ 6) โดยที่ส่วนหัวติดกับส่วนอกมองเห็นชัดเจน ตรงส่วนหัวจะมีท่อหายใจสี่เข็ม ลักษณะคล้ายแตร (trumpet) ดักแด้มักเกาะนิ่งกับผิวน้ำ เพื่อรับเอาออกซิเจนจากอากาศ โดยใช้ท่อหายใจและส่วนหลังของท้องปล้องแรกเกาะกับผิวน้ำ โดยที่ส่วนอกไม่แตะกับผิวน้ำ จึงทำให้เกิดเป็นช่องว่างระหว่างส่วนอกและผิวน้ำ ในระยะการเจริญเติบโตระยะนี้จะไม่กินอาหารและเคลื่อนไหวน้อย แต่เมื่อถูกรบกวนจะดำดิ่งลงได้ ผิวน้ำได้อย่างรวดเร็วและกลับขึ้นมาบนผิวน้ำอีกครั้งในเวลาอันสั้น ระยะดักแด้ประมาณ 1-2 วัน จึงลอกคราบออกเป็นตัวเต็มวัย



ภาพที่ 6 ดักแด่ยุงลาย

ที่มา : กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง และ IStockphoto LP. (2021)

ระยะตัวเต็มวัย

ยุงลายตัวเต็มวัยแบ่งออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนหัว (head) ส่วนอก (thorax) และ ส่วนท้อง (abdomen)

1. ส่วนหัว (head) มีลักษณะกลมเชื่อมติดกับส่วนอก ประกอบด้วยตา 1 คู่ ตาของยุงเป็นแบบตาประกอบ (compound eyes) มีหนวด (antenna) 1 คู่ ระวังปาก (palpi) 1 คู่ และมีอวัยวะเจาะดูด (proboscis) 1 อัน มีลักษณะเป็นแท่งเรียวยาวคล้ายเข็ม สำหรับแทงดูดอาหาร หนวดของยุงแบ่งเป็น 15 ปล้อง สามารถใช้จำแนกเพศของยุงได้ แต่ละปล้องจะมีขนโดยรอบในยุงตัวเมียขนนี้จะสั้นและไม่หนาแน่น (sparse) เรียกว่า pilose antenna ส่วนตัวผู้ขนจะยาวและเป็นพุ่ม (bushy) เรียกว่า plumose antenna หนวดของยุงเป็นอวัยวะที่ใช้ในการรับคลื่นเสียง ตัวผู้จะใช้รับเสียงการกระพือปีกของตัวเมีย, ความชื้นของอากาศ, รับคลื่น Palpi แบ่งเป็น 5 ปล้อง อยู่ติดกับ proboscis ในยุงทั้งตัว ปล้องตัวเมีย palpi จะตรงและยาวเท่ากับ proboscis ส่วนยุงตัวผู้ตรงปลาย palpi จะโป่งออกคล้ายกระบอก ในยุงอื่นที่ไม่ใช่ยุงทั้งตัว palpi ของตัวเมียจะสั้นประมาณ 1/4 ของ proboscis ส่วนตัวผู้ palpi จะยาว แต่ตรงปลายไม่โป่ง และมีขนมากที่สองปล้องสุดท้ายซึ่งจะงอขึ้น

2. ส่วนอก (thorax) มีปีก 1 คู่ ด้านบนของอก (mesonotum) ปกคลุมด้วยขนหยาดๆ และเกล็ด ซึ่งมีสีและลวดลายต่างๆ กัน เราใช้ลวดลายนี้สำหรับแยกชนิดยุงได้ ด้านข้างของอกมีเกล็ดและกลุ่มขน ซึ่งใช้แยกชนิดของยุงได้เช่นกัน ด้านล่างของอกมีขา แต่ละขาแบ่งออกเป็นช่วงต่างๆ คือ coxa ซึ่งมีขนาดสั้นอยู่ที่โคนสุด ต่อไปเป็น trochanter คล้ายๆ บานพับ, femur, tibia และ tarsus ซึ่งมีอยู่ 5 ปล้อง ปล้องสุดท้ายมีหนามงอๆ 1 คู่ เรียกว่า claws ขาก็มีเกล็ดสีต่างๆ ใช้แยกชนิดของยุงได้ ปีกมีลักษณะแคบและยาว มีลายเส้นปีก (veins) ซึ่งมีชื่อเฉพาะของแต่ละเส้นปีกจะมีเกล็ดสีต่างๆ กัน ตรงขอบปีกด้านหลังจะมีขนเรียงเป็นแถว เรียก fringe เกล็ดและขนบนปีกนี้ใช้ในการแยกชนิดของยุงได้เช่นกัน นอกจากนี้ยังมี halteres 1 คู่ มีลักษณะเป็นปุ่มเล็กๆ อยู่ต่อหลังจากปีก เมื่อยุงบิน halteres จะสั่นอย่างเร็วใช้ประโยชน์ในการทรงตัวของยุง

3. ส่วนท้อง (abdomen) มีลักษณะกลม ยาว ประกอบด้วย 10 ปล้อง แต่จะเห็นชัดเพียง 8 ปล้อง ปล้องที่ 9 - 10 จะตัดแปลงเป็นอวัยวะสืบพันธุ์ ในยุงตัวผู้จะใช้ส่วนนี้ใช้แยกชนิดของยุงได้

ยุงลายแต่ละชนิดจะมีลักษณะเด่นๆ ที่แตกต่างกันที่สามารถจำแนกชนิดด้วยลักษณะภายนอกได้ด้วยตาเปล่า คือ ตัวเต็มวัยของยุงลายบ้าน มีปล้องท้องและขาสีขาวสลับดำ ที่ตรงส่วนนอกด้านหลังจะมีเกล็ดขนสีขาวเรียงกัน คล้ายกับรูปเคียว 2 อัน ซึ่งต่างจากยุงลายสวนมีลักษณะที่เด่นชัด คือ มองเห็นสีดำสลับแถบสีขาวได้เห็นชัดเจนกว่ายุงลายบ้าน โดยเฉพาะบริเวณด้านข้างของลำตัวและส่วนขา จะมีแถบดำสลับขาวชัดเจน เกล็ดสีขาวบนด้านหลังของอกเป็นเส้นตรงเส้นเดียวพาดตามยาวตรงกลาง (ภาพที่ 7) ยุงตัวเต็มวัยจะเริ่มผสมพันธุ์เมื่ออายุประมาณ 24 ชั่วโมง ยุงลายตัวเมียผสมพันธุ์เพียงครั้งเดียวแต่วางไข่ได้หลายครั้ง ส่วนตัวผู้ผสมพันธุ์ได้หลายสิบครั้งในหนึ่งชั่วโมง หลังจากนั้นยุงตัวเมียจะออกกินเลือด ยุงลายชอบกินเลือดคน และหากินในเวลากลางวัน บางครั้งยุงลายอาจกัดคนในเวลากลางคืนแต่เป็นภาวะจำเป็น เช่น ไม่พบเหยื่อในเวลากลางวัน หลังจากกินเลือดอิ่มแล้ว ยุงตัวเมียจะไปเกาะพักรอให้ไข่เจริญเติบโต ซึ่งใช้เวลาประมาณ 2.5 - 3.5 วัน แหล่งเกาะพักของยุงลาย ได้แก่ บริเวณที่มีต อับลมในห้องน้ำในบ้าน โดยเฉพาะตามสิ่งห้อยแขวนภายในบ้าน เช่น เสื้อผ้า มุ้ง ม่าน หลังจากไข่เจริญเต็มที่แล้ว จะบินไปหาที่วางไข่ชอบที่ร่ม น้ำที่มีใบไม้ร่วงลงไปและมีสีน้ำตาล จะกระตุ้นการวางไข่ได้ดีแต่ยุงลายไม่ชอบน้ำที่มีกลิ่นเหม็น ยุงตัวผู้มีอายุขัยสั้นประมาณ 6 - 7 วัน ส่วนยุงตัวเมียมีอายุนานกว่าหากอาหารสมบูรณ์และความชื้นพอเหมาะ ยุงลายตัวเมียมีอายุได้นานประมาณ 30 - 45 วัน ยุงทั้ง 2 เพศ กินน้ำหวานจากเกสรดอกไม้ก็สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ แต่ส่วนใหญ่ยุงตัวเมียยังต้องการโปรตีนจากเลือดมนุษย์หรือสัตว์ เพื่อช่วยในการเจริญของไข่และใช้สร้างพลังงาน ยุงตัวเมียนั้นที่กัดคนและสัตว์เลือดจะเข้าไปช่วยในการเจริญของไข่ (สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง, 2558)



ยุงลายบ้านเพศผู้
ที่มา : กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง



ยุงลายบ้านเพศเมีย
ที่มา : กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง



ยุงลายสวนเพศผู้
ที่มา : ENTOMOLOGY TODAY. (2017).



ยุงลายสวนเพศเมีย
ที่มา : Orange County Mosquito and Vector Control District. (2017).

ภาพที่ 7 ตัวเต็มวัยของยุงลายบ้านและยุงลายสวน

ชีวนิสัยของยุงลาย

ยุงลายบ้านมีความใกล้ชิดกับคนมากกว่ายุงลายสวน นอกจากนี้ชีวนิสัยหรือพฤติกรรมของยุงยังเป็นปัจจัยสำคัญในการระบาดของโรค อย่างเช่น พฤติกรรมการออกหากินและการกินเลือดของยุงโดยเฉพาะยุงที่มีเชื้อจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดการแพร่ระบาดของโรค และหากช่วงเวลาการออกหากินมีความสัมพันธ์หรือสอดคล้องกับช่วงเวลาในการทำกิจกรรมของคนก็จะมีโอกาสที่ทำให้เกิดการสัมผัสระหว่างคนกับยุง (man-mosquito contact) มากขึ้นซึ่งโอกาสที่จะเกิดการแพร่ระบาดของโรคก็จะมากขึ้น

โดยทั่วไปยุงลายออกหากินในเวลากลางวัน แต่ถ้าในเวลากลางวัน ยุงลายไม่ได้กินเลือดหรือกินเลือดไม่เต็ม ยุงลายก็อาจออกหากินเลือดในเวลาพลบค่ำ หรือกลางคืนด้วย หากในห้องนั้นหรือบริเวณนั้นมีแสงสว่างเพียงพอช่วงเวลาที่พบยุงลายได้มากที่สุดมี 2 ช่วงในเวลาเช้าและในเวลาบ่ายถึงเย็น บางรายงานระบุว่าช่วงเวลาที่ยุงลายออกหากินมากที่สุดคือ 09.00 - 11.00 น. และ 13.00 - 14.30 น. แต่บางรายงานก็ระบุแตกต่างกันออกไป เช่น 06.00 - 07.00 น. และ 17.00 - 18.00 น. ยุงลายมีอัตราการกัดสูงสุดในฤดูร้อน คือ 30 ตัว/คน/พฤติกรรมการกัดของยุงลายพบว่าสำหรับเวลาที่กัดสูงสุดในช่วงเช้าคล้ายคลึงกันทุกฤดูกาล ยุงลายกินเลือดหลายครั้ง (multiple feeding) ก่อนที่จะครบวงจรการสร้างไข่ ทำให้ยุงชนิดนี้มีโอกาสแพร่กระจายเชื้อไวรัสได้มาก ในเวลาเดียวกันยุงตัวผู้จะมาเกาะคนได้เช่นเดียวกับตัวเมีย แสดงว่าคนสามารถดึงดูดยุงได้ทั้งสองเพศ อาจจะโดยปัจจัยที่มองเห็นได้ เช่น แสงสว่างความมืด หรือปัจจัยทางเคมี ยุงลายเริ่มกัดกินเลือดครั้งแรกเมื่อออกจากดักแด้ประมาณ 36 ชั่วโมงต่อมา จึงเริ่มผสมพันธุ์และวางไข่หลังจากกลายเป็นยุงแล้ว 96 ชั่วโมง

แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลาย

ยุงลายจะวางไข่ตามภาชนะขังน้ำที่มีน้ำนิ่งและใส น้ำฝนมักเป็นน้ำที่ยุงลายชอบวางไข่มากที่สุด ดังนั้นแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลายจะเป็นภาชนะที่สามารถขังน้ำได้ทุกชนิด ไม่ว่าจะเป็นภาชนะน้ำขังที่มนุษย์สร้างขึ้นและภาชนะธรรมชาติและแม้ว่าจะเป็นภาชนะที่มีน้ำขังเพียงเล็กน้อยก็ตาม ยุงลายก็สามารถวางไข่ได้ซึ่งน้ำที่ยุงลายชอบและเหมาะสำหรับการวางไข่ คือบริเวณน้ำที่ใส นิ่ง และไม่เน่าเสียยุงลายจะวางไข่ติดแน่นกับพื้นผิวของภาชนะบริเวณที่อยู่ในระดับเหนือน้ำเล็กน้อย โดยเฉพาะพื้นผิวภาชนะที่มีลักษณะขรุขระไข่ของยุงลายจะติดแน่น และสามารถทนทานอยู่ได้นาน เมื่อมีน้ำท่วมถึงก็จะสามารถฟักเป็นตัวอ่อนได้ในเวลาอันรวดเร็ว

แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลายบ้าน ส่วนใหญ่พบภายในบ้าน และบริเวณรอบ ๆ ใกล้เคียงบ้าน จากการสำรวจแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลายชนิดนี้พบว่าส่วนใหญ่เป็นภาชนะเก็บขังน้ำที่อยู่ภายในบ้านมากกว่าภาชนะเก็บขังน้ำที่อยู่นอกบ้าน นอกจากโอ่งน้ำแล้วยังมีภาชนะอื่น ถึงซีเมนต์ใส่น้ำ บ่อคอนกรีตในห้องน้ำ จานรองกันมดตุ่ม น้ำกินน้ำใช้ที่รองน้ำทิ้งใต้/หลังตู้เย็น ที่รองน้ำทิ้งในเครื่องทำน้ำเย็น แจกัน โถน้ำเลี้ยงไม้ประดับ กระจ่าง รางน้ำฝน จานรองกระถางต้นไม้ เป็นต้น

แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงลายสวน จะพบในบริเวณนอกบ้านที่ไกลออกไปจากตัวบ้าน ซึ่งบริเวณที่พบจะสัมพันธ์กับบริเวณที่มีต้นไม้มีร่มเงา ไม่มีแสงแดดส่อง และมีความชื้น อย่างเช่น บริเวณที่เป็นสวน ยุงลายสวนสามารถวางไข่ได้ดีในบริเวณที่มีน้ำขังเพียงเล็กน้อยโดยเฉพาะน้ำขังที่มีเศษใบไม้ปะปน เช่น กระถางปลูกต้นไม้ที่มีน้ำขังถ้วยรองน้ำยางในสวนยางรอยแตกตามซอกหิน โปรงต้นไม้รูตามต้นไม้ เช่น รูของสัตว์กัดแทะ พวก

กระรอก รอยแตกของเปลือกไม้ ต้นไม้ที่ถูกตัด กาบดอกมะพร้าว ลูกมะพร้าวที่ถูกสัตว์กัดเป็นรูทะลุทะลวง ใบมะพร้าว ใบตาล ใบปาล์ม กาบดอกหมาก เป็นต้น (สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง , 2556)

การแพร่กระจายของยุงลายในประเทศไทย

ยุงลายบ้านเป็นยุงที่มีแหล่งกำเนิดเดิมอยู่ในทวีปแอฟริกา ต่อมาจึงได้แพร่ไปยังประเทศต่าง ๆ ระหว่างเส้นรุ้งที่ 40° เหนือและใต้ โดยติดไปกับพาหนะที่ใช้ในการคมนาคมโดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเรือ สำหรับประเทศไทยไม่มีใครทราบแน่นอนว่ายุงลายได้เข้ามาแพร่พันธุ์ตั้งแต่เมื่อใด แต่มีรายงานปรากฏในวารสารวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการพบยุงลายในประเทศไทยเป็นครั้งแรกเมื่อปี พ.ศ. 2450 โดย F.V. Theobald เข้าใจว่าในระยะต้นๆ ยุงลายจะแพร่พันธุ์อยู่เฉพาะเมืองใหญ่ต่อมาในปี พ.ศ. 2508 จากรายงานของ J.E. Scanlon ระบุว่ายุงลายมิได้จำกัดอยู่เฉพาะในเมืองใหญ่ๆ แต่พบอยู่ทั่วไปทุกเมืองรวมทั้งในชนบทตามภาคต่าง ๆ ของประเทศไทย จะยกเว้นก็แต่เฉพาะชนบทที่แยกตัวออกจากเส้นทางคมนาคมเท่านั้น จากการศึกษาของ สมเกียรติ บุญอยู่บัญชา ที่ดอยปุยจังหวัดเชียงใหม่พบว่า การแพร่กระจายของยุงลายจะถูกจำกัดโดยความสูงของพื้นที่คือจะไม่พบยุงลายบ้านที่ระดับความสูง 1,000 ฟุตจากระดับน้ำทะเล ต่างจากยุงลายสวนซึ่งสามารถพบได้ทุกระดับความสูงแม้กระทั่งบนยอดเขาสูง 6,000 ฟุต อย่างไรก็ตามเมื่อไม่นานมานี้มีรายงาน จากบางประเทศว่าสามารถพบยุงลายบ้านได้ที่ระดับความสูงมากกว่า 7,000 ฟุต แล้วที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากอุณหภูมิบนภูเขาสูงขึ้นทำให้ยุงลายสามารถแพร่พันธุ์ได้ (สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง , 2556)

2.3 การควบคุมยุงพาหะ

การควบคุมยุงพาหะเป็นมาตรการหลักซึ่งจะให้ผลโดยสมบูรณ์ต้องดำเนินการทั้งในระยะที่เป็นลูกน้ำ และระยะที่เป็นตัวเต็มวัย วิธีการควบคุมหรือกำจัดยุงพาหะนำโรค มีหลายวิธีอาจแบ่งเป็น 3 วิธีคือ

1. วิธีทางกายภาพ (Physical control)
2. วิธีทางชีวภาพ (Biological control)
3. วิธีทางเคมี (Chemical control)

การเลือกใช้ต้องพิจารณาความเหมาะสมกับปัจจัยต่างๆ เช่น ระยะตัวเต็มวัย ระยะลูกน้ำ ประเภทของแหล่งเพาะพันธุ์ ความปลอดภัยต่อมนุษย์สัตว์เลี้ยงและสิ่งแวดล้อมด้านความสะดวกในการใช้ด้านค่าใช้จ่าย เป็นต้น ซึ่งแหล่งเพาะพันธุ์บางแห่งอาจใช้เพียงวิธีการใดวิธีการหนึ่งก็สามารถควบคุมและกำจัดลูกน้ำยุงลายได้ผลดี แต่แหล่งเพาะพันธุ์บางแห่งจำเป็นต้องใช้วิธีการหลายๆ วิธีร่วมกันเป็นการบริหารจัดการพาหะนำโรคแบบผสมผสาน (Integrated Vector Management หรือ IVM) (สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง, 2559)

หลักการป้องกันและควบคุมยุงพาหะนำโรค

มาตรการป้องกันควบคุมโรคที่สำคัญ ได้แก่ ป้องกันคนไข้และคนปกติไม่ให้ถูกยุงกัด กำจัดยุงและลูกน้ำ ลดแหล่งเพาะพันธุ์ไม่ให้ยุงสามารถแพร่พันธุ์เพิ่มความหนาแน่นได้

วัตถุประสงค์ของการป้องกันและควบคุมยุงพาหะนำโรค

1. ลดความความชุกชุมของพาหะนำโรค หมายถึง การใช้มาตรการต่อยุ่งเพื่อให้ความชุกชุม ของยุ่งพาหะต่ำลงจนลดโอกาสการแพร่เชื้อโรคลงได้

2. ลดอายุยุ่งพาหะนำโรค โดยทั่วไปยุ่งตัวเมียต่างๆไป จะมีอายุประมาณ 1 เดือน หากสามารถลดอายุของยุ่งให้สั้นลงโอกาสที่จะแพร่เชื้อก็จะลดลงเช่นกัน และหากลดอายุให้สั้นกว่า 1 สัปดาห์โอกาสที่ยุ่งจะแพร่เชื้อได้ต่ำมาก

3. ลดการสัมผัสระหว่างคนและพาหะนำโรค วิธีการแพร่โรคติดต่อที่นำโดยแมลงส่วนใหญ่เกิดจากการถูกยุงกัด หากป้องกันไม่ให้ถูกยุงกัดได้จะเป็นการป้องกันโรคได้เกือบร้อยเปอร์เซ็นต์

วิธีการป้องกันและควบคุมพาหะนำโรค

จากวงจรชีวิตของยุ่งพาหะนำโรคซึ่งประกอบไปด้วย ระยะไข่ ระยะตัวอ่อน ระยะตัวโม่งและระยะตัวเต็มวัย สามารถแบ่งกลุ่มการควบคุมได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆคือการควบคุมระยะตัวอ่อนและการควบคุมระยะตัวเต็มวัยสำหรับการระยะตัวอ่อน ได้แก่ การกำจัดลูกน้ำและลดแหล่งเพาะพันธุ์จะมีสำคัญและมีประสิทธิภาพสูงหากสามารถทำได้ถูกต้อง ครอบคลุม และทันเวลา

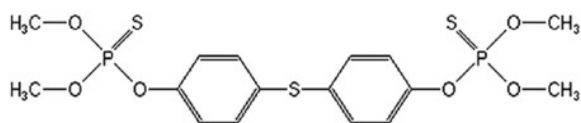
การควบคุมตัวยุ่ง การควบคุมยุ่งพาหะนำโรคควรดำเนินการควบคุมระยะลูกน้ำ แต่บางครั้งมีข้อจำกัดในการดำเนินการดังนั้น หากไม่สามารถกำจัดลูกน้ำได้จำเป็นต้องกำจัดตัวยุ่งโดยอาจใช้วิธีทางกายภาพหรือวิธีกล เช่น การใช้สารชักล้างการใช้ ไม้ตบไฟฟ้า นอกจากนั้นอาจป้องกันตนเองจากยุงกัด เช่น การใช้มุ้งลวด การใช้มุ้ง การใช้พืชไล่ยุงแต่หากไม่สามารถหยุดยั้งการแพร่โรคได้ หากจำเป็นต้องใช้สารเคมีควรใช้เท่าที่จำเป็น เช่น สารเคมีขุบวัสดุแขวน เพื่อล่อให้ยุ่งมาเกาะวัสดุที่แขวนนั้นสารเคมีนั้นก็มีฤทธิ์ฆ่ายุ่ง หรือสารเคมีบางชนิดจะมีฤทธิ์ในการขับไล่ยุ่งให้ออกนอกบ้านด้วย สำหรับการพ่นยูแอลวีหรือการพ่นหมอกควัน ให้ดำเนินการเฉพาะ เพื่อการควบคุมโรคเมื่อเกิดโรคการดำเนินการอย่างรวดเร็วทันเวลา ถูกต้องทางเทคนิคและครอบคลุมรอบบ้านผู้ป่วยรัศมี 100 - 200 เมตร เมื่อพบผู้ป่วยจะสามารถหยุดยั้งการแพร่โรคได้รวดเร็ว

การควบคุมลูกน้ำยุ่งลาย เป็นยุ่งที่วางไข่ในภาชนะขังน้ำที่สร้างขึ้น หรือตามเศษวัสดุขยะ บริเวณใกล้เคียงกับแหล่งหากินเลือดโดยทั่วไปรัศมีไม่เกิน 500 เมตร ดังนั้นมาตรการกำจัดควรดำเนินการ ควรดำเนินการกับแหล่งเพาะพันธุ์จะครอบคลุมและรวดเร็วซึ่งจำเป็นต้องดำเนินการให้ถูกต้องครอบคลุม และทันเวลาอย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์โดยเน้นที่ชุมชนและครัวเรือนต้องมีส่วนร่วมดำเนินการ วิธีการกำจัดลูกน้ำที่สำคัญได้แก่ ได้แก่ การลดแหล่งเพาะพันธุ์การควบคุมทางกายภาพ การควบคุมโดยชีววิธีการใช้สารเคมีจุลินทรีย์หรือสารยับยั้งการเจริญเติบโตสามารถลดความหนาแน่นของลูกน้ำยุ่งและตัวเต็มวัยได้ แต่ไม่สามารถลดอายุขัยและการสัมผัสระหว่างคนกับยุ่งพาหะได้การกำจัดควบคุมลูกน้ำยุ่งต้องทำทุกระยะการแพร่โรคทั้งก่อนการระบาด ระหว่างการระบาดและหลังการระบาด

สารเคมีที่ใช้ควบคุมลูกน้ำยุ่งลาย

1. ทรายกำจัดลูกน้ำ เป็นสารเคมีกลุ่ม Organo-phosphorous Compound ที่มีฤทธิ์ในการกำจัดลูกน้ำ (larvicide) มีความเข้มข้น 1% โดยน้ำหนัก เนื้อมาจากเคลือบไว้น้ำมันทราย

สูตรโครงสร้าง (Empirical Formula) : C₁₆ H₂₀ O₆ P₂ S₃



ภาพที่ 8 โครงสร้างของ เทมีฟอส

ที่มา : Benitez-Trinidad AB et al.(2015)

ชื่อทั่วไป (Common name) : เทมีฟอส

ความคงทน (Stability) : ที่อุณหภูมิ 25°C เมื่อใส่ทรายเคลือบเทมีฟอสลงในน้ำ ทรายจะคงสภาพได้นานในน้ำบริสุทธิ์และสลายตัวเร็วในน้ำที่มีสภาพเป็นด่าง หรือกรดค่อนข้างสูง และสลายตัวเร็วขึ้นตามอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ความเป็นพิษ : ในหนูทดลอง acute oral LD₅₀ ประมาณ 8,600 มก./กก. เป็นพิษสูงต่อตัวอ่อนของ ยุง ริ่นฝอยทราย แมลงหวี่ช่น ริ่นดำ และเหา แม้ว่า “เทมีฟอส” จะมีพิษน้อยต่อคน และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมอื่นๆ แต่ “เทมีฟอส” มีความเป็นพิษสูงต่อนกหลายชนิด เช่น ไก่ฟ้า นกกระทานกเขา และเป็ด (พาลาภ, 2537) แต่หากใช้ในปริมาณที่แนะนำ พิษจะไม่รุนแรงต่อสัตว์ปีกเหล่านี้ นอกจากนี้พิษต่อปลาค่อนข้างต่ำมาก ยกเว้นปลาเทร้า (Rainbow trout) จะมีความไวต่อสารสูงมาก และยังมีรายงานว่าปลาตระกูลปลาไนก็มีความไวต่อสารเคมีนี้เช่นกัน ดังนั้นควรระวังสัตว์เหล่านี้ด้วยเวลาใช้ทราย ลูกน้ำได้รับอันตรายโดยการกินเทมีฟอสที่ละลายในน้ำพร้อมอาหาร การได้รับทางผิวหนังมีผลต่อลูกน้ำน้อยกว่าการกิน สามารถฆ่าลูกน้ำให้ตายได้ในระยะเวลา 1 วัน มีฤทธิ์คงทนนานไม่น้อยกว่า 3 เดือน

การใช้ : อัตราการใช้ควบคุมยุงลาย 1 กรัม/น้ำ 10 ลิตร ซึ่งจะได้สารเทมีฟอสในน้ำมีความเข้มข้น 1 ppm (หมายถึงสารเคมี 1 ส่วน ในน้ำ 1 ล้านส่วน)

รูปแบบที่ใช้กันมากในประเทศไทย ได้แก่ ทรายกำจัดลูกน้ำเทมีฟอส 1% เหมาะสมในการใช้ควบคุมลูกน้ำยุงลายซึ่งเพาะพันธุ์ในภาชนะขังน้ำ เนื่องจากน้ำไม่ไหลถ่ายเทไปสู่แหล่งอื่น ไม่เหมาะสมในการกำจัดลูกน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นน้ำนิ่ง หรือน้ำไหลเนื่องจากเม็ดทรายจะจมลงในตะกอนดิน อินทรีย์วัตถุ และน้ำไหลจะทำให้สารเคมีเจือจางอย่างรวดเร็วไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงได้

ข้อดีของเทมีฟอส คือ ราคาถูกใช้อย่างประชาชนรู้จัก และส่วนใหญ่ให้การยอมรับมีฤทธิ์ฆ่าลูกน้ำยุงลายได้นาน แต่ยังมีข้อจำกัดกล่าว คือ ถึงแม้จะเป็นสารเคมีที่จัดว่ามีความปลอดภัยต่อคน สัตว์ และสิ่งแวดล้อมสูง แต่ยังมีประชาชนบางส่วนไม่ยอมรับ ความเป็นพิษไม่เฉพาะเจาะจงกับลูกน้ำ แต่ยังมีพิษต่อแมลง และไรน้ำที่มีประโยชน์ในภาชนะที่ขังน้ำด้วย เช่น ลูกน้ำยุงยักซ์ ไรน้ำจืด เป็นต้น (สำนักโรคติดต่ออุบัติใหม่, 2559)

2. แบคทีเรียกำจัดลูกน้ำยุง

แบคทีเรียใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุง คือ *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* รูปแบบที่ผลิตประกอบด้วย ชนิดผง ชนิดเม็ดละลายน้ำ ชนิดทึบละลายน้ำยุงลายได้ประมาณ 1 - 4 สัปดาห์ ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละผลิตภัณฑ์

แบคทีเรียชนิดนี้มีประสิทธิภาพดี ในการกำจัดลูกน้ำยุงลายและลูกน้ำยุงก้นปล่อง แต่ได้ผลไม่มากนัก สำหรับการกำจัดลูกน้ำยุงรำคาญ ได้รับการผลิตออกจำหน่าย ตามท้องตลาด มีชื่อการค้าแตกต่างกันไปและมีหลายสูตรให้ เลือกใช้ตามความเหมาะสมกับชนิดของแหล่งน้ำและชนิดของลูกน้ำยุง เช่น

1. สูตรเคลือบเม็ดทราย ใช้ได้กับภาชนะกักเก็บน้ำต่างๆเพื่อกำจัดลูกน้ำยุงลาย เนื่องจากลูกน้ำยุงลายหากินที่ก้นภาชนะ (เป็น bottom feeder) แบคทีเรียสูตรเคลือบเม็ดทรายจะจมลงสู่ก้นภาชนะ ลูกน้ำยุงลายก็จะกินแบคทีเรียเข้าไป เมื่อแบคทีเรียผ่านเข้าไปสู่กระเพาะอาหารของลูกน้ำยุงที่มีสภาพเป็นด่างผลึกสารพิษของแบคทีเรียก็จะแตกตัวทำให้ระบบทางเดินอาหารของลูกน้ำ เป็นอัมพาต เยื่อกระเพาะอาหารถูกทำลายทำให้ ลูกน้ำยุงตายภายใน 24 ชั่วโมง แบคทีเรียสูตรเคลือบเม็ดทรายไม่เหมาะที่จะใช้ใน แหล่งน้ำธรรมชาติ เพราะทรายจะจมลงไปกับโคลนตม ทำให้ประสิทธิภาพลดลง อย่างไรก็ตาม บริษัทผู้ผลิตได้ยกเลิกการผลิตแบคทีเรีย สูตรเคลือบเม็ดทรายไปแล้ว

2. สูตรของเหลว ใช้ได้กับภาชนะกักเก็บน้ำต่างๆเพื่อกำจัดลูกน้ำยุงลาย อัตราที่แนะนำให้ใช้ คือ 1 ซีซี ต่อน้ำ 200 ลิตร สำหรับการใช้กับแหล่งน้ำ ธรรมชาติเพื่อกำจัดลูกน้ำยุงรำคาญและตัวอ่อนของริ้นน้ำจืดชนิดต่างๆ แนะนำให้ใช้ในอัตรา 500 ซีซี ต่อพื้นที่ 1 ไร่

3. สูตรเม็ด ใช้ได้กับภาชนะกักเก็บน้ำต่างๆ เพื่อกำจัดลูกน้ำยุงลาย สำหรับสูตรเม็ดนี้จะใช้ได้สะดวก อัตราที่แนะนำให้ใช้ คือ 1 เม็ด ต่อน้ำ 1 ตุ่ม/โถงเล็ก (200 ลิตร) ผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป Bti ชนิดเม็ดนี้ ที่มีความเข้มข้น 500 ITU/mg เมื่อนำไปทดสอบ ประสิทธิภาพเพื่อกำจัดลูกน้ำยุงในสภาพจำลองธรรมชาติ พบว่าสามารถควบคุมลูกน้ำยุงลายในภาชนะชั่งน้ำขนาดจุ 160 ลิตร ได้นาน 3 เดือนในภาชนะที่ไม่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำ และได้นาน 2 เดือนในภาชนะที่มีการเปลี่ยนถ่ายน้ำปริมาณ 20 % ทุกวัน แบคทีเรีย สูตรเม็ดมีหลายความเข้มข้น ขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย คาดว่าเมื่อนำผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป Bti ที่พัฒนาได้นี้ไปใช้จะสามารถช่วยควบคุม ชำ/กำจัดลูกน้ำยุงลาย ซึ่งเป็นพาหะของโรคไข้เลือดออก ผลทางอ้อมที่จะได้รับคือการควบคุมป้องกันการแพร่ระบาดของโรคไข้เลือด ออกตามแหล่งชุมชน ซึ่งมีอยู่ทั่วทุกภูมิภาคของประเทศไทย

4. สูตรเคลือบขังข้าวโพด เหมาะสำหรับใช้กำจัดลูกน้ำยุงก้นปล่องในแหล่งน้ำธรรมชาติ เนื่องจากลูกน้ำยุงก้นปล่อง มักหากินบริเวณผิวน้ำ (เป็น surface feeder) ขังข้าวโพดก็ลอยน้ำทำให้แบคทีเรียกระจายตัวอยู่บริเวณใกล้ผิวน้ำ ลูกน้ำยุงก้นปล่องจึงมีโอกาสกินแบคทีเรียเข้าไปได้มากกว่า สูตรอื่นๆ อัตราที่แนะนำให้ใช้ คือ 180 กรัมต่อพื้นที่ผิวน้ำ 100 ตารางเมตร แบคทีเรียสูตรนี้ ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้กำจัดลูกน้ำยุงลายที่ต้องใส่ง ในภาชนะกักเก็บน้ำ เพราะเมื่อขังข้าวโพดเปียกยุ่ยจะทำให้เน่าเสียได้ (สำนักโรคติดต่ออันตราย, 2558)

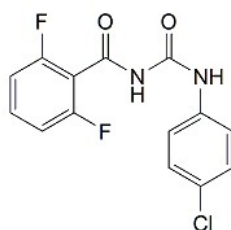
กลไกการออกฤทธิ์: สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ออกฤทธิ์ที่ลำไส้ส่วนกลางของแมลง โดยเชื้อแบคทีเรียสามารถสร้างผลึกโปรตีนสารพิษในตัว เมื่อแมลงกินผลึกโปรตีนของเชื้อชนิดนี้ผลึกก็จะละลายภายใต้สภาพต่างของ

ทางเดินอาหารของแมลง และปลดปล่อยสารพิษ (Cry toxins) ออกมา สารพิษที่ถูกปลดปล่อยออกมาตอนแรก ยังอยู่ในสภาพที่ไม่เป็นพิษ (protoxin) ต่อมาน้ำย่อยภายในทางเดินอาหารของแมลงจะย่อยสารพิษที่อยู่ในสภาพที่ไม่เป็นพิษจนกลายเป็นสารที่เป็นพิษ (toxin) ต่อแมลง สารพิษนี้จะไปจับกับ cadherin ที่บริเวณผิวของทางเดินอาหารส่วนกลาง ทำให้เกิดการสร้างรู (pores) ที่ผนังทางเดินอาหารของแมลง ทำให้เกิดการสูญเสียสมดุลของร่างกาย เช่น สมดุลของไอออนต่างๆ แมลงเกิดอาการป่วยและติดเชื้อในกระแสโลหิตตาย (septicemia) (สุภรดา และคณะ, 2563)

การเก็บรักษาและข้อควรระวัง ควรเก็บแบคทีเรียกำจัดลูกน้ำไว้ในที่แห้งและเย็น อย่าให้ถูกแสงแดด ความร้อน และความชื้น และควรเก็บให้พ้นมือ เด็ก ห่วงไกล จากอาหารและสัตว์เลี้ยงหากสัมผัสกับดวงตา ควรล้างทำความสะอาดด้วยน้ำทันที การใช้งานควรสวมถุงมือและผ้าปิดจมูก เมื่อมีการใช้งาน

3. สารกำจัดลูกน้ำ ไدفูเบนซูรอน

สูตรโครงสร้าง สูตร: $C_{14}H_9ClF_2N_2O_2$



ภาพที่ 9 โครงสร้างของ ไدفูเบนซูรอน

ที่มา : National Center for Biotechnology Information (2021).

ชื่อทั่วไป ไدفูเบนซูรอน

ไدفูเบนซูรอน เป็นยาฆ่าแมลงในระดับ benzoylurea มันถูกใช้ในการจัดการป่าไม้และพืชไรในการควบคุมแมลงศัตรูพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงหนอนผีเสื้อตัวเต็มวัย แมลงด้วง แมลงเม่ายิปซี และผีเสื้อกลางคืนชนิดอื่นๆ มันเป็นตัวอ่อนที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย ในประเทศอินเดียสำหรับการควบคุมของตัวอ่อนยุงโดยเจ้าหน้าที่สาธารณสุข

กลไกการออกฤทธิ์ : สารฆ่าแมลงกลุ่มนี้ออกฤทธิ์ต่อระบบการเจริญเติบโต สารกลุ่มนี้ได้แก่ สารกลุ่มเบนโซอิลยูเรีย ซึ่งเป็นสารอนุพันธ์ของยูเรีย มีคุณสมบัติในการควบคุมการเจริญเติบโตของแมลงในระยะหนอนผีเสื้อ โดยสารจะไปจับกับเอนไซม์ chitin synthase (CHS1) ทำให้ยับยั้งการสังเคราะห์สารไคติน (chitin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังลำตัวของหนอนผีเสื้อ เมื่อแมลงไม่มีสารไคตินที่ผนังลำตัว จึงทำให้แมลงตายในขั้นตอนการลอกคราบเนื่องจาก ผนังลำตัวที่สร้างขึ้นใหม่จะไม่แข็งแรงเปราะบางผิดปกติปริแตกง่าย ทำให้น้ำระเหยออกจากลำตัวแมลงได้ง่ายภายหลังการลอกคราบแมลงจึงขาดน้ำตาย นอกจากนี้

ผนังลำตัวที่สร้างขึ้นใหม่จะอ่อนนิ่มเกินไป ไม่สามารถพยุงโครงสร้างรูปทรงของอวัยวะต่างๆ ได้ทำให้แมลงพิการ (สุภรดา และคณะ, 2563)

ความเป็นพิษ เป็นกลุ่ม benzoylphenyl urea ซึ่งมีความเป็นพิษต่ำในคนและสัตว์มีกระดูกสันหลัง ถ้ากินเข้าไปอาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน (จุลสารพิษวิทยา, 2006)

ค่าความปลอดภัย LD₅₀ ทดสอบกับหนูทางปาก > 4,640 mg/kg

ข้อควรระวัง

1. การใช้สารทั้งสองชนิดนี้ไม่ควรใช้ในแหล่งน้ำธรรมชาติที่มีกุ้ง และแมลงในน้ำอื่นที่มีประโยชน์อาศัยอยู่ เนื่องจากเป็นสัตว์ที่ต้องมีการลอกคราบเพื่อเจริญเติบโตเช่นกัน จะทำให้สัตว์เหล่านี้สูญเสียพันธุ์ได้ทำให้เกิดการเสียสมดุลของระบบนิเวศได้

2. หากจะใช้สารนี้ควบคุมลูกน้ำยุงรำคาญ (ยุงน้ำครำ *Culex quinquefasciatus*) ควรพิจารณาใช้เป็นจุด ๆ ไป ไม่ควรใช้อย่างหว่านแหทุกพื้นที่ เพื่อป้องกันการเกิดการต้านทาน และที่สำคัญลูกน้ำยุงรำคาญไม่ได้มีในทุแหล่งที่มีน้ำเน่า น้ำครำ ต้องทำการสำรวจก่อนว่ามีลูกน้ำหรือไม่

3. ไม่ควรใช้ในท่อระบายน้ำที่สามารถระบายน้ำได้หมดโดยไม่มีช่วงน้ำขัง เนื่องจากถ้าน้ำไหลตลอดเวลาจะทำให้กระแสน้ำพัดสารยับยั้งการเจริญเติบโตไปหมดและอาจไหลลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติได้ ที่สำคัญแมยุงจะไม่สามารถวางไข่ในน้ำที่ไหล รวมทั้งลูกน้ำก็ไม่สามารถอาศัยอยู่ได้เช่นกัน

4. ต้องใช้ความเข้มข้นให้ถูกต้องอย่างเคร่งครัด เพื่อความปลอดภัยของสิ่งแวดล้อม และที่สำคัญสารเคมีชนิดนี้มีราคาค่อนข้างแพงมาก จึงควรใช้อย่างประหยัดตามความจำเป็นอย่างมีเหตุผล

2.4 การทดสอบประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนของสารเคมีกำจัดลูกน้ำยุงลาย (สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง, 2557)

การใช้สารกำจัดลูกน้ำเป็นมาตรการเสริมในการควบคุมยุงลายพาหะนำโรค ซึ่งการควบคุมลูกน้ำเป็นวิธีการที่ทำได้ง่ายและหากมีการดำเนินการเป็นประจำอย่างต่อเนื่อง จะสามารถช่วยลดความหนาแน่นของประชากรยุงลงได้ ปัจจุบันผลิตภัณฑ์สารกำจัดลูกน้ำออกมาจำหน่ายในท้องตลาดหลากหลายประเภท ซึ่งมีทั้งรูปแบบ และสารออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน เช่น สารกำจัดลูกน้ำที่เป็นสารเคมีกำจัดแมลง สารกำจัดลูกน้ำที่เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง หรือสารกำจัดลูกน้ำที่เป็นเชื้อชีววินทรีย์ เป็นต้น ซึ่งผลิตภัณฑ์เหล่านั้นต่างมีกลไกออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน และมีการใช้ที่แตกต่างกัน ก่อให้เกิดปัญหาเรื่องความไม่มั่นใจในประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวในการควบคุม ดังนั้นการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สารกำจัดลูกน้ำที่มีขายตามท้องตลาด จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สามารถช่วยให้การควบคุมลูกน้ำยุงลายประสบผลสำเร็จได้

สารเคมีที่ใช้กำจัดลูกน้ำยุงลาย

1) เทมโฟสกำจัดลูกน้ำ เป็นสารเคมีที่มีชื่อสามัญว่า เทมโฟส (Temephos) ซึ่งเป็นสารเคมีสังเคราะห์ในกลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต (organophosphates) ลูกน้ำได้รับอันตรายโดยการกิน เทมโฟสที่ละลายในน้ำพร้อมอาหาร การได้รับทางผิวหนังมีผลต่อลูกน้ำน้อยกว่าการกิน สามารถฆ่าลูกน้ำให้ตายได้ในระยะเวลา

1 วัน มีฤทธิ์คงทนนานไม่น้อยกว่า 3 เดือน รูปแบบที่ใช้กันมากในประเทศไทย ได้แก่ ทรายกำจัดลูกน้ำ เหมีฟอส 1% เหมาะสมในการใช้ควบคุมลูกน้ำยุงลายซึ่งเพาะพันธุ์ในภาชนะขังน้ำ เนื่องจากน้ำไม่ไหลถ่ายเทไปสู่แหล่งอื่น ไม่เหมาะสมในการกำจัดลูกน้ำตามแหล่งน้ำธรรมชาติ ไม่ว่าจะเป็นน้ำนิ่ง หรือน้ำไหลเนื่องจาก เม็ดทรายจะจมลงในตะกอนดิน อินทรีย์วัตถุ และน้ำไหลจะทำให้สารเคมีเจือจางอย่างรวดเร็วไม่สามารถฆ่า ลูกน้ำยุงได้วิธีการใช้ทรายกำจัดลูกน้ำ เหมีฟอส 1% : อัตราการใช้ควบคุมยุงลาย 1 กรัม/น้ำ 10 ลิตรซึ่งจะได้ สารเคมีฟอสในน้ำมีความเข้มข้น 1 ppm. (หมายถึง สารเคมี 1 ส่วนในน้ำ 1 ล้านส่วน)

2) แบคทีเรียกำจัดลูกน้ำยุง แบคทีเรียใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุงที่สามารถนำ มาใช้ ได้แก่ 1) *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* รูปแบบที่ผลิต ประกอบด้วย ชนิดผง ชนิดเม็ดละลายน้ำ ชนิดท่อนลอยควบคุม ลูกน้ำยุงลายได้ประมาณ 1 - 4 สัปดาห์ ซึ่งแตกต่างกันไปในแต่ละผลิตภัณฑ์ 2) Spinosad เป็นสารพิษที่สกัด ได้จากแบคทีเรีย *Saccharopolyspora spinosa* มีผลิตรูปแบบ ชนิดเม็ดละลายน้ำเคลือบเม็ดทรายควบคุม ลูกน้ำยุงลายได้ประมาณ 8 สัปดาห์

3) สารยับยั้งการเจริญเติบโต สารยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำที่ได้รับการรับรองจากองค์การ อนามัยโลกรูปแบบเหมาะสมในการนำมาใช้ ได้แก่ Pyriproxyfen รูปแบบเคลือบเม็ดทราย และ ไดฟูเบนซู รอน รูปแบบเม็ดละลายน้ำ

วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้ประกอบด้วย โถงดินเผาหรือปูน หรือซีเมนต์ ขนาด 50 - 200 ลิตร ผ้ามุ้ง หรือ ตาข่ายที่สามารถป้องกันยุงได้ สารเคมีที่ใช้ทดสอบต้องเหมาะสมต่อการนำไปใช้ควบคุมลูกน้ำยุงลาย และ ลูกน้ำยุงทดสอบให้ใช้ลูกน้ำยุงลายบ้านหรือยุงลายสวน ที่เลี้ยงจากห้องปฏิบัติการ ใช้ลูกน้ำระยะที่ 3

วิธีการทดสอบ

1. เตรียมโถงดินเผา/ปูน หรือซีเมนต์ ที่ใช้เป็นภาชนะทดสอบนำเข้าไปตั้งในบ้านเรือน โดยตั้งบริเวณที่มีร่มเงา และมีหลังคาปกคลุม วางโถงเพื่อการทดสอบอย่างน้อยบ้านละ 2 โถง ระหว่างที่ตั้งทั้ง ใว้ให้ปิดภาชนะ ด้วยผ้ามุ้งหรือมุ้งตาข่ายไว้ตลอดเวลาป้องกันยุงลงไปวางไข่ ผ้ามุ้งหรือตาข่ายต้องมีความสามารถปิด-เปิดเพื่อสอด หลอดดูดเข้าไปดูดตัวยุงออกมาได้

2. เติมน้ำประปาให้เกือบเต็มโถงโดยต่ำกว่าขอบโถงประมาณ 1 นิ้ว ทิ้งไว้อย่างน้อย 24 ชั่วโมงเพื่อให้ คลอรินระเหยออกไป ปิดภาชนะด้วยผ้ามุ้งหรือมุ้งตาข่ายไว้ตลอดเวลา

3. ก่อนวันที่ทดสอบ 1 วัน ให้ใส่สารเคมีตามอัตราการใช้ที่กำหนด โดยคำนวณจากปริมาตรน้ำในโถง ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดสารเคมีลงในโถงทดสอบที่เตรียมไว้ปิดภาชนะด้วยผ้ามุ้งหรือมุ้งตาข่ายไว้ตลอดเวลา

4. ในวันที่ทำการทดสอบ ก่อนการนำไปทดสอบไม่เกิน 6 ชั่วโมง ให้เตรียมลูกน้ำยุงลายจำนวน 25 ตัว ใส่ถ้วยขนาด 200 มิลลิลิตร ปริมาตรน้ำ 100 - 200 มิลลิลิตร เตรียมจำนวนถ้วยลูกน้ำยุงตาม จำนวนโถงที่จะ ทดสอบ และโถงที่ทำการเปรียบเทียบ ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 30 นาทีเพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์แข็งแรง หากพบ ลูกน้ำยุงที่ไม่แข็งแรงสมบูรณ์ให้ดูดลูกน้ำยุงตัวใหม่มาเปลี่ยน

5. หลังจากใส่สารเคมีตามอัตราที่กำหนด 1 วัน นำลูกน้ำยุงที่เตรียมไว้ค่อย ๆ เทลงในโถง

6. การทดสอบสารยับยั้งการเจริญเติบโต หรือแบคทีเรีย ต้องใส่อาหารลูกน้ำลงไปเล็กน้อยเนื่องจาก ต้องตรวจผลการทดสอบหลายวัน

7. ตลอดการทดสอบ โองที่ใช้ทดสอบต้องปิดคลุมด้วยผ้ามุ้งหรือตาข่ายที่ยังไม่สามารถบินเข้าออกได้ ผู้กรัดให้แน่นและโองที่ใช้ทดสอบจะไม่นำน้ำออกไปใช้ หลังการทดสอบลูกน้ำยุงและอ่านผลการทดสอบเสร็จสิ้น (ในแต่ละครั้ง) เติมน้ำลงไปให้อยู่ในปริมาณเท่าเดิม เนื่องจากจะมีน้ำที่สามารถระเหยเองตามธรรมชาติทำให้ระดับน้ำลดลง

8. ทำการทดสอบกับโองที่เป็นตัวเปรียบเทียบจำนวน 2 โองในวันเดียวกัน

9. ทำการทดสอบทุก 2 สัปดาห์ จนกว่าอัตราการตายจะต่ำกว่าร้อยละ 90 สำหรับสารกำจัดลูกน้ำ หรืออัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยต่ำกว่าร้อยละ 90 สำหรับสารยับยั้งการเจริญเติบโต

การบันทึกและอ่านผลการทดสอบ

บันทึกจำนวนตายของลูกน้ำ ตัวโม่่ง ดังนี้ 1) กลุ่มสารกำจัดแมลงที่ออกฤทธิ์เร็ว เช่น เหมิฟอส นับจำนวนตายที่ 24 ชั่วโมง 2) แบคทีเรียกำจัดลูกน้ำยุง นับจำนวนตายที่ 48 ชั่วโมง และ 3) สารยับยั้งการเจริญเติบโต นับจำนวนตาย/จำนวนคราบลูกน้ำ ที่ 3 และ 7 วัน

วิธีการอ่านผลการทดสอบ

1. กลุ่มสารกำจัดแมลงที่ออกฤทธิ์เร็ว (เช่น กลุ่มออกฤทธิ์โนฟอสเฟต และแบคทีเรียกำจัดลูกน้ำ) การตัดสินใจว่าลูกน้ำยุงตาย ถ้าลูกน้ำยุงที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ให้ตัดสินว่าตายแม้ว่าจะยังคงเคลื่อนไหวได้ แต่ถ้าหากระหว่างการทดลองลูกน้ำเจริญไปเป็นตัวโม่่งจะไม่นับเป็นจำนวนทดสอบ และหากการทดลองเปรียบเทียบ (control) เป็นตัวโม่่งมากกว่า 10% การทดลองนั้นล้มเหลว ต้องทำการทดลองใหม่ และในการทดสอบเปรียบเทียบ ถ้ามีอัตราการตายระหว่าง 5 - 20% ให้ปรับค่าอัตราตายจริง โดยใช้ Abbott formula และถ้าอัตราการตายมากกว่า 20% ผลการทดสอบผิดพลาดต้องทำการทดสอบใหม่

$$\text{Abbott's formula} = \frac{\% \text{ ตายของยุงที่ทดสอบ} - \% \text{ ตายของยุงเปรียบเทียบ}}{100 \% \text{ ตายของยุงเปรียบเทียบ}} \times 100$$

2. กลุ่มสารที่ออกฤทธิ์ช้า เช่น สารยับยั้งการเจริญเติบโต การตัดสินใจว่าลูกน้ำยุงตาย ถ้าลูกน้ำยุงที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ให้ตัดสินว่าตายแม้ว่าจะยังคงเคลื่อนไหวได้ และการตัดสินใจว่าตัวโม่่งตาย ถ้าตัวโม่่งที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ให้ตัดสินว่าตาย แม้ว่าจะยังคงเคลื่อนไหวได้ จำนวนเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำยุงให้นับจากจำนวนคราบตัวโม่่งที่ออกเป็นตัวเต็มวัยหรือนับจากจำนวนตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นก็ได้ หากอัตราการเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำยุงการทดสอบเทียบเทียบ (Control) ต่ำกว่า ร้อยละ 80 การทดสอบผิดพลาดต้องทำการทดสอบใหม่ และบันทึกจำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย จำนวนตัวโม่่งที่ตาย จำนวนคราบตัวโม่่งที่ออกเป็นตัวเต็มวัยหลังการทดสอบ 3 และ 7 วัน คำนวณหาอัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัว เต็มวัยจากสูตร

$$IE (\%) = 100 - \frac{T}{C} \times 100$$

IE = อัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย

T= เปอร์เซ็นต์การเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำยุงทดสอบ

C= เปอร์เซ็นต์การเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำยุงเปรียบเทียบ

IE= adult emergence inhibition

T= percentage survival or emergence in treated batches

C= percentage survival or emergence in the control

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ สำหรับกลุ่มสารกำจัดแมลงที่ออกฤทธิ์เร็วในการพิจารณาประสิทธิภาพสารเคมี ลูกน้ำยุงตายไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ตามระยะเวลาของผลิตภัณฑ์นั้น ส่วนกลุ่มสารที่ออกฤทธิ์ช้า เช่น สารยับยั้งการเจริญเติบโต การพิจารณาประสิทธิภาพสารเคมี อัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90

2.5 การศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส ไدفูเบนซูรอน และแบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิด Bti เพื่อการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านในภาคสนาม

การใช้สารเคมีควบคุมยุงพาหะยังคงเป็นวิธีหลักในการดำเนินงานควบคุมยุงพาหะในประเทศไทยทั้งการควบคุมในระยะลูกน้ำและตัวเต็มวัย ซึ่งใช้มาอย่างยาวนาน และปัจจุบันผลิตภัณฑ์สารกำจัดลูกน้ำ ออกมาจำหน่ายในท้องตลาดหลากหลายประเภท ซึ่งมีทั้งรูปแบบและสารออกฤทธิ์ที่แตกต่างกัน เช่น สารกำจัดลูกน้ำที่เป็นสารเคมีกำจัดแมลง สารกำจัดลูกน้ำที่เป็นสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง หรือสารกำจัดลูกน้ำที่เป็นเชื้อชีววินทรีย์ เป็นต้น ดังนั้นจึงมีความจำเป็นในการตรวจสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์สารกำจัดลูกน้ำ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ประสบผลสำเร็จ

สำหรับในประเทศไทยมีการศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำยุงลายชนิดเหมิฟอสมาอย่างยาวนาน เช่น ในปี 2547 Mulla *et al.* (2004) ได้ทดสอบฤทธิ์คงทนของเหมิฟอส 1% SG ในตุ่มน้ำขนาด 200 ลิตรแบบกึ่งจำลองธรรมชาติ ที่อำเภอบางบัวทอง จังหวัดนนทบุรี พบว่ามีประสิทธิภาพสามารถควบคุมลูกน้ำยุงลายได้นานถึง 6 เดือน หรือ 24 สัปดาห์ นอกจากนี้ Thavara *et al.* (2004) ได้ศึกษาภาชนะเก็บน้ำกับลูกน้ำยุงบ้านใน 3 หมู่บ้านใน จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทยพบว่าสารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส (1% ซีไอโลด์) ป้องกันการเกิดลูกน้ำยุงลายบ้านธรรมชาติได้นานเป็นเวลา 2 - 3 เดือน ขึ้นอยู่กับขนาดของภาชนะ ถ้าภาชนะมีขนาดเล็กสามารถป้องกันได้ถึง 3 เดือน แต่หลังจาก 3, 4 และ 5 เดือน จะพบลูกน้ำยุงลายบ้านธรรมชาติประมาณ 6 - 23% ของภาชนะบรรจุน้ำ

ปี 2552 เกรียงศักดิ์ และคณะ (2552) ศึกษาความคงทนของทรายเคลือบสารเคมีฟอสฟอรัสร้อยละ 1 ที่มีต่อลูกน้ำยุงลายสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการ และลูกน้ำสายพันธุ์จังหวัดชัยนาท ในการทดสอบกับน้ำประปาและน้ำฝน ซึ่งมีลักษณะการใช้น้ำอย่างสม่ำเสมอในภาชนะทดสอบขนาดความจุ 200 ลิตร (ความเข้มข้นของเคมีฟอสไม่คงที่) และไม่มีการใช้น้ำในภาชนะทดสอบ (ความเข้มข้นของเคมีฟอสคงที่) และทดสอบความคงทนที่ระยะเวลา 16 สัปดาห์ ผลการทดลองพบว่าความคงทนของทรายเคลือบสารเคมีฟอส ร้อยละ 1 ออกฤทธิ์ร้อยละ 100 ในการกำจัดลูกน้ำยุงลายสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการในน้ำประปา และน้ำฝน (ที่น้ำมีการใช้อย่างสม่ำเสมอ) นาน 5 และ 1 สัปดาห์ ตามลำดับ ส่วนความคงทนของทรายเคลือบสารเคมีฟอส ร้อยละ 1 ออกฤทธิ์ร้อยละ 100 ในการกำจัดลูกน้ำยุงลายสายพันธุ์ห้องปฏิบัติการในน้ำประปา และน้ำฝน (ที่ไม่มีการใช้น้ำในภาชนะทดสอบ) นาน 8 และ 7 สัปดาห์ตามลำดับ ความคงทนของทรายเคลือบสารเคมีฟอสร้อยละ 1 ออกฤทธิ์ร้อยละ 100 ในการกำจัดลูกน้ำยุงลายสายพันธุ์จังหวัดชัยนาทในน้ำประปา (ที่น้ำมีการใช้อย่างสม่ำเสมอ) นาน 4 สัปดาห์ ส่วนความคงทนของทรายเคลือบสารเคมีฟอสร้อยละ 1 ออกฤทธิ์ร้อยละ 100 ในการกำจัดลูกน้ำสายพันธุ์จังหวัดชัยนาทในน้ำประปาและน้ำฝน (ที่ไม่มีการใช้น้ำในภาชนะทดสอบ) นาน 2 และ 1 สัปดาห์ ตามลำดับ

อุไรวรรณ และคณะ (ม.ป.ป.) ศึกษาผลิตภัณฑทรายเคลือบที่มีฟอสกำจัดลูกน้ำ (1% SG ชนิดของชาขนาด 20 กรัม) ในภาชนะเก็บน้ำที่มีการใช้น้ำหมุนเวียนในชุมชนตลาดบ้านเพ อำเภอเมือง จังหวัดระยอง มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการเกิดลูกน้ำยุงลายในระยะเวลา 8 สัปดาห์ ปี 2559 อารงค์ และคณะ (2559) ศึกษาฤทธิ์คงทนของทรายอะเบทในการควบคุม ลูกน้ำยุงลายบ้าน *Ae. aegypti* ในสภาพธรรมชาติ และกึ่งจำลองธรรมชาติ ผลการศึกษาฤทธิ์คงทนของผลิตภัณฑทรายอะเบท 1% SG ในสภาพธรรมชาติ ที่มีการใช้น้ำอุปโภคบริโภคตามปกติ พบว่าลูกน้ำยุงลายมีอัตราการตาย ร้อยละ 100 นาน 15 สัปดาห์ และมีอัตราการตายลดลงอย่างต่อเนื่องทุกสัปดาห์ คือ สัปดาห์ที่ 16, 17, 18 และ 19 มีอัตราการตายอยู่ที่ร้อยละ 98.50 ± 4.74 , 87.37 ± 15.32 , 51.02 ± 31.99 และ 26.77 ± 21.63 ตามลำดับ และในการทดลองในสภาพธรรมชาติพบว่า มี LT_{50} เท่ากับ 18.20 สัปดาห์ (95% CL: 18.08 - 18.34 สัปดาห์) และ LT_{90} เท่ากับ 16.81 สัปดาห์ (95% CL: 16.62 - 16.97 สัปดาห์) และผลการศึกษาในสภาพกึ่งธรรมชาติ ซึ่งมีการถ่ายน้ำเข้าและออกจากตุ่มน้ำทดสอบ สัปดาห์ละ 2 ครั้ง พบว่าลูกน้ำยุงลายมีอัตราการตายร้อยละ 100 หลังใส่ทรายอะเบทนานถึง 23 สัปดาห์ และอัตราการตายของลูกน้ำยุงลายลดลงในสัปดาห์ต่อมา คือ สัปดาห์ที่ 24, 25, 26 และ 27 มีอัตราการตายอยู่ที่ร้อยละ 90.00 ± 5.00 , 73.33 ± 22.55 , 45.00 ± 18.03 และ 26.67 ± 4.51 ตามลำดับ และมีค่า LT_{50} เท่ากับ 25.93 สัปดาห์ (95% CL: 25.68 - 26.22 สัปดาห์) และ LT_{90} เท่ากับ 24.13 สัปดาห์ (95% CL: 23.67 - 24.46 สัปดาห์) อุณหภูมิและค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของน้ำในตุ่มทดสอบทั้งสองวิธีพบว่าอุณหภูมิของน้ำเฉลี่ยอยู่ที่ 25 - 29 องศาเซลเซียส และค่า pH อยู่ในช่วง 6 - 7

สำหรับสารกำจัดลูกน้ำไโดฟูเบนซูรอน ปี 2550 Thavara *et al.* (2007) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ ไโดฟูเบนซูรอน แบบสูตรเม็ด พบว่ามีฤทธิ์คงทนในภาชนะได้นาน 15 ถึง 23 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสาร 0.05 - 0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและเงื่อนไขการใช้น้ำ พบว่าสารชนิดนี้มีประสิทธิภาพให้การควบคุมที่ยาวนานเป็นเวลา 3 ถึง 4 เดือน ในภาคสนาม ส่วนในปี

2551 Emilia *et al.* (2008) ในการศึกษาประสิทธิภาพของ ไคฟูเบนซูรอน ในสภาพกึ่งสนาม พบว่ามีประสิทธิภาพใช้งานนานกว่า 4 เดือน และสำหรับการศึกษาในภาคสนาม พบว่าประสิทธิภาพของ ไคฟูเบนซูรอน 0.2% และ เทมีฟอส 1% มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

สำหรับแบคทีเรียควบคุมลูกน้ำชนิด Bti ได้มีการศึกษาความคงทนของ *Bacillus thuringiensis israelensis* รูปผงอัดเม็ด ต่อการควบคุมลูกน้ำยุงลาย *Ae. aegypti* ในน้ำต่างชนิด โดยอนามัย (2539) ในปี 2539 พบว่าความคงทนของสารที่มีต่อลูกน้ำยุงลายจะนานมากที่สุดในน้ำฝน รองลงมาในน้ำประปา และในน้ำบาดาล ตามลำดับ โดยลูกน้ำยุงลายจะตายต่ำกว่าร้อยละ 50 เมื่อทดลองในน้ำฝนในเวลา 18 วัน และหมดฤทธิ์ควบคุมลูกน้ำยุงลายใน 43 วัน การศึกษาในน้ำประปาลูกน้ำยุงลายจะตายต่ำกว่าร้อยละ 50 ในเวลา 17 วัน และหมดฤทธิ์ควบคุมลูกน้ำยุงลาย 42 วัน ขณะที่ในน้ำบาดาลยุงลายจะตายต่ำกว่าร้อยละ 50 ในเวลา 12 วัน และหมดฤทธิ์ควบคุมลูกน้ำยุงลาย ใน 36 วัน ตามลำดับ

ปี 2542 เกรียงไกร เลิศทัศนีย์ (2542) งานวิจัยพัฒนาปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) และการศึกษาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ Bti ต่อการลดจำนวนประชากรลูกน้ำยุงลายผลการทดสอบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์แบคทีเรีย Bti ต่อการลดจำนวนประชากรลูกน้ำยุงลาย ในแหล่งเพาะพันธุ์ พบว่าได้ผลที่ยืนยันว่าสามารถใช้ผลิต Bti ในรูปเม็ด ควบคุมยุงลายโดยสามารถลดจำนวนประชากรลูกน้ำยุงลายที่เขตตำบลแม่กาษา อำเภอแม่สอด จังหวัดตากได้ผลที่น่าพอใจเมื่อเทียบกับเขตที่ใช้ศึกษาเปรียบเทียบโดยไม่ใส่แบคทีเรีย Bti ประชากรลูกน้ำยุงลาย ประชากรลูกน้ำยุงลายจะมีค่า BI ต่ำกว่า 50 เป็นเวลา 7-14 วัน

ปี 2561 สัญญา และคณะ(2562) ทดสอบประสิทธิภาพ ความไว และความคงทนของ จุลินทรีย์แบคทีเรีย Bti ต่อลูกน้ำยุงลายบ้านในพื้นที่อำเภอแสวงหา จังหวัดอ่างทองความคงทนของ Bti กำจัดลูกน้ำยุงลายในพื้นที่ในอ่างน้ำใช้งานและไม่ใช้งาน เท่ากับ 1 และ 2 สัปดาห์ ตามลำดับ

สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำยุงลายมีการศึกษาในประเทศกัมพูชาเกี่ยวกับประสิทธิภาพของสาร VectoBac WG® and VectoBac DT® พบว่าประสิทธิภาพของสาร VectoBac WG® and VectoBac DT® สามารถลดตักแต่ยุงได้อย่างน้อย 3 เดือน ในน้ำใช้ที่มาจากแม่น้ำและนาน 2.5 เดือนสำหรับน้ำจากบ่อน้ำและน้ำฝน (Setha *et al.* 2007) และนอกจากนี้มีการศึกษาในประเทศมาเลเซียเกี่ยวกับประสิทธิภาพการตกค้างของ *Bacillus thuringiensis* H-14 ในภาคสนาม พบว่าสามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 วัน โดยมีจำนวนลูกน้ำยุงลายตายมากกว่า 80% สำหรับภาชนะที่เติมน้ำทุกวันอัตราการตายร้อยละ 100 ใน 3 วันแรก ขณะที่ภาชนะที่ไม่เติมน้ำทุกวันออกฤทธิ์เช่นเดียวกันใน 5 วันแรก แต่ทั้งการถ่ายน้ำและไม่ถ่ายน้ำยังสามารถฆ่าลูกน้ำได้มากกว่าร้อยละ 80 เป็นเวลานาน 40 วัน (Lee & Zairi, 2006)

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษา

3.1 พื้นที่ศึกษา

คัดเลือกบ้านในชุมชน ตำบลบางม่วง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี จำนวน 1 หลัง เสมือนเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ตามธรรมชาติของยุงลายบ้าน โดยเลือกบ้านที่เจ้าของบ้านยินยอมและมีบริเวณบ้าน 3 ลักษณะภายในบ้านหลังเดียวกันคือ 1) บริเวณบ้านที่มีแสงแดดส่องถึงตลอดทั้งวัน 2) บริเวณที่มีความร่มเงา และ 3) บริเวณที่แสงแดดส่องถึงบางเวลา

3.2 วิธีการศึกษา

- การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำกับลูกน้ำยุงลายจากห้องปฏิบัติการและลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง ดำเนินการศึกษาระหว่างเดือนตุลาคม พ.ศ. 2560 - เมษายน 2561 ในชุมชนอำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี โดยนำโอ่งดินเผาเคลือบขนาดความจุ 200 ลิตร จำนวน 36 ใบ ใส่น้ำประปาในโอ่ง จำนวน 200 ลิตร นำไปวางไว้บริเวณบ้าน เสมือนเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ตามธรรมชาติของยุงลายบ้าน โดยเลือกบ้านที่มีบริเวณบ้าน 3 ลักษณะภายในบ้านหลังเดียวกันคือ บริเวณบ้านที่มีแสงแดดส่องถึงตลอดทั้งวัน (ภาพที่ 10 ก) บริเวณที่มีความร่มเงา (ภาพที่ 10 ข) และบริเวณที่แสงแดดส่องถึงบางเวลา (ภาพที่ 10 ค) โดยตั้งทิ้งไว้ 1 สัปดาห์เพื่อให้คลอรีนระเหยออกไป และดำเนินการศึกษาดังนี้



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 10 บริเวณบ้าน 3 ลักษณะ บริเวณบ้านที่มีแสงแดดส่องถึงตลอดทั้งวัน (ก)
บริเวณที่มีความร่มเงา (ข) และบริเวณที่แสงแดดส่องถึงบางเวลา (ค)

1. ใส่สารกำจัดลูกน้ำ เหมีฟอส สูตร 1% ขนาดความเข้มข้น 1 ในล้านส่วน (1 ppm) จำนวน 9 ใบ (ภาพที่ 11 ก) ใช้สารกำจัดลูกน้ำ ไคฟูเบนซูรอน สูตร 2%T ความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำ 200 ลิตร จำนวน 9 ใบ (ภาพที่ 11 ข) สารกำจัดลูกน้ำ Bti สูตร 37.4%WDG (3,000 ITU/mg) ความเข้มข้น 1 กรัมต่อน้ำ 200 ลิตร จำนวน 9 ใบ (ภาพที่ 11 ค) การศึกษาได้ปรับสภาพการใช้น้ำให้เสมือนจริงตามธรรมชาติของการใช้น้ำของชาวบ้านแบ่งการทดสอบดังนี้คือ 1) ไม่ต้องถ่ายน้ำออก สารเคมีละ 3 โอง่ รวม 9 โอง่ หากน้ำลดลงให้เติมให้ปริมาตรเท่าเดิม 2) ถ่ายน้ำออกร้อยละ 25 สารเคมีละ 3 โอง่รวม 9 โอง่ แล้วเติมน้ำกลับไปใหม่ทุกสัปดาห์ 3) ถ่ายน้ำออกร้อยละ 50 สารเคมีละ 3 โอง่ รวม 9 โอง่ แล้วเติมน้ำกลับไปใหม่ทุกสัปดาห์ และ 4) โอง่ควบคุม จำนวน 9 โอง่ ดำเนินการเช่นเดียวกับโอง่ที่ใส่สารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิด



(ก)



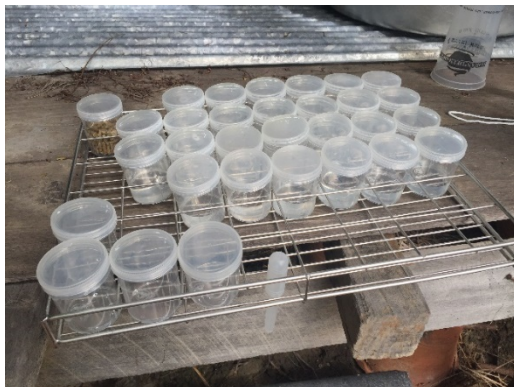
(ข)



(ค)

ภาพที่ 11 ใส่สารกำจัดลูกน้ำ เหมีฟอส สูตร 1% (ก) สารกำจัดลูกน้ำ ไคฟูเบนซูรอน สูตร 2%T (ข) และสารกำจัดลูกน้ำ Bti สูตร 37.4%WDG (3,000 ITU/mg) (ค)

2. ใช้ลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) สายพันธุ์ ROCK จากศูนย์ควบคุมโรคติดต่อแอตแลนตา สหรัฐอเมริกา (CDC: Centers for Disease Control and Prevention) ที่เลี้ยงจากห้องปฏิบัติการกองโรคติดต่อภายในโดยแมลง ในระยะที่ 2 - 3 ที่มีลักษณะแข็งแรง จำนวน 25 ตัว/ถ้วย จำนวน 36 ถ้วย (ภาพที่ 12)



ภาพที่ 12 ลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) สายพันธุ์ ROCK ที่เลี้ยงจากห้องปฏิบัติการกองโรคติดต่อภายในโดยแมลง

3. ทดสอบสารเคมีกำจัดลูกน้ำกับลูกน้ำยุงลาย ซึ่งประกอบด้วยสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส, ไดฟูเบนซูรอน, Bti และซูดเพรียบเทียบ ร่วมกับการถ่ายน้ำร้อยละ 0, 25 และ 50 ของปริมาณน้ำในโถงทดสอบทุกสัปดาห์ ในสภาพการทดสอบได้ขยายคาน้ำที่มีแสงแดดส่องถึงบางเวลา อาคารใกล้เคียงน้ำที่มีแสงแดดส่องถึงตลอดเวลา และโรงเรือนในสวนที่มีความร่มเงาที่ อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี กับลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) สายพันธุ์ ROCK จากห้องปฏิบัติการ หลังจากใส่สารเคมีกำจัดลูกน้ำทั้ง 3 ชนิด ลงไปเป็นเวลา 1 วัน นำลูกน้ำยุงลายบ้านจากห้องปฏิบัติการที่เตรียมไว้ลงในกรงที่แช่เตรียมไว้ในโถงๆ โถงละ 1 ถ้วยๆ ละ 25 ตัว (ภาพที่ 13 ก) ใส่อาหารลูกน้ำลงไปเล็กน้อย เปิดฝาโถงไว้เพื่อให้ยุงลายธรรมชาติมาวางไข่ในโถง (ภาพที่ 13 ข) ทำการทดสอบทุกสัปดาห์จนกว่าอัตราการตายจะต่ำกว่าร้อยละ 90



(ก)



(ข)

ภาพที่ 13 เทลูกน้ำยุงลายที่เตรียมไว้ลงในกรงที่แช่เตรียมไว้ในโถงๆ ละ 25 ตัว (ก) และเปิดฝาโถงไว้เพื่อให้ยุงลายธรรมชาติมาวางไข่ในโถง (ข)

4. ตรวจสอบโองที่ทำการศึกษากุโบทุกสัปดาห์ ว่ามีลูกน้ำยุงลายเกิดขึ้นตามธรรมชาติบ้างหรือไม่เพื่อ
ดูประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำในการกำจัดลูกน้ำที่เกิดขึ้นเองในธรรมชาติ (ภาพที่ 14)



ภาพที่ 14 ตรวจสอบโองที่ทำการศึกษากุโบทุกสัปดาห์

5. การบันทึกผลและการอ่านผล นับจำนวนลูกน้ำยุงลายจากห้องปฏิบัติการหลังจากเทลูกน้ำยุงลงใน
กรงที่แช่เตรียมไว้ และนับจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติที่มาวางไข่ในโองทดสอบทั้ง 36 โอง ดังนี้

5.1 ลูกยุงลายจากห้องปฏิบัติการ

- โองสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส นับจำนวนลูกน้ำยุงตายที่ 24 ชั่วโมง
- โองสารกำจัดลูกน้ำ Bti นับจำนวนลูกน้ำยุงตายที่ 48 ชั่วโมง
- โองสารกำจัดลูกน้ำ ไคฟูเบนซูรอน นับจำนวนลูกน้ำยุงตายที่ 7 วัน
- โองชุดเปรียบเทียบ นับจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ 24 ชั่วโมง 48 ชั่วโมง และ 7 วัน
- การอ่านผลการทดสอบ ใช้แนวทางตามคู่มือการทดสอบสารเคมี โดยใช้ค่าเฉลี่ยการตายของ

ลูกน้ำยุงลาย จากโองที่ตั้งไว้ในชุมชน (สำนักโรคติดต่ออันตราย, 2557) โดยมีรายละเอียดตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เกณฑ์การตัดสินผลการทดสอบสารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิดในโองเสมือนเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ตาม
ธรรมชาติของยุงลายบ้าน

สารกำจัดลูกน้ำ	การแปลผลการทดสอบการตายของลูกน้ำยุงลาย
เทมีฟอส, Bti	- ลูกน้ำเจริญไปเป็นตัวโม่งจะไม่นับเป็นจำนวนทดสอบ - ถ้าลูกน้ำยุงที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ให้ตัดสินว่าตาย แม้ว่าจะยังคงเคลื่อนไหวได้

สารกำจัดลูกน้ำ	การแปลผลการทดสอบการตายของลูกน้ำยุงลาย
ไดฟูเบนซูรอน	- ลูกน้ำยุงที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ให้ตัดสินว่าตาย แม้ว่าจะยังคงเคลื่อนไหวได้ - ตัวมดที่ไม่สามารถเคลื่อนที่ขึ้นลงได้ให้ตัดสินว่าตาย แม้ว่าจะยังคงเคลื่อนไหวได้ - จำนวนการเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำยุงให้นับจากจำนวนคราบตัวมดที่ออกเป็นตัวเต็มวัยหรือนับจากจำนวนตัวเต็มวัยที่เกิดขึ้นก็ได้ - บันทึกจำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย จำนวนตัวมดที่ตาย จำนวนคราบตัวมดที่ออกเป็นตัวเต็มวัย หลังการทดสอบ 7 วัน คำนวณหาอัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย (IE) จากสูตร $IE (\%) = 100 - \frac{T}{C} \times 100$ IE (Inhibit Emergence) = อัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย T (Treatment) = เปอร์เซ็นต์การเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำยุงทดสอบ C (Control) = เปอร์เซ็นต์การเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำยุงเปรียบเทียบ
ชุดเปรียบเทียบ (control)	- ถ้าเจริญเป็นตัวมดมากกว่า 10% ต้องทำการทดลองใหม่ - ถ้าอัตราการตายระหว่าง 5 – 20% ให้ปรับค่าอัตราการตายจริง โดยใช้ Abbott formula (Capinera, 2005) - ถ้าอัตราการตายมากกว่า 20% ผลการทดสอบผิดพลาด ต้องทำการทดสอบใหม่ - อัตราการเจริญเป็นตัวเต็มวัยของลูกน้ำยุงเปรียบเทียบ ต่ำกว่าร้อยละ 80 ต้องทำการทดสอบใหม่

5.2 ลูกน้ำยุงลายในธรรมชาติ

- นับจำนวนลูกน้ำยุงลายที่เกิดจากยุงลายในธรรมชาติมาวางไข่ในโถงทดสอบทั้ง 36 โถงทุกสัปดาห์ โดยนับจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติตั้งแต่ระยะที่ 2 - 4 และตัวมด
- ตักลูกน้ำยุงธรรมชาติออกจากโถงทั้ง 36 โถงทุกสัปดาห์หลังจากบันทึกผลเรียบร้อยแล้ว และหากพบตัวห้ำกินลูกน้ำยุงให้บันทึกผลไว้และตักออกด้วย
- หาค่าเฉลี่ยจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ

6. เกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของสารทดสอบ

- สารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส และ Bti มีประสิทธิภาพเมื่อลูกน้ำยุงตายไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 เดือน
- สารกำจัดลูกน้ำ ไดฟูเบนซูรอน มีประสิทธิภาพเมื่ออัตราการยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 90 ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 4 เดือน

3.3 วิเคราะห์ผลการศึกษา

1. การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำกับยุงลายจากห้องปฏิบัติการ

- นับจำนวนลูกน้ำยุงตายที่ 24 ชั่วโมง ในโอ่งสารกำจัดลูกน้ำ เทมโฟส ที่ 48 ชั่วโมง ในโอ่งสารกำจัดลูกน้ำ Bti และ 7 วัน ในโอ่งสารกำจัดลูกน้ำ ไดฟูเบนซูรอน วิเคราะห์หาอัตราการตาย/การยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย ของสารกำจัดลูกน้ำแต่ละชนิด ที่การถายนํ้าร้อยละ 0, 25 และ 50 ของแต่ละสัปดาห์ และนำมาพิจารณาตามเกณฑ์การประเมินประสิทธิภาพของสารทดสอบ

- นำอัตราการตาย/การยับยั้งการเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัยมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์รายคู่ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

2. การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำกับลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ

- นับจำนวนลูกน้ำยุงลายที่เกิดจากยุงลายในธรรมชาติมาวางไว้ในโอ่งทดสอบทั้ง 36 โอ่ง ทุกสัปดาห์ โดยนับจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติตั้งแต่ระยะที่ 2 - 4 และตัวโม่ วิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติของสารกำจัดลูกน้ำแต่ละชนิดที่การถายนํ้าร้อยละ 0, 25 และ 50 ของแต่ละสัปดาห์

- นำค่าเฉลี่ยจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีตเมนต์รายคู่ โดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) กำหนดค่านัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำกับยุงลายจากห้องปฏิบัติการ

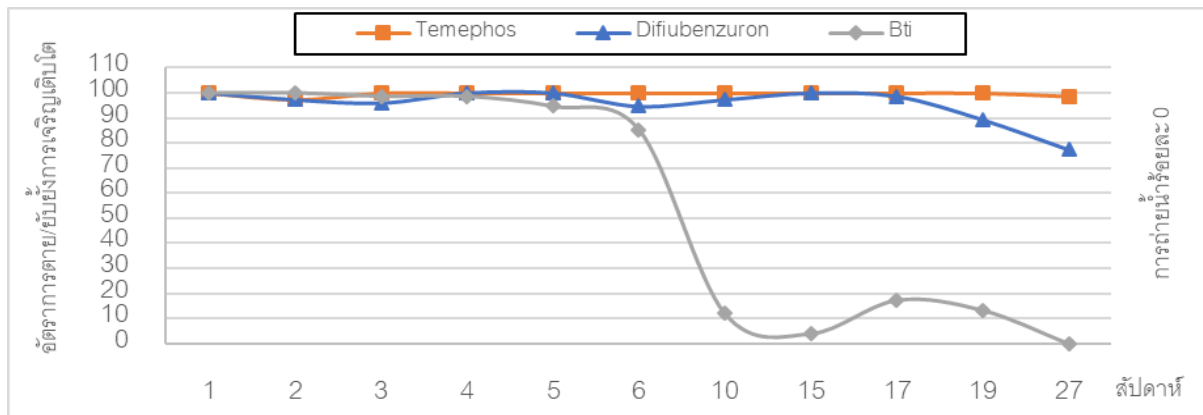
จากการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิด คือ เทมีฟอส, ไดฟูเบนซูรอน และ Bti การถ่ายน้ำที่ร้อยละ 0, 25 และ 50 เพื่อจำลองสภาพการใช้น้ำให้เสมือนจริงของชาวบ้านที่ อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี ต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Ae. aegypti*) สายพันธุ์ ROCK จากห้องปฏิบัติการ พบว่าสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส และ ไดฟูเบนซูรอน มีประสิทธิภาพในการกำจัดและยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลาย บ้านดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารกำจัดลูกน้ำ Bti อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 0, 25 และ 50 เมื่อพิจารณาอัตราการตายเฉลี่ยของลูกน้ำยุงลายเป็นรายคู่ พบว่าในสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส และ ไดฟูเบนซูรอน แตกต่างจากสารกำจัดลูกน้ำ Bti นอกจากนี้การถ่ายน้ำที่ร้อยละ 0, 25 และ 50 พบว่าสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส และ ไดฟูเบนซูรอน มีประสิทธิภาพกำจัดและยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลาย บ้านมากกว่าร้อยละ 90 ได้ไม่แตกต่างกันตลอดระยะเวลาการทดลอง 27 สัปดาห์ โดยสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ให้ผลอัตราการตายเฉลี่ยเท่ากับ 99.63 ± 0.21 , 94.54 ± 1.87 และ 93.82 ± 2.84 ตามลำดับ ส่วนสารยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุง สารกำจัดลูกน้ำ ไดฟูเบนซูรอน ให้ผลยับยั้งการเจริญเติบโตเฉลี่ยเท่ากับ 95.51 ± 1.27 , 92.49 ± 2.25 และ 92.24 ± 0.32 ตามลำดับ ในขณะที่สารกำจัดลูกน้ำ Bti ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 0, 25 และ 50 มีอัตราการตายเฉลี่ยของลูกน้ำยุงลายแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.04$) เมื่อพิจารณาอัตราการตายลูกน้ำยุงเฉลี่ยเป็นรายคู่ พบว่าที่การถ่ายน้ำร้อยละ 0 และ 25 แตกต่างจากการถ่ายน้ำที่ร้อยละ 50 ซึ่งทำให้ลูกน้ำยุงลายบ้านตายได้น้อยที่สุดเพียงร้อยละ 35.27 ± 4.13 ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการกำจัดและการยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายจากห้องปฏิบัติการ ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 0, 25 และ 50 ของสารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิด ตลอดระยะเวลา 27 สัปดาห์

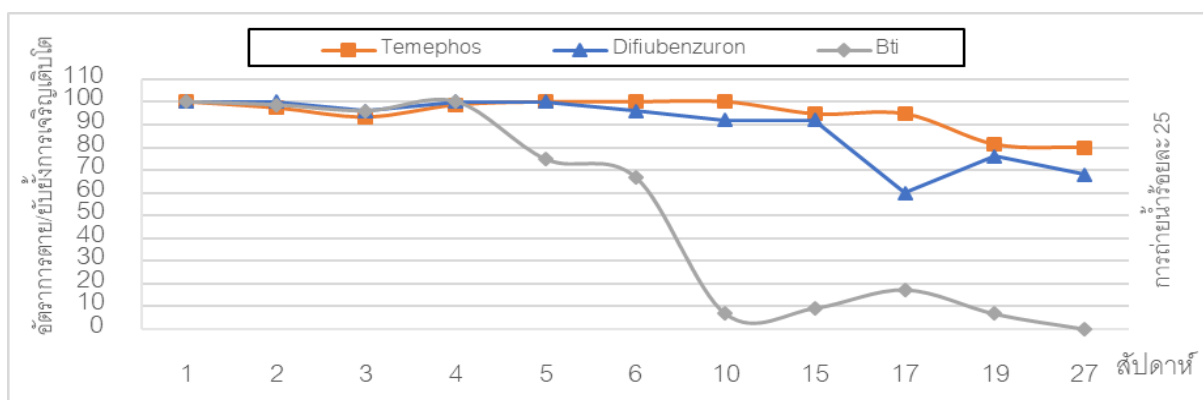
สารเคมีกำจัด ลูกน้ำยุง	อัตราการตายเฉลี่ย/ยับยั้งการเจริญเติบโต (Mean $\pm$ SE)			F-test	P-value
	0	25	50		
เทมีฟอส	$99.63 \pm 0.21^{(a)}$	$94.54 \pm 1.87^{(a)}$	$93.82 \pm 2.84^{(a)}$	2.60	0.15
ไดฟูเบนซูรอน	$95.51 \pm 1.27^{(b)}$	$92.49 \pm 2.25^{(b)}$	$92.24 \pm 0.32^{(b)}$	1.48	0.31
Bti	$56.73 \pm 2.54^{(a,b) (1)}$	$52.36 \pm 6.37^{(a,b) (2)}$	$35.27 \pm 4.13^{(a,b) (1,2)}$	6.02	0.04*
F-test	1050.55	160.42	333.37		
P-value	0.00*	0.00*	0.00*		

^{1,2} อัตราการตายเฉลี่ยลูกน้ำยุงของสารเคมีกำจัดลูกน้ำที่แตกต่างกันที่การถ่ายน้ำร้อยละ 0, 25 และ 50 ($P < 0.05$)

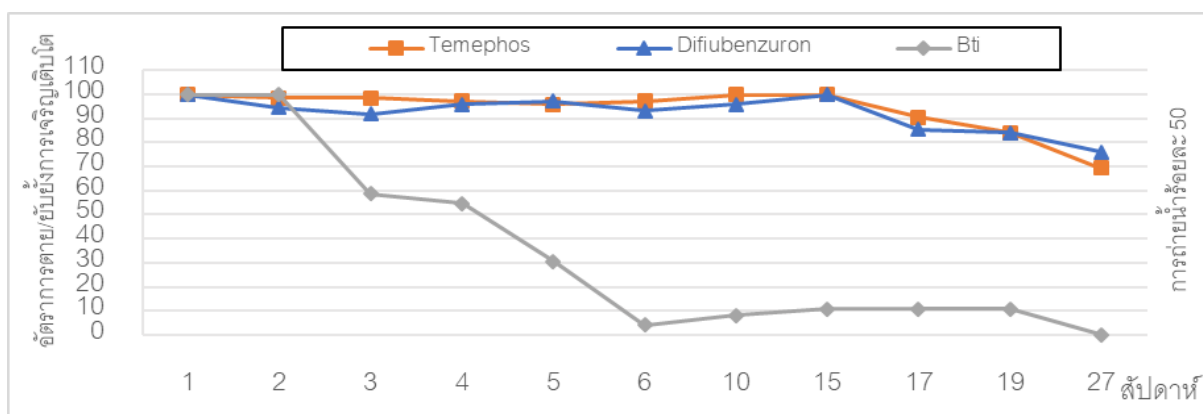
^{a,b} อัตราการตายเฉลี่ยลูกน้ำยุงของสารเคมีแต่ละชนิดที่แตกต่างกันรายคู่ ($P < 0.01$)



ภาพที่ 15 อัตราการตาย/ยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายของการใช้สารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส, ไดฟูเบนซuron และ Bti ที่ไม่ถ่ายน้ำ (ร้อยละ 0) จำแนกรายสัปดาห์



ภาพที่ 16 อัตราการตาย/ยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายของการใช้สารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส, ไดฟูเบนซuron และ Bti ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 25 จำแนกรายสัปดาห์



ภาพที่ 17 อัตราการตาย/ยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำยุงลายของการใช้สารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส, ไดฟูเบนซuron และ Bti ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 50 จำแนกรายสัปดาห์

จากภาพที่ 15 สารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส ที่ไม่ถ่ายน้ำมีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้านได้ดีที่สุดและคงทนอยู่ในน้ำได้นานตลอดระยะเวลาการทดสอบ 27 สัปดาห์ ในขณะที่สัปดาห์ที่ 19 สารกำจัด

ลูกน้ำ ไตฟูเบนซูรอน มีความคงทนของสารในน้ำและประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของลูกน้ำ ยุงลายบ้านลดลงต่ำกว่าร้อยละ 90 เมื่อเปลี่ยนถ่ายน้ำร้อยละ 25 และ 50 สาร เทมีฟอส มีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้านลดลงเมื่อผ่านไป 17 สัปดาห์ ส่วนสารกำจัดลูกน้ำ ไตฟูเบนซูรอน มีประสิทธิภาพยับยั้งการเจริญเติบโตของยุงลายลดลงเมื่อผ่านไป 15 สัปดาห์ (ภาพที่ 16 และ 17)

สำหรับความคงทนของสารกำจัดลูกน้ำ Bti มีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำยุงลายสูงสุดได้เพียง 5 สัปดาห์ ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 0 ส่วนการถ่ายน้ำร้อยละ 25 มีประสิทธิภาพเพียง 4 สัปดาห์ และประสิทธิภาพของสารจะค่อยๆ ลดลงเมื่อเวลาผ่านไป (ภาพที่ 15 และ 16) ในขณะที่ การถ่ายน้ำร้อยละ 50 สารกำจัดลูกน้ำ Bti มีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำได้น้อยและมีประสิทธิภาพในการฆ่าลูกน้ำยุงลายได้เพียง 2 สัปดาห์ เท่านั้น (ภาพที่ 17)

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำกับลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ

จากการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิด คือ เทมีฟอส ไตฟูเบนซูรอน และ Bti การถ่ายน้ำร้อยละ 0, 25 และ 50 กับลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ ระยะเวลาการศึกษา 27 สัปดาห์ หลังจากใส่สารกำจัดลูกน้ำลงในโถงทดสอบโดยการสำรวจจำนวนลูกน้ำยุงลายวันที่ 2 - 4 และดักแด้ทุกสัปดาห์ ผลการศึกษาพบว่า สารเคมีกำจัดลูกน้ำยุงลายที่มีการถ่ายน้ำร้อยละ 0, 25 และ 50 ของจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติมีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$) เมื่อพิจารณารายคู่ พบว่า ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 0 สารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส แตกต่างจากสารกำจัดลูกน้ำ Bti และชุดเปรียบเทียบ (control) ส่วนสารกำจัดลูกน้ำ ไตฟูเบนซูรอน และ Bti แตกต่างกับ control ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 0 ($p > 0.01$)

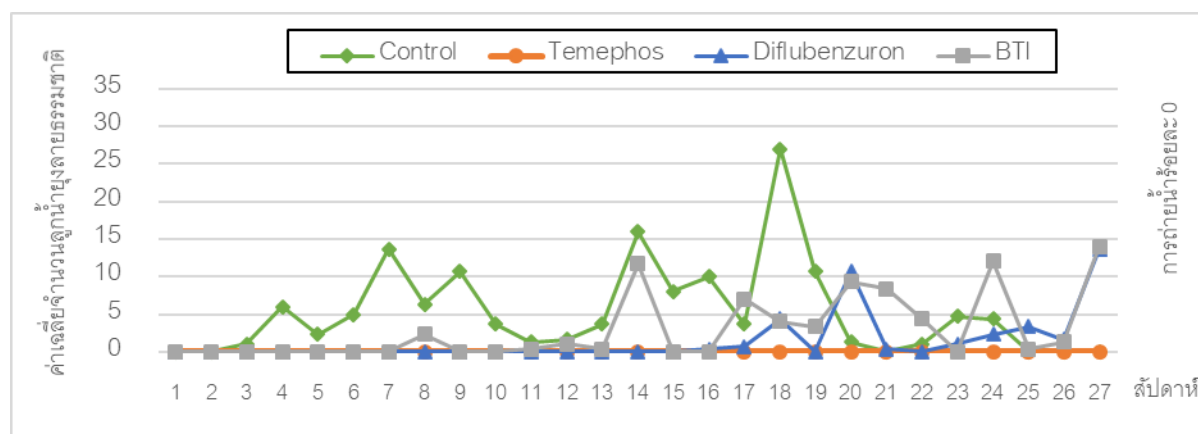
ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 25 จำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติเฉลี่ยในโถงที่มีสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส แตกต่างกับสารกำจัดลูกน้ำ ไตฟูเบนซูรอน และ control ส่วนสารกำจัดลูกน้ำ Bti แตกต่างกับ control ($p = 0.01$) สำหรับที่การถ่ายน้ำร้อยละ 50 สารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส มีจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติเฉลี่ยแตกต่างจากสารกำจัดลูกน้ำ ไตฟูเบนซูรอน, Bti และ control เมื่อพิจารณาเป็นรายคู่ ($p = 0.03$) ดังตารางที่ 3

ตลอดระยะเวลาการศึกษา 27 สัปดาห์ ผลการทดสอบไม่พบลูกน้ำยุงลายธรรมชาติในโถงทดสอบสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ทุกร้อยละของการถ่ายน้ำ ซึ่งแตกต่างกับโถงน้ำทดสอบที่ไม่มีสารเคมี (control) ที่สำรวจพบลูกน้ำยุงลายธรรมชาติทุกสัปดาห์ ยกเว้นในสัปดาห์ที่ 25 26 และ 27 ของการถ่ายน้ำร้อยละ 0, 25 และ 50 สำหรับสารกำจัดลูกน้ำ ไตฟูเบนซูรอน ผลการศึกษาพบลูกน้ำยุงลายธรรมชาติครั้งแรกในสัปดาห์ที่ 15 ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 25 และ 50 จำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติเฉลี่ย 0.67 และ 4.67 ตัวต่อโถง ตามลำดับ สำหรับโถงที่ไม่มีการถ่ายน้ำพบลูกน้ำยุงลายสัปดาห์ที่ 16 จำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติเฉลี่ย 0.33 ตัวต่อโถง และจำนวนลูกน้ำยุงลายเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการศึกษา ส่วนโถงที่ใส่สารกำจัดลูกน้ำ Bti เริ่มพบลูกน้ำยุงลายธรรมชาติสัปดาห์ที่ 7 ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 50 จำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติเฉลี่ย 1.67 ตัวต่อโถง ส่วนการถ่ายน้ำที่ร้อยละ 0 และ 25 พบลูกน้ำยุงลายธรรมชาติที่สัปดาห์ที่ 8 และในสัปดาห์ถัดไปทุกสัปดาห์จนถึงสิ้นสุดการศึกษาที่ทุกระดับการถ่ายน้ำ (ภาพที่ 18, 19 และ 20)

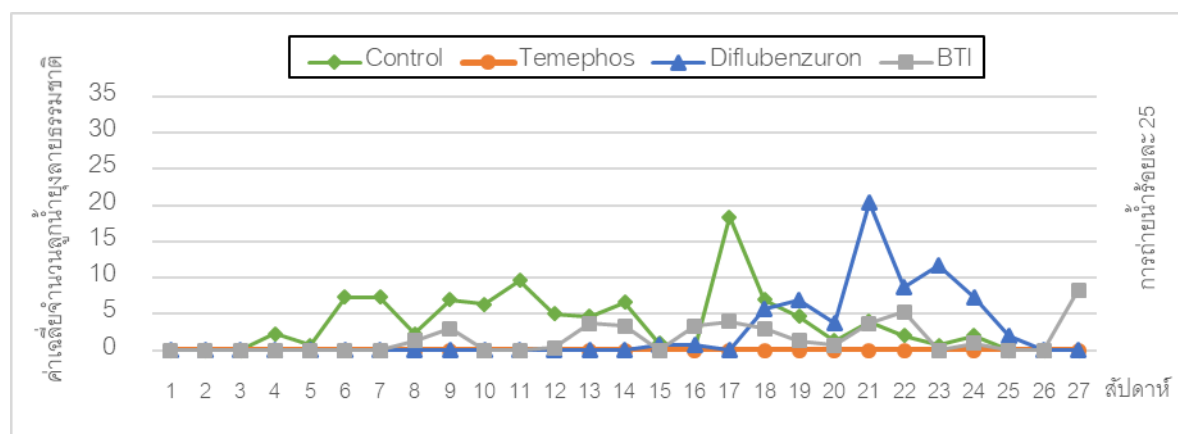
ตารางที่ 3 จำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติเฉลี่ยที่การถ้ำน้ำร้อยละ 0, 25 และ 50 ของสารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิด ตลอดระยะเวลา 27 สัปดาห์

สารเคมีกำจัด ลูกน้ำยุง	จำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติเฉลี่ย (Mean±SE)			F-test	P-value
	0	25	50		
เทมโฟส	0.00 ^{a,d}	0.00 ^{a,c}	0.00 ^{a,b,c}	-	-
ไดฟลูเบนซูรอน	1.42±0.64 ^b	2.51±0.93 ^a	3.42±0.90 ^a	1.44	0.24
Bti	2.95±0.84 ^{a,c}	1.57±0.41 ^b	4.35±1.31 ^b	2.22	0.12
Control	5.26±1.20 ^{b,c,d}	3.73±0.80 ^{b,c}	3.25±0.62 ^c	1.34	0.27
F-test	7.92	5.89	4.91		
P-value	0.00*	0.01*	0.03*		

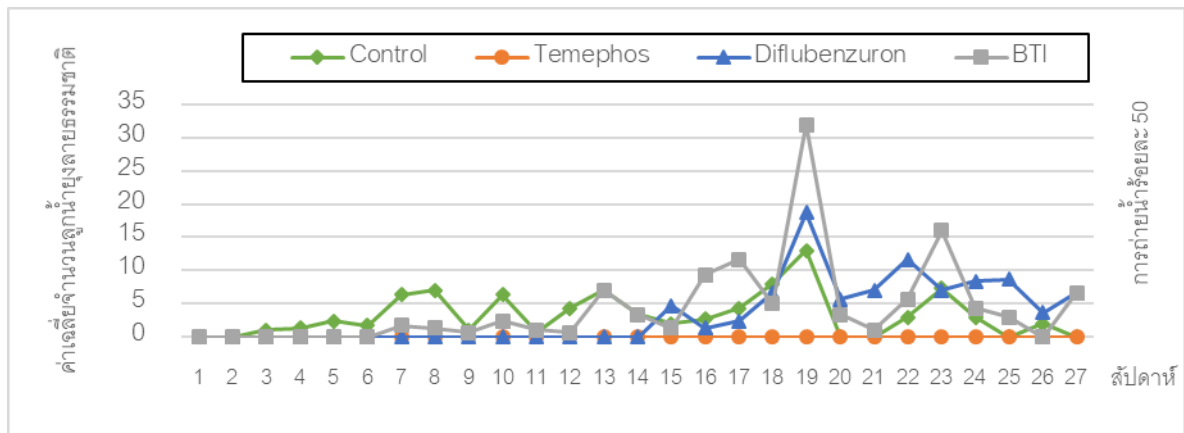
a,b,c,d จำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติเฉลี่ยของสารเคมีแต่ละชนิดที่แตกต่างรายคู่ (P<0.01)



ภาพที่ 18 ค่าเฉลี่ยจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ ที่ไม่ถ้ำน้ำ (ร้อยละ 0) จำแนกรายสัปดาห์



ภาพที่ 19 ค่าเฉลี่ยจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ ที่การถ้ำน้ำร้อยละ 25 จำแนกรายสัปดาห์



ภาพที่ 20 ค่าเฉลี่ยจำนวนลูกน้ำยุงลายธรรมชาติ ที่การถ่ายน้ำร้อยละ 50 จำแนกรายสัปดาห์
 หมายเหตุ ไม่พบลูกน้ำธรรมชาติในโองทดสอบที่มีสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส ตลอดการศึกษา
 (27 สัปดาห์)

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป อภิปรายผล

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนของสารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิด คือสารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส ไโดฟูเบนซูรอน และ Bti กับยุงลายบ้าน พบว่าสารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส มีประสิทธิภาพกำจัดลูกน้ำ ยุงลายบ้านได้มากกว่าร้อยละ 90 ได้นานถึง 27 สัปดาห์ ในสภาพที่ไม่มีการถ่ายน้ำหรือการไม่ใช้น้ำของ ชาวบ้าน ส่วนในการใช้น้ำของชาวบ้านในปริมาณต่างๆ (การถ่ายน้ำที่ร้อยละ 25 และ 50) พบว่าสารกำจัด ลูกน้ำ เหมิฟอส ยังมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านได้นานถึง 17 สัปดาห์ แต่ยังคงสามารถฆ่า ลูกน้ำยุงลายบ้านได้มากกว่า 50 % แม้ว่าเวลาจะผ่านไปถึง 27 สัปดาห์ ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาของ Mulla *et al.* (2004) ที่ทดสอบฤทธิ์คงทนของสารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส 1% SG ในตุ่มน้ำขนาด 200 ลิตร แบบกึ่งจำลองธรรมชาติพบว่าสามารถควบคุมลูกน้ำยุงลายได้นานถึง 6 เดือน หรือ 24 สัปดาห์ นอกจากนี้ อารังค์ และคณะ (2559) ศึกษาฤทธิ์คงทนของทรายอะเบท 1% SG ที่ความเข้มข้น 1 ppm ควบคุมลูกน้ำ ยุงลายบ้านในสภาพธรรมชาติและกึ่งจำลองธรรมชาติ พบว่าระยะเวลาที่ทำให้ลูกน้ำยุงลายบ้านตายร้อยละ 50 และ 90 มีค่าเท่ากับ 25.93 และ 24.13 สัปดาห์ ตามลำดับ และนอกจากนี้การศึกษาของ เกรียงศักดิ์ และคณะ (2552) พบว่า ความคงทนของทรายเคลือบสารเคมีฟอส 1 % มีประสิทธิภาพกำจัดลูกน้ำยุงลาย ใน น้ำประปา และน้ำฝนที่น้ำมีการใช้อย่างสม่ำเสมอได้ร้อยละ 100 นาน 5 และ 1 สัปดาห์ ตามลำดับ และมีความคงทนในน้ำประปาและน้ำฝน ได้ร้อยละ 100 นาน 8 และ 7 สัปดาห์ตามลำดับ จะเห็นว่าการใช้น้ำในอ่าง เป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพความคงทนฤทธิ์ของทรายเคมีฟอส ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายในอ่าง นอกจากนี้ยังมีปัจจัยอื่นๆ อีก เช่น ชนิดของน้ำในภาชนะ สารอินทรีย์ที่อยู่ในน้ำ อุณหภูมิของน้ำ และการที่ตุ่ม น้ำ/ภาชนะที่ใส่ทรายเคมีฟอส มีแสงแดดส่องถึงสม่ำเสมอ (เช้าซาก) หรือไม่ (George *et al.*, 2015) ซึ่งผลจากการทดลองพบว่าอ่างที่อยู่ในบริเวณที่ได้รับแสงแดดต่างกันให้ผลอัตราการตายของลูกน้ำไม่แตกต่างกัน

ส่วนสารกำจัดลูกน้ำ ไโดฟูเบนซูรอน ให้ผลในการกำจัดลูกน้ำยุงลายได้ดีและมีฤทธิ์คงทนได้ไม่ แตกต่างกับสารกำจัดลูกน้ำ เหมิฟอส แต่การกำจัดลูกน้ำของสาร ไโดฟูเบนซูรอน จะออกฤทธิ์ช้ากว่าสารกำจัด ลูกน้ำ เหมิฟอส และ Bti เนื่องจากสารกำจัดลูกน้ำ ไโดฟูเบนซูรอน เป็นสารที่มีฤทธิ์ในการยับยั้งการสังเคราะห์ สารไคติน (chitin) ที่เป็นส่วนประกอบสำคัญในโครงสร้างผนังลำตัวของลูกน้ำ ทำให้ลูกน้ำยุงลอกคราบไม่ได้ จึงเจริญเป็นลูกน้ำระยะถัดไปไม่ได้และตายในที่สุด สารชนิดนี้สามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้าน (ยับยั้งการ เจริญเติบโต) ได้มากกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 90 ได้นานสุดที่ 17 สัปดาห์ ในอ่างที่ไม่มีการใช้น้ำ แต่สำหรับอ่างที่ มีการใช้น้ำพบว่าประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนในการกำจัดลูกน้ำยุงลายลดลงเหลือ 15 สัปดาห์ แต่ยังมีผลยับยั้ง การเจริญเติบโตได้มากกว่า 50 % ของลูกน้ำยุงทดสอบ เมื่อเวลาผ่านไป 27 สัปดาห์ สรุปว่าสารกำจัดลูกน้ำ ไโดฟูเบนซูรอน มีประสิทธิภาพและความคงทนของสารฯ ได้นาน 12 สัปดาห์ หรือประมาณ 3 เดือน ทั้งใน สภาวะที่ใช้น้ำและไม่ใช้น้ำ ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Emilia *et al.* (2008) ในการศึกษาประสิทธิภาพของ Pyriproxyfen, ไโดฟูเบนซูรอน และ เหมิฟอส ในสภาพกึ่งสนาม พบว่ามีประสิทธิภาพใช้งานนานกว่า 4 เดือน

ในการศึกษาในภาคสนามพบว่าประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ ไโดฟูเบนซูรอน 0.2% และ เทมีฟอส 1% มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน การศึกษาของ Thavara *et al.* (2007) พบว่าประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ ไโดฟูเบนซูรอน ที่ความเข้มข้นขนาด 0.02 มก./ลิตร สูตรเม็ดมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญเติบโตของ ลูกน้ำยุงลายบ้านร้อยละ 90 - 100 ได้นาน 21 และ 22 สัปดาห์ ภายใต้เงื่อนไขของการไม่ใช้น้ำและการถ่ายน้ำ สัปดาห์ละครั้ง

สำหรับสารกำจัดลูกน้ำ Bti พบว่ามีประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนได้น้อยที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส และ ไโดฟูเบนซูรอน โดยสาร Bti ออกฤทธิ์เร็วในการฆ่าลูกน้ำได้รองลงมาจากสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส จากผลการศึกษาประสิทธิภาพสารกำจัดลูกน้ำ Bti พบว่ามีประสิทธิภาพในการฆ่าลูกน้ำยุงลาย บ้านได้มากกว่าร้อยละ 90 ได้นานสุดเท่ากับ 5 สัปดาห์ ในสภาพไม่มีการใช้น้ำ และเมื่อมีการใช้น้ำเกินกว่า 25% ทุกสัปดาห์ ประสิทธิภาพของสารลดต่ำลงอย่างรวดเร็วมีประสิทธิภาพเพียง 1 สัปดาห์เท่านั้น ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาในประเทศกัมพูชาที่พบว่าประสิทธิภาพของสาร VectoBac WG® and VectoBac DT® สามารถลดตักแด้ยุงลายบ้านได้อย่างน้อย 3 เดือน ในน้ำใช้ที่มาจากแม่น้ำ และนาน 2.5 เดือน สำหรับน้ำจากบ่อน้ำ และน้ำฝน (Setha *et al.* 2007) นอกจากนี้ อนุมาณัย (2539) ศึกษาความคงทนของสารกำจัดลูกน้ำ Bti รูปผงอัดเม็ดต่อการควบคุมลูกน้ำยุงลายบ้านในน้ำต่างชนิด พบว่าความคงทนของ Bti ที่มีต่อลูกน้ำยุงลายจะนานมากที่สุดใต้น้ำฝน รองลงมาในน้ำประปา และในน้ำบาดาล ตามลำดับ โดยลูกน้ำยุงลายจะตายต่ำกว่าร้อยละ 50 เมื่อทดลองใต้น้ำฝนในเวลา 18 วัน และหมดฤทธิ์ควบคุมลูกน้ำยุงลายใน 43 วัน การศึกษาในน้ำประปา ลูกน้ำยุงลายจะตายต่ำกว่าร้อยละ 50 ในเวลา 17 วัน และหมดฤทธิ์ควบคุมลูกน้ำยุงลาย 42 วัน ขณะที่ใต้น้ำบาดาลยุงลายจะตายต่ำกว่าร้อยละ 50 ในเวลา 12 วัน และหมดฤทธิ์ควบคุมลูกน้ำยุงลายใน 36 วัน ตามลำดับ แม้ว่าสารกำจัดลูกน้ำ Bti จะมีฤทธิ์คงทนน้อยสุด ในการศึกษาครั้งนี้ และการศึกษาที่ผ่านมาแต่สารกำจัดลูกน้ำ Bti ยังเป็นทางเลือกในกรณีที่ยุงลายมีการพัฒนาความต้านทานต่อสารกำจัดลูกน้ำชนิดอื่นๆ เนื่องจากยังไม่มีรายงานการต้านทานของลูกน้ำยุงลายต่อสารกำจัดลูกน้ำ Bti ในสภาพธรรมชาติ แต่จากการกระตุ้นให้ลูกน้ำยุงลายต้านทานต่อสารกำจัดลูกน้ำ Bti นิติยา และคณะ (2555) รายงานว่าโอกาสที่ลูกน้ำจะสร้างความต้านทานต่อสารกำจัดลูกน้ำ Bti จะเกิดขึ้นได้น้อยมาก

ประสิทธิภาพกำจัดลูกน้ำหรือป้องกันไม่ให้เกิดลูกน้ำยุงลายธรรมชาติของสารกำจัดลูกน้ำ 3 ชนิด คือ เทมีฟอส Bti และ ไโดฟูเบนซูรอน สารเทมีฟอส มีประสิทธิภาพดีที่สุดที่ระยะเวลา 27 สัปดาห์ ทั้งในสภาพที่มีใช้น้ำและไม่ใช้น้ำ ซึ่งแตกต่างกับการศึกษาของ Thavara *et al.* (2004) ได้ศึกษาภาชนะเก็บน้ำกับลูกน้ำยุงบ้านใน 3 หมู่บ้านใน จังหวัดกาญจนบุรี ประเทศไทย พบว่าสารกำจัดลูกน้ำ เทมีฟอส (1% ซีไอไลต์) ป้องกันการเกิดลูกน้ำยุงลายบ้านธรรมชาติได้นานเป็นเวลา 2 - 3 เดือน ขึ้นอยู่กับขนาดของภาชนะ ถ้าภาชนะมีขนาดเล็กสามารถป้องกันได้ถึง 3 เดือน แต่หลังจาก 3, 4, และ 5 เดือน จะพบลูกน้ำยุงลายบ้านธรรมชาติประมาณ 6 - 23% ของภาชนะบรรจุน้ำ อุไรวรรณ และคณะ (ม.ป.ป.) ศึกษาผลิตภัณฑ์ทรายเคลือบที่มีฟอสกำจัดลูกน้ำ (1% SG ชนิดซองชา ขนาด 20 กรัม) ในภาชนะเก็บน้ำที่มีการใช้น้ำหมุนเวียนในชุมชนตลาดบ้านเพ อำเภอมือง จังหวัดระยอง มีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันการเกิดลูกน้ำยุงลายในระยะเวลา 8 สัปดาห์

ประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ ไตฟูเบนซูรอน ในโอ่งที่ไม่มีการใช้น้ำมีประสิทธิภาพและมีฤทธิ์คงทนในการกำจัดลูกน้ำยุงลายธรรมชาติได้เฉลี่ยนาน 15 สัปดาห์ และลดลง 14 สัปดาห์ สำหรับโอ่งที่มีการใช้น้ำ Thavara *et al.* (2007) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของสารกำจัดลูกน้ำ ไตฟูเบนซูรอน แบบสูตรเม็ด พบว่ามีฤทธิ์คงทนในภาชนะได้นาน 15 ถึง 23 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับปริมาณความเข้มข้นของสาร 0.05 -0.1 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อพิจารณาจากปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อมและเงื่อนไขการใช้น้ำพบว่า สารชนิดนี้มีประสิทธิภาพให้การควบคุมที่ยาวนานเป็นเวลา 3 ถึง 4 เดือนในภาคสนาม

สำหรับสารกำจัดลูกน้ำ Bti มีประสิทธิภาพในการป้องกันการเกิดลูกน้ำยุงลายได้เพียง 7 สัปดาห์ สำหรับโอ่งที่ไม่มีการใช้น้ำและ 8 สัปดาห์สำหรับโอ่งที่มีการใช้น้ำ การศึกษาในประเทศมาเลเซียเกี่ยวกับประสิทธิภาพการตกค้างของ *Bacillus thuringiensis* H-14 ในภาคสนาม พบว่าสามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้เป็นเวลาอย่างน้อย 35 วัน โดยมีจำนวนลูกน้ำยุงลายตายมากกว่า 80% สำหรับภาชนะที่เติมน้ำทุกวันอัตราการตายร้อยละ 100 ใน 3 วันแรก ขณะที่ภาชนะที่ไม่เติมน้ำทุกวันออกฤทธิ์เช่นเดียวกันใน 5 วันแรก แต่ทั้งการถ่ายน้ำและไม่ถ่ายน้ำยังสามารถฆ่าลูกน้ำได้มากกว่าร้อยละ 80 เป็นเวลานาน 40 วัน (Lee & Zairi, 2006) นอกจากนี้มีรายงานที่ตำบลแม่กาษา อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก พบว่าสารกำจัดลูกน้ำ Bti สามารถสามารถลดจำนวนลูกน้ำยุงลายได้ โดยมีค่าดัชนีลูกน้ำ BI ต่ำกว่าร้อยละ 50 เป็นเวลา 7 - 14 วัน (เกรียงไกร เลิศทัศนีย์, 2542) จะเห็นได้ว่าสารกำจัดลูกน้ำ Bti ยังมีข้อจำกัดในการใช้ คือ ไม่สามารถทนอยู่ในสิ่งแวดล้อมได้นาน ไม่ทนต่อแสงและอุณหภูมิ (บุญศรี จงเสรีจิตต์ และ วชิราภรณ์ ฐูปาอ่าง, 2556) จึงทำให้ประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนในการกำจัดลูกน้ำยุงลายมีอายุการควบคุมจำกัดในระยะสั้นกว่าสารกำจัดลูกน้ำ เทมโฟส และ ไตฟูเบนซูรอน

จากการศึกษาครั้งนี้ภายใต้สภาพแวดล้อมเดียวกัน การใช้น้ำเหมือนกันกับสารกำจัดลูกน้ำทั้ง 3 ชนิด สรุปได้ว่าสารกำจัดลูกน้ำ เทมโฟส มีฤทธิ์ได้ยาวนานที่สุด รองลงมาได้แก่สารกำจัดลูกน้ำ ไตฟูเบนซูรอน และ Bti ตามลำดับ โดยสารกำจัดลูกน้ำทั้ง 3 ชนิดนี้ องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ใช้เพื่อการกำจัดลูกน้ำยุงลายได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

การคัดเลือกสารเคมีฯ ที่เหมาะสมและมีคุณภาพสูงในการใช้ควบคุมกำจัดยุงพาหะ ควรพิจารณาประสิทธิภาพ ความปลอดภัย ค่าใช้จ่าย อัตราการล้างคน ความถี่ในการใช้ การพัฒนาความต้านทานของยุงฯ เป้าหมายและการยอมรับในแต่ละท้องถิ่น เพื่อให้การควบคุมกำจัดยุงพาหะมีประสิทธิภาพและยั่งยืน นอกจากนั้นควรติดตามความไวของลูกน้ำต่อสารเคมีที่นำมาใช้รวมทั้งสารเคมีทางเลือก เพื่อเตรียมความพร้อมหากมีข้อจำกัดในการใช้สารเคมีแต่ละชนิด

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีโดยการสนับสนุนของ ผู้อำนวยการกองโรคติดต่อฯ โดยแมลงเจ้าหน้าที่กลุ่มกีฏวิทยาและควบคุมแมลงนำโรค กองโรคติดต่อฯ โดยแมลง รวมทั้งเจ้าบ้าน พื้นที่ตำบลบางม่วง อำเภอบางใหญ่ จังหวัดนนทบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ใช้สถานที่ทดสอบ เก็บอุปกรณ์ ใช้น้ำประปา เปลี่ยนถ่ายน้ำตลอดโครงการศึกษาและสิ่งอำนวยความสะดวกอื่น ๆ จึงขอขอบคุณทุกท่านมา ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- กรมการแพทย์. (2552). แนวทางการวินิจฉัย ดูแลรักษา ผู้ป่วยโรคไข้ซิกนุงุนยา (โรคไข้วัดซ้อยงลาย).
[online] [สืบค้นเมื่อ 1 ส.ค. 62.]; แหล่งข้อมูล: URL:
<https://ddc.moph.go.th/dvb/news.php?news=1133&deptcode=dvb#chikv>
- กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง . (2563) ก. รายงานพยากรณ์โรคไข้เลือดออก ปี 2563. [online] [สืบค้นเมื่อ 1 ส.ค. 63.]; แหล่งข้อมูล: URL: <https://ddc.moph.go.th/thaivbd/>.
- กองโรคติดต่อภายในโดยแมลง. (2563) ข. มาตรการในการเฝ้าระวัง ป้องกัน ควบคุมโรคติดเชื้อไวรัสซิกา. ปรับปรุง ณ วันที่ 18 กันยายน 2563. [online] [สืบค้นเมื่อ 1 ส.ค. 62.]; แหล่งข้อมูล:
URL:https://drive.google.com/file/d/1evu_3xXvUzJzC2LBgJkrmVZ3f4Fskzfu/view
- เกรียงไกร เลิศทัศนีย์. (2542). งานวิจัยพัฒนาปรับปรุงสูตรผลิตภัณฑ์จุลินทรีย์ *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) และการศึกษาประสิทธิภาพผลิตภัณฑ์ Bti ต่อการลดจำนวนประชากรลูกน้ำยุงลาย [online] [สืบค้นเมื่อ 23 ส.ค. 62.]; แหล่งข้อมูล:
URL:<http://www1a.biotec.or.th/rdreport/prjbiotec.asp?ld=188>.
- เกรียงศักดิ์ เจตนะจิตร์ ประชุมพร เล่าห์ประเสริฐ พรรณเกษม แผ่พร. (2552). ความคงทนของทรายเคลือบ สารเคมีฟอส 1% ในการกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้านในอำเภอสันคา จังหวัดชัยนาท. วารสารควบคุมโรค, 35(3), 200-205.
- อึ้งรงค์ ผลชีวิน, สุนัยนา สะท้านไตรภพ, อึ้งนาจ บุญเครือพันธุ์ สมชาย แสงกิจพร. (2559). การศึกษาฤทธิ์ คงทนของทรายอะเบทในการควบคุม ลูกน้ำยุงลายบ้าน *Aedes aegypti* ในสภาพธรรมชาติ และกึ่ง จำลองธรรมชาติ. วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 58(3), 161-168.
- นิตยา เมธาวณิขพงศ์ ,เลาจนา เขาวนาดิศัย ,มณฑล รียะปาน, ทิพย์ลิน ตะเพียนทอง. (2555). การสร้าง ความต้านทานของลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti*) ต่อแบคทีเรีย *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis*. วารสารวิชาการสาธารณสุข, 21(1), 23-30.
- บุญศรี จงเสรีจิตต์, วชิราภรณ์ ฎุปาอึ้ง. (2556). การควบคุมลูกน้ำยุงโดยใช้แบคทีเรีย. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 41(1), 16-35.
- สถาบันวัคซีนแห่งชาติ. (ม.ป.ป.). วัคซีนไข้เลือดออก" สำเร็จแล้ว จ่อขึ้นทะเบียน แม้ประสิทธิภาพไม่เต็ม 100% แต่ดีกว่าไม่ [online] [สืบค้นเมื่อ 1 ส.ค. 62.]; แหล่งข้อมูล: URL:
<http://www.nvi.go.th/index.php/blog/2016/02/v012?lang=th>.
- สถาบันวัคซีนแห่งชาติ. (ม.ป.ป.). วัคซีนไข้เลือดออก" สำเร็จแล้ว จ่อขึ้นทะเบียน แม้ประสิทธิภาพไม่เต็ม 100% แต่ดีกว่าไม่ [online] [สืบค้นเมื่อ 1 ส.ค. 62.]; แหล่งข้อมูล: URL:
<http://www.nvi.go.th/index.php/blog/2016/02/v012?lang=th>.
- สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข. (2553). ชีวิตวิทยาและการควบคุมแมลงที่เป็นปัญหาสาธารณสุข. พิมพ์ ครั้งที่ 4. บริษัทหนังสือดีวัน จำกัด. กรุงเทพมหานคร. หน้า 1-24.

- สัญญา พระพิชิต, ประชุมพร เล่าห์ประเสริฐ, พรรณเกษม แม่พร. (2562). ประสิทธิภาพความเป็นพิษ และความคงทนของทรายเคลือบสารเคมีฟอส จูลินทรีย์และ สารโนวาถูรอนต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน อำเภอสว่างหา จังหวัดอ่างทอง. วารสารวิชาการสาธารณสุขชุมชน. 5(1) : 111-122.
- สำนักโรคติดต่อมาโดยแมลง. (2556). ชีววิทยาและการควบคุมยุงลายสวน [online] [สืบค้นเมื่อ 1 ส.ค. 62.]; แหล่งข้อมูล: URL: <https://drive.google.com/file/d/1NWHet8iCl3J0x97vGIMYBuLznxHRDfzh/view>.
- สำนักโรคติดต่อมาโดยแมลง. (2557). การทดสอบประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนของสารกำจัดลูกน้ำยุงลายใน คู่มือการทดสอบสารเคมี. พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด. หน้า 20-23.
- สำนักโรคติดต่อมาโดยแมลง . (2558). คู่มือวิชาการโรคติดต่อเฉียบพลันและโรคไข้เลือดออกเดงกีด้านการแพทย์ และสาธารณสุข ปี พ.ศ. 2558 . พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักพิมพ์อักษรกราฟิกแอนด์ดีไซน์ กรุงเทพมหานคร. 140 หน้า.
- สำนักโรคติดต่อมาโดยแมลง. (2559).คู่มือการใช้เครื่องพ่นสำหรับผู้ปฏิบัติการเพื่อป้องกันและควบคุมโรค ไข้เลือดออก 2559. สำนักโรคติดต่อมาโดยแมลง กรมควบคุมโรค นนทบุรี. 80 หน้า.
- สำนักโรคติดต่อมาโดยแมลง. (2561). สถานการณ์โรคไข้ปวดข้อยุงลายประเทศไทย ประจำปีสัปดาห์ที่ 50/2561 ณ วันที่ 25 ธันวาคม พ.ศ. 2561. [online] [สืบค้นเมื่อ 1 ส.ค. 62.]; แหล่งข้อมูล: URL:https://ddc.moph.go.th/uploads/ckeditor/6f4922f45568161a8cdf4ad2299f6d23/files/Chikun/2561/chikun_wk50.pdf
- สำนักโรคติดต่ออุบัติใหม่. (2559) คู่มือการป้องกันควบคุมโรคติดต่อไวรัสซิกา สำหรับบุคลากรทาง การแพทย์และสาธารณสุข ปี 2559. สำ นักงานกิจการโรงพิมพ์ องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก ใน พระบรมราชูปถัมภ์. 179 หน้า
- สุทาร์ตน์ พรจรรยา. (2545). ความเป็นพิษของ *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* ต่อลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti*) ในภาชนะเก็บน้ำต่างชนิดภายใต้สิ่งแวดล้อมที่ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาสังแวดล้อม นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุภรดา สุคนธาภิรมย์ ณ พัทลุง, เสาวนิตย์ โพธิ์พูนศักดิ์ ศรีจันทร์ ศรีจันทร์ และพฤทธิชาติ ปุณณวัฒน์. (2563) . เอกสารวิชาการคำแนะนำการป้องกันแมลง-สัตว์ศัตรูพืช อย่างมีประสิทธิภาพและปลอดภัย จากงานวิจัย.กลุ่มบริหารศัตรูพืช/กลุ่มกีฏและสัตววิทยา สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรม วิชาการเกษตร. 230 หน้า.
- อนามัย ธีรวิโรจน์. (2539). ความคงทนของ *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. รูปผงอัดเม็ดต่อการ ควบคุมลูกน้ำยุงลาย *Aedes aegypti* (L.) ในน้ำต่างชนิด [online] [สืบค้นเมื่อ 23 ก.ค. 62.]; แหล่งข้อมูล: URL: <http://www.thaithesis.org/detail.php?id=31704>
- อาคม สังข์วรานนท์. (2538). กีฏวิทยาทางสัตวแพทย์. หมวดวิชาปรสิตวิทยา ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะ สัตวแพทยศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 4. นนทบุรี: สหมิตรพรินติ้ง, 1-773.

- อุไรวรรณ ถาดทอง, อีรยุทธ กล่ำสีดา, วรรณภา ฤทธิสนธิ์. (ม.ป.ป.). ระดับความไวของลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) ต่อสารเคมีเพมีฟอสในพื้นที่จังหวัดระยอง [online] [สืบค้นเมื่อ 23 ส.ค. 62.]; แหล่งข้อมูล: URL: http://ryssurvey.com/vichakarn/downloadq.php?f=ddc_201706131043577315_150_1001ca.pdf&fc=title%2011.pdf
- Benitez-Trinidad AB, Herrera-Moreno JF, Vazquez-Estrada G, Verdin-Betancourt FA, Sordo M, Ostrosky-Wegman P, et.al. (2015) Cytostatic and genotoxic effect of เพมีฟอส in human lymphocytes and HepG2 cells. *Toxicol In Vitro*. 2015 Jun;29(4):779-86. doi: 10.1016/j.tiv.2015.02.008. Epub 2015 Mar 5. PMID: 25746384.
- Capinera, J.L. (2005). Abbott's Formula. *Encyclopedia of entomology*. [cited 2020 May]; Available from: URL: https://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F0-306-48380-7_4.
- Centers for Disease Control and Prevention. (n.d.) Mosquito-borne Transmission. [online] [cited 2020 May]; Available from: URL: <https://www.cdc.gov/dengue/training/cme/ccm/page45915.html>
- Chareonviriyaphap, T., Aum-Aung, B., & Ratanatham, S. (1999). Current insecticide resistance patterns in mosquito vectors in Thailand. *Southeast Asian Journal of Tropical Medicine and Public Health*, 30, 184-194.
- Doucet, D., & Retnakaran, A. (2012). Insect chitin: metabolism, genomics and pest management. In *Advances in insect physiology*, 43, 437-511
- Emilia ,S., Lucia, A., Harburguer, L., Zerba, E., Licastro, S. & Masuh H. (2008) Effectiveness of Pyriproxyfen and ไดฟลูเบนซูรอน formulations as larvicides against *Aedes aegypti*. *Journal of the American Mosquito Control Association*. 24(3):398-403.
- ENTOMOLOGY TODAY. (2017). Traces of Zika Found in Asian Tiger Mosquito in Brazil. <https://entomologytoday.org/2017/04/14/traces-of-zika-found-in-asian-tiger-mosquito-in-brazil/>
- George, L., Lenhart, A., Toledo, J., et al. (2015). Community-effectiveness of เพมีฟอส for dengue vector control: a systematic literature review. *PLoS neglected tropical diseases*, 9(9).
- IStockphoto LP. 2021. aedes zika dengue mosquito and larvae . [online]. [cited 2020 Jun]. Available from: URL: <https://www.istockphoto.com/photos/aedes-zika-dengue-mosquito-and-larvae>

- Lee, Y. W. & Zairi J. (2006). Field evaluation of *Bacillus thuringiensis* H-14 against *Aedes* mosquitoes. *Tropical biomedicine*, 23(1), 37-44.
- Mulla, M. S., Thavara ,U., Tawatsin, A. & Chompoosri, J. (2004). Procedures for evaluation of field efficacy of slow release formulations of larvicides against *Aedes aegypti* in water storage containers. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 20(1): 64-73.
- National Center for Biotechnology Information (2021). PubChem Compound Summary for CID 37123, ไดฟูเบนซูรอน . [online]. [cited 2020 Jun]. Available from: URL: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/ไดฟูเบนซูรอน> .
- Orange County Mosquito and Vector Control District. (2017). Invasive tiger mosquitoes have increased by 330% in Orange County this [online]. [cited 2020 Jun]. Available from: URL: <http://newsantaana.com/invasive-tiger-mosquitoes-have-increased-by-330-in-orange-county-this-year/>
- Seccacini, E., Lucia, A., Harburguer, L., Zerba, E., Licastro, S., & Masuh, H. (2008). Effectiveness of pyriproxyfen and ไดฟูเบนซูรอน formulations as larvicides against *Aedes aegypti*. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 24(3), 398-403.
- Setha, T., Chantha, N., & Socheat, D. (2007). Efficacy of *Bacillus thuringiensis israelensis*, VectoBac® WG and DT, formulations against dengue mosquito vectors in cement potable water jars in Cambodia. *Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, 38(2), 261-268.
- Thavara, U., Tawatsin, A., Chansang, C., Asavadachanukorn, P., Zaim, M. & Mulla MS. (2007). Simulated field evaluation of the efficacy of two formulations of ไดฟูเบนซูรอน , a chitin synthesis inhibitor against larvae of *Aedes aegypti* (L.) (Diptera: Culicidae) in water-storage containers. *The Southeast Asian journal of tropical medicine and public health*, 38(2), 269-275.
- Thavara, U., Tawatsin, A., Kong-Ngamsuk, W. & Mulla, MS. (2004). Efficacy and longevity of a new formulation of เหมีฟอส larvicide tested in village-scale trials against larval *Aedes aegypti* in water-storage containers. *Journal of the American Mosquito Control Association*, 20(2), 176-182.
- World Health Organization. (2007). Who specifications and evaluations for public health pesticides [online] [cited 2020 May]; Available from: URL: <https://www.who.int/pq-vector-control/prequalified-lists/เหมีฟอส.pdf?ua=1>.

World Health Organization. (2017). Chikungunya: Key facts. [online]. [cited 2020 Jun].
Available from: URL: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/chikungunya>
