

พฤติกรรมการหากินของยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย
และการกำจัดโรคไข้มาลาเรีย ในจังหวัดตาก ประเทศไทย

**Biting behavior of malaria vectors and malaria elimination efforts
in Tak Province, Thailand**

บุญเสริม อ่วมอ่อง* วท.ม. (เกษตรศาสตร์)
ชนิษฐา ปานแก้ว* วท.ม. (กีฏวิทยา)
บุษราคัม สีนาคม* วท.บ. (กีฏวิทยา)
ศิริพร ยงชัยตระกูล* วท.ม. (เกษตรศาสตร์)
กิตติพงษ์ เกิดฤทธิ์** ปร.ด. (สาธารณสุขชุมชน)
*สำนักโรคติดต่อหน้าโดยแมลง กรมควบคุมโรค

Boonserm Aumaung*, M.Sc. (Agriculture)
Kanitta Pankeaw*, M.Sc. (Entomology)
Bussarakum Sinakom*, B.Sc. (Entomology)
Siriporn Yongchaitrakol*, M.Sc. (Agriculture)
Kittipong Keardrit**, Ph.D. (Community Health)

*Bureau of Vector Borne Diseases,
Department of Disease Control

**กองพัฒนาและส่งเสริมการบริหารงานท้องถิ่น
กรมส่งเสริมการปกครองท้องถิ่น

**Local Administrative Development Division,
Department of Local Administration

Received: November 28, 2018

Revised: February 7, 2019

Accepted: February 7, 2019

บทคัดย่อ

ได้ทำการศึกษาชีวนิสัยยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย ความไวของยุงต่อสารเคมี ความคงทนและประสิทธิภาพ มุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน (LLIN) ที่ได้รับในพื้นที่บ้านห้วยปลากอง หมู่ที่ 12 ตำบลชะเนง้อ อำเภอมะรุม จังหวัดตาก ซึ่งเป็นพื้นที่ชายแดนติดกับประเทศพม่า เป็นเวลา 11 เดือน ระหว่างเดือนธันวาคม 2557 - ตุลาคม 2558 พบยุงก้นปล่องจากการสำรวจตัวเต็มวัย 13 ชนิด เป็นยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย 3 ชนิด ได้แก่ *Anopheles minimus* และ *An. maculatus* group และ *An. dirus* การสำรวจพบยุงเหล่านี้ตลอดปี ยุง *An. minimus* มีความชุกชุมระหว่างเดือนกุมภาพันธ์-มิถุนายน และความชุกชุมสูงสุดในเดือนเมษายน พบยุงชนิดนี้เข้ากัดคนนอกบ้านมากกว่าในบ้าน แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.079$) และพบหากินเลือดสัตว์สูง ส่วนยุง *An. maculatus* group เข้ากัดคนนอกบ้าน (ใกล้บ้าน) มากกว่าในบ้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ $p=0.030$ และพบกัดสัตว์สูง ยุง *An. minimus* และ *An. maculatus* group ออกหากินเลือดทั้งคืน แต่มีความชุกชุมสูงช่วงพลบค่ำ การศึกษาไม่พบว่ายุง *An. dirus* กัดสัตว์ พบยุง *An. dirus* จำนวนน้อย จึงไม่สามารถทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบทางสถิติ การศึกษาที่จังหวัดตาก ซึ่งเป็นพื้นที่แถบตะวันตกของประเทศแสดงว่า ทั้งยุง *An. minimus* และ *An. maculatus* group หากินนอกบ้านและชอบกินเลือดสัตว์เป็นข้อมูลเพียงแห่งเดียว จำเป็นต้องมีการศึกษาชีวนิสัยของพาหะในพื้นที่ภาคอื่น และศึกษาความสัมพันธ์เปรียบเทียบกับกิจกรรมปกติของชาวบ้านในตอนค่ำคืน จะทำให้ทราบข้อมูลที่แท้จริงของยุงพาหะทั่วประเทศ เพื่อนำมาประกอบการพิจารณาทบทวนและกำหนดแนวทางการใช้มาตรการควบคุมพาหะทั้งประเทศ จากการศึกษาพบว่ายุง *An. minimus* และ *An. maculatus* group ทั้งสองชนิดมีความไวต่อสารเคมี deltamethrin, permethrin และ

bifenthrin การศึกษาความคงทนและประสิทธิภาพของมุ้ง LLIN ที่ใช้งานจริงในพื้นที่ศึกษาพบว่า มุ้งเส้นใยโพลีเอสเตอร์เคลือบ deltamethrin (55 mg a.i./m^2) มีอายุคงทนและมีประสิทธิภาพนานมากกว่า 5 ปี ในขณะที่มุ้งโพลีเอทิลีนใส่ permethrin ($2\% \text{ a.i. mg/m}^2$) เข้าไปในเส้นใย มีอายุคงทนและมีประสิทธิภาพนานมากกว่า 4 ปี ซึ่งยาวนานกว่าที่บริษัทผู้ผลิตและองค์การอนามัยโลกกำหนดไว้เพียง 3 ปี การศึกษาเพื่อทราบถึงการมียุงพาหะในพื้นที่ โดยการสำรวจลูกน้ำวิธีการเดียวไม่สามารถสรุปว่า พื้นที่นั้นไม่พบยุงพาหะ จำเป็นต้องสำรวจยุงตัวเต็มวัยที่เข้าหาถิ่นเลือดคนและสัตว์ รวมทั้งอาจใช้วิธีการอื่นที่เหมาะสมด้วย นอกจากนั้นการสำรวจยุงเพื่อจัดแบ่งพื้นที่สำหรับการกำจัดโรคไข้มาลาเรีย จำเป็นต้องเข้าสำรวจในพื้นที่และฤดูกาลที่เหมาะสม เพื่อให้สามารถยืนยันการพบหรือไม่พบยุงพาหะที่แท้จริง

Abstract

A study to investigate behavior of malaria vectors, susceptibility to insecticides and durability of field used Long Lasting Insecticide Treated Nets (LLINs) was conducted on Thai-Myanmar Border at Village No. 12, Ban Huay Pla Kong, Khaneijue Sub-district, Mae Ramat District, Tak Province for 11 months between December 2014 and October 2015. Thirteen species of *Anopheles* were collected with three malaria vectors and found all year round (i.e. *Anopheles minimus*, *An. maculatus* group and *An. dirus*). *An. minimus* was found in high density from February to June with highest peak in April. It preferred to bite outdoors than indoors and it was highly zoophilic but there was no statistically significant difference ($p=0.079$). *An. maculatus* group showed significant preference to bite humans outdoors than indoors ($p=0.030$). It was found with high density from April to October with highest peak in June and it was highly zoophilic. Density of *An. dirus* was insufficient for statistical analysis. These findings indicated that both vector species prefer to bite humans outdoors rather than indoors. Moreover, they were highly zoophilic. This outdoor biting behavior suggested that it may reduce the effective of LLIN and indoor residual spray, which are the main vector control measures for malaria elimination. Both *An. minimus* and *An. maculatus* group were highly susceptible to deltamethrin, permethrin and bifenthrin. Furthermore, it was found that durability of LLINs manufactured from deltamethrin (55 mg a.i./m^2)-coated polyester net could last longer than 5 years and permethrin ($2.0\% \text{ a.i. w/w}$)-incorporated polyethylene net lasting longer than 4 years, after distribution into this village. These findings provided evidence that durability of LLINs is much longer than the recommendation made by the manufacturers and the World Health Organization (WHO). Findings from the western Thai province of Tak with regard to outdoor biting behavior of malaria vectors and long durability of LLINs may not be conclusive since this was only one study. Further studies in other parts of Thailand should also be conducted to draw more conclusive findings. Data from additional studies will be very useful for policy-makers to further review and improve existing vector control measures to advance the country's malaria elimination program. Findings from this study has also suggested to include adult survey and animal bait collection to determine occurrence of malaria vector for stratification of areas for assignment of malaria elimination and vector control measures.

คำสำคัญ

ยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย, มุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน, การทดสอบความไวของยุงต่อสารเคมี, การทดสอบประสิทธิภาพสารเคมี

Key words

malaria vector, Long Lasting Insecticidal Net: LLIN, susceptibility test, the bio-efficacy test

บทนำ

จังหวัดตาก ตั้งอยู่บริเวณชายแดนติดกับประเทศพม่า และเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการแพร่เชื้อโรคไข้มาลาเรียในลำดับต้น ๆ ของประเทศไทย เป็นพื้นที่พบมีการแพร่เชื้อทั้งในหมู่บ้านและการติดเชื้อมนุษย์⁽¹⁾ มียุง *Anopheles dirus*, *An. minimus* และ *An. maculatus* group ซึ่งเป็นยุงพาหะหลักที่สำคัญของโรคไข้มาลาเรียของประเทศชุกชุมอยู่ในพื้นที่⁽²⁾ และยุงทั้งสามชนิดนี้พบทั่วไปในจังหวัดตาก โดยเฉพาะพื้นที่ป่าเขาชายแดนไทย-พม่า⁽³⁾ มาตรการควบคุมยุงพาหะที่สำคัญได้แก่ การใช้มุ้งชุบสารเคมี ทั้งชนิดที่ชุบด้วยวิธีดั้งเดิมในชุมชน (insecticide treated net: ITN) และชนิดที่ชุบจากโรงงานซึ่งออกฤทธิ์คงทนยาวนาน (long lasting insecticidal net: LLIN) และการพ่นสารเคมีที่มีฤทธิ์ตกค้าง (indoor residual spraying: IRS)⁽⁴⁾

มาตรการดังกล่าวจะให้ผลในการควบคุมมากน้อยเพียงใด ขึ้นกับปัจจัยเกี่ยวกับชีวนิสัยการหากินในบ้านหรือนอกบ้าน เวลาออกหากินเลือด ความไวของยุงต่อสารเคมี นอกจากนั้นจำเป็นต้องทราบประสิทธิภาพของมุ้งที่ใช้ในการป้องกันและควบคุมยุงว่า มีประสิทธิภาพในการฆ่ายุงพาหะนำโรครายานานเพียงใด องค์การอนามัยโลกกำหนดว่า มุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนานต้องทนต่อการซักล้างโดยวิธีการมาตรฐาน และมีฤทธิ์คงทนในสภาพการใช้งานธรรมชาติไม่น้อยกว่า 3 ปี⁽⁵⁾ นอกจากนั้นจำเป็นจะต้องทราบพฤติกรรมของชาวบ้านตอนกลางคืนและความสัมพันธ์กับการออกหากินของยุง การกำจัดมาลาเรียจำเป็นจะต้องแบ่งพื้นที่แยกระดับการแพร่เชื้อโรคไข้มาลาเรีย เพื่อกำหนดมาตรการการกำจัดโรคไข้มาลาเรียและการควบคุมยุงพาหะ จำเป็นจะต้องทราบข้อมูลการพบยุงพาหะในพื้นที่⁽⁶⁾

การศึกษาดังนี้เพื่อทราบชีวนิสัยของยุงพาหะ ความไวของยุงต่อสารเคมี และประสิทธิภาพของมุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน (LLIN) รวมทั้งการสำรวจยุงพาหะในพื้นที่บ้านห้วยปลากอง หมู่ที่ 12 ตำบลชะเนือ อำเภอมะเร่มาต จังหวัดตาก เป็นหนึ่งในหมู่บ้านที่ตั้งอยู่บริเวณชายแดนประเทศไทยติดกับประเทศพม่าที่มีการ

แพร่เชื้อโรคไข้มาลาเรียอย่างต่อเนื่อง และมีการแจกมุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน (LLIN) ให้ประชาชนใช้นานมากกว่า 7 ปี

วัสดุและวิธีการศึกษา

ได้ทำการเก็บข้อมูลทางกีฏวิทยาทุก 2 เดือนเป็นเวลา 11 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2557 - ตุลาคม 2558 โดยดำเนินการดังนี้

1. การศึกษาชีวนิสัยการเข้าหากินเลือดของยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย การจับยุงเกาะคนและกัตสัตว์ ทำการจับยุง 4 จุด เปรียบเทียบการออกหากินของยุงในบ้าน นอกบ้าน โกลบ้านและจากกัตสัตว์ จุดละ 2 คน ระหว่างเวลา 18.00-06.00 น. (12 ชั่วโมง) ครั้งละ 4 คืน พนักงานจับยุงแต่ละคนจะจับยุงคืนละ 6 ชั่วโมง โดยจับยุงที่มาเกาะชั่วโมงละ 50 นาที พัก 10 นาที จุดที่ 1 จับยุงเกาะคนในบ้าน เลือกบ้านตั้งอยู่รอบนอกหมู่บ้านใกล้ลำห้วยลำธาร จุดที่ 2 จับยุงเกาะคนนอกบ้าน (โกลบ้าน) นั่งนอกบ้านห่างจากบ้านที่จับยุงเกาะคนในบ้าน 10 เมตร และจุดที่ 3 จับยุงเกาะคนนอกบ้าน (โกลบ้าน) นั่งนอกบ้านห่างจากบ้านไปทางชายป่าไม่น้อยกว่า 200 เมตร จุดที่ 4 จับยุงจากมุ้งครอบสัตว์โดยใช้วัวเป็นเหยื่อในมุ้งครอบสัตว์ ขนาดกว้าง ยาว สูง 4x4x2 เมตร กางมุ้งให้ชายมุ้งสูงจากพื้นประมาณ 0.25 เมตร ให้พนักงานจับยุง 2 คน จับยุงที่เกาะพักในมุ้งครอบสัตว์ ชั่วโมงละ 2 ครั้งๆ ละ 20 นาที พัก 10 นาที ข้อมูลยุงทั้งหมดบันทึกใน Microsoft Excel ยุงกัตปล่องแต่ละชนิดที่จับได้ นำมาคำนวณเป็นร้อยละ ความชุกชุมของยุงพาหะใช้จำนวนยุงโดยตรง เนื่องจากจำนวนพนักงานจับยุง จำนวนชั่วโมงและคืน เท่ากันในทุกจุดของการจับ การเปรียบเทียบพฤติกรรมการเข้าหากินใช้สถิติ Kruskal-Wallis test และ Dunn-Bonferroni test ใน SPSS version 23

2. การศึกษาแหล่งเพาะพันธุ์ยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย ข้อมูลการพบยุงพาหะเป็นข้อมูลที่สำคัญในการแบ่งพื้นที่ตามความรุนแรงของโรคไข้มาลาเรีย จำเป็นต้องแสดงให้เห็นว่าในพื้นที่มียุงพาหะหรือไม่

เพื่อประกอบการแยกพื้นที่ตามความชุกชุมของโรค เพื่อกำหนดมาตรการควบคุมโรค จึงจำเป็นต้องศึกษาเปรียบเทียบการสำรวจพบชนิดของยุงและลูกน้ำในพื้นที่ โดยการสำรวจแหล่งน้ำที่คาดว่า เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของ ยุงพาหะ ได้แก่ ลำห้วยลำธาร แหล่งน้ำขีมน้ำซับ ทุ่งนา โพรงไม้ รอยเท้าสัตว์ ในรัศมี 1 กิโลเมตรจากกลาง หมู่บ้าน ทำการสำรวจทุก 2 เดือน ในพื้นที่เดิม โดยการ ใช้จานดักลูกน้ำ หรือภาชนะที่เหมาะสมของแหล่ง เพาะพันธุ์ เก็บรวบรวมลูกน้ำยุงก้นปล่อง เลี้ยงจนเจริญ เป็นตัวเต็มวัย วิจัยระยะเป็นตัวเต็มวัย ชนิดยุงที่ได้ จากการสำรวจลูกน้ำ จะนำมาเปรียบเทียบกับชนิดของ ยุงตัวเต็มวัยที่จับได้ เพื่อยืนยันการตรวจพบยุงที่พบใน พื้นที่

3. การศึกษาความไวของยุงต่อสารเคมี ยุงเกาะคนนอกบ้านและกัดสัตว์ที่จับได้ นำมาทดสอบ ความไวของยุงต่อสารเคมี 0.05% deltamethrin และ 0.75% permethrin ซึ่งใช้ซุ่มมุ้ง LLIN นอกจากนั้นยังได้ ใช้ทดสอบกับสารเคมี 0.20% bifenthrin การทดสอบ เปรียบเทียบ ใช้กระดาษชุบ silicone oil ซึ่งเตรียมจาก ห้องปฏิบัติการที่ได้รับการรับรองจากองค์การอนามัยโลก วิธีทดสอบและการแปลผล ใช้แนวทางขององค์การ อนามัยโลก⁽⁷⁾

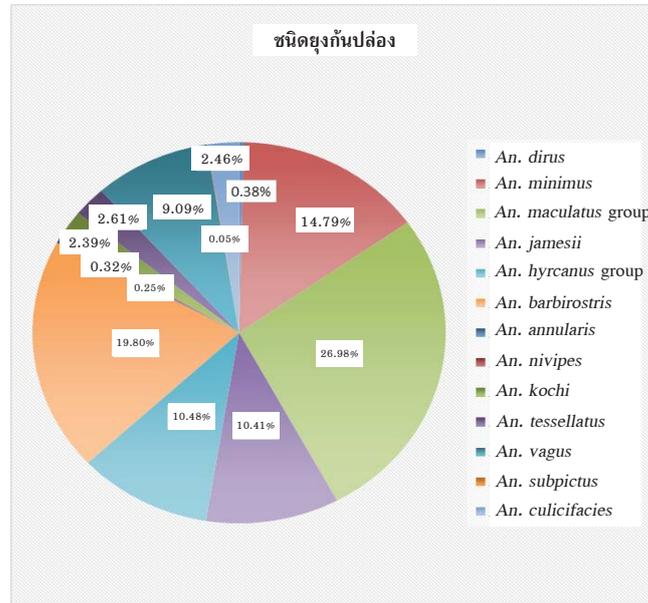
4. การติดตามฤทธิ์คงทนของมุ้งซุ่มสารเคมี ออกฤทธิ์ยาวนาน ยุง *An. minimus* อายุ 3-5 วัน จาก ห้องปฏิบัติการที่เลี้ยงในห้องเลี้ยงแมลง สำนักโรคติดต่อ นำโดยแมลง นำมาทดสอบฤทธิ์คงทนของมุ้งซุ่มสารเคมี ออกฤทธิ์ยาวนาน โดยเก็บมุ้งที่ได้รับแจกจากโครงการ กองทุนโลก ที่ใช้ในบ้านผู้มีประวัติป่วยโรคไข้มาลาเรีย หรือรอบบ้านผู้ป่วยในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา จำนวน 30 หลัง

ทำการทดสอบโดยใช้มุ้งซุ่มสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน หลังเดิมตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษา มุ้งแต่ละหลัง ทำการทดสอบ 5 จุด ได้แก่ มุ้งทั้ง 4 ด้าน และด้านบน แต่ละจุดทดสอบใช้ยุง 10 ตัว การทดสอบเปรียบเทียบ ใช้มุ้งเส้นใยโพลีเอสเตอร์ไม่ได้เคลือบสารเคมี จำนวน 2 หลัง ทำการทดสอบต่อเนื่องทุก 2 เดือนตลอดการ ศึกษา วิธีการทดสอบดัดแปลงมาจากวิธีทดสอบมุ้ง ซุ่มสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน และเกณฑ์การตัดสิน ตามแนวทางองค์การอนามัยโลก⁽⁸⁾

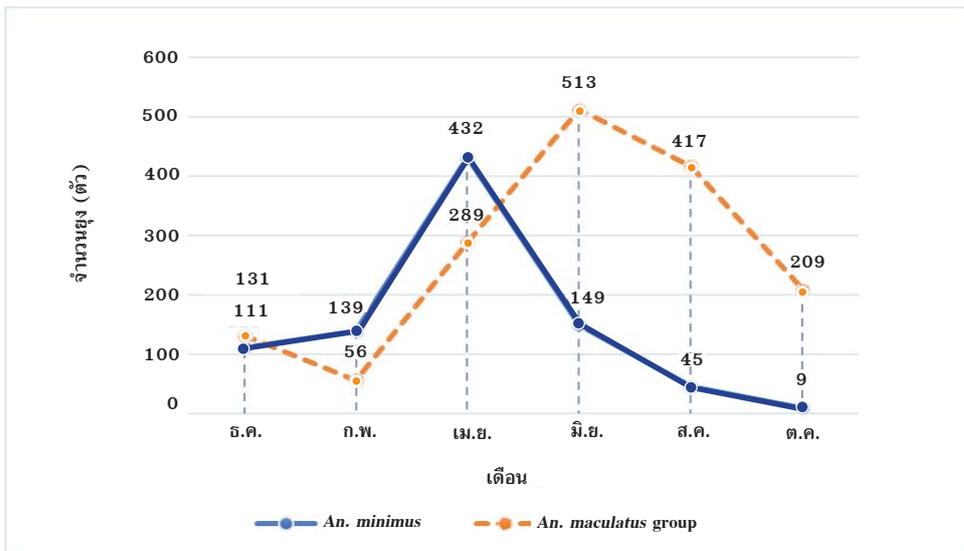
ผลการศึกษา

1. การศึกษาชีวนิสัยการเข้าหากินของยุง พาหะนำโรคไข้มาลาเรีย จากการศึกษาสามารถจับ ยุงก้นปล่องได้ 13 ชนิด จำนวน 5,985 ตัว ในจำนวนนี้ เป็นยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย ได้แก่ *An. minimus* (ร้อยละ 14.79), *An. maculatus* group (ร้อยละ 26.99) และ *An. dirus* (ร้อยละ 0.38) นอกจากนั้นยังพบ ยุงก้นปล่อง *An. barbirostris*, *An. hyrcanus* group, *An. jamesii*, *An. vagus*, *An. tessellatus*, *An. culicifacies*, *An. kochi*, *An. nivipes*, *An. annularis* และ *An. subpictus* แสดงอัตราที่จับยุงตัวเต็มวัย ดังภาพที่ 1

จากการศึกษาพบยุงพาหะ *An. minimus*, *An. maculatus* group และ *An. dirus* ตลอดปี โดย *An. minimus* มีความชุกชุมระหว่างเดือนกุมภาพันธ์- มิถุนายน (สูงสุดในเดือนเมษายน) และ *An. maculatus* group มีความชุกชุมระหว่างเดือนเมษายน-ตุลาคม (สูงสุดในเดือนมิถุนายน) ยุง *An. dirus* จับได้น้อย แต่ พบทุกเดือนที่ศึกษา ยกเว้นไม่พบเพียงเดือนเมษายน เท่านั้น ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 1 แสดงยุงก้นปล่องชนิดต่างๆ ที่จับได้ทั้งหมดตั้งแต่เดือนธันวาคม 2557 ถึงเดือนตุลาคม 2558



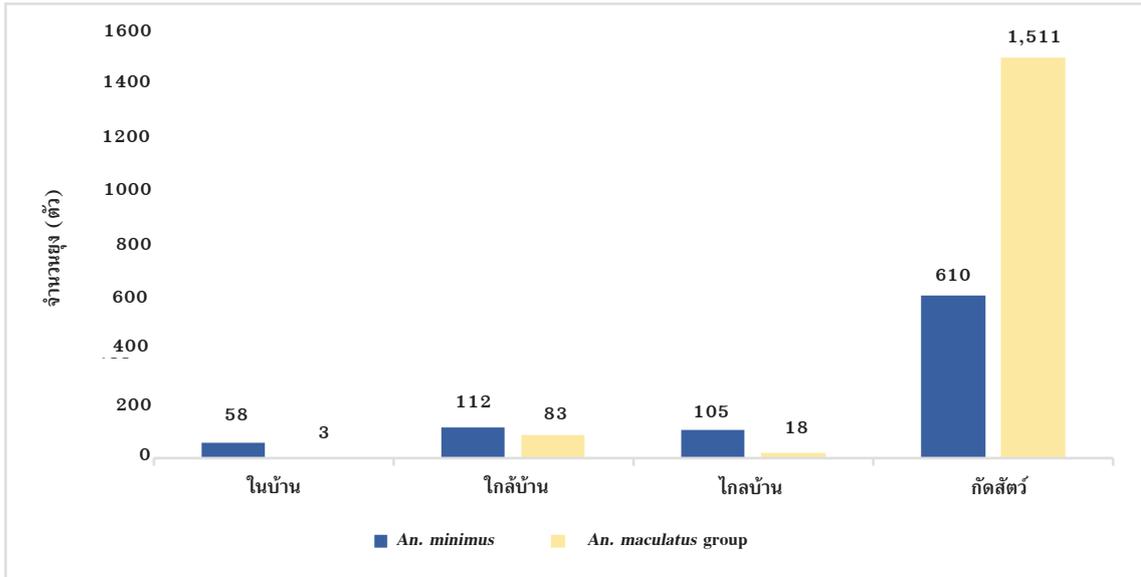
ภาพที่ 2 แสดงจำนวนยุงก้นปล่องพาหะ *An. minimus* และ *An. maculatus* group ที่จับได้ทุก 2 เดือน

การวิเคราะห์ชีวนิสัยการหาพบว่ายุง *An. minimus* เข้าเกาะคนนอกบ้าน (ใกล้บ้านและไกลบ้าน) มากกว่าในบ้าน นอกจากนี้ยังพบว่า ยุงชนิดนี้ชอบกินเลือดสัตว์ แม้ว่าจำนวนยุงที่จับได้จะสูงแตกต่างกันมาก แต่จากการวิเคราะห์ ไม่มีความแตกต่างอย่างนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.079$)

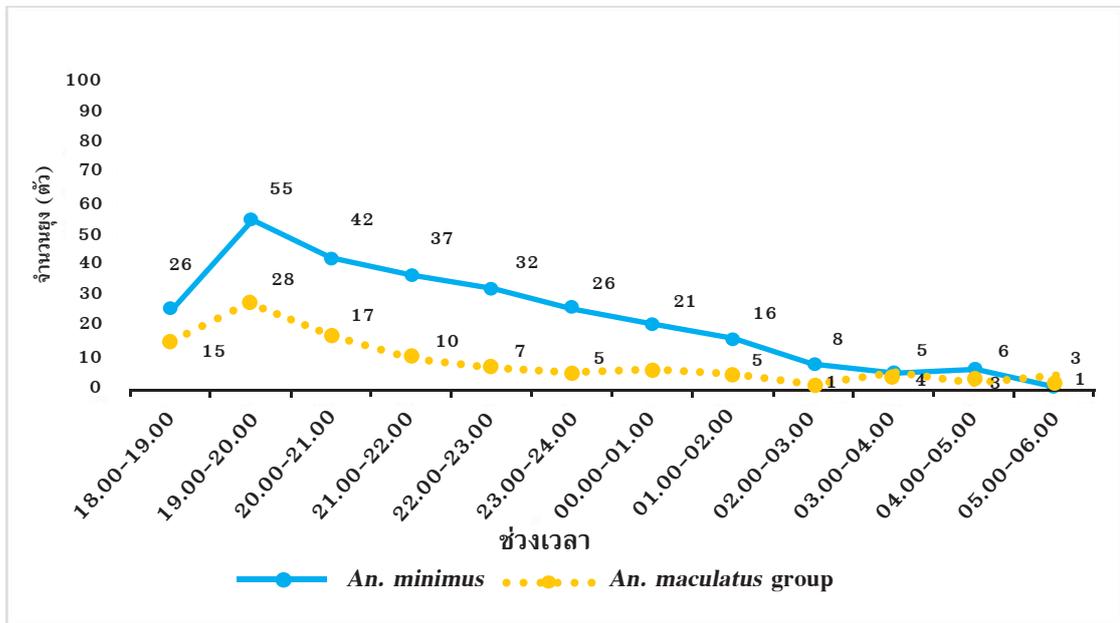
ยุง *An. maculatus* group พบเข้าเกาะคนนอกบ้าน (ใกล้บ้าน) มากกว่าในบ้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับต่ำกว่า 0.05 ($p=0.030$) และพบกัดสัตว์มากกว่าเกาะคนในบ้าน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับต่ำกว่า 0.05 ($p<0.0001$) อีกทั้งพบกัดสัตว์มากกว่าเกาะ

คนนอกบ้าน (ไกลบ้าน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับต่ำกว่า 0.05 ($p=0.018$) แสดงว่า ยุงชนิดนี้มีพฤติกรรมหาถิ่นเลือดคนและสัตว์นอกบ้าน ดังภาพที่ 3 พบยุง *An. dirus* จำนวนน้อยมาก ไม่สามารถ

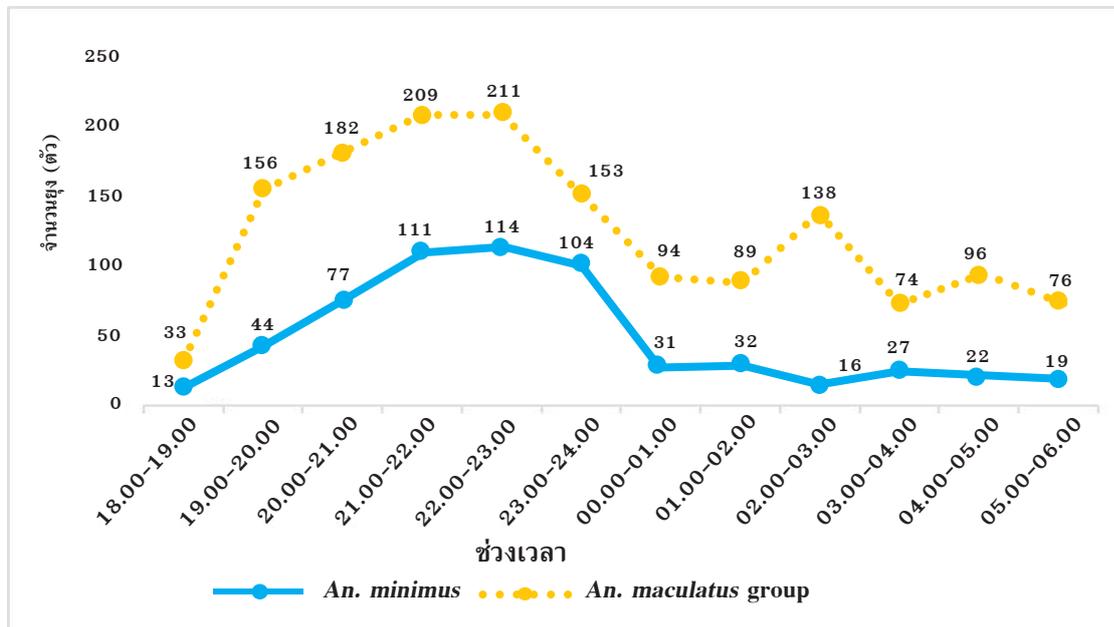
นำมาวิเคราะห์ได้ แต่ข้อมูลที่ได้ ไม่พบกัตสัตว์ และยุงชนิดนี้พบเกาะคนไกลบ้านมากที่สุด จำนวน 13 ตัว พบเกาะคนไกลบ้าน จำนวน 2 ตัว และพบเกาะคนในบ้าน จำนวน 8 ตัว



ภาพที่ 3 แสดงยุงที่จับได้ จำแนกตามจุดจับยุง ระหว่างเดือนธันวาคม 2557 ถึงเดือนตุลาคม 2558



ภาพที่ 4 แสดงเวลาที่จับยุงเกาะคนได้ รายชั่วโมง ระหว่างเดือนธันวาคม 2557 ถึงเดือนตุลาคม 2558



ภาพที่ 5 แสดงเวลาที่จับยุงกัดสัตว์ได้ รายชั่วโมง ระหว่างเดือนธันวาคม 2557 ถึงเดือนตุลาคม 2558

จากการศึกษาเวลาหากินของยุง *An. minimus* พบว่า ยุงชนิดนี้หากินเลือดตลอดคืน การหากินในแต่ละช่วงเวลามีความแตกต่างกัน แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.208$) โดยเข้าเกาะคนมากที่สุดเวลา 19.00-20.00 น. และเข้ากินเลือดสัตว์มากที่สุดเวลา 22.00-23.00 น. ส่วนยุง *An. maculatus* group พบว่า หากินเลือดสัตว์ตลอดคืนในช่วงเวลาต่างกัน แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.178$) โดยเข้ากัดมากที่สุดเวลา 21.00-22.00 น. สำหรับยุง *An. dirus* พบจำนวนน้อยมาก และพบหากินเลือดคนเริ่มตั้งแต่เวลา 18.00-24.00 น. โดยพบน้อยหรือไม่พบเลยในช่วงหลัง 24.00 น. ดังภาพที่ 4 และ 5

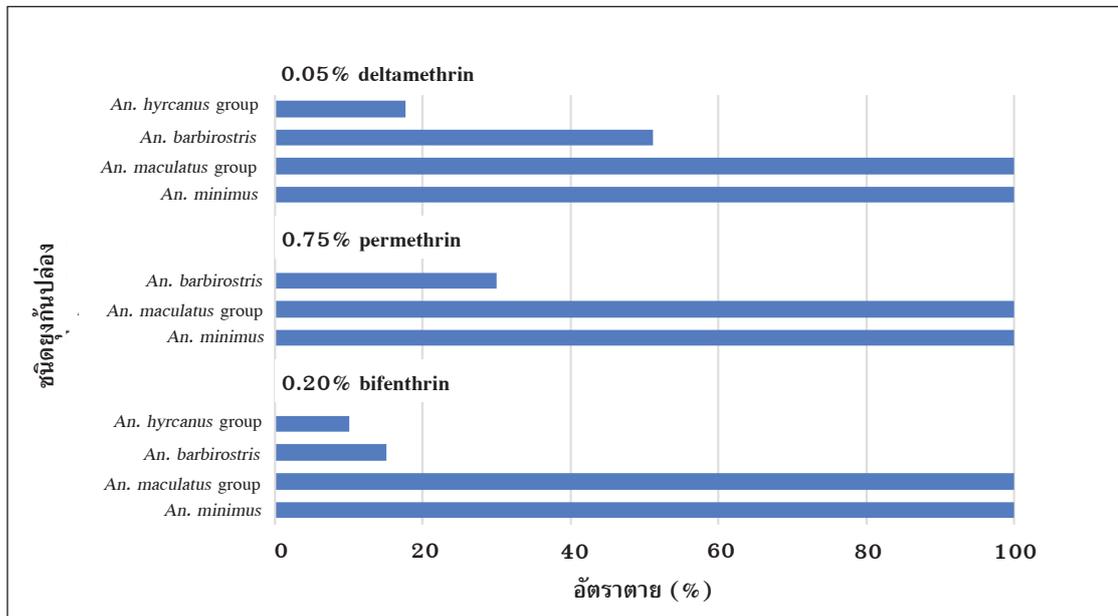
2. การศึกษาแหล่งเพาะพันธุ์ยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย จากการสำรวจลูกน้ำยุงก้นปล่องตามแหล่งน้ำต่างๆ ในรัศมี 1 กิโลเมตรรอบหมู่บ้าน พบลูกน้ำยุงก้นปล่องเฉพาะในลำห้วยที่ไหลผ่านรอบๆ หมู่บ้าน โดยพบลูกน้ำยุงตลอดการศึกษา จำนวน 254 ตัว เป็นลูกน้ำยุง *An. minimus* ซึ่งเป็นยุงพาหะหลัก จำนวน 246 ตัว หรือร้อยละ 97.6 ลูกน้ำยุง *An. barbirostris* และ *An. hyrcanus* group จำนวน 7 และ 1 ตัวตามลำดับ

แสดงให้เห็นว่า ลำห้วยรอบหมู่บ้านเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ยุง *An. minimus* โดยจับได้สูงในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งสภาพแวดล้อมเหมาะแก่การเพาะพันธุ์ เนื่องจากน้ำใสสะอาด ไหลช้า ขอบลำห้วยมีหญ้าขึ้นปกคลุม ต่อมาลูกน้ำยุงเหล่านี้จึงเจริญเป็นตัวเต็มวัย ทำให้พบยุงชนิดนี้ในการจับยุงครั้งต่อไป ขณะที่แหล่งน้ำอื่นๆ ไม่พบลูกน้ำยุงก้นปล่อง ช่วงเดือนเมษายน 2557 ลักษณะของแหล่งน้ำไม่เหมาะสม โดยมีน้ำไหลบ้าง แต่ยังเป็นช่วงๆ ฝิวน้ำมีใฝ่าปกคลุม แหล่งเพาะพันธุ์ที่มีความเหมาะสมลดน้อยลง ตั้งแต่เดือนมิถุนายนเป็นต้นไป มีฝนตกต่อเนื่อง กระแสน้ำในลำห้วยลำธารไหลแรง ไม่เหมาะสมเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของยุงก้นปล่อง สำหรับยุง *An. minimus* จะพบลูกน้ำชุกชุมสูง ก่อนที่จะพบตัวเต็มวัยชุกชุมสูง การสำรวจไม่พบลูกน้ำยุง *An. dirus* และ *An. maculatus* group เป็นไปได้ว่า มีการเพาะพันธุ์ห่างจากหมู่บ้านมากกว่า 1 กิโลเมตร ซึ่งเกินรัศมีที่ทำการสำรวจหรือยุงเพาะพันธุ์ตามแหล่งน้ำหลบซ่อน จึงไม่สามารถสำรวจพบได้ การศึกษาแสดงให้เห็นว่า การสำรวจลูกน้ำเพียงวิธีเดียว ไม่สามารถพิสูจน์การมียุงพาหะในพื้นที่ได้ทั้งหมด รวมทั้งการสำรวจลูกน้ำอาจทำได้ไม่ทั่วถึง

เนื่องจากความยากลำบากในการเข้าพื้นที่

3. การศึกษาความไวของยุงต่อสารเคมี จากการศึกษาพบว่า ยุงพาหะ *An. minimus* และ *An. maculatus* group มีความไวต่อสารเคมี deltamethrin, permethrin และ bifenthrin ในระดับสูง การทดสอบความไวต่อสารเคมีในยุง *An. dirus* ไม่สามารถทำได้ เนื่องจาก

จำนวนยุงที่จับได้ไม่เพียงพอ นอกจากนั้นยังพบว่า ยุง *An. barbirostris* ต้านทานต่อ deltamethrin, permethrin, และ bifenthrin โดยพบอัตราการตายที่ต่ำมาก อีกทั้งยุง *An. hyrcanus* group ต้านทานต่อ deltamethrin และ bifenthrin โดยพบอัตราการตายที่ต่ำมากเช่นกัน ผลการทดสอบดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ผลการทดสอบความไวของยุงก้นปล่องต่อสารเคมีที่ใช้ซุ่ม

4. การติดตามฤทธิ์คงทนของมุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน ได้เก็บตัวอย่างมุ้งจากพื้นที่ศึกษาบันทึกวันเดือนปีที่ผลิต นำมาศึกษาความคงทนของมุ้งและฤทธิ์คงทนของมุ้งชนิดที่เคลือบด้วย deltamethrin (deltamethrin coated onto polyester) มีสารออกฤทธิ์ 55 มิลลิกรัมต่อพื้นที่มุ้งหนึ่งตารางเมตร (55 mg. a.i./m²) และชนิดที่ใส่ permethrin ผสมเข้าไปในเส้นใย (permethrin incorporated into polyethylene) มีสารออกฤทธิ์ permethrin ที่ผสมเข้าไป 2% น้ำหนักสารออกฤทธิ์ต่อน้ำหนักมุ้ง (permethrin 2.0% a.i w/w) โดยเก็บจากบ้านผู้ป่วย หรือบ้านข้างเคียงหลายบ้าน ซึ่งอายุ

การใช้งานมุ้งแตกต่างกัน นับตั้งแต่วันผลิต จำนวน 30 หลังจากการศึกษาพบว่า มุ้งที่ทำด้วยเส้นใยโพลีเอสเตอร์หลังที่เก็บมาศึกษา สามารถมีอายุการใช้งานได้ และสารเคมีมีฤทธิ์ได้ยาวนานมากกว่า 5 ปี และพบว่า มุ้งที่ทำด้วยเส้นใยโพลีเอทิลีนที่ผสมรวมสารเคมีเพอร์มีทรินหลังที่เก็บมาศึกษา สามารถมีฤทธิ์อยู่ได้นานมากกว่า 4 ปี จากการสังเกตพบว่า มุ้งที่เก็บมาทดสอบไม่ได้ซัก หรือมีการซักน้อยครั้ง จึงสามารถมีฤทธิ์อยู่ได้นานกว่าที่บริษัทฯ ผู้ผลิตกำหนด นอกจากนั้นอายุของมุ้งที่ใช้ทดสอบที่มีอายุเพียง 1 ปี 5 เดือน เป็นมุ้งใหม่ที่ประชาชนในหมู่บ้านได้รับจากโครงการเช่นกัน

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบฤทธิ์ของยุงชุปสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน เมื่อทดสอบด้วยยุง *An. minimus* ทำการทดสอบทุก 2 เดือน ระหว่างเดือนธันวาคม 2557 - ตุลาคม 2558

ชนิดยุง LLIN	เดือนผลิต	อายุยุง นับจาก วันผลิต	จำนวนยุง ทดสอบ (หลัง)	อัตราตาย ต่ำสุด (ร้อยละ)	อัตราตาย สูงสุด (ร้อยละ)
เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เคลือบด้วย deltamethrin	พ.ค. 2557	1 ปี 5 เดือน	2	100	100
เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เคลือบด้วย deltamethrin	ส.ค. 2556	2 ปี 2 เดือน	9	93.33	100
เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เคลือบด้วย deltamethrin	ส.ค. 2552	5 ปี 8 เดือน	1	100	100
เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เคลือบด้วย deltamethrin	พ.ย. 2552	5 ปี 11 เดือน	3	97.78	100
เส้นใยโพลีเอสเตอร์ เคลือบด้วย deltamethrin	ส.ค. 2550	7 ปี 8 เดือน	1	95.92	100
เส้นใยโพลีเอทิลีน ผสมเข้ากับ permethrin	พ.ค. 2556	2 ปี 5 เดือน	12	97.78	100
เส้นใยโพลีเอทิลีน ผสมเข้ากับ permethrin	ก.พ. 2556	2 ปี 8 เดือน	1	96.00	100
เส้นใยโพลีเอทิลีน ผสมเข้ากับ permethrin	ต.ค. 2554	4 ปี	1	100	100

วิจารณ์และสรุป

การศึกษาทางกีฏวิทยา พื้นที่อำเภอแม่ระมาด จังหวัดตาก พบยุงก้นปล่องพาหะหลักนำโรคไข้มาลาเรีย ทั้งสามชนิด ได้แก่ *An. minimus*, *An. dirus* และ *An. maculatus* group ทุกเดือน ยกเว้นเดือนเมษายนไม่พบ *An. dirus* ผลการศึกษาคล้ายกับการศึกษาที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก และอำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน ในปี พ.ศ. 2557 ซึ่งตั้งอยู่บริเวณชายแดนติดกับประเทศพม่าเช่นเดียวกัน⁽⁹⁾ เนื่องจากยุง *An. dirus* จะพบในพื้นที่ที่เป็นป่าเขา ป่าบุกเบิก สวนผลไม้ชายเขา สวนยางพารา เป็นต้น⁽¹⁰⁻¹²⁾ ซึ่งปัจจุบันความอุดมสมบูรณ์ของป่าเขา บริเวณชายแดนประเทศไทยติดกับประเทศพม่าลดลง ส่งผลทำให้จำนวนยุง *An. dirus* ที่จับได้แต่ละพื้นที่ ลดน้อยลงมา สำหรับการศึกษานี้ใน *An. maculatus* group ในสนามไม่สามารถวินิจฉัยแยกถึงชนิดที่แท้จริง จึงได้วินิจฉัยเพียงชนิดกลุ่มเท่านั้น และพบว่ามียุง *An. barbirostris* ซึ่งมีความชุกชุมสูง บทบาทการเป็นพาหะของ

ยุงชนิดนี้ยังไม่ทราบชัดเจน

การศึกษาครั้งนี้พบว่ายุง *An. minimus* ชอบกัดตัวมากกว่าเกาะคน และเข้าเกาะคนนอกบ้านมากกว่าในบ้าน แต่ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p=0.079$) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Tainchum K และคณะ ที่อำเภอแม่สอด และอำเภอสบเมย เมื่อปี พ.ศ. 2557⁽⁹⁾ แต่แตกต่างจากการศึกษาของ Tisgratog P และคณะ ซึ่งทำการศึกษาที่อำเภอแม่สอด เมื่อปี พ.ศ. 2551-2553 พบชอบเกาะคนมากกว่ากัดตัว⁽¹³⁾ การศึกษาครั้งนี้แสดงว่า นิสัยการหากินของยุงพาหะชนิดนี้ชอบหากินนอกบ้าน และชอบกินเลือดสัตว์มากกว่าคน โอกาสที่จะเข้าไปในบ้านและสัมผัสยุงชุปสารเคมีและสารเคมีตามฝาผนังจึงมีน้อย จึงอาจไม่สามารถหยุดยั้งการแพร่เชื้อโรคไข้มาลาเรียเท่าที่ควร

การศึกษาครั้งนี้พบ ยุง *An. maculatus* group ชอบกัดสัตว์มากกว่าเกาะคนในบ้านและนอกบ้าน (ไกลบ้าน) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับต่ำกว่า 0.05

($p < 0.0001$ และ $p = 0.018$ ตามลำดับ) สอดคล้องกับการศึกษาที่บ้านพุเตย อำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี⁽¹⁴⁾ และพบว่า มีการเข้าเกาะคนนอกบ้าน (ใกล้บ้าน) มากกว่าในบ้านอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p = 0.030$ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า ยุง *An. maculatus* group มีนิสัยกัดคนนอกบ้าน (ใกล้บ้าน) มากกว่าในบ้าน แสดงว่า ยุงกลุ่มนี้มีนิสัยชอบกินเลือดนอกบ้าน ซึ่งการใช้มาตรการใช้มุ้งชุบสารเคมีและการพ่นสารเคมีให้มีฤทธิ์ค้างที่ฝาผนังอาจไม่ได้ผลเท่าที่ควร เช่นเดียวกับ *An. minimus* และเมื่อพิจารณาเวลาการออกหากินของยุงพาหะสองชนิดดังกล่าวข้างต้น ซึ่งพบออกหากินในตอนพลบค่ำ ซึ่งชาวบ้านส่วนใหญ่ยังไม่ได้อยู่ในมุ้งหรืออยู่ในบ้าน โอกาสที่ยุงเหล่านี้เข้ามากัดกินเลือดนอกบ้านจึงมีมาก จึงจำเป็นต้องมีการเน้นการให้ความเข้าใจ ให้ชาวบ้านรู้จักการป้องกันตนเองและการใช้มุ้ง รวมทั้งการอยู่ในบ้านที่พ่นสารเคมี

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แม้ว่าจะไม่พบว่า ยุง *An. dirus* กัดตัว เหมือนกับการศึกษาที่อำเภอแม่สอด จังหวัดตาก⁽⁹⁾ ขณะที่อำเภอสบเมย จังหวัดแม่ฮ่องสอน และอำเภอไทรโยค จังหวัดกาญจนบุรี พบว่า ยุง *An. dirus* ชอบกัดตัวมากกว่าคน แต่จำนวนยุงที่จับได้ก็น้อย^(9,15) การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้พบว่า ยุงชนิดนี้มีแนวโน้มหากินเลือดนอกบ้าน เช่นเดียวกับการศึกษาของอดีตศักดิ์ ภูมิรัตน์ ยุง *An. dirus* ชอบเกาะคนนอกบ้านมากกว่าในบ้าน⁽¹⁶⁾ การใช้มุ้งชุบสารเคมีอาจต้องเน้นเพิ่มเติมเกี่ยวกับการป้องกันการติดเชื้อโรคไข้มาลาเรียนอกหมู่บ้าน โดยเฉพาะการออกไปประกอบอาชีพในป่า ในไร่ สวน นา หรือสถานที่ค้างแรมที่ออกไปไกลหมู่บ้าน

การจัดแบ่งพื้นที่กำจัดโรคไข้มาลาเรียนั้น จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลการพบยุงพาหะทั้งพาหะหลักและพาหะรอง การสำรวจยุงลูกน้ำยุงอย่างเดียวยังไม่สามารถสรุปว่า พื้นที่นั้นมียุงพาหะหรือไม่ การสำรวจลูกน้ำครั้งนี้เป็นการสำรวจตามแหล่งเพาะพันธุ์ต่างๆ จากการศึกษาลูกน้ำยุงพาหะหลักเพียง *An. minimus* แม้ว่า หมู่บ้านดังกล่าวนี้พบยุงพาหะหลักชนิดอื่น ทั้งนี้เนื่องจากการสำรวจลูกน้ำอาจยังไม่สามารถดำเนินให้ครอบคลุมแหล่งเพาะพันธุ์ได้อย่างสมบูรณ์ มีการศึกษา

พบแหล่งเพาะพันธุ์ของลูกน้ำยุง *An. dirus* ได้หลายๆ แหล่ง เช่น หลุมพลอย บ่อน้ำ แอ่งน้ำในป่า แอ่งหิน ลำห้วยน้ำไหล แอ่งน้ำขังตามลำห้วยในฤดูแล้ง เป็นต้น⁽¹⁷⁻²¹⁾ การสำรวจลูกน้ำต้องดำเนินการในเดือนที่แหล่งเพาะพันธุ์สมบูรณ์ การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การจัดแบ่งพื้นที่สำหรับปฏิบัติงานกำจัดมาลาเรีย เช่น การสำรวจยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียในพื้นที่ที่หยุดยั้งการแพร่เชื้อครบ 3 ปี (B1) หากจะปรับเป็นพื้นที่ที่ไม่มีการแพร่เชื้อโรคไข้มาลาเรียและไม่พบยุงพาหะ (B2) ให้หน่วยควบคุมโรคติดต่อฯ โดยแมลง หรือหน่วยปฏิบัติการควบคุมโรคติดต่อ จัดแบ่งพื้นที่หมู่บ้าน โดยใช้ข้อมูลทางกีฏวิทยานั้น⁽⁶⁾ การสำรวจลูกน้ำยุงอย่างเดียวยังคงไม่เพียงพอ จำเป็นต้องสำรวจยุงตัวเต็มวัยและยุงกัดสัตว์ควบคู่ไปด้วย นอกจากนั้นจะต้องดำเนินการในพื้นที่และฤดูกาลที่เหมาะสม

ผลการศึกษาความไวต่อสารเคมี deltamethrin, permethrin และ bifenthrin ของยุง *An. minimus* และยุง *An. maculatus* group พบว่า มีความไวต่อสารเคมีในระดับสูง ดังนั้นการควบคุมยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียสามารถใช้สารเคมีดังกล่าวในพื้นที่นี้ได้ ขณะที่ยุงพาหะส่งสัย *An. batbirosstris* ต้านทานต่อ deltamethrin, permethrin และ bifenthrin นอกจากนั้น *An. hyrcanus* group ต้านทานต่อ deltamethrin และ bifenthrin อย่างไรก็ดีตาม การใช้สารเคมีชุบมุ้งอาจต้องพิจารณาองค์ประกอบหลายด้าน ซึ่งรวมทั้งความไวของยุงต่อสารเคมีที่ใช้ฤทธิ์คงทน ความปลอดภัยต่อมนุษย์และสัตว์ สารเคมีที่ใช้ควรเป็นต่างชนิดและกลุ่มกับสารเคมีที่นำมาใช้พ่นผนังเพื่อชะลอการต้านทานต่อสารเคมีของยุงพาหะ⁽²²⁾

จากการศึกษาฤทธิ์คงทนของมุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนานพบว่า ตัวอย่างมุ้งที่นำมาจากพื้นที่มีความคงทนได้นานมากกว่า 4 ปี และมุ้งทั้งสองชนิดดังกล่าวยังมีประสิทธิภาพในการฆ่ายุงได้ดี ทั้งนี้เนื่องจากเจ้าของมุ้งที่ใช้เป็นประจำ แต่ตอนเช้าจะตลบมุ้งไว้ห้วนนอนหรือด้านข้าง ไม่นำมุ้งไปซักและผึ่งแดดจึงทำให้สารเคมีสามารถมีฤทธิ์คงทนอยู่ได้ยาวนาน อย่างไรก็ตาม การศึกษาในประเทศแทนซาเนียพบว่า มุ้ง LLIN

ชนิดเส้นใยโพลีเอทิลีนผสมกับ permethrin มีอายุคงทนอยู่ได้นาน 7 ปี แต่ประสิทธิภาพในการฆ่ายุงตัว⁽²³⁾ บริษัทผู้ผลิต LLIN และองค์การอนามัยโลก ได้กำหนดอายุการใช้งานมุ้งชนิดนี้ 3 ปี เพื่อเป็นแนวทางกำหนดการจ่ายมุ้ง⁽²⁴⁾ จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า อายุการใช้งานของมุ้งและประสิทธิภาพอาจอยู่ได้นานกว่าที่กำหนดมาก จึงควรได้มีการศึกษายืนยันอายุการใช้งานและประสิทธิภาพที่แท้จริงในสนามของแต่ละประเทศ เพื่อใช้เป็นแนวทางกำหนดการกระจายมุ้งต่อไป

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่า ยุงพาหะนำโรคไข้มาลาเรียในพื้นที่จังหวัดตากชายแดนไทย-พม่า ยุงมีนิสัยกัดคนนอกบ้านและกัดสัตว์ โดยเริ่มกัดตั้งแต่พลบค่ำ ซึ่งชาวบ้านทั่วไปยังมีกิจกรรมนอกบ้านและยังไม่เข้านอนในมุ้ง จากรายงานองค์การอนามัยโลกระบุว่า การพันสารเคมีมีฤทธิ์ตกค้างจะมีประสิทธิภาพดีต่อเมื่อยุงพาหะในพื้นที่มีนิสัยหากินและเกาะพักในบ้าน⁽²⁵⁾ เช่นเดียวกัน การใช้มุ้งชุบสารเคมีจะให้ผลดีกับการป้องกันและควบคุมยุงที่มีนิสัยหากินในบ้านเช่นกัน⁽²⁶⁾ ดังนั้นการใช้มุ้งชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน (LLIN) และการพันสารเคมีให้มีฤทธิ์ตกค้าง (IRS) อาจไม่สามารถลดการติดเชื้อและมีขีดจำกัดในการหยุดยั้งการแพร่เชื้อโรคไข้มาลาเรียนอกบ้านได้ การติดเชื้อมาลาเรียนอกบ้านและนอกหมู่บ้านเป็นปัญหาที่สำคัญของการกำจัดโรคไข้มาลาเรีย สาเหตุที่สำคัญอาจเกิดจากนิสัยการหากินของยุงพาหะนอกบ้าน หรืออาจเกิดจากการเคลื่อนย้าย และการประกอบอาชีพของชาวบ้านนอกหมู่บ้าน จึงควรแนะนำให้ใช้มุ้งชุบสารเคมีเมื่อออกไปประกอบอาชีพนอกหมู่บ้าน การใช้มุ้งคลุมเปลชุบสารเคมีออกฤทธิ์ยาวนาน (long lasting insecticidal hammock net : LLIHN) ซึ่งได้รับการยอมรับจากองค์การอนามัยโลก สามารถนำไปใช้ในการกางแรมในพื้นที่แพร่เชื้อโรคไข้มาลาเรีย กรณีไม่มีที่พักยามค่ำคืน⁽²⁷⁻²⁸⁾ การศึกษาเบื้องต้น การใช้เสื้อคลุมตาข่ายนาโนชุบสารเคมีป้องกันยุงกัดในกลุ่มผู้กรีดยาง ซึ่งควรมีการศึกษาความเป็นไปได้ และผลการควบคุมโรคไข้มาลาเรียในพื้นที่⁽²⁹⁾

การกำหนดมาตรการควบคุมพาหะนำโรคไข้มาลาเรีย จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลทางวิชาการเกี่ยวกับชีวนิสัยของยุงไปประกอบการพิจารณา ผลจากการศึกษานี้ อาจไม่สามารถสรุปเป็นภาพรวมประเทศได้ จึงเห็นสมควรสนับสนุนให้มีการศึกษาเกี่ยวกับเรื่องนี้ในภูมิภาคอื่น เพื่อนำผลมาประกอบในการพิจารณาของทั้งประเทศ ซึ่งจะมีส่วนช่วยสนับสนุนเร่งรัดการกำจัดโรคไข้มาลาเรียของประเทศ

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากองค์การเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศของสหรัฐอเมริกา (USAID) ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสำนักโรคติดต่อ นำโดยแมลงที่ให้การสนับสนุนการศึกษา ผู้อำนวยการสำนักงานป้องกันควบคุมโรคที่ 2 จังหวัดพิษณุโลก ที่อนุญาตให้ใช้พื้นที่ หัวหน้าศูนย์ควบคุมโรคติดต่อ นำโดยแมลง 2.3 อำเภอแม่สอด และเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่มีส่วนร่วมดำเนินการ

เอกสารอ้างอิง

1. Rattanaarithikul R, Harrison BA, Harbach RE, Panthusiri P, Coleman RE. Illustrated keys to the mosquitoes of Thailand IV. *Anopheles*. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2006;37 Suppl 2:1-128.
2. Bureau of Vector Borne Diseases. A guideline for partnership for containment of artemisinin resistance and moving towards the elimination of plasmodium in Thailand. Bangkok: The Agricultural Co-operation Federation of Thailand; 2014. (in Thai)
3. Bureau of Vector Borne Diseases. Thailand Malaria Elimination Program [Internet]. 2018 [cited 2018 Sep 30]. Available from: http://203.157.41.215/malariaR10/index_newversion.php (in Thai)

4. Bureau of Vector Borne Diseases. Guidelines on malaria elimination for local administrative organizations and health networks. Bangkok: Aksorn Graphic and Design Publication; 2018. (in Thai)
5. World Health Organization. Guidelines for laboratory and field testing of long-lasting insecticidal mosquito nets. Geneva: World Health Organization; 2005.
6. Bureau of Vector Borne Diseases. National Malaria Elimination Strategy, Thailand 2017–2026 and Operational Plan, Thailand 2017–2021. Bangkok: Aksorn Graphic and Design Publication; 2016. (in Thai)
7. World Health Organization. Test procedures for insecticide resistance monitoring in malaria vector mosquitoes. Geneva: World Health Organization; 2013.
8. World Health Organization. Guidelines for laboratory and field testing of long-lasting insecticidal nets. Geneva: World Health Organization; 2013.
9. Tainchum K, Ritthison W, Chuaycharoensuk T, Bangs MJ, Manguin S, Chareonviriyaphap T. Diversity of *Anopheles* species and trophic behavior of putative malaria vectors in two malaria endemic areas of northwestern Thailand. *J Vector Ecol* 2014;39:424–36.
10. Rosenberg R, Andre RG, Somchit L. Highly efficient dry season transmission of malaria in Thailand. *Trans R Soc Trop Med Hyg* 1990; 84:22–28.
11. Obsomer V, Defourny P, Coosemans M. The *Anopheles dirus* complex: spatial distribution and environmental drivers. *Malar J* 2007;6:26.
12. Sinka ME, Bangs MJ, Manguin S, Chareonviriyaphap T, Patil AP, Temperley WH, et al. The dominant *Anopheles* vectors of human malaria in the Asia-Pacific region: occurrence data, distribution maps and bionomic précis. *Parasit Vectors* 2011;4:89.
13. Tisgratog P, Tananchai C, Juntarajumnong W, Tuntakom S, Bangs MJ, Corbel V, et al. Host feeding patterns and preference of *Anopheles minimus* (Diptera: Culicidae) in a malaria endemic area of western Thailand: baseline site description. *Parasit Vectors* 2012;5:114.
14. Muenworn V, Sungvornyothin S, Kongmee M, Polsomboon S, Bangs MJ, Akrathanakul P, et al. Biting activity and host preference of the malaria vectors *Anopheles maculatus* and *Anopheles sawadwongporni* (Diptera: Culicidae) in Thailand. *J Vector Ecol* 2009;34:62–9.
15. Tananchai C, Tisgratog R, Juntarajumnong W, Grieco JP, Manguin S, Prabaripai A, et al. Species diversity and biting activity of *Anopheles dirus* and *Anopheles baimaii* (Diptera: Culicidae) in a malaria prone area of western Thailand. *Parasit Vectors* 2012;5:211.
16. Bhumiratana A, Sorosjinda-Nunthawarasilp P, Kaewwaen W, Maneekan P, Pimnon S. Malaria-associated rubber plantations in Thailand. *Travel Med Infect Dis* 2013;11:37–50.
17. Paing M, Sebastian A, Tun-Lin W. Anopheline mosquitoes of Myanmar. I. *Anopheles (Cellia) dirus* Peyton and Harrison, 1979. *Myanmar Health Sci Res J* 1989;1:122–9.
18. Kitthawee S, Edman JD, Upatham ES. Mosquito larvae and associated macroorganisms occurring in gem pits in southern Tha Mai District, Chanthaburi Province, Thailand. *Southeast Asian J*

- Trop Med Public Health 1993;24:143-51.
19. Oo TT, Storch V, Becker N. Studies on the bionomics of *Anopheles dirus* (Culicidae: Diptera) in Mudon, Mon State, Myanmar. J Vector Ecol 2002;27:44-54.
20. Aung H, Minn S, Thaung S, Mya MM, Than SM, Hlaing T, et al. Well-breeding *Anopheles dirus* and their role in malaria transmission in Myanmar. Southeast Asian J Trop Med Public Health 1999;30:447-53.
21. Kengluetcha A, Singhasivanon P, Tiensuwan M, Jones JW, Sithiprasasna R. Water quality and breeding habitats of anopheline mosquito in northwestern Thailand. Southeast Asian J Trop Med Public Health 2005;36:46-53.
22. World Health Organization. Global plan for insecticide resistance management in malaria vectors. Geneva: World Health Organization; 2012.
23. Adriana Tami, Godfrey M, Alison T, Hassan M, Stéphane D, Christian L. Evaluation of Olyset™ insecticide-treated nets distributed seven years previously in Tanzania. Malar J 2004;3:19.
24. World Health Organization. Guidelines for monitoring the durability of long-lasting insecticidal mosquito nets under operational conditions. Geneva: World Health Organization; 2011.
25. World Health Organization. Indoor residual spraying: an operational manual for indoor residual spraying (IRS) for malaria transmission control and elimination. 2nd ed. Geneva: World Health Organization; 2015.
26. World Health Organization. Factors that affect the success and failure of Insecticide Treated Net Programs for malaria control in SE Asia and the Western Pacific [internet]. 2019 [cited 2019 Jan 2]. Available from: https://www.who.int/malaria/publications/atoz/itn_r62.pdf?ua=1
27. World Health Organization. Vector control and personal protection of migrant and mobile populations in the GMS: a matrix guidance on the best option and methodologies, New Delhi: World Health Organization; 2015.
28. Networks Project Vector Control Assessment Report in the GMS. Review of malaria prevention: strategies, tools, stakeholders, target group segmentation, behavioral issues and private sector development options [internet]. 2019 [cited 2019 Jan 2]. Available from: <https://www.malariaconsortium.org/media-downloads/295/Networks%20project%20vector%20control%20assessment%20in%20Greater%20sub-Mekong%20Region>
29. Aumaung B, Sevana J, Sinakom B, Yongchai-trakol S, Muernrat Y. Study on using long lasting insecticidal nano net jacket (ILLINJ) for malaria vector control. Dis Control J 2018;44:448-58. (in Thai)