



วิทยานิพนธ์

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชชนิดน้ำและชนิดผงในการควบคุม
ลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

APPLICATION OF LIQUID AND POWDER PLANT EXTRACT
FOR *AEDES AEGYPTI* LINN. LARVA CONTROL

นางสาวชนันท์ แพ่งไทย

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พ.ศ. 2551



ใบรับรองวิทยานิพนธ์

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

ปริญญา

เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม

วิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชชนิดน้ำและชนิดผงในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย
(*Aedes aegypti* Linn.)

Application of Liquid and Powder Plant Extract for *Aedes aegypti* Linn. Larva Control

نامผู้วิจัย นางสาวนันทน์ แพงไทย

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์สุรพล วิเศษสรรค์, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อัจฉริยะ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชชนิดน้ำและชนิดผงในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย

(*Aedes aegypti* Linn.)

Application of Liquid and Powder Plant Extract for *Aedes aegypti* Linn.

Larva Control

โดย

นางสาวชนานันท์ แพงไทย

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม)

พ.ศ. 2551

ชนานันท์ แพงไทย 2551: การประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชชนิดน้ำและชนิดผง
ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(เทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม) สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม
ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก:
ผู้ช่วยศาสตราจารย์จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์, Ph.D. 132 หน้า

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 5 ชนิด ได้แก่ ใบยาสูบ
บอระเพ็ด ใบสาบเสือ ใบรัก และเมล็ดสบู่แดง เพื่อประยุกต์ใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย *Aedes*
aegypti Linn. โดยวิธีการหมักด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่นและเอทานอล 95% ระยะเวลา
การหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบมีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำ
ยุงลาย รองลงมาคือ ใบรัก เมล็ดสบู่แดง ใบสาบเสือ และบอระเพ็ด และจากการเปรียบเทียบ
ประสิทธิภาพของใบยาสูบ 2 สายพันธุ์ พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) มีฤทธิ์ในการ
ควบคุมลูกน้ำยุงลายดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) และการใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำ
ละลายให้ประสิทธิภาพที่สูงกว่าเอทานอล 95% เมื่อแปรรูปสารสกัดให้เป็นผงแล้วนำมา
เปรียบเทียบประสิทธิภาพกับชนิดน้ำ พบว่า มีฤทธิ์ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้เช่นเดิม คือ การ
ใช้สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ทั้งชนิดน้ำและชนิดผง ที่ความเข้มข้น 4000 และ 5600
มก./ล. สามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้ทั้งหมดภายในเวลา 24 ชั่วโมง แต่สารสกัดจากใบยาสูบ
(พันธุ์เวอร์จิเนีย) ที่ความเข้มข้นเดียวกัน สามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้ทั้งหมดภายหลังเวลา 48
ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบยาสูบสามารถทดแทนสารเคมีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันได้ และ
เมื่อทดสอบผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตในน้ำคือ ปลานิล ปลาหางนกยูง และไรแดง พบว่าไม่มีความ
แตกต่างกับทรายอะเบทที่นิยมใช้กัน สำหรับต้นทุนในการผลิตน่าจะลดลงได้อีกในการผลิต
ปริมาณมาก รวมทั้งเป็นการส่งเสริมให้มีการนำพืชท้องถิ่นมาใช้ประโยชน์มากยิ่งขึ้น

Chananun Pangthai 2008: Application of Liquid and Powder Plant Extract for *Aedes aegypti* Linn. Larva Control. Master of Science (Environmental Technology and Management), Major Field: Environmental Technology and Management, Department of Environment Science. Thesis Advisor: Assistant Professor Jukkrit Mahujchariyawong, Ph.D. 132 pages.

This study aims to investigate effective extracts of five plants *N. tabacum* Linn., *C. gigantean* L., *J. pifolia* L., *E. odoratum* Linn. and *T. crispa* Miers. and apply to *Ae. aegypti* L. control. Maceration method was induced by using distilled water and ethanol 95 %, macerating time were 24, 48 and 72 hours. The results indicated *N. tabacum* Linn. leaf extract gave the highest effectiveness to control larvae, followed by leaf extracts of *C. gigantean* L., seed extract of *J. pifolia* L., leaf extracts of *E. odoratum* Linn. and *T. crispa* Miers. Two breeds of *N. tabacum* Linn., burley and virginia were compared and it showed burley breed extract had more effective than virginia breed extract and using distilled water gave more effective than ethanol 95 %. Liquid extract was transformed to powder and the effectiveness test showed the same result of *Ae. aegypti* L. larva control. Both liquid extract and powder of burley can completely eliminated at concentration of 4,000 and 5,600 mg/l in 24 hours, while virginia extract can eliminated *Ae. aegypti* L. larva after 48 hours. *N. tabacum* Linn. leaf extract has the characteristics to replace using chemicals for *Ae. aegypti* L. control. However bioassay showed the impacts to some living things in water such as *oreochromis miloticus* Linn. *Poecilia reticulata* Peters, *Moina macrocopa* Straus, as same as temephos used spreadly now. Cost reduction can be expected in the case of mass production. This study shows the potential to promote using the local plants effectively.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผศ. ดร. จักรกฤษณ์ มหัจฉริยวงศ์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ข้อเสนอแนะ และคำแนะนำด้านต่างๆ เกี่ยวกับงานวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ รศ.ดร. สุรพล วิเศษสรรค์ กรรมการที่ปรึกษาร่วม รศ.ดร. พัฒนา อนุรักษ์พงศธร ประธานการสอบ และ อ.ดร. ชงศักดิ์ ขจรผดุงกิตติ ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้ให้ความกรุณาตรวจแก้ไข และแนะนำเพิ่มเติมเกี่ยวกับวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สาขาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อมทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอนและมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบพระคุณ คุณปิติ มงคลางกูร กลุ่มงานควบคุมพาหะนำโรค สำนักโรคติดต่อฯ โดยแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข ซึ่งได้กรุณาให้ความช่วยเหลือ และคำแนะนำต่างๆ เกี่ยวกับการทดลอง

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแด่คุณพ่อ คุณแม่ ที่ได้อบรมสั่งสอน และให้กำลังใจผู้วิจัยมาโดยตลอดในทุกๆ เรื่อง และขอขอบคุณเพื่อนๆ ซึ่งไม่ว่าจะกล่าวนามได้หมดในที่นี้ ซึ่งให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์เป็นอย่างดีตลอดมา

ชนานันท์ แพงไทย

มกราคม 2551

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(10)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
การตรวจเอกสาร	5
อุปกรณ์และวิธีการ	48
อุปกรณ์	48
วิธีการ	48
ผลและวิจารณ์	57
ผล	57
วิจารณ์	76
สรุปและข้อเสนอแนะ	81
สรุป	81
ข้อเสนอแนะ	87
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	88
ภาคผนวก	93
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	132

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (<i>Aedes aegypti</i> Linn.) ของสารสกัดจากพืชที่ช่วงเวลาการหมัก (24, 48 และ 72 ชั่วโมง) ด้วยตัวทำละลายต่างกัน จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง
2	ค่า LC_{50} (ที่ 24 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่นในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
3	ค่า LC_{50} (ที่ 48 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่นในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
4	ค่า LC_{50} (ที่ 24 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยเอทานอล 95% ในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
5	ค่า LC_{50} (ที่ 48 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยเอทานอล 95% ในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
6	ค่า LC_{50} (ที่ 24 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่นในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
7	ค่า LC_{50} (ที่ 48 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่นในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
8	ค่า LC_{50} (ที่ 24 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยเอทานอล 95% ในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
9	ค่า LC_{50} (ที่ 48 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยเอทานอล 95% ในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง
10	ประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (<i>Aedes aegypti</i> Linn.) ของสารสกัดจากใบยาสูบ 2 สายพันธุ์ในการใช้เป็นชนิดน้ำและชนิดผง จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง
11	ประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (<i>Aedes aegypti</i> Linn.) ของสารสกัดจากใบยาสูบ 2 สายพันธุ์ในการใช้เป็นชนิดน้ำและชนิดผง จากการสังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
12	ทดสอบสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) หมักด้วยน้ำกลั่น 48 ชั่วโมง กับลูกน้ำยุงลาย (<i>Aedes aegypti</i> Linn.) สังเกตการณ์ตายที่เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง	70
13	ทดสอบทรายอะเบทกับลูกน้ำยุงลาย (<i>Aedes aegypti</i> Linn.) สังเกตการณ์ตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง	71
14	การศึกษาระยะเวลาการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ในการ นำไปใช้งาน	72
ตารางผนวกที่		
1	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	94
2	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	95
3	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	96
4	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	97

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
5 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วย น้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	98
6 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วย น้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	99
7 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียรที่หมักด้วย น้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	100
8 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียรที่หมักด้วย น้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	101
9 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียรที่หมักด้วย น้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	102
10 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียรที่หมักด้วย น้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	103

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
11 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	104
12 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่นและเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	105
13 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	106
14 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	107
15 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	108
16 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	109

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
17 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	110
18 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	111
19 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	112
20 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	113
21 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	114
22 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	115

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
23	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	116
24	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	117
25	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	118
26	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	119
27	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	120
28	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	121

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า	
29	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสนับแดงที่หมักด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	122
30	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสนับแดงที่หมักด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	123
31	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	124
32	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	125
33	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	126
34	จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	127

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
35 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	128
36 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง	129

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	ลักษณะของต้นยาสูบ	27
2	ลักษณะของต้นบอระเพ็ด	35
3	ลักษณะของต้นสาบเสือ	38
4	ลักษณะของต้นสบู่แดง	40
5	ลักษณะของต้นรัก	42
6	กราฟความสัมพันธ์ความเข้มข้นของสารสกัดและความเร็วในการตาย ของสัตว์ทดลอง	73
7	กราฟความสัมพันธ์ความเข้มข้นของทรายอะเบทและความเร็วในการตาย ของสัตว์ทดลอง	74
8	ลักษณะการตายของลูกน้ำยุงลาย (<i>Aedes aegypti</i> Linn.) หลังได้รับสารสกัด จากใบยาสูบ	79
ภาพผนวกที่		
1	การนำไข่ยุงลาย (<i>Aedes aegypti</i> Linn.) ฟักในน้ำ	130
2	การเลี้ยงลูกน้ำยุงลายในห้องปฏิบัติการ	130
3	กรงเลี้ยงยุงลายในห้องปฏิบัติการ	131

การประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชชนิดน้ำและชนิดผงในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

Application of Liquid and Powder Plant Extract for *Aedes aegypti* Linn.

Larva Control

คำนำ

ยุงเป็นแมลงที่ก่อให้เกิดปัญหาทางด้านสาธารณสุข สร้างความรำคาญ และก่อให้เกิดปัญหาทั้งในคนและสัตว์ในหลายพื้นที่ทั่วโลก (เผด็จ และ อุษาวดี, 2549) โดยอาจก่อให้เกิดโรคมาลาเรีย ไข้เลือดออก ไข้สมองอักเสบหรือโรคไข้เหลืองได้ (สุทัศน์, 2547) โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรคที่นำโดยยุงลาย *Aedes aegypti* Linn. ที่มีบทบาทสำคัญที่ก่อให้เกิดโรคไข้เหลือง (yellow fever) และโรคไข้เลือดออก (dengue fever) (Omena *et al.*, 2007) โดยพิจารณาทางด้านสาธารณสุขที่มีผู้ป่วยในแต่ละปีจำนวนมาก และมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ (กระทรวงสาธารณสุข, 2542)

ปัจจุบันไข้เลือดออกเป็นปัญหาทางสาธารณสุขที่สำคัญ และเป็นปัญหาของประเทศเขตร้อนเกือบทั่วโลก ทั้งในทวีปแอฟริกา เอเชีย อเมริกากลาง หมู่เกาะแคริบเบียน หมู่เกาะในมหาสมุทรแปซิฟิกตอนใต้ และตอนเหนือของทวีปออสเตรเลีย ส่วนในประเทศไทยประสบปัญหาค่อนข้างมากกว่าประเทศอื่น ๆ สำหรับประเทศไทยมีรายงานการระบาดของโรคไข้เลือดออกมานานกว่า 40 ปี และเริ่มมีการระบาดของโรคไข้เลือดออกอย่างชัดเจน ในปี พ.ศ. 2501 โดยเฉพาะผู้ป่วยที่ตรวจพบในเขตกรุงเทพมหานคร ตั้งแต่นั้นมาก็มีรายงานการระบาดกระจายไปทุกภูมิภาคของประเทศ (กรมควบคุมโรค, 2544)

ขณะนี้วัคซีนสำหรับการป้องกันโรคไข้เลือดออกกำลังอยู่ระหว่างการทดลองในภาคสนาม คาดว่าต้องใช้เวลาอีกระยะหนึ่งจึงจะทราบว่าสามารถป้องกันโรคไข้เลือดออกได้หรือไม่ และเนื่องจากยังไม่มียาที่จะกำจัดเชื้อไวรัสแดงก็ได้ การรักษาจึงเป็นการรักษาตามอาการเท่านั้น ความสำคัญในการป้องกันโรคไข้เลือดออกจึงอยู่ที่การควบคุมยุงพาหะเป็นมาตรการหลัก (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2542) ซึ่งการควบคุมยุงลายนั้น มีหลายวิธีด้วยกัน เช่น การจัดการแหล่งเพาะพันธุ์ยุง ตัวอย่างเช่น โองใส่ น้ำดื่ม น้ำใช้, การควบคุม

โดยใช้วิธีทางชีววิทยา ที่มีการใช้ปลากินลูกน้ำ ซึ่งมีหลายประเทศได้นำปลากินลูกน้ำไปควบคุมลูกน้ำยุงพาหะ, การควบคุมโดยวิธีทางพันธุกรรม และการควบคุมโดยใช้สารเคมี เป็นต้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สารเคมีนั้นพิษของยาฆ่าแมลง ก่อให้เกิดปัญหาพิษเฉียบพลันต่อผู้ใช้และพิษเรื้อรัง เกิดขึ้นต่อผู้ใช้หลังจากได้รับสารเป็นระยะเวลานาน และยังก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ (พาลาก, 2540) ซึ่งการใช้สารเคมีฆ่าแมลงอย่างต่อเนื่องจะมีผลให้แมลงเกิดการต้านทานต่อสารเคมีฆ่าแมลงได้ (Sakthivadivel and Thilagavathy, 2003) สำหรับวิธีการควบคุมโรคที่เกิดจากยุงพาหะมีการใช้สารเคมีฆ่าแมลง และสารเคมีสังเคราะห์ต่าง ๆ ที่มีการพัฒนาขึ้นมาและใช้ในพื้นที่ต่าง ๆ เป็นจำนวนมาก โดยปัญหาหลักจากการใช้สารเคมีฆ่าแมลงนั้นได้ก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ (Omena *et al.*, 2007) ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ (Natural Product) อันได้แก่ สารที่ได้จากพืช มีการพัฒนาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วประกอบกับประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม จึงอุดมไปด้วยพืชต่าง ๆ หลายชนิด (มารศรี, 2532) ดังนั้นจึงมีการใช้สารสกัดจากพืชมาประยุกต์ใช้ในการควบคุมและกำจัดพาหะนำโรคที่เกิดจากยุงมากขึ้น และสารเคมีจากพืชที่ได้มาจากแหล่งกำเนิดของพืช มีผลต่อพฤติกรรมของตัวอ่อน (larvicides), การเจริญเติบโต และพัฒนาการของแมลง, การขับไล่, ดึงดูดและยับยั้งการวางไข่ของแมลง (Murugan *et al.*, 2007) จากรายงานการใช้สารสกัดจากพืชเพื่อกำจัดลูกน้ำยุง เช่น ญัตตรา ได้ศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดหนอนตายหยาจกต่อลูกน้ำยุงลาย พบว่ามีพิษต่อลูกน้ำยุงลาย โดยลูกน้ำจะมีอาการกระตุก ตัวบิดไปมา กระวนกระวาย และตายในที่สุด (ญัตตรา, 2528) สัมภาษณ์ ได้ศึกษาการใช้กูดเกียเพื่อควบคุมยุงพาหะนำโรค พบว่าสารสกัดที่ได้ออกฤทธิ์เป็นแบบการฆ่าลูกน้ำ โดยสารสกัดที่ใช้ 95% Ethanol เป็นตัวสกัดจะมีประสิทธิภาพในการทำลายลูกน้ำยุงทั้ง 3 ชนิด (ลูกน้ำยุง *An.dirus*, *Ae. Aegypti* และ *Cx. Quinquefasciatus*) ได้ดีกว่าการใช้สารสกัดที่ใช้น้ำสะอาดเป็นตัวสกัด (สัมภาษณ์, 2544) ศิริชัย ได้ศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากเหง้าขมิ้นชันที่มีผลต่อลูกน้ำยุงลาย พบว่า สารสกัดหยาบจากเหง้าขมิ้นชันที่สกัดเตรียมใหม่กับสารสกัดที่มีระยะเวลาการเก็บ 5 เดือน มีความเป็นพิษต่อลูกน้ำยุงลายแตกต่างกัน (ศิริชัย, 2545) สมบูรณ์ และคณะ ได้ศึกษาการใช้สารสกัดจากรากหางไหลแห้งในการควบคุมลูกน้ำยุง พบว่าสารโรทีโนนที่อยู่ในรากหางไหลแห้งมีฤทธิ์กำจัดลูกน้ำยุงได้ดี (สมบูรณ์ และคณะ, 2547)

จากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการคัดเลือกพืชบางชนิดเพื่อทดสอบหาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช มี 5 ชนิด คือ ใบยาสูบ บอระเพ็ด ใบสาบเสือ ใบรัก และเมล็ดสบู่แดง ที่มีผลต่อลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ซึ่งวิธีการใช้สารสกัดจากพืชก็เป็นอีกแนวทางหนึ่งในการลดการใช้สารเคมีฆ่าแมลง อีกทั้งยังเป็นการนำพืชที่มีอยู่ภายในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืช 5 ชนิด ได้แก่ ใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด ใบสาบเสือ ใบรัก และเมล็ดสนุ่นแดง ที่มีผลต่อลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)
3. เพื่อศึกษาการแปรรูปและทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุม ลูกน้ำยุงลายในรูปแบบของสารละลายสกัดชนิดน้ำและชนิดผง
4. เพื่อศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ปลานิล ปลาหางนกยูง และไรแดง โดยเปรียบเทียบกับสารเคมีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

สมมุติฐานของการวิจัย

1. ลูกน้ำยุงลายที่ได้รับสารสกัดจากพืชบางชนิด ได้แก่ ใบยาสูบ บอระเพ็ด ใบสาบเสือ ใบรัก และเมล็ดสนุ่นแดง จะมีการตายของลูกน้ำยุงลายต่างกัน
2. ลูกน้ำยุงลายที่ได้รับสารสกัดจากพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ จะมีการตายของ ลูกน้ำยุงลายต่างกัน
3. ลูกน้ำยุงลายที่ได้รับสารสกัดจากพืชในรูปแบบของสารละลายสกัดชนิดน้ำและชนิดผง จะมีการตายของลูกน้ำยุงลายต่างกัน
4. สิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ปลานิล ปลาหางนกยูง และไรแดง เมื่อได้รับ สารสกัดจากพืช และสารเคมีจะมีการตายต่างกัน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชที่คัดเลือกมาที่มีผลต่อการตายของลูกน้ำยุง
2. เพื่อเป็นการส่งเสริมให้มีการใช้พืชที่มีอยู่ภายในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
3. เป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากพืชที่มีอยู่ในท้องถิ่นในการกำจัดและควบคุมลูกน้ำยุง
4. ทำให้เกิดการพัฒนาในการนำสารสกัดจากพืชบางชนิดที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ได้
5. เพื่อลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อผู้ใช้และสิ่งแวดล้อม
6. เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการเผยแพร่แก่ชุมชนและผู้ที่เกี่ยวข้องเกี่ยวกับประสิทธิภาพของพืชสมุนไพรที่มีผลต่อการตายของลูกน้ำยุง

การตรวจเอกสาร

1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับยุงลาย

ยุงเป็นแมลงขนาดเล็กที่จัดอยู่ในอันดับคิพเทอร่า (Order Diptera) ซึ่งมีลักษณะสำคัญของแมลงในอันดับคิพเทอร่าคือ ระยะเวลาเต็มวัยมีปีกคู่หน้าเห็นเด่นชัดเพียงคู่เดียวใช้สำหรับบิน ส่วนปีกคู่ที่สองจะลดขนาดลงจนเห็นเป็นตุ่มเล็กๆ เรียกว่า Halteres ทำหน้าที่ในการทรงตัวขณะบิน (สุระ, 2546)

ยุงลายมีชื่อสามัญว่า Day Biting Mosquito, Yellow Fever Mosquito และ Domestic mosquito และจัดอนุกรมวิธาน ได้ดังนี้

Phylum	Arthropoda
Subphylum	Mandibulata
Class	Insecta (Hexapoda)
Order	Diptera
Suborder	Nematocera
Family	Culicidae
Subfamily	Culicinae
Genus	Aedes
Subgenus	Stegomyia

แบ่งได้เป็น 3 subfamilies คือ Culicinae, Taxorhynchitinae และ Anophelinae

ยุงใน subfamily Culicinae ได้แก่ ยุงใน genus Aedes, genus Culex และ genus Mansonia ส่วนใน subfamily Anophelinae ได้แก่ ยุงใน genus Anopheles

ลักษณะทั่วไปของยุงลาย

มีร่างกายอ่อนนุ่ม เปราะบาง แบ่งเป็น 3 ส่วนแยกออกจากกันเห็นได้ชัดเจนคือ ส่วนหัว ส่วนอกและส่วนท้อง มีขา 3 คู่ ปีก 2 คู่ อยู่บริเวณส่วนอก ปีกคู่แรกบางใส ปีกคู่หลังหดเล็กลงเป็น

ตุ่มเล็ก ๆ เรียกว่า halter ทำหน้าที่เกี่ยวกับการทรงตัว (Organ of Balancer) ยุงลายมีการเจริญเติบโตแบบ Complete metamorphosis คือ การเจริญเติบโตแบบสมบูรณ์มีระยะไข่ ระยะตัวอ่อน (ลูกน้ำ) ระยะดักแด้ (ตัวโม่ง) ระยะตัวเต็มวัย ลักษณะปากเป็นแบบแทงดูด (Piercing and Sucking) ตัวผู้มีหนวดแบบ Plumose ตัวเมียมีหนวดแบบเส้นด้าย (pilose) หนวดของยุงมีความสำคัญในการแยกเพศ (วลัยรัตน์, 2539) ยุงลายตัวเต็มวัยมีขนาดยาวประมาณ 4-5 มิลลิเมตร มีสีดำหรือสีน้ำตาล ลักษณะสำคัญของยุงลายตัวเต็มวัยคือ ปีกจะปกคลุมด้วยเกล็ดขนาดเล็กและแคบทุกเกล็ดมีขนาดเท่ากันหมด และมีสีดำเหมือนกันตลอดทั้งปีกคือสีเทาและสีน้ำตาล ยุงลายเกือบทุกชนิดด้าน Dorsal ของส่วนหลังจะมีกลุ่มเกล็ดสีขาวเรียงตัวเป็นลายหรือริ้วแทรกกลุ่มเกล็ดสีเทาหรือสีน้ำตาล ทำให้เกิดมีลวดลายสีขาวตรงอกด้านบน โดยยุงลาย *Aedes aegypti* จะมีกลุ่มเกล็ดสีขาวลักษณะเป็นรูปเคียวสีขาว 1 คู่ ตามด้านข้างแผ่นที่คลุมด้านบนของท้องในแต่ละปล้องมีกลุ่มเกล็ดสีขาวแทรกเป็นแผ่นบนพื้นสีเทาหรือสีน้ำตาล ทำให้มองดูตามด้านข้างของท้องมีลายสีขาว ตรงปล้องข้อต่อของขาจะมีลายขาวพาดขวาง (สุระ, 2546)

วงจรชีวิตของยุงลาย

ยุงลายชนิดนี้เป็นพาหะนำโรคที่สำคัญในประเทศไทย พบได้ทั่วประเทศทั้งในเขตเมืองและชนบท โดยเฉพาะอย่างยิ่งชุมชนที่เจริญแล้ว ยุงลายชอบอยู่ใกล้ชิดกับคน ชอบอาศัยอยู่ภายในบ้านมากกว่านอกบ้าน และชอบกินเลือดคนมากกว่าเลือดสัตว์ (ทรงพร, 2542) นอกจากนี้ยุงลาย *Aedes aegypti* Linnaeus. ยังเป็นพาหะสำคัญในเอเชียด้วย วงจรชีวิตของยุงลายมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างสมบูรณ์ (complete metamorphosis) การเจริญเติบโตของยุงลายแบ่งเป็น 4 ระยะ ได้แก่ ไข่ (egg), ลูกน้ำ (larva), ตัวโม่ง (pupa) และตัวเต็มวัย (adult) แต่ละรูปร่างและอายุแตกต่างกัน ระยะเวลาที่ใช้ในการเจริญเติบโต แตกต่างกันตามสภาพแวดล้อม ได้แก่ อุณหภูมิ อาหาร ความหนาแน่น ฯลฯ และสายพันธุ์ของยุงลาย ในภูมิภาคประเทศไทย อุณหภูมิประมาณ 28-35 องศาเซลเซียส ยุงลายใช้เวลาในการเจริญเติบโตจากไข่จนกระทั่งเป็นตัวเต็มวัยประมาณ 9-14 วัน และขยายพันธุ์ได้เร็วมาก (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2542) วงจรชีวิตของยุงลายเป็นดังนี้ คือ

ระยะไข่ (egg) ลักษณะยาวรี เป็นฟองเดี่ยว ขนาดประมาณ 1 มม. ออกมาใหม่ ๆ มีสีขาว ส่วนใหญ่ติดอยู่ที่ข้างภาชนะเหนือระดับน้ำเล็กน้อย ส่วนน้อยประมาณร้อยละ 10-20 ที่ลอยอยู่บนผิวน้ำ ไข่จะเปลี่ยนเป็นสีดำภายใน 12-24 ชั่วโมง ตามแต่สภาพอากาศ ไข่ที่ออกมาใหม่ ๆ ยังไม่

เจริญเต็มที่ใช้เวลาประมาณ 1-2 วัน จึงพร้อมที่จะฟักเป็นลูกน้ำยุง ยุงลายตัวหนึ่งวางไข่ประมาณ 50-150 ฟอง/ครั้ง ขึ้นอยู่กับความสมบูรณ์ของตัวแม่พันธุ์และปริมาณเลือดที่ได้รับ แม่ยุงลายจะไม่วางไข่พร้อมกันหมด แต่จะวางไข่ครั้งละ 10-100 ฟอง ตลอดชีวิตวางไข่ได้ 1-7 ครั้ง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2542) ตามปกติยุงลายจะชอบวางไข่ในภาชนะที่ใส สะอาด นิ่ง โดยเฉพาะน้ำฝนเป็นน้ำที่ยุงลายชอบวางไข่มากที่สุด (ทรงพร, 2542) และบนพื้นผิวที่เปียก ด้านในของภาชนะขังน้ำเหนือระดับน้ำเล็กน้อย (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2550)

ระยะลูกน้ำ (larvae) รูปร่างแบ่งออกเป็น 3 ส่วน คือ ส่วนหัว ส่วนอก ส่วนท้อง ซึ่งมีลักษณะสำคัญดังนี้ คือ

ส่วนที่ 1 บริเวณหัวมีหนวด 1 คู่ เป็นแท่ง ไม่มีขนเป็นแท่ง

ส่วนที่ 2 บริเวณอกตรงส่วนกลาง และอกส่วนหลัง 2 ข้าง จะมีหนามแหลม (lateral spines) ซึ่งมีข้างละ 1 คู่

ส่วนที่ 3 บริเวณปล้องที่ 8 จะมีขน 1 แถว ประมาณ 7-8 อัน ที่เรียกว่า comb scale มีลักษณะเป็น 3 ง่าม

ส่วนที่ 4 บริเวณท่ออากาศ หรือท่อหายใจ (siphon) มีกระดูกขน 1 คู่ และมี pecten tooth รูปร่างคล้ายมีดโค้งมีหนามแหลมตรงบริเวณเส้น siphon ก่อนข้างด้านบนและดำ

การเจริญเติบโตมี 4 ระยะ โดยระยะที่ 1 มีขนาดประมาณ 1 มม. เมื่อเติบโตเต็มที่กลายเป็นระยะที่ 4 จะมีขนาด 6-7 มม. โดยใช้เวลาประมาณ 5-7 วัน ที่อุณหภูมิ 28-35 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิและอาหาร อาหารของลูกน้ำได้แก่ ตะไคร่น้ำ อินทรียสารต่าง ๆ และจุลินทรีย์เล็ก ๆ ในคู่ม่น้ำ ลูกน้ำยุงลายกินอาหารที่บริเวณด้านข้างและก้นภาชนะ โดยใช้ขนบริเวณปากพัดโบก จุลินทรีย์ในน้ำเข้าไป หรือใช้ปากแทะเล็มเศษอินทรียสาร ในภาวะที่มีอาหารสมบูรณ์จะโตเร็ว ใช้เวลาช่วงนี้สั้น และลูกน้ำใช้เวลาประมาณ 95 % ของช่วงวัยนี้ไปกับการหาอาหาร (สุทัศน์, 2547) ขณะที่เป็นลูกน้ำจะหายใจผ่านทางรูหายใจด้านข้างลำตัว (spiracle) และยังมีท่อหายใจสีเข้มอยู่ที่ส่วนปลายของท้อง เรียกว่า siphon บริเวณท่อหายใจมีลิ้นเปิดปิดได้ และมีระบบป้องกันน้ำผ่านเข้าสู่ทางเดินหายใจ ปกติลูกน้ำจะลอยตัวทำมุม 90° กับผิวน้ำ แต่เมื่อมีแสงและเงาหรือถูกรบกวน

จะหลบลงสู่กันภาชนะ ในการเปลี่ยนแปลงระยะการเจริญเติบโตของลูกน้ำต้องมีการลอกคราบทุกครั้ง หลังจากลอกคราบครั้งสุดท้ายจะกลายเป็นตัวโม่ง (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2542) การเคลื่อนไหวของลูกน้ำมีการเคลื่อนไหวรวดเร็ว เมื่อมีเงาหรือมีการเคลื่อนไหวหรือมีแสง เช่น ขณะเปิดตุ่มน้ำจะรีบดำลงใต้ผิวน้ำลึกทันที ลักษณะการว่ายน้ำคล้ายงูเลื้อย เวลาลอยตัวเอาหัวปักใต้ผิวน้ำ siphon ซึ่อยู่เหนือลำตัวจะตั้งตรงมากกว่าลูกน้ำยุงรำคาญ (จารุณี, 2544) และถ้านำมาดูภายใต้กล้องจุลทรรศน์จะเห็นว่า บริเวณอกด้านข้างจะมีหนามแหลมข้างละ 2 อัน เห็นได้ชัดเจน มีลักษณะการว่ายน้ำเป็นรูปเลข 8 หรือรูปตัว s ระยะลูกน้ำเป็นระยะที่ง่ายต่อการกำจัดเนื่องจากอาศัยอยู่ในภาชนะขังน้ำไม่สามารถหนีได้เหมือนตัวเต็มวัย (กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2550)

ระยะตัวโม่ง (pupa) จากระยะลูกน้ำ จะมีการลอกคราบและเปลี่ยนแปลงรูปร่างเป็นตัวโม่ง ไม่มีขา รูปร่างคล้ายเครื่องหมายจุลภาค (.) (จารุณี, 2544) เมื่อตัวโม่งออกมาใหม่ ๆ มีสีน้ำตาล ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีดำมีท่อหายใจคู่หนึ่งอยู่ตอนหัวลักษณะคล้ายแตร เรียกว่า trumpets มีนิสัยชอบลอยนิ่งอยู่บนผิวน้ำ แต่จะเคลื่อนที่เร็วมากเมื่อถูกรบกวน ตัวโม่งไม่กินอาหาร จึงไม่สามารถกำจัดได้ด้วยผลิตภัณฑ์ประเภทกินเข้าไปแล้วตาย เช่น จุลินทรีย์ ควรใช้ตัวทำหรือน้ำมันลดแรงตึงผิว (oil surfactant) แทน ตัวโม่งลอกคราบแล้วกลายเป็นยุง ใช้เวลาในการเจริญเติบโต 1-2 วัน ที่อุณหภูมิ 28-35 องศาเซลเซียส

ระยะตัวเต็มวัย (adult) ลักษณะที่เห็นได้ชัดคือ ลำตัวและขา มีจุดลายดำสลับขาว ขนาด 4-5 มม. มี 3 forms ได้แก่ type form ซึ่งพบทั่วไป queenslandensis ตัวสีดำ เป็นยุงลายบ้าน และ formosus ตัวดำเป็นยุงลายป่า ยุงตัวผู้ลอกคราบออกมาก่อนยุงตัวเมียและมีขนาดเล็กกว่า ลักษณะต่างกันตรงหน้าอก ยุงตัวผู้หน้าอกหนาเป็นพุ่ม คูดน้ำหวานจากเกสรดอกไม้ และอาหารของมนุษย์เพื่อไปสร้างพลังงาน ยุงตัวเมียมีหน้าอกบางและสัน นอกจากน้ำหวานแล้วยังต้องการเลือดสำหรับนำไปใช้ในการเจริญของไข่ ปริมาณเลือดที่กินครั้งละ 0.75 มิลลิกรัม ยุงลายมักใช้ความพยายามหาเหยื่อที่ชอบ (คน) อย่างอดทนจนกระทั่งได้กินเลือดอิ่ม แต่หากถูกรบกวนขณะกินเลือดจะกลับมามาหาเหยื่อรายเดิมหรือรายใหม่อีกครั้ง โดยทั่วไปยุงตัวผู้มีอายุเป็นสัปดาห์ถึงหนึ่งเดือน ขณะที่ยุงตัวเมียอายุ 1-3 เดือน แต่ในภาวะที่มีอาหารอุดมสมบูรณ์และอุณหภูมิเหมาะสม (ประมาณ 28 องศาเซลเซียส) ของห้องปฏิบัติการอาจจะมีชีวิตอยู่ได้ 3-6 เดือน (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข, 2542) ยุงลาย *Aedes aegypti* เป็นยุงที่ไม่ชอบแสงแดดและลมแรงจึงหากินไม่ไกลจากแหล่งกำเนิด (ทรงพร, 2542) และยุงตัวเมียต้องการหาอาหารพวกโปรตีน เช่น เลือดคน เลือดสัตว์

เพื่อใช้ในการสร้างไข่ ส่วนยุงตัวผู้จะกินอาหารพวกคาร์โบไฮเดรต เช่น น้ำหวานจากเกสรดอกไม้ (ศิริชัย, 2545)

2. การแพร่กระจายของโรค

โรคไข้เลือดออกติดต่อกันได้โดยมียุงลาย *Aedes aegypti* เป็นตัวนำที่สำคัญ โดยยุงตัวเมีย ซึ่งกัดเวลากลางวันและดูดเลือดคนเป็นอาหาร จะกัดดูดเลือดผู้ป่วยซึ่งในระยะไข่สูงจะเป็นระยะที่มีไวรัสอยู่ในกระแสเลือดเชื้อไวรัสจะเข้าสู่กระเพาะยุง เข้าไปอยู่ในเซลล์ที่ผนังกระเพาะ เพิ่มจำนวนมากขึ้นแล้วออกมาจากเซลล์ผนังกระเพาะเดินทางเข้าสู่ต่อมน้ำลายพร้อมที่จะเข้าสู่คนที่ถูกกัดในครั้งต่อไป ซึ่งระยะฟักตัวในยุงนี้ประมาณ 8-10 วัน การแพร่เชื้อบางครั้งอาจเกิดทันทีหลังจากยุงกัดผู้ป่วยดูดเชื้อไวรัสเข้าไปขณะที่กำลังกัดดูดเลือดถูกรบกวนก่อนที่จะดูดเลือดอ้อม ยุงจะไปกัดคนอื่นต่อ (multiple feeding) และปล่อยเชื้อไวรัสไปยังผู้ที่ถูกกัดได้ เมื่อเชื้อเข้าสู่ร่างกายคนผ่านระยะฟักตัวประมาณ 5-8 วัน ก็จะทำให้เกิดอาการของโรคได้ (กรมควบคุมโรคติดต่อ, 2544)

3. การควบคุมยุงลาย

3.1 การบริหารจัดการแหล่งเพาะพันธุ์ (Breeding place management)

การจัดการกับภาชนะซึ่งเป็นแหล่งเพาะพันธุ์จะต้องคำนึงถึงลักษณะการใช้งาน เช่น โอ่งใส่น้ำดื่ม น้ำใช้ บ่อคอนกรีตขังน้ำในห้องน้ำ แจกันภาชนะใส่ต้นไม้ น้ำ ควรปิดฝาภาชนะให้มิดชิดด้วยผ้าตาข่าย อลูมิเนียมหรือแผ่นโลหะ ทำความสะอาดขจัดล้างโอ่ง ระบายน้ำทิ้งเปลี่ยนน้ำในแจกันทุก 4-5 วัน ส่วนภาชนะที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ เช่น ยางรถยนต์ โอ่ง อ่างแตก ควรมีการกำจัดทิ้งหรือนำไปดัดแปลงใช้ให้เกิดประโยชน์อย่างอื่น สำหรับแหล่งเพาะพันธุ์ในธรรมชาติ เช่น โพรงไม้ กาบใบพืช กระจับอกไม้ไผ่ สามารถป้องกันไม่ให้มันเป็นแหล่งเพาะพันธุ์โดยใส่ดินทราย อุดด้วยซีเมนต์หรือฉีดพ่นสารกำจัดลูกน้ำซึ่งอาจใช้สารเคมีหรือสารชีวภาพ

3.2 การควบคุมโดยใช้สารเคมี (Chemical control)

ประเภทของสารเคมีที่ใช้ในประเทศไทย อาจแบ่งได้ดังนี้ คือ

- สารเคมีกลุ่มออร์แกนโนคลอรีน (Organochlorine Compounds) สารเคมีที่นำมาใช้ เช่น ดีดีที, BHC การใช้จะเป็นแบบสารละลายธรรมดา อิมัลชัน หรือเป็นชนิดตะกอนแขวนลอย

- สารเคมีกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต (Organophosphorus Compounds) เนื่องจากพัฒนาการของยุงพาหะ ซึ่งคือต่อสารเคมีกลุ่มออร์แกนโนคลอรีนในบางพื้นที่ ทำให้ต้องใช้สารเคมีกลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต และกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate) ทดแทน สารเคมีกลุ่มนี้มีราคาแพงกว่า มีฤทธิ์ตกค้างสั้นกว่ากลุ่มแรก คือ มีฤทธิ์ตกค้างประมาณ 3-5 เดือน ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มนี้ เช่น fenitrothion, malathion, dichlorvos ฯลฯ

- สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมต (Carbamate Compounds) สารเคมีกลุ่มคาร์บาเมตมีพิษต่อยุงพาหะมากกว่ากลุ่มออร์แกนโนฟอสเฟต มีผลให้พิษของสารฟุ้งกระจายในอากาศ (airborn effect) ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มนี้ เช่น propoxur, bendiocarb, methomyl ฯลฯ

- สารเคมีกลุ่มไพรีทรอยด์สังเคราะห์ (Synthetic Pyrethroid Compounds) สารเคมีกลุ่มนี้มีฤทธิ์ค่อนข้างดีในการกำจัดยุงพาหะ มีพิษต่อคนหรือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม ตัวอย่างสารเคมีกลุ่มนี้ เช่น permethrin, deltamethrin, lambda-cyhalothrin ฯลฯ

- สารเคมีจากธรรมชาติ (Natural Products) ในธรรมชาติมีดอกไม้และพืชบางชนิดที่สามารถสร้างสารออกฤทธิ์ในการกำจัดแมลงอย่างได้ผล เช่น มีการนำดอกไพรีทรัมแห้งมาดใช้กำจัดยุงและแมลงในบ้าน เป็นต้น

สารที่ใช้ฆ่าแมลง (insecticides) อาจแบ่งได้เป็น 3 พวก คือ

1. สารที่ฆ่าแมลงหลังจากแมลงกินเข้าไป (Stomach poisons)
2. สารที่ฆ่าแมลงโดยการสัมผัสกับตัวแมลง (Contact poison)
3. สารที่ฆ่าแมลงโดยแมลงสูดดมเข้าไป (Fumigants)

สารหลายชนิดจะมีฤทธิ์ไม่แน่นอนว่าจะจัดอยู่ในพวกใด หรือบางชนิดอาจฆ่าแมลงโดยมีฤทธิ์มากกว่า 1 อย่าง (นิจสิริ และ พยอม, 2534)

- สารที่ฆ่าแมลงหลังจากแมลงกินเข้าไป (Stomach poisons) เป็นสารที่ใช้ฆ่าแมลงที่กัดแทะ เช่น กินใบพืช ผล หรือดอก ได้แก่ ดักแค่น หนอนต่าง ๆ ค้าง ปลวก เป็นต้น สารเคมีที่จัดอยู่ในพวกนี้ได้แก่สารพวก arsenicalsทั้งหลาย rotenone จากโลตัสก็มีฤทธิ์จัดอยู่ในพวกนี้ด้วย

- สารที่ฆ่าแมลงโดยการสัมผัสกับตัวแมลง (Contact poisons) ใช้ฆ่าแมลงที่ดูดน้ำจากใบและยอดของต้นไม้ เช่น เพลี้ยหอย เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยไฟ เพลี้ยอ่อน แมลงพวกนี้ตายเพราะสารฆ่าแมลงซึมผ่านผิวหนังหรือผ่าน connective tissue หรือผ่านหลอดลมเข้าไป สารเคมีที่จัดอยู่ในพวกนี้ได้แก่ DDT BHC (benzene hexachloride) เป็นต้น สารฆ่าแมลงที่ได้จากพืชส่วนใหญ่จัดอยู่ในพวกนี้ด้วย เช่น pyrethrins rotenone nicotine sulphate solution เป็นต้น

- สารฆ่าแมลงโดยแมลงสูดดมเข้าไป (Fumigants) เป็นสารที่สามารถระเหยอยู่ในรูปของก๊าซได้โดยเฉพาะที่อุณหภูมิธรรมดา ในความเข้มข้นและปริมาณที่สูงพอก็จะเป็นอันตรายต่อแมลงถึงตายได้ ตัวอย่างเช่น carbon disulphide, hydrogen cyanide, sulphur, dioxide, nicotine เป็นต้น

3.3 การควบคุมโดยใช้วิธีทางชีววิทยา (Biological control)

- การใช้ปลากินลูกน้ำ (Larvivorous fish)

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 ปลากินลูกน้ำนี้สามารถทำลายยุงพาหะในระยะที่วงจรชีวิตอยู่ในน้ำได้ ทั้งในระยะเป็นไข่ ระยะลูกน้ำหรือระยะตัวมอด ปัจจุบันได้มีหลายประเทศใช้ปลากินลูกน้ำ สำหรับควบคุมยุงพาหะของโรคไข้เลือดออก เช่น มณฑลทกวงสีใช้ปลาดุกจีน (*Charias cusus*) กำจัดลูกน้ำยุงลาย นอกจากนี้มีปลานิล (*Tilapia mossambicus*) ปลาแกมบูเซีย (*Gambusia affinis*) เป็นต้น

- ตัวห้ำ (Invertebrate predators)

ตัวห้ำเป็นศัตรูตามธรรมชาติที่สามารถควบคุมประชากรของยุงได้ เช่น แมลงเห็บ, แมลงด้บเต่า, ไรน้ำจืดหรือโคปีปอด (copepod), ตัวอ่อนแมลงปอ (dragonfly), ลูกน้ำยุงยักษ์ (*Toxorhynchites*) ยุงยักษ์ตัวเมียไม่กัดกินเลือด แต่ลูกน้ำของยุงยักษ์ชอบกินลูกน้ำยุงก้นปล่อง ยุงรำคาญหรือยุงลาย อย่างไรก็ตามไม่สามารถใช้ลูกน้ำยุงยักษ์ร่วมกับสอร์โมนได้เพราะสอร์โมนไปยับยั้งการเจริญเติบโตจนกระทั่งลูกน้ำยุงยักษ์ตาย

- หนอนพยาธิ (Nematode)

หนอนพยาธิใน Family Mermithidae ได้มีผู้นำมาศึกษาควบคุมยุง ตัวที่ได้รับ ความสนใจ คือ *Romanomermis culicivorax* ซึ่งสามารถลดจำนวนลูกน้ำยุงได้มาก และสามารถอาศัยอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงได้ โดยสามารถเพิ่มปริมาณได้เองตามธรรมชาติ หนอนพยาธิบางสกุลสามารถนำมาใช้ควบคุมลูกน้ำยุงพาหะได้เป็นบริเวณกว้างในแถบอบอุ่นและแถบร้อน แต่ปริมาณของหนอนพยาธิที่นำมาใช้ควบคุมจะต้องมีปริมาณมากพอ

- เชื้อรา (Fungi)

เชื้อราในสกุล *Tolypocladium*, *Penicillium*, *Coelomomyces* ที่มีการศึกษาพบว่าสามารถใช้ควบคุมยุงได้ บางชนิดสามารถเพิ่มปริมาณในตัวลูกน้ำยุงทำให้ลูกน้ำตายได้และจุลชีพเหล่านี้สามารถเพิ่มปริมาณในตัวลูกน้ำยุงทำให้ลูกน้ำตายได้

- แบคทีเรีย (Bacteria)

แบคทีเรียที่สามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้ผลดีคือ *Bacillus thuringiensis* serotype H-14 เป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างสปอร์และขับสารพิษ (toxin) เมื่อลูกน้ำกินแบคทีเรียเข้าไปสารพิษนี้จะไปทำปฏิกิริยาเกิดพิษในกระเพาะ ทำให้ลูกน้ำตายภายในเวลาไม่ถึงชั่วโมง

- โปรโตซัว (Protozoa)

ในสกุล *Lambornella*, *Edhazadia*, *Tetrahymena* สามารถทำลายลูกน้ำยุงได้ แต่ขบวนการช้ากว่าแบคทีเรีย

- ไมโคพลาสมา (Mycoplasma)

สกุลที่พบว่าสามารถใช้ควบคุมยุงลายได้ คือ *Spiroplasma* แต่ประสิทธิภาพในการทำลายช้า ทำให้ลูกน้ำยุงตายระหว่างการเจริญเติบโต บางส่วนกลายเป็นตัวเต็มวัยได้แต่อาจจะบินไม่ได้หรือมีความผิดปกติ

3.4 การควบคุมโดยวิธีทางพันธุกรรม (Genetic control)

การควบคุมโดยวิธีทางพันธุกรรม เช่น การทำให้โครโมโซมของยุงพาหะเปลี่ยนแปลงไปไม่สามารถนำเชื้อได้ หรือทำให้ยุงไม่สามารถสืบพันธุ์หรือเพิ่มปริมาณได้ วิธีการนี้ไม่ทำให้ยุงตายแต่ยุงจะถูกควบคุม เช่น ยุงตัวผู้ถูกทำให้เป็นหมัน โดยการผ่านกัมมันตรังสีหรือโดยใช้สารเคมีซึ่งจะทำให้เชื้อในยุงตัวผู้กลายพันธุ์ การใช้สารเคมีทำให้ยุงเป็นหมันมีความยุ่งยากน้อยกว่าการใช้กัมมันตภาพรังสี แต่สารเคมีมักมีพิษมักมีพิษต่อสัตว์เลื้อยคลานทำให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมและธรรมชาติเสียสมดุล

4. ปฏิบัติการออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลง

กลไกการออกฤทธิ์ (mode of action) ของสารฆ่าแมลง หมายถึง วิธีทางซึ่งสารฆ่าแมลงเป็นสาเหตุให้แมลงหรือสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ตาย การที่จะสรุปได้อย่างแน่นอนว่าแมลงหรือสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ถูกทำให้ตายได้อย่างไรทำได้ค่อนข้างยาก เนื่องจากกระบวนการทางชีวเคมีในการดำรงชีพของสิ่งมีชีวิตนั้นมีความซับซ้อนยุ่งยากมาก การตายอาจเป็นผลรวมเนื่องมาจากผลหรือปรากฏการณ์หลายอย่าง ซึ่งเกี่ยวข้องกับการผิดปกติหรือกระบวนการมากกว่าหนึ่งอย่าง (ฤชอรและนที, 2550)

4.1 สารฆ่าแมลงผ่านเข้าภายในลำตัวแมลงได้ 3 วิธีทาง ได้แก่

4.1.1 การแทรกซึมผ่านชั้นคิวติเคิล (cuticle) ที่ผนังลำตัวของแมลง

อัตราการแพร่ผ่านชั้นคิวติเคิลขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น สภาพมีขั้ว (polarity) ของสารฆ่าแมลงและคุณสมบัติของชั้นคิวติเคิลในการเป็นตัวกีดขวางการผ่านเข้า

ซึ่งมีองค์ประกอบของคิวติเคิลเป็นปัจจัยสำคัญ โครงสร้างคิวติเคิลประกอบด้วย 2 ชั้นหลัก ได้แก่ ชั้นในเรียกโปรคิวติเคิล (procuticle) ประกอบด้วยไกลโคโปรตีน (glycoprotein) และไคติน (chitin) เป็นองค์ประกอบหลัก ชั้นนอกเรียกอีพิกิวติเคิล (epicuticle) ซึ่งมีลิพิดและลิพโพรตีนเป็นองค์ประกอบหลัก อีพิกิวติเคิลเป็นส่วนนอกสุดของคิวติเคิลเปรียบเสมือนเปลือกหุ้มลำตัว ซึ่งแม้จะมีความหนาเพียงไม่กี่ไมครอนแต่ก็มีความสำคัญมาก เนื่องจากองค์ประกอบส่วนใหญ่มีคุณสมบัติชอบน้ำมัน (lipophilic) อีพิกิวติเคิล (epicuticle) มีชั้นไขมัน (wax layer) ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีแตกต่างกันในหมู่แมลง และเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งในการอธิบายความแตกต่างในการสร้างความต้านทานของแมลงต่อสารฆ่าแมลง

4.1.2 การผ่านเข้าทางช่องหายใจ (spiracle) เข้าสู่ระบบท่อหายใจ (tracheal system)

สารฆ่าแมลงที่แทรกซึมผ่านคิวติเคิล หรือผ่านทางช่องหายใจเข้าไปในตัวแมลงแล้วจะเข้าสู่ฮีโมลิมฟ์ (haemolymph) ซึ่งจะเป็นตัวพาไปยังอวัยวะหรือตำแหน่งเป้าหมายในการออกฤทธิ์ หรือไปสะสมในอวัยวะหรือเนื้อเยื่อต่าง ๆ และอาจมีเมแทบอลิซึมหรือการขับถ่ายออกจากร่างกาย

4.1.3 การผ่านทางปากเข้าสู่ทางเดินอาหาร

สารฆ่าแมลงมักถูกกลืนปนกับอาหาร จากนั้นจึงแพร่ผ่านทางเดินอาหารเข้าสู่ฮีโมลิมฟ์ ซึ่งจะเป็นตัวพาแพร่กระจายต่อไปเช่นเดียวกัน

4.2 ขั้นตอนการเกิดพิษ

สารฆ่าแมลงจะก่อให้เกิดผลเสียหรือออกฤทธิ์เป็นพิษต่อแมลงได้ เมื่อสารฆ่าแมลงนั้นหรือเมแทบอลิซึม (metabolism) ซึ่งเป็นอนุพันธ์จากการเปลี่ยนแปลงทางชีวภาพ (biotransformation) สามารถกระจายเข้าสู่หรือจับตัวกับตัวรับ (receptor) ที่มีอยู่ในระบบชีวภาพได้ ตัวรับอาจเป็นโมเลกุลจำเพาะหรืออาจเป็นเพียงส่วนหนึ่งของโมเลกุล โดยจะต้องมีปริมาณหรือความเข้มข้นสูงพอและในเวลานานพออีกด้วย ลำดับขั้นตอนการเกิดพิษของสารฆ่าแมลงต่อระบบประสาท ขั้นตอนจะเริ่มจากการที่สารฆ่าแมลง ซึ่งโดยทั่วไปเป็นโมเลกุลของสารอินทรีย์ขนาดเล็กทำปฏิกิริยากับชีวสารเป้าหมาย ซึ่งเป็น macromolecule เช่น เอนไซม์ สารสื่อประสาท

(neurotransmitter) กรดนิวคลีอิก โปรตีน คาร์โบไฮเดรต หรือลิพิดบางพวก ซึ่งโมเลกุลเหล่านี้มักเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางชีวเคมีในการดำรงชีวิตที่สำคัญ การทำปฏิกิริยาของสารฆ่าแมลงกับชีวสารเป้าหมายระดับโมเลกุล ทำให้เกิดความผิดปกติต่อเนื่องไปยังระดับออร์แกนเซลล์ของเซลล์ระดับเซลล์ โครงข่ายของเซลล์ และระบบ ตามลำดับ ในขั้นนี้แมลงอาจแสดงความผิดปกติทางพฤติกรรมและอาจตายในที่สุด

5. กลไกการออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงต่อระบบประสาท

การทำงานของระบบประสาท มีหน้าที่ควบคุมและประสานงานการทำงานของร่างกาย ในการตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อมภายในและภายนอกร่างกาย นอกจากนั้นยังทำงานร่วมกับระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine system) เพื่อควบคุมและประสานการทำงานของระบบต่าง ๆ ในร่างกาย ระบบประสาทมีโครงสร้างที่ค่อนข้างซับซ้อน ประกอบด้วยเซลล์ประสาท (neuron) จำนวนมาก ประกอบกันเป็น 2 ระบบหลัก คือ ระบบประสาทกลาง (central nervous system) และระบบประสาทรอบนอก (peripheral nervous system)

6. ผลต่อการเติบโตและการพัฒนาการของแมลง

สารฆ่าแมลงที่มีกลไกการออกฤทธิ์ โดยมีผลรบกวนการเปลี่ยนแปลงรูปร่าง (metamorphosis) หรือการเติบโตและการพัฒนาการโดยปกติของแมลง เรียกว่า สารควบคุมการเติบโตและการพัฒนาการของแมลง (insect growth regulator; IGR) ซึ่งแบ่งได้ 2 กลุ่ม ตามความแตกต่างของกลไกการออกฤทธิ์ คือ กลุ่มเบนโซอิลเฟนิลยูเรีย ซึ่งมีผลต่อการสร้างผนังลำตัวโดยยับยั้งการสร้างไคติน (chitin) และลดอัตราการดำรงชีวิตของแมลงที่กำลังมีการพัฒนาการเติบโต และกลุ่มสารคล้ายฮอร์โมนหรือสารยับยั้งการสร้างฮอร์โมนซึ่งมีผลเสียต่อสมดุลของฮอร์โมนทำให้การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของแมลงผิดปกติ

7. กลไกการออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงต่อระบบหายใจ

สิ่งมีชีวิตได้พลังงานจากกระบวนการหายใจ โดยการเปลี่ยนโมเลกุลของสารอินทรีย์ซึ่งได้จากอาหารให้เป็นพลังงาน พลังงานที่ได้จากกระบวนการหายใจนี้ถูกจับไว้ในพันธะฟอสเฟตของ ATP และจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการทางชีวเคมีต่าง ๆ กลไกการออกฤทธิ์ของสารฆ่าแมลงต่อ

ระบบทางเดินหายใจ ส่วนใหญ่เกิดจากการมีผลกระทบหรือยับยั้งการทำงานของเอนไซม์เฉพาะ
ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างทางเคมีของสารฆ่าแมลงแต่ละชนิด

8. วิธีการทดสอบความเป็นพิษกับแมลงและสัตว์ทดลองอื่น ๆ (toxicity test methods in insects and other animals)

ในการประเมินค่าความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืช สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 วิธีหลัก
ที่สำคัญ คือ การทดสอบธรรมดา (conventional testing methods) และการทดสอบเฉพาะกรณี
(specialized testing methods)

8.1 การทดสอบวิธีธรรมดา (conventional testing methods)

8.1.1 วิธีการหยดทางด้านบน (topical application)

ทดสอบโดยการหยดสารที่ทราบปริมาณในการทดสอบลงบนตัวสัตว์ทดลอง
เพื่อให้สารซึมผ่านชั้นผิวหนัง และแพร่เข้าสู่เส้นโลหิตฝอยไปยังส่วนต่างๆ วิธีการนี้จะเป็น
การตรวจสอบในบริเวณที่ต้องการได้ ตัวอย่างเช่น การตรวจสอบในแมลง มักใช้เครื่องมือ
ในการหยดสารกำจัดศัตรูพืช เรียกว่า ไมโครแอพริเคเตอร์ (microapplicator) เครื่องมือนี้สามารถ
ปรับปริมาณของสารกำจัดศัตรูพืชได้ในปริมาณน้อย ๆ มักใช้ทดสอบกับแมลงโดยละลายสาร
ฆ่าแมลงในตัวทำละลายที่เหมาะสม และระเหยได้เร็ว แต่อาจทำให้เกิดการแปรปรวนของผล
เนื่องจากไม่รู้ปริมาณที่แน่นอนของสารฆ่าแมลงที่เข้าสู่แมลงได้

8.1.2 วิธีการฉีดเข้าลำตัว (injection method)

เป็นการให้สารพิษโดยใช้เข็มฉีดยา ทำให้สารกระจายไปตามเส้นเลือด
และเนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยแสดงความผิดปกติเมื่อเนื้อเยื่อไม่สามารถทนรับสารพิษต่อไปได้ ทำให้
ทราบปริมาณที่เข้าสู่สัตว์ทดลองได้แน่นอน วิธีการนี้อาจนำสารพิษผสมกับสารตัวนำ

8.1.3 วิธีการจุ่มสัตว์ทดลอง (dipping method)

เป็นการจุ่มสิ่งทดลองลงในส่วนผสมของสารพิษที่ทราบความเข้มข้น เพื่อทดสอบหาความเป็นพิษของสารพิษ การทดสอบโดยวิธีนี้นี้มักใช้กับการทดสอบในตัวอ่อนแมลงใน order Lepidoptera และ Diptera เพื่อหาสารที่เหมาะสมในการกำจัดแมลงที่ต้องการควบคุมปริมาณกลไกของความเป็นพิษ จะต้องเกิดจากการที่สัตว์ทดลองได้รับสารพิษเข้าไปทางปาก ผิวหนัง และระบบการหายใจ แล้วซึมผ่านเข้าสู่อวัยวะที่แสดงการเกิดพิษต่อไป

8.1.4 วิธีการสัมผัส (contact method)

เป็นวิธีทำให้แมลงสัมผัสกับสารฆ่าแมลงที่ตกค้าง (residue exposure method) เป็นวิธีการที่ต้องทำให้สารพิษเกาะติดกับตัวของสิ่งทดลอง โดยต้องการหาความเป็นพิษจากการสัมผัส วิธีนี้จะใช้สารพิษผสมกับตัวทำละลายที่ระเหยง่าย แล้วทำการฉีดพ่นลงบนภาชนะทดสอบอาจเป็นขวดแก้ว หรือวัสดุที่ไม่มีการดูดซับ จากนั้นปล่อยให้ตัวทำละลายระเหยแห้ง ที่อุณหภูมิห้องแล้วนำแมลง หรือสัตว์ทดลองปล่อยลงเดิน สารฆ่าแมลงจะซึมเข้าสู่เนื้อเยื่อผิวของสัตว์ทดลอง และแสดงอาการเกิดพิษต่อมา ซึ่งวิธีการนี้จะให้ค่าการตายที่สูงกว่าวิธีการหยดสารกำจัดศัตรูพืชทางด้านบนถึง 20 เท่า เนื่องจากสารฆ่าแมลงบางชนิดมีค่าการระเหยค่อนข้างสูง ดังนั้นการปล่อยไว้ให้แห้งอาจมีผลต่อปริมาณที่ตกค้างได้

8.1.5 การจุ่มใบพืช (leaf dipping method)

ส่วนใหญ่ใช้กับการทดสอบหาความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชกับแมลง โดยวิธีนี้สามารถใช้เทียบเคียงได้กับพฤติกรรมของแมลง โดยตัดใบพืชที่เป็นอาหารของแมลงที่ต้องการทดสอบให้ได้พื้นที่ที่ต้องการ จากนั้นจุ่มใบพืชลงในส่วนผสมของสารละลายของสารกำจัดศัตรูพืช ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้ตัวทำละลายที่เป็นแอลกอฮอล์

8.1.6 วิธีการรมเมล็ดธัญพืช (grains fumigation method)

มักใช้กับการทดสอบการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงในผลิตผลทางการเกษตร โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเมล็ดธัญพืชที่มีการส่งออก วิธีนี้จะใช้สารที่มีการระเหยได้ดี เช่น สารเมทิลโบรไมด์ (methyl bromide), สารคลอโรปีคริน (chloropicrin) เป็นต้น

8.1.7 วิธีทำให้สารกำจัดศัตรูพืชติดแห้งกับภาชนะทดสอบ (dry film method)

เป็นวิธีการทดสอบความเป็นพิษที่ใกล้เคียงกับวิธีการสัมผัส แต่วิธีนี้จะนำสารพิษผสมกับตัวทำละลาย และตัวพาที่เหมาะสม จากนั้นฉีดพ่นหรือทาลงบนแผ่นกระดาษ หรือใบพืชอาหารของแมลง ทิ้งให้แห้งที่อุณหภูมิห้อง แล้วจึงปล่อยให้แมลงที่เป็นตัวอ่อน หรือตัวเต็มวัยลงไปทิ้งไว้ประมาณ 15-30 นาที สารพิษจะเกาะติดกับไคตินของแมลง หรือติดกับรูหายใจของแมลง จากนั้นจะซึมผ่านเข้าระบบไหลเวียนโลหิตก่อนเข้าสู่อวัยวะเป้าหมายของการเกิดพิษต่อไป

8.1.8 วิธีการพ่นฝอยหมอกทางด้านบน (topical mists method)

เป็นวิธีการที่ทดสอบความเป็นพิษโดยมีการพ่นสารกำจัดศัตรูพืชที่รู้ปริมาณ โดยใช้แรงดันอากาศผ่านท่อด้านบน แรงดันของอากาศจะทำให้เกิดสุญญากาศ และพาสารละลายที่มีสารพิษเป็นองค์ประกอบออกมาเป็นฝอยหมอกตกลงบนภาชนะที่มีแมลงทดลองอยู่ สารกำจัดศัตรูพืชที่เกาะที่ไคตินจะซึมเข้าทางด้านบน และบางส่วนของด้านท้องจากการสัมผัสกับพื้นผิวที่แมลงเดิน จากนั้นสารกำจัดศัตรูพืชจะซึมผ่านระบบไหลเวียนโลหิตสู่อวัยวะเป้าหมาย และแสดงอาการเกิดพิษต่อไป

8.1.9 วิธีคลุกเมล็ดธัญพืชด้วยสารกำจัดศัตรูพืช (grain treated method)

เป็นวิธีการที่เหมาะสมในการทำการทดสอบความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชที่มีลักษณะเป็นผง (dust) หรือผงแป้ง (powder) ทำการคลุกสารโดยใช้เครื่องมือ หรือโดยการกวน แล้วใส่แมลงหรือศัตรูพืชที่ต้องการทดสอบลงไป วิธีการนี้ต้องการทดสอบความเป็นพิษจากการกิน และทางการสัมผัสของแมลงศัตรูพืชในโรงเก็บ ในการทดสอบอาจจะใช้เวลามากกว่า 1 เดือน ในการประเมินค่าความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืชที่มีต่อแมลง เช่น การทดสอบความเป็นพิษกับมอดแป้ง (*Tribolium castaneum*) (สุรพล, 2546)

8.2 การทดสอบพิเศษ (specialized testing methods)

เป็นการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับความเป็นพิษ เพื่อจุดประสงค์ของการขึ้นทะเบียนทางการค้าของสารกำจัดศัตรูพืช เนื่องจากในการขึ้นทะเบียนทางการค้าจะต้องทราบข้อมูลต่าง ๆ เกี่ยวกับความเป็นพิษของสารให้ครบถ้วน และมากที่สุด เพื่อป้องกันปัญหาที่เกิดขึ้นกับสารกำจัดศัตรูพืช โดยวิธีการต่างๆ มีดังต่อไปนี้

8.2.1 วิธีการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันทางผิวหนัง (acute dermal method)

เป็นการทดสอบความเป็นพิษเฉียบพลันที่ผิวหนังของสัตว์ทดลอง ส่วนมากต้องการดูความเป็นพิษเฉพาะที่ ถ้าทำการทดลองกับสัตว์ที่มีขนปกคลุมจะต้องโกนขนของสัตว์ออกเสียก่อน ส่วนมากถ้าเป็นหนูทดลองจะโกนขนออกเป็นเนื้อที่ 4 ตารางเซนติเมตร แล้วทาสารที่ต้องการทดสอบโดยทำการผสมสารกำจัดศัตรูพืชที่ต้องการทดสอบให้อยู่ในรูปของครีมลงบนผิวที่โกนขนออกแล้ว จากนั้นทำการตรวจวัดความเป็นพิษในบริเวณที่ทาสารกำจัดศัตรูพืช โดยดูการระคายเคืองจากอาการที่แสดงออก เช่น คูสีของผิว และสังเกตการอักเสบ หรือดูการอักเสบ และการติดเชื้อที่ผิวหนังหลังจากการให้สาร ไปแล้วไม่เกินหนึ่งอาทิตย์ ซึ่งการอักเสบและการติดเชื้อเป็นอาการที่บอกได้ว่าเกิดความเป็นพิษจากสารกำจัดศัตรูพืช โดยทำให้เกิดภูมิคุ้มกันภายใต้ผิวหนังหมดไป หรือไปทำลายเซลล์ผิวโดยตรง

8.2.2 วิธีการทดสอบความเป็นพิษโดยการสูดดม (inhalation method)

เป็นวิธีการให้สารกำจัดศัตรูพืชผ่านเข้าสู่อากาศ แล้วผ่านเข้าสู่บริเวณที่กักสัตว์ทดลอง จากนั้นทำการวัดความเป็นพิษที่เกิดขึ้นกับสัตว์ทดลอง โดยสัตว์ทดลองจะหายใจเอาสารกำจัดศัตรูพืชเข้าไปโดยตรง ผ่านทางระบบการหายใจ วิธีการนี้ต้องใช้เครื่องมือที่เป็นโถแก้ว และต่อท่อให้สารเข้าและออกในเวลาเดียวกัน นอกจากนี้จะต้องมีเครื่องอัดอากาศบีบสารกำจัดศัตรูพืชที่เป็นไอ โดยสามารถทราบปริมาณที่เข้าสู่บริเวณที่สัตว์ทดลองอยู่ด้วย สังเกตอาการของพิษที่เกิดขึ้นต่อไป

8.2.3 วิธีการทดสอบทางชีวเคมี (biochemical method)

เป็นวิธีการที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงระบบเอนไซม์ของสิ่งมีชีวิต โดยเฉพาะเอนไซม์ทำลายพิษ (detoxification enzymes) เนื่องจากน้ำย่อยถือเป็นกลไกทำลายพิษของสิ่งมีชีวิต และเป็นด่านที่สำคัญในการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง หรือเข้าจับเกาะในลักษณะการยับยั้งแบบไม่มีการแข่งขันกับเอนไซม์ ทำให้เกิดพิษในเวลาต่อมาเนื่องจากเอนไซม์หยุดการทำงาน ในการศึกษาทางชีวเคมีนั้นมักมีการระบุวิธีการศึกษาออกเป็น วิธีการศึกษาแบบ *in vitro*, *in vivo* หรือ *in situ* เป็นต้น (สุรพล, 2546)

9. คำที่ใช้ในการศึกษาความเป็นพิษ (general technical terms used in studying toxicity)

- ค่า I_{50} เป็นค่าที่แสดงการยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ส่วนมากจะใช้แสดงความเป็นของสารกำจัดศัตรูพืชในกลุ่มออร์กาโนฟอสเฟต และคาร์บาเมต โดย I มาจากคำว่า inhibition ซึ่งเกิดจากอัตราการยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ชนิดโคลีนเอสเทอเรส ที่จุดไซแนป (synapse) ของระบบประสาท โดยเมื่อค่า I_{50} สูง สารชนิดนั้นจะเป็นสารที่มีความเป็นพิษสูงกว่าสารที่ให้ค่า I ต่ำปกติค่า I จะมีค่าตั้งแต่ 1-9

- LC_{50} (median lethal concentration) เป็นปริมาณของสารพิษต่อน้ำหนักตัวสัตว์ทดลองที่ได้รับเข้าไป ทำให้สัตว์ทดลองตายเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของสัตว์ทดลองทั้งหมด ส่วนมากใช้ทดสอบกับสัตว์น้ำ ซึ่งในการทดลองกับสัตว์ทดลองจะให้สารที่มีความเข้มข้น 3-5 ความเข้มข้นจากนั้นวัดอัตราความเป็นพิษของสาร โดยหาความเข้มข้นที่ทำให้สัตว์ทดลองตายอยู่ระหว่าง 10-90 เปอร์เซ็นต์ แล้วนำผลการทดลองมาทำเป็นกราฟ โดยให้แกนนอนเป็นค่า $\log$ อัตราความเข้มข้น และแกนตั้งเป็นค่าเปอร์เซ็นต์การตาย แล้วหาค่าเปอร์เซ็นต์การตายที่ 50 เปอร์เซ็นต์ ว่าตรงกับ ความเข้มข้นที่เท่าไร นำมาหาค่า แอนติล็อก (antilog) หาปริมาณของสารที่ทำให้ตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ได้ แต่การหาจากกราฟมักทำให้ได้ค่าที่มีความแปรปรวนสูง ดังนั้นจึงมีการนำค่ามาหาในรูปแบบของสมการถดถอยอย่างง่าย (simple linear regression)

- ค่า LD_{50} (median lethal dose) เป็นปริมาณของสารพิษต่อน้ำหนักตัวสัตว์ทดลองที่ได้รับเข้าไป ทำให้สัตว์ทดลองตายเป็นจำนวนครึ่งหนึ่งของสัตว์ที่ทำการทดลองทั้งหมด ค่านี้มี ความหมายคล้ายกับ LC_{50} เพียงแต่เป็นการทดลองกับสัตว์ทดลองที่มักใช้การทดลองในสารกำจัด

ศัตรูพืชที่เป็นสารละลาย หรือเป็นของแข็งและเป็นสัตว์ที่ไม่ได้อาศัยอยู่ในน้ำ เช่น หนอน และกระด้าง เป็นต้น

- ค่า TI (therapeutic index) เป็นค่าดัชนีของการให้ผลในทางการรักษาความเป็นพิษจากการได้รับสารพิษ ซึ่งเป็นอัตราส่วนของค่า LD_{50}/ED_{50} โดยค่านี้สามารถบอกความปลอดภัยของสารกำจัดศัตรูพืชก่อนนำมาใช้ (ถ้าค่า LD_{50} สูงจะมีค่าความเป็นพิษน้อย) โดยถ้าค่า TI สูง สารกำจัดศัตรูพืชชนิดนั้นจะปลอดภัยกว่าสารกำจัดศัตรูพืชที่ให้ค่าดัชนีที่ต่ำกว่า และค่าที่ใช้อยู่เสมอ ๆ คือ ค่าขอบเขตของความปลอดภัย (margin of safety) ซึ่งเป็นอัตราส่วนระหว่าง LD_1/ED_{99} ค่านี้ยังมีค่าสูงมากเท่าไร สารกำจัดศัตรูพืชนั้นก็ยิ่งมีความปลอดภัยมากเท่านั้น โดยปกติค่า LD_1 และ LD_{99} ของสัตว์ทดลองจะเป็นสารพันธุอ่อนแอ (susceptible) ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก ถ้าพันธุอ่อนแอ ค่าทั้งสองนี้แตกต่างกันมากก็อาจจะมีผลกระทบของยีนอื่นของสัตว์ทดลองประเภทเดียวกันได้

- ค่า TD_{50} (median toxic doses) เป็นค่าสังเกตความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืช

- ค่า ED_{50} (median effective doses) เป็นค่าสังเกตความเป็นพิษของสารกำจัดศัตรูพืช โดยเป็นปริมาณของสารพิษต่อน้ำหนักตัวที่สามารถทำให้สัตว์ทดลองแสดงอาการเป็นพิษไม่ถึงตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ของจำนวนสัตว์ทดลองทั้งหมด

- ค่า KD_{50} (median knockdown dose) เป็นค่าที่แสดงปริมาณของสารฆ่าแมลงต่อน้ำหนักตัวที่ทำให้แมลงตายครึ่งหนึ่งของแมลงที่นำมาทดลองทั้งหมด ซึ่งในบางครั้งเมื่อทำการทดลองกับแมลง จะพบสารฆ่าแมลงบางชนิดมีผลต่อระบบประสาทส่วนกลางในแมลง ทำให้แมลงแสดงอาการผิดปกติทางการเดิน การทรงตัว และทำให้แมลงตายในเวลาต่อมาได้ หน่วยที่ใช้ในการหาปริมาณของเนื้อสารพิษ 1 มิลลิกรัม ในตัวทำละลาย 1,000 กรัม พีพีบี หมายถึง ปริมาณเนื้อสารพิษ 1 มิลลิกรัม ในตัวทำละลายพันล้านกรัม และพีพีที หมายถึง ปริมาณของเนื้อสารพิษ 1 ส่วนในตัวทำละลายหนึ่งพันส่วน

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการทดลองกับสัตว์ทดลอง จะดูจากอาการที่เกิดพิษกับสัตว์ทดลองร่วมด้วย ซึ่งผลของความเป็นพิษต่าง ๆ จะแสดงค่าความเป็นพิษที่ใช้ในการประเมินค่าความปลอดภัยจากสารพิษในมนุษย์ และสิ่งแวดล้อมเช่นกัน (สุรพล, 2546)

11. ความรู้เบื้องต้นทางด้านพฤกษเคมี

การเตรียมตัวอย่างพืช

การเตรียมตัวอย่างพืชนั้นนับเป็นขั้นตอนแรกที่สำคัญ สิ่งที่มีผลต่อความแตกต่างของสารสำคัญในพืชมาจากการเก็บรักษาและเตรียมตัวอย่างพืช ความแตกต่างเนื่องจากสายพันธุ์ แหล่งที่ปลูก เป็นต้น ในการทำให้พืชแห้งบางครั้งจะทำให้ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของสมุนไพรเสียไป ในระหว่างการเก็บสมุนไพรควรพยายามควบคุมให้น้ำอยู่น้อยกว่า 5% เพื่อลดการทำงานของเอนไซม์ (enzyme) วิธีทำให้สมุนไพรแห้งโดยยังคงคุณภาพควรจะทำให้แห้งโดยวิธีที่รวดเร็วและใช้อุณหภูมิต่ำ (สายสุณีย์และคณะ, 2539) และปริมาณสารสำคัญในสมุนไพรขึ้นกับปัจจัยต่าง ๆ เช่น ฤดูกาลเก็บเกี่ยว ระยะเวลาที่เก็บพืช สภาพดิน สภาพอากาศ ปริมาณน้ำ ชนิด และปริมาณสัดส่วนของปุ๋ยและอาหารเสริม เป็นต้น ฤดูกาลที่เก็บพืชสมุนไพรมีความสำคัญมากต่อปริมาณและชนิดขององค์ประกอบสำคัญในพืชสมุนไพรควรเก็บในฤดูกาลและระยะเวลา (อายุ) ที่มีปริมาณองค์ประกอบสำคัญสูงสุดในส่วนของพืชที่ต้องการ อายุของพืชเป็นปัจจัยสำคัญที่กำหนดปริมาณและชนิดขององค์ประกอบสำคัญที่ผลิตขึ้น (รัตน, 2547) โดยทั่วไปหลักการเก็บส่วนต่าง ๆ ของพืชสมุนไพรมีดังนี้

1. รากและเหง้า เก็บหลังจากที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่แล้วและหยุดการเจริญเติบโตหากเป็นพืชล้มลุกควรเก็บเมื่อต้นตาย
2. เปลือกต้น เก็บในระยะเวลาที่เหมาะสม เช่น เปลือกต้นชิงโคนา (cinchona) เก็บเมื่อต้นมีอายุ 3-9 ปี
3. ใบและยอด เก็บก่อนที่พืชจะออกดอกหรือก่อนที่ดอกจะบาน
4. ดอก เก็บขณะที่ดอกกำลังจะบานหรือก่อนถึงเวลาผสมเกสร
5. ผล เก็บเมื่อผลเจริญเติบโตเต็มที่แต่ยังไม่สุกหรือเมื่อสุกเต็มที่ แล้วแต่ชนิดของพืชสมุนไพร
6. เมล็ด เก็บเมื่อแก่เต็มที่แล้ว แต่ควรเก็บก่อนที่ผลจะแตกออก

12. วิธีการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพร

การสกัด (extraction) หมายถึง การดึงหรือชะส่วนที่ละลายออกจากส่วนที่ไม่ละลาย (ส่วนที่เหลือ) ซึ่งอาจเป็นของแข็ง หรือของเหลวก็ได้ ด้วยการใช้ตัวสกัดที่เป็นของเหลวที่เหมาะสม ความสามารถในการสกัดจะขึ้นอยู่กับอัตราการซึมผ่าน (rate of diffusion) ของส่วนที่ละลายผ่านชั้นสัมผัสของของเหลวที่ทำหน้าที่เป็นตัวสกัด (solvent) กับสารตั้งต้นที่จะสกัด (สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์, 2546)

การสกัดสารสำคัญจากสมุนไพร (extraction of active plant material) อาจทำได้หลายวิธี ได้แก่

1. maceration เป็นกระบวนการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรโดยนำสมุนไพรมาหมักแช่ในตัวทำละลายที่เหมาะสมในภาชนะปิด หมักไว้ในระยะเวลาที่กำหนดและในระหว่างการหมักให้มีการคนด้วย เมื่อครบกำหนดตามต้องการ ค่อยๆรินเอาสารสกัดออก และบีบเอาสารละลายออกจากกาก (marc) รวมสารสกัดที่ได้นำไปกรอง ทำซ้ำจนกระทั่งการสกัดสมบูรณ์

2. infusion เป็นกระบวนการสกัดสารสำคัญ โดยหมักแช่สมุนไพรในน้ำร้อนเป็นเวลานาน ตั้งแต่ 5 นาทีถึง 2 ชั่วโมง ไม่มีการบีบกาก อุณหภูมิที่ใช้และระยะเวลาที่ใช้ในการแช่ จะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของสมุนไพรและชนิดหรือประเภทของสารสำคัญที่ต้องการสกัด

3. percolation เป็นกระบวนการสกัดสารสำคัญโดยใช้ percolator โดยหมักสมุนไพรกับตัวทำละลายพอชื้น ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง แล้วค่อยๆ บรรจุลงใน percolator เติมน้ำ solvent ลงไปให้ระดับ solvent อยู่เหนือสมุนไพรสูงประมาณ 0.5 เซนติเมตร ทิ้งไว้ 24 ชั่วโมงจึงค่อยๆ เริ่มรินเอาสารสกัดออก

4. decoction (การต้ม) เป็นกระบวนการสกัดสารสำคัญ โดยต้มสมุนไพรกับน้ำเดือดนาน 30 นาที ค่อยๆ ริน เมื่อครบกำหนดเวลาแล้วนำมากรอง และบีบกากเบาๆ

5. การสกัดแบบต่อเนื่องโดยใช้เครื่อง soxhlet (soxhlet extraction) เป็นกระบวนการสกัดสารสำคัญโดยใช้ตัวทำละลายซึ่งมีจุดเดือดต่ำ การสกัดทำได้โดยใช้ความร้อนทำให้ตัวทำละลาย

ใน flask ระเหยขึ้นไป แล้วกลั่นตัวลงมาใน thimble ซึ่งบรรจุสมุนไพรไว้ เมื่อ solvent ใน extraction chamber สูงถึงระดับที่จะเกิด siphon สารสกัดจะถูก siphon ลงไปใน flask การให้ความร้อนอาจใช้ heating mantle หรือ water-bath ตัวทำละลายจะระเหยขึ้นไปทั้งสารสกัดไว้ใน flask จนกระทั่งสมบูรณ์

6. Centrifugation เป็นการสกัดสารสำคัญจากสมุนไพรโดยการเหวี่ยง ซึ่งผลจากการเหวี่ยง ทำให้ solid แยกออกจาก liquid จะได้สารสกัดที่ใสโดยไม่ต้องกรอง

7. Extraction by thermomicrodistillation เป็นการสกัดสารโดยใช้เครื่องมือ Thermomicro Analysis and Separation Ovens (TAS oven) เป็นการสกัดสารซึ่งมีปริมาณน้อยมาก โดยนำสารใส่ลงใน cartridge ซึ่งข้างหนึ่ง seal อีกข้างหนึ่งเป็น capillary เมื่อใส่เข้าไปใน oven ความร้อนจะทำให้สารระเหย หรือระเหิดออกมาทาง capillary รองรับสารที่ระเหยหรือระเหิดออกมาด้วยแผ่น TLC แล้วจึงนำไปตรวจสอบ

13. การเลือกใช้ตัวทำละลาย

ตัวทำละลายที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้

1. เป็นตัวทำละลายที่ดีพอสำหรับสารที่ต้องการสกัด โดยอาศัยหลักเกณฑ์
 - สารจะละลายในตัวทำละลายที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกัน (like dissolves like)
 - สามารถละลายสารที่ต้องการออกมาได้มากที่สุด ในขณะที่ละลายสารที่ไม่ต้องการออกมาน้อยที่สุด (selectivity)
2. ไม่ระเหยง่ายหรือยากเกินไป
3. ไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่ต้องการสกัด
4. มีความคงตัวดี และหาง่าย ราคาถูก ไม่เป็นพิษต่อร่างกาย

5. สภาพของสมุนไพรที่ทำการสกัด เช่น เมล็ดเป็นส่วนที่มีไขมันอยู่มาก ควรจัดไขมันออกก่อนโดยการสกัดด้วยตัวทำละลายอินทรีย์ประเภทไม่มีขั้ว เช่น ปิโตรเลียมอีเทอร์ เป็นต้น แล้วจึงนำกากพืชที่เหลือไปสกัดต่อด้วยตัวทำละลายที่เหมาะสม

14. พืชที่นำมาศึกษา

14.1 ใบยาสูบ

ยาสูบเป็นพืชใบเลี้ยงคู่และเป็นพืชฤดูเดียว หมายถึง ต้องเพาะเมล็ดปลูกใหม่ทุกปี ใบคือส่วนที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์ต่าง ๆ (ชัชวาลและสาทิศ, 2547) รากมีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือผลิตสารที่เรียกว่า นิโคติน เมื่อผลิตแล้วจะส่งเก็บมาไว้ที่ใบ ก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ (อุทิศ, 2537) ยาสูบแตกต่างจากพืชอื่น เพราะมีสารประกอบไนโตรเจนหมู่หนึ่งที่เรียกว่า แอลคาลอยด์ ซึ่งมีนิโคตินเป็นส่วนใหญ่ (สุนทรและวิมลมาศ, 2524) ยาสูบถูกจัดลำดับทางพฤกษศาสตร์ ดังนี้

การจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Nicotiana tabacum</i> L.
ชื่อวงศ์	SOLANACEAE
ชื่อสามัญ	Tobacco
ชื่อท้องถิ่น	ยาสูบ, จะงั่ว
ถิ่นกำเนิด	ตอนกลางทวีปอเมริกา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ราก ยาสูบจะมีระบบรากแก้วเมื่อนำเมล็ดยาสูบไปเพาะประมาณ 10-15 วัน Radicle ในเมล็ดจะเจริญเติบโตเป็นรากแก้ว มีขนาดยาวและมีรากแขนงเกิดขึ้นจำนวนมาก การปลูกจะทำการโดยการเพาะกล้าในแปลง แล้วถอนกล้าไปปลูกอาจจะทำให้รากแก้วถูกทำลาย และมีรากแขนงเกิดขึ้นจึงคล้ายกับว่ายาสูบมีระบบรากแบบฝอย

ลำต้น ยาสูบมีลำต้นเป็นไม้เนื้ออ่อน รูปร่างตรง มีความสูงประมาณ 1-3 เมตร แล้วแต่ประเภทของยาสูบ พันธุ์ และฤดูกาล เส้นผ่านศูนย์กลางลำต้นประมาณ 1-5 เซนติเมตร ส่วนล่างของลำต้นมีลักษณะเป็นไม้เนื้อแข็ง บนส่วนต่าง ๆ ของลำต้นจะมี Granular hair ปกคลุมอยู่ทั่วไปทำให้ผิวของลำต้นเหนียวเหนอะ

ใบ ใบยาสูบเป็นใบเดี่ยว ขอบใบเรียบ ขนาดของใบจะแตกต่างกันตามประเภทของยาสูบ พันธุ์ และฤดูกาล (ชัชวาล, 2547) ใบเรียงเวียน มี 20-30 ใบในแต่ละต้น ไม่มีก้านใบ แผ่นใบรูปไข่แกมรูปใบหอกหรือรูปรีขนาด 5-50 ซม. X 5-25 ซม. ขอบใบเรียบมีลักษณะเป็นคลื่นเล็กน้อยแผ่ลงไปถึงลำต้น ตามปกติมีหูใบในส่วนโคนใบ แขนงใบแตกออกสองด้านของเส้นกลางใบ (คาราพร, 2545)

ดอก ยาสูบจะมีช่อดอกแบบ Panicle เกิดที่ส่วนยอดของลำต้น และแขนงส่วนบน เมื่อดอกบานเต็มที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 3-4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 5 เซนติเมตร ก้านดอกสั้น ยาสูบต้นหนึ่ง ๆ จะมีดอกจำนวนมาก เคลิกซ์มีสีเขียวอ่อน ฐานเชื่อมติดกันคล้ายรูปประฆัง ปลายแยกออกเป็น 5 แฉกกลีบดอกเชื่อมติดกันเป็น Corolla tube ส่วนปลายแยกออกเป็น 5 แฉก Nicotiana tabacum L. จะมีดอกเป็นสีชมพูอ่อนก่อนข้างแก่ภายในดอกมีเกสรตัวผู้ 5 อัน ซึ่งเชื่อมติดอยู่กับ Corolla tube และเกสรตัวผู้จะมีก้านชูเกสรตัวยาวอับละอองเกสรตัวผู้มีลักษณะรูปไข่ ซึ่งเป็นที่ผลิตเกสรตัวผู้ เกสรตัวเมียประกอบด้วยรังไข่ มีลักษณะโป่งอยู่ที่ส่วนล่างของยอดเกสรตัวเมีย และก้านเกสรตัวเมีย โดยปกติแล้วความยาวของเกสรตัวผู้กับยอดเกสรตัวเมียจะอยู่ในระดับเท่า ๆ กันหรือใกล้เคียงกัน จึงทำให้ยาสูบเป็นพืชที่ผสมตัวเองเป็นส่วนใหญ่

ผลและเมล็ด ของยาสูบเมื่อแก่จะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ผลหนึ่งมีเมล็ดประมาณ 2000-8000 เมล็ด เมล็ดมีสีน้ำตาล น้ำตาลเข้ม มีขนาดเล็กมาก



ภาพที่ 1 ลักษณะของต้นยาสูบ

ความเป็นพิษ ใบยาสูบไม่ใช่เป็นยาภายใน แต่มีการนำยาของใบยาสูบหรือน้ำยา nicotine มาใช้เป็นยาฆ่าแมลงในสัตว์เลี้ยง (ในทางสัตวแพทย์) ทำให้เกิดการเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงอย่างรวดเร็ว mucous surface และผิวหนังที่ไม่ถลอกดูดซึม nicotine ได้อย่างรวดเร็ว การเป็นพิษเกิดขึ้นโดยการใช้สิ่งสกัดจากใบยาสูบทาที่ผิวหนังเพื่อฆ่าตัวเบียน สัตว์เลี้ยงไม่กินใบยาสูบเพราะกลิ่นฉุน การกินโดยบังเอิญบางครั้งยาสูบอาจติดมากับหญ้าแห้ง อาการเป็นพิษหลังจากกินใบยาสูบเข้าไปแล้ว 2 ชั่วโมง รู้สึกมึนงง มีความกดดัน เกรียด น้ำลายออกมามากกว่าปกติ ม่านตาขยาย หายใจขัด ชีพจรเต้นเร็ว อุณหภูมิร่างกายสูง หหมดสติ ตายเพราะหายใจไม่สะดวก ในคนมีความต้านทานต่อ nicotine ได้มากกว่าสัตว์ ร่างกายสามารถสร้างความต้านทานได้อย่างรวดเร็ว เช่น คนสูบบุหรี่ในครั้งแรกมีอาการอาเจียน มึนงง แต่ถ้าสูบบุหรี่ในครั้งต่อ ๆ ไปจะรู้สึกสบาย และเป็นปกติ ในคนมีความทนต่อใบยาสูบหนัก 2 กรัม หรือ nicotine ได้ 60 มิลลิกรัม (นิจิสริและพยอม, 2534) และ Nicotine ในหนูมีค่าความเป็นพิษ LD_{50} เท่ากับ 50 มก./กก. (<http://www.sds.pcd.go.th>, 19 สิงหาคม 2550)

ผลต่อแมลง ใบยาสูบ *Nicotiana tabacum* Linn. มีนิโคติน (Nicotine) ซึ่งมีสารประกอบอัลคาลอยด์เป็นของเหลวที่ละลายน้ำได้เป็นสารประกอบที่มีผลต่อปมประสาทของแมลงสามารถฆ่าแมลงได้ (มารศรี, 2532) นิโคตินเป็นสารที่ละลายน้ำและสลายตัวได้เร็วมาก สารนี้เข้าสู่ตัวแมลงโดยการกินและการหายใจ ไม่สามารถซึมผ่านผิวหนังของแมลงได้ออกฤทธิ์ช้าต่อระบบประสาท แต่มีพิษรุนแรงมาก (ฤชอร และ นที, 2550)

ยาสูบที่ปลูกในประเทศไทยมี 4 ชนิด คือ

1. พันธุ์เวอร์จิเนีย ใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนียเป็นยาสูบประเภทบ่มด้วยไอร้อน (Flue-cured) (สุชาดา และ เกลิมพร, 2528) ส่วนใหญ่ปลูกกันมากทางภาคเหนือตอนบน ที่จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย ลำปาง แพร่ และน่าน เป็นต้น และมีการปลูกกันบ้างทางภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่จังหวัดหนองคายและนครพนม ใบยาประเภทนี้ใช้เป็นหลักในการทำบุหรี่ส่งออกและรอสอเมริกัน พันธุ์ที่นิยมปลูกกัน ได้แก่ พันธุ์โคเกอร์ (Coker 187 Hicks, Coker 347) และเค (K-326) เป็นต้น (อุทิศ, 2537)

2. พันธุ์เบอร์เลย์ ใบยาสูบพันธุ์เบอร์เลย์เป็นยาสูบประเภทบ่มด้วยอากาศ (Air-cured) (สุชาดา และ เกลิมพร, 2528) ส่วนใหญ่ปลูกกันมากทางภาคเหนือตอนล่าง ตั้งแต่จังหวัดสุโขทัยจนถึงเพชรบูรณ์ ใบยาประเภทนี้ใช้เป็นส่วนผสมตัวรองในการทำบุหรี่ยี่ห้ออเมริกัน พันธุ์ที่นิยมปลูกกัน ได้แก่ เบอร์เลย์ (Burley 21) และเคนทักกี (Ky 14) (อุทิศ, 2537)

3. พันธุ์เตอร์กิช ใบยาสูบเตอร์กิช หรือโอเรียนเต็ล (Oriental) เป็นยาสูบประเภทบ่มด้วยแสงแดด (Sun-cured หรือ Oriental Tobacco) มีปลูกกันเฉพาะในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเท่านั้น (สุชาดา และ เกลิมพร, 2528) เช่น จังหวัดร้อยเอ็ด มหาสารคาม ขอนแก่นและนครพนม ใบยาประเภทนี้ใช้เป็นส่วนประกอบในการทำบุหรี่ยี่ห้ออเมริกัน พันธุ์ที่นิยมปลูกกันมาก ได้แก่ แซมซูน (Samsoun) และบาสมา (Basma) (อุทิศ, 2537)

4. พันธุ์พื้นเมือง ใบยาพื้นเมืองเป็นยาสูบประเภทกึ่งบ่มแดดและบ่มอากาศ ปลูกกันหลายจังหวัดที่มีการเพาะปลูกยาสูบทั่วไป ทั้งภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคกลาง แต่ที่นำมาใช้ในกิจการของโรงงานยาสูบได้มาจากจังหวัดกาญจนบุรี และสุพรรณบุรี ใบยาประเภทนี้ใช้เป็นส่วนประกอบในการทำบุหรี่ยี่ห้อพื้นเมือง เนื่องจากมีกลิ่นแรง (อุทิศ, 2537)

ลักษณะการผลิต ใบยาสูบที่ปลูกในไทยมีด้วยกัน 4 ชนิดคือ พันธุ์เวอร์จิเนีย, เบอร์เลย์,เตอร์กิช และพันธุ์พื้นเมือง พันธุ์ที่ปลูกมากที่สุดคือ พันธุ์เวอร์จิเนีย ซึ่งมีสัดส่วนประมาณร้อยละ 75 ของผลผลิตใบยาสูบทั้งหมด รองลงมาคือ ใบยาพันธุ์เบอร์เลย์ และเตอร์กิช ส่วนพันธุ์พื้นเมืองมีการผลิตไม่มากนัก (ส่วนวิจัยเศรษฐกิจ, 2528) เนื่องจากเป็นใบยาที่ไม่ค่อยมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศมากนัก (สุชาดาและเกลิมพร, 2528)

วิธีการแปรรูปใบยาสูบในประเทศไทย

ในการผลิตใบยาแห้งของใบยาแต่ละพันธุ์มีวิธีการในการผลิตที่แตกต่างกันไป โดยสามารถอธิบายวิธีการผลิตได้ดังนี้

1. การผลิตใบยาแห้งจากใบยาพันธุ์เวอร์จิเนีย การผลิตใบยาแห้งจากใบยาพันธุ์เวอร์จิเนีย มีวิธีการแปรรูปจากใบยาสดให้เป็นใบยาแห้งนั้นมีขั้นตอนยุ่งยาก เริ่มจากการเก็บใบยาสดมาทำการบ่มในโรงบ่ม เรียกว่าการบ่มใบยาสูบแบบไอร้อน เป็นวิธีบ่มแบบดั้งเดิมโดยใช้ความร้อนผ่านเข้ามาในท่อโลหะซึ่งอยู่ภายในโรงบ่มที่ปิดมิดชิด โรงบ่มขนาด $6 \times 6 \times 8$ เมตร ด้านหนึ่งของโรงบ่มมีการเผาเชื้อเพลิงโดยใช้เตาเผาสามารถบรรจุใบสดได้ 3000-4500 กิโลกรัม โดยใบสดจะถูกแขวนไว้อย่างหลวม ๆ เป็นชั้น ๆ สูงขึ้นไปในโรงบ่มเพื่อให้อากาศร้อนซึ่งถ่ายเทโดยการพาความร้อนแบบธรรมชาติไหลผ่านใบยา อากาศร้อนจะมาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิง เช่น ไม้ฟืนหรือถ่านในเตาเผาแบบเปิดและถ่ายเทความร้อนสู่ภายในโรงบ่มผ่านท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ซึ่งวางอยู่แนวระดับเดียวกับเตาเผา การบ่มใบยาเวอร์จิเนียในโรงบ่มแบบดั้งเดิมมีการสับเปลี่ยนเชื้อเพลิงสูง เนื่องจากว่ามีการสูญเสียความร้อนในส่วนต่าง ๆ ของโรงบ่มมาก เวลาที่ใช้ในการบ่ม 120-150 ชั่วโมง (5-6 วัน) โดยมีขั้นตอนการบ่มอยู่ 4 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการทำสี ขั้นตอนการตรึง ขั้นตอนการทำใบแห้ง และขั้นตอนการทำก้านแห้ง เมื่อใบยาแห้งแล้วต้องรอให้ใบยาได้รับความชื้นจากอากาศจะใช้เวลา 2-7 วัน ขึ้นอยู่กับสภาพอากาศภายนอก จึงจะสามารถนำใบยาออกจากโรงบ่มได้ ใบยาเวอร์จิเนียปลูกและใช้กันมากที่สุดในโลกรวมทั้งประเทศไทยด้วย ใบยาประเภทนี้มีคุณสมบัติเฉพาะตัวคือ ถ้าเป็นใบยาที่มีคุณภาพดีจะมีกลิ่นหอมคล้ายน้ำผึ้ง

2. การผลิตใบยาแห้งจากใบยาพันธุ์เบอร์เลย์ การผลิตใบยาแห้งจากใบยาพันธุ์เบอร์เลย์ มีวิธีการแปรรูปจากใบยาสดให้เป็นใบยาแห้ง โดยวิธีการที่เรียกว่า การบ่มอากาศ (Air-curing) เป็นการบ่มโดยธรรมชาติ มีวิธีการโดยตัดต้นใบยาสูบทั้งต้น หรือเก็บใบจากโคนต้น 2 ครั้งแล้วจึงตัดทั้งต้น ก่อนย้ายเข้าโรงบ่มจะปล่อยให้เหี่ยว (Wilt) ในไร่เสียก่อน แล้วจึงนำมาแขวนไว้ในโรงเรือนที่สามารถถ่ายเทอากาศได้เพื่อค่อย ๆ ให้อากาศแห้งเองอย่างช้า ๆ โดยธรรมชาติ การแห้งจะต้องค่อยเป็นค่อยไปเพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีในใบยาโดยการทำงานของเอนไซม์ เมื่อเวลาผ่านไป 10-12 วันภายหลังการเก็บเกี่ยวใบยาจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองมีความชื้นของใบยาอยู่ระหว่าง 65%-75% เมื่อเวลาผ่านไป 16-19 วันใบยาจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล และจะใช้เวลาทั้งหมดในการผลิตประมาณ 30-45 วัน ความชื้นของใบยาจะเหลือประมาณ 15%-20% ใบยาประเภทนี้มีคุณสมบัติพิเศษกว่าใบยาประเภทอื่นคือ น้ำหนักเบา โครงสร้างใบโปร่งมีการไหม้ลามดี

3. การผลิตใบยาแห้งจากใบยาพันธุ์เตอร์กิช การผลิตใบยาแห้งจากใบยาพันธุ์เตอร์กิช มีวิธีการแปรรูปจากใบยาสดให้เป็นใบยาแห้งที่เรียกว่าบ่มโดยแสงแดด เป็นใบยาที่ใช้แสงแดดธรรมชาติเป็นหลักในการบ่ม ในช่วงการเก็บเกี่ยวจะต้องเป็นเดือนที่มีแสงแดดจัด และไม่มีฝนตกจึงจะบ่มใบยาได้ดี มีวิธีการโดยนำใบยาสดร้อยเชือกไว้แล้วผูกติดกับปลายไม้ปล้อยทิ้งไว้ในร่มสัก 2-3 วันเพื่อให้ใบยาเปลี่ยนเป็นสีเหลืองซีดเสียก่อนจึงนำออกแดดเพื่อให้ใบยาแห้ง จะใช้เวลาการผลิตประมาณ 13-15 วัน จนความชื้นเหลือเพียง 7-8% หลังจากผ่านวิธีการบ่มแสงแดดแล้ว จะต้องให้ความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 17%-20% ก่อนเพื่อให้มีความนุ่มก่อนจึงจะนำไปคัดและอัด ใบยาเตอร์กิชมีความสมบัติแตกต่างจากยาสูบประเภทอื่นๆ คือ ใบมีขนาดเล็ก มีกลิ่นหอมแรง

4. การผลิตใบยาแห้งจากใบยาพันธุ์พื้นเมือง การผลิตใบยาแห้งจากใบยาพันธุ์พื้นเมือง เมื่อเก็บใบยาสดแล้ว นำใบมาเรียงซ้อนกันโดยตั้งเอาก้านลง และคลุมด้วยผ้าใบหรือเสื้อบ่มในร่ม 4-5 วัน เพื่อให้ใบยาเหี่ยวและเปลี่ยนเป็นสีเหลือง จากนั้นนำใบมากรีดเอาก้านกลางใบออก แล้วนำใบมาซ้อนๆ กัน ม้วนใบเป็นแท่งกลมใดๆ วางบนรางไม้ของเครื่องหั่นใบยาสด ค่อยๆ เลื่อนม้วนใบยาให้ผ่านไม้เจาะรูกลมซึ่งอยู่ติดในแนวตั้งกับรางไม้ ใบยาส่วนที่ผ่านไม้เจาะรูกลมจะถูกหั่นลงด้วยมีดคมขนาดใหญ่ และมีภาชนะรองรับ นำยาเส้นที่หั่นได้ไปเกลี่ยเป็นแผ่นบนแผงไม้ไผ่สาน กว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 2.50 เมตร โดยประมาณ ตากแดดอีกประมาณ 3 วัน จนแห้งสนิท จึงม้วนยาเส้นหมักเก็บไว้เพื่อรอเก็บจำหน่าย

คุณภาพของใบยาสูบ ยาสูบเป็นพืชที่แตกต่างจากพืชชนิดอื่นๆ คือ รากมีคุณสมบัติพิเศษผลิตสารประกอบไนโตรเจนหมู่หนึ่งเรียกว่า แอลคาลอยด์ ซึ่งมีนิโคตินเป็นองค์ประกอบที่สำคัญ โดยมีอยู่ประมาณร้อยละ 90 ของแอลคาลอยด์ทั้งหมด จึงเป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของยาสูบ เมื่อรากสังเคราะห์แล้วจะส่งไปเก็บไว้ที่ใบและลำต้นซึ่งมีเป็นส่วนน้อย มนุษย์ได้นำใบยาสูบมาใช้ประโยชน์ต่างๆ หลังจากบ่มแล้วในใบจะมีปริมาณนิโคตินแตกต่างกันตามประเภทของยาสูบ (เวอร์จิเนีย เบอรัลย์เตอร์กิช พื้นเมือง) ตามตำแหน่งของใบบนลำต้น (ส่วนยอด ส่วนกลาง ส่วนล่าง) นอกจากนี้ยังมีการปฏิบัติอื่นๆ ในไร่ที่ทำให้ปริมาณนิโคตินเพิ่มหรือลดได้ตามสมควร เช่น ชนิดสูตรปุ๋ยที่ใส่ ความชื้นในดิน การตัดยอด (ตอนช่อดอก) และพันธุ์ยาสูบ เป็นต้น ใบยาแต่ละประเภทจะมีปริมาณสารประกอบเคมีที่ทำให้เกิดลักษณะแตกต่างกัน เช่น

- ใบยาเวอร์จิเนีย (บ่มไอร้อน) มีปริมาณน้ำตาลสูง นิโคตินปานกลาง
- ใบยาเบอรัลย์ (บ่มอากาศ) มีปริมาณไนโตรเจน และนิโคตินสูง น้ำตาลต่ำ

- ใบยาเตอร์กิช (บ่มแดด) มีปริมาณสารหอมระเหยสูง นิโคติน และน้ำตาลปานกลาง
- ใบยาพื้นเมือง (บ่มแดด) มีปริมาณนิโคตินสูง กลิ่น-รสรุนแรง

จากความแตกต่างของปริมาณสารประกอบ เป็นเหตุผลหนึ่งที่อุตสาหกรรมการผลิตบุหรี่ยาจำเป็นต้องมีใบยาประเภทต่างๆ ผสมเข้าด้วยกัน ตามสัดส่วนต่าง ๆ เพื่อให้ได้กลิ่น-รส เป็นที่พอใจของผู้บริโภค แต่อย่างไรก็ดี ใบยาสูบทุกประเภทสามารถสังเคราะห์องค์ประกอบเคมีต่างๆ ขึ้นได้เหมือนกันหมดเพียงแต่แตกต่างกันที่ปริมาณมาก-น้อยเท่านั้น นอกจากนี้ระดับความแก่-สุก-ไม่สุกของใบยา ตำแหน่งของใบบนลำต้น เช่น ใบยาหอดส่วนกลาง-ส่วนล่าง และสีของใบยา เช่น สีเหลือง-สีส้ม-สีปนเขียว-สีเขียว-สีน้ำตาล ต่าง ๆ เหล่านี้มีส่วนทำให้องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น กลิ่น-รส-ความฉุน แตกต่างกันไปด้วย

องค์ประกอบทางเคมีในใบยาสูบ

องค์ประกอบทางเคมีในใบยาสูบแบ่งออกเป็น 8 หมู่ใหญ่ แบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบไนโตรเจน ประกอบด้วย

1.1 ไนโตรเจนไม่ละลายน้ำ ได้แก่ โปรตีน

1.2 ไนโตรเจนละลายน้ำ ได้แก่ กรดอะมิโน, อามีน, ไนเตรท, แอมโมเนีย และอัลคาลอยด์ทั้งหมด ซึ่งส่วนใหญ่ คือ นิโคติน ส่วนอื่นๆ คือ นอร์นิโคติน, อะนาเบซิน, อะนาตามีน

ปริมาณไนโตรเจนและนิโคตินในใบยาสูบมีความสัมพันธ์อย่างมากกับคุณภาพกลิ่นรสของควันบุหรี่ ถ้ามีปริมาณไนโตรเจนและนิโคตินสูงในใบยานั้นจะมีรสฉุน

2. องค์ประกอบคาร์โบไฮเดรต

เป็นองค์ประกอบที่มีปริมาณสูงมากที่สุดในใบยาสูบ ประมาณ 25-50% คาร์โบไฮเดรตมีความสัมพันธ์กับคุณภาพใบยาสูบมาก คือ น้ำตาล ซึ่งแบ่งตามปฏิกิริยาเคมีได้เป็น 2 พวก คือ

2.1 น้ำตาลอนรีดิวซิง (non reducing sugar) หมายถึง น้ำตาลซูโครสถูกย่อยเป็นกลูโคส

2.2 น้ำตาลรีดิวซิง (reducing sugar) ส่วนใหญ่ได้แก่ กลูโคส

ดังนั้น ในการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดในรูปกลูโคส เรียกว่า น้ำตาลรีดิวซิงทั้งหมด ปริมาณน้ำตาลมีส่วนสัมพันธ์กับกลีคนรศวันบุรี เนื่องจากการเผาไหม้ทำให้สารประกอบน้ำตาลให้วันเป็นกรดระเหย ในขณะที่การเผาไหม้สารประกอบไนโตรเจนให้วันเป็นต่าง

3. กรดอินทรีย์ กรดอินทรีย์แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

3.1 กรดไม่ระเหย มีปริมาณ 90% ของกรดทั้งหมด ส่วนใหญ่ได้แก่ กรดมาลิก กรดซิตริก กรดออกซาลิก และกรดมาโลนิก

3.2 กรดระเหย ส่วนใหญ่ได้แก่ กรดอะซิติก กรดฟอร์มิก กรดอัลฟาเมทริกซ์ ไรบิก กรดไอโซวาเลอริก และกรดเบต้า-เมทิลวาเลอริก ฯลฯ

กรดอินทรีย์สัมพันธ์กับค่า pH ของใบยา หากปริมาณกรดมากเกินไปทำให้เสียสมดุลระหว่างองค์ประกอบเคมี ค่า pH ของใบยาโคนต้นจะสูงกว่าใบยากลางและใบยาขอบ หากปริมาณของกรดอินทรีย์ไม่ระเหยมีสูง มักพบว่า ใบยามีองค์ประกอบคาร์โบไฮเดรตต่ำ

4. แร่ธาตุต่างๆ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม คือ

4.1 ธาตุอาหารหลัก ยาสูบต้องการปริมาณมาก ได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม แคลเซียม และกำมะถัน

4.2 ธาตุอาหารรองหรือยาสูบต้องการปริมาณน้อย ได้แก่ เหล็ก แมงกานีส โบรอน ทองแดง สังกะสี คลอรีน โซเดียม ซิลิกอน โมลิบดีนัม และอลูมิเนียม

4.3 ธาตุอาหาร โครงสร้างได้แก่ คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน

ธาตุอาหารต่างๆ เหล่านี้นอกจากจำเป็นต่อการเจริญเติบโตแล้วบางธาตุยังมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเผาไหม้ของใบยาสูบ ในการวิเคราะห์ทางเคมีจะเน้นเฉพาะธาตุโปแตสเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม และแมกนีเซียม ส่วนธาตุทั้งหมดแสดงในรูปปริมาณเถ้า และ pH เถ้า ส่วน pH เถ้า บ่งถึงคุณภาพการเผาไหม้ของใบยา ใบยาที่มีการเผาไหม้ดี pH เถ้าสูง (เป็นด่าง) ใบยาที่มีการเผาไหม้ไม่ดี pH เถ้าต่ำ (เป็นกรด)

5. สารหอมในใบยาสูบ

เป็นสารประกอบเชิงซ้อน ประกอบด้วยน้ำมันหอมระเหย เรซิน (resin) และแวกซ์ (wax) สารพวกนี้สังเคราะห์ในใบยาตามธรรมชาติ นอกจากนี้ยังมีสารหอมที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีเกิดขึ้นระหว่างการผลิต เช่น การบ่ม การเก็บให้ได้อายุ หรือการหมัก

6. องค์ประกอบฟีนอลิก องค์ประกอบฟีนอลิกมีความสัมพันธ์กับสีและความหอมของใบยา แบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

6.1 โพลีฟีนอล

6.2 ซิมเพิลฟีนอล ซึ่งสารประกอบที่สำคัญอยู่ในกลุ่มโพลีฟีนอลคือ กรดคลอโรจีนิก (chlorogenic acid) รูทีน (rutin) สโคโรโพลิน (scopolin) และสโคโปเลติน (scopoletin)

ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ เช่น ประเภทของยาสูบ, ตำแหน่งใบบนต้น, แสงแดด, อุณหภูมิ, ความสุกแก่, อาหาร และเทคนิคการบ่มใบยา

7. องค์ประกอบเม็ดสี เม็ดสีในใบยาสูบประกอบด้วย คลอโรฟิล เอ และคลอโรฟิล บี ให้สีเขียว และสีเหลืองได้จากแคโรทีน (carotene) และแซนโทฟิล (xanthophyll) ซึ่งทั้งสองเรียกรวมกันว่า แคโรทีนอยด์ (carotenoids) ปริมาณคลอโรฟิลของยาสูบประเภทต่าง ๆ เรียงตามลำดับจากสูงมาหาคือ ยาสูบประเภทบ่มไอร้อน ยาสูบตะวันออก และยาสูบเบอร์เลย์ สีเหลืองจะปรากฏชัดขึ้นเมื่อสีเขียวค่อย ๆ หายไปตามอายุการสุกแก่ ทั้งนี้แคโรทีนจะเพิ่มขึ้นตามลำดับความแก่ของใบยาและแซนโทฟิลจะลดลง

8. เอนไซม์ (enzymes) ปฏิกิริยาของเอนไซม์มีส่วนช่วยในการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของดินยาสูบ ซึ่งความสำคัญในแง่คุณภาพใบยาสูบ คือ การเปลี่ยนแปลงทางเคมีในระหว่างการบ่ม การเก็บให้ได้อายุ ตลอดจนการหมัก เอนไซม์ต่างๆ ในใบยาสูบ ได้แก่ พวกไฮโดรเลส (hydrolase) เช่น อะไมเลส (amylase), ไลเปส (lipase) โปรทีเอส (proteinase), เพคเทส (pectase) ฯลฯ และพวกออกซิเดส (oxidase), เปอร์ออกซิเดส (peroxidase) เป็นต้น

14.2 บอระเพ็ด

การจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Tinospora crispa</i> Miers.Ex Hook. F&Thoms.
ชื่อวงศ์	MENISPERMACEAE
ชื่อสามัญ	Boraphet
ชื่อท้องถิ่น	จูงจริงตัวแม่, เจ็ดมุลย่าน, เจ็ดมุลหนาม, จูงจิง, เครือเขาฮ่อ, ตัวเจ็ดมุลย่าน, เกาหัวค้วน, เจ็ดหม่นปลูก
ถิ่นกำเนิด	-

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ลำต้น เป็นพันธุ์ไม้เถาเลื้อย เถากลมโตขนาดนิ้วมือ ประมาณ 1-1.5 เซนติเมตร เถาอ่อนผิวเรียบสีเขียว เถาแก่สีน้ำตาลอมเขียว ผิวขรุขระ เป็นปุ่ม ๆ ขางมีรสขมจัด ขึ้นเกาะต้นไม้อื่น มักจะมีรากอากาศคล้ายเชือกเส้นเล็ก ๆ ห้อยลงมาเป็นสาย

ใบ เป็นใบเดี่ยว รูปใบพญหรือรูปหัวใจ โคนใบหยักเว้า มีเส้นใบ 5-7 เส้นที่เกิดจากจุดโคนใบ

ดอก ออกดอกเป็นช่อตามกิ่งแก่ตรงบริเวณซอกใบหรือปลายกิ่งดอกขนาดเล็กสีเหลืองอมเขียว, แดงอมชมพู, เขียวอ่อน, เหลืองอ่อน ช่อดอกยาว 5-20 เซนติเมตร ประกอบด้วยกลีบดอกกลีบเลี้ยงอย่างละ 6 กลีบ

ผล มีลักษณะเป็นรูปไข่ กลมรี สีเหลืองถึงแดง ขนาด 2-3 เซนติเมตร มีเนื้อเยื่อบาง ๆ หุ้มเมล็ด



ภาพที่ 2 ลักษณะของต้นบอระเพ็ด

การขยายพันธุ์ ใช้ตัดลำต้นชำหรือใช้เมล็ดเพาะ โดยตัดเถายาว 15-20 เซนติเมตร ชำลงดินลึก 10 เซนติเมตร รดน้ำให้ชุ่มจนกว่าจะแตกใบใหม่ เมื่อแข็งแรงดีแล้วจึงย้ายไปปลูกได้ตามที่ต้องการ ควรทำค้างให้เลื้อย (งามพ้องและประสาน, 2542)

สารสำคัญที่พบ มีสารรสขมชื่อ พิคโครเรติน (picroretin) นอกจากนั้นยังมีสารจำพวก ไดเทอร์พีนอยด์ (diterpenoid) ชื่อ ดินโนสปอแรน (tinosporan) ซึ่งใกล้เคียงกับโคลัมบิน (colimbin) ที่สกัดได้จากเถาและราก นอกจากนี้ยังพบสารประเภท อามีน (amine) 2 ชนิด คือ เอน ทราน เฟอร์ลอย ไทรามินเอน ซิสเฟอร์ลอย ไทรามิน (N-trans-feruloyl tyramine N-cis-feruloyl tyramine) และสารฟีนโนลิก กลูโคไซด์ (phenolic glucoside) ชื่อ ไทโนลูเบอไรด์ (tinoluberide) (กรมวิชาการ เกษตร, 2548)

สารออกฤทธิ์

- สารกลุ่ม terpenoid เช่น Borapetoside A ,Borapetoside B, Borapetol A ,
Tinocrisposide

- สารกลุ่ม Alkaloids เช่น N-formylannonaine, N-acetylnornuciferine นอกจากนี้ยังมีสารในกลุ่มอื่นๆ อีกหลายชนิด

ข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ ต้นบอระเพ็ดมีสารเคมี คือ N-trans-feruloyl tyramine, N-cis-feruloyltyramine, Tinotuberide, phytosterol และ Picroretin ปัจจุบันองค์การเภสัชกรรมได้ผลิตทิงเจอร์บอระเพ็ดแทน Tincture Gentian เพื่อใช้เป็นยาเจริญอาหาร (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2541)

ประสิทธิภาพ ใช้ได้ดีในนาข้าว เนื่องจากมีรสขม เมื่อดูดซึมเข้าไปในพืชทำให้แมลงไม่ชอบมาทำลาย ใช้ไล่แมลงจำพวกเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยจักจั่นสีเขียว หนอนกอแถบลาย และใช้ป้องกันโรคยอดเหี่ยว โรคข้าวตายพราย หรือโรคข้าวลีบ

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา ได้มีรายงานการออกฤทธิ์ของบอระเพ็ด ได้แก่ เป็นยาลดไข้ (antipyretic) ยาลดเบาหวาน (Antidiabetic) ยาแก้อักเสบ (antiinflammatory activity) ออกฤทธิ์ต้านมาเลเรีย (antimalaria) เป็น antioxidants และ radical scavengers (งามผ่องและประสาน, 2542)

ประโยชน์

- ใช้ป้องกันและกำจัดเชื้อรา และเชื้อแบคทีเรียได้ดี และยังป้องกันขับไล่แมลงทุกชนิดได้ผลดีมาก (กรมวิชาการเกษตร, 2548)

- มีการใช้บอระเพ็ดเป็นยาสมุนไพร แก้อ่อนใน กระหายน้ำ บำรุงกำลัง ช่วยเจริญอาหาร รักษาโรคฝีดาษ โรคไข้พิษทุกชนิด รักษาโรคทางเดินปัสสาวะ

14.3 สาบเสือ

การจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน

ชื่อวิทยาศาสตร์	Eupatorium Odoratum Linn.
ชื่อวงศ์	COMPOSITAE
ชื่อสามัญ	-
ชื่อท้องถิ่น	สาบเสือ (ทั่วไป); ชำผักคราด, ยี่สุนเถื่อน (สุราษฎร์ธานี); จีโปกวย, ไซ่ปูกอ, เซโปกวย, บ่อโส้, เพาะจีแค (กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน); บ้านร้าง, ผักคราด (ราชบุรี); เบนจุมาศ (ตราด); ฝรั่งเศสที่, ฝรั่งเศส(สุพรรณบุรี); พาทั้ง (เงี้ยว-เชียงใหม่); มนทน (ชาวนน-เพชรบูรณ์); มั่งกระด่าย (อุดรธานี); รำเคย (ระนอง); หญ้าคำทั้ง (เงี้ยว-แม่ฮ่องสอน); หญ้าคงร้าง (สระบุรี); หญ้าดอกขาว (ทั่วไป); หญ้าฝรั่งเศส (จันทบุรี, ตราด); หญ้าพระศิริไอยสวรรณค์, หมาหลง (ชลบุรี); หญ้าเมืองวาย, หญ้าเมืองฮ้าง (เหนือ); หญ้าลิ้มเมือง (หนองคาย); หญ้าเลาฮ้าง(ขอนแก่น); หญ้าเหม็น(อีสาน); หนองเส้งปรัง, เส้โปกวย (กะเหรี่ยง-เชียงใหม่)
ถิ่นกำเนิด	ทวีปอเมริกา

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ สาบเสือเป็นพรรณไม้ล้มลุก แตกกิ่งก้านสาขามากมาย จนดูเป็นทรงพุ่ม เป็นพืชปีเดียวตาย ตามลำต้นและกิ่งก้านจะมีขนนุ่มประปราย ลำต้นสูงประมาณ 3-5 ฟุต ใบของต้นสาบเสือ จะเป็นรูปหอกเป็นใบเดี่ยวซึ่งจะออกตรงข้ามกันเป็นคู่ ๆ ขอบใบ เป็นฟันเลื่อย ตัวใบจะมีขนปกคลุมทั่วทั้งใบ จะออกดอกในช่วงฤดูหนาว ดอกจะเป็นช่อเป็นกระจุก คล้ายร่ม มีสีขาวออกม่วง สาบเสือจะมีผลสีดำ ขนาดเล็ก แห้งและเรียวบางจะเป็นสันหรือเป็นเหลี่ยม 5 เหลี่ยม ต้นสาบเสือจะชอบอาศัยอยู่ตามที่รกร้าง ชอบขึ้นตามที่มิแสงแดดมาก ๆ เช่น ตามทุ่งกว้าง หรือริมถนน เป็นต้น



ภาพที่ 3 ลักษณะของต้นสาบเสือ

สารสำคัญที่พบ ในการศึกษาทางด้านเคมีของสารสกัดจากสาบเสือหลายชนิด เช่น cadiene, alpha-pinene, alpha- camphor, limonene, เบต้า-cary-phyllene, cadinol และส่วนที่เป็น สารละลายของสารสกัดในสาบเสือประกอบด้วย tanin, phenols และ saponin ในลำต้นพบสาร eupatol coumarin, eupatene, เบต้า-amy-rin, flavone, salvigenin และในใบยังพบสาร ceryl alcohol, เบต้า- sitosterol acid, tanin isosakulanetin, odoratin, myrecene, pinene, pyrrolizidin, acaceticin เป็นต้น ปัจจุบันยังไม่ทราบว่าสารใดเป็นสารออกฤทธิ์และกลไกในการออกฤทธิ์ (ปีทมา, 2543)

สรรพคุณทางยาสมุนไพร ใช้ใบสดล้างให้สะอาดตำให้ละเอียดพอกปากแผล หรือขี้ปัดปากแผลอาจใช้มือกดหรือใช้ผ้าพันแผลจะช่วยห้ามเลือดให้หยุดไหลเร็วขึ้น

การนำไปใช้ทางการแพทย์ ใบมีกลิ่นฉุนของต้นสาบเสือ นำมาใช้เป็นยาฆ่าแมลง และยาเบื่อปลา

ประสิทธิภาพ สามารถฆ่าแมลงและไล่พวกหนอนที่ชอบเข้ามาทำลายพืชผักแล้ว
ก่อให้เกิดความเสียหายไม่ว่าจะเป็นพวกเพลี้ยชนิดต่าง ๆ เช่น เพลี้ยกระโดด เพลี้ยจักจั่น เพลี้ยหอย
เพลี้ยไฟ หนอนกระทู้กัดต้น หนอนกระทู้ควายพระอินทร์ และหนอนใยผัก เป็นต้น

14.4 สบู่แดง

การจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Jatropha gossypifolia</i> L.
ชื่อวงศ์	EUPHORBIACEAE
ชื่อสามัญ	-
ชื่อท้องถิ่น	ละหุ่งแดง (กลาง); สบู่เลือด, สลัดแดง, สีลัด, หงษ์เทศ (ปัตตานี), บักเยาแดง, บักยอแดง, บักยอฮั่ว (อีสาน)
ถิ่นกำเนิด	ทวีปอเมริกากลาง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ เป็นไม้พุ่มสูง 1-2 เมตร ใบเดี่ยวเรียงสลับกัน มีขนาดกว้าง
และยาวใกล้เคียงกัน ประมาณ 12-15 ซม. มีแฉกแหลมเป็นติ่งสั้น ๆ ขอบมีขน ปลายขนมีต่อมกลม ๆ
โคนใบเว้าเล็กน้อย เนื้อใบบาง เกือบทั้ง 2 ด้าน เส้นใบออกจากโคนใบ มีจำนวนเท่ากับจำนวนแฉก
ก้านใบยาว 5-10 ซม. ด้านบนมีขนซึ่งแตกแขนง และปลายขนมีต่อมกลม ๆ หูใบเป็นขนชนิดปลาย
ขนมีต่อมเช่นเดียวกัน ดอก ออกเป็นช่อที่ยอด ดอกเพศผู้ และดอกเพศเมียอยู่บนต้นเดียวกัน
ก้านช่อยาวประมาณ 4-5 ซม. มีขนเล็กน้อยใบประรูปยาวรี ยาว 6-12 มม. ขอบมีขน ปลายขนมี
ต่อมกลม ดอกเพศผู้ มีกลีบรองกลีบดอก 5 กลีบ รูปไข่แกมรูปหอก ปลาย ยาว 4-5 มม. ขอบมีขน
ปลายขนมีต่อมกลม ดอกเพศผู้ มีกลีบรองกลีบดอก 5 กลีบ รูปไข่แกมรูปหอก ปลายแหลม ยาว
4-5 มม., สีแดง เกือบทั้ง ก้านเกสรเชื่อมติดกัน อับเรณูรูปค่อนข้างกลม ดอกเพศเมีย กลีบรองกลีบดอก
ยาวกว่าดอกเพศผู้ รังไข่มีขน ผลรูปไข่ มี 3 พู ยาวประมาณ 1 ซม. (ลินา, 2530)



ภาพที่ 4 ลักษณะของต้นสบู่แดง

สรรพคุณ ใบ ต้มใบจำนวน 7-21 ใบ (โดยกินใบด้วย) กินแก้ปวดท้อง ลดไข้และเป็นยาถ่าย ตำเป็นยาพอกแก้ผื่นคัน พอกฝี เมล็ดย่างพอสุก กินเป็นยาระบาย, น้ำมันเมล็ด กินทำให้อาเจียน และใช้ทาแผลโรคเรื้อน

สารสำคัญ เมล็ดมี Toxalbumin ชื่อ curcin

ส่วนที่เป็นพิษ เมล็ด

สารที่ทำให้เกิดพิษ ผล กิ่ง เมล็ดใบ ต้น เป็นส่วนที่มีพิษ ผลและเมล็ดมีพิษมากที่สุด กิ่งใบมีพิษรองลงมาสารที่ทำให้เกิดพิษเป็นสารโปรตีน คือ จาร์โทเฟน หรือ เคอร์ซีน เป็นสารที่อยู่ในเนื้อเมล็ด ซึ่งเมล็ดจะมีน้ำมัน 55 % หรือมากกว่า เดิมใช้เป็นยาถ่าย แต่เนื่องจากมีรายงานว่าเมื่อคนรับประทานพืชทั้งต้นเข้าไปทำให้เกิดพิษสูง และอาการถ่ายท้องรุนแรงจึงเลิกใช้ นอกจากนี้ยังก็เป็นส่วนที่เป็นพิษ

ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา สาร curcin ที่พบในเมล็ดทำให้เกิดอาการพิษ คือ คลื่นไส้ อาเจียน ลำคอไหม้ ท้องเดิน ม่านตาขยาย อัมพาต ชัก และตายได้ในที่สุด สาร jatrophane ที่พบในรากใช้รักษาโรคมะเร็งในลำคอของคน และโรคมะเร็งของเม็ดเลือดขาวในหนูขาวได้ (www.pharm.chula.ac.th/vichien/building80/sabudang.htm, 11 สิงหาคม 2550)

การนำไปใช้ทางการเกษตร น้ำยางของสบู่แดง มีสรรพคุณเหมือนกับสบู่เป็นฟองสามารถใช้แทนสารจับใบได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้ยังออกฤทธิ์เป็นพืชต่อเพี้ยอ่อนด้วย และเมล็ดของสบู่แดงยังมีสารสำคัญที่สามารถกำจัดศัตรูพืชได้ดีอีกด้วย

14.5 รัก

การจัดจำแนกทางอนุกรมวิธาน

ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Calotropis gigantea</i> L. Dryandrex W.T.Aiton
ชื่อวงศ์	ASCLEPIADACEAE
ชื่อสามัญ	Milk Weed, Crown Flower, Giant Indian Milk
ชื่อท้องถิ่น	ดอกรัก รักดอก รักร้อยมาลัย (ภาคกลาง)
ถิ่นกำเนิด	-

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ลักษณะทั่วไป ไม้พุ่มขนาดเล็กสูง 1.5-3 ม. ทุกส่วนมีน้ำยางขาวเหมือนน้ำมัน ตามกิ่งมีขน ใบเป็นใบเดี่ยวออกตรงข้าม รูปรี แกมขอบขนาน ปลายแหลม โคนเว้า กว้าง 6-8 ซม. ยาว 10-14 ซม. เนื้อใบหนาได้ใบมีขนนุ่ม ก้านสั้น ดอก สีขาวหรือสีม่วง ออกเป็นช่อตามซอกใบหรือปลายกิ่ง กลีบเลี้ยง 5 กลีบสีเทาเงิน หรือสีม่วง กลีบดอก 5 กลีบ โคนเชื่อมติดกัน เมื่อเส้นผ่านศูนย์กลาง 2-3 ซม. มียางค์เป็นสันคล้ายมงกุฎ 5 เส้น เกสรตัวผู้ 5 อัน ผลเป็นฝักรูปไข่ กว้าง 3-4 ซม. ยาว 6-8 ซม. เมื่อแก่แตกได้ เมล็ดแบนสีน้ำตาล จำนวนมาก มีขนสีขาวเป็นกระจุกอยู่ที่ปลายด้านหนึ่ง



ภาพที่ 5 ลักษณะของต้นรัก

ส่วนที่เป็นพิษ ยางจากส่วนต่างๆ มีฤทธิ์กระตุ้นหัวใจรุนแรงผิดปกติ

การเกิดพิษ ยางจากส่วนต่างๆ มีฤทธิ์กระตุ้นหัวใจรุนแรงผิดปกติ

การนำไปใช้ทางการแพทย์ ยางของต้นรัก มีพิษต่อระบบทางเดินอาหาร ทั้งคนและสัตว์รวมทั้งหนอนต่างๆ ได้ด้วย ยางของรักได้จาก ดอก ผล และใบ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณัฐตรา (2528) ได้ศึกษาผลของสารสกัดจากหนอนตายหยาก (*Stemona collinsae* Craib) ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีคุณสมบัติเป็นสารกำจัดแมลง ต่อสัตว์น้ำชนิดต่าง ๆ ได้แก่ ลูกปลานิล, ลูกปลาไน, มวนวน, ลูกน้ำยุงลาย และไรแดง โดยวิธีชีววิเคราะห์ในน้ำนิ่ง ผลการทดลอง พบว่า ค่า 24 ชั่วโมง LC_{50} ของสารสกัดหนอนตายหยากต่อลูกปลานิล, ปลาไน, มวนวน, ลูกน้ำยุงลาย ไรแดง มีค่าเท่ากับ 720, 120, 180, 104 และ 600 มก./ล. ตามลำดับ สารสกัดหนอนตายหยากมีความเป็นพิษรุนแรงต่อลูกน้ำยุงลายมากที่สุด รองลงมาคือ มวนวน, ไรแดง, ลูกปลานิล และลูกปลาไน ตามลำดับ

วลัยรัตน์ (2539) ได้ศึกษาประสิทธิภาพ ประสิทธิผลและความคงทนของสารสกัดจากใบและเมล็ดมันแกวในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย ผลการศึกษา พบว่า สารสกัดจากใบมันแกวที่ใช้เอธานอล 95% เป็นตัวทำละลายมีประสิทธิภาพดีกว่าน้ำกลั่น โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 1353.21, 1543.17 และ 3644.87 mg/l ที่ระยะเวลาในการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ ซึ่งในทางตรงข้ามเมล็ดมันแกวที่สกัดด้วยน้ำกลั่นจะให้ผลดีกว่าเอธานอล 95% โดยที่ใช้ น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย สกัดจะมีค่า LC_{50} เท่ากับ 169.31, 180.75 และ 194.15 mg/l ในขณะที่เมื่อใช้เอธานอล 95% เป็นตัวทำละลายสกัดมีค่า LC_{50} เท่ากับ 411.28, 416.79 และ 443.41 mg/l ที่ระยะเวลาในการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง สามารถให้ผลได้ดีที่สุดในการใช้งาน

ทรงพร (2542) ได้ทำการศึกษาการใช้สารสกัดจากสนสองใบในการควบคุมลูกน้ำยุงพาหะนำโรค ด้วยวิธีการหมัก ซึ่งศึกษาสนสองใบจากส่วนของใบและก้าน ในตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำกลั่น และเอธานอล 95% หมักนาน 24 ชม. พบว่าค่า LC_{50} ของสารสกัดจากใบสนสองใบที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ต่อลูกน้ำยุงลาย ยุงรำคาญ และยุงก้นปล่อง มีค่าเท่ากับ 5067.56, 4537.84 และ 582.65 มก./ล.ตามลำดับ ค่า LC_{50} ของสารสกัดจากสนสองใบที่ใช้เอธานอล 95% เป็นตัวทำละลายต่อลูกน้ำยุงลาย ยุงรำคาญ และยุงก้นปล่อง มีค่าเท่ากับ 606.12, 134.77 และ 351.97 มก./ล.ตามลำดับ ค่า LC_{50} ของสารสกัดจากก้านสนสองใบที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย ต่อลูกน้ำยุงลาย ยุงรำคาญ และยุงก้นปล่อง มีค่าเท่ากับ 581.18 > 100000 และ 741.80 มก./ล. ตามลำดับ และค่า LC_{50} ของสารสกัดจากก้านสนสองใบที่ใช้เอธานอล 95% เป็นตัวทำละลาย ต่อลูกน้ำยุงลาย ยุงรำคาญ และยุงก้นปล่อง มีค่าเท่ากับ 209.96, 274.21 และ 144.40 มก./ล. ตามลำดับ จึงอาจกล่าวได้ว่าเอธานอล 95% เป็นตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพดีกว่าน้ำกลั่น เนื่องจากมีค่า LC_{50} ต่ำกว่า

มานิตย์ (2542) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดา น้ำมันสะเดา และใบโอ 2000[®] (สะเดาและน้ำมันสน) กับยุงลาย *Aedes aegypti* (L.) ในการเป็นสารฆ่าแมลง สารยับยั้งการวางไข่และสารไล่ยุง พบว่า การทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงกับระยะไข่ ระยะลูกน้ำ และระยะดักแด้ยุงลาย โดยวิธี dip bioassay ของสารสกัดสะเดา (อะซาดิแรคติน 0.5%) ให้ผลดีที่สุด มีความเป็นพิษต่อลูกน้ำยุงลายและดักแด้ที่เวลา 48 ชั่วโมง ค่า LC_{50} เท่ากับ 0.0038% และ 0.0148 % ตามลำดับ ส่วนประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาที่มีต่อยุงลาย พบว่า น้ำมันสะเดาที่ได้จากการสกัดเมล็ดในด้วยเฮกเซนให้ผลดีที่สุด มีความเป็นพิษต่อลูกน้ำยุงลายที่เวลา 48 ชั่วโมง ค่า LC_{50} เท่ากับ 0.0070% และ 0.0151% เมื่อทดสอบกับระยะดักแด้ ในขณะที่ค่า LC_{50} ของใบโอ 2000[®] เท่ากับ 0.0312% ในระยะลูกน้ำ และ 0.2408% ในระยะดักแด้ ส่วนการทดสอบ

ประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการวางไข่ของสารทั้ง 3 กลุ่ม พบว่า มีผลทำให้ยุงลายเพศเมียวางไข่น้อยกว่าหน่วยควบคุม โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่แมลงในห้องปฏิบัติการพบว่า ไบโอ 2000® มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงกัดนานกว่าสารสกัดสะเดา และน้ำมันสะเดา เมื่อทดลองที่ความเข้มข้น 1.25, 2.5, 5.0 และ 10% การมีคุณสมบัติเป็นสารไล่แมลงจะมากขึ้นตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น

ปัทมา (2543) ได้ทำการศึกษาผลของสารสกัดจากสาบเสือต่อการเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์ทำลายพิษในหอยเชอรี่ พบว่าเมื่อนำสารสกัดจากสาบเสือผสมกับ Synergists 3 ชนิด คือ triphenyl phosphate, piperonyl butoxide และ maleic acid ความเข้มข้น 1% ของสารสกัดที่ใช้เอทานอลเป็นตัวทำละลายเพื่อหาสารเสริมฤทธิ์ที่เหมาะสมที่ทำให้หอยตายมากที่สุดพบว่า สารสกัด + piperonyl butoxide 1% ทำให้หอยตายมากกว่า Synergists ชนิดอื่นๆ ประมาณ 14% และจากการศึกษาผลของสารสกัดจากสาบเสือต่อการเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์ทำลายพิษของหอยเชอรี่ พบว่าระดับความเข้มข้นต่าง ๆ ระดับเอนไซม์ esterase และ glutathione S- transferase ลดลงประมาณ 10% และ 0.5% ตามลำดับเมื่อเทียบกับชุดควบคุม

จุฬารัตน์ (2544) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของโลชั่นกันยุงจากน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากดอกดาวเรือง พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้จากดอกดาวเรืองโดยวิธีสกัดด้วยการใช้ n-hexane เป็นตัวทำละลายสามารถสกัดน้ำมันหอมระเหยได้เท่ากับ 2.5% (v/w) ประสิทธิภาพในการป้องกันยุงกัดของโลชั่นยุงกัดในกรณีที่เหมาะสมเฉพาะ fixative โดยไม่ผสมน้ำมันหอมระเหยจะไม่สามารถป้องกันยุงกัดได้ ส่วนโลชั่นกันยุงสูตรต่างๆ ของน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากดอกดาวเรือง เมื่อผสมกับ vanillin 5% หรือน้ำมันงา 5% พบว่าสูตรต่างๆ ของน้ำมันหอมระเหยทั้งที่ผสมด้วย vanillin 5% และผสมด้วยน้ำมันงา 5% สามารถป้องกันยุงกัดได้นาน 50-218 นาที โดยสูตรที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงได้ดีที่สุด คือ สูตรที่ใช้ 25% น้ำมันหอมระเหยที่ผสมกับ vanillin 5% ป้องกันยุงได้นานถึง 218 นาที และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการป้องกันยุงลายกัด ระหว่างโลชั่นกันยุงที่สกัดจากดอกดาวเรืองกับโลชั่นกันยุงตะไคร้หอมขององค์การเภสัชกรรมพบว่าให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สัมภาษณ์ (2544) ได้ทำการศึกษาการใช้กูดเกียะเพื่อควบคุมยุงพาหะนำโรค จากผลการทดสอบพบว่า สารสกัดที่ได้จากกูดเกียะเป็นแบบการฆ่าลูกน้ำ (Larvicide) โดยสารสกัดที่ใช้เอทานอล 95% เป็นตัวสกัดจะมีประสิทธิภาพในการทำลายลูกน้ำยุงทั้ง 3 ชนิดได้ดีกว่าการใช้สาร

สกัดที่ใช้น้ำสะอาดเป็นตัวสกัด เมื่อเปรียบเทียบค่า LC_{50} พบว่า สารสกัดโดยเอธานอล 95% จาก กูดเกียะสด ให้ค่า LC_{50} ในลูกน้ำยุง *An. dirus*, *Ae. aegypti* และ *Cx. Quinquefasciatus* เท่ากับ 27.96 mg/l, 67.90 mg/l และ 82.48 mg/l ตามลำดับ และค่า LC_{50} ของ กูดเกียะแห้งจะให้ค่าเท่ากับ 61.06 mg/l, 372.61 mg/l และ 313.08 mg/l ตามลำดับ สำหรับสารสกัดที่ได้จากการสกัดโดยน้ำสะอาด เมื่อนำมาทดสอบกับลูกน้ำดังกล่าวโดยวิธีเดียวกัน จะมีประสิทธิภาพต่ำมากในการฆ่าลูกน้ำไม่ว่า จากการสกัดกูดเกียะสดหรือแห้ง โดยลูกน้ำยุง *An. dirus* จะให้ค่า LC_{50} ต่ำกว่าลูกน้ำยุงชนิดอื่น ซึ่งค่า LC_{50} ที่ได้จากสารสกัดกูดเกียะสดและแห้ง มีค่าเท่ากับ 19,935 mg/l และ 5,359 mg/l ตามลำดับ

บัณฑิต (2545) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร 3 ชนิด คือ จิง แมงลัก และใบมะกรูด ในการป้องกันยุงรำคาญ *Culex quinquefasciatus* โดยนำพืชสมุนไพรแต่ละชนิดมาสกัดโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำเพื่อให้ได้น้ำมันหอมระเหยและนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้(ร้อยละ 100) มาเจือจางด้วยเอธานอลให้มีระดับความเข้มข้นเป็นร้อยละ 50, 25 และ 10 พบว่าน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงกัดดีขึ้นตามลำดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ($P < 0.05$) ในระดับความเข้มข้นที่เท่ากัน น้ำมันหอมระเหยจากจิง และแมงลักมีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงไม่แตกต่างกัน ($P > 0.05$) และดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด ($P < 0.05$) จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากจิง และแมงลัก มีประสิทธิภาพในการป้องกันยุงรำคาญ *Culex quinquefasciatus* ได้ดีกว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบมะกรูด แม้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากจิง และแมงลักจะเจือจางด้วยเอธานอลให้มีระดับความเข้มข้นร้อยละ 10 ก็ยังสามารถป้องกันยุงกัดได้ตามมาตรฐาน มอก. 648-2529

สุระ (2546) ได้ศึกษาสารสกัดจากแมงลักคา พบว่าสารสกัดจากเมล็ดแมงลักคา ทำให้อายุขัยของลูกน้ำยุงลายมีการตายสูงกว่าสารสกัดจากใบ สารสกัดแมงลักคาที่สกัดด้วยเอธานอลทำให้อายุขัยของลูกน้ำยุงลายมีการตายสูงกว่าสารสกัดแมงลักคาที่สกัดด้วยน้ำ และสารสกัดแมงลักคาในระดับความเข้มข้น 25 มก./ล.ทำให้อายุขัยของลูกน้ำยุงลายมีการตายสูงกว่าสารสกัดแมงลักคาในระดับความเข้มข้นอื่น ๆ และลูกน้ำยุงลายระยะต้นมีการตายสูงกว่าลูกน้ำยุงลายระยะปลาย

Tawatsin *et al.* (2001) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากการกลั่นด้วยไอน้ำจากพืชสมุนไพร 4 ชนิด คือ ขมิ้นชัน, มะกรูด, ตะไคร้หอม และแมงลัก พบว่ามีผลในการป้องกันยุงที่เป็นพาหะนำโรคทั้ง 3 ชนิดได้ คือ *Aedes aegypti* Linn., *Anopheles dirus* และ *Culex*

quinquefasciatus โดยน้ำมันจากขมิ้นชัน ตะไคร้หอม แมงลัก+ vanillin 5% สามารถไล่ยุงทั้ง 3 ชนิด ได้นานถึง 8 ชั่วโมง และน้ำมันจากมะกรูดเพียงอย่างเดียว+ vanillin 5% มีประสิทธิภาพในการไล่ยุง ได้นานถึง 3 ชั่วโมง

Aliero (2003) ได้ศึกษาสารสกัดจากสะเดา *Azadirachta indica* (neem) ที่มีผลต่อลูกน้ำ ยุงก้นปล่อง โดยพบว่าสารละลายที่อยู่ในรูปสารสกัดหยาบของสะเดาสามารถกำจัดลูกน้ำ ยุงก้นปล่องได้ เมื่อลูกน้ำยุงสัมผัสสารสกัดที่ยังไม่มีการทำให้บริสุทธิ์ (เจือจาง) ของน้ำมันจากเมล็ด, ใบ และเปลือก สำหรับ 12 ชั่วโมง มีอัตราการตายเกิดขึ้น 100, 98 และ 48% ตามลำดับ สารสกัดที่ทำการเจือจางแล้วก็มีผลต่ออัตราการตายของลูกน้ำยุง และพบว่าน้ำมันจากเมล็ด และสารสกัดจาก ใบของสะเดามีคุณสมบัติที่สามารถพัฒนาและนำมาใช้ในการควบคุมยุงที่เกิดขึ้นในเขตร้อนชื้นได้

Beaucham (2005) ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้น้ำมันหอมระเหยที่ได้จากกานพลู, ตะไคร้ หอม และพันธุ์ไม้จำพวก *Pogostemon* ที่ให้น้ำมันหอมระเหย พบว่าสามารถไล่ยุง *Aedes aegypti* Linn. ได้นานถึง 2 ชั่วโมง

Chapagain *et al.* (2005) ได้ศึกษาสารสกัดจากต้น *Balanites aegyptiaca* ที่มีผลต่อ ลูกน้ำยุงรำคาญ โดยพบว่าสารสกัดของ fruit pulp, seed kernel, roots, bark and leaves ของ *Balanites aegyptiaca* Del. มีผลในการฆ่าลูกน้ำยุงรำคาญ ลูกน้ำยุงลายที่ได้รับการสัมผัสในเวลา 3 วันขึ้นไป โดยทำให้เจือจางที่ 0, 0.1, 0.25, 0.5, 1.0 และ 2.0 % ของสารสกัด fruit pulp, seed kernel, roots, bark and leaves การทดสอบทั้งหมดของสารสกัดแสดงให้เห็นอัตราการตายของ ลูกน้ำยุง โดยสารสกัดจากราก ทำให้มีอัตราการตายของลูกน้ำยุงมากที่สุดที่ความเข้มข้นต่ำที่สุดของ สารสกัดจากราก (0.1%) แสดงให้เห็นว่ามีอัตราการตายของลูกน้ำยุง 100% หลังจากผ่านไป 3 วัน ขณะที่ความเข้มข้น 0.5% ของสารสกัดจากเปลือกก็ทำให้มีอัตราการตายของลูกน้ำยุง 100% ส่วนสารสกัดจากใบ, fruit pulp และ seed kernel แสดงให้เห็นว่ามีอัตราการตายของลูกน้ำยุงรำคาญ จำนวนน้อย เมื่อเทียบกับสารสกัดจากราก และเปลือก ซึ่งทุกส่วนของต้น *B. aegyptiaca* ประกอบด้วยคุณสมบัติในการฆ่าลูกน้ำยุง ซึ่งสามารถพัฒนาและนำมาใช้เป็นสารสังเคราะห์ ธรรมชาติสำหรับควบคุมยุง

Mendonca *et al.* (2005) ได้ศึกษาผลของสารสกัด และน้ำมันของพืชที่มีความสำคัญทางด้านการแพทย์ของ Brazil ซึ่งได้มีการนำมาทดสอบกับลูกน้ำยุงลาย และน้ำมันจากมะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale*), พืชที่อยู่ในแถบตะวันออกเฉียงใต้ของ Brazil (*Copaifera langsdorffii*), ตะบูน (*Carapa guianensis*), ตะไคร้หอม (*Cymbopogon winterianus*) และสาบแร้งสาบกา (*Ageratum conyzoides*) โดยมีค่า LC_{50} เท่ากับ 14.5, 41, 57, 98 และ 148 $\mu\text{g/l}$ ตามลำดับ

Prajapati *et al.* (2005) ได้ศึกษาการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากพืชสมุนไพร 10 ชนิด ซึ่งใช้ในการทดสอบมี 3 ชนิด คือ *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* Linn. และ *Culex quinquefasciatus* พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากต้นสนพันธุ์ Juniperous และยี่หระมีประสิทธิภาพสูงในการไล่ยุงระยะที่เป็นตัวอ่อน และระยะที่เป็นไข่ โดยน้ำมันหอมระเหยจากยี่หระในวันที่ 4 ของช่วงการลอกคราบเป็นคักแรกของยุง *Anopheles stephensi*, *Aedes aegypti* Linn. ให้ค่า LD_{95} เท่ากับ 115.7 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร ในขณะที่ตัวอ่อนของ *Culex quinquefasciatus* เท่ากับ 149.7 ไมโครกรัม/ มิลลิลิตร และน้ำมันหอมระเหยจากขิงและดอก Rosemary มีการค้นพบว่าสามารถไล่ยุงในระยะที่เป็นไข่ของยุงทั้ง 3 ชนิดได้เช่นกัน

Murugan *et al.* (2007) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของ *Albizia amara* Boivin และ *Ocimum basilicum* Linn. ที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน (2%, 4%, 6%, 8% และ 10%) โดยทดสอบกับลูกน้ำระยะที่ 1, 2, 3 และ 4 และตัวโม่งของยุงลาย โดยค่า LC_{50} ของ *A. amara* และ *O. basilicum* สำหรับลูกน้ำระยะที่ 1 เท่ากับ 5.412 และ 3.734, ลูกน้ำระยะที่ 2 เท่ากับ 6.480 และ 4.154, ลูกน้ำระยะที่ 3 เท่ากับ 7.106 และ 4.664 และลูกน้ำระยะที่ 4 เท่ากับ 7.515 และ 5.124 ตามลำดับ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบลูกน้ำยุงลาย
 - 1.1 เครื่องแก้วชนิดต่าง ๆ เช่น กระจกบอทดวง บีกเกอร์ เป็นต้น
 - 1.2 ถ้วยพลาสติก
 - 1.3 ช้อนพลาสติก
 - 1.4 ปิเปตต์
 - 1.5 แก้วพลาสติก
2. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงลูกน้ำยุงลาย
 - 2.1 ถ้วยพลาสติกสำหรับเพาะเลี้ยงลูกน้ำยุงลาย
 - 2.2 ปิเปตต์สำหรับดูดลูกน้ำยุงลาย หรือช้อนที่ใช้สำหรับช้อนลูกน้ำยุงลาย
 - 2.3 อาหารปลาบดละเอียดสำหรับเลี้ยงลูกน้ำยุงลาย
3. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงยุงลายตัวเต็มวัย
 - 3.1 กรงเลี้ยงยุงลาย
 - 3.2 ลำลี
 - 3.3 กระดาษทิชชู หรือกระดาษกรองสำหรับวางไข่ยุงลาย

วิธีการ

1. การวิจัยเรื่องการประยุกต์ใช้สารสกัดจากพืชชนิดน้ำและชนิดผงในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental - Research) ในระดับห้องปฏิบัติการ (Laboratory scale) โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด คือ ใบสาบเสือ เมล็ดสบู่แดง ใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด และใบรัก ในการควบคุมลูกน้ำลาย (*Aedes aegypti* Linn.) โดยทำการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดที่ได้จากใบสาบเสือ เมล็ดสบู่แดง ใบยาสูบ บอระเพ็ด และใบรัก ด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน (น้ำกลั่นและเอธานอล 95%) ในช่วงเวลาการหมักที่ต่างกัน (24, 48 และ 72 ชั่วโมง) โดยแบ่งความเข้มข้นของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด คือ ใบสาบเสือ เมล็ดสบู่แดง ใบยาสูบ บอระเพ็ด และใบรัก ที่มีน้ำกลั่นหรือเอธานอล 95% เป็นตัวทำละลายที่ระดับความเข้มข้น 0, 400, 800, 1600, 2400, 3200 และ 4000 mg/l โดยที่แต่ละความเข้มข้นแตกต่างกัน ทำการเจือจางหรือทำให้เข้มข้นขึ้นด้วยตัวทำละลายชนิดเดียวกัน (น้ำกลั่นและเอธานอล 95%) ทำการทดสอบตามวิธีการทดสอบยาฆ่าแมลงขององค์การอนามัยโลก โดยทำการทดสอบความเข้มข้นละ 4 ชั่วโมง ทดลอง จากนั้นเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดในการควบคุมลูกน้ำลาย (*Aedes aegypti* Linn.) และนำสารสกัดที่ได้จากการเปรียบเทียบและมีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำลาย (*Aedes aegypti* Linn.) นำไปหาค่า LC_{50} และนำไปศึกษาประสิทธิภาพต่อไป

1.2 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ในการควบคุมลูกน้ำลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

จากการทดลองในข้อ 1.1 จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด จะได้สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำลาย (*Aedes aegypti* Linn.) โดยนำสารสกัดจากพืชที่ได้มาเปรียบเทียบสายพันธุ์ จากนั้นศึกษาการแปรรูปและเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารสกัดจากพืชในการควบคุมลูกน้ำลายในรูปแบบของสารละลายสกัดชนิดน้ำ และชนิดผง

1.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน

1.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำลาย (*Aedes aegypti* Linn.) กับสารเคมี (ทรายอะเบท) ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.3.2 ศึกษาระยะเวลาในการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

1.3.3 ศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ปลานิล ปลาหางนกยูง และไรแดง เป็นต้น

1.3.4 ศึกษาต้นทุนในการผลิตสารสกัดจากพืชเปรียบเทียบกับสารเคมีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ทราयोเบท

2. การเตรียมสารสกัดจากพืช

2.1 สารสกัดใบสาบเสือ

ทำการสกัดใบสาบเสือโดยวิธีการหมัก (Maceration) โดยนำใบสาบเสือที่เก็บในช่วงที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ นำไปผึ่งลมให้แห้ง แล้วทำให้แห้งสนิทด้วยการตากแห้ง 4-5 วัน หรืออบที่ความร้อน 50-60 องศาเซลเซียส ให้แห้ง

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยน้ำ นำใบสาบเสือที่แห้งสนิทแล้วมาบดให้ละเอียด นำมาชั่งเพื่อผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วจึงนำมารองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองต้นทุน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยเอธานอล 95% นำใบสาบเสือที่แห้งสนิทแล้วมาบดให้ละเอียด นำมาชั่งเพื่อผสมกับเอธานอล 95% ในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วจึงนำมารองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองต้นทุน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

2.2 สารสกัดเมล็ดสบู่แดง

ทำการสกัดเมล็ดสบู่แดงโดยวิธีการหมัก (Maceration) โดยใช้น้ำและเอทานอล 95% เป็นตัวทำละลาย (solvent) โดยนำเมล็ดสบู่แดงที่เก็บในช่วงที่เจริญเติบโตเต็มที่ ไปผึ่งลมให้แห้ง แล้วทำให้แห้งสนิทด้วยการตากแห้งประมาณ 1-2 สัปดาห์ หรืออบที่ความร้อน 50-60 องศาเซลเซียส ให้แห้ง

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยน้ำ นำเมล็ดสบู่แดงที่แห้งสนิทแล้วมาบดให้ละเอียด นำมาชั่งเพื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วจึงนำมารองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองต้นทุน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยเอทานอล 95% นำเมล็ดสบู่แดงที่แห้งสนิทแล้วมาบดให้ละเอียด นำมาชั่งเพื่อผสมกับเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วจึงนำมารองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองต้นทุน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

2.3 สารสกัดใบยาสูบ

นำใบยาสูบที่ทำให้แห้งแล้ว นำมาหั่นให้ละเอียด นำมาชั่งเพื่อผสมกับน้ำและเอทานอล 95%

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยน้ำ นำใบยาสูบที่แห้งและหั่นละเอียดแล้ว นำมาชั่งเพื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วจึงนำมารองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองต้นทุน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยเอธานอล 95% นำใบยาสูบที่แห้งและหั่นละเอียดแล้ว นำมาชั่งเพื่อผสมกับเอธานอล 95% ในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วจึงนำมากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองคั่นทูน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

2.4 สารสกัดใบรัก

นำใบรักที่เก็บในช่วงที่พืชเจริญเติบโตเต็มที่ นำไปผึ่งลมให้แห้ง แล้วทำให้แห้งสนิทด้วยการตากแห้ง 4-5 วันหรืออบที่ความร้อน 50-60 องศาเซลเซียส ให้แห้ง

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยน้ำ นำใบรักที่แห้งสนิทแล้วมาบดให้ละเอียด นำมาชั่งเพื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วจึงนำมากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองคั่นทูน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยเอธานอล 95% นำใบรักที่แห้งสนิทแล้วมาบดให้ละเอียด นำมาชั่งเพื่อผสมกับเอธานอล 95% ในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วจึงนำมากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองคั่นทูน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

2.5 สารสกัดบอระเพ็ด

นำเถาบอระเพ็ดที่แก่เต็มที่ มาหั่นให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ นำไปผึ่งลมให้แห้ง แล้วทำให้แห้งสนิทด้วยการตากแห้ง 4-5 วันหรืออบที่ความร้อน 50-60 องศาเซลเซียส ให้แห้ง

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยน้ำ นำบอระเพ็ดที่หั่นให้เป็นชิ้นเล็กและแห้งสนิทแล้วมาบดให้ละเอียด นำมาชั่งเพื่อผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ แล้วจึงนำมากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองคั้นทุน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

การสกัดโดยวิธีหมักด้วยเอทานอล 95% นำบอระเพ็ดที่หั่นให้เป็นชิ้นเล็กและแห้งสนิทแล้วมาบดให้ละเอียด นำมาชั่งเพื่อผสมกับเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:5 (น้ำหนักต่อปริมาตร) หมักนาน 24, 48 และ 72 ชั่วโมงตามลำดับ แล้วจึงนำมากรองด้วยผ้าขาวบางเพื่อแยกกากและสารละลายสกัดออกจากกัน เตรียมเป็นสารกรองคั้นทุน (Stock filtrated solution) เก็บไว้ในขวดสีชาที่มีฝาปิดสนิท และหุ้มด้วยแผ่นอลูมิเนียมฟอยด์ นำไปเก็บไว้ในตู้เย็นภายใต้อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ทดสอบกับลูกน้ำยุงต่อไป

3. การแปรรูปให้เป็นผง

นำสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลายมาแปรรูปให้เป็นผง โดยอบให้แห้งด้วยเครื่อง hot air oven ณ อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส และนำไปทดสอบประสิทธิภาพเปรียบเทียบกับสารสกัดที่เป็นสารละลาย

4. การเพาะเลี้ยงยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

ไข่ยุงลายที่นำมาเพาะเลี้ยงที่ใช้ในการทดลอง ได้รับการสนับสนุนจากสำนักโรคติดต่อทางแมลง กรมควบคุมโรค กระทรวงสาธารณสุข นำมาเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิประมาณ 28-30 องศาเซลเซียส มีขั้นตอนในการเพาะเลี้ยงดังนี้

4.1 นำไข่ยุงลายที่ติดบนกระดาษกรอง แฉ่งลงในถาดพลาสติกที่ใส่น้ำครึ่งถาด ใช้เวลาประมาณ 30 นาที ไข่จะเริ่มฟักเป็นตัว เรียกว่าลูกน้ำยุงลายระยะที่ 1

4.2 นำลูกน้ำยุงลายระยะที่ 1 ที่ฟักออกมาในปริมาณมากพอเปลี่ยนลงในถาดพลาสติกที่มีน้ำประมาณ 1 ส่วน 4 ของถาด

4.3 เริ่มให้อาหารแก่ลูกน้ำยุงลายโดยใช้อาหารปลาบดละเอียด หรืออาหารสุนัขบดละเอียด วันละ 2 ครั้ง เช้า-เย็น หลังให้อาหารประมาณ 10 นาที ต้องใช้กระดาษฟิวهابัดขนาด 8×10 cm ซับผ้าบนผิวน้ำทุกครั้งให้อาหาร เพื่อไม่ให้คราบไขมันและสิ่งสกปรกลอยบนผิวน้ำ

4.4 เลี้ยงลูกน้ำยุงลายครบ 3 วัน จะทำการเปลี่ยนน้ำใหม่เพื่อไม่ให้ น้ำสกปรก โดยใช้ น้ำประปาตั้งทิ้งไว้ไม่น้อยกว่า 7 วัน และใช้ Dropper คูดูกน้ำยุงลายแยกออกไปใส่ถาดเพื่อไม่ให้ หนาแน่นจนเกินไป

4.5 เลี้ยงลูกน้ำยุงลายประมาณ 4-5 วัน จะเริ่มลอกคราบเป็นตัวโม่งใช้ Dropper คูดใส่ ในถ้วยพลาสติก นำไปวางในกรงเลี้ยงยุงประมาณ 2-3 วัน จะเริ่มลอกคราบเป็นตัวเต็มวัย

4.6 ใช้ sucker tube คูดุงตัวเต็มวัยแยกจากกรงฟักตัวโม่ง ใส่ในกรงเลี้ยงยุงใหม่ เริ่มให้อาหารเทียมโดยใช้น้ำเชื่อม 10% และต้องเปลี่ยนแท่งสำลีสืบบน้ำหวาน 2 วันครั้ง

4.7 เมื่อยุงลายตัวเต็มวัยมีอายุ 3 วัน เริ่มให้เลือดโดยใช้หนูแฮมสเตอร์ (จากสำนัก สัตว์ทดลอง มหาวิทยาลัยมหิดล) ใส่กรงขนาดพอดีตัวใส่ในกรงเลี้ยงยุงลาย

4.8 เมื่อให้เลือดยุงลาย ครบระยะเวลา 2-3 วัน เตรียมที่ให้ยุงลายวางไข่โดยใช้กระดาษ กรองใสในถ้วยพลาสติก ใส่น้ำลงไปบนกระดาษกรองให้กระดาษขึ้นเหมาะสำหรับการวางไข่ แล้ว นำไปวางไว้ในกรงเลี้ยงยุง ยุงจะเริ่มวางไข่บนกระดาษกรอง

4.9 เก็บกระดาษกรองที่มีไข่ยุงลาย ปล่อยทิ้งไว้ให้แห้งในอุณหภูมิห้อง บันทึกวัน/เดือน/ปี ที่เก็บไข่ลงบนกระดาษกรอง นำไปเก็บในที่แห้งใส่กล่องพลาสติกปิดฝาให้แน่นสนิท เพื่อป้องกัน มด และแมลงมาทำลายไข่ยุงลาย

5. การเลี้ยงลูกน้ำยุงลายเพื่อทดลอง

5.1 นำไข่ยุงลายที่ติดบนกระดาษกรองลงฟักในถาดพลาสติก ใช้ระยะเวลาประมาณ 30 นาที ไข่จะเริ่มฟักเป็นตัวเรียกว่าลูกน้ำยุงลายระยะที่ 1 เมื่อลูกน้ำยุงลายฟักออกมาปริมาณมาก เริ่มให้อาหารปลาบดละเอียด และใช้กระดาษกรองซับผ้าบนผิวน้ำ

5.2 เมื่อเลี้ยงลูกน้ำยุงลายครบ 3 วัน เปลี่ยนน้ำในภาชนะถาดพลาสติกและใช้ Dropper คูดูกน้ำยุงลายแบ่งใส่ภาชนะถาดพลาสติก

5.3 เลี้ยงลูกน้ำยุงลายใช้ระยะเวลาประมาณ 4-5 วัน จะได้ลูกน้ำยุงลายระยะที่ 3 ถึงระยะที่ 4 ที่อุณหภูมิห้อง 28-30 องศาเซลเซียส สามารถนำไปใช้ทดลองได้

วิธีการทดสอบ

- เลือกลูกน้ำยุงลายระยะที่ 3 ตอนปลายจนถึงระยะที่ 4 ตอนต้นที่แข็งแรงเตรียมไว้เพื่อใช้ในการทดสอบ

- เตรียมน้ำกลั่นไว้เพื่อนำมาใช้ในการทดสอบ

- ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ

ทำการทดสอบโดยนำน้ำปริมาตร 249.5 มิลลิลิตร ใส่ลงในภาชนะที่ใช้ในการทดสอบ ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายสกัดในระดับความเข้มข้นที่ต้องการทดสอบ โดยเริ่มต้นปริมาตรที่ 0.5 มิลลิลิตร จากนั้นค่อยๆ เพิ่มระดับความเข้มข้นขึ้น โดยแต่ละความเข้มข้นให้มีปริมาตรรวมเท่ากับ 250 มิลลิลิตร ตัวอย่างเช่น สารสกัดจากใบยาสูบที่หมักด้วยน้ำกลั่น เมื่อจะทดสอบกับลูกน้ำยุงลาย ใช้ปิเปตต์ดูดสารละลายสกัดมา 1 มิลลิลิตร และเติมน้ำกลั่น 249 มิลลิลิตร เป็นต้น สำหรับในชุดควบคุมเปรียบเทียบใช้ตัวทำละลายในการสกัดสารชนิดนั้นๆ ตามระดับความเข้มข้นที่ต้องการ แล้วจึงนำลูกน้ำยุงลายที่เตรียมไว้ใส่ในภาชนะทดสอบโดยลูกน้ำ 25 ตัวต่อ 1 ภาชนะทดสอบทำการทดลอง 4 ชั่วโมง สังเกตการตายของลูกน้ำยุงลายที่เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง แล้วบันทึกผลการทดลอง โดยที่ตลอดช่วงการทดสอบจะไม่ให้อาหารแก่ลูกน้ำ หากในระหว่างการทดสอบลูกน้ำมีการเจริญเปลี่ยนแปลงไปเป็นตัวโม่ง (pupa) จะไม่นำมาคิดในจำนวนรวม และในกรณีที่ชุดควบคุมมีจำนวนตัวโม่งเกิน 10% หรือมีจำนวนลูกน้ำที่ตาย 20% ขึ้นไป ควรทำการทดสอบใหม่

8. การวิเคราะห์ผล

หาค่า LC_{50} (Lethal concentration at 50%) ซึ่งเป็นค่าความเข้มข้นของสารละลายสกัดที่มีผล
ทำให้ลูกน้ำตายร้อยละ 50 ภายหลังการทดสอบ 24 และ 48 ชั่วโมง โดยการวิเคราะห์ Probit
Analysis โดยโปรแกรมสำเร็จรูป spss for window และสรุปผล

ผลและวิจารณ์

ผล

ผลการวิจัย แบ่งออกเป็นประเด็นหลัก ดังนี้ คือ

การทดลองส่วนที่ 1

1.1 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด คือ ใบสาบเสือ เมล็ดสนับแดง ใบยาสูบ บอระเพ็ด และใบรัก ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

การทดลองส่วนที่ 2

1.2 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

จากการทดลองในข้อ 1.1 จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด จะได้สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) คือ สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) จากนั้นทำการคัดเลือกสายพันธุ์ยาสูบ โดยการนำใบยาสูบต่างสายพันธุ์ มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย และศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพสารสกัดจากพืชในการควบคุมลูกน้ำยุงลายในรูปแบบของสารละลายสกัดชนิดน้ำ และชนิดผง

การนำใบยาสูบต่างสายพันธุ์มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย โดยการหมักด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน (น้ำกลั่นและเอทานอล 95%) ในช่วงเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ระหว่างสารละลายสกัดชนิดน้ำและชนิดผง ใบยาสูบที่นำมาศึกษามี 2 สายพันธุ์ คือ ใบยาสูบพันธุ์เบอร์เลย์ และใบยาสูบพันธุ์เวอร์จิเนีย

การทดลองส่วนที่ 3

1.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน

1.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) กับสารเคมี (ทรายอะเบท) ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

1.3.2 ศึกษาระยะเวลาในการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

1.3.3 ศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ปลานิล ปลาหางนกยูง และไรแดง เป็นต้น

1.3.4 ศึกษาต้นทุนในการผลิตสารสกัดจากพืชเปรียบเทียบกับสารเคมีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ทรายอะเบท

การทดลองส่วนที่ 1

1.1 สารสกัดจากพืชที่ทำการคัดเลือกมา 5 ชนิด คือ ใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด เมล็ดสบู่แดง ใบรัก และใบสาบเสือ ด้วยวิธีการหมัก โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้สารสกัดมีลักษณะดังนี้ คือ

1.1.1 สารสกัดจากใบยาสูบ บอระเพ็ด เมล็ดสบู่แดง ใบรัก และใบสาบเสือ

ในการเตรียมสารละลายสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด เมล็ดสบู่แดง ใบรัก และใบสาบเสือ ด้วยวิธีการหมัก (Maceration) โดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้สารสกัดลักษณะดังนี้ คือ

1.1.1.1 สารสกัดจากใบยาสูบที่หมักด้วยน้ำกลั่น (Distilled water) มีสีน้ำตาลเข้มเล็กน้อย ส่วนสารสกัดจากใบยาสูบที่ใช้เอธานอล 95% เป็นตัวทำละลาย (95% Ethanol) มีสีน้ำตาลเข้มใส

1.1.1.2 สารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่น (Distilled water) มีสีน้ำตาลอ่อนขุ่นเล็กน้อย ส่วนสารสกัดจากบอระเพ็ดที่ใช้เอทานอล 95% เป็นตัวทำละลาย (95% Ethanol) มีสีน้ำตาลอ่อนใส

1.1.1.3 สารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น (Distilled water) มีสีขาวขุ่น ส่วนสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่ใช้เอทานอล 95% เป็นตัวทำละลาย (95% Ethanol) มีสีขาวใสขุ่นเล็กน้อย

1.1.1.4 สารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น (Distilled water) มีสีเขียวเข้มขุ่นเล็กน้อย ส่วนสารสกัดจากใบรักที่ใช้เอทานอล 95% เป็นตัวทำละลาย (95% Ethanol) มีสีเขียวเข้มใส

1.1.1.5 สารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น (Distilled water) มีสีเขียวอ่อนเล็กน้อย ส่วนสารสกัดจากใบสาบเสือที่ใช้เอทานอล 95% เป็นตัวทำละลาย (95% Ethanol) มีสีเขียวอ่อนใส

1.1.2 การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด ใบรัก เมล็ดสบู่แดง และใบสาบเสือ

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด คือ ใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด ใบรัก เมล็ดสบู่แดง และใบสาบเสือ ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายโดยใช้ตัวทำละลาย 2 ชนิดที่แตกต่างกัน คือ น้ำกลั่น และเอทานอล 95% ระยะเวลาในการหมักแบ่งเป็น 3 ช่วงเวลา คือ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง และแบ่งความเข้มข้นเป็น 0, 400, 800, 1600, 2400, 3200 และ 4000 มก./ล. ตามลำดับ จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ผลปรากฏดังนี้

1.1.2.1 สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด ใบรัก เมล็ดสบู่แดง และใบสาบเสือ ที่หมักด้วยน้ำกลั่นจากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง สามารถสรุปได้ดังนี้

1) สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 24, 48, และ 72 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 2400, 3200 และ 4000 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้หมด ส่วนสารสกัดจากใบยาสูบที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 1600, 2400, 3200 และ 4000 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้หมด และสารสกัดจากใบยาสูบที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 4000 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้หมด

2) สารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 400, 800, 1600, 2400, 3200 และ 4000 มก./ล. ไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้

3) สารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 400, 800, 1600, 2400, 3200 และ 4000 มก./ล. ไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้

4) สารสกัดจากใบรักและเมล็ดสนุ่นแดงไม่เหมาะสมในการนำมาทดสอบกับลูกน้ำยุงลาย เนื่องจากมีกลิ่นเหม็นแฉะเมื่อหมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง

1.1.2.2 สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด ใบรัก เมล็ดสนุ่นแดง และใบสาบเสือ ที่หมักด้วยเอธานอล 95% จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง สามารถสรุปได้ดังนี้

1) สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยเอธานอล 95% เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 4000 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้เกือบหมด

2) สารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยเอธานอล 95% เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 4000 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 400, 800, 1600, 2400 และ 3200 มก./ล.

3) สารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 4000 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้น้อยมาก และที่ความเข้มข้น 400, 800, 1600, 2400 และ 3200 มก./ล. ไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายให้ตายได้ สารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 3200 มก./ล. และ 4000 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้น้อยมาก และที่ความเข้มข้น 400, 800, 1600 และ 2400 มก./ล. ไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายให้ตายได้ และสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 400, 800, 1600, 2400, 3200 และ 4000 มก./ล. ไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายให้ตายได้

4) สารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยเอทานอล 95% เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้นสูง 4000 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 400, 800, 1600, 2400 และ 3200 มก./ล.

5) สารสกัดจากเมล็ดสับปะรดที่หมักด้วยเอทานอล 95% เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 4000 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดที่ความเข้มข้น 400, 800, 1600, 2400 และ 3200 มก./ล.

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด คือ สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด ใบรัก เมล็ดสับปะรด และใบสาบเสือ ในช่วงเวลาการหมักต่างกัน (24, 48 และ 72 ชั่วโมง) ด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน (น้ำกลั่นและเอทานอล 95%) ผลปรากฏว่า สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย และสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่น ที่ระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าระยะเวลาการหมักที่ 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง ซึ่งจากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ให้ค่า LC_{50} เท่ากับ 791.59 มก./ล. และ 666.02 มก./ล. ตามลำดับ และดีกว่าการหมักด้วยเอทานอล 95% จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ให้ค่า LC_{50} เท่ากับ 2350.40 มก./ล. และ 1426.36 มก./ล. ตามลำดับ จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด สามารถสรุปได้จากตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด ที่ช่วงเวลาการหมัก (24, 48 และ 72 ชม.) ด้วยตัวทำละลายต่างกัน สังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชม.

สารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด	LC ₅₀ (มก./ล.) ที่เวลา 24 ชม.	LC ₅₀ (มก./ล.) ที่เวลา 48 ชม.
1. ใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์)		
หมักด้วยน้ำกลั่น		
24 ชั่วโมง	1202.98	781.85
48 ชั่วโมง	791.59	666.02
72 ชั่วโมง	1476.12	857.80
หมักด้วยเอทานอล 95%		
24 ชั่วโมง	2538.40	1635.82
48 ชั่วโมง	2350.40	1426.36
72 ชั่วโมง	2648.27	1642.44
2. ใบรัก		
หมักด้วยน้ำกลั่น		
24 ชั่วโมง	*	*
48 ชั่วโมง	*	*
72 ชั่วโมง	*	*
หมักด้วยเอทานอล 95%		
24 ชั่วโมง	2551.31	2166.01
48 ชั่วโมง	2685.38	2292.02
72 ชั่วโมง	2701.24	2366.40
3. บอระเพ็ด		
หมักด้วยน้ำกลั่น		
24 ชั่วโมง	-	-
48 ชั่วโมง	-	-
72 ชั่วโมง	-	-

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด	LC ₅₀ (มก./ล.) ที่เวลา 24 ชม.	LC ₅₀ (มก./ล.) ที่เวลา 48 ชม.
หมักด้วยเอทานอล 95%		
24 ชั่วโมง	-	-
48 ชั่วโมง	-	-
72 ชั่วโมง	-	-
4. ใบสาบเสือ		
หมักด้วยน้ำกลั่น		
24 ชั่วโมง	-	-
48 ชั่วโมง	-	-
72 ชั่วโมง	-	-
หมักด้วยเอทานอล 95%		
24 ชั่วโมง	2820.72	2448.96
48 ชั่วโมง	2906.38	2511.88
72 ชั่วโมง	3101.49	2675.12
5. เมล็ดสนุ่นแดง		
หมักด้วยน้ำกลั่น		
24 ชั่วโมง	*	*
48 ชั่วโมง	*	*
72 ชั่วโมง	*	*
หมักด้วยเอทานอล 95%		
24 ชั่วโมง	2781.33	2324.81
48 ชั่วโมง	2791.12	2383.93
72 ชั่วโมง	2838.36	2415.54

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก
 - ไม่สามารถคำนวณหาค่า LC₅₀ ได้เนื่องจากการตายของลูกน้ำขุ่นลงเล็กน้อยมาก

จากตารางสรุปได้ว่า จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% ทุกระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพสูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย รองลงมา คือ สารสกัดจากใบรัก, เมล็ดสะปี้แดง และใบสาบเสือ ที่หมักด้วยเอทานอล 95% ตามลำดับ

การทดลองส่วนที่ 2

1.2 ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

จากการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ได้ดีกว่าสารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิดที่คัดเลือกมา จากนั้นจึงได้นำใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ไปศึกษาประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ต่อ โดยการนำใบยาสูบต่างสายพันธุ์มาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย ด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน (น้ำกลั่นและเอทานอล 95%) ในช่วงเวลาการหมักที่ต่างกัน (24, 48 และ 72 ชั่วโมง) ระหว่างสารละลายสกัดชนิดน้ำและชนิดผง

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) คือ สารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ และ สารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนีย ในการหมักด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน (น้ำกลั่นและเอทานอล 95%) ในช่วงเวลาการหมักที่ต่างกัน (24, 48 และ 72 ชั่วโมง) จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่าสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดที่ใช้เอทานอล 95% เป็นตัวทำละลาย และสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนีย

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์และสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% ในระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง โดยสังเกตการตายของลูกน้ำยุงลายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง สามารถสรุปผลการศึกษาค่า

ความเป็นพิษของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ และสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนีย ที่ทำให้ลูกน้ำ
 ยุบตาย 50% ในเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง สรุปได้ดังตารางต่อไปนี้ คือ

ตารางที่ 2 ค่า LC_{50} (ที่ 24 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่นใน
 ระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ

ระยะเวลาการหมัก (ชม.)	LC_{50} (มก./ล.)	95% Confidence Limits		Slope
		Lower	Upper	
24 ชั่วโมง	1202.98	847.01	1596.46	0.04±0.18
48 ชั่วโมง	791.59	630.13	1046.27	0.07±0.33
72 ชั่วโมง	1476.12	1213.16	1719.25	0.03±0.12

ตารางที่ 3 ค่า LC_{50} (ที่ 48 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่นใน
 ระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ

ระยะเวลาการหมัก (ชม.)	LC_{50} (มก./ล.)	95% Confidence Limits		Slope
		Lower	Upper	
24 ชั่วโมง	781.85	-	-	0.07±0.45
48 ชั่วโมง	666.02	625.58	701.77	0.08±0.57
72 ชั่วโมง	857.80	-	-	0.06±0.19

ตารางที่ 4 ค่า LC_{50} (ที่ 24 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยเอธานอล 95% ใน
 ระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ

ระยะเวลาการหมัก (ชม.)	LC_{50} (มก./ล.)	95% Confidence Limits		Slope
		Lower	Upper	
24 ชั่วโมง	2538.40	2349.88	2732.88	0.02±0.18
48 ชั่วโมง	2350.40	2191.54	2511.78	0.02±0.17
72 ชั่วโมง	2648.27	2485.69	2816.80	0.01±0.18

ตารางที่ 5 ค่า LC_{50} (ที่ 48 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยเอทานอล 95%
 ในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ

ระยะเวลาการหมัก (ชม.)	LC_{50} (มก./ล.)	95% Confidence Limits		Slope
		Lower	Upper	
24 ชั่วโมง	1635.82	1467.52	1811.16	0.03±0.21
48 ชั่วโมง	1426.36	1332.47	1522.44	0.04±0.20
72 ชั่วโมง	1642.44	1544.84	1741.85	0.03±0.21

ตารางที่ 6 ค่า LC_{50} (ที่ 24 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่น
 ในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ

ระยะเวลาการหมัก (ชม.)	LC_{50} (มก./ล.)	95% Confidence Limits		Slope
		Lower	Upper	
24 ชั่วโมง	1766.66	1489.23	2032.23	0.03±0.13
48 ชั่วโมง	2103.01	1684.35	2519.05	0.02±0.12
72 ชั่วโมง	2185.55	1709.45	2694.18	0.02±0.11

ตารางที่ 7 ค่า LC_{50} (ที่ 48 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่น
 ในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ

ระยะเวลาการหมัก (ชม.)	LC_{50} (มก./ล.)	95% Confidence Limits		Slope
		Lower	Upper	
24 ชั่วโมง	847.68	744.19	990.66	0.06±0.34
48 ชั่วโมง	990.36	-	-	0.05±0.16
72 ชั่วโมง	1082.95	821.84	1318.93	0.05±0.14

ตารางที่ 8 ค่า LC_{50} (ที่ 24 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยเอธานอล 95%
 ในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ

ระยะเวลาการหมัก (ชม.)	LC_{50} (มก./ล.)	95% Confidence Limits		Slope
		Lower	Upper	
24 ชั่วโมง	2831.35	2691.88	2979.14	0.02±0.19
48 ชั่วโมง	2884.60	2741.46	3037.92	0.02±0.18
72 ชั่วโมง	2980.88	2834.99	3139.15	0.01±0.19

ตารางที่ 9 ค่า LC_{50} (ที่ 48 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยเอธานอล 95%
 ในระยะเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ

ระยะเวลาการหมัก (ชม.)	LC_{50} (มก./ล.)	95% Confidence Limits		Slope
		Lower	Upper	
24 ชั่วโมง	1693.15	1589.40	1798.72	0.03±0.19
48 ชั่วโมง	1719.12	1470.08	1970.37	0.03±0.16
72 ชั่วโมง	1744.05	1498.16	1993.22	0.03±0.16

จากผลการศึกษาจึงได้มีการนำตัวทำละลายที่มีประสิทธิภาพ (ที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลาย) ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย นำไปทดสอบประสิทธิภาพต่อ โดยการทำแห้งให้เป็นผงเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างสารสกัดจากพืชชนิดน้ำและชนิดผง จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง ของสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่าสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนีย และจากการสังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์เมื่อแปรรูปเป็นผงที่ความเข้มข้น 4000 มก./ล. และ 5600 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้หมด ในขณะที่สารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่แปรรูปเป็นผง จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 4000 มก./ล. และ 5600 มก./ล. ไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้หมด แต่จากการสังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง พบว่าลูกน้ำยุงลายตายเกือบหมด สรุปได้ดังตารางที่ 10 และตารางที่ 11

ตารางที่ 10 ประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ของสารสกัดจาก
ใบยาสูบ 2 สายพันธุ์ในการใช้เป็นชนิดน้ำและชนิดผง จากการสังเกตการตายที่เวลา
24 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (มก./ล.)	อัตราการตายของลูกน้ำยุงลาย (%) (ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 4 ซ้ำ)					
	หมักด้วยน้ำกลั่น		หมักด้วยน้ำกลั่น		หมักด้วยน้ำกลั่น	
	24 ชั่วโมง		48 ชั่วโมง		72 ชั่วโมง	
	เบอร์เลย์	เวอร์จิเนีย	เบอร์เลย์	เวอร์จิเนีย	เบอร์เลย์	เวอร์จิเนีย
ชนิดน้ำ						
หน่วยควบคุม	0	0	0	0	0	0
400	0	0	1	0	0	0
800	34	12	63	14	50	48
1600	76	73	98	72	55	50
2400	99	73	100	61	76	53
3200	99	84	100	72	91	56
4000	100	97	100	79	100	82
ชนิดผง						
หน่วยควบคุม	0	0	0	0	0	0
4000	100	76	100	76	100	78
5600	100	84	100	87	100	93

ตารางที่ 11 ประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ของสารสกัด จาก
ใบยาสูบ 2 สายพันธุ์ในการใช้เป็นชนิดน้ำและชนิดผง จากการสังเกตการตายที่เวลา
48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (มก./ล.)	อัตราการตายของลูกน้ำยุงลาย (%) (ค่าเฉลี่ยของการทดลอง 4 ซ้ำ)					
	หมักด้วยน้ำกลั่น		หมักด้วยน้ำกลั่น		หมักด้วยน้ำกลั่น	
	24 ชั่วโมง		48 ชั่วโมง		72 ชั่วโมง	
	เบอร์เลย์	เวอร์จิเนีย	เบอร์เลย์	เวอร์จิเนีย	เบอร์เลย์	เวอร์จิเนีย
ชนิดน้ำ						
หน่วยควบคุม	0	0	0	0	0	0
400	0	0	0	0	0	0
800	10	40	23	35	13	5
1600	23	25	2	26	42	35
2400	1	27	-	36	24	41
3200	1	16	-	26	8	41
4000	-	3	-	19	-	18
ชนิดผง						
หน่วยควบคุม	0	0	0	0	0	0
4000	-	18	-	13	-	21
5600	-	13	-	12	-	6

หมายเหตุ เครื่องหมาย – แสดงการตายของลูกน้ำยุงลายที่ตายครบทั้งหมด จากการสังเกตการตาย
ที่เวลา 24 ชั่วโมง

การทดลองส่วนที่ 3

1.3 ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน

1.3.1 ศึกษาเปรียบเทียบสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) กับสารเคมี (ทรายอะเบท) ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน

กรณีศึกษา สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) หมักด้วยน้ำกลั่น 48 ชั่วโมง และทรายอะเบท กับลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) สามารถสรุปผลการทดสอบได้จากตารางที่ 12 และ 13 ดังนี้ คือ

ตารางที่ 12 ทดสอบสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) หมักด้วยน้ำกลั่น 48 ชั่วโมง กับลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) สังเกตการณ์ตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนซ้ำที่ (สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง)				จำนวนการตาย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
Control	0	0	0	0	0
2400	25	25	25	25	100
ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนซ้ำที่ (สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง)				จำนวนการตาย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
Control	0	0	0	0	0
2400	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - ลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ตายหมดตั้งแต่เวลา 24 ชั่วโมง

ตารางที่ 13 ทดสอบทรายอะเบทกับลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) สังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

ความเข้มข้น (ก./ล.)	จำนวนซ้ำที่ (สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง)				จำนวนการตาย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
Control	0	0	0	0	0
0.1	25	25	25	25	100
ความเข้มข้น (ก./ล.)	จำนวนซ้ำที่ (สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง)				จำนวนการตาย
	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
Control	0	0	0	0	0
0.1	-	-	-	-	-

หมายเหตุ - ลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ตายหมดตั้งแต่เวลา 24 ชั่วโมง

จากการทดสอบสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดคือ สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่ระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) หมักด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 2400 มก./ล. สามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้หมดภายในเวลา 11 ชั่วโมง ในขณะที่ทรายอะเบท เมื่อทำการทดสอบกับลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ในอัตราส่วน 0.1 ก. ใส่ในน้ำ 10 ล. (องค์การอนามัยโลก และ อย. แนะนำ) เมื่อใส่ทรายอะเบทลงไปในลูกน้ำยุงลาย จะไม่ตายทันที แต่จะมีอาการกระตุกและดิ้นอยู่กับที่เคลื่อนไหวไปไหนไม่ได้ และจากการสังเกตการตาย พบว่า ทรายอะเบทสามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้หมดภายในเวลา 9 ชั่วโมง ซึ่งจากการเปรียบเทียบทั้งสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) หมักด้วยน้ำกลั่น 48 ชั่วโมง และ ทรายอะเบท สามารถกำจัดลูกน้ำยุงลายได้หมดภายในเวลา 24 ชั่วโมง โดยให้ประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายที่ใกล้เคียงกัน

1.3.2 ศึกษาระยะเวลาในการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

ตารางที่ 14 การศึกษาระยะเวลาการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ในการนำไปใช้งาน

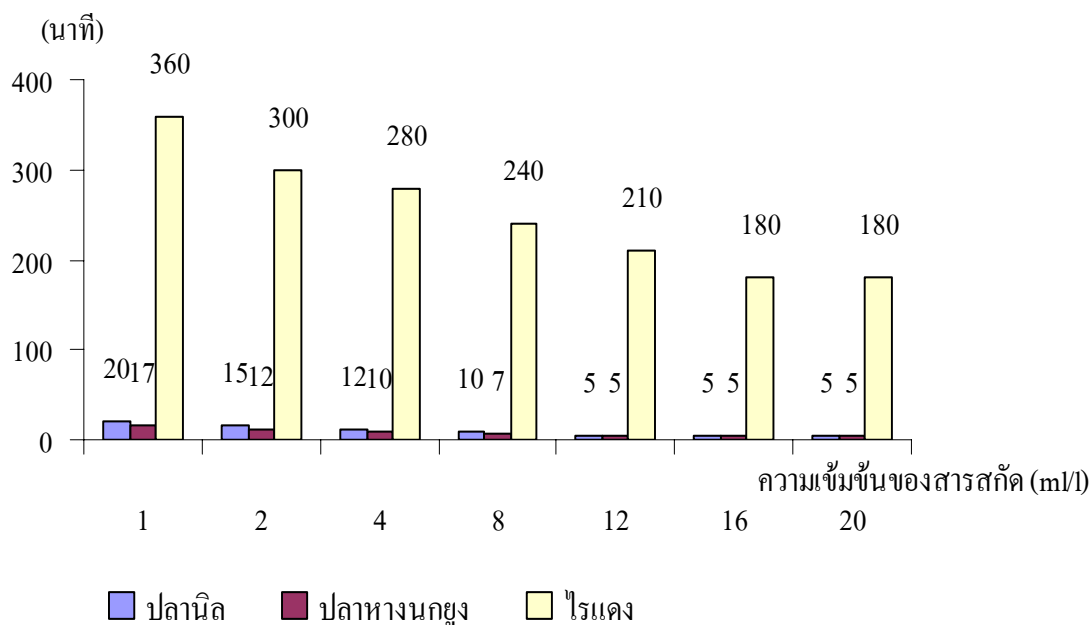
ความเข้มข้นที่ 4000 มก./ล.	สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง	สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง
	รวมการตาย (ซ้ำละ 25 ตัว)	รวมการตาย (ซ้ำละ 25 ตัว)
สารสกัดที่เก็บไว้เป็น		
เวลา 1 สัปดาห์		
Control	0	0
24 ชั่วโมง	4	1
48 ชั่วโมง	17	2
72 ชั่วโมง	20	3
สารสกัดที่เก็บไว้เป็น		
เวลา 2 สัปดาห์		
Control	0	0
24 ชั่วโมง	2	0
48 ชั่วโมง	1	0
72 ชั่วโมง	6	1

จากการศึกษาระยะเวลาการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชคือ สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่ความเข้มข้น 4000 มก./ล. ในช่วงเวลาการหมัก 24, 48 และ 72 ชั่วโมง ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) จากการทดสอบสารสกัดที่ทำการทดสอบกับลูกน้ำยุงลายแล้ว และเก็บสารสกัดไว้เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ เมื่อนำมาทดสอบกับลูกน้ำยุงลาย จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบที่นำมาทดสอบ ในช่วงแรก ๆ มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบที่ทำการทดสอบแล้วเก็บสารสกัดไว้เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ จึงทำให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ลดลง

1.3.3 ศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ปลานิล ปลาหางนกยูง และไรแดง เป็นต้น

กรณีการทดสอบสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย คือ สารสกัดจากใบยาสูบ (พินธุ์เบอร์เลย์) ในช่วงเวลาการหมักที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับทรายอะเบท พบว่า ทั้งสารสกัดจากใบยาสูบ (พินธุ์เบอร์เลย์) และทรายอะเบทมีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ปลาหางนกยูง ปลานิล ไรทะเล และไรแดง เป็นต้น ซึ่งต่างจากการที่กระทรวงสาธารณสุขแนะนำว่าทรายอะเบทปลอดภัยต่อปลา และสัตว์ทุกชนิด

เวลาที่สัตว์ทดลองตาย

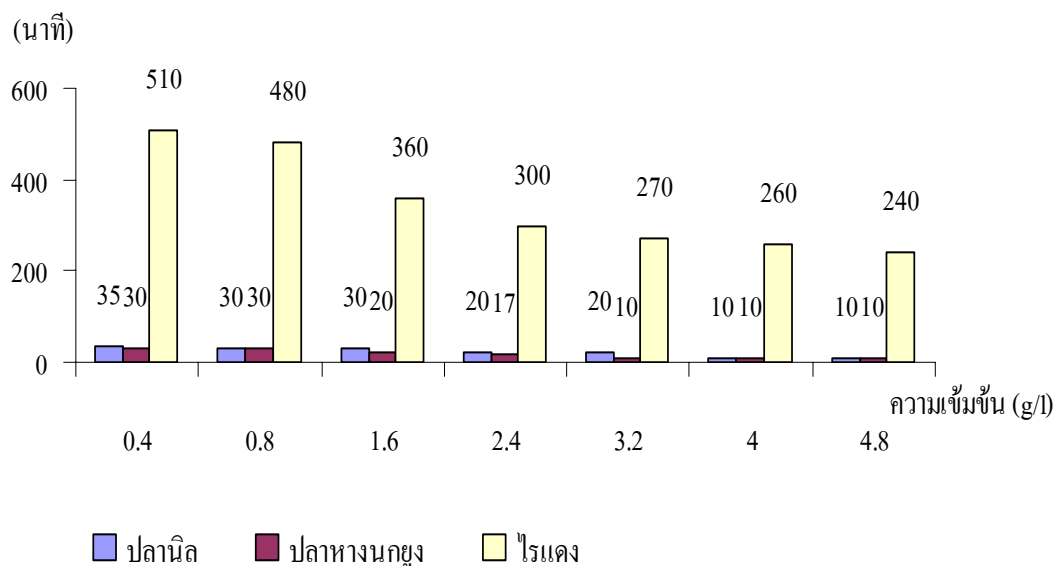


ภาพที่ 6 กราฟความสัมพันธ์ความเข้มข้นของสารสกัดและความเร็วในการตายของสัตว์ทดลอง

จากภาพที่ 6 แสดงกรณีการทดสอบสารสกัดจากใบยาสูบ (พินธุ์เบอร์เลย์) กับ สัตว์ทดลองชนิดต่าง ๆ เช่น ปลานิล ปลาหางนกยูง และไรแดง พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ทำให้ปลาหางนกยูง ตายเร็วที่สุด รองลงมาคือ ปลานิล และไรแดง ตามลำดับ เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นจะทำให้สัตว์ทดลองตายเร็วขึ้น แต่เมื่อลดระดับความเข้มข้นลงจะทำให้สัตว์ทดลองตายเร็วขึ้น โดยความเข้มข้นที่สูงขึ้นจะทำให้ปลาหางนกยูง และปลานิลตายภายในเวลา 5 นาที แต่เมื่อลดระดับความเข้มข้นลงจะทำให้ปลาหางนกยูงตาย

ภายในเวลา 20 นาที และปลาหางนกยูงตายภายในเวลา 17 นาที ส่วนไรแดงที่ความเข้มข้นต่ำสุดทำให้สัตว์ทดลองตายภายในเวลา 360 นาที

เวลาที่สัตว์ทดลองตาย



ภาพที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ความเข้มข้นของทรายอะเบทและความเร็วในการตายของสัตว์ทดลอง

จากภาพที่ 7 แสดงผลการทดสอบทรายอะเบทกับสัตว์ทดลองต่าง ๆ เช่น ปลานิล ปลาหางนกยูง และไรแดง พบว่า ทรายอะเบทให้ผลเช่นเดียวกับสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง โดยทำให้ปลาหางนกยูงตายเร็วที่สุด รองลงมาคือ ปลานิล และไรแดง ตามลำดับ เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้นจะทำให้สัตว์ทดลองตายเร็วขึ้น แต่เมื่อลดระดับความเข้มข้นลงจะทำให้สัตว์ทดลองตายช้าลง โดยที่ความเข้มข้นสูงสุด คือ 4.8 ก./ล. ทำให้ปลาหางนกยูงและปลานิลตายภายในเวลา 10 นาที ส่วนไรแดงตายภายในเวลา 240 นาที ในขณะที่ความเข้มข้นต่ำสุด คือ 0.4 ก./ล. ทำให้ปลาหางนกยูงตายภายในเวลา 30 นาที ปลานิลตายภายในเวลา 35 นาที และไรแดงตายภายในเวลา 510 นาที

จากผลการทดสอบสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และผลการทดสอบทรายอะเบท กับสัตว์ทดลองชนิดต่าง ๆ ในระดับความเข้มข้นต่างๆ พบว่า สัตว์ทดลองเมื่อได้รับสารสกัดในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน ทำให้มี

การตายต่างกันเนื่องจากสัตว์แต่ละชนิดมีความแข็งแรง และความสามารถในการทนต่อสารสกัดได้ไม่เท่ากัน จึงทำให้เวลาการตายของสัตว์ทดลองต่างกัน และความเข้มข้นของสารสกัดหรือทรายอะเบทที่สูงขึ้นจึงสัมพันธ์กับเวลาที่สัตว์ทดลองตาย เมื่อสัตว์ทดลองได้รับในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น จึงทำให้สัตว์ทดลองตายภายในเวลาที่รวดเร็วกว่าเข้มข้นที่ต่ำกว่า

1.3.4 ศึกษาต้นทุนในการผลิตสารสกัดจากพืชเปรียบเทียบกับสารเคมีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน เช่น ทรายอะเบท

การเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์กับทรายอะเบท

ราคาของน้ำกลั่น 5 บาท/ลิตร ใบยาสูบ 80 บาท/กก.

การหมักสารสกัดจากใบยาสูบต้องใช้

1. ใบยาสูบ 100 กรัม คิดเป็น	8.00	บาท
2. น้ำกลั่น 500 มิลลิลิตร คิดเป็น	2.50	บาท
ฉะนั้น ต้นทุนวัตถุดิบ คิดเป็น	10.50	บาท

เมื่อทำการผลิตสารสกัดชนิดน้ำ 1 ลิตร จึงมีต้นทุน 21 บาท

เมื่อแปรรูปเป็นผงจะมีต้นทุนด้านพลังงานเพิ่มขึ้น คือ

กำลังไฟฟ้าของเครื่อง hot air oven power: 230VAC, 50Hz, 2A

คิดเป็น 460 วัตต์ ($P=VI = 230 \times 2$)

การแปรรูปจากสารละลาย 20 มล. เป็นผง ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

คิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่ใช้ $(460/1000) \times 2 = 0.92 \text{ kWhr}$

ค่าไฟฟ้าคิดจากหน่วยละ 2.70 บาท เป็นเงิน 2.48 บาท

หากจะแปรรูปจากชนิดน้ำ 1 ลิตร จะต้องใช้ค่าไฟฟ้า 124.2 บาท

เมื่อทำการผลิตสารสกัดชนิดผงจากชนิดน้ำ 1 ลิตร จึงมีต้นทุน 145.20 บาท

ได้สารสกัดชนิดผง 73 ก./ล. (จากการทดลอง 20 มล. ได้ผง 1.46 ก.)

ราคาต่อกรัม 1.99 บาท

ต้นทุนในการกำจัดกากน้ำยางภายในน้ำ 1 ลิตร

ผงยาสูบ

ปริมาณที่ใช้ 0.876 กรัม ราคากรัมละ 1.99 บาท คิดเป็นเงิน 1.74 บาท

ทรายอะเบท

ปริมาณที่ใช้ 0.1 กรัม ราคากรัมละ 0.50 บาท คิดเป็นเงิน 0.05 บาท

จากการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตสารสกัดชนิดผงจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง กับทรายอะเบท พบว่า ต้นทุนในการผลิตสารสกัดชนิดผงยังคงมีต้นทุนในการผลิตที่ยังคงสูงอยู่ เนื่องจากการคำนวณจากการผลิตในห้องปฏิบัติการ และสำหรับต้นทุนในการผลิตน่าจะลดลงได้อีกเมื่อการผลิตในปริมาณมาก

วิจารณ์

1. จากการศึกษาลักษณะประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิดคือ สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด ใบรัก เมล็ดสบู่แดง และใบสาบเสือ พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่นมีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย และมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบที่หมักด้วยเอธานอล 95% และเมื่อใช้ตัวทำละลายที่ต่างกันจะมีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงได้แตกต่างกันด้วย

2. จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิด คือ สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด ใบรัก เมล็ดสบู่แดง และใบสาบเสือ จากการหมักด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน (น้ำกลั่นและเอธานอล 95%) พบว่า สารสกัดจากใบรัก เมล็ดสบู่แดง และใบสาบเสือ ที่หมักด้วยน้ำกลั่นระหว่างการหมักที่ระยะเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง สารสกัดเกิดการเน่าเสีย และมีกลิ่นเหม็น อาจเนื่องมาจากพืชเป็นแหล่งสังเคราะห์พลังงาน และสร้างอาหารมีองค์ประกอบที่เป็นรงควัตถุจำพวกคลอโรฟิลล์อยู่สูง เมื่อทำการหมักโดยใช้ปริมาณมากเพื่อให้ได้ตามระดับความเข้มข้นที่ต้องการ จึงมีการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีขึ้นจนเกิดการเน่าเสียได้อย่างรวดเร็วและสารที่เหลือที่ละลายออกมากับน้ำ เช่น น้ำตาล, แป้งล้วนเป็นอาหารที่ดีของจุลินทรีย์ จึงทำให้เกิดการบูดเสียของสารสกัดเนื่องจากจุลินทรีย์ได้ จึงไม่เหมาะในการนำมาทดสอบกับลูกน้ำยุงลาย

3. การนำสายพันธุ์ยาสูบต่างชนิดกัน คือ ใบยาสูบ(พันธุ์เบอร์เลย์) และใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) สกัดด้วยตัวทำละลายต่างกัน (น้ำกลั่นและเอธานอล 95%) และระยะเวลาการหมักต่างกัน (24, 48 และ 72 ชั่วโมง) เมื่อนำมาทดสอบกับลูกน้ำยุงลาย พบว่ามีการตายของลูกน้ำยุงลายต่างกัน ถึงแม้ว่าจะเป็นสารสกัดจากใบยาสูบที่อยู่ในตระกูลเดียวกัน แต่สายพันธุ์ต่างกันก็ทำให้มีผลต่อการตายของลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) เช่นกันอาจเนื่องมาจากองค์ประกอบทางเคมีของใบยาสูบที่มีไม่เท่ากันในแต่ละสายพันธุ์

4. จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบยาสูบในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ในรูปแบบของสารละลายสกัดชนิดน้ำและชนิดผง ระหว่างสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) และสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) พบว่าสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ในรูปของสารละลายสกัดชนิดน้ำ และชนิดผงมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) และสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) ชนิดผงจะมีการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดี เมื่อมีการเพิ่มระดับความเข้มข้นให้สูงขึ้นจึงจะมีอัตราการตายของลูกน้ำยุงลายเพิ่มมากขึ้น

5. ระยะเวลาที่ใช้ในการหมักสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) และสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) ที่หมักด้วยน้ำกลั่นและเอธานอล 95% พบว่า เมื่อใช้ระยะเวลาการหมักนานขึ้นที่ระยะเวลา (24, 48 และ 72 ชั่วโมง) ไม่สามารถทำให้ลูกน้ำยุงตายสูงขึ้นตามไปด้วย ซึ่งตรงกับรายงานการทดสอบของวลัยรัตน์ ที่รายงานว่าระยะเวลาที่ใช้ในการหมักสารสกัดจากเมล็ดมันแกวและใบมันแกว เมื่อใช้ระยะเวลาการหมักนานขึ้น (24, 48 และ 72 ชั่วโมง) ไม่สามารถทำให้มีปริมาณสารออกฤทธิ์เพิ่มมากขึ้น หรือมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การตาย (Percent Mortality) ของลูกน้ำยุงสูงขึ้นตามไปด้วย อาจเนื่องจากข้อจำกัดของการนำพืชซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิตมาใช้เวลาไม่มีความคงสภาพหรือเกิดการเน่าเสียได้เมื่อระยะเวลาผ่านไปนานขึ้น

6. การสังเกตการตายของลูกน้ำยุงลายหลังจากได้รับสารสกัดใบยาสูบ พบว่า เมื่อใส่ลูกน้ำยุงลายลงในบีกเกอร์ที่บรรจุสารละลายของสารสกัดใบยาสูบ ลูกน้ำจะมีการเคลื่อนไหวตลอดเวลาในระยะแรก ต่อมาจะเคลื่อนที่ขึ้นมาอยู่บริเวณผิวน้ำเมื่อถูกสารสกัดจะมีการตอบสนองช้ากว่าปกติ และเกิดอาการกระตุกมีอาการคล้ายอัมพาต ต่อมาลูกน้ำยุงลายจะไม่เคลื่อนไหว และจมอยู่ก้นบีกเกอร์ จากนั้นก็ตายในที่สุด โดยใบยาสูบประกอบด้วยกรดอินทรีย์ เช่น กรดมาลิก, กรดซิตริก

และกรดออกซาลิก (malic acid, citric, oxalic acid) พวกลโพลิฟีนอล (polyphenols) เช่น กรดรูติน คลอโรจีนิก (rutin, chlorogenic acid) เควอซิติน (quercitrin) น้ำมันระเหย (กรมวิชาการเกษตร, 2548) นอกจากนี้ยังพบว่า แอลคาลอยด์ทั้งหมดส่วนใหญ่ คือ นิโคติน (nicotine) (สุรพล, 2527) มีประมาณ 93% ของแอลคาลอยด์ทั้งหมด (กรมวิชาการเกษตร, 2548) และใบยาสูบเป็นส่วนที่มี นิโคตินมากที่สุด ซึ่งนิโคตินเป็นแอลคาลอยด์สำคัญในพืชสกุล Nicotiana เป็นแอลคาลอยด์ในกลุ่ม pyridine และ pyrrolidine นิโคตินเป็นสาร optical active มีคุณสมบัติในการฆ่าแมลง (ดาราพร, 2545) จึงจะมีฤทธิ์ในการฆ่าแมลง โดยนิโคตินเป็นสารที่ละลายได้ในน้ำ แต่สลายตัวได้เร็วมาก เข้าสู่ตัวแมลงโดยการกินและการหายใจ มีผลต่อระบบหายใจ ออกฤทธิ์ช้าแต่รุนแรง (สุระ, 2546) นอกจากนี้ก็ได้มีการนำใบยาสูบมาฉีดพ่นฆ่าแมลงกลางคืนและฆ่าเพลี้ยได้ดีอีกด้วย (กรมวิชาการเกษตร, 2548) จากผลการทดสอบสารสกัดใบยาสูบที่สกัดด้วยน้ำและเอทานอล 95% ในช่วงเวลา การหมักที่ต่างกัน คือ 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีการทดสอบความเป็นพิษโดยวิธี Dipping Method (เป็นการทดสอบความเป็นพิษกับลูกน้ำซึ่งทำได้โดยการนำลูกน้ำยุงลายไปแช่ในสารสกัดที่เตรียมไว้แล้วสังเกตการตายที่เกิดขึ้น) ที่ระดับความเข้มข้นต่างกับกับลูกน้ำยุงลาย พบว่า ลูกน้ำยุงลายที่ได้รับสารสกัดใบยาสูบในระดับความเข้มข้นต่างกัน มีการตายของลูกน้ำยุงลายต่างกัน โดยลูกน้ำ ยุงลายที่ได้รับสารสกัดใบยาสูบที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 24 และ 48 ชั่วโมง มีการตายของลูกน้ำ ยุงสูงกว่าสารสกัดใบยาสูบที่หมักด้วยเอทานอล 95% และสารสกัดใบยาสูบในระดับความเข้มข้นสูง ทำให้มีอัตราการตายของลูกน้ำยุงลายมากกว่าสารสกัดใบยาสูบในระดับความเข้มข้นต่ำ และจากผล การทดสอบกับลูกน้ำยุงลาย ทำให้ทราบถึงประสิทธิภาพของสารสกัดใบยาสูบในการฆ่าลูกน้ำว่า สารสกัดใบยาสูบที่ใช้น้ำเป็นตัวทำละลายมีประสิทธิภาพดีกว่าการสกัดด้วยเอทานอล 95% และจาก การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบยาสูบระหว่างการใช้น้ำในรูปสารละลายกับในรูปผง พบว่าสารสกัดจากใบยาสูบในรูปของสารละลายสามารถควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่า



ภาพที่ 8 ลักษณะการตายของลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) หลังจากได้รับ

สารสกัดจากใบยาสูบ

7. สารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) กับสารเคมี (ทรายอะเบท) ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบัน จากการทดลองลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ที่ใส่ทรายอะเบทลงไปแล้วตายหมดภายในเวลา 9 ชั่วโมง พบว่าต่างจากรายงานของกระทรวงสาธารณสุขที่ว่าเมื่อใส่ทรายกำจัดลูกน้ำลงในภาชนะสารเคมีจะค่อยๆ ละลายออกมาในน้ำ และลูกน้ำจะตายหมดภายใน 2-3 ชม. โดยผลที่ต่างกันอาจจะเนื่องมาจากเทคโนโลยีในการผลิตของบริษัทผู้ผลิตแต่ละรายแตกต่างกัน ระยะเวลาในการปลดปล่อยสารเคมีของผลิตภัณฑ์กำจัดลูกน้ำแต่ละชนิดยาวนานไม่เท่ากัน

8. ระยะเวลาการออกฤทธิ์ของสารสกัดจากพืชที่มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) พบว่า เมื่อนำสารสกัดจากใบยาสูบที่ทดลองแล้วทิ้งสารสกัดไว้เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ เมื่อนำมาทดสอบกับลูกน้ำยุงลายจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายลดลง เนื่องจากน้ำกลั่นถึงแม้จะเป็นตัวทำละลายที่ดีในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย เมื่อระยะเวลาผ่านไปสารเฉพาะที่ออกฤทธิ์อาจเกิดการเสื่อมสภาพลงเมื่อเวลาผ่านไปได้ เนื่องจากสารสกัดจากใบยาสูบที่เก็บไว้สีของสารสกัดมีสีที่ใสขึ้น ซึ่งต่างจากสารสกัดที่นำมาทดสอบในช่วงแรก ๆ ที่มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดที่ทิ้งไว้เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์

9. ทั้งสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) และทรายอะเบทมีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ปลาหางนกยูง ปลานิล และไรแดง เป็นต้น ซึ่งต่างจากการที่กระทรวงสาธารณสุขแนะนำว่าทรายอะเบทปลอดภัยต่อปลา และสัตว์ทุกชนิด ส่วนสัตว์ทดลองเมื่อได้รับสารสกัดในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน ทำให้มีการตายต่างกันเนื่องจากสัตว์แต่ละชนิดมีความแข็งแรง และความสามารถในการทนต่อสารสกัดได้ไม่เท่ากัน จึงทำให้เวลาการตายของสัตว์ทดลองต่างกัน

10. ต้นทุนในการผลิตสารสกัดชนิดผงยังคงมีต้นทุนในการผลิตที่ยังคงสูงอยู่ เนื่องจากการคำนวณจากการผลิตในห้องปฏิบัติการ และสำหรับต้นทุนในการผลิตน่าจะลดลงได้อีกเมื่อการผลิตในปริมาณมาก

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. ศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) บอระเพ็ด ใบรัก เมล็ดสนุ่นแดง และใบสาบเสือ สรุปผลได้ดังนี้

1.1 สารสกัดจากพืชที่ใช้ตัวทำละลายต่างกันมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ต่างกัน และสารสกัดจากพืชที่ใช้ความเข้มข้นต่างกันมีผลต่อการตายของลูกน้ำยุงลายต่างกัน โดยสารสกัดจากพืชในระดับความเข้มข้นสูงมีผลต่ออัตราการตายของลูกน้ำยุงลายมากกว่าสารสกัดจากพืชในระดับความเข้มข้นที่ต่ำกว่า

1.2 จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชทั้ง 5 ชนิดที่คัดเลือกมา คือ ใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ใบสาบเสือ ใบรัก บอระเพ็ด และเมล็ดสนุ่นแดง พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) มีฤทธิ์สูงสุดในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย โดยสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยเอธานอล 95%

2. ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชชนิดเดียวกันแต่ต่างสายพันธุ์ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

2.1 จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ คือ สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) และสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) และ สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) ในการหมักด้วยตัวทำละลายที่ต่างกัน (น้ำกลั่นและเอธานอล 95%) ในช่วงเวลาการหมักที่ต่างกัน (24, 48 และ 72 ชั่วโมง) ของสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดที่ใช้เอธานอล 95% เป็นตัวทำละลาย และสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24, 48 และ 72 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย)

จากการสังเกตการตายของลูกน้ำยุงลายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง สามารถสรุปผลการศึกษาค่าความเป็นพิษของสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ ที่ทำให้ลูกน้ำยุงลายตาย 50% ได้ดังนี้ คือ

สารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% ที่ทำให้ลูกน้ำยุงลายตาย 50% ในเวลา 24 ชั่วโมง (LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง) สรุปได้ดังนี้ คือ

ระยะเวลาในการหมัก 24 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 1202.98 มก./ล. สารสกัดในเอธานอล 95% มีค่าเท่ากับ 2538.40 มก./ล.

ระยะเวลาในการหมัก 48 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 791.59 มก./ล. สารสกัดในเอธานอล 95% มีค่าเท่ากับ 2350.40 มก./ล.

ระยะเวลาในการหมัก 72 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 1476.12 มก./ล. สารสกัดในเอธานอล 95% มีค่าเท่ากับ 2648.27 มก./ล.

สารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% ที่ทำให้ลูกน้ำยุงลายตาย 50% ในเวลา 48 ชั่วโมง (LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง) สรุปได้ดังนี้ คือ

ระยะเวลาในการหมัก 24 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 781.85 มก./ล. สารสกัดในเอธานอล 95% มีค่าเท่ากับ 1635.82 มก./ล.

ระยะเวลาในการหมัก 48 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 666.02 มก./ล. สารสกัดในเอธานอล 95% มีค่าเท่ากับ 1426.36 มก./ล.

ระยะเวลาในการหมัก 72 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 857.80 มก./ล. สารสกัดในเอธานอล 95% มีค่าเท่ากับ 1642.44 มก./ล.

สารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% ที่ทำให้ลูกน้ำยุงลายตาย 50% ในเวลา 24 ชั่วโมง (LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมง) สรุปได้ดังนี้ คือ

ระยะเวลาในการหมัก 24 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 1766.66 มก./ล.
สารสกัดในเอทานอล 95% มีค่าเท่ากับ 2831.35 มก./ล.

ระยะเวลาในการหมัก 48 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 2103.01 มก./ล.
สารสกัดในเอทานอล 95% มีค่าเท่ากับ 2884.60 มก./ล.

ระยะเวลาในการหมัก 72 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 2185.55 มก./ล.
สารสกัดในเอทานอล 95% มีค่าเท่ากับ 2980.88 มก./ล.

สารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% ที่ทำให้ลูกน้ำ
ยุงลายตาย 50% ในเวลา 48 ชั่วโมง (LC_{50} ที่ 48 ชั่วโมง) สรุปได้ดังนี้ คือ

ระยะเวลาในการหมัก 24 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 847.68 มก./ล.
สารสกัดในเอทานอล 95% มีค่าเท่ากับ 1693.15 มก./ล.

ระยะเวลาในการหมัก 48 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 990.36 มก./ล.
สารสกัดในเอทานอล 95% มีค่าเท่ากับ 1719.12 มก./ล.

ระยะเวลาในการหมัก 72 ชั่วโมง สารสกัดในน้ำกลั่น มีค่าเท่ากับ 1082.95 มก./ล.
สารสกัดในเอทานอล 95% มีค่าเท่ากับ 1744.05 มก./ล.

2.2 จากผลการศึกษาค่าความเป็นพิษของสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ สามารถ
สรุปได้ว่า เมื่อใช้ตัวทำละลายต่างกัน และระยะเวลาการหมักต่างกันจะมีผลต่อการตายของลูกน้ำ
ยุงลายต่างกัน กล่าวคือ สารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ที่สกัดด้วยน้ำกลั่นมีประสิทธิภาพ
ในการควบคุมลูกน้ำยุงลายดีกว่าที่สกัดด้วยเอทานอล 95% โดยพบว่า สารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์
ที่หมักด้วยน้ำกลั่น ที่ระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้
ดีกว่าระยะเวลาการหมักที่ 24 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง ซึ่งจากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ
48 ชั่วโมง ให้ค่า LC_{50} เท่ากับ 791.59 มก./ล. และ 666.02 มก./ล. ตามลำดับ และดีกว่าการหมักด้วย
เอทานอล 95% จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ให้ค่า LC_{50} เท่ากับ 2350.40 มก./ล.
และ 1426.36 มก./ล. ตามลำดับ ส่วนสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วยน้ำกลั่น ที่ระยะเวลา

การหมัก 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง และ 72 ชั่วโมง ซึ่งจากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ให้ค่า LC_{50} เท่ากับ 1766.66 มก./ล. และ 847.68 มก./ล. ตามลำดับ และดีกว่าการหมักด้วยเอธานอล 95% จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ให้ค่า LC_{50} เท่ากับ 2831.35 มก./ล. และ 1693.15 มก./ล. ตามลำดับ ดังนั้นสถานะที่เหมาะสมในการนำสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ไปใช้งาน คือ การหมักด้วยน้ำกลั่น ที่ระยะเวลาการหมัก 24-48 ชั่วโมง ซึ่งเป็นการประหยัด สะดวก ในการนำไปใช้ในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.)

2.3 จากการศึกษารูปแบบการแปรรูปและทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุม ลูกน้ำยุงลายในรูปแบบของสารละลายสกัดชนิดน้ำและชนิดผง จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง ของสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์ พบว่า สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) และ จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมงของสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ชนิดผงที่มีความเข้มข้น 4000 มก./ล. และ 5600 มก./ล. สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้หมด ในขณะที่สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) ชนิดผง ด้วยเงื่อนไขเดียวกัน ไม่สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้หมด แต่จะสามารถออกฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงลายได้ดีหลังจากเวลา 48 ชั่วโมง โดยสามารถสรุปได้ว่าสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ในรูปแบบของสารละลายสกัดชนิดน้ำ และชนิดผงมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) และ สารสกัดจากใบยาสูบ(พันธุ์เวอร์จิเนีย) ชนิดผงจะควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดี เมื่อมีการเพิ่มความเข้มข้นให้สูงขึ้นจึงจะมีอัตราการตายของลูกน้ำยุงลายเพิ่มมากขึ้น และสารสกัดจากใบยาสูบทั้ง 2 สายพันธุ์โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายมีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำยุงลายได้ดีที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากใบยาสูบมีประสิทธิภาพในการกำจัดลูกน้ำยุงลาย และสามารถนำไปใช้ในแหล่งที่มีการเพาะพันธุ์ของลูกน้ำยุงลายได้ สามารถลดการใช้ยาฆ่าแมลงที่ได้จากสารเคมีสังเคราะห์ นอกจากจะเป็นการประหยัดและลดปริมาณการนำเข้าสารเคมีสังเคราะห์แล้ว ยังเป็นการนำพืชที่มีสามารถปลูกได้ในประเทศมาใช้ให้เกิดประโยชน์ได้อีกด้วย

2.4 สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ทั้งในรูปแบบของสารละลายและผงมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดีกว่าสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) และการเพิ่มความเข้มข้นมีผลโดยตรงกับอัตราการตายของลูกน้ำ

2.5 ไบยาสูบที่อยู่ในตระกูลเดียวกัน แต่สายพันธุ์ต่างกัน ให้ผลต่อการตายของลูกน้ำยุงลายต่างกัน เนื่องจากองค์ประกอบทางเคมีของไบยาสูบที่แตกต่างกันในแต่ละสายพันธุ์ และในสารสกัดจากไบยาสูบมีนิโคตินเป็นสารออกฤทธิ์ จากการตรวจวัดพบว่า

- สารสกัดจากไบยาสูบเบอร์เลย์หมักด้วยน้ำกลั่น 48 ชั่วโมง มีนิโคติน 8.8 ก./ล.
- สารสกัดจากไบยาสูบเวอร์จิเนียหมักด้วยน้ำกลั่น 24 ชั่วโมง มีนิโคติน 2.4 ก./ล.

2.6 ระยะเวลาการหมักไม่ส่งผลต่อการออกฤทธิ์ของสารสกัดอย่างชัดเจน เนื่องจากข้อจำกัดของการละลายสารออกฤทธิ์จากพืช และการเน่าเสียเมื่อระยะเวลาผ่านไปนานขึ้น โดยสารสกัดจากไบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) สามารถควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ได้ดีที่ระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง ส่วนสารสกัดจากไบยาสูบ (พันธุ์เวอร์จิเนีย) จะสามารถควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ได้ดีที่ระยะเวลาการหมัก 24 ชั่วโมง

3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งาน

3.1 สารสกัดจากไบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่ความเข้มข้น 2400 มก./ล. จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้หมดภายในเวลา 11 ชั่วโมง ทราเยเบท (0.1ก./ล.) เมื่อใส่ลงไปน้ำ ลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn) จะจมลงไป ที่ก้นบีกเกอร์ แต่ไม่ตายทันที มีอาการกระตุกและดิ้นอยู่กับที่ เคลื่อนไหวไม่ได้ จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง พบว่า สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลายได้หมดภายในเวลา 9 ชั่วโมง

3.2 สารสกัดจากไบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง และทราเยเบท สามารถฆ่าลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn) ได้หมดภายในเวลา 24 ชั่วโมง เช่นเดียวกัน

3.3 สารสกัดจากไบยาสูบในวันแรกๆ ให้ผลในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn) ดีกว่าการทิ้งสารสกัดไว้เป็นเวลา 1-2 สัปดาห์ โดยเมื่อนำมาทดสอบกับลูกน้ำยุงลายทำให้มีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายลดลง อาจเนื่องมาจากสารสกัดจากพืชเมื่อทิ้งไว้เป็นเวลานาน จะทำให้การออกฤทธิ์ของสารมีประสิทธิภาพลดลง และเกิดจากความคงตัวของชีวภาพของสารทำให้มีผลต่อการควบคุมลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn) ลดลง โดยระยะเวลาที่

เหมาะสมในการนำสารสกัดจากใบยาสูบมาใช้งานจะมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลายได้ดี ที่เวลา 24 และ 48 ชั่วโมง

3.4 สารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) ที่หมักด้วยน้ำกลั่นเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบกับทรายอะเบท ด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำ เช่น ปลานิล ปลาหางนกยูง และไรแดง พบว่า ทั้งสารสกัดจากใบยาสูบ (พันธุ์เบอร์เลย์) และทรายอะเบท มีผลต่อสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ในแหล่งน้ำเช่นเดียวกัน โดยทำให้ปลาหางนกยูงตายเร็วที่สุด รองลงมาคือ ปลานิล และไรแดง ตามลำดับ และสัตว์ทดลองเมื่อได้รับสารสกัดในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน ทำให้มีการตายต่างกัน เนื่องจากสัตว์แต่ละชนิดมีความแข็งแรง และความสามารถในการทนต่อสารสกัดได้ไม่เท่ากัน จึงทำให้เวลาการตายของสัตว์ทดลองต่างกัน ความเข้มข้นของสารสกัดที่สูงขึ้นจึงสัมพันธ์กับเวลาที่สัตว์ทดลองตาย เมื่อสัตว์ทดลองได้รับสารสกัดในระดับความเข้มข้นที่สูงขึ้น ทำให้ตายในเวลาที่รวดเร็วกว่าเข้มข้นที่ต่ำกว่า และการนำทรายอะเบทมาใช้งานควรคำนึงถึงความปลอดภัยต่อสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ โดยควรใช้ในอัตราส่วนที่องค์การอนามัยโลกแนะนำคือ 0.1 ก. ต่อ น้ำ 1 ล. หรือ 1 ก. ต่อ น้ำ 10 ล. ส่วนการนำสารสกัดจากใบยาสูบไปใช้งานก็มีข้อจำกัดเช่นเดียวกัน คือ ให้นำไปใช้เฉพาะแหล่งน้ำที่มีการเพาะพันธุ์ลูกน้ำยุงลายในภาชนะขังน้ำและควรคำนึงถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นๆ ด้วย

3.5 สารสกัดจากใบยาสูบมีประสิทธิภาพในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย สามารถนำมาทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์ที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันได้

3.6 จากการเปรียบเทียบต้นทุนระหว่างสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์กับทรายอะเบท

- เมื่อทำการผลิตสารสกัดชนิดน้ำ 1 ลิตร มีต้นทุน 21 บาท
- เมื่อทำการผลิตสารสกัดชนิดผงจากชนิดน้ำ 1 ลิตร มีต้นทุน 145.20 บาท

ได้สารสกัดชนิดผง 73 ก./ล. (จากการทดลอง 20 มล. ได้ผง 1.46 ก.) ราคาต่อกรัม 1.99 บาท โดยผงยาสูบ ปริมาณที่ใช้ 0.876 กรัม ราคากรัมละ 1.99 บาท คิดเป็นเงิน 1.74 บาท ในขณะที่ทรายอะเบท ปริมาณที่ใช้ 0.1 กรัม ราคากรัมละ 0.50 บาท คิดเป็นเงิน 0.05 บาท ซึ่งจากการเปรียบเทียบต้นทุนในการผลิตยังคงสูงอยู่ เนื่องจากการเป็นค่าคำนวณจากการผลิตในห้องปฏิบัติการ แต่ถ้ามีการผลิตในปริมาณที่มากอาจทำให้ต้นทุนในการผลิตลดลงได้

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาถึงประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชในการควบคุมลูกน้ำยุงชนิดอื่น ๆ เนื่องจากยุงต่างชนิดกันมีความสามารถในการยอมรับ (susceptible) หรือต้านทาน (resist) ต่อสารชนิดเดียวกันได้ต่างกัน
2. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบระหว่างพืชสดและพืชแห้งในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย เนื่องจากการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้ตัวอย่างพืชที่ผ่านการทำให้แห้งก่อน อาจมีผลทำให้สารบางชนิดสลายตัวไปได้
3. ควรมีการนำพืชชนิดอื่น ๆ ที่มีอยู่ภายในท้องถิ่นมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด เพื่อนำมาศึกษาถึงประสิทธิภาพที่มีฤทธิ์ในการฆ่าลูกน้ำยุงลาย
4. ควรมีการศึกษาผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อมที่มีต่อสิ่งมีชีวิตชนิดอื่น ๆ นอกจากปลาหางนกยูง ปลานิล และไรแดง เพื่อความปลอดภัย และข้อจำกัดในการนำไปใช้งาน
5. ควรมีการศึกษาอายุการเก็บรักษาสารสกัดจากพืชเมื่อแปรรูปเป็นชนิดผงแล้วว่าเมื่อนำมาทดสอบกับลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) จะมีประสิทธิภาพเป็นอย่างไร

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมควบคุมโรคติดต่อ กระทรวงสาธารณสุข. 2544. การประเมินผลโครงการประชาร่วมใจป้องกันและควบคุมโรคไข้เลือดออก. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์, กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2548. พืชมาแมลงและพืชมีพิษบางชนิดในประเทศไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2. โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย, กรุงเทพฯ.

กระทรวงสาธารณสุข. 2542. แนวทางการวินิจฉัยและรักษาโรคไข้เลือดออกเดงกี. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

งามพ่อง คงคาทิพย์ และประสาน ธรรมอุปกรณ์, 2542. สารสกัดการแยกและการทดสอบสารที่มีผลในการลดความดันโลหิตและผลต่อระบบกล้ามเนื้อหัวใจจากบอระเพ็ด. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย, กรุงเทพฯ.

จารุณี ชัยชาญชีพ. 2544. รายงานการวิจัยเรื่อง โปรแกรมการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วมในการควบคุมลูกน้ำยุงลายในชุมชนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 อำเภอเมือง จังหวัดนนทบุรี. ม.ป.ท., นนทบุรี.

จุฬารัตน์ นุราช. 2544. การศึกษาประสิทธิภาพของโลชั่นกันยุงจากน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากดอกดาวเรือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

ชัชวาล ตัณฑกิตติ และ สาทิส ถาวรนนท์. 2547. อุตสาหกรรมยาสูบในประเทศไทย. ม.ป.ท.

ณัฏฐรา วีระนัทร. 2528. ผลของสารสกัดหนอนตายหยาก (*Stemona collinsae* Craib) ต่อสัตว์น้ำบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คาราพร รินทะรักษ์. 2545. ผลกิ่งเรื้อรังของสารสกัดใบยาสูบ *Nicotiana tabacum* Linn. ต่อดับและไต่ของปลานิล *Oreochromis niloticus* Linn. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทรงพร จุลเจนวิทย์. 2542. การใช้สารสกัดจากสนสองใบในการควบคุมลูกน้ำยุงพาหะนำโรค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.

นิจศิริ เรืองรังษี และ พะยอม ดันติวัฒน์. พืชสมุนไพร. พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2550. สบู่แดง. เมล็ดสบู่แดง. แหล่งที่มา: <http://www.pharm.chula.ac.th/vichien/building80/sabudang.htm>, 11 สิงหาคม 2550.

ปัทมา แซ่กิม. 2543. ผลของสารสกัดจากสาบเสือต่อการเปลี่ยนแปลงระดับเอนไซม์ทำลายพิษในหอยเชอรี่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เผด็จ สิริยะเสถียร และ อุษาวดี ถาวรระ. 2549. ยุ้งคัดแปลงพันธุ์กรรม: กลยุทธ์ใหม่ในการควบคุมโรคที่นำโดยยุง. วารสารสัตว์แพทย์ 36(4): 9-19.

พาลาภ สิงหเสนี. 2540. การประเมินความเสี่ยงจากพิษของวัตถุอันตราย: หลักการและการประยุกต์ใช้. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

มานิตย์ นาคสุวรรณ. 2542. ประสิทธิภาพของสารสกัดสะเดาและน้ำมันสะเดาต่อยุงลาย *Aedes aegypti* (L.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

มารศรี อุดมโชค. 2532. การเตรียมสารสกัดจากพืชเพื่อป้องกันกำจัดแมลง, น. 11-14. ใน รายงานการประชุมสัมมนา พืชสารฆ่าแมลงในการทำการเกษตร ครั้งที่ 2. สมาคมเทคโนโลยีที่เหมาะสม, กรุงเทพฯ.

รัตนา อินทรานุปกรณ์. 2547. การตรวจสอบและการสกัดแยกสารสำคัญจากสมุนไพร.

พิมพ์ครั้งที่ 1. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

ฤชอร วงศ์ภิรมย์ และ นที ชาวนา. 2550. สารเคมีฆ่าแมลง. ยาฆ่าแมลง. แหล่งที่มา:

[http://www.dpc3.ddc.moph.go.th/in_tranet/insect/Local%20officer%20Trianing/](http://www.dpc3.ddc.moph.go.th/in_tranet/insect/Local%20officer%20Training/)

Chemical,%20course.htm, 1 กรกฎาคม 2550.

ลีนา ผู้พัฒนพงศ์. 2530. สมุนไพรไทย ตอนที่ 5. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ.

วลัยรัตน์ ตันตพระศาสน์. 2539. การศึกษาประสิทธิภาพ ประสิทธิผลและความคงทนของสาร

สกัดจากใบและเมล็ดมันแกวในการควบคุมลูกน้ำยุงลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท,

มหาวิทยาลัยมหิดล.

ศิริชัย รินทะราช. 2545.ฤทธิ์ของสารสกัดจากเหง้าขมิ้นชันที่มีผลต่อลูกน้ำยุงลาย. วิทยานิพนธ์

ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศูนย์ข้อมูลวัตถุอันตรายและเคมีภัณฑ์. 2550. ชื่อเคมี IUPAC ยาสูบ. เอกสารข้อมูลความปลอดภัย

เคมีภัณฑ์. แหล่งที่มา: <http://www.msds.pcd.go.th/searchName.asp?vID=176>, 19

สิงหาคม 2550.

สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์สาธารณสุข กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. 2546.

สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงทางการแพทย์. พิมพ์ครั้งที่ 1. บริษัทดีไซร์, กรุงเทพฯ.

สมบุญ ณแสงมณีเดช, ขวัญเกศ กนิษฐานนท์, วัฒนวิทย์ นาคดี้อย, วารุณ สกุลताल, ศักดา กาบคำ

สมจิตร บุญดี และ สายัญ อ้นภูวงศ์. 2547. การใช้สารสกัดจากรากหางไหลแห้งในการ

ควบคุมลูกน้ำยุง. วารสารวิจัย มข. 9 (1): 10-15.

สายสุนีย์ เหลี้ยวเรืองรัตน์, บุญสม เหลี้ยวเรืองรัตน์, อัมพวัน อภิสิทธิ์ะกุล และ สุนันทา วั่งกานต์

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ เรื่อง การสกัดแยกวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีและศึกษาฤทธิ์

ทางเภสัชวิทยาของพืชสมุนไพรไทยในวงศ์ Magnoliaceae (Phase II). 2539.

- สำนักงานคณะกรรมการสาธารณสุขมูลฐาน กระทรวงสาธารณสุข. สมุนไพรในงานสาธารณสุขมูลฐาน. 2541. พิมพ์ครั้งที่ 1. โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึก, กรุงเทพฯ.
- สัมภาษณ์ นิษรัตน์. 2544. การใช้กูดเกียเพื่อควบคุมยุงพาหะนำโรค. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหิดล.
- สุชาดา วราภรณ์ และ เฉลิมพร รังคะวิภา. 2528. รายงานภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมใบยาสูบ. ม.ป.ท.
- สุทัศน์ ยกส้าน. 2547. ยุงลายพาหะนำโรคไข้เลือดออก. สารคดี 20(234): 113-115.
- สุรพล วิเศษสรรค์. 2546. กลไกของสารพิษในสัตว์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุระ รักความซื่อ. 2546. ผลของสารสกัดแมงลักคา (*Hyptis suaveolens* Linn.Poit.) ต่อลูกน้ำยุงลาย (*Aedes aegypti*). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สุนทรี วรพลิก และ วิมลมาศ พวงนาค. 2524. ยาสูบที่ใช้ผลิตบุหรี่กาแรต.
- ส่วนวิจัยเศรษฐกิจ ฝ่ายวิจัยและวางแผน ธนาคารไทยพาณิชย์. 2528. ใบยาสูบ. ม.ป.ท.
- อุทิศ เกตุทัต. 2537. ยาสูบ. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชน เล่ม 15 (2537): 49-71.
- อุษาวดี ถาวรระ. 2542. ยุงลายพาหะนำโรคไข้เลือดออก, น. 1-35. ใน อุษาวดี ถาวรระ, บรรณาธิการ. ชีววิทยา นิเวศวิทยาและการควบคุมยุงในประเทศไทย. ม.ป.ท.
- Aliero, B.L.. 2003. Larvaecidal effects of aqueous extracts of *Azadirachta indica* (neem) On the larvae of *Anopheles* mosquito. **Biotechnology**. 2(9): 325-327.

- Beauchamp, N.D. 2005. **Natural Bug Spray: How effective are they?.** Phytotherapy Research. Available Source: http://www.numarkpharmacists.com/nw04/natural_bug_sprays250805.html_16k, January 19, 2006.
- Chapagain, B. and Z. Wiesman. 2005. Larvicidal effects of aqueous extracts of *Balanites aegyptiaca* (desert date) against the larvae of *Culex pipiens* mosquitoes. **Biotechnology**. 4(11): 1351-1354.
- Mendonca, F.A.C., K.F.S. Silva, K.K. Santos, K.A.L. Ribeiro Junior and A.E.G. Ana. 2005. Activities of some Brazilian plants against larvae of the mosquito *Aedes aegypti*. **Fitoterapia**. 76: 629-636.
- Murugan, K., P. Murugan and A. Noortheen. 2007. Larvicidal and repellent potential of *Albizzia amara* Boivin and *Ocimum basilicum* Linn against dengue vector, *aedes aegypti* (Insecta:Diptera:Culicidae). **Bioresource Technology**. 98: 198-201.
- Omena, M.C., D.M.A.F. Navarro, J.E. Paula, J.S. Luna, M.R. Ferreira and A.E.G. Ana. 2007. Larvicidal activities against *Aedes aegypti* of some Brazilian medicinal plants. **Bioresource Technology**. 98: 2549-2556.
- Sakthivadivel, M. and D. Thilagavathy. 2003. Larvicidal and chemosterilant activity of the acetone fraction of petroleum ether extract from *Argemone mexicana* L. seed. **Bioresource Technology**. 89: 213-216.
- Tawatsin, A., S.D. Wratten, R.R. Scott, U. Thavara and Y. Techadamrongsin. 2001. Repellency of volatile oils from plants against three mosquito vectors. **Vector Ecology**. 26(1): 76-82.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping method ใส่ลูกน้ำยุงละอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลองทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	13	9	8	4	34
	1600	20	16	19	21	76
	2400	25	25	25	24	99
	3200	25	25	24	25	99
	4000	25	25	25	25	100
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	2	0	0	3
	1600	2	3	5	2	12
	2400	10	20	15	15	60
	3200	19	19	20	21	79
	4000	21	20	23	21	85

ตารางผนวกที่ 2 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1(14)	2(11)	5(13)	19(23)	61
	1600	5(25)	9(25)	5(24)	4(25)	100
	2400	(25)	(25)	(25)	1(25)	100
	3200	(25)	(25)	1(25)	(25)	100
	4000	(25)	(25)	(25)	(25)	100
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0(1)	1(3)	1(1)	5(5)	10
	1600	9(11)	10(13)	11(16)	4(6)	46
	2400	14(24)	4(24)	7(22)	9(24)	94
	3200	4(23)	6(25)	5(25)	4(25)	98
	4000	4(25)	5(25)	2(25)	4(25)	100

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 3 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงตายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	1	0	0	1
	800	18	11	14	20	63
	1600	23	25	25	25	100
	2400	25	25	25	25	100
	3200	25	25	25	25	100
	4000	25	25	25	25	100
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	1	2	0	4
	1600	6	5	5	4	20
	2400	15	15	20	18	68
	3200	20	18	19	22	79
	4000	23	21	24	23	91

ตารางผนวกที่ 4 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0(1)	0	0	1
	800	5(23)	11(22)	3(17)	4(24)	86
	1600	2(25)	(25)	(25)	(25)	100
	2400	(25)	(25)	(25)	(25)	100
	3200	(25)	(25)	(25)	(25)	100
4000	(25)	(25)	(25)	(25)	100	
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	3(4)	3(4)	2(4)	4(4)	16
	1600	11(17)	12(17)	12(17)	14(18)	69
	2400	8(23)	8(23)	2(22)	6(24)	92
	3200	5(25)	7(25)	6(25)	3(25)	100
4000	2(25)	4(25)	1(25)	2(25)	100	

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 5 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	15	10	13	12	50
	1600	13	16	14	12	55
	2400	20	17	18	21	76
	3200	23	24	21	23	91
	4000	25	25	25	25	100
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	0	1	0	2
	1600	5	2	2	1	10
	2400	12	13	15	14	54
	3200	17	19	20	19	75
	4000	19	20	23	22	84

ตารางผนวกที่ 6 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเบอร์เลย์ที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	2(17)	3(13)	3(16)	5(17)	63
	1600	11(24)	9(25)	10(24)	12(24)	97
	2400	5(25)	8(25)	7(25)	4(25)	100
	3200	2(25)	1(25)	4(25)	1(24)	99
	4000	(25)	(25)	(25)	(25)	100
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	2(3)	1(1)	1(2)	2(2)	8
	1600	9(4)	9(11)	12(14)	10(11)	40
	2400	11(23)	10(23)	7(22)	10(24)	92
	3200	7(24)	5(24)	5(25)	6(25)	98
	4000	6(25)	5(25)	2(25)	3(25)	100

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 7 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วย
น้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน
โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงตายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง
ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	4	5	1	2	12
	1600	19	21	14	19	73
	2400	17	17	20	19	73
	3200	23	22	19	20	84
	4000	25	24	25	23	97
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	2	1	0	3
	1600	1	2	4	2	9
	2400	12	9	11	11	43
	3200	14	17	15	18	64
	4000	20	20	22	21	83

ตารางผนวกที่ 8 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วย
น้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน
โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง
ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	9(13)	8(13)	12(14)	11(13)	53
	1600	4(23)	4(25)	11(25)	6(25)	98
	2400	8(25)	8(25)	5(25)	6(25)	100
	3200	2(25)	3(25)	6(25)	5(25)	100
	4000	(25)	1(25)	(25)	2(25)	100
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1(1)	2(4)	3(4)	2(2)	11
	1600	10(11)	8(10)	12(16)	10(12)	49
	2400	9(21)	11(20)	12(23)	9(20)	84
	3200	11(25)	7(24)	9(24)	7(25)	98
	4000	5(25)	5(25)	3(25)	4(25)	100

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่
เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 9 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วย
น้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน
โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงตายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง
ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	5	3	2	4	14
	1600	17	18	19	18	72
	2400	19	13	18	11	61
	3200	18	16	20	18	72
	4000	20	18	22	19	79
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	1	2	0	3
	1600	1	3	4	2	10
	2400	8	11	9	12	40
	3200	15	14	17	15	61
	4000	21	19	22	20	82

ตารางผนวกที่ 10 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วย น้ำกลั่นและเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	8(13)	11(14)	9(11)	7(11)	49
	1600	8(25)	7(25)	6(25)	5(23)	98
	2400	5(24)	11(24)	7(25)	13(24)	97
	3200	7(25)	7(23)	5(25)	7(25)	98
	4000	5(25)	5(25)	3(25)	6(25)	100
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	2(2)	2(3)	1(3)	3(3)	11
	1600	10(11)	9(12)	11(15)	10(12)	50
	2400	11(19)	9(20)	14(23)	12(24)	86
	3200	10(25)	11(25)	8(25)	8(23)	98
	4000	3(24)	5(24)	3(25)	4(24)	97

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 11 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วย น้ำกลั่นและเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	12	10	13	13	48
	1600	11	12	11	16	50
	2400	15	13	14	11	53
	3200	14	12	16	14	56
	4000	18	22	20	22	82
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	0	1	0	2
	1600	2	3	2	2	9
	2400	12	10	8	8	38
	3200	14	15	15	12	56
	4000	20	19	21	20	80

ตารางผนวกที่ 12 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบยาสูบเวอร์จิเนียที่หมักด้วย น้ำกลั่นและเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	2(14)	2(12)	1(14)	0(13)	53
	1600	9(20)	12(24)	10(21)	4(20)	85
	2400	9(24)	11(24)	10(24)	11(22)	94
	3200	10(24)	12(24)	8(24)	11(25)	97
	4000	7(25)	3(25)	5(25)	3(25)	100
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	3(4)	2(2)	2(3)	4(4)	13
	1600	10(12)	9(12)	7(9)	11(13)	46
	2400	8(20)	11(21)	13(21)	13(21)	83
	3200	9(23)	9(24)	9(24)	13(25)	96
	4000	5(25)	4(23)	4(25)	5(25)	98

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 13 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงละอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	0	0	0	0	0
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	1	0	0	2
	1600	2	1	2	3	8
	2400	12	14	11	13	50
	3200	17	19	16	18	70
	4000	18	19	20	19	76

ตารางผนวกที่ 14 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงละอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	1 (1)	0	0	1
	2400	0	0	0	0	0
	3200	1 (1)	0	0	0	1
4000	2 (2)	0	0	0	2	
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0 (1)	1 (2)	2 (2)	0 (0)	5
	1600	3 (5)	2 (3)	1 (3)	1 (4)	15
	2400	3 (15)	2 (16)	4 (15)	1 (14)	60
	3200	2 (19)	0 (19)	1 (17)	3 (21)	76
4000	4 (22)	2 (21)	4 (24)	6 (25)	92	

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 15 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	0	0	0	0	0
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	1	1	0	2
	1600	2	1	1	1	5
	2400	12	11	9	8	40
	3200	17	16	14	15	62
	4000	18	20	21	22	81

ตารางผนวกที่ 16 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	1 (1)	0	1
	4000	0	0	1 (1)	0	1
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	2 (3)	3 (4)	1 (1)	8
	1600	2 (4)	0 (1)	2 (3)	1 (2)	10
	2400	3 (15)	3 (14)	6 (15)	3 (11)	55
	3200	6 (23)	1 (17)	1 (15)	1 (16)	71
	4000	3 (21)	3 (23)	1 (22)	1 (23)	89

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 17 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลาอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	0	0	0	0	0
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	0	0	1	2
	1600	2	0	1	1	4
	2400	9	6	10	8	33
	3200	13	15	11	14	53
	4000	19	20	21	18	78

ตารางผนวกที่ 18 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบสาบเสือที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	1 (1)	0	0	0	1
	3200	0	0	0	0	0
	4000	1 (1)	0	0	0	1
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1 (1)	2 (2)	1 (1)	0 (1)	5
	1600	1 (3)	2 (2)	0 (1)	1 (2)	8
	2400	1 (10)	5 (11)	2 (12)	2 (10)	43
	3200	4 (17)	3 (18)	6 (17)	1 (15)	67
	4000	4 (23)	2 (22)	4 (25)	4 (22)	92

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 19 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงละอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	1	0	1	3
	1600	3	2	4	4	13
	2400	14	13	16	14	57
	3200	18	17	16	19	70
	4000	22	23	22	25	92

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก

ตารางผนวกที่ 20 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงละอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1 (2)	1 (2)	1 (1)	2 (3)	8
	1600	2 (5)	1 (3)	2 (6)	2 (6)	20
	2400	3 (17)	3 (16)	4 (20)	5 (19)	72
	3200	4 (22)	4 (21)	5 (21)	4 (23)	87
	4000	1 (23)	2 (25)	1 (23)	(25)	96

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก
เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่
เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 21 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	2	1	0	4
	1600	3	2	1	1	7
	2400	13	10	9	12	44
	3200	16	15	17	16	64
	4000	25	21	25	25	96

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก

ตารางผนวกที่ 22 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				รวม
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1 (2)	0 (2)	1 (2)	0 (0)	6
	1600	1 (4)	2 (4)	3 (4)	1 (2)	14
	2400	3 (16)	5 (15)	6 (15)	7 (19)	65
	3200	4 (20)	3 (18)	4 (21)	6 (22)	81
	4000	(25)	3 (24)	(25)	(25)	99

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก
เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่
เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 23 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	1	0	0	2
	1600	3	2	1	1	7
	2400	12	10	8	13	43
	3200	16	18	13	14	61
	4000	25	25	24	25	99

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก

ตารางผนวกที่ 24 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากใบรักที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	2 (3)	1 (2)	1 (1)	0 (0)	6
	1600	3 (6)	4 (6)	0 (1)	1 (2)	15
	2400	3 (15)	4 (14)	3 (11)	4 (17)	57
	3200	4 (20)	5 (23)	5 (18)	3 (17)	78
	4000	(25)	(25)	0 (24)	(25)	99

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก
เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่
เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 25 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงละอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	0	0	0	1
	1600	2	1	0	1	4
	2400	12	10	10	11	43
	3200	16	14	18	18	66
	4000	20	23	23	25	91

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก

ตารางผนวกที่ 26 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดสอบ ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	2 (3)	2 (2)	1 (1)	3 (3)	8
	1600	4 (6)	3 (4)	3 (3)	2 (3)	16
	2400	3 (15)	4 (14)	6 (16)	4 (15)	60
	3200	6 (22)	5 (19)	2 (20)	3 (21)	82
	4000	3 (23)	1 (24)	0 (23)	(25)	95

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก
เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่
เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 27 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงละอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	1	0	1	3
	1600	1	0	2	1	4
	2400	12	11	9	10	42
	3200	16	14	13	15	58
	4000	23	23	24	25	95

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก

ตารางผนวกที่ 28 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1 (2)	2 (3)	2 (2)	1 (2)	9
	1600	5 (6)	3 (3)	2 (4)	2 (3)	16
	2400	3 (15)	5 (16)	4 (13)	3 (13)	57
	3200	4 (20)	5 (19)	5 (18)	4 (19)	76
	4000	1 (24)	1 (24)	1 (25)	(25)	98

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก
เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่
เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 29 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงละอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	1	0	1	3
	1600	2	1	1	0	4
	2400	8	11	10	9	38
	3200	14	13	11	15	53
	4000	25	25	24	23	97

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก

ตารางผนวกที่ 30 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากเมล็ดสบู่แดงที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดสอบ ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	*	*	*	*	*
	400	*	*	*	*	*
	800	*	*	*	*	*
	1600	*	*	*	*	*
	2400	*	*	*	*	*
	3200	*	*	*	*	*
	4000	*	*	*	*	*
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	3 (4)	1 (2)	2 (2)	1 (2)	10
	1600	1 (3)	2 (3)	2 (3)	5 (5)	14
	2400	4 (12)	5 (16)	4 (14)	4 (13)	55
	3200	4 (18)	5 (18)	6 (17)	4 (19)	72
	4000	(25)	(25)	0 (24)	1 (24)	98

หมายเหตุ * ไม่สามารถแยกสารสกัดจากพืชได้เนื่องจากการเน่าของพืชระหว่างการหมัก
เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่
เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 31 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	1	0	0	0	1
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	0	0	0	0	0
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	3	1	1	0	5

ตารางผนวกที่ 32 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 24 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น	จำนวนการตาย				
	(มก./ล.)	ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0 (1)	0	0	0	1
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	0	0	0	0	0
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	1 (1)	4 (4)	5
	4000	3 (6)	1 (2)	0 (1)	1 (1)	10

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 33 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงตายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	0	0	0	0	0
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	1	0	1	2
	4000	0	1	2	1	4

ตารางผนวกที่ 34 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอทานอล 95% เป็นเวลา 48 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	0	0	0	0	0
เอทานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0 (1)	0	0 (1)	2
	4000	0	1 (2)	1 (3)	1 (2)	7

หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง

ตารางผนวกที่ 35 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 24 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	0	0	0	0	0
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	1	0	0	0	1
	4000	0	0	0	0	0

ตารางผนวกที่ 36 จำนวนลูกน้ำยุงที่ตาย เมื่อได้รับสารสกัดจากบอระเพ็ดที่หมักด้วยน้ำกลั่น และเอธานอล 95% เป็นเวลา 72 ชั่วโมงในระดับความเข้มข้นที่ต่างกัน โดยวิธี Dipping Method ใส่ลูกน้ำยุงลายอย่างละ 25 ตัว ทำการทดลอง ทั้งหมด 4 ซ้ำ สังเกตการตายที่เวลา 48 ชั่วโมง

วิธีสกัด	ความเข้มข้น (มก./ล.)	จำนวนการตาย				
		ซ้ำที่ 1	ซ้ำที่ 2	ซ้ำที่ 3	ซ้ำที่ 4	รวม
น้ำ	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	0	0	0
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0	0	0	0	0
	4000	0	0	0	0	0
เอธานอล 95%	หน่วยควบคุม					
	(0)	0	0	0	0	0
	400	0	0	0	0	0
	800	0	0	0	0	0
	1600	0	0	1 (1)	0	1
	2400	0	0	0	0	0
	3200	0 (1)	0	0	0	1
	4000	0	0	0	0	0

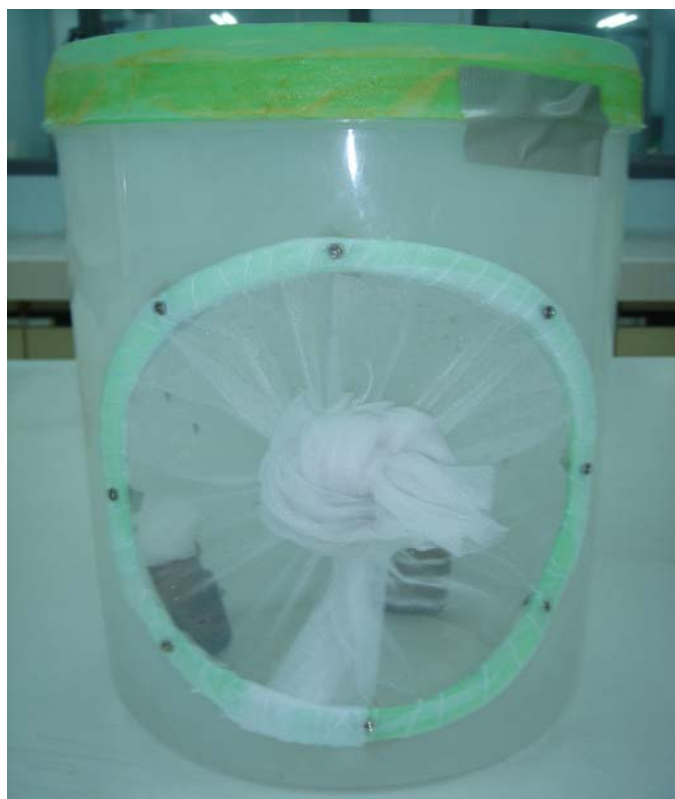
หมายเหตุ เครื่องหมาย () แสดงจำนวนลูกน้ำยุงลายที่ตายทั้งหมด จากการสังเกตการตายที่ เวลา 24 ชั่วโมง และ 48 ชั่วโมง



ภาพผนวกที่ 1 การนำไข่ยุงลาย (*Aedes aegypti* Linn.) ฟักในน้ำ



ภาพผนวกที่ 2 การเลี้ยงลูกน้ำยุงลายในห้องปฏิบัติการ



ภาพผนวกที่ 3 กรงเลี้ยงยุงลายในห้องปฏิบัติการ

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ	นางสาวชนนันท์ แพงไทย
เกิดวันที่	26 มีนาคม 2525
สถานที่เกิด	อำเภอชุมแพ จังหวัดขอนแก่น
ประวัติการศึกษา	วท.บ. (อนามัยสิ่งแวดล้อม) มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ