



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (กีฏวิทยา)
ปริญญา

กีฏวิทยา สาขา ภาควิชา

เรื่อง ประสิทธิภาพในการเป็นสารกำจัดแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส
(*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) ต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius)
Insecticidal Efficacy of Essential Oil from Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*
Dehnh) Leaf on the Cotton Cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) Larvae

นามผู้วิจัย นางสาวนันทิยา จิตธรรมมา

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

ประธานกรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศิริพรรณ ตันตาคม, Dr. Agr.)
กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุญฤทธิ์ สายัมพล, Dr. der Landw.)
กรรมการ (อาจารย์สุรัตน์วีดี จิระจินดา, Ph.D.)
กรรมการ (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ, Ph.D.)
หัวหน้าภาควิชา (รองศาสตราจารย์อินทวัฒน์ บุรีคำ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์วินัย อาจคงหาญ, M.A.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ 20 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2549

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพในการเป็นสารกำจัดแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส
(*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) ต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius)

Insecticidal Efficacy of Essential Oil from Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh)
Leaf on the Cotton Cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) Larvae

โดย

นางสาวนันทิยา จิตธรรมมา

เสนอ

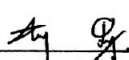
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กสิกรรม)

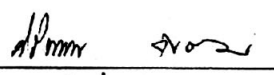
พ.ศ. 2549

ISBN 974-16-1193-5

นันทิยา จิตธรรมมา 2549: ประสิทธิภาพในการเป็นสารกำจัดแมลงของน้ำมันหอม
ระเหยจากใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) ต่อหนอนกระทู้ผัก
(*Spodoptera litura* Fabricius) ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (กีฏวิทยา)
สาขาวิชากีฏวิทยา ภาควิชากีฏวิทยา ประชานกรรมการที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ศิริพรรณ ตันตาคม, Dr.Agr. 93 หน้า
ISBN 974-16-1193-5

ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) โดยใช้วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ ได้น้ำมันยูคาลิปตัสปริมาณเท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เมื่อนำไปวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคทาง Gas chromatography (GC) หาดังต่อไปนี้คือ องค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันยูคาลิปตัส พบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งคือ สาร γ -terpinene ส่วนองค์ประกอบหลักของน้ำมันยูคาลิปตัส ที่เก็บในฤดูฝนคือ สาร *p*-cymene นำน้ำมันยูคาลิปตัสมาทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารกำจัดแมลงต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius) ในด้านประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงพบว่าน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงใกล้เคียงกับในฤดูฝน โดยน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งจากเดือนพฤศจิกายน 2546 และน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนจากเดือนกันยายน 2547 มีความเป็นพิษสูงสุด ค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผักเท่ากับ 5.64 และ 5.72 % (v/v) ที่เวลา 24 ชั่วโมง ในด้านประสิทธิภาพการเป็นสารรม พบว่าน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมต่อหนอนกระทู้ผักสูงกว่าฤดูฝน มีค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผักเท่ากับ 6.51 และ 7.71 % (v/v) ที่เวลา 24 ชั่วโมง ในด้านประสิทธิภาพการเป็นสารไล่แมลง พบว่าน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสูงกว่าฤดูฝน น้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งที่ความเข้มข้น 3.5 % (v/v) ให้เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ยเท่ากับ 72.22 ± 22.69 % น้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนที่ความเข้มข้น 4 % (v/v) ให้เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ยเท่ากับ 45.55 ± 32.37 % สำหรับประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหาร พบว่าน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนไม่มีประสิทธิภาพในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารต่อหนอนกระทู้ผัก


ลายมือชื่อนิติ


ลายมือชื่อประธานกรรมการ

13 / มี.ค. / 2549

Nantiya Chitthamma 2006: Insecticidal Efficacy of Essential Oil from Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) Leaf on the Cotton Cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) Larvae. Master of Science (Entomology), Major Field: Entomology, Department of Entomology. Thesis Advisor: Assistant Professor Siripan Tantakom, Dr.Agr. 93 pages.
ISBN 974-16-1193-5

The essential oil from leaves of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh was extracted by steam distillation. The quantity of eucalyptus oil was 0.34 % by weight. An analytical of the constituents of eucalyptus oil by gas chromatography technique found that the major components of eucalyptus oil from leaves harvested in dry season was γ -terpinene, and the major components of eucalyptus oil from leaves harvested in wet season was *p*-cymene. The insecticidal efficacy tests of eucalyptus oil against cotton cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) larvae were conducted. In insecticidal tests, the effect of an eucalyptus oil from dry season was nearby equal to the oil from wet season. The eucalyptus oils from the dry season in November 2003 and from the wet season in September 2004 gave the most effectiveness by which, the oral LC_{50} values at 24 hours after feeding were 5.64 and 5.72 % (v/v), respectively. In fumigant tests, an eucalyptus oil from dry season gave more effective than eucalyptus oil from wet season, the LC_{50} values to cotton cutworm at 24 hours were 6.51 and 7.71 % (v/v), respectively. In repellent tests, eucalyptus oil from dry season was more effective than the oil from the wet season. The repellency percentage of the eucalyptus oil from dry season against cotton cutworm at a concentration of 3.5 % (v/v) was 72.22 ± 22.69 %, and the repellency percentage of the eucalyptus oil from dry season against cotton cutworm at a concentration of 4 % (v/v) was 45.55 ± 32.37 %. The results from antifeedant tests found that the eucalyptus oil from dry and wet seasons did not show any antifeedant activity to cotton cutworm.

Nantiya Chitthamma

Student's signature

Siripan Tantakom

Thesis Advisor's signature

13 / 03 / 2006

กิตติกรรมประกาศ

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ศิริพรรณ ตันตาคม ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุญฤทธิ์ สายัมพล และอาจารย์สุรัตน์วดี จิระจินดา กรรมการที่ปรึกษาวิชาเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธรรมศักดิ์ ทองเกตุ กรรมการที่ปรึกษาวิชาการ ที่ได้ให้คำแนะนำในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำปรึกษาและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ พัทธนิ วิจิตพันธุ์ ผู้แทนบัณฑิตวิทยาลัย ที่ให้คำแนะนำปรึกษาและตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้มอบทุนอุดหนุนการค้นคว้าและวิจัยประเภทวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จ

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และบุคคลในครอบครัวทุกท่าน ที่ช่วยผลักดัน ให้คำแนะนำปรึกษา ให้กำลังใจ และคอยช่วยเหลือด้านการศึกษาของข้าพเจ้าจนประสบความสำเร็จ

ขอขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการภาควิชาเคมีวิทยา และห้องปฏิบัติการภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน เจ้าหน้าที่ศูนย์วิจัยและพัฒนาภูมิวิทยาอุตสาหกรรม และเจ้าหน้าที่งานวิจัยสภาวะแวดล้อม ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง ม.ก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำในการทำงานวิจัยจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ และน้อง ๆ ทุกคนที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจตลอดระยะเวลาที่ศึกษาและทำงานวิจัย

ประโยชน์และคุณค่าที่เกิดจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ จะพึงมีเพียงใด ขอมอบแด่ คุณพ่อ คุณแม่ และคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้เมตตาอบรมสั่งสอนให้มีความรู้จนถึงปัจจุบัน

นนธิยา จิตธรรมมา

มีนาคม 2549

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(5)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	21
ผลการทดลอง	36
วิจารณ์	60
สรุป	69
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	71
ภาคผนวก	77

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ความปลอดภัย	16
2 ปริมาณสารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ความปลอดภัย ที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน ที่ปลูกภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม	45
3 ประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บในฤดูแล้งต่อหนอนกระทู้ผัก ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง	48
4 ประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บในฤดูฝนต่อหนอนกระทู้ผัก ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง	50
5 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่มีผลต่อการกินอาหารและการ เปลี่ยนแปลงน้ำหนักของหนอนกระทู้ผัก	58
6 ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ต่อ หนอนกระทู้ผัก	59
 ตารางผนวกที่	
1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก ใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน ต่อหนอนกระทู้ผัก	78
2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก ใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนมกราคม ต่อหนอนกระทู้ผัก	79

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่	หน้า
3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนมีนาคม ต่อหนอนกระทู้ผัก	80
4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนพฤษภาคม ต่อหนอนกระทู้ผัก	81
5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนกรกฎาคม ต่อหนอนกระทู้ผัก	82
6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนกันยายน ต่อหนอนกระทู้ผัก	83
7 ประสิทธิภาพการเป็นสารรมกำจัดแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนต่อหนอนกระทู้ผัก ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง	84
8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งต่อหนอนกระทู้ผัก	85
9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนต่อหนอนกระทู้ผัก	86
10 ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ในการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผักที่ความเข้มข้นของค่า LC_{50}	87
11 ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ในการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารรมต่อหนอนกระทู้ผักที่ความเข้มข้นของค่า LC_{50}	88

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่

หน้า

- 12 ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ในการทดสอบ
ประสิทธิภาพการเป็นสารไล่แมลง

89

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 หนอนกระทู้ผัก (<i>S. litura</i>)	
(ก) ไข่	
(ข) กลุ่มไข่	
(ค) หนอน	
(ง) ดักแด้	
(จ) ตัวเต็มวัย	8
2 ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส	
(ก) รูปร่างต้นยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส	
(ข) ลำต้น	
(ค) ผล	
(ง) ใบ	14
3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ	
(ก) เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ	
(ข) น้ำมันยูคาลิปตัสที่สกัดได้จะอยู่ส่วนบนของขวด	
(ค) เก็บน้ำมันยูคาลิปตัสไว้ในขวดสีชา	29
4 การตรวจหาปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส	
(ก 1) เครื่อง Gas chromatograph (GC)	
(ก 2) คอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์	
(ข) การฉีดสารตัวอย่างเข้าเครื่อง GC	30
5 การทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส	
(ก) การทดสอบโดยใช้วิธี Leaf dipping method	
(ข) ปลอ่ยหนอนกระทู้ผักจำนวน 10 ตัวต่อช้ำลงบนใบคะน้า	31

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
6 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (ก) วางกระดาษกรองไว้บนก้นถ้วยพลาสติก (ข) หยคน้ำมันยูคาลิปตัสที่ผสมกับเอทานอลลงบนกระดาษกรอง (ค) วางตะแกรงลวดเหนือกระดาษกรอง (ง) วางใบค่น้ำไว้บนกระดาษเอนกประสงค์ (จ) ปิดฝาถ้วยพลาสติก (ฉ) จัดบันทึกปริมาณหนอนที่ตายหลังการทดสอบ 24 ชั่วโมง	32
7 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (ก) ตัดกระดาษกรองออกเป็น 2 ส่วน (ข) นำน้ำมันยูคาลิปตัสที่ผสมกับเอทานอลหยดลงบนกระดาษกรองส่วนแรก สำหรับกระดาษกรองส่วนที่สองหยดด้วยเอทานอล (ค) ปลอ่ยหนอนกระทุ้ผักลงตรงกลางของกระดาษกรอง (ง) ปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อ (จ) บันทึกจำนวนหนอนกระทุ้ผักในแต่ละส่วนของกระดาษกรอง	33
8 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (ก) ปลอ่ยหนอนกระทุ้ผักลงบนใบค่น้ำที่จุ่มสารละลายน้ำมันยูคาลิปตัส (ข) ทิ้งไว้ที่สภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน (ค) เครื่องวัดพื้นที่ใบ (Leaf area meter) (ง) วัดพื้นที่ใบค่น้ำที่เหลือหลังการทดสอบ 3 วัน	34
9 โครมาโตแกรมและค่า retention time ของสารละลายมาตรฐาน 5 ชนิด	38
10 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546	39

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
11 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนมกราคม พ.ศ. 2547	40
12 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนมีนาคม พ.ศ. 2547	41
13 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547	42
14 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2547	43
15 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนกันยายน พ.ศ. 2547	44
16 องค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส	46
17 ค่า LC_{50} ทางการกินของหนอนกระทุ้งเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสาร ฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส เก็บในฤดูแล้ง (ก) เดือนพฤศจิกายน (ข) เดือนมกราคม (ค) เดือนมีนาคม	49

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
18 ค่า LC_{50} ทางการกินของหนอนกระทุ้ผักเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสาร ฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน (ก) เดือนพฤษภาคม (ข) เดือนกรกฎาคม (ค) เดือนกันยายน	51
19 ค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทุ้ผักเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารรมด้วยน้ำมันหอมระเหย จากใบยูคาลิปตัส (ก) ฤดูแล้ง (เดือนมกราคม) (ข) ฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม)	53
20 ประสิทธิภาพในการไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสต่อ หนอนกระทุ้ผัก (ก) ฤดูแล้ง (เดือนมกราคม) (ข) ฤดูแล้ง (เดือนพฤษภาคม)	55
 ภาพผนวกที่	
1 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับพื้นที่ใต้สัญญาณของ สารละลายมาตรฐานที่ปรากฏ	90
2 ประสิทธิภาพการเป็นสารไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บ ในฤดูแล้งต่อหนอนกระทุ้ผัก	91
3 ประสิทธิภาพการเป็นสารไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บ ในฤดูฝนต่อหนอนกระทุ้ผัก	92

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพผนวกที่

หน้า

- 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสารองค์ประกอบกับอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในเดือนที่เก็บใบชาลูปัสมาสักน้ำมันหอมระเหย

93

**ประสิทธิภาพในการเป็นสารกำจัดแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส
(*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) ต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabricius)**

**Insecticidal Efficacy of Essential Oil from Eucalyptus (*Eucalyptus camaldulensis*
Dehnh) Leaf on the Cotton Cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) Larvae**

คำนำ

หนอนกระทู้ผัก (*S. litura* Fabricius) นับเป็นแมลงศัตรูพืชที่สำคัญและทำความเสียหายให้กับพืชผักได้มากมายหลายชนิด เช่น ถั่วต่าง ๆ ละหุ่ง ทานตะวัน ข้าว ข้าวโพด ข้างฟาง ฝ้าย ยาสูบ องุ่น ส้ม สตรอเบอรี่ กุหลาบ มันเทศ มะเขือต่าง ๆ มะเขือเทศ และผักชนิดต่าง ๆ เช่น ผักกาดกะหล่ำปลี กระหล่ำดอก เป็นต้น เนื่องจากมีพืชอาศัยกว้างจึงมีการระบาดเกือบตลอดทั้งปี วิธีการแก้ปัญหาที่เกษตรกรนิยมปฏิบัติคือสารเคมี เพราะสารเคมีใช้ง่าย สะดวกและเห็นผลเร็ว แต่ผลเสียที่ตามมาหลังจากใช้สารเคมีมีอีกมากมาย เช่น แมลงสร้างความต้านทานต่อสารเคมี และสารเคมียังทำลายสภาพแวดล้อม ทำลายสมดุลธรรมชาติในแปลง และที่สำคัญคือเกิดพิษตกค้างในผลผลิต ทำให้เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค

ในสถานะของกระแสโลกที่ตื่นตัวในเรื่องของสุขภาพ ผู้คนให้ความสำคัญกับความปลอดภัยของอาหารที่จะนำมาบริโภค สังคมตอบรับอาหารที่ปลอดภัยจากสารพิษมากขึ้น รัฐบาลณรงค์ให้เกษตรกรและผู้บริโภคตระหนักถึงความสำคัญของการผลิตและบริโภคพืชอาหารที่ปลอดสารพิษ ให้เกษตรกรรับรู้ถึงปัญหาและอันตรายของสารเคมี เพื่อประเทศไทยจะได้ผลผลิตทางการเกษตรที่ปลอดภัยจากสารพิษ เป็นการตอบสนองนโยบายการประกาศตัวเป็นครัวโลกของภาครัฐ ดังนั้นภาครัฐจึงมุ่งเน้นให้ประเทศไทยผลิตพืชอาหารที่มีความปลอดภัย (food safety) จากสารฆ่าแมลง

การนำสารสกัดจากพืชมาใช้ทางการเกษตรจึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ ซึ่งในปัจจุบันการใช้สารสกัดจากพืชในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชมีความสำคัญมากขึ้นเรื่อย ๆ เพราะนอกจากจะมีประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงแล้ว ยังมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้และผู้บริโภค ไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและระบบนิเวศ และสามารถส่งพืชผักไปจำหน่ายยังต่างประเทศได้ โดยไม่มีปัญหาในด้านสารพิษตกค้างจากสารฆ่าแมลง น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (*E. camaldulensis* Dehnh) เป็นสารสกัดจากพืชที่มีคุณสมบัติในการป้องกันและกำจัดแมลง

ประสิทธิภาพด้านการเป็นสารฆ่าแมลงและสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส พบว่า ไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส มีความเป็นพิษต่อเพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii* Glover) (Tunc and Sahinkaya, 1998) Choi *et al.* (2003) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส 2 ชนิดคือ *E. citriodora* และ *E. globulus* มีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมที่มีพิษต่อตัวเต็มวัย ตัวอ่อน และไข่ของแมลงหวี่ขาว (*Trialeturodes vaporariorum*) จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการของกนก (2545) พบว่า สารสกัดยูคาลิปตัสความเข้มข้น 100 ppm ทำให้เพลี้ยอ่อนร้อยละ 83 ตายภายใน 24 ชั่วโมง Channoo *et al.* (2002) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)) ค้างงวงข้าวโพด (*S. zeamais* Motschulsky) และด้วงถั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* (Fabricius)) พบว่า แสดงความเป็นพิษด้านการเป็นสารรมต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด

ประสิทธิภาพด้านการเป็นสารไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพในการไล่ตัวเต็มวัยของมอดแป้ง ค้างงวงข้าวโพด และด้วงถั่วเขียว (ชัยรัตน์, 2544)

ประสิทธิภาพด้านการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสมีคุณสมบัติในการยับยั้งการกินอาหารต่อ ค้างงวงข้าวโพด และมอดแป้ง (ชัยรัตน์, 2544)

ยูคาลิปตัสพันธุ์ที่ใช้ในการทดลองในครั้งนี้เป็นพันธุ์ที่มีการส่งเสริมให้ปลูกเป็นไม้ป่าเศรษฐกิจ ในการใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่จะเป็นการแปรรูปเนื้อไม้ จึงควรนำใบยูคาลิปตัสที่ถูกตัดทิ้งโดยเปล่าประโยชน์มาสกัดน้ำมันหอมระเหยเพื่อใช้ในการควบคุมหนอนกระทู้ผักแมลงศัตรูพืชที่สำคัญ และเพื่อทดแทนการใช้สารเคมีในการป้องกันกำจัดศัตรูพืช

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน ในการฆ่าหนอกระตู้ฝัก
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน ในการเป็นสารรมต่อหนอกระตู้ฝัก
3. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน ในการเป็นสารไล่ต่อหนอกระตู้ฝัก
4. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน ในการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารต่อหนอกระตู้ฝัก

การตรวจเอกสาร

หนอนกระทู้ผัก

ชื่ออื่น ๆ	หนอนกระทู้ยาสูบ หนอนกระทู้ฝ้าย หนอนรัง common cutworm, tobacco cutworm, cotton cutworm, cotton leaf worm
ชื่อวิทยาศาสตร์	<i>Spodoptera litura</i> (Fabricius)
วงศ์	Noctuidae
อันดับ	Lepidoptera

1. ความสำคัญและลักษณะการทำลาย

หนอนกระทู้ผักเป็นแมลงศัตรูของพืชผักของประเทศไทยชนิดหนึ่ง ตัวหนอนทำลายผักตั้งแต่เริ่มฟักออกมาจากไข่ใหม่ ๆ โดยอยู่รวมกันเป็นกลุ่มในระยะแรก ๆ ในระยะต่อมาจะเริ่มทำลายส่วนยอดรุนแรงมากสามารถกัดกินใบ ก้าน ดอก หัวได้ทุกส่วน ทำให้พืชผักมากเนื่องจากเป็นหนอนที่มีขนาดใหญ่ และแพร่ระบาดได้รวดเร็วตลอดทั้งปี (ณรรฐพล, 2526)

2. รูปร่างลักษณะและชีวประวัติ

ตัวเต็มวัยชอบวางไข่เป็นกลุ่มได้ใบพืชอาหาร ไข่กลุ่มหนึ่ง ๆ มีจำนวนนับร้อยฟอง บนกลุ่มไข่จะมีใยสีน้ำตาลปกคลุม ไข่มีลักษณะเป็นแบบ with sculp คือคล้ายกับรูปฝ่ามือ ผิวของไข่มีลายเส้นบาง ๆ โดยรอบ ตรงกลางมีรอยบุ๋มและมีเส้นเป็นรัศมีโดยรอบ ไข่ระยะแรกมีสีครีมค่อนข้างขาว ต่อมาเปลี่ยนเป็นสีเขียวเป็นมัน ระยะประมาณ 3-5 วัน ตัวเต็มวัยเพศเมียแต่ละตัวสามารถวางไข่ได้ 800-3,250 ฟอง (สุรไกร และ อนุชิต, 2528) การแยกเพศของผีเสื้อหนอนกระทู้ผักทำได้หลายวิธี เช่น ปีกคู่หน้าของเพศผู้จะมีสีเข้มและลวดลายสีขาวเด่นชัดกว่าของเพศเมีย ส่วนท้องของเพศผู้ที่ปล้อง 7, 8, 9 และ 10 จะคอดเล็กลงและปลายปล้องที่ 10 เป็นพู่หางยาว ส่วนในเพศเมียจะพบว่าปล้องท้องใหญ่และมีขนาดเท่ากันทุกปล้อง ไม่มีพู่หางหรือถ้ามีก็เล็กกว่าของเพศผู้ (วิชัย, 2520)

ตัวหนอนที่เพิ่งฟักออกจากไข่ มีขนาดลำตัวเล็ก ความยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร หัวโตสีดำ ตัวใส ลักษณะตัวหนอนเป็นแบบ eruciform มีขาจริง 3 คู่ สีดำ ขาเทียม 5 คู่ ปรากฏอยู่ที่ส่วนท้องปล้องที่ 3, 4, 5, 6 และปล้องสุดท้ายของลำตัว ที่ส่วนท้องปล้องที่ 1 มีสีดำ ลำตัวมีขนและตุ่มขนสีดำ

อกปล้องแรกทางด้านบนจะมีแผ่นแข็งสีดำปกคลุมอยู่ สีของลำตัวเปลี่ยนแปลงไปเมื่ออายุมากขึ้น ลำตัวของหนอนที่เริ่มกินอาหารจะมีสีเขียว ลักษณะของหนอนที่อายุ 1 วันคือมีแถบสีเหลืองเริ่มจากอกปล้องแรกทางด้านบนพาดไปตามความยาวของลำตัวตรงกลางของสันหลังจนถึงส่วนท้ายของลำตัว ทางด้านข้าง (dorsolateral) ของลำตัวจะมีแถบสีเหลืองข้างละแถบพาดจากอกปล้องแรกไปยังส่วนท้ายของลำตัว เมื่อหนอนอายุมากขึ้นหัวและแผ่นแข็งบนอกปล้องแรกเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาล ทางด้านข้างของลำตัวมีแถบสีน้ำตาลแถบใหญ่อยู่ข้างละแถบและมีเส้นสีขาวแนบอยู่ทั้งด้านบนและด้านล่างของแถบสีนี้ รูปร่างที่ส่วนท้องจะเห็นเป็นจุดสีขาว บนอกปล้องที่สองและปล้องที่สามใกล้กับรูหายใจจะมีจุดสีดำติดอยู่ เมื่อตัวหนอนอายุได้ประมาณ 5 วัน สีของลำตัวจะเปลี่ยนแปลงไป คือทางด้านข้างของลำตัวจะมีแถบสีดำใหญ่พาดไปตามความยาวของลำตัว หัวมีสีค่อนข้างดำ มีเส้น suture เป็นรูปตัว Y หัวกลับเห็นได้ชัดเจน เนื้อแถบสีดำใหญ่ด้านข้างลำตัวขึ้นไปจะมีจุดสีเหลือง ปล้องละจุดยกเว้นปล้องท้องปล้องที่ 1 และทางด้านบนของจุดสีเหลืองนี้จะมีรอยแตรรูปร่างค่อนข้างเป็นสามเหลี่ยมมีสีดำ ขาเทียมของตัวอ่อนมีลักษณะเป็นแบบ uniserial หรือ uniordinal ตัวหนอนเมื่อเจริญเติบโตเต็มที่แล้วมีความยาวประมาณ 32-34 มิลลิเมตร ตัวหนอนในระยะที่สามจะทำความเสียหายให้กับพืชผักมาก และหนอนชนิดนี้ชอบกัดกินผักใบอ่อนมากกว่าใบแก่และมีนิสัยชอบออกหากินในเวลากลางคืน บางครั้งก็สามารถพบหนอนกระทู้ผักในเวลากลางวันซึ่งอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม โดยหลบซ่อนตัวอยู่ทางด้านล่างของใบและกัดกินเนื้อเยื่อของใบ ระยะการเป็นตัวอ่อนของหนอนนานประมาณ 15-21 วัน ก่อนเข้าดักแด้ตัวหนอนจะลงไปในดินและหุดตัวสั้นลง ผิวของลำตัวทางด้านบนค่อนข้างดำ ส่วนทางด้านล่างสีขาวซีด หลังจากนั้นก็จะเข้าดักแด้ในดิน (สุรไกร และ อนุชิต, 2528)

ดักแด้ของแมลงชนิดนี้เป็นแบบ obteated pupa มีอวัยวะและปีกติดเป็นเนื้อเดียวกับลำตัว ขนาดของดักแด้ยาวประมาณ 14-16 มิลลิเมตร และมีสีน้ำตาลเข้ม ที่ปลายหางของดักแด้มี cremaster 2 อันยื่นออกมา ในระยะแรกที่เข้าดักแด้ใหม่ ๆ ส่วนโคนของ cremaster จะมีสีดำ ส่วนปลายมีสีขาวใส เมื่อดักแด้อายุมากขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลไหม้ รูปร่างของดักแด้มีสีดำเห็นชัด ระยะดักแด้ 7-10 วัน (สุรไกร และ อนุชิต, 2528)

ตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อกลางคืนขนาดกลาง มีขนาดลำตัวยาวประมาณ 11-16 มิลลิเมตร เมื่อกางปีกเต็มทีวัดจากขอบปีกหนึ่งไปยังอีกขอบปีกหนึ่งประมาณ 24-30 มิลลิเมตร เมื่อเกาะนิ่งอยู่กับที่จะหุบปีกเป็นรูปหลังคา ปีกคู่หน้ามีสีดำและมีจุดกลมสีเทาเข้มปนแดงอยู่ตรงกลางปีกข้างละจุด ขอบปีกด้านข้างมีจุดสีดำเรียงเป็นแถว 7-8 จุด ปีกคู่หลังมีสีอ่อนกว่าปีกคู่หน้า มองดูเป็นสีขาวบริเวณขอบปีกทางด้านหน้า (costal margin) และด้านปลายปีก (apical margin) มีขนขึ้นอยู่เป็นจำนวนมาก

บริเวณขอบปีกและเส้นปีกเท่านั้นที่มีสีค่อนข้างดำ หนวดเป็นแบบเส้นด้าย ตารวมมีขนาดใหญ่ ขา และลำตัวปกคลุมด้วยเกล็ด บริเวณด้านล่างของอกและท้องจะมีสีเทา แต่ทางด้านบนสีเข้มกว่าคือมีสีเทาปนดำ ตัวเต็มวัยมีอายุประมาณ 7-10 วัน (สุรไกร และ อนุชิต, 2528)

3. การกระจายและฤดูกาลแพร่ระบาด

หนอนกระทู้ผักพบทั่วทุกภาคของประเทศไทย มักพบระบาดทั่ว ๆ ไปตลอดปีไม่จำกัด ฤดูกาลปลูก (กองกัญและสัตววิทยา, 2542) โดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน (กองกัญและสัตววิทยา, 2535)

4. พืชอาหาร

แมลงชนิดนี้มีพืชอาหารหลายชนิด ได้แก่ กะหล่ำปลี กะหล่ำดอก คื่นช่าย ผักกาดหัว ผักกาดหอม ผักกาดขาวใหญ่ กะหล่ำปลม ผักกวางตุ้ง ผักบุ้ง มะเขือเทศ มะระ ถั่วพุ่ม ถั่วฝักยาว ตำลึง ถั่วพู หอมหัวใหญ่ ผือก ยาสูบ ข้าวโพด ข้าว ยาวพารา บัว บานชื่น หงอนไก่ บานไม่รู้โรย ถั่วเขียว ตลอดจนไม้ผล ไม้ใบ และไม้ดอกไม้ประดับอีกหลายชนิด (สิริวัฒน์, 2526)

5. ศัตรูธรรมชาติ

โกศล และ วิวัฒน์ (2529) รายงานว่า แมลงศัตรูธรรมชาติของหนอนกระทู้ผักมี 15 ชนิด คือ

<i>Chelonus</i> sp.	Braconidae, Hymenoptera	เบียนไข่
<i>Apanteles risberci</i> De Saeger	Braconidae, Hymenoptera	เบียนหนอน
<i>Orius</i> sp.	Anthocoridae, Hemiptera	ห้ำไข่
<i>Amyotia malaburica</i> F.	Pentatomidae, Hemiptera	ห้ำหนอน
<i>Andrallus spinidens</i> F.	Pentatomidae, Hemiptera	ห้ำหนอน
<i>Cariza verrucosa</i> Westwood	Pentatomidae, Hemiptera	ห้ำหนอน
<i>Eocanthecona furcellata</i> (Wolf)	Pentatomidae, Hemiptera	ห้ำหนอน
<i>Eocanthecona robusta</i> Distant	Pentatomidae, Hemiptera	ห้ำหนอน
<i>Zicrona caerulea</i> L.	Pentatomidae, Hemiptera	ห้ำหนอน
<i>Polytes stigma</i> F.	Vespidae, Hymenoptera	ห้ำหนอน
<i>Chrysopa basalis</i> Walker	Chrysopidae, Hymenoptera	ห้ำหนอน
<i>Acanthaspis gulo</i> Stal.	Reduviidae, Hemiptera	ห้ำหนอน

<i>Rhinocoris fuscipes</i> F.	Reduviidae, Hemiptera	ห้ำหอน
<i>Sycanus collaris</i> F.	Reduviidae, Hemiptera	ห้ำหอน, ตัวเต็มวัย
<i>Lycosa</i> sp.	Araneidae, Aranaeae	ห้ำหอน, ตัวเต็มวัย

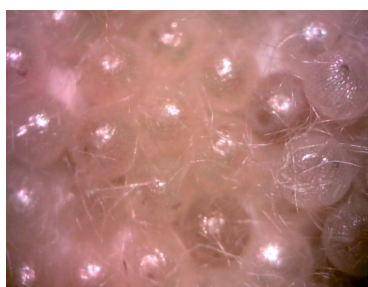
6. การป้องกันกำจัด

การป้องกันกำจัดหอนกระตุ้พัก สามารถทำได้หลายวิธี (กองกัญและสัตววิทยา, 2542) ได้แก่

6.1 วิธีกล โดยเก็บกลุ่มไข่และหอนทำลาย วิธีนี้พบว่าได้ผลดีและลดการระบาดลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.2 การใช้เชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ ไวรัส NPV ของหอนกระตุ้พัก อัตรา 30 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมสารจับใบอัตราตามฉลาก ฉีดพ่นในช่วงเวลาเย็นทุก 5 วันครั้ง เมื่อพบหอนระบาด

6.3 สารฆ่าแมลง ในการป้องกันกำจัดหอนกระตุ้พักโดยใช้สารฆ่าแมลงมีคำแนะนำการใช้สารฆ่าแมลงต่าง ๆ ตามเอกสารวิชาการของกองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตรที่รวบรวมไว้ ดังนี้ (กองกัญและสัตววิทยา, 2547) lambdacyhalothrin (Karate 2.5 EC 2.5% EC) อัตรา 10 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, triazophos (Hostathion 40 EC 40% EC) อัตรา 40 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร แต่ไม่ควรพ่นติดต่อกัน 2-3 ครั้ง ในสภาพที่อากาศแห้งแล้ง, chlorfluazuron (Atabron 5% EC) อัตรา 20 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร, cypermethrin/phosalone (Parson 6.25% / 22.5% EC) อัตรา 60 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

ภาพที่ 1 หนอนกระทู้ผัก (*S. litura*)

(ก) ไข่ (ข) กลุ่มไข่ (ค) หนอน (ง) ดักแด้ (จ) ตัวเต็มวัย

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh)

1. ลักษณะทั่วไป

ไม้สกุลยูคาลิปตัสมีอยู่ทั้งหมดประมาณ 530 ชนิด ยูคาลิปตัสเกือบทุกชนิดขึ้นในประเทศออสเตรเลีย ปัจจุบันมียูคาลิปตัสอยู่ 2 ชนิด คือ *E. camaldulensis* และ *E. globulus* ที่ปลูกกันอย่างกว้างขวางมากในโลก ไม้ยูคาลิปตัส ที่ปลูกภายในวิทยาเขตกำแพงแสนเป็นยูคาลิปตัสชนิด *E. camaldulensis* Dehnh อยู่ในวงศ์ Myrtaceae ชื่อสามัญอื่น เช่น red river gum, red gum, murray red gum และ river gum ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ส่วนใหญ่จะพบในแผ่นดินใหญ่ของออสเตรเลีย ในแถบร้อน ยูคาลิปตัสเหล่านี้จะขึ้นเองตามธรรมชาติกระจายแผ่กว้างไปตามแหล่งน้ำ หรือใกล้แหล่งที่มีน้ำขังเป็นบางช่วงเวลาในท้องถิ่นที่แห้งแล้งและกึ่งแห้งแล้งทั่ว ๆ ไป เนื้อไม้ของยูคาลิปตัสชนิดนี้มีความหนาแน่นปานกลาง คือมี specific gravity เท่ากับ 0.6 และให้พลังงานความร้อนราว 4,800 Kcal ต่อกิโลกรัม เป็นไม้เนื้อแข็งพื้นเมืองที่สำคัญที่สุดของประเทศออสเตรเลีย ในท้องถิ่นที่แห้งแล้งของประเทศออสเตรเลียมักจะปลูกเป็นไม้ริมถนน หรือปลูกเป็นแนวกันลม แนวสำหรับให้ร่ม (shelter belt) และปลูกเป็นสวนป่าแปลงเล็ก ๆ เพื่อใช้ในท้องถิ่น (Farm wood lot) (อำนาจ, 2525)

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส สามารถขึ้นได้ดีในภูมิอากาศต่าง ๆ กัน ตั้งแต่ภูมิอากาศของประเทศแถบอบอุ่น เขตร้อน จนถึงเขตกึ่งร้อน โดยจะทนต่ออากาศร้อนจัดที่อุณหภูมิสูงสุด 45 องศาเซลเซียส และอากาศหนาวจัดอุณหภูมิต่ำสุด -5 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทนต่อความแห้งแล้ง 6-8 เดือน และทนต่อน้ำท่วมขัง 2-3 เดือน จะพบขึ้นในระดับความสูงจากน้ำทะเล 0-600 เมตร ในท้องถิ่นที่มีปริมาณน้ำฝน 200-1200 มิลลิเมตร แต่ถ้าปลูกเพื่อการค้าควรปลูกในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 400 มิลลิเมตร ปรับตัวได้ดีในดินทุกประเภท ทั้งดินเหนียว ดินทราย ดินร่วนปนทราย ดินลูกรัง ดินหินปูน และดินเค็ม ชอบดินที่มีความเป็นกรดประมาณ 6.5-7.5 (ไพฑูริย์, 2534)

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เป็นไม้ขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ มีความสูง 24-36 เมตร และอาจสูงถึง 50 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.90-2.10 เมตร หรืออาจโตมากกว่านี้ รูปทรงสูง เปลือกตรง มีกิ่งก้านน้อย (ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน, 2537) ถ้าขึ้นอยู่ในที่โล่งแจ้งจะมีเรือนยอดโปร่งบางแผ่กว้าง ใบเป็นชนิดใบเดี่ยว กล้าไม้และใบอ่อนออกเป็นคู่ตรงข้าม 3-4 คู่เรียงสลับกัน ลักษณะใบเป็นรูปไข่เกือบเป็นรูปหอก ใบกว้างมีสีเขียวปนเทา ใบแก่เรียงสลับกันมีก้านใบยาวลักษณะใบเป็นรูปหอก ขนาดกว้าง 1-2.5 เซนติเมตร ยาว 10-15 เซนติเมตร ใบมีสีเขียวอ่อนทั้งสองด้าน บางครั้งมีสีเทา เนื้อใบละเอียดกว้างค่อนข้างหนาเป็นแผ่นหนัง ท้องใบจะมองเห็นเป็นคราบสีขาวซึ่งเกิดจากสีของปากใบ

ใบบางและห้อยลง เส้นใบมองเห็นได้ชัดทำมุมกับเส้นแกนใบประมาณ 40-50 องศา เปลือกใบมีลักษณะเรียบเป็นมัน มีสีเทาสลับขาวและน้ำตาลแดงเป็นบางแห่งสลับกันยาวตามลำต้น เปลือกนอกพอแก่จะแตกลอนออกเป็นแผ่นหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร แต่พอแตกลอนออกเป็นแผ่นหลุดออกจากผิวของลำต้น คล้ายเปลือกต้นฝรั่งเมื่อถึงฤดูกาลแต่ละปี และมีจุดหรือเปลือกเป็นแผ่นเล็ก ๆ สีน้ำตาลกระจายเป็นแห่ง ๆ ทั่วลำต้น จะออกดอกรวมกันเป็นช่อกลมสีขาวหรือเหลืองอ่อน เกิดตรงระหว่างกิ่งกับใบ รูปแบบก้านร่มมีก้านดอกเรียวยาว 0.25-0.6 นิ้ว และมีก้านดอกย่อยแตกออกไปอีก 5-10 ดอก เกสรตัวผู้เป็นฝอยคล้ายดอกชมพู เกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน โคนกลีบดอกหนาอวบและแข็ง ผลมีลักษณะเป็นรูปครึ่งวงกลมหรือรูปถ้วย ขนาด $0.2-0.3 \times 0.2-0.3$ นิ้ว ผิวนอกแข็งติดอยู่บนก้านดอกที่เรียวยาว เมื่อยังอ่อนอยู่จะมีสีเขียวและจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเมื่อผลเริ่มแก่ ผลที่กำลังแก่เต็มที่ มีช่วงที่สั้นมาก หลังจากนั้นผลจะแยกออกทำให้เมล็ดที่อยู่ภายในร่วงหล่นออกมา เมล็ดมีขนาดเล็กตั้งแต่ 0.5-1.5 กิโลกรัม หรือในบางต้นอาจให้เมล็ดมากกว่านี้ เมล็ดจำนวน 1 กรัมมีประมาณ 700 เมล็ด ลักษณะเนื้อไม้มีสีน้ำตาลอ่อนหรือน้ำตาลแดง เนื้อแน่น เสี้ยนสน (interlocked grain) และเป็นลูกคลื่น เป็นไม้ที่มีความแข็งแรงสูง แข็งแรง ทนทานและต้านทานต่อการทำลายของปลวก สามารถนำไปเลื่อยและแปรรูปได้ง่าย แต่มักเกิดการโค้งงอเมื่อเวลาผึ่งให้แห้งและเนื้อไม้แตกร้าวง่ายหากเก็บรักษาไม่ถูกวิธี การแปรรูปต้องกระทำในขณะที่ยังสดหลังการตัดฟัน หากปล่อยทิ้งไว้จะแตกร้าวตามรอยผ่านแกนกลางของลำไม้ ซึ่งมักปรากฏทั้งไม้แปรรูปและไม้ท่อน (พิจิตร, 2546)

2. ถิ่นกำเนิดและการกระจายพันธุ์

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เป็นพันธุ์ไม้ที่มีอยู่ทั่วไปในทวีปออสเตรเลียมากกว่าไม้ยูคาลิปตัสชนิดอื่น ๆ ขึ้นอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 15.5–38 องศาใต้ สามารถขึ้นได้ดีในสภาพพื้นที่ทั้งแห้งแล้งและแห้งแล้ง ตามริมลำธารและแม่น้ำทางภาคตะวันออกเฉียงใต้ของทวีปออสเตรเลีย (มณฑล, 2528)

3. การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย

การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทยเริ่มขึ้นเป็นครั้งแรกในปี พ.ศ. 2493 ที่สถานีวนกรรมคอดยสุเทพ จังหวัดเชียงใหม่ ชนิดที่ปลูกมีเพียงไม่กี่ชนิด เช่น ยูคาลิปตัส อัลบ้า (*E. alba*) ยูคาลิปตัส ซิทริโอโดรา (*E. citriodora*) ยูคาลิปตัส พานิคูลาต้า (*E. paniculata*) ยูคาลิปตัส ซาลิกนา (*E. saligna*) และ ยูคาลิปตัส แกรนด์ซิส (*E. grandis*) (ไพบูลย์, 2534)

ต่อมาในปี พ.ศ. 2507 กรมป่าไม้ได้จัดตั้งโครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อทำเยื่อและกระดาษ ร่วมกับองค์การอาหารและเกษตรแห่งสหประชาชาติ และได้รับเมล็ดยูคาลิปตัสจากรัฐควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลียมาจำนวน 15 ชนิด รวมทั้งยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ด้วย (เกษมสุข, 2533) แต่สามารถเพาะเตรียมกล้าไม้ปลูกได้เพียง 7 ชนิดเท่านั้นคือ ยูคาลิปตัส อัลบ้า ยูคาลิปตัส ชิริโอโดร่า ยูคาลิปตัส ซาลิกนา ยูคาลิปตัส พานิกิวลาต้า ยูคาลิปตัส แกรนดิส ยูคาลิปตัส ดีกลูปต้า (*E. deglupta*) และยูคาลิปตัส โรบัสต้า (*E. robusta*) โดยนำไปปลูกทดลองตามภาคต่าง ๆ คือ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยมุด จังหวัดสุราษฎร์ธานี สถานีทดลองปลูกพรรณไม้ห้วยทา จังหวัดศรีสะเกษ สถานีทดลองปลูกพรรณไม้บ่อหลวง-บ่อแก้ว จังหวัดเชียงใหม่ และสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ลำภา-ลำทราย จังหวัดกาญจนบุรี (ไพบูลย์, 2534)

ในปี พ.ศ. 2508 โครงการสำรวจวัตถุดิบเพื่อทำเยื่อกระดาษได้ส่งเมล็ดยูคาลิปตัสจากประเทศออสเตรเลียเพิ่มเติมอีก โดยทดลองปลูกแบบคัดเลือกชนิด และถิ่นกำเนิดในท้องที่จังหวัดเชียงใหม่ ศรีสะเกษ และกาญจนบุรี ปรากฏว่ายูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถรอดตายและเจริญเติบโตได้ดีที่สุด (มนตรี และคณะ, 2529) โดยเฉพาะที่จังหวัดเชียงใหม่ และจังหวัดสุราษฎร์ธานี (ดีพร้อม, 2527)

พ.ศ. 2516 โครงการปรับปรุงพันธุ์ไม้สนและไม้โตเร็ว โดยความร่วมมือของประเทศเดนมาร์ก ได้รวบรวมพันธุ์ไม้ยูคาลิปตัสชนิดต่างๆ ที่คาดว่าสามารถปลูกได้ในประเทศไทยประมาณ 50 ชนิด / ถิ่นกำเนิด ในการนี้ได้นำเข้าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส จาก 5 ถิ่นกำเนิดในประเทศออสเตรเลียมาทดสอบร่วมด้วย โดยนำไปปลูกทดลองที่จังหวัดเชียงใหม่ และชุมพร ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีอัตราการเจริญเติบโตและมีปริมาณการรอดตายสูงกว่าไม้ยูคาลิปตัสชนิดอื่น ๆ ต่อมาในปี พ.ศ. 2521 ศูนย์บำรุงพันธุ์ไม้สนและไม้โตเร็ว ได้ทำการปลูกคัดเลือกชนิดและถิ่นกำเนิดของไม้ยูคาลิปตัสซ้ำอีกจำนวน 27 ชนิด / ถิ่นกำเนิด โดยรวมไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ด้วย 1 ถิ่นกำเนิด ทำการทดลองใน 3 สภาพพื้นที่ คือ ที่ห้วยบง จังหวัดเชียงใหม่ สำหรับเป็นตัวแทนพื้นที่เขาคอนข้างสูง (800 เมตร) ที่แม่แตง จังหวัดเชียงใหม่ เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ราบสูงปานกลาง (300–500 เมตร) และที่ท่าตูม จังหวัดสุรินทร์ เพื่อเป็นตัวแทนพื้นที่ราบต่ำ (100–200 เมตร) และมีสภาพดินเลว ภูมิอากาศแห้งแล้ง ภายหลังปลูกได้ 6 ปี ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถเจริญเติบโตได้ดีที่สุดทั้ง 3 สภาพพื้นที่ โดยเฉพาะที่ท่าตูม จังหวัดสุรินทร์นั้น ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส สามารถรอดตายได้สูงถึง 75 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ยูคาลิปตัส ชิริโอโดร่า และยูคาลิปตัส แกรนดิส มีอัตราการรอดตายต่ำกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ เท่านั้น สำหรับการปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เพื่อการใช้สอยในครัวเรือนได้เริ่มขึ้นเมื่อปี พ.ศ. 2524 ภายได้โครงการปลูกป่าฟื้นฟูชุมชนสำหรับหมู่บ้าน เพื่อเป็นแหล่งผลิตไม้พื้นและถ่านสำหรับราษฎรในหมู่บ้านในอนาคต ดำเนินการโดยโครงการศึกษาและ

พัฒนาพลังงานทดแทน ตามความร่วมมือระหว่างรัฐบาลไทยและรัฐบาลสหรัฐอเมริกาโดยมีสำนักงานพลังงานแห่งชาติเป็นผู้ประสานโครงการ ในการดำเนินงานในท้องที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือรวม 7 จังหวัด คือ ในท้องที่จังหวัดศรีสะเกษ ยโสธร ร้อยเอ็ด มหาสารคาม ขอนแก่น สุรินทร์ และกาฬสินธุ์ โดยมีศูนย์ประสานงานภาคสนามอยู่ที่ศูนย์ปรับปรุงป่าสงวนแห่งชาติที่ 4 กิ่งอำเภอน้ำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ ปรากฏว่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ได้รับความนิยมอย่างกว้างขวางตั้งแต่ พ.ศ. 2524 เป็นต้นมา รวมทั้งการปลูกสร้างสวนป่าของกรมป่าไม้เพื่อปรับปรุงป่าสงวนแห่งชาติที่เสื่อมโทรมได้นำเอาไม้ชนิดนี้มาปลูกเพื่อเป็นไม้เบิกนำอย่างจริงจังเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2525 เช่นเดียวกัน (บริษัทสยามฟอเรสทรี, 2546)

พื้นที่การปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2540 มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,290,401 ไร่ สวนป่ายูคาลิปตัสส่วนใหญ่อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (760,780 ไร่) รองลงมาคือภาคกลาง (484,588 ไร่) ภาคเหนือ (44,294 ไร่) และภาคใต้ (739 ไร่) ตามลำดับ โดยจังหวัดที่มีการปลูกมากที่สุด ได้แก่ จังหวัดสุรินทร์ (224,000 ไร่) จังหวัดฉะเชิงเทรา (104,229 ไร่) และจังหวัดอุดรธานี (70,802 ไร่) ตามลำดับ (สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน, 2540)

4. การใช้ประโยชน์จากไม้ยูคาลิปตัส

ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายประการเหมือนกับพรรณไม้ชนิดอื่น ๆ และสามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ตามลักษณะต่าง ๆ ได้ดังต่อไปนี้

4.1 การใช้ประโยชน์ก่อสร้างทั่วไป ไม้ยูคาลิปตัสแม้ว่าจะมีข้อตำหนิ เนื้อไม้บิดงอ แต่ก็มีผู้นำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง ในประเทศออสเตรเลีย ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการก่อสร้างสำหรับเป็น โครงสร้างบ้านเรือน และเป็นไม้หมอนรถไฟได้เป็นอย่างดี ไม้ชนิดนี้มีความแข็งแรงทนทานปานกลาง ความหนาแน่นของเนื้อไม้ประมาณ 0.6 นอกจากนี้ยังนำมาใช้ภายในโดยทำเป็นเฟอร์นิเจอร์ โต๊ะนั่งเล่น เป็นต้น

4.2 การใช้ประโยชน์ด้านพลังงานเชื้อเพลิงในรูปฟืนและถ่าน ฟืนจากไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส ขนาด 5×4×3 เซนติเมตร จำนวน 500 กรัม เมื่อนำไปเผาไฟในเตาอั้งโล่ขนาดกลาง ให้ปริมาณความร้อน 4,600 แคลลอรี่ต่อกรัม สามารถทำให้น้ำในภาชนะ 3 ลิตรเดือดในเวลา 6.6 นาที ในขณะที่ฟืนลูกดินนาน 33 นาที และปริมาณเถ้าที่เหลืออยู่เพียง 0.15 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งนับว่าเป็นไม้ฟืนที่มีคุณภาพดีกว่า

ไม้พื้ของพรรณไม้หลายชนิด เช่น ไม้กระถินยักษ์ ไม้กระถินณรงค์ ไม้สนประดิพัทธ์ ไม้เหล่านี้นำให้น้ำเคือดได้ 7-7.3 นาที ในขณะที่พื้ลูกคีนาน 28-30 นาที และมีปริมาณเถ้าเหลืออยู่ 0.24-0.90 เปอร์เซนต์

4.3 การใช้ประโยชน์ในด้านน้ำมัน น้ำมันจากต้นยูคาลิปตัสสามารถใช้ประโยชน์ทั้งในด้านการแพทย์ การอุตสาหกรรมและน้ำมันหอมระเหย ในด้านการแพทย์น้ำมันยูคาลิปตัสสามารถใช้เป็นวัตถุดิบและเป็นส่วนผสมที่สำคัญในการผลิตยาอมแก้ไอ ยาคุมแก้หวัด ยาล้างปาก ยาสีฟัน น้ำมันทานูวนวดและสบู่ นอกจากนี้ยังใช้น้ำมันยาฆ่าเชื้อแบคทีเรีย น้ำมันยูคาลิปตัสสามารถใช้กำจัดรอยเปื้อนและใช้เป็นตัวทำละลายได้ดี ยูคาลิปตัสที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านนี้ ได้แก่ ยูคาลิปตัส ไคเวส (*E. dives*) ยูคาลิปตัส โกลบูลัส (*E. globulus*) ยูคาลิปตัส โครวินก้า (*E. crovinga*) และยูคาลิปตัส ยูมานีไอ (*E. eumanei*) ในด้านอุตสาหกรรม การใช้ประโยชน์ส่วนใหญ่นำไปใช้ในการผลิตเมนทอล ซึ่งนำไปใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาฆ่าเชื้อและเป็นตัวทำละลายอื่น ๆ ยูคาลิปตัสที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ในด้านนี้ได้แก่ ยูคาลิปตัส โพลีแบกเทีย (*E. polybactia*) ยูคาลิปตัส โกลบูลัส เป็นต้น ด้านน้ำหอม การใช้ประโยชน์ด้านนี้ส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันหอมระเหย เพราะยูคาลิปตัสเหล่านี้มีกลิ่นหอม โดยทั่วไปจะใช้ผสมลงไปในน้ำยาฆ่าเชื้ออื่นเพื่อปรับปรุงให้มีกลิ่นดีขึ้น ยูคาลิปตัสที่ใช้ประโยชน์ในด้านนี้ ได้แก่ ยูคาลิปตัส ชิริโอโคร่า

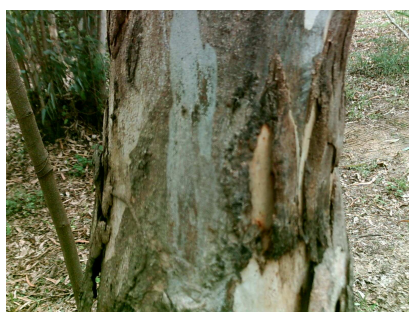
4.4 การใช้ประโยชน์ในการย้อมสี สารที่อยู่ในเปลือก ใบ ดอก หรือตาดอกของยูคาลิปตัสสามารถให้สีต่าง ๆ กันตั้งแต่สีแดง สีส้ม สีเหลือง เป็นต้น การที่ทำให้เกิดสีต่าง ๆ กันนี้นอกจากขึ้นอยู่กับชนิดของยูคาลิปตัสเองแล้วยังขึ้นอยู่กับสารเคมีที่ทำให้สีติดด้วย (ไพบูลย์, 2534)

4.5 การใช้ประโยชน์ในการทำขึ้นไม้สับ ไม้ยูคาลิปตัสเมื่อนำมาแปรรูปและสับทำขึ้นไม้สับสามารถนำไปผลิตทำขึ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด แผ่นปาร์ติเกิล และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ นอกจากนี้ได้มีโรงงานผลิตขึ้นไม้สับ เพื่อนำส่งไปจำหน่ายให้กับโรงงานเยื่อกระดาษทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น ประเทศเกาหลี ไต้หวัน และญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งมีความต้องการสูงมาก

4.6 การใช้ประโยชน์ในการทำเยื่อไม้ ไม้ยูคาลิปตัสสามารถแปรรูปทำเยื่อไม้ยูคาลิปตัส เยื่อไม้ให้สารพวกเซลลูโลส ซึ่งนำไปใช้ทำเส้นใยเรยอนและทำผ้าแทนเส้นใยฝ้าย และปุ๋ยหมักได้อีกด้วย



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 2 ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส

(ก) รูปร่างต้นยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส

(ข) ลำต้น

(ค) ผล

(ง) ใบ

4.7 การใช้ประโยชน์ในการทำกระดาษ จากการประเมินเชื้อไม้มัลลาลิส 1 ต้น ผลผลิตเชื้อกระดาษได้ประมาณ 1 ต้น เชื้อไม้มัลลาลิสมีคุณสมบัติเด่น คือ มีความฟูสูง และมีความทึบแสง ประกอบกับไฟเบอร์มีความแข็งแรง เหมาะสำหรับการใช้ทำกระดาษพิมพ์เขียวประเภทต่าง ๆ ได้ (นิรนาม, 2545)

5. องค์ประกอบสารเคมี

จากการศึกษาวิเคราะห์โดย Sarac and Tunc (1995b) ซึ่งได้ศึกษาน้ำมันหอมระเหยจากไม้มัลลาลิสที่ปลูกในประเทศตุรกี พบว่าในใบของไม้มัลลาลิส ที่ปลูกในประเทศตุรกี มีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 1 Pappas and Sheppard-Hanger (2001) ได้วิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากไม้มัลลาลิส คามาลดูเลนซิส ที่เก็บจากพื้นที่ซานเมืองแทมปา รัฐฟลอริดา ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยใช้เครื่อง GC-MS พบว่า มีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 1 ชัยรัตน์ (2544) ทำการสกัดน้ำมันไม้มัลลาลิส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม พบว่า น้ำมันไม้มัลลาลิสที่เก็บในฤดูฝนและฤดูแล้งมีองค์ประกอบดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

สารองค์ประกอบ	ปริมาณ (mg/ml)			ประเทศตุรกี ^{3/}
	รัฐฟลอริดา ^{1/}	อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ^{2/}		
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
α-pinene	13.60	5.95-13.47	40.80-91.96	3.26
p-cymene	349.90	131.38-188.88	ND ^{4/}	30.65
Limonene	NA ^{5/}	131.38-188.88	ND	25.93
1,8-cineole (eucalyptol)	27.10	ND	104.35-234.84	216.30
γ-terpinene	4.70	184.53-226.86	15.12-187.40	5.38
Borneol	NA	ND	3.01-4.95	NA
Menthol	NA	23.91-37.45	4.07-16.48	9.35
Pulegone	NA	2.27-6.73	1.35-6.89	1.69
Anethol	NA	2.02-3.00	ND	NA
β-caryophyllene	NA	0-2.75	3.82-19.79	1.60
β-pinene	1.00	0-7.67	0-37.32	1.06
Myrcene	8.70	2.69-4.06	0-8.04	3.05
terpinen-4-ol	57.20	1.52-2.34	7.27-22.24	13.35
Linalool	33.90	3.34-10.57	2.41-2.48	2.48
Carvacrol	4.70	2.62-12.19	ND	9.95
Camphene	NA	ND	0-2.32	NA
Eugenol	NA	NA	NA	2.22
Cryptone	137.00	NA	NA	NA

^{1/} Pappas and Sheppard-Hanger (2001)

^{2/} ชัยรัตน์ (2544)

^{3/} Sarac and Tunc (1995b)

^{4/} ND = not detected คือ ตรวจไม่พบ

^{5/} NA = not analysed คือ ไม่ได้วิเคราะห์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารองค์ประกอบ	ปริมาณ (mg/ml)			
	รัฐพลอริดา ^{1/}	อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ^{2/}		ประเทศตุรกี ^{3/}
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
<i>trans</i> -sabinene hydrate	3.50	NA ^{4/}	NA	NA
terpinolene, <i>cis</i> -linalool oxide	1.30	NA	NA	NA
α -o-dimethylstyrene	1.00	NA	NA	NA
<i>cis</i> -sabinene hydrate	4.30	NA	NA	NA
β -thujone	2.50	NA	NA	NA
<i>trans</i> - <i>p</i> -menth-2-en-1-ol	11.10	NA	NA	NA
<i>p</i> -cymen-8-ol	5.00	NA	NA	NA
Cuminaldehyde	36.50	NA	NA	NA
linalyl acetate	23.33	NA	NA	NA
α -terpinyl acetate	1.90	NA	NA	NA
geranyl acetate	1.60	NA	NA	NA
allo-aromadendrene	3.50	NA	NA	NA
(E)- β -farnesene	2.80	NA	NA	NA
Spathulenol	43.00	NA	NA	NA
caryophyllene oxide	4.30	NA	NA	NA
α -thujene	42.50	NA	NA	NA
β -phellandrene	59.40	NA	NA	NA
α -terpinene	2.00	NA	NA	NA

^{1/} Pappas and Sheppard-Hanger (2001)

^{2/} ชัยรัตน์ (2544)

^{3/} Sarac and Tunc (1995b)

^{4/} NA = not analysed คือ ไม่ได้วิเคราะห์

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สารองค์ประกอบ	ปริมาณ (mg/ml)			
	รัฐฟลอริดา ^{1/}	อ. กำแพงแสน จ. นครปฐม ^{2/}		ประเทศตุรกี ^{3/}
		ฤดูฝน	ฤดูแล้ง	
sabinene	14.30	NA ^{4/}	NA	NA
α -phellandrene	3.20	NA	NA	NA

^{1/} Pappas and Sheppard-Hanger (2001)

^{2/} ชัยรัตน์ (2544)

^{3/} Sarac and Tunc (1995b)

^{4/} NA = not analysed คือ ไม่ได้วิเคราะห์

6. การใช้น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืช

Klingauf *et al.* (1983) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส ที่อัตรา 20 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีประสิทธิภาพทำให้ผีเสื้อข้าวเปลือก (*Sitotroga cerealella* (Olivier)) ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 3 ชั่วโมง ที่อัตรา 31.4 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ทำให้ตัวเต็มวัยของด้วงถั่วแดง (*Acanthoscelides obtectus* Say) ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 3 ชั่วโมง Shaaya *et al.* (1991) ศึกษาสาร 1,8-cineole ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส พบว่า มีประสิทธิภาพทำให้ด้วงงวงข้าว (*Sitophilus oryzae* L.) ตาย 75 เปอร์เซ็นต์ Sarac and Tunc (1995b) รายงานว่า ความเป็นพิษของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส กับแมลงศัตรูในโรงเก็บ 3 ชนิดคือ มอดแป้ง (*Tribolium confusum* Du Val), ด้วงงวงข้าว และหนอนวัยสุดท้ายของหนอนผีเสื้อข้าวโพด (*Ephestia kuehniella* Zeller) พบว่า มีประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงทั้ง 3 ชนิด ที่อัตราความเข้มข้น 135 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ภายในเวลา 168 ชั่วโมง ตัวเต็มวัยของมอดแป้ง มีเปอร์เซ็นต์การตาย 86 เปอร์เซ็นต์ ตัวเต็มวัยของด้วงงวงข้าว และหนอนวัยสุดท้ายของหนอนผีเสื้อข้าวโพด มีเปอร์เซ็นต์การตาย 94 เปอร์เซ็นต์ Tunc and Sahinkaya (1998) พบว่า ไอระเหยของน้ำมันจากยี่ห่วย (cumin, *Cuminum cyminum* L.), anise (*Pimpinella anisum* L.), ออริกาโน (oregano, *Origanum syriacum* var. *bevanii* (Holmes)) และยูคาลิปตัส คามาลคูเลนซิส มีความเป็นพิษต่อเพลี้ยอ่อนฝ้าย (*Aphis gossypii*) และไรแมงมุมแดง (*Tetranychus cinnabarinus*)

Tunc *et al.* (2000) นำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากพืชหลายชนิด มาทดสอบกับไข่ของมอดแป้ง และไข่ของผีเสื้อข้าวโพด ที่เวลา 96 ชั่วโมง พบว่า ที่อัตราความเข้มข้น 196.9 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ น้ำมันหอมระเหยจากเมล็ดผักชี และเมล็ดยี่ห่วย มีผลทำให้การตายที่ระยะเวลา 96 ชั่วโมง เท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันหอมระเหยจากใบแห้งของออริกาโน มีผลทำให้ไข่ของมอดแป้งและไข่ของผีเสื้อข้าวโพดมีเปอร์เซ็นต์การตายที่ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 77 และ 89 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันหอมระเหยจากโรสแมรี่ (*Rosmarinus officinalis* L.) มีผลทำให้ไข่ของมอดแป้งและไข่ของผีเสื้อข้าวโพดมีเปอร์เซ็นต์การตายที่ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 65 และ 24 เปอร์เซ็นต์ น้ำมันหอมระเหยจากผลแห้งของยูคาลิปตัส คามาลูลูเลนซิส มีผลทำให้ไข่ของมอดแป้ง และไข่ของผีเสื้อข้าวโพดมีเปอร์เซ็นต์การตายที่ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 18 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ชัยรัตน์ (2544) ทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลูลูเลนซิส ต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง (*Tribolium castaneum* (Herbst)) ตัวงวงข้าวโพด (*S. zeamais* Motschulsky) และตัวงั่วเขียว (*Callosobruchus maculatus* (Fabricius)) พบว่า แสดงความเป็นพิษด้านการเป็นสารรบกวนต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ค่า LC_{50} ของน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนและฤดูแล้งต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้งเท่ากับ 2.28 และ 8.69 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ต่อตัวงั่วเขียวเท่ากับ 5.95 และ 10.93 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ และต่อตัวงวงข้าวโพดเท่ากับ 14.83 และ 16.01 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ที่เวลา 24 ชั่วโมง ตามลำดับ น้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนและฤดูแล้งที่ความเข้มข้น 2.67 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ให้เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงต่อมอดแป้งเท่ากับ 88.20 ± 5.80 และ 96.40 ± 3.20 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้น 6.67 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ให้เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงต่อตัวงวงข้าวโพดเท่ากับ 91.20 ± 5.40 และ 96.00 ± 4.50 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้น 5.33 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ให้เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงต่อมอดแป้งเท่ากับ 68.20 ± 3.40 และ 75.00 ± 5.40 เปอร์เซ็นต์ และพบว่าน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนและฤดูแล้ง แสดงการยับยั้งการกินอาหารต่อตัวงวงข้าวโพดมากกว่ามอดแป้ง จากผลการทดลองในห้องปฏิบัติการของกนก (2545) พบว่า สารสกัดยูคาลิปตัสความเข้มข้น 100 ppm ทำให้เพลี้ยอ่อนผักกาดรื้อยละ 83 ตายภายใน 24 ชั่วโมง

Mani *et al.* (1993) รายงานว่า ไอระเหยของยูคาลิปตัส (*E. rostrata*) ทำให้ผีเสื้อ *Corcyra cephalonica* (Stainton) วางไข่ลดลง Logiswaran and Shanthi (1996) ศึกษาผลของสารสกัดจากใบพืชหลายชนิดในการป้องกันข้าวเปลือกจากการทำลายของผีเสื้อข้าวเปลือก พบว่า ใบยูคาลิปตัส (*E. teriticornis*) ที่สกัดด้วยน้ำ อัตราความเข้มข้น 3 เปอร์เซ็นต์ มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อทำการฉีดพ่นก่อนเก็บเกี่ยว 20 และ 10 วัน Pal *et al.* (1996) รายงานว่า ยูคาลิปตัสที่สกัดด้วยแอลกอฮอล์ มีผลต่อการเจริญของตัวอ่อนตัวงั่ว khapra beetle (*Trogopogon granarium*) Krishna *et al.* (1996) ศึกษาความเป็นพิษของสารสกัดจากใบยูคาลิปตัส โกลบูลัส ที่สกัดด้วยอะซีโตน ต่อตัวงั่ว meloid beetle (*Mylabris pistulata*)

พบว่า ค่า LC_{50} ลดลงเมื่อน้ำหนักด้วงเพิ่มขึ้น Sharma *et al.* (2000) รายงานว่า สารสกัดจากยูคาลิปตัสสามารถลดอัตราการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักได้ Lamiri *et al.* (2001) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส โกลบูลัส อัตราความเข้มข้น 10 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีผลทำให้ตัวเต็มวัยของแมลงวัน hessian fly (*Mayetiola destructor* (Say)) มีเปอร์เซ็นต์การตายที่ระยะเวลา 2 ชั่วโมงเท่ากับ 63.33 เปอร์เซ็นต์ และที่ความเข้มข้น 10 และ 20 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีผลทำให้ไข่ของแมลงวัน hessian fly มีเปอร์เซ็นต์การตายที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 56.67 และ 80 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ Choi *et al.* (2003) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ชีทรีโอโดรา และยูคาลิปตัส โกลบูลัส มีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมที่มีพิษต่อแมลงหวี่ขาว (*Trialeurodes vaporariorum*) Tapondjou *et al.* (2005) ทดลองนำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดจากยูคาลิปตัส ชาลิคนา, สน cypress (*Cupressus sempervirens* L.) และสาร cymol (*p*-cymene) (องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิด) มาทดสอบความเป็นพิษโดยการสัมผัสต่อด้วงงวงข้าวโพด และมอดแป้ง พบว่า น้ำมันยูคาลิปตัสมีความเป็นพิษต่อด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งมากกว่าน้ำมันจากสน cypress และน้ำมันหอมระเหยทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติในการไล่ด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้งได้ดีกว่าสาร cymol

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเลี้ยงหนอนกระทู้ผักเพื่อใช้ในการทดลอง

ทำการเลี้ยงหนอนกระทู้ผัก (*S. litura*) ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ใบคะน้าเป็นอาหาร จนเข้าระยะดักแด้ เมื่อเป็นตัวเต็มวัยจึงปล่อยให้ผสมพันธุ์ และใช้น้ำหวานความเข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ เป็นอาหารสำหรับตัวเต็มวัย หนอนที่ใช้สำหรับการทดลอง คือ หนอนวัยที่ 2-3

2. การเก็บใบยูคาลิปตัสเพื่อไปสกัดน้ำมันหอมระเหย

เก็บใบยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส ที่ปลูกภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม โดยเก็บในเวลาเช้า เลือกเก็บใบที่ค่อนข้างแก่มีสีเขียวเข้ม เก็บใบยูคาลิปตัส 2 ถาด คือ ถาดเลี้ยงเก็บในเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 เดือนมกราคม และมีนาคม พ.ศ. 2547 และถาดฝนเก็บในเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน พ.ศ. 2547

3. การสกัดน้ำมันหอมระเหย

สกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ (steam distillation) โดยใช้เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ (ภาพที่ 3) ใส่น้ำลงในหม้อกลั่นน้ำมันหอมระเหยประมาณ 7 ลิตร นำใบยูคาลิปตัส น้ำหนัก 12 กิโลกรัม ใส่ลงในเครื่องกลั่นความดันไอน้ำ ปิดฝาหม้อกลั่นให้สนิทไม่ให้มีไอน้ำออกมา จุดไฟที่เตาแก๊สและเปิดน้ำเข้าหม้อทำความเย็น เมื่อน้ำในหม้อกลั่นเดือด น้ำมันหอมระเหยในใบยูคาลิปตัสจะถูกสกัดออกมาในรูปไอของน้ำมัน โดยไอน้ำมันจะเคลื่อนที่เข้าไปในสายยางที่ต่อไปยังหม้อทำความเย็น เมื่อไอของน้ำมันได้รับความเย็นจะควบแน่นกลายเป็นหยดน้ำมันไหลลงสู่ขวดแก้วที่นำมารองไว้ น้ำมันหอมระเหยของใบยูคาลิปตัสที่สกัดได้จะอยู่บริเวณส่วนบนของขวด ใช้ dropper ดูดเฉพาะน้ำมันออกมา นำน้ำมันหอมระเหยที่ได้ไปเก็บไว้ในขวดสีชา เพื่อเก็บไว้ใช้ในการทดลองต่อไป ในการสกัดน้ำมันยูคาลิปตัสแต่ละครั้งใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง

4. การตรวจหาองค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

นำน้ำมันหอมระเหยที่สกัดได้มาตรวจวิเคราะห์หาองค์ประกอบ โดยใช้เทคนิคทาง Gas chromatography (GC) ในการตรวจหาองค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบมีวิธีการดังนี้

4.1 การวิเคราะห์น้ำมันหอมระเหยโดยใช้เครื่อง GC

ใช้เครื่อง Gas chromatograph (GC) ที่มีเครื่องตรวจวัดชนิด Flame Ionization Detector (FID) (Shimadzu รุ่น GC-9A) ใช้คอลัมน์ widebore DB-5 $1.5\ \mu\text{m}$ ($30\ \text{m} \times 0.541\ \text{mm}$) และใช้แก๊สไนโตรเจน (N_2) เป็น carrier gas อุณหภูมิในการวิเคราะห์เท่ากับ 50–280 องศาเซลเซียส กำหนดให้เริ่มวิเคราะห์ที่อุณหภูมิเท่ากับ 50 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที ใช้เวลานาน 7 นาที จะได้ 120 องศาเซลเซียส จากนั้นอุณหภูมิเพิ่มขึ้นในอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึงอุณหภูมิเท่ากับ 280 องศาเซลเซียส ใช้เวลานาน 53 นาที 20 วินาที อุณหภูมิขณะทำการฉีดสารเท่ากับ 280 องศาเซลเซียส เวลาทำการวิเคราะห์ทั้งหมด 1 ชั่วโมง 20 วินาที (ภาพที่ 4)

4.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐาน

เตรียมสารมาตรฐานทุกชนิดให้มีความเข้มข้นเท่ากับ 0.1 กรัมต่อมิลลิลิตร ในปริมาตร 10 มิลลิลิตร

$$\text{สูตร } D = M/V$$

D = ความหนาแน่นของสาร (ตัวอย่าง สาร γ -terpinene มีความหนาแน่นเท่ากับ 0.848 กรัมต่อมิลลิลิตร)

$$M = \text{น้ำหนักของสาร (เท่ากับ 1 กรัม)}$$

$$V = \text{ปริมาณของสารที่ต้องใช้}$$

$$\text{เพราะฉะนั้น } V = M/D$$

$$= 1/0.848 = 1.179 \text{ มิลลิลิตร หรือ } 1179 \text{ ไมโครลิตร}$$

ดังนั้น ปิเปตสารมาตรฐานมา 1179 ไมโครลิตร ผสมกับเมทานอลให้ได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เขย่าสารละลายให้เข้ากัน ได้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 0.1 กรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 10 มิลลิลิตร

4.3 การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

วิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยโดยเปรียบเทียบกับค่า retention time ของสารละลายมาตรฐาน 5 ชนิด ได้แก่ γ -terpinene, α -pinene, limonene, *p*-cymene และ eucalyptol

(1,8-cineole) และหาปริมาณองค์ประกอบของสารแต่ละชนิดโดยใช้วิธี Corrected area normalization method เปรียบเทียบโครมาโตแกรมของตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยกับโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน

ค่า retention time (RT) คือค่าระยะเวลาที่ปรากฏสัญญาณของสาร นับจากเวลาที่เริ่มต้นวิเคราะห์สาร

4.4 การวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย

ใช้สารละลายมาตรฐานความเข้มข้น 100 ppm (0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร) และ 200 ppm (0.2 มิลลิกรัมต่อมิลลิตร) ปริมาณ 1 ไมโครลิตร ฉีดเข้าเครื่อง GC คิดเป็นน้ำหนักสารเท่ากับ 0.1 และ 0.2 ไมโครกรัม นำความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐาน (X) ไปหาค่าความสัมพันธ์กับพื้นที่ใต้สัญญาณของสารละลายมาตรฐานที่ปรากฏ (Y) (ภาพผนวกที่ 1) ค่าความชัน (b) ที่ได้ คือพื้นที่ใต้สัญญาณของสาร เมื่อสารละลายมาตรฐานหนัก 1 ไมโครกรัม หาปริมาณองค์ประกอบของสารแต่ละชนิดในน้ำมันหอมระเหยโดยใช้วิธี Corrected area normalization method เปรียบเทียบพื้นที่ใต้สัญญาณของสารละลายมาตรฐานกับพื้นที่ใต้สัญญาณของน้ำมันหอมระเหย

ตัวอย่าง

สาร γ -terpinene 1 ไมโครกรัม มีพื้นที่ใต้สัญญาณเท่ากับ 133770

น้ำมันหอมระเหย 1 ไมโครลิตร มีพื้นที่ใต้สัญญาณเท่ากับ 17241 (ค่าตามการอ่านผลของเครื่องบันทึกข้อมูล)

เพราะฉะนั้น น้ำมันหอมระเหย 1 ไมโครลิตร มีสาร γ -terpinene = $17241/133770$
= 0.1289 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร

ความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยที่ฉีดเข้าเครื่อง GC เท่ากับ 2 ไมโครลิตรต่อมิลลิตร คิดเป็น 500 เท่า

ดังนั้น น้ำมันหอมระเหย 1 ไมโครลิตร มีสาร γ -terpinene = 0.1289×500
= 64.45 ไมโครกรัมต่อไมโครลิตร (หรือมิลลิกรัมต่อมิลลิตร)

5. การเลือกใช้ตัวอย่างน้ำมันหอมระเหยในการทดลอง

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารฆ่าแมลง ทดสอบโดยใช้น้ำมันหอมระเหยจากเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 เดือนมกราคม และมีนาคม พ.ศ. 2547 เป็นตัวแทนน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูแล้ง และน้ำมันหอมระเหยจากเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน พ.ศ. 2547 เป็นตัวแทนน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝน จากนั้นนำน้ำมันหอมระเหยจากเดือนที่ให้ค่า LC_{50} อยู่ตรงกลางของทั้ง 2 ฤดูกาลมาเป็นตัวแทนน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในแต่ละฤดูกาล มาทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารรวม สารไล่แมลง และสารยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักต่อไป

6. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารฆ่าแมลง (Insecticidal test)

ทำการทดสอบเบื้องต้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลกำหนดช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบคุณสมบัติการเป็นสารฆ่าแมลง โดยต้องการหาช่วงความเข้มข้นที่ทำให้มีการตายของหนอนกระทู้ผักอยู่ในช่วง 10-75 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการทดสอบเบื้องต้นได้ช่วงความเข้มข้นสำหรับน้ำมันหอมระเหยจากฤดูแล้งคือ 4-10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และช่วงความเข้มข้นสำหรับน้ำมันหอมระเหยจากฤดูฝนคือ 6-12 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ดังตารางผนวกที่ 1-6

ทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส กับหนอนกระทู้ผักวัยที่ 2-3 วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) โดยใช้สารละลายน้ำมันยูคาลิปตัส 4 ความเข้มข้น และทดสอบความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ โดยมีวิธีการดังนี้

6.1 นำน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งผสมกับเอทานอลที่ความเข้มข้น 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนผสมกับเอทานอลที่ความเข้มข้น 6, 8, 10 และ 12 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ใช้เอทานอลเป็นส่วนควบคุม (control)

6.2 ทำการทดสอบโดยใช้วิธี Leaf dipping method นำใบคะน้าจุ่มสารละลายน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ นาน 30 วินาที ปล่อยให้แห้งในที่ร่ม (ภาพที่ 5 ก)

6.3 รอจนกระทั่งเอทานอลระเหยหมดแล้ว นำใบคะน้าใส่ลงในจานเลี้ยงเชื้อ 1 ใบเพื่อให้เป็นอาหารของหนอน ปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อ ทิ้งไว้ที่สภาพอุณหภูมิห้อง (ภาพที่ 5 ข)

6.4 จดบันทึกปริมาณหนอนที่ตายหลังการทดสอบที่ 24 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหา ค่า Lethal Concentration 50 (LC_{50}) โดยวิธี Probit analysis

ค่า LC_{50} หมายถึง ความเข้มข้นของสารพิษหรือสารฆ่าแมลงที่แมลงหรือสัตว์ทดลอง ได้รับ ซึ่งมีผลทำให้แมลงหรือสัตว์ทดลองตาย 50 เปอร์เซ็นต์ มีหน่วยเป็น ppm, ppb หรือหน่วยของความเข้มข้นอื่น ๆ

7. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปแบบสารรม (Fumigant test)

ทำการทดสอบเบื้องต้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลกำหนดช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมสำหรับการทดสอบคุณสมบัติการเป็นสารรม โดยต้องการหาช่วงความเข้มข้นที่ทำให้มีการตายของหนอน กระจุกอยู่ในช่วง 10-75 เปอร์เซ็นต์ ผลจากการทดสอบเบื้องต้นได้ช่วงความเข้มข้นสำหรับน้ำมันหอมระเหยจากฤดูแล้งคือ 4-10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และช่วงความเข้มข้นสำหรับน้ำมันหอมระเหยจากฤดูฝนคือ 6-12 เปอร์เซ็นต์ (v/v)

วิธีการทดสอบ ดัดแปลงจากวิธีของ Choi *et al.* (2003) ทำการทดสอบโดยใช้กระดาดกรอง และหลีกเลี่ยงการสัมผัสกับแมลงโดยตรง วางแผนการทดลองแบบ CRD โดยใช้สารละลาย น้ำมันยูคาลิปตัส 4 ความเข้มข้น และความเข้มข้นละ 3 ชั่วโมง (ภาพที่ 6) โดยมีวิธีการทดสอบดังนี้

7.1 เลือกตัวอย่างน้ำมันยูคาลิปตัสจากการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันยูคาลิปตัสในรูปแบบสารฆ่าแมลง ที่มีค่า LC_{50} อยู่ตรงกลาง โดยใช้น้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 เป็นตัวแทนของน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้ง และเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 เป็นตัวแทนของน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน

7.2 นำน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งผสมกับเอทานอลความเข้มข้น 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนผสมกับเอทานอลที่ความเข้มข้น 6, 8, 10 และ 12 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ใช้เอทานอลเป็นส่วนควบคุม

7.3 วางกระดาดกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ไว้บนก้นถ้วยพลาสติก (เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร สูง 6.5 เซนติเมตร) นำน้ำมันยูคาลิปตัสที่ผสมกับเอทานอล ในแต่ละความเข้มข้น ปริมาณ 1 มิลลิลิตร หยดลงบนกระดาดกรอง รอจนกระทั่งเอทานอลระเหยหมด

7.4 วางกระดาษอเนกประสงค์ไว้บนตะแกรงลวดเหนือกระดาษกรอง 4 เซนติเมตร เพื่อป้องกันการสัมผัสกับหนอนกระพี้ที่ทำการทดสอบ

7.5 วางใบค่น้ำไว้บนกระดาษอเนกประสงค์ สำหรับเป็นอาหารของหนอน

7.6 ปล่อยหนอนกระพี้ 2-3 ลงไปบนใบค่น้ำ 10 ตัวต่อซ้ำ ปิดฝาด้วยพลาสติก

7.7 จัดบันทึกปริมาณหนอนที่ตายหลังการทดสอบที่ 24 ชั่วโมง นำข้อมูลที่ได้ไปคำนวณหา ค่า LC_{50} โดยวิธี Probit analysis

8. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารไล่แมลง (Repellent test)

ทำการทดสอบเบื้องต้นก่อน เพื่อใช้เป็นข้อมูลกำหนดช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อหนอนกระพี้ ในการทดสอบคุณสมบัติในรูปสารไล่แมลง เนื่องจากการทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารไล่แมลง ซึ่งไม่ต้องการให้มีการตายของหนอนกระพี้เกิดขึ้นจึงกำหนดให้ช่วงความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ เริ่มจากระดับความเข้มข้นที่สามารถไล่หนอนกระพี้ได้ ถึงระดับความเข้มข้นสูงสุดที่ไม่ทำให้หนอนกระพี้เริ่มตาย จะได้ช่วงความเข้มข้นสำหรับน้ำมันหอมระเหยจากฤดูแล้งคือ 0.5-3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และช่วงความเข้มข้นสำหรับน้ำมันหอมระเหยจากฤดูฝนคือ 1-4 เปอร์เซ็นต์ (v/v)

วิธีในการทดสอบ นำมาจากวิธีของ McDonald *et al.* (1970) และดัดแปลงบางส่วนโดย Talukder and Howse (1995) ทำการทดสอบโดยวางแผนการทดลองแบบ CRD ในการทดสอบคุณสมบัติในรูปสารไล่แมลง (ภาพที่ 7) และมีวิธีการทดสอบดังนี้

8.1 ทำการทดสอบโดยใช้สารละลายน้ำมันยูคาลิปตัส 4 ความเข้มข้น และทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ โดยใช้ น้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งความเข้มข้น 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และน้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนที่ความเข้มข้น 1, 2, 3 และ 4 เปอร์เซ็นต์ (v/v)

8.2 ตัดกระดาษกรองขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร ออกเป็น 2 ส่วนเท่า ๆ กัน

8.3 นำน้ำมันยูคาลิปตัสที่ผสมกับเอทานอลในแต่ละความเข้มข้นปริมาณ 400 ไมโครลิตร หยดลงบนกระดาษกรองส่วนแรก สำหรับกระดาษกรองส่วนที่สองหยดด้วยเอทานอล เพื่อใช้เป็นส่วนควบคุม

8.4 เมื่อเอเทธานอลระเหยหมดแล้ว ดิดกระดาษกรองทั้งสองส่วนกับจานเลี้ยงเชื้อ เส้นผ่าศูนย์กลาง 9 เซนติเมตร

8.5 ปล่อยหนอนกระตู้ฝักวัย 2-3 ลงไป 10 ตัวต่อซ้ำ โดยปล่อยลงตรงกลางของกระดาษกรอง ปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อ

8.6 จัดบันทึกจำนวนหนอนในแต่ละส่วนของกระดาษกรอง หลังจากปล่อยหนอนลงไป 15 นาที, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง

8.7 ข้อมูลที่ได้นำไปคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การไล่แมลง (Percentage repellency; PR) โดยใช้สูตร Talukder and Howse (1995)

$$PR = 2 (C-50)$$

เมื่อ C คือ เปอร์เซ็นต์ของหนอนกระตู้ฝักที่อยู่บนกระดาษกรองส่วนที่สอง (หยดด้วยเอเทธานอล) โดยถ้าค่าเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเป็นบวก แสดงว่าเป็นสารไล่ (repellency) และค่าเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเป็นลบ แสดงว่าเป็นสารดึงดูด (attractancy)

8.8 วิเคราะห์ความแปรปรวนของเปอร์เซ็นต์การไล่แมลง โดยวิธี ANOVA และเมื่อพบความแตกต่างทางสถิติทำการแยกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test

9. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารยับยั้งการกินอาหารของแมลง (Antifeedant test)

ทำการทดสอบเบื้องต้นเพื่อใช้เป็นข้อมูลกำหนดช่วงความเข้มข้นที่เหมาะสมต่อการทดสอบคุณสมบัติการเป็นสารยับยั้งการกินอาหารของแมลง เนื่องจากการทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งการกินอาหาร จึงไม่ต้องการให้มีการตายของหนอนกระตู้ฝักที่ระยะเวลา 3 วันหลังการทดสอบ โดยกำหนดให้ช่วงความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบ เป็นช่วงความเข้มข้นที่ไม่ทำให้หนอนกระตู้ฝักตายหลังการทดสอบ 3 วัน ผลจากการทดสอบเบื้องต้นได้ช่วงความเข้มข้นสำหรับน้ำมันหอมระเหยจากฤดูแล้งและฤดูฝนคือ 0.5-3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v)

วิธีในการทดสอบ ดัดแปลงมาจากวิธีของ Morimoto *et al.* (1999) และทำการดัดแปลงบางส่วนโดย เกรียงไกร และคณะ (2540) วางแผนการทดลองแบบ CRD ในการทดสอบคุณสมบัติในรูปสารยับยั้งการกินอาหารของแมลง (ภาพที่ 8) และมีวิธีการทดสอบดังนี้

9.1 ทำการทดสอบโดยใช้สารละลายน้ำมันยูคาลิปตัส 4 ความเข้มข้น และทำความเข้มข้นละ 3 ซ้ำ โดยใช้ น้ำมันยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน อัตราความเข้มข้น 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ใช้เอทานอลเป็นส่วนควบคุม

9.2 ตัดใบค่น้ำเป็นรูปสี่เหลี่ยมขนาด 4×5 เซนติเมตร และชั่งน้ำหนักห่อนเริ่มต้น

9.3 จุ่มใบค่น้ำลงในสารละลายน้ำมันยูคาลิปตัสที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เมื่อเอทานอลระเหยหมดแล้ว นำใบค่น้ำใส่ลงในจานเลี้ยงเชื้อ 1 ใบ ปลอ่ยห่อนกระทุ้งที่ผ่านการอดอาหารนาน 12 ชั่วโมง 10 ตัวต่อซ้ำ ปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อ ทิ้งไว้ที่สภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

9.4 เมื่อครบ 3 วัน วัดพื้นที่ใบค่น้ำที่เหลืออยู่ด้วยเครื่องวัดพื้นที่ใบ (Leaf area meter รุ่น LI-COR) บันทึกปริมาณของพื้นที่ใบค่น้ำที่ถูกห่อนกิน และน้ำหนักห่อนที่เปลี่ยนแปลง คำนวณค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหาร (Antifeedant index; AFI) โดยใช้สูตร Escoubas *et al.* (1992)

$$AFI = \frac{\% \text{ of treated disc consumed}}{(\% \text{ of treated disc consumed} + \% \text{ of control disc consumed})} \times 100$$

ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารน้อยกว่า 30 แสดงว่า สามารถยับยั้งประสิทธิภาพการกินอาหารของแมลง (antifeedant activity) เมื่อปริมาณของใบพืชที่ถูกกินในชุดทดสอบและชุดควบคุม ถูกกำหนดให้มีค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารเท่ากับ 50

วิเคราะห์ความแปรปรวนของค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหาร โดยวิธี ANOVA และเมื่อพบความแตกต่างทางสถิติทำการแยกความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's new multiple range test



(ก)



(ข)



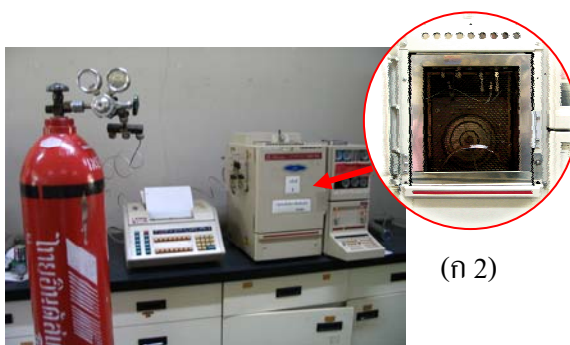
(ค)

ภาพที่ 3 การสกัดน้ำมันหอมระเหยโดยวิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ

(ก) เครื่องกลั่นน้ำมันหอมระเหยด้วยไอน้ำ

(ข) น้ำมันยูคาลิปตัสที่สกัดได้จะอยู่ส่วนบนของขวด

(ค) เก็บน้ำมันยูคาลิปตัสไว้ในขวดสีชา



(ก 2)

(ก 1)



(ข)

ภาพที่ 4 การตรวจหาปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส

(ก 1) เครื่อง Gas chromatograph (GC)

(ก 2) คอลัมน์ที่ใช้วิเคราะห์

(ข) การฉีดสารตัวอย่างเข้าเครื่อง GC



(ก)



(ข)

ภาพที่ 5 การทดสอบประสิทธิภาพในการฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส

(ก) การทดสอบโดยใช้วิธี Leaf dipping method

(ข) ปล่อยหนอนกระทู้ผักจำนวน 10 ตัวต่อช้ำลงบนใบคะน้า



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 6 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส

(ก) วางกระดาษกรองไว้บนก้นถ้วยพลาสติก

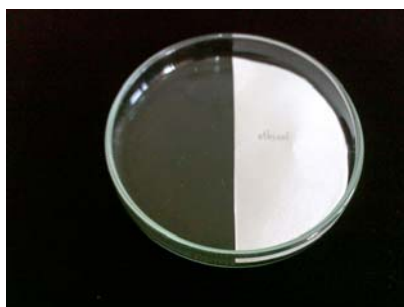
(ข) หยดน้ำมันยูคาลิปตัสที่ผสมกับเอทานอลลงบนกระดาษกรอง

(ค) วางตะแกรงลวดเหนือกระดาษกรอง

(ง) วางใบค่น้ำไว้บนกระดาษเอนกประสงค์

(จ) ปิดฝาถ้วยพลาสติก

(ฉ) จัดบันทึกปริมาณหนอนที่ตายหลังการทดสอบ 24 ชั่วโมง



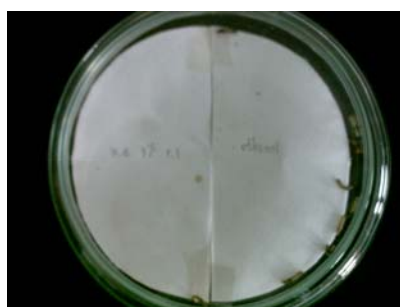
(ก)



(ข)



(ค)



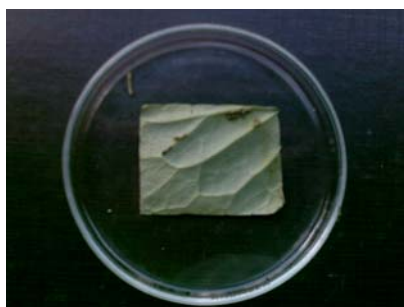
(ง)



(จ)

ภาพที่ 7 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารได้แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส

- (ก) ตัดกระดาษกรองออกเป็น 2 ส่วน
- (ข) นำน้ำมันยูคาลิปตัสที่ผสมกับเอทานอลหยดลงบนกระดาษกรองส่วนแรก
สำหรับกระดาษกรองส่วนที่สองหยดด้วยเอทานอล
- (ค) ป้อนหนอนกระทู้ผักลงตรงกลางของกระดาษกรอง
- (ง) ปิดฝาจานเลี้ยงเชื้อ
- (จ) บันทึกจำนวนหนอนกระทู้ผักในแต่ละส่วนของกระดาษกรอง



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 8 การทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส

(ก) ปั่นหั่นหนอนกระทุ้งผักลงบนใบค่น้ำที่จุ่มสารละลายน้ำมันยูคาลิปตัส

(ข) ทิ้งไว้ที่สภาพอุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน

(ค) เครื่องวัดพื้นที่ใบ (Leaf area meter)

(ง) วัดพื้นที่ใบค่น้ำที่เหลือหลังการทดสอบ 3 วัน

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

1. สถานที่

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

ศูนย์วิจัยและพัฒนากีฏวิทยาอุตสาหกรรม สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง ม.ก. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

งานวิจัยสถานะแวดล้อม ฝ่ายปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่ง ม.ก.
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

2. ระยะเวลาทำการวิจัย

เริ่มการทดลองตั้งแต่เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 สิ้นสุดเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2548

ผลการทดลอง

1. องค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส

น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่ได้จากการสกัดโดยใช้วิธีการกลั่นด้วยไอน้ำ พบว่า ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการสกัดใบยูคาลิปตัส ที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนแต่ละครั้งเฉลี่ยเท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

การตรวจหาองค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส โดยใช้เทคนิคทาง Gas chromatography (GC) วิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยโดยเปรียบเทียบโครมาโตแกรมของตัวอย่างน้ำมันหอมระเหย กับโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐาน 5 ชนิด (ภาพที่ 9-15) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน มีองค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 16

น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บในฤดูแล้ง พบว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสจากเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 ที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร γ -terpinene มีปริมาณเท่ากับ 64.45 mg/ml รองลงมาคือ สาร limonene, *p*-cymene และ α -pinene ตามลำดับ

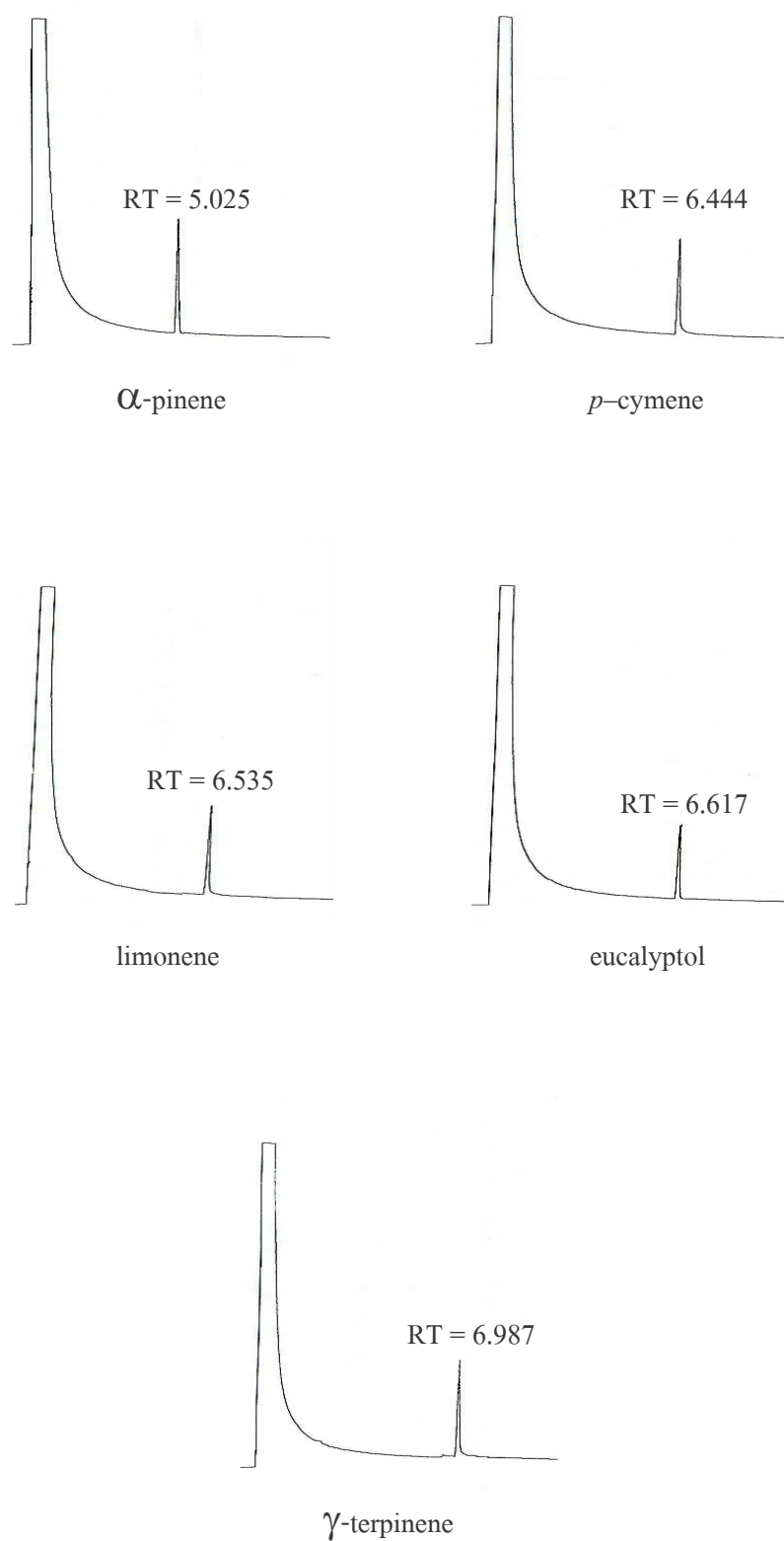
องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสจากเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร γ -terpinene มีปริมาณเท่ากับ 46.68 mg/ml รองลงมาคือ สาร eucalyptol, *p*-cymene, α -pinene และ limonene ตามลำดับ

องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสจากเดือนมีนาคม พ.ศ. 2547 ที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร γ -terpinene มีปริมาณเท่ากับ 47.31 mg/ml รองลงมาคือ สาร *p*-cymene และ α -pinene ตามลำดับ

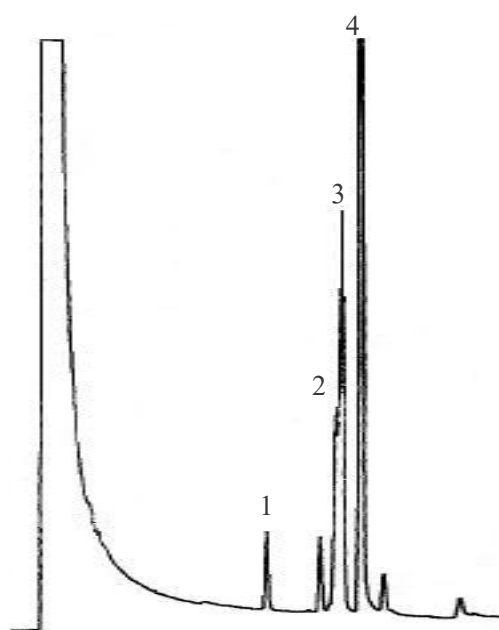
น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บในฤดูฝน พบว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสจากเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 ที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร *p*-cymene มีปริมาณเท่ากับ 49.15 mg/ml รองลงมาคือ สาร γ -terpinene และ α -pinene ตามลำดับ

องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสจากเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2547 ที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร *p*-cymene มีปริมาณเท่ากับ 36.25 mg/ml รองลงมาคือ สาร γ -terpinene, eucalyptol และ α -pinene ตามลำดับ

องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสจากเดือนกันยายน พ.ศ. 2547 ที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร *p*-cymene มีปริมาณเท่ากับ 50.80 mg/ml รองลงมาคือ สาร γ -terpinene, eucalyptol และ α -pinene ตามลำดับ



ภาพที่ 9 โครมาโตแกรมและค่า retention time ของสารละลายมาตรฐาน 5 ชนิด



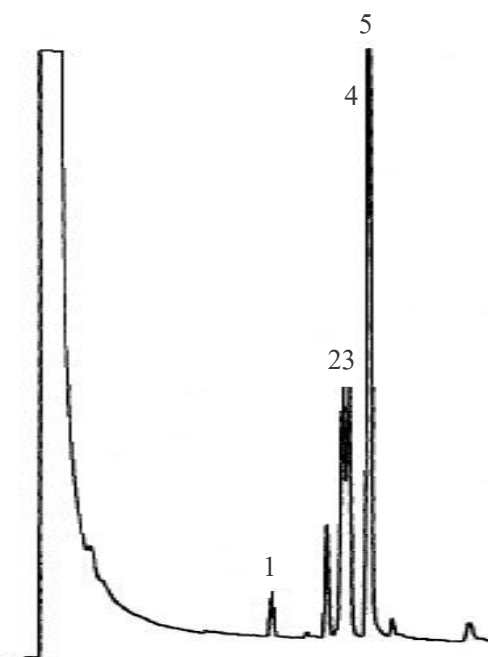
1 = α -pinene

2 = *p*-cymene

3 = limonene

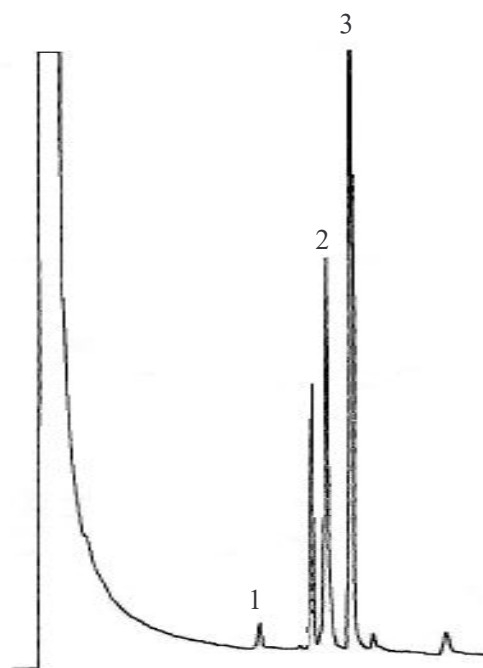
4 = γ -terpinene

ภาพที่ 10 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน
พ.ศ. 2546



1 = α -pinene 2 = *p*-cymene 3 = limonene 4 = eucalyptol 5 = γ -terpinene

ภาพที่ 11 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนมกราคม
พ.ศ. 2547

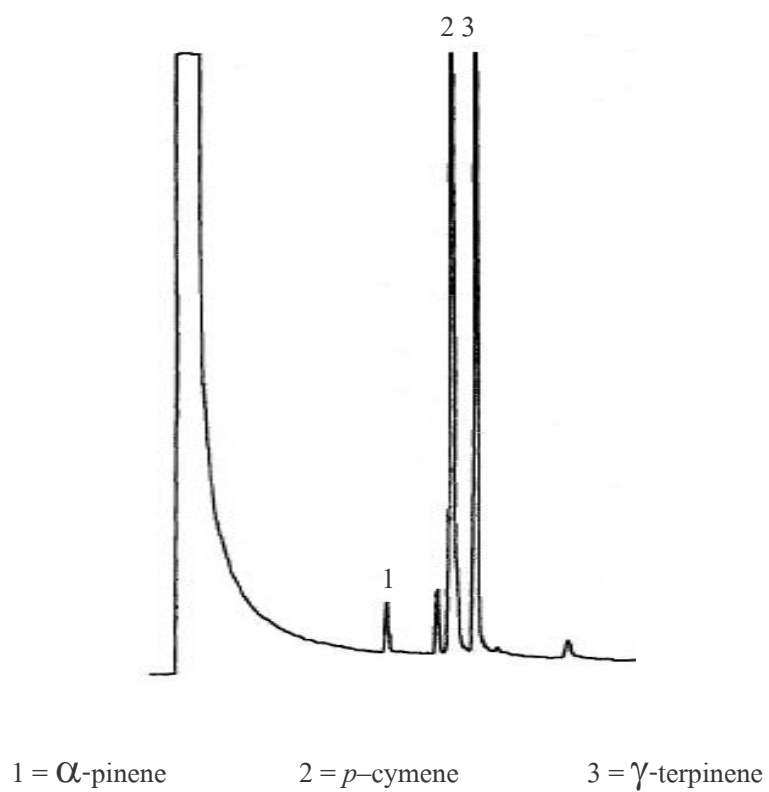


1 = α -pinene

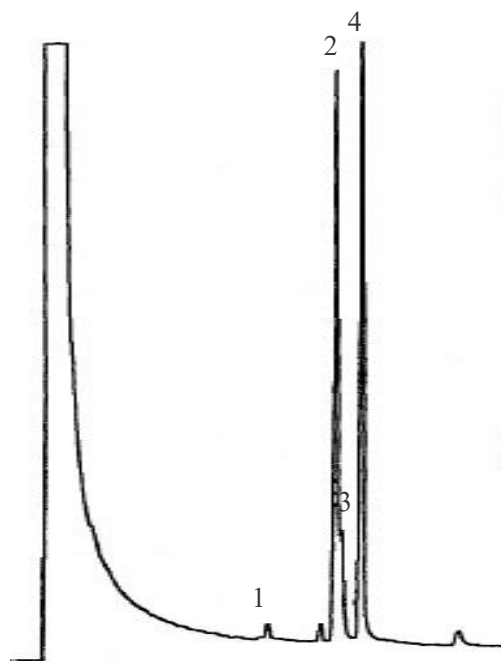
2 = *p*-cymene

3 = γ -terpinene

ภาพที่ 12 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนมีนาคม
พ.ศ. 2547



ภาพที่ 13 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนพฤษภาคม
พ.ศ. 2547



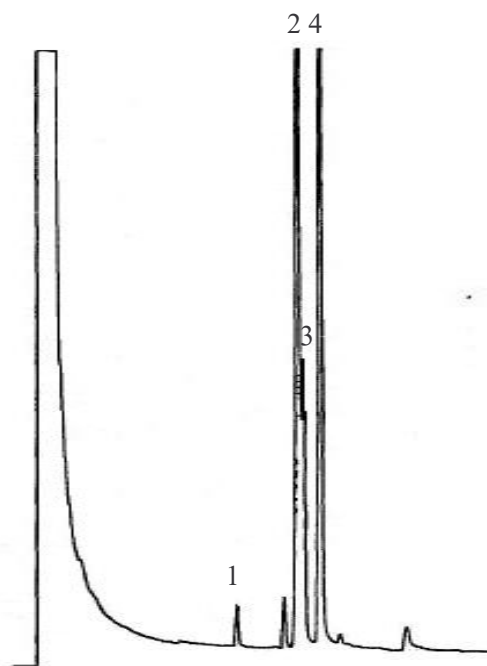
1 = α -pinene

2 = *p*-cymene

3 = eucalyptol

4 = γ -terpinene

ภาพที่ 14 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนกรกฎาคม
พ.ศ. 2547



1 = α -pinene

2 = *p*-cymene

3 = eucalyptol

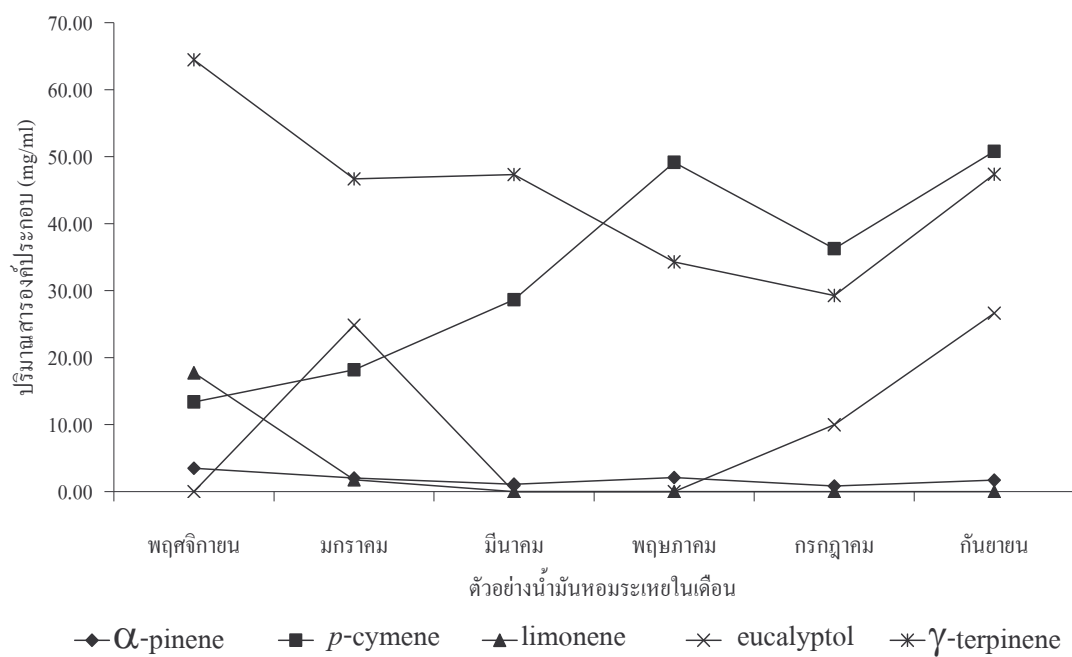
4 = γ -terpinene

ภาพที่ 14 โครมาโตแกรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนกันยายน
พ.ศ. 2547

ตารางที่ 2 ปริมาณสารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาสดูเลนซิส ที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน ที่ปลูกภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม

สารองค์ประกอบ	ปริมาณ (mg/ml)					
	ฤดูแล้ง (Dry season)			ฤดูฝน (Wet season)		
	พ.ย.	ม.ค.	มี.ค.	พ.ค.	ก.ค.	ก.ย.
α -pinene	3.48	2.01	1.10	2.10	0.84	1.73
<i>p</i> -cymene	13.39	18.20	28.64	49.15	36.25	50.80
limonene	17.75	1.78	ND	ND	ND	ND
eucalyptol	ND ^{1/}	24.83	ND	ND	9.97	26.63
γ -terpinene	64.45	46.68	47.31	34.30	29.28	47.39

^{1/} ND = Not detected คือ ตรวจไม่พบ



ภาพที่ 16 องค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส

2. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารฆ่าแมลง

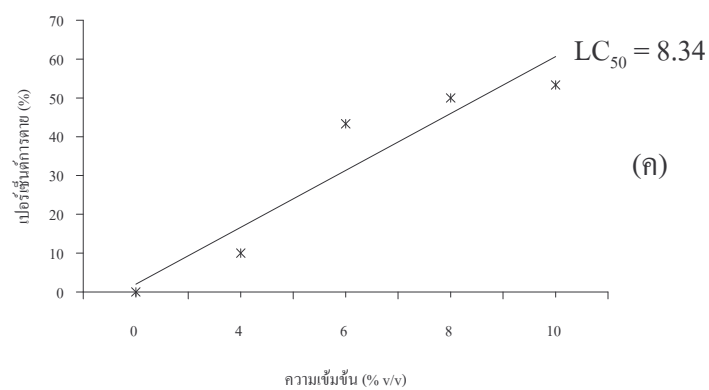
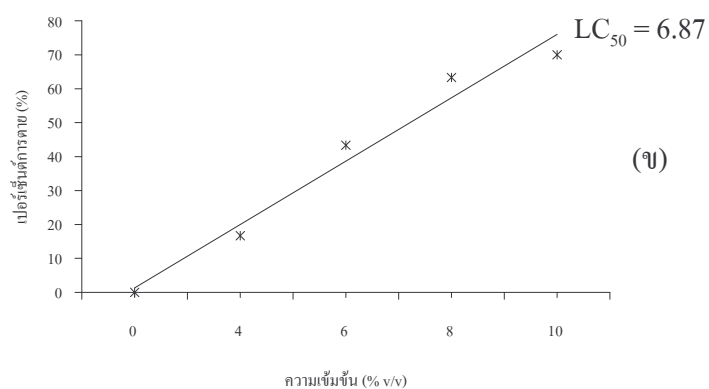
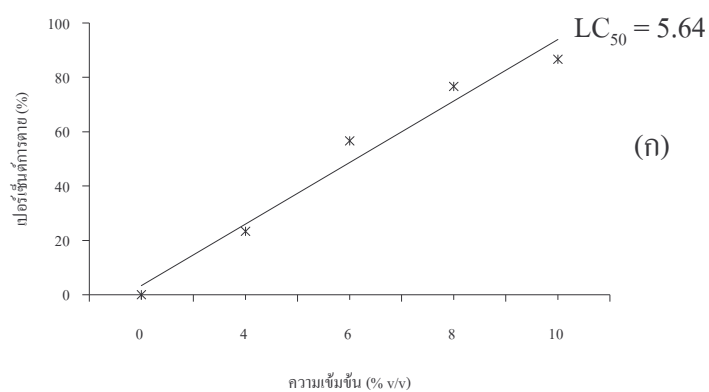
การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน ต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูแล้ง คือ น้ำมันหอมระเหยจากเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 มกราคม และมีนาคม พ.ศ. 2547 ที่ความเข้มข้น 4-10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีผลทำให้หนอนกระทู้ผักตาย 23.33-86.67, 16.67-70.00 และ 10.00-53.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 3 และภาพที่ 17) เมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้ง มีค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผักที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 5.64, 6.87 และ 8.34 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ เมื่อนำระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (X) ไปหาความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผัก (Y) พบว่า มีความสัมพันธ์กันในรูปของสมการเส้นตรง คือ $Y = 10.50X - 12.67$, $Y = 9X - 14.66$ และ $Y = 6.83X - 8.67$ ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 2)

น้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝน คือ น้ำมันหอมระเหยจากเดือนพฤษภาคม กรกฎาคม และกันยายน พ.ศ. 2547 ต่อหนอนกระทู้ผัก ที่ความเข้มข้น 6-12 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีผลทำให้หนอนกระทู้ผักตาย 43.33-66.67, 30.00-90.00 และ 53.33-76.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ตารางที่ 4 และภาพที่ 18) เมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน มีค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผักที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 7.31, 8.23 และ 5.72 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ เมื่อนำระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (X) ไปหาความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ผัก (Y) พบว่า มีความสัมพันธ์กันในรูปของสมการเส้นตรง คือ $Y = 3.84X + 21.32$, $Y = 9.17X - 28.33$ และ $Y = 3.67X + 30.33$ ตามลำดับ (ภาพผนวกที่ 3)

เปรียบเทียบผลการทดสอบน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน จากเปอร์เซ็นต์การตายที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูแล้งจากเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 มีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงสูงสุด รองลงมา คือ เดือนมกราคมและมีนาคม พ.ศ. 2547 ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝนจากเดือนกันยายน พ.ศ. 2547 มีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงสูงสุด รองลงมา คือ เดือนพฤษภาคมและกรกฎาคม พ.ศ. 2547 ตามลำดับ ดังนั้นจึงเลือกนำน้ำมันหอมระเหยที่เก็บจากเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 มาเป็นตัวแทนของน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูแล้ง และน้ำมันหอมระเหยจากเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 มาเป็นตัวแทนของน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝน เนื่องจากมีค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผักอยู่ที่ระดับกลาง

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บใน
ฤดูแล้งต่อหนอนกระทู้ผัก ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

เดือน	ความเข้มข้น (% v/v)	เปอร์เซ็นต์การตาย (%)	LC ₅₀ (% v/v)	สมการรีเกรสชัน (± S.E.)
พฤศจิกายน	0	0.00	5.64	Y = 10.50X - 12.67 ± 8.27
	4	23.33	(47.10 mg/ml)	
	6	56.67		
	8	76.67		
	10	86.67		
มกราคม	0	0.00	6.87	Y = 9X -14.66 ± 7.15
	4	16.67	(57.35 mg/ml)	
	6	43.33		
	8	63.33		
	10	70.00		
มีนาคม	0	0.00	8.34	Y = 6.83X - 8.67 ± 11.23
	4	10.00	(69.62 mg/ml)	
	6	43.33		
	8	50.00		
	10	53.33		



ภาพที่ 17 ค่า LC_{50} ทางการกินของหนอนกระทู้ผักเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้ง

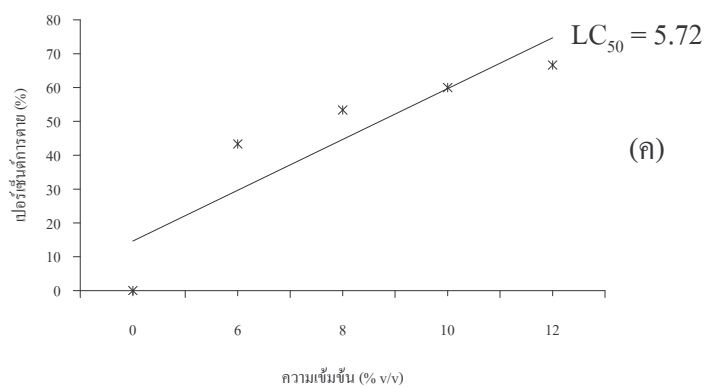
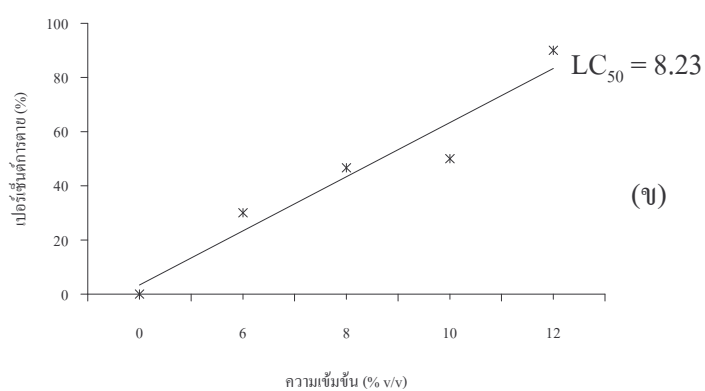
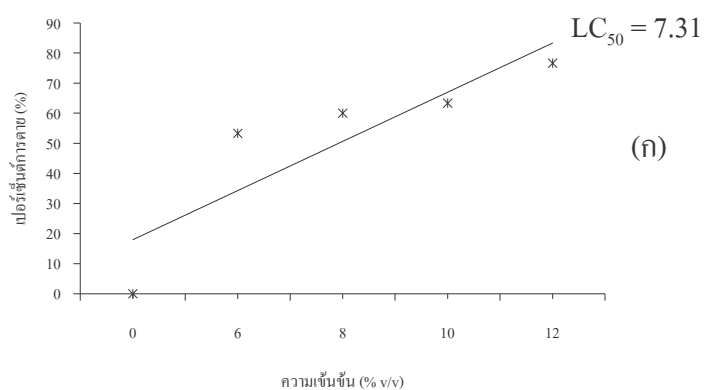
(ก) เดือนพฤศจิกายน

(ข) เดือนมกราคม

(ค) เดือนมีนาคม

ตารางที่ 4 ประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บใน
ฤดูฝนต่อหนอนกระทู้ผัก ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

เดือน	ความเข้มข้น (% v/v)	เปอร์เซ็นต์การตาย (%)	LC ₅₀ (% v/v)	สมการรีเกรสชัน (± S.E.)
พฤษภาคม	0	0.00	7.31	Y = 3.84X + 21.32 ± 1.29
	6	43.33	(61.02 mg/ml)	
	8	53.33	0	
	10	60.00		
	12	66.67		
กรกฎาคม	0	0.00	8.23	Y = 9.17X - 28.33 ± 11.43
	6	30.00	(57.35 mg/ml)	
	8	46.67		
	10	50.00		
	12	90.00		
กันยายน	0	0.00	5.72	Y = 3.67X + 30.33 ± 3.16
	6	53.33	(47.71 mg/ml)	
	8	60.00		
	10	63.33		
	12	76.67		



ภาพที่ 18 ค่า LC_{50} ทางการกินของหนอนกระทู้ผักเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน

(ก) เดือนพฤษภาคม

(ข) เดือนกรกฎาคม

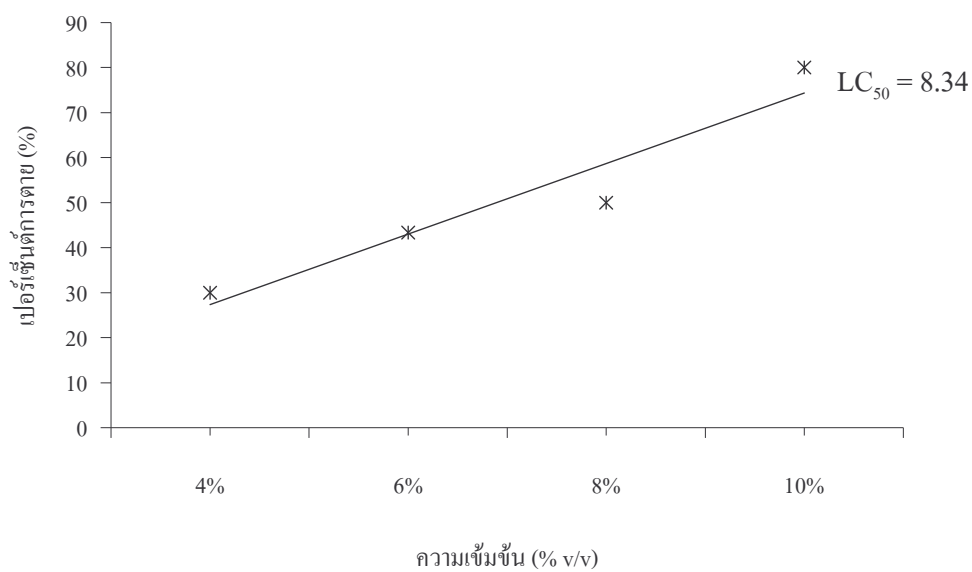
(ค) เดือนกันยายน

3. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปแบบ

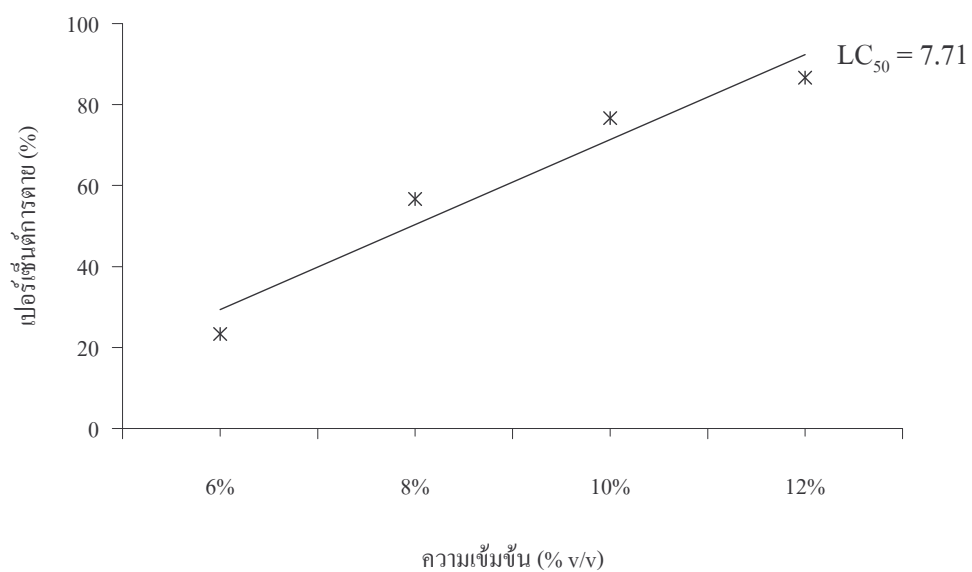
การทดสอบประสิทธิภาพในการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส พบว่า น้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูแล้งจากเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ที่ความเข้มข้น 4, 6, 8 และ 10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีผลทำให้หนอนกระทู้ฝักตาย 30.00, 43.33, 50.00 และ 80.00 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง น้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝนจากเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 ที่ความเข้มข้น 6, 8, 10 และ 12 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีผลทำให้หนอนกระทู้ฝักตาย 23.33, 56.67, 76.67 และ 86.67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง (ตารางผนวกที่ 7)

เมื่อวิเคราะห์ค่าความเป็นพิษ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน มีค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ฝักที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 6.51 และ 7.71 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ (ภาพที่ 19) และเมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (X) กับเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ฝัก (Y) พบว่า มีความสัมพันธ์กันในรูปของสมการเส้นตรง คือ $Y = 7.83X - 4$ และ $Y = 10.50X - 33.67$ ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนมีประสิทธิภาพในรูปแบบต่อหนอนกระทู้ฝัก อัตราการตายของหนอนกระทู้ฝักจะผันแปรตามความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย โดยเปอร์เซ็นต์การตายของหนอนกระทู้ฝักจะเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยสูงขึ้น



(ก)



(ข)

ภาพที่ 19 ค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผักเมื่อทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารรมด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส

(ก) ฤดูแล้ง (เดือนมกราคม)

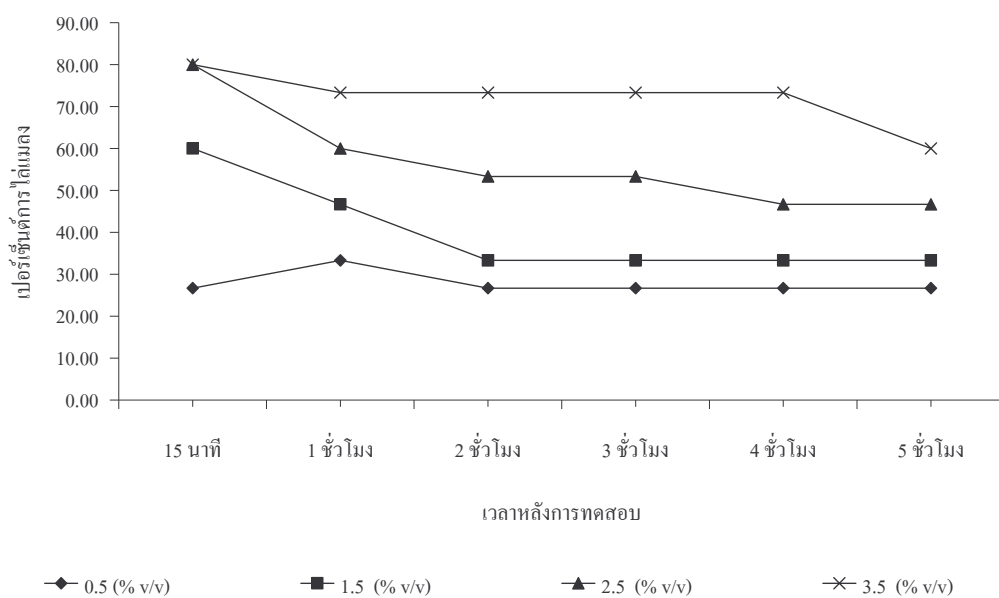
(ข) ฤดูฝน (เดือนพฤษภาคม)

4. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารไล่แมลง

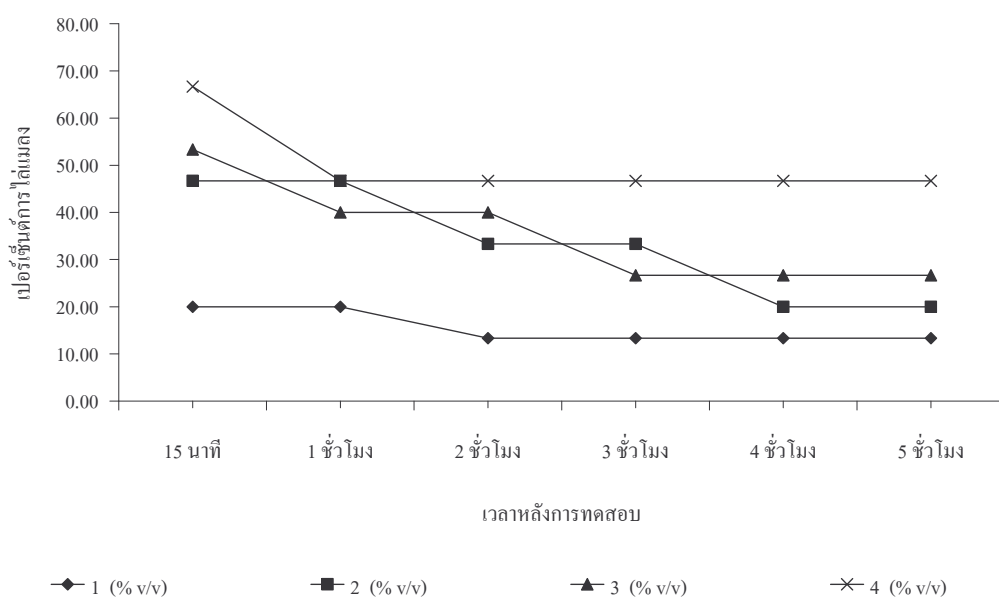
การทดสอบประสิทธิภาพในการไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสกับหนอนกระทู้ผัก พบว่า เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาระยะเวลาหลังการทดสอบที่ 15 นาที, 1, 2, 3, 4 และ 5 ชั่วโมง พบว่า เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกความเข้มข้น (ตารางผนวกที่ 8 และ 9)

ในการทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูแล้งกับหนอนกระทู้ผัก พบว่า ให้เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงสูงสุดเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย เท่ากับ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และประสิทธิภาพในการไล่แมลงจะมีเปอร์เซ็นต์สูงสุดที่ระยะเวลา 15 นาที โดยมีเปอร์เซ็นต์การไล่แมลง เท่ากับ 80.00 เปอร์เซ็นต์ และหลังการทดสอบ 5 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ย เท่ากับ 72.22 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 20 ก)

ในการทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝนกับหนอนกระทู้ผัก พบว่า ให้เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงสูงสุดเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหย เท่ากับ 4 เปอร์เซ็นต์ (v/v) และประสิทธิภาพในการไล่แมลงจะมีเปอร์เซ็นต์สูงสุดที่ระยะเวลา 15 นาที โดยให้เปอร์เซ็นต์การไล่แมลง เท่ากับ 66.67 เปอร์เซ็นต์ และหลังการทดสอบ 5 ชั่วโมง มีเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ย เท่ากับ 45.55 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 20 ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 20 ประสิทธิภาพในการไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสต่อหนอนกระทู้ผัก

(ก) ถดดูแสง (เดือนมกราคม)

(ข) ถดดูฝน (เดือนพฤษภาคม)

5. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารยับยั้งการกินอาหาร ของแมลง

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า ในการทดสอบทุก ๆ ความเข้มข้น พื้นที่ใบค่น้ำลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพื้นที่ใบค่น้ำส่วนควบคุม (ตารางที่ 5) ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) พื้นที่ใบค่น้ำลดลงเฉลี่ย 17.34, 12.86, 18.41 และ 12.54 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ ในใบค่น้ำส่วนควบคุม พื้นที่ใบค่น้ำลดลงเฉลี่ย 8.28 ตารางเซนติเมตร น้ำหนักของหนอนกระทู้ผักมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในการทดสอบทุก ๆ ความเข้มข้น เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยกับน้ำหนักหนอนกระทู้ผักที่เพิ่มขึ้น พบว่า น้ำหนักหนอนกระทู้ผักมีการเพิ่มขึ้นที่น้อยลงเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้น และที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) น้ำหนักหนอนกระทู้ผักเพิ่มขึ้นมากกว่าส่วนควบคุม เมื่อวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของน้ำหนักหนอนกระทู้ผักที่เพิ่มขึ้น จะเห็นว่าที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) น้ำหนักหนอนกระทู้ผักที่เพิ่มขึ้นมีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ กับน้ำหนักหนอนกระทู้ผักที่เพิ่มขึ้นที่ความเข้มข้น 2.5 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v)

การทดสอบประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า ในการทดสอบทุก ๆ ความเข้มข้น พื้นที่ใบค่น้ำลดลง แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติกับพื้นที่ใบค่น้ำส่วนควบคุม (ตารางที่ 5) ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) พื้นที่ใบค่น้ำลดลงเฉลี่ย 0.12, 0.08, 0.09 และ 0.08 ตารางเซนติเมตร ตามลำดับ น้ำหนักของหนอนกระทู้ผักมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในการทดสอบทุก ๆ ความเข้มข้น และมีความแตกต่างทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ โดยเมื่อความเข้มข้นเพิ่มขึ้นน้ำหนักหนอนกระทู้ผักมีการเพิ่มขึ้นที่น้อยลง ที่ความเข้มข้น 1.5, 2.5 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) น้ำหนักหนอนกระทู้ผักที่เพิ่มขึ้นแตกต่างกับส่วนควบคุม

จากการคำนวณค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักในการทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน (ตารางที่ 6) พบว่า ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารไม่มีความแตกต่างทางสถิติในทุกความเข้มข้น ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารมีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสเพิ่มขึ้น ที่ความเข้มข้น 0.5, 1.5, 2.5 และ 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักที่ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้ง เท่ากับ 71.24, 70.76, 63.96 และ 59.95 ตามลำดับ ค่า

ดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักที่ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน เท่ากับ 62.81, 62.21, 58.09 และ 44.95 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักที่ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน ที่ทุกความเข้มข้น พบว่า ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสต่อหนอนกระทู้ผักมีค่ามากกว่า 30 (ตารางที่ 6) ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนจึงไม่สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักได้

ตารางที่ 5 ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่มีผลต่อการกินอาหารและการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของหนอนกระตู่ฝัก^{1/}

ฤดูกาล	ความเข้มข้น (% v/v)	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ ใบกระตู่ที่ถูกกิน (cm ² ± SD)	น้ำหนักของ หนอนกระตู่ฝักที่เปลี่ยนแปลง (mg ± SD)
ฤดูแล้ง (มกราคม)	0	8.28 ± 2.10	0.16 ± 0.04 ab
	0.5	17.34 ± 1.82	0.22 ± 0.05 a
	1.5	12.86 ± 4.12	0.16 ± 0.20 ab
	2.5	18.41 ± 7.58	0.11 ± 0.03 b
	3.5	12.54 ± 8.22	0.10 ± 0.04 b
		ns ^{2/}	* ^{3/}
	C.V. (%)	39.40	26.30
ฤดูฝน (พฤษภาคม)	0	8.28 ± 2.10	0.16 ± 0.04 a
	0.5	11.86 ± 1.78	0.12 ± 0.02 ab
	1.5	12.03 ± 4.27	0.08 ± 0.02 b
	2.5	10.83 ± 5.63	0.09 ± 0.01 b
	3.5	5.89 ± 2.10	0.08 ± 0.01 b
		ns	*
	C.V. (%)	35.96	23.00

^{1/} ทดสอบที่ระยะเวลา 3 วัน

^{2/} ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

^{3/} แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์ จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

ตารางที่ 6 ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ต่อหนอนกระทู้ผัก

ฤดูกาล	ความเข้มข้น (% v/v)	ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหาร (AFI $\pm$ SD)
ฤดูแล้ง (มกราคม)	0.5	71.25 $\pm$ 2.16
	1.5	70.76 $\pm$ 9.22
	2.5	63.96 $\pm$ 6.70
	3.5	59.95 $\pm$ 15.92
		ns ^{2/}
	C.V. (%)	14.82
ฤดูฝน (พฤษภาคม)	0.5	62.81 $\pm$ 3.44
	1.5	62.21 $\pm$ 7.66
	2.5	58.09 $\pm$ 13.45
	3.5	44.95 $\pm$ 8.22
		ns
	C.V. (%)	15.66

^{1/} ทดสอบที่ระยะเวลา 3 วัน

^{2/} ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซนต์

วิจารณ์

1. องค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส

ในการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยจากการสกัดแต่ละครั้งเฉลี่ย เท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ปริมาณที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้ใกล้เคียงกับปริมาณที่ได้จากการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่ปลูกภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม ซึ่งเก็บในระหว่างเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2542 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ. 2543 ได้น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสแต่ละครั้งเฉลี่ย 0.37 ± 0.18 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (ชัยรัตน์, 2544) แต่ปริมาณน้ำมันหอมระเหยที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ต่ำกว่าปริมาณที่ได้จากการสกัดน้ำมันยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในประเทศบิโนทวีปแอฟริกา ซึ่งเก็บในระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนสิงหาคม ค. ศ. 1994 ซึ่งได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วง 0.6-1.4 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (Moudachirou *et al*, 1999) และปริมาณที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ต่ำกว่าการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในเมืองเพทฟอร์ด รัฐควีนแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ที่ได้ปริมาณน้ำมันหอมระเหย 1.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (Gibson *et al*, 1991)

องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งที่พบในปริมาณสูงที่สุดในการวิเคราะห์ครั้งนี้คือ สาร γ -terpinene มีปริมาณเท่ากับ 46.68-64.45 mg/ml ส่วนองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝนที่พบในปริมาณสูงที่สุดคือ สาร *p*-cymene มีปริมาณเท่ากับ 36.25-50.80 mg/ml ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Shieh (1996) ที่พบว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกในประเทศไต้หวัน ได้แก่ สาร γ -terpinene และ *p*-cymene ในประเทศสหรัฐอเมริกา Pappas and Sheppard-Hanger (2001) ได้วิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่เก็บจากพื้นที่ซานเมืองแทมปารัฐฟลอริดา โดยใช้เครื่อง GC-MS พบว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่พบในปริมาณสูงที่สุดคือ สาร *p*-cymene

จากการวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในครั้งนี้ พบว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนที่พบมากที่สุดคือ สาร γ -terpinene และ *p*-cymene ตามลำดับ ซึ่งขัดแย้งกับการวิเคราะห์ตรวจหาองค์ประกอบหลักของ

นักวิจัยท่านอื่น ๆ ที่พบว่า สาร eucalyptol เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่พบมากที่สุด โดย Channoo *et al.* (2002) พบว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งที่พบในปริมาณสูงที่สุดคือ สาร eucalyptol มีปริมาณเท่ากับ 104.35-234.84 mg/ml และองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนที่พบในปริมาณสูงที่สุดคือ สาร γ -terpinene มีปริมาณเท่ากับ 184.53-226.86 mg/ml ส่วน Theagarajan and Prabhu (1987) วิเคราะห์หาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่ปลูกในประเทศอินเดีย พบว่า สาร eucalyptol มีปริมาณสูงที่สุดในประเทศโมร็อกโก Zrira and Benjilali (1991) รายงานว่า สาร eucalyptol เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส Gibson *et al.* (1991) นำใบยูคาลิปตัสที่ปลูกในเมืองเพทฟอร์ด รัฐควีนแลนด์ ประเทศออสเตรเลีย ไปสกัดน้ำมันและวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักของน้ำมัน พบว่า สาร eucalyptol มีปริมาณมากที่สุด Muchori *et al.* (1997) ทำการสกัดใบยูคาลิปตัสโดยใช้ความดันไอน้ำ และวิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักของน้ำมัน พบว่า สาร eucalyptol มีปริมาณสูงที่สุด Moudachirou *et al.* (1999) วิเคราะห์หาองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่ปลูกในประเทศบิโน ทวีปแอฟริกา พบว่า สาร eucalyptol มีปริมาณสูงที่สุด Chalchat *et al.* (2000) ทำการสกัดน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่ปลูกในประเทศมาลี พบว่า สาร eucalyptol มีปริมาณสูงที่สุด Pagula *et al.* (2000) รายงานว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่ปลูกในประเทศโมซัมบิก ได้แก่ สาร eucalyptol

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างสารองค์ประกอบและปริมาณสารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส กับอุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในเดือนที่เก็บใบยูคาลิปตัสมาสกัดน้ำมันหอมระเหย (ภาพผนวกที่ 4) พบว่า อุณหภูมิและปริมาณน้ำฝนไม่มีความสัมพันธ์กับสารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่สกัดได้ และการวิเคราะห์ตรวจหาองค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสอาจขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายประการ ได้แก่ ใบยูคาลิปตัสที่นำมาสกัดอายุของต้นยูคาลิปตัส ฤดูกาลที่เก็บใบยูคาลิปตัส สภาพภูมิอากาศ และสภาพภูมิประเทศที่ปลูกยูคาลิปตัส รวมถึงวิธีการสกัด เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการสกัดและวิเคราะห์ และยังมีปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายปัจจัยที่มีผลทำให้ปริมาณของน้ำมันหอมระเหย องค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่ได้ มีความแตกต่างกัน

และจากผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารฆ่าแมลง สารรม สารไล่ และสารยับยั้งการกินอาหารต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า จากการทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารฆ่าแมลง น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีความเป็นพิษต่อหนอนกระทู้ผัก

ใกล้เคียงกับในฤดูฝน ส่วนการทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารรม และสารไล่แมลง น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งจากเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 มีความเป็นพิษด้านการเป็นสารรม และสารไล่แมลงต่อหนอนกระทู้ผักมากกว่าน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝนจากเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 สำหรับการทดสอบประสิทธิภาพในรูปสารยับยั้งการกินอาหารต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บจากทั้ง 2 ฤดูกาล ไม่สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักได้ เมื่อพิจารณาองค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน พบว่า องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร γ -terpinene รองลงมาคือสาร *p*-cymene ส่วนองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝนที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร *p*-cymene รองลงมาคือสาร γ -terpinene

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งจากเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 มีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงสูงสุด รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยจากเดือนมกราคม และเดือนมีนาคม พ.ศ. 2547 มีค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผัก เท่ากับ 5.64, 6.87 และ 8.34 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนจากเดือนกันยายน พ.ศ. 2547 มีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงสูงสุด รองลงมาคือน้ำมันหอมระเหยจากเดือนพฤษภาคม และเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2547 ค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผัก เท่ากับ 5.64, 6.87 และ 8.34 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บจากทั้ง 2 ฤดูกาล พบว่า มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาปริมาณสารออกฤทธิ์ (Active Ingredient; AI) (ตารางที่ 2 และตารางผนวกที่ 10) กับประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสต่อหนอนกระทู้ผัก จะเห็นว่า สารออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสเกิดจากสาร γ -terpinene ออกฤทธิ์ร่วมกับสาร *p*-cymene และเสริมฤทธิ์ด้วยสาร limonene และ eucalyptol

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารรมต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้ง มีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมที่มีพิษต่อหนอนกระทู้ผักสูงกว่าในฤดูฝน ค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผัก เท่ากับ 6.51 และ 7.71 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ (ตารางที่ 2 และตารางผนวกที่ 11) กับประสิทธิภาพในการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสต่อหนอนกระทู้ผัก จะเห็นว่า สารออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสเกิดจากสาร γ -terpinene เป็นส่วน

ใหญ่ เสริมฤทธิ์ด้วยสาร eucalyptol และ limonene จึงทำให้ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน ซึ่งขัดแย้งกับการทดลองของชัยรัตน์ (2544) ที่พบว่า ประสิทธิภาพในการเป็นสารรมฆ่าแมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน เกิดจากการออกฤทธิ์ร่วมกันของสาร γ -terpinene, limonene และ *p*-cymene ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งเกิดจากการออกฤทธิ์ของสาร eucalyptol เป็นส่วนใหญ่ ไม่มีการเสริมฤทธิ์จากสารประกอบอื่นมากนัก

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารไล่แมลงต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่แมลงต่อหนอนกระทู้ผักสูงกว่าในฤดูฝน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารออกฤทธิ์ (ตารางที่ 2 และตารางผนวกที่ 12) กับประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสต่อหนอนกระทู้ผัก จะเห็นว่า สารองค์ประกอบที่ออกฤทธิ์คล้ายกับที่พบในการศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารรมต่อหนอนกระทู้ผัก คือ สารออกฤทธิ์เกิดจากสาร γ -terpinene เป็นส่วนใหญ่ เสริมฤทธิ์ด้วยสาร eucalyptol และ limonene จึงทำให้ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งสูงกว่าฤดูฝน

การศึกษาศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารยับยั้งการกินอาหารต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บจากทั้ง 2 ฤดูกาล ไม่สามารถยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักได้ แสดงว่าสารองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่ได้จากการทดลองครั้งนี้ไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผัก หรืออาจเป็นไปได้ว่าปริมาณสารองค์ประกอบที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะออกฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระทู้ผักได้

2. การศึกษาศักยภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารฆ่าแมลง

ในการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาสดเลนซิส พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนมีความเป็นพิษต่อหนอนกระทู้ผัก เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผัก พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งที่มีพิษต่อหนอนกระทู้ผักสูงสุดคือ น้ำมันหอมระเหยจากเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 โดยมีอัตราการตายสูงสุดที่ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ให้เปอร์เซ็นต์การตาย เท่ากับ 86.67 เปอร์เซ็นต์ ค่า LC_{50} เท่ากับ 5.64 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบ

ยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนที่มีพืชต่อหนอนกระทุ้งสูงสุดคือ น้ำมันหอมระเหยจากเดือนกันยายน พ.ศ. 2547 โดยมีอัตราการตายสูงสุดที่ความเข้มข้น 12 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ให้เปอร์เซ็นต์การตาย เท่ากับ 76.67 เปอร์เซ็นต์ ค่า LC_{50} เท่ากับ 5.72 เปอร์เซ็นต์ (v/v)

จะเห็นได้ว่า อัตราการตายของหนอนกระทุ้งจะแปรผันตามความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส โดยเปอร์เซ็นต์การตายจะเพิ่มขึ้น เมื่อระดับความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยสูงขึ้น น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทุ้งใกล้เคียงกับในฤดูฝน โดยเปรียบเทียบจากค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยจากทั้ง 2 ฤดูกาล ซึ่งไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับผลการทดลองของ Channoo *et al.* (2002) ที่พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนมีความเป็นพืชต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ 3 ชนิด คือ มอดแป้ง ค้างคาวเขียว และด้วงวงข้าวโพดสูงกว่าในฤดูแล้ง แสดงให้เห็นว่าหนอนกระทุ้งกับแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด มีความอ่อนแอต่อสารองค์ประกอบต่างชนิดกัน จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน นอกจากนี้ สภาพภูมิอากาศและสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ปลูกพืชที่แตกต่างกัน อายุของพืช ฤดูกาลที่เก็บพืชมาสกัดสาร ชนิดของแมลงที่นำมาทดสอบ วิธีการทดสอบ รวมทั้งความเข้มข้นที่ใช้ในการทดสอบ มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงของทั้ง 2 ฤดูกาลแตกต่างกัน

จากผลการทดลอง จะเห็นว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนมีคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่าแมลง สามารถใช้กำจัดหนอนกระทุ้งได้ และจากการเปรียบเทียบค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนต่อหนอนกระทุ้ง พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทุ้งใกล้เคียงกับในฤดูฝน ดังนั้นฤดูกาลที่เก็บใบยูคาลิปตัสมาสกัดน้ำมันหอมระเหยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทุ้ง

3. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารรม

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง และค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทุ้ง พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งจากเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 ที่อัตราความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีผลทำให้หนอนกระทุ้งมีเปอร์เซ็นต์การตายสูงสุด เท่ากับ 80.00 เปอร์เซ็นต์ ค่า LC_{50} เท่ากับ 6.51 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนจาก

เดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 ที่อัตราความเข้มข้น 12 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีผลทำให้หอนกระทุ้ผักมีเปอร์เซ็นต์การตายสูงสุด เท่ากับ 86.67 เปอร์เซ็นต์ ค่า LC_{50} เท่ากับ 7.71 เปอร์เซ็นต์ (v/v)

นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส ยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารรมต่อแมลงชนิดอื่นด้วย Klingauf et al. (1983) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส ที่อัตรา 20 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีประสิทธิภาพทำให้ผีเสื้อขาวเปลือกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 3 ชั่วโมง ที่อัตรา 31.4 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ ทำให้ตัวเต็มวัยของด้วงถั่วแดง ตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 3 ชั่วโมง Sarac and Tunc (1995b) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส ที่อัตราความเข้มข้น 135 ไมโครลิตรต่อลิตรของอากาศ มีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การตายต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง เท่ากับ 86 เปอร์เซ็นต์ และเปอร์เซ็นต์การตายต่อตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวและหอนวัยสุดท้ายของหอนผีเสื้อขาวโพด เท่ากับ 94 เปอร์เซ็นต์ Tunc and Sahinkaya (1998) พบว่า ไอระเหยของน้ำมันหอมระเหยจากยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส มีความเป็นพิษต่อเพลี้ยอ่อนฝ้าย และไรแมงมุมแดง Tunc et al. (2000) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากผลแห้งของยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส มีผลทำให้ไข่ของมอดแป้ง และไข่ของผีเสื้อขาวโพด มีเปอร์เซ็นต์การตายที่ 96 ชั่วโมง เท่ากับ 18 และ 45 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองในห้องปฏิบัติการของกนก (2545) พบว่า สารสกัดยูคาลิปตัสความเข้มข้น 100 ppm ทำให้เพลี้ยอ่อนผักกาดร่อยละ 83 ตายภายใน 24 ชั่วโมง Channoo et al. (2002) ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส ต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง ด้วงวงข้าวโพด และด้วงถั่วเขียว พบว่า แสดงความเป็นพิษด้านการเป็นสารรมต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด

จากผลการทดลอง จะเห็นได้ว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีความเป็นพิษต่อหอนกระทุ้ผักมากกว่าในฤดูฝน ซึ่งไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกันกับการทดลองของ Channoo et al. (2002) ที่พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนแสดงความเป็นพิษด้านการเป็นสารรมต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บ 3 ชนิดคือ มอดแป้ง ด้วงถั่วเขียว และด้วงวงข้าวโพด สูงกว่าในฤดูแล้ง เมื่อเปรียบเทียบค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยจากทั้ง 2 ฤดูกาล ซึ่งอาจเป็นไปได้ว่า หอนกระทุ้ผักกับแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด มีความอ่อนแอต่อสารออกฤทธิ์ในการเป็นสารฆ่าแมลงต่างชนิดกัน จึงทำให้ผลการทดลองที่ได้แตกต่างกัน

และเมื่อพิจารณาปริมาณสารออกฤทธิ์ในการเป็นสารรมของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (ตารางผนวกที่ 13) ต่อหอนกระทุ้ผัก จะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีสารออกฤทธิ์และปริมาณสารออกฤทธิ์ในการเป็นสารรมมากกว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส

ที่เก็บในฤดูฝน ดังนั้นในการเก็บใบยูคาลิปตัสมาสกัดน้ำมันหอมระเหยเพื่อใช้เป็นสารรมในการควบคุมหนอนกระตุ้มจึงควรเลือกเก็บใบยูคาลิปตัสในฤดูแล้ง เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมต่อหนอนกระตุ้มสูงกว่าในฤดูฝน

4. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารไล่แมลง

การศึกษาประสิทธิภาพในรูปสารไล่แมลง พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งจากเดือนมกราคม พ.ศ. 2547 และฤดูฝนจากเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 มีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่แมลงต่อหนอนกระตุ้ม โดยเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้น

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ยของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสต่อหนอนกระตุ้มที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมงพบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการไล่หนอนกระตุ้มสูงกว่าในฤดูฝน โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งให้เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงสูงสุดที่ความเข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ยของน้ำมันหอมระเหยที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมงมีค่าสูงถึง 72.22 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงสูงสุดที่ระยะเวลา 15 นาที เท่ากับ 80.00 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนที่ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ (v/v) เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ยที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมงมีค่า เท่ากับ 45.55 เปอร์เซ็นต์ ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงสูงสุดที่ระยะเวลา 15 นาที เท่ากับ 66.67 เปอร์เซ็นต์ จากผลการทดลองจะเห็นว่า เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ยที่ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีค่าเพียง 45.55 เปอร์เซ็นต์ การที่ไม่เพิ่มความเข้มข้นในการทดสอบให้มากกว่านี้ เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นสูงกว่า 4 เปอร์เซ็นต์ (v/v) จะทำให้หนอนกระตุ้มเริ่มมีการตายทำให้ไม่สามารถนำข้อมูลไปคิดเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงได้

นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสยังสามารถใช้ไล่แมลงชนิดอื่น ๆ ได้อีก Sarac and Tunc (1995a) พบว่า เปอร์เซ็นต์การไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสต่อด้วงวงข้าว เท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์ หลังการทดสอบ 4 สัปดาห์ ในการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส กามาเลกูลินซิส ต่อตัวเต็มวัยของมอดแป้ง ด้วงวงข้าวโพด และด้วงถั่วเขียว พบว่า แสดงความเป็นพิษด้านการเป็นสารไล่ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บทั้ง 3 ชนิด ที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง (ชัยรัตน์, 2544)

จากการทดลองในครั้งนี้ พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการไล่หนอนกระตุ้ผักได้สูงกว่าในฤดูฝน ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของชัยรัตน์ (2544) ที่พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการไล่ตัวเต็มวัยของมอดแป้ง ค้างคาวเขียว และคางคกขาวโพด สูงกว่าในฤดูฝน เมื่อเปรียบเทียบกับเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ยของน้ำมันหอมระเหยจากทั้ง 2 ฤดูกาล

และเมื่อพิจารณาปริมาณสารออกฤทธิ์ในการเป็นสารไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (ตารางผนวกที่ 14) ต่อหนอนกระตุ้ผัก จะเห็นว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีสารองค์ประกอบและปริมาณสารองค์ประกอบที่ออกฤทธิ์ในการไล่แมลงมากกว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน ดังนั้นจึงควรเลือกเก็บใบยูคาลิปตัสในฤดูแล้งมาสกัดน้ำมันหอมระเหยเพื่อใช้ในการป้องกันการลงทำลายจากหนอนกระตุ้ผัก เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่แมลงต่อหนอนกระตุ้ผักสูงกว่าในฤดูฝน

5. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารยับยั้งการกินอาหาร

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระตุ้ผัก พบว่า การทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีผลทำให้พื้นที่ใบคดงอและตายมากกว่าการทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน และมีผลทำให้น้ำหนักของหนอนกระตุ้ผักเพิ่มขึ้นน้อยกว่าการทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน

ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระตุ้ผักเมื่อทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝน มีแนวโน้มลดลงเมื่อความเข้มข้นของน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระตุ้ผักที่ทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสจากทั้ง 2 ฤดูกาล มีค่ามากกว่า 30 (ตารางที่ 6) ดังนั้น ในการทดลองครั้งนี้พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระตุ้ผัก ซึ่งไม่เป็นไปในแนวทางเดียวกับการทดลองของ Sharma *et al.* (2000) ที่รายงานว่าสารสกัดจากยูคาลิปตัสสามารถลดอัตราการกินอาหารของหนอนกระตุ้ผักได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับผลการทดลองในครั้งนี้ อาจเป็นไปได้ว่าสารองค์ประกอบที่พบในน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่สกัดได้ในครั้งนี้อาจมีชนิดของสารองค์ประกอบที่แตกต่าง หรือปริมาณสารองค์ประกอบที่อยู่ในน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณไม่เพียงพอที่จะออกฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของหนอนกระตุ้ผักได้

นอกจากนี้ น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสยังสามารถยับยั้งการกินอาหารของแมลงชนิดอื่นได้ โดยชัยรัตน์ (2544) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพในการยับยั้งในการกินอาหารของด้วงงวงข้าวโพดและมอดแป้ง

ดังนั้นผลการทดลองในครั้งนี้ กล่าวได้ว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสมีคุณสมบัติในการเป็นสารฆ่าแมลง สารรม และสารไล่แมลงต่อหนอนกระทู้ผัก สามารถใช้ควบคุมหนอนกระทู้ผักได้และใช้สารปริมาณเพียงเล็กน้อย จึงควรมีการศึกษาประสิทธิภาพต่อแมลงศัตรูพืชชนิดอื่น และวิธีการนำไปใช้ที่เหมาะสมในสภาพแปลงเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด รวมทั้งมีการนำไปพัฒนาทางการค้าเพื่อใช้ทดแทนสารเคมีในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผักและแมลงศัตรูพืชอื่นต่อไป

สรุป

จากการศึกษาองค์ประกอบและปริมาณองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส คามาลดูลินซิส ที่ปลูกภายในมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม และการศึกษาประสิทธิภาพในการเป็นสารกำจัดแมลงต่อหนอนกระทู้ผักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ปริมาณและองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส พบว่า ปริมาณของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่ได้จากการสกัดแต่ละครั้ง ได้น้ำมันหอมระเหยเฉลี่ยเท่ากับ 0.34 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร γ -terpinene มีปริมาณเท่ากับ 46.68-64.45 mg/ml รองลงมาคือสาร *p*-cymene องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยที่เก็บในฤดูฝนที่พบในปริมาณสูงสุดคือ สาร *p*-cymene มีปริมาณเท่ากับ 36.25-50.80 mg/ml รองลงมาคือสาร γ -terpinene

2. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารฆ่าแมลง พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทู้ผัก โดยน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งจากเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2546 มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทู้ผักสูงสุด รองลงมาคือ จากเดือนมกราคม และมีนาคม พ.ศ. 2547 ค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผักที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 5.64, 6.87 และ 8.34 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝนจากเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2547 มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกระทู้ผักสูงสุด รองลงมาคือ จากเดือนกรกฎาคม และกันยายน พ.ศ. 2547 ค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผักที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง เท่ากับ 5.72, 7.31 และ 8.23 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ตามลำดับ จากค่า LC_{50} ต่อหนอนกระทู้ผักสรุปได้ว่าน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในรูปสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผักใกล้เคียงกับในฤดูฝน

3. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารรม พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสแสดงความเป็นพิษด้านการเป็นสารรมต่อหนอนกระทู้ผัก ค่า LC_{50} ของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนต่อหนอนกระทู้ผัก เท่ากับ 6.51 และ 7.71 เปอร์เซ็นต์ (v/v) ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการเป็นสารรมต่อหนอนกระทู้ผักสูงกว่าในฤดูฝน

4. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารไล่แมลง พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสมีประสิทธิภาพในการไล่หนอนกระทุ้ผัก ในการทดสอบด้วย น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งต่อหนอนกระทุ้ผัก ที่ความเข้มข้น 3.5 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ยต่อหนอนกระทุ้ผักที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง เท่ากับ 72.22 ± 22.69 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูฝน ที่ความเข้มข้น 4 เปอร์เซ็นต์ (v/v) มีเปอร์เซ็นต์การไล่แมลงเฉลี่ยต่อหนอนกระทุ้ผักที่ระยะเวลา 5 ชั่วโมง เท่ากับ 45.55 ± 32.37 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น น้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งมีประสิทธิภาพในการไล่หนอนกระทุ้ผักสูงกว่าในฤดูฝน

5. การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสในรูปสารยับยั้งการกินอาหารของแมลง พบว่า ค่าดัชนีการยับยั้งการกินอาหารของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนต่อหนอนกระทุ้ผักในทุก ๆ ความเข้มข้น มีค่ามากกว่า 30 ดังนั้นน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัสจึงไม่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งในการกินอาหารของหนอนกระทุ้ผัก

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กนก อุไรสกุล. 2545. ผลของสารสกัดสมุนไพรบางชนิดต่อเพื่อย่อยอ่อนผักกาดและหนอนแมลงวัน
ดอกไม้. เสนอใน การประชุมวิชาการ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล. สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล, ปทุมธานี. 15 น.
- กองกัญและสัตววิทยา. 2535. **แมลงและสัตว์ศัตรูที่สำคัญของพืชเศรษฐกิจและการบริหาร**. เอกสาร
วิชาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 400 น.
- กองกัญและสัตววิทยา. 2542. **แมลงศัตรูผัก**. เอกสารวิชาการ กลุ่มงานวิจัยและแมลงศัตรูผักไม้ดอก
และไม้ประดับ กองกัญและสัตววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์,
กรุงเทพฯ. 97 น.
- กองกัญและสัตววิทยา. 2547. **คำแนะนำการป้องกันกำจัดแมลงและสัตว์ศัตรูพืช ปี 2547**. เอกสาร
วิชาการ กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 284 น.
- เกรียงไกร จำเริญมา, เตือนจิตต์ สัตยาวิรุทธิ์ และ วรัญญา ตันติยุทธ. 2540. ประสิทธิภาพของสาร
สกัดสะเดากับหนอนกระเทียมหอม. *วารสารกัญและสัตววิทยา*. 19 (2): 78-88.
- เกษมสุข เกษสกุล. 2533. **ยูคาลิปตัส พันธุ์ไม้เศรษฐกิจที่มีค่าทั้งปัจจุบันและอนาคต**. ฝ่ายส่งเสริม
และเผยแพร่ กองอนุรักษ์ดินน้ำ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 61 น.
- โกศล เจริญสม และ วิวัฒน์ เสือสะอาด. 2529. **ศัตรูธรรมชาติของแมลงศัตรูพืชของประเทศไทย**.
เอกสารพิเศษฉบับที่ 6 ศูนย์วิจัยและความคุ้มครองศัตรูพืชโดยชีววินทรีย์แห่งชาติ ภาคกลาง,
กรุงเทพฯ.
- ณรรฐพล วัลลีย์ลักษณ์. 2526. **แมลงศัตรูผักของประเทศไทย**. ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 205 น.
- ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2527. **ยูคาลิปตัส 2527**. ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ชัยรัตน์ จันทร์หนู. 2544. ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) ต่อแมลงศัตรูในโรงเก็บบางชนิด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2545. ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. คู่มือส่งเสริมการปลูกป่าเศรษฐกิจไม่ลองไม่รู้. 8: 80-91.

บริษัทสยามฟอเรสทรี จำกัด. 2546. ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. แหล่งที่มา: http://www.siam-euca.com/euca_history.shtml, 20 มกราคม 2547)

พิจิตร โชคพัฒนา. 2546. คู่มือการปลูกยูคาลิปตัส. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 96 น.

ไพบุลย์ วงศ์สกุล. 2534. การปลูกยูคาลิปตัส. โครงการหนังสือเกษตรชุมชน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 72 น.

มนทิ โพธิ์ทัย. 2528. คู่มือการปลูกยูคาลิปตัส. องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 46 น.

มนตรี สนิทประชากร, สมศักดิ์ มนต์ศรีสุขใส และ สัมฤทธิ์ กิตติธรกุล. 2529. การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย. เอกสารส่งเสริมการปลูกป่าเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 87 น.

วิชัย ปทุมชาติพัฒน์. 2520. การศึกษาพืชยาฆ่าแมลงบางชนิดในการป้องกันกำจัดหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera litura* Fabr.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ส่วนปลูกป่าภาคเอกชน สำนักส่งเสริมการปลูกป่า. 2537. คู่มือเกษตรกร. (1) เรื่องไม้เศรษฐกิจโตเร็ว. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 57 น.

สิริวัฒน์ วงษ์ศิริ. 2526. แมลงศัตรูพืชทางการเกษตรของประเทศไทย. ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ. 424 น.

- สุไรกร เพิ่มคำ และ อนุชิต ชินาจริยวงศ์. 2528. สันฐานวิทยาภายนอกและชีวประวัติของหนอน กระทุ้งในภาคใต้. วารสารสงขลานครินทร์. 7 (2): 127-131.
- สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน. 2540. การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย. เอกสาร โรเนียวสำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน. กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. 2 น.
- อำนาจ คอวนิช. 2525. ไม้โตเร็วและแนวคิดเกี่ยวกับการปลูกสร้างสวนป่าในประเทศไทย. สมาคมป่าไม้แห่งประเทศไทย คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 228 น.
- Chalchat, J.C., R.P. Garry, L. Sidibe and M. Harama. 2000. Aromatic plants of Mali (V): chemical composition of essential oils of four eucalyptus species implanted in Mali: *Eucalyptus camaldelensis*, *E. citriodora*, *E. torelliana* and *E. tereticornis*. **Journal of Essential oil Research**. 12 (6): 695-701.
- Channoo, C., S. Tantakom, S. Jiwajinda and S. Isichaikul. 2002. Fumigation toxicity of eucalyptus oil against three stored-product beetles. **Thai Journal of Agricultural Science**. 35 (3): 265-272.
- Choi, W.I., E.H. Lee, B.R. Choi, H.M. Park and Y.J. Ahn. 2003. Toxicity of plant essential oils to *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyroidae). **Journal of Economic Entomology**. 96: 1479-1484.
- Escoubas, P., Y. Fukushi, L. Lajide and J. Mizutani. 1992. A new method for fast isolation of insect antifeedant compounds from complex mixtures. **Journal of Chemical Ecology**. 18: 1819-1832.
- Gibson, A., J.C. Doran and D. Bogsanyi. 1991. Estimation of the 1,8-cineole yield of *Eucalyptus camaldelensis* Dehnh leaves by multiple internal reflectance infrared spectroscopy. **Flavour and Fragrance Journal**. 6 (2): 129-134.

- Krishna, N., G. Jeyakumar and A. Jeyachandran. 1996. Toxicity of *Eucalyptus globules*, leaf extract of meloid beetle, *Mylabris pistulata*. **Journal of Applied Zoological Researches**. 7 (1): 43-44.
- Lamiri, A., S. Lhaloui, B. Benjilali and M. Berrada. 2001. Insecticidal effects of essential oils against Hessian fly, *Mayetiola destructor* (Say). **Field Crops Research**. 71: 9-15.
- Logiswaran, G. and M. Shanthi. 1996. Effect of water extract of plant leaves in preventing paddy pre-harvest infestation by *Sititroga cerealella*. **Madras Agriculural Journal**. 83 (1): 58-59.
- Mani, H.C., P.H. Pathak and S.S. Krishna. 1993. Effect of certain volatile chemicals and other factor on the reproductive biology of *Corcyra cephalonica* (Stainton) (Lepidoptera: Pyralidae). **Annals of Entomology**. 11 (2): 59-65.
- McDonald, L.L., R.H. Guy and R.D. Speirs. 1970. **Preliminary evaluation of new candidate materials as toxicants, repellents and attractancts against stored-product insect**. Marketing Research Report No. 882. Agricultural Research Service, US. Department of Agriculture, Washington, D.C.
- Morimoto, M., Y. Fujii and K. Komai. 1999. Antifeedant in Cyperaceae: coumaran and quinines from *Cyperus* spp. **Phytochemistry**. 51: 605-608.
- Moudachirou, M., J.D. Gbenou, J.C. Chalchat, J.L. Chabars and C. Lartigue. 1999. Chemical composition of essential oils of Eucalyptus from Benin: *Eucalyptus citriodora* and *E. camaldelensis*. Influence of location, harvest time, storage of plants and time of steam distillation. **Journal of Essential Oil Research**. 11 (1): 109-118.
- Muchori, P., L. Mang-Uro, B. Chikamai, E. Dagne and T. Bekele. 1997. Essential oils of five Eucalyptus species grown in Kenya. **Sinet, an Ethiopian Journal of Science**. 20 (1): 139-143.

Nakhonpathom Meteorological Station. 2003. **Agrometeorological Data Monthly Report Year 2003.**

Nakhonpathom Meteorological Station. 2004. **Agrometeorological Data Monthly Report Year 2004.**

Pagula, F.P., K.H.C. Baser and M. Kurkcuoglu. 2000. Essential oil composition of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh from Mozambique. **Journal of Essential Oil Research.** 12 (3): 333-335.

Pal, R.K., R.A. Tripathi and R. Prasad. 1996. Relative toxicity of certain plant extracts to Khapra beetle, *Trogopogon granarium*. **Annals of Plant Protection Sciences.** 4 (1): 35-37.

Pappas, S.R. and S. Sheppard-Hanger. 2001. The essential oil of *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh from South Florida: a high cryptone / low cineole eucalyptus. *E. camaldulensis*. Available Source: http://www.essentialoils.org/e_camaldulensis.htm, July 9, 2004.

Sarac, A. and I. Tunc. 1995a. Residual toxicity and repellency of essential oils to stored-product insect. Rucktandstoxizitat und abstossende Wirkung von atherischen Ole auf vorratsschadliche Insekten. **Zeitschrift-fur-Pflanzenkrankheiten-und-Pflanzenschutz.** 102 (4): 429-434.

Sarac, A. and I. Tunc. 1995b. Toxicity of essential oil vapours to stored-product insect pests. **Journal of Plant Diseases and Protection.** 102 (1): 69-74.

Shaaya, E., U. Ravid, N. Paster, B. Juven, U. Zisman and V. Pissarev. 1991. Fumigant toxicity of essential oil against four major stored-product insects. **Journal of Chemical Ecology.** 17: 499-504.

- Sharma, S.S., K. Gill, M.S. Malik and O.P. Malik. 2000. Insecticidal, antifeedant and growth inhibitory activities of essential oils of some medicinal plants. **Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences.** 21 (1): 6.
- Shieh, J.C. 1996. Yields and chemical compounds of essential oils in *Eucalyptus camaldulensis*. **Taiwan Journal of Forest Science.** 11 (2): 149-157.
- Talukder, F.A. and P.E. Howse. 1995. Evaluation of *Aphanamixis polystachya* as a source of repellents, antifeedants, toxicants and protectants in storage against *Tribolium castaneum*. **Journal of Stored Products Research.** 31 (1) : 55-61.
- Tapondjou, A.L., C. Adler, D.A. Fontem, H. Bouda and C. Reichmuth. 2005. Bioactivities of cymol and essential oil of *Cupressus sempervirens* and *Eucalyptus saligna* against *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium confusum* du Val. **Journal of Stored Products Research.** 41: 91-102.
- Theagarajan, K.S. and V.V. Prabhu. 1987. A note on *Eucalyptus camaldulensis* (syn. *E. rostrata*) of Andhra Pradesh-leaf oil. **Myforest.** 23 (1): 13-16.
- Tunc, I. and S. Sahinkaya. 1998. Sensitivity of two greenhouse pests to vapour of essential oils. **Entomologia Experimentalis et Applicata.** 86 (2): 183-187.
- Tunc, I., B.M. Berger, F. Erler and F. Dagli. 2000. Ovicidal activity of essential oils from five plants against two stored-product insects. **Journal of Stored Products Research.** 36: 161-168.
- Zrira, S. and B. Benjilali. 1991. The essential oil of the leaves and the fruits of *E. camaldulensis*. **Journal of Essential Oil Research.** 3 (6): 443-444.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก
ใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนพฤศจิกายน ต่อหนอนกระทู้ผัก

ความเข้มข้น (% v/v)	ซ้ำที่	จำนวนหนอนกระทู้ผักที่ตาย (ตัว)				
		ระยะเวลาหลังการทดสอบ (ชั่วโมง)				
		2	4	6	12	24
0	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	รวม	0	0	0	0	0
4	1	3	4	5	6	6
	2	1	1	1	1	1
	3	0	0	0	0	0
	รวม	4	5	6	7	7
6	1	5	7	7	7	7
	2	2	4	4	4	4
	3	3	4	4	6	6
	รวม	10	15	15	17	17
8	1	6	6	6	7	8
	2	5	5	5	5	5
	3	10	10	10	10	10
	รวม	21	21	21	22	23
10	1	10	10	10	10	10
	2	10	10	10	10	10
	3	6	6	6	6	6
	รวม	26	26	26	26	26

ตารางผนวกที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก
ใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนมกราคม ต่อหนอนกระทู้ผัก

ความเข้มข้น (% v/v)	ซ้ำที่	จำนวนหนอนกระทู้ผักที่ตาย (ตัว)				
		ระยะเวลาหลังการทดสอบ (ชั่วโมง)				
		2	4	6	12	24
0	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	รวม	0	0	0	0	0
4	1	0	0	1	1	1
	2	1	1	2	2	2
	3	0	1	2	2	2
	รวม	1	2	5	5	5
6	1	0	4	4	4	4
	2	0	5	5	5	5
	3	3	3	3	4	4
	รวม	3	12	12	13	13
8	1	0	4	6	6	6
	2	0	1	1	4	5
	3	1	3	6	6	8
	รวม	1	8	13	16	19
10	1	3	3	3	7	7
	2	3	3	4	4	4
	3	1	7	7	10	10
	รวม	7	13	14	21	21

ตารางผนวกที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก
ใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนมีนาคม ต่อหนอนกระทู้ผัก

ความเข้มข้น (% v/v)	ซ้ำที่	จำนวนหนอนกระทู้ผักที่ตาย (ตัว)				
		ระยะเวลาหลังการทดสอบ (ชั่วโมง)				
		2	4	6	12	24
0	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	รวม	0	0	0	0	0
4	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	1	2	3	3	3
	รวม	1	2	3	3	3
6	1	1	3	3	3	3
	2	3	5	5	5	5
	3	2	5	5	5	5
	รวม	6	13	13	13	13
8	1	0	2	2	7	7
	2	4	5	6	6	6
	3	0	2	2	2	2
	รวม	4	9	10	15	15
10	1	0	1	6	6	6
	2	3	3	3	4	4
	3	2	5	6	6	6
	รวม	5	9	15	16	16

ตารางผนวกที่ 4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก
ใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนพฤษภาคม ต่อหนอนกระทู้ผัก

ความเข้มข้น (% v/v)	ซ้ำที่	จำนวนหนอนกระทู้ผักที่ตาย (ตัว)				
		ระยะเวลาหลังการทดสอบ (ชั่วโมง)				
		2	4	6	12	24
0	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	รวม	0	0	0	0	0
6	1	1	1	3	3	4
	2	0	1	2	2	6
	3	0	1	3	3	3
	รวม	1	3	8	8	13
8	1	1	2	3	6	8
	2	1	1	3	3	3
	3	1	1	3	4	5
	รวม	3	4	9	13	16
10	1	1	1	1	5	9
	2	1	3	4	4	4
	3	1	1	2	5	5
	รวม	3	5	7	14	18
12	1	2	4	10	10	10
	2	1	4	4	4	7
	3	0	2	2	3	3
	รวม	3	10	16	17	20

ตารางผนวกที่ 5 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก
ใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนกรกฎาคม ต่อหนอนกระทู้ผัก

ความเข้มข้น (% v/v)	ซ้ำที่	จำนวนหนอนกระทู้ผักที่ตาย (ตัว)				
		ระยะเวลาหลังการทดสอบ (ชั่วโมง)				
		2	4	6	12	24
0	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	รวม	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	1	1
	2	1	3	3	3	4
	3	1	1	1	1	4
	รวม	2	4	4	5	9
8	1	0	0	3	3	3
	2	0	0	1	1	2
	3	1	5	5	8	9
	รวม	1	5	9	12	14
10	1	0	1	5	6	6
	2	1	2	2	4	4
	3	0	2	2	5	5
	รวม	1	5	9	15	15
12	1	1	2	2	4	7
	2	8	9	10	10	10
	3	10	10	10	10	10
	รวม	19	21	22	24	27

ตารางผนวกที่ 6 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงด้วยน้ำมันหอมระเหยจาก
ใบยูคาลิปตัสที่เก็บในเดือนกันยายน ต่อหนอนกระทู้ผัก

ความเข้มข้น (% v/v)	ซ้ำที่	จำนวนหนอนกระทู้ผักที่ตาย (ตัว)				
		ระยะเวลาหลังการทดสอบ (ชั่วโมง)				
		2	4	6	12	24
0	1	0	0	0	0	0
	2	0	0	0	0	0
	3	0	0	0	0	0
	รวม	0	0	0	0	0
6	1	0	0	0	1	3
	2	1	3	3	3	3
	3	5	6	8	10	10
	รวม	6	9	11	14	16
8	1	0	0	1	3	4
	2	1	1	1	1	5
	3	8	8	8	8	9
	รวม	9	9	10	12	18
10	1	1	4	4	4	4
	2	4	5	5	5	5
	3	4	4	10	10	10
	รวม	9	13	19	19	19
12	1	2	3	3	4	7
	2	6	6	7	7	7
	3	3	5	5	5	9
	รวม	11	14	15	16	23

ตารางผนวกที่ 7 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารรมกำจัดแมลงของน้ำมันหอมระเหยจาก
ใบยูคาลิปตัส ที่เก็บในฤดูแล้งและฤดูฝนต่อหนอนกระทู้ผัก ที่ระยะเวลา 24 ชั่วโมง

ฤดูกาล	ความเข้มข้น (% v/v)	เปอร์เซ็นต์การตาย (%)	LC ₅₀ (% v/v)	สมการรีเกรสชัน ± S.E.
ฤดูแล้ง (มกราคม)	0	0.00	6.51	Y = 7.83X - 4 ± 7.56
	4	30.00	(5.43 mg/ml)	R ² = 0.915
	6	43.33		
	8	50.00		
	10	80.00		
ฤดูฝน (พฤษภาคม)	0	0.00	7.71	Y = 10.50x - 33.67 ± 8.27
	6	23.33	(6.44 mg/ml)	R ² = 0.942
	8	56.67		
	10	76.67		
	12	86.67		

ตารางผนวกที่ 8 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บในฤดูแล้งต่อหนอนกระทู้ผัก

ความเข้มข้น (% v/v)	เปอร์เซ็นต์การไล่แมลง (% ± SD)						เปอร์เซ็นต์ การไล่แมลงเฉลี่ย (% ± SD)
	เวลาหลังทดสอบ						
	15 นาที	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	
0.5	26.67 ± 46.19	33.33 ± 30.55	26.67 ± 23.09	26.67 ± 23.09	26.67 ± 23.09	26.67 ± 23.09	27.78 ± 12.62
1.5	60.00 ± 34.64	46.67 ± 23.09	33.33 ± 41.63	33.33 ± 41.63	33.33 ± 41.63	33.33 ± 41.63	40.00 ± 31.80
2.5	80.00 ± 20.00	60.00 ± 00.00	53.33 ± 23.09	53.33 ± 23.09	46.67 ± 11.55	46.67 ± 11.55	56.67 ± 17.64
3.5	80.00 ± 20.00	73.33 ± 30.55	73.33 ± 30.55	73.33 ± 30.55	73.33 ± 30.55	60.00 ± 00.00	72.22 ± 22.69
	ns ^{1/}	ns	ns	ns	ns	ns	
C.V. (%)	52.13	45.93	65.46	75.25	64.15	58.79	

^{1/} ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 9 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการไล่แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บในฤดูฝนต่อหนอนกระทู้ผัก

ความเข้มข้น (% v/v)	เปอร์เซ็นต์การไล่แมลง (% ± SD)						เปอร์เซ็นต์
	เวลาหลังทดสอบ						การไล่แมลงเฉลี่ย
	15 นาที	1 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง	3 ชั่วโมง	4 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	(% ± SD)
1	20.00 ± 20.00	20.00 ± 20.00	13.33 ± 11.55	13.33 ± 11.55	13.33 ± 11.55	13.33 ± 11.55	15.56 ± 7.70
2	46.67 ± 50.33	46.67 ± 50.30	33.33 ± 23.09	33.33 ± 23.09	20.00 ± 20.00	20.00 ± 20.00	33.34 ± 30.55
3	53.33 ± 11.55	40.00 ± 34.64	40.00 ± 34.64	26.67 ± 11.55	26.67 ± 11.55	26.67 ± 11.55	35.56 ± 17.10
4	66.67 ± 30.55	46.67 ± 46.19	46.67 ± 46.19	46.67 ± 46.19	46.67 ± 46.19	46.67 ± 46.19	45.55 ± 32.37
	ns ^{1/}	ns	ns	ns	ns	ns	
C.V. (%)	67.76	103.30	87.44	78.92	86.41	86.41	

^{1/} ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ตารางผนวกที่ 10 ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ในการทดสอบ
ประสิทธิภาพการเป็นสารฆ่าแมลงต่อหนอนกระทู้ผัก ที่ความเข้มข้นของค่า LC_{50}

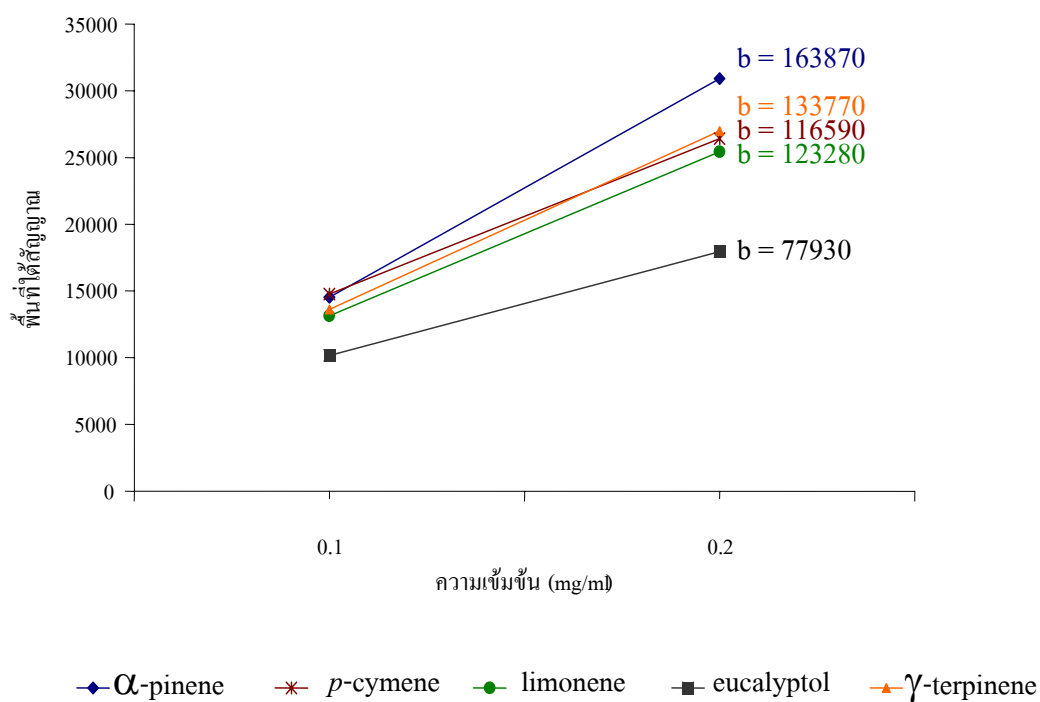
ฤดูกาล	ปริมาณสารองค์ประกอบ (mg/ml)				
	α -pinene	<i>p</i> -cymene	limonene	eucalyptol	γ -terpinene
ฤดูแล้ง					
พฤศจิกายน	0.20	0.76	1.00	0.00	3.63
$LC_{50} = 5.64$ (% v/v)					
มกราคม	0.14	1.25	0.12	1.71	3.21
$LC_{50} = 6.87$ (% v/v)					
มีนาคม	0.09	2.39	0.00	0.00	3.95
$LC_{50} = 8.34$ (% v/v)					
ฤดูฝน					
พฤษภาคม	0.15	3.59	0.00	0.00	2.51
$LC_{50} = 7.31$ (% v/v)					
กรกฎาคม	0.07	2.98	0.00	0.82	2.41
$LC_{50} = 8.23$ (% v/v)					
กันยายน	0.10	2.91	0.00	1.52	2.71
$LC_{50} = 5.72$ (% v/v)					

ตารางผนวกที่ 11 ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ในการทดสอบ
ประสิทธิภาพการเป็นสารรมต่อหนอนกระทู้ผัก ที่ความเข้มข้นของค่า LC_{50}

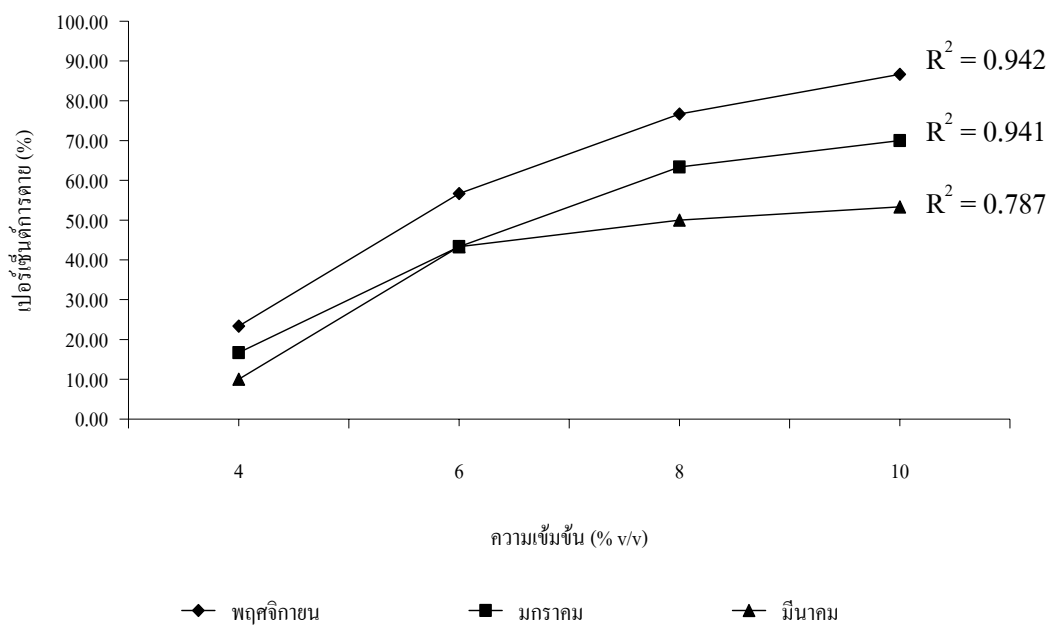
เคื่อน	ปริมาณสารออกฤทธิ์ (mg/ml)				
	α -pinene	<i>p</i> -cymene	limonene	eucalyptol	γ -terpinene
ฤดูแล้ง (มกราคม) $LC_{50} = 6.51$ (% v/v)	0.13	1.18	0.12	1.62	3.04
ฤดูฝน (พฤษภาคม) $LC_{50} = 7.71$ (% v/v)	0.16	3.79	0.00	0.00	2.64

ตารางผนวกที่ 12 ปริมาณสารออกฤทธิ์ที่มีอยู่ในน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ในการทดสอบประสิทธิภาพการเป็นสารไล่แมลง

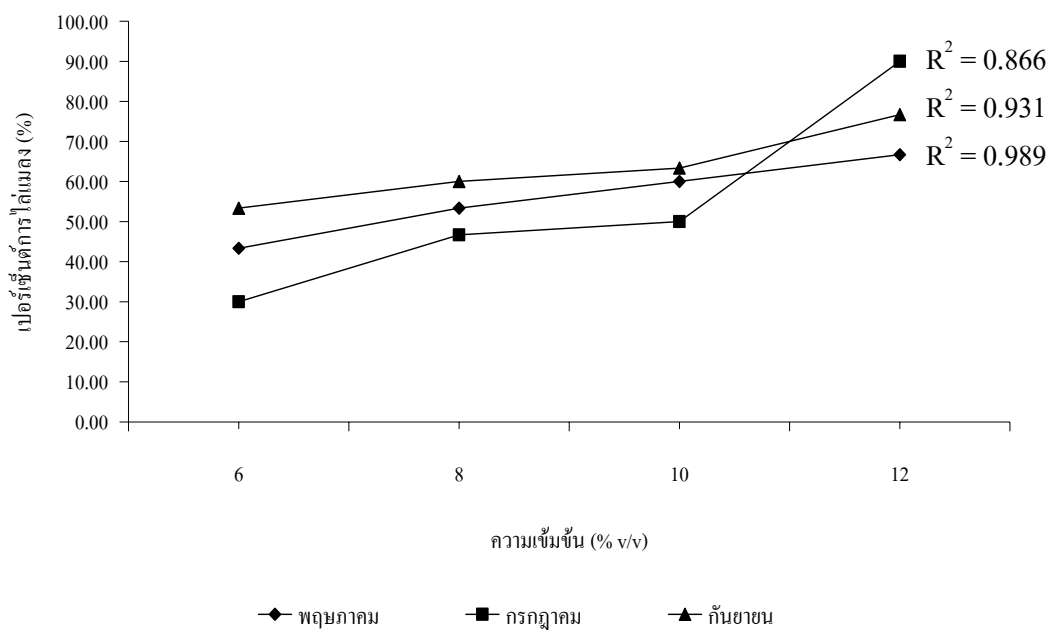
ฤดูกาล	ความเข้มข้น (% v/v)	ปริมาณสารออกฤทธิ์ (mg/ml)				
		α -pinene	<i>p</i> -cymene	limonene	eucalyptol	γ -terpinene
ฤดูแล้ง (มกราคม)	0.5	0.01	0.09	0.01	0.12	0.23
	1.5	0.03	0.27	0.03	0.37	0.70
	2.5	0.05	0.46	0.04	0.62	1.17
	3.5	0.07	0.64	0.06	0.87	1.63
ฤดูฝน (พฤษภาคม)	1	0.02	0.49	0.00	0.00	0.34
	2	0.04	0.98	0.00	0.00	0.69
	3	0.06	1.47	0.00	0.00	1.03
	4	0.08	1.97	0.00	0.00	1.37



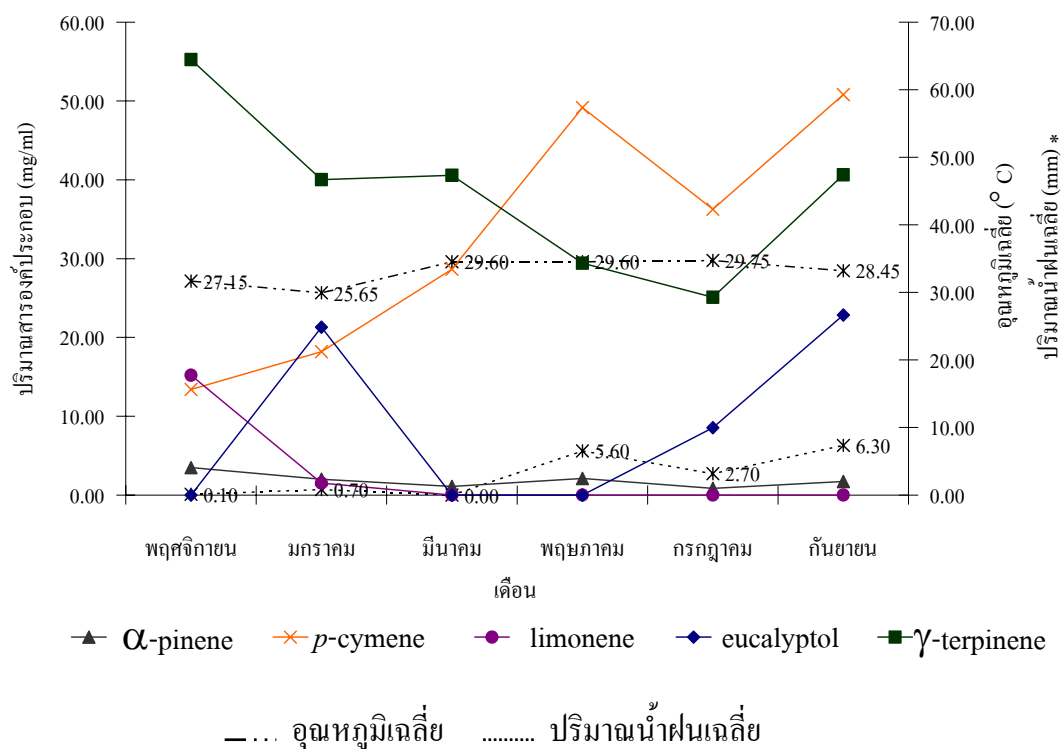
ภาพผนวกที่ 1 ความสัมพันธ์ของความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกับพื้นที่ที่ได้สัญญาณของสารละลายมาตรฐานที่ปรากฏ



ภาพผนวกที่ 2 ประสิทธิภาพการปั่นสารได้แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บใน
ฤดูแล้งต่อหนอนกระทู้ผัก



ภาพผนวกที่ 3 ประสิทธิภาพการป้อนสารได้แมลงของน้ำมันหอมระเหยจากใบยูคาลิปตัส ที่เก็บใน ถาดฟุ้งต่อหนอนกระทู้ผัก



ภาพผนวกที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างสารองค์ประกอบกับอุณหภูมิเฉลี่ยและปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยในเดือนที่เก็บใบยูคาลิปตัสมาสกัดน้ำมันหอมระเหย

* ที่มา: Nakhonpathom Meteorological Station (2003) และ Nakhonpathom Meteorological Station (2004)