การศึกษาใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน เพื่อป้องกันไข้มาลาเรีย

Study on using long lasting insecticidal nanonet jacket (LLINJ) for malaria vector control

นายบุญเสริม อ่วมอ่อง
นางสาวจิราภรณ์ เสวะนา
นางสาวบุษราคัม สินาคม
นางศิริพร ยงชัยตระกูล
นายยุทธพงศ์ หมื่นราษฎร์

สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง
กรมควบคุมโรค

2561

รายนามผู้ศึกษาและที่ปรึกษา

ผู้ศึกษาหลัก

นายบุญเสริม อ่วมอ่อง	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค

ผู้ร่วมศึกษา

1.	นางสาวจิราภรณ์ เสวะนา	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค
2.	นางสาวบุษราคัม สินาคม	นักวิชาการสาธารณสุขปฏิบัติการ สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค
3.	นางศิริพร ยงชัยตระกูล	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค
4.	นายยุทธพงศ์ หมื่นราษฎร์	นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการพิเศษ สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช

รายนามที่ปรึกษา

1.	นายแพทย์วิชัย สติมัย	นายแพทย์ทรงคุณวุฒิ กรมควบคุมโรค
2.	นายแพทย์นิพนธ์ ชินานนท์เวช	ผู้อำนวยการสำนักงานคณะกรรมการควบคุมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ กรมควบคุมโรค
3.	นายแพทย์ปรีชา เปรมปรี	ผู้อำนวยการสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากกองทุนโลกด้านมาลาเรีย คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง ที่สนับสนุนให้ดำเนินการศึกษาครั้งนี้และผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่อนุญาตให้เจ้าหน้าที่ผู้เกี่ยวข้องมาร่วมปฏิบัติงานในพื้นที่ที่อยู่ในความรับผิดชอบของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช ขอขอบพระคุณศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงอุตสาหกรรม ที่ให้ความอนุเคราะห์เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน

สุดท้ายขอขอบคุณนายยศพันธ์ พรหมจันทร์ หัวหน้าหน่วยควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลงที่ 11.3.3 อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่กรุณาช่วยดำเนินการและอำนวยความสะดวกในครั้งนี้

คณะผู้ศึกษา
ธันวาคม 2561

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีเดลต้าเมทริน (deltamethrin) ใช้ป้องกันไข้มาลาเรียในกลุ่มอาชีพทำสวนยางพาราในจังหวัดสุราษฎร์ธานี โดย 1) ศึกษาเปรียบเทียบจำนวนเข้ากินเลือดของยุงพาหะนำไข้มาลาเรียต่อเนื่องเป็นเวลา 2 ปี (2558-2559) ระหว่างกลุ่มนักกีฏวิทยาผู้ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีและกลุ่มไม่ใช้เสื้อคลุมตาข่ายฯ 2) ทดสอบฤทธิ์คงทนของสารเคมีบนเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี 3) ทดสอบความไวของยุงพาหะต่อสารเคมีทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนาม และ 4) ประเมินผลการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีต่อจำนวนการติดเชื้อไข้มาลาเรียในพื้นที่วิจัย ผลการศึกษาพบว่า การใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีสามารถลดการเข้ากัดของยุงก้นปล่องลงร้อยละ 71.67 การเข้ากัดของยุงก้นปล่องรวมทุกชนิด ผู้ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีต่ำกว่าผู้ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ $p<0.05$ ($\chi^2= 37.608$, $p = 0.000$) ลดการเข้ากัดของยุง *An. minimus* ลงร้อยละ 74.42 พบว่า จำนวนยุงเข้ากินเลือดกลุ่มที่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ ($\chi^2= 31.065$, $p = 0.000$) แต่การเข้ากัดของยุง *An. dirus* มีจำนวนต่ำ และจำนวนการเข้ากัดของยุงในกลุ่มที่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ ต่ำกว่ากลุ่มที่ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($\chi^2= 3.210$, $p = 0.668$) พบว่าสาร deltamethrin ชุบเสื้อคลุมตาข่ายฯ ขนาด 60 mg/m^2 มีฤทธิ์คงทนอยู่ได้นาน 18 เดือนทั้งในห้องปฏิบัติการและในสภาพใช้ในสนามตามธรรมชาติ นอกจากนี้พบว่ายุง *An. minimus* มีความไวต่อสาร deltamethrin ที่ใช้ชุบกับเสื้อคลุมตาข่ายฯ และพบว่ายุง *An. minimus* มีความไวต่อสารไพรีทรอยด์ชนิดอื่น เช่น permethrin, bifenthrin, alphacypermethrin และมีความไวต่อ propoxur ซึ่งเป็นสารกลุ่มคาร์บาเมต การใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีทำให้กลุ่มตัวอย่างที่ประกอบอาชีพทำสวนยางพารามีภาวะไข้มาลาเรียลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มที่ไม่ได้ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีที่อยู่ในหมู่บ้านเดียวกัน การศึกษานี้เป็นประโยชน์ในการพิจารณาหามาตรการควบคุมการติดเชื้อมาลาเรียนอกบ้าน เช่น การทำสวนยางพารา การผลิตเสื้อคลุมตาข่ายนาโนและการศึกษาในพื้นที่ขนาดใหญ่ควรได้รับการสนับสนุน เพื่อนำมาประยุกต์เป็นมาตรการควบคุมไข้มาลาเรียที่ติดเชื้อนอกบ้านต่อไป

Abstract

The research on the effectiveness of a long lasting insecticidal nano netting jacket (LLINJ) against mosquito bites was conducted in Surathani Province. Deltamethrin treated jackets, local made nano netting, were used to protect against mosquito bites to prevent outdoor malaria transmission and to compare levels of man-vector contact density, through landing catches, between LLINJ and non-LLINJ wearing groups of entomologists. The residual effects of deltamethrin on the nano netting of LLINJs under laboratory and field conditions were investigated. Furthermore, the local malaria vectors were tested against deltamethrin and other insecticides to determine their susceptibility status. Measurement was done for protective ability of LLINJs toward number of infected malaria cases in the study area. Results showed 71.67% reduction in the number of *Anopheles* mosquito landings in the LLINJ wearing group compared with the non-LLINJ wearing group, which was a significant difference with *p*-value <0.05 (χ^2= 37.608, *p* = 0.000). There was a significant reduction of 74.42% in the number of local malaria vector, *Anopheles minimus*, landing in the LLINJ wearing group compared with the non-LLINJ wearing group with p-value <0.05 (χ^2= 31.065, *p* = 0.000). Despite the number of *An. dirus* collected in this study being low, its number in the LLINJ wearing group was not significantly lower than that of the non-LLINJ wearing group (χ^2= 3.210, *p* = 0.668). The residual effect of deltamethrin treatment on LLINJ at a dose of 60 mg/m^2 in 18 months was effective under both laboratory and field conditions. It was also found that wildly caught *An. minimus* was susceptible to deltamethrin as well as other alternative pyrethriods, such as permethrin, bifenthrin, alphacypermethrin, including carbamate insecticide, propoxur. Study result provides useful information for an alternative measure to control outdoor malaria transmission. Further well-designed large-scale studies are needed to determine the impact for the use of LLINJ as well as encouraging large scale production of LLINJ.

คำสำคัญ
มาลาเรีย, เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน

Key words
Malaria, Long Lasting Insecticidal Nano Jacket

สารบัญ

		หน้า
กิตติกรรมประกาศ		i
บทคัดย่อ		ii
สารบัญ		iv
สารบัญตาราง		v
สารบัญภาพ		vi
บทที่ 1 บทนำ		
1.1	ความเป็นมาของปัญหาการศึกษา	1
1.2	วัตถุประสงค์ของการศึกษา	3
1.3	ขอบเขตของการศึกษา	3
1.4	ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา	4
1.5	นิยามศัพท์	4
1.6	กรอบแนวคิดในการศึกษา	5
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง		
2.1	ความสำคัญของโรคไข้มาลาเรีย	6
2.2	โครงการกำจัดมาลาเรีย	10
2.3	ยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย	11
2.4	มาตรการควบคุมยุงพาหะนำโรคเชื้อมาลาเรีย	16
2.5	การสำรวจยุงก้นปล่องพาหะนำโรคนำเชื้อมาลาเรีย	23
2.6	การทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมีกำจัดแมลง	25
2.7	การทดสอบประสิทธิภาพของมุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนาน	27
2.8	การศึกษาวัสดุชุบสารเคมีและเสื้อชุบสารเคมีป้องกันยุงกัด	29
บทที่ 3 วิธีการศึกษา		
3.1	พื้นที่ดำเนินการศึกษา	32
3.2	เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี	33
3.3	วิธีดำเนินการศึกษา	34
3.4	การวิเคราะห์ผลการศึกษา	38
บทที่ 4 ผลการศึกษา		
4.1	ผลการศึกษาประสิทธิภาพของเสื้อคลุมนาโนชุบสารเคมี	39
4.2	ผลการศึกษาฤทธิ์คงทนของสารเคมีกับเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี	48
4.3	ผลการศึกษาความไวของยุงพาหะต่อสารเคมี	48
4.4	ผลการศึกษาผลกระทบของการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีต่อการป่วยโรคไข้มาลาเรีย	49
บทที่ 5 สรุปอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ		
5.1	สรุป อภิปรายผล	50
5.2	ข้อเสนอแนะ	53
เอกสารอ้างอิง		55

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ชนิดและอัตราการใช้สารเคมีในการชุบมุ้งเพื่อควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย	17
2	สารเคมีที่ใช้พ่นให้มีฤทธิ์ตกค้างเพื่อควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย	19
3	มุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนานที่ผ่านการประเมินจากองค์การอนามัยโลก	21
4	สารเคมีที่ใช้พ่นฟุ้งกระจายกำจัดยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ	22
5	ความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมี	25
6	คุณลักษณะของเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีที่ใช้ในโครงการ	33
7	จำนวนยุงก้นปล่องทุกชนิดที่จับได้ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559	40
8	จำนวนยุงก้นปล่องเข้ากินเลือดเมื่อใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ และไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559	42
9	จำนวนยุงก้นปล่องทุกชนิด เข้าหากินเลือดในกลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ และใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	42
10	จำนวนยุง *An. minimus* จำแนกตามการจับยุง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559	43
11	จำนวนยุง *An. minimus* เข้าหากินเลือดในกลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯและใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	43
12	จำนวนยุง *An. dirus* จำแนกตามการจับยุง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559	44
13	จำนวนยุง *An. dirus* เข้าหากินเลือดในกลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯและใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	45
14	จำนวนยุง *An. minimus* ที่จับได้ทั้งหมดจากการจับยุง จำแนกรายชั่วโมง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559	46
15	จำนวนยุง *An. dirus* ที่จับได้ทั้งหมด จำแนกรายชั่วโมง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559	47
16	ผลการทดสอบความไวของยุง *An. minimus* ต่อสารเคมีชนิดต่าง ๆ	49

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วงจรชีพของเชื้อมาลาเรียที่เจริญเติบโตผ่านในยุงและผ่านในคน	8
2	จำนวนผู้ป่วยโรคไข้มาลาเรียคนไทยและต่างชาติรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2555-2559	9
3	แสดงลักษณะภูมิประเทศของตำบลคลองศกอำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	32
4	แสดงขอบเขตพื้นที่ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี	33
5	ลักษณะเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีที่ใช้ในการศึกษา	34
6	จุดจับยุง	35
7	การทดสอบฤทธิ์คงทนของสารเคมีกับเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี	36
8	การทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมีฯ	37
9	แสดงยุงก้นปล่องที่จับได้ทั้งหมด หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559	41
10	แสดงยุง *An. minimus* ที่จับได้ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559	41
11	แสดงจำนวนยุง *An. dirus* แต่ละจุดจับยุง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559	45
12	แสดงยุง *An. minimus* ที่จับได้จำแนกรายชั่วโมง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559	46
13	แสดงช่วงเวลาการออกหากินของยุง *An. dirus* ที่จับได้ทั้งหมด จำแนกรายชั่วโมงตามฤดูกาล หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559	47
14	แสดงฤทธิ์คงทนเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีเมื่อทดสอบด้วยยุง *An. minimus*	48

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของปัญหาการศึกษา

แม้ว่าปัจจุบันโรคไข้มาลาเรียจะลดลงอย่างต่อเนื่อง แต่ก็ยังคงเป็นปัญหาสาธารณสุขของประเทศไทยโดยเฉพาะในพื้นที่เสี่ยงที่ยังคงพบยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย ในบริเวณที่มีบริเวณติดต่อกับประเทศเพื่อนบ้าน บริเวณพื้นที่ที่ยากแก่การเข้าถึง และมีปัญหาด้านความปลอดภัย ปัญหาการติดเชื้อมาลาเรียนอกบ้าน (Outdoor malaria transmission) ตลอดจนในพื้นที่ที่ยังมีกลุ่มเคลื่อนย้ายจากการประกอบอาชีพซึ่งมีพฤติกรรมเสี่ยง เช่น การออกปฏิบัติงานในช่วงเวลาเดียวกับการออกหากินของยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย โดยเฉพาะหลังพระอาทิตย์ตกและก่อนพระอาทิตย์ขึ้น เป็นต้น เช่น ชุดลาดตระเวน กลุ่มกรีดยางพารา หรือหาของป่า[1,2] โดยมีการรายงานพบการแพร่เชื้อมาลาเรียในสวนยางพาราของประเทศไทยและประเทศในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้[3] ในกลุ่มที่มีพฤติกรรมเสี่ยงนี้ การลดการเข้ากัดของยุงพาหะ (Man-Vector-Contact) จึงเป็นหนึ่งในมาตรการหลักในการป้องกันการติดเชื้อมาลาเรียฯ ได้แก่ การใช้มุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์คงทนยาวนาน (Long Lasting Insecticidal Net : LLIN) การใช้สารไล่ยุง (Repellent) การใช้สารเคมีชุบเสื้อผ้าป้องกันยุงกัดนอกบ้าน[4] การใช้มุ้งชุบสารเคมีคลุมเปล เป็นต้น

ตั้งแต่ปี 2554 เป็นต้นมางบประมาณในการดำเนินการควบคุมโรคไข้มาลาเรียของประเทศไทยส่วนหนึ่งได้รับการสนับสนุนจากกองทุนโลก (Global Fund) มีวัตถุประสงค์เพื่อหยุดการแพร่เชื้อมาลาเรียที่ต้านต่อยาอนุพันธุ์อาร์ติมิซินิน ส่งเสริมการป้องกันตนเองไม่ให้ถูกยุงกัด โดยใช้มุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนาน[5] ซึ่งพบว่าได้ผลในการป้องกันโรคไข้มาลาเรียได้ดีในระดับหนึ่ง[6] ทั้งนี้องค์การอนามัยโลกแนะนำว่าการป้องกันและกำจัดยุงพาหะ ต้องใช้วิธีผสมผสานหลายมาตรการจึงจะได้ผลดี โดยเฉพาะการยับยั้งการติดเชื้อและการแพร่เชื้อมาลาเรียนอกบ้าน[7] สำหรับประเทศไทยแม้ว่าโครงการกองทุนโลกด้านมาลาเรียได้มีการส่งเสริมให้มีการใช้มุ้งชุบสารเคมีคลุมเปลและสารป้องกันยุงกัด แต่ก็ยังไม่ครอบคลุมประชากรกลุ่มเสี่ยง[2]

ปัจจุบันกระทรวงสาธารณสุขมีแผนดำเนินการกำจัดโรคไข้มาลาเรียให้ปลอดจากโรคไข้มาลาเรีย (Malaria Elimination) ภายในปี พ.ศ. 2567 โดยมียุทธศาสตร์ที่สำคัญคือ เร่งรัดกำจัดการแพร่เชื้อมาลาเรีย พัฒนาเทคโนโลยี นวัตกรรม มาตรการและรูปแบบที่เหมาะสมในการกำจัดโรคไข้มาลาเรีย สร้างความร่วมมือระหว่างภาคีเครือข่าย และส่งเสริมให้ประชาชนมีศักยภาพในการดูแลตนเองจากโรคไข้มาลาเรีย[2]

การแพร่ระบาดของโรคไข้มาลาเรียประกอบด้วยปัจจัยพื้นฐานหลัก 3 ประการ ได้แก่ เชื้อมาลาเรีย (Agent) ยุงพาหะ (Vector) และคน (Host) การควบคุมโรคไข้มาลาเรียให้ได้ผลดีจะต้องดำเนินการครอบคลุมทั้ง 3 มาตรการ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเสริม ได้แก่ สิ่งแวดล้อม ภูมิอากาศ มาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ภาวะโลกร้อน (Global warming) การเปลี่ยนแปลงสภาพการใช้พื้นที่ดิน (Land use change) เช่น การตัดไม้ทำลายป่า การปลูกพืชเศรษฐกิจ เป็นต้น จากการศึกษาของ Hans และคณะ[8] พบว่ายุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียชนิดมินิมัส (*Anopheles minimus*) และยุงก้นปล่องแมคคูลาตัส (*Anopheles maculatus*) จะมีความชุกชุมสูงมีความสัมพันธ์กับบริเวณป่าเขา (Forest related) แต่ในทางตรงกันข้ามยุงก้นปล่องที่ไม่ได้เป็นยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียจะไม่มีความสัมพันธ์กับป่าเขา เช่น ยุงก้นปล่องกลุ่ม ไฮคราไนส์ (*Anopheles hyrcanus* group) และหรือยุงพาหะรอง เช่น ยุงก้นปล่องอะโค

นิตัส (*Anopheles aconitus*) นอกจากนี้การศึกษาของ วรรณภา และคณะ[9] ยืนยันว่าการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ดินจากป่าเป็นสวนผลไม้หรือพื้นที่การเกษตรมีผลกระทบต่อความชุกชุมของยุงพาหะทำให้ยุงพาหะหลักนำเชื้อมาลาเรีย *An. minimus* มีความชุกชุมลดลง เป็นต้น

ประเทศไทยมีการแบ่งพื้นที่การปฏิบัติงานตามลักษณะการแพร่เชื้อมาลาเรีย (Area stratification) และมีการกำหนดมาตรการและกิจกรรมตามความรุนแรงของการเกิดโรค สำหรับมาตรการต่อยุงพาหะ (Vector control measure) นั้นเป็นมาตรการที่สำคัญไม่น้อยกว่ามาตรการต่อเชื้อมาลาเรีย (Anti-parasite measure) และเป็นมาตรการที่สำคัญที่สามารถทำให้การแพร่กระจายของยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียมีการเปลี่ยนแปลงลดลงหรือหมดไปได้ โดยอาจดำเนินการได้ทั้งยุงระยะตัวเต็มวัยและระยะตัวอ่อน แต่การจะกำหนดมาตรการที่ชัดเจนลงไปในแต่ละพื้นที่ควรจะต้องมีการศึกษาทางด้านกีฏวิทยา โดยเฉพาะชีวนิสัยของยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย เช่น ฤดูการปรากฏตัว ช่วงเวลาการออกหากิน เหยื่อที่ยุงชอบ พฤติกรรมการเกาะพัก แหล่งเพาะพันธุ์ เป็นต้น เพื่อให้ทราบข้อมูลที่จำเป็นต่าง ๆ ในการวางแผนการป้องกันและควบคุมที่มีประสิทธิภาพ

มาตรการต่อยุงก้นปล่องพาหะนำโรค ระยะตัวเต็มวัยมาตรการแรกที่ประเทศไทยได้นำมาใช้ คือ การพ่นสารเคมีมีฤทธิ์ตกค้าง หรือเรียกว่า Indoor Residual Spraying (IRS) โดยก่อนที่ประเทศไทยจะนำการพ่นแบบมีฤทธิ์ตกค้างมาใช้ในวงกว้างได้มีการศึกษาทดลองก่อน โดยใช้สารเคมีดีดีที (DDT) ได้มีการทดลองถึงประสิทธิภาพที่จังหวัดเชียงใหม่[10] เริ่มการศึกษาตั้งแต่สัปดาห์ที่สองของเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2492 ถึงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2494 การศึกษานี้ดำเนินการในสองพื้นที่เพื่อเปรียบเทียบกัน คือ อำเภอสารภี จังหวัดเชียงใหม่ เป็นท้องที่พ่นสารเคมีดีดีที ขนาด 2,000 มิลลิกรัม (2 กรัม) ต่อตารางเมตร และในพื้นที่อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ เป็นท้องที่ควบคุม (Control) คือไม่มีการพ่นสารเคมีดีดีที ที่เลือกสองพื้นที่นี้ เนื่องจากมีภาวะโรคไข้มาลาเรียสูงเช่นเดียวกัน การดำเนินการศึกษาแบ่งออกเป็นสองช่วงระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2492 ถึงเดือนเมษายน พ.ศ. 2493 (9 เดือน) เป็นช่วงก่อนการฉีดพ่นสารเคมีดีดีที (Before treatment) และศึกษาต่อหลังจากการพ่นสารเคมีดีดีที ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2493 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2494 (After treatment) ทำการเปรียบเทียบผลการศึกษาระหว่างสองช่วงเวลา (before and after implementation) และเปรียบเทียบระหว่างสองพื้นที่ (Control and Treatment) ผลการศึกษาพบว่า หลังจากฉีดพ่นสารเคมีดีดีที (อำเภอสารภี) อัตราการพบสปอโรซอยต์ในต่อมน้ำลายยุง (Sporozoite rate) ลดลงจาก 7.26 เป็น 0 โดยเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่ควบคุม อำเภอสันทราย ซึ่งอัตราสปอโรซอยต์ไม่ลดลง อยู่ระหว่าง 0.48-4.64 รวมทั้งอัตราการพบโอโอซีสต์ (Oocyst) ในกระเพาะอาหารยุงก็มีลักษณะเช่นเดียวกันคือ ในพื้นที่ทดลอง (Treatment) ลดลงจาก 3.74 เป็น 0 แต่จะตรงข้ามในพื้นที่ควบคุม (Control) อัตราโอโอซีสต์ อยู่ระหว่าง 0.17-2.80 นอกจากนี้ปริมาณความหนาแน่นของยุง (ตัว/คน/ชั่วโมง) ของยุงพาหะหลัก *An. minimus* ที่จับได้ลดลงจาก 4.03 เป็น 0 ในขณะที่ท้องที่ควบคุมที่ไม่ได้พ่นสารเคมีดีดีที ความหนาแน่นของยุงชนิดนี้อยู่ระหว่าง 0.41-5.85 ตลอดระยะเวลาการศึกษา นอกจากนี้เรือด (Bed bug) ก็หายไปด้วยในพื้นที่ทำการพ่นสารเคมีดีดีที แต่ไม่หายไปในพื้นที่ควบคุม จากการได้พิสูจน์ทราบถึงประสิทธิผลของสารเคมีดีดีทีว่า สามารถควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียได้ จึงได้มีการนำสารเคมีชนิดนี้มาใช้ทั่วประเทศไทย[10] แต่เนื่องจากมีรายงานว่าสารเคมีดีดีทีมีฤทธิ์ตกค้างยาวนาน จึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดีดีทีจึงถูกเลิกใช้และมีการนำสารเคมีชนิดอื่น ๆ มาใช้ทดแทน

ปัจจุบันประเทศไทยใช้สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ในการควบคุมยุงก้นปล่องเป็นหลัก การใช้สารเคมีกำจัดแมลงมุ่งที่การควบคุมยุงที่มีเชื้อ (Infective mosquito) เมื่อยุงสัมผัสกับสารเคมีแล้ว สารเคมี

ดังกล่าวจะไปลดอายุขัยของยุงโดยคาดหวังให้น้อยกว่า 10 วัน ซึ่งเชื้อมาลาเรียในตัวยุงยังไม่ทันพัฒนาไปเป็นระยะติดต่อ (Infective stage) หรือระยะสปอโรซอยต์ (Sporozoite) ที่อยู่ในต่อมน้ำลายยุง เมื่อยุงตายก่อนที่เชื้อจะพัฒนาไปเป็นระยะติดต่อก็จะไม่สามารถแพร่เชื้อมาลาเรียไปสู่คนอื่นได้ นอกจากนี้สารเคมีกำจัดแมลงบางชนิดก็มีฤทธิ์ในการฆ่ายุงได้ด้วย อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีแบบมีฤทธิ์ตกค้างมีข้อจำกัดหลายประการ เช่น การพ่นบ้านจะต้องมีความครอบคลุมเพื่อให้เกิดการป้องกันในวงกว้างของจำนวนหลังคาเรือนของพื้นที่มีการแพร่เชื้อมาลาเรีย การปฏิเสธการพ่นสารเคมี และการที่ต้องใช้งบประมาณในการดำเนินการค่อนข้างสูง มาตรการนี้จึงใช้ในพื้นที่ห่างไกลและมีปัญหามาลาเรียสูงที่ยังมีการแพร่เชื้อในหมู่บ้าน ตามนโยบายที่สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลงกำหนดไว้[11]

ดังนั้นการใช้มาตรการมุ้งชุบสารเคมีกำจัดแมลง การชุบเสื้อผ้า และเปลนอนด้วยสารเคมีกำจัดแมลง จึงเป็นมาตรการหลักที่สำคัญในการควบคุมยุงพาหะและโรคไข้มาลาเรีย เพื่อเป็นการสนับสนุนเป้าหมายประเทศไทยปลอดจากโรคไข้มาลาเรีย (Malaria elimination) คณะผู้ศึกษาจึงได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีเดลต้าเมทริน (Deltamethrin) ในประชากรกลุ่มเสี่ยงดำเนินการในพื้นที่ที่ยังมีการแพร่เชื้อมาลาเรีย (Malaria endemic area) ตลอดจนศึกษาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ฤทธิ์คงทนของเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ระดับความไวของยุงต่อสารเคมี และผลกระทบของการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี กับการป่วยไข้มาลาเรียในกลุ่มผู้ทำสวนยางพาราในพื้นที่ดำเนินการ

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีเดลต้าเมทริน
1.2.2 เพื่อทราบฤทธิ์คงทนของเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีเดลต้าเมทริน
1.2.3 เพื่อทราบระดับความไวของยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียต่อสารเคมี
1.2.4 เพื่อทราบผลกระทบของการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีเดลต้าเมทรินกับการป่วยไข้มาลาเรียในกลุ่มผู้ทำสวนยางพารา

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1.3.1 ขอบเขตการศึกษาด้านประชากร ได้แก่ กลุ่มประชาชนที่มีอาชีพกรีดยางพาราในจังหวัดภาคใต้ของประเทศไทย และพนักงานจับยุงที่ได้รับการอบรมและมีประสบการณ์ในการจับยุงจากสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลงและสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช
1.3.2 ยุงก้นปล่องทุกชนิดที่เข้าเกาะคน (พนักงานจับยุง) ที่จับจากพื้นที่ดำเนินการ และยุงก้นปล่อง *An. minimus* ที่เพาะพันธุ์และเลี้ยงในห้องปฏิบัติการของสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค
1.3.3 สถานที่ดำเนินการศึกษา ประกอบด้วย

- การศึกษาประสิทธิภาพของเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี และการศึกษาเพื่อทราบระดับความไวของยุงก้นปล่องต่อสารเคมีเดลต้าเมทริน การศึกษาผลกระทบของการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ดำเนินการที่ หมู่ที่ 7 ตำบลเขาศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

- การศึกษาฤทธิ์คงทนของสารเคมีในเสื้อคลุมตาข่ายนาโน ดำเนินการที่ห้องปฏิบัติการสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข และหมู่ที่ 7 ตำบลเขาศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

1.3.4 ระยะเวลาดำเนินการ 2 ปี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2558–เดือนธันวาคม พ.ศ. 2559

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการศึกษา

1.4.1 แนวทางในการนำเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ไปใช้ในประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการติดเชื้อมาลาเรียนอกเหนือจากกลุ่มกรีดยาง เช่น กลุ่มหาของป่า กลุ่มลาดตระเวน อาชีพเวรยามกลางคืนหรือผู้ที่ประกอบอาชีพนอกบ้านอื่น ๆ เป็นต้น

1.4.2 การนำผลการศึกษาไปต่อยอด หรือประยุกต์ใช้ในการป้องกันควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลงอื่น ๆ

1.4.3 ลดผลกระทบการตกค้างของสารเคมีในสิ่งแวดล้อมจากการใช้มาตรการพ่นสารเคมีให้มีฤทธิ์ตกค้าง (Indoor residual spraying) โดยส่งเสริมให้มีการนำเสื้อคลุมตาข่ายชุบสารเคมีไปใช้ทดแทน

1.5 นิยามศัพท์

1.5.1 นิยามศัพท์เฉพาะ

- เสื้อคลุมตาข่ายชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน หมายถึง เสื้อคลุมที่ทำด้วยผ้ามุ้งเส้นใยโพลีเอสเตอร์ มีช่องโปร่งไม่น้อยกว่า 600 ช่องต่อตารางนิ้ว ชุบสารเคมีด้วยกระบวนการพิเศษสามารถออกฤทธิ์คงทนยาวนาน (Long lasting)
- สารเคมีใช้ชุบเสื้อคลุมตาข่าย หมายถึง สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ได้แก่ สารเดลต้าเมทริน (Deltamethrin) ขนาด 60 mg/m^2 เป็นสารที่ใช้สำหรับกำจัดแมลงออกฤทธิ์ โดยยุงหรือแมลงได้รับพิษจากสารเคมีโดยการสัมผัส

1.5.2 นิยามศัพท์อื่น

- อาชีพกรีดยาง หมายถึง คนที่ไปกรีดยางพารายามค่ำคืนในช่วงที่มีการกรีดยางพารา แม้ว่าจะไม่ใช่อาชีพหลักก็ตาม
- ยุงพาหะนำโรค หมายถึง ยุงก้นปล่องในธรรมชาติที่สามารถนำเชื้อมาลาเรียหลังจากการเจริญวงจรชีพของเชื้อจนถึงระยะติดต่อแล้วนำไปสู่คนในขณะกัดกินเลือด ซึ่งจะต้องเป็นยุงเพศเมียเท่านั้น
- การทดสอบฤทธิ์คงทนของสารเคมี (Cone bioassay test) เป็นการดำเนินการตามวิธีมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก[12] เพื่อให้ทราบว่าสารเคมีที่นำมาใช้จะมีฤทธิ์คงทนอยู่ได้นานเพียงใด ในสภาพธรรมชาติ
- การทดสอบความไวของยุงพาหะต่อสารเคมี (Susceptibility test) ดำเนินการทดสอบในพื้นที่ศึกษา ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก[13] เพื่อตรวจสอบว่ายุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรียยังคงมีความไวต่อสารเคมี คือ ต้องมีอัตราตายหลังการทดสอบอยู่ระหว่างร้อยละ 98-100
- ผลกระทบจากการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี หมายถึง จำนวนผู้ติดเชื้อมาลาเรียในกลุ่มผู้ใช้และไม่ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ในพื้นที่ดำเนินการ

1.6 **กรอบแนวคิดในการศึกษา** (Conceptual Framework)

1.6.1 การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยที่เน้นการทดลอง (Experimental Research)

- บนสมมติฐาน “ผู้ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีจะถูกยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียเข้ากัดน้อยกว่ากลุ่มผู้ไม่ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี”
- บนทฤษฎี “สารเคมีบนเสื้อคลุมตาข่ายนาโนจะทำให้อายุขัย (Longevity) ของยุงพาหะที่ไปสัมผัสลดลงไม่สามารถแพร่เชื้อมาลาเรียต่อไปได้อีก”

1.6.2 ตัวแปรต้น ได้แก่

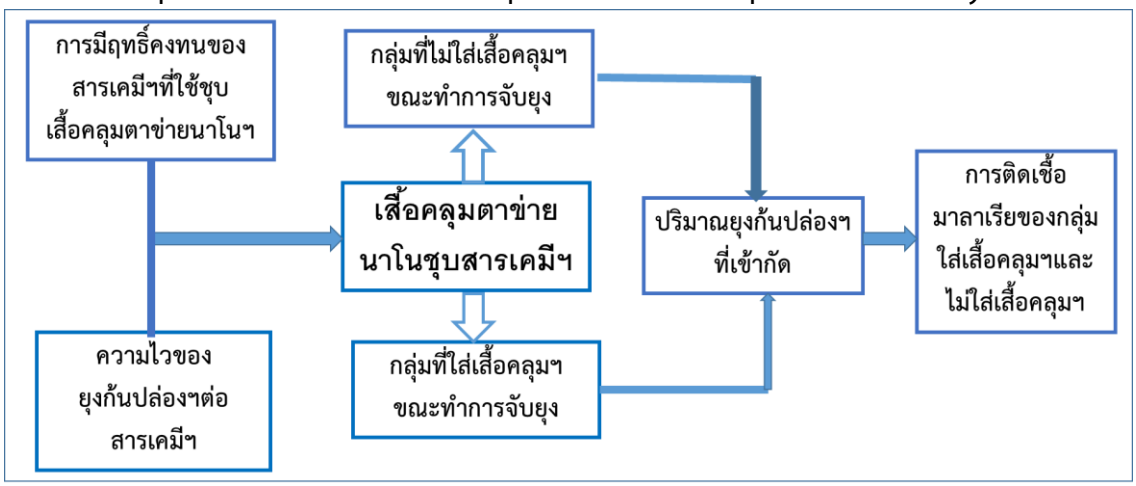
- การสวมเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี
- ฤทธิ์คงทนของสารเคมีที่ใช้ชุบเสื้อคลุมตาข่ายนาโน
- ระดับความไวของยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียต่อสารเคมี

1.6.3 ตัวแปรตาม ได้แก่

- ปริมาณยุงก้นปล่องที่เข้าเกาะกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบ

1.6.4 ผลกระทบ ได้แก่ จำนวนผู้ที่ป่วยเป็นโรคไข้มาลาเรียจากการใช้และไม่ใช่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี

Conceptual Framework as an equation for this experimental study



บทที่ 2
ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาครั้งนี้เป็นการศึกษาการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี เพื่อควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย ในกลุ่มคนกรีดยางภาคใต้ของประเทศไทย การทบทวนเอกสารทำการรวบรวมจากหลายแหล่ง โดยแบ่งประเด็นทบทวนตามปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดโรค การป้องกันควบคุมโรคไข้มาลาเรีย และการศึกษาที่ผ่านมาที่ใกล้เคียงกับประเด็นการศึกษาครั้งนี้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.1 ความสำคัญของโรคไข้มาลาเรีย
2.2 โครงการกำจัดมาลาเรีย (Malaria Elimination)
2.3 ยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย
2.4 มาตรการการควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย
2.5 การสำรวจยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรีย
2.6 การทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมี (Susceptibility test)
2.7 การทดสอบประสิทธิภาพของมุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนาน (Bioassay test)
2.8 การศึกษาวัสดุชุบสารเคมี เสื้อชุบสารเคมีป้องกันยุงกัด

2.1 ความสำคัญของโรคไข้มาลาเรีย

เชื้อมาลาเรียที่ก่อโรคในคนมียุงก้นปล่อง (Anopheles) เท่านั้นที่สามารถเป็นพาหะนำโรคได้ เชื้อมาลาเรียในธรรมชาติมีมากกว่า 120 ชนิด (Species) ซึ่งพบในโฮสต์ (Host) แตกต่างกันไปตั้งแต่สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก หนู ลิง เป็นต้น ซึ่งมาลาเรียในสัตว์มียุงชนิดอื่นที่มีศักยภาพในการนำเชื้อมาลาเรียในสัตว์ได้ เช่น ยุงรำคาญควินเควียฟาสเซียตัส (*Culex quinquefasciatus*) เป็นยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียในสัตว์ปีก (Avian malaria) นำเชื้อมาลาเรียชนิด *Plasmodium gallinaceum* [14] และ *Plasmodium relictum*[15] แต่มาลาเรียในลิง (Primate malaria) ส่วนใหญ่จะมียุงก้นปล่องเป็นพาหะนำโรค[16] เช่นเดียวกับยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียในคน

การติดต่อของโรคเริ่มต้นจากถูกยุงก้นปล่องเพศเมียที่มีเชื้อมาลาเรียในต่อมน้ำลายกัด และปล่อยเชื้อเข้าสู่กระแสเลือดคนเป็นวิธีธรรมชาติที่พบได้มากที่สุด โดยเชื้อมาลาเรียมีการสืบพันธุ์แบบอาศัยเพศ (Sexual stage) เกิดขึ้นในกระเพาะอาหารของยุง ภายหลังการเจริญเป็นระยะต่าง ๆ แล้ว เชื้อมาลาเรียระยะ sporozoite จะเดินทางผ่านช่องอกและเข้าไปในต่อมน้ำลายยุงพร้อมที่จะแพร่เชื้อสู่คนในขณะที่ยุงก้นปล่องดูดเลือดคน จากการศึกษาในห้องปฏิบัติการแสดงให้เห็นว่าโอกาสของ sporozoite ที่จะออกจากกระเพาะอาหารส่วนกลาง (Mid gut) ผ่านช่องอกสู่ต่อมน้ำลายยุงนั้นมีไม่มาก เพียงร้อยละ 19 ภายในระยะเวลา 8 ชั่วโมง ด้วยอัตราของจำนวน sporozoite 200 ตัวต่อชั่วโมง ส่วน sporozoite ที่เหลือจะตายโดยไม่ทราบสาเหตุขณะที่ยังอยู่ใน hemolymph[17] ปัจจุบันพบว่าโรคไข้มาลาเรียในคนมีสาเหตุมาจากเชื้อโปรโตซัว (protozoa) 5 ชนิด ได้แก่ *Plasmodium falciparum* (Pf), *Plasmodium vivax* (Pv), *Plasmodium malariae* (Pm), *Plasmodium ovale* (Po) และ *Plasmodium knowlesi* (Pk) ซึ่ง *P. knowlesi* ขณะนี้พบสูงในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย สำหรับเชื้อมาลาเรียชนิด *P. knowlesi* เป็นเชื้อชนิดใหม่ติดจากสัตว์สู่คน (Zoonosis) ที่พบในลิงหางยาวแม็กแคก (Macaques) หรือลิงแสม (*Macaca fascicularis*) โดยพบได้มากในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย สำหรับประเทศไทยมีรายงานการพบ *P. knowlesi* ครั้งแรกในปี 2004 โดยผู้ป่วยไปติดเชื้อบริเวณป่า

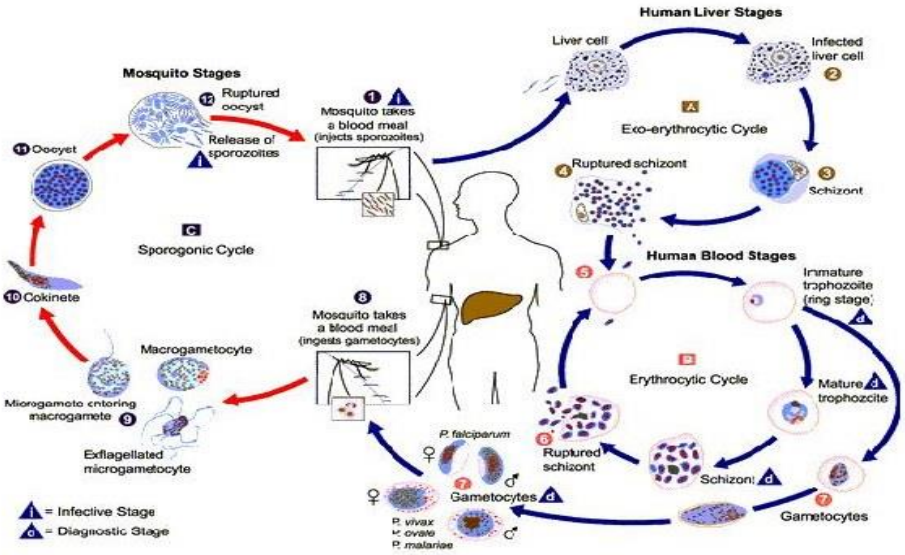
จังหวัดประจวบคีรีขันธ์[18] ซึ่งจนถึงปัจจุบันมีรายงานการพบเชื้อมาลาเรียชนิดนี้ในคนเพิ่มขึ้นในหลายจังหวัด เช่น จังหวัดจันทบุรี ประจวบคีรีขันธ์ ยะลา และกระบี่

การแพร่เชื้อมาลาเรียในประเทศไทยและประเทศเพื่อนบ้านมักจะมีความสัมพันธ์กับป่าเขา (Forest related malaria) เนื่องจากยุงก้นปล่องพาหะหลัก (Main vector) ที่นำเชื้อมาลาเรียมีแหล่งเพาะพันธุ์ในป่า (Forest) ชายป่า (Forest Fringe) สภาพใกล้เคียงกับป่า เช่น ตามบริเวณชายแดนของประเทศไทยที่ติดกับประเทศเมียนมาร์ ตั้งแต่จังหวัดแม่ฮ่องสอนลงมาจนถึงจังหวัดระนอง บริเวณชายแดนไทย-สปก.ลาว จังหวัดอุบลราชธานี ชายแดนไทย-กัมพูชา จังหวัดศรีสะเกษ สุรินทร์ ลงมาจนถึงจังหวัดตราด เนื่องจากปัญหาความไม่สงบใน 4 จังหวัดภาคใต้ ทำให้โรคไข้มาลาเรียกลับมาแพร่ระบาดเพิ่มขึ้นในจังหวัดยะลา นราธิวาส และสงขลา โดยมีกลุ่มเสี่ยงหลัก ได้แก่ ประชาชนที่ประกอบอาชีพเกี่ยวกับป่า คนงานสวนยางและสวนผลไม้ ทหาร ตำรวจตระเวนชายแดน และนักท่องเที่ยวนิยมธรรมชาติตามชายแดนที่ติดกับประเทศเพื่อนบ้าน นอกจากนี้ยังมีปัญหาเชื้อมาลาเรียชนิด *P. falciparum* ดื้อต่อยารักษา ทำให้ต้องใช้เวลาในการรักษานานขึ้น สัดส่วนการพบเชื้อมาลาเรียชนิด *P. vivax* เพิ่มขึ้นมากกว่าเชื้อมาลาเรียชนิด *P. falciparum* และมีแนวโน้มว่าจะมีอาการทางคลินิกรุนแรงเพิ่มขึ้นจนถึงขั้นเสียชีวิตได้ สิ่งสำคัญที่ควรระวังคือในกลุ่มนักท่องเที่ยวนิยมธรรมชาติที่ไม่มีภูมิต้านทานต่อโรคไข้มาลาเรีย เมื่อติดเชื้อ *P. falciparum* อาจมีอาการแทรกซ้อนรุนแรงได้เร็วและเสียชีวิตได้ง่ายกว่าผู้อาศัยในแหล่งแพร่เชื้อ (Malaria endemic area)

อาการของไข้มาลาเรียจะเกิดขึ้นหลังจากเชื้อมาลาเรียเข้าสู่ร่างกายโดยระยะฟักตัวในผู้ป่วยเริ่มตั้งแต่ถูกยุงกัดจนผู้ป่วยเริ่มมีอาการ โดยเฉลี่ยแล้วใช้เวลา 10-14 วัน กล่าวคือการจับไข้ในคนที่ได้รับเชื้อเป็นครั้งแรกเกิดขึ้นทันทีหลังระยะฟักตัวโดยการจับไข้ระยะแรกยังไม่มีรูปแบบของความสม่ำเสมอ ไม่เป็นเวลาเพราะเชื้อยังไม่มีความสม่ำเสมอในวงจรที่เติบโต อาจมีอาการไม่สบาย ปวดศีรษะปวดเมื่อยตัว เพลีย เบื่ออาหารในระยะ 2-3 วันแรก หลังจากนั้นในปลายสัปดาห์จึงจับไข้เป็นเวลาอาจจับไข้ทุกวัน วันเว้นวัน วันเว้นสองวัน ขึ้นอยู่กับชนิดเชื้อมาลาเรีย[11]

วงชีวิตของเชื้อมาลาเรีย

การติดเชื้อมาลาเรีย เริ่มเมื่อยุงที่ติดเชื้อมาลาเรียมากัดคนและปล่อยเชื้อมาลาเรียระยะ sporozoite เข้าสู่กระแสเลือดจากนั้นเชื้อระยะ sporozoite จะเข้าสู่เซลล์ตับ (Hepatocyte) เพื่อเจริญเติบโตและแบ่งตัว (Asexual multiplication) เจริญเติบโตเป็นเชื้อระยะวงแหวน (Ring form), trophozoite แล้วเจริญเติบโตเป็นระยะ schizont ซึ่งภายในมี merozoite จำนวนมากมาย เมื่อ schizont เจริญเติบโตเต็มที่เม็ดเลือดแดงจะแตกและปล่อย merozoite จำนวนมากมายนี้ออกมาสู่กระแสเลือด จากนั้น merozoite เหล่านี้ จะรุกรานเข้าสู่เซลล์เม็ดเลือดแดงอีกครั้งและดำเนินวงจรชีวิตในกระแสเลือด (Erythrocytic cycle) ต่อไป อย่างไรก็ตามจะมีเชื้อบางส่วนที่จะพัฒนาเป็นเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้และเพศเมีย (Micro gametocyte, Macro gametocyte) เมื่อยุงก้นปล่องกัดคนที่ติดเชื้อมาลาเรียก็จะได้รับเชื้อระยะเซลล์สืบพันธุ์ (Gametocyte) โดยเซลล์สืบพันธุ์เพศผู้ (Micro gametocyte) และเพศเมีย (macro gametocyte) จะผสมพันธุ์กลายเป็น zygote ภายในทางเดินอาหารส่วนกลาง (Midgut) หรือกระเพาะอาหารของยุง จากนั้น zygote จะพัฒนาต่อไปเป็นเชื้อระยะ ookinete ซึ่งจะไชทะลุผนังกระเพาะอาหารกลายเป็น oocyst ซึ่งภายในมีเชื้อระยะ sporozoite เมื่อ oocyst เจริญเติบโตเต็มที่แล้วและแตกออกเชื้อระยะ sporozoite จะเคลื่อนที่เข้าสู่ต่อมน้ำลายของยุง ซึ่ง sporozoite ในต่อมน้ำลายยุงเท่านั้นที่เป็นระยะติดต่อ (Infective stage) และเมื่อยุงกัดคน เชื้อระยะ sporozoite ก็จะถ่ายทอดเข้าสู่ร่างกายคนต่อไป ดังผังวงจรชีวิตแสดงในภาพที่ 1

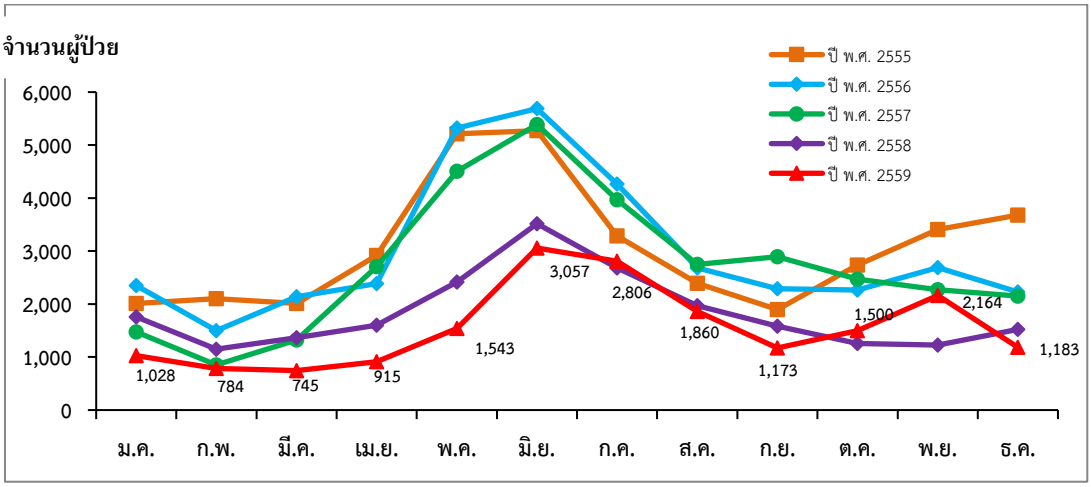


ภาพที่ 1 วงจรชีพของเชื้อมาลาเรียที่เจริญเติบโตผ่านในยุงและผ่านในคน
(ดัดแปลงจาก The Centers for Disease Control and Prevention, Atlanta, USA. https://www.cdc.gov/Malaria/about/biology/index.html)

ลักษณะทางคลินิก เชื้อมาลาเรียระยะฟักตัวในผู้ป่วยคือ ระยะตั้งแต่ถูกยุงกัดจนกระทั่งผู้ป่วยเริ่มมีอาการป่วยระยะนี้แตกต่างกันไปตามชนิดเชื้อมาลาเรียโดยทั่วไปใช้เวลาประมาณ 10-14 วัน แต่อาจนานหลายสัปดาห์หรือหลายเดือนได้ขึ้นอยู่กับภูมิคุ้มกัน และหรือการได้รับยาป้องกันมาลาเรียมาก่อน เช่น เชื้อมาลาเรีย *P. falciparum* มีระยะฟักตัวในผู้ป่วยนานประมาณ 8-12 วัน เชื้อมาลาเรีย *P. vivax* มีระยะฟักตัวในผู้ป่วยนานประมาณ 10-15 วัน เชื้อมาลาเรีย *P. malariae* มีระยะฟักตัวในผู้ป่วยนานประมาณ 30-40 วัน เชื้อมาลาเรีย *P. ovale* มีระยะฟักตัวในผู้ป่วยนานประมาณ 10-15 วัน และเชื้อมาลาเรีย *P. knowlesi* มีระยะฟักตัวในผู้ป่วยนานประมาณ 3-14 วัน การแสดงอาการจับไข้ในระยะแรกที่เริ่มมีไข้นั้น ไข้ยังจับไม่เป็นเวลาผู้ป่วยอาจมีเพียงอาการนำคล้ายกับเป็นไข้หวัดคือมีไข้ต่ำ ๆ ปวดศีรษะ ปวดเมื่อยตามตัวและกล้ามเนื้อ อาจมีอาการคลื่นไส้และเบื่ออาหารได้ อาการนี้จะเป็นเพียงระยะเวลาสั้นเป็นวันหรือหลายวันได้ หลังจากนั้นไข้จึงจับเป็นเวลาคือ มี Periodicity เนื่องจากเชื้อระยะที่แตกออกจากตับเข้าสู่วงจรในเม็ดโลหิตแดงเริ่มจัดตัวให้มีการเจริญพร้อมกันอาการจับไข้นั้นตรงกับระยะที่เชื้อในเม็ดโลหิตแดงเจริญเต็มที่กลายเป็น mature schizont แล้วแตกออก อาการหลัก ๆ ของโรคไข้มาลาเรียแบ่งออกเป็น 3 ระยะคือ **1) ระยะหนาว** (Cold stage) ระยะนี้นาน 15-60 นาที ผู้ป่วยมีอาการหนาว ขนลุก หนังเป็นตุ่มเหมือนหนังห่าน จะหนาวมากเหมือนถูกน้ำเย็นจัดราดตัว ห่มผ้าหลายผืนก็ไม่หายหนาวสั่น มีฟันกระทบกัน เกร็ง อุณหภูมิของร่างกายจะสูงขึ้น ชีพจรเบาเร็ว ความดันโลหิตสูงขึ้น ผิวหนังเย็นซีด อาจมีคลื่นไส้ อาเจียน ปัสสาวะบ่อยแล้วเข้าสู่ระยะร้อนหายหนาว **2) ระยะร้อน** (Hot stage) ผู้ป่วยจะสลัดผ้าห่มออก ระยะนี้กินเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง อุณหภูมิของร่างกายขึ้นสูง 39-40 องศาเซลเซียส ชีพจรเต้นแรง แรงดันโลหิตยังสูง ลมหายใจร้อนหน้า ผิวหนังแดงและแห้ง มีคลื่นไส้อาเจียน กระหายน้ำ บางคนมีอาการกระสับกระส่าย ไม่รู้สติ และปวดศีรษะมากปวดลึกเข้าไปในกระบอกตา ถ้าเป็นเด็กอาจชักในระยะนี้ และ **3) ระยะเหงื่อออก** เมื่อเข้าสู่ระยะนี้ผู้ป่วยจะมีเหงื่อออก อาการร้อนคลาย (Sweating

stage) กินเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง โดยเหงื่อจะเริ่มออกบริเวณขมับก่อนแล้วจึงออกทั่วตัวจนเสื้อผ้าเปียกโชก อุณหภูมิร่างกายลดลงอย่างรวดเร็ว แรงดันโลหิตจะกลับสู่ปกติ ผู้ป่วยจะรู้สึกเพลีย เหนื่อย และหลับไปเข้าสู่ระยะพัก[11,19]

สถานการณ์โรคไข้มาลาเรีย รวมทั้งคนไทยและต่างชาติ ปี พ.ศ. 2555-2559 (ข้อมูล ณ วันที่ 30 ธ.ค. 2559) สัปดาห์ที่ 53 (ข้อมูลจากมาลาเรียออนไลน์) ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 จำนวนผู้ป่วยโรคไข้มาลาเรียคนไทยและต่างชาติรายเดือนระหว่างปี พ.ศ. 2555-2559

ในช่วงห้าปีที่ผ่านมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2555 เป็นต้นมาถึงปีพ.ศ. 2559 จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคไข้มาลาเรียทั้งหมดของประเทศไทยตามภาพเส้นกราฟรายเดือนนั้น จะเป็นแนวในลักษณะเดียวกันทุกปี กล่าวคือ เดือนมกราคมจำนวนป่วยจะมีจำนวนระหว่างประมาณ 1,000 ถึง 2,000 กว่าราย และจะสูงที่สุดในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายนของทุกปี (ฤดูฝน) จะมีจำนวนป่วยสูงอยู่ระหว่างประมาณ 1,500 ถึง 6,000 ราย และเริ่มลดลงตั้งแต่เดือนกรกฎาคมของทุกปีและมีจำนวนที่คงที่จนถึงปลายปี ซึ่งจำนวนจะสูงขึ้นเล็กน้อย (ฤดูหนาวแล้ง) จะเห็นว่าจำนวนป่วยด้วยโรคไข้มาลาเรียในประเทศไทยจะมีการป่วยที่สูงสุดในช่วงเริ่มต้นฤดูฝนของทุกปี

สำหรับสถานการณ์โรคไข้มาลาเรียในประเทศไทยโดยรวมพบว่า อัตราป่วยและอัตราตายมีแนวโน้มลดลง โดยพบว่า อัตราป่วยด้วยโรคไข้มาลาเรียต่อประชากรพันคน (Annual Parasite Incidence: API) ลดลงจาก 0.37 ปี 2558 เป็น 0.27 ในปี 2559 ปัจจุบันพบว่าสัดส่วนของเชื้อมาลาเรีย *P. vivax* สูงกว่าเชื้อมาลาเรีย *P. falciparum* ในปี 2558 พบผู้ป่วยติดเชื้อมาลาเรีย *P. vivax* ร้อยละ 73 และ *P. falciparum* ร้อยละ 18 ที่เหลือเป็นเชื้อชนิดอื่น ๆ และเชื้อชนิดผสม

ในปีงบประมาณ 2559 (ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2558–30 กันยายน 2559) พบว่า การกระจายตัวของผู้ป่วยโรคไข้มาลาเรีย มีผู้ป่วยคนไทยจำนวน 11,487 ราย คิดเป็นร้อยละ 64 ผู้ป่วยต่างชาติ จำนวน 6,314 ราย คิดเป็นร้อยละ 36 จากผู้ป่วยทั้งหมด 17,801 ราย เป็นเพศชาย ร้อยละ 68 ส่วนใหญ่พบในกลุ่มวัยทำงาน (15-60 ปี) ซึ่งประกอบอาชีพหรือปฏิบัติหน้าที่ในป่า สวน และไร่ ในเวลากลางคืนมากกว่าร้อยละ 67 ผู้ป่วยส่วนใหญ่จะพบมากระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงเดือนสิงหาคม และร้อยละ 65 เป็นการติดเชื้อในพื้นที่แพร่เชื้อ จังหวัดที่พบผู้ป่วยด้วยโรคไข้มาลาเรียมากที่สุด 10 อันดับแรก ได้แก่ จังหวัดตากยะลา อุบลราชธานี ศรีสะเกษ แม่ฮ่องสอน นราธิวาส กาญจนบุรี สงขลา ปราจีนบุรี และเชียงราย คิดเป็นร้อยละ 88.9 ของผู้ป่วยทั้งประเทศ มีหมู่บ้านที่มีการแพร่เชื้อมาลาเรียทั้งหมด 2,741 ราย

2.2 **โครงการกำจัดมาลาเรีย (Malaria Elimination)**

สถานการณ์ของโรคไข้มาลาเรียตั้งแต่ปี 2543–2559 ทั่วโลกมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องมากกว่าร้อยละ 75 ใน 55 ประเทศทั่วโลก โดยมีจำนวนผู้ป่วยมาลาเรียทั่วโลกลดลงประมาณร้อยละ 47 สำหรับประเทศไทยประสบผลสำเร็จในการดำเนินงานป้องกันควบคุมโรคไข้มาลาเรีย ที่ดำเนินการมายาวนานและต่อเนื่องพบว่า สถานการณ์โรคไข้มาลาเรียประเทศไทยลดลงอย่างต่อเนื่องเช่นเดียวกัน จำนวนผู้ป่วยด้วยโรคไข้มาลาเรีย ลดลงจาก 150,000 ราย ในปี พ.ศ. 2543 เหลือ 24,850 ราย ในปี พ.ศ. 2558 ลดลงประมาณร้อยละ 85 คิดเป็นอัตราป่วย 0.38 ต่อประชากรพันคน และลดลงจำนวน 17,801 ราย (รวมทั้งผู้ป่วยคนไทยและคนต่างชาติ) ในปี พ.ศ. 2559 หรือลดลงประมาณร้อยละ 88 คิดเป็นอัตราป่วย 0.27 ต่อประชากรพันคน ผู้ป่วยส่วนใหญ่พบตามแนวชายแดนที่มีการเคลื่อนย้ายของประชากรข้ามพรมแดน อย่างไรก็ตามประเทศไทยยังมีปัญหาเชื้อมาลาเรียดื้อต่อยารักษา เช่น ยาคลอโรควิน (Chloroquine) ยาซัลฟาด็อกซีน-พัยริเมธามีน (Sulfadoxine-Pyrimethamine) ยาเมโฟลควิน (Mefloquine) และยาผสมอนุพันธุ์อาร์ติมิซินิน (Artemisinin-based Combination Therapy) ยากลุ่มหลังสุดนี้เป็นยารักษามาลาเรียชนิด *P. falciparum* ที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โรคไข้มาลาเรียนอกจากเป็นปัญหาของประเทศไทยแล้วยังเป็นปัญหาของภูมิภาคลุ่มแม่น้ำโขงด้วย

ต่อมาโครงการมาลาเรียโลก (Global Malaria Program) มีเป้าหมายระหว่างปี 2559-2573 มุ่งสู่การกำจัดโรคไข้มาลาเรียและผลักดันให้ประเทศที่มีอัตราป่วยด้วยโรคไข้มาลาเรียน้อยกว่า 1 ต่อพันประชากร ยกระดับนโยบายจากการควบคุมโรค (Malaria Control) เป็นนโยบายการกำจัดโรค (Malaria Elimination) กรมควบคุมโรคได้วิเคราะห์และสังเคราะห์ข้อเสนอแนะจากหน่วยงานเครือข่ายที่มีส่วนร่วมดำเนินงานด้านมาลาเรียพบว่า มีอัตราป่วยด้วยโรคไข้มาลาเรียน้อยกว่า 1 ต่อประชากรพันคน ทำให้สามารถยกระดับนโยบายจากการควบคุมโรคเป็นนโยบายการกำจัดโรคได้ตามหลักเกณฑ์ขององค์การอนามัยโลก สอดคล้องกับโครงการมาลาเรียโลก (Global Malaria Program) ที่มุ่งสู่การกำจัดโรคไข้มาลาเรีย นอกจากนี้การกำจัดโรคไข้มาลาเรียยังเป็นเป้าหมายหนึ่งของการพัฒนาที่ยั่งยืน (Sustainable Development Goals-SDGs) ตามแนวทางขององค์การสหประชาชาติ (United Nation)

ในปี 2017 เฉลี่ยทั่วโลกมีผู้ติดเชื้อมาลาเรีย 219 ล้านราย (95% confidence interval [CI] : 203-262 ล้าน) ซึ่งลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2010 พบผู้ติดเชื้อมาลาเรียจำนวน 239 ล้านราย (95% CI : 219-285 ล้าน) โดยในปี 2017 พบว่าประมาณ 200 ล้านราย (ร้อยละ 92) อยู่ในทวีปแอฟริกา สำหรับเอเชียตะวันออกเฉียงใต้พบประมาณร้อยละ 5 ตามด้วย Eastern Mediterranean Region พบประมาณร้อยละ 2[(20)] ประเทศสมาชิกองค์การอนามัยโลกได้สนับสนุนนโยบายการหยุดยั้งโรคไข้มาลาเรีย (Malaria elimination) ระหว่างการประชุมสมัชชาอนามัยโลกครั้งที่ 66 ในปี 2556 ในภูมิภาคเอเชียแปซิฟิก ประเทศไทยร่วมกับประเทศสมาชิกอื่น ๆ ร่วมลงนามข้อตกลงในการผลักดันนโยบายและสนับสนุนงบประมาณการกำจัดโรคไข้มาลาเรียในที่ประชุมสุดยอดเอเชียตะวันออก ครั้งที่ 9 ณ กรุงเนปิดอว์ ประเทศเมียนมาร์ ปี 2557 ในการนี้ประเทศไทยได้ตั้งคณะกรรมการเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนตามระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยคณะกรรมการเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2558 เพื่อขับเคลื่อนนโยบายดังกล่าว

ด้วยกระทรวงสาธารณสุข โดยกรมควบคุมโรค ได้พัฒนาแผนยุทธศาสตร์กำจัดโรคไข้มาลาเรียประเทศไทย พ.ศ.2560-2569 โดยมีวิสัยทัศน์ “ประเทศไทยปลอดจากโรคไข้มาลาเรียภายในปี 2567 (ค.ศ. 2024)” และแผนปฏิบัติการกำจัดโรคไข้มาลาเรียประเทศไทย พ.ศ. 2560-2564 รวมทั้งการมีส่วนร่วมและได้รับข้อคิดเห็นจากทุกภาคส่วนทั้งภาครัฐและเอกชน ซึ่งสอดคล้องกับยุทธศาสตร์มาลาเรียโลก

(Global Technical Strategy 2016-2030) และยุทธศาสตร์การกำจัดโรคไข้มาลาเรียสำหรับประเทศในลุ่มแม่น้ำโขง (Strategy for Malaria Elimination in Greater Mekong Sub region 2015-2030) ตลอดจนสอดคล้องกับกรอบแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 12 และสอดคล้องกับกรอบยุทธศาสตร์ 20 ปี กระทรวงสาธารณสุข รวมถึงพระราชบัญญัติโรคติดต่อ พ.ศ. 2558 ทั้งนี้ ยุทธศาสตร์การกำจัดโรคไข้มาลาเรียประเทศไทย พ.ศ. 2560-2569 มี 4 ยุทธศาสตร์[2] ประกอบด้วย

1) การเร่งรัดกำจัดการแพร่เชื้อมาลาเรียในประเทศไทย

2) การพัฒนาเทคโนโลยีนวัตกรรม มาตรการ และรูปแบบที่เหมาะสมในการกำจัดโรคไข้มาลาเรีย

3) การสร้างความร่วมมือระหว่างภาคีเครือข่ายระดับประเทศและระดับนานาชาติเพื่อขับเคลื่อนงานกำจัดโรคไข้มาลาเรีย

4) การส่งเสริมให้ประชาชนมีศักยภาพในการดูแลตนเองจากโรคไข้มาลาเรีย

อย่างไรก็ตามการกำจัดมาลาเรีย (Elimination of malaria) และการยับยั้งมาลาเรียยังต้องการข้อมูลที่ทันสมัย รวดเร็วจากการระบบการเฝ้าระวังโรค เพื่อเป็นข้อมูลนำเข้าในการตัดสินใจให้เกิดการควบคุมโรคให้ทันต่อเวลา หนึ่งในมาตรการในยุทธศาสตร์ที่ 1 เร่งรัดกำจัดการแพร่เชื้อมาลาเรียในประเทศไทยคือ เพิ่มความครอบคลุมของการใช้มาตรการต่าง ๆ ในการป้องกันควบคุมยุงพาหะเพื่อป้องกันการแพร่เชื้อมาลาเรียทั้งในพื้นที่แพร่เชื้อและพื้นที่แพร่เชื้อใหม่ ดำเนินการโดยการพ่นสารเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง ให้ประชาชนใช้มุ้งชุบสารเคมี ส่วนประชากรกลุ่มเสี่ยงต่อการติดเชื้อนอกบ้านมีการส่งเสริมให้ใช้วิธีการป้องตนเอง เช่น มุ้งชุบสารเคมีคลุมเปล (LLIHN) และสารทาป้องกันยุง นอกจากนี้มีการเพิ่มพื้นที่ดำเนินการเฝ้าระวัง การศึกษาด้านต่าง ๆ ทางกีฏวิทยาและติดตามประเมินผลมาตรการต่าง ๆ มีการประเมินผลความไวของยุงพาหะต่อสารเคมี นำแนวทางการจัดการพาหะนำโรคแบบผสมผสานมาใช้ การพัฒนาความร่วมมือจากหน่วยงานเครือข่ายที่เกี่ยวข้อง การเพิ่มศักยภาพและความรู้ของบุคคลากรที่ทำงานด้านการควบคุมแมลงนำโรค ตลอดจนการส่งเสริมงานวิจัยและการค้นหานวัตกรรมใหม่ ๆ

2.3 ยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย (Malaria Vectors)

ในปี พ.ศ. 2520[21] รายงานว่าทั่วโลกมียุงก้นปล่องจากการวินิจฉัยโดยใช้สัณฐานวิทยา (Morphology) จำแนกยุงก้นปล่องได้ทั้งหมด 375 ชนิด (Species) ต่อมาพบว่ายุงก้นปล่องหลายชนิดเป็นยุงชนิดซับซ้อน (Complex) คือ กลุ่มยุงที่มีสัณฐานคล้ายคลึงหรือใกล้เคียงกันนั้นไม่สามารถวินิจฉัยแยกความแตกต่างจากกันจนเป็น species ได้โดยดูจากลักษณะภายนอกเพียงอย่างเดียว แต่ต่อมามีการพัฒนาวิธีการทางอณูชีววิทยาเป็นเหตุให้พบว่ายุงก้นปล่องในโลกมีกว่า 465 ชนิด นอกจากนี้พบว่ามียุงชนิดซับซ้อนมากกว่า 50 ชนิด (Species complex) ที่ยังไม่มีชื่อ complex [22]

โดยยุงก้นปล่องเหล่านี้มีการกระจายทางภูมิศาสตร์แตกต่างกัน ตลอดจนมีความสามารถในการเป็นพาหะนำเชื้อมาลาเรียได้ไม่เท่ากัน รวมทั้งมีแหล่งเพาะพันธุ์ที่แตกต่างกันทั่วโลก มียุงก้นปล่องประมาณ 70 ชนิดมีศักยภาพในการนำเชื้อมาลาเรีย แต่มีเพียง 41 ชนิดที่เป็นพาหะหลักที่มีความสำคัญทางสาธารณสุข Dominant Vector Species/species complexes (DVS)[22] ทั้งนี้พบว่าภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีความซับซ้อนของความหลากหลาย (Diversity) ของยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรียสูงที่สุดในโลก อย่างน้อยจำนวน 19 ชนิด[23]

ยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรียมีการปรับตัวและจำนวนประชากรยุงมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (Dynamic) ผลกระทบของโลกร้อนทำให้โรคไข้มาลาเรียขยายวงกว้าง[24] เข้าไประบาดในพื้นที่เขตกึ่งหนาว การเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อม มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรและพฤติกรรมของยุงหลายชนิดตลอดจนยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย[8,9] การเคลื่อนย้ายของประชากรจากพื้นที่ไม่มีภูมิคุ้มกัน (Non immune) และพื้นที่ภูมิคุ้มกันต่ำ (Low immune) รวมทั้งการเคลื่อนย้ายประชากรตามแนวชายแดนเพื่อทำกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การมาแสวงหาการรักษาพยาบาล (Medical seeking behaviors) เพื่อทำการค้าขาย เยี่ยมญาติ เป็นปัจจัยสนับสนุนต่อการระบาดของโรคไข้มาลาเรีย การศึกษาของ วรรณภา และคณะ[25] ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรียในช่วง 23 ปี โดยทำการเปรียบเทียบความหนาแน่นของยุงก้นปล่องระหว่างปี พ.ศ. 2520-2532 และ 2533-2542 พบว่ายุงพาหะหลักนำเชื้อมาลาเรียในจังหวัดแม่ฮ่องสอน ได้แก่ ยุงก้นปล่องชนิด *An. minimus s.l.* และยุงก้นปล่องชนิด *An. maculatus* complex มีความหนาแน่นสูงขึ้นในช่วง 10 ปีหลัง (พ.ศ. 2533-2542) ซึ่งน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่สนับสนุนให้มีการแพร่เชื้อมาลาเรียอย่างต่อเนื่องของจังหวัดแม่ฮ่องสอน แต่อย่างไรก็ตามจากทฤษฎีของการติดต่อของโรคไข้มาลาเรีย (Basic malaria transmission theory) เชื่อว่า Positive correlation ระหว่างความหนาแน่นของยุงพาหะและจำนวนการเพิ่มของโรคไข้มาลาเรียจะเป็นจริงต่อเมื่อปัจจัยหรือเงื่อนไขอื่นมีค่าเท่ากัน ซึ่งในสภาพการเกิดโรคจริง ๆ แล้วยังมีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้อง เช่น สิ่งแวดล้อม การใช้ที่ดิน (Landscape, Land use) การอพยพเคลื่อนย้ายของกลุ่มเสี่ยงนำเชื้อมาลาเรียไปยังพื้นที่ Low immune พฤติกรรมมนุษย์ ตลอดจนสภาพเศรษฐกิจและสังคม เป็นต้น[26]

ยุงที่สามารถแพร่เชื้อมาลาเรียได้ คือ ยุงก้นปล่องตัวเมียและยุงก้นปล่องแต่ละชนิดก็มีความสามารถในการแพร่เชื้อมาลาเรียได้ไม่เท่ากัน ดังนั้นจึงได้จัดกลุ่มยุงก้นปล่องออกเป็น 3 กลุ่มต่าง ๆ ตามความสามารถและบทบาทในการแพร่เชื้อมาลาเรีย[11] ได้แก่

1) กลุ่มที่ 1 เป็นพาหะหลัก (Primary vector) เนื่องจากสามารถตรวจพบเชื้อมาลาเรียระยะติดต่อ (Sporozoite) จากต่อมน้ำลายยุงในธรรมชาติด้วยกล้องจุลทรรศน์ในยุงดังกล่าวในหลายภูมิภาคของประเทศไทยหรือเพราะว่ายุงชนิดนั้นมีอัตราการพบเชื้อมาลาเรียระยะติดต่อ (Sporozoite rate) สูง แม้ว่าจะพบเพียงบางภูมิภาคของประเทศไทยยุงในกลุ่มนี้มี 2 ชนิด ได้แก่

- ยุงก้นปล่อง *Anopheles dirus* complex ซึ่งพบว่ามี 8 ชนิด แต่พิสูจน์ยืนยันแล้วว่าเป็นพาหะนำเชื้อมาลาเรียในประเทศไทยแล้ว 2 ชนิด ได้แก่ *An. baimaii* และ *An. dirus* โดยวิธีทางชีวโมเลกุล พบได้ทุกภาคในพื้นที่ป่าเขา พื้นที่บุกเบิก เช่น สวนยางพารา หรือสวนผลไม้ที่ติดกับป่า ยุงชนิดนี้เพาะพันธุ์ตามแอ่งน้ำขังในป่า แอ่งน้ำซึมน้ำซับและแอ่งน้ำขังตามลำห้วยในฤดูแล้ง อย่างไรก็ดียุงกลุ่มนี้สามารถปรับตัวเองให้สามารถขยายพันธุ์ในบ่อน้ำ และที่เก็บน้ำในพื้นที่สวนยางพารา สวนผลไม้ในประเทศพม่า

- ยุงก้นปล่องกลุ่ม *Anopheles minimus* group มีอยู่หลายชนิด ได้แก่ *An. minimus*, *An. harrisoni* พบได้ทั่วไปทุกภาคในพื้นที่ป่าเชิงเขาสวนยางพารา เพาะพันธุ์ตามลำห้วย ลำธารขนาดเล็กที่ไหลช้า ๆ ที่มีวัชพืชขึ้นมีแสงแดดส่องถึงหรือแอ่งน้ำซึมน้ำซับ และแอ่งน้ำขังตามลำห้วยในฤดูแล้ง

2) กลุ่มที่ 2 พาหะรอง (Secondary vector) เนื่องจากการตรวจพบเชื้อมาลาเรียระยะติดต่อ (Sporozoite) จากต่อมน้ำลายยุงในธรรมชาติด้วยกล้องจุลทรรศน์ ในยุงดังกล่าวในบางพื้นที่/ภูมิภาคของประเทศไทย หรือเพราะว่ายุงชนิดนั้นมีอัตราการพบเชื้อมาลาเรียระยะติดต่อ (Sporozoite rate) ต่ำ ยุงในกลุ่มนี้ ได้แก่ ยุงก้นปล่องกลุ่ม *Anopheles maculatus* group ยุงกลุ่มนี้มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด ได้แก่ *An. maculatus*, *An. pseudowillmori*, *An. sawadwongporni* สำหรับยุง

An. maculatus มีบทบาทสำคัญในการแพร่เชื้อมาลาเรียในพื้นที่ทางภาคใต้ของประเทศไทย ส่วนอีกสองชนิดนั้นพบว่า สามารถแพร่เชื้อในภาคตะวันตกของประเทศไทย ยุงในกลุ่มนี้มีแหล่งเพาะพันธุ์ในพื้นที่ป่าเชิงเขา เพาะพันธุ์ในลำธารน้ำไหล ยุงก้นปล่อง *An. epiroticus* เดิมในประเทศไทยเข้าใจว่าเป็น *An. sundaicus* พบตามพื้นที่ชายทะเลบางแห่งและเพาะพันธุ์ในน้ำกร่อยและยุงก้นปล่อง *An. aconitus* พบได้โดยทั่วไปโดยเฉพาะพื้นที่ป่าเขาเพาะพันธุ์ในลำห้วย ลำธาร หรือในทุ่งนาบริเวณใกล้ป่าเขา

3) กลุ่มที่ 3 กลุ่มพาหะสงสัย (Suspected vector) เนื่องจากมีรายงานการพบผู้ป่วยที่มีการติดเชื้อมาลาเรียในพื้นที่ (Indigenous case) โดยในพื้นที่นั้นไม่พบยุงพาหะหลักและพาหะรอง แต่พบว่ายุงชนิดนี้มีความชุกชุมสูง มีการตรวจพบเชื้อมาลาเรียในระยะไม่แพร่เชื้อ (Oocyst) ในตัวยุง หรือการตรวจพบเชื้อมาลาเรียระยะใดระยะหนึ่งในตัวยุง โดยวิธีใดวิธีหนึ่ง เช่น โดยกล้องจุลทรรศน์ หรือวิธีทางชีวโมเลกุล หรืออาจเป็นยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียในต่างประเทศ ขณะนี้พบยุงก้นปล่องที่สงสัยว่าเป็นพาหะอย่างน้อย 6 ชนิดด้วยกัน คือ ยุงก้นปล่องกลุ่ม *Anopheles barbirostris* group, *An. philippinensis*, *An. campestris* , *An. culicifacies* , *An. kochi*, *An. annularlis*

สำหรับยุงก้นปล่องที่ยังไม่มีรายงานว่าเป็นพาหะ (Non vector) คือ ยุงก้นปล่องชนิดอื่นนอกเหนือจากที่ได้กล่าวมาข้างต้น ซึ่งพบทั้งในพื้นที่ป่าเขาและที่ราบในเขตชนบท ยุงก้นปล่องในกลุ่มนี้มีประมาณ 60 ชนิด[27] ความสามารถของยุงในการเป็นพาหะนำเชื้อมาลาเรีย (Vector capacity) ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่

1) ความหนาแน่นของการเป็นพาหะนำโรค (Vector density) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับแหล่งเพาะพันธุ์และฤดูกาล

2) ความถี่ในการกัดคน (Frequency of man biting) ซึ่งยุงมักจะกัดคนทุก 2–4 วันเมื่อต้องการโปรตีนในเลือดไปพัฒนาไข่ในท้อง แต่ถ้าในช่วงที่อุณหภูมิต่ำความถี่ในการกัดคนจะลดลง พร้อมกับการเจริญของไข่ยาวนานขึ้น ดังนั้นในเขตร้อนจึงมีอัตราการแพร่กระจายของโรคไข้มาลาเรียได้รวดเร็วกว่าแถบอบอุ่น

3) อายุขัย (Longevity) ยุงที่มีอายุยืนยาวจะมีโอกาสแพร่เชื้อได้มากขึ้น จึงมีโอกาสเข้ากัดคนได้มากกว่า

4) ระยะบิน (Flight range) ระยะทางที่ยุงสามารถบินได้ไกลย่อมขยายพื้นที่ในการแพร่กระจายโรคได้ดีกว่ายุงที่บินในระยะสั้น วิธีศึกษาระยะบินไกลทำได้โดยใช้วิธีที่เรียกว่า Mark-release-recapture คือ การย้อมสีเรืองแสงที่ยุงเป้าหมาย (Mark) แล้วทำการปล่อย (Release) และทำการดักจับ (Recapture) ในระยะทางต่าง ๆ [28]

5) อุปนิสัยการดูดเลือดของโฮสต์ (Host preference) กล่าวคือยุงที่ชอบกัดคนย่อมเป็นพาหะที่ดีของโรคไข้มาลาเรีย

การแพร่เชื้อมาลาเรียในธรรมชาติมีปัจจัยเกี่ยวข้องกับหลายปัจจัย เชื้อมาลาเรีย ยุงพาหะ (ชีววิทยาของยุงก้นปล่องพาหะนำโรค) สิ่งแวดล้อมและนิเวศวิทยา ตลอดจนปัจจัยด้านสังคมวัฒนธรรม ความเชื่อ และพฤติกรรมมนุษย์ ซึ่งจะมีความสัมพันธ์และมีบทบาทร่วมกันในการแพร่โรคในแต่ละท้องถิ่น สิ่งเหล่านี้ทำให้โรคไข้มาลาเรียยังคงเป็นปัญหาสาธารณสุขของประเทศไทย อย่างไรก็ตามความสามารถในการเป็นพาหะนำเชื้อมาลาเรียของยุงก้นปล่องจะแตกต่างกันไปตามเขตภูมิศาสตร์ของโลก[29] ยุงก้นปล่องที่เป็นพาหะนำเชื้อมาลาเรียมิได้พบเฉพาะในพื้นที่แพร่เชื้อมาลาเรียเท่านั้น เนื่องจากประชากรยุงมีการเปลี่ยนแปลงตามภาวะแวดล้อม จึงมีโอกาสสูงที่จะพบยุงพาหะในหลายพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ปลอดโรคไข้มาลาเรียได้ ซึ่งอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โรคไข้มาลาเรียกลับมาใหม่

ชีววิทยาของยุงก้นปล่อง (Biology of Anopheles)

ยุงก้นปล่องมีวงชีวิตเป็นแบบที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างในแต่ละระยะของการเจริญอย่างสมบูรณ์ (Complete metamorphosis) ประกอบด้วย 4 ระยะ แต่ละระยะมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแตกต่างกันอย่างเห็นเด่นชัด ได้แก่ ระยะไข่ (egg) ระยะลูกน้ำ (larva) ระยะดักแด้หรือตัวโม่ง (pupa) และระยะตัวเต็มวัยหรือระยะตัวแก่ (adult) ซึ่งสามระยะแรกจะอาศัยอยู่ในน้ำ รูปร่างลักษณะเฉพาะของยุงระยะต่าง ๆ ในแต่ละ genus จะแตกต่างกันด้วย

ไข่ยุงก้นปล่อง

ยุงก้นปล่องจะวางไข่ใบเดี่ยว ๆ มีลักษณะยาวรีประมาณ 0.5 มิลลิเมตร รูปร่างคล้ายเรือ ซึ่งจะมีทุ่นลอยเรียก float เพื่อการลอยตัวบนผิวน้ำ ไข่ของยุงก้นปล่องจะฟักในน้ำเสมอ และส่วนมากไม่สามารถอยู่ได้ในสภาพแห้งแล้งที่ปราศจากน้ำ ซึ่งต่างกับไข่ของยุงลายที่ทนความแห้งแล้งได้นาน ยุงก้นปล่องจะวางไข่ได้ในน้ำหลายลักษณะทั้งในน้ำจืด น้ำกร่อยและน้ำเค็ม ไข่ยุงก้นปล่องจะมีประจุไฟฟ้าสังเกตเห็นได้จากการที่ไข่เกาะติดกันเป็นรูปร่างต่าง ๆ ระยะเวลาตั้งแต่วางไข่จนฟักออกเป็นลูกน้ำจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของยุงและสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปยุงก้นปล่องจะวางไข่ได้ครั้งละ 50-500 ฟอง[30] ยุงเพศเมียตามปกติจะผสมพันธุ์เพียงครั้งเดียว แต่สามารถวางไข่ได้ตลอดชีวิตโดยต้องกินเลือดก่อนการวางไข่ทุกครั้ง เพื่อนำโปรตีนจากเลือดไปเลี้ยงไข่ให้เจริญเติบโต ยุงเพศผู้ไม่กินเลือดแต่จะกินน้ำหวานหรือน้ำจากต้นพืชเป็นอาหาร ในฤดูร้อนของประเทศไทยไข่ยุงก้นปล่องจะฟักเป็นตัวภายใน 36-48 ชั่วโมง ในฤดูหนาวใช้เวลานานกว่า คือ ประมาณ 76-96 ชั่วโมง เฉลี่ยโดยทั่วไปประมาณ 2-3 วัน แต่ในประเทศแถบหนาวเย็นอาจใช้เวลานาน 2-3 สัปดาห์

ลูกน้ำยุงก้นปล่อง

เมื่อตัวอ่อนเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะฟักออกจากไข่ (Hatch) กลายเป็นระยะลูกน้ำซึ่งไม่มีขา ลำตัวของลูกน้ำประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอกและส่วนท้อง ส่วนท้องประกอบด้วยปล้องท้องจำนวน 9 ปล้อง แต่ปล้องที่ 8 และ 9 จะรวมติดกันเป็นอวัยวะหายใจ เรียกว่า spiracular opening จึงมองเห็นแค่ 8 ปล้อง ปกติลูกน้ำยุงก้นปล่องจะมี spiracle 10 คู่ แต่ spiracle จำนวน 2 คู่ ที่ตั้งอยู่บนปล้องที่ 8 เท่านั้นที่ใช้การได้ ส่วนลูกน้ำยุงชนิดอื่น เช่น ยุงยักษ์ ยุงรำคาญ และยุงลาย ปล้องท้องปล้องสุดท้ายจะกลายเป็นท่อหายใจ เรียกว่า ไซฟอน (Siphon) ลำตัวลูกน้ำจะมีสีขาวขุ่นหรือน้ำตาลอ่อน ส่วนบริเวณหัวจะมีสีน้ำตาลเข้มและบริเวณปากของลูกน้ำจะมีแพขน (Mouth brushes) ลักษณะคล้ายพู่กัน ทำหน้าที่โบกอาหารเข้าปาก อาหารของลูกน้ำยุงก้นปล่อง ได้แก่ แบคทีเรีย ยีสต์ สิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ ในน้ำ รวมทั้งสารอินทรีย์ทั้งหลาย ลูกน้ำยุงก้นปล่องจะกินอาหารที่ระดับผิวน้ำ (Surface feeding) เป็นส่วนใหญ่โดยวางลำตัวขนานกับผิวน้ำ 180 องศา บริเวณด้านบนลำตัวลูกน้ำจะมีแผงขนลักษณะคล้ายพัดเรียกปัลเมท (Palmate hair) หรือ float hair ซึ่งเป็นขนช่วยสำหรับการลอยตัวขนานกับผิวน้ำ ลูกน้ำยุงก้นปล่องจะมีทั้งหมด 4 ระยะ (Instar) แต่ละระยะจะมีการลอกคราบ โดยอาศัยฮอร์โมนในการลอกคราบ (Ecdysis hormone) จากระยะที่ 1 เป็นระยะที่ 2 ระยะที่ 3 และระยะที่ 4 ตามลำดับ หลังจากระยะที่ 4 แล้วจะมีการลอกคราบอีกครั้งกลายเป็นระยะดักแด้หรือตัวโม่ง ระยะเวลาเฉลี่ยตั้งแต่ฟักออกมาจากไข่ จนกลายเป็นลูกน้ำระยะที่ 4 ใช้เวลาประมาณ 8-10 วัน ซึ่งระยะเวลาอาจมากหรือน้อยกว่านี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ อาหาร และชนิดของยุงก้นปล่อง ลูกน้ำยุงก้นปล่องส่วนใหญ่ชอบอาศัยและเจริญเติบโตในน้ำค่อนข้างสะอาด เช่น ในทุ่งนา ในลำห้วย บริเวณที่มีหญ้าขึ้นตามขอบบ่อ บ่อน้ำซับน้ำซึม แต่ลูกน้ำยุงก้นปล่องบางชนิดสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำกร่อยตามบริเวณบึงป่าชายเลน

ดักแด้หรือตัวโม่ง

เมื่อลูกน้ำลอกคราบครั้งสุดท้ายก็จะเข้าสู่ระยะตัวโม่ง มีรูปร่างคล้ายเลขหนึ่งไทยหรือเครื่องหมายคอมม่า ส่วนหัวและส่วนอกหลอมติดกันเรียก cephalothorax ท่อหายใจมีรูปร่างคล้ายแตร (Trumpet) ดักแด้หรือตัวโม่งไม่กินอาหาร เตรียมพร้อมที่จะพัฒนาเป็นยุงระยะตัวเต็มวัย โดยจะลอยตัวนิ่งที่ผิวน้ำเพื่อหายใจเพียงอย่างเดียว ระยะนี้กินเวลาประมาณ 2-3 วัน จึงจะลอกคราบบริเวณด้านบนของ cephalothorax กลายเป็นตัวเต็มวัยบินขึ้นจากผิวน้ำ

ยุงระยะตัวเต็มวัยหรือตัวแก่

ยุงระยะตัวเต็มวัยมีลำตัวยาวเรียวเล็กสามารถมองเห็นชัดเจนว่าลำตัวประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนหัว (Head) ส่วนอก (Thorax) และส่วนท้อง (Abdomen) ระยะตั้งแต่ไข่จนถึงตัวเต็มวัย ใช้เวลาประมาณ 12-14 วันในฤดูร้อนและประมาณ 21-28 วันในฤดูหนาว

(1) ส่วนหัว (Head) ประกอบด้วยตา ซึ่งเป็นตาประกอบ (Compound eye) โดยจะประกอบด้วยตาขนาดเล็กจำนวนมาก (Ocelli) หนวด (Antenna) ปัลป์ (Palp) โพรบอสซีสหรือปาก (Proboscis) หนวดของตัวผู้และตัวเมียจะแตกต่างกันสามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าใช้ในการจำแนกเพศของยุง ยุงตัวผู้มีหนวดลักษณะเป็นพุ่มเรียก พลูโมส (Plumose) ส่วนยุงตัวเมียหนวดจะบางและไม่เป็นพุ่ม บนหนวดจะมีอวัยวะรับสัมผัส (Sense organs) จำนวนมาก ใช้ในการรับรู้ กลิ่น เสียง และการรับรู้ถึงแหล่งเพาะพันธุ์ ปากยุง หรือ proboscis มีลักษณะยาวใช้สำหรับเจาะดูด (Piercing and sucking) palp ตั้งอยู่ด้านข้างเหนือปากเป็นอวัยวะรับสัมผัส ในยุงตัวเมียจะใช้เป็นเครื่องตรวจจับว่ามีเหยื่ออยู่บริเวณใด palp ของยุงก้นปล่องจะยาวทั้งตัวผู้และตัวเมีย ในตัวผู้บริเวณตอนปลาย palp จะบานออกคล้าย ๆ รูปกระบอง ซึ่งต่างจากยุงกลุ่มอื่นที่มี palp สั้นกว่าปาก

(2) ส่วนอก (Thorax) อกจะเชื่อมติดกับส่วนหัวด้วยแถบคอเล็ก ๆ (Collar) ส่วนอกประกอบด้วย 3 ส่วน คือ อกส่วนหน้า (Prothorax) อกส่วนกลาง (Mesothorax) และอกส่วนหลัง (Metathorax) อกส่วนกลางเป็นบริเวณใหญ่ที่สุดของบริเวณอก ที่ขอบด้านหลังมีแผ่นไคติน (Chitin) เล็ก ๆ เรียกว่า สะคิวเทลลัม (Scutellum) มีลักษณะกลมซึ่งเป็นลักษณะพิเศษใช้แยกยุงก้นปล่องจากยุงตระกูลอื่น บริเวณอกส่วนกลางประกอบด้วยปีกบางเรียวเล็กจำนวน 1 คู่ และปีกที่หดสั้น จำนวน 1 คู่ เรียกว่า ฮอลเตอร์ (Halter) ช่วยในการทรงตัวขณะบิน ปีกของยุงก้นปล่องจะมีลายเรียก wing venation บริเวณอกส่วนกลางเป็นที่ตั้งของขา 3 คู่ ขายุงประกอบด้วยส่วนสำคัญ คือ ฟีเมอร์ (Femur) ทิเบีย (Tibia) และทาร์ซัส (Tarsus) มีทั้งหมด 5 ปล้อง เรียก pretarsus ในการวินิจฉัยยุงก้นปล่องจากรูปลักษณ์ภายนอกจะอาศัยลวดลายและเกล็ด (Scale) บนปีกยุง ลวดลายของขาตลอดจนแถบสีบน palp เป็นสิ่งสำคัญ

(3) ส่วนท้อง (Abdomen) ท้องมีทั้งหมด 10 ปล้อง แต่ปล้องที่ 9-10 จะเจริญไปเป็นอวัยวะสืบพันธุ์ จึงมองเห็นได้ชัดเจนเพียง 8 ปล้อง ด้านบนของปล้องท้อง เรียกว่า แผ่นหลังหรือด้านดอร์ซอล (Dorsal) หรือเทอร์ไกด์ (Tergite) ด้านล่าง เรียกว่า แผ่นท้องหรือด้านเวนทรอล (Ventral) หรือสเตอร์ไนท์ (Sternite)

2.4 มาตรการควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย

การควบคุมและป้องกันโรคไข้มาลาเรีย องค์การอนามัยโลกแนะนำการควบคุมยุงพาหะ โดยการป้องกันไม่ให้ถูกยุงมีเชื้อกัด คือ การนอนในมุ้งชุบสารเคมีป้องกันยุงกัด การพ่นสารเคมีแบบมีฤทธิ์ตกค้าง หรือการกินยาป้องกันในกลุ่มเป้าหมายบางกลุ่ม เช่น หญิงตั้งครรภ์ เด็ก และกลุ่มเสี่ยงอื่น ๆ แต่ประเทศไทยไม่มีนโยบายการใช้ยากินป้องกันโรคไข้มาลาเรีย ในบางประเทศอาจใช้การควบคุมแหล่งเพาะพันธุ์ยุงร่วมด้วย โดยเฉพาะยุงก้นปล่องที่มีนิสัยชอบวางไข่ในแหล่งน้ำนิ่ง ตลอดจนการปรับเปลี่ยนสภาพสิ่งแวดล้อม (Environmental modifications) เช่น ประเทศอินเดียควบคุมแหล่งเพะพันธุ์ของยุงก้นปล่อง *Anopheles stiphensi* มีแหล่งเพาะพันธุ์ในภาชนะน้ำขัง โดยเฉพาะในเขตเมือง และบางประเทศแถบแอฟริกาควบคุม *Anopheles gambiae* complex ความสำเร็จของการควบคุมโรคไข้มาลาเรียในยุโรปส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้มาตรการทำลายแหล่งเพาะพันธุ์ยุงพาหะ แม้ว่ามาตรการเดียวกันอาจไม่บรรลุผลสำเร็จในภูมิภาคอื่น ๆ แต่การเข้าใจชีววิทยาของยุงพาหะ ธรรมชาติของการเพาะพันธุ์ยุง และปัจจัยที่ส่งเสริมการเจริญของเชื้อมาลาเรียในยุงพาหะ ย่อมเป็นแนวทางในการควบคุมโรคที่สำคัญร่วมกับการใช้มาตรการควบคุมโรคด้วยวิธีอื่น ๆ ต่อไป

2.4.1 วัตถุประสงค์หลัก 3 ประการในการควบคุมยุงพาหะ [(11)]

1) ลดความหนาแน่นของยุงพาหะ (Vector density)

2) เพื่อลดอายุขัยของยุงพาหะ (Longevity)

3) เพื่อลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะ (Man-Vector-Contact) โดยเน้นการควบคุมยุงตัวเต็มวัย เนื่องจากแหล่งเพาะพันธุ์ซึ่งเป็นที่อยู่อาศัยของลูกน้ำยุงพาหะบางชนิดมีการกระจายในพื้นที่กว้างและซ่อนเร้นทำให้ยากต่อการควบคุม เช่น ยุงก้นปล่องชนิด *An. dirus* complex ชอบวางไข่ในป่าลึก เช่น ตามรอยเท้าสัตว์ หลุมที่มนุษย์สร้างขึ้นเช่นหลุมพลอย การขุดเหมืองแร่ แอ่งหิน โพรงไม้ หรือกระบอกไม้ไผ่ที่มีน้ำขังในฤดูฝน เป็นต้น การเลือกใช้มาตรการควบคุมยุงพาหะต้องพิจารณาโดยอาศัยข้อมูลทางกีฏวิทยา ชีววิทยาและนิเวศวิทยาของยุงพาหะแต่ละชนิด รวมทั้งข้อมูลทางระบาดวิทยาความรุนแรงของโรคไข้มาลาเรีย และปัจจัยทางเศรษฐกิจสังคมของประชากรในพื้นที่ ประเทศไทยการควบคุมลูกน้ำยุงพาหะนั้นเป็นมาตรการเสริมเพื่อควบคุมลูกน้ำในแหล่งเพาะพันธุ์ที่สามารถเข้าปฏิบัติงานได้ ทั้งนี้ขึ้นกับลักษณะแหล่งเพาะพันธุ์ วิธีที่เลือกใช้ ได้แก่ การควบคุมทางชีววิธีด้วยการปล่อยปลากินลูกน้ำ

2.4.2 องค์ประกอบในการเลือกใช้มาตรการควบคุมยุงพาหะนำโรค[(11)] คือการเลือกใช้มาตรการควบคุมแมลงนำโรควิธีใดวิธีหนึ่งหรือหลายวิธีร่วมกันนั้น ขึ้นอยู่กับเหตุผลและความเหมาะสมต่าง ๆ ซึ่งมีข้อพิจารณาดังต่อไปนี้

1) พื้นที่นั้นต้องมีการยืนยันว่ามีการติดเชื้อในพื้นที่ หมายถึง ได้มีการสอบสวนผู้ป่วยเฉพาะราย (Case investigation) และตัดสินแล้วว่ามีการติดเชื้ออยู่ในพื้นที่นั้น (Indigenous case)

2) พื้นที่นั้นมีการศึกษา (Foci investigation) ค้นพบยุงพาหะชนิดใดชนิดหนึ่งหรือหลายชนิดหรือมีลักษณะพื้นที่ที่เอื้ออำนวยต่อการเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงพาหะและมีการศึกษาว่ายุงพาหะชนิดนั้น ๆ มีนิสัยในการวางไข่ หากิน และเกาะพักอย่างไร

3) ต้องมีความเข้าใจหรือมีข้อมูลความเสี่ยงของประชาชนในพื้นที่นั้น ๆ แต่ละบ้านหรือรายบุคคล มีพฤติกรรม ลักษณะการประกอบอาชีพอะไรบ้างที่จะถูกยุงพาหะกัด

4) พื้นที่นั้นประชาชนมีพฤติกรรมในการควบคุมยุงพาหะนำโรคอย่างไร และแต่ละมาตรการที่จะนำไปใช้นั้นประชาชนยอมรับหรือไม่ ซึ่งถ้าจะให้ได้ผลดีที่สุดนั้นประชาชนหรือชุมชนสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองได้

5) มาตรการที่จะนำไปใช้สามารถหาได้ในท้องถิ่นหรือไม่ เช่น มีสารเคมีและอุปกรณ์ในการควบคุมยุงพาหะหรือไม่ ถ้าเป็นมาตรการป้องกันตนเองจากการถูกยุงกัดหรือการปรับปรุงสิ่งแวดล้อม ประชาชนทราบถึงวิธีการดำเนินการหรือไม่ เป็นต้น

2.4.3 มาตรการควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียในประเทศไทยที่สำคัญ [11] ได้แก่

1) มาตรการมุ้งชุบสารเคมี (Insecticidal Treated Nets : ITN) เป็นมาตรการหลักที่ใช้ในพื้นที่ที่มีการแพร่เชื้อมาลาเรีย (A1,A2) หมายถึง การชุบมุ้งด้วยสารเคมี เพื่อมุ่งหวังในการควบคุมยุงพาหะตัวเต็มวัยโดยทั่วไปมุ้งที่ชุบสารเคมีจะมีฤทธิ์คงทนอยู่ได้นาน 6-12 เดือน ขึ้นกับชนิดและรูปแบบของสารเคมี ดำเนินการในกลุ่มบ้านซึ่งอยู่ในพื้นที่ที่มีการแพร่เชื้อเกิดขึ้น (A1) และพื้นที่หยุดการแพร่เชื้อแต่ยังไม่ครบ 3 ปี (A2) ซึ่งไม่สามารถดำเนินการพ่นเคมีมีฤทธิ์ตกค้างได้ครอบคลุมร้อยละ 80 ของหลังคาเรือน การชุบมุ้งด้วยสารเคมีเป็นการป้องกันตนเองและควรชุบมุ้งให้ครอบคลุมได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของหลังคาเรือน ควรให้มีอัตราของการใช้มุ้งชุบสารเคมี 2 คนต่อมุ้ง 1 หลัง เพื่อการควบคุมยุงพาหะในชุมชนที่มีประสิทธิภาพ การชุบมุ้งขนาดกลาง พื้นที่มุ้งประมาณ 14 ตารางเมตร ที่เป็นมุ้งไนลอนหรือโพลีเอสเตอร์ ใช้ปริมาณน้ำหลังละ 360 มิลลิลิตร แต่มุ้งฝ้ายใช้ปริมาณน้ำหลังละ 1,000 มิลลิลิตร สารเคมีที่ใช้ในการชุบมุ้งในปัจจุบัน ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดและอัตราการใช้สารเคมีในการชุบมุ้งเพื่อควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย

ชนิดสารเคมี	**ปริมาณสารเคมีที่ใช้**	**อัตราสารเคมีต่อพื้นที่มุ้ง มิลลิกรัมต่อตารางเมตร(mg/m^2)**
Alphacypermethrin 10% SC[1]	5 มิลลิลิตร	30
Bifenthrin 2.5% EC[2]	15 มิลลิลิตร	25
Bifenthrin 10% SC	4 มิลลิลิตร	25
Cyfluthrin 5% EW[3]	15 มิลลิลิตร	30
Deltamethrin 1% SC	40 มิลลิลิตร	25
Deltamethrin 25% WT[4]	1 เม็ด (1.6 กรัม)	25
Etofenprox 10% EW	30 มิลลิลิตร	200
Lambda-cyhalothrin 2.5% CS[5]	6 มิลลิลิตร	10
Permethrin10% EC	40 มิลลิลิตร	300

[1]SC = suspension concentrate [2]EC = emulsifiable concentrate [3]EW = emulsion, oil in water
[4]WT = water dispersible tablet [5] CS = capsule suspension

มุ้งที่ชุบโดยปกติมีขนาดมาตรฐาน 12–15 ตารางเมตร (พื้นที่ด้านข้าง 4 ด้านรวมหลังคา 1 ด้าน) สามารถใช้ปริมาณสารเคมี ตามตารางที่ 4 ได้ แต่หากมุ้งมีขนาดเล็กหรือใหญ่กว่านี้ปริมาณสารเคมีที่ใช้ให้คำนวณแปรตามขนาดมุ้งที่เปลี่ยนแปลง เช่น มุ้งขนาด 10 ตารางเมตร ให้ใช้สารเคมี Permethrin 10% EC จำนวน 27.6 มิลลิลิตร ส่วนมุ้งขนาด 14.5 ตารางเมตร ให้ใช้สารเคมี Permethrin 10% EC จำนวน

40 มิลลิลิตร แต่หากมุ้งมีขนาด 18 ตารางเมตร ให้ใช้สารเคมี Permethrin 10% EC จำนวน 50 มิลลิลิตร เป็นต้น

หลักเกณฑ์การใช้มุ้งชุบสารเคมี ใช้ในกรณีการชุบมุ้งปกติ (Regular Insecticidal Treated Nets) หมายถึง การชุบมุ้งธรรมดาด้วยสารเคมีตามรอบประจำปี เพื่อควบคุมยุงพาหะในพื้นที่ที่มีการแพร่เชื้อเกิดขึ้น (A1) และพื้นที่หยุดการแพร่เชื้อแต่ยังไม่ครบ 3 ปี (A2) ให้ได้ตลอดปี ให้ครอบคลุมพื้นที่ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของหลังคาเรือน โดยจำนวนรอบของการชุบมุ้งขึ้นอยู่กับชนิดและรูปแบบของสารเคมี และการชุบมุ้งสารเคมีพิเศษ (Special Insecticidal Treated Nets) หมายถึง การชุบมุ้งธรรมดาด้วยสารเคมีควบคุมยุงพาหะนอกรอบของการชุบมุ้งปกติก่อนการชุบมุ้งรอบต่อไป มีหลักเกณฑ์ดำเนินการดังนี้

- พื้นที่มีการแพร่เชื้อเกิดขึ้น (A1) และพื้นที่หยุดการแพร่เชื้อแต่ยังไม่ครบ 3 ปี (A2) ให้ชุบมุ้งด้วยสารเคมี หรือมีบ้าน หรือกระท่อมที่สร้างใหม่ หรือทำการชุบมุ้งซ่อมแซมหลังรอบการชุบมุ้งปกติ หรือไม่ได้รับการชุบมุ้งสารเคมีตามรอบปกติด้วยเหตุสุดวิสัยต่าง ๆ หรือร้องขอจากหน่วยงานราชการ
- พื้นที่ไม่มีการแพร่เชื้อ-เสี่ยงสูง (B1) ให้ชุบมุ้งตามบ้านหรือกระท่อมของประชาชนกลุ่มเสี่ยงที่เคลื่อนย้ายเข้ามาใหม่ในพื้นที่ ซึ่งปกติไม่มีการแพร่เชื้อไม่น้อยกว่า 3 ปี แต่พบว่ากลับมีการแพร่เชื้อใหม่เกิดขึ้น และได้สอบสวนแหล่งแพร่เชื้อยืนยันผลการสอบสวนขั้นต้นให้ดำเนินการชุบมุ้งด้วยสารเคมีทั้งกลุ่มบ้าน เพื่อควบคุมยุงพาหะหยุดยั้งการแพร่เชื้อใหม่ แต่ถ้าหากไม่สามารถใช้วิธีการชุบมุ้งด้วยสารเคมีได้ให้ใช้วิธีพ่นสารเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง (Indoor Residual Spraying) แทน

2) มาตรการพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง (Indoor Residual Spraying) เป็นมาตรการที่ใช้สำหรับควบคุมการระบาด (Outbreak area) ในพื้นที่ที่มีการแพร่เชื้อและการใช้มาตรการชุบมุ้งไม่สามารถหยุดยั้งการแพร่เชื้อได้ ในศูนย์พักพิงชั่วคราว ศูนย์อพยพชั่วคราวที่อยู่ในพื้นที่มีการแพร่เชื้อมาลาเรีย ในพื้นที่ก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น เขื่อนที่อยู่ในพื้นที่มีการแพร่เชื้อมาลาเรีย การพ่นเคมี หมายถึง การพ่นเคมีให้มีฤทธิ์ตกค้างบนพื้นผิวอาคารบ้านเรือน กระท่อม เพิงที่พักอาศัย พ่นเฉพาะพื้นผิวที่ยุงพาหะชอบเกาะพัก เช่น ฝาผนัง เสา หลังคา และเพดานที่มีระดับต่ำกว่า 3 เมตร ยุงจะได้รับสารเคมีผ่านทางขาบริเวณเยื่ออ่อนต่าง ๆ เมื่อมีการเกาะบนพื้นผิว การพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้างเป็นมาตรการสำคัญที่ใช้ควบคุมยุงพาหะในพื้นที่ที่มีการแพร่เชื้อสูงและประชาชนให้การยอมรับ สำหรับการพ่นปกติให้ดำเนินการก่อนฤดูกาลแพร่เชื้อ 1 เดือน และให้พ่นทันทีสำหรับพื้นที่ซึ่งไม่มีการแพร่เชื้อแต่กลับมามีการแพร่เชื้ออีก

ในการเลือกใช้เครื่องพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้างนั้นต้องเป็นเครื่องพ่นเคมีเฉพาะในงานสาธารณสุขที่ใช้ในการพ่นพื้นผิววัสดุ ผนังบ้าน หรือบริเวณที่คาดหมายว่ายุงพาหะจะมาเกาะพัก เครื่องพ่นต้องสามารถควบคุมอัตราการไหลได้ เพื่อให้ได้สารเคมีที่ตามอัตราที่กำหนด เครื่องพ่นที่แนะนำ คือ เครื่องพ่นชนิดอัดลม (Hand compression sprayer) สารเคมีที่ใช้สำหรับพ่น ดังตารางที่ 2 [11]

ตารางที่ 2 สารเคมีที่ใช้พ่นให้มีฤทธิ์ตกค้างเพื่อควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย

สารเคมี (insecticide)	**รูปแบบสารเคมี (Formulation)**	**อัตราการใช้สารออกฤทธิ์ (มิลลิกรัมต่อตารางเมตร)**	**ปริมาณสารเคมีที่ใช้ต่อน้ำ 8 ลิตร**	**ระยะเวลามีฤทธิ์คงทน (เดือน)**
Alphacypermethrin 10% SC	ของเหลวแขวนตะกอนละลายน้ำ	30	60 มิลลิลิตร	4-6
Bifenthrin 10% WP	ผงละลายน้ำ	25	50 กรัม	3-6
Deltamethrin 5% WP	ผงละลายน้ำ	20	80 กรัม	3-6
Deltamethrin 25% WG	เม็ดขนาดเล็กละลายน้ำ	20	16 กรัม	3-6

SC = suspension concentrate WP = wettable powder WG = water dispersible granules

3) มาตรการใช้มุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนาน (Long Lasting Insecticidal Treated Net : LLIN) เป็นมาตรการที่ใช้สำหรับพื้นที่ที่มีข้อจำกัดในการปฏิบัติงานควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียโดยการใช้มุ้งชุบสารเคมี (Insecticidal Treated Nets : ITN) และการพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง (Indoor residual spraying : IRS) เช่น พื้นที่มีปัญหาความไม่สงบ พื้นที่เข้าทำงานยากลำบาก กลุ่มประชากรเคลื่อนย้าย กลุ่มที่มีอาชีพไปค้างคืนในกระท่อม ในป่า สวน ไร่ และกลุ่มประชากรที่อยู่ในพื้นที่ไม่มีการแพร่เชื้อ แต่เข้าไปในพื้นที่ที่มีไข้มาลาเรียเป็นประจำ มุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนาน (LLIN) เป็นมุ้งที่มีคุณสมบัติขับไล่และฆ่ายุงได้โดยมีฤทธิ์ตกค้างของสารเคมีไม่น้อยกว่า 3 ปี โดยสารเคมียังคงรักษาระดับความเข้มข้นมีฤทธิ์ตกค้างในระดับที่ฆ่ายุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ชนิดของมุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนาน ที่ผ่านการประเมินจากองค์การอนามัยโลกและแนะนำให้ใช้ ดังตารางที่ 3

4) มาตรการเสริมอื่น ๆ ได้แก่ การลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะ (Man mosquito contact reduction) หรือการป้องกันตนเองไม่ให้ยุงกัด (Self-protection) หมายถึง การส่งเสริมให้ประชาชนรู้จักการป้องกันตนเองจากยุงพาหะด้วยวิธีการต่าง ๆ จากการให้ความรู้โดยเจ้าหน้าที่และอาสาสมัคร โดยประชาชนสามารถเลือกใช้มาตรการต่าง ๆ ในป้องกันตนเอง เช่น นอนในมุ้ง ใช้ผลิตภัณฑ์กันยุง โดยใช้มุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนานคลุมเปล (Long Lasting Insecticidal Hammock Net หรือ LLIHN) ซึ่งเป็นมาตรการสำหรับใช้ในประชากรกลุ่มเสี่ยงที่ไปค้างคืนในพื้นที่ที่มีการแพร่เชื้อและไม่สามารถใช้มุ้งกางนอนได้ ในทางปฏิบัติจะไปรับมุ้งได้ที่สถานบริการของรัฐในพื้นที่ที่มีการแพร่เชื้อ ชนิดมุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนานคลุมเปลที่ผ่านการประเมินจากองค์การอนามัยโลกและแนะนำให้ใช้ ดังตารางที่ 3 มุ้งชนิดนี้มีการชุบสารเคมีและนำมาคลุมทับเปลนอน มีคุณสมบัติในการขับไล่และฆ่ายุงได้ มีฤทธิ์ตกค้างไม่น้อยกว่า 3 ปี โดยที่สารเคมีจะยังคงรักษาระดับความเข้มข้นมีฤทธิ์ตกค้างในระดับที่ฆ่ายุงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะหรือการป้องกันตนเองไม่ให้ยุงกัด และการใช้ผลิตภัณฑ์ทากันยุง (Mosquito repellent) หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันไม่ให้ยุงมากัดและใช้ทาตามร่างกายส่วนที่อยู่นอกเสื้อผ้า ผลิตภัณฑ์ทากันยุงที่ใช้ควรมีฤทธิ์ขับไล่ยุงนานไม่น้อยกว่า 6 ชั่วโมง ซึ่งสารออกฤทธิ์มีหลายชนิด ทั้งนี้เด็กที่มีอายุ 4 ปีขึ้นไป ให้ใช้ผลิตภัณฑ์ที่มีสารออกฤทธิ์ชนิด DEET ได้ ส่วนเด็กอายุ 2 ปีหรืออายุน้อยกว่า ควรใช้ผลิตภัณฑ์สารสกัดพืชสมุนไพร เช่น ตะไคร้หอม มะกรูด เป็นต้น หรือสารออกฤทธิ์ชนิด IR3535 จะมีความปลอดภัยต่อเด็กมากกว่าผลิตภัณฑ์

ทากันยุงอาจเป็นน้ำ ครีม หรือเป็นแท่ง (stick) หรือสเปรย์ การใช้ผลิตภัณฑ์ทากันยุงนี้ประสิทธิภาพขึ้นอยู่กับชนิดและความทั่วถึงของการทาผลิตภัณฑ์ด้วย ควรส่งเสริมให้ใช้ในพื้นที่แพร่เชื้อมาลาเรีย ซึ่งประชาชนมีพฤติกรรมที่ชอบอยู่นอกบ้านทำให้มีโอกาสเสี่ยงต่อการถูกยุงพาหะกัดในขณะอยู่นอกมุ้ง และใช้ในกลุ่มประชาชนที่มีอาชีพหรือการดำเนินชีวิตที่เสี่ยงต่อการถูกยุงพาหะกัดได้ง่าย เช่น การกรีดยาง การทำไร่สับปะรด ซึ่งต้องทำงานในเวลากลางคืน เป็นต้น การใช้ยาทากันยุงต้องใช้ทาบริเวณที่มีโอกาสจะถูกยุงกัด ได้แก่ แขน ขา ใบหู หลังคอ หรือส่วนที่อยู่นอกเสื้อผ้า การส่งเสริมกิจกรรมนี้มุ่งเน้นให้ประชาชนเห็นประโยชน์และมีความต้องการซื้อ เพื่อนำไปใช้ด้วยตนเองนอกจากนี้ถ้ามีการใช้มุ้งธรรมดา (Local Conventional Nets) แนะนำให้ใช้ในพื้นที่ที่ไม่มีการแพร่เชื้อ การนอนในมุ้งธรรมดาเพื่อป้องกันยุงกัดและเป็นโรคไข้มาลาเรียนั้น ต้องดูแลมุ้งให้อยู่ในสภาพดีไม่ขาดและเสียหายมุ้งขนาดมาตรฐานทั่วไปมีพื้นที่ประมาณ 14 ตารางเมตร ควรมีขนาดของเส้นด้าย (Denier) ไม่น้อยกว่า 100 และจำนวนของตาข่าย (Mesh) ไม่ต่ำกว่า 169 ช่องต่อตารางนิ้ว ซึ่งทำให้อากาศผ่านได้ไม่ร้อน แต่ถ้าจำนวนช่องของตาข่ายมุ้งมีมากกว่านี้ก็ป้องกันแมลงขนาดเล็กได้ วัสดุมุ้งอาจเป็นเส้นใยสังเคราะห์หรือเส้นใยฝ้ายควรส่งเสริมให้ประชาชนมีมุ้งใช้ได้ในอัตราเฉลี่ย 2 คนต่อมุ้งหนึ่งหลัง และต้องมีการศึกษาพฤติกรรมความพึงพอใจของประชาชนในพื้นที่ว่าชอบใช้มุ้งกางนอนหรือไม่ เพื่อให้ใช้มาตรการนี้ได้ผลดีที่สุด มาตรการสวมเสื้อผ้าปกปิดร่างกายให้มิดชิด (Wearing protective cloths) เช่น สวมใส่เสื้อแขนยาวและกางเกงขายาว เป็นต้น เสื้อผ้าควรมีความหนาพอเพียงและหลวมเล็กน้อย ไม่กระชับติดร่างกายเพื่อกันยุงกัด สีของเสื้อผ้าก็มีส่วนในการลดยุงกัดได้ เช่น เสื้อผ้าสีอ่อนดึงดูดความสนใจยุงได้น้อยกว่าผ้าที่มีสีดำ ประชาชนกลุ่มเสี่ยงบางกลุ่ม เช่น คนกรีดยางในสวนยางควรใช้วิธีการนี้ มาตรการการใช้ยาจุดกันยุง (Mosquito coils and sticks) ยาจุดกันยุง หมายถึง ผลิตภัณฑ์กันยุง ซึ่งเมื่อใช้จุดไฟแล้วสามารถระเหยสารออกฤทธิ์ขับไล่และฆ่ายุงได้ มาตรการใช้ตาข่ายกันยุงหรือมุ้งลวด (Screening) ตาข่ายกันยุงหรือมุ้งลวด อาจทำด้วยไนล่อนหรือโลหะ ซึ่งต้องการออกแบบอย่างดีเพื่อปิดกั้นช่องที่ยุงสามารถลอดผ่านได้ โดยเฉพาะบริเวณมุมประตูและหน้าต่าง ซึ่งต้องจัดทำให้แข็งแรงไม่เสียหายได้ง่ายและประตูควรเปิดออกด้านนอก ขนาดของตาข่ายขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุ ทั้งนี้ขนาดของตาข่ายที่เหมาะสม คือ 16-18 ช่องต่อนิ้ว บ้านที่มีตาข่ายกันยุงหรือมุ้งลวดอย่างดีและเหมาะสมนี้ไม่มีความจำเป็นต้องพ่นเคมีแต่อย่างใด นอกจากนั้นการป้องกันตนเองจากการถูกยุงกัดอาจมีกิจกรรมอื่นที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในแต่ละพื้นที่ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของประชาชนและชุมชน รวมทั้งความเหมาะสมของกิจกรรมที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ของแต่ละพื้นที่ด้วย มาตรการสุดท้าย คือ การใช้เสื้อผ้าชุบสารเคมี (Insecticide Treated Cloths) ซึ่งขณะนี้มีการศึกษาภาคสนามถึงการใช้เสื้อคลุมตาข่ายชุบสารเคมีสวมทับเสื้อผ้าที่ใช้อยู่ก็สามารถลดการถูกยุงกัดและยังมีการศึกษาการใช้เสื้อผ้าชุบสารเคมีป้องกันโรคไข้มาลาเรียในประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งมีผลในการควบคุมโรคไข้มาลาเรียในระดับหนึ่ง

ตารางที่ 3 มุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนานที่ผ่านการประเมินจากองค์การอนามัยโลกและแนะนำให้ใช้ (ปรับปรุง ณ วันที่ 1 เมษายน 2559)

รายชื่อผลิตภัณฑ์ (ชื่อการค้า)	**ชนิดของผลิตภัณฑ์ (Product Type)**	**อัตราสารออกฤทธิ์ (มิลลิกรัมต่อตารางเมตร) (mg/m^2)**
DawaPlus 2.0	Deltamethrin coated on polyester	80
Duranet	Alphacypermethrin incorporated into polyethylene	261
Interceptor	Alphacypermethrin coated on polyester	200
Lifenet	Deltamethrin incorporated into polypropylene	340
MAGNet	Alphacypermethrin incorporated into polyethylene	261
Netprotect	Deltamethrin incorporated into polyethylene	63
Olyset**	Permethrin incorporated into polyethylene	1,000
PermaNet 2.0**	Deltamethrin coated on polyester	55
PermaNet 2.5	Deltamethrin coated on polyester with strengthened border	มุ้งด้านบน Deltamethrin 85 ชายมุ้ง Deltamethrin 115
PermaNet 3.0	Combination of deltamethrin coated on polyester with strengthened border (side panels) and deltamethrin and PBO incorporated into polyethylene (roof)	ด้านหลังมุ้ง Deltamethrin 164 PBO 1,025 มุ้งด้านบน Deltamethrin 85 ชายมุ้ง Deltamethrin 115
Royal Sentry	Alphacypermethrin incorporated into polyethylene	250
Yorkool LN	Deltamethrin coated on polyester	55

**ปัจจุบันมีจำหน่ายในประเทศไทย (ข้อมูล พ.ศ.2560)

5) มาตรการการพ่นสารเคมีฟุ้งกระจาย (Space spraying) มาตรการนี้ไม่ได้ใช้โดยทั่วไป แต่เป็นมาตรการพิเศษ ซึ่งแนะนำให้ใช้ในพื้นที่ที่มีความเจริญ เช่น ตัวเมือง ย่านชุมชน ตลาด ฯลฯ และเกิดการระบาดหรือมีแนวโน้มจะเกิดการระบาดของโรคไข้มาลาเรียและยังพบยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย แต่ประชาชนปฏิเสธการพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้างหรือการใช้มุ้งชุบสารเคมี อาจใช้ในค่ายอพยพหรือที่พักชั่วคราวที่สร้างขึ้นใหม่ในท้องที่มียุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย มีแนวโน้มเกิดการระบาดของโรคไข้มาลาเรีย หรือที่พักไม่มีพื้นผิวที่เหมาะสมต่อการพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง หรือไม่สามารถใช้มุ้งชุบสารเคมี การพ่นสารเคมีฟุ้งกระจาย ได้แก่ การพ่นหมอกควันและการพ่นฝอยละออง (ULV หรือ Ultra Low Volume)

เพื่อกำจัดยุงที่กำลังบินหรือเกาะพักบริเวณที่พ่นสารเคมี ยุงจะได้รับสารเคมีตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย โดยไม่มีฤทธิ์คงทนตกค้าง กรณีเลือกใช้มาตรการพ่นสารเคมีฟุ้งกระจายต้องพ่นในช่วงที่ยุงก้นปล่องออกหากินเลือดสูง คือ ช่วงเวลาประมาณ 19.00-21.00 น. และดำเนินการพ่นสารเคมีทุกวันใน 3 วันแรก และพ่นซ้ำทุก 7 วัน ติดต่อกันอย่างน้อย 4 ครั้ง พร้อมทั้งมีการเฝ้าระวังโดยการเจาะเลือดกลุ่มเสี่ยง (CIS) ในพื้นที่พ่นสารเคมี สารเคมีที่ใช้พ่นฟุ้งกระจายต้องเป็นสารเคมีเพื่อการกำจัดยุง โดยการพ่นหมอกควัน หรือการพ่นฝอยละอองที่ได้รับการขึ้นทะเบียนจากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา กระทรวงสาธารณสุข สำหรับสารเคมีที่องค์การอนามัยโลกแนะนำมีรายชื่อ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สารเคมีที่ใช้พ่นฟุ้งกระจายกำจัดยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ (WHO, 2006)

Insecticide	Chemical	Dosage of ai (g/ha)		WHO hazard classification of ai[b]
		Cold aerosols	Thermal fogs[a]	
Fenitrothion	Organophosphate	250–300	250–300	II
Malathion	Organophosphate	112–600	500–600	III
Pirimiphos-methyl	Organophosphate	230–330	180–200	III
Bioresmethrin	Pyrethroid	5	10	U
Cyfluthrin	Pyrethroid	1–2	1–2	II
Cypermethrin	Pyrethroid	1–3	–	II
Cyphenothrin	Pyrethroid	2–5	5–10	II
d,d-trans-Cyphenothrin	Pyrethroid	1–2	2.5–5	NA
Deltamethrin	Pyrethroid	0.5–1.0	0.5 – 1.0	II
D-Phenothrin	Pyrethroid	5–20	–	U
Etofenprox	Pyrethroid	10–20	10–20	U
λ-Cyhalothrin	Pyrethroid	1.0	1.0	II
Permethrin	Pyrethroid	5	10	II
Resmethrin	Pyrethroid	2–4	4	III

ai, active ingredient

[a] The strength of the finished formulation when applied depends on the performance of the spraying equipment used

[b] Class II, moderately hazardous; class III, slightly hazardous; class U, unlikely to pose an acute hazard in normal use; NA, not available

6) มาตรการการควบคุมทางชีววิธี (Biological control) หมายถึง การนำสิ่งมีชีวิตมาใช้ควบคุมยุงพาหะนำโรคโดยเฉพาะในระยะที่เป็นลูกน้ำ เช่น การใช้ปลากินลูกน้ำ (Larvivorous fish) เป็นมาตรการเสริมในพื้นที่ที่มีการแพร่เชื้อมาลาเรีย โดยใช้ปลาหางนกยูง ปลาแกมบูเซีย และปลาหัวตะกั่ว ฯลฯ ปล่อยในแหล่งน้ำที่พบหรือสงสัยว่ามีการเพาะพันธุ์ของยุงพาหะ และปล่อยในฤดูกาลที่มีแหล่งน้ำเหมาะสม ซึ่งปลาสามารถมีชีวิตอยู่และขยายพันธุ์ได้ โดยให้ปล่อยปลากินลูกน้ำซ้ำที่เดิม 3-4 ครั้งต่อแหล่งน้ำ ครั้งละประมาณ 100-200 ตัว แต่ละครั้งควรปล่อยปลาห่างกันประมาณ 1 เดือน และก่อน

ปล่อยปลากินลูกน้ำทุกครั้งต้องประเมินผลว่าการปฏิบัติงานที่ผ่านมาได้ผลหรือไม่ โดยตรวจสอบดูว่ามีปลาชนิดที่เคยปล่อยในแหล่งน้ำนั้นหรือไม่ด้วย

7) มาตรการปรับปรุงสิ่งแวดล้อม (Environmental management) สำหรับการควบคุมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย หมายถึง การปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมไม่ให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงพาหะ ซึ่งรวมถึงการวางแผนการจัดองค์กรดำเนินการและการกำกับกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวเนื่องถึงมนุษย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของยุงพาหะ ซึ่งจะมีผลลดการติดเชื้อมาลาเรียในพื้นที่ การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมนี้มีทั้งแบบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมถาวร ได้แก่ การระบายน้ำ การกลบถมแหล่งเพาะพันธุ์ การปรับสภาพ และระดับผิวดิน เป็นต้น และแบบที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมชั่วคราว ซึ่งทำให้ยุงพาหะไม่ชอบวางไข่เพาะพันธุ์ เช่น การถากถางวัชพืชริมลำธาร เป็นต้น ทั้งนี้การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมมีการลงทุนค่อนข้างสูง และต้องได้รับความร่วมมือและการมีส่วนร่วมจากชุมชน องค์กรในท้องถิ่นนั้น เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยดีและมีความยั่งยืนต้องมีการดูแลอย่างใกล้ชิด จึงจะทำให้เกิดผลดีในการควบคุมยุงพาหะได้ สำหรับพื้นที่ปฏิบัติงานจะดำเนินการในพื้นที่ที่ยังมีการแพร่เชื้อมาลาเรีย

2.5 การสำรวจยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรีย

การสำรวจเพื่อเก็บตัวอย่างยุงตัวเต็มวัย ลูกน้ำ ตัวโม่งรวมถึงไข่ยุงจากท้องที่เป็นขั้นตอนพื้นฐานอย่างหนึ่งในการศึกษาทางกีฏวิทยาที่มีความสำคัญมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ว่า ต้องการนำตัวอย่างมาทำอะไร และนำข้อมูลมาใช้สำหรับอะไร อาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ได้แก่

1) การศึกษาเชิงคุณภาพ (Qualitative studies) เป็นการศึกษาในเวลาสั้น ๆ เพื่อทราบคุณลักษณะของประชากรยุง ณ ขณะนั้น เช่น เพื่อทราบว่าท้องที่นั้นมียุงชนิดใดอยู่บ้าง มีแหล่งเพาะพันธุ์และพฤติกรรมกัดกินเลือดอย่างไร มีการเก็บตัวอย่างยุงเพื่อการศึกษาทางอนุกรมวิธานและพันธุศาสตร์อย่างไร มีการตรวจหาว่ายุงชนิดใดเป็นพาหะและเก็บตัวอย่างยุงเพื่อนำมาทดสอบการต้านทานสารเคมี

2) การศึกษาเชิงปริมาณ (Quantitative studies) เป็นการศึกษาที่ใช้เวลานานกว่าด้วยวิธีการและสถานที่เดียวกันแต่ต่างเวลากัน เพื่อทราบความเคลื่อนไหวและการเปลี่ยนแปลงของลักษณะประชากรยุงเชิงพื้นที่ (Spatial) และเวลา (Temporal) เช่น ดูความหนาแน่นของยุงพาหะในเดือนหรือฤดูกาลต่าง ๆ อายุขัย อัตราการติดเชื้อก่อนและหลังการควบคุม ดูผลของการเปลี่ยนแปลงระบบนิเวศน์ต่อประชากรยุง และวัดความหนาแน่นของลูกน้ำยุงในพื้นที่ ไม่ว่าจะมีวัตถุประสงค์การศึกษาในเชิงคุณภาพและปริมาณ วิธีการสำรวจและเก็บตัวอย่างยุงก็ไม่แตกต่างกันมากนัก

2.5.1 การจับยุงตัวเต็มวัย (Collecting adult mosquitoes) การจับยุงตัวเต็มวัยเป็นวิธีที่ใช้ประเมินชนิดและปริมาณของยุงพาหะมีหลายวิธี สรุปเพียง 3 วิธี ที่ใช้กันโดยทั่วไป ได้แก่

1) การจับยุงโดยใช้คนเป็นเหยื่อล่อ (Human bait collection) โดยหลักการเป็นการจับยุงที่เข้ามากัด (Biting) หรือเกาะบนผิว (Landing) คนที่เป็นเหยื่อล่อ ซึ่งจะทราบว่ามียุงชนิดใดบ้างที่กัดคนในพื้นที่และมีจำนวนมากน้อยเท่าใด ใช้ศึกษาพฤติกรรมการกัดดูดเลือด เช่น สถานที่กัด เวลาที่กัด ทราบอายุขัยของยุง และอัตราการติดเชื้อ นำมาศึกษาทางอนุกรมวิธาน นำมาทดสอบการดื้อต่อสารเคมีและเพื่อเก็บตัวอย่างยุงมาเลี้ยงในห้องทดลอง สถานที่การจับยุงควรสอดคล้องกับวิถีชีวิตของคนในท้องถิ่น ข้อมูลการสอบสวนโรค หรือสภาพนิเวศวิทยาของยุงที่ต้องการศึกษา ไม่มีการพ่นสารเคมี สุมไฟหรือจุดยากันยุง

อาจจับยุงทั้งนอกบ้านและในบ้าน หรือนอกบ้านขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ การจับยุงนอกบ้านควรหามุมสงบบริเวณรอบบ้าน อุปกรณ์ที่ใช้ในการจับยุงหลัก ๆ ประกอบด้วย ไฟฉาย หลอดแก้ว ภาชนะใส่ยุง aspirator ถุงพลาสติกและกระติกน้ำแข็ง

2) การจับยุงโดยใช้สัตว์เป็นเหยื่อล่อ (Animal bait collection) โดยจับยุงที่เข้ามากัดสัตว์ที่เป็นเหยื่อล่อ หรือที่เกาะรอบบริเวณที่สัตว์อยู่ เพื่อต้องการทราบชนิดของยุงที่มีนิสัยกัดดูดเลือดสัตว์ นำยุงมาศึกษาทางอนุกรมวิธาน นำยุงทดสอบความไวต่อสารเคมีฆ่าแมลงและเพื่อนำยุงตัวอย่างมาเลี้ยงในห้องทดลอง สัตว์ที่นิยมใช้เป็นเหยื่อ คือ วัว ควาย แต่ไม่ควรใช้วัวแม่ลูกอ่อน ถ้าไม่จำเป็นไม่ควรใช้ควาย เพราะมักตื่นตกใจง่าย บ่อยครั้งที่หลุดจากหลักทำให้มุ้งเสียหาย ซึ่งสามารถจับยุงได้หลายวิธี เช่น ใช้ aspirator ดูดยุง หรือใช้มุ้งครอบสัตว์ (Animal baited trap nets) ใช้วิธีจับยุงที่เกาะพักรอบ ๆ บริเวณที่สัตว์อยู่

3) การใช้กับดักจับยุงที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ CDC miniature light trap ประกอบด้วยสองส่วนสำคัญ คือ ส่วนให้แสงสว่างและส่วนพัดลมดูดใส่ถุง ทำงานด้วยแบตเตอรี่หรือถ่านไฟฉาย ซึ่งสามารถทำงานได้ตลอดคืน ส่วนน้ำแข็งแห้งใช้ประมาณ 1 กก. ใส่กล่องโฟมปิดฝาให้สนิท ใต้กล่องโฟมเจาะรูไว้สำหรับเสียบสายยาง ปลายสายจะสอดไว้ใต้ฝาอะลูมิเนียมเหนือหลอดไฟและพัดลม

การเก็บรักษายุงที่มีชีวิตในภาคสนาม การเก็บรักษาอย่างถูกวิธีควรปฏิบัติ ดังนี้

ยุงที่อยู่ในภาชนะใส่ยุง

1) ใช้สำลีชุบน้ำตาล 10% บีบให้พอหมาด ๆ แล้วปิดลงบนภาชนะใส่ยุง สำหรับยุงที่กินเลือดแล้วอาจให้เพียงน้ำเปล่าชุบสำลี

2) เรียงภาชนะใส่ยุงไว้ในถาด ปิดทับด้วยผ้าขนหนูชุบน้ำหมาด ๆ

3) ป้องกันไม่ให้มีมดมากินยุงโดยรองด้วยถาดที่มีน้ำหรือเก็บไว้ในกระติกน้ำแข็งที่ปิดได้สนิท ปิดทับด้วยถุงพลาสติกตามด้วยผ้าขนหนูชุบน้ำหมาด ๆ ระวังอย่าให้ภาชนะใส่ยุงกลิ้งไปมา บริเวณที่เก็บต้องแน่ใจว่าปลอดจากสารเคมีกำจัดแมลง สัตว์เลี้ยงและการกระแทกจากคน

ยุงที่อยู่ในหลอดจับยุง

1) เรียงหลอดจับยุงในถาดที่เจาะรูพอดีกับหลอดจับยุง

2) วางก้อนสำลีชุบน้ำตาล 10% ลงบนฝา

3) ใช้ผ้าขนหนูชุบน้ำปิดทับก่อนปิดฝา

วิธีนี้สามารถเก็บยุงเป็นได้หลายวัน แต่ส่วนมากจะเริ่มจำแนกชนิดยุงในตอนเช้า

2.5.2 การสำรวจลูกน้ำยุง (Collecting larval mosquitoes) มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าการสำรวจยุงตัวเต็มวัย ทำให้เราเข้าใจถึงสภาพแหล่งเพาะพันธุ์ ประโยชน์ของการสำรวจลูกน้ำ (รวมทั้งตัวโม่ง) คือ ทำให้ทราบชนิดของยุงที่ปรากฏในพื้นที่นั้น ได้ศึกษาแหล่งเพาะพันธุ์ของยุง นำยุงมาเลี้ยงในห้องปฏิบัติการ มีการศึกษาทางอนุกรมวิธานและพันธุศาสตร์ นำยุงมาทดสอบความไวต่อสารเคมีกำจัดแมลง มีการศึกษาทางระบาดวิทยา และประเมินความความหนาแน่นของยุงระยะตัวอ่อนได้ อุปกรณ์ในการสำรวจลูกน้ำยุง เช่น ภาชนะตักลูกน้ำ (Dipper) สวิงตักลูกน้ำหรือกระชอน (Larval net) dropper สำหรับดูดลูกน้ำ ถุงพลาสติก whirl pack หรือขวดใส่ลูกน้ำ (Vials) ถาดใส่ลูกน้ำ (Tray) แผ่นบันทึกหรือ masking tape ปากกาแบบ permanent สายยางดูดน้ำ (Siphon) รองเท้ายางหุ้มน่อง (Rubber boot) และ 70% ethanol

2.6 การทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมีกำจัดแมลง (Susceptibility test) [13]

การควบคุมยุงพาหะนำโรคด้วยการใช้สารเคมีกำจัดแมลง ตามโครงการควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลงนั้น จำเป็นต้องมีการติดตามว่ายุงเป้าหมายมีการพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีหรือไม่ ปัจจุบันมีสารเคมีสำคัญ 4 กลุ่ม คือ กลุ่มออร์กาโนคลอลีน (Organochlorine) กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต (Organophosphate) กลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) และไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (Synthetic pyrethroid) ซึ่งการใช้สารเคมีกำจัดแมลงเหล่านี้อย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน จะเป็นสิ่งกระตุ้นให้แมลงมีการพัฒนาความต้านทานทำให้ยากต่อการควบคุม อย่างไรก็ตามการใช้สารเคมีกำจัดแมลงเพื่อควบคุมประชากรยุงพาหะให้อยู่ในระดับที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหา ยังเป็นวิธีการที่ให้ผลอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะพื้นที่ที่เกิดโรคระบาด ดังนั้นเพื่อให้การใช้สารเคมีกำจัดแมลงควบคุมยุงพาหะมีประสิทธิภาพและชะลอการสร้างความต้าน จึงต้องมีระบบการตรวจสอบการสร้างความต้านทานของยุงพาหะในพื้นที่ที่มีการใช้สารเคมีกำจัดแมลงอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ

วิธีการตรวจสอบระดับความต้านทานของยุงพาหะที่ดำเนินการได้สะดวกและดำเนินการได้ในพื้นที่ คือ วิธีการทดสอบความไวตามวิธีมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกบนหลักการให้ยุงสัมผัสกระดาษชุบสารเคมีในระยะเวลากำหนดกับปริมาตรสารเคมี ตามที่มีการศึกษาไว้แล้วที่เป็นความเข้มข้นวินิจฉัยของสารเคมีแต่ละชนิด (Diagnostic dosage หรือ Discriminating concentrations) ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ความเข้มข้นของสารเคมีกำจัดแมลงที่ใช้ทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมี (Discriminating concentrations of insecticides for adult mosquitos) ให้ยุงสัมผัสสารเคมีนาน 1 ชั่วโมง

Class	Insecticide	Anophelines	*Aedes aegypti*	*Culex quinquefasciatus*
Organochlorines	DDT	4%	4%[a]	4%[b]
Organophophates	Fenitrothion	1%[c]	0.8%	1%[d]
	Malathion	5%		5%
	Pirimephos-methyl	0.25%[e]		
Carbamates	Bendiocrab	0.1%	0.1%	0.1%[g]
	Propoxur	0.1%		
Pyrethroids	Alphacypermethrin	0.05%[c]		
	Bifenthrin	0.2%[c]		
	Cyfluthrin	0.15%		
	Deltamethrin	0.05%		0.025%
	Etofenprox	0.5%		
	Lambda-cyhalothrin	0.05%[f]	0.03%	0.025%
	Permethrin	0.75%	0.25%	0.25%

a ให้ยุงสัมผัสสารเคมีนาน 30 นาที
b ให้ยุงสัมผัสสารเคมีนาน 4 ชั่วโมง
c ให้ยุงสัมผัสสารเคมีนาน 2 ชั่วโมง (*Anopheles sacharovi*)
d ให้ยุงสัมผัสสารเคมีนาน 2 ชั่วโมง
e Tentative
f 0.1% สำหรับยุง *Anopheles sacharovi*
g ให้ยุงสัมผัสสารเคมีฯนาน 3 ชั่วโมง

หมายเหตุ ปรับจาก WHO/CDS/CPC/MAL/98.12 and WHO Technical Report Series 818

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย กระบอกพลาสติกทรงกลมสูง 12.5 เซนติเมตร รัศมี 4.4 เซนติเมตร ปลายทั้งสองด้านมีลักษณะเปิดเป็นเกลียวหมุน ซึ่งประกอบด้วยกระบอกทดสอบสำหรับใส่กระดาษชุบสารเคมีและกระบอกพลาสติกที่มีจุดสีเขียวอยู่ปลายด้านหนึ่งเป็นกระบอกสำหรับเปรียบเทียบกระบอกเก็บยุงก่อนและหลังจากการทดสอบ ฝาปิดเกลียวพร้อมตาข่ายสำหรับป้องกันยุง ฝาเลื่อนปิด-เปิดที่ด้านบนเป็นเส้นแถบสีเขียวและด้านล่างเป็นเส้นแถบสีแดง ฝาเลื่อนนี้จะมีกรวยสำหรับสวมหลอดพลาสติกกลมได้ทั้ง 2 ด้าน ห่วงกลมเป็นเส้นลวดแข็งขนาดเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของหลอดพลาสติก ห่วงกลมชนิดโลหะทองแดงสำหรับใช้หนีบกระดาษทดสอบในหลอดพลาสติกที่มีจุดสีแดงและห่วงโลหะสีเงินสำหรับหนีบกระดาษเปรียบเทียบในหลอดด้านที่มีจุดสีเขียว กระดาษชุบสารเคมีที่ความเข้มข้นตามที่องค์การอนามัยโลกกำหนด ถ้วยพาสติกหรือกระดาษสำหรับใส่ยุง ผ้ามุ้ง กล่องเก็บยุง ผ้าขนหนู สำลี หลอดดูดยุงหรือ หลอดแก้ว นาฬิกาจับเวลา เครื่องวัดอุณหภูมิและความชื้น การเตรียมยุงก้นปล่องสำหรับทดสอบตามวิธีขององค์การอนามัยโลก โดยการนำยุงก้นปล่องที่จับจากพื้นที่เตรียมยุงใส่ถ้วยใส่ยุงถ้วยละ 20–25 ตัว กรณีการทดสอบแต่ละสารเคมีมียุงไม่เพียงพอให้ทดสอบต่อเนื่องให้เสร็จภายใน 7 วัน ทดสอบกับยุงอย่างน้อย 120–150 ตัว

วิธีดำเนินการทดสอบความไว (WHO susceptibility test)

- การเตรียมกระบอก holding ใช้กระดาษขาว (12x15 ซม.) บุด้านในของกระบอกพลาสติกที่มีจุดสีเขียว (Holding tube) แต่ละอันตามจำนวนที่ทดสอบ ยึดกระดาษทั้งสองด้านด้วยห่วงโลหะสีเงินอย่าให้เกิดช่องว่างระหว่างกระดาษกับกระบอกพลาสติกเพื่อป้องกันไม่ให้ยุงเข้าไปหลบซ่อน ปิดปลายกระบอกด้านหนึ่งด้วยฝาเกลียวที่มีตาข่ายป้องกันยุงปลายอีกด้านต่อเข้ากับฝาเลื่อน ปิด-เปิดด้านที่มีเส้นแถบสีเขียว วางกระบอกพลาสติกที่เตรียมเสร็จไว้บนพื้นที่เรียบ จากนั้นปล่อยยุงเข้ากระบอก holding โดยดูดยุงจากถ้วยเก็บยุงแต่ละถ้วยใส่ในกระบอกพลาสติกด้านจุดสีเขียวแต่ละอัน ปรับฝาเลื่อนให้อยู่ในตำแหน่งปิด วางกระบอกพลาสติกที่มียุงให้อยู่ในแนวตั้งในสภาพที่มีแสงสลัว ประมาณ 60 นาที เพื่อให้ยุงปรับตัวเข้ากับสภาพภายในกระบอกพลาสติก (Holding tube) เมื่อครบเวลา 60 นาที นำกระบอกชุดเปรียบเทียบที่เตรียมไว้ต่อเชื่อมกับฝาเลื่อนด้านที่มีเส้นแถบแดงของกระบอกพลาสติกที่มีจุดสีเขียวหมุนเกลียวให้แน่น ทำให้ครบทุกคู่วางตั้งไว้ จากนั้นให้ทำเช่นเดิมกับกระบอกชุดทดสอบจนครบ โดยแยกชนิดสารเคมีและประชากรยุง
- เลื่อนแผ่นเลื่อนปิด-เปิด ให้อยู่ในตำแหน่งเปิด (รูขนาดใหญ่ของฝาเลื่อนปิด-เปิดจะเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกพลาสติกทั้งสอง) จากนั้นยกกระบอกพลาสติกเข้าหาแสงและเป่าเบา ๆ จากกระบอกด้านที่เป็นจุดสีเขียวให้ยุงบินไปที่กระบอกที่อยู่ตรงกันข้ามให้หมด ปรับฝาเลื่อนให้อยู่ตำแหน่งปิด และถอดกระบอกพลาสติกที่มีจุดสีเขียวออกวางไว้ การเป่ายุงเข้ากระบอกทดสอบให้เริ่มทำในชุดเปรียบเทียบก่อนและทำทีละอันจนครบทั้งหมด
- เมื่อครบเวลาทดสอบของสารเคมีแต่ละชนิด บันทึกจำนวนยุงที่ตกอยู่บนแผ่นฝาเลื่อนปิด-เปิด หลังจากนั้นให้นำกระบอกที่มีจุดสีเขียวชุดเดิมมาเชื่อมต่อและย้ายยุงทั้งหมดจากกระบอกชุดเปรียบเทียบและชุดทดสอบมาที่กระบอกพลาสติกด้านที่มีจุดเขียว ปิดฝาเลื่อนให้เรียบร้อย ถอดกระบอกชุดเปรียบเทียบและชุดทดสอบออกมากระบอกพลาสติกชุดทดสอบ
- เมื่อทดสอบเสร็จให้นำกระดาษทดสอบออกจากกระบอกทดสอบเก็บในกล่องเก็บกระดาษกล่องเดิม นำกระดาษทดสอบเก็บที่ความเย็นปกติของตู้เย็นไม่ควรทิ้งให้กระดาษทดสอบอยู่ในกระบอกพลาสติกข้ามวันและกระดาษทดสอบสารเคมีไพรีทรอยด์ไม่ควรใช้มากกว่า 5 ครั้ง ล้างทำความ

สะอาดกระบอกพลาสติกทดสอบ โดยแยกล้างระหว่างชุดเปรียบเทียบและชุดทดสอบ โดยล้างในน้ำไหล 1–2 ครั้ง ก่อนแช่ไว้ในน้ำยาสำหรับล้างสารเคมี 1 คืน หลังจากนั้นให้ทำความสะอาดและผึ่งให้แห้ง การทดสอบยุงแต่ละประชากรให้ทำการทดสอบจำนวน 4 ครั้ง เป็นอย่างน้อย ในแต่ละสารเคมีและทุกซ้ำต้องมีตัวเปรียบเทียบ

การบันทึกผล

บันทึกอุณหภูมิและความชื้นในห้องทดสอบขณะที่ทำการทดสอบ การทดสอบกับสารเคมีไพรีทรอย์ด เมื่อครบเวลาให้ยุงสัมผัสกับสารเคมี 60 นาที บันทึกจำนวนยุงที่สลบในกระบอกทดสอบ นำยุงไปเลี้ยงต่อ 24 ชั่วโมง บันทึกจำนวนยุงที่ตายและจำนวนที่รอดชีวิตทั้งหมดในกระบอกทดสอบแต่ละกระบอก

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ

โดยการหาอัตราการตายของยุงที่ 24 ชั่วโมง ถ้าในการทดสอบครั้งนั้นพบว่ายุงในกระบอกเปรียบเทียบตายอยู่ระหว่างร้อยละ 5–20 ให้ปรับค่าโดยใช้ Abbott's formula และถ้าพบว่าตัวเปรียบเทียบตายมากกว่าร้อยละ 20 ให้ถือว่าการทดสอบล้มเหลวต้องทำการทดสอบใหม่

Abbott's formula :

$$\textbf{อัตราตายของยุง} = \frac{\%\text{ ตายของยุงที่สัมผัสสารเคมี}-\%\text{ ตายของยุงชุดเปรียบเทียบ} \times 100}{100-\%\text{ ตายของยุงชุดเปรียบเทียบ}}$$

การวิเคราะห์ข้อมูลยุงจะใช้เกณฑ์ของ WHO ปี 1998 ซึ่งมีการปรับปรุงใหม่จากเอกสารขององค์การอนามัยโลกในปี 1981 เนื่องจากต้องปรับให้สอดคล้องกับปริมาณการใช้สารเคมีกำจัดแมลงในกลุ่มไพรีทรอยด์ในการควบคุมกำจัดแมลงทางการแพทย์ที่มากขึ้น เกณฑ์สำหรับยุงก้นปล่องตาม WHO ปี 2013[13] มีดังนี้

- อัตราตาย 98–100% : ยุงไวต่อสารเคมี (Indicates susceptibility)
- อัตราตาย 90–97% : คาดว่ายุงอาจจะต้านทานต่อสารเคมี ต้องการการยืนยันผลอีกครั้ง (Suggests the possibility of resistance that need to be confirmed)
- อัตราตาย <90% : ยุงต้านทานต่อสารเคมี (Suggests resistance)

2.7 การทดสอบประสิทธิภาพของมุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนาน (Cone Bioassay test)[12]

วิธีการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทราบประสิทธิภาพและฤทธิ์คงทนของสารเคมีกำจัดแมลงบนผ้ามุ้งชุบสารเคมีแบบออกฤทธิ์ยาวนาน ซึ่งจะใช้ในการประเมินมุ้งชุบสารเคมีชนิดใหม่ ๆ เพื่อเป็นการดูประสิทธิภาพ ซึ่งอาจแตกต่างจากการประเมินผลการใช้มุ้งชุบสารเคมี การทดสอบต้องคัดเลือกพื้นที่ พื้นที่ที่ดำเนินการทดสอบเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่อง โดยทดสอบมุ้งจากบ้านที่อยู่ในพื้นที่ไม่น้อยกว่า 10 หลังคาเรือน และใช้มุ้งธรรมดาเป็นตัวเปรียบเทียบอย่างน้อย 2 หลัง หรือถ้าใช้ 1 หลังต้องทำการทดสอบ 2 ครั้ง ครั้งละ 50 ตัวรวมเป็น 100 ตัว มุ้งที่คัดเลือกมาศึกษาต้องได้รับความยินยอมจากเจ้าของบ้าน วัสดุและอุปกรณ์ประกอบด้วยมุ้งทดสอบเป็นผลิตภัณฑ์มุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนาน (Long-lasting insecticidal mosquito net; LLINs หรือ LNs) ใช้กรวยทดสอบแบบที่เป็นมาตรฐานขององค์การอนามัยโลกและให้แยกกรวยที่ใช้ทดสอบมุ้งชุบสารเคมี และกรวยที่ใช้ทดสอบมุ้งเปรียบเทียบ หลอดดูดยุงปลายโค้ง สำหรับใช้ทดสอบมุ้งชุบสารเคมี และใช้ทดสอบมุ้งเปรียบเทียบควรแยกกัน ยุงสำหรับทดสอบเป็นยุงก้นปล่องเพศเมียสายพันธุ์ที่เลี้ยงในห้องเลี้ยงยุงที่มีความไวต่อสารเคมี อายุ 2–5 วัน

ไม่กินเลือด ให้กินน้ำหวาน 10% จนอิ่ม ถ้วยพลาสติกหรือกระดาษสำหรับใส่ยุง แบบฟอร์มการบันทึกผล เครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้น นาฬิกาจับเวลา คลิปติดมุ้ง เครื่องเขียน กล่องโฟมเก็บความชื้นหรือกระติกน้ำ คูลเลอร์ และไอซ์แพ็ค

การเตรียมมุ้งสำหรับทดสอบ ดำเนินการแจกมุ้งชุบสารเคมีชนิดออกฤทธิ์ยาวนาน (LLINs หรือ LNs) ให้ประชาชนกลุ่มทดสอบในพื้นที่และเลือกมุ้งจากบ้านทดสอบ จำนวนอย่างน้อย 10 หลังคาเรือน หลังคาเรือนละ 1 หลัง อธิบายวิธีการใช้มุ้งและการดูแลรักษาที่ถูกต้องให้แก่เจ้าของบ้านที่ร่วมโครงการ ทำสัญลักษณ์ที่มุ้ง LLINs/LNs ที่แจกประชาชนทุกหลัง จัดทำบัญชีรายชื่อเจ้าของมุ้ง เพื่อง่ายในการสุ่มสำรวจและติดตามตลอดการทดสอบ มุ้งเปรียบเทียบเป็นมุ้งธรรมดาไม่ชุบสารเคมี จำนวนไม่น้อยกว่า 2 หลัง

การเตรียมการทดสอบ เตรียมยุงก้นปล่องเพศเมียใส่ถ้วยทดสอบ จำนวน 5 ถ้วย ถ้วยละ 10 ตัว ต่อการทดสอบกับมุ้ง 1 หลัง ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อดูความแข็งแรงของยุงก่อนใช้ในการทดสอบ ในบ้านแต่ละหลังคาเรือนให้แขวนมุ้งทดสอบในบริเวณที่สะดวกในการปฏิบัติงาน ติดกรวยทดสอบบนมุ้งหลังละ 5 กรวย โดยติดที่ด้านข้างมุ้งทั้ง 4 ด้าน ด้านละ 1 กรวย และอีก 1 กรวยบริเวณด้านหลังคามุ้ง การติดกรวยพลาสติกกับพื้นผิวมุ้งต้องไม่ให้มีช่องว่างระหว่างผิวมุ้งและขอบกรวยพลาสติก โดยอาจจะใช้คลิปหนีบกระดาษหรือหนังยาง ตำแหน่งที่ติดกรวยบนมุ้งแต่ละหลังให้ติดที่ตำแหน่งเดิมทุกครั้งที่ทำการทดสอบในแต่ละครั้ง วิธีการทดสอบควรทดสอบช่วงเช้า เนื่องจากสภาพแวดล้อมเหมาะสมต่อการทดสอบ และอุณหภูมิขณะทำการทดสอบต้องไม่เกิน 30°C เริ่มจากดูดยุงจำนวน 10 ตัว จากถ้วยยุงที่เตรียมไว้ใส่ในกรวยทดสอบอย่างระมัดระวังและปิดรูกรวยทดสอบด้วยสำลีทันทีที่เอาหลอดดูดยุงออก ให้ยุงสัมผัสกับมุ้งชุบสารเคมีนาน 3 นาที ระหว่างให้ยุงสัมผัสพื้นผิวมุ้งที่ชุบสารเคมีห้ามรบกวนยุง โดยไม่เคาะกรวยทดสอบและห้ามเคลื่อนไหวกรวยไปมา เมื่อครบเวลาที่ยุงสัมผัสกับสารเคมีให้ดูดยุงออกจากกรวยทดสอบอย่างระมัดระวังนำยุงมาใส่ในถ้วยที่สะอาดสำหรับใช้เลี้ยงยุง ซึ่งมีรายละเอียดกำกับตรงกันกับกรวยทดสอบ ระวังอย่าให้ปลายหลอดดูดสัมผัสกับพื้นผิวภายในถ้วยใส่ยุง ดำเนินการทดสอบในกรวยทดสอบอื่นต่อไปจนครบจำนวนกรวยที่ติดบนมุ้งแต่ละหลัง นับจำนวนยุงที่สลบหลังจากดูดยุงใส่ในถ้วยใส่ยุงทันที (ที่ 3 นาที) และที่ 60 นาที หลังการทดสอบทำเช่นนี้กับมุ้งทุกหลังจนครบการทดสอบ ใช้สำลีชุบน้ำหวาน 10% วางลงบนถ้วยใส่ยุงแต่ละอัน และนำไปวางในกล่องที่มีความชื้น (พื้นด้านล่างปูด้วยไอซ์แพ็คแล้ววางผ้าขนหนูทับ เมื่อบรรจุถ้วยทั้งหมดเรียบร้อยแล้วให้คลุมด้วยผ้าขนหนูที่ชุบน้ำพอหมาด) นำกล่องใส่ยุงไปไว้ในห้องปฏิบัติการที่มีอุณหภูมิ 27±2°C และความชื้น 70±10% เลี้ยงยุงไว้ 24 ชั่วโมง ทำการทดสอบกับมุ้งทดสอบทั้งหมด (อย่างน้อย 10 หลัง) ในวันเวลาเดียวกัน การทดสอบทุกครั้งต้องมีมุ้งเปรียบเทียบอย่างน้อย 2 หลัง โดยเป็นมุ้งธรรมดาที่ไม่ได้ชุบสารเคมีและจะต้องทดสอบในเวลาเดียวกันกับการทดสอบมุ้งชุบสารเคมี ดำเนินการทดสอบอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอทุก 6 เดือน เป็นอย่างน้อย และหลัง 3 ปี ให้ทำการทดสอบทุกเดือน การบันทึกผล บันทึกคุณสมบัติของมุ้ง ชนิด ขนาด รูปทรง และสีของมุ้ง บันทึกอุณหภูมิและความชื้นในขณะที่ทำการทดสอบและที่ 24 ชั่วโมง บันทึกจำนวนยุงที่สลบในถ้วยยุงหลังจากดูดยุงใส่ในถ้วยใส่ยุงทันที บันทึกจำนวนยุงสลบที่ 60 นาที หลังการทดสอบ และนับจำนวนยุงที่ตายและที่รอดชีวิต ที่ 24 ชั่วโมง ทำเช่นนี้กับมุ้งทุกหลังจนครบการทดสอบ

การวิเคราะห์ผลการทดสอบ การตัดสินว่ายุงตาย คือ ยุงที่ไม่สามารถบินหรือเกาะผนังถ้วยใส่ยุงได้ให้ตัดสินว่าเป็นยุงตายแม้จะยังเคลื่อนไหวได้ หาค่าเฉลี่ยอัตราการตายของยุงที่ทดสอบทั้งหมดในการทดสอบเปรียบเทียบ ถ้ามีอัตราการตายระหว่างร้อยละ 5–20 ให้ปรับค่าอัตราตายจริงโดยใช้ Abbott's formula และถ้าอัตราการตายมากว่าร้อยละ 20 ผลการทดสอบผิดพลาด ต้องทำการทดสอบใหม่

Abbott's formula :

$$\text{อัตราการตายของยุง} = \frac{\text{\% ตายของยุงที่ทดสอบ - \% ตายของยุงเปรียบเทียบ} \times 100}{\text{100 - \% ตายของยุงเปรียบเทียบ}}$$

2.8 การศึกษาวัสดุชุบสารเคมีและเสื้อชุบสารเคมีป้องกันยุงกัด

ไม่ว่าจะเป็นมาตรการมุ้งชุบสารเคมี (Insecticide Treated Nets : ITNs) มุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์คงทนยาวนาน (Long Lasting Insecticidal Net : LLIN) หรือการพ่นเคมีให้มีฤทธิ์ตกค้าง (Indoor Residual Spraying : IRS) เป็นมาตรการหลักที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ ซึ่งประเทศที่ยังมีปัญญาโรคไข้มาลาเรียมีการใช้มาตรการนี้กันทั่วโลก (Global malaria control) โดยเฉพาะการใช้มุ้งชุบสารเคมีในการลดปริมาณยุงเข้าสัมผัสกับคน (Man-Vector-Contact) แต่เนื่องจากการใช้มุ้งชุบสารเคมียังมีข้อจำกัดอยู่ จึงมีการพัฒนาการชุบสารเคมีบนวัสดุอื่นด้วย เช่น การใช้เสื้อผ้าชุบสารเคมี (Insecticide Treated Clothes : ITCs) การใช้มุ้งชุบสารเคมีคลุมเปล (Long Lasting Insecticidal Hammock Net : LLIHN) โดยเฉพาะในประเทศกัมพูชาที่ประชาชนชอบนอนเปลทั้งเด็กและผู้ใหญ่ รวมทั้งการนำไปใช้ในกลุ่มประกอบอาชีพนอกบ้าน เนื่องจากเปลมีขนาดพกพาสะดวก เคลื่อนย้ายง่าย และต้องการเพียงแค่เสาหรือต้นไม้เพียงสองเสาก็สามารถกางใช้งานได้

หลักการชุบสารเคมีบนวัสดุต่าง ๆ ก็คือการทำให้สารออกฤทธิ์ (Active Ingredient : AI) เกาะบนผิววัสดุที่ต้องการจะเคลือบหรือชุบ สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 แบบ[31]

1) แบบใช้การดูดซึม (Absorption) วิธีนี้ทำได้โดยการจุ่มวัสดุที่ต้องการชุบลงในสารเคมี (Dipping) หรือโดยการพ่น (Spraying) วิธีนี้เป็นวิธีแรก ๆ ของการพัฒนาการใช้วัสดุชุบสารเคมี

2) แบบการสอดแทรก (Incorporation) สารเคมีเป้าหมายเข้าไปในเส้นวัสดุ (Raw polyethylene matrix) แล้วจึงเอาเส้นใยนี้ไปทอเป็นผืนผ้าหรือวัสดุที่ต้องการ โดยสารเคมีจะค่อย ๆ ถูกปลดปล่อยออกมา (Slowly release) บนผิวของเส้นใย polyethylene เมื่อยุงมาถูกก็จะได้รับสารเคมีเข้าไปในตัวยุง ผ่าน tarsi ขา หนวด เป็นต้น

3) แบบการใช้ polymer coating พอลิเมอร์เป็นกลุ่มสารที่มีคุณสมบัติที่หลากหลาย เช่น เป็นสารช่วยเพิ่มความคงตัว จึงพบว่าวิธีนี้สารเคมีที่นำมาใช้จะมีระยะคงทนยาวนานกว่าวิธีอื่น ๆ เนื่องจากเป็นการใช้สาร binding กับเส้นใยผ้าก่อนแล้วจึงชุบสารเคมีตามมาภายหลัง คาดว่าจะสามารถคงทนยาวนานและซักได้มากกว่า 100 ครั้ง ประสิทธิภาพก็ยังเท่าเดิม

4) แบบไมโครเอนแคปซูเลชัน (Micro encapsulation) คือ กระบวนการห่อหุ้มสารแกนกลาง (Core material) ด้วยสารห่อหุ้ม (Wall material) ทำให้เกิดอนุภาคผงแห้งขนาดตั้งแต่ 1-1,000 ไมโครเมตร หรือที่เรียกว่า ไมโครแคปซูล (Microcapsules) การที่สารแกนกลางถูกห่อหุ้มไว้ภายในไมโครแคปซูลก่อให้เกิดผลดี คือ

(1) ช่วยเพิ่มความคงตัวของสารแกนกลาง โดยป้องกันการทำลายจากอุณหภูมิ ความชื้น ปฏิกิริยาเคมีในระหว่างกระบวนการขนส่งและเก็บรักษาผลิตภัณฑ์

(2) ก่อให้เกิดระบบควบคุมการปลดปล่อยตัวยา/สารเคมี ซึ่งเป็นสารแกนกลางออกจากผนังของไมโครแคปซูลทำให้สามารถควบคุมปริมาณ ตลอดจนถึงระยะเวลาในการปลดปล่อยสารเคมีได้ [31,32]

อย่างไรก็ตามทุกวิธีที่กล่าวมาต้องมีตัวช่วยในการจับ (Fixative หรือ Binder) สารออกฤทธิ์ (AI) ของสารเคมีที่จะนำมาชุบ/เคลือบกับวัสดุที่ใช้ [31]

นอกเหนือจากประเทศไทยแล้ว ปัจจุบันนี้มีหลายประเทศรายงานว่าปัญหาการเกิดโรคไข้มาลาเรียนั้นส่วนใหญ่มักจะเกิดนอกบ้าน (Outdoor malaria transmission) เช่น ประเทศเมียนมาร์ โดยเฉพาะกับผู้ที่มีการประกอบอาชีพนอกบ้านในยามค่ำคืนที่ทำงานเกี่ยวข้องกับป่า (Forest relating activities) ทำเหมือง ทำสวนยาง ซึ่งคนกลุ่มนี้อาจจะมีข้อจำกัดในการป้องกันตนเองจาการถูกยุงกัด เพราะมีการเคลื่อนย้ายไปเรื่อย ๆ เสมือนกับเป็นการเคลื่อนที่ไปหายุงพาหะ ซึ่งที่ประเทศเมียนมาร์ ยุงก้นปล่อง *An. minimus* และยุงก้นปล่อง *An. dirus* เป็นยุงพาหะหลักของประเทศเมียนม่าร์ เช่นเดียวกับประเทศไทย การป้องกัน outdoor malaria นั้นมาตรการที่เหมาะสมจึงคล้าย ๆ กับประเทศไทย คือ การใช้มุ้งชุบสารเคมี การใช้เสื้อผ้าชุบสารเคมี (Insecticide treated clothes: ITCs) โดยบริษัท Treated in Insect Shield factory ด้วย 0.52% w/w ±10% permethrin and a polymer[33] ได้ทำการศึกษาการยอมรับเสื้อชุบสารเคมี (Insecticide treated clothing : ITC) เปรียบเทียบกับเสื้อไม่ได้ชุบสารเคมี (Non-treated clothing : NTC) ในกลุ่มเคลื่อนย้ายทำสวนยาง พบว่ากลุ่มตัวอย่าง จำนวน 234 คน ในเมืองตะวันออกเฉียงใต้ของประเทศเมียนมาร์ จากการศึกษาเชิงคุณภาพ (Qualitative analysis) โดยการทำ focus group discussion การสอบถามเชิงลึก (In-depth interviewed) ผลพบว่ากลุ่มตัวอย่าง (คนทำสวนยาง) มีการยอมรับเสื้อชุบสารเคมีในคนกลุ่มนี้มากกว่าเสื้อไม่ได้ชุบสารเคมี เพราะสามารถลดจำนวนยุงเข้ากัด ใส่เสื้อชุบสารเคมีแล้วดูดี (Look nice) และทำให้การทำงานเวลากลางคืนมีความสบายเพิ่มขึ้น (Pleasant for nighttime work) ถือเป็นอีกมิติหนึ่งด้านการขยายผลการใช้วัสดุ/เสื้อผ้าชุบสารเคมีป้องกันยุงกัดและป้องกันการติดเชื้อมาลาเรียในประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งจะมีผลดีต่อประเทศไทยในระยะยาว เพราะถ้าเพื่อนบ้านปลอดภัยเราปลอดภัย

การศึกษาในค่ายอพยพในจังหวัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศเคนยา[34] เนื่องจากเป็นกลุ่มยากจนและที่ไม่สามารถจะซื้อมุ้งมาใช้ได้และมีความเสี่ยงสูงในการติดเชื้อมาลาเรีย ซึ่งผลการศึกษาพบว่าการใช้ ITCs สามารถลดอัตราการติดเชื้อมาลาเรีย (Malaria infection rates) ลงถึงร้อยละ 70 และสามารถลดปริมาณยุงเข้ากัดในบ้าน (Indoor mosquito density) อีกด้วย นอกจากนี้ยังได้รับการยอมรับจากกลุ่มเป้าหมาย โดยพบว่าไม่มีผลจากฤทธิ์ข้างเคียงของสารเคมีที่ใช้ชุบ (Permethrin : Peripel EC 55)

การศึกษาเรื่องการป้องกันตนเองจากการถูกยุงก้นปล่องกัดที่ประเทศกัมพูชา โดยการใช้มุ้งคลุมเปลชุบสารเคมีแบบออกฤทธิ์ยาวนาน (Long Lasting Insecticidal Hammocks) โดยใช้วิธีการชุบสารเคมีแบบเดียวกับ Olyset net แล้วทำการศึกษาจับยุงในพื้นที่ที่มีการแพร่เชื้อมาลาเรียในจังหวัดไพลิน (Pailin) และภูสาด (Pursat) ทางทิศตะวันตกของประเทศกัมพูชา พบว่าการใช้มุ้งคลุมเปลชุบสารเคมีมีประสิทธิภาพในการป้องกันยุง *An. minimus* และยุง *An. dirus* เข้ากัดได้ 46% (CI 95% : 35–55%) และ (46% CI 95% : 25–62%) ตามลำดับ โดยพบว่ายุง *An. dirus* จะปรากฏตัวในช่วงปลายฤดูฝนเท่านั้น[35] เช่นเดียวกับการศึกษาของ Lek และคณะ[36] ทำการศึกษาแบบ cross-sectional survey ในกลุ่มประชากรเคลื่อนย้าย (MMPs) โดยมีกลุ่มศึกษาสองกลุ่ม (Two-stage clusters) ในพื้นที่ 4 จังหวัด ได้แก่ Banteay Meanchey, Battambang, Pailin, and Pursat ในภาคตะวันตกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศกัมพูชาที่มีชายแดนติดกับประเทศไทยในพื้นที่ที่มีการกระจายมุ้ง LLIN ไปแล้วตามนโยบายประเทศ คือ การกระจายให้กลุ่มเคลื่อนย้าย (MMPs) ประมาณปีละ 100,000 หลัง แล้วทำการประเมินผลระหว่างเดือนมกราคมถึงกุมภาพันธ์ 2013 จากกลุ่มเป้าหมาย

จำนวน 768 ราย ผลการศึกษาพบว่า 702 MMPs ที่ถูกสอบถามเป็นเพศชายต่อเพศหญิง 1:1 ร้อยละ 91 อาศัยในฟาร์ม (Farm) น้อยกว่า 6 เดือน และพบว่าในจำนวนนี้ ร้อยละ 93.2 มีมุ้งชุบสารเคมี สองชนิด ได้แก่ LLINs (ร้อยละ 89.5), LLIHNs (ร้อยละ 46.6) และร้อยละ 99 ของกลุ่มตัวอย่างนอนในมุ้ง LLINs/LLIHNs ในคืนก่อนถูกสัมภาษณ์ ร้อยละ 87.4 มีความรู้ว่าการนอนในมุ้งชุบสารเคมีมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกันยุงนำเชื้อไข้มาลาเรียกัด

จากการทบทวนเอกสาร (Reviewed) ของ Maia และคณะ ปี ค.ศ. 2018 [37] พบว่า Insecticide treated clothing (ITCs) ในค่ายอพยพที่ปากีสถานและในค่ายทหารที่ Colombian Amazon เมื่อมีการใช้ ITCs แทนการใช้มุ้งชุบสารเคมีสามารถลดอัตราการติดเชื้อมาลาเรีย *P. falciparum* ลงได้ ประมาณร้อยละ 50 (RR 0.49, 95% CI 0.29-0.83, low-certainty evidence) และลดอัตราการติดเชื้อมาลาเรียชนิด *P. vivax* ได้ (RR 0.64, 95% CI 0.40 to 1.01, low-certainty evidence)

การศึกษาเรื่องเสื้อคลุมตาข่ายในประเทศไทยโดยสุธีรา พูลสิน และบุญเสริม อ่วมอ่อง ปี 2547[38] พบว่าการทดสอบเสื้อคลุมตาข่ายที่นำไปชุบสารเคมี 3 ชนิด ซึ่งเป็นการชุบย้อมตามวิธีการปกติ (Dipping) ด้วยสารเคมี Permethrin 10% EC (300 mg/m^2), Deltamethrin 1% SC (30 mg/m^2) และ Alphacypermethrin 10% SC (30 mg/m^2) ในกลุ่มที่มีอาชีพทำสวนยางพาราในภาคใต้ จังหวัดสุราษฎร์ธานี ด้วยวิธี Bioassay Test กับยุงก้นปล่อง *An. dirus* ซึ่งอาสาสมัครนำเสื้อไปใช้เป็นประจำในระหว่างประกอบอาชีพ หลังการชุบสารเคมีเป็นระยะเวลา 2, 4 และ 8 สัปดาห์ ผลการทดสอบมีฤทธิ์คงทนสามารถทำให้ยุงทดสอบตายได้นานไม่เกิน 4 สัปดาห์ ขณะเดียวกันได้เปรียบเทียบฤทธิ์ความคงทนของสารเคมีที่ชุบลงบนเสื้อคลุมตาข่ายที่แขวนเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องโดยไม่ได้นำออกไปใช้งานพบว่าหลังการชุบสารเคมี 1-6 เดือน ฤทธิ์สารเคมีสามารถทำให้ยุงทดสอบมีอัตราการตายสูงเกินกว่าร้อยละ 80 ดังนั้นถ้าจะนำเสื้อคลุมตาข่ายชุบสารเคมีไปใช้จริง ๆ ควรจะชุบเสื้อด้วยสารเคมีชนิด Permethrin ทุก ๆ 1 เดือน หรือชุบสารเคมีชนิด Detamethrin หรือ Alphacypermethrin ทุก ๆ 6 เดือน

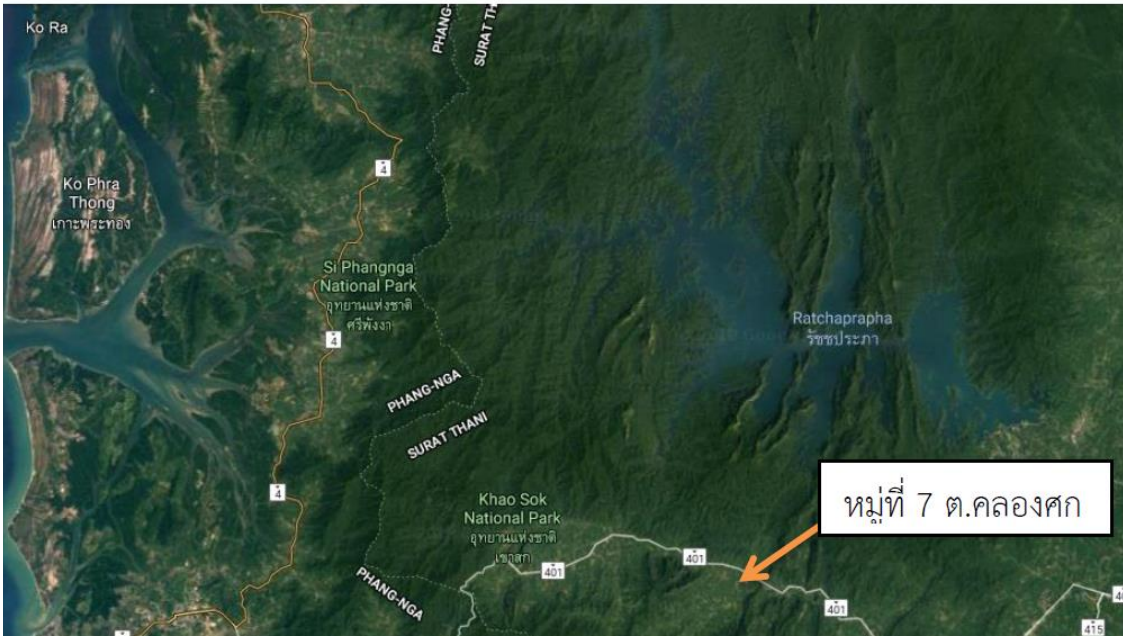
การศึกษาของ Lance Sholdt และคณะ[39] ได้ทดลองการใช้เสื้อที่ชุบด้วยสารเคมี Permethrin 0.125 mg ai/cm^2 เปรียบเทียบกับการใช้ยาทาผิวหนังป้องกันยุงกัดที่ทำจาก DEET กับอาสาสมัครกลุ่มที่ใส่เสื้อทดลองและกลุ่มที่ทายาที่ผิวหนังในกลุ่มอาสาสมัครในแอฟริกา ผลการทดลองพบว่าเสื้อที่ชุบด้วยสารเคมี Permethrin มีประสิทธิภาพดีไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญจากการใช้ยาทาผิวหนังที่ทำจาก DEET ที่สามารถป้องกันแมลงได้สูงกว่าร้อยละ 76 ในประเทศแซมเบียกลาง (Central Zambia) ซึ่งมีแมลงชุกชุมมากโดยเฉพาะ Tsetse fly เช่นเดียวกับการศึกษาในปี ค.ศ. 1978 Mcandless และ Linsay [40] ได้ทำการทดสอบการชุบเสื้อแจคเก็ต และ hood ด้วยสารเคมี Permethrin และชุบยาไล่แมลงที่ใช้ทาระเหย (Repellent) 2 ชนิดด้วยกัน ประกอบด้วย DEET และ Tetrahydrofurfuryl octanoate เพื่อป้องกันแมลง black fly และยุงในประเทศคานาดา ซึ่งพบว่าผลการทดสอบเสื้อแจคเก็ต และ hood ที่ชุบ Permethrin และ DEET ให้ผลในการป้องกันยุง และ black fly ได้ใกล้เคียงกัน

บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

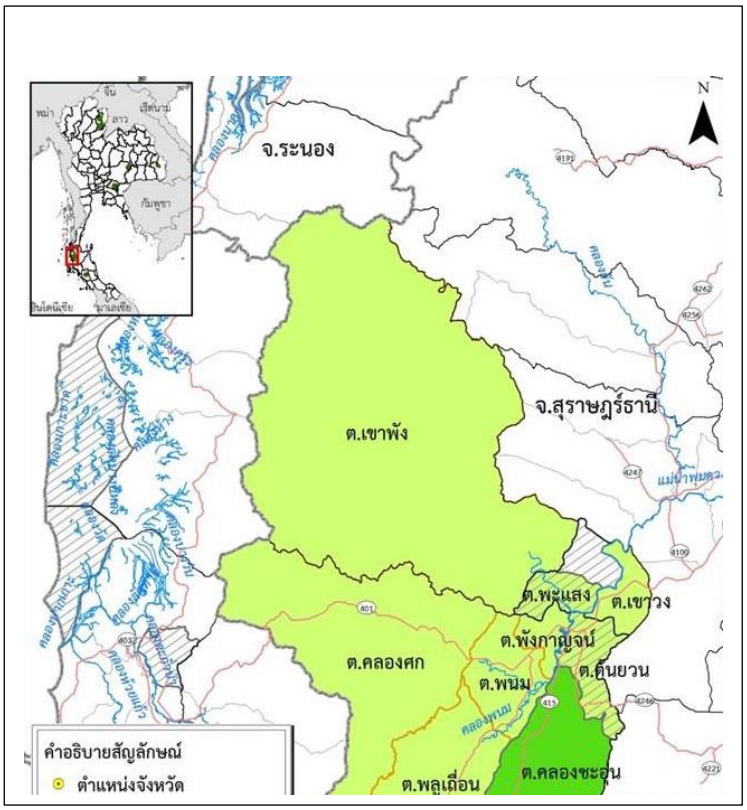
การศึกษาครั้งนี้เป็นการวิจัยที่เน้นการทดลอง (Experimental Research) มุ่งเพื่อการประเมินผลกิจกรรมฯ ดำเนินการทั้งในภาคสนามและห้องปฏิบัติการ เป็นเวลา 2 ปี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559 โดยมีระยะเวลาเตรียมการ ตั้งแต่ เดือนตุลาคม 2557 เช่น การเตรียมพื้นที่ประสานพื้นที่ การกำหนดกลุ่มศึกษา และจัดเตรียมเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี เป็นต้น

3.1 พื้นที่ดำเนินการศึกษา

ทำการศึกษาในพื้นที่ หมู่ที่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ยังมีการแพร่เชื้อมาลาเรีย ประชากรประกอบอาชีพทำสวนยางพารา อยู่ติดกับเขตอุทยานแห่งชาติเขาสก ลักษณะพื้นที่เป็นภูเขา แม่น้ำ ลำธาร ป่าไม้ มีปริมาณฝนตกเกือบตลอดทั้งปี เอื้อต่อการมีแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรีย การประกอบอาชีพส่วนใหญ่จะปลูกยางพารา ปาล์มน้ำมัน สวนผลไม้ เช่น ทุเรียน มังคุด และเงาะ เป็นต้น ประชากร 1,315 คน มีอาชีพกรีดยางพารา 837 คน จำนวน 417 ครอบครัว (ข้อมูลตั้งแต่วันที่ 1 - 30 มิถุนายน 2556)



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะภูมิประเทศของตำบลคลองศกอำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี



ภาพที่ 4 แสดงขอบเขตพื้นที่ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

3.2 เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีฯ

เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี (Long lasting insecticidal nano Jacket หรือ LLINJ) ด้วย Deltamethrin ผลิตจากเส้นใยโพลีเอสเตอร์ ขนาดเส้นใย 75 ดีเนียร์ จำนวนช่องโปร่งไม่น้อยกว่า 600 ช่องต่อตารางนิ้ว สารออกฤทธิ์กำจัดแมลง Deltamethrin 60 mg/m^2 ซึ่งพัฒนาการผลิตโดยศูนย์นาโนเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงอุตสาหกรรม ใช้กระบวนการนาโนเทคโนโลยีในการผลิตทำให้ฤทธิ์คงทนของสารเคมีติดเนื้อเส้นใยดีกว่าการชุบด้วยวิธีธรรมดา

ตารางที่ 6 คุณลักษณะของเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีที่ใช้ในโครงการ

รายละเอียดคุณลักษณะเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี		
คุณลักษณะทางกายภาพ	เส้นใย	100% โพลีเอสเตอร์
	ขนาดเส้นใย	75 ดีเนียร์
	น้ำหนักเส้นใย	55 กรัมต่อตารางมตร
	น้ำหนักทั้งตัว	550 กรัม/ตัว
	จำนวนช่องโปร่ง	ไม่น้อยกว่า 600 ช่องต่อตารางนิ้ว
	ความทนทานต่อแรงดึง	ไม่น้อยกว่า 260 kPa
	การหดตัว	$\leq$ 5%
	สี	สีเขียว
สารออกฤทธิ์	ชนิดสารเคมี	Deltamethrin
	อัตราสารออกฤทธิ์	60 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนอยู่ในช่วง $\pm$ 25%
	ป้องกันการซัก	สารเคมียังมีฤทธิ์ แม้ว่าจะซัก 20 ครั้ง
	คุณสมบัติพิเศษ	ป้องกันกำจัดยุง ป้องกันเชื้อแบคทีเรีย ป้องกันรังสียูวี และไล่การจับติดของน้ำ

(a) (b)

ภาพที่ 5 ลักษณะเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีที่ใช้ในการศึกษา
(a) ลักษณะด้านหน้า (b) ลักษณะด้านหลัง

3.3. วิธีการศึกษา (Methods) ประกอบด้วย 4 วิธีการหลักมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี

ในการป้องกันยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย ทำการศึกษาจับยุงครั้งละ 4 คืน โดยเริ่มทำการจับยุงตั้งแต่เวลา 18.00 น. – 06.00 น. ของวันรุ่งขึ้น พนักงานจับยุงแต่ละคนจับยุงก้นปล่องที่มาเกาะคืนละ 6 ชั่วโมง โดยผลัดเปลี่ยนพนักงานจับยุงช่วงเวลา 24.00 น. จับยุงก้นปล่องแต่ละชั่วโมง 50 นาที พัก 10 นาที ทำการจับยุงทั้งหมดจำนวน 3 จุดใช้พนักงานจับยุงจุดละ 2 คน ยุงก้นปล่องที่จับได้จะใส่ cup แยกรายชั่วโมงเขียน label บน cup ชัดเจนถึงช่วงเวลาการจับ จุดที่จับ และชื่อผู้จับ โดยจัดเก็บในกล่องโฟมควบคุมความชื้นโดยใช้ผ้าขนหนูชุบน้ำ และวางบนที่ที่มดไม่สามารถเข้ามากัดกินยุงได้ ทำการวินิจฉัยยุงก้นปล่องในเช้าของวันรุ่งขึ้นตาม คู่มือการวินิจฉัยของ Rattanarithikul และคณะ 2006 [27]

จุดจับยุงที่ 1 จับยุงใกล้บ้านห่างจากบ้าน 10 เมตร พนักงานจับยุงสวมใส่เสื้อผ้าปกติ เพื่อทราบว่ามียุงพาหะในพื้นที่บริเวณดังกล่าวหรือไม่

จุดจับยุงที่ 2 จับไกลบ้าน ในบริเวณสวนยางพาราห่างจากบ้านประมาณ 100 เมตร พนักงานจับยุงสวมใส่เสื้อผ้าปกติ เพื่อทราบว่าหากไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี จะมียุงพาหะกัดมากน้อยเพียงใด (control)

จุดจับยุงที่ 3 จับไกลบ้านในสวนยางพาราห่างจากบ้านประมาณ 100 เมตรและห่างจากจุดที่ 2 ประมาณ 50 เมตร พนักงานจับยุงสวมใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีทับเสื้อผ้าปกติ เพื่อทราบว่าหากใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีทับเสื้อผ้าปกติจะมียุงพาหะกัดมากน้อยเพียงใด (treatment)

สำหรับจุดจับยุงที่ 2 และจุดจับยุงที่ 3 เพื่อเป็นการลดตัวกวน (confounding factor) เรื่อง human error จะทำการสลับคนนั่งจับยุงกันทุกคืน (rotation)

(a)

(b)

(c)

ภาพที่ 6 จุดจับยุง

(a) จับยุงใกล้บ้าน (Outdoor) (b) จับยุงไกลบ้านไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโน

(c) จับยุงไกลบ้านใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี

ยุงก้นปล่องที่จับได้ใส่ cup แยกรายชั่วโมง ทุกจุดนำไปเลี้ยงและวินิจฉัยชนิดยุงตอนเช้าของวันรุ่งขึ้น ยุงก้นปล่องที่ได้นำลงแบบรายงาน โดยใช้ Window Excel เพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป โดยการเปรียบเทียบจำนวนเข้ากัดระหว่างกลุ่มที่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี และกลุ่มที่ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ส่วนยุงที่จับได้จากจุดศึกษาที่ 1 และจุดศึกษาที่ 2 ซึ่งยุงยังไม่สัมผัสสารเคมีจากเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ไปทดสอบความไวต่อสารเคมี (susceptibility test)

การศึกษานี้ทำการศึกษาจับยุงก้นปล่อง ทุก 2 เดือนช่วงปลายเดือน ตลอดระยะเวลา 2 ปี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559

3.3.2 การศึกษาฤทธิ์คงทนของสารเคมีกับเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี (Cone Bio assay test)[12]

นำยุงก้นปล่อง *An. minimus* อายุ 3-5 วัน จากห้องปฏิบัติการสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลงซึ่งเป็นสายพันธุ์ที่มีความไว (susceptible) ต่อสารเคมี Deltamethrin มาทดสอบฤทธิ์คงทนของเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีฯ โดยสุ่มตัวอย่างเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี จากผู้เข้าร่วมโครงการซึ่งแนะนำไม่ให้ซักเสื้อคลุมตาข่ายนาโน จำนวน 30 ตัว ทำการทดสอบทุก 2 เดือนการทดสอบจะใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีตัวเดิมทำการทดสอบ แบ่งการทดสอบออกเป็น 5 จุด ติดกรวยพลาสติกใส ที่แขน 2 ข้าง ด้านหน้า ด้านหลังและหมวกคลุม รวม 5 จุดทดสอบ โดยให้ยุงก้นปล่อง *An.minimus* สัมผัสจุดละ 10 ตัว ใช้วิธีการทดสอบขององค์การอนามัยโลก เกณฑ์การตัดสินฤทธิ์คงทนของสารเคมีบนเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ว่ามีฤทธิ์คงทนยาวนานเพียงใดนั้น พิจารณาจากช่วงเวลาที่อัตราตายเฉลี่ยของยุงก้นปล่องที่ทดสอบต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ 80[12] นอกจากนั้นได้ทำการทดสอบฤทธิ์คงทนของสารเคมีกับเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ทั้ง 4 ตัวที่พนักงานจับยุงใส่จับยุงในพื้นที่และเสื้อคลุมตาข่ายที่ไม่ได้นำไปใช้งานในสนามจำนวน 2 ตัวที่แขวนไว้ที่อุณหภูมิห้องปฏิบัติการ สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข บนหลักการเดียวกับการทดสอบในเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีจากผู้เข้าร่วมโครงการ เพื่อทำการเปรียบเทียบฤทธิ์คงทนของสารเคมี กับเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีที่ถูกนำไปใช้ในภาคสนาม

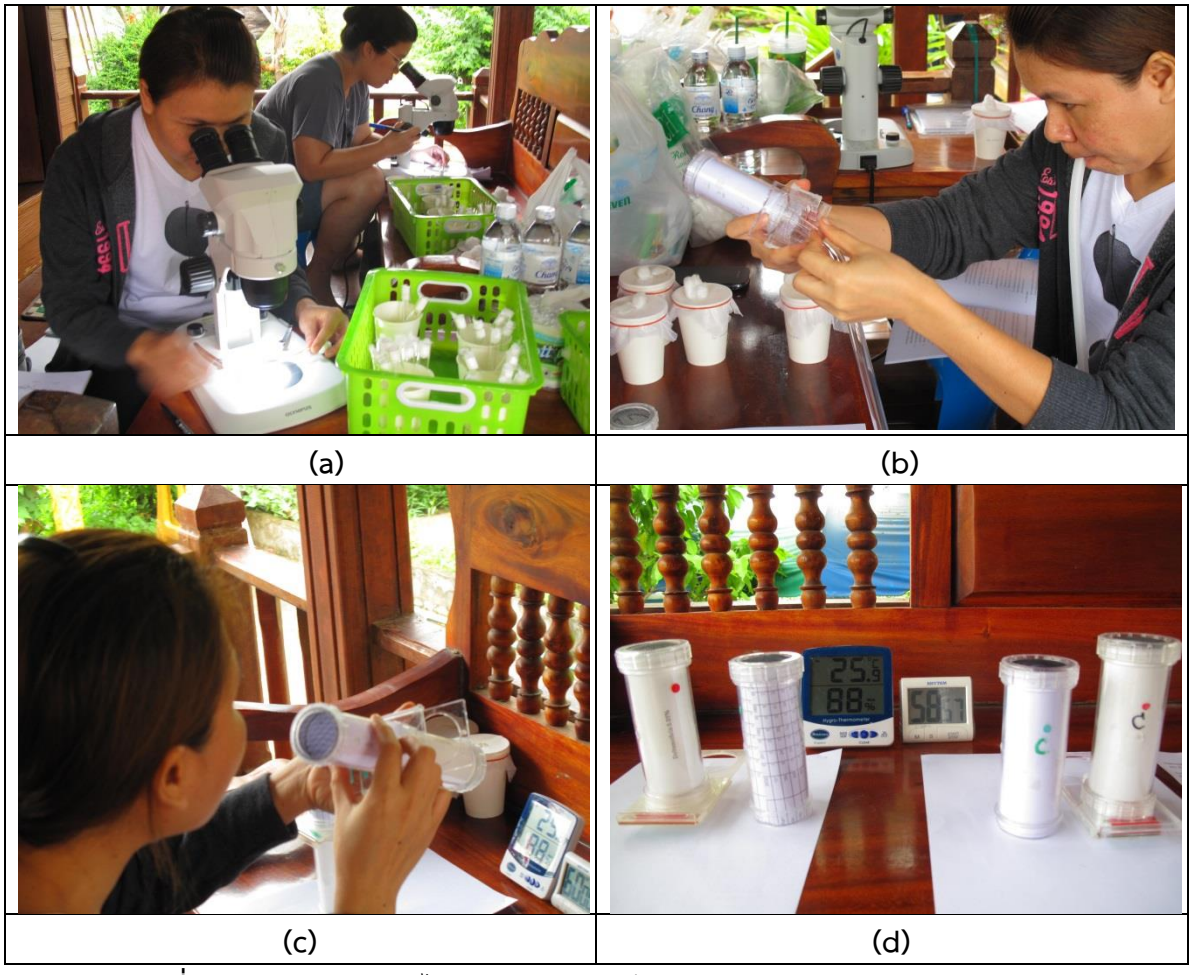
(a) (b)

(c) (d)

ภาพที่ 7 การทดสอบฤทธิ์คงทนของสารเคมีกับเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี
(a) เสื้อที่ใช้เตรียมสำหรับทำการทดสอบ (b) ทดสอบเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีในที่ร่ม
(c) และ (d) ยุงที่เลี้ยงเตรียมไว้สำหรับใช้ทดสอบ

3.3.3 การศึกษาความไวของยุงพาหะต่อสารเคมี (Susceptibility test) [13]

การศึกษาเพื่อทราบระดับความไวของยุงพาหะต่อสารเคมี อยู่บนหลักการที่ว่า หากมีการนำสารเคมีชนิดใดชนิดหนึ่งมาใช้ในช่วงระยะเวลาหนึ่งอาจเป็นปัจจัยในการโน้มนำให้ยุงมีพัฒนาการต้านทานต่อสารเคมี ดังนั้นการติดตาม (insecticide susceptibility monitoring) จึงเป็นสิ่งจำเป็น สำหรับการศึกษานี้ เพื่อที่จะทราบความไวของยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรีย ต่อสารเคมีที่ใช้ชุบเสื้อคลุมตาข่ายนาโน คือ สารเคมี Deltamethrin ซึ่งจะใช้ยุงก้นปล่อง *An. minimus* ที่จับจากจุดจับยุงที่ 1 และจุดจับยุงที่ 2 ซึ่งไม่ได้สัมผัสสารเคมีจากเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี มาทดสอบกับกระดาษชุบสารเคมี Deltamethrin 0.05% และทดสอบกับสารเคมีชนิดอื่น กลุ่มไพรีทรอยด์ 2 ชนิด คือ permethrin 0.75%, Alphacypermethrin 0.05% และสารกลุ่มคาร์บาเมต คือ Propoxur 0.1% ใช้วิธีการทดสอบและเกณฑ์การตัดสินตามแนวทางองค์การอนามัยโลก



ภาพที่ 8 การทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมี (Susceptibility test)
(a) วินิจฉัยยุงก้นปล่อง (b) เตรียมยุงใส่กระบอกเลี้ยง
(c) เป่ายุงจากกระบอกเลี้ยงไปกระบอกทดสอบ (d) ยุงสัมผัสสารเคมีฯเป็นเวลา 1 ชั่วโมง

3.3.4 การศึกษาผลกระทบจากการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีต่อการป่วยไข้มาลาเรีย

การศึกษานี้ได้ทำการแจกเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี จำนวน 550 ตัว ให้กับผู้มีอาชีพกรีดยาง จำนวน 550 คน ผู้ได้รับเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี จะได้รับคำแนะนำวิธีการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี และแนะนำให้ทุกคนใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ทุกครั้งที่ออกไปปฏิบัติงานในสวนยางพาราโดยเฉพาะในเวลากลางคืนเพื่อป้องกันยุงกัด แนะนำว่าไม่ควรซักเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี แต่หากจำเป็นต้องทำการซักเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ควรซักด้วยน้ำเปล่า และตากในที่ร่ม ไม่ควรตากกลางแจ้งเพื่อคงสภาพสารเคมี การผึ่งเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี หลังใช้งานต้องผึ่งในที่ร่ม และผู้ที่ได้รับเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี จะได้รับการติดตามจากทีมผู้ศึกษาเรื่องการป่วยด้วยโรคไข้มาลาเรียตลอดการศึกษาเป็นระยะๆเพื่อประเมินผลกระทบจากการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ในการป้องกันการป่วยด้วยโรคไข้มาลาเรีย

3.4 การวิเคราะห์ผลการศึกษา จะแบ่งตามกิจกรรมที่ดำเนินการ ได้แก่

- วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติเชิงพรรณนา (Descriptive Statistics) วิเคราะห์ค่าสถิติพื้นฐานเกี่ยวกับข้อมูลทั่วไปของการศึกษาเช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และเปรียบเทียบความแตกต่างหรือทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร โดยใช้สถิติ Chi-square test หรือ Fisher’s exact test ในกรณีค่า expected value น้อยกว่า 5
- การตัดสินอัตราการตายเพื่อทราบระดับความไวของยุงฯต่อสารเคมีฯ และแปรผลฤทธิ์คงทนของสารเคมีฯชุบเสื้อคลุมตาข่ายฯ ตามแนวทางมาตรฐานองค์การอนามัยโลก

บทที่ 4
ผลการศึกษา

4.1 ผลการศึกษาประสิทธิภาพการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี

ผลการจับยุงตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559 จับยุงก้นปล่องได้รวมทั้งหมดจำนวน 3,778 ตัว (ตารางที่ 7) เมื่อทำการวินิจฉัยยุงพบว่า จับยุงก้นปล่องได้ทั้งหมด 6 ชนิด ได้แก่ ยุง *An. dirus, An. minimus, An. maculatus, An. barbirostris, An. hyrcanus* group และ *An. tessellatus* ซึ่งยุงก้นปล่อง 3 ชนิดแรก เป็นยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียของประเทศไทย ในจำนวนยุงพาหะที่จับได้ทั้งหมดพบว่า ยุง *An. minimus* มีจำนวนสูงสุดร้อยละ 87.19 (3,294/3,778 ตัว) และยุง *An. dirus* ร้อยละ 11.12 (420/3,778 ตัว) ส่วนยุงก้นปล่องอีก 4 ชนิดที่เหลือจับยุงได้ในปริมาณน้อยรวมร้อยละ 1.69 (64/3778 ตัว) จึงไม่ได้นำมาสรุปในรายละเอียด

นอกจากนี้จำนวนยุงก้นปล่องทั้งหมดและจำนวนยุง *An. minimus* ที่เข้ากัดคนในแต่ละเดือนมีการปรากฏตัวในรูปแบบที่ใกล้เคียงกันทั้ง 3 จุดจับยุง ได้แก่ จุดจับยุงใกล้บ้าน จุดจับยุงไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี และจุดจับยุงใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ดังภาพที่ 9 และ 10 เมื่อเปรียบเทียบผลการจับยุงในกลุ่มที่ไม่ได้ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี กับกลุ่มที่ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีจะเห็นว่าเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีมีประสิทธิภาพในการลดปริมาณยุงก้นปล่องอย่างเห็นเด่นชัด โดยสามารถลดยุงก้นปล่องในภาพรวมทั้งหมดได้ร้อยละ71.67 (1237/1726 ตัว) ยุง *An. minimus* ร้อยละ 74.42 (1,001/1,345 ตัว) และ ยุง *An. dirus* ร้อยละ 69.57 (160/230 ตัว) (ตารางที่ 8)

จังหวัดสุราษฎร์ธานีอยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุมที่พัดประจำเป็นฤดูกาล 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งเป็นลมจากทิศตะวันตกเฉียงใต้พัดผ่านมหาสมุทรอินเดีย จึงพาเอาไอน้ำและความชุ่มชื้นมาสู่ประเทศไทยระหว่างกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมทำให้มีฝนตกชุกทั่วไป ลมมรสุมอีกชนิดหนึ่ง คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือหรือฤดูหนาว จะมีลมจากทิศตะวันออกเฉียงเหนือซึ่งเป็นลมเย็นและแห้งจากประเทศจีนพัดปกคลุมประเทศไทย ระหว่างกลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ ทำให้มีอากาศเย็นลงและมีฝนชุกต่อเนื่องอีกระยะหนึ่ง โดยเฉพาะในเดือนพฤศจิกายน จากการจำแนกฤดูกาลจังหวัดสุราษฎร์ธานีตามแนวทางของศูนย์อุตุนิยมวิทยาทะเล กรมอุตุนิยมวิทยา[41] ได้แบ่งฤดูกาลของจังหวัดสุราษฎร์ธานีออกเป็น 3 ฤดู คือ ฤดูร้อน (ตั้งแต่กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม) ฤดูฝน (กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) และฤดูหนาว (กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) การศึกษานี้จึงแบ่งฤดูกาลในการแปลผลการศึกษาตามข้อมูลของกรมอุตุนิยมวิทยาดังกล่าว

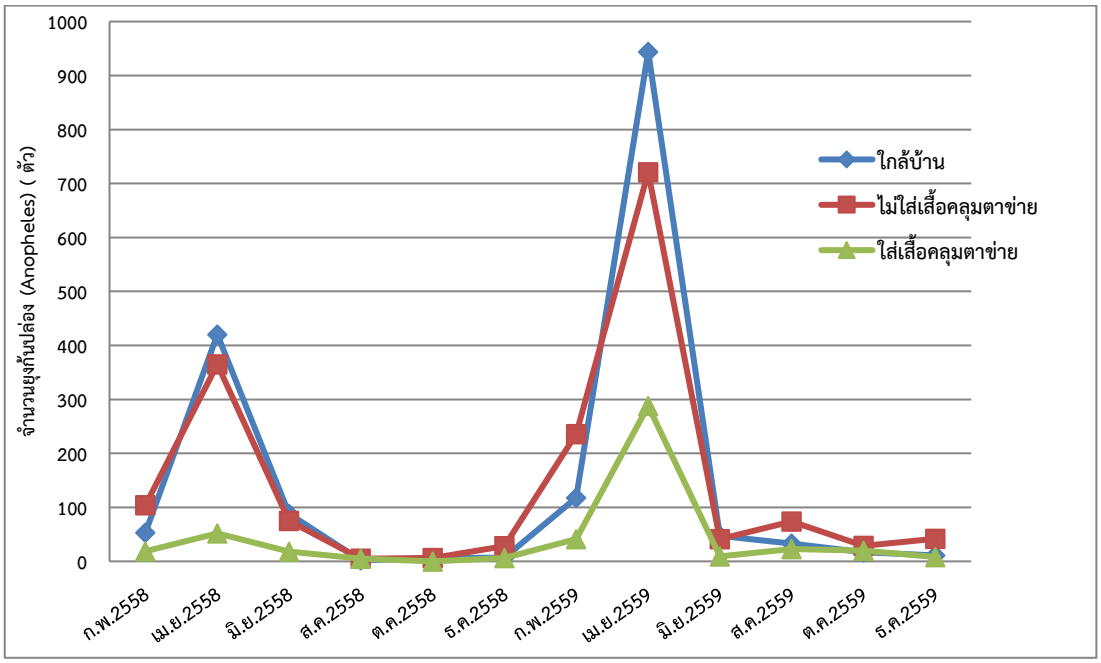
จากจุดจับยุงทั้ง 3 จุด คือ จุดจับยุงใกล้บ้าน จุดจับยุงไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี และจุดจับยุงใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี จุดจับยุงใกล้บ้านนั้นเป็นการบ่งบอกสถานการณ์ว่า ในพื้นที่ศึกษามีการปรากฏตัวของยุงก้นปล่อง ซึ่งรวมทั้งยุงก้นปล่อง *An. minimus* และ *An. dirus* สำหรับการวิเคราะห์ผลการศึกษานั้น ผู้ศึกษาจะทำการเปรียบเทียบจำนวนยุงระหว่างจุดจับยุงไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี และใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี

เมื่อนำจำนวนยุงก้นปล่องทุกชนิดที่เข้าหากินเลือดมาวิเคราะห์ พบว่ากลุ่มที่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีสามารถลดการเข้าสัมผัสคน ดังตารางที่ 9 โดยสัดส่วนการเข้ากัดของยุงก้นปล่องรวม

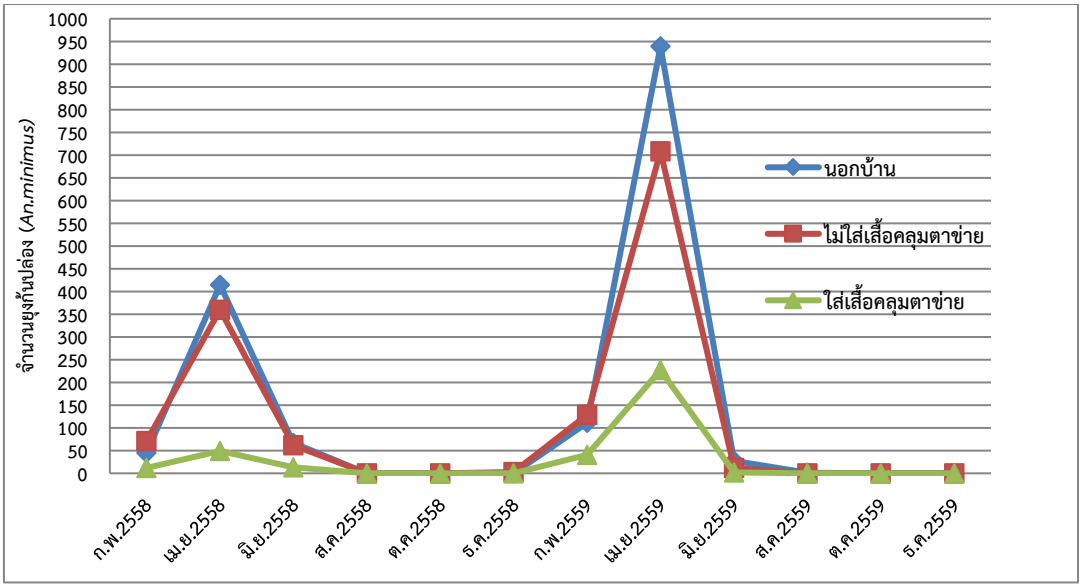
เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ต่ำกว่าอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับต่ำกว่า 0.05 (χ^2= 37.608, p = 0.000)

ตารางที่ 7 จำนวนยุงก้นปล่องทุกชนิดที่จับได้ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559

เดือน	จำนวนยุงก้นปล่องแต่ละชนิดรวมทั้งหมด						
	An. minimus	*An. dirus*	*An. maculatus*	*An. barbirostris*	*An. hyrcanus*	*An. tessellatus*	รวม
ก.พ.2558	128	24	8	4	2	0	166
เม.ย.2558	824	7	1	0	0	0	832
มิ.ย.2558	142	32	0	6	0	1	181
ส.ค.2558	0	10	0	2	0	0	12
ต.ค.2558	0	11	0	1	0	0	12
ธ.ค.2558	3	33	2	2	0	0	40
ก.พ.2559	281	7	0	4	0	0	292
เม.ย.2559	1,874	8	4	6	0	0	1,892
มิ.ย.2559	41	42	7	2	2	0	94
ส.ค.2559	1	124	5	0	0	0	130
ต.ค.2559	0	66	0	0	0	0	66
ธ.ค.2559	0	56	3	1	1	0	61
รวม	3,294	420	30	28	5	1	3,778



ภาพที่ 9 แสดงยุงก้นปล่องที่จับได้ทั้งหมด หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559



ภาพที่ 10 แสดงยุง *An. minimus* ที่จับได้ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559

ตารางที่ 8 จำนวนยุงก้นปล่องเข้ากินเลือดเมื่อใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ และไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559

การจับยุง	จำนวนยุงก้นปล่องทุกชนิด (ตัว)	ยุง *An. minimus* (ตัว)	ยุง *An. dirus* (ตัว)
ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ	1,726	1,345	230
ใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ	489	344	70
จำนวนลดยุงเข้ากินเลือด (ตัว)	1,237	1,001	160
ลดอัตรายุงเข้ากินเลือด (ร้อยละ)	71.67	74.42	69.57

ตารางที่ 9 จำนวนยุงก้นปล่องทุกชนิด เข้าหากินเลือดในกลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ และใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ฤดูกาลที่เข้ากินเลือด	ยุงที่จับได้				χ^2	df	*p*-value
	ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ		ใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ				
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ			
การเข้ากินเลือดของยุงก้นปล่องรวมทุกชนิด					37.608	5	0.000**
ฤดูร้อน 2558	469	27.17	71	14.52			
ฤดูฝน 2558	80	4.63	23	4.70			
ฤดูหนาว 2558	34	1.97	6	1.23			
ฤดูร้อน 2559	957	55.45	329	67.28			
ฤดูฝน 2559	115	6.66	32	6.54			
ฤดูหนาว 2559	71	4.11	28	5.73			

**Fisher's exact test * p<0.05

จำนวนยุง *An. minimus* ที่จับได้แต่ละจุดลักษณะการจับยุง ดังแสดงในตารางที่ 10 ซึ่งพบว่าความชุกชุมยุง *An. minimus* สูงในฤดูร้อนระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-พฤษภาคม (ภาพที่ 10) เมื่อนำยุงก้น *An. minimus* ซึ่งเป็นยุงพาหะหลักนำเชื้อมาลาเรียมาแยกวิเคราะห์ เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีกับกลุ่มใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี พบว่าการเข้าหากินเลือดของยุง *An. minimus* ในกลุ่มที่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี มีจำนวนต่ำกว่ากลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2= 31.065, p = 0.000) ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 10 จำนวนยุง *An. minimus* จำแนกตามการจับยุง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559

เดือน-ปี	จำนวนยุง *An. minimus* (ตัว) ตามการจับยุง			รวม
	ใกล้บ้าน	ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ	ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ	
ก.พ.2558	45	71	12	128
เม.ย.2558	415	360	49	824
มิ.ย.2558	67	62	13	142
ส.ค.2558	0	0	0	0
ต.ค.2558	0	0	0	0
ธ.ค.2558	0	3	0	3
ก.พ.2559	111	129	41	281
เม.ย.2559	939	708	227	1,874
มิ.ย.2559	27	12	2	41
ส.ค.2559	1	0	0	1
ต.ค.2559	0	0	0	0
ธ.ค.2559	0	0	0	0
รวม	**1605**	**1345**	**344**	3294

ตารางที่ 11 จำนวนยุง *An. minimus* เข้าหากินเลือดในกลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯและใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ฤดูกาลที่เข้ากินเลือด	ยุงที่จับได้				χ^2	df	*p*-value
	ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ		ใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ				
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ			
การเข้ากัดของยุง *An. minimus*					31.065	5	0.000**
ฤดูร้อน 2558	431	32.04	61	17.73			
ฤดูฝน 2558	62	4.61	13	3.779			
ฤดูหนาว 2558	3	0.223	0	0			
ฤดูร้อน 2559	837	62.23	268	77.91			
ฤดูฝน 2559	12	0.892	2	0.581			
ฤดูหนาว 2559	0	0	0	0			

**Fisher's exact test * $p<0.05$

สำหรับจำนวนยุง *An. dirus* พาหะหลักนำเชื้อมาลาเรีย ในพื้นที่ศึกษาระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือนธันวาคม 2559 (ตารางที่ 12) จับยุงชนิดนี้ได้จำนวนน้อย คิดเป็นร้อยละ 11.12 ของยุงก้นปล่องที่จับได้ทั้งหมด และยุงก้นปล่องชนิดนี้ไม่แสดงฤดูกาลปรากฏตัวเด่นชัดในแต่ละฤดู แต่เห็นว่าปรากฏตัวตลอดทั้งปี แม้ว่าปรากฏสูงในเดือนสิงหาคม 2559 แต่ในเดือนสิงหาคม 2558 ไม่ได้สูงกว่าเดือนอื่น ๆ ในปีเดียวกันอย่างชัดเจน แสดงในภาพที่ 11

ในกลุ่มที่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี จับยุง *An. dirus* ได้จำนวน 70 ตัว กลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีจับได้ 230 ตัว ตัว (ตารางที่ 12) จะเห็นว่าในกลุ่มผู้ที่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี จำนวนยุงก้นปล่อง *An. dirus* เข้าหากินเลือดลดลงร้อยละ 69.57 แต่เมื่อทำการทดสอบทางสถิติ พบว่ากลุ่มผู้ที่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีกับกลุ่มผู้ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (χ^2= 3.210, p = 0.668) (ตารางที่ 13)

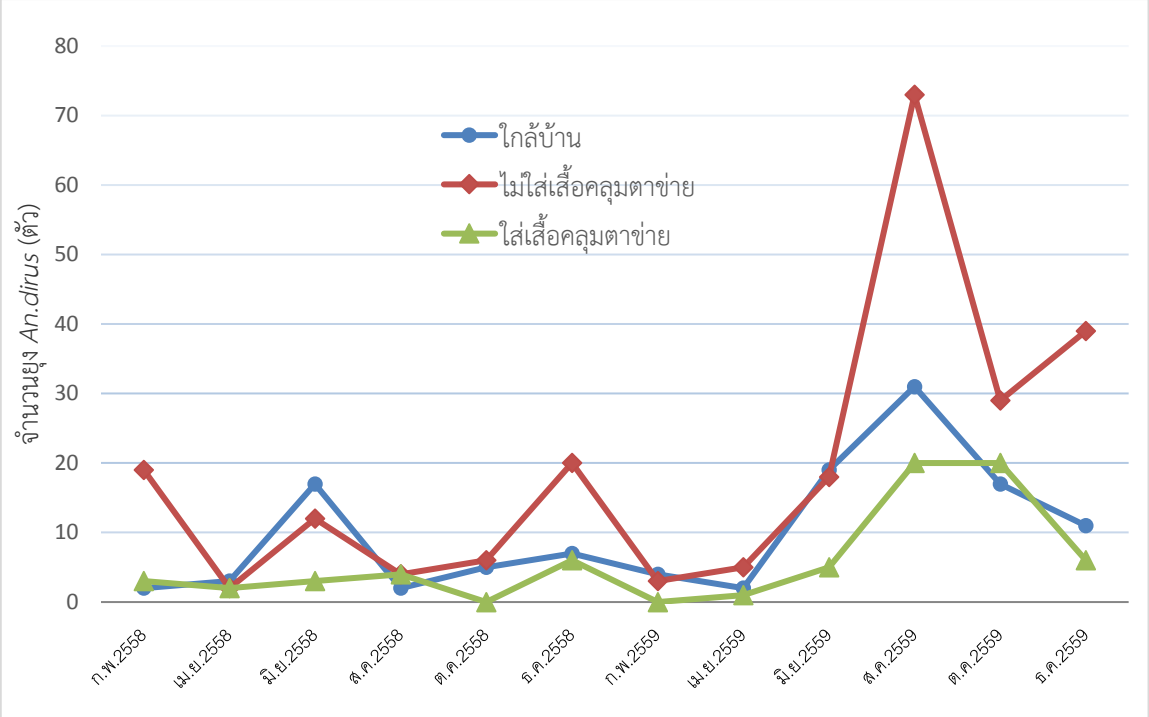
ตารางที่ 12 จำนวนยุง *An. dirus* จำแนกตามการจับยุง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559

เดือน-ปี	จำนวนยุง *An. dirus* (ตัว) จากการจับยุง			รวม
	ใกล้บ้าน	ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ	ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ	
ก.พ.2558	2	19	3	24
เม.ย.2558	3	2	2	7
มิ.ย.2558	17	12	3	32
ส.ค.2558	2	4	4	10
ต.ค.2558	5	6	0	11
ธ.ค.2558	7	20	6	33
ก.พ.2559	4	3	0	7
เม.ย.2559	2	5	1	8
มิ.ย.2559	19	18	5	42
ส.ค.2559	31	73	20	124
ต.ค.2559	17	29	20	66
ธ.ค.2559	11	39	6	56
รวม	**120**	**230**	**70**	**420**

ตารางที่ 13 จำนวนยุง *An. dirus* เข้าหากินเลือดในกลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯและใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ชนิดของยุงที่เข้ากัด		ยุงที่จับได้				χ^2	df	*p*-value
		ไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่าย		ใส่เสื้อคลุมตาข่าย				
		จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ			
การเข้ากินเลือดของยุง *An.dirus*						3.210	5	0.668
	ฤดูร้อน 2558	21	9.13	5	7.14			
	ฤดูฝน 2558	16	6.96	7	10			
	ฤดูหนาว 2558	26	11.30	6	8.57			
	ฤดูร้อน 2559	8	3.48	1	1.43			
	ฤดูฝน 2559	91	39.57	25	35.7			
	ฤดูหนาว 2559	68	29.57	26	37.1			

** fisher's exact test * p-value < 0.05

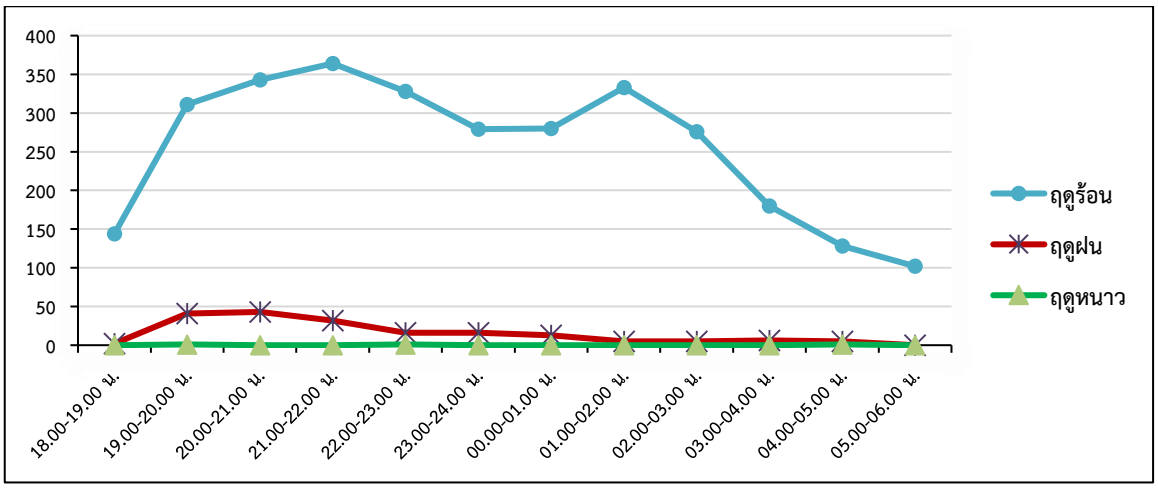


ภาพที่ 11 แสดงจำนวนยุง *An. dirus* แต่ละจุดจับยุง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559

จากการศึกษาจับยุงทั้งคืนตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. ของวันถัดไป พบยุงก้นปล่องหากินตลอดคืน เมื่อนำยุง *An. minimus* ที่จับได้ทุกจุดจับยุง มาจำแนกเป็นรายชั่วโมงพบว่าหากินตลอดคืนเช่นกัน ดังตารางที่ 14 และเมื่อนำจำนวนยุง *An. minimus* แต่ละชั่วโมงแยกตามฤดูกาลพบว่านิสัยหากินเลือดยุง *An. minimus* เหมือนภาพรวมทั้งหมดคือยุงชนิดนี้หากินทั้งคืนและพบความชุกชุมสูงตั้งแต่ 20.00 น. เป็นต้นไป และฤดูร้อนจะชุกชุมอีกครั้งช่วง 01.00-02.00 น. แต่โดยทั่วไปยุงชนิดนี้หากินชุกชุมช่วงก่อนเวลา 24.00น. (ภาพที่ 12) ดังนั้นการใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยด้านนี้ประกอบ

ตารางที่ 14 จำนวนยุง *An. minimus* ที่จับได้ทั้งหมดจากการจับยุง จำแนกรายชั่วโมง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559

เวลา	ก.พ.2558	เม.ย.2558	มิ.ย.2558	ส.ค.2558	ต.ค.2558	ธ.ค.2558	ก.พ.2559	เม.ย.2559	มิ.ย.2559	ส.ค.2559	ต.ค.2559	ธ.ค.2559	รวม
18.00-19.00	7	32	2	0	0	0	19	86	0	0	0	0	146
19.00-20.00	30	65	31	0	0	1	61	155	10	0	0	0	353
20.00-21.00	38	97	35	0	0	0	42	190	8	0	0	0	410
21.00-22.00	19	98	22	0	0	0	51	199	9	1	0	0	399
22.00-23.00	15	110	15	0	0	1	22	187	1	0	0	0	351
23.00-24.00	4	101	14	0	0	0	16	158	2	0	0	0	295
00.00-01.00	1	102	9	0	0	0	20	157	4	0	0	0	293
01.00-02.00	8	94	4	0	0	0	15	218	1	0	0	0	340
02.00-03.00	4	60	3	0	0	0	20	193	2	0	0	0	282
03.00-04.00	2	32	4	0	0	0	11	138	2	0	0	0	189
04.00-05.00	0	14	3	0	0	1	3	111	2	0	0	0	134
05.00-06.00	0	19	0	0	0	0	1	82	0	0	0	0	102
รวม	**128**	**824**	**142**	**0**	**0**	**3**	**281**	**1874**	**41**	**1**	**0**	**0**	**3294**

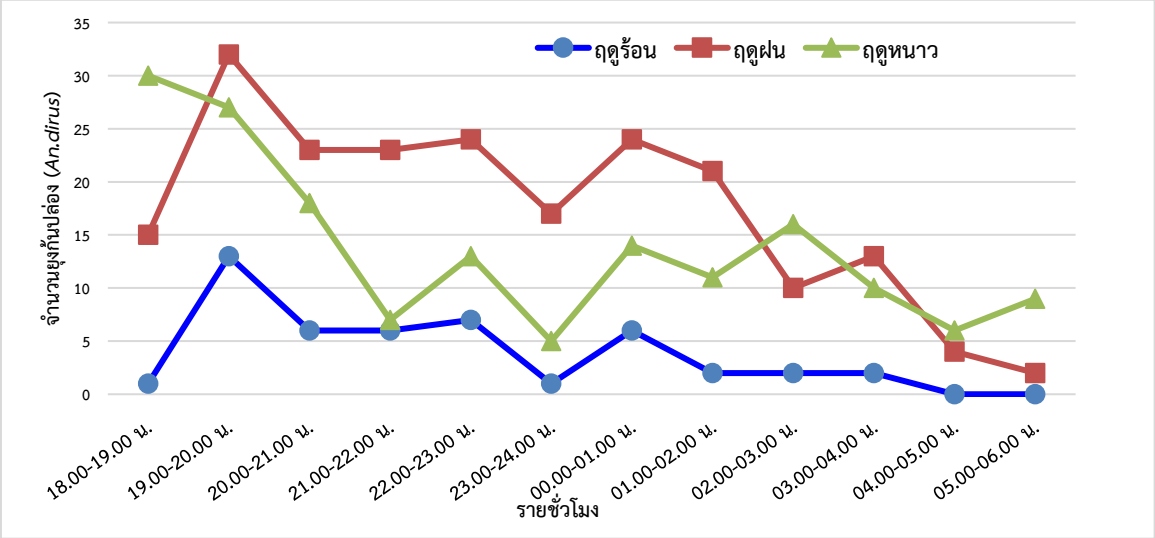


ภาพที่ 12 แสดงยุง *An. minimus* ที่จับได้จำแนกรายชั่วโมง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559

เมื่อนำยุง *An. dirus* ที่จับได้ทุกจุดจับยุง มาจำแนกเป็นรายชั่วโมงพบว่าหากินตลอดคืนเช่นกัน ดังตารางที่ 15 โดยจะหากินช่วงพลบค่ำมากกว่าช่วงกลางดึก และเมื่อนำจำนวนยุง *An. dirus* แต่ละชั่วโมงแยกตามฤดูกาลพบว่านิสัยหากินเลือดยุง *An. dirus* ในฤดูหนาวจะหากินเร็วกว่าฤดูร้อน (ภาพที่ 13) อย่างไรก็ดีในพื้นที่ศึกษานี้ยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียที่สำคัญทั้ง 2 ชนิดนี้ยังมีความชุกชุมและเข้าหากินเลือดตั้งแต่พลบค่ำ การใช้เสื้อคลุมตาข่ายจึงจำเป็นต้องใช้ตั้งแต่ช่วงเวลาดังกล่าวเพื่อป้องกันการติดเชื้อมาลาเรีย

ตารางที่ 15 จำนวนยุง *An. dirus* ที่จับได้ทั้งหมด จำแนกรายชั่วโมง หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559

เวลา	ก.พ.2558	เม.ย.2558	มิ.ย.2558	ส.ค.2558	ต.ค.2558	ธ.ค.2558	ก.พ.2559	เม.ย.2559	มิ.ย.2559	ส.ค.2559	ต.ค.2559	ธ.ค.2559
18.00-19.00 น.	0	1	1	0	3	12	0	0	2	12	2	13
19.00-20.00 น.	8	2	8	2	3	6	2	1	3	19	6	12
20.00-21.00 น.	2	2	3	1	1	5	1	1	5	14	6	6
21.00-22.00 น.	3	0	5	2	0	2	2	1	2	14	2	3
22.00-23.00 น.	4	0	5	0	1	0	1	2	3	16	3	9
23.00-24.00 น.	0	1	2	0	0	0	0	0	3	12	5	0
00.00-01.00 น.	2	1	4	1	1	0	0	3	9	10	9	4
01.00-02.00 น.	2	0	4	4	1	2	0	0	3	10	4	4
02.00-03.00 น.	2	0	0	0	0	1	0	0	5	5	11	4
03.00-04.00 น.	1	0	0	0	0	2	1	0	4	9	7	1
04.00-05.00 น.	0	0	0	0	0	2	0	0	3	1	4	0
05.00-06.00 น.	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	7	0
รวม	**24**	**7**	**32**	**10**	**11**	**33**	**7**	**8**	**42**	**124**	**66**	**56**

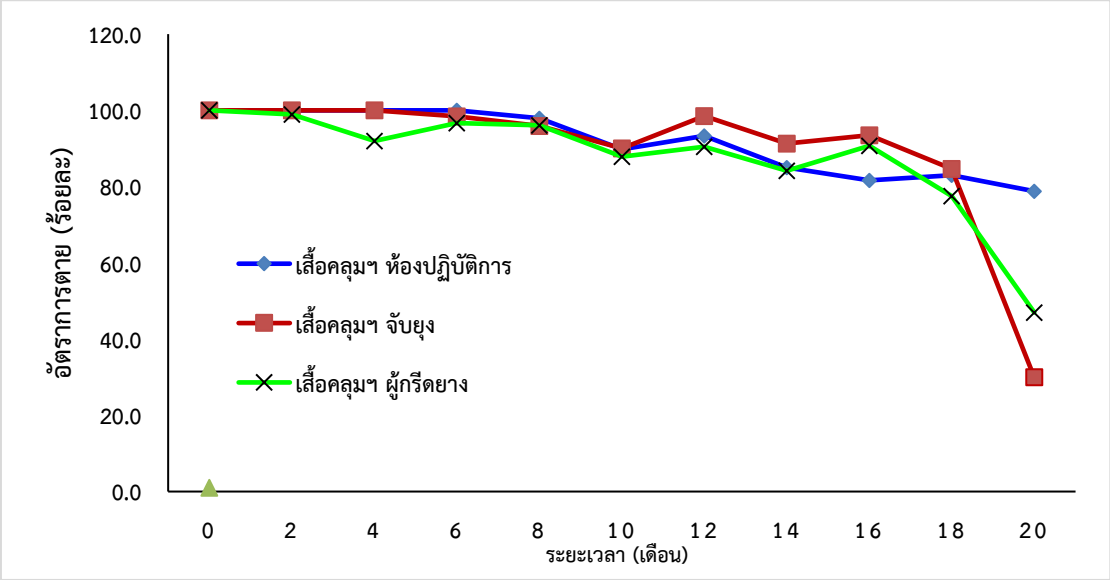


ภาพที่ 13 แสดงช่วงเวลาการออกหากินของยุง *An. dirus* ที่จับได้ทั้งหมด จำแนกรายชั่วโมง ตามฤดูกาล หมู่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2558 ถึงเดือน ธันวาคม 2559

4.2 ผลการศึกษาฤทธิ์คงทนของสารเคมีกับเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี (Cone Bioassay Test)

ทดสอบตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก โดยใช้ยุง *An. minimus* ที่เลี้ยงจากห้องปฏิบัติการสำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง มาทำการทดลองกับตัวอย่างเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี โดยสุ่มตัวอย่างเสื้อจาก 3 กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มผู้กรีดยางผู้เข้าร่วมโครงการที่ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีตามปกติ กลุ่มเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีจากพนักงานจับยุงที่ใส่ระหว่างทำการศึกษา และกลุ่มเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีที่เก็บที่อุณหภูมิห้องปฏิบัติการ ประเมินผลโดยเกณฑ์อัตราตาย

ของยุงทดสอบต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ผลการทดสอบฤทธิ์คงทนเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีทั้ง 3 กลุ่ม พบว่ามีฤทธิ์คงทนของสารเคมี นานประมาณ 18 เดือน (ภาพที่ 14) ซึ่งพบว่าสารเคมี Deltamethrin มีฤทธิ์คงทนไม่แตกต่างกัน แม้ว่าลักษณะการใช้งานและการเก็บรักษาในธรรมชาติแตกต่างกันก็ตาม



ภาพที่ 14 แสดงฤทธิ์คงทนเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีเมื่อทดสอบด้วยยุง *An. minimus*

4.3 ผลการศึกษาความไวของยุงพาหะต่อสารเคมี (Susceptibility test)

ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก โดยใช้ยุง*An. minimus* ที่จับจากพื้นที่ดำเนินการ นำมาทดสอบกับสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ 4 ชนิด ประกอบด้วยสารเคมี Deltamethrin, Permethrin, Bifenthrin, Alphacypermethrin ผลการทดสอบพบว่า ยุง *An. minimus* มีความไวสูงต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ที่นำมาทำการทดสอบทุกชนิด กล่าวคือมีอัตราตายหลังสัมผัสสารเคมีตามเวลามาตรฐาน และนำมาเลี้ยงไว้ที่ 24 ชั่วโมง มีอัตราตายร้อยละ 98-100 และยังได้ทำการทดสอบกับสารเคมีกลุ่มคาร์บาเมท (Carbamate) คือ สารเคมี Propoxur ผลการศึกษาพบว่ายุง *An. minimus* ที่จับได้จากพื้นที่ดำเนินการมีความไวสูงกับสารเคมี Propoxur เช่นเดียวกัน (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 ผลการทดสอบความไวของยุง *An. minimus* ต่อสารเคมีชนิดต่าง ๆ

สารเคมี	จำนวนยุงทดสอบ (ตัว)	อัตราการตาย (ร้อยละ)
Deltamethrin 0.05 %	259	100.0
Permethrin 0.75 %	200	99.5
Alphacypermethrin 0.05%	150	100.0
Bifenthrin 0.20 %	164	100.0
Propoxur 0.1%	100	100.0

4.4 การศึกษาผลกระทบจากการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีต่อการป่วยโรคไข้มาลาเรีย

ประชากรในพื้นที่ศึกษาหมู่ที่ 7 ตำบลคลองศก อำเภอพนม จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีจำนวนทั้งหมด 1,315 คน มีอาชีพทำสวนยางพาราจำนวน 837 คน และได้รับแจกเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี (ในช่วงปลายเดือนธันวาคม 2557) จากโครงการจำนวน 550 คน คิดเป็นร้อยละ 68.8 ของผู้มีอาชีพทำสวนยางพารา สถานการณ์การป่วยโรคไข้มาลาเรีย พบว่าปี พ.ศ. 2557 ก่อนมีการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี มีจำนวนผู้ป่วยโรคไข้มาลาเรีย จำนวน 100 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 76.0 ต่อ 1,000 ประชากร และเมื่อมีการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีในปี พ.ศ. 2558 และ 2559 มีผู้ป่วยโรคไข้มาลาเรีย จำนวน 33 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 25.1 ต่อ 1,000 ประชากร และ 2 ราย คิดเป็นอัตราป่วย 1.5 ต่อ 1,000 ประชากร ตามลำดับ จากรายงานการสอบสวนโรค ผู้ป่วยโรคไข้มาลาเรียสองปีรวมจำนวน 35 ราย ประกอบอาชีพทำสวนยางและต้องออกกรีดยางยามค่ำคืน จำนวน 26 ราย อาชีพอื่น จำนวน 9 ราย และละจากการตรวจสอบจากบัญชีรายชื่อผู้ได้รับแจกเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี พบว่าในจำนวนนี้มีเพียง 3 ราย ที่ป่วยเป็นโรคไข้มาลาเรีย จากการสอบถามประวัติผู้ติดเชื้อมาลาเรีย พบว่าพฤติกรรมการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีของผู้ป่วย 3 รายนี้ จะทำการสวมใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีเป็นบางครั้ง หรือนาน ๆ ครั้ง ไม่ได้ใส่ทุกครั้งที่ออกไปปฏิบัติงานนอกบ้านยามค่ำคืน ในทางตรงกันข้ามพบว่าผู้ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีทุก ๆ ครั้ง หรือใช้บ่อยครั้งขณะที่ออกปฏิบัติงานในสวนยางพารายามค่ำคืนไม่เคยป่วยเป็นโรคไข้มาลาเรียอีกเลย

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุป อภิปรายผล

ในรอบหลายสิบปีที่ผ่านมามีผลิตภัณฑ์และสารเคมีกำจัดแมลงหลากหลายชนิดได้ถูกนำมาใช้ในการควบคุมกำจัดแมลงและยุงพาหะนำโรค รวมทั้งมาตรการที่ใช้ในการควบคุมแมลงนำโรคก็มีหลายมาตรการ ขึ้นกับชีวนิสัยหรือพฤติกรรมของแมลงเป้าหมาย แต่ละวิธีมีข้อดีและข้อจำกัดแตกต่างกันไป มุ้งชุบสารเคมี Insecticide treated bed nets (ITNs) เป็นหนึ่งในหลายวิธีการที่องค์การอนามัยโลกให้การยอมรับและแนะนำให้ใช้ในการป้องกันควบคุมยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรีย[42] อย่างไรก็ตามการใช้มุ้งชุบสารเคมี มุ่งเน้นไปที่การป้องกันยุงที่ออกหากินเวลากลางคืนเป็นหลักและมีข้อจำกัดในการนำไปใช้บางกลุ่มเป้าหมาย เช่น กลุ่มที่มีการประกอบอาชีพนอกบ้าน หรือกลุ่มที่การปฏิบัติงาน ต้องเคลื่อนย้ายตลอดเวลา ได้แก่ ทหาร กลุ่มลาดตระเวน การใช้ยาทาป้องกันยุงกัด (Repellent) เป็นอีกมาตรการหนึ่งที่สามารถใช้ในการป้องกันยุงกัด (Spatial repellent) ทั้งยุงที่ออกหากินทั้งเวลากลางวันและเวลากลางคืน อาจเป็นพวกน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืช (Essential oil) หรือการใช้สารเคมีที่มีส่วนผสมของ DEET (N,N, diethyl-m-toluamide) สารเคมีไล่ยุงยังมีข้อจำกัด เช่นประสิทธิภาพในการป้องกันยุงกัด (Protection time) จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมกับการใช้ในระยะเวลาสั้น ๆ นอกจากนั้นการใช้สารเคมีไล่ยุงอาจทำให้เกิดอาการแพ้ในบางคนเมื่อสัมผัสสารเหล่านี้ ซึ่งอาจจะยังไม่ใช่วิธีการที่เหมาะสมกับกลุ่มที่ประกอบอาชีพนอกบ้าน ถ้าต้องใช้ยาทาป้องกันยุงกัดเป็นเวลานานต่อเนื่อง[43] การชุบเสื้อผ้าหรือวัสดุประเภทผ้า (Insecticide treated clothing) จึงน่าจะมีความเหมาะสมกับผู้ประกอบอาชีพนอกบ้าน ได้แก่ กลุ่มปฏิบัติงานกลางคืน เจ้าหน้าที่ป่าไม้ ทหาร โดยการใช้เสื้อชุบสารเคมี เครื่องแบบทหารชุบสารเคมี เป็นต้น สำหรับการศึกษานี้ได้ใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี deltamethrin ขนาด 60 mg/m^2 เพื่อทราบประสิทธิภาพในการป้องกันยุงกัด โดยแปรผลจากจำนวนยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรียที่เข้าเกาะ ได้แก่ ยุง *An. minimus* และยุง *An. dirus*

จากการศึกษาครั้งนี้พบว่ายุง *An. minimus* มีการปรากฏตัวและพบได้เกือบตลอดทั้งปียกเว้นในฤดูฝน โดยมีความชุกชุมสูงกว่ายุงก้นปล่องชนิดอื่น ๆ คิดเป็นร้อยละ 87.19 ของยุงก้นปล่องที่จับได้ทั้งหมด ทั้งนี้พบว่ายุง *An. minimus* ในพื้นที่ดำเนินการมีฤดูกาลปรากฏตัวสูงในช่วงฤดูร้อน[12] ระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ซึ่งยุง *An. minimus* ในแต่ละภูมิภาคของประเทศไทยฤดูกาลการปรากฏตัวอาจแตกต่างกัน จากการศึกษาของวรรณภาและคณะ[9] พบว่าในภาคเหนือของประเทศไทยที่จังหวัดเชียงใหม่ พบยุง *An. minimus* สองช่วง คือ ในช่วงฤดูฝนระหว่างเดือนพฤษภาคมถึงสิงหาคมและในช่วงฤดูแล้งระหว่างตุลาคมถึงธันวาคม โดยพบว่ามีความหนาแน่นในฤดูฝนมากกว่าฤดูแล้ง หรือการศึกษาที่จังหวัดแม่ฮ่องสอนพบว่ายุงก้นปล่องชนิดนี้ปรากฏตัวสูงในช่วงฤดูฝนระหว่างพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน[8] แต่การปรากฏตัวของยุงชนิดนี้จะเปลี่ยนเป็นในช่วงฤดูแล้งจนถึงต้นฤดูฝนตั้งแต่เดือนกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายนที่จังหวัดกาญจนบุรี [44] ตัวแปรสำคัญที่ทำให้ความชุกชุมของยุง *An. minimus* พาหะนำเชื้อมาลาเรียมีการปรากฏตัวแตกต่างกันไปในแต่ละฤดูกาลได้แก่ ปริมาณน้ำในแหล่งเพาะพันธุ์ยุงฯ[45] และการเป็นยุงก้นปล่องชนิดซับซ้อน (Species complex) [46,47] การมีข้อมูลการปรากฏตัวของยุงพาหะ จะมีประโยชน์ในการวางแผนการป้องกันควบคุมโรคและการให้สุขศึกษาประชาสัมพันธ์ให้ประชาชนในพื้นที่และผู้เกี่ยวข้องได้ตรงเป้าหมาย โดยเฉพาะการป้องกันตนเองจากยุงกัด เพื่อลดจำนวนยุงพาหะที่เข้ากัด (Reduce man-vector-contact)

นอกจากการปรากฏตัวของยุงก้นปล่อง จะขึ้นอยู่กับสภาพพื้นที่และสิ่งแวดล้อมแล้ว จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าช่วงเวลาการออกหากินของยุงก้นปล่องชนิด *An. minimus* แตกต่างกันโดยในฤดูร้อน (กลางเดือนกุมภาพันธ์ถึงกลางเดือนพฤษภาคม)[41] ยุงก้นปล่องชนิดนี้จะออกหากินทั้งคืนตั้งแต่หลังพระอาทิตย์ตกดิน 18.00 น. จนถึงก่อนพระอาทิตย์ขึ้น 06.00 น. โดยมีการออกหากินสูงสุด (peak) สองช่วงคือระหว่างเวลา 20.00-23.00 น. และช่วงรองลงมาระหว่างเวลา 01.00-02.00 น. สำหรับในฤดูฝน (กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม) ยุง *An. minimus* จะออกหากินในช่วงครึ่งคืนแรกระหว่างเวลา 19.00-24.00 น. ส่วนในช่วงหนาว (กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์) จะพบยุง *An. minimus* น้อย อย่างไรก็ตามการศึกษาในประเทศไทยพบว่าช่วงเวลาการออกหากินของยุง *An. minimus* ในแต่ละพื้นที่จะแตกต่างกันไปไม่เฉพาะเจาะจงช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง เช่นเดียวกับฤดูกาลการปรากฏตัวของยุงพาหะดังกล่าวแล้วข้างต้น เช่น จากการศึกษาของรุ่งอรุณและคณะ (1987) ที่จังหวัดตาก[48] พบว่ายุง *An. minimus* จะออกหากินทั้งคืนโดยมีช่วงเวลาการออกหากินสูง (peak) เพียงช่วงเดียวระหว่างเวลา 01.00-06.00 น. ส่วนการศึกษาที่จังหวัดกาญจนบุรีพบว่า ยุงก้นปล่อง *An. minimus* ออกหากินตลอดทั้งคืนโดยมีช่วงเวลาการออกหากินสูง 2 ช่วงในช่วงครึ่งคืนแรกหลังพระอาทิตย์ตก เวลา 18.00-21.00 น. และอีกช่วงหนึ่งก่อนพระอาทิตย์ขึ้น เวลา 03.00-06.00 น.[44,49] จะเห็นว่าฤดูการปรากฏตัวและช่วงเวลาการออกหากินของยุงก้นปล่องเป็น site specific คือมีความจำเพาะเจาะจงของพื้นที่นั้น ๆ

สำหรับผลการศึกษาถประสิทธิภาพในการลดจำนวนยุงในกลุ่มตัวอย่างที่ใส่เสื้อคลุมตาข่ายนาโน พบว่า สามารถลดการเข้ากัดกินเลือด (Reduction of mosquito population) ของยุงก้นปล่องทั้งหมดได้ร้อยละ 71.67 ยุง *An. minimus* ได้ร้อยละ 74.42 โดยแสดงให้เห็นความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิต ขณะที่สามารถลดการเข้ากัดกินเลือดของยุง *An. dirus* ได้ร้อยละ 69.57 แม้ว่าจะไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากข้อมูลแต่ละครั้งที่ศึกษามีความแปรปรวนจำนวนยุงสูงเป็นผลจากความไม่สม่ำเสมอของแหล่งเพาะพันธุ์ที่แตกต่างกันของยุงก้นปล่องแต่ละชนิด

ประสิทธิภาพของการชุบเสื้อ/ผ้า (Insecticide impregnated clothing) ตามปกติจะหมายถึงการป้องกันหรือลดยุงเข้ากัด (Bite protection)[31] แต่บางการศึกษาได้ใช้การวัดเปอร์เซ็นต์ยุงสลบ (Knock down) หรืออัตราการตาย (Mortality rate) ของยุงหลังจากสัมผัสเสื้อชุบสารเคมี แต่การศึกษานี้ผู้ศึกษาวัดที่การป้องกันยุงเข้ากัด bite protection ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีความสำคัญเนื่องจากจะทำให้ทราบถึงจำนวนยุงพาหะ ในแต่ละกลุ่มตัวอย่าง เช่น กลุ่มใส่เสื้อคลุมตาข่ายฯ และกลุ่มไม่ใส่เสื้อคลุมตาข่าย ฯ นั่นคือมีการป้องกันการเกิดโรคติดต่อนำโดยแมลง (ในที่นี้คือโรคไข้มาลาเรีย) อย่างไรก็ตามการป้องกันการถูกยุงกัด มักจะสะท้อน (Reflect) ถึงประสิทธิภาพของสารเคมีฯในการไล่ยุง (Repellency effect) จากสารออกฤทธิ์ (Active ingredient) ของสารเคมีฯที่ใช้นั้น ๆ ด้วย แม้ว่าการศึกษานี้ไม่ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการไล่ยุงตามมาตรฐานของ WHOPES 2005 โดยตรง[50] อย่างไรก็ตามก่อนจะมีการนำสารเคมีชนิดใดมาใช้ในการควบคุมยุงพาหะ ควรจะมีการศึกษาเพื่อทราบฤทธิ์ของสารเคมีนั้น ๆ ก่อน ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทั้งในห้องปฏิบัติการโดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า high-throughput screening system[51] และในภาคสนามโดยใช้กระท่อมทดลอง (Experimental hut) ซึ่งการศึกษานี้มีการแบ่งฤทธิ์ของสารเคมีออกเป็นสามแบบคือ ฤทธิ์ระคายเคือง (Contact irritancy) คือยุงมีการสัมผัสสารเคมีแล้วเกิดการระคายเคือง ฤทธิ์ขับไล่ชั่วคราว (Spatial repellency) ยุงตอบสนองต่อสารเคมีโดยยังมิได้สัมผัสสารเคมี หรือฤทธิ์ในการเป็นพิษ (Toxicity) เกิดหลังจากยุงได้มีการสัมผัสสารเคมี เช่นเดียวกันการศึกษาด้วยวิธีนี้จะทำให้สามารถแบ่งสารเคมีได้ตามฤทธิ์ของสารเคมีนั้น ๆ หรืออาจจะ

ศึกษาจากพฤติกรรมการตอบสนองต่อสารเคมีของยุงเพื่อทราบฤทธิ์ของสารเคมีก็ได้ โดยใช้การทดสอบด้วยเครื่องมือที่เรียกว่า Excito-Repellency Test System[52,53]

ทั้งนี้การศึกษาที่ผ่านมาพบว่า สารเคมี Deltamethrin มีฤทธิ์ในการขับไล่ยุง *An. minimus* และยุง*An. dirus* รวมทั้งยังมีผลศึกษายืนยันว่าสารเคมี deltamethrin มีฤทธิ์ขับไล่ยุงก้นปล่องพาหะนำเชื้อมาลาเรีย ชนิดอื่น ๆ ด้วยเช่น *An. sawadwongporni, An. maculatus*[53,54]และ *An. epiroticus* [55] นอกจากสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์แล้วพบว่าสารเคมีกลุ่มอื่น ๆ ก็มีฤทธิ์ในการขับไล่ยุง *An. minimus* ได้ด้วยเช่นกัน ได้แก่ กลุ่มคาร์บาเมท เช่น คาร์บาริล (carbaryl) กลุ่มออกาโนฟอสเฟส เช่น มาลาไธออน (malathion) และสารกลุ่มไพรีทรอยด์อีกชนิดหนึ่งคือสารเคมีไซเพอร์เมทริน (cypermethrin) [56] เป็นต้น

การศึกษาฤทธิ์คงทนของสารเคมี (Cone-bioassay test) ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก โดยการสุ่มตัวอย่างเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี 3 กลุ่ม ได้แก่ จากกลุ่มที่ทำสวนยางในพื้นที่ดำเนินการ กลุ่มพนักงานจับยุงฯในพื้นที่ดำเนินการและกลุ่มเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีที่แขวนไว้ที่อุณหภูมิห้องปฏิบัติการ สำนักควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค พบว่ามีฤทธิ์คงทนอยู่ได้นานประมาณ 18 เดือน ฤทธิ์คงทนที่ยาวนานนี้อาจเกิดจากการผลิตเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีด้วยการใช้นาโนเทคโนโลยีเข้ามาช่วย โดยใช้กระบวนการการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตหรืออิเล็กโตรสปินนิง (Electro-spinning) เป็นนวัตกรรมใหม่ประกอบด้วยส่วนประกอบทั้งหมดสี่ส่วนคือ ส่วนเก็บสารละลายพอลิเมอร์, อุปกรณ์ควบคุมการไหลของสารละลายพอลิเมอร์, เครื่องจ่ายศักย์ไฟฟ้ากำลังสูง (High voltage supplier) และตัวเก็บเส้นใย (Collector) ใช้ปั่นเส้นใยจากพอลิเมอร์ ที่ มีเส้นผ่าศูนย์กลางตั้งแต่ขนาดนาโนเมตรจนถึงไมโครเมตร จากสารละลายพอลิเมอร์หรือพอลิเมอร์หลอมเหลว แผ่นเส้นใยอิเล็คโตรสปันมีสมบัติที่เฉพาะและโดดเด่น ยกตัวอย่างเช่น พื้นที่ผิวต่อมวลหรือปริมาตรสูง ความเป็นรูพรุนสูง และสมบัติเชิงกลสูง จึงมีการนำกระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตมาประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ เช่น วิศวกรรมเนื้อเยื่อ วัสดุปิดแผล [57] การผลิตเส้นใยสำหรับชุดเกราะกันกระสุน แผ่นแปะเพื่อนำส่งยาทางผิวหนัง แผ่นตาข่ายสำหรับสมานแผลเปิด เป็นต้น [58]

ทั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับการศึกษาที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี เมื่อปี พ.ศ. 2545 โดยการชุบ (Dipping technic) เสื้อคลุมตาข่ายด้วยสารเคมีวิธีปกติทั่วไปเป็นแบบ absorption ซึ่งพบว่าเสื้อคลุมตาข่ายชุบสารเคมี ด้วยสาร Deltamethrin ขนาด 30 mg/m^2 ในสภาพการใช้งานปกติ มีฤทธิ์คงทนได้นานเพียง 1 เดือน[38] อย่างไรก็ตามวิธีการชุบแบบ dipping นี้เป็นวิธีที่ทำได้ง่ายไม่ต้องใช้เทคโนโลยีชั้นสูง แต่ก็อาจเกิดการคลาดเคลื่อนจากผู้ปฏิบัติ (Human error) ได้และมีผลให้ความครอบคลุมของสารเคมี (coverage) ผิดพลาดได้[31] นอกจากนี้การศึกษาการใช้สารเคมีพ่น (Spraying technic) เสื้อผ้าด้วยสารเคมี Permethrin ในกลุ่มทหารที่จังหวัดศรีสะเกษในปี พ.ศ. 2534-2535 พบว่าสารเคมีมีฤทธิ์ในการฆ่ายุงได้นาน 3 เดือน แต่ผลจากการใช้กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมการลดอุบัติการณ์โรคไข้มาลาเรียไม่มีความแตกต่างกัน[59] แต่การศึกษาในปี พ.ศ. 2545 ที่ประเทศเคนยาพบว่าการใช้เสื้อผ้าชุบด้วย Permethrin 0.52% w/w พบว่าสามารถลดการแพร่เชื้อไข้มาลาเรียลงได้ร้อยละ 70 ผู้ใช้ยอมรับการใช้เสื้อผ้าชุบสารเคมีดังกล่าวนี้และไม่พบผลข้างเคียงที่เกิดจากการใช้เสื้อผ้าชุบสารเคมี[60]

การศึกษาความไวของยุง *An. minimus* ที่จับจากพื้นที่ศึกษานี้ในจุดที่ไม่มีการใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี (ยุงก้นปล่องที่นำมาทดสอบไม่ได้สัมผัสกับสารเคมี) ทำการทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมีตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลก [13] ผลการทดสอบพบว่ายุงก้นปล่อง *An. minimus* มีความไวต่อสารเคมี deltamethrin นอกจากนี้การทดสอบความไวของยุงก้นปล่องชนิดนี้ต่อสารไพรีทรอยด์ชนิด

อื่น ได้แก่ permethrin, bifenthrin, alphacypermethrin และ กลุ่มคาร์บาเมต ได้แก่ propoxur พบว่ายุงก้นปล่อง *An. minimus* ยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียมีความไวต่อสารเคมีที่ทดสอบ (มีอัตราตายหลังทดสอบระหว่าง ร้อยละ 98-100) จะเห็นว่าผลการศึกษาทดสอบความไวของยุงก้นปล่อง *An. minimus* ต่อสารเคมี deltamethrin ครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาจากพื้นที่อำเภอวิภาวดี จังหวัดสุราษฎร์ธานี และอำเภอหัวหิน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ในปี พ.ศ. 2559[61] นอกจากนี้การศึกษาเมื่อปี 2555 พบว่ายุงก้นปล่อง *An. dirus* อำเภอท่าชนะ จังหวัดสุราษฎร์ธานีก็ยังไวต่อสารเคมี deltamethrin[62] เช่นเดียวกัน ตลอดจนมีรายงานว่ายุงก้นปล่อง *An. epiroticus* อำเภอไชยา จังหวัดสุราษฎร์ธานี มีความไวต่อสารเคมี deltamethrin[55] หากต้องมีการปรับเปลี่ยนการใช้สารเคมีในการควบคุมยุงก้นปล่องในอนาคต ควรใช้ข้อมูลการศึกษาความไวนี้ มาประกอบการพิจารณาเลือกสารเคมีทดแทนที่จะนำมาใช้ในอนาคตได้

ผลการศึกษาครั้งนี้ยืนยันว่า เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี สามารถลดอัตราการเข้าหากินและลดการสัมผัสของยุง *An. minimus* พาหะหลักนำเชื้อมาลาเรีย และสามารถลดการป่วยโรคไข้มาลาเรียในกลุ่มผู้ใช้เสื้อคลุมตาข่ายอย่างต่อเนื่องได้ สอดคล้องกับการศึกษาของสุกัญญา สุวรรณรัตน์และคณะในปี พ.ศ. 2547 ที่ศึกษาประสิทธิผลเสื้อคลุมตาข่ายฯ ด้วยวิธีปกติต่อการป้องกันไข้มาลาเรียในประชากรที่มีอาชีพทำสวนยางพารา ที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี พบว่าจำนวนผู้ป่วยไข้มาลาเรียในพื้นที่ลดลงหลังจากมีการใช้เสื้อคลุมตาข่ายฯ ในพื้นที่[63]

เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี deltamethrin สามารถลดอัตราการเข้ากินเลือดของยุงก้นปล่องโดยเฉพาะยุงก้นปล่อง *An. minimus* ได้มากและเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้มีฤทธิ์คงทนของสารเคมี (คือทำให้ยุงก้นปล่อง *An. minimus* ตายหลังสัมผัสร้อยละ 98-100) ทั้งในห้องปฏิบัติการและในสนามได้นาน 18 เดือน เหมาะสำหรับนำไปใช้ในพื้นที่เพื่อการกำจัดไข้มาลาเรียในประเทศไทย อย่างไรก็ตามการผลิตเสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมี deltamethrin ควรได้รับการสนับสนุนด้านการผลิต เพื่อให้ต้นทุนต่ำจะได้นำไปใช้ในพื้นที่เป้าหมายขนาดใหญ่ขึ้น เพื่อลดการติดเชื้อมาลาเรียจากการถูกยุงก้นปล่องกัดนอกบ้านต่อไป เป็นการตัดการติดต่อของโรคไข้มาลาเรียนอกบ้าน (Reduce outdoor malaria transmission) จะทำให้บรรลุเป้าหมายของการกำจัดโรคไข้มาลาเรีย (Malaria elimination) ภายในปี 2567 ตามเป้าหมายชาติต่อไป

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรสนับสนุน ส่งเสริม มาตรการการป้องกันตนเองต่อการถูกยุงมีเชื้อมาลาเรียกัด ในกลุ่มประชาชนผู้ประกอบอาชีพสวนยาง โดยใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีและอาจส่งเสริมให้มีการขยายผลไปยังกลุ่มเสี่ยงอื่น ๆ ด้วย ทั้งนี้เนื่องจากยุง *An. minimus* ซึ่งเป็นยุงพาหะหลักในการนำเชื้อมาลาเรียของประเทศไทยและในพื้นที่ศึกษา มีช่วงเวลาการออกหากินตลอดทั้งคืน และมี peak สองช่วงเวลา คือ ระหว่าง 20.00-23.00 น. และช่วงรองลงมาระหว่างเวลา 01.00-02.00 น. มีความสัมพันธ์กับช่วงเวลาที่ชาวสวนยางออกทำงาน ซึ่งส่วนใหญ่ออกไปกรีดยางหลังเที่ยงคืน
2. เร่งรัดให้มีการสื่อสารความเสี่ยงให้ประชาชนในพื้นที่ และกลุ่มเสี่ยงเข้าใจถึงพฤติกรรมยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย และแนะนำวิธีการที่เหมาะสมในการป้องกันตนเองจากการถูกยุงกัด ขณะอยู่นอกบ้านที่พ่นสารเคมี หรือเมื่อไม่ได้นอนอยู่ในมุ้ง หรือขณะออกปฏิบัติงานในยามค่ำคืน

3. กรมควบคุมโรค ควรส่งเสริมให้มีการศึกษาเพื่อติดตามความไวของยุงต่อสารเคมีที่ได้นำไปใช้ในการควบคุมแมลงนำโรคแล้วเป็นระยะ ๆ เพื่อให้มั่นใจว่าสารเคมีชนิดนั้น ๆ ยังมีประสิทธิภาพเหมาะสมในการป้องกัน ควบคุมยุงได้
4. สนับสนุนให้นำผลการศึกษานี้ไปต่อยอดในการทดลองกับแมลงพาหะนำโรคอื่น ๆ เช่น การทำแผ่นผ้าม่านนาโนชุบสารเคมีแขวนในบ้านหรือศูนย์เด็กเล็กป้องกันยุงลายนำเชื้อไข้เลือดออก หรือการป้องกันริ้นฝอยทรายพาหะนำโรคลิชมาเนียซิส (Leishmaniasis) การพัฒนาการผลิตให้มีฤทธิ์คงทนยาวนานขึ้น ตลอดจนการศึกษาถึงความคุ้มทุน (Cost-effectiveness) เพื่อการขยายผลในวงกว้างต่อไป

เอกสารอ้างอิง

1. สะใบทอง หาญบุ่งคล้า, เลิศชัย เจริญธัญรักษ์. ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการติดเชื้อมาลาเรียที่เป็นโรคประจำถิ่นในจังหวัดราชบุรี ปี พ.ศ. 2558. วารสารควบคุมโรค. 2560; 43:423-35.
2. สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค.ยุทธศาสตร์การกำจัดโรคไข้มาลาเรีย พ.ศ. 2560-2569. กรุงเทพมหานคร: อักษรกราฟฟิคแอนด์ดีไซน์; 2559.
3. Bhumiratana A, Sorosjinda-Nunthawarasilp P, Kaewwaen W, Maneekan P, Pimnon S. Malaria-associated rubber plantations in Thailand. Travel Med Infect Dis. 2013; 11:37-50.
4. World Health Organization. Control of residual malaria parasite transmission Guidance note – September 2014. Geneva Switzerland: World Health Organization; 2014.
5. สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค. แนวทางการดำเนินงานโรคการยับยั้งการแพร่เชื้อมาลาเรียที่ดื้อต่อยาผสมอนุพันธุ์อาร์ติมิซินิน ระยะที่ 2 (ปีที่ 3-5 : ปีงบประมาณ 2557-2559) 2557. กรุงเทพมหานคร: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2557.
6. Satitvipawee P, Wongkhang W, Pattanasin S, Hoithong P, Bhumiratana A. Predictors of malaria-association with rubber plantations in Thailand. BMC Public Health. 2012; 12:1115.
7. Zhu L, Müller G C, Marshall J M, Arheart K L, Qualls W A, Hlaing W M, et al. Is outdoor vector control needed for malaria elimination? An individual-based modeling study. Malar J. 2017; 16:266.
8. Overgaard H, Ekbom B, Suwonkerd W, Takagi M. Effect of landscape structure on anopheline mosquito density and diversity in northern Thailand: Implications for malaria transmission and control. Landsc Ecol. 2003; 18:605-619.
9. Suwonkerd W, Overgaard HJ, Tsuda Y, Prajakwong S, Takagi M. Malaria vector densities in transmission and non-transmission areas during 23 years and land use in Chiang Mai Province, Northern Thailand. Basic Appl Ecol. 2002;3 :197-207.
10. Bathia M L, Notananda V. Malaria control demonstration project, entomological report, Thailand. Report of the Thai government WHO/UNICEF,SEA/MAL, unpublished report to WHO. New Delhi, India . 1953 :79.
11. สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค. (ร่าง) แนวทางการปฏิบัติงานกำจัดโรคไข้มาลาเรียสำหรับบุคลากรทางแพทย์และสาธารณสุขประเทศไทย. นนทบุรี: สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง; 2561.
12. World Health Organization. Guidelines for laboratory and field testing of long-lasting insecticidal nets. Geneva: World Health Organization; 2013.
13. World Health Organization. Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vector mosquitoes. Geneva: World Health Organization; 2013.

14. Pruck-Ngern M, Pattaradilokrat S, Chumpolbanchorn K, Pimnon S, Harnyuttanakorn P, Buddhirakkul P, et al. Refractoriness of the natural malaria vector *Culex quinquefasciatus* to *Plasmodium gallinaceum.* J Trop Med Parasitol. 2014; 37:8-60.
15. Reiter M, LaPointe D A. Larval habitat for the avian malaria vector *Culex quinquefasciatu*s (Diptera: Culicidae) in altered mid-elevation mesic-dry forests in Hawiii. J Vector Ecol. 2009; 34(2):16-208.
16. Makanga B, Yangari P, Rahola N, Rougeron V, Elguero E, Boundenga L, et al. Ape malaria transmission and potential for ape-to-human transfers in Africa. Proc Natl Acad Sci U S A. 2016 ;113(19):5329-34.
17. Hillyer J F, Barreau C, Vernick K D. Efficiency of salivary gland invasion by malaria sporozoites is controlled by rapid sporozoite destruction in the mosquito hemocoel. Int J Parasitol. 2007; 37(6): 673–681.
18. Jongwutiwes S, Putaporntip C, Iwasaki T, Sata T, Kanbara H. Naturally acquired *Plasmodium knowlesi* malaria in human, Thailand. Emerg Infect Dis. 2004; 10(12):2211-3.
19. ศรีวิชา ครุฑสูตร, พลรัตน วิไลรัตน์, ศรวัย หลูอารีย์สุวรรณ. อาการและภาวะแทรกซ้อนของโรคไข้มาลาเรียในผู้ใหญ่. กรุงเทพมหานคร: บริษัท ธราเพลส จำกัด. [ม.ป.ป.]; 175-188.
20. World Health Organization. World Malaria Report 2018. Geneva: World Health Organization; 2018.
21. Knight K L, Stone A. A catalog of the mosquitoes of the world (Diptera: Culicidae). Maryland. Entomological Society of America. 1977; 78-84.
22. Sinka M E. Global Distribution of the Dominant Vector Species of Malaria. Chapter 4 (Open Access) Anopheles mosquitoes - New insights into malaria vectors", book edited by Sylvie Manguin. London: Headquarters IntechOpen Limited; 2013.
23. Sinka, M.E., Bangs, M.J, Manguin, S., Chareonviriyaphap, T., Patil, A.P., Temperley, W.H., et al. The dominant Anopheles vectors of human malaria in the Asia-Pacific region: occurrence data, distribution maps and bionomic précis. Parasit Vectors. 2011; 4: 89.
24. Patz J A, Epstein P R, Burke T A, Balbus J M. Global climate change and emerging infectious diseases. JAMA. 1995; 275: 217-223.
25. Suwonkerd W, Tsuda Y, Overgaard H J, Chawprom S, Tuno N, Prajakwong S et al. Changes in malaria vector densities over a twenty-three year period in Mae Hong Son Province, northern Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2004; 35:316-324.
26. Stern A. International population movement and public health in the Mekong region: an overview of some issues concerning mapping. Southeast Asian J Trop Med Public Health.1998; 29:201-212.

27. Rattanarithikul R, Harrison BA, Harbach RE, Panthusiri P, Coleman RE. Illustrated keys to the mosquitoes of Thailand IV. Anopheles. Southeast Asian J Trop Med Public Health. 2006; 37:1-128.
28. Tsuda Y, Takagi M and Suwonkerd W. A mark–release–recapture study on the spatial distribution of host–seeking anophelines in northern Thailand. J Vector Ecol. 2000;25:16–22.
29. Barry JB, William CM. 1st edition. The biology of disease vectors. United States. Colorado: University Press of Colorado; 1996.
30. วิมล โนตานนท์. เรื่องน่ารู้ในอดีตของงานมาลาเรียในไทย มาลาเรียวิทยา.กรุงเทพมหานคร. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด; 2542.
31. Banks S D, Murray N, Wilder-Smith A, Logan J G. Insecticide-treated clothes for the control of vector-borne diseases: a review on effectiveness and safety. Med Vet Entomol. 2014; 28 (1):14–25.
32. ธีระวัฒน์ บุญโสม, เอกชัย ดำเกลี้ยง, ธนาทิพย์ ธรรมาเจริญสุข. โพรไบโอติกไมโครแคปซูลโดยวิธีพ่นแห้ง (Probiotics Microcapsule by Spray). วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอีสเทิร์นเอเชีย ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2561; 12(1):1-11.
33. Alison F C, Maung T M, Shafique M, Sint N, Nicholas S, Michelle S. Li, et al. Acceptability of insecticide-treated clothing for malaria prevention among migrant rubber tappers in Myanmar: a cluster-randomized non-inferiority crossover trial. Malar J. 2017; 16:92.
34. Kimani E W, Vulule J M, Kuria J W, Mugisha F. Use of insecticide-treated clothes for personal protection against malaria: a community trial. Malar J. 2006; 5: 63.
35. Sochantha T, W. Van Bortel, Savonnaroth S, Marcotty T, Speybroeck N , Coosemans M. Personal protection by long-lasting insecticidal hammocks against the bites of forest malaria vectors. Trop Med Int Health. 2010; 15(3): 336–341.
36. Dysoley L, Gopinath D , Sovann Ek , Heng S , Sreng Bu , Chy Say , et al. Assessment of net lending strategy to better reach mobile and migrant populations in malaria endemic areas of Cambodia. Infect Dis Poverty. 2018; 7:107.
37. Maia MF, Kliner M , Richardson M, Lengeler C, Moore SJ. Mosquito repellents for malaria prevention. Switzerland: John Wiley & Sons, Ltd; 2018.
38. สุธีรา พูลถิน, บุญเสริม อ่วมอ่อง. การศึกษาฤทธิ์คงทนของสารเคมีที่ใช้ชุบเสื้อคลุมตาข่ายป้องกันไข้มาลาเรียในกลุ่มประชากรที่มีอาชีพทำสวนยางพาราในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารควบคุมโรค. 2547:30; 167-73.
39. Sholdt L, Schreck C E, Mwangelwa M I, Nondo J, Siachinji V J. Evaluations of permethrin-impregnated clothing and three topical repellent formulations of deet against tsetse flies in Zambia. Med Vet Entomol. 1989;3(2): 153–158.

40. Mcandless J M, Linsay I S. Pyrethroid-treated jackets versus repellent-treated jackets and hoods for personal protection against biting flies. Canada. Department of National Defence Canada; 1977.
41. ศูนย์อุตุนิยมวิทยาทะเล. กรมอุตุนิยมวิทยา. ภูมิอากาศจังหวัดสุราษฎร์ธานี[อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 24 เม.ย. 256].
แหล่งข้อมูล:http://www.marine.tmd.go.th/thai/tus_type/suratthani.html
42. World Health Organization. World Malaria Report. Geneva : World Health Organization; 2011.
43. Achee N L, Bangs M J, Farlow R, et al .Spatial repellents: from discovery and development to evidence-based validation. Malar J. 2012; 11:164.
44. Sungvornyothin S, Muenvorn V, Garros C, Manguin S, Prabaripai A, Bangs MJ, et al. Trophic behavior and biting activity of the two sibling species of the *Anopheles minimus* complex in western Thailand. J Vector Ecol. 2006; 31: 2252-2261.
45. Overgaard H J, Tsuda Y, Suwonkerd W, Takagi M. Characteristics of *Anopheles minimus* (Diptera: Culicidae) larval habitats in northern Thailand. Environ Entomol 2002; 31:134-141.
46. Morgan K, Somboon P ,Walton C. Understanding Anopheles diversity in Southeast Asia and its applications for malaria control. IntechOpen [Internate]. 2013 July [cited 2013 July 24]. Available from: https://www.intechopen.com/books/anopheles-mosquitoes-new-insights-into-malaria-vectors/understanding-anopheles-diversity-in-southeast-asia-and-its-applications-for-malaria-control.
47. Manguin S, Mouchet J, Coosemans M. Molecular identification of sibling Anopheles species: example of the *Anopheles minimus* and *Anopheles dirus* complexes, major malarial vectors in Southeast Asia. Med Trop. 2001, 61:463–469.
48. Tisgratog R , Tananchai C, Juntarajumnong W , Tuntakom S, Bangs MJ, Corbel V et al. Host feeding patterns and preference of *Anopheles minimus* (Diptera: Culicidae) in a malaria endemic area of western Thailand: baseline site description. Parasit Vectors. 2012; 5:114.
49. Chareonviriyaphap T, Prabaripai A, Bangs MJ, Aum-Aung B. Seasonal abundance and blood feeding activity of *Anopheles minimus* Theobald (Diptera: Culicidae) in Thailand. J Med Entomol. 2003; 40:876–881.
50. World Health Organization. Pesticides Evaluation Scheme (WHOPES). Guidelines for Laboratory and Field Testing of Long-Lasting Insecticidal Mosquito Nets. Geneva. World Health Organization; 2005.
51. Grieco J P, Achee A L , Chareonviriyaphap T, Suwonkerd W, Chauhan K , Sardelis M R , et al. A New Classification System for the Actions of IRS Chemicals

Traditionally Used For Malaria Control. PLoS One. 2007; 2(8): e716. Doi: 10.1371/journal.pone.0000716. PMID: 17684562. PMCID: PMC1934935.

52. Chareonviriyaphap T, Prabaripai A, Sungvornyothin S. An improved excito-repellency for mosquito behavioral test. J Vector Ecol. 2OO2; 27:250-252.
53. Chareonviriyaphap T, Prabaripai A, Bangs MJ. Excito-repellency of deltamethrin on the malaria vector, *Anopheles minimus*, *Anopheles dirus*, *Anopheles swadiwongporni*, and *Anopheles maculatus* in Thailand. J Am Mosq Control Assoc. 2004; 20(1):45-54.
54. Pothikasikorn J, Chareonviriyaphap T, Bangs M J, Prabaripai A. Behavioral responses to DDT and Pyrethroids between *Anopheles minimus* Species A and C, Malaria Vectors in Thailand. Am J Trop Med Hyg. 2055;73:3439.
55. Ritthison W, Titgratog R, Tainchum K, Bangs M J, Manguin S, Chareonviriyaphap T. Pyrethroid susceptibility and behavioral avoidance in Anopheles epiroticus, a malaria vector in Thailand. J Vector Ecol. 2014;39:32-43.
56. Pothikasikorn J, Overgaard H, Ketavan C, Visetson S, Bangs MJ, Chareonviriyaphap P. Behavioral Responses of Malaria Vectors, *Anopheles minimus* Complex, to Three Classes of Agrochemicals in Thailand. J Med Entomol. 2007; 44: 9-1032.
57. อรวรรณ สุวรรณทอง. กระบวนการปั่นเส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิตสำหรับประยุกต์ใช้ทางการแพทย์. วารสารวิทยาศาสตร์ มข. 2558; 43(4) 578-564.
58. ปรัชญา ทิพย์ดวงตา, จักรพันธ์ ศิริธัญญาลักษณ์ . ความรู้เบื้องต้นและการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการปั่น เส้นใยด้วยไฟฟ้าสถิต ในด้านเภสัชกรรมและเครื่องสำอาง. วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน . 2560; 13(2) : 1-15.
59. Eamsila C, Frances P, Strickman D. Evaluation of permethrin treated military uniforms for personal protection against malaria in northeastern Thailand. J Am Mos Con Assoc. 1994; 10:515-21.
60. Kimani EW, Vulule JM, Isabel W, Kuria IW, Mugisha F. Use of insecticide-treated clothes for personal protection against malaria: a community trial. Malaria J. 2006; 5:63.
61. สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค. ฐานข้อมูลกีฏวิทยา [อินเทอร์เน็ต]. [สืบค้นเมื่อ 22 ก.พ. 2561]. แหล่งข้อมูล:http://www.thaivbd.org/entomological/report/test?province=&month=&year=&chemical_id=2&density= .
62. สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค. การศึกษาความไวของยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียต่อสารเคมีกำจัดแมลง พื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. นนทบุรี: สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง; 2555.
63. สุกัญญา สุวรรณรัตน์, ปฐมพร พริกชู, อนุพงศ์ สุจริยากุล. การศึกษาประสิทธิผลเสื้อคลุมตาข่ายชุบสารเคมี ต่อการป้องกันไข้มาลาเรียในประชากรที่มีอาชีพทำสวนยางพารา จังหวัดสุราษฎร์ธานี ปี พ.ศ.2545-2546. วารสารโรคติดต่อนำโดยแมลง. 2547;1: 23-9.