

การศึกษาฤทธิ์คงทนของสารเคมีชุบมุ้งป้องกันโรคไข้มาลาเรีย  
ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

(The persistence insecticides use to impregnated nets for malaria  
control in Nakhon SI Thammarat Province)

นายยุทธพงศ์ หมั่นราษฎร์

นายคณพศ ทองขาว

นายวิจิต ดอกขัน

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช  
กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข

การศึกษาฤทธิ์คงทนของสารเคมีชุบมุ้งป้องกันโรคไข้มาลาเรีย  
ในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช

(The persistence insecticides use to impregnated nets for malaria  
control in Nakhon SI Thammarat Province)

นายยุทธพงศ์ หมั่นราษฎร์

นายคณพศ ทองขาว

นายวิจิต ดอกขัน

สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช

กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข

## กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยความกรุณาในการอนุเคราะห์ให้คำปรึกษาและข้อเสนอแนะที่มีประโยชน์ยิ่งจาก นายบุญเสริม อ่วมอ่อง นักวิชาการสาธารณสุข ชำนาญการพิเศษ สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์ควบคุมโรคติดต่อนำโดยแมลงที่ 11.2 จังหวัดนครศรีธรรมราช และคณะเจ้าหน้าที่ทีมกีฏวิทยา ทุกท่าน ที่ได้ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานศึกษาวิจัยเป็นอย่างดี ขอขอบคุณ กลุ่มเทคโนโลยีควบคุมแมลงนำโรค สำนักโรคติดต่อนำโดยแมลง ที่สนับสนุนยุงที่ใช้ทดสอบ และขอบคุณคณะเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการทดลองยุงพาหะนำโรค สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช ในการช่วยดำเนินการเลี้ยงยุงทดสอบอย่างมีประสิทธิภาพ

## บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้เพื่อหาฤทธิ์คงทนของสารเคมีซุบมุ้ง Deltamethrin 25 % tablet ความเข้มข้นเฉลี่ย 25-30 mg/m<sup>2</sup> Bifenthrin 25 % tablet ความเข้มข้นเฉลี่ย 25-30 mg/m<sup>2</sup> และ Cyfluthrin 5 % EW ความเข้มข้นเฉลี่ย 40-50 mg/m<sup>2</sup> ในพื้นที่ภาคสนามของสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยใช้ยุงก้นปล่อง *Anopheles minimus* เพศเมีย อายุ 3 – 5 วัน ที่กินอาหารเลือดหรือน้ำตาลเข้มข้น 10% จนอิ่ม จากห้องปฏิบัติการทดลองยุงพาหะนำโรค สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช และสำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค

ผลการศึกษาพบว่ามุ้งซุบสารเคมีทั้ง 3 ชนิดที่ไม่มีการใช้งานและไม่ผ่านการซักล้าง หลังการซุบ สามารถทำให้ยุงทดสอบตายที่ระยะเวลา 24 สัปดาห์ ร้อยละ 85.0 87.5 และ 80.0 ของการทดสอบด้วย สารเคมี Deltamethrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25-30 mg/m<sup>2</sup> สารเคมี Bifenthrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25-30 mg/m<sup>2</sup> และ สารเคมี Cyfluthrin 5 % EW ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 40-50 mg/m<sup>2</sup> ตามลำดับ ดังนั้น สารเคมีเหล่านี้จึงมีประสิทธิภาพในการนำมาใช้ซุบมุ้งเพื่อควบคุมยุงพาหะนำเชื้อโรคไข้มาลาเรียได้ ไม่น้อยกว่า 24 สัปดาห์ เช่นกัน

## Abstract

The objective of this study was to compare the persistence of 3 different insecticides used to impregnate mosquito nets. These were Deltamethrin 25% tablet at an average concentration of  $25 - 30 \text{ mg/m}^2$ , Bifentrin 25% ( $25 - 30 \text{ mg/m}^2$ ) and Cyfluthrin 5% ( $40 - 50 \text{ mg/m}^2$ ). The study was carried out in the field areas under the responsibility of The Office of Disease Prevention and Control No.11 Nakhon Si Thammaraj Province(ODPC 11). *Anopheles minimus* mosquito, aged 3 – 5 days, full feeding with blood or 10% sugar, obtained from the insectariums of the ODPC 11 and The Bureau of the Vector – borne Disease were used to conduct bio-assay test 24 weeks after the impregnation. The results showed that after 24 weeks, the unused and never been washing mosquito nets impregnated by 3 different insecticides (Deltamethrin 25% tablet at an average concentration of  $25 - 30 \text{ mg/m}^2$ , Bifentrin 25%( $25 - 30\text{mg/m}^2$ ) and Cyfuthrin 5% EW%( $40 - 50\text{mg/m}^2$ )) were still able to kill the tested mosquitoes 85, 87.5 and 80 %, respectively. It was implied that these insecticide treated mosquito nets were effective for controlling malaria vectors for at least 24 weeks.

## สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ก
บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูปภาพ	ช
สารบัญแผนภูมิ	ซ
บทที่	
1. บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	5
นิยามศัพท์การวิจัย	5
2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
ความรู้เรื่องโรคมลาเรีย	7
ยุงพาหะนำโรคมลาเรียในประเทศไทย	25
การควบคุมโรคไข้มาลาเรียโดยใช้มาตรการ	37
ควบคุมยุงพาหะ	
การแบ่งห้องที่ปฏิบัติงาน	45
กลุ่มของสารเคมีกำจัดแมลง	46
รูปแบบของสารเคมีกำจัดแมลง	48
การต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลง	53
วิธีการตรวจการสร้างความต้านทาน	56
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	57
3. วิธีดำเนินการวิจัย	60
วัสดุและอุปกรณ์	60
การชุบมุ้ง	61

	หน้า
การทดสอบประสิทธิภาพ(Bio – assay test)	62
การประเมินผล	63
4. ผลการศึกษา	64
อัตราการสลับของยุงทดสอบ	64
อัตราตายของยุงทดสอบ	65
5. อภิปราย สรุปผลและข้อเสนอแนะ	67
อภิปรายผลการศึกษา	67
สรุปผลการศึกษา	68
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	75
ประวัติผู้วิจัย	80

## สารบัญแผนภูมิ

ตารางที่	หน้า
1. จำนวนผู้ป่วยโรคไข้มาลาเรีย จังหวัดนครศรีธรรมราช จำแนกรายเดือน ปีงบประมาณ 2551 เปรียบเทียบ ปีงบประมาณ 2550 และค่ามัธยฐาน ปี 2546 – 2550	3



## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1. ระยะการเจริญเติบโต ขนาดของ schizont และจำนวน merozoite ของเชื้อมาลาเรีย	12
2. สารเคมีที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ใช้ชุบมุ้งกางนอนเพื่อควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย	40
3. คุณลักษณะของสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมกำจัดยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย	52
4. ผลการอัตราการสลบของยุง <i>Anopheles minimuss</i> ต่อมุ้งที่ชุบสารเคมี ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังการชุบมุ้ง	65
5. ผลอัตราการตายของยุง <i>Anopheles minimuss</i> ต่อมุ้งที่ชุบสารเคมี ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังการชุบมุ้ง	66

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1. วงจรชีวิตของเชื้อมาลาเรีย	9
2. การวินิจฉัยโรคไข้มาลาเรีย	17
3. ไข่มูกก้นปล่อง	28
4. ลูกน้ำยุงก้นปล่อง	29
5. ตัวโม่งยุงก้นปล่อง	29
6. ตัวเต็มวัยยุงก้นปล่อง	31
7. แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่อง	34

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

โรคไข้มาลาเรียเป็นโรคที่สำคัญของประเทศในเขตร้อน ทำให้ประชาชนเจ็บป่วยและตายเป็นจำนวนมาก นอกจากนี้โรคไข้มาลาเรียยังมีผลกระทบต่อเศรษฐกิจและสังคมของประเทศโดยรวม ในแต่ละปีรัฐต้องสูญเสียงบประมาณในการดำเนินงานควบคุมไข้มาลาเรียเป็นจำนวนมาก<sup>(1)</sup> ส่วนผู้ป่วยมาลาเรียและครอบครัวนอกจากเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาแล้วยังขาดรายได้ที่พึงได้รับในระหว่างการเจ็บป่วยอีกด้วยทำให้เกิดผลกระทบต่อการค้าวิชาชีพซึ่งทำให้ประเทศชาติประสบปัญหาด้านเศรษฐกิจโดยรวมต่อไป<sup>(2)</sup>

สำหรับประเทศไทยโรคไข้มาลาเรียเป็นโรคติดต่อที่เป็นปัญหาสาธารณสุขมาเป็นเวลานาน แม้ว่าจะมีมาตรการเพื่อลดอุบัติการณ์ของโรคดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง แต่จากความผันแปรของปัจจัยหลายด้านที่นับวันจะซับซ้อนมากขึ้น ทั้งเรื่องของสภาพแวดล้อมและวิวัฒนาการของเชื้อ ทำให้มีแนวโน้มที่จะพบผู้ติดเชื้อมาลาเรียเพิ่มสูงขึ้น รวมทั้งปัญหาแรงงานต่างด้าวที่อพยพเข้ามาทำงานในประเทศไทยเป็นจำนวนมาก ทั้งที่ถูกกฎหมายและลักลอบเข้ามา จึงส่งผลกระทบต่อแผนการควบคุมโรคมมาลาเรีย เนื่องจากการย้ายถิ่นฐานไปยังบริเวณอื่น จนเป็นสาเหตุของการกลับมาของโรคไข้มาลาเรีย รวมทั้งการพบจำนวนผู้ป่วยในพื้นที่ที่ไม่เคยพบการระบาดของโรคมามาก่อน ซึ่งเป็นสัญญาณเตือนการระบาดของโรคที่รุนแรงมากขึ้นทำให้ประชาชนเจ็บป่วยและตายเป็นจำนวนมาก

## สถานการณ์โรคไข้มาลาเรียของจังหวัดนครศรีธรรมราช ปีงบประมาณ 2551

จากการเฝ้าระวังโรคไข้มาลาเรียใน ปีงบประมาณ 2551 ประกอบด้วยการค้นหาผู้ป่วยทางตรงและทางอ้อม การให้การรักษาผู้ป่วย การสอบประวัติ การลงทะเบียน การติดตามผลการรักษาและการทำลายแหล่งแพร่เชื้อ รวมผลงานทุกกิจกรรม คิดเป็นอัตราเจาะโลหิตต่อประชากร (Annual Blood Examination Rate: ABER) ร้อยละ 2.47 อัตราพบเชื้อ (Slide Positive Rate : SPR) ร้อยละ 0.48 และอัตราป่วยด้วยไข้มาลาเรีย (Annual Parasite Incidence : API) ต่อประชากรพันคนเท่ากับ 0.16

### ชนิดเชื้อมาลาเรีย

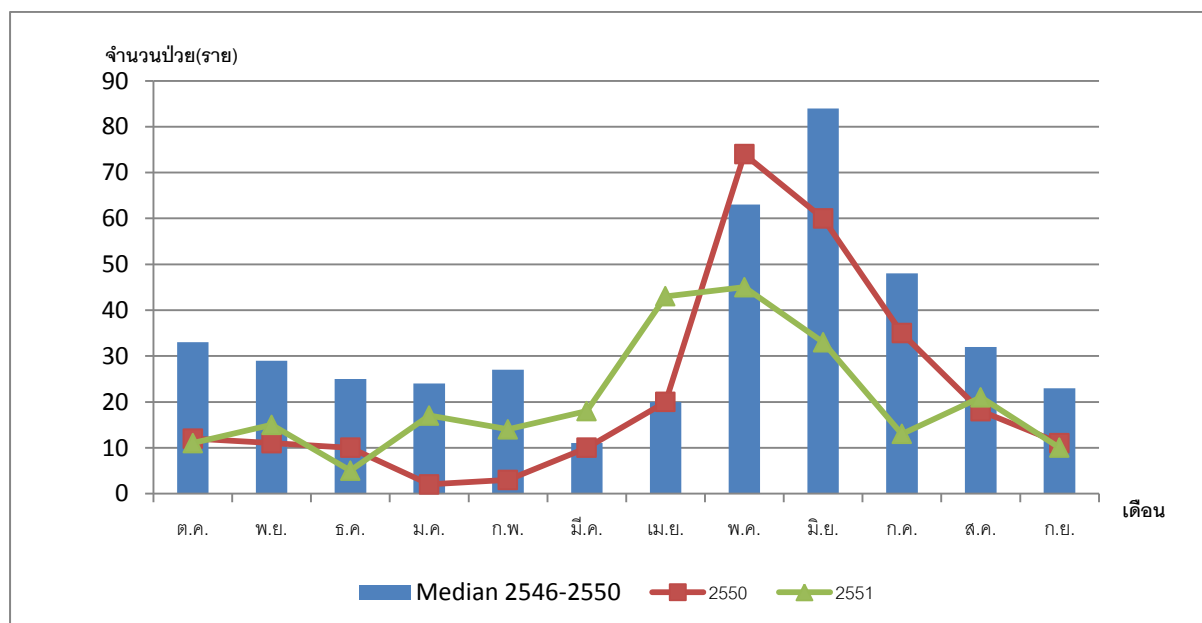
ในปีงบประมาณ 2551 พบผู้ป่วยติดเชื้อมาลาเรียชนิดฟัลซิพารัมจำนวน 181 ราย คิดเป็นร้อยละ 73.88 และพบผู้ป่วยติดเชื้อมาลาเรียชนิดไวแวกซ์ จำนวน 64 ราย คิดเป็นร้อยละ 26.12 อัตราส่วนระหว่างเชื้อ *P. falciparum* และ *P. vivax* เป็น 2.8 : 1

### การกระจายของผู้ป่วย

การกระจายของผู้ป่วยตามกลุ่มอายุและเพศ ผู้ป่วยเพศชายร้อยละ 65.19 เพศหญิงร้อยละ 34.81 อัตราส่วนผู้ป่วยชาย : หญิง เท่ากับ 1.87 : 1 ผู้ป่วยที่พบส่วนใหญ่อยู่ในวัยทำงานและติดเชื้อมาลาเรียเนื่องมาจากการประกอบอาชีพเสี่ยง ซึ่งได้แก่ อาชีพ ตัดไม้ การทำสวนยาง และทำสวนผลไม้

การกระจายของผู้ป่วยตามระยะเวลา มักพบผู้ป่วยสูงในเดือนเมษายน - มิถุนายน ซึ่งเป็นช่วงเริ่มต้นฤดูฝน ดังรายละเอียดตามแผนภูมิที่ 1

แผนภูมิที่ 1 แสดงจำนวนผู้ป่วยโรคไข้มาลาเรีย จังหวัดนครศรีธรรมราช จำแนกรายเดือน  
ปีงบประมาณ 2551 เปรียบเทียบ ปีงบประมาณ 2550 และค่ามัธยฐาน ปี 2546 – 2550



การควบคุมยุงพาหะนำโรคเป็นมาตรการหนึ่งในการป้องกันและควบคุมโรคไข้มาลาเรีย เพื่อลดปริมาณ ลดอายุขัยและการสัมผัสระหว่างคนและยุง วิธีการนี้จะทำให้หยุดวงจรการแพร่กระจายของโรคลงได้ ในประเทศไทยการใช้สารเคมีกำจัดแมลงสำหรับพ่นชนิดมีฤทธิ์ตกค้างและการใช้สารเคมีชุบมุ้ง เป็นมาตรการหลักที่ใช้ในการป้องกันยุงกัดและการแพร่ระบาดของโรค จุดมุ่งหมายของการพ่นชนิดมีฤทธิ์ตกค้างตามผนังบ้านเรือนด้วยสารเคมีกำจัดแมลงเพื่อป้องกันยุงกัดปล่องพาหะนำโรคไข้มาลาเรียเข้ากัดคนในบ้านที่พักอาศัย เช่นเดียวกับการชุบมุ้งด้วยสารเคมีกำจัดแมลงเพื่อป้องกันไม่ให้ยุงเข้ากัดคนในบ้านหรือที่พักอาศัยเช่นกัน ทั้งสองวิธีการนี้สารเคมีสามารถขับไล่หรือป้องกันยุงพาหะนำโรคไม่ให้เข้าไปกัดคนได้ แต่อย่างไรก็ตามสารเคมีกำจัดแมลงจะมีประสิทธิภาพในการขับไล่หรือมีฤทธิ์ฆ่ายุงได้นั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารเคมีกำจัดแมลงแต่ละชนิดซึ่งอาจจะแตกต่างกันได้

การใช้สารเคมีกำจัดแมลงสำหรับการควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียมีทั้งประโยชน์และโทษ คือ สารเคมีสามารถควบคุมแมลงเป้าหมายได้ในเวลาอันรวดเร็วทำให้โรค

ไม่สามารถแพร่กระจายไปสู่พื้นที่อื่นๆ ได้ แต่หากมีการใช้สารเคมีไม่ถูกต้อง อาจก่อให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพและเศรษฐกิจ เช่น มีปริมาณสารเคมีปนเปื้อนในธรรมชาติจนก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพ ยุงพาหะนำโรคสร้างความต้านทานต่อสารเคมี หรือมีการร่งนำเข้าสู่สารเคมีจากต่างประเทศเพิ่มมากขึ้น เป็นต้น

ปัจจุบันสารเคมีกำจัดแมลงที่นำมาใช้ในการพ่นแบบมีฤทธิ์ตกค้างและซุ่มเป็นสารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์ เนื่องจากสารเคมีกลุ่มนี้มีฤทธิ์ทำให้ยุงสลบหรือฆ่ายุงได้และมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำ สลายตัวได้เร็ว สารเคมีในกลุ่มไพรีทรอยด์มีหลายชนิด ได้แก่ เพอร์มิทริน เดลต้ามีทริน ไบเฟนทริน ไซฟลูทริน แลมป์ดาไซฮาโลทริน เป็นต้น ซึ่งมีการใช้กันอย่างแพร่หลาย และในปัจจุบันการดำเนินงานควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียเป็นบทบาทหน้าที่ของหลายหน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีกำจัดแมลงแต่ละชนิด ก่อนมีการนำมาใช้พ่นหรือซุ่มเพื่อควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย ต่อไป

เนื่องจากประชากรในพื้นที่ชนบทของจังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพทางการเกษตรในพื้นที่ป่าเขาซึ่งเป็นแหล่งชุกชุมของโรคไข้มาลาเรีย ดังนั้นกิจกรรมประจำวันของประชากรในพื้นที่เสี่ยงจึงอำนวยความสะดวกโอกาสในการได้รับเชื้อมาลาเรียเพิ่มขึ้น เนื่องจากลักษณะภูมิประเทศของสถานที่พักอาศัยและสถานที่ประกอบอาชีพซึ่งมักเป็นแหล่งเดียวกัน มีระบบนิเวศวิทยา ที่เอื้อต่อการแพร่พันธุ์ของยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรีย มาตรการหนึ่งที่หน่วยงานทางราชการนำมาใช้ในการดำเนินงานป้องกันควบคุมโรคไข้มาลาเรียคือการใช้สารเคมีซุ่มที่ประชากรกลุ่มเสี่ยงใช้กางนอนโดยสารเคมีที่ใช้เป็นสารที่ไม่เป็นอันตรายต่อคน สัตว์และสิ่งแวดล้อม แต่ปัญหาที่พบคือ เมื่อมีการใช้สารเคมีชนิดเดียวกันในพื้นที่เดิมเป็นเวลานาน ๆ อาจส่งผลต่อการต้านทานสารเคมี ซึ่งจะเห็นได้ จากการศึกษาโดย บุญเสริม อ่วมอ่อง<sup>(3)</sup> พบว่า ยุงลายบ้านในพื้นที่ 10 จังหวัดเขตภาคกลางของประเทศไทยมีความไวต่อสารเคมีชนิดต่างๆ หลายระดับตั้งแต่ระดับสูงถึงต่ำ และแต่ละพื้นที่แตกต่างกันโดยเฉพาะสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ อาทิ เพอร์มิทริน พบว่าอัตราตายก่อนข้างต่ำ ร้อยละ 2-38 เป็นต้น และ

พบว่าถ้ามีการใช้สารเคมีรูปแบบใหม่เข้ามาควบคุมยุงพาหะในพื้นที่ที่ส่งผลให้ปริมาณยุงลดลงได้ เช่น อนุพงศ์ สุจริยากุล และคณะ<sup>(4)</sup> ศึกษาการใช้สารเคมี Zeta-cypermethrin 2.5% ผสมกับ Dichlorvos 20% พ่นหมอกควันกำจัดยุงลาย ผลการทดสอบ Bioassay test พบว่ายุงลายมีอัตราตาย 100% ประกอบกับสารเคมีที่ใช้ในการชุปมุ้งบางชนิดในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราชในปัจจุบันไม่สะดวกต่อผู้ใช้ มีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ลำเลียงขนย้ายและพกพาไม่สะดวก จึงทำการศึกษาค้นคว้าการใช้สารเคมีชุปมุ้งรูปแบบใหม่เพื่อเป็นทางเลือกในการดำเนินงานป้องกันควบคุมโรคไข้มาลาเรียเพื่อลดความต้านทานต่อสารเคมีของยุงพาหะและเป็นข้อมูลสำหรับหน่วยงานควบคุมโรคในระดับท้องถิ่นเพื่อพิจารณาเลือกใช้สารเคมีที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ ผู้ปฏิบัติงานและประชากรกลุ่มเป้าหมาย ที่อาจจะให้การยอมรับและมีความพึงพอใจเพิ่มขึ้นเพื่อผลสัมฤทธิ์ในการดำเนินงานที่สูงยิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

### วัตถุประสงค์ของการศึกษาวิจัย

เพื่อศึกษาฤทธิ์คงทนของสารเคมีชุปมุ้งป้องกันโรคไข้มาลาเรียต่อการควบคุมยุงพาหะนำโรค

### นิยามศัพท์

ฤทธิ์คงทน หมายถึง มุ้งที่ทำการชุปสารเคมีตามความเข้มข้นที่กำหนดมีประสิทธิภาพทำให้อัตราตายเฉลี่ยของยุงทดสอบต้องไม่น้อยกว่า ร้อยละ 80 ตลอดระยะเวลาที่ทำการทดสอบ

มุ้งชุปสารเคมี หมายถึง มุ้งธรรมดาที่ได้รับการชุปสารเคมีที่มีฤทธิ์กำจัดยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย (Insecticide Treated Net : ITN )

การตัดสินว่ายุงสลบ หมายถึง ยุงที่ไม่เคลื่อนไหวและไม่สามารถเกาะพื้นผิวด้วยเลี้ยงยุงได้ หลังทำการทดสอบ 1 ชั่วโมง

การตัดสินว่ายูงตาย คือ ยูงที่ไม่สามารถบินได้หรือไม่สามารถเกาะพักพื้นผิวด้วยเลี้ยง  
ยูงได้(แม้จะยังเคลื่อนไหวได้บ้าง) หลังทำการทดสอบ 24 ชั่วโมง

ประสิทธิภาพของสารเคมีที่มีผลต่อการควบคุมยุงพาณะนำโรค<sup>(5)</sup> กำหนดไว้ดังนี้

- อัตราตาย 98 – 100 % หมายถึง ยูงมีความไวต่อสารเคมี
- อัตราตาย 80 – 97 % หมายถึง ยูงอาจจะต้านทานต่อสารเคมี (ต้องมีการ  
ยืนยันผลอีกครั้ง)
- อัตราตาย < 80 % หมายถึง ยูงมีความต้านทานต่อสารเคมี



## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเรื่อง ฤทธิ์คงทนของสารเคมีซุบมุ้งป้องกันโรคไข้มาลาเรียในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ดังนี้

1. ความรู้เรื่องโรคมมาลาเรีย
2. ยุงพาหะนำโรคมมาลาเรียในประเทศไทย
3. การควบคุมโรคไข้มาลาเรียโดยใช้มาตรการควบคุมยุงพาหะ
4. การแบ่งห้องที่ปฏิบัติงาน
5. กลุ่มของสารเคมีกำจัดแมลง
6. รูปแบบของสารเคมีกำจัดแมลง
7. การต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลง
8. วิธีการตรวจการสร้างความต้านทาน
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 1 ความรู้เรื่องโรคมมาลาเรีย

##### ความรู้เกี่ยวกับโรคมมาลาเรีย <sup>(6)</sup>

ไข้มาลาเรีย หรือไข้จับสั่น เป็นโรคที่มีประวัติอันยาวนานมาพร้อมกับการกำเนิดของมนุษย์ ในสมัย Hippocratis (บิดาทางการแพทย์ในสมัยนั้น) ได้ตั้งข้อสังเกตเอาไว้ว่าโรคนี้มีความสัมพันธ์ทางฤดูกาล การค้นพบของสัตว์เซลล์เดียวที่เรียกว่า พลาสโมเดียม (Plasmodium) ในวันที่ 6 พฤศจิกายน ค.ศ. 1880 โดย Laveran แพทย์ชาวฝรั่งเศส ว่าเป็นต้นเหตุของไข้มาลาเรีย ทำให้เขาได้รับรางวัล Noble prize เป็นการเปิดศักราชใหม่ของการรักษาและควบคุมไข้มาลาเรีย

โรคมาลาเรียเป็นโรคติดต่อ มียุงก้นปล่องเป็นพาหะเกิดจากเชื้อ *Plasmodium* ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตเป็นสัตว์เซลล์เดียวอยู่ใน Class Sporozoa มีวงจรชีวิตอยู่ทั้งในสัตว์มีกระดูกสันหลังและสัตว์จำพวกยุง

### เชื้อมาลาเรีย

1. *Plasmodium falciparum*
2. *Plasmodium vivax*
3. *Plasmodium malariae*
4. *Plasmodium ovale*

การกระจายของเชื้อมาลาเรียชนิดต่าง ๆ นั้น ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิ ความชื้นและยุงพาหะในประเทศไทยพบทั้ง 4 ชนิด

อาการสำคัญของโรคนี้คือ ไข้ หนาวสั่น ปวดศีรษะ บางรายอาจถึงแก่ชีวิตได้หากไม่ได้รับการรักษาทันทีทันที จึงนับว่าโรคนี้เป็นอันตรายต่อมนุษย์อย่างมากอย่างไรก็ดี โรคนี้เป็นโรคที่ป้องกันและควบคุมได้

### การติดต่อโดย

1. ยุงก้นปล่องนำเชื้อเป็นยุงก้นปล่องตัวเมีย ในประเทศไทยมียุงก้นปล่องประมาณ 68 ชนิด แต่ยุงก้นปล่องที่เป็นพาหะหลัก (Primary vector) ได้แก่

*Anopheles minimus*

*Anopheles dirus*

ซึ่งเป็นวิธธรรมชาติที่พบได้มากที่สุด แต่มีวิธีอื่น ๆ ที่อาจพบได้เช่นกัน

2. ติดต่อจากมารดาซึ่งมีเชื้อมาลาเรียในร่างกายและถ่ายทอดทางรกไปสู่ทารกในครรภ์ วิธีนี้พบได้น้อยมากมักพบได้ในท้องที่ซึ่งมียุงก้นปล่องชุกชุมกรณีเช่นนี้จะพบระยะฟักตัวจะสั้นกว่าวิธียุงกัด ทารกแรกเกิดและมารดาจะมีเชื้อชนิดเดียวกัน

3. วิธีการถ่ายโลหิตซึ่งมักพบได้ในรายที่ผู้รับบริจาคโลหิตมีความหนาแน่นเชื้อมาลาเรียต่ำและไม่มีอาการ ซึ่งหากไม่ทำการตรวจโลหิตหาเชื้อมาลาเรียก่อน ผู้ป่วยที่รับถ่ายโลหิตจะป่วยเป็นมาลาเรียได้

## วงจรชีวิตของเชื้อมาลาเรีย

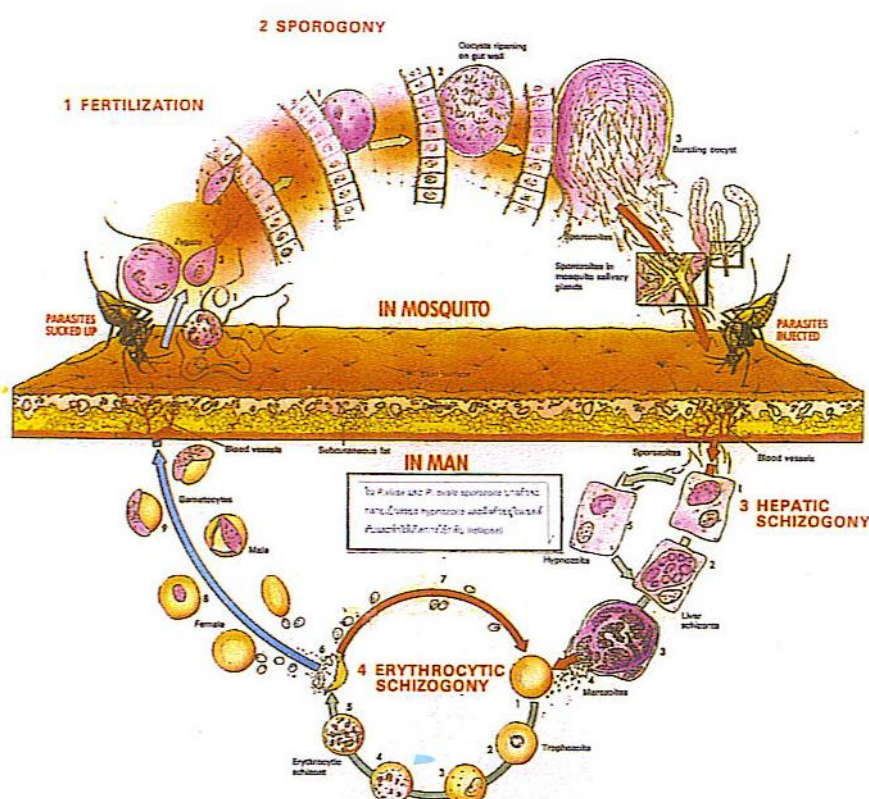
เชื้อมาลาเรียทั้ง 4 ชนิด มีวงจรชีวิตเหมือนกัน จะแตกต่างกันบ้างในเรื่องรูปร่างและการเจริญพันธุ์ของเชื้อในบางระยะเท่านั้น โดยแบ่งการเจริญพันธุ์เป็น 2 ระยะคือ

1. วงจรชีวิตมีเพศในยุงพาหะ (Sporogony)

2. วงจรชีวิตไม่มีเพศในคน (Schizogony) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ระยะคือ

2.1 วงจรชีวิตไม่มีเพศในเซลล์ตับ(Exo-erythrocytic Tissue schizogony)

2.2 วงจรชีวิตในเม็ดเลือดแดง (Erythrocytic schizogony) ซึ่งมีทั้งระยะไม่มีเพศและระยะมีเพศ



ภาพที่ 1 วงจรชีวิตของเชื้อมาลาเรีย

ที่มา : Knell AJ. Malaria. A publication of the Tropical Programme of the Wellcome Trust. Oxford university Press 1991.

## วงจรชีวิตมีเพศในยุงพาหะ (Sporogony) (ภาพที่ 1)

เมื่อยุงก้นปล่องตัวเมียบางชนิดที่สามารถทำหน้าที่เป็นพาหะนำเชื้อมาลาเรียไปสู่คนได้ตามธรรมชาติกัดและดูดโลหิตผู้ป่วยที่มีเชื้อมาลาเรียระยะมีเพศที่มีอายุอยู่ในระยะที่จะผสมกันได้ โดยดูดเอาเชื้อระยะนี้ทั้งตัวผู้และตัวเมียเข้าไปเป็นจำนวนมากพอที่จะไปผสมพันธุ์กันในตัวยุงต่อไปได้ เมื่อเชื้อมาลาเรียซึ่งอยู่ในกระแสโลหิตเข้าสู่กระเพาะอาหาร ยุง เม็ดเลือดแดงจะถูกย่อยทำลายพร้อมกับเชื้อระยะไม่มีเพศ และเชื้อระยะมีเพศที่มีอายุอ่อน ส่วนเชื้อระยะมีเพศที่มีอายุในระยะที่จะผสมพันธุ์กันได้จะเจริญตัวต่อไปโดยเชื้อตัวผู้ (Micro-gametocyte) จะมีการเกิด (exflagellation) โดยแบ่งนิวเคลียสออกเป็น 8 อัน ซึ่งแต่ละอันจะมี cytoplasm รูปร่างคล้ายเส้นด้าย (20-25 ไมครอน) เรียกว่า Flagellum (ถ้าย้อมด้วยสี Giemsa จะเห็นว่าตรงกลางเส้นด้ายมีจุดเล็ก ๆ ย้อมติดสีแดงและเส้นที่อยู่ข้าง ๆ ทั้ง 2 ข้าง จะย้อมติดสีน้ำเงิน) การเกิด Exflagellation นี้ใช้เวลาเพียงไม่กี่นาทีในอุณหภูมิที่เหมาะสม ดังนั้นในโลหิตสด ๆ ที่เจาะจากผู้ป่วยก็อาจจะเห็นนี้ได้ เชื้อตัวผู้ในระยะนี้เรียกว่า Microgamete ซึ่งจะแยกเป็นอิสระจากตัวเดิมและเคลื่อนไหวย่างรวดเร็ว

ในขณะที่เดียวกันเชื้อตัวเมีย (Macrogametocyte) ก็จะมีการเปลี่ยนแปลงตัวเองเข้าสู่ระยะพร้อมผสมพันธุ์โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง เชื้อตัวผู้จะถูกดึงดูดโดยเชื้อตัวเมียและจะเคลื่อนเข้าไปในเชื้อตัวเมียอย่างรวดเร็ว เป็นการผสมพันธุ์โดยส่วนของ chromatin ของ gamete ทั้งสองผสมพันธุ์กันเกิดระยะ Zygote เป็นการสิ้นสุดระยะ gametocyte และเริ่มระยะ sporogony

Zygote ซึ่งมีรูปร่างกลมจะหยุดการเคลื่อนไหวยะหนึ่ง หลังจากนั้น 18 - 24 ชั่วโมง ตัว Zygote จะเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโดยยึดตัวออกยาวขึ้นและเคลื่อนไหวได้สู่ระยะ Ookinete ซึ่งมีขนาดยาวประมาณ 18-24 ไมครอน Ookinete จะเคลื่อนตัวเข้าไปแทรกผ่านเซลล์ผนังกระเพาะอาหารด้านในออกมาอยู่ที่ด้านนอกของกระเพาะอาหารโดยอยู่ระหว่างเยื่อหุ้มชั้นนอกและชั้นใน

Ookinete จะมีผนังบางๆ ล้อมรอบตัวมันเกิดเป็นก้อนกลม ๆ มีผนังที่ยืดหยุ่นได้ ระยะนี้ เรียกว่า Oocyst ที่ติดอยู่บนกระเพาะอาหารยุงจะแตกต่างกันมีตั้งแต่จำนวนเล็กน้อยจนถึงหลายร้อยตัว Oocyst ซึ่งเป็นก้อนกลมโปร่งแสงแล้วโตขึ้นเรื่อย ๆ มีขนาดประมาณ

40 -80 ไมครอน ส่วนนิวเคลียสใน Oocyst จะแบ่งตัวเป็น daughter nuclei เล็กๆ มากมาย ต่อมาจะมี Cytoplasm มาล้อมรอบแต่ละนิวเคลียสเกิดเป็น daughter cell เรียกว่า ซึ่งจะมรูปร่างยาวคล้ายเข็มมีขนาดยาวประมาณ 10 -15 ไมครอน ปลายแหลมและมีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง Sporozoite จะเจริญอยู่ใน mature Oocyst เมื่อจำนวนและขนาดเพิ่มมากขึ้น ผนังที่หุ้ม Oocyst จะแตกออก Sporozoite จะกระจายเข้าสู่ hemocoel ของยุงและไหลเวียนไปตาม hemolymph ส่วนต่าง ๆ ของยุงประมาณ 2 % ของ Sporozoite เข้าสู่ต่อมน้ำลายของยุง ซึ่งเป็นระยะที่ยุงจะถ่ายทอดเชื้อได้

ขณะที่ยุงกัดคน Proboscis ของยุงจะซ่อนไซไปดูดโลหิตจากเส้นโลหิตฝอยใต้ผิวหนังของคนพร้อม ๆ กับปล่อย Sporozoite เข้าสู่กระแสโลหิตของคนต่อไปและเป็นจุดเริ่มต้น human phase

เชื้อระยะ Sporozoite ก็จะเจริญเป็นวงจรชีวิตแบบไม่มีเพศในคนและทำให้เกิดอาการไข้ รวมทั้งการผลิตเชื้อระยะมีเพศต่อไปด้วย

วงจรชีวิตของเชื้อมาลาเรียที่อยู่ในยุงตั้งแต่เชื้อระยะมีเพศ (gametocyte) ถึงระยะ Sporozoite จะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับชนิดของยุง อุณหภูมิ ความชื้น เป็นต้น โดย *P.falciparum*, *P.vivax*, *P.ovale* ใช้เวลาประมาณ 10-20 วัน ส่วน *P.malariae* จะนานกว่า

## วงจรชีวิตไม่มีเพศในคน (Schizogony) (ภาพที่ 1)

### 1. เชื้อระยะในเซลล์ตับ (Tissue schizogony)

ระยะนี้เกิดภายในร่างกายของคนจึงอาจเรียกว่า Intrinsic phase เป็นการสืบพันธุ์ด้วยวิธีแบ่งตัวเพิ่มจำนวนโดยไม่มีการผสมระหว่างเซลล์สืบพันธุ์ เริ่มตั้งแต่ยุงก้นปล่องตัวเมียที่มีเชื้อระยะ Sporozoite ในต่อมน้ำลายมากัดคนและปล่อย Sporozoite ในกระแสโลหิตของคนภายในเวลาครึ่งชั่วโมงเชื้อจะหายไปจากกระแสโลหิตนั้น บางตัวจะถูกทำลายโดยเม็ดเลือดขาว ส่วนมากที่เหลือจะเข้าไปสู่เซลล์ตับมีการเจริญเติบโตเพิ่มจำนวนโดยขบวนการที่เรียกว่า Exo-erythrocytic schizogony นิวเคลียสของ Sporozoite จะแบ่งตัวเพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ (Schizont) และมีขนาดโตขึ้นจนมีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 45 - 60 ไมครอน ส่วนนิวเคลียสจะมี cytoplasm ล้อมลอบกลายเป็น merozoite

ซึ่งมีจำนวนหลายพันตัว เป็นสาเหตุให้เซลล์ตับส่วนนั้นแตก merozoite แต่ละตัวมีขนาด 1.0 - 1.8 ไมครอน นิวเคลียสของเซลล์ตับจะถูกเบียดไปด้านข้างแต่จะไม่มีผลอื่น ๆ ต่อเนื้อเยื่อรอบ ๆ

ระยะในการเจริญเติบโต ขนาดของ schizont และจำนวน merozoite จะแตกต่างกันแล้วแต่ชนิดของเชื้อมาลาเรีย ดังนี้

ตารางที่ 1 ระยะการเจริญเติบโต ขนาดของ schizont และจำนวน merozoite ของเชื้อมาลาเรีย

ชนิดเชื้อ	ระยะเวลาในการเจริญ (วัน)	ขนาดของ Schizont (ไมครอน)	จำนวน merozoite (ตัว)
<i>P. falciparum</i>	5 <sup>1</sup> / <sub>2</sub> - 7	60	~ 40,000
<i>P. vivax</i>	6 - 8	45	~ 10,000
<i>P. malariae</i>	12 - 16	45	~ 2,000
<i>P. ovale</i>	9	70	~ 15000

ดังนั้นภายหลังจากที่คนได้รับเชื้อ 6 - 16 วัน เซลล์ตับจะแตกออกและปล่อย merozoite ออกไปโดยเชื้อส่วนใหญ่จะเข้าไปอาศัยอยู่ในเม็ดเลือดแดงและบางส่วนถูกทำลายโดยเม็ดเลือดขาว

Merozoite ของ *P.falciparum* และ *P.malariae* ที่อยู่ในเซลล์ตับ จะทำให้เซลล์ตับทุกเซลล์ที่มีเชื้อแตกพร้อม ๆ กันและไม่มีตกค้างอยู่ในเซลล์ตับเลยจึงไม่เกิดไข้กลับ (Relapse) แต่การมี recurrent parasitemia เกิดเนื่องมาจากการเจริญแบ่งตัวของ parasite ในเม็ดเลือดแดงในกระแสโลหิต

สำหรับการติดเชื้อ *P.vivax* และ *P.ovale* เชื้อระยะ Sporozoite บางส่วนที่เข้าไปอยู่ในเซลล์ตับจะพักตัวอยู่เฉย ๆ ในเซลล์ตับ โดยไม่มีการเจริญหรือแบ่งตัวนานเป็นสัปดาห์หรือเดือนจนกระทั่งเป็นปี ๆ ก่อนจะเจริญแบ่งตัวแล้วทำให้เกิดไข้กลับ (relapse) เชื้อระยะที่พักตัวอยู่ในตับเรียกว่า Hypnozoites

## 2. เชื้อระยะในเม็ดโลหิตแดง (Erythrocytic schizogony)

2.1 Merozoite ที่ถูกปล่อยออกจากเซลล์ตับจะเข้าไปอาศัยอยู่ในเม็ดเลือดแดง แล้วจะเจริญต่อไป โดยไม่มีเซลล์เพศเข้ามาเกี่ยวข้องแบ่งเป็นระยะต่าง ๆ ดังนี้

### 2.1.1 Trophozoite stage ประกอบด้วย 2 ระยะ คือ

2.1.1.1 Early trophozoite เป็นระยะอ่อนสุด โดยเชื้อจะมีขนาดเล็ก ก่อนข้างกลมและมีช่องว่างอยู่ตรงกลางมีนิวเคลียสอยู่ตรงขั้ว ส่วนของ cytoplasm จะมีรูปร่างเหมือนวงแหวน เรียกว่า ring form

2.1.1.2 Growing trophozoite เมื่อเชื้อโตขึ้นส่วน cytoplasm จะใหญ่ขึ้น และมีรูปร่างไม่แน่นอน ถ้าเป็นเชื้อ *P. vivax* จะเรียกว่า amoeboid form และในระหว่างที่เชื้อเจริญตัวจะมีการดูดซึม haemoglobin ของเม็ดเลือดแดงจะย่อยส่วนที่เหลือเป็น pigment หรือ haemozoin (heamatin+protein) ดังนั้นในฟิล์มโลหิตที่ย้อมด้วยสี Giemsa ส่วนที่เป็นนิวเคลียสของเชื้อจะติดสีแดง cytoplasm จะติดสีน้ำเงิน และ pigment จะติดสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลแก่เกือบดำ ซึ่งแล้วแต่ชนิดของเชื้อมาลาเรียและจะเห็นชัดเมื่อเชื้อโตขึ้นมาก

2.1.2 Schizont stage เชื้อจะเจริญเติบโตต่อไปโดยเชื้อจะเริ่มแบ่งตัวที่นิวเคลียสของเชือก่อน โดยจะแบ่งเป็น small nuclei จำนวนแตกต่างกันตามชนิดของเชื้อ และส่วนของ cytoplasm ก็จะแบ่งเป็นส่วนย่อย ๆ เช่นเดียวกัน โดย Cytoplasm ส่วนย่อย ๆ นี้จะมีนิวเคลียสอยู่ด้วย 1 จุด ได้เชื้อไขที่แบ่งตัวออกไปเป็นตัวเล็ก ๆ เรียกว่า merozoite ซึ่งจะมีรูปร่างกลม มีจำนวนแตกต่างกันคือ

<i>P. falciparum</i>	ประมาณ 18 - 32 ตัว	(เฉลี่ย 20 ตัว)
<i>P. vivax</i>	ประมาณ 16 - 24 ตัว	(เฉลี่ย 16 ตัว)
<i>P. malariae</i>	ประมาณ 6 - 12 ตัว	(เฉลี่ย 8 ตัว)
<i>P. ovale</i>	ประมาณ 6 - 12 ตัว	(เฉลี่ย 8 ตัว)

ระยะแบ่งตัว (Schizont stage) ซึ่งจะสิ้นสุดลงเมื่อเม็ดโลหิตแดงแตกออกแล้วปล่อย merozoite สู่กระแสเลือด หลังจากนั้น Merozoite บางจำนวนจะถูกทำลายโดยเม็ดเลือดขาว และบางจำนวนจะเข้าสู่เม็ดเลือดแดงใหม่ต่อไป เป็นการครบวงจร ระยะเวลาของ schizogony ในระยะ erythrocytic stage นี้จะแตกต่างกันตามชนิดของเชื้อคือ

<i>P. falciparum</i>	ใช้เวลาประมาณ	36-48 ชั่วโมง
<i>P. vivax</i>	ใช้เวลาประมาณ	2-48 ชั่วโมง
<i>P. malariae</i>	ใช้เวลาประมาณ	72 ชั่วโมง
<i>P. ovale</i>	ใช้เวลาประมาณ	50 ชั่วโมง

การเจริญตั้งแต่ ring form จนสิ้นสุดถึง mature schizogony ที่เรียกว่า erythrocytic schizogony ซึ่งอาจจะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีกจนเชื้อเพิ่มจำนวนมากขึ้นได้ทุกชนิดของ Plasmodium ถ้าไม่ได้รับการรักษาที่ถูกต้อง และจะค่อย ๆ ลดจำนวนลงเมื่อคนมีภูมิคุ้มกันของเชื้อขึ้น ลักษณะแตกต่างที่สำคัญของ Schizont ในตับกับ schizont ในเม็ดโลหิตแดง คือ Schizont ในตับจะไม่มี pigment

#### หมายเหตุ

ขบวนการเกิดไข้กลับ (Relapse) นั้นมีแต่เฉพาะใน *P. vivax* และ *P. ovale* เท่านั้น โดยพบว่า merozoite ชุดแรกที่เกิดจาก Sporozoite จากยุงที่เข้าเซลล์ตับตั้งแต่ต้นนั้น มีการเจริญเติบโตไป 2 แบบ คือ

แบบที่ 1 merozoite นั้นเจริญต่อแบบ Schizogony ในเซลล์ตับเมื่อเซลล์ตับส่วนนั้นแตกเชื้อจะเข้าสู่กระแสโลหิต และเข้าสู่ระบบ erythrocytic schizogony ทำให้เกิดไข้ขึ้น

แบบที่ 2 merozoite นั้นยังไม่เจริญต่อแต่จะซ่อนตัวเงียบ ๆ อยู่ในเซลล์ตับซึ่งเรียกว่า “hypnozoites” ซ่อนอยู่ได้นานเป็นสัปดาห์ เดือน หรือ ปี เมื่อมีโอกาสเหมาะสมจึงจะเจริญแบบ schizogony ในเซลล์ตับ และเมื่อเซลล์ตับส่วนนั้นแตก merozoite เข้าสู่กระแสโลหิตเจริญต่อไปเป็น erythrocytic schizogony ทำให้เกิดไข้กลับขึ้น

**2.2** หลังจากเกิดอาการไข้หนาวสั่น 3-15 วัน merozoite จาก erythrocytic schizogony บางส่วนที่เข้าเม็ดโลหิตแดงจะเจริญเปลี่ยนสภาพไปเป็นระยะมีเพศ เรียกว่า gametocyte ซึ่งมีทั้ง male gametocyte หรือ microgametocyte และ female gametocyte หรือ macrogametocyte เชื้อในเม็ดโลหิตแดงส่วนนิวเคลียส จะไม่แบ่งตัว เชื้อที่เจริญเป็นระยะมีเพศจะไม่เจริญเป็นรูปร่างวงแหวนและไม่มีช่องว่างอยู่ภายใน ลักษณะรูปร่างของเชื้อระยะมีเพศจะแตกต่างกันในเชื้อแต่ละชนิด เมื่อเชื้อมีเพศเจริญเต็มที่ถ้าไม่เข้าสู่ยุงพาหะและไม่ได้ได้รับการรักษาเชื้อมีชีวิตอยู่ในเม็ดโลหิตแดงอีก 8 - 9 วัน ก็จะหมดอายุไปเอง เว้นไว้แต่มียุงกินปล่องชนิดที่เป็นพาหะมาดูดเอาไปจึงจะเจริญเป็น Sporozoite ในยุงต่อไปได้อีก



เชื้อระยะมีเพศทั้ง microgametocyte และ macrogametocyte จะวนเวียนอยู่ในกระแสโลหิต โดยไม่มีการผสมพันธุ์กันเองและสามารถตรวจพบได้ในกระแสโลหิต ในระยะเวลาต่าง ๆ กันดังนี้

<i>P. falciparum</i> trophozoite	7 วัน หลังจากที่พบ trophozoite ครั้งแรก
<i>P. vivax</i> trophozoite	5 - 7 วัน หลังจากที่พบ trophozoite ครั้งแรก
<i>P. malariae</i> trophozoite	นานกว่า 20 วัน หลังจากที่พบ trophozoite ครั้งแรก
<i>P. ovale</i> trophozoite	5 - 7 วัน หลังจากที่พบ trophozoite ครั้งแรก

### ลักษณะอาการทางคลินิก

อาการและอาการแสดงของโรคมาลาเรียคล้ายกับโรคเขตร้อนหลายๆ โรคเช่น ไข้หวัดใหญ่ ไข้เลือดออก ไวรัสตับอักเสบ และอื่นๆ โดยทั่วไปผู้ป่วยจะมีไข้ปวดศีรษะ ปวดเมื่อยตามตัว คลื่นไส้ อาเจียน ซีด ตับโต ม้ามโต ผู้ป่วยที่มีอาการรุนแรงหรือมีภาวะแทรกซ้อน อาจพบความผิดปกติของอวัยวะหลายอย่าง ผู้ป่วยที่ไม่มีภูมิจะมีอาการต่างๆ รุนแรงกว่าผู้ป่วยที่มีภูมิคุ้มกันอยู่บ้าง แพทย์ควรนึกถึงมาลาเรียที่ออกจากแหล่งที่มีโรคชุกชุม 2 สัปดาห์ ถึง 2 เดือน การซักประวัติเสี่ยงต่อการเป็นมาลาเรีย เช่น ประวัติการเข้าป่า หรือได้รับโลหิตเป็นสิ่งสำคัญมาก

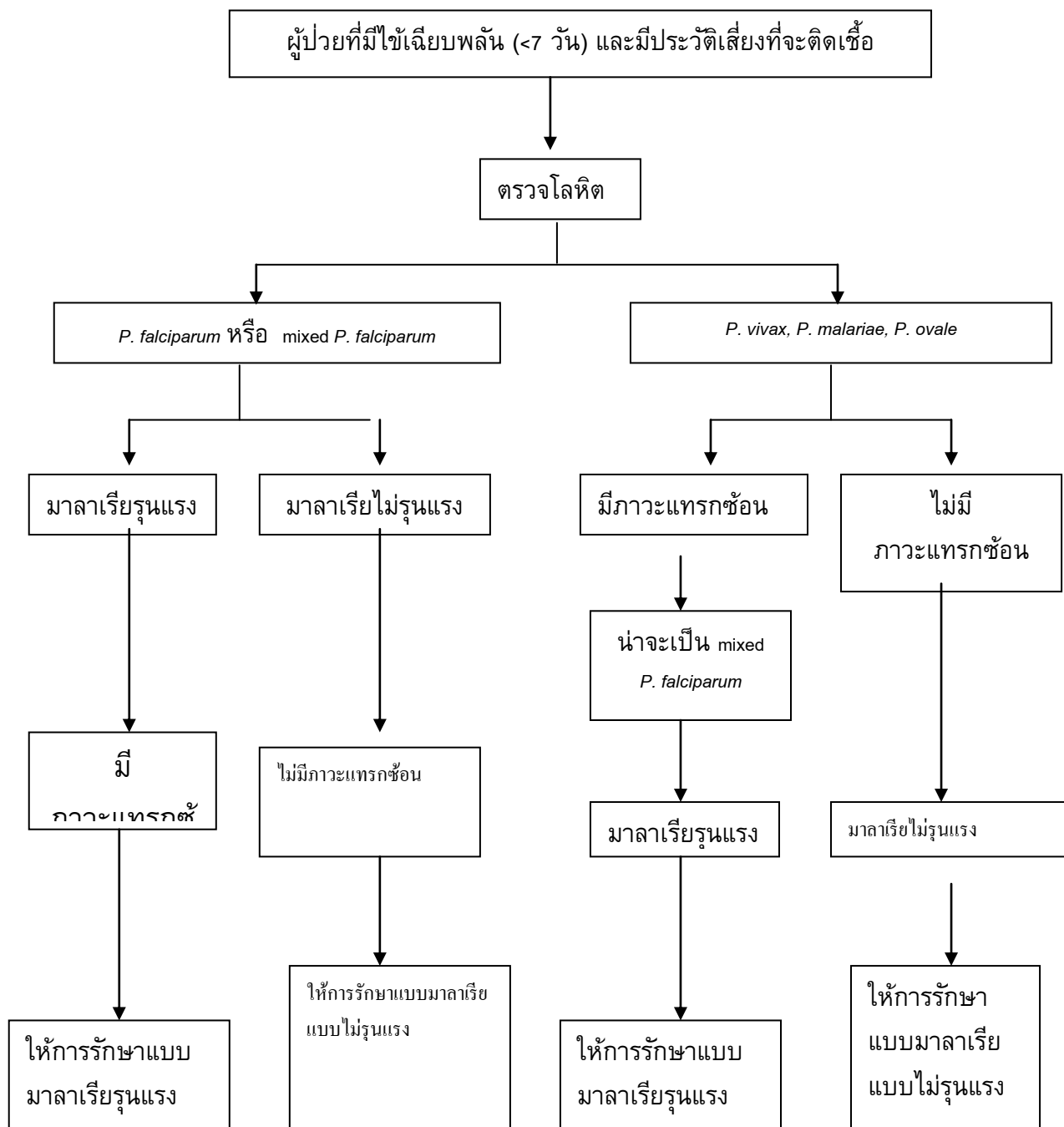
การวินิจฉัยมาลาเรียโดยอาศัยอาการทางคลินิกอย่างเดียวอาจจะไม่ถูกต้อง เนื่องจากมาลาเรียไม่มีอาการและอาการแสดงที่เป็นพิเศษแตกต่างจากโรคอื่น ๆ ดังนั้นจำเป็นต้องตรวจเลือดทางห้องปฏิบัติการเพื่อหาเชื้อมาลาเรียและบอกว่าเป็นเชื้อมาลาเรียสปีชีใด (ภาพที่ 1) วิธีวินิจฉัยทางห้องปฏิบัติการทำได้หลายวิธี แต่วิธีที่นิยมเนื่องจากสะดวกและมีราคาถูกคือ การตรวจฟิล์มโลหิตชนิดบางและชนิดหนา การตรวจไม่พบเชื้อมาลาเรียในโลหิตเพียงครั้งเดียวไม่ได้ยืนยันว่าผู้ป่วยไม่ได้เป็นมาลาเรียถ้าแพทย์ยังสงสัยว่าผู้ป่วยอาจเป็นมาลาเรียควรเจาะโลหิตผู้ป่วยตรวจทุก 6-12 ชั่วโมง 2 วันติดต่อกัน การที่ตรวจไม่พบเชื้อมาลาเรียจากฟิล์มโลหิตอาจเป็นเพราะมีเชื้ออยู่น้อยในโลหิต หรือผู้ตรวจไม่ชำนาญในการอ่านฟิล์ม วิธีการวินิจฉัยอื่น ๆ ที่มีใช้ในโรงพยาบาลบางแห่งคือ Dipstick

**ระยะพักตัวในผู้ป่วย** คือ ระยะที่ถูกยุงกัดจนกระทั่งผู้ป่วยเริ่มมีอาการป่วย ระยะนี้แตกต่างกันไปตามชนิดเชื้อมาลาเรีย โดยทั่วไปประมาณ 10- 14 วัน แต่อาจนานหลาย

สัปดาห์หรือหลายเดือนก็ได้ ขึ้นอยู่กับภูมิคุ้มกันและ/หรือการได้รับยาป้องกันมาลาเรียมาก่อน

<i>P. falciparum</i>	มีระยะฟักตัวในผู้ป่วยนานประมาณ 8 - 12 วัน
<i>P. vivax</i>	มีระยะฟักตัวในผู้ป่วยนานประมาณ 10 - 15 วัน
<i>P. malariae</i>	มีระยะฟักตัวในผู้ป่วยนานประมาณ 30 - 40 วัน
<i>P. ovale</i>	มีระยะฟักตัวในผู้ป่วยนานประมาณ 10 - 15 วัน

การจับไข้ในคนที่ได้รับเชื้อเป็นครั้งแรกจะเกิดขึ้นทันทีหลังระยะฟักตัวในผู้ป่วย โดยในระยะแรกที่เริ่มมีไข้ ไข้ยังไม่จับเป็นเวลา ผู้ป่วยอาจมีเพียงอาการไม่สบายในระยะ 2-3 วันแรก ปวดศีรษะ ปวดเมื่อยตัว เหนื่อย เบื่ออาหาร หลังจากนั้นในปลายสัปดาห์ไข้จึงจับเป็นเวลา โดยมีเวลาไข้ขึ้นและลงเป็นพัก ๆ เรียกว่ามี Periodicity เนื่องจากเชื้อระยะที่แตกออกจากเซลล์ตับเข้าสู่วงจรในเม็ดโลหิตเริ่มจัดตัวให้มีการเจริญพร้อมกัน



ภาพที่ 2 การวินิจฉัยโรคไข้มาลาเรีย

การจับไข่นั้นตรงกับระยะที่เชื้อในเม็ดโลหิตแดงเจริญเต็มที่กลายเป็น mature schizont ในเม็ดโลหิตแดงแตกออกเป็น 4 ระยะ คือ

1. ระยะหนาว (Cold stage) เป็นเวลา 15 - 60 นาที มีอาการดังนี้  
หนาวขนลุก ฟันกระแทกกัน เกร็ง อุณหภูมิร่างกายจะสูงขึ้น  
ชีพจรเบาและเร็ว ความดันโลหิตเพิ่มขึ้น ผิวหนังเย็นซีด  
คลื่นไส้ อาเจียน ปัสสาวะบ่อยและมาก
2. ระยะร้อน (Hot stage) ระยะนี้กินเวลาประมาณ 2 ชั่วโมง  
อุณหภูมิของร่างกายจะสูงขึ้น 39-40 องศาเซลเซียส ชีพจรเต้นแรง  
รู้สึกร้อน ลมหายใจร้อน หน้าและผิวหนังแดงและแห้ง  
ปวดศีรษะลึกเข้าไปในกระบอกตา  
ระยะท้ายเหงื่อเริ่มออกเข้าระยะเหงื่อออกอาการร้อนคลาย
3. ระยะเหงื่อออก (Sweating stage) กินเวลานาน 1 ชั่วโมง  
ชีพจรและความดันโลหิตค่อย ๆ ลดลงเป็นปกติ  
ผู้ป่วยรู้สึกอ่อนเพลียเหนื่อยและหลับไปเข้าสู่ระยะพัก  
เหงื่อออกมากบริเวณขมับก่อนแล้วจึงออกทั่วตัวจนเปียกโชกเสื้อผ้า  
อุณหภูมิลดลงอย่างรวดเร็ว

4. ระยะพัก คือ ระยะที่ไม่มีอาการจับไข้ ผู้ป่วยจะรู้สึกสบายดีกินเวลา 1-2 วันแล้วแต่ชนิดของเชื้อจึงจะจับไข้อีก ดังนั้นระยะพักจึงกินเวลานานเท่ากับเวลาของวงจรชีวิตไร้เพศในเม็ดโลหิตแดง

ปัจจุบันผู้ป่วยมาลาเรียส่วนใหญ่ โดยเฉพาะผู้ป่วย *P.falciparum* ผู้ป่วยจะไม่แสดงแยกเป็นระยะ ๆ ดังกล่าวข้างต้นอย่างชัดเจน

การจับไข้มี 4 ลักษณะคือ

1. Primary attack คือ จับไข้ครั้งแรกหลังจากระยะพักตัว
2. Relapse คือ การเกิดอาการของไข้มาลาเรียจะพบเชื้อมาลาเรียในโลหิตอีกหลังจากที่หายจากการเป็นไข้มาลาเรียแล้วไม่ได้รับเชื้อใหม่อีกเลย อาการไข้กลับชนิดได้ใน *P.vivax* และ *P.ovale* เพราะเชื้อมาลาเรียทั้งสองชนิดนี้มี hypnozoite หลบซ่อนอยู่ในเซลล์ตับซึ่งจะเจริญขึ้นแล้วเชื้อเข้าสู่เม็ดโลหิตแดงอีกทำให้เกิดไข้กลับ ส่วนเชื้อ

*P.falciparum* และ *P. malariae* จึงไม่มี relapse อาการไข้กลับนี้มักรุนแรงน้อยกว่าและระยะเวลาเป็นก็สั้นกว่าการเป็นไข้มาลาเรียในตอนแรก

3. Recrudescence เป็นอาการไข้กลับที่เกิดจากระยะเชื้อในเม็ดโลหิตแดงของเชื้อมาลาเรียที่ถูกฆ่าไม่หมดเมื่อเป็นมาลาเรียในตอนแรก เชื้อที่เหลืออยู่เจริญเพิ่มจำนวนขึ้น ผู้ป่วยกลับเป็นไข้อีก ส่วนใหญ่เชื้อมาลาเรียที่เหลืออยู่นี้จะอยู่ได้ไม่เกิน 1 ปี ใน *P.falciparum* และ *P. malariae* ก็มี recrudescence ได้ และอาจเกิดได้หลังไข้ครั้งแรกหลายปี

4. Reinfection คือ การเกิดอาการของไข้มาลาเรียโดยได้รับเชื้อใหม่ไม่ใช่เป็นเชื้อที่เหลือค้างจากการเป็นครั้งแรก

### การวินิจฉัยมาลาเรีย

นอกจากอาการและอาการแสดงแล้ว ต้องอาศัยการชันสูตรทางห้องปฏิบัติการเพื่อประกอบการวินิจฉัยทางคลินิก วิธีที่ดีที่สุดและนิยมใช้ในปัจจุบัน คือ การตรวจหาเชื้อมาลาเรียในฟิล์มโลหิตด้วยกล้องจุลทรรศน์ ซึ่งมีทั้งฟิล์มหนา (thick film) และฟิล์มบาง (thin film) เป็นวิธีที่ตรวจได้ง่ายใช้เวลาประมาณ 30 นาที สามารถจำแนกชนิดของเชื้อมาลาเรียได้ สำหรับการตรวจวินิจฉัยวิธีอื่นๆ ซึ่งส่วนมากใช้ในงานวิจัย ได้แก่

### วิธีการตรวจแอนติเจน

1. Radioimmunoassay (RIA), Immunoradiometric assay (IRMA)
2. Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA) เช่น Inhibition ELISA, Double Antibody Sandwich ELISA, Two Site Sandwich ELISA, Dot ELISA, Dye-conjugated Mab-base Assay (Dipstick)

### วิธีการตรวจหาแอนติบอดีในซีรัม

1. Indirect Immunofluorescent Antibody test (IFA)
2. Indirect Hemagglutination test (IHA)
3. Enzyme Linked Immunosorbent Assay (ELISA)

## การตรวจหาสารพันธุกรรม ดี เอ็น เอ (DNA) หรือ อาร์ เอ็น เอ (RNA) ของเชื้อ มาลาเรีย

1. DNA probe
2. RNA probe
3. การตรวจโดยการขยายสารพันธุกรรม (Gene amplification technique) โดยวิธี PCR (Polymerase Chain Reaction)

## การรักษาผู้ป่วยมาลาเรีย<sup>(7)</sup>

มาลาเรียเป็นโรคที่รักษาให้หายขาดได้ โอกาสที่ผู้ป่วยจะเสียชีวิตน้อยมาก ถ้าผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยที่ถูกต้องรวดเร็ว และได้รับการรักษาด้วยยาที่มีประสิทธิภาพสูง การแยกชนิดของเชื้อมีความสำคัญมาก เนื่องจากการเลือกใช้ยาสำหรับเชื้อแต่ละชนิดนั้นต่างกัน

### การรักษามาลาเรียประกอบด้วย

1. การรักษาจำเพาะ (Specific treatment)
2. การบำบัดอาการและภาวะแทรกซ้อน (Supportive treatment)
3. การป้องกันการแพร่กระจายโรคโดยให้ยาฆ่าแกมมาโตซัยท์ (Gametocytocide)

**1. การรักษาจำเพาะ** วัตถุประสงค์ของการรักษาจำเพาะคือ การกำจัดเชื้ออันเป็นต้นเหตุของโรคที่ทำให้เกิดอาการป่วยไข้ คือ ระยะเวลาในเม็ดเลือดแดง ฉะนั้นจึงต้องให้ยาฆ่าเชื้อระยะไร้เพศ (blood schizontocide) สิ่งที่ควรคำนึงถึงในการเลือกยาด้านมาลาเรียได้แก่

1.1 วิธีการบริหารยา ควรประเมินสภาวะผู้ป่วยร่วมด้วย การบริหารยาโดยวิธีกินเป็นวิธีที่ง่ายและสะดวกในผู้ป่วยที่ไม่มีภาวะแทรกซ้อน แต่อาจไม่เหมาะในผู้ป่วยที่มีอาการคลื่นไส้ อาเจียนมาก ควรพิจารณาการบริหารยาด้วยวิธีฉีด

1.2 ความถี่และระยะเวลาของการใช้ยา มีความสำคัญต่อการตัดสินใจในการเลือกใช้ยาเป็นอย่างมาก เพราะจะมีผลต่อความร่วมมือของผู้ป่วย โดยรับประทานยาตามที่แพทย์สั่ง (compliance) การเลือกยาสำหรับผู้ป่วยที่ต้องนำยาไปบริหารเองที่บ้าน ควรเน้นวิธีที่ง่าย สะดวก เช่น รับประทานวันละครั้ง และช่วงเวลาที่ควรรับประทานยาควร

สั้น เช่น รับประทานครั้งเดียว (single dose) หรือถ้าต้องให้หลายวันก็ไม่ควรเกิน 3 วัน เป็นต้น

1.3 ประวัติการได้ยารักษามาลาเรีย เป็นข้อมูลสำคัญที่ทำให้ทราบถึงการดื้อยาของเชื้อมาลาเรีย การเลือกยาต้องคำนึงถึงการดื้อต่อยาของเชื้อฟัลซิพารัมด้วยเสมอ ควรรู้การกระจายของเชื้อที่ดื้อต่อยารูปแบบต่าง ๆ เพื่อช่วยในการเลือกจ่ายยาอย่างมีประสิทธิภาพ

1.4 ควรใช้ความรู้ทางเภสัชจลนศาสตร์ของยา เช่น อัตราการดูดซึม ความเข้มข้นของยาในพลาสมาและเม็ดเลือดแดงที่มีเชื้อ การกระจายตัวของยาไปยังเนื้อเยื่อต่างๆ อัตราการเปลี่ยนแปลงและขับถ่ายยา ตลอดจนพิษวิทยาของยาเหล่านั้นเป็นพื้นฐานในการจัดขนาดยาที่เหมาะสม

2. การบำบัดอาการและภาวะแทรกซ้อน (Supportive treatment) การดูแลผู้ป่วยอย่างใกล้ชิดสำคัญมาก โดยเฉพาะในผู้ป่วยมาลาเรียขึ้นสมอง จะต้องมีการควบคุมสมดุลของของเหลว (Fluids) และเกลือแร่ (Electrolytes) ในร่างกาย การให้ยารักษาภาวะแทรกซ้อนจะต้องคำนึงถึงภาวะเสี่ยงและผลประโยชน์ที่จะได้รับเป็นอย่างมาก ตัวอย่างเช่น การใช้ยา corticosteroid ในผู้ป่วยมาลาเรียขึ้นสมอง ไม่ทำให้การรักษาดีขึ้น แต่ผลข้างเคียงมีมาก จึงไม่ควรใช้ ส่วนการให้ยากันชักช่วยป้องกันการชักของผู้ป่วยได้ดี จึงควรใช้ยากันชักในผู้ป่วยมาลาเรียขึ้นสมอง

3. การป้องกันการแพร่กระจายเชื้อ สำหรับมาลาเรียฟัลซิพารัม ถ้าผู้ป่วยอยู่ในท้องที่มีมียุงซึ่งเป็นพาหะ ต้องให้ยาฆ่าแกมมาโตซัยต์ คือ ไพรามาควิน ขนาด 30 – 45 mg. รับประทานครั้งเดียวรวมด้วย เพราะยาฆ่าเชื้อระยะไร้เพศ (blood schizontocide) ฆ่าแกมมาโตซัยต์ (เชื้อระยะมีเพศ) ของเชื้อฟัลซิพารัมไม่ได้ สำหรับมาลาเรียไวแวกซ์ โอวัลเล่ และมาลาริโอ ไม่ต้องให้ไพรามาควิน เพื่อฆ่าแกมมาโตซัยต์เพราะ blood schizontocide ออกฤทธิ์ฆ่าแกมมาโตซัยต์ของเชื้อเหล่านี้ได้ด้วย

ยาที่ใช้ในการรักษามาลาเรีย ยาด้านเชื้อมาลาเรีย จำแนกตามฤทธิ์ของยาต่อเชื้อ ดังนี้

1. **Blood schizonticide** ออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อไร้เพศในเม็ดเลือดแดง ใช้รักษาผู้ป่วยมาลาเรียเพราะเชื้อไร้เพศในเม็ดเลือดแดง เป็นตัวทำให้มีอาการป่วยไข้ ยาในกลุ่มนี้ได้แก่ คลอโรควิน (chloroquine) ซัลฟาควอกซิน/พัยริเมธามีน (SP, Fansidar) ควินิน (quinine)

เมโฟลควิน (mefloquine) เมโฟลควิน ร่วมกับ SP (MSP, Fansimef) เตตราไซคลิกลิน (tetracycline) ฮาโลแฟนทริน (halofantrine) อาร์ติมิเตอร์ (artemether) และอาร์ติซูนเนต (Artesunate)

**2. Tissue schizonticide** มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อที่อยู่ในเนื้อเยื่อ (ตับ) ถ้าฆ่าเชืวก่อนเข้าเม็ดเลือดแดง (primary tissue schizonticide) ใช้เป็นยาป้องกันมาลาเรีย ได้แก่ ยาพริเมธามีน (pyrimethamine) ถ้าฆ่า hypnozoite ที่อยู่ในตับ ใช้เป็นยากันโรคกลับซ้ำ (antirelapse) ใช้ในการรักษามาลาเรียไวแวกซ์และมาลาเรียโอวาเล่ให้หายขาด ได้แก่ ยาไพรมาควิน (primaquine)

**3. Gametocide** ออกฤทธิ์ฆ่าแกมมาโตซัยต์ หรือเชื้อมีเพศ ได้แก่ ยาไพรมาควิน ใช้จัดการแพร่มาลาเรียในโครงการควบคุมกำจัดมาลาเรียของกองมาลาเรีย

**4. Sporonticide** หรือ antisporegenic drug มีฤทธิ์ขัดขวางการเกิดสปอโรซอยต์ในยุง จึงเป็นยาที่ขัดขวางการแพร่โรค ได้แก่ ไพรมาควิน

การรักษาผู้ป่วย *P.falciparum* มีการแบ่งพื้นที่ประเทศออกเป็น 3 ลักษณะดังนี้<sup>(8)</sup>

ก. พื้นที่เชื้อไวต่อยาเมโฟลควิน หรือคือยาเมโฟลควินในระดับต่ำ มีอัตราหายขาดสูงกว่า 70% ได้แก่พื้นที่ทั่วไปของประเทศ ยกเว้น ช้อ ข และ ค

ข. พื้นที่เชื้อคือต่อยาเมโฟลควินในระดับปานกลาง มีอัตราหายขาดระหว่าง 50 - 70% และอาจพบผู้ป่วยคือยาระดับสูง RIII ได้แก่ จังหวัดนครนายก และสระแก้ว

ค. พื้นที่เชื้อคือต่อยาเมโฟลควินในระดับสูง อัตราหายขาดต่ำกว่า 50% และมักจะพบ ผู้ป่วยที่มีการคือยาระดับสูง RIII ได้แก่จังหวัดตาก ตราด และจันทบุรี

พื้นที่ ก. ยาที่ใช้รักษา คือ เมโฟลควิน 750 mg. ร่วมกับไพรมาควิน 30 mg. รับประทานพร้อมกันครั้งเดียว หากรักษาไม่หายให้ใช้ยาขนานที่สองคือควินิน 600 mg. วันละ 3 ครั้ง ร่วมกับเตตราไซคลิกลิน 500 mg. วันละ 2 ครั้ง นาน 7 วัน และไพรมาควิน 30 mg. ในวันแรก และยาขนานที่สาม คือ อาร์ติซูนเนตหรือ อาร์ติมิเตอร์ขนาด 700 mg. แบ่งให้ภายใน 5 วัน ร่วมกับไพรมาควิน 30 mg. ในวันสุดท้าย



**พื้นที่ ข.** ยาที่ใช้รักษาคือ เมโฟลควิน 750 mg. ครั้งเดียวร่วมกับอาร์ติซูนเนต หรืออาร์ติมิเตอร์ วันละ 300 mg. ครั้งเดียวหากรักษาไม่หายให้ใช้ยาวนานที่สองและสาม เช่นเดียวกับพื้นที่ ก.

**พื้นที่ ค.** ยาที่ใช้รักษาคือ เมโฟลควิน 1250 mg. เป็นเวลา 2 วัน และไพรมาควิน 30 mg. ครั้งเดียว หากรักษาไม่หายให้ใช้ยาวนานที่สองและสาม เช่นเดียวกับพื้นที่ ก.

#### **การรักษาผู้ป่วย *P.vivax* และ *P.ovale***

ใช้คลอโรควิน 1500 mg. แบ่งให้ภายใน 3 วัน ร่วมกับไพรมาควิน วันละ 15 mg. นาน 14 วันหากพบเชื้อไวแวกซ์ซ้ำภายใน 3 เดือน นับจากการรักษาครั้งแรก โดยพิสูจน์ได้ว่าไม่ใช่เป็นการรับเชื้อใหม่ ให้รักษาซ้ำเช่นเดิม แต่เพิ่มขนาดยาไพรมาควิน เป็นวันละ 20 mg.

#### **การรักษาผู้ป่วย *P.malariae***

รักษาเหมือน *P.vivax* แต่ไม่ต้องให้ไพรมาควิน เชื้อผสมที่มีเชื้อ *P.falciparum* รวมอยู่ด้วย ให้รักษาตามแต่กรณีของฟัลซิพารัมนั้น ๆ เนื่องจากยารักษามาลาเรียฟัลซิพารัมสามารถกำจัดเชื้อไวแวกซ์ได้ เช่นเดียวกัน และนัดมาตรวจโลหิตซ้ำหากพบ *P.vivax* จึงรักษาอีกครั้งตามวิธีรักษา *P.vivax*

#### **ยาป้องกัน**

ปัจจุบันสำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ไม่แนะนำให้ประชาชนทั่วไปกินยาป้องกัน โดยให้ใช้วิธีป้องกันยุงกัดแทน สำหรับผู้ที่มีความจำเป็นต้องเข้าไปในท้องที่แพร่เชื้อในเวลาอันสั้น อาจกิน Doxycyclin วันละ 100 mg. ติดต่อกันจนกลับออกจากท้องถิ่น กินต่ออีก 4 สัปดาห์ (เด็กอายุต่ำกว่า 9 ปีและหญิงตั้งครรภ์ห้ามใช้ยา)

#### **การรักษากลุ่ม (Mass drug administration, MDR)**

ยารักษากลุ่ม เป็นยาที่ให้แก่ประชาชนทั้งหมดในท้องที่ เพื่อหยุดยั้งการแพร่เชื้อไข้มาลาเรีย มักดำเนินการร่วมไปกับการควบคุมยุงพาหะ โดยดำเนินการเป็นช่วงสั้น ๆ

นาน 2 - 3 เดือน ในบางกรณีจะจ่ายยาเฉพาะกลุ่มชน เรียกว่า Selective drug administration (SDA) การรักษากลุ่มทั้ง MDA และ SDA จะประกาศใช้ในกรณีเฉพาะกิจ

#### ยาชนิดอื่นที่ใช้รักษามาลาเรีย

1. Malarone เป็นยาผสมในเม็ดเดียวกันประกอบด้วย Atovaquone (อาโตวาควอน) 250mg. และ Proguanil hydrochloride (โปรกัวนิล ไฮโดรคลอไรด์) 10 mg. ผลิตโดยบริษัท Glaxo Wellcome ประเทศอังกฤษ มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อมาลาเรียทั้งใน blood stage และ early liver stage ยานี้ได้ถูกเสนอชื่อเพื่อขึ้นทะเบียนตำรับในประเทศไทย เมื่อ พ.ศ.2540 แต่ยังไม่ได้รับอนุญาต

2. CO-ARTEM เป็นยาผสมในเม็ดเดียวกัน ประกอบด้วยยา Artemeter 20 mg. และ Lumefantrine (ลูมิแฟนทริน) 120 mg. (อาจเรียกยาผสมนี้ว่า Co-artemeter) ผลิตโดยบริษัท Novartis Pharma AG ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ มีฤทธิ์เป็น Blood schizontocide ยานี้ได้รับการขึ้นทะเบียนตำรับยาในประเทศไทยเมื่อเดือนกันยายน 2542 แต่ยังไม่มีการนำมาใช้ในโครงการควบคุมมาลาเรีย เป็นยาควบคุมให้จำหน่ายแก่หน่วยงานในภาครัฐบาลเท่านั้น

3. Halofantrine ชื่อการค้าคือ Halfanฎ มีตัวยา Halofantrine hydrochloride ผลิตโดยบริษัท Smith Kline Beecham ประเทศอังกฤษ มีฤทธิ์เป็น Blood schizontocide ต่อเชื้อมาลาเรียทุกชนิด ยานี้ยังไม่มีการขึ้นทะเบียนตำรับในประเทศไทย

4. Tafenoquine ของบริษัท Smith Kline Beecham เป็น Long acting antimalaria เป็น analogue ของ primaquine มีฤทธิ์ต่อเชื้อมาลาเรียทั้งที่อยู่ในเลือดและตับ

5. Artimotil (Arteceptฎ) เป็นยาฉีดมีใช้เฉพาะในโรงพยาบาล บริษัทได้รับทุนในการผลิตจาก WHO โดยมีข้อตกลงว่าจะขายในราคาถูกผ่านกระทรวงสาธารณสุข นำไปใช้ในประเทศที่กำลังพัฒนา ยานี้มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อ P.falciparum ระยะ blood stage จนถึง early gametocyte

#### วัคซีนป้องกันโรคมาลาเรีย

ขณะนี้ มีวัคซีนป้องกันโรคมาลาเรียของบริษัท Smith Kline Beecham ซึ่งกำลังอยู่ในระหว่างทำการทดลองทางคลินิกระยะที่ 3 ในประเทศแอมบิเบีย และยังมีการศึกษาใน

ระดับยีนของเชื้อ *P.falciparum* ด้วยถือเป็นความก้าวหน้าที่ทำให้มีความหวังว่าจะมีวัคซีนที่สามารถป้องกันโรคมาลาเรียได้ในอนาคต

## 2 ยุงพาหะนำโรคมาลาเรียในประเทศไทย

ยุงนำเชื้อมาลาเรีย ได้แก่ ยุงก้นปล่องตัวเมีย ในประเทศไทยมียุงก้นปล่องประมาณ 68 ชนิด แต่มีเพียง 2 ชนิด ที่เป็นพาหะหลักสำคัญในการนำเชื้อโรคมาลาเรียมาสู่คน<sup>(9)</sup>

### ยุงก้นปล่องพาหะนำโรคมาลาเรีย

มาลาเรียเป็นโรคติดต่อที่นำโดยยุงและเป็นปัญหาสาธารณสุขในภูมิภาคเขตร้อนและกึ่งร้อนมาช้านาน ในประเทศไทยโรคมาลาเรียมีปรากฏมาก่อนตั้งกรุงรัตนโกสินทร์อย่างแน่นอน ดังข้อมูลจากศิลาจารึกที่วัดพระเชตุพนฯ ซึ่งได้บรรยายถึงโรคกระษัยบางลักษณะ เช่น กระษัยเต่าที่ทำให้มีม้ามย้อยโตหรือทำให้จับไข้เป็นเวลา ร่างกายชুবผอม ผิวเนื้อเหลืองซึ่งน่าจะเป็นโรคมาลาเรีย และมาลาเรียก็ยังคงเป็นปัญหาสืบเนื่องมาโดยตลอด งานควบคุมโรคมาลาเรียเริ่มต้นครั้งแรกในจังหวัดเชียงใหม่ เมื่อ พ.ศ. 2473 ซึ่งต่อมาได้มีโครงการสาธารณสุขควบคุมโรคมาลาเรีย พ.ศ. 2492-2494 โดยได้รับความช่วยเหลือจาก WHO/UNICEF คัดเลือกอำเภอสารภีเป็นท้องที่สาธิตเนื่องจากเป็นพื้นที่ราบ การเคลื่อนย้ายของประชาชนต่ำแต่มีจำนวนผู้ป่วยสูง มีประชากรทั้งหมด 40,145 คน<sup>(8)</sup> อำเภอสารภีได้รับการพ่นดีดีทีครั้งแรก ระหว่างเดือนเมษายน-พฤษภาคม 2493 ในขนาด 200 มิลลิกรัมต่อตารางฟุต และครั้งที่ 2 มีนาคม-เมษายน 2494 หลังการพ่นดีดีที ทำให้โรคมาลาเรียในอำเภอสารภีลดต่ำลงจนเกือบเป็นศูนย์ อัตราการพบเชื้อ (Infection rate) ก่อนพ่นสารเคมีลดลงจาก 47.26 % เหลือ 5.15 และ 0.79 % หลังการพ่นครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ตามลำดับ

ในปี พ.ศ. 2486 โรคมาลาเรียเป็นสาเหตุการตายอันดับหนึ่งของประเทศไทยคือ อัตราตาย 351 ต่อประชากรแสนคน ต่อมาในปี พ.ศ. 2492 อัตราตายด้วยมาลาเรียลดลงเหลือ 205 ต่อประชากรแสนคน และลดความรุนแรงลงมา โดยมีผู้ป่วย 208,320 คน ในปี พ.ศ. 2542 อย่างไรก็ตามโรคมาลาเรียยังคงอยู่และไม่หมดไปจากประเทศไทย ทั้งนี้สาเหตุ

หลักเนื่องมาจากโรคมalaria เป็นโรคที่มีความสลับซับซ้อน มีปัจจัยเกี่ยวข้องหลายปัจจัย อาทิ คน เชื้อmalarialaric ยุงพาหะและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

ยุงก้นปล่อง (*Anophelines*) เท่านั้นที่เป็นพาหะโรคมalaria มีรายงานพบยุงก้นปล่องประมาณ 422 ชนิด (species) ทั่วโลก แต่พบยุงก้นปล่องเพียง 68 ชนิด ที่เป็นยุงพาหะของโรคมalaria ในจำนวนนี้พบว่ามี 40 ชนิดที่เป็นยุงพาหะหลัก<sup>(10)</sup> ในประเทศไทย มีรายงานว่าพบยุงก้นปล่อง จำนวน 72 ชนิด ในจำนวนนี้มียุงก้นปล่องที่พิสูจน์แล้วพบว่าเป็นยุงพาหะหลักเพียง 2 ชนิด นอกจากนี้ ยังมียุงพาหะรอง และยุงก้นปล่องที่สงสัยว่าจะเป็นยุงพาหะ ดังนี้

**1. ยุงพาหะหลัก (Primary Vector)** ได้แก่ยุงที่ได้รับการพิสูจน์แล้วว่าเป็นพาหะนำเชื้อmalarialaric มีความพร้อมต่อการรับเชื้อmalarialaricสูง (high receptivity) ตรวจพบsporozoite ในต่อมน้ำลายยุง ยุงในกลุ่มนี้มี 2 ชนิดคือ

ยุงก้นปล่องชนิดมินิมัส (*Anopheles minimus s.l.*)

ยุงก้นปล่องชนิดไครัส (*An. dirus s.l.*)

**2. ยุงพาหะรอง (Secondary Vector)** ได้แก่ยุงที่สงสัยว่าอาจเป็นพาหะนำเชื้อmalarialaricได้ มีความพร้อมต่อการรับเชื้อmalarialaricปานกลาง (moderate receptivity) ตรวจพบsporozoite ในต่อมน้ำลาย แต่มีบทบาทในการแพร่เชื่อน้อยกว่ายุงพาหะหลัก ยุงในกลุ่มนี้มี 4 ชนิดคือ

ยุงก้นปล่องชนิดแมคคูลาตัส (*An. maculatus complex*)

ยุงก้นปล่องชนิดซันไดคัส (*An. sundicus*)

ยุงก้นปล่องชนิดอโคไนตัส (*An. aconitus*)

ยุงก้นปล่องชนิดซูโดวิลโมไร (*An. pseudowillmori*)

**3. ยุงพาหะสงสัย (Suspected Vector)** ได้แก่ยุงที่สงสัยว่าอาจแพร่เชื้อmalarialaricได้ในบางสถานการณ์ มีความพร้อมต่อการรับเชื้อต่ำ (low receptivity) ยุงในกลุ่มนี้มี 4 ชนิดคือ

ยุงก้นปล่องชนิดฟิลิปปินส์เนนซิส (*An. philippinensis*)

ยุงก้นปล่องชนิดบาร์บิโรสตริส (*An. barbirostris*)

ยุงก้นปล่องชนิดแคมเพสตริส (*An. campestris*)

## ยุงก้นปล่องชนิดคิวลิซิเฟซีส์ (*An. culicifacies*)

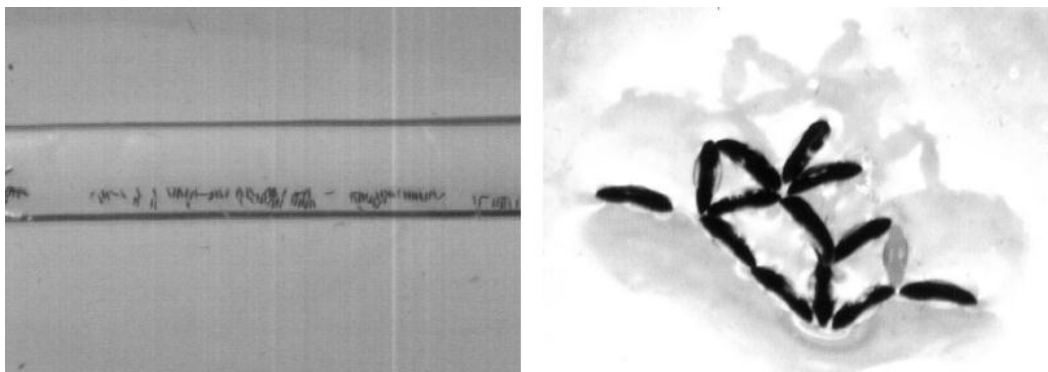
### ชีววิทยาของยุงก้นปล่อง (Biology of Anopheles)

ยุงก้นปล่องมีวงจรชีวิตเป็นแบบสมบูรณ์ (complete metamorphosis) ประกอบด้วย ไข่ (egg) ลูกน้ำ (larva) คักแค้ (pupa) และตัวเต็มวัยหรือตัวแก่ (adult)

วงจรชีวิตที่สมบูรณ์ เริ่มจากไข่ที่ได้รับการผสม เจริญเติบโตเป็นตัวอ่อน คักแค้ และตัวเต็มวัย ตามลำดับ ยุงเพศเมียหลังจากได้รับการผสมพันธุ์จะเริ่มกินเลือดเป็นอาหาร ประมาณ 2-3 วัน ไข่จะเจริญเต็มที่ จากนั้นจะเริ่มหาที่วางไข่ แหล่งวางไข่หรือแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่องจะมีลักษณะเป็นแหล่งน้ำนิ่งหรือไหลรินที่สะอาดที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งพบได้โดยทั่วไป ตามป่าเขา ยุงก้นปล่องจะวางไข่เป็นฟองเดี่ยวๆ บนผิวน้ำ ไข่ของยุงก้นปล่องจะมีลักษณะคล้ายกับเรือ บริเวณด้านข้างทั้งสองจะมีท่อนคล้ายกับฟองน้ำ จึงทำให้ไข่สามารถลอยอยู่บนผิวน้ำได้ ประมาณ 2-3 วัน หลังจากนั้นตัวอ่อน (ลูกน้ำ) จะเริ่มฟักออกจากไข่ ลูกน้ำมีลักษณะเรียวยาว ลอยตัวขนานกับผิวน้ำโดยใช้ palmate hair ซึ่งมีลักษณะคล้ายพัดที่อยู่บนปล้องท้องแต่ละปล้องเกาะที่ผิวน้ำ เพื่อให้ออกซิเจนผ่านเข้าไป การเจริญเติบโตของลูกน้ำมี 4 ระยะ ใช้เวลาประมาณ 15-16 วัน รวมระยะเวลาการเจริญเติบโตตั้งแต่ไข่ได้รับการผสมพันธุ์จนถึงระยะตัวเต็มวัยใช้เวลาประมาณ 19-21 วัน ยุงก้นปล่องจะออกหากินในเวลาพลบค่ำหลังพระอาทิตย์ตกดิน ช่วงที่พบชุกชุมจึงเป็นช่วงค่ำๆ ถึงสองยาม และอีกช่วงตอนย่ำรุ่ง

### ระยะไข่ยุงก้นปล่อง (egg)

ยุงก้นปล่องจะวางไข่ใบเดี่ยวๆ ลอยบนผิวน้ำ ไข่มีลักษณะยาวรีประมาณ 0.5 มิลลิเมตร รูปร่างคล้ายเรือ ซึ่งจะมีท่อนลอยเรียก float ยุงก้นปล่องจะวางไข่ได้ในน้ำหลายลักษณะ ทั้งน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม ไข่จะมีประจุไฟฟ้าสังเกตได้จากการที่ไข่เกาะติดกันเป็นรูปร่างต่างๆ ไข่ยุงก้นปล่องจะฟักในน้ำเสมอ โดยระยะเวลาตั้งแต่ไข่จนฟักเป็นลูกน้ำจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของยุง และสภาพแวดล้อม โดยทั่วไปยุงก้นปล่องจะวางไข่ครั้งละ 50-150 ฟอง ในฤดูร้อนไข่จะฟักเป็นตัวภายใน 36-48 ชั่วโมง ในฤดูหนาวใช้เวลา นานกว่าประมาณ 76-96 ชั่วโมง<sup>(11)</sup> เฉลี่ยโดยทั่วไประยะไข่กินเวลาประมาณ 2-3 วัน



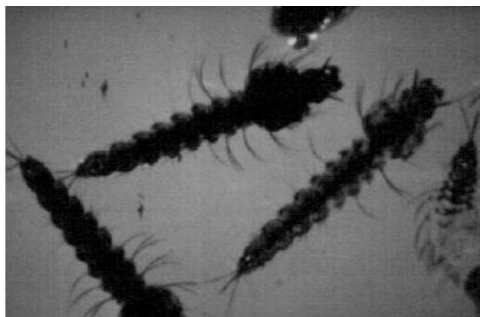
ภาพที่ 3 ไช่ยุงก้นปล่อง

ที่มา: (ซ้าย) ฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา, สวส. (ขวา) Spielman, A. & D, Antonio, M., 2001

### ระยะลูกน้ำยุงก้นปล่อง (larva)

เมื่อตัวอ่อนเจริญเติบโตเต็มที่แล้วจะฟักออกจากไข่ (hatch) ลำตัวของลูกน้ำประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ส่วนท้องประกอบด้วยปล้องท้องจำนวน 9 ปล้อง แต่ปล้องที่ 8 และ 9 จะรวมติดกันเป็นระบบหายใจ ในยุงก้นปล่องจะกลายเป็นรูเปิดหายใจ เรียก spiracular opening มีจำนวน 2 รู ส่วนยุงชนิดอื่น เช่น ยุงยักซ์ (*Toxorhynchites*) ยุงรำคาญ (*Culex*) และยุงลาย (*Aedes*) ปล้องท้องปล้องสุดท้ายจะกลายเป็นท่อหายใจ เรียกไซฟอน (*siphon*) บริเวณปากของลูกน้ำจะมีแปรง (mouth brushes) ลักษณะคล้ายพู่กันทำหน้าที่โบกอาหารเข้าปาก ยุงก้นปล่องจะกินอาหารระดับผิวน้ำ โดยวางลำตัวขนานกับผิวน้ำ (180 องศา) บริเวณด้านบนลำตัวลูกน้ำ (dorsal) มีแผงขนลักษณะคล้ายพัดเรียกปัลเมท (palmate) หรือ float hairs ซึ่งเป็นขนช่วยสำหรับการลอยตัวขนานกับผิวน้ำ ลูกน้ำยุงก้นปล่องมีทั้งหมด 4 ระยะ (instars) แต่ละระยะมีการลอกคราบจากระยะที่ 1 เป็นระยะที่ 2 ระยะที่ 3 และระยะที่ 4 ตามลำดับ หลังจากระยะที่ 4 จะลอกคราบอีกครั้งกลายเป็นระยะดักแด้หรือตัวโม่ง (pupa) ระยะเวลาเฉลี่ยตั้งแต่ฟักจากไข่จน

กลายเป็นลูกน้ำระยะที่ 4 ใช้เวลาประมาณ 8-10 วัน อาจมากหรือน้อยกว่านี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและชนิดของยุงก้นปล่อง

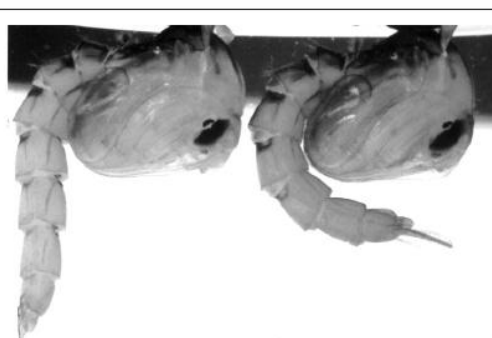


ภาพที่ 4 ลูกน้ำยุงก้นปล่อง (Larva)

ที่มา : ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย. 2548 : 83

#### ระยะดักแด้ หรือตัวโม่่ง (pupa)

เมื่อลูกน้ำลอกคราบครั้งสุดท้ายก็จะเข้าสู่ระยะตัวโม่่งมีรูปร่างคล้ายเลขหนึ่งไทย ท่อหายใจมีรูปร่างคล้ายแตร (trumpet) ดักแด้หรือตัวโม่่งไม่กินอาหาร จะลอยตัวนิ่งที่ผิวน้ำเพื่อหายใจเพียงอย่างเดียว ระยะนี้กินเวลาประมาณ 2-3 วัน ก็จะลอกคราบอีกครั้งกลายเป็นตัวเต็มวัยบินขึ้นจากผิวน้ำ



ภาพที่ 5 ตัวโม่่งยุงก้นปล่อง (Pupa)

ที่มา : ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย. 2548 : 83

### ระยะตัวเต็มวัยหรือตัวแก่ (adult)

ยุงระยะตัวเต็มวัยประกอบด้วย 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอก และส่วนท้อง ระยะเวลาตั้งแต่ไข่จนถึงตัวเต็มวัย ใช้เวลาประมาณ 12-14 วันในฤดูร้อน และประมาณ 21-28 วันในฤดูหนาว

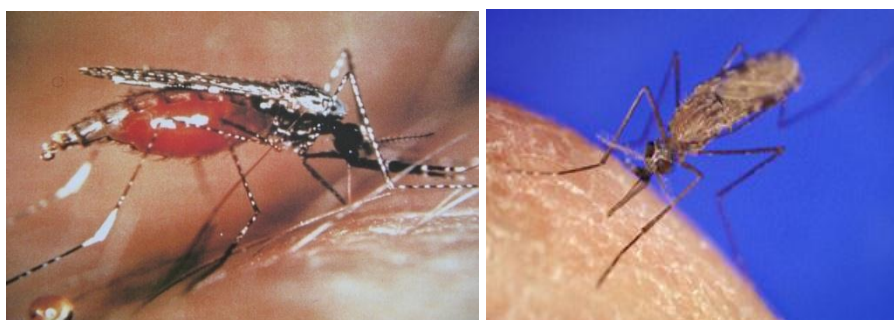
**ส่วนหัว (head)** ประกอบด้วย ตา (eyes) หนวด (antennae) ปัดปัส (maxillary palps) โพรบอสซิซ หรือ ปาก (proboscis) หนวดของตัวผู้และตัวเมียจะแตกต่างกัน ตัวผู้มีลักษณะเป็นพุ่ม

เรียก พลุโมส (plumose) ส่วนตัวเมียหนวดจะบางและไม่เป็นพุ่ม โพรบอสซิซหรือปากยุงมีลักษณะยาวใช้สำหรับเจาะดูด (piercing & sucking) ปัดปัสตั้งอยู่ด้านข้างเหนืออวัยวะปาก เป็นอวัยวะรับสัมผัสมีจำนวนหนึ่งคู่ในยุงก้นปล่อง ปัดปัสจะยาวทั้งตัวผู้และตัวเมีย ส่วนในยุงตัวเมียชนิดอื่นๆ ปัดปัสจะมีขนาดสั้นกว่าตัวผู้

**ส่วนอก (thorax)** อกจะเชื่อมติดกับส่วนหัวด้วยแถบคอเล็กๆ (collar) ส่วนอกประกอบด้วย 3 ส่วน คือ อกส่วนหน้า (pro-thorax) อกส่วนกลาง (meso-thorax) และอกส่วนหลัง (meta-thorax) อกส่วนกลางเป็นบริเวณใหญ่ที่สุดของอก ที่ขอบด้านหลังมีแผ่นไคติน (chitin) เล็กๆ เรียกว่าสะคิวเทลัม (scutellum) มีลักษณะกลมซึ่งเป็นลักษณะพิเศษใช้แยกยุงก้นปล่องจากยุงตระกูลอื่นบริเวณอกส่วนกลางประกอบด้วยปีกบางเรียวย่อยเล็กจำนวน 1 คู่ และปีกที่หดสั้นจำนวน 1 คู่ เรียกฮอลเทียส (halteres) ปีกของยุงก้นปล่องจะเป็นลายเรียก (wing-venation) บริเวณอกส่วนกลางนี้ยังประกอบด้วย ขา 3 คู่ ขายุงประกอบด้วยส่วนสำคัญคือฟีเมอร์ (femur) ทิเบีย (tibia) และทาร์ซัส (tarsus) ซึ่งทาร์ซัสมีทั้งหมด 5 ปล้อง ในการจำแนกยุงก้นปล่อง (identification) จะอาศัยลายและเกล็ด (scale) บนปีกยุงและลายของขา

**ส่วนท้อง (abdomen)** ท้องมีทั้งหมด 10 ปล้อง แต่ปล้องที่ 9-10 จะเจริญไปเป็นอวัยวะสืบพันธุ์ (genitalia) ดังนั้นจึงมองเห็นได้ชัดเจนเพียง 8 ปล้อง ด้านบนปล้องท้องเรียกแผ่นหลังหรือด้านดอร์ซอล หรือ เทอร์ไกต์ (dorsal, tergite) ด้านล่างเรียกแผ่นท้องหรือด้านเวนทอลหรือสเตอร์ไนท์ (ventral, sternite)





ภาพที่ 6 ตัวเต็มวัยยุงก้นปล่อง (Adult)

ที่มา : โปสเตอร์ สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค

### ชีวนิสัยของยุงก้นปล่องตัวเต็มวัย มีดังต่อไปนี้

#### การเกาะพัก (resting)

เวลาพักผ่อนเริ่มตั้งแต่รุ่งเช้าจนถึงก่อนเวลาพลบค่ำเล็กน้อย ยุงก้นปล่องในประเทศไทยเกือบทั้งหมดออกหากินในเวลากลางคืน ยกเว้นบางชนิดที่อาศัยอยู่ในป่าซึ่งจะกัดเหยื่อที่พบในเวลากลางวันด้วย เช่น ยุงก้นปล่องชนิดอัมโบรซัส (*Anopheles umbrosus*) บริเวณที่เกาะพักของยุงก้นปล่องจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดของยุง เช่น ชอกหินนอกบ้าน คอกสัตว์ ริมฝั่งน้ำ โพรงต้นไม้ กอหญ้า พุ่มไม้ กล่องกระดาษหรือบริเวณที่มีความชื้น

#### การบินวนเวียนเกี่ยวพาราตี (swarming)

หลังจากยุงได้พักผ่อนในเวลากลางวันแล้วจะเริ่มกระฉับกระเฉงขยับปีก ขา และหนวดหรือกระโดดจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง จากนั้นเมื่อถึงเวลาก่อนพลบค่ำเล็กน้อยยุงจะบินออกจากแหล่งพักผ่อนเพื่อทำการบินวนเวียนขึ้นลงหรือเป็นวงกลม (swarming) เหนือพุ่มไม้ กระท่อม ต้นไม้หรือแม้แต่บริเวณเหนือศีรษะมนุษย์ ยุงก้นปล่องบางชนิด เช่น *An. culicifacies* จะออกบินเป็นวงกลมประมาณ 20 นาที ก่อนพระอาทิตย์ตกดิน พฤติกรรมนี้ยังพบในยุงและแมลงชนิดอื่นๆ ด้วย เช่น ชิปะขาว (Mayflies) จากการศึกษาพบว่าความเข้มของแสง เสียง ความเร็วของกระแสลม ความชื้นสัมพัทธ์และฝน ยังมีผลกระทบต่อพฤติกรรมนี้ด้วย

### การวางไข่ (oviposition)

เกิดได้ตลอดทั้งคืน แต่มักจะเป็นช่วงครึ่งคืนแรก และจากการทดลองในห้องปฏิบัติการพบว่า ยุงก้นปล่องเกือบทุกชนิดวางไข่บนกระดาษกรองที่เปียกชื้นและชอบวางไข่บนกระดาษกรองพื้นสีดำมากกว่าสีขาว ทั้งนี้การเลี้ยงยุงก้นปล่องนั้นไม่ยากนัก อาจเนื่องจากยุงบางชนิดต้องการพื้นที่กว้างในการผสมพันธุ์และวางไข่ นอกจากนี้ลูกน้ำยุงก้นปล่องบางชนิดยังต้องอาศัยในน้ำจากธรรมชาติที่มาจากแหล่งวางไข่เท่านั้น หรือต้องการอุณหภูมิน้ำที่จำเพาะเจาะจง ยุงก้นปล่องชนิดมินิมัส ซึ่งเป็นพาหะไข้มาลาเรียในประเทศไทยชอบวางไข่ในลำธารที่มีน้ำไหล มีแสงแดดส่องถึงแต่มีร่มเงาบางส่วนด้วย ช่วงระยะเวลาในการวางไข่ของยุงก้นปล่องแต่ละชนิดแตกต่างกันไป เช่น ยุงก้นปล่องชนิดคูลิซิเฟเซีย (*An. culicifacies*) วางไข่ตลอดทั้งคืนแต่จะวางไข่สูงสุดช่วงเวลา 1/3 คืนภายใต้สภาพธรรมชาติ ยุงก้นปล่องชนิดมินิมัส (*An. minimus*) ชอบวางไข่ในช่วงครึ่งคืนแรกมากกว่าช่วงระยะเวลาอื่น เป็นต้น

### การออกหากิน (biting & feeding)

ช่วงระยะเวลาการออกหากินขึ้นอยู่กับชนิดของยุงก้นปล่อง ซึ่งส่วนมากจะหากินครึ่งคืนแรกและเวลาใกล้รุ่ง ยุงก้นปล่องมีความชอบในชนิดของเลือดแตกต่างกันไป ยุงก้นปล่องบางชนิดชอบกินเลือดสัตว์ เช่น วัว ควาย บางชนิดชอบกินเลือดคน ยุงก้นปล่องชนิดมินิมัสส่วนมากหากินช่วงคึกของคืน คือ 3/4 ของเวลากลางคืน ในประเทศไทยพบว่าการออกหากิน 2 ช่วงคือในฤดูแล้งจะออกหากินครึ่งคืนแรก แต่ถ้าในฤดูฝนจะออกหากินเวลาคึกมากๆ หรือครึ่งคืนหลัง ยุงก้นปล่องชนิดคูลิซิเฟเซียส่วนใหญ่ชอบหากินครึ่งคืนแรกก่อนเวลาเที่ยงคืน แต่ก็มีบางส่วนที่ออกหากินตลอดทั้งคืน ยุงก้นปล่องชนิดซันไคคัส (*An. sundaicus*) ชอบหากินครึ่งคืนแรกมากกว่าครึ่งคืนหลัง เป็นต้น

### การบินและการกระจายตัว (flight & dispersal)

สามารถบินได้ตลอดทั้งคืนตั้งแต่ก่อนมืดและหลังจากรุ่งเช้าเล็กน้อย การบิน (flight) หมายถึงระยะทางที่ยุงก้นปล่องบินโดยใช้อวัยวะปีกเป็นตัวปฏิบัติการ แต่การกระจายตัว (dispersal) หมายถึงการที่ยุงก้นปล่องแพร่ไปในที่ต่างๆ เป็นการบินระยะสั้นๆ โดยกระทำซ้ำแล้วซ้ำอีก การบินและการกระจายตัวของยุงไม่เพียงแต่เป็นความสามารถ

โดยธรรมชาติของยุงเท่านั้น แต่ยังได้รับอิทธิพลจากธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมด้วย เช่น แหล่งเลือดหรือการมีสิ่งกีดขวางเช่น ต้นไม้ใหญ่ ป่า ภูเขาและความเร็วของกระแสลม เป็นต้น สาเหตุที่ยุงบินเกิดจากหลายวัตถุประสงค์ เช่น การมีพฤติกรรมทางเพศโดยการบินเวียนเกี่ยวพาราสิต่อตัวเมียให้บินมาผสมพันธุ์ หรือบินเพื่อหาที่เกาะพักหรือหาแหล่งเพาะพันธุ์และหาเหยื่อ เป็นต้น

### นิเวศวิทยาของยุงก้นปล่องพาหะนำโรคมalariaเรีย (Ecology of Anopheles)

1. *Anopheles dirus* s.l. เป็นยุงในกลุ่ม Leucophyrus group เป็นยุงพาหะที่มีประสิทธิภาพสูงในการแพร่เชื้อไข้มาลาเรีย พบได้ทั่วไปในป่าเขา สวนยาง สวนผลไม้ พื้นที่ขุดพลอยในภาคตะวันออก

ยุงก้นปล่องชนิดไคร้ส ชอบวางไข่ในแอ่งน้ำขัง แอ่งดิน แอ่งหิน รอยเท้าสัตว์ รอยล้อรถ หลุมพลอย อย่างไรก็ตามยุงชนิดนี้ต้องการความชื้นสูง มีนิสัยชอบกินเลือดคนและชอบเกาะพักนอกบ้าน เวลากลางวันชอบเกาะพักตามพุ่มไม้ โพรงไม้ที่เงียบสงบ มีคและมีมีความชื้นสูง ใกล้แหล่งเพาะพันธุ์ เวลาพลบค่ำจะบินเข้าใกล้ที่อยู่อาศัยของคนมักเข้ากัดเวลา 18.00-04.00 น. ปัจจุบันพบว่ายุงชนิดไคร้ส เป็นยุงชนิดซับซ้อน (complex) การศึกษาทางพันธุศาสตร์พบว่า ในประเทศไทยมีทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ A, B, C, D, F ซึ่งยุงก้นปล่องชนิดไคร้สนี้มีการกระจายตัวแตกต่างกันไปดังนี้

ชนิด A และ D พบทั่วไปในหลายภาคของประเทศไทยบริเวณชายแดนไทยพม่า

ชนิด B ส่วนมากพบที่ภาคใต้บริเวณชายแดนมาเลเซีย

ชนิด C พบในจังหวัดกาญจนบุรี และสุราษฎร์ธานี

ชนิด F พบบริเวณชายแดนภาคใต้ ระยะเวลาตั้งชื่อเป็น *An. nemophilous*

2. *Anopheles minimus* s.l. เป็นยุงชนิดซับซ้อนเช่นเดียวกับยุงก้นปล่องชนิดไคร้ส พบว่าในประเทศไทยมี 3 ชนิด คือ A, C และ D ชนิด A พบได้ทั่วไป ส่วนชนิด C และ D พบในบางพื้นที่ของจังหวัดตากและกาญจนบุรี ยุงก้นปล่องชนิดมินิมัส พบได้ทั่วไปในป่าเขา (forest) และบริเวณชายป่า (forest fringe) มีแหล่งเพาะพันธุ์ในลำธารน้ำใสไหลรินเอื่อยๆ มีต้นพีชน้ำในลำธารมีแสงแดดส่องถึงเป็นช่วงๆ (partial shed) บางครั้งพบในทุ่งนา น้ำขัง น้ำซึมและแม้แต่บ่อดินขุดเพื่อนำดินไปถมที่และมีน้ำลงไปขัง<sup>(12)</sup> ชอบกิน

เลือดคนมากกว่าเลือดสัตว์ และเกาะพักฝายบ้านหลังกินเลือด แต่ปัจจุบันพบว่ายุงชนิดนี้กัดคนนอกบ้าน และ เข้ำกัดตั้งแต่หัวค่ำ โดยหากินเวลา 18.00 -22.00 น.<sup>(9)</sup>



ภาพที่ 7 แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่อง  
ที่มา : ชีววิทยา นิเวศวิทยา และการควบคุมยุงในประเทศไทย, 2548 : 88-89

**3. *Anopheles maculatus complex*** ปัจจุบันสามารถวินิจฉัยได้โดยดูจากลักษณะ (morphology) ของตัวยุง พบในประเทศไทย 6 ชนิด<sup>(13)</sup>

*An. sawadwongporni*

*An. maculatus* s.s.

*An. darvidicus*

*An. notanandai*

*An. willmori*

*An. pseudowillmori*

แหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่องในกลุ่ม *maculatus* นี้แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของยุงที่พบ เช่น ในแอ่งหิน ลำธารน้ำไหลเอื่อยๆ แอ่งทราย ทุ่งนา น้ำขังน้ำขัง เป็นพาหะสำคัญเฉพาะในภาคใต้ของประเทศไทย เช่น ยะลา สตูล ปัตตานี นราธิวาส และต่อไปถึงชายแดนไทย-มาเลเซีย พบทั่วไปในท้องที่ป่าเขาทั่วประเทศ เพาะพันธุ์ในลำธารน้ำไหลที่มีแสงแดดส่องถึง มีนิสัยชอบกัดสัตว์และชอบกัดคนนอกบ้าน จะเข้ากัดคนมากในช่วงระหว่างเวลา 18.00-21.00 น.<sup>(9)</sup>

4 *Anopheles sudaicus* เป็นยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียในท้องที่ชายทะเลและเกาะแก่งทางภาคตะวันออกและภาคใต้ ชอบกัดคนนอกบ้านและเพาะพันธุ์ในแอ่งหินซึ่งมีน้ำกร่อยตามริมทะเล นาทุ่งที่เลิกใช้ เกาะแก่งต่างๆ

5 *Anopheles aconitus* พบได้ทั่วไปในท้องที่ป่าเขาและที่ราบทุ่งนาทั่วประเทศ เพาะพันธุ์ในลำธารน้ำไหล น้ำขัง น้ำขัง และทุ่งนา มีนิสัยชอบกัดสัตว์และกัดคนนอกบ้าน ชุกชุมสูงในช่วงฤดูฝน

6 *Anopheles pseudowillmori* เป็นยุงที่พบอยู่ตามบริเวณ ป่าเขาตอนเหนือของประเทศ ลักษณะนิสัยคล้ายยุงก้นปล่อง *An. minimus*

นอกจากนี้แล้วการที่ยุงชนิดใดๆ มีความสามารถในการนำหรือแพร่เชื้อได้หรือไม่ นั้น ขึ้นกับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ความไวต่อเชื้อของยุงแต่ละชนิดที่ไม่เท่ากัน และแม้ยุงชนิดเดียวกัน ยังอาจมีสายพันธุ์ซึ่งไวต่อการติดเชื้อไม่เท่ากันด้วย อายุขัยของยุงเพราะเชื้อมาลาเรียใช้เวลาเจริญในตัวยุงอย่างน้อย 10 วัน หากยุงมีอายุยืนยาวกว่านั้นก็จะสามารถเป็นพาหะที่ดี อุปนิสัยในการดูดเลือดของยุง หากกัดบ่อยและเข้ากัดในคนก็เป็นพาหะที่ดี

เช่นกัน และความหนาแน่นของยุงพาหะที่มีมาก เมื่อเทียบกับความหนาแน่นของประชากรคนบริเวณนั้น

### ปัจจัยที่สำคัญของยุงพาหะต่อการแพร่เชื้อไข้มาลาเรีย

ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการแพร่เชื้อไข้มาลาเรียในธรรมชาติ ได้แก่ เชื้อไข้มาลาเรีย ยุงพาหะ และสิ่งแวดล้อม ซึ่งจะมีความสัมพันธ์และบทบาทร่วมกันในการแพร่โรคในแต่ละท้องถิ่น ในที่นี้จะกล่าวถึงปัจจัยที่เกี่ยวกับยุงพาหะที่ประกอบไปด้วย

1. ความหนาแน่น (vector density) โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ยุงที่เข้ากัดกินเลือดคน (man biting density) ความหนาแน่นโดยทั่วไปขึ้นอยู่กับฤดูกาล เนื่องจากยุงพาหะแต่ละชนิดจะมีแหล่งเพาะพันธุ์ที่แตกต่างกันออกไป เช่น ยุงก้นปล่องชนิดมินิมัส ซึ่งเพาะพันธุ์ในลำธารไหลรินในท้องที่ป่าเชิงเขา จะมีความชุกชุมสูงในช่วงตอนต้นและปลายฤดูฝน การแพร่เชื้อมาลาเรียจึงเกิดขึ้นได้สูงในช่วงระยะเวลาดังกล่าว

2. นิสัยการกัดกินเลือด (host preference) ยุงพาหะมีนิสัยชอบกินเลือดคน จะมีความสามารถในการแพร่เชื้อมาลาเรียสู่คนได้สูง เช่น ยุงก้นปล่องชนิดไครสต์ ซึ่งพบมากในท้องที่ป่าเขา มีความสามารถสูงสุดในการแพร่เชื้อมาลาเรียสู่คน มีค่าดัชนีเลือดคน (Human Blood Index) สูงถึง 0.9 เป็นต้น

3. ความถี่ของการเข้ากัดคน (frequency of man biting) โดยทั่วไปยุงจะเข้ากัดคน ทุก 2-4 วัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับฤดูกาลเป็นสำคัญ เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยลดต่ำลง ระยะเวลาที่ใช้สำหรับการเจริญเติบโตของไข่ยาวนานขึ้น การเข้ากัดคนก็จะช้าลงกว่าปกติ ทำให้โอกาสของการแพร่เชื้อลดน้อยลงด้วย แต่เมื่ออุณหภูมิเฉลี่ยสูงขึ้น ยุงพาหะจะเข้ากัดคนบ่อยมากขึ้น การแพร่เชื้อก็จะเพิ่มขึ้นด้วย

4. อายุขัย (longevity) โดยทั่วไปยุงเพศเมียจะมีอายุประมาณ 4-6 สัปดาห์ ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิเป็นตัวกำหนดยุงพาหะที่มีอายุยืนยาว โอกาสที่จะแพร่เชื้อไข้มาลาเรียจะสูงกว่ายุงที่มีอายุสั้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งหลังจากพบสไปโรซอยต์ในต่อมน้ำลายแล้ว เพราะทุกครั้ง que เข้ากัดกินเลือดคน ยุงสามารถปล่อยเชื้อไข้มาลาเรียเข้าสู่คนได้ทุกครั้งจนตลอดอายุขัย

5. ระยะเวลาบิน (flight range) ยุงพาหะแต่ละชนิดมีระยะบินแตกต่างกัน ทั้งนี้มีองค์ประกอบอื่นที่เกี่ยวข้องอีกมาก เช่น ทิศทางลม สภาพท้องที่ สิ่งกีดขวาง ภูเขา ต้นไม้

ระยะใกล้ไกลจากแหล่งเพาะพันธุ์ และแหล่งที่อยู่ของเหยื่อเป็นต้น ยุงพาหะที่บินได้ไกลก็สามารถแพร่เชื้อไปได้กว้างขวางมาก ยุงพาหะบางพาหะบางชนิดสามารถไปแพร่เชื้อโรคมาลาเรียในพื้นที่ห่างไกลออกไป โดยติดไปกับเครื่องบิน เรือ รถยนต์ หรือยานพาหนะอื่นๆ ได้เช่นกัน

มาตรการควบคุมยุงพาหะให้ได้ผลต้องมีความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับชีววิทยาชีวิตวัย และนิเวศวิทยาของยุงพาหะ ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างโฮสต์ (host) และสิ่งแวดล้อม การควบคุมยุงพาหะให้ได้ผลผู้ปฏิบัติจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับหลักการปฏิบัติ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

### 3 การควบคุมโรคไข้มาลาเรียโดยใช้มาตรการควบคุมยุงพาหะ

#### การควบคุมโรคมาลาเรีย<sup>(14)</sup>

การควบคุมไข้มาลาเรียมีจุดมุ่งหมาย ลดความทุกข์ทรมานของประชากรจากการป่วยและตายด้วยไข้มาลาเรีย นั่นคือ ลดการป่วยและการตายจากไข้มาลาเรีย ด้วยการตัดวงจรการแพร่โรค ซึ่งมีระยะติดต่อในคนและในยุงมาตรการที่มีผลโดยตรงต่อการยับยั้งการแพร่เชื้อมาลาเรียที่ใช้กันโดยทั่วไป คือ มาตรการต่อยุงพาหะ มาตรการต่อคน ซึ่งเน้นการดำเนินงานเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมของชุมชนและกลุ่มเสี่ยง แนวคิดของการดำเนินการทุกมาตรการ เพื่อควบคุมโรคในปัจจุบัน เน้นการใช้มาตรการที่สอดคล้องกับเหตุผลทางด้านวิชาการ สภาพปัญหาและลักษณะเฉพาะทางเศรษฐกิจ สังคมธรรมชาติของพื้นที่ และเน้นการมีส่วนร่วมของผู้ที่เกี่ยวข้องกับโรคมาลาเรียทั้งหมดนอกเหนือจากชุมชนที่มีปัญหาไข้มาลาเรียโดยตรง

#### การใช้มาตรการต่อยุงพาหะ (Vector Control Measure)

มาตรการควบคุมยุงพาหะนำไข้มาลาเรียนั้น มีการควบคุมทั้งยุงพาหะตัวเต็มวัยและลูกน้ำยุงพาหะ โดยมีวัตถุประสงค์ในการดำเนินงาน 3 ประการ คือ เพื่อลดความหนาแน่นของยุงพาหะเพื่อลดอายุขัยของยุงพาหะ และเพื่อลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะ มีกิจกรรมหลายลักษณะที่สามารถเลือกใช้ดำเนินการ เช่น การควบคุมโดยใช้สารเคมี การควบคุมทางชีววิธี การควบคุมทางสิ่งแวดล้อม ตลอดจนการลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงหรือการป้องกันยุงกัดโดยการใช้มุ้งยาทากันยุงหรืออื่น ๆ เป็นต้น การ

เลือกใช้กิจกรรมต่าง ๆ ดังกล่าวพิจารณาตามความเหมาะสมทางด้านระบาดวิทยา กัญญาวิทยา ประชากร สภาพทางเศรษฐกิจและสังคมพื้นที่

### 1. การพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง (Indoor residual spraying)

หมายถึง การพ่นเคมีให้มีฤทธิ์ตกค้างบนพื้นผิว อาคาร บ้านเรือน กระท่อม เฝิง ที่พักอาศัย เฉพาะพื้นผิวที่ยุงพาหะในพื้นที่ชอบเกาะพัก เป็นมาตรการสำคัญที่นิยมใช้ควบคุมยุงพาหะของห้องที่มีการแพร่เชื้อสูง หรือห้องที่ที่อาจจะเกิดการตายด้วยมาลาเรียได้ โดยพ่นเคมีก่อนฤดูกาลแพร่เชื้อ 1 เดือน และพ่นทันทีสำหรับห้องที่ซึ่งไม่มีการแพร่เชื้อที่พบว่ากลับมีการแพร่เชื้ออีกสารเคมีที่ใช้ คือ เดลตาเมทริน 5% Wdp. พ่นพื้นผิวภายในอาคารบ้านเรือนให้มีสารออกฤทธิ์ติดพื้นผิวขนาด 20 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร ปีละ 1 หรือ 2 รอบ ซึ่งรอบของการพ่นต้องห่างกันไม่น้อยกว่า 3 เดือน กรณีที่ใช้สารเคมีอื่น ความถี่ของรอบการพ่นเคมีปรับตามความคงทนของสารออกฤทธิ์ตกค้างบนพื้นผิว ในขนาดความเข้มข้นของสารเคมีที่กำหนดไว้ตามผลการศึกษาวิจัย

การพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้างดำเนินการในกรณีที่มีการติดเชื้อในพื้นที่ และยุงพาหะหลักในพื้นที่นั้นมีชีวิตวัยเข้ากัดคนในบ้าน ทั้งนี้ประชากรส่วนใหญ่ต้องยอมรับการพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง ด้วย

### 2. การใช้มุ้งชุบสารเคมี (Impregnated mosquito nets)

หมายถึง การดำเนินการให้มีการชุบมุ้ง ที่ชุบสารเคมีควบคุมยุงพาหะระยะตัวเต็มวัยดำเนินการในกลุ่มบ้าน หรือหมู่บ้านที่สำรวจแล้วพบว่าการชุบมุ้งตั้งแต่ 70 % ของหลังคาเรือนขึ้นไป หรือเป็นห้องที่ที่มีประชากรใช้มุ้งอัตราส่วนไม่เกิน 3 คนต่อมุ้ง 1 หลัง สารเคมีที่ชุบมุ้งในปัจจุบัน มักนิยมใช้ เพอร์เมทริน 10 % ชนิดน้ำมัน ทำการชุบมุ้งให้มีสารออกฤทธิ์ขนาด 300 มิลลิกรัมต่อตารางเมตร ระยะเวลาที่ทำการชุบมุ้งต้องการทำให้เสร็จก่อนฤดูกาลแพร่เชื้อไม่เกิน 1 เดือน ดำเนินการ 1-2 รอบต่อปี เช่นเดียวกับการพ่นบ้าน ทั้งนี้สารเคมีอื่นอาจนำมาพิจารณาใช้ได้ ถ้าทำการศึกษาแล้วพบว่าสารเคมีชนิดนั้นมีประสิทธิภาพเท่ากับหรือดีกว่าเพอร์เมทริน 10 % ชนิดน้ำมันที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งโดยทั่วไปมักมีฤทธิ์คงทนของสารเคมีในการกำจัดยุงพาหะนานประมาณ 3 – 6 เดือน<sup>(14,15)</sup>



การใช้มุ้งกางนอน หมายถึง การใช้เป็นประจำในบ้านที่อาศัยประจำ หรือสถานที่พักต่างถิ่นที่ไปค้างแรมด้วยเหตุผลความจำเป็น เช่น การไปค้างแรมเพื่อทำไร่ เป็นต้น

ปัจจุบัน ได้มีความสนใจนำสารเคมีมาชุบมุ้ง โดยเฉพาะการใช้สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ โดย Rosendaal<sup>(16)</sup> ได้แนะนำและรวบรวมข้อมูลการใช้มุ้งชุบสารเคมีมาใช้ในการควบคุมไข้มาลาเรียไว้เป็นอย่างดี<sup>(17)</sup>

สำหรับประเทศไทย ได้มีการศึกษาการใช้มุ้งชุบสารเคมีเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการป้องกันโรคไข้มาลาเรียในกลุ่มคนงานตัดอ้อยในภาคตะวันออก พบว่า การลงทุนคุ้มค่ากว่าการใช้มุ้งป้องกันยุงกัดเพียงอย่างเดียวโดยไม่ได้ชุบสารเคมี<sup>(18)</sup>

การใช้กางมุ้งนอน สามารถใช้ประโยชน์ในการป้องกันโรคไข้มาลาเรียได้ โดยคนที่นอนในมุ้ง ในเวลาค่ำคืนจะไม่ถูกยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียกัด และหากใช้สารเคมีที่มีความประสิทธิภาพในการกำจัดยุงและมีความปลอดภัยต่อคน สัตว์และสิ่งแวดล้อมสูง มาชุบมุ้งจะช่วยปกป้องคนที่ใช้มุ้งชุบสารเคมีกางนอน เนื่องจากมุ้งชุบสารเคมีสามารถมีฤทธิ์ฆ่ายุงได้ และมุ้งที่ชุบสารเคมีนอกจากจะป้องกันยุงกัดแล้วยังสามารถป้องกันแมลงหรือไรชนิดต่าง ๆ ที่มาดูดเลือดหรือก่อเหตุรำคาญได้ด้วย<sup>(19)</sup>

สารเคมีที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ใช้เพื่อชุปมุ้งกางนอนเพื่อควบคุมยุงพาหะนำไข้มาลาเรีย<sup>(20)</sup>

ตารางที่ 2 สารเคมีที่องค์การอนามัยโลกแนะนำให้ใช้ชุปมุ้งกางนอนเพื่อควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย

สารเคมี	รูปแบบและความเข้มข้น	อัตราการใช้สารเคมีต่อพื้นที่มุ้ง (mg.a.i./m <sup>2</sup> )
Alpha-cypermethrin	SC 10%	20-40
Cyfluthrin	EW 5%	50
Deltamethrin	SC 1%; WT 25%; WT 25%+ binder	15-25
Etofenprox	EW 10%	200
Lambda-cyhalothrin	CS 2.5%	10-15
Permethrin	EC 10%	200-500

### 3. การพ่นหมอกควัน (Fogging)

หมายถึง การใช้เครื่องพ่นสารเคมีชนิดเป็นฝอยละอองผ่านความร้อนออกมาเป็นควันเมื่อถูกยุงพาหะทำให้ตายทันที การพ่นหมอกควันนี้ดำเนินการในท้องที่ที่มีการแพร่เชื้อ และพบว่ามียุงพาหะหลักซึ่งมีชีวิตรบกวนคนในบ้าน และเป็นท้องที่ชุมชนหนาแน่น และประชากรยอมรับการพ่นหมอกควันหรือถ้ามีการพบผู้ป่วยมาลาเรียมากผิดปกติในท้องที่ที่มีการแพร่เชื้อไข้มาลาเรียถ้ามีการระบาดของไข้มาลาเรียนท้องที่ไม่มีมีการแพร่เชื้อไข้มาลาเรียแล้ว ให้ทำการพ่นหมอกควัน 4-6 ครั้งต่อแห่ง ระยะเวลาแต่ละครั้งห่างกันประมาณ 1 สัปดาห์ โดยพิจารณาพ่นหมอกควันในระยะเวลาที่ยุงพาหะออกหากิน เช่น พลบค่ำ สารเคมีที่ใช้พ่นหมอกควัน คือ สารเคมีกลุ่มไพริทรอยด์ เช่น เดลตาเมทริน 0.5 % ชนิดน้ำมัน หรืออาจใช้สารเคมีอื่นที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

#### 4. การควบคุมทางชีววิธี (Biological control)

การควบคุมทางชีววิธี หมายถึง การนำสิ่งมีชีวิตมาใช้ควบคุมยุงพาหะ โดยเฉพาะในระยะที่เป็นลูกน้ำ (Mosquito larva) ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้ใช้ปลากินลูกน้ำ (Larvivorous fish) เพื่อใช้ควบคุมลูกน้ำเป็นมาตรการเสริมในท้องที่ที่มีการแพร่เชื้อไข้มาลาเรีย หรือใช้ควบคุมลูกน้ำในท้องที่ซึ่งไม่มีการแพร่เชื้อแล้ว แต่สถานการณ์ไม่น่าไว้วางใจ เนื่องจากมีประวัติว่าเคยมีการแพร่เชื้อสูงในอดีตและพบว่ายุงพาหะอยู่เป็นจำนวนมาก โดยใช้ปลาหางนกยูง ปลาแกมบุงเซีย และปลาหัวตะกั่ว ปล่อยในแหล่งน้ำที่พบหรือสงสัยว่าจะมีการเพาะพันธุ์ของยุงพาหะ (ยกเว้นแหล่งน้ำของยุง *An.dirus* ซึ่งมักค้นหาไม่พบ) และปล่อยในฤดูกาล ที่มีแหล่งน้ำเหมาะสมซึ่งปลาสามารถมีชีวิตอยู่ และขยายพันธุ์ได้ การใช้ปลากินลูกน้ำให้ปล่อยปลาซ้ำที่เดิมแห่งละ 3-4 ครั้ง ๆ ละประมาณ 100 – 200 ตัว แต่ละครึ่งปล่อยปลาห่างกันประมาณ 1 เดือน และก่อนปล่อยปลากินลูกน้ำทุกครั้งต้องประเมินผลว่าการปฏิบัติงานที่ผ่านมาได้ผลหรือไม่ โดยตรวจสอบดูว่ามีปลาชนิดที่เคยปล่อยในแหล่งน้ำนั้นหรือไม่ด้วย

#### 5. การปรับปรุงสิ่งแวดล้อม (Environmental management)

การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมเพื่อควบคุมยุงพาหะ หมายถึง การปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมไม่ให้เป็นที่เพาะพันธุ์ยุงพาหะ ซึ่งรวมถึง การวางแผน การจัดองค์การดำเนินการ และการกำกับกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อให้มีการปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสิ่งแวดล้อมซึ่งเกี่ยวเนื่องถึงมนุษย์โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อป้องกันมิให้มีแหล่งเพาะพันธุ์ยุงพาหะ หรือลดปริมาณของยุงพาหะลงซึ่งจะมีผลถึงการลดการติดเชื้อมาลาเรียในพื้นที่ลงด้วย การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมนี้มีทั้งชนิดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่ถาวร ได้แก่ การระบายน้ำ การกลบถม แหล่งเพาะพันธุ์ การปรับสภาพและระดับผิวดิน เป็นต้น และเกิดการเปลี่ยนแปลงชั่วคราว ซึ่งทำให้ยุงพาหะไม่ชอบวางไข่เพาะพันธุ์ต่อไป เช่น การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดด่างของน้ำ การระบายน้ำ การปรับระดับน้ำ การผันกระแสน้ำ เป็นต้น การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมมีการลงทุนค่อนข้างสูง และต้องได้รับความร่วมมือจากชุมชนและ / หรือองค์กรในท้องถิ่นนั้น ให้มีส่วนร่วมในการดำเนินงานเป็นอย่างดี เพราะต้องมีการซ่อมบำรุงและดูแลอย่างใกล้ชิด จึงจะทำให้เกิดผลดีในการควบคุมยุงพาหะได้ สำหรับท้องที่ปฏิบัติงานจะดำเนินการในท้องที่ซึ่งยังมีการแพร่เชื้อของไข

มาลาเรียอยู่ หรือห้องที่ซึ่งไม่มีการแพร่เชื้อแต่พบยุงพาหะ และเป็นห้องที่ซึ่งมีประวัติว่าเคยมีการแพร่เชื้อ ใช้มาลาเรียการทำแผนและการดำเนินงานให้พิจารณาชุมชน และความ เป็นไปได้ของกิจกรรมนี้ อย่างน้อยสำนักงานละ 1 ครั้งต่อปี

## 6. การลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะ (Man mosquito contact reduction)

### หรือ การป้องกันตัวเองไม่ให้ยุงกัด (Self protection)

หมายถึง ประชาชนป้องกันยุงกัดโดยเจ้าหน้าที่ให้ความรู้แก่ประชาชนในห้องที่ที่มีการแพร่เชื้อ ใช้มาลาเรียให้รู้จักการป้องกันตัวเองด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ไม่ให้เกิดยุงกัด ซึ่งเป็นการลดการแพร่เชื้อใช้มาลาเรียในห้องที่ได้ระดับหนึ่ง โดยใช้มาตรการต่าง ๆ เช่น นอนในมุ้ง ใช้ยาทาป้องกันยุง เป็นต้น ซึ่งสามารถดำเนินการได้ทุกห้องที่กิจกรรมที่นำมาใช้ได้

**6.1 การนอนในมุ้ง (Mosquito Nets)** การใช้มุ้งป้องกันการเกิดโรคจากยุงกัดนี้ ได้มีมาหลายร้อยปีแล้วอย่างไรก็ตามยุงบางชนิดที่ชอบออกหากินเวลากลางวัน อาจจะป้องกันไม่ได้ และต้องมีการดูแลมุ้งให้อยู่ในสภาพดีไม่ขาดละเสียหาย ซึ่งจะทำให้เกิดประสิทธิภาพการป้องกันลดลงขนาดของเส้นด้ายที่ทำมุ้งควรมีขนาดประมาณ 1-1.8 มิลลิเมตร และจำนวนของตาข่ายไม่ควรต่ำกว่า 156 รูต่อตารางนิ้ว ซึ่งจะทำให้ไม่ร้อนอากาศสามารถผ่านได้ แต่ถ้าจำนวนรูตาข่ายมีมากกว่านี้ก็สามารถป้องกันแมลงที่มีขนาดเล็กๆได้ นอกจากนี้ วัสดุที่ใช้ทำมุ้งอาจเป็นเส้นใยสังเคราะห์ หรือทำจากเส้นใยฝ้าย สีมุ้งตามความต้องการของประชาชนในแต่ละห้องที่และรูปแบบการจัดทำมุ้ง เช่น มุ้งรูปทรงสี่เหลี่ยม มุ้งรูปทรงกลม มุ้งสำหรับคนเดินป่า หรือมุ้งทหาร หรือมุ้งประกอบเปลสำหรับผูกนอนบนต้นไม้ เป็นต้น สำหรับมุ้งขนาดมาตรฐานทั่วไปมีพื้นที่ประมาณ 14 ตารางเมตรในการใช้มุ้งควรส่งเสริมให้ประชาชนมีมุ้งใช้ในอัตราเฉลี่ย 2 -3 คน ต่อมุ้งหนึ่งหลัง และการส่งเสริมประชาชนให้ใช้มุ้งป้องกันตนเองนี้จะต้องมีการศึกษาพฤติกรรมของประชาชนในห้องที่นั้น ๆ ว่าชอบใช้มุ้งกางนอนหรือไม่ด้วย เพื่อให้ใช้มาตรการนี้ได้ผลดีที่สุด

**6.2 การสวมเสื้อผ้าปกปิดร่างกายให้มิดชิด เช่น ใช้เสื้อแขนยาว กางเกงขายาว** เป็นต้น เสื้อผ้าควรมีความหนาพอเพียงและควรจะหลวมเล็กน้อยไม่กระชับร่างกาย สีและวัสดุที่นำมาทำเสื้อก็มีส่วนในการลดยุงกัดได้ เช่น ผ้าที่มีสีดำนกึ่งดูดความสนใจให้ยุงกัด

ได้มากและได้มีการศึกษาในกลุ่มทหารให้สวมเสื้อผ้าย่างมิดชิดทำให้ลดการติดโรคที่นำโดยยุงได้ นอกจากนี้ประชาชนกลุ่มเสี่ยงบางกลุ่ม เช่น กลุ่มคนกรีดยางในสวนยางอาจใช้เสื้อคลุมตาข่ายซุบสารเคมีหรือเสื้อกั๊กซุบสารเคมีสวมทับเสื้อผ้าที่ใช้อยู่ก็สามารถลดการถูกยุงกัดได้ระดับหนึ่ง

**6.3 การใช้ยาทากันยุงกัด (Mosquito repellent)** ยาทากันยุง หรือยาทาไล่ยุง หมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติในการป้องกันไม่ให้ยุงกัด ส่วนประกอบของยาทากันยุง ได้แก่ Benzyl benzoate, Butylethy propanediol, DEET (N.N.-diethyl-3-toluamide), Dibutyl phthalate, Dimethyl carbamate, Dimethyl phthalate, Ethyl hexanediol, Butopyronoxyl2-chlorodiethyl benzamide ยาทากันยุงนี้ ผลิตภัณฑ์อาจเป็นน้ำ หรือครีม หรือเป็นแท่ง (stick) ในการขับไล่ยุงได้อย่างน้อย 2 ชั่วโมง และบางชนิดมีคุณสมบัติป้องกันได้ถึง 15 ชั่วโมง การใช้ยาทากันยุงนี้ประสิทธิภาพของการใช้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์และความถี่ของการทายากันยุงด้วย สำหรับยาทากันยุงควรใช้ในท้องที่ซึ่งประชาชนมีพฤติกรรมที่ชอบอยู่นอกบ้าน มีโอกาสที่ต้องเสี่ยงต่อการถูกยุงกัดในขณะที่อยู่นอกมุ้ง และใช้ในกลุ่มประชาชนที่มีอาชีพ หรือการดำเนินชีวิตที่เสี่ยงต่อการถูกยุงพาหะกัดได้ง่าย เช่น การกรีดยาง การทำไร่สับปะรด เป็นต้น การใช้ยาทากันยุงต้องทาบริเวณที่มีโอกาสจะถูกยุงกัด ได้แก่ แขน ขา ไหล่ หลังคอ ส่วนที่อยู่นอกเสื้อผ้า การส่งเสริมกิจกรรมนี้สามารถทำผ่านกองทุนหมุนเวียนประจำหมู่บ้าน หรือผ่านทางสถานบริการทางสาธารณสุขต่าง ๆ และควรส่งเสริมให้ประชาชนเห็นประโยชน์ และมีความต้องการซื้อหาเพื่อนำไปใช้ด้วยตนเอง

**6.4 การใช้ยาจุดกันยุง (Mosquito coils and sticks)** หมายถึง ผลิตภัณฑ์ยาทากันยุง ซึ่งเมื่อใช้จุดไฟแล้วสามารถระเหยสารออกฤทธิ์ขับไล่และฆ่ายุงได้ มีคุณสมบัติในการฆ่ายุงหรือไล่ไม่ให้เข้ามาในบริเวณดังกล่าว ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตออกมาในท้องตลาดส่วนใหญ่มีสารเคมีผสมไว้ในยาจุดไล่ยุงด้วย จึงทำให้ผู้ใช้อาจเกิดการระคายเคืองได้ แต่มีสารเคมีบางกลุ่ม เช่น กลุ่มไพรีทรอยด์ สามารถนำมาผสมในยาจุดไล่ยุง และค่อนข้างปลอดภัยต่อมนุษย์

**6.5 การใช้ตาข่ายกันยุงกัด หรือ การใช้มุ้งลวด (Screening)** ปัจจุบันมีการใช้ตาข่ายกันยุงกัดทั่วไป ในเขตเมือง หรือตามชนบทบางแห่งก็สามารถซื้อหาได้สะดวก ตาข่าย

อาจทำได้ในลอนหรือโลหะ เช่น ลวด ซึ่งจะต้องมีการออกแบบอย่างดี เพื่อปิดกั้นช่องซึ่ง  
 ยุงสามารถรูดผ่านได้ โดยเฉพาะการทำตาข่ายป้องกันที่ประตูหน้าต่าง จะทำให้มุมประตู  
 และหน้าต่างแข็งแรงไม่เสียหายได้ง่าย ประตูควรเปิดออกด้านนอก ขนาดของตาข่าย  
 ขึ้นอยู่กับขนาดของวัสดุ เช่น ลวดที่ใช้ทำตาข่าย ขนาดของตาข่ายที่เหมาะสม คือ 16-18รู  
 ต่อนิ้ว บ้านที่มุงลวดหรือตาข่ายกันยุงอย่างแน่นหนาไม่มีความจำเป็นต้องพ่นเคมีแต่อย่าง  
 ใด

นอกจากนั้นการป้องกันตนเองจากการถูกยุงกัดนี้อาจมีกิจกรรมอื่นที่สามารถนำมา  
 ประยุกต์ใช้ได้ในแต่ละท้องถิ่น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับพฤติกรรมของประชาชนในชุมชนและความ  
 เหมาะสมของกิจกรรมที่สามารถค้นหานำมาประยุกต์ใช้ได้ของแต่ละท้องถิ่นด้วย

องค์ประกอบในการเลือกใช้มาตรการควบคุมแมลงนำโรค การจะเลือกใช้วิธีใดวิธี  
 หนึ่งหรือหลายวิธีร่วมกันนั้นขึ้นอยู่กับเหตุผล และความเหมาะสมในการใช้มาตรการต่าง  
 ๆ ซึ่งมีข้อที่ต้องนำมาพิจารณา คือ

1. ท้องที่นั้น ต้องมีการติดเชื่อเกิดขึ้นในท้องที่อย่างหนาแน่น หมายถึง ได้มีการสอบ  
 ประวัติการติดเชื่อไข้มาลาเรียอย่างรัดกุมสามารถตัดสินใจว่ามีการติดเชื่ออยู่ในท้องที่นั้น

2. ท้องที่นั้นมีการค้นพบยุงพาหะอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างในพื้นที่ หรือมี  
 ลักษณะพื้นที่ที่เอื้ออำนวยต่อการเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุงพาหะ และยุงพาหะชนิดนั้น ๆ มี  
 นิสัยในการวางไข่หากินและเกาะพักอย่างไร

3. ต้องมีความเข้าใจว่าประชาชนในพื้นที่นั้น ๆ แต่ละบ้าน (หรือหากจะให้ละเอียด  
 ย่อยถึงแต่ละบุคคลก็ยิ่งดี) มีพฤติกรรมประจำวัน หรือลักษณะประกอบอาชีพอย่างไรบ้างที่  
 จะถูกยุงพาหะกัด

4. ท้องที่นั้นประชาชนมีพฤติกรรมในการควบคุมยุงพาหะมากน้อยเท่าใด และแต่  
 ละมาตรการที่จะนำไปใช้นั้นประชาชนยอมรับหรือไม่ ซึ่งถ้าจะให้ได้ผลดีที่สุดนั้น  
 ประชาชนหรือชุมชนจะต้องสามารถทำได้ด้วยตนเอง

5. มาตรการที่จะนำไปใช้นั้นสามารถหาได้ในท้องถิ่นหรือไม่ เช่น มีสารเคมีสำหรับ  
 ใช้พ่น หรือไม่มีอุปกรณ์การพ่นเคมีหรือไม่ หรือถ้าเป็นมาตรการป้องกันตนเองจากการถูก  
 ยุงกัด หรือการปรับปรุงสิ่งแวดล้อม ประชาชนทราบถึงวิธีการดำเนินการหรือไม่ เป็นต้น

#### 4 การแบ่งท้องที่ปฏิบัติงาน (Area Stratification)

การปฏิบัติงานควบคุมโรคมalariaเรียในประเทศไทย สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง  
 ควบคุมโรคได้กำหนดให้มีแบ่งท้องที่ในการปฏิบัติงาน เพื่อความเหมาะสมในการ  
 เลือกใช้มาตรการควบคุมโรคและให้สอดคล้องตามความก้าวหน้าของการควบคุมโรคใน  
 แต่ละท้องที่ การพิจารณาแบ่งประเภทท้องที่ปฏิบัติงานจะดำเนินการเป็นประจำเมื่อขึ้นปี พ.ศ.  
 ใหม่ เพื่อปรับประเภทท้องที่ให้เหมาะสมตามสถานการณ์โรค<sup>(21)</sup> ดังนี้

1 ท้องที่ควบคุม (Control area) หรือท้องที่ CA มีหน่วยวัดเป็นระดับหมู่บ้าน  
 หรือกลุ่มบ้าน แบ่งออกเป็น 2 ประเภท

1.1 ท้องที่ควบคุมที่มีการแพร่เชื้อ (Transmission area) หรือท้องที่ A  
 ได้แก่

1.1.1 ท้องที่แพร่เชื้อตลอดปี (Perennial transmission area)  
 หรือ ท้องที่ A1 ซึ่งเป็นหมู่บ้านหรือกลุ่มบ้านที่พบผู้ป่วยติดเชื้อในท้องที่นั้นตลอดทั้งปี  
 โดยใช้เกณฑ์การติดเชื้อในท้องที่ ตั้งแต่ 6 เดือนต่อปีขึ้นไป

1.1.2 ท้องที่แพร่เชื้อบางฤดูกาล (Periodic transmission area)  
 หรือ ท้องที่ A2 ซึ่งเป็นหมู่บ้านหรือกลุ่มบ้านที่พบผู้ป่วยติดเชื้อในท้องที่นั้นเฉพาะบาง  
 เดือน รวมแล้วน้อยกว่า 6 เดือนต่อปี ตลอดระยะเวลา 3 ปีที่ผ่านมา

1.2 ท้องที่ควบคุมไม่มีการแพร่เชื้อ (Non-transmission area) หรือท้องที่  
 B ได้แก่

1.2.1 ท้องที่ไม่มีการแพร่เชื้อ-เสี่ยงสูง (High risk area) หรือ  
 ท้องที่ B1 ซึ่งเป็นหมู่บ้านหรือกลุ่มบ้านไม่มีการติดเชื้อในท้องที่อย่างน้อย 3 ปีขึ้นไป และ  
 สัมผัสพบยุงพาหะตัวเต็มวัยหรือลูกน้ำ หรือมีสภาพภูมิประเทศเหมาะสมต่อการแพร่พันธุ์  
 ของยุงพาหะหลัก หรือยุงพาหะรอง

1.2.2 ท้องที่ไม่มีการแพร่เชื้อ-เสี่ยงต่ำ (Low risk area) หรือ  
 ท้องที่ B2 ซึ่งเป็นหมู่บ้านหรือกลุ่มบ้านไม่มีการติดเชื้อในท้องที่อย่างน้อย 3 ปีขึ้นไป และไม่  
 พบยุงพาหะ หรือสภาพภูมิประเทศไม่เหมาะสมต่อการแพร่พันธุ์ของยุงพาหะหลัก หรือ  
 ยุงพาหะรอง

2 ท้องที่เตรียมการผสมผสานงาน (Pre-integration area) หรือท้องที่ PA มีหน่วยวัดเป็นระดับอำเภอ โดยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของหมู่บ้านหรือกลุ่มบ้านในอำเภอนั้นที่ไม่มี การแพร่เชื้อเสี่ยงต่ำ ที่เป็นท้องที่ B2 อย่างน้อย 3 ปีติดต่อกัน ทั้งนี้ทางโรงพยาบาล สถานีอนามัยและศูนย์สุขภาพชุมชน ต้องมีความพร้อมในการค้นหา บำบัดรักษา และสอบสวนโรคผู้ป่วย นอกจากนี้ยังสามารถขอรับการสนับสนุนและความร่วมมือด้านวิชาการได้จากหน่วยควบคุมโรคติดต่อ นำโดยแมลง หรือศูนย์ควบคุมโรคติดต่อ นำโดยแมลง หรือสำนักงานป้องกันควบคุมโรค

3 ท้องที่ผสมผสานงาน (Integration area) หรือท้องที่ IA มีหน่วยวัดเป็นระดับจังหวัด โดยไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของหมู่บ้านหรือกลุ่มบ้านในจังหวัดนั้นเป็นท้องที่ PA อย่างน้อย 3 ปีขึ้นไป รวมทั้งจังหวัดสามารถดำเนินการเฝ้าระวังโรค และมีศักยภาพในการ แก้ไขปัญหามาลาเรียภายในจังหวัดได้

## 5 กลุ่มของสารเคมีกำจัดแมลง

สารเคมีกำจัดแมลงที่แพร่หลายและใช้กันมากในขณะนี้แบ่งเป็นกลุ่มใหญ่ๆตาม โครงสร้างและปฏิกิริยาเคมีออกเป็น 4 กลุ่มคือ<sup>(22)</sup>

1 Chlorinated hydrocarbon compounds หรือกลุ่ม Organochlorine เป็นกลุ่มที่ประกอบด้วยธาตุไฮโดรเจน (H) คาร์บอน (C) และคลอรีน (Cl) สารเคมีกลุ่มนี้มีการ สลายตัวช้าและพบว่าการสะสมอยู่ตามดิน น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในร่างกายของมนุษย์ และสัตว์เลี้ยง สารเคมีที่รู้จักกันดีและใช้กันมากได้แก่ ดีดีที (DDT) ดีลดริน (dieldrin) อัลดริน (aldrin) ท็อกซาฟีน (toxaphene) คลอเดน(chlordane) ลินเดน (lindane) และแกมมา เอชซีเอช (gamma HCH) เป็นต้น

2 Organophosphorus compounds หรือ กลุ่มออร์แกโนฟอสเฟต หลังจากที่พบว่า สารเคมีในกลุ่ม Organochlorine มีการสะสมและมีพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อมเป็นเวลานาน ทำให้เกิดสารพิษตกค้างในดินและน้ำ การใช้สารเคมีกำจัดแมลงจึงได้เปลี่ยนไปใช้พวก สารประกอบที่มีฟอสฟอรัสเป็นตัวหลักมากขึ้น และใน ขณะนี้เป็นยุคที่มีการใช้สารเคมี กลุ่มนี้มากทั้งในด้านการเกษตรและในวงการสาธารณสุข แต่การเป็นพิษเกิดขึ้นได้เร็วกว่า กลุ่ม Organochlorine และสลายตัวก็เร็วกว่า สารเคมีในกลุ่มนี้ที่ใช้กันมาก ได้ แก่ มาลาไซ



ออน (malathion) เฟนนิโตรไธออน (fenitrothion) พิริมิฟอสเมทิล (pirimiphos methyl) และไดคลอวอส (dichlorvos หรือ DDVP) เป็นต้น

3 Carbamate compounds เป็นสารประกอบอีกกลุ่มหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในการกำจัดแมลง อาการเป็นพิษเกิดขึ้นได้เร็วและสลายตัวเร็ว สารเคมีกลุ่มนี้มีคาร์บาริลกรุปเป็นตัวหลักที่สำคัญ ที่รู้จักกันมาก คือ โพรพ็อกเซอร์ (propoxur) เบนไดโอคาร์บ (bendiocarb) และแลนดริน (landrin) เป็นต้น

4 ไพรีทรอยด์สังเคราะห์ เป็นกลุ่มของสารเคมีฆ่าแมลงซึ่งได้จากการสังเคราะห์เลียนแบบโครงสร้างพื้นฐานของสารไพรีทริน ซึ่งสกัดจากดอกไพรีทรัม (ดอกเบญจมาศ) มีคุณสมบัติในการฆ่าแมลงนี้

ไพรีทรินประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ 6 ชนิด ซึ่งมีอยู่ในปริมาณเล็กน้อยแตกต่างกันเรียงลำดับดังนี้ ไพรีทริน I (pyrethrin I) ไพรีทริน II (pyrethrin II) ซิเนริน II (cinerin II) ซิเนริน I (cinerin I) จาสโมลิน I (jasmolin I) และ จาสโมลิน II (jasmolin II) ทุกชนิดเป็นเอสเทอร์ซึ่งได้จากกรดคาร์บอกซิลิก (carboxylic acid) 2 ชนิด และแอลกอฮอล์ 3 ชนิด

จากการค้นพบโครงสร้างโมเลกุลของไพรีทริน และสามารถสังเคราะห์กรดคริสซานทีมิก (chrysanthemic acid) ได้ จึงเริ่มมีการสังเคราะห์สารขึ้นเลียนแบบ โดยพยายามปรับเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลเพื่อให้ได้สารที่มีคุณสมบัติบางอย่างที่ต้องการเพิ่มขึ้น เช่น มีความคงทนต่อแสงเพิ่มขึ้น มีการน็อกดาวนแมลงเร็วขึ้น มีพิษในการฆ่าแมลงสูงขึ้น และมีพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำลง ความสำเร็จในการพัฒนาสารไพรีทรอยด์สังเคราะห์เป็นตัวอย่างของความสำเร็จอย่างสูงในการใช้สารเคมีธรรมชาติเป็นต้นแบบ เพื่อสังเคราะห์สารเคมีฆ่าแมลงชนิดใหม่ๆ

allethrin และ bioallethrin เป็นสารสองชนิดแรกที่สังเคราะห์ขึ้นได้สำเร็จ โดยการเลียนแบบไพรีทริน I เริ่มผลิตออกขายประมาณปี พ.ศ. 2492 ชนิดอื่นๆ ที่มีผลิตตามมา ได้แก่ resmethrin และ bioresmethrin resmethrin เป็นไพรีทรอยด์สังเคราะห์ชนิดแรกซึ่งมีประสิทธิภาพฆ่าแมลงได้มากชนิดในระดับเดียวกันกับไพรีทริน I โดยมีประสิทธิภาพสูงขึ้นกว่า allethrin ประมาณ 40 เท่า

สารไพรีทรอยด์สังเคราะห์ซึ่งผลิตขึ้นในยุคต้นๆ นี้ ทุกชนิดยังมีข้อเสีย กล่าวคือ โมเลกุลจะแตกสลายง่ายในสภาพที่ถูกแสง โดยเฉพาะอย่างยิ่งแสงอัลตราไวโอเล็ต จึงใช้ประโยชน์ได้ดีเฉพาะการกำจัดแมลงในบ้านเรือนเท่านั้น จนกระทั่งปี พ.ศ. 2515 Michael Elliot จึงประสบความสำเร็จในการสังเคราะห์เพอร์มีทริน เป็นไพรีทรอยด์สังเคราะห์ ชนิดแรกซึ่งมีเสถียรภาพต่อแสง สามารถใช้กำจัดแมลงในสภาพไร้อุณหภูมิได้

ในช่วงเวลาตั้งแต่ประมาณปี พ.ศ. 2513 เป็นต้นมาถึงปัจจุบัน ได้มีความก้าวหน้าอย่างมากในการพัฒนาสารกลุ่มนี้ ตัวอย่างสารเคมีฆ่าแมลงกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ ซึ่งมีการผลิตจำหน่าย ได้แก่ cypermethrin, deltamethrin และ fenvalerate เป็นต้น สารเคมีเหล่านี้ในโมเลกุลจะมีส่วนที่เป็นหมู่อัลฟาไซยาโน (alpha-cyano group) อยู่ด้วย มีคุณสมบัติในการกำจัดแมลงได้ดี สามารถใช้ฉีดพ่นเพื่อการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชในสภาพไร้อุณหภูมิได้

สารไพรีทรอยด์สังเคราะห์มีข้อดีคือ มีพิษสูงและออกฤทธิ์เร็ว ฆ่าแมลงได้มาก ชนิดมีพิษต่อสัตว์เลือดอุ่นต่ำ และไม่ทำให้เกิดปัญหาพิษตกค้างในสิ่งแวดล้อม แต่ก็มีข้อเสียเนื่องจากไม่ปลอดภัยต่อแมลงที่มีประโยชน์ เช่น ผีเสื้อ และแมลงตัวห้ำต่างๆ นอกจากนี้ยังมีพิษสูงมากต่อสัตว์น้ำ เช่น ปลา และสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังต่างๆ ตัวอย่างเช่น เพอร์มีทริน มีค่า  $LD_{50}$  จากการทดลองกับปลาชนิดต่างๆ อยู่ระหว่าง 1-140 ไมโครกรัม/ลิตร

เนื่องจากการเสื่อมพิษของไพรีทรอยด์สังเคราะห์ จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็วภายในร่างกายของสัตว์เลือดอุ่น เนื่องจากสัตว์เลือดอุ่นมีระบบเอนไซม์ไมโทออกซิจีเนส และเอนไซม์เอสเตอเรส (esterase) หลายชนิด ซึ่งสามารถเร่งปฏิกิริยาสลายไพรีทรอยด์ ก่อนที่จะเคลื่อนย้ายไปถึงตำแหน่งออกฤทธิ์ที่ระบบประสาท

## 6 รูปแบบของสารเคมีกำจัดแมลง

สารเคมีกำจัดแมลงที่ผลิตขึ้นในท้องตลาดมีมากมายหลากหลายชนิด โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เหมาะสมกับคุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ให้มีประสิทธิภาพต่อการควบคุมแมลงเป้าหมาย เหมาะสมต่อชนิดและชีวนิสัยของแมลง รวมถึงเหมาะสมกับชนิดของเครื่องพ่นด้วย รูปแบบสารเคมีที่พบมาก ได้แก่<sup>(23)</sup>

1 Dustable powder (DP) เป็นรูปแบบผงละเอียด เตรียมโดยผสมสารออกฤทธิ์กับสารไม่ออกฤทธิ์จำพวกผงแป้ง นำไปใช้โดยไม่ต้องผสมกับน้ำหรือสารอื่น ส่วนใหญ่ใช้ควบคุมปรสิตภายนอกร่างกาย ได้แก่ เหา หมัด เป็นต้น ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงรูปแบบนี้ได้แก่ Permethrin 0.5% w/w DP, Deltamethrin 0.05% w/w DP, Carbaryl 5.0% w/w Powder และ Propoxur 1.0% w/w DP เป็นต้น

2 Wettable poeder (WP) และ Water dispersable powder (WDP) เป็นรูปแบบผงสารเคมีออกฤทธิ์จะผสมกับสารจับเปียกและสารไม่ออกฤทธิ์ รูปแบบนี้จะเตรียมเพื่อละลายน้ำก่อนใช้ ได้สารละลายแขวนตะกอน ถ้าปล่อยทิ้งไว้นานจะตกตะกอนหากผสมน้ำแล้วควรใช้ทันที โดยทั่วไปสารเคมีรูปแบบนี้ไม่ค่อยมีกลิ่น ไม่ดูดซึมโดยพื้นผิวรูพรุนหรือผิวหนัง แต่การผสมขณะแห้งต้องระวังการได้รับโดยการหายใจ ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงรูปแบบนี้ได้แก่ Deltamethrin 5% w/w WP, Lamdacyhalothrin 10% w/w WP และ Bifenthrin 10% w/w WP เป็นต้น

3 Soluble powder (SP) เป็นรูปแบบผง สารออกฤทธิ์ละลายน้ำได้ เมื่อผสมกับน้ำแล้วจะละลายเป็นเนื้อเดียวไม่ตกตะกอน ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงรูปแบบนี้ได้แก่ Trichorrhon 95 w/w SP, Methomyl 40% w/w SP และ Formetanate 25% w/w SP เป็นต้น

4 Tablet (TB หรือ WT) เป็นรูปแบบเม็ด ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์และสารไม่ออกฤทธิ์ชนิดอื่น เตรียมให้อยู่ในรูปแบบเม็ด การนำมาใช้ต้องละลายน้ำ จะได้เป็นสารละลายแขวนลอย เมื่อตั้งทิ้งไว้สามารถตกตะกอนได้ ซึ่งรูปแบบนี้มักจะผสมสารที่มีรสขมมากร่วมด้วย และจะทำให้มีอาการอย่างรวดเร็วมักรวดเร็วเมื่อได้รับทางปาก เพื่อป้องกันมิให้เกิดการนำเอาไปใช้ที่ผิด ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงรูปแบบนี้ได้แก่ Deltamethrin 25% w/w WT เป็นต้น

5 Granule (GR) เป็นรูปแบบเม็ด เตรียมโดยการเคลือบสารเคมีกำจัดแมลงกับวัตถุนขนาดเล็ก เช่น เม็ดทราย เพื่อเป็นตัวนำพาสารเคมีกำจัดแมลง นำไปใช้โดยการโรยหยอด หว่าน ไม่ต้องผสมน้ำ หรือสารอื่น ซึ่งปัจจุบันได้พัฒนาสารเคมีรูปแบบนี้ให้สามารถปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ออกมาครั้งละน้อยๆ (slow release) เพื่อให้มีระยะเวลาในการออกฤทธิ์นาน เช่น ทรายอะเบท หรือ Temephos 1% GR เป็นต้น

6 Emulsifiable concentrate (EC) เป็นรูปแบบของเหลว ซึ่งถูกเตรียมโดยผสมสารเคมีกำจัดแมลงกับตัวทำละลายและสารลดแรงตึงผิวให้เป็นเนื้อเดียวกันเมื่อนำมาใช้ผสมกับน้ำ จะได้สารละลาย สีขาวขุ่นคล้ายนม อาจมีกลิ่นเหม็น สามารถดูดซึมบนพื้นผิวที่มีรูพรุนได้ดี ผิวหนังของคนจะดูดซึมสารเคมีนี้ได้ดีเช่นกัน เพราะฉะนั้นต้องใช้อย่างระมัดระวัง สารเคมีที่จำหน่ายในท้องตลาดปัจจุบันเป็นสารเคมีรูปแบบนี้ ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงรูปแบบนี้ได้แก่ Permethrin 10% w/v EC, Lamdacyhalothrin 10% w/v EC และ Bifenthrin 2% w/v EC เป็นต้น

7 Emulsion oil-in-water (EW) เป็นรูปแบบของเหลว ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ในตัวทำละลายซึ่งเป็นสารไม่ออกฤทธิ์ และผสมด้วยสารแผ่กระจาย เหมือนละอองเล็กๆ ในน้ำ รูปแบบนี้มักจะนำมาใช้ผสมกับน้ำเท่านั้น ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงรูปแบบนี้ได้แก่ Etofenprox 10% w/v EW เป็นต้น

8 Capsule suspension (CS) เป็นรูปแบบของเหลว ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ถูกห่อหุ้มด้วยแคปซูล ซึ่งจะช่วยให้สารเคมีฆ่าแมลงอย่างช้าๆ สารเคมีในกลุ่มนี้ไม่ถูกดูดซึมโดยพื้นผิวรูพรุน สามารถเกาะติดกับลำตัวแมลง เพิ่มการสัมผัสระหว่างแมลงกับสารเคมีกำจัดแมลง มีกลิ่นเล็กน้อยและมีฤทธิ์คงทนยาวนาน อาจมีราคาแพงกว่ารูปแบบอื่นๆ ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงรูปแบบนี้ได้แก่ Lamdacyhalothrin 2.5% w/v CS และ Diazinon 30% w/v CS เป็นต้น

9 Suspension concentrate (SC) เป็นรูปแบบของเหลว ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์เป็นของแข็งแขวนลอยอยู่ในสารละลายไม่ออกฤทธิ์ ในการผลิตจะผสมสารออกฤทธิ์กับสารตัวพา เช่น ดิน สารเคลือบอื่น รวมทั้งน้ำ ได้ของเหลวข้น เมื่อนำไปเจือจางด้วยน้ำก่อนใช้จะได้สารละลายสีขาวขุ่น ไม่ถูกดูดซึมโดยพื้นผิวรูพรุนหรือผิวหนัง และไม่ทิ้งคราบขาว บางครั้งอาจเรียกว่า flow able formulation ตัวอย่างสารเคมีกำจัดแมลงรูปแบบนี้ได้แก่ Alphacypermethrin 10% w/v SC และ Deltamethrin 1.0% w/v SC เป็นต้น

10 Soluble concentrate (SL) เป็นรูปแบบของเหลว ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์และตัวทำละลายผสมเป็นเนื้อเดียวกัน โดยสารออกฤทธิ์จะละลายในน้ำหรือแอลกอฮอล์ได้ดี ในกระบวนการผลิต สารออกฤทธิ์จะถูกบดให้ละเอียด จากนั้นจะผสมสารจับใบจึงได้สารละลายเป็นของเหลวข้น เมื่อผสมน้ำจะละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำและไม่เกิดสีขาว

ชุ่มคล้ายนม ปัจจุบันรูปแบบนี้ไม่ถูกนำมาใช้ทางด้านสาธารณสุข แต่จะใช้ทางเกษตร เช่น Imidacloprid 10% w/v SL, Methamidophos 60% w/v SL และ Monocrotophos 60% w/v SL เป็นต้น

11 Technical grade สารออกฤทธิ์รูปแบบนี้มีความบริสุทธิ์สูงที่สุด ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์ไม่น้อยกว่า 90% มักจะถูกนำมาเจือจางหรือปรุงแต่งเป็นสารเคมีกำจัดแมลงรูปแบบอื่นๆ สารเคมีรูปแบบนี้ถูกนำมาใช้ในการควบคุมแมลงน้อยมาก ยกเว้นสารเคมีกำจัดแมลงบางชนิดที่ใช้พ่นฝอยละเอียด (ULV) เช่น Dichlorvos 94% w/w, Bendiocarb 96% w/w, Propoxur 97% w/w และ Permethrin 92.5% w/w เป็นต้น

12 Ultra low volume liquid (ULV) เป็นของเหลวที่ผสมเป็นเนื้อเดียวกันสำหรับใช้กับเครื่องพ่น ULV เช่น Fenitrothion 83% w/v ULV และ Dichlorvos 20% w/v ULV เป็นต้น

สารเคมีกำจัดแมลงที่มีการใช้ในการควบคุมพาหะนำโรคของกรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข มีลักษณะและรูปแบบหลายประเภท ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และแนวทางการใช้สารเคมี ตัวอย่างสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมกำจัดยุงพาหะนำโรคมalaria เรียกว่า แสดงในตารางที่ 1<sup>(23)</sup>

ตารางที่ 3 คุณลักษณะของสารเคมีที่ใช้ในการควบคุมกำจัดยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย

คุณสมบัติ	สารเคมีกำจัดแมลง			
	Deltamethrin 5% WP	Bifenthrin 10% WP	Alphacypermethrin 10% SC	Permethrin 10% EC
กลุ่มสารเคมี	Pyrethroid	Pyrethroid	Pyrethroid	Pyrethroid
สูตรโมเลกุล	$C_{22}H_{19}Br_2NO_3$	$C_{23}H_{22}Cl_3O_2$	$C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$	$C_{21}H_{20}Cl_2O_3$
ชื่อสามัญ	Deltamethrin	Bifenthrin	Alphacypermethrin	Permethrin
ชื่อการค้า	K-Othrin, Decis	Talstar, Bistar	Fendona, Fastac	Permanet Coopex, Pounce
ความคงตัว	คงทนสูงต่อแสงและอากาศ	คงตัว 2 ปี ที่อุณหภูมิ 25 C	คงทนต่อแสงและอากาศ	สลายตัวได้เร็วในดินและในน้ำ
ความเป็นพิษในหนูทดลอง (Oral LD <sub>50</sub> )	135 - > 5000 mg/kg	54.5 mg/kg	79-400 mg/kg	430 - 4000 mg/kg
วิธีใช้	พ่นชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง	พ่นชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง	พ่นชนิดมีฤทธิ์ตกค้างชุบมุ้ง	ชุบมุ้ง
ขนาดความเข้มข้นที่ใช้ปฏิบัติงาน	0.020 gm/m <sup>2</sup>	0.025 gm/m <sup>2</sup>	0.030 gm/m <sup>2</sup> (พ่น) 0.025 gm/m <sup>2</sup> (ชุบมุ้ง)	0.300 gm/m <sup>2</sup>

## 7 การต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลง

การต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลง หมายถึง การที่แมลงสายพันธุ์ (strain) ใดสายพันธุ์หนึ่งสามารถพัฒนาความสามารถในการทนทานต่อขนาด (dose) ของสารพิษซึ่งมีการพิสูจน์แล้วว่าใช้ฆ่าแมลงชนิดนั้นได้ผลในสภาพประชากรในธรรมชาติ การที่แมลงสามารถพัฒนาความต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงได้นั้น นับว่าเป็นการคัดเลือกทางธรรมชาติ (natural selection) คือ เมื่อแมลงที่มีลักษณะทางพันธุกรรมที่ต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลง ได้มีชีวิตอยู่รอดหลังจากการถูกคัดเลือกภายใต้การใช้สารเคมีฆ่าแมลงจะสามารถถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมนี้ไปสู่ลูกหลานรุ่นต่อไปได้

เมื่อแมลงต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงชนิดหนึ่งแล้วยังสามารถต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงชนิดอื่นๆ ได้โดยกลไกเดียวกัน เรียกการต้านทานนี้ว่าการต้านทานข้าม (cross resistance) ส่วนการที่แมลงสามารถต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงหลายชนิดได้โดยกลไกหลายอย่างรวมกันเรียกการต้านทานเช่นนี้ว่าการต้านทานรวม (multiple resistance)<sup>(24,25)</sup>

### 1 ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการสร้างความต้านทาน

การสร้างความต้านทานมีหลายปัจจัยที่เกี่ยวข้อง ได้แก่

1.1 ปัจจัยทางพันธุกรรมหรือยีนภายในตัวแมลงแต่ละชนิด โดยแมลงชนิดนั้นๆ มียีนที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความต้านทานต่อสารเคมี และยีนต้านทานมีการแสดงออกต่อการต้านทานมากหรือน้อยเพียงใดและมีโอกาสถูกกระตุ้นให้เกิดขึ้นหรือถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้หรือไม่

1.2 ปัจจัยทางชีววิทยาของแมลง ได้แก่ ความยาวนานของวงจรชีวิตซึ่งเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงอายุขัยของแมลงนั้นๆ เช่น แมลงที่มีหลายช่วงอายุขัยต่อปีจะสร้างความต้านทานต่อสารเคมีเร็วกว่าแมลงที่มีช่วงอายุขัยยาวนาน ปัจจัยทางชีววิทยาอื่นๆ ได้แก่ อัตราการขยายพันธุ์ และรูปแบบการสืบพันธุ์ พบว่าแมลงที่มีการสืบพันธุ์โดยอาศัยเพศจะปรับตัวสร้างความต้านทานได้ดีกว่าแมลงพวกที่สืบพันธุ์โดยไม่อาศัยเพศ เป็นต้น

1.3 ปัจจัยเกี่ยวกับชนิดและวิธีการใช้สารเคมีฆ่าแมลง ประกอบด้วยปัจจัย

2 ส่วน ได้แก่ ส่วนแรกเกี่ยวข้องกับคุณสมบัติเฉพาะชนิดของสารเคมีฆ่าแมลงที่เลือกใช้

เช่น ระดับความเป็นพิษและเสถียรภาพ ส่วนที่สองเกี่ยวกับวิธีการใช้ เช่น ความถี่ในการใช้ และช่วงเวลาการใช้

พิจารณาจากปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างความต้านทานของแมลง จะเห็นว่าสองกลุ่มแรกนั้นเป็นสิ่งที่ไม่สามารถปรับหรือควบคุมได้ แต่ปัจจัยที่สามนั้นเราจะสามารถปรับเปลี่ยนให้เหมาะสม เพื่อช่วยชะลอการเกิดความต้านทานได้

## 2 กลไกการสร้างความต้านทาน

กลไกการสร้างความต้านทานที่เกิดขึ้นในแมลงแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของสารเคมีฆ่าแมลงที่ใช้ซึ่งมีกลไกการออกฤทธิ์แตกต่างกัน กลไกการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงแบ่งได้ 3 ประเภท คือ กลไกทางพฤติกรรม กลไกทางสรีรวิทยาและกลไกทางชีวเคมี

2.1 กลไกทางพฤติกรรม (Behavioral mechanism) แมลงบางชนิดมีการเปลี่ยนแปลงทางพฤติกรรม เพื่อลดโอกาสที่แมลงจะได้สัมผัสสารพิษในปริมาณที่จะทำให้เกิดพิษได้

2.2 กลไกทางสรีรวิทยา (Physiological mechanism) การสร้างความต้านทานอาจเกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยา ซึ่งทำให้ระบบการผ่านเข้าและอัตราการขับถ่ายออกจากร่างกายของสารเคมีฆ่าแมลง รวมทั้งเมแทบอไลต์ (metabolite) หรือผลการเปลี่ยนแปลงสารเปลี่ยนไป เช่น การลดความเร็วในการซึมผ่านชั้นคิวติเคิล (cuticle) ที่ผนังลำตัวของแมลง โดยอาจจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของคิวติเคิลหรือมีการสะสมในเนื้อเยื่อไขมัน

2.3 กลไกทางชีวเคมี (Biochemical mechanism) แมลงมีกระบวนการทางชีวเคมีลดและสลายสารพิษ สารเคมีฆ่าแมลงซึ่งมีสมบัติเป็นลิโปฟิลิก (lipophilic) ละลายในไขมันได้ดี จะถูกทำให้เป็นโพลาร์มากขึ้นหรือละลายในน้ำได้มากขึ้นเพื่อที่จะขับถ่ายออกจากร่างกาย กลไกทางชีวเคมีเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงในระดับเอนไซม์โมเลกุล

การเพิ่มการลดพิษ (Increased detoxification)<sup>(24)</sup>

ในแมลงมีเอนไซม์อย่างน้อย 3 กลุ่มที่มีความสำคัญในการเมแทบอลิซึม (metabolism) เพื่อการทำลายพิษ (detoxification) ของสารแปลกปลอมที่เข้าไปในร่างกาย



การเปลี่ยนแปลงในด้านปริมาณหรือคุณภาพของเอนไซม์เหล่านี้ เป็นกลไกสร้างความต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงได้ เอนไซม์เหล่านี้ ได้แก่

1 Cytochrome P<sub>450</sub> monooxygenase system หรือระบบไมโครโซมาลโมโนออกซิจีเนส (microsomal monooxygenase system) ชื่อเดิมเรียก มิกซ์ฟังก์ชันออกซิเดส (mixed function oxidase) : เป็นระบบเอนไซม์ที่มีความสำคัญในวิธีการเปลี่ยนรูปของสารแปลกปลอมในสิ่งมีชีวิต โดยเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชัน

2 Glutathione -S-transferase : เป็นเอนไซม์ที่มีบทบาทสำคัญในการสร้างความต้านต่อสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่ม organophosphorus เอนไซม์ชนิดนี้ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการรวมตัว (conjugation) ของกลูตาไทโอน (glutathione ; GSH) กับสารเคมีฆ่าแมลง ผลจากปฏิกิริยาจะได้สารที่ไม่มีพิษและมีสมบัติละลายน้ำได้มากขึ้น

3 Hydrolase : เป็นเอนไซม์กลุ่มที่มีความสำคัญในปฏิกิริยาไฮโดรลิซิส (hydrolysis)ซึ่งเป็นการทำลายพิษของสารเคมีฆ่าแมลงที่มีสมบัติเป็นเอสเทอร์อันได้แก่สารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่ม organophosphorus, carbamate และ pyrethroid เอนไซม์กลุ่มไฮโดรเลส เช่น carboxylesterase, amidase, phosphatase และ A, B - type esterase เป็นต้น

โดยทั่วไปเมแทโบไลต์จากปฏิกิริยาโดยเอนไซม์สองกลุ่มหลังมักมีคุณสมบัติไม่เป็นพิษ และละลายในน้ำได้มากขึ้น ส่วนเมแทโบไลต์จากปฏิกิริยาออกซิเดชันโดย cytochrome P<sub>450</sub> monooxygenase นั้น บางครั้งอาจมีพิษสูงขึ้นกว่าสารตั้งต้น

การเปลี่ยนแปลงซึ่งเกิดขึ้นที่ตำแหน่งการออกฤทธิ์ (Alteration at the site of action)

1 การเปลี่ยนแปลงเอนไซม์ acetylcholinesterase โดยเกิดการเปลี่ยนแปลงที่โครงรูปหรือความสอดคล้องในการปฏิบัติงาน (conformation) ของเอนไซม์ดังกล่าว อาจทำให้เอนไซม์ลดความว่องไวในการจับกับสารเคมีฆ่าแมลงในกลุ่ม organophosphorus และ carbamate มีผลทำให้สารเคมีฆ่าแมลงนั้นออกฤทธิ์ต่อแมลงช้าลงทำให้เอนไซม์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการทำลายพิษของสารเคมีฆ่าแมลงสามารถทำงานได้ก่อนการเกิดพิษ

2 การเปลี่ยนแปลงที่ตำแหน่งการออกฤทธิ์ของ DDT และ pyrethroid โดยทำให้ ความว่องไวของเซลล์ประสาทที่มีผลต่อ DDT และ pyrethroid ลดลง ส่งผลให้แมลง

ที่สร้างความต้านทานลักษณะนี้สามารถรอดชีวิตอยู่ได้ภายหลังจากการใช้สารเคมีกลุ่มดังกล่าว

## 8 วิธีการตรวจการสร้างความต้านทาน

### 1 การตรวจสอบโดยใช้สิ่งมีชีวิต (Bioassay detection)

เป็นการประเมินความเป็นพิษเฉียบพลัน (Acute test) โดยให้สัตว์ทดลองได้รับพิษเพียงครั้งเดียวหรือได้รับหลายครั้งในระยะเวลาสั้น โดยทั่วไปสัตว์ทดลองจะแสดงอาการให้เห็นภายใน 24 ชั่วโมง และเพิ่มความรุนแรงมากขึ้นภายใน 1-3 วัน การประเมินความเป็นพิษเฉียบพลันนิยมใช้ค่า  $LD_{50}$  หรือ Median Lethal Dose และ ค่า  $LC_{50}$  หรือ Median Lethal Concentration เป็นกรณีศึกษา

### 2 การตรวจสอบทางชีวเคมี (Biochemical detection)

ตรวจสอบเอนไซม์ (Enzyme assay) ที่ทำหน้าที่ลดทำลายสารพิษและเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการออกฤทธิ์ของสารเคมีฆ่าแมลงซึ่งมีเทคนิควิธีการที่ใช้ตรวจสอบได้แก่เทคนิค electrophoresis จากคุณสมบัติการเคลื่อนที่ของสารที่มีประจุโดยสารที่มีประจุจะเคลื่อนที่เข้าหาขั้วไฟฟ้าที่มีประจุตรงข้ามสารนั้นๆ และเทคนิค spectrophotometric ที่ใช้หลักการดูดกลืนพลังงานแสงของสารละลายโดยปริมาณการดูดกลืนพลังงานแสงหรือที่เรียกว่าค่าแอบซอร์บแนนซ์ (absorbance) ของสารแต่ละชนิดจะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มข้นของสารนั้นๆ ซึ่งปัจจุบันนี้ได้มีการพัฒนาให้สามารถตรวจสอบตัวอย่างได้มากขึ้นและใช้ปริมาณสารเคมีในการตรวจสอบน้อยลง โดยใช้เครื่องมือที่เรียกว่า microplate reader

### 3 การตรวจสอบทางอณูชีวโมเลกุลในตัวแมลง (Molecular detection)

การตรวจสอบโมเลกุลในตัวแมลง แมลงที่ต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงซึ่งเกิดจากการผ่าเหล่า (mutation) ใน gene หรือ DNA ที่ควบคุมการสร้างเอนไซม์ในแมลง ทำให้สารเคมีฆ่าแมลงไม่เป็นพิษกับตัวแมลง การตรวจสอบทำโดยใช้วิธีการทางอณูชีววิทยาต่างๆ เช่น RFLP (restriction fragment length polymorphism) การตรวจหาลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีนที่เปลี่ยนแปลง เป็นต้น

#### 4 การตรวจการตื่นตัวของประสาทต่อสารเคมีฆ่าแมลง (Neurophysiology detection)

เป็นการตรวจสอบการตื่นตัวของประสาทต่อสารเคมีฆ่าแมลง จากการหา nerve firing rate แมลงที่อ่อนแอจะมีส่วนยอดของเส้นกราฟขึ้นสูงกว่าแมลงที่ต้านทานสารเคมีฆ่าแมลง โดยการใช้ขั้วไฟฟ้าวางลงไปที่ผนังลำตัวตรงที่ไม่ใช่ปมประสาท

#### 5 การทดสอบความไวของยุงพาหะต่อสารเคมี (Susceptibility Test)

การใช้สารเคมีควบคุมยุงพาหะมาลาเรีย ยังคงเป็นสิ่งสำคัญและจำเป็นในการดำเนินงานควบคุมไข้มาลาเรีย การใช้สารเคมีติดต่อกันเป็นเวลานานหลายปี อาจทำให้ยุงพาหะเกิดความต้านทานต่อสารเคมีที่ใช้ได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการทดสอบความไวของยุงพาหะต่อสารเคมีที่ใช้ควบคุมอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อยปีละครั้ง ถ้าพบว่ายุงพาหะต้านทานต่อสารเคมีที่ใช้เมื่อไร จะต้องเปลี่ยนไปใช้สารเคมีอื่นซึ่งยุงพาหะยังมีความไวอยู่ มิฉะนั้นแล้วการใช้สารเคมีควบคุมยุงพาหะจะเป็นการเสียเปล่าโดยไม่เกิดประโยชน์อะไรทั้งสิ้น

หลักและวิธีการทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมี ดำเนินการตามแบบองค์การอนามัยโลก ซึ่งเป็นมาตรฐานเดียวกันทุกประเทศ โดยมีหลักเกณฑ์ดังนี้

การนำยุงพาหะที่ต้องการทดสอบความไว (เพื่อดูความคงทน) มาสัมผัสกับกระดาษชุบสารเคมีความเข้มข้นมาตรฐาน/มุ้งชุบสารเคมีตามระยะ เวลาที่กำหนด จากนั้นหาอัตราการตายของยุงที่นำมาทดสอบ ถ้าผลการทดสอบพบว่า อัตราตายของยุงต่ำกว่า 80 % แสดงว่าอาจเกิดการต้านทานต่อสารเคมีชนิดนั้นแล้ว ส่วนอัตราการตายของยุงต่ำกว่า 80 % ที่ระยะเวลาานเท่าไร จะต้องทำการพิสูจน์ในขั้นตอนต่อไป เพื่อยืนยันว่ายุงชนิดนั้นต้านทานต่อสารเคมีที่ทดสอบอย่างแท้จริงหรือไม่<sup>(26)</sup>

#### 9 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศุภลาภ พวงสะอาดและคณะ<sup>(27)</sup> ศึกษาแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่องที่เป็นพาหะของโรคมมาลาเรีย ในพื้นที่ตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี พบว่ามีลูกน้ำยุงก้นปล่องทั้งหมด 11 ชนิด จำนวนลูกน้ำยุงก้นปล่องสูงสุดได้แก่ *An. minimus*

(14.20 ต่อ 100 จั้วง) รองลงมาคือ *An. varuna* (8.7 ต่อ 100 จั้วง) และ *An. maculatus* (3.3 ต่อ 100 จั้วง) เดือนกุมภาพันธ์ 2547 พบลูกน้ำสูงสุด เป็นยุงก้นปล่อง *An. minimus* (49.2 ต่อ 100 จั้วง) รองลงมาคือ *An. maculatus* (13.1 ต่อ 100 จั้วง) และในเดือนตุลาคม 2546 พบลูกน้ำต่ำสุด คือ ยุงก้นปล่อง *An. minimus* (0.7 ต่อ 100 จั้วง) รองลงมาคือ *An. maculatus* (0.2 ต่อ 100 จั้วง) ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่างๆ ทางนิเวศวิทยาในลำธารกับจำนวนลูกน้ำยุงก้นปล่อง *An. minimus* โดยวิธีสหสัมพันธ์พหุคูณ (multiple regression) พบว่าปริมาณพื้นที่ของลำน้ำที่มีแคดสอง และความกว้างของลำธารที่สามารถพยากรณ์จำนวนลูกน้ำยุงก้นปล่อง *An. minimus* ได้ ( $p < 0.001$ ,  $R^2 = 0.093$ ) และลูกน้ำยุงก้นปล่อง *An. maculatus* พบว่า อุณหภูมิของน้ำ ปริมาณพีชได้น้ำ และ ปริมาณวัชพืชปกคลุมผิวน้ำ ที่สามารถพยากรณ์ปริมาณลูกน้ำยุงก้นปล่อง *An. maculatus* ได้ ( $p = 0.01$ ,  $R^2=0.051$ )

ชวัลรัตน์ แดงหาญ และคณะ<sup>(28)</sup> ศึกษาเกี่ยวกับทักษะการฟันและการทดสอบความไวของยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียต่อสารเคมีที่ฟันติดผนังบ้านและซุบมุ้งในพื้นที่ A1 และ A2 เขต 5 ปี 2547 โดยการสัมภาษณ์และสังเกตเจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานฟันสารเคมีจำนวน 31 คน พบว่า เจ้าหน้าที่ที่ปฏิบัติงานฟันสารเคมีสามารถปฏิบัติงานได้ถูกต้องผ่านเกณฑ์ ในเรื่องการเตรียมน้ำยา ร้อยละ 90.30 การเตรียมชุมชน ร้อยละ 93.50 แต่ในเรื่องที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ การใช้เครื่องฟัน ร้อยละ 71.00 วิธีการฟัน ร้อยละ 70.90 และการให้คำแนะนำชาวบ้านก่อนฟันสารเคมี ร้อยละ 94.40 ส่วนการทดสอบความไว พบว่า ยุงก้นปล่อง *An. minimus* อัตราการสลบภายใน 3 นาที (กรณีทดสอบกับเดลต้ามีทริน 5 % ที่ฟันติดผนังบ้าน และเพอร์มีทริน 10 % ที่ซุบมุ้ง) อยู่ในระดับมากกว่าร้อยละ 80 ภายในระยะเวลา 2 เดือนแรก และเริ่มลดลง เมื่อ 6 เดือนอัตราการสลบภายใน 3 นาทีอยู่ในระดับน้อยกว่าร้อยละ 70 และเมื่อยุงสัมผัสสารเคมีทั้ง 2 ชนิดนาน 24 ชั่วโมง พบอัตราการตายของยุงเท่ากับร้อยละ 100.00 ทุกช่วงระยะเวลา 2, 4 และ 6 เดือน

ปิยะพร หวังรุ่งทรัพย์ และคณะ<sup>(29)</sup> ศึกษาความไวของยุงก้นปล่องต่อสารเคมีสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ด้วยวิธีองค์การอนามัยโลกและวิธีชีวเคมี ในเขตพื้นที่จังหวัดตาก อุทัยธานี ชุมพร และสุราษฎร์ธานี พบว่า ในพื้นที่ที่มียุงก้นปล่องที่เก็บตัวอย่างมาได้ 2 ชนิดคือ *An. maculatus* และ *An. minimus* จากนั้นนำยุงมาทดสอบกับกระดาษชุบสารเคมีของ

องค์การอนามัยโลก จำนวน 2 ชนิด คือ เพอร์มิทริน 0.75 % และ เคลด้ามิทริน 0.05 % พบว่า ยุงก้นปล่อง *An. maculatus* จังหวัดอุทัยธานีและยุงก้นปล่อง *An. minimus* จังหวัดตากและชุมพร มีความไวต่อสารเคมีเพอร์มิทริน 0.75 % อัตราตายร้อยละ 97.70, 100.00 และ 100.00 ตามลำดับ ส่วนยุงก้นปล่อง *An. minimus* จังหวัดชุมพร ก็มีความไวต่อสารเคมีเคลด้ามิทริน 0.05 % มีอัตราตายร้อยละ 100.00

วิชัย สติมัย และคณะ<sup>(30)</sup> ศึกษาความไวต่อสารเคมีของยุงลายบ้านและยุงก้นปล่อง ในภาคตะวันออก ปี 2550 พบว่า ยุงก้นปล่อง *An. minimus* ในเขตจังหวัด สระแก้ว ระยอง จันทบุรี และตราด มีความไวต่อสารเคมี เพอร์มิทริน 0.75% อยู่ในระดับสูง โดยมีอัตราตาย ร้อยละ 100.00 และ มีความไวต่อสารเคมี เคลด้ามิทริน 0.05% อยู่ในระดับสูง โดยมีอัตราตาย ร้อยละ 100.00

Theeraphap Chareonviriyaphap และคณะ<sup>(31)</sup> ศึกษาระดับความต้านทานของ ยุงก้นปล่อง *An. minimus* Species A ในแต่ละรุ่น จำนวน 19 รุ่น ต่อสารเคมีไพรีทรอยด์ ลังเคราะห์ ในประเทศไทย พบว่า ระดับความเข้มข้นของสารเคมีเคลด้ามิทริน ที่ให้ยุง ทดลองตายลง ( $LD_{50}$ ) ตั้งแต่รุ่นที่ 0-10 (F0-F10) จะมีความสัมพันธ์กันแบบเพิ่มขึ้น ซึ่งใน รุ่นที่ 0 (F0) ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอยู่  $LD_{50} = 0.00035$  และ  $LD_{90} = 0.00137$  และเมื่อมาถึงรุ่นที่ 10 (F10) ระดับความเข้มข้นของสารเคมีอยู่  $LD_{50} = 0.00912$  และ  $LD_{90} = 0.03120$  ส่วนในรุ่นที่ 11-13 (F11-F13) ไม่สามารถคัดเลือกได้มีปัญหาเทคนิค จึง ไม่ได้นำมาทดลอง และรุ่น 14-19 (F14-F19) ทำการทดสอบเมื่อเวลาผ่านไป 50 นาที (Lethal time =  $LT_{50}$ ) และ 90 นาที ( $LT_{90}$ ) แล้วดูอัตราการตายของยุง พบว่า อัตราการตาย เพิ่มขึ้นตาม รุ่น และเมื่อทดสอบระดับความไวกับชุดทดสอบสารเคมีเคลด้ามิทริน 0.05% โดยดูอัตราการตายภายใน 24 ชั่วโมงหลังจากสัมผัสสารเคมี พบว่าอัตราการตายจะมากกว่า ร้อยละ 80 ในรุ่น F1-F12 และตั้งแต่รุ่น F13 อัตราการตายจะน้อยกว่าร้อยละ 80 ส่วนการ ทดสอบระดับความไวกับชุดทดสอบสารเคมี DDT 4 % พบว่าอัตราการตายจะมากกว่า ร้อยละ 80 ในรุ่น F1-F12 หลังจากนั้นตั้งแต่รุ่น F13 อัตราการตายจะน้อยกว่าร้อยละ 80 เช่นเดียวกัน

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินการวิจัย มีรูปแบบและขั้นตอน ดังนี้

#### วัสดุและอุปกรณ์

1. สารเคมีฆบมุ้งที่ทำการทดสอบ จำนวน 3 ชนิด

1.1 Deltamethrin 25 % tablet ขนาด เม็ดละ 1.6 กรัม

1.2 Bifenthrin 25 % tablet ขนาด เม็ดละ 1.6 กรัม

1.3 Cyfluthrin 5 % EW ขนาด ซองละ 12 มิลลิลิตร

2. มุ้ง

ทำมาจากผ้ามุ้งประเภทถัก แบบตาเหลี่ยม ชนิดด้ายโพลีเอสเตอร์ สีขาว จำนวน ซองโปร่ง 196 ซองต่อตารางนิ้ว (13 ซอง x 13 ซอง) มีขนาดเส้นใย 100 ดีเนียร์(denier) โดยมี ลักษณะทั่วไปเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 13 - 14 ตารางเมตร เป็นมุ้งใหม่ยังไม่ผ่านการใช้นำมาฆบสารเคมีตามชนิดสารเคมีที่ศึกษา สารเคมีละ 4 หลัง

3. กรวยทดสอบ

ใช้กรวยทดสอบซึ่งเป็นพลาสติกทรงกรวยใส มีเส้นผ่าศูนย์กลางของฐานเท่ากับ 11 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลางด้านบนเท่ากับ 15 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร ตามมาตรฐานขององค์การอนามัยโลก โดยแยกกรวยที่ทำการทดสอบฆบสารเคมีและกรวยที่ใช้ทดสอบฆบเปรียบเทียบ

4. หลอดดูดยุงปลายโค้ง

สำหรับทดสอบฆบฆบสารเคมีและใช้กับฆบเปรียบเทียบ โดยไม่ใช้ร่วมกัน

## 5. ยุงทดสอบ

ยุงก้นปล่อง *Anopheles minimus* เพศเมีย อายุ 3 – 5 วัน ที่กินอาหารเลือดหรือน้ำตาลเข้มข้น 10% จนอิ่ม จากห้องปฏิบัติการทดลองยุงพาหะนำโรค สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช และสำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค

6. ถ้วยพลาสติกหรือกระดาษ สำหรับใส่ยุง และ กล่องโฟมเก็บความชื้น และควบคุมอุณหภูมิ

7. ถุงมือ ถุงพลาสติก กระจบอกรดวงสารเคมี

8. เครื่องวัดอุณหภูมิ ความชื้น

9. นาฬิกาจับเวลา คลิปหนีบมุ้ง

### การชุบมุ้ง<sup>(19)</sup>

1. ผสมสารเคมี Deltamethrin 25 % tablet ขนาดเม็ดละ 1.6 กรัม, Bifenthrin 25 % tablet ขนาด เม็ดละ 1.6 กรัม และ Cyfluthrin 5 % EW ขนาด ซองละ 12 มิลลิลิตร โดยละลายน้ำ จำนวน 280, 280 และ 268 มิลลิลิตร ตามลำดับ เพื่อให้ได้ความเข้มข้นเฉลี่ย 25-30 mg/m<sup>2</sup>, 25-30 mg/m<sup>2</sup> และ 40-50 mg/m<sup>2</sup> ตามลำดับ ในถุงพลาสติกชุบมุ้ง โดยคนหรือเขย่าให้สารเคมีละลายรวมเป็นสารละลายเนื้อเดียวกัน

2. พับมุ้งที่จะชุบให้เรียบร้อย โดยการพับแบบสลับพื้นปลาเพื่อให้สารละลายแทรกซึมเข้าไปในวัสดุที่ใช้ทำมุ้งได้อย่างทั่วถึง

3. นำมุ้งมาชุบโดยใส่ในถุงพลาสติกชุบมุ้ง คลุกมุ้งให้สารเคมีทั่ว มัดปากถุงให้แน่น ทิ้งไว้ 15 นาที

4. นำมุ้งที่ชุบสารเคมีไปผึ่งให้แห้ง โดยให้ผึ่งมุ้งกับพื้นที่ราบก่อน เมื่อมุ้งแห้งพอหมาด จึงให้นำมุ้งไปแขวนราวในที่ร่ม(หากตากแดดอาจทำให้สารเคมีสลายตัวได้)

5. เมื่อมุ้งแห้งดีแล้วจึงนำมุ้งชุบสารเคมีไปใช้ได้ และ ไม่มีการซักมุ้งระหว่างการทดลอง

### การทดสอบประสิทธิภาพ(Bio – assay test)

1. ทำการชุบมุ้งในพื้นที่ หมู่ที่ 8 ตำบลบางขัน อำเภอบางขัน จังหวัด นครศรีธรรมราช โดยทดสอบสารเคมีละ 4 หลัง (รวม 12 หลัง) และมุ้งเปรียบเทียบที่ไม่มีการชุบสารเคมี จำนวน 4 หลัง (รวมทั้งสิ้น 16 หลัง)

2. ทำการทดสอบ Bio – assay test ตามวิธีการขององค์การอนามัยโลก<sup>(32)</sup> ครั้งแรกหลังจากชุบมุ้ง 4 สัปดาห์ โดยทดสอบในช่วงเช้า อุณหภูมิ ไม่เกิน 30 องศาเซลเซียส และความชื้นสัมพัทธ์ไม่ต่ำกว่า 60 %

3. เตรียมยุงก้นปล่องเพศเมีย ใส่ถ้วยสำหรับใส่ยุง ถ้วยละ 10 ตัว จำนวน 4 ถ้วยต่อการทดสอบมุ้งจำนวน 1 หลัง ทิ้งไว้ประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อดูความแข็งแรงของยุง ก่อนใช้ในการทดสอบ

4. แวนมุ้งทดสอบ บ้างละ 1 หลัง ในบริเวณที่สะดวกต่อการทดสอบ

5. ติดกรวยทดสอบบนมุ้งหลังละ 4 กรวย โดยติดที่ด้านข้างมุ้ง ทั้ง 4 ด้าน ๆ ละ 1 กรวย โดยไม่ให้มีช่องว่างระหว่างผิวมุ้งและขอบกรวยพลาสติกโดยใช้คลิปหนีบกระดาษหรือหนังยางรัด

6. ดูยุงจำนวน 10 ตัว จากถ้วยที่เตรียมไว้แล้ว ใส่ในกรวยทดสอบ และปิดรูกรวยทดสอบด้วยสำลีทันทีที่ดึงหลอดดูยุงออก

7. ปล่อยยุงทดสอบสัมผัสกับมุ้งชุบสารเคมี นาน 3 นาที โดยไม่มีการรบกวนยุง เช่น การเคาะกรวยทดสอบ การเคลื่อนกรวยไปมา เป็นต้น

8. เมื่อครบ 3 นาที ดูยุงออกจากกรวยทดสอบ นำยุงไปใส่ในถ้วยใส่ยุงที่สะอาด ซึ่งมีรายละเอียดกำกับตรงกันกับกรวยทดสอบ

9. ดำเนินการทดสอบในกรวยอันดับต่อไป จนครบจำนวนกรวยที่ติดบนมุ้งแต่ละหลัง และแต่ละชนิดของสารเคมี

10. นับจำนวนยุงที่สลบในถ้วยเลี้ยงยุงแต่ละใบ เมื่อครบ 60 นาที หลังการทดสอบ



11. ใช้สำลีชุบน้ำหวาน 10 % พอหมาดๆ วางบนถ้วยใส่ยุงแต่ละอัน และนำไปวางไว้ในกล่องเก็บยุงรักษาความชื้น (พื้นด้านล่างปูด้วยไอซ์แพ็คแล้ววางผ้าขนหนูทับ เมื่อบรรจุถ้วยทั้งหมดเรียบร้อยแล้วคลุมด้วยผ้าขนหนูที่ชุบน้ำพอหมาด อีกชั้น) ปิดฝาลงพอให้อากาศไหลเวียนเข้าออกได้

12. นำกล่องเก็บยุงรักษาความชื้นที่มีถ้วยเลี้ยงยุงไปไว้ในห้องปฏิบัติการ ที่อุณหภูมิ  $27 \pm 2$  องศาเซลเซียส และความชื้น  $70 \pm 10$  % เลี้ยงยุงจนครบ 24 ชั่วโมง

13. นับจำนวนยุงที่ตายในถ้วยเลี้ยงยุงแต่ละใบ เมื่อครบ 24 ชั่วโมง หลังการทดสอบ

14. ทดสอบซ้ำตามจำนวนมุ้งและชนิดของสารเคมี ในสัปดาห์ที่ 8, 12, 24, 28, 32 และ 36 หลังการทดสอบครั้งแรก

### การประเมินผล

1. การตัดสินว่ายุงตาย คือ ยุงที่ไม่สามารถบินได้หรือไม่สามารถเกาะผนังถ้วยเลี้ยงยุงได้(แม้จะยังเคลื่อนไหวได้บ้าง)

2. หาค่าเฉลี่ยอัตราการตายของยุงที่ทดสอบ ตามชนิดสารเคมีที่ใช้ชุบมุ้งและมุ้งเปรียบเทียบ(control) ซึ่งไม่มีการชุบสารเคมี

3. หากอัตราการตายของยุงเปรียบเทียบ (control) อยู่ระหว่างร้อยละ 5 – 20 ให้ปรับค่าอัตราการตายจริงของยุงทดสอบด้วย Abbott's formula <sup>(33)</sup> และหากอัตราการตายของยุง control มากกว่าร้อยละ 20 ให้ทำการทดสอบใหม่ โดยที่

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

## บทที่ 4

### ผลการศึกษาและการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาเรื่อง ฤทธิ์คงทนของสารเคมีฆุบมุ้งป้องกันโรคไข้มาลาเรียในพื้นที่จังหวัดนครศรีธรรมราช มีผลการทดสอบทางชีววิเคราะห์ ของยุง *Anopheles minimuss* ต่อมุ้งที่ฆุบสารเคมี ที่ระยะเวลา ต่าง ๆ หลังการฆุบมุ้ง ดังนี้

#### อัตราสลบของยุงทดสอบ

1. จากการทดสอบ Bio – assay test แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของมุ้งฆุบสารเคมี Deltamethrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 - 30 mg/m<sup>2</sup> มีผลให้ยุงทดสอบสลบร้อยละ 95.0 ในสัปดาห์ที่ 24 (ตารางที่ 4)

2. จากการทดสอบ Bio – assay test แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของมุ้งฆุบสารเคมี Bifenthrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 – 30 mg/m<sup>2</sup> มีผลให้ยุงทดสอบสลบร้อยละ 92.5 ในสัปดาห์ที่ 24 (ตารางที่ 4)

3. จากการทดสอบ Bio – assay test แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของมุ้งฆุบสารเคมี Cyfluthrin 5 % EW ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 40 - 50 mg/m<sup>2</sup> มีผลให้ยุงทดสอบสลบ ร้อยละ 92.5 ในสัปดาห์ที่ 24 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการอัตราการสลบของยุง *Anopheles minimuss* ต่อมุ้งที่ชุบสารเคมี ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังการชุบมุ้ง

จำนวนสัปดาห์ หลังชุบมุ้ง	อัตราการสลบของยุง <i>Anopheles minimuss</i> (%)			
	Deltamethrin 25 % tablet	Bifenthrin 25 % tablet	Cyfluthrin 5 %EW	ชุดเปรียบเทียบ
4	100.0	100.0	100.0	2.5
8	97.5	97.5	95.0	0.0
12	95.0	95.0	92.5	0.0
24	95.0	92.5	92.5	0.0
28	90.0	87.5	87.5	0.0
32	85.0	80.0	77.5	0.0
36	80.0	75.0	70.0	0.0

#### อัตราตายของยุงทดสอบ

1. จากการทดสอบ Bio – assay test แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของมุ้งชุบสารเคมี Deltamethrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 - 30 mg/m<sup>2</sup> มีผลให้ยุงทดสอบ ตายร้อยละ 85.0 ในสัปดาห์ที่ 24 (ตารางที่ 5)

2. จากการทดสอบ Bio – assay test แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของมุ้งชุบสารเคมี Bifenthrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 – 30 mg/m<sup>2</sup> มีผลให้ยุงทดสอบ ตายร้อยละ 87.5 ในสัปดาห์ที่ 24 (ตารางที่ 5)

3. จากการทดสอบ Bio – assay test แสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพทางชีววิเคราะห์ของมุ้งชุบสารเคมี Cyfluthrin 5 % EW ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 40 - 50 mg/m<sup>2</sup> มีผลให้ยุงทดสอบ ตายร้อยละ 80.0 ในสัปดาห์ที่ 24 (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลอัตราการตายของยุง *Anopheles minimuss* ต่อมุ้งที่ชุบสารเคมี ที่ระยะเวลาต่าง ๆ หลังการชุบมุ้ง

จำนวนสัปดาห์ หลังชุบมุ้ง	อัตราการตายของยุง <i>Anopheles minimuss</i> (%)			
	Deltamethrin 25 % tablet	Bifenthrin 25 % tablet	Cyfluthrin 5 %EW	ชุดเปรียบเทียบ
4	100.0	100.0	100.0	2.5
8	95.0	92.5	90.0	2.5
12	92.5	90.0	82.5	2.5
24	85.0	87.5	80.0	2.5
28	67.5	65.0	55.0	0.0
32	62.5	52.5	42.5	2.5
36	45.0	42.5	27.5	0.0

## บทที่ 5

### อภิปรายผลการศึกษา สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

#### อภิปรายผลการศึกษา

ผลการศึกษาฤทธิ์คงทนด้วยการทดสอบ Bio – assay test ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลกของสารเคมี Daltamethrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 - 30 mg/m<sup>2</sup> ที่ใช้ในการชุบมุ้ง และไม่ผ่านการซักล้าง มีผลให้ยุง *Anopheles minimus* จากห้องปฏิบัติการทดลองยุงพาหะนำโรคที่ใช้ทดสอบ มีอัตราการตายสูงถึงร้อยละ 85.0 ในสัปดาห์ที่ 24 และลดลงเหลืออัตราการร้อยละ 67.5 ในสัปดาห์ที่ 28 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ สุธีรา พูลถิ่นและบุญเสริม อ่วมอ่อง<sup>(34)</sup> ที่ทำการศึกษเปรียบเทียบฤทธิ์คงทนของสารเคลตตามิทริน และอัลฟาซัยเพอร์มิทรินต่อยุงพาหะนำไข้มาลาเรีย *Anopheles dirus* โดยวิธีชุบเสื้อคลุมตาข่ายในห้องปฏิบัติการ และพบว่าสารเคลตตามิทรินและอัลฟาซัยเพอร์มิทริน ชุบเสื้อคลุมตาข่ายที่ระดับความเข้มข้น 20, 30, และ 45 mg/m<sup>2</sup> โดยไม่มีการซักล้าง มีผลให้ยุงทดสอบตาย ในเดือนที่ 6 เฉลี่ยร้อยละ 96.0 – 100.0 เช่นกัน และยังสอดคล้องกับผลการศึกษาของภูากร หลิมรัตน์และคณะ<sup>(35)</sup> ที่ทำการศึกษเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีเพอร์มิทริน 10 % EC และเคลต้ามิทริน 25 % WT ชุบมุ้งเพื่อป้องกันไข้มาลาเรียในจังหวัดจันทบุรีและ พบว่ายุงมีอัตราการตายสูงถึงร้อยละ 96.0 ในเดือนที่ 7 และลดลงเหลือร้อยละ 70 ในเดือนที่ 10 และ Zi Zuzi และคณะ<sup>(36)</sup> ทำการศึกษาในประเทศจีนรายงานผลเคลต้ามิทรินให้ผลในการควบคุมยุงประมาณ 1 ปี อีกด้วย

ผลการศึกษาฤทธิ์คงทนด้วยการทดสอบ Bio – assay test ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลกของสารเคมี Bifenthrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 - 30 mg/m<sup>2</sup> ที่ใช้ในการชุบมุ้ง และไม่ผ่านการซักล้าง มีผลให้ยุง *Anopheles minimus* จากห้องปฏิบัติการทดลองยุงพาหะนำโรคที่ใช้ทดสอบ มีอัตราการตายสูงถึงร้อยละ 87.5 ในสัปดาห์ที่ 24 และลดลงเหลืออัตราการร้อยละ 65.0 ในสัปดาห์ที่ 28 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Mouhamadou Chouaibou และคณะ<sup>(37)</sup> ทำการศึกษาประสิทธิภาพของมุ้งชุบไบเฟนทรินในการต่อต้านโรคไข้มาลาเรีย และ

การฉีดต่อสารไพรีทรอยด์ของยุง *Anopheles gambiae* ในแอมเบอรูนเหนือ และพบว่ามุ้งที่ชุบ ไบเฟนทรินในขนาด  $50 \text{ mg/m}^2$  มีผลให้ยุงทดสอบตาย ร้อยละ 75 – 90 เช่นกัน

ผลการศึกษาดูที่คงทนด้วยการทดสอบ Bio – assay test ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลกของสารเคมี Cyfluthrin 5 % EW ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 40 - 50  $\text{mg/m}^2$  ที่ใช้ในการชุบมุ้ง และไม่ผ่านการซักล้าง มีผลให้ยุง *Anopheles minimus* จากห้องปฏิบัติการทดลองยุงพาหะนำโรคที่ใช้ทดสอบ มีอัตราการตายสูงถึงร้อยละ 80.0 ในสัปดาห์ที่ 24 และลดลงเหลืออัตราการตายร้อยละ 55.0 ในสัปดาห์ที่ 28 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของอนุสรณ์ ภวภูตานันท์<sup>(38)</sup> ที่ทำการทดสอบสารเคมี Cyfluthrin 5 % , Cyfluthrin 4 % และ Permethrin 10 % EC ในการชุบมุ้ง เพื่อควบคุมยุง *Anopheles dirus* ในประเทศไทย และพบว่ามุ้งที่ชุบสารเคมี Cyfluthrin 5 % และ Cyfluthrin 4 % มีผลให้ยุงทดสอบตาย ในเดือนที่ 6 ร้อยละ 100.0 และมีอัตราการตายทดสอบตายในเดือนที่ 7 ร้อยละ 82.5 และ 92.5 ตามลำดับ เช่นกัน

### สรุปผลการศึกษา

ผลการศึกษาดูที่คงทนด้วยการทดสอบ Bio – assay test ตามมาตรฐานองค์การอนามัยโลกของสารเคมี Deltamethrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 - 30  $\text{mg/m}^2$  สารเคมี Bifenthrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 - 30  $\text{mg/m}^2$  และสารเคมี Cyfluthrin 5 % EW ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 40 - 50  $\text{mg/m}^2$  ที่ใช้ในการชุบมุ้ง และไม่ผ่านการซักล้าง มีผลให้ยุง *Anopheles minimus* จากห้องปฏิบัติการทดลองยุงพาหะนำโรคที่ใช้ทดสอบ มีอัตราตายสูงถึงร้อยละ 95.0 92.5 และ 92.5 ตามลำดับ ในสัปดาห์ที่ 24 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าสารเคมีดังกล่าว มีกลไกออกฤทธิ์ให้เกิดพิษต่อยุงสูงและรวดเร็ว ทำให้ยุงเกิดอาการ knock - down โดยรบกวนการทำงานของระบบประสาท ทำให้สลบอย่างรวดเร็ว

มุ้งซุบสารเคมี Deltamethrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 - 30 mg/m<sup>2</sup>, Bifenthrin 25 % tablet ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 25 - 30 mg/m<sup>2</sup> และ Cyfluthrin 5 % EW ขนาดความเข้มข้นเฉลี่ย 40 - 50 mg/m<sup>2</sup> มีฤทธิ์คงทนสำหรับป้องกันโรคไข้มาลาเรียในการควบคุมยุงพาหะนำโรคได้อย่างมีประสิทธิภาพนาน 24 สัปดาห์ โดยมีผลให้ยุงทดสอบตาย ร้อยละ 85.0, 87.5 และ 80.0 ในสัปดาห์ที่ 24

### ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษา ควรจะนำสารเคมี Bifenthrin 25 % tablet Deltamethrin 25 % tablet และ Cyfluthrin 5 % EW ที่ใช้ในการซุบมุ้งมาศึกษาในพื้นที่ขนาดใหญ่ เพื่อประเมินผลการใช้ตามธรรมชาติในพื้นที่ขนาดใหญ่ ผลข้างเคียงที่เกิดจากการใช้มุ้ง ทัศนคติ การยอมรับ เพื่อใช้ประโยชน์ในการพิจารณากำหนดนโยบายการควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียต่อไป

### บรรณานุกรม

1. กระทรวงสาธารณสุข กรมควบคุมโรค สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัด นครศรีธรรมราช. รายงานประจำปี 2550. นครศรีธรรมราช. 2550 (อัดสำเนา)
2. นิคม ดีพอ. การวิเคราะห์พฤติกรรมและต้นทุนที่เกิดกับผู้ป่วยในการรักษาไข้มาลาเรีย ก่อนการเข้ารับบริการของกองมาลาเรีย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. บัณฑิต วิทยาลัย จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, 2536
3. บุญเสริม อ่วมอ่อง, สงคราม งามปฐม, มาโนช ศรีแก้ว. การศึกษาความไวของยุงลาย *Aedes aegypti* ต่อสารกำจัดแมลงในภาคกลางของประเทศไทย. วารสาร กระทรวง สาธารณสุข. 2542; 18: 93-101
4. อนุพงศ์ สุจริยากุล และคณะ. ประสิทธิภาพและการยอมรับการใช้สารเคมีกำจัดแมลง Zeta-cypermethrin 2.5% ผสม Dichlovos 20%. วิทยาศาสตร์การแพทย์. กรุงเทพมหานคร: 2545
5. World Health Organization. 1998. Test procedure for insecticide resistance monitoring in malaria vectors, bio-efficacy and persistence of insecticides on treated surfaces. WHO/CDS/CPC/MAL/ 98.12.
6. จันทรา เหล่าถาวร และศรัชัย หล่ออารีย์สุวรรณ. มาลาเรีย. กรุงเทพฯ : ศักดิ์โสภการพิมพ์ 2540 : 87
7. กองมาลาเรีย กรมควบคุมโรคติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข. คู่มือการตรวจวินิจฉัยโรค. มาลาเรีย(Manual for Malaria Diagnosis). พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุม สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 2546
8. สมบัติ ชัยเพชร. 50 ปี งานควบคุมไข้มาลาเรียของประเทศไทย มาลาเรียวิทยา. โรง พิมพ์ชุมชน สหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด. 2542
9. คณัจฉรีย์ ฐานิสพงศ์. “พาหะนำเชื้อไข้มาลาเรีย,” วารสารมาลาเรีย. 38(6) : 283-287 ; พฤศจิกายน-ธันวาคม, 2546



10. Gilles HM, Warrell DA. Bruce-Chwatt's essential malariology. 3rd ed. London: Edward Arnold, Hodder and Stoughton; 1993
11. วิมล โนนานนท์. เรื่องน่ารู้ในอดีตของงานมาลาเรียในไทย มาลาเรียวิทยา. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทยจำกัด. 2542
12. ประพัฒน์ ญาณทัชยะ และวรรณภา สุวรรณเกิด. การศึกษายุงก้นปล่องชนิดมินิมัสนอกแหล่งเพาะพันธุ์ปกติที่จังหวัดพะเยา. วารสารโรคติดต่อ. 2537 ; 20(3): 195-201.
13. Rattarithikul, R., Green, C.A.. Formal recognition of the species of the *Anopheles maculatus* group (Diptera : Culicidae) occurring in Thailand, including the descriptions of two new species and a preliminary key to females mosquito systematics 1986 ; 18 (3,4): 246-78.
14. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค. คู่มือการปฏิบัติงานควบคุมไข้มาลาเรีย พ.ศ. 2546. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย. 2546
15. สุธีรา พูลถิ่น, บุญเสริม อ่วมอ่อง. การศึกษาฤทธิคงทนของสารเคมีที่ใช้ชุบเสื่อคลุมตาข่าย ป้องกันไข้มาลาเรียในกลุ่มประชากรที่มีอาชีพทำสวนยางพาราในพื้นที่จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสารควบคุมโรค 2547 : 30 ; 167 – 76
16. Rosendaal J.A.. Impregnated mosquito nets and curtain for self – protection and vector control. Trop Dis Bull. 1989 ; 86(7)
17. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์. ชีวิตวิทยาและการควบคุมแมลงที่เป็นปัญหาสาธารณสุข. นนทบุรี: โรงพิมพ์ บริษัทดีไซร์ จำกัด; 2544
18. Rattanakul K., et al. The Technical Report No.5 Faculty of Medicine, ChulalongkornUniversity, Thailand. 1989
19. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค. คู่มือการใช้สารเคมีชุบมุ้งเพื่อป้องกันและควบคุมโรคมาลาเรียภายใต้โครงการกองทุนโลกด้านมาลาเรีย(SSF - M). กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2555

20. World Health Organization. WHO recommended insecticide products treatment of mosquito nets for malaria vector. [cited 2016 Jan 19]; [1 page]. Available at:URL : [http://www.who.int/whopes/Insecticides\\_ITN\\_Malaria\\_ok3.pdf](http://www.who.int/whopes/Insecticides_ITN_Malaria_ok3.pdf)
21. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค. คู่มือการปฏิบัติงานควบคุมไข้มาลาเรีย พ.ศ. 2552. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย; 2552
22. กองมาลาเรีย ศูนย์ควบคุมพาหะนำโรค. สารเคมีและชีวอินทรีย์ในการควบคุมพาหะนำโรค. 2538
23. สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค. คู่มือการใช้สารเคมี เครื่องพ่นสารเคมี และการบำรุงรักษาในงานควบคุมโรคติดต่อฯ โดยแมลง. 2547.
24. สุภาณี พิมพ์สมาน. สารฆ่าแมลง. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์คลังนานาวิทยา ; ขอนแก่น. 2540
25. Chemical methods for the control of vectors and pests of public health importance. World Health Organization, WHO/CTD/WHOPES/97.2; 1997
26. พรรณเพ็ญ ชโยภาส. การตรวจความต้านทานสารฆ่าแมลงของแมลงด้วยวิธีการต่างๆ. วารสารกสิกรรมและสัตววิทยา 2539 ; 11(1) : 44 -7.
27. ศุภลาภ พวงสะอาดและคณะ. “สำรวจแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่องและสภาพนิเวศวิทยาของลูกน้ำในเขตพื้นที่ตำบลตะนาวศรี อำเภอสวนผึ้ง จังหวัดราชบุรี,” วารสารอายุรศาสตร์เขตร้อนและปรสิตวิทยา. 2549 ; 29(2) : 56-64.
28. ชวัลรัตน์ แดงหาญและคณะ. การทดสอบความไวของยุงพาหะนำเชื้อมาลาเรียต่อสารเคมีที่พ่นติดผนังบ้านและซุ่มมุ้งในพื้นที่ A1 และ A2 เขต 5 ปี 2547. นครราชสีมา, 2547 (อัดสำเนา)
29. ปิยะพร หวังรุ่งทรัพย์และคณะ. “ความไวของยุงก้นปล่องต่อสารเคมีสังเคราะห์ไพรีทรอยด์ด้วยวิธีการอนามัยโลกและวิธีชีวเคมี,” วารสารอายุรศาสตร์เขตร้อนและปรสิตวิทยา. 2550 ; 30(2) : 68-75.

30. วิชัย สติมัย และคณะ. การศึกษาความไวต่อสารเคมีของยุงลายบ้านและยุงก้นปล่องในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ปี/2550. <[http://dpc3.ddc.moph.go.th/in\\_tranet/Insect/Research%20Data/Susceptibility2007.mht](http://dpc3.ddc.moph.go.th/in_tranet/Insect/Research%20Data/Susceptibility2007.mht)> สืบค้นวันที่ 1 มิถุนายน 2551.
31. Theeraphap Chareonviriyaphap, Pornpimol Rongnoparut and Piyanoot Juntarumporn. "Selection for pyrethroid resistance in a colony of *Anopheles minimus* species A, a malaria vector in Thailand." Journal of Vector Ecology. 2002 ; 27(2) : 222-229.
32. World Health Organization. The use of impregnated bednets and other materials for vector - borne disease control. 1989. WHO/VBC/89.981
33. Abott, W.S. A method for computing the effectiveness of an insecticide. J.Econ.Ent. 1925; 18 : 256 – 67.
34. สุธีรา พูลถิ่น และ บุญเสริม อ่วมอ่อง. การศึกษาเปรียบเทียบฤทธิ์คงทนของสารเคลตตามิทรินและอัลฟาซัยเพอร์มิตรินต่อยุงพาหะนำไข้มาลาเรีย *Anopheles dirus* โดยวิธีชุบเสื่อคลุมตาข่ายในห้องปฏิบัติการ. วารสารมาลาเรีย. 2545. 37(6) : 276 – 89.
35. ภากร หลิมรัตน์, สมบัติ อุนนิกิตติ, มานิตย์ นาคสุวรรณ และ สุธีรา พูลถิ่น. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารเคมีเพอร์มิตริน 10 % EC และ เคลด้ามิทริน 25 % WT ชุบมุ้งเพื่อป้องกันไข้มาลาเรียในจังหวัดจันทบุรี. วารสารควบคุมโรค. 2548. 31(4) : 353 – 60.
36. Zi Zuzi, Zdang Mancheng, Li Gandgui, The study of the control of *Anopheles sinensis*, *Anopheles dirus* and malaria prevalence with Deltamethrin part III Field of control *Anopheles sinensis* group and malaria prevalence by bed nets impregnated with Deltamethrin. In stitute of Antiparasitic Disease of Guangdong Province, 1985

37. Mouhamadou Chouaibou, Frederic Simard, Fabrice Chandre, Josiane Etang, Frederic Darriet and Jean-Marc Hougard. Efficacy of bifenthrin-impregnated bednets against *Anopheles funestus* and pyrethroid-resistant *Anopheles gambiae* in North Cameroon. *Malaria journal*. 01/02/200602/2006 ; 5 : 77 ISSN : 1475-2875 DOI : 10.1186/1475-2875-5-77
38. อนุสรณ์ ภาณุตานันท์, สกฤตรัตน์ อภिरติกร และ กนกวรรณ โกสุม. การทดสอบสารเคมี Cyfluthrin 5 % , Cyfluthrin 4 % และ Permethrin 10 % EC ในการชุบ มุ้ง เพื่อควบคุมยุง *Anopheles dirus* ในประเทศไทย. (อัดสำเนา)

## ภาคผนวก

## ประวัติผู้วิจัย

## ผู้วิจัยคนที่ 1

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นายยุทธพงศ์ หมื่นราษฎร์  
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Yuthapong Muernrat
2. หมายเลขประจำตัวประชาชน 3 8099 00058 92 2
3. ตำแหน่งปัจจุบัน  
นักวิชาการสาธารณสุข ระดับชำนาญการ
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก  
สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช  
184/117 ถนนเทวบุรี ตำบลโพธิ์เสด็จ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช  
80000  
โทรศัพท์ (075)341147,341151  
โทรสาร (075)360042, 342328  
อี-เมลล์ ypongy@yahoo.com
5. ประวัติการศึกษา สาธารณสุขศาสตร์บัณฑิต  
วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เวชศาสตร์ชุมชน)
6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ :  
เศรษฐศาสตร์สาธารณสุข, ภูมิวิทยาการแพทย์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
  - หัวหน้าโครงการวิจัย
    1. การศึกษาระบาดวิทยาและพฤติกรรมกรรมการป้องกันรักษาไข้มาลาเรียของแรงงานต่างชาติในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงของจังหวัดระนอง(ทุน สวรรส)
    2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุน- ประสิทธิภาพ ของการเฝ้าระวังโรคไข้มาลาเรียเชิงรุกด้วยวิธีการใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูปและฟิล์มโลหิตชนิดหนา

- ผู้ร่วมโครงการวิจัย
  1. การศึกษาอาการข้างเคียงของผู้ได้รับยา Diethylcabamazine Citrate(DEC) และ Albendazole ใน การจ่ายยารักษาหมูตามโครงการกำจัดโรคเท้าช้าง พื้นที่สาธารณสุขเขต 11
  2. ประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเจริญเติบโต Pyriproxyfen 0.5 G ในการควบคุมกำจัดลูกน้ำยุงลายบ้าน(*Aedes aegypti*) ในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม
- งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว
  1. การศึกษาระบาดวิทยาและพฤติกรรมการป้องกันรักษาไข้มาลาเรียของแรงงานต่างชาติ  
ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงสูงของจังหวัดระนอง(ทุน สวรรส)
  2. การวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุน- ประสิทธิภาพ ของการเฝ้าระวังโรคไข้มาลาเรียเชิงรุก  
ด้วยวิธีการใช้ชุดน้ำยาสำเร็จรูปและฟิล์มโลหิตชนิดหนา
- งานวิจัยที่อยู่ระหว่างการดำเนินการ (-)
  - ผลกระทบของนโยบายต่อการดำเนินงานป้องกันควบคุมโรคติดต่อ นำโดยแมลงกรณีศึกษา 7 จังหวัดภาคใต้ตอนบน

## ผู้วิจัยคนที่ 2

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายคณพศ ทองขาว  
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr. Kanaphot Thongkhao
- 2) เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3 8001 00362 80 7
- 3) ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการสาธารณสุขชำนาญการ
- 4) หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)  
สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช  
184/117 ถนนเทวบุรี ตำบลโพธิ์เสด็จ อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80000

โทรศัพท์ 075-341147 ต่อ 13 โทรสาร 075-342328

e-mail: sootthi@ymail.com

5) ประวัติการศึกษา

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชากีฏวิทยา  
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เกษตรศาสตร์) สาขาวิชากีฏวิทยา มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6) สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ  
กีฏวิทยาทางการแพทย์ ระบาดวิทยา

7) ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

7.1) ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย:

-

7.2) หัวหน้าโครงการวิจัย:

- การใช้ทรายที่มีฟอสฟอรัสของชาควบคุมลูกน้ำยุงลายในภาคใต้ของประเทศไทย
- การทดสอบฤทธิ์ไล่ยุงของสารสกัดจากสัก (*Tectona grandis* L.f.) ต่อยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) (L.)
- ประสิทธิภาพของสารสกัดจากสัก (*Tectona grandis* L.f.) ต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti* (L.)) และลูกน้ำยุงรำคาญ (*Culex quinquefasciatus* Say)
- ประสิทธิภาพขององค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากสัก (*Tectona grandis* L.f.) ต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti* (L.))

7.3) งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

- สุทธิ ทองขาว และวิรัช วงศ์หิรัญรัชต์. การใช้ทรายที่มีฟอสฟอรัสของชาควบคุมลูกน้ำยุงลายในภาคใต้ของประเทศไทย. วารสารมาลาเรีย ปีที่ 36 ฉบับที่ 4 กรกฎาคม-สิงหาคม 2544.
- วิรัช วงศ์หิรัญรัชต์ และสุทธิ ทองขาว. การศึกษาสารละลาย Temephos ที่บรรจุในซองชาสำเร็จรูปต่อลูกน้ำยุงลาย *Aedes aegypti* Linnaeus. วารสารมาลาเรีย ปีที่ 36 ฉบับที่ 3 พฤษภาคม-มิถุนายน 2544.
- อมรรัตน์ ชูตินันทกุล, ฉายา อินทร์เกษีย, สมานศรี คำสมาน, สุทธิ ทองขาว และวิยะดา แซ่เตี๋ย. การประเมินมาตรฐานงานระบาดวิทยาโรคติดต่อในเขต



สาธารณสุขที่ 15, 16 (นครศรีธรรมราช) และ 17 ปี พ.ศ. 2547. รายงานการวิจัย ฉบับสมบูรณ์. 2547

- สุทธิ ทองขาว และนาย อินทร์ชัย. การประเมินมาตรฐานงานระบาดวิทยา โรคติดต่อในเขตสาธารณสุขที่ 15, 16 (นครศรีธรรมราช) และ 17 ปี พ.ศ. 2549. รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. 2549
- นาย อินทร์ชัย และสุทธิ ทองขาว. การประเมินมาตรฐาน SRRT ในเขตสาธารณสุขที่ 15, 16 (นครศรีธรรมราช) และ 17 ปี พ.ศ. 2549. รายงานการวิจัย ฉบับสมบูรณ์. 2549
- สุทธิ ทองขาว. การทดสอบฤทธิ์ไต่ของสารสกัดจากสัก (*Tectona grandis* L.f.) ต่อยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) (L.). รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์. 2555.
- จรวย สุวรรณบำรุง สุภาพร ทองจันทร์ ชีระ ด้วงสิน อนันต์ ดำแป้น สุทธิ ทองขาว. การพัฒนารูปแบบการจัดการคัชนิยุงลายเพื่อแก้ปัญหาโรค ไข้เลือดออกอย่างยั่งยืน: กรณีตำบลกำแพงเขา จังหวัดนครศรีธรรมราช. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์. 2557.
- คณพศ ทองขาว สกุลทิพย์ ชูแก้ว วันสงกรานต์ ศรีเผือก. ประสิทธิภาพของสาร สกัดจากเนื้อไม้สักต่อลูกน้ำยุงลายบ้านและลูกน้ำยุงรำคาญ. วารสารควบคุมโรค ปีที่ 40 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม – กันยายน 2557.
- คณพศ ทองขาว วิโรจน์ ฤทธาธร สุพิทย์ ยศเมฆ. การสำรวจทางกีฏวิทยาของ พาหะนำโรคไข้ปวดข้อยุงลายในพื้นที่รอยโรค จังหวัดสุราษฎร์ธานี. วารสาร ควบคุมโรค ปีที่ 41 ฉบับที่ 1 มกราคม – มีนาคม 2558.

#### 7.4) งานวิจัยที่กำลังทำ:

- ผู้วิจัยหลัก เรื่อง ประสิทธิภาพขององค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดจากสัก (*Tectona grandis* L.f.) ต่อลูกน้ำยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti* (L.)) แหล่งทุน กรม ควบคุมโรค
- ผู้ร่วมวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพในการป้องกันยุงของน้ำส้มควันไม้แบบทาและ แบบชุบจุดกันยุงต่อยุงลายบ้าน แหล่งทุน กรมควบคุมโรค
- ผู้ร่วมวิจัย เรื่อง ประสิทธิภาพของกัณฑ์ดักและแสงไฟล่อรีนฟอยทราย แหล่งทุน กรมควบคุมโรค

- ผู้ร่วมวิจัย เรื่อง การศึกษาศักยภาพของรีนฝอยทรายและหนูในพื้นที่ที่มีผู้ป่วย  
ประเทศไทยต่อการติดเชื้อลิซมาเนีย แหล่งทุน กรมควบคุมโรค

### ผู้วิจัยคนที่ 3

1. ชื่อ – นามสกุล (ภาษาไทย) นายวิชิต ดอกขัน  
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Wichit Dokkhun
2. หมายเลขบัตรประจำตัวประชาชน 3 8205 00132 60 4
3. ตำแหน่งปัจจุบัน นักวิชาการสาธารณสุข ชำนาญการ
4. หน่วยงานที่อยู่ที่สามารถติดต่อได้สะดวก  
สำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 11 จังหวัดนครศรีธรรมราช  
184/117 ถนนเทวบุรี ตำบลโพธิ์เสด็จ อำเภอเมือง จังหวัด  
นครศรีธรรมราช 80000
- โทรศัพท์ (075)341147,341151
- โทรสาร (075)360042, 342328
- อี-เมลล์ v\_borne11@yahoo.com
5. ประวัติการศึกษา สาธารณสุขศาสตรบัณฑิต
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ : กิจวัทยา  
การแพทย์
7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
  - หัวหน้าโครงการวิจัย
    1. ปัจจัยที่ผลต่อการปฏิเสธและยอมรับการฟันเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้างในห้องที่  
แพร่เชื้อมาลาเรีย จังหวัดชุมพร
    2. การพัฒนาระบบเฝ้าระวังความไวของยุงลายต่อสารเคมีกำจัดแมลงในจังหวัด  
นครศรีธรรมราช
  - ผู้ร่วมโครงการวิจัย  
ประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเจริญเติบโต Pyriproxyfen 0.5 G ในการควบคุม  
กำจัดลูกน้ำยุงลายบ้าน(*Aedes aegypti*) ในห้องปฏิบัติการและภาคสนาม

- งานวิจัยที่ทำแล้วเสร็จ
  1. ปัจจัยที่ผลต่อการปฏิเสธและยอมรับการพนันเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้างในท้องที่แพร่เชื้อมาลาเรีย จังหวัดชุมพร
  2. การพัฒนาระบบเฝ้าระวังความไวของยุงลายต่อสารเคมีกำจัดแมลงในจังหวัดนครศรีธรรมราช
- งานวิจัยที่กำลังอยู่ระหว่างการดำเนินการ (-)