

## บทที่ 2

### แนวคิด ทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### ยุงพาหะที่สำคัญในประเทศไทย

ยุงเป็นแมลงขนาดเล็ก มีปีก 1 คู่ จัดอยู่ในอันดับ Diptera วงศ์ Culicidae ในปัจจุบันพบว่าในโลกมียุงประมาณ 3,450 ชนิด และประเทศไทยมียุงอยู่ประมาณ 412 ชนิด (ปรัชญา สมบูรณ์, 2555) อาศัยอยู่ทั่วไปทั้งในเขตเมือง ชนบท และป่าเขา ขึ้นอยู่กับชนิดและชีววิทยาของยุง ยุงพาหะนำโรคที่สำคัญในประเทศไทย โดยชนิดที่รู้จักแพร่หลายและเป็นปัญหาที่สำคัญทางการแพทย์แบ่งออกเป็น 2 วงศ์ย่อย (subfamily) คือ

1. Subfamily Culicinae เป็นกลุ่มที่ใหญ่ที่สุด ยุงใน subfamily นี้ หลายชนิดมีความสำคัญทางการแพทย์ เช่น ยุงลายบ้าน (*Aedes aegypti*) และ ยุงลายสวน (*Ae. albopictus*) เป็นพาหะนำโรคไข้เลือดออก (dengue haemorrhagic fever) และยุงลายสวนยังเป็นพาหะนำโรคไข้ชิคุนกุนยา (chikungunya) หรือโรคไข้วัดข้อยุงลายอีกด้วย ยุงลาย *Aedes niveus* subgroup เป็นพาหะนำโรคเท้าช้างชนิด *Wuchereria bancrofti* บริเวณชายแดนไทย-พม่า ยุงเสือ (*Mansonia* spp.) เป็นพาหะนำโรคเท้าช้างชนิด *Brugia malayi* ทางภาคใต้ของประเทศไทย และยุงรำคาญ (*Culex* spp.) เช่น *Cx. tritaeniorhynchus* เป็นพาหะนำโรคไข้อมองอักเสบ (Japanese encephalitis) เป็นต้น

2. Subfamily Anophelinae ยุงในกลุ่มนี้ที่มีความสำคัญทางการแพทย์ คือ ยุงก้นปล่อง (*Anopheles* spp.) ซึ่งเป็นพาหะนำโรคมาลาเรีย (malaria) โดยยุงพาหะหลักที่สำคัญได้แก่ *Anopheles dirus*, *An. baimii*, *An. minimus* และ *An. maculatus* เป็นพาหะนำโรคมาลาเรียบริเวณพื้นที่ป่าเขา

สถานการณ์การเกิดโรคจากยุงพาหะในปีพ.ศ. 2554 สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข รายงานว่าประเทศไทยมีผู้ป่วยเป็นโรคมาลาเรีย 20,746 ราย เสียชีวิต 9 ราย, โรคไข้อมองอักเสบ 572 ราย เสียชีวิต 14 ราย, โรคไข้เลือดออก 68,099 ราย เสียชีวิต 61 ราย, โรคชิคุนกุนยา 164 ราย และโรคเท้าช้าง 21 ราย

#### การควบคุมยุงลาย (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2553)

##### 1. การจัดการแหล่งเพาะพันธุ์ (Breeding place management)

การจัดการกับภาชนะซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์จะต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน หากประชาชนจำเป็นต้องใช้ภาชนะดังกล่าว เช่น โอ่งใส่น้ำดื่ม น้ำใช้ บ่อคอนกรีตขังน้ำในท้องน้ำแจกันภาชนะใส่ต้นไม้ น้ำกลยุทธในการจัดการต้องเป็นการหาวิธีป้องกันไม่ให้ภาชนะดังกล่าว เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ มากกว่าที่จะแนะนำให้ประชาชนเลิกใช้ตุ่ม เลิกปลูกต้นไม้วิธีที่ควรแนะนำ เช่น ปิดฝาภาชนะให้มิดชิดด้วยผ้า ตาข่าย หรืออลูมิเนียมหรือแผ่นโลหะทำความสะอาดข้างโอ่ง ระบายน้ำทิ้งเปลี่ยนน้ำในแจกันทุก 4-5 วัน ในกรณีของภาชนะที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ เช่น ยางรถยนต์เก่า โอ่ง อ่างแตก ควรแนะนำให้กำจัดทิ้งไปหรือนำไปตัดแปลงใช้ให้เกิดประโยชน์อื่น เช่น นำไปใส่ดินปลูกพืชสวนครัว สำหรับแหล่งเพาะพันธุ์ในธรรมชาติเช่น

โพรงไม้ กาบใบพืช กระบอไม้ไผ่ สามารถป้องกันไม่ให้เป็นแหล่งเพาะพันธุ์ โดยใส่ดินหรือทรายหรืออุดด้วยซีเมนต์หรือฉีดยาฆ่าแมลงน้ำซึ่งอาจใช้สารเคมีหรือสารชีวภาพ

วิธีการจัดการกับวัสดุที่ไม่ใช้แล้ว เช่น ขวด กระป๋อง โอ่งแตก ไหแตก ถังพลาสติกชำรุดยางรถยนต์ กระดาษพิมพ์ เลื่อยท่อนไม้ ถ้วยยางพาราเก่า

1. ผึ่ง เเผาทำลายหรือเก็บรวบรวมใส่ถุง นำไปทำรองเท้ายาง ถังน้ำ ถังขยะหรือนำไปหลอมกลับมาใช้ใหม่
2. ยางรถยนต์เก่าอาจนำไปปลูกต้นไม้ หรือนำไปทำแนวกันดินป้องกันการถูกคลื่นเซาะทำลาย
3. กระดาษพิมพ์ เลื่อยท่อนไม้ นำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง
4. เรือขนาดเล็กหรือเรือชำรุดให้คว่ำไว้เมื่อไม่ใช้งาน

## 2. การจัดการยุงและลูกน้ำ (Mosquito management)

### 2.1 การควบคุมโดยใช้สารเคมี (Chemical control)

การใช้มาตรการควบคุมโดยใช้สารเคมีนี้ จะต้องมีการวางแผนอย่างรัดกุม โดยอาศัยความรู้ทางชีวนิสของยุงพาหะ ระบาดวิทยาของโรค ความเป็นพิษของสารเคมีต่อมนุษย์และราคาของสารเคมีเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ เนื่องจากสารเคมีที่ใช้อย่างปลอดภัยในทางสาธารณสุขนั้นมีจำนวนไม่มากนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสารเคมีที่นำมาใช้พ่นชนิดมีฤทธิ์ตกค้างหรือนำมาใช้ติดต่อกันเป็นระยะเวลายาวนานทางเภสัชกรรม ซึ่งอาจทำให้ยุงพาหะเกิดความต้านทานต่อสารเคมีได้ ดังนั้นการควบคุมยุงพาหะโดยการใช้สารเคมี จึงต้องใช้ร่วมกับมาตรการอื่น

**ประเภทของสารเคมีที่ใช้ในประเทศไทย อาจแบ่งออกได้ดังนี้ :-**

- สารเคมีกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน (Organochlorine Compounds) สารเคมีที่นำมาใช้เช่น ดีดีที, BHC การใช้จะเป็นแบบสารละลายธรรมดา อิมัลชัน หรือเป็นชนิดตะกอนแขวนลอยซึ่งถ้าเป็นชนิดตะกอนแขวนลอย เหมาะสมที่จะใช้ในพื้นที่กว้างขวาง ปัจจุบันรัฐบาลห้ามใช้เพราะตกค้างในสิ่งแวดล้อมนาน
- สารเคมีกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต (Organophosphorus Compounds) นำมาใช้แทนสารเคมีกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน สารเคมีกลุ่มนี้มีราคาถูกกว่า มีฤทธิ์ตกค้างสั้นกว่ากลุ่มแรก คือ มีฤทธิ์ตกค้างประมาณ 3-5 เดือน จากองค์ประกอบดังกล่าวแล้วนี้ ทำให้งบประมาณในการดำเนินการสูงขึ้น ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มนี้ เช่น fenitrothion, malathion, dichlorvos
- สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate Compounds) สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตมีพิษต่อยุงพาหะมากกว่ากลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต มีผลโดยพิษของสารฟุ้งกระจายในอากาศ (airborn effect) ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มนี้เช่น propoxur, bendiocarb, methomyl
- สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (Synthetic Pyrethroid Compounds) สารเคมีกลุ่มนี้มีฤทธิ์ค่อนข้างดีในการกำจัดยุงพาหะ มีพิษต่อคนหรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมน้อย ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มนี้ เช่น permethrin, deltamethrin, lambdacyhalothrin ข้อเสียคือฤทธิ์ตกค้างค่อนข้างสั้น ต้องพ่นทุกสัปดาห์ และแมลงสร้างความต้านทาน
- สารเคมีจากธรรมชาติ (Natural Products)

หากสังเกตให้ดีจะพบว่าในธรรมชาติมีดอกไม้และพืชบางชนิดที่สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ในการกำจัดแมลงอย่างได้ผล อาจจะเป็นการค้นพบโดยบังเอิญและใช้กันมาเป็นพันปีแล้ว เช่น แม่บ้านชาวยูโกสลาเวียคนหนึ่งนำดอกไพรีทรัมแห้ง (Pyrethrum) ไปทิ้งหลังบ้าน วันต่อมาพบว่ามีแมลงสาบจำนวนมากตายอยู่ข้างๆ ดอกไม้แห้งที่ทิ้งไว้ จากนั้นเป็นต้นมาจึงมีการนำดอกไพรีทรัมแห้งมาบดใช้กำจัดยุงและแมลงในบ้าน ที่ประเทศจีนก็มีการใช้ดอกไพรีทรัมในการกำจัดยุงมานานกว่าสองพันปี

ต้นไพรีทรัมเป็นไม้ดอกทรงพุ่ม เตี้ย ดอกสีเหลืองหรือขาวคล้ายดอกเดซี่หรือดอกเบญจมาศ อยู่ในสกุล *Chrysanthemum* ชนิด *C. cinerariaefolium* เป็นพืชยืนต้นที่ชอบอากาศหนาวเย็น ปัจจุบันปลูกมากแถบแอฟริกาตะวันออก เช่น เคนยา แทนซาเนีย รวันดา เมื่อนำดอกไพรีทรัมตากแห้งมาสกัดจะได้สารไพรีทรินส์ (pyrethrins) ที่มีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดแมลงที่มีประสิทธิภาพสูง เป็นสารกำจัดแมลงประเภทที่ทำให้แมลงตายเมื่อสัมผัส ปัจจุบันนอกจากนักวิทยาศาสตร์จะสกัดไพรีทรินส์จากธรรมชาติออกมาใช้ประโยชน์แล้ว ยังได้สังเคราะห์สารเลียนแบบไพรีทรินส์ ซึ่งก็คือไพรีทรอยด์สังเคราะห์คุณสมบัติของสารคล้ายไพรีทรินส์คือ ทำให้ยุงสลบอย่างรวดเร็วภายใน 2-3 นาที และยุงจะตายในที่สุด เนื่องจากสารชนิดนี้เป็น lipophilic esters จึงถูกดูดซึมเข้าสู่ตัวแมลงอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบต่อระบบประสาทของแมลงโดยตรง ทว่าสารนี้มีผลต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เพราะในตัวของมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมเอนไซม์ชนิดหนึ่งสามารถย่อยสลายไพรีทรินส์ให้กลายเป็น สารไม่มีพิษได้ จึงไม่มีการสะสมในร่างกาย แต่ยุงไม่มีเอนไซม์ดังกล่าว สารไพรีทรินส์จึงแตกต่างจากสารกำจัดแมลงโดยทั่วไป นอกจากนี้ไพรีทรินส์ยังมีข้อดีคือ เป็นสารที่สลายตัว ได้ดีในสิ่งแวดล้อม เมื่อถูกความร้อนหรือแสงแดดจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้กำจัดแมลงในบ้านเรือนข้อเสียของสารกลุ่มนี้คือแมลงเริ่มสร้างความต้านทานจึงไม่ควรใช้สารออกฤทธิ์ชนิดเดิมติดต่อกันเป็นเวลานาน เนื่องจากสารกลุ่มนี้มีหลายชนิดให้เลือกใช้ ฉะนั้นให้สังเกตชื่อสารออกฤทธิ์ที่ข้างกระป๋อง ซึ่งมักมีคำลงท้ายว่า ทริน (thrin) เพราะชื่อการค้าต่างกันอาจใช้สารออกฤทธิ์ชนิดเดียวกัน และจากการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ที่มีสารออกฤทธิ์มากกว่าหนึ่งชนิดจะออกฤทธิ์ได้ดีกว่าสารเดี่ยว นอกจากไพรีทรินส์แล้วยังมีนิโคติน (nicotine) จากยาสูบสารสกัดจากสะเดา (neem) โลติ้น (rotenone) ฯลฯ

### วิธีการใช้สารเคมี อาจแบ่งออกได้ดังนี้ :-

#### 2.1.1 การพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้าง (Residual spraying) เพื่อกำจัดยุง

เทคนิคการพ่นเคมีชนิดมีฤทธิ์ตกค้างต้องคำนึงถึงฤทธิ์ของสารเคมีที่ติดอยู่บนพื้นผิวซึ่งคาดว่าจะยุงพาหะจะมาเกาะ สำหรับยุงลายส่วนใหญ่จะเป็น ผ้าม่าน ตะกร้าผ้าใช้แล้ว พื้นผิวในอาคารบ้านเรือนหรือที่อยู่อาศัย เช่น ผนังด้านในของบ้าน ใต้หลังคา หรือเพิงที่ต่อออกมาสำหรับอยู่อาศัย ใต้โต๊ะ เติง หลังตู้ และเครื่องประดับบ้านอื่นๆ

ความคงทนของสารเคมี หรือผลของสารเคมีจะแตกต่างกันออกไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์และปริมาณของสารเคมีที่ใช้ พื้นผิวที่ทำการพ่นเคมี ตลอดจนสภาพภูมิอากาศเป็นต้น ระยะเวลาของฤทธิ์ตกค้างมีระยะตั้งแต่ 1 สัปดาห์ถึงมากกว่า 1 ปี ผลของการควบคุมโดยวิธีนี้เน้นที่ยุงพาหะซึ่งชอบหากินในบ้าน ชอบกินเลือดมนุษย์ และชอบเกาะพักในบ้านเรือน เมื่อยุงพาหะนี้เกาะพักบนพื้นผิวที่พ่นสารเคมีไว้จะได้รับพิษของสารเคมี และตายก่อนที่จะสามารถนำเชื้อโรคไปแพร่สู่คน ข้อเสียของการพ่นแบบนี้ก็คือ เป็นปัจจัยเสริมให้แมลงสร้างความต้านทานต่อสารเคมี แมลงเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม เช่น จากที่เคยเกาะพักเป็นไม่เกาะ จากที่หากินในบ้านเป็นออกไปหากินนอกบ้าน

### 2.1.2 การพ่นฟุ้งหรือพ่นฝอย (Space spray application) เพื่อกำจัดยุง

การกำจัดยุง โดยพ่นสารเคมีฟุ้งกระจายในอากาศในที่ซึ่งยุงพาหะบินหรือเกาะพักจะทำให้ยุงตายได้ กระจ่างพ่นที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นชนิดอัดแก๊ส (aerosol) ซึ่งมีใช้ในบ้านเรือนและได้รับความสนใจมากกว่า ครั้งศตวรรษ ในระยะหลังการพัฒนาารูปแบบของผลิตภัณฑ์ที่ใช้ในบ้านเรือนมีมากขึ้น ละอองผลิตภัณฑ์จะ กระจายออกมาเป็นละอองขนาดเล็กลอยอยู่ในอากาศทำให้สามารถกำจัดยุงได้อย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะ เมื่อใช้สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ หรือสารเคมีอื่นที่มีลักษณะคล้ายกัน ประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์กำจัด แมลงชนิดฉีดพ่นอัดแก๊สส่วนใหญ่มากกว่าร้อยละ 98 ผ่านเกณฑ์การทดสอบทางชีววิเคราะห และร้อยละ 49 ใช้สารออกฤทธิ์ในกลุ่มไพรีทรอยด์ (พรรณเกษม และคณะ, 2539)

การพ่นหมอกควันต้องการเครื่องมือที่ดี ใช้สะดวก บุคลากรมีความรู้ความชำนาญและการควบคุม กำกับอย่างใกล้ชิด และการพ่นหมอกควันมีขีดจำกัดด้านสิ่งแวดล้อม มักจะพ่นได้เฉพาะแถบชานเมือง หรือเมื่อมีสถานการณ์ฉุกเฉิน เช่น การระบาดของโรค

การพ่นแบบ ULV (Ultra Low Volume) เป็นการพ่นฟุ้ง ละอองมีขนาดเล็กมาก ซึ่งต้องใช้ สารเคมีที่มีความเข้มข้นสูง ได้ผลดีในการกำจัดยุง สารเคมีที่ใช้พ่น ULV เช่น malathion, sumithion, fenitrothion, สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์บางชนิด ควรดำเนินการโดยบุคลากรที่มีความรู้ ความชำนาญสูง

### การใช้เคมีกำจัดยุงฉีดพ่นในบ้าน มีข้อควรระวังดังนี้

ประการแรก ในการฉีดยุงจำเป็นต้องเลือกหัวฉีดขนาดเล็ก เพื่อให้ละอองฟุ้งกระจายไปสัมผัสกับ ยุงซึ่งบินอยู่ในอากาศ กระจ่างฉีดด้วยมือชนิดเติมน้ำยาให้ละอองยาเม็ดใหญ่ไม่เหมาะสำหรับใช้ฉีดยุง ก่อนใช้ควรอ่านฉลากที่ติดอยู่ข้างผลิตภัณฑ์แล้วทำตามคำแนะนำ เช่นสูตรน้ำต้องเขย่ากระป๋องก่อนทุกครั้ง ไม่เช่นนั้นจะไม่ได้ผล การฉีดควรฉีดบริเวณผนังหรือบริเวณแหล่งเกาะพักของยุง เช่น ตามซอกตู้ ใต้ เติง รวแขวนเสื้อ ตะกร้าผ้าซัก ห้องน้ำระวังอย่าให้ละอองเคมีตกลงไปในอาหาร น้ำ ภาชนะหรือ ของเด็กเล่น ก่อนฉีดพ่นสารเคมีจึงต้องเก็บสิ่งของเหล่านี้ให้มิดชิด และหลังจากฉีดเคมีกำจัดแมลงควรให้ ทุกคนรวมทั้งสัตว์เลี้ยงออกไปอยู่นอกห้องอย่างน้อยสิบห้านาที

### 2.1.3 การใช้สารเคมีกำจัดลูกน้ำ (Larvicides)

ได้แก่ temephos, fenthion, chlopyrifos ฯลฯ ส่วนใหญ่ไม่เป็นอันตรายต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วย นมและปลา สารเคมีกำจัดลูกน้ำบางชนิดมีอายุการใช้งานสั้น เพราะสลายตัวภายในเวลาประมาณ 7-10 วัน ทำให้ต้องเพิ่มความถี่ในการดำเนินการควบคุมจึงจะได้ผล บางชนิดมีความคงทนเป็นระยะเวลาหลาย เดือน ซึ่งควรมีการพิจารณาเลือกใช้ ซึ่งขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และงบประมาณ

#### 2.1.3.1 สารเคลือบทรายเทมโฟส 1 % w/w (อะเบท) และเม็ดเกล็ดละลายน้ำ(เอซายเอส เอส)

ความเข้มข้นที่แนะนำให้ใช้ 1 ppm ในน้ำ (10 กรัม ในน้ำ 100 ลิตร) มีฤทธิ์กำจัดลูกน้ำยุงลายได้ 8-20 สัปดาห์ เกี่ยวข้องกับพฤติกรรมกรใช้น้ำ เริ่มมีรายงานการสร้างความต้านทานต่อเทมโฟสของ ยุงลายบ้านและยุงลายสวนในบางประเทศ แถบหมู่เกาะคาริบเบียนรวมทั้งประเทศไทย อย่างไรก็ตามควร จะใช้สารกำจัดลูกน้ำด้วยความเข้าใจถูกหลักวิชาการประเทศไทยอยู่ในภาวะเสี่ยงต่อการสร้างความ ต้านทานต่อเทมโฟสของลูกน้ำยุงลาย เพราะมีการใช้สารชนิดนี้อย่างต่อเนื่องมาเป็นเวลาเกือบ 40 ปี โดย ไม่ระมัดระวังเรื่องความเข้มข้นและมีการใช้ในปริมาณที่ต่ำกว่าความเข้มข้นที่องค์การอนามัยโลกแนะนำ

เนื่องจากได้รับสนับสนุนสารเคมีมาน้อย หรือบางคนใช้ในปริมาณที่สูงกว่า เพราะไม่ต้องซื้อเอง ประกอบกับประชาชนขาดความเข้าใจในเรื่องการสร้างความต้านทานต่อสารเคมีของลูกน้ำยุง

**2.1.3.2 สารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง (Insect growth regulators ใช้ชื่อย่อว่า IGRs)**  
แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

- **สารคล้ายจิวไนล์ฮอร์โมน (Juvenile hormone analogues)** เช่น เมทโทพรีน(methoprene) ชื่อการค้า เช่น Altosid, Apex, Precor, Ovitrol สารดังกล่าวทำให้ตัวอ่อนแมลงไม่สามารถลอกคราบเป็นดักแด้ การเจริญเติบโตผิดปกติจึงตาย มีฤทธิ์ในการกำจัดลูกน้ำประมาณ 2-4 สัปดาห์ ไม่มีผลต่อตัวโม่งที่มีอยู่ก่อนแล้วในตุ่ม แต่อาจพบการตายในระยะลูกน้ำและตัวโม่งซึ่งเกิดใหม่ (อุษาวดี, 2522) เมทโทพรีนมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมต่ำ ค่า LD50 ทางปากเท่ากับ 34,600 มก./กก.

- **สารยับยั้งการสร้างผนังลำตัวแมลง (Chitin synthesis inhibitors)** เช่น diflubenzuron, triflumuron ชื่อการค้า เช่น Dimilin, Difluron, Larvakil, Miosomite สารกลุ่มนี้ไปรบกวนการ สร้างไคติน (chitin) ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังลำตัวแมลง ออกฤทธิ์เร็วกว่าจิวไนล์ฮอร์โมน

**ข้อดี**ของสาร IGRs คือ ปลอดภัยต่อมนุษย์ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม นก ปลา พืช และสิ่งแวดล้อม มีฤทธิ์ตกค้างนาน 3-6 เดือน ในโอ่งดินเผา แต่มีข้อเสียคือ ออกฤทธิ์ช้าเมื่อเทียบกับสารเคมีอื่น ไม่ทำให้อายุของลูกน้ำตายทันที ราคาสูง และเป็นพิษต่อตัวอ่อนแมลงในน้ำ ตลอดจนสิ่งมีชีวิตพวก crustacean เช่น ปู กุ้ง

## 2.2 การควบคุมโดยใช้วิธีทางชีววิทยา (Biological control)

การควบคุมโดยใช้วิธีทางชีววิทยา เช่น การใช้ศัตรูของยุงตามธรรมชาติมาควบคุมยุงหรือใช้สารพิษของสิ่งที่มีชีวิต เช่น แบคทีเรีย สิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติที่นำมาใช้ได้ เช่น ลูกน้ำยุงยักษ์ (*Toxorhynchites*), หนอนพยาธิ (Nematode), แบคทีเรีย (Bacteria), เชื้อรา (Fungi), ปลากินลูกน้ำ (Larvivorous fish), จิ้งจก, ตุ๊กแก การนำสิ่งมีชีวิตตามธรรมชาติมาควบคุมยุงพาหะให้ได้ผลนั้นต้องมีปริมาณมากพอที่ควบคุมประชากรของยุงพาหะได้ สามารถหาได้ในท้องถิ่น และทำลายเฉพาะยุงพาหะโดยไม่เป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น

### 2.2.1 การใช้ปลากินลูกน้ำ (Larvivorous fish)

มีหลายประเทศได้นำปลากินลูกน้ำไปควบคุมลูกน้ำยุงพาหะ จนได้รับความสำเร็จเช่น ประเทศสเปน อิตาลี กรีซ ประเทศอื่นๆ ในยุโรปตอนใต้ แอฟริกาเหนือ อินเดีย จีน ปาปัวนิวกินี มาเลเซีย และมาดากาสกา มีปลาหลายสกุลที่ชอบกินลูกน้ำและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ควบคุมพาหะได้ ได้มีการศึกษาและมีผลงานเผยแพร่ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2423 และหลังจากนั้นได้มีการศึกษาอย่างกว้างขวางจนถึงปี พ.ศ. 2509 สรุปได้ว่ามีปลาที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ถึง 714 ชนิด ส่วนใหญ่เป็นปลาใน Suborder Cyprinodontidae

ปลากินลูกน้ำที่นิยมใช้อยู่ใน Family Poeciliidae เช่น ปลาหางนกยูง (*Poecilia reticulata*) ส่วนใหญ่จะเป็นปลาที่ออกลูกมาเป็นตัวครั้งละ 30-100 ตัว หรือ 200-300 ตัวต่อแม่ปลา 1 ตัว และเมื่ออายุได้ประมาณ 2 สัปดาห์ ก็จะสามารถกินลูกน้ำได้ อัตราการใช้ปลากินลูกน้ำที่ได้ผลคือใช้ปลากินลูกน้ำ 3-5 ตัวต่อพื้นผิวน้ำหนึ่งตารางเมตร ปลากินลูกน้ำนี้สามารถทำลายยุงพาหะ ในระยะที่วงจรชีวิตอยู่ในน้ำได้ ทั้งในระยะเป็นไข่ ระยะลูกน้ำหรือระยะตัวโม่ง ปัจจุบันได้มีหลายประเทศใช้ปลากินลูกน้ำ สำหรับควบคุมยุงพาหะของโรคไข้เลือดออก เช่น มณฑลกว่างซีใช้ปลาดุกจีน (*Charias cusus*) กำจัดลูกน้ำยุงลายจนกระทั่งสามารถกวาดล้างโรคไข้เลือดออกได้สำเร็จ นอกจากนี้มีปลานิล (*Tilapia mossambicus*) ปลาแกมบูเซีย (*Gambusia affinis*) ปลาแพนแซค ตระกูลเดียวกับปลาหัวตะกั่ว (*Aplocheilichthys dayi*)

### 2.2.2 ตัวห้ำ (Invertebrate predators)

ตัวห้ำเป็นศัตรูตามธรรมชาติที่สามารถควบคุมประชากรของยุงได้ เช่น แมลงเหนี่ยง,แมลงตับเต่า, ไรน้ำจืดหรือโคปีปอด (copepod), ตัวอ่อนแมลงปอ (dragonfly), ลูกน้ำยุงยักษ์(*Toxorhynchites*) ซึ่งบางสกุลสามารถแพร่พันธุ์ได้เป็นจำนวนมากในระยะเวลาสั้น ยุงยักษ์ตัวเมียไม่กัดกินเลือด แต่ลูกน้ำของยุงยักษ์ชอบกินลูกน้ำยุงก้นปล่องหรือยุงรำคาญหรือยุงลายอย่างไรก็ตามไม่สามารถใช้ลูกน้ำยุงยักษ์ร่วมกับฮอโมนได้เพราะฮอโมนไปยับยั้งการเจริญเติบโตจนกระทั่งลูกน้ำยุงยักษ์ตาย

ยุงยักษ์ (*Toxorhynchites splendens*) เป็นตัวห้ำ (predator) ไข่ยุงมีลักษณะเป็นฟองเดี่ยวสีขาวครีม และมีอายุประมาณ 2-3 วัน ลูกน้ำใช้เวลาประมาณ 12-15 วัน กินสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น หรือกินกันเองเมื่อขาดเหยื่อ ตลอดชีวิตสามารถกินลูกน้ำยุงลาย ประมาณ 200-220 ตัว ตัวโม่ใช้เวลา 3-5 วัน จึงลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย ซึ่งมีอายุประมาณ 20-30 วัน

โคปีปอด ตระกูล *Mesocyclops* พบในสระน้ำทั่วไป เมื่อนำมาเลี้ยงขยายพันธุ์ในห้องปฏิบัติการพบว่า โคปีปอด 1 ตัวสามารถกำจัดลูกน้ำยุงลาย ระยะ 1 หรือ 2 ได้ 15 ถึง 20 ตัว ภายในวันเดียว นับว่ามีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายเพราะใส่ลงไปในภาชนะแหล่งเพาะพันธุ์เพียงครั้งเดียว มีชีวิตอยู่ได้นาน แต่มีข้อเสียคือ เป็นโฮสต์กึ่งกลาง (intermediate host) ของพยาธิตัวตืด

### 2.2.3 หนอนพยาธิ (Nematode)

หนอนพยาธิใน Family Mermithidae ได้มีผู้นำมาศึกษาควบคุมยุง ตัวที่ได้รับความสนใจ คือ *Romanomermis culicivorax* ซึ่งสามารถลดจำนวนลูกน้ำยุงได้มาก และสามารถอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ โดยสามารถเพิ่มปริมาณได้เองตามธรรมชาติหนอนพยาธิบางสกุลสามารถนำมาใช้ควบคุมลูกน้ำยุงพาหะได้เป็นบริเวณกว้างในแถบอบอุ่นและแถบร้อน แต่ปริมาณของหนอนพยาธิที่นำมาใช้ควบคุมนี้จะต้องมากพอ

### 2.2.4 เชื้อรา (Fungi)

เชื้อราในสกุล *Tolypocladium*, *Penicillium*, *Coelomomyces*, *Culicinomyces*, *Lagenidium*, *Beauveria*, *Crypticola*, *Metarhizium* ที่มีการศึกษาพบว่า สามารถใช้ควบคุมยุงได้ บางชนิดสามารถเพิ่มปริมาณในตัวลูกน้ำยุงทำให้ลูกน้ำตายได้และจุลชีพเหล่านี้ เพิ่มปริมาณได้รวดเร็วโดยวิธีการหมัก แต่ปัญหาในการผลิตทางอุตสาหกรรมยังมีอยู่ เกี่ยวกับวงจรชีวิต และรูปแบบการผลิตที่เหมาะสม

### 2.2.5 แบคทีเรีย (Bacteria)

แบคทีเรียที่สามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้ผลดีคือ *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 (หรือ *israelensis*) เรียกย่อว่า Bti เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์และขับสารพิษ (toxin) เมื่อลูกน้ำกินแบคทีเรียเข้าไปสารพิษนี้จะไปทำปฏิกิริยาเกิดพิษในกระเพาะ ทำให้ลูกน้ำตายภายในเวลาไม่ถึงชั่วโมง จนกระทั่งถึง 48 ชั่วโมงขึ้นอยู่กับความเข้มข้นที่ใช้ ลำตัวของลูกน้ำที่ตายจะมีสีดำต่างจากการตายจากสารเคมีซึ่งตัวสีดำ ผลึกสารพิษนี้สามารถผลิตใช้ทางอุตสาหกรรม ในรูปของผงละลายน้ำ เม็ด หรือของเหลว สารพิษนี้สามารถย่อยสลายเองในธรรมชาติ แต่ไม่สามารถเพิ่มจำนวนในธรรมชาติได้ ต้องใช้อย่างสารเคมีกำจัดแมลง จึงอาจเรียกว่า **biopesticides** Bti มีความเป็นพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานด้วยนมต่ำ ค่า LD50 ทางปากและทางผิวหนังสูงกว่า 30,000 มก./กก. ตัวอย่าง Bti ผง เช่น Bactimos, Bti เม็ด เช่น Vectobac, Bti น้ำ เช่น Teknar Bti สามารถใช้ร่วมกับโคปีปอดได้ สังเกตพบว่าประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายดีขึ้นกว่าการใช้ Bti โดยลำพัง

แบคทีเรียอีกชนิด คือ *Bacillus sphaericus* (Bs) สามารถสร้างสปอร์เช่นเดียวกันไม่เป็นอันตรายต่อคนหรือสัตว์ ต่างจาก Bti คืออาจจะเพิ่มจำนวนได้เองในแหล่งน้ำสะอาดและแหล่งน้ำสกปรกที่มีอินทรีย์วัตถุสูงและสภาพแวดล้อมเหมาะสม แต่ใช้ควบคุมลูกน้ำยุงลายไม่ได้ นิยมใช้ควบคุมลูกน้ำยุงรำคาญ

### 2.2.6 โปรโตซัว (Protozoa)

ในสกุล *Lambornella*, *Edhazadia*, *Tetrahymena* สามารถทำลายลูกน้ำยุงได้ แต่ขบวนการช้ากว่าแบคทีเรีย ในประเทศไทยยังไม่มีผู้ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ควบคุมยุง Zaritsky et al. (1991) พบว่า *Tetrahymena pyriformis* ช่วยทำให้แบคทีเรียมีประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยไปรวมตัวกับสารพิษของแบคทีเรีย ทำให้สารพิษละลายตัวช้าลง และยืดอายุการคงตัวในสภาพธรรมชาติของแบคทีเรีย

### 2.2.7 ไมโคพลาสมา (Mycoplasma)

สกุลที่พบว่าสามารถใช้ควบคุมยุงลายได้ คือ *Spiroplasma* แต่ประสิทธิภาพในการทำลายช้า ทำให้ลูกน้ำยุงตายระหว่างการเจริญเติบโต บางส่วนกลายเป็นตัวเต็มวัยได้แต่อาจจะบินไม่ได้หรือมีความผิดปกติอื่น

### 2.2.8 ไวรัส (Virus)

เช่น densovirus ซึ่งมีรายงานพบในยุงลายสามารถทำให้ลูกน้ำยุงตาย อาจใช้ควบคุมประชากรของยุงได้

## 2.3 การควบคุมโดยวิธีทางพันธุกรรม (Genetic control)

การควบคุมโดยวิธีทางพันธุกรรม เช่นการทำให้โครโมโซมของยุงพาหะเปลี่ยนแปลงไปไม่สามารถนำเชื้อได้ หรือทำให้ยุงไม่สามารถสืบพันธุ์หรือเพิ่มปริมาณได้ วิธีการนี้ไม่ทำให้ยุงตาย แต่ยุงจะถูกควบคุม เช่น ยุงตัวผู้ถูกทำให้เป็นหมัน โดยการผ่านกัมมันตรังสีหรือโดยใช้สารเคมี ซึ่งจะให้น้ำเชื้อในยุงตัวผู้กลายเป็นหมัน การใช้สารเคมีทำให้ยุงเป็นหมันมีความยุ่งยากน้อยกว่าการใช้กัมมันตภาพรังสี แต่สารเคมีมักมีพิษต่อสัตว์เลื้อยคลาน ทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติเสียสมดุล ปัจจุบันมีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ศึกษาพบว่าสิ่งมีชีวิตบางชนิดเช่น *Wolbachia pipientis* ซึ่งเป็นแบคทีเรียทำให้ยุงเป็นหมันได้ในธรรมชาติ

## 3. การลดการสัมผัสระหว่างคนและยุงพาหะ (Reduction of man mosquitoes contact)

มีวัตถุประสงค์เพื่อไม่ให้ยุงพาหะนำโรคต่างๆ มีโอกาสกัดคน ซึ่งจะทำให้เกิดเจ็บป่วยได้ การลดการสัมผัสระหว่างยุงพาหะกับคนมีหลายวิธี เช่น

### 3.1 การใช้มุ้ง

การใช้มุ้งเพื่อป้องกันการเกิดโรคจากยุงกัดนี้ ได้มีมาหลายร้อยปีแล้ว อย่างไรก็ตามต้องมีการดูแลมุ้งให้อยู่ในสภาพดีไม่ชำรุดและเสียหาย ขนาดของเส้นด้ายที่ทำมุ้งควรจะประมาณ 1-1.8 มิลลิเมตร ซึ่งอากาศสามารถผ่านได้ ไม่ร้อนและจำนวนของตาข่ายควรประมาณ 150ช่องต่อตารางนิ้ว ปัจจุบันมีมุ้งชุบสารเคมีซึ่งป้องกันยุงได้ดีขึ้น อีกทั้งช่วยลดประชากรยุงที่มาเกาะสำหรับยุงบางชนิดที่ชอบออกหากินเวลากลางวัน อาจจะใช้วิธีนี้ไม่ได้ผล

### 3.2 การสวมเสื้อป้องกันร่างกายให้มิดชิด

เสื้อผ้าควรมีความหนาเพียงพอและควรจะหลวมเล็กน้อย ไม่กระชับติดร่างกาย ผ้าที่มีสีดำหรือสีเข้มมักดึงดูดความสนใจให้ยุงมากได้มากกว่าผ้าสีอ่อน มีการศึกษาในกลุ่มทหารโดยให้สวมเสื้อผ้ามิดชิด พบว่าสามารถลดการติดโรคที่นำโดยยุงได้ แต่จะดีหากผ้าเคลือบด้วยน้ำยาที่มีฤทธิ์ในการไล่ยุง

### 3.3 การใช้สารทาป้องกันยุง

สารทาป้องกันยุง (repellents) หรือ สารไล่ยุงนี้อาจจะทำมาจากสารเคมี หรือสมุนไพรมีคุณสมบัติในการป้องกันไม่ให้ยุงมากัด หรือลดการกัด ตัวอย่างสารเหล่านี้ เช่น N,N-diethylmtoluamide หรือชื่อใหม่ N,N-diethyl-3-methylbenzamide (deet), ethyl butylacetylaminopropionate (IR3535), picaridine (KBR), dibutyl phthalate, dimethyl carbate, dimethyl phthalate, ethyl hexanediol, butopyronoxyl, 2-chlorodiethyl benzamide. สารทาป้องกันยุงนี้อาจผลิตเป็นน้ำหรือครีม หรือแป้ง หรือสบู แต่ควรมีประสิทธิภาพในการไล่ยุงได้นานพอ 2 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ

สมุนไพรที่ใช้ไล่ยุงได้ดี เช่น ตะไคร้หอม พืช แมงลัก โหระพา กระเทียม สะระแหน่ มะกรูด ยูคาลิปตัส ขมิ้นชัน อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพจากการทดสอบผลิตภัณฑ์ ชนิดต่างๆ และสมุนไพรสดในห้องปฏิบัติการฝ่ายชีววิทยาและนิเวศวิทยา สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข พบว่าจำเป็นต้องนำสมุนไพรเหล่านั้นมาสกัดให้น้ำมันหอมระเหย แล้วนำมาผสมกับสารช่วยตรึง (fixative) และใช้ตัวช่วยละลายที่เหมาะสม จึงจะป้องกันยุงให้ ได้มากกว่า 2 ชั่วโมง จนกระทั่งถึง 8 ชั่วโมง ไม่สามารถใช้สมุนไพรแบบขี้ ตี ตำ แล้วนำมาทาผิวหรือนำต้นไม้น้ำมันยุงมาวางในห้อง โดยคาดหวังว่ายุงจะไม่กัดเป็นเวลานานกว่าครึ่งชั่วโมง ขณะนี้ Tawatsin et al. (2001) ได้พัฒนาการผลิตโลชั่นกันยุงสมุนไพรซึ่งมีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงลายได้นานกว่า 8 ชั่วโมง เทียบเท่าสารออกฤทธิ์ที่เป็นเคมีสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากสมุนไพรมีกระเหยเร็วมีความคงทนน้อยกว่าสารเคมี และอาจจะคายเคืองต่อผิวหนัง คนบางคนเล็กน้อย จึงควรทดสอบบริเวณใต้ท้องแขน ก่อนนำไปใช้ทั่วร่างกาย หากรู้สึกว่าร้อนผิว ควรใช้สารออกฤทธิ์กลุ่มอื่นแทน เช่น deet, IR3535, KBR

แม้ว่าจะมีการพัฒนาสารทาป้องกันยุงหรือสารไล่ยุงไปอย่างกว้างขวาง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของสารจากธรรมชาติและเพิ่มความคงทน แต่ความรู้เกี่ยวกับกลไกในการไล่ยุงยังไม่ทราบแน่ชัด สารทาป้องกันยุงอาจไปกระตุ้นเซลล์ประสาทบริเวณหนวดซึ่งช่วยในการรับกลิ่นของยุง ทำให้ยุงบินหนีห่างบริเวณที่มีโมเลกุลของสารออกฤทธิ์ระเหยอยู่ หรืออาจเป็นเพราะการเคลือบผิวด้วยสารทาป้องกันยุงทำให้ยุงไม่สามารถหาเป้าหมายที่จะกัดดูดเลือดได้จากประสิทธิภาพการทดลองในห้องปฏิบัติการ พบว่ายุงจะลงกัดผิวหนังบริเวณที่ไม่ได้ทาสารซึ่งอยู่ติดกับบริเวณที่ทาสารป้องกันยุง แสดงว่ากลิ่นไม่ใช่ปัจจัยเดียวที่สามารถป้องกันการกัดของยุง แต่เป็นโมเลกุลของสารออกฤทธิ์ที่ระเหยอยู่บริเวณผิวหนังด้วย นอกจากนี้พบว่าประสิทธิภาพของสารทาป้องกันยุงแตกต่างกันในผู้ใช้แต่ละคนขึ้นอยู่กับลักษณะผิวอายุ เพศ อุณหภูมิของร่างกาย คาร์บอนไดออกไซด์ที่ระเหยจากร่างกาย อาหารที่รับประทานเนื้อ สารเคมีในเหงื่อ เช่น เลคติก เอซิด (lactic acid), ไลซีน (lysine) ซึ่งสามารถดึงดูดยุงได้ดีเราจึงพบว่ายุงชอบกัดคนบางคนมากกว่าอีกคน คุณสมบัติที่ดีของสารทาป้องกันยุง (repellents) คือมีประสิทธิภาพสูงในการป้องกันยุงกัด มีฤทธิ์อยู่ได้นานในสภาพธรรมชาติ ไม่เป็นพิษหรือระคายเคืองต่อผิวหนัง ไม่มีกลิ่นรบกวนผู้ใช้ และไม่เหนียวเหนอะหนะ

### 3.4 การใช้ยาจุดกันยุง (Mosquito coils and sticks)

ยาจุดกันยุงหมายถึง ผลิตภัณฑ์ซึ่งเมื่อใช้จุดไฟแล้วสามารถระเหยออกฤทธิ์ขับไล่ยุงได้มีคุณสมบัติในการไล่หรือกำจัดยุงไม่ให้เข้ามาในบริเวณดังกล่าว ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ซึ่งผลิตออกมาในท้องตลาดมากมาย สารออกฤทธิ์ในยาจุดไล่ยุงอาจทำให้ผู้ใช้บางคนเกิดอาการแพ้ระคายเคืองได้ ในการเลือกซื้อโปรดสังเกตชื่อสารออกฤทธิ์ที่องค์การอนามัยโลกจัดอยู่ในกลุ่มที่มีอันตรายน้อย เช่น สารกลุ่มไพรีทรอยด์ หรือสมุนไพร ซึ่งค่อนข้างปลอดภัยต่อมนุษย์



### 3.5 การใช้ตาข่ายป้องกันยุงกัด (Screening)

ปัจจุบันมีการใช้มุ้งลวดป้องกันยุงกัดทั่วไปในเขตเมือง หรือตามชนบท มุ้งลวดอาจทำด้วยไนลอน หรือลวดซึ่งจะต้องมีการออกแบบอย่างดี เพื่อป้องกันช่องซึ่งยุงสามารถผ่านได้โดยเฉพาะการทำมุ้งลวด ป้องกันที่ประตู หน้าต่าง จะต้องทำให้มุ้งประตู และหน้าต่างแข็งแรงไม่เสียหายได้ง่าย ประตูควรจะเป็น เปิดออกด้านนอก ขนาดของมุ้งลวดที่เหมาะสมคือ 16-18 ช่องต่อนิ้ว บริเวณตาข่ายของมุ้งลวดหากเคลือบสาร ป้องกันกำจัดยุง จะสามารถลดประชากรของยุงได้ เพราะยุงชอบเกาะตามมุ้งลวด

### 4. การจัดการสิ่งแวดล้อม (Environmental management)

การจัดการสิ่งแวดล้อมเพื่อควบคุมยุงพาหะ หมายถึง การวางแผน การจัดการดำเนินการ และการกำกับกิจกรรมต่างๆ เพื่อให้มีการปรับปรุง หรือเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบของสิ่งแวดล้อมซึ่งเกี่ยวเนื่อง ถึงมนุษย์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อป้องกัน หรือลดปริมาณ ของยุงพาหะลง ตลอดจนลดการติดเชื้อ ใช้เลือดออก การจัดการสิ่งแวดล้อมนี้มีทั้งชนิดที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสภาพแวดล้อมที่ถาวร เช่น การ เสาขะ การระบายน้ำ การกลบถม การปรับระดับผิวดิน การติดตั้งระบบน้ำประปา หรือทำให้เกิดการ เปลี่ยนแปลงชั่วคราว โดยทำให้ยุงพาหะไม่ชอบวางไข่ในแหล่งน้ำนั้น เช่น การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด- ด่างของน้ำ การระบายน้ำทิ้งเมื่อพบลูกน้ำ การปรับปรุงสิ่งแวดล้อมอย่างถาวรจะต้องมีการลงทุนค่อนข้าง สูง แต่ผลที่ได้มักยั่งยืนและควบคุมยุงพาหะได้อย่างมีประสิทธิภาพ

### การต้านสารเคมีของยุงพาหะ (Insecticide Resistance) (อุษาวดี ถาวร, 2544)

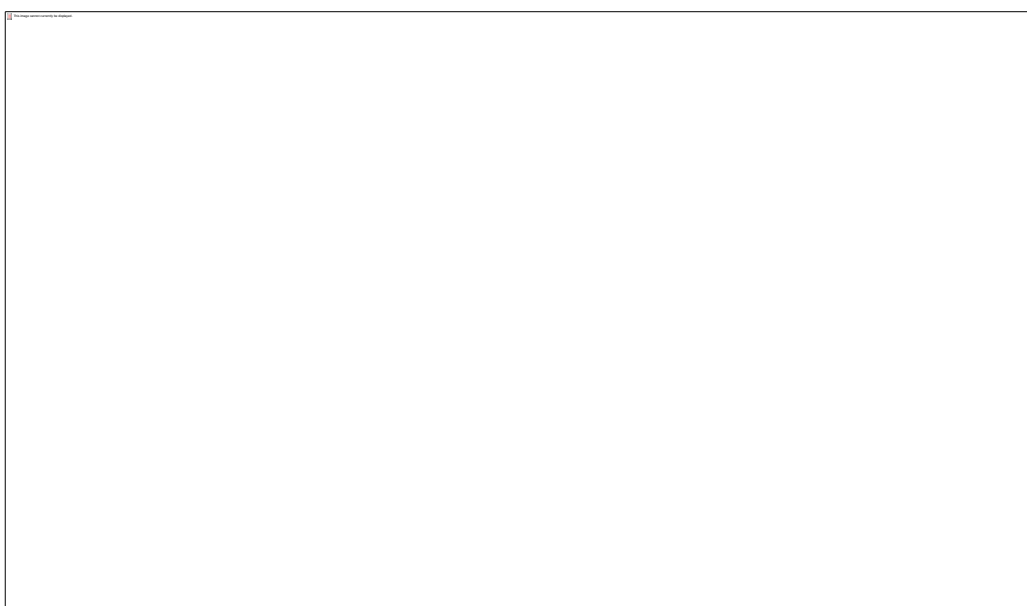
คำจำกัดความ : การต้านได้แก่การที่เมื่อใช้สารเคมีฆ่าแมลงในขนาดหนึ่งที่สามารถฆ่ายุงได้ แต่ต่อมายุง สามารถมีชีวิตรอดได้เมื่อใช้สารฆ่าแมลงในขนาดเท่าเดิม หรือสามารถฆ่าได้ แต่ลดน้อยลง

การต้านต่อสารเคมีแบ่งได้ออกเป็น 3 แบบ ด้วยกันคือ

1. การที่ยุงสามารถต้านทานต่อเคมีฆ่าแมลงชนิดหนึ่ง หรือหลายชนิดได้เพิ่มขึ้น โดยที่ไม่มีการ เปลี่ยนแปลง ทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากบางฤดูกาลมีผลให้ยุงเกิดการเปลี่ยนแปลงลักษณะ ทางสัณฐานวิทยา เช่น ทำให้ยุงมีขนาดโตขึ้น ผนังห่อหุ้มร่างกายหนาขึ้น ปริมาณไขมันในร่างกายมากขึ้น เป็นต้น
2. การต้านทานชนิดนี้ถือเป็นการต้านทานที่แท้จริง เป็นการต้านทานที่เกิดขึ้นจากกลไกทาง สรีรวิทยา โดยมีลักษณะทางพันธุกรรมมาเกี่ยวข้องด้วย การใช้สารเคมีฆ่าแมลงเป็นการเร่งให้ยุงเกิดการ ต้านทานเคมีได้เร็วขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สารเคมีฆ่าแมลงในทางเกษตร ซึ่งใช้ในท้องที่โล่งกลางแจ้ง อย่างกว้างขวาง ทำให้มีผลกระทบต่อลูกน้ำรวมทั้งยุงด้วย
3. เป็นการต้านทานที่เกิดจากชีวนิสัยของยุงพาหะไม่ว่าจะเกิดขึ้นตามธรรมชาติของยุงพาหะเอง หรือเกิดขึ้นเนื่องจากการเปลี่ยนชีวนิสัยที่เกิดขึ้นจากอิทธิพลของเคมีฆ่าแมลงที่ใช้ก็ตาม ทั้งนี้ยุงจะพยายาม หลีกเลียงที่จะสัมผัสกับเคมีฆ่าแมลง หรือสัมผัสแต่ในระยะเวลาเพียงสั้นๆ ทำให้สามารถมีชีวิตรอดไปทำ การแพร่เชื้อได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง DDT ทำให้ยุงเกิดการต้านทานได้

### กลไกการดื้อสารฆ่าแมลงของยุง

การศึกษาวิเคราะห์ทางชีวเคมีพบว่ากระบวนการ (mechanism) ที่ทำให้ยุงเกิดการต้านต่อสารเคมีนั้นอาจมีมากกว่าหนึ่งกระบวนการในเวลาเดียวกัน โดยเฉพาะการที่ยุงต้านทานต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์ ดังรูปที่ 1 เช่น เกิดจาก metabolic detoxification โดยยุงมีการเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำย่อยบางชนิดเช่นโมโนออกซิจีเนส (monooxygenase/cytochrome p450), เอสเตอเรส (esterase) และกลูตาไธโอน-เอส-ทรานสเฟอเรส (glutathione-estransferase) หรือเกิดการต้านทานด้วยวิธี target site resistance (จุดที่สารเคมีจะทำปฏิกิริยาด้วย) เกิดการเปลี่ยนแปลง หรือไม่เหมาะสม หรือการผิดปกติของโครงสร้างโปรตีน (insensitivity) ทำให้สารเคมีไม่สามารถจับกับ receptor ได้ และ/หรือการต้านทานอาจเกิดจากกระบวนการ non-metabolic target site insensitivity จากการผ่าเหล่า (mutation) เช่น Achtycholinesterase หรือ voltage-gated sodium channels ซึ่ง gene ที่เกี่ยวข้องคือ knock down resistance (kdr) (Pimsamarn et al 2009, Prapanthadara et al. 2002, Hemingway 1989) ที่สำคัญยุงลายในจังหวัดหรืออำเภอเดียวกันอาจมีระดับการต้านทาน หรือระดับความไวต่อสารเคมีที่แตกต่างกัน เป็นการต้านสารเคมีเฉพาะจุด (focal) ซึ่งการที่ยุงมีการพัฒนาการต้านทานต่อสารเคมีอาจมีปัจจัยหลายอย่างเป็นตัวเร่ง ดังกล่าวแล้วเบื้องต้น นอกจากนี้ความหลากหลายของการใช้สารเคมีเกษตร และด้านสาธารณสุข แหล่งเพาะพันธุ์ยุงที่แตกต่างอาจทำให้ยุงมีการสัมผัสสารเคมีแตกต่างกันไป การเข้าใจธรรมชาติของยุงแต่ละชนิดในแต่ละพื้นที่ที่ต่อสารเคมีกำจัดแมลงและวิวัฒนาการต้านทานสารเคมีของยุงลายจะต้องมีการบริหารจัดการเรื่องการต้านทานสารเคมีของแมลง (Insecticide Resistance Management:IRM) อย่างจริงจังและต่อเนื่อง ก่อนที่ยุงที่มี resistance gene จะกระจายตัว ไปในบริเวณกว้างและกลายเป็นประชากรส่วนใหญ่ของยุงในท้องถิ่นนั้นๆ ซึ่งจะเป็นปัญหาที่แก้ไขยาก



รูปที่ 2.1 กลไกการดื้อสารฆ่าแมลงของยุง

ที่มา <http://what-when-how.com/insects/insecticide-and-acaricide-resistance-insects/>

## สารทาป้องกันยุง (Topical Insect Repellents)

สารทาป้องกันยุงหรือสารไล่ยุงไม่ใช่สารฆ่าแมลง แต่เป็นสารที่มีคุณสมบัติป้องกันและลดการกัดของยุง โดยมีฤทธิ์ขับไล่ยุงออกไป จึงมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ สามารถใช้ทาบนผิวหนัง เสื้อผ้า หรือพื้นผิวต่างๆ ซึ่งสารทาป้องกันยุงที่ดีต้องสามารถเคลือบติดกับวัสดุหรือผิวหนังของผู้ใช้ทำให้ยุงไม่ได้กลิ่นเหยื่อ หรือสารอาจมีกลิ่นไปรบกวนกลไกการรับรู้กลิ่นของยุง โดยทั่วไปสามารถไล่ยุงได้ในระยะแค่ 2-3 ชั่วโมง จากบริเวณที่ทาเท่านั้น ดังนั้นผู้ใช้จะยังคงเห็นยุงมาบินอยู่รอบๆ ตัว ตราบใดที่ยังไม่มียุงมากัดก็ไม่ต้องทาสารซ้ำ (Clemants, 1999) ในปัจจุบันมีสารทาป้องกันยุงหลายรูปแบบให้ผู้บริโภคได้เลือกใช้ตามความเหมาะสม เช่น สารทาป้องกันยุงชนิดครีม เจล โลชั่น แป้ง และสเปรย์ บางชนิดอาจผลิตในรูปแบบใหม่ๆ เช่น แผ่นทาผิวหนัง แผ่นติดบนเสื้อผ้า และสายรัดข้อมือ สารสำคัญในการออกฤทธิ์ไล่ยุงมีทั้งสารเคมีสังเคราะห์และสารสกัดจากธรรมชาติ โดยสารสำคัญที่นิยมใช้เป็นองค์ประกอบหลักในการผลิตสารทาป้องกันยุงที่วางจำหน่ายในประเทศไทย (กรมควบคุมวัตถุอันตราย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2551) ในท้องตลาดมีสารทาป้องกันยุงที่ใช้ทาบริเวณผิวหนังและเสื้อผ้าวางขายหลากหลายประเภทพบเห็นอยู่ทั่วไป ซึ่งการใช้สารไล่ยุงในผู้บริโภคส่วนใหญ่มักนิยมใช้ผลิตภัณฑ์ที่สะดวกซื้อ สะดวกใช้ และเห็นผลเร็ว โดยทั่วไปมักมีองค์ประกอบสำคัญในการออกฤทธิ์เป็นสารเคมีสังเคราะห์ (กรมควบคุมวัตถุอันตราย สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2551) ดังต่อไปนี้

- DEET (N,N-diethyl-meta-toluamide หรือ N,N-diethyl-3-methyl-benzamide) เป็นสารออกฤทธิ์ที่นิยมใช้กันมากในสารทาป้องกันยุง โดยปริมาณของ DEET ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไล่ยุงคือ 4-100% อย่างไรก็ตาม DEET อาจเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ได้ หากใช้ไม่ถูกวิธีหรือใช้ในสัดส่วนที่สูงมาก โดยอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อเมือก หากสูดดมเข้าไปจะทำให้เกิดการระคายเคืองที่แผ่นเยื่อเมือกและทางเดินหายใจส่วนบน และการได้รับสารเป็นเวลานานอาจก่อให้เกิดอาการแพ้ได้ ในการทดลองกับหนูขาวที่ได้รับสารแบบเรื้อรังจะก่อให้เกิดการกลายพันธุ์และมีผลต่อทารกในครรภ์

- Dimethyl phthalate เป็นสารเติมแต่งในโพลีเมอร์เพื่อทำหน้าที่เสริมสภาพพลาสติก (Plasticizer) หรือเพิ่มความยืดหยุ่น (Flexibility) ขณะเดียวกันก็ลดความหนืดของโพลีเมอร์ด้วย นอกจากนั้นยังใช้เป็นตัวทำละลายและสารไล่แมลงอีกด้วย มีความเป็นพิษปานกลาง อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อผิวหนังและเยื่อเมือก มีผลกดระบบประสาทส่วนกลาง รบกวนระบบทางเดินอาหาร ทำอันตรายต่อไต มีความเสี่ยงทำให้เกิดการพิการแต่กำเนิดของทารกในครรภ์ มีความเป็นพิษเล็กน้อยต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำโดยเฉพาะกับปลา

- Ethyl butylacetylaminopropionate มีฤทธิ์ไล่ยุงและแมลงอื่นๆ เช่น มด แมลงวัน หมัด และเห็บ โดยมีพิษปานกลาง ก่อให้เกิดอาการระคายเคืองตา ปริมาณที่นิยมใช้ในผลิตภัณฑ์ไล่ยุงคือ 12.5% ถือว่ามีความปลอดภัยสำหรับเด็กอายุตั้งแต่ 2 ปี ขึ้นไป แต่หากใช้ในปริมาณที่มากกว่า 12.5% จะห้ามใช้ในเด็กที่มีอายุต่ำกว่า 4 ปี

- Icaridin หรือ Picaridin (2-(2-hydroxyethyl)-1-piperidinecarboxylic acid 1-methylpropyl ester) ปริมาณที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไล่ยุงคือ 5-20%

- IR3535 (3-[N-Butyl-N-acetyl]-aminopropionic acid ethyl ester) เป็นสารไล่ยุงที่ผลิตโดยวิธีชีวสังเคราะห์ ไม่พบผลข้างเคียงที่เป็นอันตรายรุนแรงในมนุษย์ ปริมาณที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไล่ยุง คือ 7.5-20.07%

- น้ำมันตะไคร้หอม (Citronella oil) สกัดได้จากต้นตะไคร้หอม (*C. nardus*) ใช้เป็นส่วนผสมในสารไล่ยุงมามากกว่า 50 ปี ซึ่งนอกจากจะผลิตในรูปสารทากันยุงแล้ว ยังพบในผลิตภัณฑ์รูปแบบอื่นๆ เช่น ธูปหอมและเทียนหอมกันยุง ปริมาณที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไล่ยุงคือ 6-20%

- น้ำมันยูคาลิปตัส (Eucalyptus Oil) สกัดจากใบและกิ่งของต้นยูคาลิปตัส (*E. citriodora*) ใช้เป็นสารทาป้องกันยุงในรูปแบบโลชั่นและสเปรย์ ยังไม่พบผลข้างเคียงในมนุษย์ ปริมาณที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไล่ยุง คือ 30-40%

- PMD (p-menthane-3,8-diol) เป็นสารสังเคราะห์ทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยยูคาลิปตัสที่ใช้ทาบนผิวหนังหรือเสื้อผ้าเพื่อไล่ยุง โดยปริมาณที่ใช้ในผลิตภัณฑ์ไล่ยุงคือ 8-10%

อย่างไรก็ตามการใช้ผลิตภัณฑ์จากสารเคมีสังเคราะห์ในปริมาณและขนาดที่ไม่เหมาะสมอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน นอกจากจะมีผลกระทบด้านสุขภาพหาที่มีความต้านทานต่อสารเคมีแล้วยังอาจก่อให้เกิดผลข้างเคียงที่ไม่พึงประสงค์ต่อผู้ใช้หรือสิ่งมีชีวิตอื่นๆ นอกเป้าหมาย รวมถึงมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการปนเปื้อนและสะสมของสารพิษได้ (Ismail, Phinichpongse & Boonrasri, 1978; World Health Organization [WHO], 1992)

### กรอบแนวคิดในการวิจัย

กลวิธีในการป้องกันและควบคุมโรคตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันจึงให้ความสำคัญไปที่การควบคุมและกำจัดยุงพาหะ ซึ่งนอกจากจะใช้วิธีการจัดการกับสภาพแวดล้อม (Environmental management) เพื่อป้องกันและยับยั้งการขยายพันธุ์ของประชากรยุงแล้ว การดำเนินมาตรการต่อยุงพาหะโดยตรงเพื่อกำจัดและลดจำนวนยุง ลดการแพร่กระจายของยุง และลดการสัมผัสกับยุง ก็สามารถทำได้หลากหลายวิธี ได้แก่ การควบคุมโดยกลวิธี (Mechanical control) เช่น การใช้กับดักแมลงหรือใช้เครื่องมือตักเก็บลูกน้ำยุงจากแหล่งเพาะพันธุ์มาทำลายทิ้ง, การควบคุมโดยชีววิธี (Biological control) เช่น การใช้สิ่งมีชีวิตอื่น ได้แก่ ลูกน้ำยุงยักษ์ ปลาหางนกยูง และตัวอ่อนแมลงปอมากินลูกน้ำยุงในแหล่งเพาะพันธุ์, การควบคุมโดยวิธีทางเคมีและฟิสิกส์ (Chemical and physical control) เช่น การใช้ผลิตภัณฑ์เคมีฉีดพ่น ใช้สารเคลือบผิวผนังและสารกำจัดลูกน้ำยุง เช่น ทรายาอะเบทไทล์ลงในแหล่งเพาะพันธุ์, การควบคุมโดยวิธีทางพันธุศาสตร์ (Genetic control) เช่น การปล่อยยุงตัวผู้ที่ผ่านการดัดแปลงทางพันธุกรรมไปผสมกับยุงตัวเมียในธรรมชาติและถ่ายทอดยีนที่ถูกดัดแปลงจากรุ่นสู่รุ่น และการประยุกต์ใช้หลายๆ วิธีมาประกอบกัน (Integrated control) ซึ่งวิธีการเหล่านี้มีผลควบคุมยุงพาหะได้ทั้งระยะตัวเต็มวัยและลูกน้ำ และการใช้สารขับไล่ยุงซุบเสื้อผ้า มุ้ง หรือทาบริเวณแขน ขา หรือลำตัวเพื่อป้องกันยุงตัวเต็มวัยกัด การใช้สารขับไล่แมลง (repellents) เป็นอีกวิธีหนึ่งในการป้องกันยุงกัด สารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ขับไล่แมลงและสัตว์ขาข้อต่างๆ ไม่ให้มารบกวนกัดดูดเลือดหรือไต่ตอมคนและสัตว์เลี้ยง โดยสารขับไล่แมลงที่วางขายตามท้องตลาดส่วนใหญ่มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ คือ สารเคมีสังเคราะห์ N,N-diethyl-3-methylbenzamide หรือ DEET ที่มีการใช้มาตั้งแต่ปี 1957 จนถึงปัจจุบัน เป็นเวลายาวนาน จนอาจทำให้เกิดการดื้อของยุงพาหะต่อ

สารเคมีสังเคราะห์ชนิดนี้ขึ้นก็ได้ ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ทำให้ทราบประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์ในท้องตลาดในการออกฤทธิ์ไล่ยุงลาย *Ae. aegypti* สายพันธุ์ที่ดื้อและสายพันธุ์ที่ไวต่อสารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์