



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ด ในการออกฤทธิ์ป้องกันและกำจัดตัวงวงข้าวสาร”

Synergistic Effects of Certain Essential Oils and Volatile Substances on
Formulated Neem Oil Pellet in Rice Weevil (*Sitophilus oryzae*) Protection

โดย

อัญชลี สงวนพงษ์ และคณะ

ธันวาคม 2543

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ “การเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ด ในการออกฤทธิ์ป้องกันและกำจัดตัวงวงข้าวสาร

Synergistic Effects of Certain Essential Oils and Volatile Substances on
Formulated Neem Oil Pellet in Rice Weevil (*Sitophilus oryzae*) Protection

คณะผู้วิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัญชลี สงวนพงษ์
ภาควิชาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูป
คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร
สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล

รองศาสตราจารย์ ดร.งามมิ่ง ดงคำทิพย์
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย สมบัติศิริ
ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยที่ได้สนับสนุนงบประมาณหลักในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้ตลอดจนสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลที่ได้สนับสนุนงบประมาณเพิ่มเติมเพื่อให้การดำเนินการวิจัยคล่องตัวมากขึ้น นอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ปทุมไรสมิล แอนด์ แกรนารี จำกัด(มหาชน) ในการตรวจวิเคราะห์คุณภาพเพื่อการรับประทานของข้าวทดสอบจึงใคร่ขอขอบคุณมา ณ ที่นี้ด้วย

ในระหว่างดำเนินการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้รับความกรุณาจากที่ปรึกษาโครงการคือ ศาสตราจารย์ ดร.ขวัญชัย สมบัติศิริและรองศาสตราจารย์ ดร. งามวงศ์ คงคาทิพย์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ที่ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะตลอดจนแนวคิดที่เป็นประโยชน์ต่อการวิจัยอย่างเป็นรูปธรรมและใคร่กราบขอบพระคุณต่อการสนับสนุนและกำลังใจที่ท่านทั้งสองมีให้เพื่อเสริมสร้างนักวิจัยใหม่และสร้างสรรค์ประชาคมวิจัยให้เกิดขึ้นอย่างแท้จริง

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มณฑิณี เศรษฐภักดี คณบดีคณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ตลอดจนผู้บริหารคณะ ฯ ที่เกี่ยวข้องที่ได้ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานวิจัยทั้งด้านสถานที่และครุภัณฑ์ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณมิตรสหายและเจ้าหน้าที่คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตรที่ได้ช่วยเหลือในการดำเนินการด้านต่าง ๆ ได้แก่ คุณสายสุนีย์ ศรีม่วงผู้ช่วยจัดพิมพ์ต้นฉบับ คุณณรงค์ อ่อน พลชัยมาตย์และคุณศิริชัย สอนธิม ผู้ช่วยงานวิจัยในห้องปฏิบัติการตลอดจนช่วยจัดพิมพ์ต้นฉบับและพิสูจน์อักษร

ท้ายนี้ใคร่ขอขอบพระคุณ อาจารย์สุทัศน์ บุรีภักดี คณบดีคณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน อาจารย์ภักตร์พิมล เสนีย์ อาจารย์ยุวียง อนุমানราชธนและอาจารย์ไวยวุฒิ วุฒิอรรถสาร คณาจารย์ภาควิชาการถ่ายภาพและภาพยนตร์ คณะเทคโนโลยีสื่อสารมวลชน ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยบันทึกภาพงานทดลองต่าง ๆ เพื่อใช้ในการนำเสนอผลงาน การเผยแพร่และโฆษณาในโอกาสต่อไป

อัญชลี สงวนพงษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ	i
Abstract	iii
Executive summary	v
บทที่ 1 ความสำคัญของปัญหา	1
บทที่ 2 วิธีการทดลอง	3
2.1 การเลี้ยงแมลงให้ได้ปริมาณมาก	3
2.2 การสกัดน้ำมันสะเดา	4
2.3 การทำอิมัลชันน้ำมันสะเดาความเข้มข้นต่าง ๆ	5
2.4 การดองอัดน้ำมันสะเดาอัดเม็ด	5
2.5 การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรต่าง ๆ ที่มีต่อ ด้วงวงข้าวสาร	6
2.5.1 ผลต่อการวางไข่และความสามารถในการผลิตลูกหลาน	6
2.5.2 ผลต่ออัตราการรอดชีวิตของตัวเต็มวัย	6
2.5.3 ผลต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนประชากร	6
2.5.4 ผลต่อรสชาติและการยอมรับของผู้บริโภค	6
2.5.5 ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล การกำหนดพื้นที่ประชากร ตัวอย่าง ฯลฯ	6
2.5.6 ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล	8
บทที่ 3 ผลการทดลอง	9
3.1 การเลี้ยงแมลงให้ได้ปริมาณมาก	9
3.2 การสกัดน้ำมันสะเดา	9
3.3 การทำอิมัลชันน้ำมันสะเดา	9
3.4 การดองอัดน้ำมันสะเดาอัดเม็ด	12
3.5 การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ดที่มีต่อด้วงวงข้าวสาร	13
3.5.1 ผลต่อการวางไข่และความสามารถในการผลิตลูกหลาน	13
3.5.2 ผลต่ออัตราการรอดชีวิต	20
3.5.3 ผลต่ออัตราเพิ่มหรือลดประชากรแมลง	24

3.5.3.1 ผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวสาร	24
3.5.3.2 ผลต่ออัตราการตายและรอดชีวิตของแมลง	27
3.5.3.3 ผลต่อความสามารถในการวางไข่	29
3.5.3.4 ผลต่อความสามารถในการฟักของไข่	34
3.6 ผลต่อรสชาติและการยอมรับของผู้บริโภค	40
บทที่ 4 สรุปและวิจารณ์ผล	41
บทที่ 5 เอกสารอ้างอิง	49

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1	ลักษณะปรากฏของอิมัลชันน้ำมันสะเดาผสมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ
ตารางที่ 2	ลักษณะปรากฏของอิมัลชันน้ำมันสะเดาผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพชนิดต่าง ๆ
ตารางที่ 3	ค่าแรงกด(ความแข็ง) ของน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมสารอิมัลซิไฟเออร์ ชนิดต่าง ๆ
ตารางที่ 4	น้ำหนักข้าวที่เหลือในแต่ละทรีตเมนต์ภายหลังการทดสอบในสัปดาห์ต่าง ๆ
ตารางที่ 5	ค่า Lethal Time (LT_5 - LT_{50} - LT_{95}) ของการตายของด้วงงวงข้าวสารโดยการอบ หรือรมข้าวสารด้วยน้ำมันสะเดาสูตรต่าง ๆ และสมการสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง
ตารางที่ 6-1	จำนวนไขที่ด้วงงวงข้าวสารวางไว้ในช่วง 1-12 สัปดาห์ภายหลังการทดสอบ
ตารางที่ 6-2	จำนวนไขที่ด้วงงวงข้าวสารวางไว้ในช่วง 37-48 สัปดาห์ภายหลังการทดสอบ
ตารางที่ 7	จำนวนด้วงงวงข้าวสารที่ฟักออกจากไขที่วางไว้ในข้าวที่อบหรือรมด้วย น้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมต่าง ๆ
ตารางที่ 8	การประเมินคุณภาพต่าง ๆ ในการหุงต้มของข้าวสารทดสอบที่ อบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาสูตรต่าง ๆ นาน 12 เดือน

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1	ลักษณะของอีมีลชั้นน้ำมันสะเดาผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพชนิดต่าง ๆ หลังการเขย่า
ภาพที่ 2	ลักษณะการแยกชั้นของของอีมีลชั้นน้ำมันสะเดาสูตรต่าง ๆ หลังจากตั้งไว้นาน 24 ชม.
ภาพที่ 3	น้ำมันสะเดาอัดเม็ดที่ใช้ในการทดสอบ
ภาพที่ 4	ลักษณะเมล็ดข้าวที่เสียหายจากการถูกด้วงวงข้าวสารเจาะทำลาย เพื่ออาศัยกินเป็นอาหารและวางไข่
ภาพที่ 5	น้ำหนักร้าวสารที่เหลือภายหลังการคัดแยกข้าวเสียหายจากการทำลายของด้วงวงข้าว
ภาพที่ 6	จำนวนสะสมของไข่ที่ด้วงวงข้าวสารวางไว้ในเมล็ดข้าวจากการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมต่าง ๆ
ภาพที่ 7	ผลการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อจำนวนด้วงวงข้าวสารในแต่ละสัปดาห์ที่ฟักออกเป็นตัว
ภาพที่ 8	จำนวนสะสมของด้วงวงข้าวสารที่ฟักออกเป็นตัวจากการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมต่าง ๆ
ภาพที่ 9	น้ำหนักร้าวที่เหลือภายหลังจากการทำลายโดยแมลงที่รอดชีวิตจากการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมชนิดต่าง ๆ
ภาพที่ 10	จำนวนสะสมของไข่ที่ด้วงวงข้าวสารที่รอดชีวิตวางไว้ในเมล็ดข้าวจากการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมต่าง ๆ
ภาพที่ 11	ผลการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อจำนวนด้วงวงข้าวที่ฟักออกเป็นตัว
ภาพที่ 12	เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักร้าวภายหลังการอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาสูตรต่าง ๆ
ภาพที่ 13	เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงทดสอบโดยการอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตร

ภาพที่ 14	จำนวนสะสมของไรที่ด้วงงวงข้าววางไว้ในเมล็ดข้าวจากการใช้น้ำมันสะเดาสุตรต่าง ๆ	31
ภาพที่ 15	ผลการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่อจำนวนสะสมของด้วงงวงที่ฟักออกเป็นตัว	36
ภาพที่ 16-1	ผลการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่อจำนวนด้วงงวงที่ฟักเป็นตัวเป็นวั ในสัปดาห์ที่ 1-48 หลังการทดสอบ	37
ภาพที่ 16-2	ผลการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่อจำนวนด้วงงวงที่ฟักเป็นตัวเป็นวั ในสัปดาห์ที่ 24-48 หลังการทดสอบ	38

บทคัดย่อ

สัญญาเลขที่ PDF/46/2541
ชื่อโครงการ การเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ดในการออกฤทธิ์ป้องกันและกำจัดด้วงวงข้าวสาร
คณะผู้วิจัย อัญชลี สงวนพงษ์¹ งามผ่อง คงคาทิพย์² และ ขวัญชัย สมบัติศิริ³
E-mail address unchalee @ aet.rit.ac.th
ระยะเวลาวิจัย กรกฎาคม 2541 ถึง ธันวาคม 2543
วัตถุประสงค์ 1. ศึกษาผลของสารทดสอบชนิดต่าง ๆ ต่อการเปลี่ยนแปลงประชากรด้วงวงข้าวสาร
2. ศึกษาผลของสารทดสอบชนิดต่าง ๆ ต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดา

ระเบียบวิธีวิจัย นำข้าวสารทดสอบมาอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ เป็นเวลา 3 วันทำการศึกษาผลต่ออัตราการรอดชีวิต ความสามารถในการวางไข่และผลิตลูกหลาน ความสามารถในการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงที่วางไว้ นอกจากนี้ยังศึกษาผลที่มีต่อการเพิ่ม-ลดประชากรของแมลงที่อาศัยอยู่ในพืชอาหารโดยอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาสุตรต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาการทดสอบนาน 48 สัปดาห์ สารที่ใช้ในการทดสอบได้แก่ น้ำมันสะเดา(NO) น้ำมันสะเดาสุตรผสมน้ำมันอบเชย(NO+CI) สุตรผสมน้ำมันกานพลู(NO+CL) สุตรผสมน้ำมันตะไคร้หอม(NO+CIT) สุตรผสมการบูร(NO+CA) สุตรผสมพิมเสน(NO+BO) หรือสูตรผสมเมนทอล(NO+ME)

ผลการทดลอง การนำน้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ มาอบหรือรมข้าวสารเป็นเวลา 3 วัน พบว่าสูตรผสมทุกสูตรไม่มีผลในการทำให้แมลงตายโดยตรง แต่พบว่าการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอม หรือเมนทอลมีผลทำให้แมลงเข้าทำลายพืชอาหารและวางไข่ได้น้อยลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผสมน้ำมันสะเดาด้วยเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาในการยับยั้งการวางไข่ได้มากกว่าทริตเมนต์ใด ๆ ในขณะที่การใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมพิมเสนแสดงแนวโน้มในการลดประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาในการออกฤทธิ์ป้องกันกำจัดแมลง ส่วนผลที่มีต่อความสามารถในการผลิตลูกหลานพบว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอม หรือเมนทอลยับยั้งความสามารถในการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงวางไว้ได้ ส่วนการผสมน้ำมันสะเดากับน้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนไม่มีผลทำให้มีจำนวนตัวเต็มวัยในรุ่นถัดไปลดลง แมลงที่รอดชีวิตจากการอบหรือรมข้าวสารด้วยสูตรผสมทุกสูตรมีความสามารถในการเข้าทำลายพืชอาหารใหม่และวางไข่ได้น้อยลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผสมกับเมนทอลแต่การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนมีแนวโน้มกระตุ้นให้แมลงที่รอดชีวิตมีความสามารถในการวางไข่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าน้ำมันสะเดาทุกสูตรไม่มีผลในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัว

ผลต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนประชากรแมลงโดยนำมาอบหรือรมข้าวสารตลอดระยะเวลาการทดลองพบว่าสูตรผสมการบูร พิมเสน หรือเมนทอลเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาโดยเพิ่มเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงและลดเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งสูตรผสมเมนทอลช่วยยับยั้งการเข้า

¹ คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล ปทุมธานี 12110

² คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

³ คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

ทำลายผลผลิตได้ดีที่สุด ในขณะที่สูตรผสมน้ำมันกานพลูมีผลลดทอนประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดา ส่วนการผสมน้ำมันสะเดากับน้ำมันอบเชยหรือน้ำมันตะไคร้หอมพบว่า ให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว การศึกษาจำนวนสะสมของไข่ที่แมลงวางไว้ตลอดช่วงการทดสอบพบว่า การผสมน้ำมันกานพลูมีผลลดทอนประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงทำให้จำนวนสะสมของไข่ที่แมลงวางไว้มีมากกว่าทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว ในทางตรงกันข้ามสูตรผสมน้ำมันอบเชยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของแมลง ส่วนสูตรผสมน้ำมันตะไคร้หอม การบูร พิมเสนหรือเมนทอลให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวและทรีตเมนต์ควบคุม ส่วนผลการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวพบว่า สูตรผสมน้ำมันกานพลูหรือน้ำมันอบเชยลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาแต่การผสมน้ำมันสะเดากับสารหอมระเหยเช่นการบูร พิมเสนหรือเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ทำให้มีจำนวนสะสมของตัวงวงงข้าวสารที่ฟักออกเป็นตัวน้อยและทำให้มีจำนวนตัวเต็มวัยในรุ่นถัดไปลดลง

การทดสอบคุณภาพของรสชาติและกายภาพของผู้บริโภคที่มีต่อข้าวสารที่เหลือภายหลังการทดสอบนาน 48 สัปดาห์พบว่าคุณภาพกลิ่นของข้าวสารทดสอบในแต่ละทรีตเมนต์มีค่าระดับคะแนนต่ำกว่ามาตรฐานของการหุงต้มเพื่อรับประทานของข้าวหอมมะลิและข้าวสารธรรมดา โดยที่การใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวมีค่าระดับคะแนนของคุณภาพกลิ่นดีที่สุด ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูหรือเมนทอลมีคุณภาพกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด ส่วนค่าคุณภาพอื่น ๆ ได้แก่ ความนุ่ม การเกาะตัว ความขาวตลอดจนความเลื่อมมันพบว่ายู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้โดยการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมต่าง ๆ ไม่มีผลต่อค่าคุณภาพดังที่ได้กล่าวมาแล้วและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว

สรุปและอภิปรายผล ผลการทดลองแสดงให้เห็นความเป็นไปได้ในการใช้น้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือเมนทอลเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาในการป้องกันและกำจัดตัวงวงงข้าวสารโดยการอบหรือรมนาน 3 วัน สูตรผสมต่าง ๆ มีฤทธิ์ในการป้องกันการเข้าทำลายพืชอาหาร ยับยั้งการวางไข่และการฟักออกเป็นตัวมีผลทำให้ประชากรแมลงในรุ่นถัดไปลดลง ขณะที่สูตรผสมน้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนลดประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาแต่ให้ผลดีกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ส่วนการอบหรือรมนานตลอดระยะเวลาการทดสอบพบว่าให้ผลแตกต่างไปกล่าวคือสูตรผสมการบูร พิมเสนหรือเมนทอลแสดงผลดีกว่าสูตรผสมน้ำมันหอมระเหยในการยับยั้งการเข้าทำลายพืชอาหาร การวางไข่และการฟักออกเป็นตัวมีผลทำให้ประชากรแมลงในรุ่นถัดไปลดลง ผลที่คล้ายคลึงกันคือสูตรผสมน้ำมันกานพลูลดประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดา การทดสอบคุณภาพกลิ่นของข้าวสารทดสอบจากการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวมีค่าระดับคะแนนของคุณภาพกลิ่นดีที่สุด ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูหรือผสมเมนทอลมีคุณภาพกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด ส่วนค่าคุณภาพอื่น ๆ ได้แก่ ความนุ่ม การเกาะตัว ความขาวตลอดจนความเลื่อมมันพบว่ายู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้และไม่พบความแตกต่างทางสถิติ

ข้อเสนอแนะ ผลการทดลองสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสภาพการเก็บรักษาข้าวสารในภาชนะบรรจุในบ้านเรือน ยุ้งฉางและโรงเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อขยายขนาดการทดลองเพื่อหาปริมาณการใช้ สภาวะการระบายอากาศที่เหมาะสมตลอดจนศึกษาหาสารออกฤทธิ์ในน้ำมันหอมระเหยและสารหอมระเหยที่เป็นสาเหตุการเพิ่มหรือลดประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพของสูตรผสมและผลิตเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

คำสำคัญ น้ำมันสะเดา น้ำมันหอมระเหย สารหอมระเหย สารเพิ่มประสิทธิภาพ ตัวงวงงข้าวสาร

ABSTRACT

Project Code PDF/46/2541

Project Title Synergistic Effects of Certain Essential Oils and Volatile Substances on Formulated Neem Oil Pellet in Rice Weevil (*Sitophilus oryzae*) Protection

Investigators U . Sanguanpong¹ , N. Kongkathip² and K. Sombatsiri³

E-Mail Address unchalee@aet.rit.ac.th

Project Period July 1998-June 2000

Objectives

1. To study the efficiency of different formulated neem oil on the population dynamic of the rice weevil
2. To study the synergistic effects of certain essential oils and volatile substances on bioactivities of formulated neem oil

Methodology Neem oil was formulated with certain essential oils and volatile substances. Their biological activities in comparison with untreated control and neem oil alone against the rice weevil *Sitophilus oryzae* were evaluated. All formulas were used to fumigate the test weevils in rice container for a certain period. The effectiveness of the test materials such as effect on insect survivalship, fecundity effect, number of adult emergence were determined. The test substances were clove oil, cinnamon oil, citronella oil, camphor, borneol and menthol.

Results Fumigation of the rice grain with various formulas of neem oil showed that no direct mortality of *Sitophilus oryzae* were found. The neem oil mixed with cinnamon oil (NOCI), citronella oil (NOCIT) or menthol (NOME) resulted in greater feeding and oviposition deterrence than untreated control (CONTROL) and neem oil alone (NO). It was observed that the NOME showed the highest degree of inhibition effects on the egg laying of *S. oryzae*. In contrast with NOME, the formulated neem oil with borneol (NOBO) gave consistently worst results. Mixture of neem oil and clove oil (NOCL), camphor (NOCA) and borneol (NOBO) also showed negative influence on the number of egg-laying and emerged insects. Later studies with survived weevils confirmed the favorable result gained. It showed that the insects in each treatment lossed their abilities to damage their new host plants over a 24-week storage period, particularly in NOME treatment. There was also a decrease in number of egg laid by *S. oryzae*. On the other hand, the NOCL, NOCA and NOBO were ineffective to the oviposition of insect due to steep increase in number of egg laying along a 24-week storage period.

¹ Faculty of Agncultural Engineering and Technology, Rajamangala Institute of Technology, Patumtani 12110

² Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900

³ Faculty of Agr culture, Kasetsart University, Bangkok 10900

The efficiency of different treatments on population dynamic of rice weevil showed that addition of camphor, borneol and menthol provided the synergistic effect to neem oil. Regarding the percentage of mortality and weight loss, the NOME treatment proved to be the best, whereas NOCL showed an antagonism to neem oil. Also the NOCI and NOCIT were not significant differences to neem oil. The cumulative number of egg laid along a 48-week period in the NOCL was more than in the CONTROL and NO. Whereas the NOCIT, NOCA, NOBO and NOME exhibited no different ovicidal property. Effect on hatchability and progeny development indicated that the NOCL and NOCI decreased an inhibition of adult emergence. In contrast, the NOCA, NOBO and NOME gave strong action in reducing hatchability of F1-offspring.

An organoleptic test indicated that the grain treated over a 48-week period in all treatments had a disagreeable smell more than accepted value. Neem oil alone remained a best smell, whereas the NOCL and NOME showed the worst disagreeable smell. Other qualities such as firmness, stickiness, whiteness and appearance remained unaltered and showed no significant differences by the CONTROL and NO.

Conclusion The results showed possibility as synergist agent of cinnamon oil, citronella oil and menthol to neem oil in controlling *S. oryzae* by grain fumigation for 3 days. It is concluded that the NOCI, NOCIT and NOME showed good consistency owing to negligible damage, inhibition of egg-laying and adult emergence, while the NOCL, NOCA and NOBO treatment provided an antagonism to neem oil. With the fumigation along the test period, addition of camphor(NOCA), borneol (NOBO) and menthol (NOME) to neem oil were more effective than addition of essential oils in reducing seed damage, egg laying and development of offspring emerged.

The organoleptic test indicated that the grain treated with neem oil had a highest value (best smell), whereas the NOCL and NOME had a disagreeable smell. However the test failed to discriminate all qualities between the treated and untreated grain.

Suggestions Though the results demonstrated the possible practical applications of the formulated neem oil with certain essential oils and volatile substances for averting losses of food grains in confine conditions as warehouse and storage house. However, the size of on-farm storage should be further studied based on practical parameters: amount of used materials, aeration conditions including the active ingredients in essential oils and volatile substances. Only these approaches could be leaded to acceptance of this technology in commercial trial.

Keywords neem oil volatile substances essential oil synergism rice weevil

Executive Summary

การเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาอัดเม็ดในการออกฤทธิ์ป้องกันและกำจัดด้วงวงข้าวสาร (*Sitophilus oryzae*) มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารทดสอบชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาในการป้องกันกำจัดด้วงวงข้าวสารโดยนำข้าวสารทดสอบมาอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ เป็นเวลา 3 วันทำการศึกษาผลของสูตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการรอดชีวิต ความสามารถในการวางไข่และผลิตลูกหลาน ความสามารถในการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงวางไว้ ตลอดจนเก็บบันทึกข้อมูลความเสียหายของพืชอาหาร นอกจากนี้ยังอบหรือรมข้าวสารด้วยตลอดระยะเวลาการทดสอบนาน 48 สัปดาห์เพื่อศึกษาความสามารถในการเพิ่ม-ลดประชากรของแมลงที่อาศัยอยู่ สารที่ใช้ในการทดสอบได้แก่น้ำมันสะเดา(NO) น้ำมันสะเดาสุตรผสมน้ำมันอบเชย(NO+CI) สูตรผสมน้ำมันกานพลู(NO+CL) สูตรผสมน้ำมันตะไคร้หอม(NO+CIT) สูตรผสมการบูร(NO+CA) สูตรผสมพิมเสน(NO+BO) หรือสูตรผสมเมนทอล(NO+ME)

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการตายของแมลงโดยการนำมาอบหรือรมข้าวสารเป็นเวลา 3 วันในขณะที่มีแมลงทดสอบอาศัยอยู่พบว่าสูตรผสมทุกสูตรไม่มีผลในการทำให้แมลงตายในระหว่างการอบหรือรมแต่พบว่าการใช้สูตรผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือเมนทอลจะมีผลทำให้แมลงเข้าทำลายพืชอาหารได้น้อยลงตลอดจนทำให้สามารถวางไข่ได้น้อยลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผสมน้ำมันสะเดาด้วยเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาในการยับยั้งการวางไข่ได้มากกว่าทรีตเมนต์ใด ๆ ในขณะที่การใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมน้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนแสดงแนวโน้มในการลดประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาในการออกฤทธิ์ป้องกันกำจัดแมลง ส่วนผลที่มีต่อความสามารถในการผลิตลูกหลานโดยสังเกตจากการฟักออกเป็นตัวจากไข่แมลงที่วางไว้จากการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ พบว่าการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือเมนทอลยับยั้งความสามารถในการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงวางไว้ได้ทำให้มีจำนวนตัวเต็มวัยในรุ่นถัดไปลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม การผสมน้ำมันสะเดากับน้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนแสดงแนวโน้มในการลดประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาในการออกฤทธิ์ยับยั้งการฟักออกเป็นตัว

การศึกษาแมลงที่รอดชีวิตจากการทดสอบข้างต้นพบว่า การอบหรือรมข้าวสารด้วยน้ำมัน สะเดาสุตรผสมทุกสูตรมีผลทำให้แมลงที่รอดชีวิตมีความสามารถในการเข้าทำลายพืชอาหารใหม่ที่ปราศจากสารทดสอบได้น้อยลงโดยที่น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือ เมนทอลเพิ่มความสามารถในการยับยั้งการวางไข่โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผสมกับเมนทอลจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาแต่การใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนมีแนวโน้มในการกระตุ้นให้แมลงที่รอดชีวิตมีความสามารถในการวางไข่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่า น้ำมันสะเดาทุกสูตรไม่มีผลในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงที่รอดชีวิตวางไว้

การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรต่าง ๆ โดยนำมาอบหรือรมข้าวสาร ตลอดระยะเวลาการทดลองและศึกษาผลที่มีต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนประชากรของแมลงพบว่า สูตรผสมสารหอมระเหยเช่น น้ำมันสะเดาผสมการบูร พิมเสนหรือเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงทดสอบมีมากกว่าทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีผลต่อการยับยั้งการเข้าทำลาย เมล็ดข้าวและทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวมีน้อยกว่าทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผสมน้ำมันสะเดากับเมนทอลช่วยยับยั้งการเข้าทำลายผลผลิตของด้วงวงข้าวสารได้ดีที่สุด ในทางตรงกันข้ามการผสมน้ำมันสะเดากับน้ำมัน กานพลูมีผลลดทอนประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาทำให้ไม่มีผลต่อการเพิ่มอัตราการตายของแมลงทดสอบและเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวสารมีมากกว่าการใช้น้ำมันสะเดา ส่วนการผสมน้ำมันสะเดากับน้ำมันอบเชยหรือน้ำมันตะไคร้หอมพบว่าให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว จากการคำนวณสมการสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างระยะเวลาในการทดสอบกับเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงแล้วนำมาคำนวณหาค่า Lethal time ระดับต่าง ๆ พบว่าระยะเวลาในการทำให้แมลงตาย 50 % (LT_{50}) โดยการใช้ น้ำมันสะเดามีค่าเท่ากับ 17.22 สัปดาห์ซึ่งสั้นกว่าในทรีตเมนต์ควบคุมซึ่งมีค่า LT_{50} เป็น 20.40 สัปดาห์ กลุ่มของสารทดสอบที่มีค่า LT_{50} น้อยกว่า LT_{50} ของน้ำมันสะเดาและทรีตเมนต์ควบคุมคือสูตรผสมพิมเสน น้ำมันอบเชย เมนทอลหรือการบูรโดยที่การใช้ น้ำมันสะเดาผสมพิมเสนมีค่า LT_{50} ที่สั้นที่สุดคือ 12.86 สัปดาห์ รองลงมาคือ 15.74, 15.99 และ 16.71 สัปดาห์ตามลำดับ ส่วนการใช้ น้ำมันสะเดาผสมกับน้ำมัน กานพลูหรือน้ำมันตะไคร้หอมมีค่า LT_{50} เท่ากับ 17.68 และ 17.84 ตามลำดับซึ่งมากกว่าการใช้

น้ำมันสะเดาอย่างเดียว อย่างไรก็ตามค่า LT_{50} ของน้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูและน้ำมันตะไคร้หอมมีค่าน้อยกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ในทรีตเมนต์ควบคุม

การศึกษาผลของสารทดสอบสูตรต่าง ๆ ต่อความสามารถในการวางไข่ของแมลงทดสอบพบว่าจำนวนสะสมของไข่ที่แมลงวางไว้ตลอดช่วงการทดสอบพบว่าการใช้น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีผลต่อการเพิ่มหรือการลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาแตกต่างกัน การใช้ น้ำมันสะเดาผสมกานพลูมีผลลดทอนประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงทำให้จำนวนสะสมของไข่ที่แมลงวางไว้มีมากกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ และการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว ในทางตรงกันข้ามการใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงที่รอดชีวิตโดยจะมีจำนวนสะสมของไข่แมลงน้อยกว่าการใช้ น้ำมันสะเดาอย่างเดียวตลอดจนทรีตเมนต์ควบคุม ส่วนการใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันตะไคร้หอม การบูร พิมเสนหรือเมนทอลให้ผลในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวและทรีตเมนต์ควบคุม

การศึกษาจำนวนประชากรด้วงงวงข้าวสารที่ฟักออกเป็นตัวในแต่ละสัปดาห์จากไข่ที่แมลงวางไว้ใน การทดลองดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นแสดงให้เห็นชัดเจนว่า การใช้ น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยเช่น การบูร พิมเสนหรือเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวด้วงงวงข้าวสารจากไข่ที่วางไว้ได้ตลอดระยะเวลาการทดสอบ 48 สัปดาห์ทั้งนี้รวมถึงการใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันตะไคร้หอม ในขณะที่การใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยและสูตรผสมน้ำมันกานพลูไม่มีผลต่อการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวของด้วงงวงข้าวสาร เมื่อพิจารณาจากจำนวนสะสมของด้วงงวงข้าวสารที่ฟักออกเป็นตัวพบว่าน้ำมันสะเดาสามารถยับยั้งการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงทดสอบวางไว้ได้ดีกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ในทรีตเมนต์ควบคุม ในขณะที่การใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูหรือสูตรผสมน้ำมันอบเชยลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดา ส่วนการผสมน้ำมันตะไคร้หอมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวของด้วงงวงข้าวสารได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการผสมน้ำมันสะเดากับสารหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดคือการบูร พิมเสนหรือเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาได้ดีกว่าการใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันตะไคร้หอมทั้งนี้กล่าวได้ว่าการอบหรือการรมข้าวสารด้วยน้ำมันสะเดาผสมกับสารหอมระเหยเช่นการบูรพิมเสนหรือเมนทอล

มีผลต่อการควบคุมจำนวนประชากรแมลงในรุ่นถัดไปได้โดยทำให้จำนวนประชากรแมลงทั้งหมดที่พบในข้าวสารทดสอบลดลงตลอดอายุการเก็บรักษาผลผลิตข้าว

การนำข้าวสารที่เหลือภายหลังการทดสอบหรือการเก็บรักษานาน 48 สัปดาห์ไปทดสอบคุณภาพของรสชาติและการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้มาตรฐานการหุงต้มเพื่อรับประทานและมีมาตรฐานที่กำหนด 5 ลักษณะคือ คุณภาพกลิ่น ความนุ่ม การเกาะตัว ความขาวและความเลื่อมมัน ผลการทดลองพบว่าคุณภาพกลิ่นของข้าวสารทดสอบในแต่ละทรีตเมนต์มีค่าระดับคะแนนต่ำกว่ามาตรฐานของการหุงต้มเพื่อรับประทานของข้าวหอมมะลิและข้าวสารธรรมดาโดยที่การใช้ น้ำมันสะเดาอย่างเดียวยมีค่าระดับคะแนนของคุณภาพกลิ่นสูงที่สุด (ดีที่สุด) ส่วนการใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูหรือสูตรผสมเมนทอลมีคุณภาพกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด ทั้งนี้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในแต่ละทรีตเมนต์อาจเกิดจากการปล่อยแมลงจำนวนมากเกินไปเข้าทำลายเมล็ดข้าวตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบและมีการเพิ่มปริมาณตามระยะเวลาการทดสอบทำให้เกิดความเสียหายเกินระดับเศรษฐกิจและก่อให้เกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมต่าง ๆ ไม่มีผลช่วยลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากการเข้าทำลายของแมลงได้ แต่กลิ่นของสารทดสอบแต่ละชนิดไม่มีผลต่อการสร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์เพิ่มขึ้นและไม่พบความแตกต่างทางสถิติของทรีตเมนต์ต่าง ๆ ส่วนค่าคุณภาพอื่น ๆ ได้แก่ ความนุ่ม การเกาะตัว ความขาวตลอดจนความเลื่อมมันพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้โดยการใช้ น้ำมันสะเดาสูตรผสมต่าง ๆ ไม่มีผลต่อค่าคุณภาพดังที่ได้กล่าวมาแล้วและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวย

บทที่ 1

ความสำคัญของปัญหา

การสูญเสียผลผลิตทางการเกษตรในโรงเรือนจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บมีรายงานมาตั้งแต่โบราณกาลเช่นในสมัยอียิปต์ ตลอดจนถึงปัจจุบันการพัฒนาเทคโนโลยีในการเก็บรักษาเพื่อป้องกันความเสียหายที่เกิดขึ้นยังมิได้รับความสนใจมากเท่าที่ควร ทำให้ปริมาณผลผลิตที่สูญเสียไปในระหว่างการเก็บรักษาประมาณได้ว่าไม่น้อยกว่า 10% ของปริมาณผลผลิตทั้งหมด (Saxena, 1995) ในบางประเทศพบรายงานการสูญเสียผลผลิตข้าวโพดจากการเข้าทำลายของด้วงงวงข้าวโพดมากถึง 20% ของผลผลิตรวม (Nyambo, 1993) ลักษณะความสูญเสียหรือผลที่เกิดจากการเข้าทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บนอกจากจะทำให้สูญเสียน้ำหนักของผลผลิตที่แมลงอาศัยและกัดกินอยู่แล้วยังอาจทำให้คุณภาพของเมล็ดทั้งคุณค่าทางอาหารและความงอกของเมล็ดลดลงได้ นอกจากนี้แมลงบางชนิดเช่นมอดแป้ง (*Tribolium* sp.) จะขับถ่ายของเสียออกมาทำให้แป้งมีการเปลี่ยนแปลงสีและกลิ่น ตลอดจนมีส่วนของอวัยวะของแมลงทำให้คุณภาพของผลผลิตไม่เป็นที่ยอมรับของผู้ซื้อ แมลงศัตรูในโรงเก็บที่สำคัญและพบมากโดยเฉพาะในโรงเก็บข้าวและข้าวโพดคือ ด้วงงวงข้าวสาร (*Sitophilus oryzae* L.) โดยที่ตัวเต็มวัยจะอาศัยกัดกินอยู่บนหรือภายในเมล็ดข้าว นอกจากนี้ยังวางไข่ภายในเมล็ด เมื่อตัวอ่อนฟักออกมาจะกัดกินอยู่ภายในเมล็ดทำให้เมล็ดข้าวเสียหาย

การป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บสามารถทำได้โดยใช้สารเคมีหรือไม่ใช้สารเคมี แนวทางการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บโดยไม่ใช้สารเคมีมีหลายวิธีได้แก่ การลดความชื้นในเมล็ดให้ต่ำกว่า 8% การทำความสะอาดและจัดสถานที่เก็บให้เป็นระเบียบไม่มีเมล็ดเก่าที่เป็นแหล่งอาศัยของแมลงศัตรู (Semple, 1990 ; Dunkel, 1992 ; Sinha, 1992) การใช้ความร้อนจัดหรือเย็นจัดในการเก็บรักษา (Fields, 1992 ; Nakakita and Ikenaga, 1997) หรือการนำเอาสารหรือวัสดุจากธรรมชาติ เช่น แป้ง ขี้เถ้า ทราย ฯลฯ คลุกกับเมล็ด นอกจากนี้ยังมีรายงานเกี่ยวกับการใช้ส่วนของพืชคลุกกับเมล็ด (Regnault-Roger and Hamraoui, 1995; Rajapakse and Emden, 1997 ; Golob, 1997)

จากรายงานที่ผ่านมาพบว่าสารสกัดจากพืชและน้ำมันจากพืชชนิดต่าง ๆ ตลอดจนสารอินทรีย์หลายชนิดมีประสิทธิภาพในการป้องกันและกำจัดแมลงได้เช่นกัน ได้แก่

- น้ำมันพืช เช่น น้ำมันงา (Senguttavan et al., 1995) ; น้ำมันถั่วเหลืองและน้ำมันละหุ่ง (Pacheco et al., 1995; Senguttavan et al., 1995) ; *Melia toosendan* (Xie et al., 1995); น้ำมันถั่วลิสง น้ำมันทานตะวันและน้ำมันเรพซีด (rape seed oil) (Tembo and Murfitt, 1995) ; น้ำมันหอมระเหย เช่น peppermint, sage, oregano และ basil ฯลฯ (Shaaya et al., 1997); น้ำมันของ *Acorus calamus* L. (El-Nahal et al., 1989) ; *Lantana camara* (Saxena et al., 1992)
- ส่วนต่าง ๆ ของพืช เช่น ขมิ้น (*Curcuma longa*) และ ใบของ *Trigonella foenum-graecum* L. (Jilani and Su, 1983) ตะไคร้ อบเชย หางไหลและขิง (Rajapakse and Van Emden, 1997) กระเทียมและส้ม (Jood et al., 1996)
- สารกลุ่ม monoterpenoids เช่น การบูร , α -pinene, linalool , eugenol ฯลฯ (Regnault-Roger and Hamraoui, 1995)

การใช้สารสกัดจากพืชโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้สารสกัดจากสะเดา (*Azadirachta indica* A. Juss) น้ำมันสะเดาและส่วนต่าง ๆ ของสะเดาในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บซึ่งพบรายงานการใช้ได้ผลดีกับแมลงหลายชนิด เช่น *Callosobruchus maculatus* และ *C. chinensis* (Tanzubil, 1987; Makanjuola, 1989; Yadav, 1996), *Corcyra cephalonica* Stainton (Senguttavan et al., 1995), *Rhyzopertha dominica* (F) และ *Tribolium castaneum* (Herbst) (NRC, 1992), *Sitophilus granarius* (L) (Jilani and Su, 1983) และ *S. oryzae* (Makanjuola, 1989 ; Saxena, 1995 ; อัญชลี, 2539) ทั้งนี้ลักษณะการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดา ตลอดจนสารสกัดรูปแบบต่าง ๆ ที่มีต่อแมลงและไรศัตรูพืชมีหลายลักษณะได้แก่ การเป็นสารออกฤทธิ์ไล่แมลง (repellent) การยับยั้งการพัฒนากการเจริญเติบโต (growth inhibitor) การยับยั้งการวางไข่ (ovicidal effect) (Schmutterer, 1988 ; Saxena et al., 1989 ; Pascual et al., 1990 ; Sanguanpong and Schmutterer, 1992; Mordue and Blackwell, 1993 ; Singh, 1993)

ลักษณะการใช้สารสกัดจากสะเดาในการป้องกันและกำจัดแมลงศัตรูในโรงเก็บนั้นเท่าที่มีรายงานไว้ทั้งในประเทศและต่างประเทศนั้น ส่วนใหญ่นิยมใช้น้ำมันสะเดาที่ได้จากการอัดบีบหรือการสกัดคลุกกับเมล็ดโดยตรงหรือนำเอาสารสกัดมาทูปกระสอบหรือภาชนะบรรจุตลอดจนใช้

ขึ้นส่วนพืชเช่น ใบ ผลแห้งและเปลือก คลุกกับเมล็ดพืชที่ต้องการเก็บรักษา วิธีการดังที่ได้กล่าวมาแล้วนั้นไม่สามารถนำมาใช้กับเมล็ดที่ต้องการนำมาบริโภคได้โดยตรง เนื่องจากเมล็ดจะปนเปื้อนกับสารสกัดทำให้กลิ่นของน้ำมันสะเดาที่มีกลิ่นคล้ายกระเทียมติดอยู่กับเมล็ดไม่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค อัญชลี (2539) ได้พัฒนาวิธีการผสมและปรุงแต่งน้ำมันสะเดาโดยนำเอาน้ำมันสะเดามาผสมกับอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) เพื่อทำอิมัลชัน (emulsion) แล้วจึงนำไปคลุกกับดินสอพองที่ใช่เป็นสารเกาะยึดในการขึ้นรูปแล้วจึงนำไปอัดเป็นเม็ดและบรรจุลงในถุงผ้าเพื่อป้องกันและควบคุมประชากรด้วงวงข้าว ผลการทดลองพบว่าสามารถใช้น้ำมันสะเดาอัดเม็ดในระดับความเข้มข้น 3% หรือมากกว่าป้องกันและควบคุมประชากรด้วงวงข้าวโดยที่น้ำมันสะเดาอัดเม็ดมีผลต่อความสามารถในการวางไข่ การฟักออกเป็นตัวและอัตราการรอดชีวิตของตัวเต็มวัยโดยใช้อัตราส่วนน้ำมันสะเดาอัดเม็ด 50 กรัมต่อน้ำหนักข้าวสาร 200 กรัมหรือคิดเป็นร้อยละของสารออกฤทธิ์ 0.75

การค้นคว้าหารูปแบบหรือสูตรสำเร็จในการนำน้ำมันสะเดามาใช้ประโยชน์ในการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชเป็นเรื่องที่มีความสำคัญมากในการพัฒนาผลิตภัณฑ์เพื่อให้การออกฤทธิ์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นนอกจากนี้ผลที่ได้รับจากการวิจัยยังเป็นการสร้างองค์ความรู้ที่ส่งเสริมการพัฒนาการผลิต ธุรกิจและอุตสาหกรรมการผลิตสารสกัดสะเดาที่ใช้วัตถุดิบภายในประเทศให้ได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ สิ่งแวดล้อมและยังเป็นการส่งเสริมสาธารณสุขพื้นฐานที่ดีของผู้บริโภคอีกทางหนึ่งด้วย

การศึกษาทดลองครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายที่จะศึกษาถึงผลของการใช้สารจากพืชอื่น ๆ ทั้งในรูปน้ำมัน น้ำมันหอมระเหยและสารอินทรีย์ต่าง ๆ โดยมุ่งเน้นการศึกษาเพื่อหาสารที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต่อการควบคุมประชากรด้วงวงข้าวสารของน้ำมันสะเดาอัดเม็ด 1% ซึ่งเป็น sublethal dose โดยเฉพาะอย่างยิ่งมุ่งเน้นการศึกษาสารที่มีรายงานการวิจัยมาแล้วตลอดจนมีจำหน่ายและจัดหาได้ไม่ยากได้แก่ น้ำมันกานพลู น้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอม การบูร พิมเสนและเมนทอล

บทที่ 2

วิธีการทดลอง

วิธีการและขั้นตอนในการทดลองประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

- 2.1 การเลี้ยงแมลงให้ได้ปริมาณมาก
- 2.2 การสกัดน้ำมันสะเดา
- 2.3 การทำอิมัลชันน้ำมันสะเดาความเข้มข้นต่าง ๆ
- 2.4 การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ด
- 2.5 การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรต่าง ๆ ที่มีต่อด้วงงวงข้าว

2.1 การเลี้ยงแมลงให้ได้ปริมาณมาก (Mass rearing of test insect)

การเลี้ยงด้วงงวงข้าวสารดำเนินการในสภาพห้องปฏิบัติการ (สภาพห้องปฏิบัติการ อุณหภูมิ 27 ± 2 องศาเซลเซียส ; ความชื้นสัมพัทธ์ $65 \pm 5\%$) โดยเลี้ยงแมลงในกล่องพลาสติกทรงกระบอกปริมาตร 1500 มล. ภายในมีข้าวสารที่ได้จากระบบการผลิตที่ปลอดสารเคมีภัณฑ์ทางการเกษตร และใส่ข้าวกลิ้งลงไปบริเวณชั้นบนหนาประมาณ 1 ซม. เพื่อเพิ่มสารอาหารทำให้แมลงสามารถเจริญเติบโตได้ครบวงจรชีวิตและปิดกล่องด้วยผ้าขาวบาง ทิ้งไว้ประมาณ 30-40 วัน จึงสามารถนำเอาแมลงออกมาใช้ในการทดสอบ

2.2 การสกัดน้ำมันสะเดา (Extraction of neem oil)

นำเอาเมล็ดสะเดาแห้ง (ความชื้นประมาณ 60%) มากะเทาะเปลือกแล้วแกะเอาเฉพาะเนื้อในเมล็ด (neem seed kernel) มาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดสับ นำเนื้อในเมล็ดบดมาสกัดร้อนโดยใช้ soxhlet's extractor และใช้เฮกเซนเป็นตัวทำละลายอัตราส่วนต่อเมล็ด 1:3 ทำการสกัดโดยใช้อุณหภูมิในการสกัดไม่เกิน 55 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง นำสารสกัดที่ได้มาระเหยเอาเฮกเซนที่ใช้เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ออกโดยใช้เครื่องระเหยแห้ง (rotary evaporator) สารสกัดที่ได้จะมีสีเหลืองเข้ม ลักษณะข้นและเหนียวเรียกว่าน้ำมันสะเดา

2.3 การทำอิมัลชันน้ำมันสะเดาความเข้มข้นต่าง ๆ

การทำอิมัลชันน้ำมันสะเดาในน้ำ (O/W emulsion) ขั้นตอนแรกนั้นจะต้องทำให้น้ำมันสะเดาสามารถละลายน้ำได้ก่อนจึงจะสามารถนำไปผสมกับดินสอพองซึ่งใช้เป็นตัวยึดเกาะในการขึ้นรูปหรือตอกอัดเป็นเม็ด น้ำมันสามารถละลายน้ำได้โดยใช้อิมัลซิไฟเออร์ (Emulsifier) เป็นตัวกลางโดยการทำอิมัลชันน้ำมันในน้ำ (O/W Emulsion) หรืออิมัลชันน้ำในน้ำมัน (W/O Emulsion) (ณรงค์, 2538 ; พิมพร, 2540 ; Becher, 1985; Sjoebloom , 1991) ในการทดลองนี้ได้ทำการทดลองเปรียบเทียบใช้อิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ ได้แก่ Tween 20, Tween 60, Tween 80 และ โพลีเอทิลีนไกลคอล (polyethelyneglycol) ทั้งนี้เพื่อทดสอบหาอิมัลซิไฟเออร์ที่เหมาะสมในการทำให้น้ำมันสะเดาละลายน้ำได้ดีและช่วยในการเกาะยึดของเม็ดยาใช้อิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ อัตราความเข้มข้น 10 % ผสมกับน้ำมันสะเดา 1%และเขย่าให้เข้ากันได้ดีโดยใช้เครื่องเขย่าความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที นาน 1 นาที บันทึกลักษณะของอิมัลชันที่ได้ ความสามารถในการละลายของน้ำมันในส่วนผสมและลักษณะการแยกชั้น

ในการเติมสารเพิ่มประสิทธิภาพชนิดต่าง ๆ ได้แก่ น้ำมันอบเชย น้ำมันกานพลู น้ำมันตะไคร้หอม การบูร พิมเสนและเมนทอลจะใช้เอทานอล (ethanol) เป็นโคโซลเวนต์ (cosolvent) นำสารทดสอบชนิดต่าง ๆ ตามความเข้มข้นที่กำหนดในหัวข้อที่ 2.5.5 มาผสมกับอิมัลชันน้ำมันสะเดาที่ได้เตรียมไว้และเขย่าให้เข้ากันได้ดีโดยใช้เครื่องเขย่าความเร็วรอบ 1800 รอบต่อนาที นาน 1 นาที บันทึกลักษณะของอิมัลชันที่ได้ ความสามารถในการละลายของน้ำมันในส่วนผสม และลักษณะการแยกชั้น

2.4 การตอกอัดน้ำมันสะเดาอัดเม็ด

ในการตอกหรืออัดเม็ดน้ำมันสะเดาและส่วนผสมต่าง ๆ โดยใช้เครื่องตอกอัดเม็ดจะใช้ดินสอพองเป็นสารยึดเกาะในการขึ้นรูปโดยนำเอาดินสอพองไปร่อนด้วยเครื่องร่อน (sieve-shaker) เพื่อให้ผงดินสอพองมีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกันไม่จับตัวเป็นก้อนและสะดวกต่อการนวดโดยใช้เครื่องผสม (mixer) จากนั้นจึงนำเอาดินสอพองไปผสมเข้ากับสารละลายอิมัลชันที่ได้จากข้อ 2.3 ตามความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบ นำแบ่งเหี่ยวที่ได้มาตอกอัดเม็ดโดยใช้เครื่องตอกอัดเม็ดยา ขนาดของเม็ดยาที่ได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 ซม./เม็ด หลังจากนั้นจึงนำน้ำมันสะเดาอัดเม็ดที่ได้ไปตากให้แห้งและบรรจุในถุงเยื่อกระดาษตลอดจนศึกษาผลของแรงเกาะยึดของเม็ดยาส่วนทรีตเมนต์ที่ใช้เป็นตัวควบคุมใช้แต่ดินสอพองผสมกับน้ำและอิมัลซิไฟเออร์แล้วอัดเม็ดและตากให้แห้งสนิท

2.5 การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรต่างๆที่มีต่อด้วงวงข้าว

2.5.1 ผลต่อการวางไข่และความสามารถในการผลิตลูกหลาน (Fecundity effect)

นำข้าวสารทดสอบจำนวน 1000 กรัม บรรจุในกล่องพลาสติกทรงกระบอกขนาดบรรจุ 1500 มล. ใส่ถุงบรรจุน้ำมันสะเดาอัดเม็ดความเข้มข้นต่าง ๆ ลงตรงกลางกล่อง จากนั้นจึงใส่ข้าวบาร์เลย์หนา 1 ซม. (ด้านบน) ปล่อยตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวสารลงไปในกลุ่ม ๆ ละ 50 ตัวปิดด้วยผ้าขาวบางทิ้งไว้นาน 3 วันเพื่อให้แมลงผสมพันธุ์และวางไข่ แล้วจึงร่อนเอาแมลงออกโดยใช้ตะแกรงร่อน ตรวจนับจำนวนแมลงที่พบหลังการทดลองและบันทึกน้ำหนักของข้าวสารที่เหลือในแต่ละครั้ง ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 7 วันจนครบ 6 เดือน

2.5.2 ผลต่ออัตราการรอดชีวิตของตัวเต็มวัย (Effect on Insect Survivalship)

ทำการทดสอบต่อจากข้อ 2.5.1 โดยนำเอาแมลงที่ได้จากการร่อนออกโดยใช้ตะแกรงร่อนมาเลี้ยงต่อในกลุ่มที่บรรจุข้าวสารทดสอบที่ปราศจากสารทดสอบใด ๆ เพื่อศึกษาถึงความสามารถในการรอดชีวิตและบันทึกน้ำหนักของข้าวสารที่เหลือในแต่ละครั้ง ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 7 วันจนครบ 6 เดือน

2.5.3 ผลต่อการเพิ่ม-ลดจำนวนประชากร (Effect on Population Dynamic)

นำข้าวสารทดสอบจำนวน 1000 กรัม บรรจุในกล่องพลาสติกทรงกระบอกขนาดบรรจุ 1500 มล. ใส่ถุงบรรจุน้ำมันสะเดาอัดเม็ดความเข้มข้นต่าง ๆ ลงตรงกลางกล่อง จากนั้นจึงใส่ข้าวบาร์เลย์หนา 1 ซม. (ด้านบน) ปล่อยตัวเต็มวัยของด้วงวงข้าวสารลงไปในกลุ่ม ๆ ละ 50 ตัวและปิดด้วยผ้าขาวบาง ปล่อยให้แมลงอยู่อาศัยในกลุ่มทดลองตลอดการศึกษา ตรวจนับจำนวนประชากรแมลงทั้งหมดที่พบ และบันทึกน้ำหนักของข้าวสารที่เหลือในแต่ละครั้ง ทำการเก็บข้อมูลทุก ๆ 7 วันจนครบ 12 เดือน

2.5.4 ผลต่อรสชาติและการยอมรับของผู้บริโภค (Sensory Test)

นำข้าวสารที่ได้จากการทดลองในแต่ละการทดลอง ๆ ละ 200 กรัมมาทำการหุงต้มโห่วิธีหนึ่ง กำหนดให้ผู้บริโภคชิมข้าวที่หุงต้มแล้วตัวอย่างละ 2 ช้อนโต๊ะและกรอกแบบฟอร์มเพื่อระบุถึงลักษณะข้อมูลเชิงคุณภาพของข้าวทดสอบ

2.5.5 ขั้นตอนและวิธีการเก็บข้อมูล การกำหนดพื้นที่ประชากร ตัวอย่าง ฯลฯ

วางแผนการทดลองแบบ completely randomized design โดยมีจำนวน 8 ทรีตเมนต์ ๆ ละ 3 ซ้ำ ดังนี้

Treatment 1 = ทรีตเมนต์ควบคุม (CONTROL)

Treatment 2 = น้ำมันสะเดา 1% (NO)

Treatment 3 = น้ำมันสะเดา 1% + น้ำมันกานพลู 1% (NO+CL)

Treatment 4 = น้ำมันสะเดา 1% + น้ำมันอบเชย 1% (NO+CI)

Treatment 5 = น้ำมันสะเดา 1% + น้ำมันตะไคร้หอม 1% (NO+CIT)

Treatment 6 = น้ำมันสะเดา 1% + การบูร 1% (NO+CA)

Treatment 7 = น้ำมันสะเดา 1% + พิมเสน 1% (NO+BO)

Treatment 8 = น้ำมันสะเดา 1% + เมนทอล 1% (NO+ME)

จัดบันทึกลักษณะข้อมูลเชิงปริมาณได้แก่ จำนวนประชากรแมลงที่รอดชีวิต ประชากรทั้งหมดที่พบ น้ำหนักของข้าวสารที่เหลือในแต่ละครั้งที่ทำการเก็บข้อมูล นำผลการทดลองที่ได้ไปวิเคราะห์หาผลต่ออัตราการรอดชีวิต ความสามารถในการผลิตลูกหลานและการเพิ่ม-ลดของจำนวนประชากรในแหล่งที่อยู่อาศัย ในการทดลองที่ 2.5.1 - 2.5.2 จัดบันทึกลักษณะข้อมูลเชิงปริมาณทุก ๆ 7 วันจนครบ 6 เดือน ส่วนการทดลองที่ 2.5.3 จัดบันทึกลักษณะข้อมูลเชิงปริมาณทุก ๆ 7 วันจนครบ 12 เดือน

ส่วนการทดลองที่ 2.5.4 จัดบันทึกลักษณะข้อมูลเชิงคุณภาพของข้าวจากการทดลองต่าง ๆ ที่หุงต้มแล้วโดยกำหนดลักษณะข้อมูลที่บันทึกได้แก่กลิ่นหอม (aroma) ความนุ่ม (firmness) การเกาะตัว (stickiness) ความขาว (whiteness) และความเลื่อมมัน (appearance) แต่ละลักษณะแบ่งเป็นระดับคะแนน คุณภาพดังนี้

กลิ่น	ความนุ่ม	การเกาะตัว	ความขาว	ความเลื่อมมัน
5 = แยกตัวดีมาก				
4 = หอม	4 = นุ่ม	4 = แยกตัวดี	4 = ค่อนข้างคล้ำ	4 = มันเล็กน้อย
3 = ธรรมดา	3 = พอดี	3 = แยกตัว	3 = ค่อนข้างขาว	3 = ไม่มัน
2 = เหม็น	2 = แข็ง	2 = เกาะกัน	2 = ขาว	2 = แห้ง
1 = เหม็นมาก	1 = แข็งมาก	1 = เกาะกันมาก	1 = ขาวมาก	1 = แห้งมาก

2.5.6 ขั้นตอนและวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล

นำเอาข้อมูลที่ได้จากการบันทึกมาวิเคราะห์ทางสถิติหาค่าความแปรปรวนของประชากรและความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์โดยเปรียบเทียบทุกกลุ่มและทุกคู่ของทรีตเมนต์โดยใช้ Duncan New Multiple Range Test โดยกำหนดระดับความเชื่อมั่น (α) 0.05 และ 0.01

บทที่ 3

ผลการทดลอง

3.1 การเลี้ยงแมลงให้ได้ปริมาณมาก (Mass rearing of test insect)

การเลี้ยงด้วงงวงข้าวสารดำเนินการในสภาพห้องปฏิบัติการ (อุณหภูมิต่ำสุด 22.00 ± 1.32 องศาเซลเซียส ; อุณหภูมิสูงสุด 28.88 ± 1.16 องศาเซลเซียส; ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ย 67.77 ± 4.99 %) ผลการศึกษาวงจรชีวิตภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการพบว่า ช่วงอายุตั้งแต่ระยะเริ่มวางไข่จนถึงฟักเป็นตัวอ่อนกินเวลาประมาณ 29 วัน ระยะตัวอ่อนถึงตัวเต็มวัยประมาณ 11 วัน รวมระยะเวลาดังแต่เริ่มวางไข่ถึงระยะตัวเต็มวัยประมาณ 40 วัน จึงจะสามารถนำเอาแมลงออกมาใช้ในการทดสอบได้ จากผลการทดลองนี้จะช่วยทำให้สามารถกำหนดแผนการเลี้ยงแมลงเพื่อเพิ่มปริมาณให้มากพอกับความต้องการ

3.2 การสกัดน้ำมันสะเดา (Extraction of neem oil)

นำเอามะลัดสะเดาแห้ง (ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 66 %) มากะเทาะเปลือกแล้วแกะเอาเฉพาะเนื้อในเมล็ด (neem seed kernel) มาบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบดสับ นำมาสกัดโดยอาศัยหลักการสกัดแบบ fixed-bed contacting โดยใช้ soxhlet's extractor และมีเฮกเซนเป็นตัวทำละลายอัตราส่วนต่อเมล็ดสะเดาเท่ากับ 3 : 1 ทำการสกัดนาน 8 ชั่วโมง ต่อกันนั้นนำสารสกัดที่ได้มาระเหยเอาเฮกเซนที่ใช้เป็นตัวทำละลายอินทรีย์ออกโดยใช้เครื่องระเหย ผลการสกัดพบว่า ปริมาณน้ำมันสะเดาที่ได้จากการสกัดคิดเป็นร้อยละ 47.13 ± 11.83 ของน้ำหนักเมล็ด

3.3 การทำอิมัลชันน้ำมันสะเดา (Formulation of neem oil emulsion)

ผลการทดสอบการผสมน้ำมันสะเดากับสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ พบว่าสารอิมัลซิไฟเออร์ทุกชนิดสามารถผสมเข้ากันได้ดีกับน้ำมันสะเดาโดยที่ใช้ Tween 20 ทำให้ลักษณะของอิมัลชันดีที่สุด กล่าวคือ ไม่มีการแยกชั้นของอิมัลชัน ในขณะที่การใช้สาร Tween 80 และ PEG ต้องให้ความร้อนกับอิมัลชันจึงจะทำให้ละลายเข้ากันได้ดีโดยลักษณะของอิมัลชันยังมีสีขาวขุ่น ส่วนการใช้สาร Tween 60 เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ทำให้เกิดคอลลอยด์สีขาว อย่างไรก็ตามสามารถผสมอิมัลชันให้เข้ากันได้ดีเมื่อเขย่าอีกครั้งหรืออุ่นให้ความร้อน รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ลักษณะปรากฏของอิมัลชันน้ำมันสะเดาผสมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดสารทดสอบ	สีของอิมัลชัน	ความสามารถในการละลายน้ำ (30 นาทีหลังผสม)
Tween 20	ขาวขุ่น	ดี
Tween 60	ขาวขุ่น/มีคอลลอยด์	ปานกลาง
Tween 80	ขาวขุ่น	ดี *
PEG	ขาวขุ่น	ดี *

หมายเหตุ Tween 20 = Polyoxyl Oleyl Ether-(20)-sorbitan monolaurate
 Tween 60 = Polyoxyl Oleyl Ether-(20)-sorbitan monolaurate
 Tween 80 = Polyoxyl Oleyl Ether-(20)-sorbitan monolaurate
 PEG = Polyethyleneglycol
 * = ต้องมีการอุ่นเพื่อช่วยการละลาย

การผสมอิมัลชันน้ำมันสะเดากับน้ำมันหอมระเหยและสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ โดยใช้เอทานอลเป็นโคโซลเวนท์พบว่า ลักษณะปรากฏของอิมัลชันสูตรน้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูและผสมน้ำมันตะไคร้หอมไม่มีการแยกชั้น สีของอิมัลชันเป็นสีขาวขุ่นและไม่ต้องการอุ่นเพื่อทำให้การละลายดีขึ้น ขณะที่อิมัลชันสูตรผสมน้ำมันอบเชยมีการแยกชั้น สีของอิมัลชันเป็นสีขาวขุ่นและต้องการอุ่นเพื่อทำให้การละลายดีขึ้น ส่วนการผสมอิมัลชันน้ำมันสะเดากับสารหอมระเหยพบว่ามีการจับตัวเป็นก้อนคอลลอยด์สีของอิมัลชันเป็นสีเหลืองขุ่นและต้องการอุ่นเพื่อทำให้การละลายดีขึ้น รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 2 ภาพที่ 1 และภาพที่ 2

ตารางที่ 2 ลักษณะปรากฏของอิมัลชันน้ำมันสะเดาผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพชนิดต่าง ๆ

สารทดสอบ	ลักษณะของอิมัลชัน	
	สีของอิมัลชัน	การละลายน้ำ 30 นาทีหลังการผสม
น้ำมันสะเดา	ขาวขุ่น	ดีมาก / ไม่มีการแยกชั้น
น้ำมันสะเดา + น้ำมันกานพลู	ขาวขุ่น	ดีมาก / ไม่มีการแยกชั้น
น้ำมันสะเดา + น้ำมันอบเชย	เหลืองขุ่น *	ดี / มีการแยกชั้น
น้ำมันสะเดา + น้ำมันตะไคร้หอม	ขาวขุ่น	ดีมาก / ไม่มีการแยกชั้น
น้ำมันสะเดา + การบูร	เหลืองขุ่น *	ปานกลาง / มีการจับตัวเป็นก้อน
น้ำมันสะเดา + พิมเสน	เหลืองขุ่น *	ปานกลาง / มีการจับตัวเป็นก้อน
น้ำมันสะเดา + เมนทอล	เหลืองขุ่น *	ปานกลาง / มีการจับตัวเป็นก้อน

หมายเหตุ * = ต้องมีการอุ่นจึงจะทำให้การละลายดีขึ้น



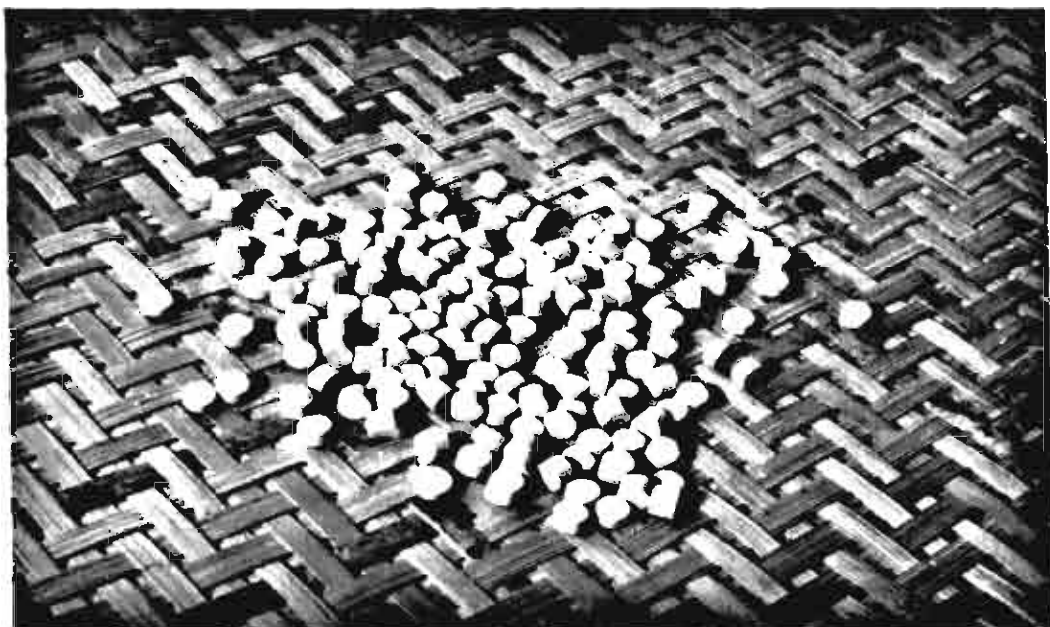
ภาพที่ 1 ลักษณะของอิมัลชันน้ำมันสะเดาผสมสารเพิ่มประสิทธิภาพชนิดต่าง ๆ หลังการเขย่า



ภาพที่ 2 ลักษณะการแยกชั้นของอิมัลชันน้ำมันสะเดาสู่ตัวต่าง ๆ หลังจากตั้งไว้นาน 24 ชม.

3.4 การตอกอัดน้ำมันสะเดาอัดเม็ด

นำดินสอพองมาบดให้ละเอียดแล้วร่อนด้วยเครื่องตะแกรงร่อน (sieve-shaker) เพื่อศึกษาหาขนาดเฉลี่ยของอนุภาคดินสอพองโดยการทำ finess modulus เพื่อให้ได้ผงดินสอพองที่มีขนาดอนุภาคใกล้เคียงกันและไม่จับตัวเป็นก้อนและสะดวกต่อการนวดโดยใช้เครื่องผสม (mixer) ผลการทดลองพบว่าอนุภาคดินสอพองมีขนาดเฉลี่ย 300 ไมครอน จากนั้นจึงนำเอาดินสอพองไปผสมเข้ากับสารละลายอีมีลชันความเข้มข้นต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบ นำแบ่งเหนียวที่ได้มาตอกอัดเม็ดโดยใช้ที่ตอกอัดเม็ดยาแบบมีขนาดของเม็ดยาที่ได้มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.7 ซม./เม็ด หลังจากนั้นจึงนำน้ำมันสะเดาอัดเม็ดที่ได้ไปตากให้แห้ง (ภาพที่ 3) และบรรจุในถุงผ้าขาวบางนำเอาเม็ดยาที่ได้ในแต่ละทรีตเมนต์ไปทดสอบหาค่าแรงกดโดยใช้เครื่อง Testometric (Type U 4000) เพื่อศึกษาหาค่าความแข็ง/การเกาะยึดของเม็ดยาแต่ละสูตร ผลการทดลองพบว่าการใช้อิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ มีผลต่อการเกาะยึดของเม็ดยาโดยที่เม็ดยาสูตรที่ผสมด้วย Tween 80 มีค่าแรงกดสูงสุด (ความแข็งสูงสุด) ในขณะที่สูตรผสม Tween 60 และสูตรผสม Tween 20 มีค่าความแข็งรองลงมาตามลำดับ (ตารางที่ 3) ดังนั้นในการตอกอัดเม็ดยาที่ใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ดจึงใช้เม็ดยาสูตรที่ผสมด้วย Tween 80 เป็นสารอิมัลซิไฟเออร์ อย่างไรก็ตามเม็ดยาที่ได้ยังมีลักษณะเปราะร่วนเนื่องจากใช้การตอกอัดด้วยที่ตอกอัดเม็ดยาดังนั้นจึงได้ปรับปรุงสูตรให้มีความเหนียวเพิ่มขึ้นโดยการนำเอากาวแป้งเปียกมาผสมกับอีมีลชันก่อนนำไปนวดขึ้นรูป



ภาพที่ 3 น้ำมันสะเดาอัดเม็ดที่ใช้ในการทดสอบ

ตารางที่ 3 ค่าแรงกด(ความแข็ง) ของน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมสารอิมัลซิไฟเออร์ชนิดต่าง ๆ

ชนิดสารทดสอบ	ค่าแรงกด (นิวตัน)
Tween 20	91.73 ± 34.81
Tween 60	95.54 ± 33.57
Tween 80	99.50 ± 25.63
PEG	*

หมายเหตุ Tween 20 = Polyoxyl Oleyl Ether-(20)-sorbitan monolaurate
 Tween 60 = Polyoxyl Oleyl Ether-(20)-sorbitan monolaurate
 Tween 80 = Polyoxyl Oleyl Ether-(20)-sorbitan monolaurate
 PEG = Polyethyleneglycol
 * = ไม่ได้ทำการทดสอบ

3.5 การทดสอบประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาอัดเม็ดที่มีต่อด้วงงวงข้าวสาร

3.5.1 ผลต่อการวางไข่และความสามารถในการผลิตลูกหลาน (Fecundity effect)

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาสูตรต่าง ๆ ที่มีต่อความสามารถในการวางไข่และผลิตลูกหลาน (fecundity test) ของด้วงงวงข้าวสารโดยการอบหรือรมข้าวสารด้วยน้ำมันสะเดาสูตรต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 3 วัน ในขณะเดียวกันปล่อยด้วงงวงข้าวสารตัวเต็มวัยจำนวน 50 ตัวให้อาศัยอยู่ในข้าวสารที่อบหรือรมหลังจากนั้นจึงร่อนเอาแมลงออก ศึกษาผลของสารทดสอบที่มีต่อความสามารถในการทำลายพืชอาหาร การผสมพันธุ์และวางไข่ของด้วงงวงข้าวสาร โดยตรวจนับน้ำหนักรูข้าวดีที่เหลืออยู่ น้ำหนักข้าวเสียที่เกิดจากการทำลายโดยการวางไข่ของแมลงตลอดจนจุดบันทึกจำนวนแมลงในรูที่ติดไปที่ฟักออกเป็นด้วง

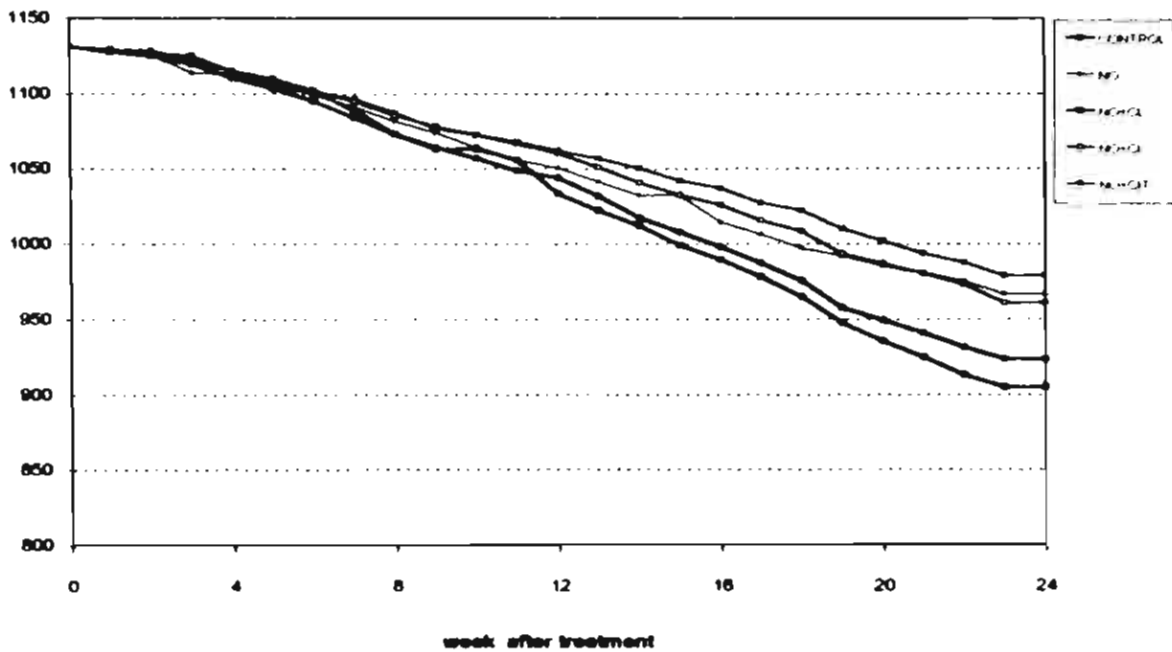
ลักษณะเมล็ดข้าวที่เสียหายจากการถูกด้วงงวงข้าวสารเจาะทำลายเพื่ออาศัยกินเป็นอาหารและวางไข่ดังแสดงในภาพที่ 4 ส่วนภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันสะเดา (NO) สามารถยับยั้งการเข้าทำลายพืชอาหารของด้วงงวงข้าวสารได้โดยมีน้ำหนักรูข้าวดีที่เหลืออยู่ในแต่ละสัปดาห์มากกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ (CONTROL) ส่วนน้ำมันสะเดาสูตรผสมน้ำมันอบเชย (NO+C!) น้ำมันตะไคร้หอม (NO+CIT) หรือเมนทอล (NO+ME) มีผลทำให้แมลงมีความสามารถในการทำลายพืชอาหารลดน้อยลงกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ในทรีตเมนต์ควบคุม ในทางตรงกันข้ามการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลู (NO+CL) การบูร (NO+CA) หรือพิมเสน (NO+BO) แสดงแนวโน้มทำให้ความสามารถในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาลดลงสังเกตได้จาก

น้ำหมักข้าวสีที่เปลี่ยนภายหลังจากการคั่วจะมีปริมาณน้อยลง ในที่รีดเมล็ดควบคุมและการใช้น้ำหมัก
จะสะดวกขึ้น

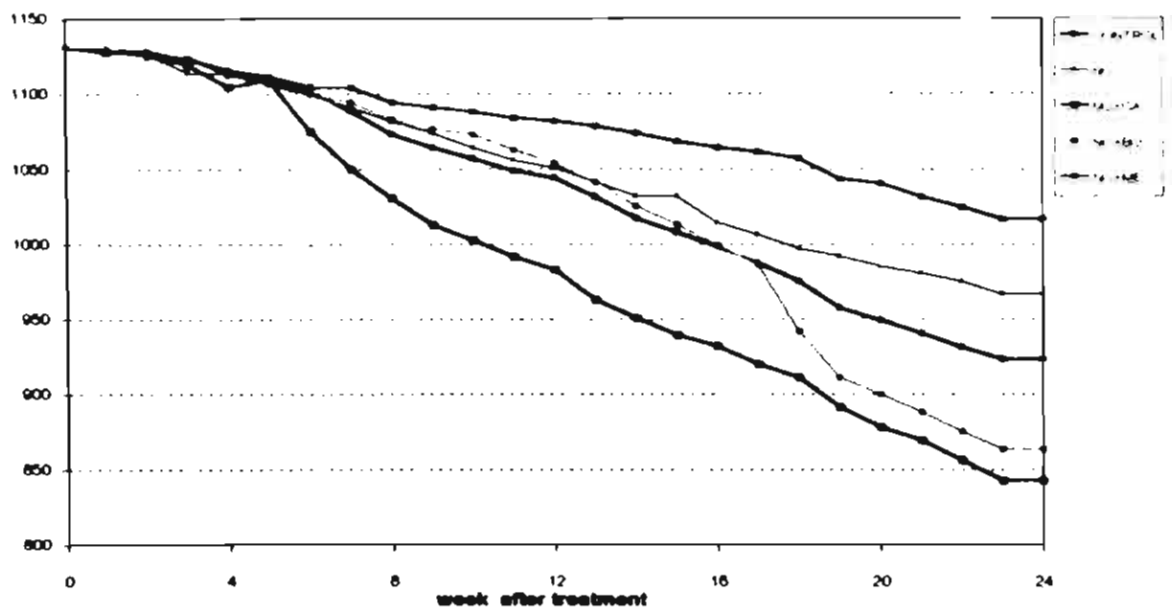


ภาพที่ 4 ตัวมดขาวสารและลักษณะเมล็ดข้าวที่เสียหายจากการถูกตัวมดขาวสารเจาะ
ทำลายเพื่ออาศัยกินเป็นอาหาร

weight of rice grain (g)



weight of rice grain

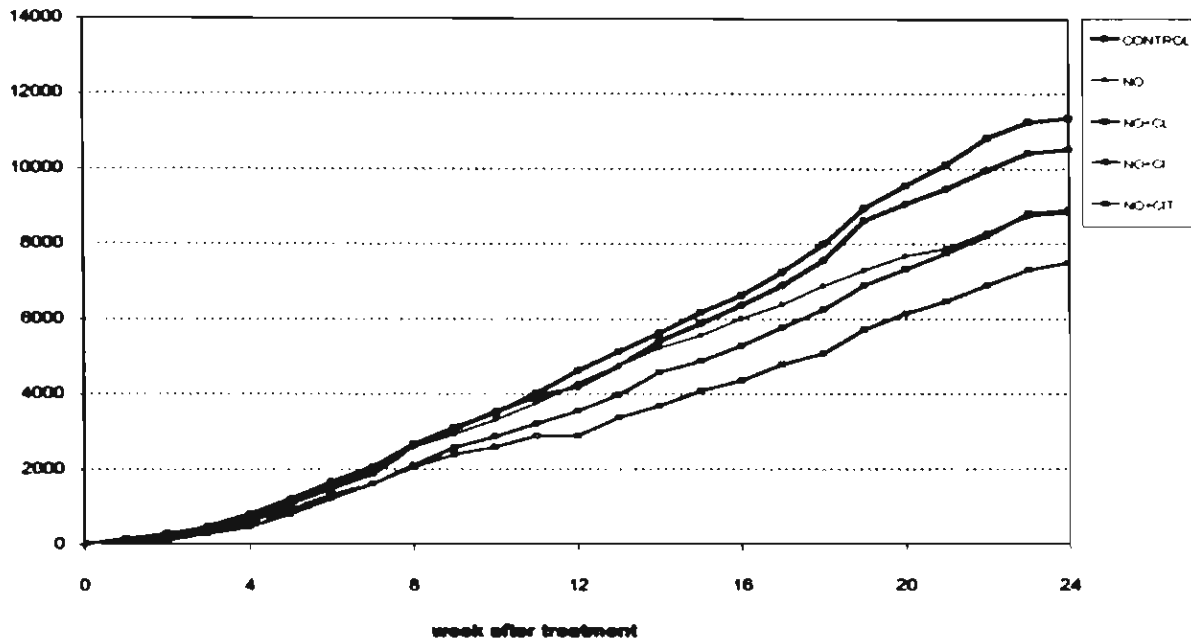


ภาพที่ 5 น้ำหนักข้าวสารที่เหลือภายหลังการคัดแยกข้าวเสียจากการทำลายของด้วงงวงข้าว
 บบ) ผลการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ
 ล่าง) ผลการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

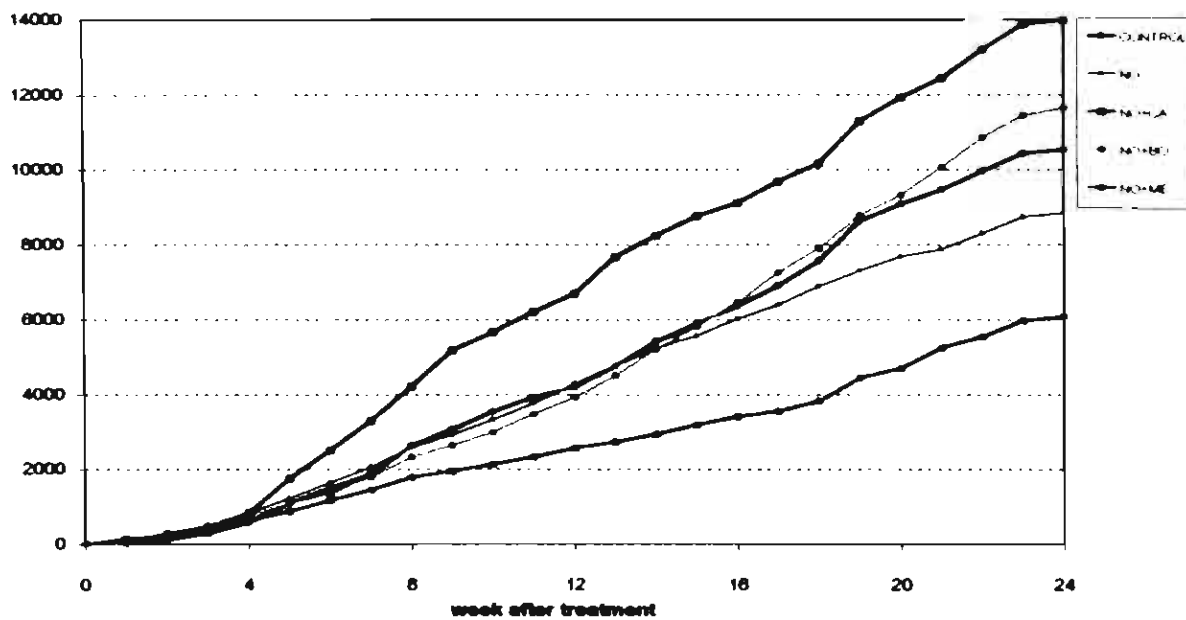
เช่นเดียวกันกับการศึกษาถึงผลของการใช้น้ำมันสะเดาสุตรต่าง ๆ ที่มีต่อความสามารถในการวางไข่ของแมลงพบว่า การใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวมีผลทำให้แมลงมีความสามารถในการวางไข่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับการผสมน้ำมันตะไคร้หอมหรือเมนทอลซึ่งมีผลทำให้จำนวนไข่ลดลงตั้งแต่ช่วงระยะสัปดาห์ที่ 8 จนถึงสิ้นสุดการทดลอง เช่นเดียวกับการใช้เมนทอลแสดงผลการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ต่อแมลงทดสอบ ในทางตรงกันข้ามพบว่า การใช้น้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนผสมกับน้ำมันสะเดามีผลทำให้ลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาโดยทำให้แมลงมีความสามารถในการวางไข่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวรายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 6

นอกจากนี้การศึกษาจำนวนแมลงที่ฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่วางไว้ในแต่ละสัปดาห์ (ภาพที่ 7) และจำนวนละสมของแมลงที่ฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่วางไว้ (ภาพที่ 8) พบว่าให้ผลในทิศทางเดียวกันกับการทดสอบประสิทธิภาพที่มีต่อความสามารถในการเข้าทำลายพืชอาหารและความสามารถในการวางไข่ กล่าวคือ การใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวมีผลทำให้ไข่ที่วางไว้ฟักออกเป็นตัวน้อยกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ในทรีตเมนต์ควบคุม การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยหรือน้ำมันตะไคร้หอมให้ผลในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว ในขณะที่การผสมน้ำมันสะเดากับเมนทอลจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวของด้วงงวงข้าวสารได้ เป็นที่น่าสังเกตว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนไม่มีผลยับยั้งความสามารถในการฟักออกเป็นตัว ในทางตรงกันข้ามกลับมีผลทำให้พบจำนวนแมลงที่ฟักเป็นตัวในรุ่นถัดไปมากกว่าทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว จากผลการทดลองไม่สามารถศึกษาหาเปอร์เซ็นต์แมลงที่ฟักเป็นตัวในรุ่นถัดไปได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากจำนวนไข่ที่วางไว้ในแต่ละสัปดาห์มีปริมาณมาก

cumulative no. of egg-laid



cumulative no. of egg-laid



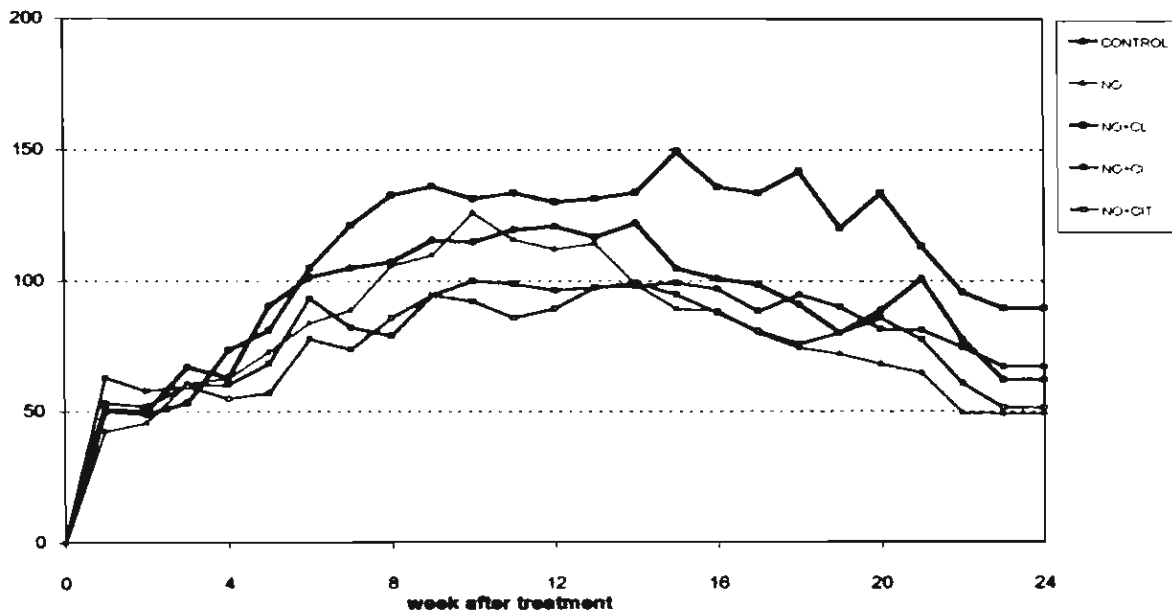
ภาพที่ 6 จำนวนสะสมของไข่ที่ด้วงวงข้าวสารวางไว้ในเมล็ดข้าวที่อบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดา

สูตรผสมต่าง ๆ

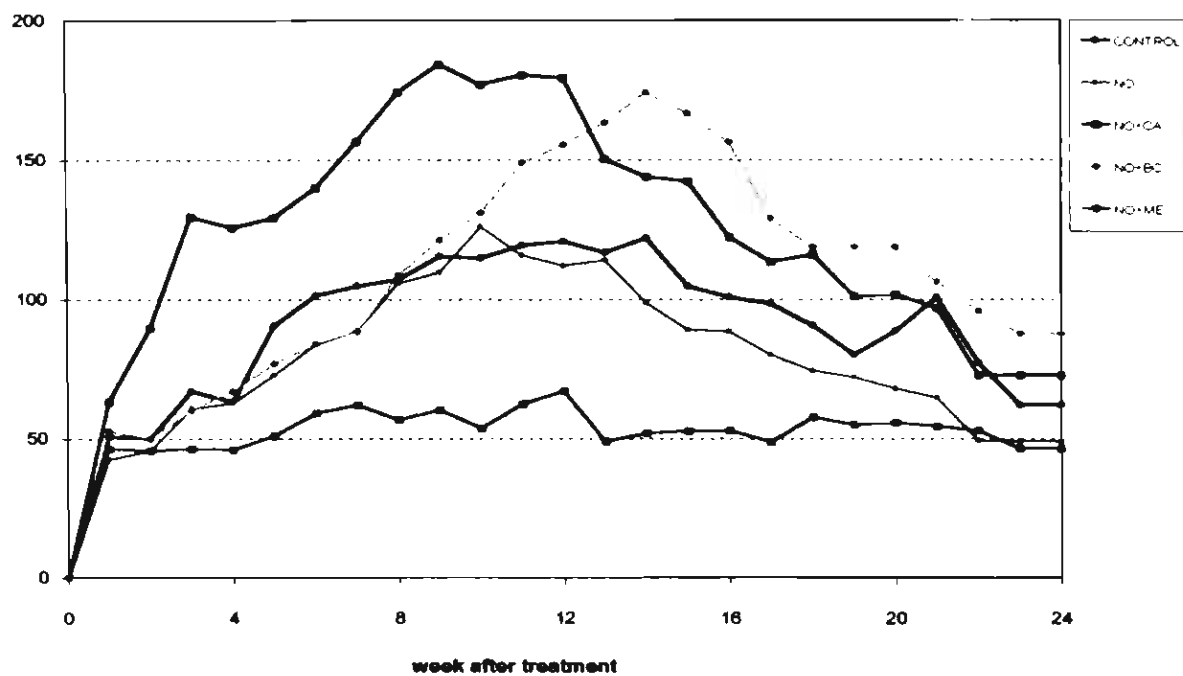
บน) การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ล่าง) การใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

no. of emerged insects

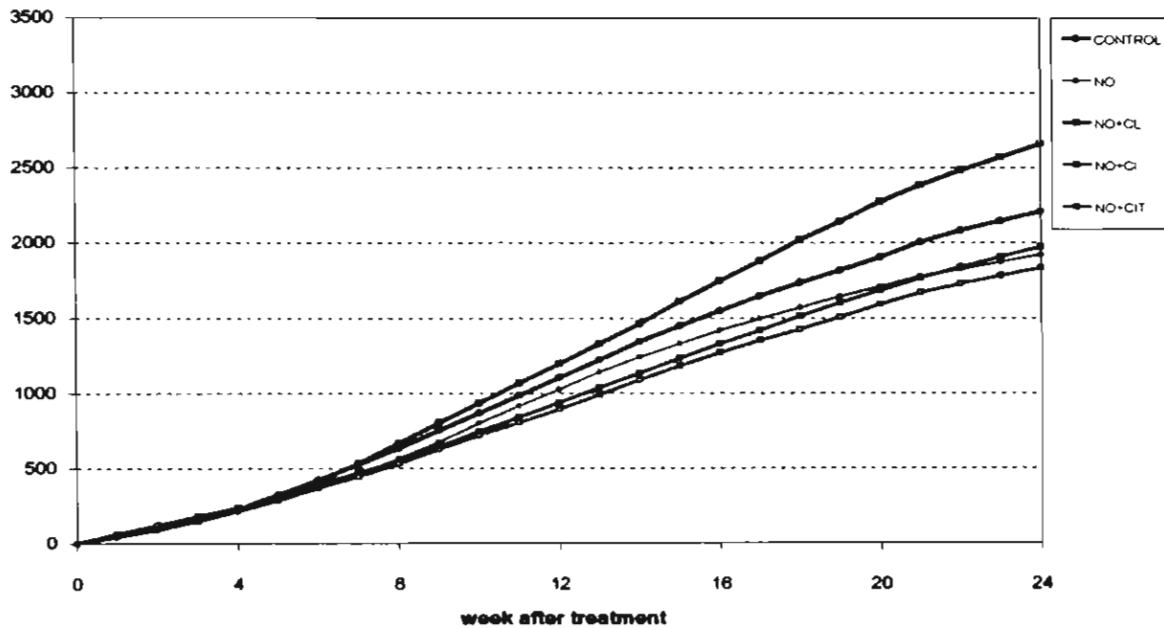


no. of emerged insects

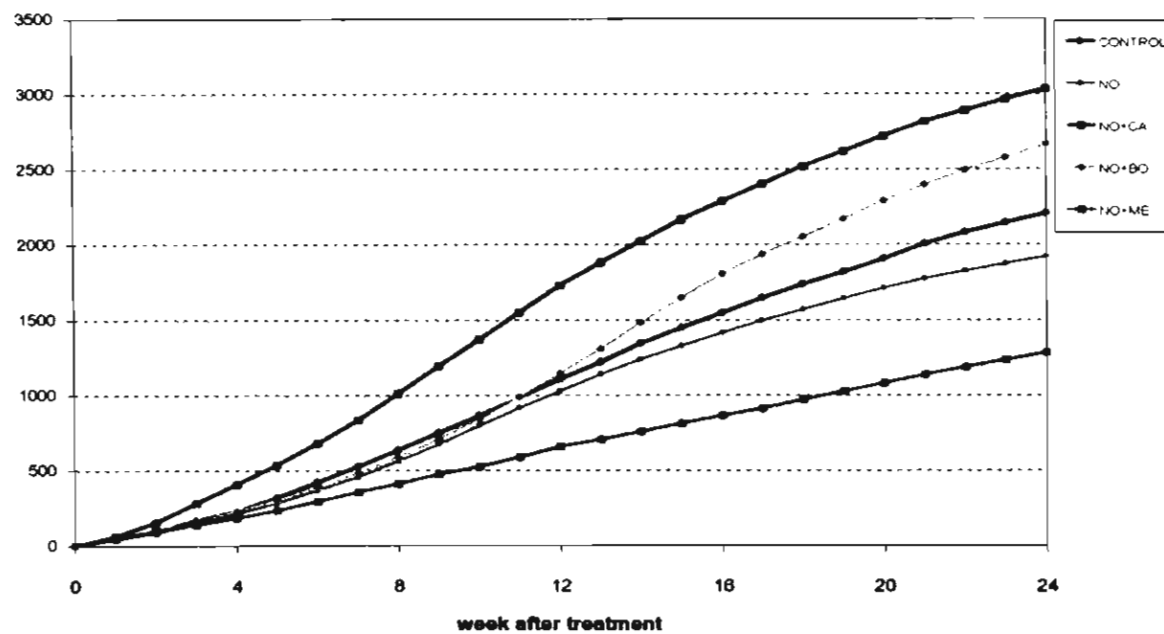


ภาพที่ 7 ผลการใช้น้ำมันสะเดาสู่ตรผสมชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อจำนวนด้วงวงข้าวสารที่ฟักออกเป็น
ตัวในแต่ละสัปดาห์
บน) ผลจากการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ
ล่าง) ผลจากการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

cumulative no. of egg laid



cumulative no. of egg laid

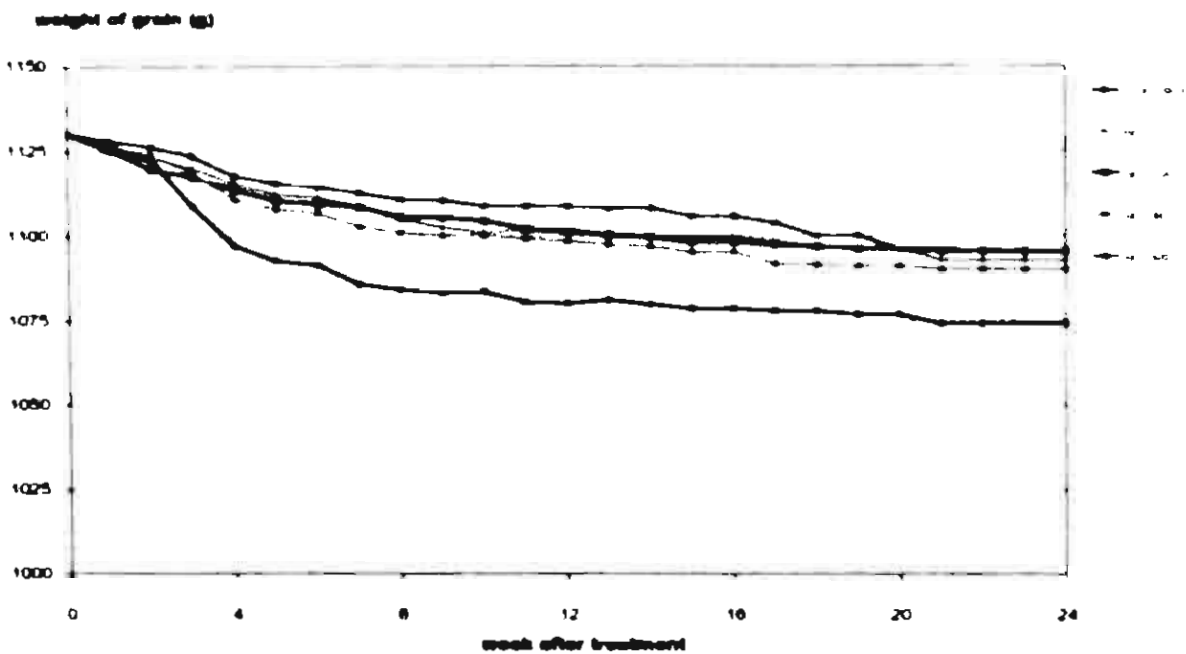
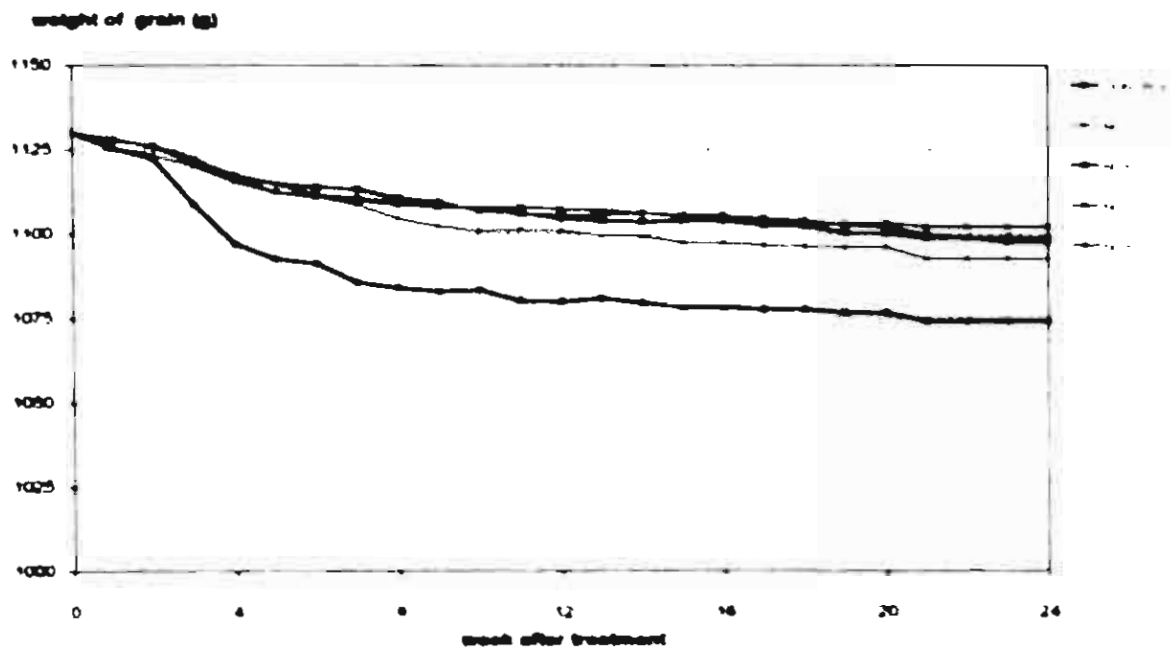


ภาพที่ 8 จำนวนสะสมของด้วงวงข้าวสารที่ฟักออกเป็นตัวจากการใช้น้ำมันสะเดาสู่ตรผสมต่าง ๆ
 บน) การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ
 ล่าง) การใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

3.5.2 ผลต่ออัตราการรอดชีวิต (Effect on Insect Survivalship)

การศึกษาอัตราการรอดชีวิตของแมลงทดสอบในหัวข้อ 3.5.1 พบว่าการอบหรือรมข้าวสารด้วยน้ำมันสะเดาสีต่าง ๆ นาน 3 วัน ในขณะที่มีแมลงอาศัยอยู่ไม่มีผลทำให้แมลงทดสอบตายหรือแสดงความแตกต่างกับทรีตเมนต์ควบคุม อย่างไรก็ตามพบว่าการใช้น้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตร 1% ลดความสามารถในการเข้าทำลายพืชอาหารใหม่ของด้วงวงข้าวสารที่รอดชีวิตได้โดยน้ำหนักข้าวดีที่เหลือภายหลังการคัดแยกข้าวเสียออกในแต่ละสัปดาห์จะมีปริมาณมากกว่าข้าวสารในทรีตเมนต์ควบคุม ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาสีต่าง ๆ ผลสมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดคือ น้ำมันกานพลู น้ำมันอบเชยหรือน้ำมันตะไคร้หอมอย่างใดอย่างหนึ่งที่มีความเข้มข้น 1% มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาโดยมีผลทำให้แมลงที่รอดชีวิตเข้าทำลายพืชอาหารใหม่ได้น้อยลงโดยมีน้ำหนักของข้าวดีที่เหลือภายหลังการคัดแยกมากกว่าการใช้น้ำมันสะเดาและการใช้ทรีตเมนต์ควบคุม เมื่อเปรียบเทียบกับผลการบูรหรือเมนทอลพบว่ามีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ป้องกันและกำจัดด้วงวงข้าวสารเพียงเล็กน้อย ในทางตรงกันข้ามการใช้น้ำมันสะเดาผสมพืชมะนาวมีแนวโน้มในการลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาแต่ยังมีผลในการป้องกันและกำจัดด้วงวงข้าวสารเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม (ภาพที่ 9)

ผลการใช้น้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรต่าง ๆ ที่มีต่อความสามารถในการวางไข่ของด้วงวงข้าวสารที่รอดชีวิตโดยการตรวจนับจำนวนไข่ที่แมลงวางไว้ในพืชอาหารใหม่พบว่าการใช้น้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตร 1% ทำให้จำนวนไข่ที่วางโดยด้วงวงข้าวสารที่รอดชีวิตมีปริมาณน้อยในทรีตเมนต์ควบคุม เมื่อผสมน้ำมันกานพลู น้ำมันอบเชยหรือน้ำมันตะไคร้หอมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความสามารถในการวางไข่ของแมลงรอดชีวิตได้ เช่นเดียวกับการใช้การบูรหรือเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาได้ดีขึ้นโดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้เมนทอล 1% การใช้น้ำมันสะเดาผสมพืชมะนาวมีแนวโน้มในการลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดารายละเอียดดังแสดงในภาพที่ 10 ส่วนภาพที่ 11 แสดงผลการตรวจนับจำนวนแมลงที่ฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงวางไว้ในแต่ละทรีตเมนต์พบว่าตั้งแต่สัปดาห์ที่ 9 หลังการทดสอบไข่ที่วางไว้ในทรีตเมนต์ควบคุมสามารถฟักออกเป็นตัวได้มากที่สุด ในขณะที่การใช้น้ำมันสะเดาสีต่าง ๆ ผลสมน้ำมันกานพลู น้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมตลอดจนการบูรหรือเมนทอลสามารถยับยั้งการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงวางไว้ใกล้เคียงกันกับการใช้น้ำมันสะเดา ในทางตรงกันข้ามการใช้น้ำมันสะเดาผสมกับพืชมะนาวทำให้มีจำนวนแมลงที่ฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงวางไว้มากกว่าการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวแต่ยังน้อยกว่าทรีตเมนต์ควบคุม



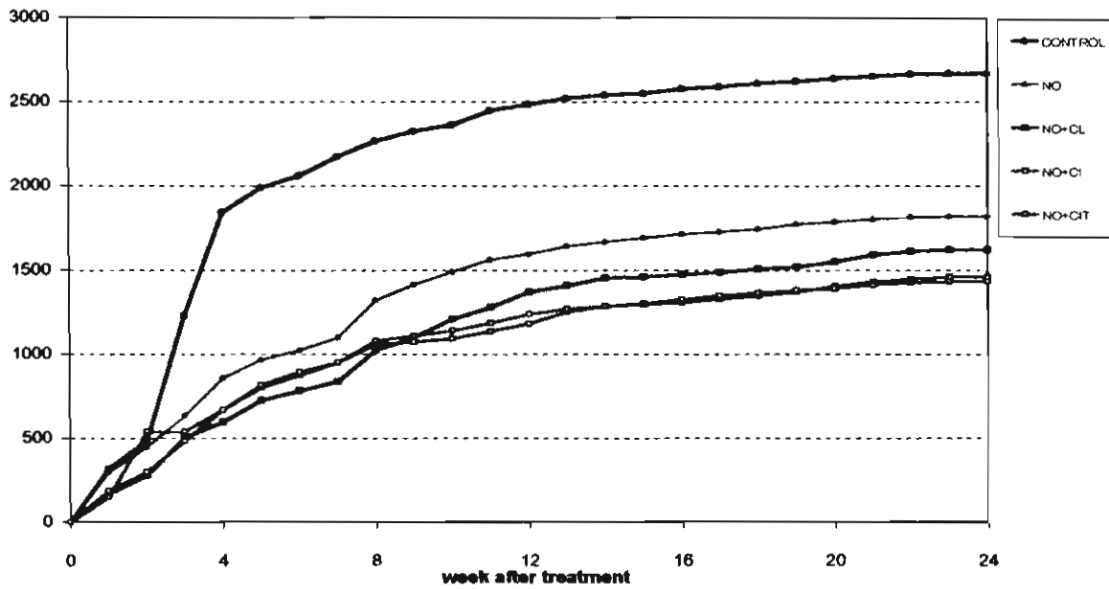
ภาพที่ 9 น้ำหนักข้าวที่เหลือหลังจากการทำลายโดยแมลงที่รอดชีวิตจากการใช้น้ำมันสะเดาลูตร

ผลชนิดต่าง ๆ

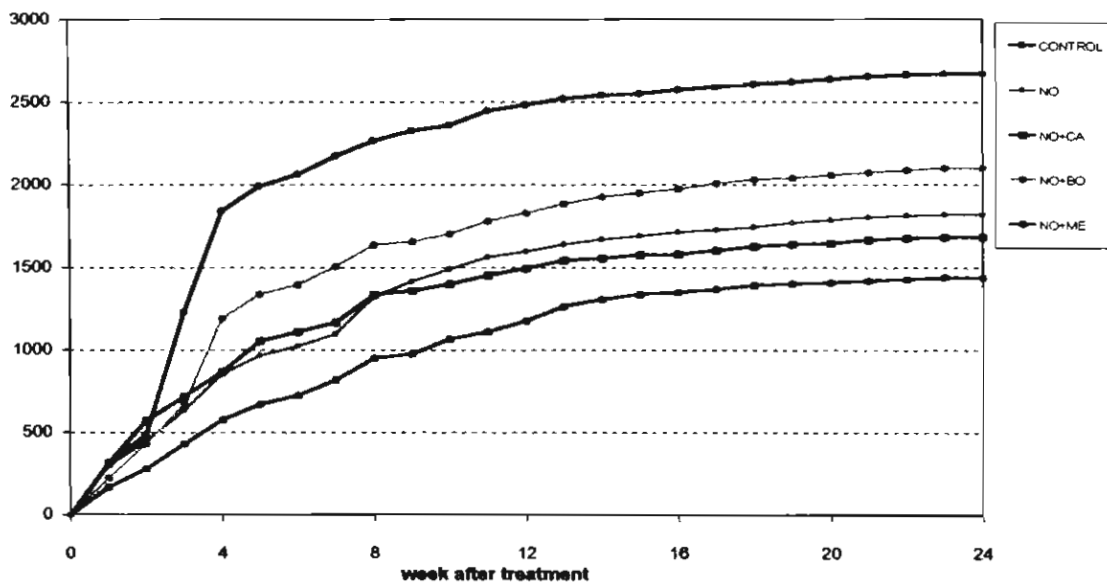
บน) การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ล่าง) การใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

cumulative no. of egg-laid



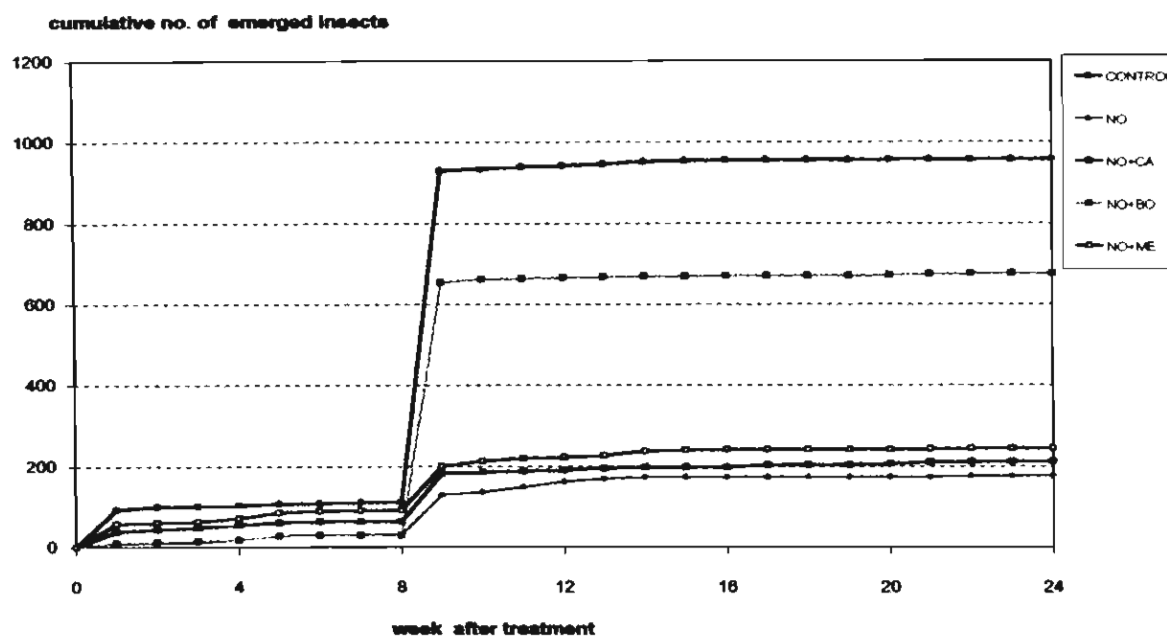
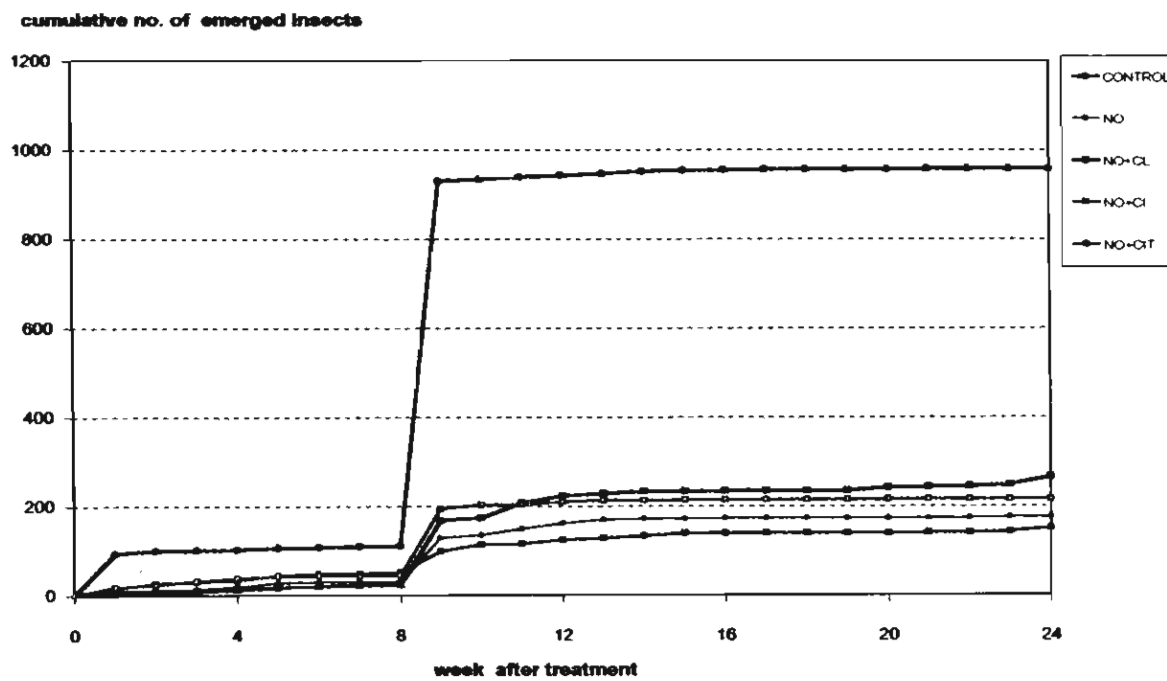
cumulative no. of egg-laid



ภาพที่ 10 จำนวนสะสมของไข่ที่ด้วงวงข้าวสารที่รอดชีวิตวางไว้ในเมล็ดข้าวจากการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ

บน) การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ล่าง) การใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ



ภาพที่ 11 ผลการใช้น้ำมันสะเดาสู่สูตรผสมชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อจำนวนละสมของด้วงงวงที่ฟักออกเป็นตัว
 บน) ผลจากการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ
 ล่าง) ผลจากการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

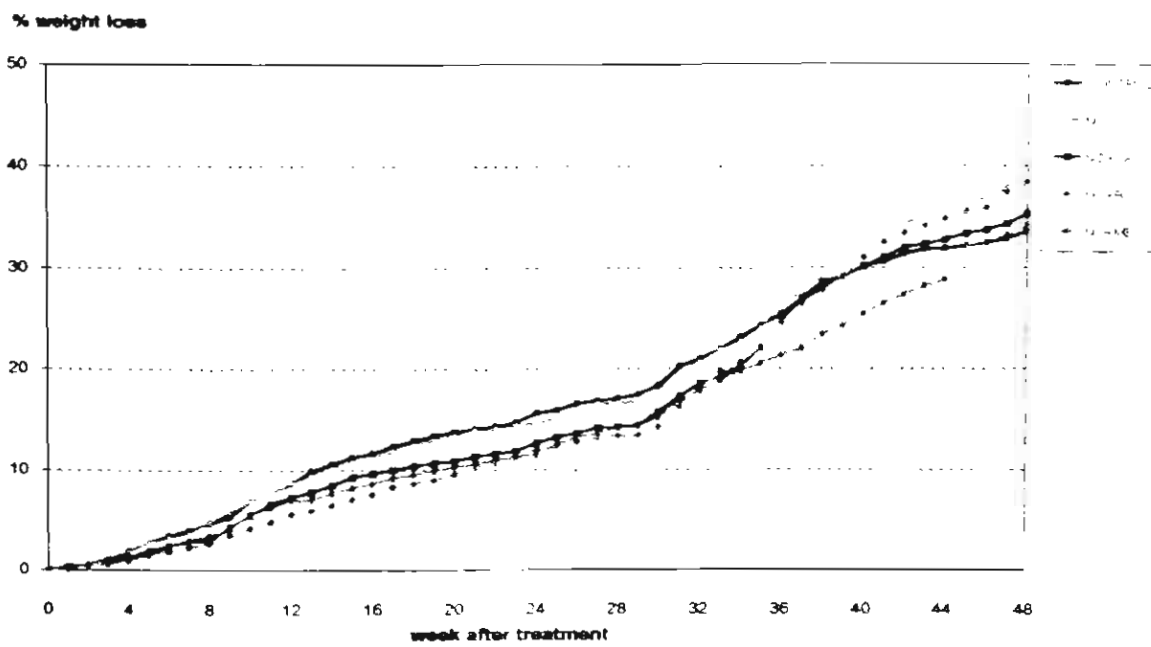
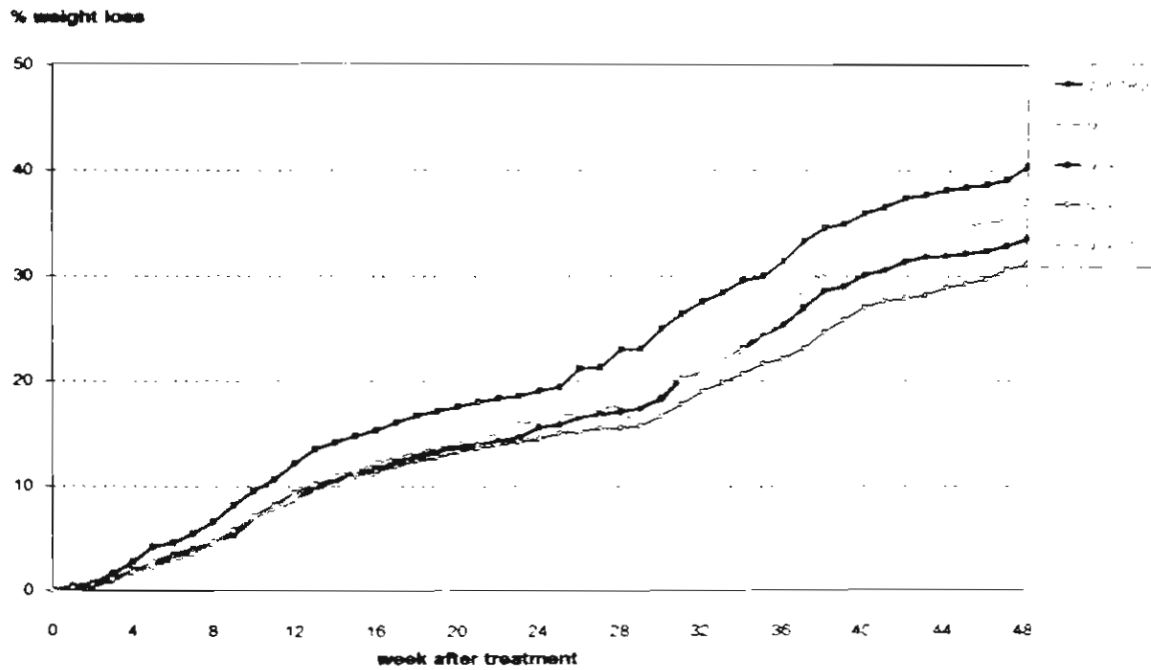
3.5.3 ผลต่ออัตราเพิ่มหรือลดประชากรแมลง

การศึกษาผลต่อการเพิ่มหรือลดประชากรแมลงเป็นการศึกษาผลของการใช้น้ำมันสะเดาอัดเม็ดที่ผสมปรุงแต่งด้วยน้ำมันหอมระเหยหรือสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ ที่มีต่อประชากรด้วงวงข้าวสารโดยปล่อยแมลงทดสอบไว้ในข้าวสารตลอดระยะเวลาการทดลองจนกระทั่งครบ 12 เดือน เช็คผลการทดลองทุกสัปดาห์โดยบันทึกน้ำหนักข้าวที่เหลือจากการทำลาย จำนวนตัวเต็มวัยที่รอดชีวิตหรือตาย จำนวนไข่ที่แมลงวางไว้ตลอดจนจำนวนการฟักเป็นตัวออกจากไข่ที่วางไว้

3.5.3.1 ผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวสาร

ภาพที่ 12 แสดงผลการใช้ น้ำมันสะเดาสูตรผสมต่างๆ ที่มีต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวในแต่ละสัปดาห์หลังการทดสอบ ผลการทดลองพบว่าการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือการบูรมีประสิทธิภาพในการยับยั้งการทำลายผลผลิตของด้วงวงข้าวสารไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวทั้งนี้เห็นได้จากเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวในแต่ละระยะการทดสอบ แต่การใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยได้แก่ การบูร พิมเสนหรือเมนทอลช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาโดยยับยั้งการเข้าทำลายเมล็ดข้าวมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวในระยะต่าง ๆ ของการตรวจเช็คน้อยกว่าทรีตเมนต์ที่ใช้ น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวตลอดจนในทรีตเมนต์ควบคุมโดยเฉพาะการใช้น้ำมันสะเดาผสมเมนทอลพบว่าสามารถยับยั้งการเข้าทำลายของด้วงวงข้าวสารได้ดีที่สุดโดยเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวในแต่ละระยะการตรวจเช็คน้อยกว่าการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวหรือทรีตเมนต์ควบคุม ในทางตรงกันข้ามการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมน้ำมันกานพลูมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวมากกว่าการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวซึ่งแสดงว่าการผสมน้ำมันกานพลูน่าจะมีผลทำให้ลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดา

จากการวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติพบว่า การทดลองสัปดาห์ที่ 1 และ 2 มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์อย่างมีนัยสำคัญ ($\alpha = 0.05$) ส่วนภายหลังการทดลอง 3 ถึง 10 สัปดาห์พบที่มีความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($\alpha = 0.01$) รายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4 แต่หลังจากอาทิตย์ที่ 11 ไม่พบความแตกต่างทางสถิติใด ๆ ผลการวิเคราะห์ทางสถิติดังกล่าวพบว่าการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวให้ผลในการยับยั้งการทำลายของด้วงวงข้าวสารไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันสะเดาสูตรผสมน้ำมันอบเชยหรือสูตรผสมน้ำมันตะไคร้หอมตลอดจนทรีตเมนต์ควบคุม ในขณะที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งกับการใช้น้ำมัน



ภาพที่ 12 เปอร์เซ็นการสูญเสียน้ำหนักขั้วสารภายหลังการอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ด สูตรผสมต่าง ๆ

บน) ผลการอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ล่าง) ผลการอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 4 ^๑ น้ำหนักข้าวที่เหลือในแต่ละครั้งที่เริ่มต้นการทดสอบในสัปดาห์ต่างๆ (สภาพการทดลอง : อุณหภูมิ 23.78 ± 4.11 °C และความชื้นสัมพัทธ์ 60.97 ± 17.75 %)

Treatment	week after treatment									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
control	1127.67 ab ^๑	1126.00 a	1119.33 bcd	1108.67 c	1099.00 c	1091.67 b	1085.33 b	1077.33 b	1069.67 b	1052.00 b
neem oil	1126.67 bc	1123.33 bc	1116.67 cd	1109.00 c	1099.00 c	1093.33 b	1088.00 b	1076.33 b	1065.00 b	1052.33 b
neem oil + clove oil	1125.67 c	1122.67 c	1112.00 e	1099.33 d	1083.00 d	1078.67 c	1068.67 c	1055.67 c	1038.00 c	1022.33 c
neem oil + cinnamon oil	1126.33 bc	1124.33 abc	1118.00 cd	1111.00 c	1104.00 bc	1093.33 b	1087.33 b	1079.67 b	1065.00 b	1049.67 b
neem oil + citronella oil	1127.33 abc	1123.67 bc	1117.33 cd	1117.33 ab	1104.33 bc	1098.33 ab	1090.00 b	1079.67 b	1065.33 b	1050.00 b
neem oil + camphor	1127.00 bc	1126.00 a	1121.33 ab	1121.33 a	1111.00 ab	1102.67 ab	1098.00 ab	1095.67 ab	1081.33 ab	1068.00 ab
neem oil + borneol	1128.00 a	1126.00 a	1123.00 a	1119.00 ab	1113.00 a	1108.67 a	1103.67 a	1099.67 a	1090.67 a	1083.00 a
neem oil + menthol	1128.67 a	1125.00 ab	1120.33 abc	1114.00 bc	1107.33 abc	1102.00 ab	1096.00 ab	1091.33 ab	1083.67 ab	1066.67 ab
F-value	2.76 *	3.55 *	8.61**	11.34**	9.04**	5.04**	4.44**	5.24**	4.19**	2.80**

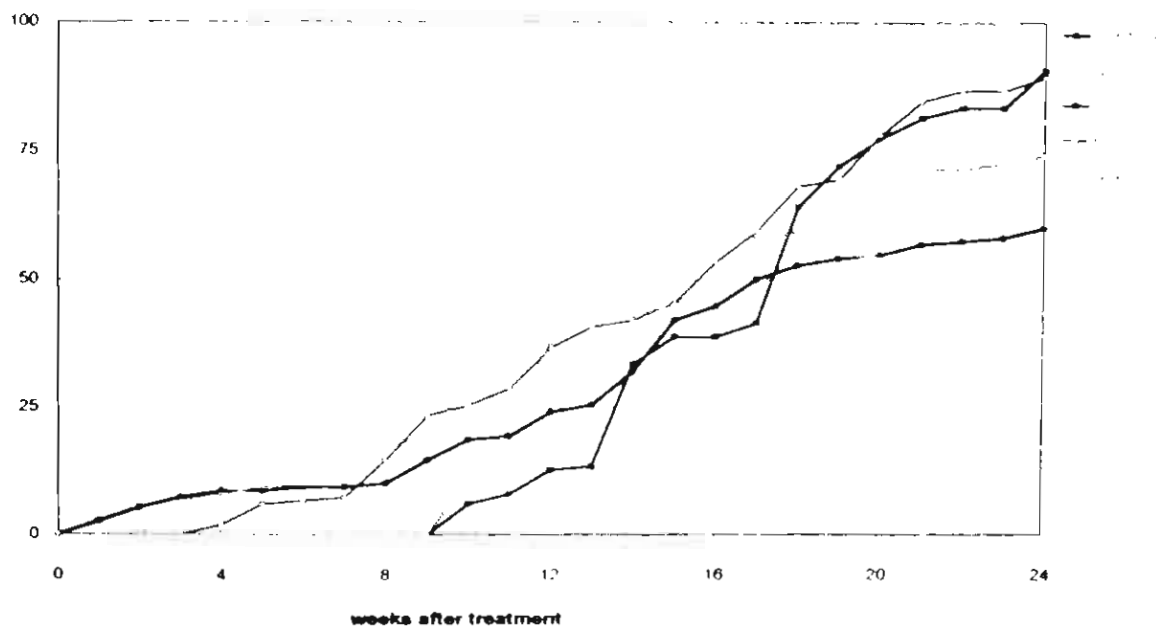
^๑ Means in the same column within each test followed by a same letter are not significantly different at $p = 0.01$, according to Duncan's Multiple Range Test

3.5.3.2 ผลต่ออัตราการตายและรอดชีวิตของแมลง

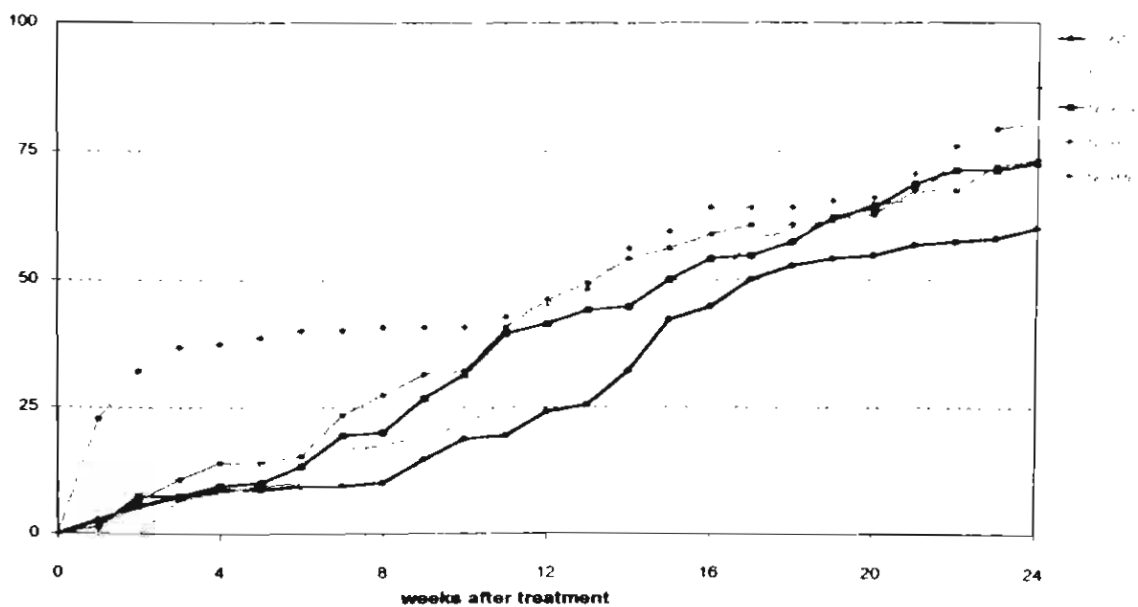
ภาพที่ 13 แสดงเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงทดสอบโดยการอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ (control) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า การใช้น้ำมันสะเดาผสมกับสารหอมระเหยทดสอบทั้ง 3 ชนิดคือ การบูร พิมเสนหรือเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาที่มีต่อด้วงวงข้าวสารโดยทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงภายในแต่ละสัปดาห์มีมากกว่าการใช้น้ำมันสะเดาและการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ส่วนผลการใช้ น้ำมันสะเดาสูตรผสมน้ำมันหอมระเหยพบว่าในช่วง 9 สัปดาห์แรกการใช้ น้ำมันสะเดาสูตรผสมน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชนิด คือ น้ำมันกานพลูหรือน้ำมันตะไคร้หอมเปรียบเทียบกับสูตรน้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวไม่มีผลเพิ่มอัตราการตายของแมลงทดสอบแต่กลับมีผลทำให้ลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาโดยทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงในทรีตเมนต์ทั้งสองต่ำกว่าเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงในทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว แต่ในช่วงสัปดาห์ที่ 11 หลังการทดสอบพบเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงทดสอบใกล้เคียงกับการใช้น้ำมันสะเดาในทรีตเมนต์ที่มีการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันตะไคร้หอมและพบการเพิ่มเปอร์เซ็นต์การตายใกล้เคียงกับน้ำมันสะเดาแต่สูงกว่าทรีตเมนต์ควบคุมในสัปดาห์ที่ 17 จากการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลู ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงทดสอบสูงกว่าการใช้น้ำมันสะเดาเพียงเล็กน้อย

ผลการคำนวณสมการสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (simple linear regression) ระหว่างระยะเวลาหลังการทดสอบ (สัปดาห์) กับเปอร์เซ็นต์การตายของแมลงและนำมาคำนวณหาค่า Lethal Time (LT_{50} , LT_{50} และ LT_{95}) ผลดังแสดงในตารางที่ 5 พบว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมพิมเสนมียค่า LT_{50} สั้นที่สุดโดยใช้ระยะเวลา 12.86 สัปดาห์ในการทำให้แมลงตาย 50% รองลงมาคือการใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชย เมนทอลหรือการบูรมีค่า LT_{50} เท่ากับ 15.74, 15.99 และ 16.71 ตามลำดับโดยที่การใช้ น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูหรือน้ำมันตะไคร้หอมมีค่า LT_{50} มากกว่าการใช้ น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวซึ่งมีค่า LT_{50} นาน 17.22 สัปดาห์ จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยทุกชนิดที่ทำการทดสอบมีผลในการย่นระยะเวลาในการทำให้แมลงทดสอบตาย 50% ส่วนค่า LT_{95} พบว่าผลการทดลองโดยภาพรวมใกล้เคียงกับค่า LT_{50} กล่าวคือการใช้ น้ำมันสะเดาผสมสารทดสอบทุกชนิดมีผลในการย่นระยะเวลาในการทำให้แมลงตาย 95% เมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุมแต่เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยเช่น การบูร พิมเสนหรือเมนทอลไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาในการย่นระยะเวลาทำให้แมลงทดสอบตาย 95% ได้ ในขณะที่การใช้น้ำมันสะเดา

% mortality



% mortality



ภาพที่ 13 เปอร์เซ็นต์ตายของด้วงงวงข้าวสารตัวเต็มวัยในข้าวสารที่อบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรต่าง ๆ

- บน) การอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ
 ล่าง) การอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ผลสมน้ำมันอบเชยมีค่า LT_{95} สั้นที่สุดรองลงมาคือการผสมน้ำมันกานพลูหรือน้ำมันตะไคร้หอม อย่างไรก็ตามในการพิจารณาค่าประสิทธิภาพในการควบคุมประชากรแมลงศัตรูพืชควรพิจารณาทั้งค่า LT_{50} และ LT_{95} ของแต่ละทรีตเมนต์กล่าวคือถึงแม้ว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมพืชมะลื่นจะมีค่า LT_{50} สั้นกว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยแต่การใช้น้ำมันสะเดาผสมพืชมะลื่นมีค่า LT_{95} มากกว่าการใช้น้ำมันอบเชยเกือบ 4 สัปดาห์ ซึ่งระยะเวลาที่มากกว่าดังกล่าวนี้จะมีผลทำให้เมล็ดข้าวถูกทำลายได้มากขึ้นเนื่องจากถูกการทำลายจากการวางไข่ของแมลงดังจะได้กล่าวถึงผลต่อความสามารถในการวางไข่ในหัวข้อ 3.5.3.3 ต่อไป ดังนั้นจึงสรุปผลได้ว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมกับน้ำมันอบเชยน่าจะมีประสิทธิภาพสูงที่สุดในการป้องกันกำจัดด้วงงวงข้าวสารในภาชนะปิด เพราะมีค่า LT_{95} สั้นที่สุด ตลอดจนมีค่า LT_{50} สั้นกว่าการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว นั่นคือน้ำมันอบเชยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาได้ดีที่สุด

ตารางที่ 5 ค่า Lethal Time (LT_5 - LT_{50} - LT_{95})ของการตายของด้วงงวงข้าวสารโดยการอบหรือรมข้าวสารด้วยน้ำมันสะเดาสุตรต่าง ๆ และสมการสหสัมพันธ์เชิงเส้นตรง (สภาพการทดลอง : อุณหภูมิ 23.78 ± 4.11 °เซลเซียสและความชื้นสัมพัทธ์ 60.97 ± 17.75 %)

Treatment	LT_5	LT_{50}	$LT_{95}^{1)}$	Regression equation	R^2
control	4.55 ²⁾	20.40	36.24	$y = 2.84x - 7.93$	0.95
neem oil	4.69	17.22	29.76	$y = 3.59x - 11.83$	0.98
neem oil + clove oil	7.26	17.68	28.10	$y = 4.32x - 26.38$	0.86
neem oil + cinnamon oil	5.30	15.74	26.18	$y = 4.31x - 17.83$	0.97
neem oil + citronella oil	6.24	17.84	29.44	$y = 3.88x - 19.21$	0.92
neem oil + camphor	3.16	16.71	30.27	$y = 3.32x - 5.48$	0.99
neem oil + borneol	4.92	12.86	30.65	$y = 2.53x + 17.46$	0.91
neem oil + menthol	2.10	15.99	29.88	$y = 3.24x - 1.81$	0.97

หมายเหตุ ¹⁾ weeks after treatment

²⁾ n = 50 in 3 replications

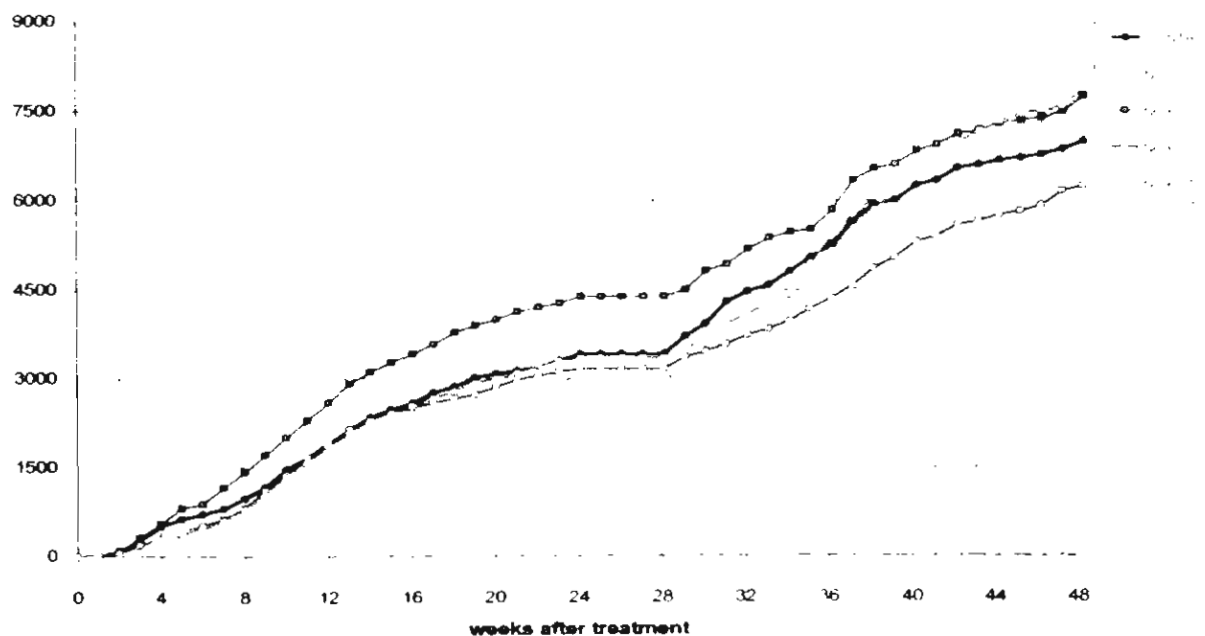
3.5.3.3 ผลต่อความสามารถในการวางไข่

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่อความสามารถในการวางไข่ของด้วงงวงข้าวสารดังแสดงในภาพที่ 14 และจำนวนไข่ที่แมลงวางไว้ในแต่ละสัปดาห์ดังแสดงในตารางที่ 6-1 และ 6-2 ผลการทดลองพบว่าส่วนใหญ่ทรีตเมนต์ต่าง ๆ แสดงความแตกต่าง

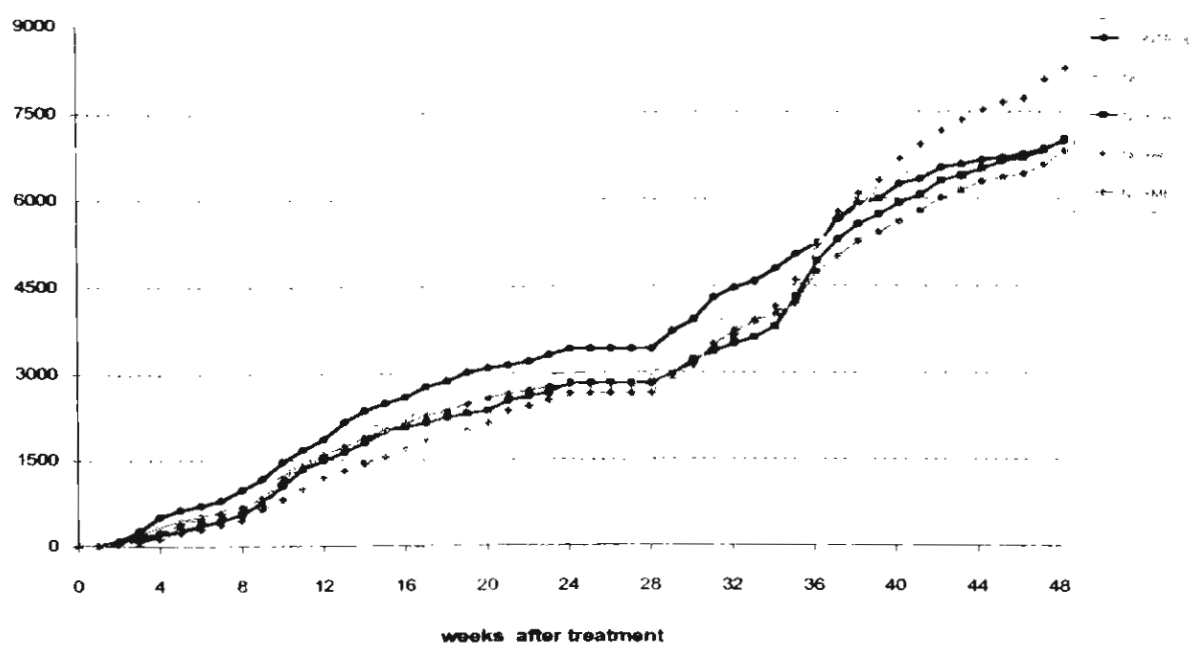
ต่างกันทางสถิติเฉพาะในช่วง 12 สัปดาห์แรกและ 12 สัปดาห์สุดท้ายโดยที่ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าในช่วง 12 สัปดาห์แรกการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวยังมีผลต่อความสามารถในการวางไข่ของแมลงและแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งจากทรีตเมนต์ควบคุม ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูมีผลลดทอนประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดา ในขณะที่การผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือเมนทอลมีจำนวนไข่ที่แมลงวางเอาไว้ในแต่ละสัปดาห์ใกล้เคียงกันและไม่มีผลแตกต่างกันทางสถิติกับการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว ในทางตรงกันข้ามจะเห็นความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งของการใช้น้ำมันสะเดาผสมการบูรหรือผสมพิมเสนเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว โดยจำนวนไข่ที่วางไว้ในแต่ละสัปดาห์จะมีจำนวนน้อยกว่าทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวกกล่าวคือ การใช้น้ำมันสะเดาผสมการบูรหรือพิมเสนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาที่มีผลต่อการยับยั้งการวางไข่ของแมลงทดสอบ อย่างไรก็ตามความแตกต่างกันทางสถิติของผลต่อความสามารถในการวางไข่โดยมีจำนวนไข่ที่แมลงวางเอาไว้ในแต่ละสัปดาห์เป็นตัวชี้วัดนี้ยังไม่สามารถบอกได้ถึงประสิทธิภาพที่แท้จริงของน้ำมันสะเดาสูตรต่าง ๆ เพราะมีการเพิ่ม-ลดจำนวนไข่ที่วางไว้ในแต่ละสัปดาห์แตกต่างกันไป ดังนั้นน่าจะพิจารณาจากอัตราการเพิ่มของไข่ที่แมลงวางเอาไว้ซึ่งแสดงแนวโน้มในการเพิ่มได้ดีกว่า

ตลอดระยะเวลาการทดสอบ 48 สัปดาห์การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูมีจำนวนสะสมของไข่ที่ด้วงวงข้าวสารวางไว้มากกว่าในทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว เมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยพบว่ามีอัตราการเพิ่มจำนวนสะสมของไข่น้อยกว่าทรีตเมนต์ควบคุมตลอดช่วงระยะเวลาการทดสอบโดยเฉพาะอย่างยิ่ง 28 สัปดาห์หลังการทดสอบเป็นต้นไป แต่การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันตะไคร้หอมไม่แสดงผลในการยับยั้งความสามารถในการวางไข่ของแมลงแตกต่างจากทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว ส่วนการผสมการบูร พิมเสนหรือเมนทอลพบว่ามีอัตราการเพิ่มจำนวนสะสมของไข่ด้วงวงข้าวสารใกล้เคียงกันและไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าอัตราการเพิ่มจำนวนสะสมของไข่ที่แมลงวางเอาไว้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในช่วงท้ายของการทดลองจากการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวและการใช้น้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมสารหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดคือการบูร พิมเสนหรือเมนทอลตลอดจนการผสมน้ำมันตะไคร้หอม

cumulative no. of egg laid



cumulative no. of egg laid



ภาพที่ 14 จำนวนไข่ของไข่ตัววงวงข้าวสารที่พบในข้าวที่อบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมต่าง ๆ

บน) การอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ล่าง) การอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 6-1 จำนวนไข่ที่ด้วงงวงข้าวสำรวจได้ในช่วง 1-12 สัปดาห์ภายหลังการทดสอบ (สภาพการทดลอง : อุณหภูมิ $23.78 \pm 4.11^{\circ}\text{C}$ และ ความชื้นสัมพัทธ์ $60.97 \pm 17.75\%$)

Treatment	week after treatment											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
control	16.67 ¹	65.33 a	179.67 ab	248.00 a	118.67 b	80.33	85.67	173.00 bc	195.00	300.00	201.00	182.67
neem oil	16.00	44.33 b	120.00 b	160.33 bc	103.33 b	70.67	85.00	171.67 bc	247.00	231.67	215.67	218.67
neem oil + clove oil	16.67	163.67 a	278.33 a	228.33 ab	271.67 a	65.00	275.00	265.00 a	291.67	396.67	290.33	304.33
neem oil + cinnamon oil	15.00	34.33 bcd	124.33 b	110.67 c	82.00 b	145.33	120.00	171.00 bc	309.33	276.33	280.00	256.00
neem oil + citronella oil	15.00	38.67 bc	130.00 b	94.67 c	98.33 b	81.00	127.67	192.67 ab	251.00	314.67	236.33	268.33
neem oil + camphor	13.00	16.67 d	78.00 c	87.67 c	77.67 b	86.00	83.33	111.33 c	244.33	295.00	282.00	153.33
neem oil + borneol	9.67	25.00 d	40.00 c	57.00 d	103.33 b	59.67	70.00	80.67 d	169.33	180.67	178.67	195.00
neem oil + menthol	8.33	37.67 bc	117.67 b	91.00 c	132.33 b	95.67	81.33	117.00 bc	157.00	356.33	195.00	200.00
F-value	2.57 ^{ns}	7.02**	4.15**	5.24**	4.96**	1.65 ^{ns}	2.42 ^{ns}	5.57**	1.46 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.66 ^{ns}	0.67 ^{ns}

¹⁾ Means in the same column within each test followed by a same letter are not significantly different at $p = 0.01$, according to Duncan's Multiple Range Test

ตารางที่ 6-2 จำนวนไข่ที่วางตัวสาววางไข่ในช่วง 37-48 สัปดาห์ภายหลังการทดสอบ (สภาพการทดลอง : อุณหภูมิ $23.78 \pm 4.11^{\circ}\text{C}$ และ ความชื้นสัมพัทธ์ $60.97 \pm 17.75\%$)

Treatment	week after treatment											
	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
control	414.00 ^a	263.00	84.00 ^c	250.33	85.00	202.67	55.00 ^d	72.67	39.00 ^b	54.00	98.67 ^c	135.33 ^{cd}
neem oil	378.33	306.33	321.00 ^a	234.33	137.67	184.33	201.67 ^a	196.33	121.00 ^a	97.00	174.00 ^{bc}	256.00 ^{ab}
neem oil + clove oil	507.67	194.00	80.00 ^c	220.00	108.00	179.00	60.67 ^{cd}	113.33	50.67 ^b	53.33	89.67 ^c	252.67 ^{ab}
neem oil + cinnamon oil	213.67	285.00	185.33 ^b	267.33	96.33	180.67	70.67 ^{cd}	101.67	69.00 ^b	78.33	256.33 ^{ab}	80.67 ^d
neem oil + citronella oil	349.67	304.33	145.67 ^{bc}	295.67	163.00	329.67	178.33 ^{ab}	159.00	122.67 ^a	69.67	73.67 ^c	294.00 ^a
neem oil + camphor	364.33	260.67	171.33 ^{bc}	198.33	134.67	249.33	95.33 ^{cd}	113.33	115.67 ^a	71.00	117.00 ^c	203.33 ^{bc}
neem oil + borneol	569.67	315.33	232.67 ^b	363.67	245.33	237.00	185.33 ^{ab}	163.00	140.33 ^a	61.33	329.00 ^a	188.00 ^{bc}
neem oil + menthol	264.33	262.00	152.33 ^{bc}	191.33	178.33	220.33	125.33 ^b	165.00	67.67 ^b	52.00	160.00 ^{bc}	235.33 ^{ab}
F-value	1.52 ^{ns}	0.53 ^{ns}	5.64 ^{**}	0.88 ^{ns}	2.49 ^{ns}	0.87 ^{ns}	3.13 [*]	1.01 ^{ns}	6.22 ^{**}	0.96 ^{ns}	5.35 ^{**}	5.21 ^{**}

¹⁾ Means in the same column within each test followed by a same letter are not significantly different at $p = 0.01$, according to Duncan's Multiple Range Test

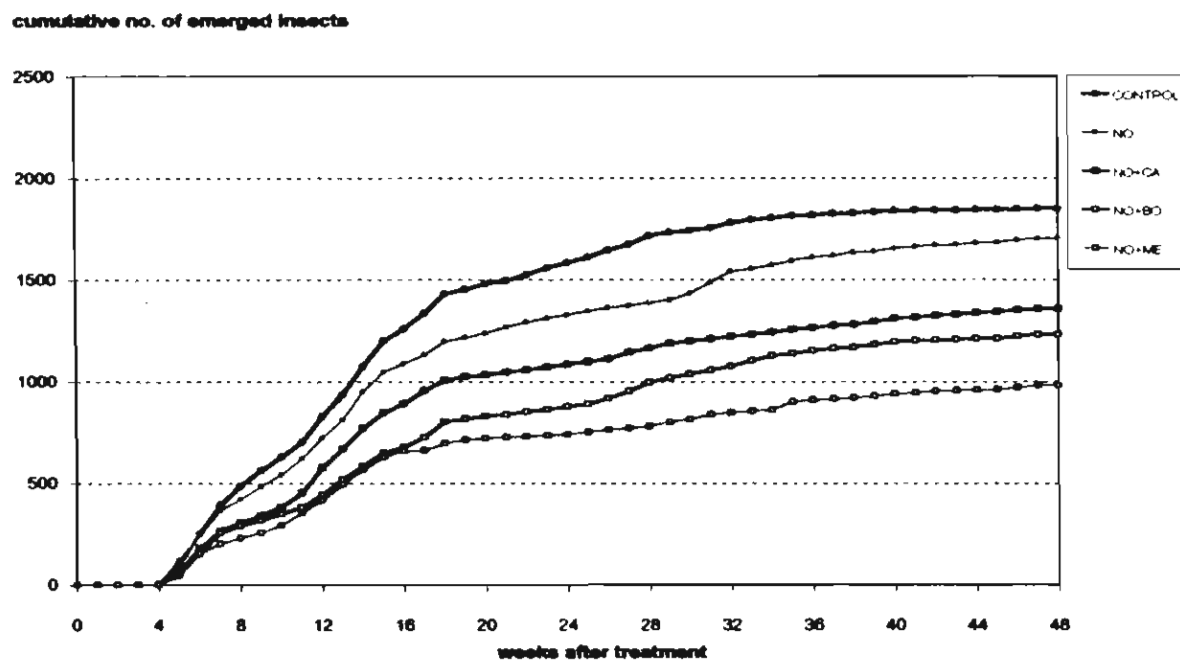
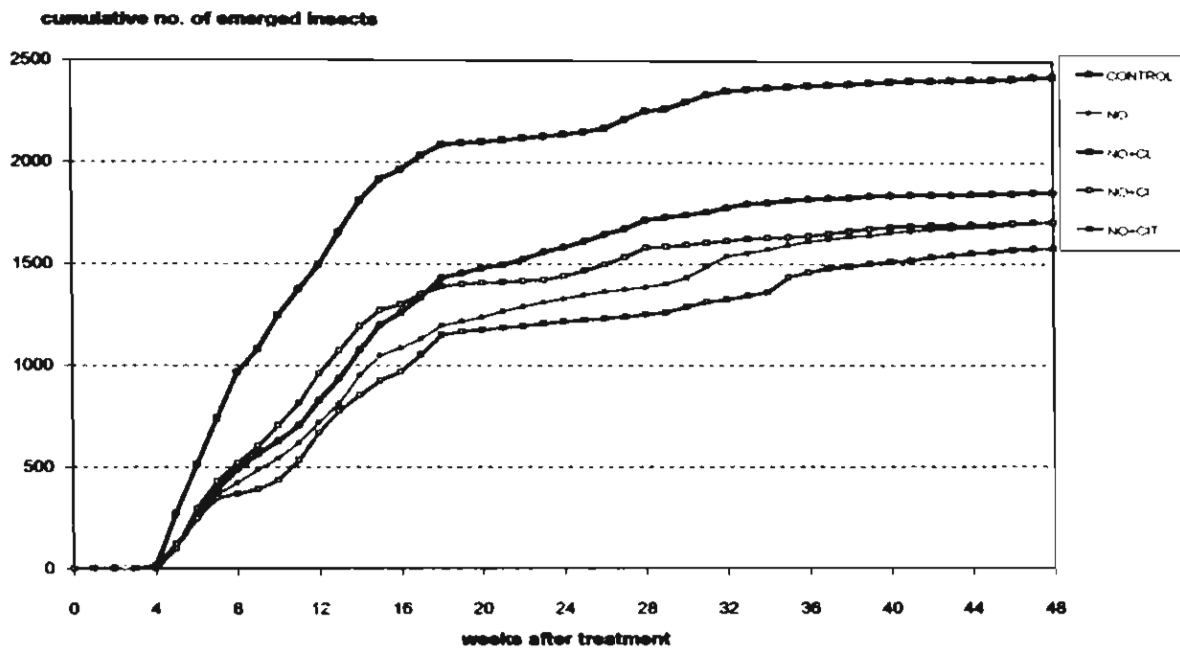
3.5.3.4 ผลต่อความสามารถในการฟักของไข่

ภาพที่ 15 แสดงผลของการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่อความสามารถในการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่ด้วงวงข้าวสารวางไว้โดยแสดงจำนวนสะสมของด้วงวงข้าวสารที่ฟักออกมาต่อเนื่องกันในแต่ละสัปดาห์จนครบ 48 สัปดาห์ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของด้วงวงข้าวสารที่ถูกอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาในหัวข้อที่ 3.5.3.3 กล่าวคือการใช้น้ำมันสะเดาสามารถยับยั้งการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่ด้วงวงข้าวสารวางไว้ดีกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูลดทอนประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาที่มีต่อความสามารถในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่วางไว้โดยมีจำนวนสะสมของด้วงวงข้าวสารที่ฟักเป็นตัวมากกว่าการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว ในขณะที่การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันตะไคร้หอมมีจำนวนสะสมของด้วงวงข้าวสารที่ฟักออกจากไข่ที่วางไว้น้อยกว่าด้วงวงข้าวสารที่พบในการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวตลอดช่วงการทดสอบ 48 สัปดาห์ ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยเช่น การบูร พิมเสนหรือเมนทอลมีผลต่อประสิทธิภาพในการยับยั้งความสามารถในการฟักเป็นตัวจากไข่ที่ด้วงวงข้าวสารวางเอาไว้โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผสมน้ำมันสะเดาด้วยเมนทอลซึ่งพบจำนวนด้วงวงข้าวสารที่ฟักเป็นตัวจากไข่ที่วางเอาไว้้น้อยกว่าทรีตเมนต์ที่มีการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวและทรีตเมนต์ควบคุมในทุกระยะของการทดสอบ

เมื่อพิจารณาจากผลการตรวจนับจำนวนด้วงวงข้าวที่ฟักออกเป็นตัวในแต่ละสัปดาห์ในภาพที่ 16-1 และ 16-2 จะเห็นได้ชัดเจนว่าการผสมน้ำมันสะเดากับการบูร พิมเสนหรือเมนทอลมีผลต่อการขัดขวางหรือยับยั้งกระบวนการฟักของไข่โดยที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักของไข่ได้ตลอดช่วงการทดสอบเช่นเดียวกับการผสมน้ำมันตะไคร้หอมกับน้ำมันสะเดาทำให้จำนวนการฟักออกเป็นตัวจากไข่แมลงที่วางไว้น้อยกว่าทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูหรือน้ำมันอบเชยไม่มีผลต่อการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงวางไว้แต่กลับมีผลตรงกันข้ามโดยทำให้มีจำนวนแมลงที่ฟักออกจากไข่ที่วางไว้แต่ละสัปดาห์สูงกว่าทรีตเมนต์ควบคุมและน้ำมันสะเดาอย่างเดียว นอกจากนี้ยังสังเกตได้ชัดเจนว่าความสามารถในการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงวางไว้ในแต่ละทรีตเมนต์ในช่วงแรกของการทดสอบมีสูงกว่าช่วงท้ายของการทดสอบ ทั้งที่จำนวนไข่ที่แมลงวางเอาไว้ในแต่ละทรีตเมนต์มีแนวโน้มมากขึ้นในช่วงท้ายของการทดสอบดังได้แสดงไว้ในภาพที่ 15 ทั้งนี้อาจเป็นเพราะพืชอาหารมีจำกัดทำให้ประชากรที่มีมากเกินไปไม่สามารถพัฒนาการเจริญเติบโตตลอดจนผสมพันธุ์ผลิตลูกหลานได้ตามปกติ จากการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างทรีตเมนต์ของจำนวนไข่

ที่พื้กออกมาในแต่ละสัปดาห์พบความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในช่วงสัปดาห์ที่ 4, 5, 8, 9, 10, 31, 32, 33 และ 37 หลังการทดสอบเท่านั้นรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 7

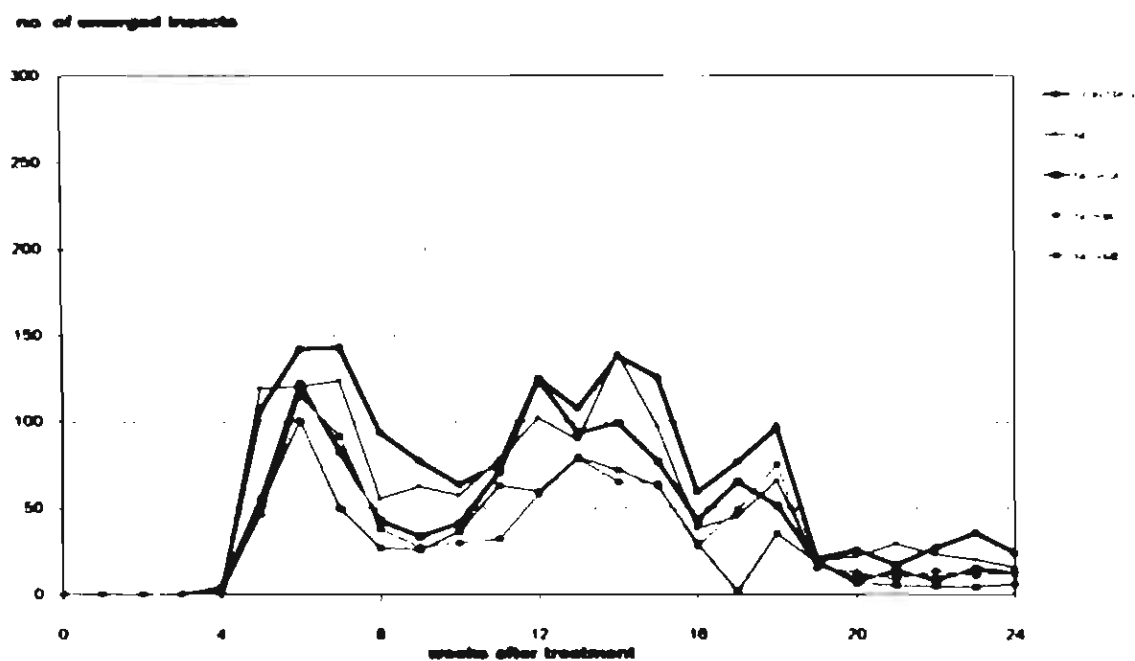
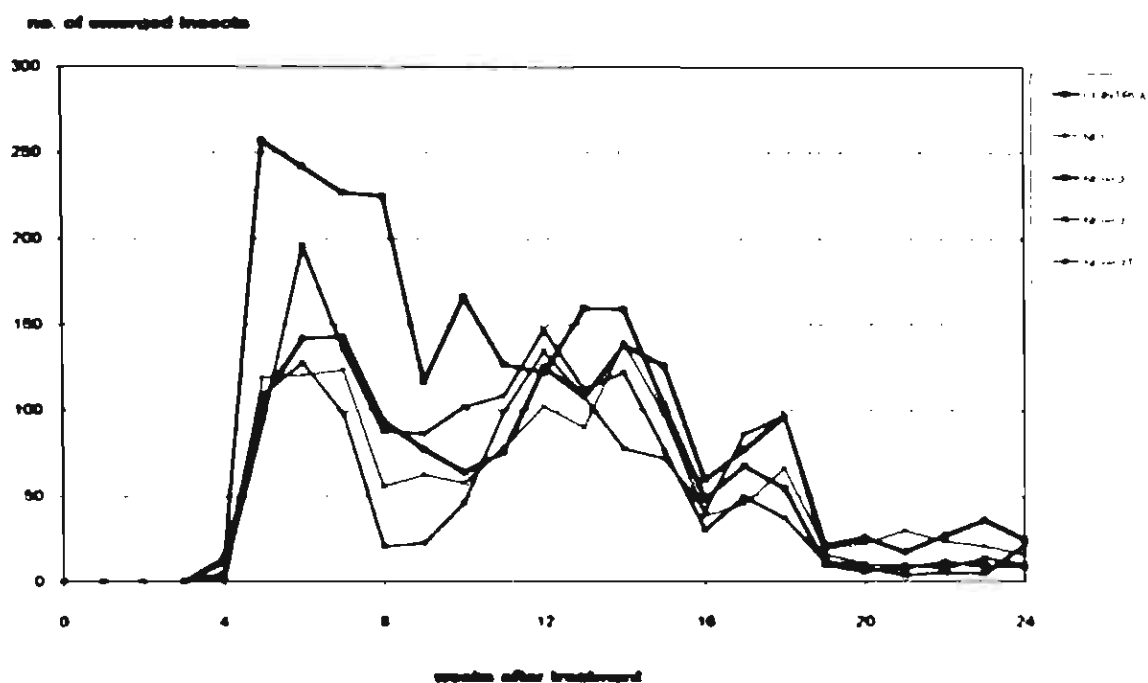
จากผลการทดลองที่ได้กล่าวมาในภาพที่ 15 – 16 แสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ ได้แก่ การบูร พิมเสนหรือเมนทอลสามารถลดจำนวนประชากรแมลงในรุ่นถัดไปได้โดยลดจำนวนประชากรแมลงให้ต่ำกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ในทรีตเมนต์ควบคุมตลอดจนการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว เช่นเดียวกันกับการผสมน้ำมันสะเดาด้วยน้ำมันอบเชยหรือน้ำมันตะไคร้หอมซึ่งถึงแม้ว่าจะได้ผลไม่ดีเท่ากับสูตรผสมสารหอมระเหยแต่ก็สามารถลดจำนวนประชากรแมลงในรุ่นถัดไปได้ในระดับหนึ่ง ในทางตรงกันข้ามพบว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูจะทำให้การออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาลดลงและทำให้มีการเพิ่มของประชากรมากกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ และการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว



ภาพที่ 15 จำนวนสะสมของด้วงวงข้าวสารที่ฟักออกมาจากข้าวสารที่อบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมต่าง ๆ

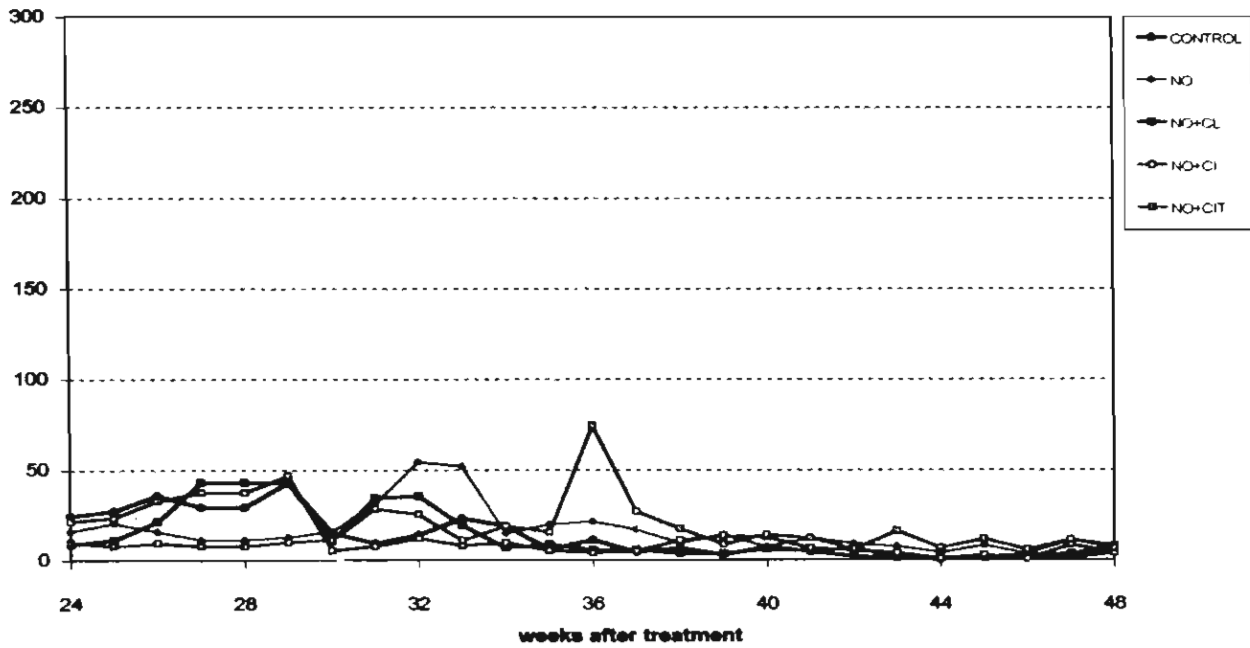
บน) การอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ล่าง) การอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

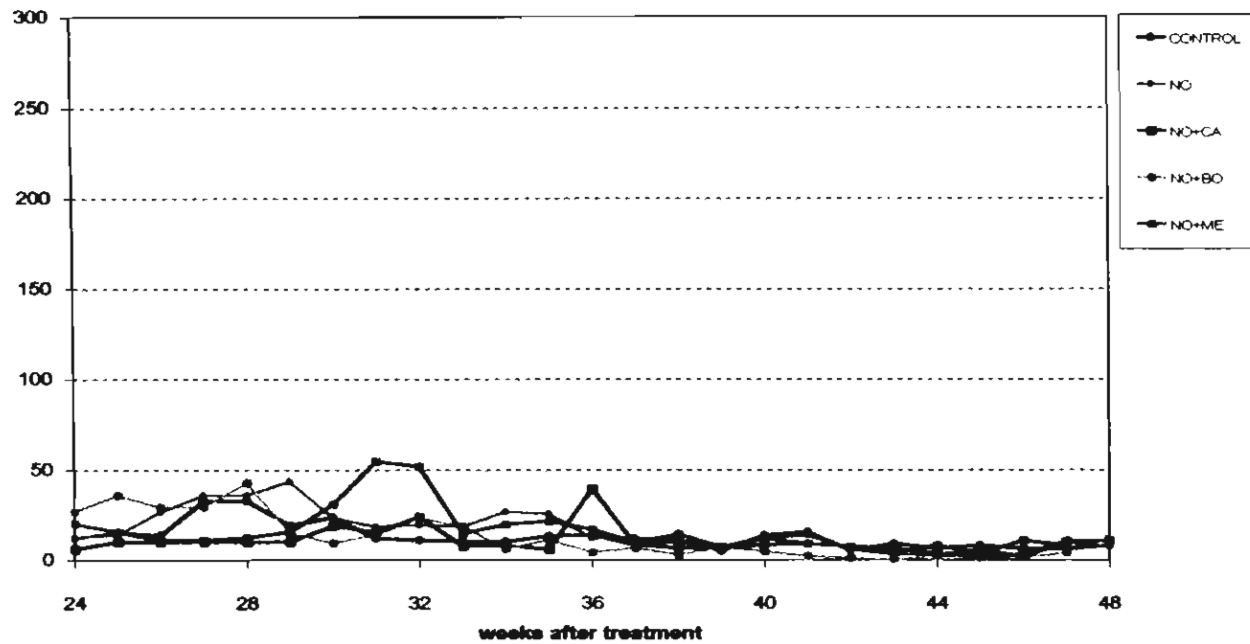


ภาพที่ 16-1 ผลการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่อจำนวนด้วงวงที่ฟักออกเป็นตัว
ในสัปดาห์ที่ 1-24 หลังทดสอบ
บน) ผลจากการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ
ล่าง) ผลจากการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

no. of emerged insects



no. of emerged insects



ภาพที่ 16-2 ผลการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่อจำนวนด้วงวงที่ฟักออกเป็นตัว
ในสัปดาห์ที่ 24-48 หลังทดสอบ
บน) ผลจากการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ
ล่าง) ผลจากการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยชนิดต่าง ๆ

ตารางที่ 7 จำนวนแมลงช่วงช่วงตัวที่ฟักออกจากไข่ระหว่าง 14 ชั่วโมงหรือมากกว่าในไข่ของแมลงตัวเต็มวัย และผลเฉลี่ยที่พบ

ความแตกต่างทางสถิติ, ผลของการทดลอง อุณหภูมิ $23.78 \pm 1.11^{\circ}\text{C}$ และความชื้นสัมพัทธ์ $70.0 \pm 17.75\%$

Treatment	mean after 14 hours						
	1	5	8	9	10	11	38
control	133 b	136 b	93 b	77 abc	116 b	133 b	633 d
neem oil	277 a	1100 b	553 b	623 b	1133 b	1333 a	933 b
neem oil + clove oil	337 a	2570 a	22467 a	11633 a	10000 a	1900 b	367 d
neem oil + cinnamon oil	533 b	6333 b	8733 b	8633 ab	11167 b	800 b	1067 bc
neem oil + citronella oil	1133 a	10933 b	2033 d	2233 d	4600 c	1067 b	1733 a
neem oil + camphor	367 b	5533 b	4267 bc	3367 c	4100 c	1033 b	1033 bc
neem oil + bergamot	233 b	4067 b	3800 bc	2733 d	3300 c	1833 b	1100 b
neem oil + methyl	767 b	5167 b	2700 bc	2567 d	3633 c	767 b	633 cd
F-value	113**	666**	8.6**	4.9**	5.57**	3.33*	3.58*
	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001

1) Means in the same column within each test, followed by a same letter are not significantly different at $p = 0.05$ according to

Duncan's Multiple Range Test

3.6 ผลต่อรสชาติและการยอมรับของผู้บริโภค (Sensory Test)

การทดสอบคุณภาพของข้าวภายหลังการอบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาสีต่าง ๆ เป็นการทดสอบผลต่อรสชาติและการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้มาตรฐานของการหุงต้มเพื่อรับประทานของข้าวหอมมะลิและข้าวสารธรรมดาซึ่งได้รับการอนุเคราะห์ชิมตัวอย่างต่าง ๆ จากบริษัท ปทุมไรซ์มิล แอนด์ แกรนารี จำกัด (มหาชน) โดยมีมาตรฐานต่าง ๆ คือ กลิ่น ความนุ่ม การเกาะตัว ความขาวและความเลื่อมมัน ผลการใช้น้ำมันสะเดาสีผสมต่าง ๆ ในการอบหรือรมข้าวสารที่มีต่อคุณภาพการหุงต้มเพื่อรับประทานพบว่าข้าวทดสอบในทุกพรีติเมนต์ซึ่งเก็บไว้นาน 1 ปีโดยมีแมลงอาศัยอยู่ในภาชนะบรรจุและเพิ่มปริมาณตามระยะเวลาการเก็บรักษาจะมีกลิ่นไม่พึงประสงค์จากการที่แมลงทำลายเมล็ดข้าวตลอดจนขับถ่ายของเสียออกมาปนเปื้อนกับเมล็ดข้าวซึ่งกลิ่นดังกล่าวมีผลต่อการประเมินคุณภาพในการหุงต้มเป็นอย่างมากและมีผลทำให้การใช้สารทดสอบทุกชนิดมีค่าระดับคะแนนคุณภาพกลิ่นต่ำเช่นเดียวกับการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการใช้น้ำมันสะเดาสีผสมน้ำมันกานพลูหรือเมนทอลซึ่งมีค่าระดับคะแนนคุณภาพกลิ่นต่ำที่สุด (ตารางที่ 8) เช่นเดียวกับคุณภาพการหุงต้มอื่น ๆ พบว่าการใช้สารทดสอบชนิดต่าง ๆ ไม่มีผลต่อลักษณะปรากฏเช่น ความนุ่ม การเกาะตัว ความขาวและความเลื่อมมัน นอกจากนี้ยังไม่พบความแตกต่างกันทางสถิติระหว่างพรีติเมนต์ต่าง ๆ ในเรื่องคุณภาพต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว

ตารางที่ 8 การประเมินคุณภาพต่าง ๆ ในการหุงต้มของข้าวสารทดสอบที่อบหรือรมด้วยน้ำมันสะเดาสีต่าง ๆ นาน 12 เดือน

ชนิดสารทดสอบ	ค่าคุณภาพ				
	กลิ่น	ความนุ่ม	การเกาะตัว	ความขาว	ความเลื่อมมัน
ไม่ใช้สารทดสอบ	2.2	3.2	4.3	2.4	3.6
น้ำมันสะเดา	2.5	3.0	4.2	2.4	3.9
น้ำมันสะเดา + น้ำมันกานพลู	1.8	2.1	4.2	2.3	3.8
น้ำมันสะเดา + น้ำมันอบเชย	2.0	3.0	4.2	2.4	3.8
น้ำมันสะเดา + น้ำมันตะไคร้หอม	2.2	3.3	4.3	2.4	3.9
น้ำมันสะเดา + การบูร	1.9	2.9	4.0	2.6	3.8
น้ำมันสะเดา + พิมเสน	2.1	3.0	4.3	2.6	3.9
น้ำมันสะเดา + เมนทอล	1.8	2.8	4.2	2.5	3.8
% CV	40.8	32.0	11.4	17.4	30.9

บทที่ 4

สรุปและวิจารณ์ผล

ผลการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ ที่มีต่ออัตราการตายของแมลง โดยการนำมาอบหรือรมข้าวสารเป็นเวลา 3 วันในขณะที่มีแมลงทดสอบอาศัยอยู่พบว่า สูตรผสมทุกสูตรไม่มีผลในการทำให้แมลงตายในระหว่าง 3 วันแต่พบว่าการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือเมนทอลจะมีผลทำให้แมลงที่อาศัยอยู่ในพืชอาหารระหว่างการอบหรือรมสารทดสอบเข้าทำลายพืชอาหารได้น้อยลงทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ในทรีตเมนต์ควบคุม Lale and Mustapha (2000) รายงานประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาที่มีต่อการลดความสามารถการเข้าทำลายพืชอาหารของด้วงถั่ว *C. maculatus* ว่าสามารถลดความเสียหายของพืชอาหารได้ตั้งแต่ 5 – 25 % ทั้งนี้โดยวิธีคลุกเมล็ดด้วยน้ำมันสะเดาอัตราต่าง ๆ นอกจากนี้ยังพบรายงานการวิจัยเกี่ยวกับการใช้น้ำมันหอมระเหยชนิดต่าง ๆ ที่สามารถลดความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการทำลายของแมลงศัตรูโรงเก็บหลายชนิด เช่น การใช้น้ำมันหอมระเหยจากลูกกระวานที่ขัดขวางความสามารถในการทำลายพืชอาหารของ *S. zeamais* และ *T. castaneum* ได้ถึง 27% (Huang et al., 2000) และน้ำมันหอมระเหยจากว่านน้ำ *Acorus calamus* ลดการสูญเสียน้ำหนักของเมล็ดข้าวโพดได้ถึง 50 % จากการทำลายของด้วง *Prostephanus truncatus* (Schmidt and Streloke, 1994) ส่วน El-Nahal et al. (1989) และ Schmidt et al. (1991) ได้รายงานเกี่ยวกับใช้น้ำมันหอมระเหยของว่านน้ำในการอบหรือรมพืชอาหารระยะเวลานานตั้งแต่ 1 ถึง 8 วันโดยใช้น้ำมันหอมระเหยอัตรา 10 ไมโครลิตรพบว่า การรมพืชอาหารนานถึง 5 วัน ไม่มีผลโดยตรงที่จะทำให้ด้วงวงข้าวสารที่อาศัยอยู่ในพืชอาหารนั้น ๆ ตายได้แต่จะมีผลทำให้ตายภายหลังการทดสอบในอีก 1 อาทิตย์ถัดไป การรมโดยใช้ระยะเวลานานขึ้นตั้งแต่ 6 วันขึ้นไปจะทำให้เกิดการตายของแมลงทดสอบ นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้สารไลนาโลอล (Linalool) ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์หลักในใบกระเพรา มีฤทธิ์ทำให้ด้วงวงข้าวสารตายได้มากกว่า 50% ภายใน 24 ชั่วโมงถ้าใช้ความเข้มข้นมากกว่า 450 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตรโดยแมลงจะมีอาการตื่นตัวมากกว่าปกติ (hyperactivity) ตลอดจนปีกทั้งคู่หน้าและคู่หลังพับปิดพันกันและตายในที่สุด (Weaver et al., 1991) Sighamony et al. (1986) รายงานการใช้น้ำมันกานพลู น้ำมันจากซีดาร์วูด (cedar wood) และน้ำมันการันจา (karanja) ที่ทำการทดลองกับ

S. oryzae และ *R. dominica* พบว่าสามารถฆ่าแมลงทดสอบให้ตายได้โดยการอบหรือรมพืชทดสอบด้วยความเข้มข้นตั้งแต่ 25-200 พีพีเอ็ม

นอกจากนี้การใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือเมนทอลเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงทดสอบได้อีกด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งการผสมน้ำมันสะเดาด้วยเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาในการยับยั้งการวางไข่ได้มากกว่าทรีตเมนต์ใด ๆ ในขณะที่การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนแสดงแนวโน้มในการลดประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาในการออกฤทธิ์ป้องกันกำจัดแมลง การวิจัยเกี่ยวกับผลของกลิ่นของพืชอาหารที่มีต่อการดำรงชีวิตของแมลงศัตรูในโรงเก็บหลายชนิดพบว่ากลิ่นของพืชอาหารมีผลต่อการตอบสนองหรือแสดงพฤติกรรมการรับหรือส่งฟีโรโมนของแมลงโดยเฉพาะอย่างยิ่งแมลงที่เพศผู้ปล่อยกลิ่นฟีโรโมนเพื่อล่อให้ตัวเมียเข้ามาผสมพันธุ์ เช่น *S. oryzae*, *T. castaneum* และ *R. dominica* (Phillips *et al.*, 1985 และ 1993; Hussian *et al.*, 1994; Phillips, 1997) ผลการทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า แมลงเพศผู้รับกลิ่นของพืชอาหารและอาศัยกินอยู่บนเมล็ดพืชและใช้กลิ่นของพืชอาหารเป็นตัวเร้าในการหลั่งฟีโรโมนเพื่อล่อให้ตัวเมียเข้ามาผสมพันธุ์ ดังนั้นหากกลิ่นของพืชอาหารผิดแปลกไปจากระดับที่คุ้นเคย อาจทำให้แมลงสูญเสียความสามารถในการพบพืชอาหาร (food odor orientation) มีผลทำให้การเข้าทำลายพืชอาหารลดลงตลอดจนเมื่อไม่มีกลิ่นพืชอาหารเป็นตัวเร้าหรือการทำให้กลิ่นฟีโรโมนผิดปกติไปจากเดิมย่อมส่งผลให้อัตราการผสมพันธุ์ลดลงกล่าวคือจำนวนไข่ที่แมลงวางไว้ย่อมลดลงตามด้วย ผลการทดลองการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ พบว่าอัตราการวางไข่ของแมลงทดสอบในทรีตเมนต์ต่าง ๆ ลดลงอย่างเห็นได้ชัดซึ่งอาจกล่าวได้ว่าอาจมาจากการขัดขวางความสามารถในการผสมพันธุ์ของแมลงอันเนื่องมาจากกลิ่นของสารทดสอบก็ได้ นอกจากนี้ยังมีรายงานวิจัยเกี่ยวกับลักษณะการออกฤทธิ์ของน้ำมันหอมระเหยจากว่านน้ำตอด้วงวงข้าวสารว่ามีผลต่อการวางไข่และการผลิตลูกหลานในรุ่นต่อไปโดยจะมีผลต่อการผลิตฟอลลิเคิล (Follicular regression) ของแมลงศัตรูในโรงเก็บ เช่น *Anthrenus flavipes*, *T. castaneum* (Saxena *et al.*, 1976), *T. granarium* (Koul *et al.*, 1977, Tikku *et al.*, 1978a) และ *C. chinensis* (Tikku *et al.*, 1978b) ตลอดจนการทดสอบโดยใช้ใบอบเชยผสมกับเมล็ดถั่วพบว่าสามารถลดจำนวนไข่ที่ตัวงอตัวชนิดต่าง ๆ เช่น *C. chinensis*, *C. maculatus* และ *C. rhodesianus* วางไว้ได้ (Rajapakse and Van Emden, 1997) อย่างไรก็ตามน่าจะได้มีการศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอิทธิพลของกลิ่นของสารทดสอบที่มีต่อการตอบสนองของแมลงทดสอบโดยตรงหรือการศึกษาระดับเนื้อเยื่อของแมลง

ทดสอบเพื่อยืนยันหรืออธิบายผลหรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นให้ชัดเจนเพื่อประโยชน์ในการพัฒนา
สูตรสำเร็จต่อไป

ผลที่มีต่อความสามารถในการผลิตลูกหลานโดยสังเกตจากการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่
แมลงวางไว้จากการใช้น้ำมันสะเดาสุตรผสมต่าง ๆ เปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุมพบว่า การ
ใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือเมนทอลยับยั้งความสามารถในการฟัก
ออกเป็นตัวตลอดจนทำให้มีจำนวนตัวเต็มวัยในรุ่นถัดไปลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับ
ทรีตเมนต์ควบคุมแต่เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียวพบว่า การผสมน้ำมัน
สะเดาด้วยเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการเมนทอลยับยั้งความสามารถในการฟักออก
เป็นตัวแต่การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยหรือน้ำมันตะไคร้หอมไม่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพ
ในยับยั้งการฟักออกเป็นตัวของไข่ที่วางไว้ได้ ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลู การบูร
หรือพิมเสนพบว่ามีจำนวนตัวเต็มวัยในรุ่นถัดไป (F1 progeny) มากกว่าการใช้น้ำมันสะเดาเพียง
อย่างเดียวกล่าวคือ การผสมน้ำมันสะเดาด้วยน้ำมันกานพลู การบูรหรือพิมเสนอาจมีผลต่อต้าน
การออกฤทธิ์กัน (antagonist) ส่งผลให้สูตรผสมมีประสิทธิภาพลดลง ลักษณะผลการทดลองนี้
คล้ายคลึงกับรายงานของ Phillips *et al.* (1995) ที่ทดสอบประสิทธิภาพของสารเทอร์พีน
แอลกอฮอล์ได้แก่ linalool, terpineol, geraniol และ nerol กับแมลงศัตรูในโรงเก็บ 2 ชนิดคือ *T.*
castaneum และ *O. surinamensis* พบว่าสารทดสอบแต่ละชนิดมีพิษต่อแมลงทดสอบมาก
น้อยแตกต่างกันไปแตเมื่อนำมาผสมกันจะทำให้ประสิทธิภาพการป้องกันและกำจัดแมลงลดลง
กว่าเดิมหลายเท่าตัวโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับ *T. castaneum* อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยที่ผ่านมา
พบการใช้น้ำมันสะเดา 0.5% คลุกเมล็ด สามารถยับยั้งการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่ด้วงถั่ว *C.*
chinensis วางไว้ได้ 100% (Khairi *et al.*, 1992) หรือ *C. maculatus* (Lale and Mustapha,
2000) นอกจากนี้ยังพบรายงานประสิทธิภาพการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวของไข่ที่แมลงวางไว้โดย
การใช้สาร eugenol และ cinnamaldehyde ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์หลักในน้ำมันกานพลูและน้ำมัน
อบเชยตามลำดับ (Regnault - Roger and Hamraoui, 1995) ตลอดจนการใช้สารหอมระเหย
เช่น การบูร พิมเสน และเมนทอลในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวของไข่ที่แมลงวางไว้ได้อย่างชัดเจน
เช่น การทดสอบกับ *T. confusum* และ *Ephestia kuehniella* (Tunc *et al.*, 2000)

การศึกษาแมลงที่รอดชีวิตจากการอบหรือรมข้าวสารด้วยสารทดสอบสูตรต่าง ๆ นาน 3
วันแล้วนำตัวที่รอดชีวิตไปปล่อยในข้าวสารที่ปราศจากสารทดสอบใด ๆ พบว่าการอบหรือรม
ข้าวสารด้วยน้ำมันสะเดาทุกสูตรผสมคือน้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลู น้ำมันอบเชย น้ำมัน

ตะไคร้หอม การบูร พิมเสนหรือเมนทอลจะมีผลทำให้แมลงที่รอดชีวิตมีความสามารถในการเข้าทำลายพืชอาหารใหม่ที่ปราศจากสารทดสอบได้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม การออกฤทธิ์ของสูตรผสมนี้ยังมีผลต่อแมลงที่รอดชีวิตต่อเนื่องไปจนถึงระยะการเก็บรักษานาน 24 สัปดาห์ซึ่งส่งผลให้พืชอาหารใหม่ถูกทำลายลดน้อยลงและการผลิตลูกหลานในรุ่นถัดไปลดลงอีกด้วย นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมเมนทอลในการอบหรือรมข้าวสารนาน 3 วัน จะมีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาอย่างชัดเจนโดยมีผลต่อการความสามารถในการวางไข่ ลักษณะประสิทธิภาพเช่นเดียวกันนี้ยังพบในสูตรน้ำมันสะเดาผสมน้ำมัน กานพลู น้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือการบูรอีกด้วยถึงแม้ว่าจะไม่ชัดเจนเหมือนกับสูตรผสมเมนทอล ส่วนผลการทดลองใช้น้ำมันสะเดาผสมพิมเสนมีแนวโน้มในการกระตุ้นให้แมลงที่รอดชีวิตมีความสามารถในการวางไข่เพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามพบว่าสูตรผสมทุกสูตรไม่มีผลในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวจากไข่ที่แมลงที่รอดชีวิตวางไว้ด้วย ลักษณะผลการทดลองที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้คล้ายคลึงกับการทดสอบโดย El - Nahal *et al.* (1989) ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยของว่านน้ำที่มีผลต่อดังวงวงข้าวสาร *S. oryzae*, *S. granarius* และ *T. confusum* พบว่าการรมข้าวสารด้วยสารทดสอบนาน 7 และ 8 วันทำให้ *S. oryzae* ที่รอดชีวิตแล้วได้รับพืชอาหารใหม่สามารถวางไข่และผลิตลูกหลานในรุ่นถัดไปได้มากกว่าจำนวนลูกหลานรุ่น F1 ที่พบในพืชอาหารเดิม แต่ถ้าอบหรือรมข้าวสารนาน 4 ถึง 6 วันจะไม่พบผลดังกล่าว อย่างไรก็ตามในการทดสอบเดียวกันกับ *S. granarius* พบว่าให้ผลตรงกันข้ามกับ *S. oryzae* กล่าวคือแมลงที่รอดชีวิตมีความสามารถในการทำลายพืชอาหารใหม่ได้น้อยลงตลอดจนผลิตแมลงรุ่น F1 ได้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับจำนวนแมลงที่พบในพืชอาหารเดิม ส่วนการทดสอบกับ *T. confusum* พบว่าไม่มีความแตกต่างกันในการแสดงความต้านทานของแมลงที่รอดชีวิตตลอดจนผลในการเข้าทำลายพืชอาหารใหม่และการผลิตลูกหลานในรุ่นถัดไป รายงานผลการทดสอบความต้านทานข้าม (cross resistance) ของ *Oryzaephilus surinamensis* สายพันธุ์ต้านทานยาฆ่าแมลงคลอรีไพริฟอส - เมทิล (chlorpyrifos - methyl) เปรียบเทียบกับสายพันธุ์มาตรฐาน พบว่าแมลงทดสอบมีค่าความต้านทาน (resistance factor) ต่อน้ำมันยูคาลิปตัสถึง 1.9 เท่า และมีค่า 2.2 เท่าในการใช้สาร 1,8 - Cineole ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์หลักในน้ำมันยูคาลิปตัส (Lee *et al.*, 2000) ผลการทดลองในลักษณะนี้แสดงให้เห็นแนวโน้มในการสร้างความต้านทาน (resistance) ตลอดจนการดื้อยา (resurgence) ของแมลงจากการใช้น้ำมันหอมระเหย ซึ่งปรากฏการณ์นี้ยังไม่พบการรายงานเกี่ยวกับการใช้น้ำมันสะเดาและสูตรผสมต่าง ๆ มาก่อนจึงน่า

ที่จะได้ทำการศึกษาในขั้นต่อไปเพื่อหาทางป้องกันหรือหลีกเลี่ยงการสร้างความต้านทานจากการใช้สูตรผสมดังกล่าว

ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรต่าง ๆ โดยนำมาอบหรือรมข้าวสารตลอดระยะเวลาการทดลองและเพื่อศึกษาผลที่มีต่อการเพิ่มหรือลดจำนวนประชากรของแมลงพบว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยเช่น การบูร พิมเสนหรือเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาทำให้เปอร์เซ็นต์การตายของแมลงทดสอบมีมากกว่าทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว นอกจากนี้ยังมีผลต่อการยับยั้งการเข้าทำลายเมล็ดข้าวและทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวมีน้อยกว่าทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผสมน้ำมันสะเดากับเมนทอลช่วยยับยั้งการเข้าทำลายผลผลิตโดยด้วงงวงข้าวสารได้ดีที่สุด ในทางตรงกันข้ามการผสมน้ำมันสะเดากับน้ำมันกานพลูมีผลลดทอนประสิทธิภาพการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักข้าวสารมีมากกว่าการใช้น้ำมันสะเดาและมีผลต่อการลดอัตราการตายของแมลงทดสอบ ส่วนการผสมของน้ำมันสะเดากับน้ำมันอบเชยหรือน้ำมันตะไคร้หอมพบว่าให้ผลไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว ค่า LT_{50} ของทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดามีค่าเป็น 20.40 และ 17.22 สัปดาห์ตามลำดับ กลุ่มของสารทดสอบที่มีค่า LT_{50} น้อยกว่า LT_{50} ของน้ำมันสะเดาและทรีตเมนต์ควบคุมคือสูตรผสมพิมเสน น้ำมันอบเชย เมนทอลหรือการบูรโดยมีค่าเป็น 12.86, 15.74, 15.99 และ 16.71 สัปดาห์ตามลำดับ ส่วนการใช้ น้ำมันสะเดาผสมกับน้ำมันกานพลูหรือน้ำมันตะไคร้หอมมีค่า LT_{50} มากกว่าการใช้ น้ำมันสะเดาอย่างเดียวซึ่งมีค่า LT_{50} เท่ากับ 17.68 และ 17.84 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามค่า LT_{50} ของน้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูหรือน้ำมันตะไคร้หอมมีค่าน้อยกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ในทรีตเมนต์ควบคุม

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสูตรทดสอบต่าง ๆ โดยใช้ระยะเวลาในการอบหรือรมพืชอาหารแตกต่างกันกล่าวคือนาน 3 วันและนานตลอดการทดลอง 48 สัปดาห์พบว่าผลการทดลองมีความแตกต่างกันในบางประเด็นกล่าวคือ การใช้ น้ำมันสะเดาสูตรผสมสารหอมระเหยได้แก่ การบูร พิมเสนหรือเมนทอลในการรมหรืออบพืชอาหารทดสอบตลอดการทดลองจะมีผลทำให้มีแมลงตายได้ ในขณะที่อบพืชทดสอบเพียง 3 วันไม่มีผลโดยตรงทำให้แมลงตายได้และสามารถลดการเข้าทำลายพืชอาหารได้ดีกว่าการใช้ น้ำมันสะเดาและทรีตเมนต์ควบคุม นอกจากนี้การใช้ น้ำมันสะเดาผสมการบูรหรือพิมเสนลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาและไม่สามารถป้องกันการเข้าทำลายพืชอาหารของด้วงงวงข้าวสารได้ ส่วนการใช้ น้ำมันกานพลูอบหรือรมพืชอาหารเพียง 3

วันหรืออบไ้ตลอดการทดลองพบว่าให้ผลในทำนองเดียวกันโดยจะมีผลลดทอนประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาได้และการใช้น้ำมันอบเชยหรือน้ำมันตะไคร้หอมไม่แสดงผลแตกต่างกันทั้งในการทดลองทั้งสองวิธี ผลการทดลองในทำนองเดียวกันนี้รายงานโดย El - Nahal *et al.* (1989) และ Schmidt *et al.* (1991) ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพของการอบหรือรมพืชทดสอบด้วยน้ำมันหอมระเหยจากวาน์น้ำโดยพบว่าอัตราการตายของแมลงขึ้นกับระยะเวลาการอบหรือรมมากกว่าการเพิ่มขึ้นของความเข้มข้นของสารทดสอบ การทดลองของ Phillips *et al.* (1995) โดยใช้เทอร์พีนแอลกอฮอล์ (terpene alcohol) ในการรม *T. castaneum* (Herbst) และ *Oryzaephilus surinamensis* (L.) พบว่าลักษณะการออกฤทธิ์หรือสาเหตุของการตายของแมลงจากการใช้น้ำมันหอมระเหยหรือสารหอมระเหยอาจเนื่องมาจากการที่แมลงหายใจไม่ออก (suffocation) หรือการขาดออกซิเจน (anoxia) หรือการสลายกลืนที่เกิดขึ้นโดยรอบ (asphyxiation) มากกว่าการเป็นพิษต่อระบบประสาทจนทำให้ถึงตายได้ นอกจากนี้ยังพบว่าสารพวกโมโนเทอร์พีนอยด์ (monoterpenoids) ยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งการสร้างเอนไซม์อะซิติลโคลีนเนสเทอเรส (acetylcholinesterase) อีกด้วย (Ryan and Byrne, 1988) อย่างไรก็ตามพบรายงานว่าเทอร์พีนอยด์เป็นสารเหนี่ยวนำการสร้างเอนไซม์ในการสลายพิษของสารแปลกปลอม (detoxification enzyme) ในลำไส้ของแมลง (Brattsten *et al.*, 1977) ซึ่งอาจทำให้สลายความเป็นพิษของสารอื่นได้และมีผลทำให้การออกฤทธิ์ของสูตรสารทดสอบที่ผสมด้วยเทอร์พีนอยด์ลดลงได้ ดังนั้นจึงน่าจะได้มีการศึกษาถึงรายละเอียดลักษณะในการเพิ่มหรือลดการออกฤทธิ์ของสูตรน้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยเช่น การบูร พิมเสน และเมนทอลซึ่งเป็นสารในกลุ่มเทอร์พีนอยด์ (terpenoids) ในขั้นต่อไป

การศึกษาผลของสารทดสอบสูตรต่าง ๆ ต่อความสามารถในการวางไข่ของแมลงทดสอบในแต่ละสัปดาห์พบว่า การใช้น้ำมันสะเดามีผลต่อการยับยั้งความสามารถในการวางไข่ของแมลงและมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งเมื่อเทียบกับทรีตเมนต์ควบคุม ในขณะที่การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูลดทอนประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดามีผลให้จำนวนไข่ที่แมลงวางไว้ในแต่ละสัปดาห์มีมากกว่าการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชย น้ำมันตะไคร้หอมหรือเมนทอลไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติและมีจำนวนไข่ที่แมลงวางไว้ในแต่ละสัปดาห์ใกล้เคียงกันกับการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตามผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันสะเดากับการบูรหรือพิมเสนสามารถเพิ่มประสิทธิภาพน้ำมันสะเดาในการออกฤทธิ์ยับยั้งการวางไข่ของแมลงทดสอบได้ทำให้แมลงวางไข่ได้น้อยลงเมื่อเทียบกับการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว ส่วนผลที่มีต่อความสามารถในการวางไข่ของด้วงงวงข้าวสารโดยศึกษาจากจำนวนสะสมของไข่ที่แมลงวางไว้ตลอดช่วงการทดลองพบว่า

การใช้น้ำมันหอมระเหยแต่ละชนิดมีผลต่อการเพิ่มหรือการลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาแตกต่างกัน การใช้น้ำมันสะเดาผสมกานพลูมีผลลดทอนประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงทำให้จำนวนสะสมของไข่ที่แมลงวางไว้มีมากกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ และการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว ในทางตรงกันข้ามการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงที่รอดชีวิตโดยจะมีจำนวนสะสมของไข่แมลงน้อยกว่าการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวตลอดจนทรีตเมนต์ควบคุม ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันตะไคร้หอม การบูร พิมเสนหรือเมนทอลให้ผลในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงไม่แตกต่างจากการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวและทรีตเมนต์ควบคุม

การศึกษาจำนวนประชากรด้วงงวงข้าวสารที่ฟักออกเป็นตัวในแต่ละสัปดาห์จากไข่ที่แมลงวางไว้ในหลอดทดลองที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้นแสดงให้เห็นชัดเจนว่า การใช้น้ำมันสะเดาผสมสารหอมระเหยเช่นการบูร พิมเสนหรือเมนทอลมีผลเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวด้วงงวงข้าวสารจากไข่ที่วางไว้ได้ตลอดระยะเวลาการทดสอบ 48 สัปดาห์ทั้งนี้รวมถึงการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันตะไคร้หอม ในขณะที่การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันอบเชยหรือน้ำมันกานพลูไม่มีผลต่อการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวของด้วงงวงข้าวสาร เมื่อพิจารณาจากจำนวนสะสมของด้วงงวงข้าวสารที่ฟักออกเป็นตัวพบว่าน้ำมันสะเดาสามารถยับยั้งการฟักออกเป็นตัววางไข่ที่แมลงทดสอบวางไว้ได้ดีกว่าการไม่ใช้สารทดสอบใด ๆ ในทรีตเมนต์ควบคุม ในขณะที่การใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูลดประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดา ส่วนการผสมน้ำมันตะไคร้หอมสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการออกฤทธิ์ของน้ำมันสะเดาในการยับยั้งการฟักออกเป็นตัวของด้วงงวงข้าวสารได้ นอกจากนี้ยังพบว่าการผสมน้ำมันสะเดากับสารหอมระเหยทั้ง 3 ชนิดคือ การบูร พิมเสนหรือเมนทอลสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาได้ดีกว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันตะไคร้หอม ทั้งนี้กล่าวได้ว่าการอบหรือการรมข้าวสารด้วยน้ำมันสะเดาผสมกับสารหอมระเหยเช่นการบูร พิมเสนหรือเมนทอลมีผลต่อการควบคุมจำนวนประชากรแมลงในรุ่นถัดไปได้โดยทำให้จำนวนประชากรแมลงทั้งหมดที่พบในข้าวสารทดสอบลดลงตลอดจนอายุการเก็บรักษาผลผลิตข้าว

จากผลการทดลองที่กล่าวมาเมื่อเปรียบเทียบกับ การอบหรือรมพืชทดสอบนาน 3 วันจะพบว่าการอบหรือรมข้าวสารตลอดการทดสอบโดยใช้น้ำมันสะเดาสู่ตรผสมการบูร พิมเสนหรือเมนทอลจะมีผลในการเพิ่มประสิทธิภาพในการยับยั้งการวางไข่ของแมลงตลอดจนส่งผลให้ไข่ที่แมลงวางไว้สามารถฟักออกเป็นตัวได้น้อยกว่าการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวกล่าวคือสารทดสอบ

ทั้งสามสูตรมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้น้ำมันสะเดาเพียงอย่างเดียว แต่ถ้าหากใช้น้ำมันสะเดาผสมการบูรหรือพิมเสนรวมพืชทดสอบนานเพียง 3 วัน ผลจะตรงกันข้ามกับที่ได้กล่าวมาแล้วคือน้ำมันสะเดาผสมการบูรหรือพิมเสนจะแสดงผลในการลดทอนประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาต่อการยับยั้งการวางไข่และการฟักออกเป็นตัว เป็นที่น่าสังเกตว่าการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูให้ผลแตกต่างไปจากสูตรผสมพิมเสนไม่ว่าจะใช้สูตรน้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูอบหรือรมพืชอาหารเพียง 3 วันหรือใช้สูตรดังกล่าวอบหรือรมพืชทดสอบตลอดระยะเวลาการทดลองจะแสดงผลในการลดทอนประสิทธิภาพของน้ำมันสะเดาต่อการยับยั้งการวางไข่และการฟักออกเป็นตัว ปรากฏการณ์ตอบสนองของแมลงทดสอบต่อสูตรผสมต่าง ๆ ตามระยะเวลาในการทดสอบนี้ยังไม่สามารถหาเหตุผลใด ๆ มาช่วยอธิบายได้อย่างชัดเจนจึงน่าที่ได้จะมีการทดสอบสารออกฤทธิ์หลักของสารทดสอบแต่ละตัวเพื่อศึกษาและอธิบายปรากฏการณ์หรือผลที่เกิดขึ้นได้

การนำข้าวสารที่เหลือภายหลังการทดสอบหรือการเก็บรักษานาน 48 สัปดาห์ไปทดสอบคุณภาพของรสชาติและการยอมรับของผู้บริโภคโดยใช้มาตรฐานการหุงต้มเพื่อรับประทานและมีมาตรฐานที่กำหนด 5 ลักษณะคือกลิ่น ความนุ่ม การเกาะตัว ความขาวและความเลื่อมมัน ผลการทดลองพบว่าคุณภาพกลิ่นของข้าวสารทดสอบในแต่ละทรีตเมนต์มีค่าระดับคะแนนต่ำกว่ามาตรฐานของการหุงต้มเพื่อรับประทานของข้าวหอมมะลิและข้าวสารธรรมดา โดยที่การใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียวมีค่าระดับคะแนนของคุณภาพกลิ่นสูงที่สุด (ดีที่สุด) ส่วนการใช้น้ำมันสะเดาผสมน้ำมันกานพลูหรือสูตรผสมเมนทอลมีคุณภาพกลิ่นไม่พึงประสงค์มากที่สุด ทั้งนี้กลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ในแต่ละทรีตเมนต์อาจเกิดจากการปล่อยแมลงจำนวนมากเกินไปเข้าทำลายเมล็ดข้าวตั้งแต่เริ่มต้นการทดสอบและมีการเพิ่มปริมาณตามระยะเวลาการทดสอบทำให้เกิดความเสียหายเกินระดับเศรษฐกิจ นอกจากนี้กลิ่นหอมของพันธุ์ข้าวหอมมะลิที่ใช้ทดสอบคือ 2 - Acetyl - 1 - Pyrroline เป็นกลิ่นที่จางหายไปได้ง่ายเมื่อข้าวมีอายุการเก็บรักษานานเกินไป (Laksanalamai and Ilan - gantileke, 1993) ประกอบกับมีการตรวจเช็คผลการทดลองทุกสัปดาห์อาจทำให้กลิ่นของข้าวทดสอบซึ่งมีลักษณะเฉพาะตัวหายไปได้เร็วขึ้น จากผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้น้ำมันสะเดาอัดเม็ดสูตรผสมต่าง ๆ ไม่มีผลช่วยลดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์จากการเข้าทำลายของแมลงได้ แต่กลิ่นของสารทดสอบแต่ละชนิดไม่มีผลต่อการสร้างกลิ่นไม่พึงประสงค์เพิ่มขึ้นมาและไม่พบความแตกต่างทางสถิติของทรีตเมนต์ต่าง ๆ ส่วนค่าคุณภาพอื่น ๆ ได้แก่ความนุ่ม การเกาะตัว ความขาวตลอดจนความเลื่อมมันพบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานที่ยอมรับได้โดยที่น้ำมันสะเดาสูตรผสมต่าง ๆ ไม่มีผลต่อค่าคุณภาพดังที่ได้กล่าวมาแล้วและไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับทรีตเมนต์ควบคุมและการใช้น้ำมันสะเดาอย่างเดียว

บทที่ 5

เอกสารอ้างอิง

ณรงค์ นิยมวิทย์. 2538. องค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของอาหาร. คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 237 น.

พิมพ์ร ลีลาพรพิสิฐ. 2540. อิมัลชันทางเครื่องสำอาง. ภาควิชาเทคโนโลยีเภสัชกรรม คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ 238 น.

อัญชลี สงวนพงษ์. 2539. การใช้น้ำมันสะเดาอัดเม็ดในการควบคุมประชากรของด้วงงวงข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 29 ฉบับที่ 1-3 : น. 6-15.

Becher, P. 1985. Encyclopedia of emulsion technology. Vol. 1. Marcel Dekker, Inc., N.Y.

Brattsten, L. B., C. F. Wilkinson and T. Eisner, 1977. Herbivore-plant interactions : mixed function oxidase and secondary plant substances. Science, 196 : pp. 1349-1352.

Dunkel, F. V. 1992. The stored grain ecosystem : A Global Perspective. J. stored Prod. Res. Vol.28(2) : pp. 73-87.

El-Nahal, A. K. M., G. H. Schmidt and E. M. Risha. 1989. Vapours of *Acorus calamus* oil a space treatment for stored-product insects. J. stored Prod. Res. Vol. 25 (4) : pp. 211-216.

Fields, P.G. 1992. The control of stored-product insects and mites with extreme temperatures. J. stored Prod. Res. Vol.28(2) : pp. 89-118.

Golob, P. 1997. Current Status and Future. Perspectives for Inert Dusts for Control of Stored Product Insects. J. stored Prod. Res. Vol. 33(1) : pp. 69-79.

Hori, K., R.B. Purboyo, M. J. Y. Akinaka and T. Okita. 1995. Sensory Evaluation of Aromatic Rice by Japanese Consumers. ASEAN Food Journal. Vol. 10(1) : pp. 15-18

Huang, Y., S.L. Lam and S.H. Ho. 2000. Bioactivities of essential oil from *Ellitaria cardamomum* (L.) Maton to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). J. stored Prod. Res. 36 : pp. 107-117.

Hussian, A., T. W. Phillips, T. J. Mayhew and M. T. Ali Niaze. 1994. Pheromone biology and factors affecting its production in *Tribolium castaneum*. In Proc. of the 6th International Working Conf. on Stored Product Protection, Canberra, Australia. : pp. 533-536.

Jilani, G. and H.C. F. Su. 1983. Laboratory Studies on Several Plant Materials an Insect Repellents for Protection of Cereal Grains. J. Con. Entomol. 76 : pp. 154-157.

- Jilani, G. and P. Amir. 1987. Economics of neem in reducing wheat storage losses : policy implications. Tech. Bull.2., Southeast Asian Reg. Center for Grad. Study and Res. in Agric., Philippines : 15 p.
- Jood, S., A. C. Kapoor and R. Singh. 1996. Evaluation of Some Plant Products against *Trogoderma granarium* Everts in Sorghum and Their Effects on Nutritional Composition and Organoleptic Characteristics. J. stored Prod. Res. Vol. 32(4) : pp. 345-352.
- Khaire, V. M. , B. V. Kachare and U. N. Moth, 1992. Efficacy of different vegetable oils as grain protectants against pulse beetle *Callosobruchus chinensis* L. in increasing the storability of pigeon pea. J. of stored Prod. Res. Vol. 28 : pp.153-156.
- Lale, N.E.S. and A. Mustapha. 2000. Potential of combining neem (*Azadirachta indica* A. Juss) seed oil with varietal resistance for the management of the cowpea bruchid, *Callosobruchus maculatus* (F.). J. stored Prod. Res. 36 : pp. 215-222.
- Makanjuola, W. A. 1989. Evaluation of extracts of neem (*Azadirachta indica* A. Juss) for the control of some stored product pests. J. stored Prod. Res. Vol. 25 (4) : pp. 231-237.
- Mordue (Luntz) , A. J., A. Blackwell. 1993. Azadirachtin : an update. J. Insect Physiol. 39 : pp. 903-924.
- Nakakita, H. and H. Ikenaga. 1997. Action of Low Temperature on Physiology of *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera : Curculionidae) in Rice Storage. J. stored Prod. Res. Vol. 33(1) : pp. 31-38.
- National Research Center, 1992. Neem : A Tree for Solving Global Problems. Board on Science and Technology for International Development, National Academy Press. Washington D.C. 141 p.
- Nyambo, B. T. 1993. Postharvest maize and sorghum grain losses in traditional and improved stores in South Nyanza district, Kenya. Int. J. Pest Manage, 39 : pp. 181-187.
- Pacheco, I. A., M. F. De Castro, D. C. De Paula, A. L. Lourencao, S. Bolonnezi and M. K. Barbicri. 1995. Efficacy of Soybean and Castor Oils in the Control of *Callosobruchus maculatus* (F.) and *Callosobruchus phaseoli* (Gyllenhal) in Stored Chick-peas (*Cicer arietinum* L.). J. stored Prod. Res. Vol. 31(3) : pp. 221-228.
- Pascual, N., M.P.Marco and X. Belles. 1990. Azadirachtin induced imaginal moult deficiencies in *Tenebrio molitor*. L. (Coleoptera : Tenebrionidae). J. stored Prod. Res. 26 : pp. 53-57.
- Phillips, J. K., C. A. Walgenbach, J. A. Klein, W. E. Burkholder, N. R. Schmuff and H. M. Fales. 1985. (R*S*) 5-hydroxy-4-methyl-3-heptanone : male-produced aggregation pheromone of *Sitophilus oryzae* and *S. zeamais* Motsch. J. of Chem. Ecol., 11 : pp.1263-1274.
- Phillips, T. W., M. N. Parajulee and D. K. Weaver, 1995. Toxicity of terpenes secreted by the predator *Xylocoris flavipes* (Reuter) to *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Oryzaephilus surinamensis* (L.). J. stored Prod. Res. Vol. 31(2) : pp. 131-138.

Phillips, T. W., X. L. Xing, W. E. Burkholder, J. K. Phillips and H. Q. Tran. 1993. Behavioral responses to food volatiles by two species of stored-product Coleopteran, *Sitophilus oryzae* (Curculionidae) and *Tribolium castaneum* (Tenebrionidae). J. of Chem. Ecol., 19 : pp. 723-734.

Phillips, T. W., 1997. Semiochemicals of Stored-product Insects : Research and applications. J. stored Prod. Res. Vol. 33(1) : pp. 17-30.

Rajapakse, R. and H. F. Van Emden. 1997. Potential of Four Vegetable Oils and Ten Botanical Powders for Reducing Infestation of Cowpeas by *Callosobruchus maculatus*, *C. chinensis* and *C. rhodesianus*. J. stored Prod. Res. Vol. 33(1) : pp. 59-68.

Regnault-Roger, C. and A. Hamraoui. 1995. Fumigant Toxic Activity and Reproductive Inhibition Induced by Monoterpenes on *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). J. stored Prod. Res. Vol. 31 (4) : pp. 291-299.

Ryan, M. F. and O. Byrne, 1988 Plant-insect coevolution and inhibition of acetylcholinesterase. J. Chem. Ecol, 14 : pp. 1965-1975.

Sanguanpong, U. and H. Schmutterer. 1992. Laboratory trials on the effects of neem oil and neem-seed based extracts against the two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari : Tetranychidae). J. of Plant Diseases and Protection. 99(6) : pp. 637-646.

Saxena, R. C. 1995. Pests of Stored Products. In H. Schmutterer (Eds.). The Enema Tree: Source of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other Purposes. VCH Publishers, Weinheim, Germany : pp. 418-432.

Saxena, B. P., O. Koul and K. Tikku, 1976. Non-toxic protectant against the stored grain insect pests. Bulletin of Grain Technology, 14 : pp. 190-193.

Saxena, R. C., O. P. Dixit and V. Harsham. 1992. Insecticidal Action of *Lantana camara* against *Callosobruchus chinensis* (Coleoptera : Bruchidae). J. stored Prod. Res. Vol. 28 (4) : pp. 279-281.

Saxena, R.C., G. Jilani and A. Abdul Kareem. 1989. Effects of neem on stored grain insects. In Jacobson, M. (Ed). Focus on Phytochemical Pesticides vol. 1, The Enema Tree. CRC Press, Boca Raton, FL : pp. 97-111.

Schmidt, G.H., E.M. Risha and A.K.M. Nahal. 1991. Reduction of progeny of some stored-products Coleoptera by vapours of *Acorus calamus* oil. J. of stored Prod. Res. 27 : pp. 121-127.

Schmidt, G.H. and M. Streloke. 1994. Effect of *Acorus calamus* (L.) (Araceae) Oil and its main compound α -Asarone on *Prostephanus truncatus* (Horn) (Coleoptera:Bostrichidae). J. of stored Prod. Res. 30(3) : pp. 227-235.

Schmutterer, H. 1988. Potential of azadirachtin - containing pesticides for integrated pest control in developing and industrial countries. J. Insect Physiol, 34 : pp. 713-719.

Semple, R.L. 1990. Postharvest Technology : Storage development and application in developing countries. In Girish, G.K., Kumar, A. (Eds.). Proc. Rural Workshop on

Warehouse Management of Stored Foodgrains. Dept. of Ministry of Food and Civil Supplies, Government of India, FAO and UNDP (New Delhi, 1990) : pp. 25-81.

Senguttavan, T., A. A. Kareem and R. Rajendran. 1995. Effects of Plant Products and Edible Oils against Rice Moth *Corcyra cephalonica* Stainton in Stored Groundnuts. J. stored Prod. Res. Vol. 31(3) : pp. 207-210.

Shaaya, E., M. Kostjukovski, J. Eilberg and C. Sukprakarn. 1997. Plant Oils as Fumigants and Contact Insecticides for the Control of Stored-product Insects. J. stored Prod. Res. Vol. 33(1) : pp. 7-15.

Sighamony, S., I. Aess, T. Chandracara. and Z. Osmari. 1986. Efficacy of certain indigineous plant product as grain protectant agianst *Sitophilus oryzae* (L.) and *Rhyzopertha dominica* (F.). J. of stored Prod. Res. 22 : pp. 21-23.

Singh, R.P. 1993. Neem for the management of stored grain insects in developing countries. World Neem Conf., Bangalore, India : pp. 69-80.

Sinha, R. N. 1992. Management of Postharvest Ecosystems : Current and Future Trends. J. stored Prod. Res. Vol. 28 (2) : pp. 71-72.

Sjoebloom, J. 1991. Emulsions: A Fundamental and Practice Approach. NATO ASI Series, Kluwer Academic Publishers, London.

Tanzubil, P.B. 1987. The use of neem products in controlling the cowpea weevil, *Callosobruchus maculatus*. In Schmutterer, H. and K.R.S. Aacher (Eds.). Proc. 3rd Int. neem Conf., Nairobi, Kenya : pp. 517-520.

Tembo, E. and R. F. A. Murfitt. 1995. Effect of Combining Vegetable Oil with Pirimiphos-methyl for Protection of Stored Wheat against *Sitophilus granarius* (L.). J. stored Prod. Res. Vol. 31(1) : pp. 77-81.

Tikku, K., O. Koul and B.P. Saxena. 1978a. The influence of *Acorus calmus* L. oil vapours on the histocytological pattern of the ovaries of *Trogoderma granarium* Evert. Bull. Grain Tech. 16 : pp. 3-9.

Weaver, D.K., F.V. Dunkel, L. Ntezurubaza, L.L. Jackson and D.T. Stock. 1991. The efficacy of linalool, a major component of freshly milled *Ocimum canum* Sims (Lamiaceae) for protection agianst post-harvest damage by certain stored product Coleoptera. J. of stored Prod. Res. 27 : pp. 213-220.

Xie, Y. S., P. G. Fields, M. B. Isman, W. K. Chen and X. Zhang. 1995. Insecticidal Activity of *Melia toosendan* Extracts and Toosendanin against Three Stored-product Insects. J. stored Prod. Res. Vol. 31 (3) : pp. 259-265.

Yadav, T.D. 1996. Olfactory, Ovipositon and Developmental Response of Four Species of Pulse Beetle to Four Neem Oil Treated Legumes. World Neem Conf., Bangalore, India : pp. 343-356.

บทที่ 6

ผลงานที่ได้รับ

1. การเสนอผลงานทางวิชาการ

- *U. Sanguanpong, N. Kongkathip and K. Sombatsiri, 2000. Possibility as birational insecticide of formulated neem oil-based extract with certain essential oils and volatile substances against the rice weevil *Sitophilus oryzae*. The International Conference in Tropical Agriculture for Better Health and Environment, Central Laboratory and Green House Complex, Kasetsart University, Kampaengsean Campus, p. P-41.*
- *U. Sanguanpong, N. Kongkathip and K. Sombatsiri, 2001. Fumigant Toxicities of Neem Oil-based Pellet Formulated with Various Essential Oils and Volatile Substances against Rice Weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Fam. Curculionidae). The 4th Asia-Pacific Conference of Entomology. Kuala Lumpur, Malaysia. (submitted)*

บทที่ 7

ภาคผนวก

Possibility as biorational insecticide of formulated neem oil-based extract with certain essential oils and volatile substances against the rice weevil *Sitophilus oryzae* *

U. Sanguanpong ¹, N. Kongkathip ² and K. Sombatsiri ³

¹ Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Rajamangala Institute of Technology, Patumtani 12110, Thailand

² Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

³ Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

Abstract

Six formulas of neem oil-based extract mixed with various essential oils and volatile substances - NOCL, NOCI, NOCIT, NOCA, NOBO and NOME-were evaluated for their biological activities in comparison with untreated control and neem oil alone against the rice weevil *Sitophilus oryzae*. All formulas were used to fumigate the test weevils in rice container for 3 days. The effectiveness of test materials such as the percentage of seed damage, percent weight loss, number of live weevils, egg laying and adult emergence were determined.

Addition the neem oil with cinnamon oil (NOCI), citronella oil(NOCIT) and menthol (NOME) resulted in greater feeding and oviposition deterrence than untreated control (control) and neem oil alone (NO). Regarding the percentage of weight loss, number of egg laying and adult emergence, NOME treatment proved to be the best. Furthermore it was observed that NOME showed the highest degree of inhibition effects on the adult emergence of *S. oryzae*, while NOCI and NOCIT slightly deterred the hatchability of rice weevils. In total contrast with NOME, the formulated neem oil with borneol (NOBO) gave consistently worst result. Mixture of neem oil and clove oil (NOCL) and camphor (NOCA) also showed negative influence on the number of egg-laying and emerged insects. The difference between various treatments in mortality was also not significant.

Later studies with survived weevils confirmed the favorable result gained. It showed that the insects in NOME treatment lossed their abilities to damage their new host plants over a 24-week storage period. Their was also a decrease in number of egg laying and emerged *S. oryzae*. The formulated NOCL, NOCI and NOCIT did not differ from NO but resulted more effective than untreated control. On the other hand, NOCA and NOBO were ineffective to the survived weevils. The steep increase in number of egg laying along a 24-week storage period indicated that they did not prevent damage form the weévils.

Keywords : neem oil-based extract volatile substances essential oil
 biorational insecticide rice weevil

* Paper presented in "The International Conference in Tropical Agriculture for Better Health and Environment", Central Laboratory and Green House Complex, Kasetsart University, Kampaengsean Campus, Bangkok, THAILAND 29 Nov -2 Dec, 2000.

¹ Corresponding Author : Tel. +66 2 5493360; Fax. +66 2 5771955; e-mail: unchalae@act.ri.t.ac.th.

Fumigant Toxicities of Neem Oil-based Pellet Formulated with Various Essential Oils and Volatile Substances against Rice Weevil *Sitophilus oryzae* (L.) (Fam. Curculionidae) [†]

U. Sanguanpong ¹, N. Kongkathip ² and K. Sombatsiri ³

Abstract

Fumigant toxicities of neem oil formulated with certain essential oils and volatile substances to rice weevil, *Sitophilus oryzae* were investigated. Essential oils were extracted by steam distillation from three plant species : *Syzigium aromaticum* (Family Myrtaceae), *Cinnamomum aromaticum* (Family Lauraceae) and *Cymbopogon nardus* (Family Gramineae). Three volatile substances as camphor, borneol and menthol were also used. To formulate various neem oil-based formulators, tween 80 were used as emulsifier. Different neem oil-based emulsions and talcum powder were mixed and extruded to 0.70 cm. pellet in diameter. Impregnation of pellet bag along a 48-week storage period was employed for testing fumigant action.

Regarding the percentage of mortality and weight loss, the application of different formulators of neem oil added with only camphor (NOCA), borneol (NOBO) or menthol (NOME) resulted the synergistic effect to neem oil, while neem oil added with clove oil (NOCL) showed an antagonism to neem oil. Also neem oil added with cinnamon oil (NOCI) and citronella oil (NOCIT) were not significant differences to neem oil. The cumulative number of egg laid along a 48-week period in NOCL was more than in untreated control (CONTROL) and neem oil alone (NO). Whereas NOCIT, NOCA, NOBO and NOME exhibited no different ovicidal properties. Effect on hatchability and progeny development indicated that NOCL and NOCI decreased an inhibition of adult emergence. In total contrast, NOCA, NOBO and NOME gave strong action in reducing hatchability of F1-offspring.

An organoleptic test indicated that grain treated over a 48-week period in NO treatment remained a best smell, whereas NOCL and NOME showed the worst disagreeable smell. Other qualities such as firmness, stickiness, whiteness and appearance remained unaltered and showed no significant differences by CONTROL and NO.

Keywords: Neem Oil-based Pellet *Sitophilus oryzae* *Syzigium aromaticum*
Cinnamomum aromaticum *Cymbopogon nardus*

[†] Paper will be presented in "The 4 th Asia -Pacific Conference of Entomology, Kuala Lumpur, Malaysia

¹ Corresponding Author : Tel. +66 2 5493360; Fax. +66 2 5771955; e-mail: u.sanguanpong@rajabhat.ac.th, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, Rajamangala Institute of Technology, Patumtani 12110, Thailand

² Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

³ Faculty of Agriculture, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand