



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ของน้ำส้มควันไม้ต่อแมลงสาบสายพันธุ์อเมริกัน

Repellent Efficacy of wood vinegar to American cockroach

โดย

อัญชลี สวาสดีธรรม

ว่าที่ร้อยตรี ทศพร คมกริช

งบประมาณรายได้ ประจำปี 2554

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะเทคโนโลยีการเกษตร



รายงานวิจัยฉบับร่าง

เรื่อง

ประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ของน้ำส้มควันไม้ต่อแมลงสาบสายพันธุ์อเมริกัน

Repellent Efficacy of wood vinegar to American cockroach

โดย

อัญชลี สวัสดิ์ธรรม

ว่าที่ร้อยตรี ทศพร คมกริช

งบประมาณรายได้ ประจำปี 2554

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

คณะเทคโนโลยีการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ข
สารบัญตาราง	ค
สารบัญภาพ	ง
บทนำ	1
วัตถุประสงค์	1
การตรวจเอกสาร	2
แมลงสาบอเมริกัน	2
น้ำส้มควันไม้	5
อุปกรณ์และวิธีการ	12
ผลการทดลอง	15
วิจารณ์ผลการทดลอง	16
สรุป	16
บรรณานุกรม	17
ภาคผนวก	21



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนแมลงสาบที่เข้ามาถึงอาหารที่หยดด้วยน้ำส้มควันไม้ที่ระยะเวลาภายหลังการหยดสารที่แตกต่างกัน	15



สารบัญภาพ

ภาพผนวกที่		หน้า
1	ลักษณะของแมลงสาบอเมริกัน (<i>Periplaneta americana</i> (L.))	22
2	ลักษณะการวางไข่ของแมลงสาบอเมริกัน	22
3	ลักษณะของตัวอ่อนภายในฝักไข่ (ootheca) ของแมลงสาบ	2
4	แมลงสาบอเมริกันหลังฝักออกจากไข่ 1 ชั่วโมง	22
5	การลอกคราบของตัวอ่อนวัยที่ 1 อายุประมาณ 30 วัน	22
6	ตัวอ่อนของแมลงหลังลอกคราบ 30 นาที	22
7	การลอกคราบของตัวอ่อนระยะ ที่ 3 เป็นตัวเต็มวัย	23
8	อบรำข้าวที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส	23
9	รำละเอียด และน้ำ สำหรับเลี้ยงแมลงสาบเพื่อเพิ่มจำนวน	23
10	แกนกระดาษชำระสำหรับซ่อนตัว และวางไข่ของแมลงสาบ	23
11	การเตรียมไม้ฟืนสดสำหรับเผาถ่าน และผลิตน้ำส้มควันไม้	23
12	เตาดินเหนียวก่อ (Mud Beehive Kiln) สำหรับผลิตน้ำส้มควันไม้	23
13	ดิน : แกลบ อัตรา 2 : 1 สำหรับฉาบเตา	24
14	ช่องใส่ไฟ และเติมฟืน สำหรับปรับความร้อนภายในเตา	24
15	การเผาไหม้ของไม้ฟืนสดภายในเตาเผา	24
16	การลดอุณหภูมิภายในเตาเผา	24
17	สังเกตควันสำหรับเก็บน้ำส้มควันไม้	24
18	การเก็บน้ำส้มควันไม้	24
19	การวัดค่าความเป็นกรดโดยใช้เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง	25
20	การวัดอุณหภูมิของน้ำส้มควันไม้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์	25
21	การวัดค่าความถ่วงจำเพาะโดยใช้ไฮโดรมิเตอร์	25
22	การวัดค่าการแลกเปลี่ยนประจุโดยใช้เครื่องวัดการนำไฟฟ้า	25
23	การปรับระดับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้	26
24	กล่องที่ใช้ทดสอบการประสิทธิ ภาพไล่แมลงสาบของน้ำส้มควันไม้	26
25	การหยดน้ำส้มควันไม้ลงบนอาหาร	26
26	การทดสอบประสิทธิภาพการไล่แมลงสาบของน้ำส้มควันไม้	26
27	การทดสอบประสิทธิภาพการไล่แมลงสาบอเมริกันระดับความเข้มข้นต่างๆ	26
28	การตรวจนับจำนวนแมลงสาบที่เข้าไปกินอาหารในระยะเวลาต่างๆ	26

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่มีผลต่อการไล่แมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta americana* L.) โดยเปรียบเทียบอัตราความเข้มข้น และระยะเวลาที่มีผลต่อการขับไล่ ซึ่งได้กำหนดแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design) จำนวน 4 สิ่งทดลอง 3 ซ้ำ ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่ใช้ คือ ความเข้มข้น 1 : 1, 1 : 10, 1 : 100 และใช้น้ำเปล่าอย่างเดียวเป็นกรรมวิธีควบคุม ทำการนับจำนวนแมลงสาบอเมริกันที่เข้ามากินอาหารภายหลังจากหยดน้ำส้มควันไม้เป็นเวลา 0, 2, 4 และ 6 ชั่วโมง พบว่า น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1 : 1 มีประสิทธิภาพในการขับไล่แมลงสาบอเมริกันได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1 : 10, 1 : 100 และกรรมวิธีควบคุมหลังจากหยดน้ำส้มควันไม้ลงในอาหาร โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .01 จากนั้นประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบเริ่มลดลงในชั่วโมงที่ 2 และ 4 เมื่อครบ 6 ชั่วโมง พบว่า น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1 : 10 และ 1 : 100 ไม่แตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม แต่แตกต่างกับน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1 : 1

Abstract

Repellent efficacy of wood vinegar for American cockroach (*Periplaneta americana* L.) Was the objective of this study by comparing the effective concentrations and effective time of repellent properties. The experimental Design was Completely Randomized Design (CRD) with 4 treatments and 3 replications. Treatment were 4 different wood vinegar concentrations in the ratio of 1:1, 1:10 and 1:100 respectively and numbers of American cockroach that came to eat food after drop wood vinegar at 0, 2, 4 and 6 hours were counted. The results showed that the wood vinegar at 1:1 concentration had highest repellent property to American cockroach than others with highly statistically different after drop it on the food. The repellent activities were reduced at 2,4 and 6 hours after drop and repellent properties of wood vinegar at 1:10 and 1:100 concentration had no statistical different with control but different from 1:1 concentration.

บทนำ

ปัญหาที่ทําวิจัยและความสำคัญของปัญหา

แมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta americana* L.) เป็นแมลงศัตรูสำคัญที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อคุณภาพ และมาตรฐานผลผลิตเกษตรในโรงเก็บ ก่อนการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เพื่อส่งออก ซึ่งสภาพแวดล้อมภายในโรงเก็บนี้เป็นปัจจัยสนับสนุนการแพร่กระจาย และวงจรชีวิตที่เพิ่มขึ้นของแมลงสาบ มีผลต่อคุณภาพ และมาตรฐานผลิตภัณฑ์ ส่งผลให้เสียโอกาสในการแข่งขันกับต่างประเทศ รวมทั้งมูลค่าของผลผลิตลดลง โดยเฉพาะสมุนไพรซึ่งปัจจุบันได้ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร ยา และเครื่องสำอาง (ภัสรา , 2553) จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร พ.ศ. 2550 พบว่ามีการส่งออกประมาณ 0.09 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 3.16 พันล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร , 2552) สำหรับแนวทางการควบคุมแมลงสาบส่วนใหญ่เกษตรกรนิยมใช้สารเคมี ซึ่งก่อให้เกิดการตกค้างของสารพิษในวัตถุดิบ ซึ่งจากความตระหนักในปัญหาการใช้สารเคมี สารพิษตกค้าง และสุขภาพอนามัยรัฐบาลจึงได้กำหนดยุทธศาสตร์มาตรฐานความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหาร พ.ศ. 2553 – 2556 ขึ้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแข่งขัน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , 2553) ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงหลักเกณฑ์การส่งออกวัตถุดิบสมุนไพรในระดับนานาชาติเพื่อรองรับการเปิดเขตการค้าเสรีอาเซียน ในปี พ.ศ. 2558 โดยมีข้อกำหนดว่าประเทศผู้ส่งออกจะต้องได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP และ GMP ดังนั้นการ นำน้ำส้มควันไม้มาใช้จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถ แก้ปัญหาการใช้ สารเคมี ในโรงเก็บของเกษตรกร จากการศึกษาพบว่าน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติในการขับไล่แมลง เช่น แมลงวันบ้าน (พวงชมพู, 2549) เลียนดิน เพลี้ยไฟ (ครุณี และคณะ , 2550) เพลี้ยจักจั่น (สุบรรณ , 2551) เพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล (สุภาณี และคณะ , 2548) เพลี้ยแป้ง และปลวก (สุนันท์ , 2551) เป็นต้น เนื่องจากกลิ่นของน้ำส้มควันไม้มีผลต่อระบบประสาท และก่อให้เกิดการระคายเคืองทำให้แมลงหนีไป นอกจากนี้การใช้น้ำส้มควันไม้ยังมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้ และไม่มีผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม (วิทยา และสมปอง , 2545) ดังนั้นการศึกษานี้จึงมุ่งเน้นการใช้น้ำส้มควันไม้จากกระท้อน ในการขับไล่แมลงสาบอเมริกัน เพื่อเป็นแนวทางในการลดการใช้สารเคมีในกระบวนการเก็บรักษาผลผลิตต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ที่มีผลต่อการขับไล่แมลงสาบอเมริกัน
2. เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการประยุกต์ใช้ในด้าน การควบคุมแมลงสาบอเมริกัน

ตรวจเอกสาร

แมลงสาบอเมริกัน

แมลงสาบอเมริกัน (American cockroach) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Periplaneta americana* (L.) จัดอยู่ในวงศ์ Blattidae โดยเป็นแมลงสาบที่มีขนาดใหญ่ที่สุดที่พบในบ้านเรือน และแหล่งชุมชนทั่วไป ลักษณะของแมลงสาบอเมริกันลำตัวจะมีสีน้ำตาลแดงจนถึงน้ำตาลเข้มเกือบดำลักษณะเป็นมันวาว ตัวผู้มีขนาดประมาณ 33 – 40 มิลลิเมตร สำหรับตัวเมียจะมีขนาดเล็กกว่าโดยมีขนาด ประมาณ 30 – 35 มิลลิเมตร แมลงสาบตัวผู้ และตัวเมียจะมีขนาดใกล้เคียงกัน มาก ซึ่งการจำแนกสามารถทำได้โดยสังเกตที่ปลายท้องของทั้งตัวผู้ และตัวเมีย ซึ่งตัวเมียนั้นจะมี cerci เพียง 1 คู่ แต่ตัวผู้จะมี styli เพิ่มอีก 1 คู่ หนวดของแมลงสาบอเมริกันมีลักษณะเรียวยาวแบบเส้นด้าย (filiform) 1 คู่ ติดอยู่ที่ส่วนหัวบริเวณใต้ตา ขาเป็นแบบเดินหรือวิ่ง (walking or running legs) หัวมีขนาดเล็กซ่อนอยู่ใต้อกปล้องแรก โดยลักษณะแผ่นอกปล้องแรก (pronotum) มีแถบสีเหลืองอ่อน หรือน้ำตาลอ่อน ขอบของอกปล้องแรกจะมีสีจางๆ ส่วนตรงกลางมีสีน้ำตาลแดงเข้ม ซึ่งสีของลำตัวนี้ขึ้นอยู่กับสถานที่อาศัยของตัวอ่อนที่ลอกคราบใหม่ ปีกจะเจริญเต็มที่ในระยตัวเต็มวัย ปีกมี 2 คู่ ปีกคู่หน้ามีลักษณะหนาเรียกว่า tegmina วางซ้อนกัน และปกคลุมลำตัวด้านบนเพื่อปกป้องปีกคู่หลังซึ่งเป็นเยื่อบางๆ ปีกคู่หลังมีขนาดกว้าง และเป็นจิบพับกันคล้ายพัด ปีกนี้ใช้สำหรับบิน ซึ่งในแมลงสาบตัวเมียปีกจะยาวคลุมส่วนท้อง แต่ตัวผู้ปีกจะคลุมไม่มิดปลายท้อง (Cochran, 1982) ลักษณะตัวอ่อนไม่มีปีกเห็นเพียงตุ่มปีก กระเปาะไข่มีสีน้ำตาลเข้มขนาดประมาณ 8 มิลลิเมตร โดยกระเปาะไข่ 1 อันสามารถผลิตไข่ได้ประมาณ 16 – 24 ฟอง

1. ชีววิทยา และวงจรชีวิตของแมลงสาบอเมริกัน

แมลงสาบอเมริกันมีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแบบไม่สมบูรณ์ (incomplete metamorphosis หรือ hemimetabola) โดยมีระยะการเจริญเติบโตแบ่งได้ 3 ระยะ คือ ระยะไข่ (egg) ตัวอ่อน (nymph) และตัวเต็มวัย (adult) จากการศึกษาพบว่าแมลงสาบหนึ่งตัวสามารถวางไข่ได้สูงสุดถึง 50 ครั้ง ซึ่งช่วงเวลากการฟักประมาณ 32 – 53 วัน หลังจากฟักออกจากไข่ตัวอ่อนจะมีลักษณะสีขาว และไม่มีปีก ซึ่งระยะนี้แมลงสาบไม่สามารถหาอาหารได้จึงมักจะกินคราบของมันเอง (ทวิ, 2543) ส่วนระยะตัวอ่อนพบว่า มีลักษณะคล้ายตัวเต็มวัยเพียงแต่มีขนาดเล็กกว่าปีก และอวัยวะเพศสืบพันธุ์ (genitalia) ยังไม่พัฒนา (Cochran, 1982) ตัวอ่อนจะลอกคราบประมาณ 7 – 13 ครั้ง หรือประมาณ 5 – 15 เดือน จึงจะเจริญเติบโตเป็นตัวเต็มวัย โดยการลอกคราบ 2 – 3 ครั้งแรกนั้นจะมีช่วงระหว่างการลอกคราบเท่าๆกัน ขณะที่การลอกคราบครั้งต่อไปช่วงระหว่างการลอกคราบจะไม่เท่ากัน เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมมีผลทำให้ตัวอ่อนหยุดเจริญเติบโต ซึ่งจะส่งผลต่อช่วงระหว่างการเจริญเติบโตของตัวอ่อน สำหรับตัวเต็มวัยนั้นมีอายุประมาณ 1 – 7 เดือน จนถึง 1 ปี หรือมากกว่านั้น อุณหภูมิของแมลงสาบนั้นมักจะออกหากิน

กลางคืน ส่วนกลางวันจะหลบซ่อนอยู่ในที่มืด และขึ้น อุณหภูมิประมาณ 28 องศาเซลเซียส แต่กรณีที่สภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมแมลงสาบอเมริกันสามารถมีชีวิตอยู่ได้ประมาณ 100 วัน ขณะที่พวกที่มีความอดทนสูงจะมีวงจรชีวิต 2 – 3 ปี แมลงสาบตัวเมีย พบว่าจะวางไข่เป็นกลุ่มซึ่งบรรจุอยู่ในกระเปาะที่เรียกว่า ootheca ซึ่งภายในมีไข่ประมาณ 16 ฟอง กระเปาะไข่จะถูกผลิตขึ้นมาทุก 4 – 10 วัน โดยตัวเมียปกปิดจะแบกกระเปาะไข่ไว้ประมาณ 24 ชั่วโมง ลักษณะการวางไข่ของแมลงสาบนั้น จะวางไข่ติดกับภาชนะหรือวัสดุต่างๆ

2. พฤติกรรมการสืบพันธุ์และการผสมพันธุ์

แมลงสาบอเมริกันเมื่อโตเต็มวัยได้ประมาณ 7 – 10 วันจะเริ่มผสมพันธุ์ โดยแมลงสาบตัวเมียจะผลิตสารดึงดูดทางเพศ หรือฟีโรโมน (Pheromone) จากต่อมบริเวณอกปล้องที่ 6 – 7 ซึ่งสารนี้จะไปกระตุ้นแมลงสาบตัวผู้ให้เข้ามาเกี้ยวพาราสี โดยจะแสดงพฤติกรรมการเกี้ยว เช่น มีการแกว่งหนวดไปมาอย่างรวดเร็ว มีการเคลื่อนที่เพื่อค้นหา กระพือปีก และขยับปีกอย่างรวดเร็ว เป็นต้น ซึ่งพฤติกรรมการกระพือปีกและขยับปีก (wing raising display) ส่วนใหญ่เกิดกับแมลงสาบตัวผู้ที่อยู่รวมกันเป็นกลุ่มมากกว่าอยู่เดี่ยวๆ เมื่อตัวผู้เข้ามาเกี้ยวตัวเมียจะหลั่ง pheromone อีกครั้ง โดยที่ตัวผู้จะผลิต pheromone จากปล้องส่วนท้อง (abdominal tergiter) เพื่อชักนำตัวเมียให้สนใจ ระหว่างการผสมพันธุ์ตัวผู้จะปล่อยสเปิร์มเข้าสู่ตัวเมีย และเก็บไว้ในถุงเก็บสเปิร์ม (spermatheca) สำหรับการผลิต pheromone ของตัวเมียจะหยุดในระหว่างมีการสร้างกระเปาะไข่ จนกระทั่งปล่อยกระเปาะไข่หลุดออกจากลำตัวซึ่งเป็นช่วงที่จะไม่มีการผสมพันธุ์เกิดขึ้น (อุทัยวรรณ, 2535) จากการศึกษาพบว่า แมลงสาบตัวเมียจะมีการผสมพันธุ์เพียงครั้งเดียว (ทวี, 2543)

3. พฤติกรรมการกินอาหาร

แมลงสาบอเมริกันเป็นแมลงที่มีปากแบบกัดกิน (chewing type) สามารถกินอาหารได้หลายชนิดทั้งพืช และสัตว์ หรือแม้แต่สิ่งขนาดเล็ก อาหารที่แมลงสาบชอบมากที่สุดคืออาหารจำพวกแซคคาไรด์ ซึ่งมีโครงสร้างง่ายๆ เช่น แป้ง และน้ำตาล จนถึงอาหารจำพวกเซลลูโลสที่มีโครงสร้างซับซ้อน (ทวี, 2543) นอกจากนี้แมลงสาบยังสามารถกัดกินทำลายวัสดุเครื่องใช้ต่างๆ ภายในบ้านเรือน เช่น หนังสือ เสื้อผ้า เศษไม้ และกระดาษ เป็นต้น ซึ่งจัดได้ว่าเป็นแมลงที่สามารถกินทุกอย่าง จากการสังเกตพฤติกรรมการกินอาหารของแมลงสาบอเมริกัน พบว่า ระหว่างที่แมลงสาบกินอาหารอยู่นั้นมักจะถ่ายมูลหรือบางครั้งก็สำรอกอาหารเก่าออกมาบนอาหารและบนภาชนะ โดยสารที่แมลงสาบขับออกมานี้เป็นสารประกอบจำพวก mutagenic หรือ carcinogenic ซึ่งประกอบด้วย xanthurenic acid, kynurenic acid และ 8 – hydroxy lquinidic acid ที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคมะเร็ง (Cochran, 1982)

4. การกระจายของแมลงสาบอเมริกัน

แมลงสาบอเมริกันมีแหล่งกำเนิดในแอฟริกา ซึ่งการแพร่กระจายของแมลงสาบนั้นเกิดขึ้นจากการขนส่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางเรือซึ่งอาจติดมากับสัมภาระของผู้โดยสาร แมลงสาบสามารถปรับตัวเข้ากับที่พักของมนุษย์ (domestic species) โดยในเขตร้อนจะพบความหลากหลายของแมลงสาบมากกว่าในเขตอบอุ่น Tawatsin, et al. (2001) ได้รายงานผลการสำรวจแมลงสาบในพื้นที่ 14 จังหวัดของประเทศไทย โดยการใช้กับดักกาวเหนียว พบว่า แมลงสาบอเมริกันมีการแพร่ระบาดมากที่สุดในประเทศ ซึ่งสอดคล้องกับ Chompoosri, et al. (2004) นอกจากนี้วังเดือน และประทุมทิพย์ (2548) ได้สนับสนุนผลการสำรวจว่า สภาพของที่พักอาศัย และพฤติกรรมของผู้อยู่อาศัยเป็นปัจจัยที่มีความสัมพันธ์ต่อความชุก และความหนาแน่นของแมลงสาบอเมริกัน

5. การป้องกันและกำจัด

5.1 การจัดการสภาพแวดล้อม

การรักษาความสะอาดภายในบ้าน และโรงเรียน เป็นหลักสำคัญของการป้องกันแมลงสาบไม่ให้อาศัย และแพร่พันธุ์ โดยการหาบริเวณที่แมลงสาบหลบซ่อน หรืออาศัย (ทวี, 2543)

5.2 การควบคุมแมลงสาบโดยใช้สารเคมี

สารเคมีที่นิยมนำมาใช้กำจัดแมลงสาบในปัจจุบัน ได้แก่ สารในกลุ่ม carbamate, organophosphorous compound, synthetic pyrethroid, insect growth regulator และ electron transport inhibitor นอกจากนี้ยังมีสารเคมีที่มีคุณสมบัติเป็นสารไล่แมลงสาบ (cockroach repellent) เช่น N, N – diethylphenylacelamide (DEPA), diethylcyclohexylacetamide (DECA), 3 – isopropylmethylcyclopentanecarboxylic acid (fencholic acid), N, N – diethylcyclohexylpropanamide (DCP), di – methyl-phthalate (DMP) และ citral เป็นต้น (อภิวัฏ, 2553)

5.3 การควบคุมแมลงสาบโดยชีววิธี

ดาร์รัตน์ (2543) ได้รายงานเกี่ยวกับการใช้ไส้เดือนฝอยในการควบคุมแมลงสาบเยอรมัน พบว่า ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ *Steinernema carpocapsae* จำนวน 1.5×10^6 ตัว มีประสิทธิภาพในการกำจัดแมลงสาบเยอรมัน เช่นเดียวกับ อภิญา (2544) ที่ได้ใช้ไส้เดือนฝอยสายพันธุ์ *Steinernema carpocapsae* และ *Steinernema* sp. ในการควบคุมแมลงสาบอเมริกัน ซึ่งมีผลทำให้แมลงสาบระยะตัวอ่อนขนาด 7 – 10 มิลลิเมตร ขนาด 15 – 20 มิลลิเมตร และตัวเต็มวัยตาย นอกจากนี้ยังได้มีการใช้แตนเบียน *Tetrastichus hagenowii* (Ratz.) (กอบชัย, 2539) และเชื้อราทำลายแมลง สกุล *Metarhizium* ซึ่งเป็นเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในแมลงควบคุมจำนวนประชากรของแมลงสาบ เป็นต้น จากการศึกษาเชื้อราที่มีประสิทธิภาพในการทำลายแมลงสาบของศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ พบว่า เชื้อรา *Hymenostilbe ventricosa* เป็นเชื้อราที่มีประสิทธิภาพในการทำลายแมลงสาบที่พบในประเทศไทย (เกรียงไกร, 2541)

5.4 การใช้สารสกัดจากพืช

สุริยา และคณะ (2543) ได้รายงานผลการทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดจากสะเดา โดย การฉีดพ่นแบบสัณผัส พบว่า สารสกัดจากสะเดาสามารถไล่แมลงสาบได้แต่ต้องใช้ปริมาณความเข้มข้น สูงเนื่องจากแมลงสาบมีความต้านทานต่อสารดังกล่าว ซึ่งสอดคล้องกับ อุษาวดี (2546) ที่ใช้สมุนไพรฉีด พ่น 2 ครั้งต่อสัปดาห์ โดยสามารถลดจำนวนแมลงสาบได้ร้อยละ 90 นอกจากนี้จุฑารัตน์ และยุทธนา (2545) ได้รายงานผลการใช้สารสกัดจากกวาวเครือขาวควบคุมแมลงสาบอเมริกันว่า หัวกวาวเครือขาวที่ สกัดด้วยเอทิลแอลกอฮอล์ และสกัดด้วยน้ำกลั่นที่ความเข้มข้น 20% มีผลทำให้จำนวนฟักไข่ และ เพอร์เซ็นต์การฟักไข่ลดลง จากการศึกษาผลของสารสกัดจากกวาวเครือขาวยังพบว่ามีผลต่อการสืบพันธุ์ ของแมลงสาบอเมริกันในลักษณะการควบคุมประชากรแมลงด้วย (อุทัยวรรณ , 2535) สำหรับมยุรา (2550 : บทคัดย่อ) ได้ทำการศึกษาสารสกัดจากพืชสมุนไพรในการป้องกันแมลงสาบอเมริกัน ผลการศึกษา พบว่า สารสกัดจากไพล สะพลู และว่านน้ำมีผลทำให้แมลงสาบตาย 100% หลังจากทดลอง 20 นาที รองลงมาคือ แห้วพุดีปติ แห้วพุดูจันท์เทศ และแห้วพุดูโงฐหัวบัวมีผลให้แมลงสาบตาย 100, 100 และ 84 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับหลังจากทดลอง 5 นาที วิภากรณ์ (2550) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการไล่ แมลงสาบอเมริกันของสารสกัดน้ำมันหอมระเหย ผลการศึกษาพบ ว่า น้ำมันหอมระเหยในสารละลาย เอทิลแอลกอฮอล์ร้อยละ 95 ที่ได้จากน้ำมันใบดาวเรืองความเข้มข้นร้อยละ 0.75 มีประสิทธิภาพในการไล่ แมลงสาบในระยะที่มากกว่า 60 เซนติเมตร สำหรับการทดสอบในรูปแบบเจลน้ำมันหอมระเหย ซึ่งมีส่วนผสม ของเจลแอ็ค และสารละลายน้ำมันหอมระเหยจากใบดาวเรืองสามารถไล่แมลงสาบในพื้นที่ขนาด 2 ตาราง เมตร นาน 24 ชั่วโมง สอดคล้องกับ Essam (2001) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับสารประกอบในน้ำมันหอมระเหย จากเปลือกส้มเขียวหวานที่มีสารลิโมนีนที่มีฤทธิ์ในการไล่แมลงสาบ นอกจากนี้ยังพบว่าในน้ำมันหอม ระเหยจากใบยูคาลิปตัส และใบดาวเรืองมีสารลิโมนีน และซิทรูเนลซึ่งมีฤทธิ์ไล่แมลงสาบได้ดีกว่าน้ำมัน หอมระเหยจากเปลือกส้มเขียวหวาน โดยนันทิยา และศิริพรรณ (2546) ได้อธิบายเกี่ยวกับองค์ประกอบ ทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยจากพืชตระกูลส้ม และน้ำมันยูคาลิปตัสว่ามีสารลิโมนีนซึ่งมีคุณสมบัติใน การออกฤทธิ์ต่อเซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory nerve) ในระบบประสาทรอบนอกของแมลง

น้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar หรือ Pyroligneous acid) เป็นผลพลอยได้จากการเผาถ่านเป็น ของเหลว (liquor) ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของไม้ฟืนสดในเตาเผาภายใต้สภาพอับอากาศ (airless condition) โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 120 – 430 องศาเซลเซียส ทำให้สารอินทรีย์ที่สะสมอยู่ในเปลือก และ แก่นไม้ซึ่งอยู่ในรูปของเซลลูโลส (cellulose) เฮมิเซลลูโลส (hemicellulose) และลิกนิน (lignin) สลายตัว กลายเป็นไอน้ำ แก๊ส ถ่านไม้ และเถ้าถ่าน เมื่อทำให้ไอของสารที่ถูกเผาไหม้กระทบอากาศที่เย็นภายในท่อ ควบกลั่นไอน้ำซึ่งต่อจากปล่องระบายควันจากเตา ทำให้ไอของสารอินทรีย์ที่ได้กลั่นตัวเป็นของเหลว ซึ่ง

ของเหลวที่ได้นี้เรียกว่า น้ำส้มควันไม้ดิบ (raw wood vinegar) นำน้ำส้มควันไม้ที่ได้บรรจุในภาชนะตั้งทิ้งไว้ประมาณ 3 – 6 เดือน เพื่อให้เกิดการตกตะกอนของน้ำมันดิน (สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร , 2552) จากการศึกษาสารประกอบในน้ำส้มควันไม้ที่มีประโยชน์ทางการเกษตร พบว่า สารประกอบในน้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติในการทำลายการพักตัวของแมลง เเร่งการเจริญเติบโตของพืช ปรับปรุงคุณภาพของดิน และเป็นสารป้องกันศัตรูพืช ซึ่งไม้ที่นิยมนำมาผลิตน้ำส้มควันไม้ ได้แก่ สะเดา มะม่วง กระท้อน มะขาม ก้ามปู ไม้ฝรั่ง กระถินยักษ์ กระถินณรงค์ จั๊กเหล็ก และยูคาลิปตัส เป็นต้น (วิทยา และสมปอง, 2545)

1. สารประกอบของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้มีสารประกอบต่างๆ มากกว่า 200 ชนิด ซึ่งได้จากการสลายตัวของไม้ด้วยความร้อน สารประกอบที่สำคัญ คือ น้ำ 85 เปอร์เซ็นต์ กรดอินทรีย์ 3 เปอร์เซ็นต์ และสารอินทรีย์อื่นๆ 12 เปอร์เซ็นต์ โดยมีค่าความเป็นกรด (pH) ประมาณ 3 และมีค่าความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.012 – 1.024 (จิระพงษ์, 2553) จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารประกอบอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้ดิบของ Mu *et. al.*, (2001) พบว่า สารประกอบอินทรีย์ในน้ำส้มควันไม้ส่วนใหญ่เป็นองค์ประกอบของกรดอะซิติก นอกจากนี้ยังพบสารประกอบอื่นๆ แต่มีปริมาณน้อย เช่น propionic acid, butyric acid, isobutyric acid, valeric acid, o.m.p – creso l, 2,4 – and 3, 5 – xylenol, 4 ethyl and 4 propylphenol, guaiaclo, cresol, 4 ethyl and 4 propyl guaiaclo, pyrogallol, acetaldehyde, propuonaldehyde, isobutylaldeetyde, butylaldehyde, valeraldeetyde, furfural, 5 – hydroxymethyfulal, methanol, ethanol, propanol, isopropanol, allylacohol, isobutylatcohol, isoamyl alcohol, levoglucosan, acetol, meltor, organic acid methyl ester, veratrole, 4 – methy, 4 – ethyl, ammomia, methylamine, dimethylamine, pyridine, methlpyridine, trimethylamine และ dimethylpyridine เป็นต้น สำหรับสารประกอบอินทรีย์ที่สำคัญในน้ำส้มควันไม้ได้แก่

1.1 กรดน้ำส้ม (Acetic acid) เป็นตัวกัดกร่อน มีความเปรี้ยวใช้ฆ่าเชื้อโรค เชื้อรา แบคทีเรียและไวรัส

1.2 กรดมด (Formic) เป็นตัวทำลายช่วยในการปรับตัวของดิน

1.3 เมทานอล (Methanol) มีคุณสมบัติเร่งการงอกของเมล็ด ราก และใช้ฆ่าเชื้อโรค

1.4 ฟอรัลดีไฮด์ (Formaldehyde) เป็นสารประกอบที่มีความเป็นพิษสูงใช้ในการฆ่าเชื้อโรค และแมลงโดยเป็นตัวควบคุม ระวัง และยับยั้ง

1.5 อะซีโตน (Acetone) เป็นสารละลายวัตถุใช้น้ำยาทาเล็บ และเป็นสารเสพติด

1.6 ฟีนอล (Phenol) เป็นสารควบคุมการเจริญเติบโตของพืช และกำจัดแมลง

1.7 น้ำมันดิน (Wood tar) เป็นสารจับใบ ช่วยลดการใช้สารเคมี

2. การทำน้ำส้มควันไม้ให้บริสุทธิ์

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากการเผาถ่านนั้นยังไม่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ทันที เนื่องจากกระบวนการเปลี่ยนเป็นถ่านไม้ได้เกิดขึ้นพร้อมกันทั้งเตา แต่จะเริ่มที่หน้าเตาด้านบน แล้วแผ่กระจายมายังหลังเตาด้านล่าง ควันที่ออกมาจากปล่องควันเป็นควันที่ผสมกันระหว่างควันอุณหภูมิต่ำ และสูง เมื่ออุณหภูมิประมาณ 310 องศาเซลเซียส ลิกนินจะเริ่มสลายตัวซึ่งจะมีน้ำมันดิน และสารระเหยปนออกมาด้วย โดยน้ำมันดินที่ไม่ละลายน้ำนี้ (oil base) ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางการเกษตรได้เพราะจะไปปิดปากใบ และเกาะติดกับรากทำให้พืชเจริญเติบโตช้า หรือตายได้ (เกียรติศักดิ์, 2548) ดังนั้นก่อนที่จะนำน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์จำเป็นต้องผ่านขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์ ซึ่งสามารถทำได้ 3 วิธี คือ (กองนโยบายเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรและเกษตรกรรมยั่งยืน, 2551)

2.1 ปลอ่ยให้ตกตะกอน โดยนำน้ำส้มควันไม้มาเก็บไว้ในถังทรงสูง ซึ่งมีความสูงมากกว่าความกว้างประมาณ 3 เท่า ทิ้งให้ตกตะกอนประมาณ 90 วัน น้ำส้มควันไม้ก็จะตกตะกอนซึ่งแบ่งเป็น 3 ชั้น คือ ชั้นบนสุดเป็นน้ำมันใสหรือน้ำมันเบา (light oil) น้ำส้มควันไม้ และน้ำมันดินหรือน้ำมันทาร์ตามลำดับ (มณฑล, 2549) ซึ่งถ้านำผงบดมาผสม ประมาณ 5% โดยน้ำหนัก ผงบดก็จะดูดซับทั้งน้ำมันใสและน้ำมันดิบให้ตกตะกอนเร็วขึ้นประมาณ 45 วัน

2.2 การกรอง โดยใช้ผ้ากรอง หรือถังกรองที่ใช้ผงบดกัมมันต์ ซึ่งจะได้น้ำส้มควันไม้ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันเพราะถ่านกัมมันต์จะลดความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้ซึ่งวิธีนี้เหมาะสำหรับนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานอุตสาหกรรม

2.3 การกลั่น โดยกลั่นได้ทั้งแบบความดันบรรยากาศ กลั่นแบบลดความดัน และกลั่นแบบลำดับส่วนเพื่อแยกสารเฉพาะในน้ำส้มควันไม้มาใช้ประโยชน์ ซึ่งส่วนใหญ่มักใช้ในอุตสาหกรรมผลิตยา

3. ระยะเวลาในการเก็บน้ำส้มควันไม้

อุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตน้ำส้มควันไม้อยู่ระหว่าง 300 – 400 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีผลทำให้สารประกอบในไม้พินถูกสลายตัวด้วยความร้อนเกิดสารประกอบใหม่ แต่ถ้าเก็บควันในช่วงที่อุณหภูมิต่ำกว่า 300 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้ที่เก็บได้จะไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้เนื่องจากมีสารประกอบที่มีประโยชน์น้อยเพราะเป็นช่วงที่เซลลูโลสกำลังเริ่มสลายตัว และเฮมิเซลลูโลสจะสลายตัวแล้ว แต่ถ้าเก็บในช่วงที่อุณหภูมิเกิน 425 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นช่วงที่น้ำมันดินเริ่มสลายตัวกลายเป็นสารก่อมะเร็ง คือ 3, 4 Benzopyrene และ 1, 2, 5, 6 Dibenzoanthracenementyl cholinsrene (จิระพงษ์, 2553) สอดคล้องกับ ศิริยา (2552) ที่ได้รายงานว่า อุณหภูมิที่เผา และอุณหภูมิในการเก็บน้ำส้มควันไม้มีผลต่อสัดส่วนของสารประกอบ โดยอุณหภูมิของการเผาที่สูงขึ้นจะมีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ลดลง

4. ความเป็นพิษของน้ำส้มควันไม้

วิทยา และสมปอง (2545) ได้ทำการศึกษาความเป็นพิษต่อสัตว์น้ำ (acute toxicity) และพืชพบว่า น้ำส้มควันไม้มีความเป็นพิษเฉียบพลันต่อลูกปลานิลดำ (*Tilapia nilotica* L.) อายุ 3 – 4 เดือน โดยมีค่า LC_{50} ภายหลังปลาได้รับน้ำส้มควันไม้ 72 ชั่วโมง เท่ากับ 963.15 ppm. และค่า LC_{95} เท่ากับ 1,536.83 ppm. สำหรับความเป็นพิษต่อพืช (phytotoxicity) พบว่า น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1 : 800 มีผลทำให้ต้นผักกาดขาวปลีตายมากกว่า 40 เปอร์เซ็นต์ ส่วนต้นกล้าผักกาดขาว คะน้า และฟักทอง จะมีอาการชะงักการเจริญเติบโต แคระแกรน และใบมีสีเหลืองซีด เช่นเดียวกับ พุดินันท์ (2544) ที่รายงานว่าการผสมน้ำส้มควันไม้ที่มีความเข้มข้นมากกว่า 1 : 200 มีผลทำให้ใบพืชไหม้ ซึ่ง Anonymous (1994) ให้เหตุผลว่าเกิดจากความเป็นกรดจัดของน้ำส้มควันไม้ไปเร่งกระบวนการต่างๆ ในพืชทำให้พืชดูดอาหารมากขึ้น พืชเจริญเติบโตเร็วกว่าปกติ ซึ่งทำให้ผนังเซลล์บางเชื้อโรค และแมลงทำลายได้ง่าย ใบพืชเกิดอาการไหม้เนื่องจากแสงแดด และอายุการเก็บเกี่ยวยาวนาน

5. ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพของน้ำส้มควันไม้

5.1 ชนิดของไม้

น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากไม้ต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน เช่น น้ำส้มควันไม้ที่ได้จากยูคาลิปตัส และไผ่จะมีความเป็นกรดต่ำ มีสีใส และมีเมทานอลสูงกว่าน้ำส้มควันไม้จากสะเดา และกระถินยักษ์ จากการวิเคราะห์สารประกอบในน้ำส้มควันไม้จากยูคาลิปตัส (gum tree) พบว่ามีส่วนประกอบของ Acetic acid มากที่สุด รองลงมาคือ 2,6 – Dimethoxy Phenol และ γ -Butyrolactone คิดเป็นร้อยละ 63.33, 4.40 และ 2.34 ตามลำดับ ขณะที่น้ำส้มควันไม้จากไผ่ (Bamboo) มีส่วนประกอบของกรดอะซิติก 2, 6 – Dimethoxy Phenol และ γ -Butyrolactone เท่ากับร้อยละ 64.64, 5.00 และ 3.41 ตามลำดับ ซึ่ง Jun, et al. (2003) รายงานว่าน้ำส้มควันไม้ที่ผลิตจากไม้ไผ่มีผลต่อการงอก และการเจริญของรากของต้น lettuce watercress honeysuckle chrysanthemum สำหรับน้ำส้มควันไม้ที่ได้จากมะม่วงพบว่า มีคุณสมบัติในการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ความหวานของมะม่วงพันธุ์โชติอนันท์ โดยน้ำส้มควันไม้จากมะม่วง อัตรา 1 : 300 ทำให้ค่าความหวานเพิ่มขึ้น 17.60 องศาบริกซ์ (สุบรรณ, 2551) นอกจากนี้ สุชาดา (2549) ได้รายงานเพิ่มเติมว่า น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนมีส่วนประกอบของ กรดอะซิติก และฟีนอล เท่ากับ 64.57 และ 2.19 ตามลำดับ

5.2 อุณหภูมิที่ดักเก็บควัน

การเก็บน้ำส้มควันไม้ควรที่จะเริ่มเก็บเมื่ออุณหภูมิปากปล่องควันอยู่ระหว่าง 80 – 150 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิภายในเตาเผาจะสูงประมาณ 400 องศาเซลเซียส สอดคล้องกับสมปองและวิทยา (2545) และ Anonymous (1994) เนื่องจากถ้าเก็บในช่วงที่อุณหภูมิเกิน 400 องศาเซลเซียส จะมีสารก่อมะเร็งปะปนออกมาด้วย (สุลักษณ์ และสมพิศ, 2550) นอกจากนี้ พุดินันท์ (2544) ได้ให้คำแนะนำว่าในการเก็บน้ำส้มควันไม้บางครั้งต้องอาศัยความชำนาญของผู้เก็บในการที่จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสี

ควัน และลักษณะการพุ่งออกจากปล่องของกลุ่มควัน Food and Agriculture Organization of The United Nation (1985) รายงานว่าน้ำส้มควันที่ได้จากการเผาไม้พิน 1,000 กิโลกรัม จะมีกรดอะซิติก เมททานอล อะซีโตน metyl acetone soluble และinsoluble tars ปริมาณ 50, 16, 8, 190 และ50 กิโลกรัม ตามลำดับ

5.3 เทคนิคการผลิตน้ำส้มควันไม้

จิระพงษ์ (2553) ได้อธิบายกระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ว่ามีกระบวนการหลักๆ 4 ขั้นตอน คือ การไล่ความชื้น (dehydration) ของไม้พินที่อุณหภูมิระหว่าง 20 – 270 องศาเซลเซียส ซึ่งกระบวนการนี้จำเป็นต้องใช้ความร้อนจากภายนอกเพื่อทำให้ไม้พินเกิดปฏิกิริยาดูดความร้อน (endothermic reaction) ช่วงนี้ไม้ในเตาเผาจะสะสมความร้อนไว้มากพอที่จะเกิดปฏิกิริยาคายความร้อน (exothermic reaction) โดยไม้จะเปลี่ยนเป็นถ่านที่อุณหภูมิระหว่าง 270 – 400 องศาเซลเซียส กระบวนการต่อมาคือขั้นตอนการทำให้ถ่านบริสุทธิ์ (refinement) โดยการเพิ่มอุณหภูมิให้สูงขึ้นโดยการปรับให้อากาศไหลเข้ามาเพิ่มขึ้นทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จาก 400 องศาเซลเซียสเป็น 500 องศาเซลเซียส ซึ่งมีผลต่อการไล่ไขมันดิน จากนั้นทำให้เย็นลง (cooling)

5.4 ลักษณะของเตาเผากว้น

ศุภลักษณ์ และสมพิศ (2550) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับชนิดของเตาที่ใช้ในการผลิตถ่าน และน้ำส้มควันไม้ซึ่งสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้

5.4.1 เตาไม่ถาวร หรือเตาที่เคลื่อนที่ได้ (non permanent kiln) เตาลักษณะนี้เป็นเตาที่สามารถเคลื่อนที่หรือเคลื่อนย้ายไปทำการเผาในที่ต่างๆ ได้ ตัวอย่างของเตาไม่ถาวร ได้แก่ เตาดินกลบ เตาเกลบกลบ เตาจีเลื้อยกลบ และเตาถังเดี่ยว เป็นต้น ซึ่งข้อดีของเตาประเภทนี้คือสะดวกในการนำไปเผาในสถานที่ต่างๆ ทำให้ไม่จำเป็นต้องขนวัสดุขึ้นมาเผาที่เตาเผา สำหรับข้อเสียนี้คือควบคุมอุณหภูมิภายในเตาได้ยากทำให้ถ่านที่ได้มีคุณภาพต่ำ

5.4.2 เตาถาวร หรือเตาที่เคลื่อนที่ไม่ได้ (non permanent kiln) เตาลักษณะนี้เป็นเตาเผากว้นที่สร้างขึ้นอย่างมั่นคงไม่สามารถเคลื่อนย้ายได้ ตัวอย่างของเตาถาวร ได้แก่ เตาอิฐก่อ เตาดินเหนียวก่อ (Mud beehive kiln) และเตาอิฐเตะ (Japanese kiln) ข้อดีของเตาประเภทนี้คือมีความแข็งแรงทนทาน สามารถควบคุมอุณหภูมิในระหว่างกระบวนการเผากว้นได้ทำให้สามารถผลิตถ่านที่มีคุณภาพดี

6. ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้

น้ำส้มควันไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน อาทิ ใช้ประโยชน์ในครัวเรือน การแพทย์ ปศุสัตว์ อุตสาหกรรม และการเกษตร ซึ่ง จิระพงษ์ (2553) ได้รวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้ไว้ดังนี้

6.1 ประโยชน์ต่อครัวเรือน

น้ำส้มควันไม้สามารถรักษาแผลสด (นิคม, 2551) แผลถูกน้ำร้อนลวก น้ำกัดเท้า เชื้อราที่ผิวหนัง ดับกลิ่นในห้องน้ำ ห้องครัว นอกจากนี้ยังใช้ในการป้องกันศัตรูภายในบ้านเรือน เช่น ปลวก มด

ตะขบ แมงป่อง แมลงวัน และกิ่งกือ โดยใช้ส่วนผสมวันไม้้อตราส่วน 1 : 20 ถัดพ้นหรือราดลงดิน เป็น ดัน (เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่, 2546)

6.2 ประโยชน์ต่อการเกษตร

มงคล (2549) ได้อธิบายเกี่ยวกับการนำส่วนผสมวันไม้มาใช้ประโยชน์ดังนี้

6.2.1 เร่งการเจริญเติบโตของพืช (plant growth accelerating regulator)

Yosinoto (1994) รายงานว่าส่วนผสมวันไม้มีคุณสมบัติเร่งการเจริญเติบโตของเส้นใย (mycelia) ของเห็ดนางฟ้า (*Basidiomycetes fungus, Pleurorus ostreatus*) โดยพบว่าส่วนผสมวันไม้เจือจาง 1 : 500 ถึง 1 : 1000 สามารถเร่งการเจริญเติบโตของเส้นใยทำให้เห็ดนางฟ้ามีผลผลิตเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ส่วนผสมวันไม้ยังช่วยเพิ่มผลผลิต รสหวาน และขนาดของไม้ผล (นิคม, 2551) สำหรับ Kadota และ Niimi (2004) ได้กล่าวว่าส่วนผสมวันไม้มีผลทำให้ต้นบานชื่นมีความสูง และการแตกกิ่งเพิ่มขึ้น

6.2.2 การงอกของเมล็ด

ส่วนผสมวันไม้มีผลต่อการงอกของเมล็ดโดย ตรีณี และคณะ (2547) ได้รายงานว่ส่วนผสมวันไม้้อตรา 1 : 300 มีผลต่อการงอกของถั่วเหลืองพันธุ์ KKU 5 E

6.2.3 การป้องกันกำจัดศัตรูพืช

ส่วนผสมวันไม้มีประสิทธิภาพในการป้องกันกำจัดเชื้อจุลินทรีย์ และแมลงในดิน เช่น โรคโคนเน่าจากแบคทีเรีย เชื้อรา และไส้เดือนฝอย เป็นต้น ดังนั้นการใช้น้ำส่วนผสมวันไม้ในการป้องกันกำจัดศัตรูพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดการใช้สารเคมี (Food and Agriculture Organization of The United Nation, 1985) ซึ่งสอดคล้องกับ Anonymous (1994) ที่อธิบายว่าส่วนผสมวันไม้สามารถทำลายไข่ แมลง และฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ที่เป็นสาเหตุของโรคพืช

6.3 ประโยชน์ต่อปศุสัตว์

ส่วนผสมวันไม้มีประสิทธิภาพยับยั้งการเกิดแก๊สแอมโมเนีย และซัลเฟอร์ไดออกไซด์ทำให้ลดการเกิดกลิ่น ช่วยยับยั้งการฟักไข่ของแมลงในมูลสัตว์ ซึ่งสอดคล้องกับคมสัน (2548) นอกจากนี้ยังใช้ในการขับไล่แมลง ใช้เป็นส่วนผสมในอาหารสัตว์ช่วยให้การย่อยและการใช้ประโยชน์จากอาหารดีขึ้น ยับยั้งการเกิดแก๊ส คูดซิม โลหะหนักในกระเพาะ ปรับปรุงคุณภาพเนื้อ ไข่ และเพิ่มปริมาณน้ำนม ซึ่งประโยชน์ของส่วนผสมวันไม้ในการเพิ่มผลผลิตพบว่า เนื้อไก่มีคุณภาพดี เนื้อนุ่ม ไข่แดงมีเนื้อหนาและมีลักษณะกลม สำหรับในสุกรพบว่าส่วนผสมวันไม้มีส่วนช่วยปรับปรุงคุณภาพเนื้อ และลดจำนวนวันในการเลี้ยง นอกจากนี้ยังพบว่าโคนมที่ได้รับส่วนผสมวันไม้จะมีการให้นมไปจนถึงอายุ 10 ปี และมีปริมาณน้ำนมเพิ่มขึ้น 20 – 30 เปอร์เซ็นต์ Takahara, et al. (1994) รายงานผลการใช้น้ำส่วนผสมวันไม้เพื่อยับยั้งการเกิดกลิ่นจากของเสียในฟาร์มปศุสัตว์ พบว่า สามารถยับยั้งการเกิดแก๊สแอมโมเนีย trimethylamine และ n – butyric acid ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิดกลิ่น

6.4 ประโยชน์ต่ออุตสาหกรรม

ส่วนผสมวันไม้ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เพื่อสุขภาพ และเครื่องสำอาง เช่น สารดับกลิ่นตัวซึ่งในประเทศญี่ปุ่นมีการใช้มากกว่า 1 ล้านลิตรต่อปี (ขนิษฐา, 2546) ผลิตภัณฑ์ปรับผ้านุ่ม สาร

ป้องกันและรักษาเนื้อไม้ ผลิตภัณฑ์จากไม้พอยด์ซึ่งแมลงสาบเป็นพาหะนำโรค ผลิตภัณฑ์เสริมเพื่อสุขภาพ และสารช่วยย่อยในสัตว์ นอกจากนี้ น้ำส้มควันไม้ยังใช้ในอุตสาหกรรมรมควัน และอุตสาหกรรมย้อมผ้า เป็นต้น พิมพ์ภัตรา และสุชินันท์ (2549) ได้รายงานเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์ของน้ำส้มควันไม้ในกระบวนการผลิตยางแผ่นว่า น้ำส้มควันไม้มีประสิทธิภาพในการเพิ่มคุณภาพของยางแผ่น ยับยั้งการเกิดเชื้อรา และเพิ่มความยืดหยุ่น



อุปกรณ์และวิธีการ

1. อุปกรณ์ที่ใช้ในการเลี้ยงแมลงสาบอเมริกัน

- 1.1 รางละเอียด
- 1.2 แกนกระดาษชำระ
- 1.3 ช้อนตักสาร (Spatula)
- 1.4 เครื่องชั่งทศนิยม 3 ตำแหน่ง
- 1.5 ตะแกรงร่อนขนาด 0.5 มิลลิเมตร
- 1.6 ตู้อบความร้อนแห้ง (Hot air Oven)
- 1.7 กระดาษชั่งสาร (Weighing Papers)
- 1.9 กระดาษฟิลาขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร
- 1.10 กล่องเลี้ยงแมลงขนาด 15.5 x 22.0 x 8.0 เซนติเมตร

2. อุปกรณ์ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

- 2.1 Electrode
- 2.2 Test Rack
- 2.3 กรวยกรอง
- 2.4 กระดาษกรองเบอร์ 5
- 2.5 เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer)
- 2.7 ปิเปตต์ (Pipette) ขนาด 25 และ 50 มิลลิลิตร
- 2.8 ลูกยางดูดปิเปตต์ (rubber bulb)
- 2.9 เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นด่าง (pH meter)
- 2.10 ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer)
- 2.11 เครื่องวัดการนำไฟฟ้า (Electrical Conductivity)
- 2.12 Cylinder ขนาด 2,000 มิลลิลิตร
- 2.14 บีกเกอร์ (Beaker) ขนาด 50, 100 และ 1,000 มิลลิลิตร
- 2.15 Buffer solution pH 4.00 และ 7.00

3. อุปกรณ์ในการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้

3.1 น้ำส้มควันไม้

3.2 Test Rack

3.3 กรวยกรอง

3.4 Pipett tip

3.5 หลอดหยด (Dropper)

3.6 กระดาษกรองเบอร์ 5

3.7 ลูกยางดูดปิเปตต์

3.8 กล่องใส่อาหาร ขนาด 2.5 x 2.5 เซนติเมตร

3.9 ปิเปตต์ (Pipette) ขนาด 50 มิลลิลิตร

3.10 เครื่องดูดจ่ายสารละลาย (Auto pipette)

3.11 Beaker ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร

3.12 Volumetric Flask ขนาด 50 และ 100 มิลลิลิตร

3.13 กล่องเลี้ยงแมลงขนาด 19.0 x 28.0 x 10.5 เซนติเมตร

การเลี้ยงแมลงสาบอเมริกัน

เก็บรวบรวมแมลงสาบสายพันธุ์อเมริกันในพื้นที่เขตสามเสน กรุงเทพมหานคร มาเลี้ยงในกล่องเลี้ยงแมลง ขนาด 15.5 x 22.0 x 8.0 เซนติเมตร ที่ห้องปฏิบัติการศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานี โดยคัดเลือกเฉพาะแมลงสาบที่มีความแข็งแรงมาเลี้ยงเพื่อขยายพันธุ์ จากนั้นนำมาเลี้ยงภายใต้อุณหภูมิห้อง อาหารที่ให้ป้อนอาหารจำพวกแป้ง คือ รำละเอียดที่ผ่านการอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง ซึ่งอาหารและน้ำที่เลี้ยงแมลงสาบจะทำการเปลี่ยนทุกๆ 3 วัน เพื่อให้ไม่ให้แมลงสาบอดอาหาร น้ำ และเพื่อป้องกันการเกิดเชื้อรา นอกจากนี้ภายในกล่องเลี้ยงแมลงยังได้ทำการใส่ถ่านกระดาษชำระเพื่อใช้เป็นที่อยู่อาศัยของแมลงสาบ ทำการเก็บรวบรวมไข่ของแมลงสาบมาฟัก จากนั้นเมื่อแมลงสาบฟักออกจากไข่แล้วแยกตัวอ่อนที่ฟักออกจากไข่ในวันเดียวกันเพื่อที่จะได้แมลงสาบที่มีอายุเท่ากันสำหรับการใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการไล่ของน้ำส้มควันไม้

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

เตรียมน้ำส้มควันไม้สำหรับการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีโดยทำการแยกเฉพาะส่วนที่เป็นน้ำส้มควันไม้โดยใช้ปิเปตต์ ขนาด 50 มิลลิลิตรดูด จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเพื่อแยกส่วนที่เป็นตะกอนออก ตั้งน้ำส้มควันไม้ทิ้งไว้ 30 นาที วัดค่าความเป็นกรดของน้ำส้มควันไม้โดยใช้เครื่องวัดค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ตรวจวัดค่าการนำไฟฟ้าของน้ำส้มควันไม้โดยใช้เครื่องวัดการนำไฟฟ้า และตรวจวัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำส้มควันไม้โดยใช้ไฮโครมิเตอร์ และเทอร์โมมิเตอร์

การทดสอบประสิทธิภาพในการขับไล่ของน้ำส้มควันไม้

การเตรียมน้ำส้มควันไม้จากกระท้อนทำได้โดยกรองส่วนที่เป็นน้ำส้มควันไม้ด้วยกระดาษกรอง จากนั้นนำไปผสมน้ำปรับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ในระดับ 1 : 1, 1 : 10, 1 : 100 และใช้น้ำเป็นสิ่งทดลองเปรียบเทียบ ซึ่งการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อนต่อการไล่แมลงสาบอเมริกันนี้วางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) 4 กรรมวิธี จำนวน 3 ซ้ำๆ ละ 5 ตัว โดยหยดน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นต่างๆ ลงไปบนอาหารของแมลงสาบ 5 หด จากนั้นนำไปวางไว้ในกล่องเลี้ยงแมลงขนาด 19.0 x 28.0 x 10.5 เซนติเมตร ซึ่งภายในกล่องแบ่งออกเป็น 5 ช่อง ปล่อยแมลงสาบอเมริกันที่ทำการอดอาหาร 3 ชั่วโมง ลงไปในกล่องที่เตรียมไว้ช่องละ 1 ตัว ปิดฝากล่อง บันทึกผลโดยการนับจำนวนแมลงสาบที่เข้าไปกินอาหารภายในระยะเวลา 10 นาที จากนั้นนำแมลงสาบออกเมื่อครบ 2 ชั่วโมงนำแมลงสาบที่อดอาหารชุดใหม่เข้าไปกินอาหารในกล่องแทน 10 นาที เมื่อครบกำหนดจึงนำออกทำแบบเดียวกันนี้ในชั่วโมงที่ 4 และ 6

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance) ของผลการทดลอง และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Least Significant Difference (LSD)



ผลการทดลอง

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อนในห้องปฏิบัติการ พบว่า น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนมีค่าความเป็นกรดเท่ากับ 3.68 ค่าการนำไฟฟ้าเท่ากับ 4.207 และค่าความถ่วงจำเพาะเท่ากับ 7.00 เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มผช . 659/2547) พบว่า น้ำส้มควันไม้มีคุณสมบัติตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน คือ มีค่าความเป็นกรดเป็นค่าระหว่าง 2.80 – 3.70 และมีค่าความถ่วงจำเพาะไม่น้อยกว่า 1.005 (จิระพงษ์, 2553)

การทดสอบประสิทธิภาพในการขับไล่ของน้ำส้มควันไม้

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อนที่ความเข้มข้น 1: 1, 1 : 10 และ 1 : 100 เปรียบเทียบกับกรรมวิธีควบคุม (น้ำ) ที่มีต่อการไล่ แมลงสาบอเมริกันแสดงในตารางที่ 1 ซึ่งผลการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบที่ภายหลังการหยดน้ำส้มควันไม้ทุกความเข้มข้นมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น .01 กับกรรมวิธีควบคุม โดยประสิทธิภาพการไล่ของน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้น 1: 1 มีประสิทธิภาพในการไล่สูงสุด เมื่อเวลาผ่านไป ประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบเริ่มลดลงในทุกสิ่งทดลอง จนเมื่อเวลาผ่านไปครบ 6 ชั่วโมง พบว่า ประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบของน้ำส้มควันไม้ที่ความเข้มข้น 1: 1 มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบสูงสุด และมีความแตกต่างทางสถิติกับ น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้นอื่นๆ (1 : 10 และ 1 : 100) โดยน้ำส้มควันไม้ทั้ง 2 ความเข้มข้นมีความแตกต่างทางสถิติกับกรรมวิธีควบคุม

ตารางที่ 1 จำนวนแมลงสาบที่เข้ามาถึงอาหารที่หยดด้วยน้ำส้มควันไม้ที่ระยะเวลาภายหลังการหยดสารที่แตกต่างกัน

กรรมวิธี	จำนวนแมลงสาบอเมริกัน (ตัว)			
	0 ชม.	2 ชม.	4 ชม.	6 ชม.
น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนความเข้มข้น 1 : 1	0.00 ^{c 1/}	0.66 ^c	1.66 ^b	2.33 ^b
น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนความเข้มข้น 1 : 10	1.00 ^b	2.00 ^b	3.00 ^{ab}	3.66 ^a
น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนความเข้มข้น 1 : 100	2.33 ^b	3.66 ^a	3.66 ^a	3.66 ^a
ใช้น้ำอย่างเดียว (กรรมวิธีควบคุม)	4.33 ^a	4.66 ^a	4.33 ^a	4.66 ^a
F-test	**	**	**	**
CV (%)	31.84	24.12	25.70	27.36

* หมายเหตุ ^{1/} ตัวอักษรที่ต่างกันในแต่ละคอลัมน์แสดงว่ามีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น .01

วิจารณ์ผลการทดลอง

ประสิทธิภาพในการเป็นสารไล่ของน้ำส้มควันไม้ต่อแมลงสาบสายพันธุ์อเมริกัน โดยทำการทดลองเพื่อหาความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่เหมาะสมต่อการไล่แมลงสาบ พบว่า น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1 : 1 สามารถไล่แมลงสาบไม่ให้เข้ามากินอาหารได้ผลดี โดยน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1 : 1 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1 : 10, 1 : 100 และการใช้น้ำเปล่า (กรรมวิธีควบคุม) มีจำนวนการเข้ามากินอาหารของแมลงสาบน้อยที่สุด ซึ่งสามารถใช้ทดแทนสารเคมีได้ระดับหนึ่งในลักษณะของสารขับไล่แมลง จากการศึกษาสารประกอบในน้ำส้ม ควันไม้พบว่า มีสารประกอบที่สำคัญที่สามารถใช้ไล่แมลง คือ ฟอร์มัลดีไฮด์ ฟีนอล และกรดอะซิติก (จิระพงษ์, 2553) ซึ่งสุชาติ (2549) รายงานว่า ในน้ำส้มควันไม้จากกระท้อนมีกรดอะซิติก และฟีนอล เป็นส่วนประกอบ 64.5 และ 2.19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สอดคล้องกับ สุบรรณ (2551) ที่ได้รายงานว่า น้ำส้มควันไม้มีผลทำให้จำนวนเพลี้ยจักจั่นลดลงเนื่องจากกลิ่นของฟีนอล และกรดอะซิติกในน้ำส้มควันไม้ซึ่งมีคุณสมบัติในการขับไล่ โดยทำให้แมลงเกิดการระคายเคือง นอกจากนี้ความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ยังเป็นปัจจัยหนึ่งที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบ ซึ่ง พวงชมพู (2549) รายงานว่า การใช้น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 30 : 200 มีประสิทธิภาพในการควบคุมไข่ และทำให้ด้กั้แมลงวันบ้านฝ่อได้ดีกว่าการใช้น้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 1 : 200 ซึ่งเป็นความเข้มข้นต่ำสุด ขณะที่สุนันท์ (2551) ได้กล่าวสนับสนุนว่า ถ้าเพิ่มความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้จะทำให้จำนวนปลวกลดลง นอกจากนี้สุริยา และคณะ (2543) ยังได้อธิบายเพิ่มเติมว่า สารสกัดจากพืชสามารถไล่แมลงสาบได้แต่จำเป็นต้องใช้ในปริมาณความเข้มข้นสูงเนื่องจากแมลงสาบมีความต้านทาน ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากกระท้อนนี้ที่พบว่าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้มีผลต่อการไล่แมลงสาบโดยถ้าความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ลดลง ประสิทธิภาพในการไล่แมลงก็จะลดลง

สรุป

ผลการทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้ต่อการไล่แมลงสาบอเมริกันหลังจากเริ่มหยดน้ำส้มควันไม้จนถึงชั่วโมงที่ 6 พบว่า น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนความเข้มข้น 1 : 1 มีประสิทธิภาพในการไล่แมลงสาบอเมริกันดีที่สุด รองลงมาคือ น้ำส้มควันไม้จากกระท้อนความเข้มข้น 1 : 10 และ 1 : 100 ตามลำดับ

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2553. ยุทธศาสตร์มาตรฐานความปลอดภัยสินค้าเกษตรและอาหาร ปี 2553 – 2556. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กองนโยบายเทคโนโลยีเพื่อการเกษตรและเกษตรกรรมยั่งยืน . 2551. องค์ความรู้และภูมิปัญญาของศูนย์เรียนรู้ปราชญ์ชาวบ้าน. สำนักงานปลัดกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กอบชัย หลาประดิษฐ์ . 2539. ผลของแมลงเบียน (*Tetrastichus hagenowii* Ratz.) ต่อไข่แมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta Americana* Linn.). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- เกรียงไกร อยู่บำรุง . 2541. การศึกษารายทำลายแมลงในสกุล *Metarhizium* ที่มีประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการกำจัดแมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta Americana* Linn.). มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ , กรุงเทพฯ.
- เกียรติศักดิ์ สุตะพรหม . 2548. อุปสงค์น้ำส้มไม้ในฟาร์มเกษตรอินทรีย์ของจังหวัดยโสธร . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ชนิษฐา ทวีการ. 2546. ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้. กรุงเทพฯ. 48.
- คมสัน หุตะแพทย์. 2548. น้ำส้มควันไม้. เกษตรกรรมธรรมชาติ, กรุงเทพฯ.
- จิระพงษ์ คูหากาญจน์. 2553. คู่มือการผลิตถ่านและน้ำส้มควันไม้. เกษตรกรรมธรรมชาติ, กรุงเทพฯ.
- จุฑารัตน์ อรรถจารุสิทธิ์ และบุษนา สมิตะศิริ . 2545. การควบคุมแมลงสาบอเมริกัน *Periplaneta Americana* โดยใช้สารสกัดจากกวาวเครือขาว *Pueraria mirifica*. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- ดร.ณิ โชติขจรขยกุล, นฤมล ร่มเย็น และปรีชา มั่งพร้อม . 2547. ผลของน้ำส้มควันไม้ต่อการเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองสายพันธุ์ดี KRU 5E. 257 – 265. ใน รายงานการสัมมนาวิชาการเกษตรแห่งชาติ. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สนั่น จอกลอย และโสภณ วงศ์แก้ว. 2550. อิทธิพลของน้ำส้มควันไม้ต่อการทำลายเสี้ยนดิน เพลี้ยไฟ และปริมาณการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารอะฟลาทอกซินในถั่วลิสงเมล็ดโต. แก่นเกษตร. 35 (1) : 32 – 46.
- ดาร์รัตน์ โฮตาก้า. 2543. การใช้ไส้เดือนฝอยศัตรูแมลงสำหรับควบคุมแมลงสาบพันธุ์เยอรมัน *Blattella germanica* (L.) (Orthoptera : Blattellidae) โดยการผสมกับอาหารในรูปของเหยื่อ . วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ทวี หอมขง. 2543. แมลงศัตรูของคน และสัตว์. โรงพิมพ์คุรุสภา, กรุงเทพฯ.
- เทคโนโลยีเกษตรแนวใหม่. 2546. การใช้ประโยชน์จากน้ำส้มควันไม้และถ่านในการเกษตร. 3 (35), 49 – 59.

- นิคม แหลมสัก. 2551. การพัฒนาการผลิตและใช้ประโยชน์น้ำส้มไม้ . ใน การฝึกอบรมองค์การบริหาร
ส่วนตำบลห้วยแร่ 22 สิงหาคม 2551. ตราด.
- นันทิยา จิตธรรมา และศิริพรรณ ตันตาคม . 2546. ประสิทธิภาพในการเป็นสารฆ่าแมลงของน้ำมันหอม
ระเหยจากใบยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) ต่อหนอนกระทู้ผัก (*Spodoptera*
litura Fabricius). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, นครปฐม.
- พวงชมพู ฤกษ์จักร . 2549. ผลการใช้สารน้ำส้มควันไม้ต่อการควบคุมไข่ ตัวอ่อน และดักแด้ของ
แมลงวันบ้าน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, สกลนคร.
- พิมพ์ภัทรา ทัพพะวาสน์ และสุจินันท์ พงษ์พัฒนรักษ์ . 2549. การศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อเพิ่ม
คุณภาพยางแผ่น. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.
- พุดินันท์ พึ่งวงศ์ญาติ. 2547. ถ่านไม้และน้ำส้มควันไม้. ชมรมสวนป่า ผลิตภัณฑ์และพลังงานจากไม้ ,
นครราชสีมา.
- มงคล ต๊ะอูน. 2549. การประยุกต์ใช้น้ำส้มควันไม้เพื่อการผลิตพืช. ศูนย์บริการวิชาการ. 14 (3) : 6 – 10.
- มยุรา สุนัยวัระ . 2550. การวิจัยและพัฒนาสารสกัดจากสมุนไพรเพื่อใช้ในการป้องกันกำจัดแมลงสาบ
อเมริกัน. สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
- ภัทรา ขวประดิษฐ์. 2553. การส่งเสริมการผลิตพืชสมุนไพร ปักจี้กระทืบและการปรับเปลี่ยน.
วงเดือน ปันดี และประทุมทิพย์ คำสุวรรณ. 2548. ปักจี้ที่มีความสัมพันธ์กับความชุก และความหนาแน่น
ของแมลงสาบในที่พักอาศัยจังหวัดนนทบุรี. วารสารสาธารณสุขศาสตร์. 35 (2) : 98 – 108.
- วิทยา อภัย และสมปอง ทองดีแท้. 2545. น้ำส้มไม้ (Wood Vinegar) สารอินทรีย์ใหม่เพื่อการเกษตรไทย ,
น. 166 – 169. ใน รายงานการประชุมวิชาการกองวิเทศสัมพันธ์การเกษตร 22 – 25 กรกฎาคม 2545.
กระบี่.
- วิภากรณ์ อิ่มใจ. 2550. การศึกษาประสิทธิภาพการไล่แมลงสาบอเมริกันของสารสกัดน้ำมันหอมระเหย
จากเปลือกส้มเขียวหวาน ใบยูคาลิปตัส และใบดาวเรือง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัย
ราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, ปทุมธานี.
- ศิรสา สังวาลย์. 2552. การใช้น้ำส้มควันไม้เป็นสารเคมีลัด และปุ๋ยทางใบ เพื่อยกระดับการพัฒนาของต้น
กล้า การเจริญเติบโต ผลผลิต และคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 และปทุมธานี 1.
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สุกัลกษณ์ เป็นเพชร และสมพิศ เดชทอง. 2550. ผลของกรดควันไม้ (Pyroligneous acid) ที่ได้จากไม้ ยูคา
ลิปตัสสำหรับปราบหอยเชอรี่. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.
- สุชาดา อินทะศรี. 2549. การศึกษาการใช้น้ำส้มควันไม้ในระบบเกษตรกรรมอินทรีย์ . สำนักงานนโยบาย
และแผนพลังงาน, กระทรวงพลังงาน.
- สุนันท์ วิทิตศิริ. 2551. การผลิตน้ำส้มควันไม้จากกะลามะพร้าวและกะลามะพร้าวร่วมกับวัสดุอื่นเพื่อการ
กำจัดปลวกและเพลี้ยแป้ง. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, นครสวรรค์.

- สุบรรณ ทุมมา . 2551. อิทธิพลของน้ำส้มควันไม้ต่อปริมาณเพลี้ยจักจั่นทำลายช่อดอก อัตราร่วง
คาร์โบไฮเดรต ต่อไนโตรเจนในใบ และคุณภาพผลผลิตมะม่วงโชคอนันต์ . วิทยานิพนธ์ปริญญา
โท. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, ขอนแก่น.
- สุภาณี พิมพ์สมาน, อนันต์ พลธานี และยนต์ สุตะภักดี. (2548). การพัฒนาสารสกัดจากพืช และน้ำส้มควัน
ไม้ (wood vinegar) เพื่อใช้ควบคุมแมลงศัตรูในการผลิตข้าวอินทรีย์ . มหาวิทยาลัยขอนแก่น -
แก่น, ขอนแก่น.
- สุริยา สาสนรักกิจ . 2543. สารสกัดจากสะเดาเพื่อใช้ป้องกันและกำจัดแมลงในบ้าน . น. 12 – 18. ใน
โครงการวิจัยพัฒนาการใช้ประโยชน์จากสะเดา. สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ
, กรุงเทพฯ.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร . 2552. สถานการณ์การส่งออกสมุนไพรและเครื่องเทศ . กระทรวงเกษตร
และสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- สำนักวิจัยพัฒนาปัจจัยการผลิตทางการเกษตร . 2552. น้ำส้มควันไม้ สารประกอบอินทรีย์จากพืชเพื่อ
ประโยชน์ทางการเกษตร. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ.
- อภิญญา หอมอินจันทร์ . 2544. การใช้ไล่เดือนฝอยศัตรูแมลงสำหรับควบคุมแมลงสาบสายพันธุ์อเมริกัน
Peiplaneta americana (L.) (Orthoptera : Blattidae) โดยการผสมกับอาหารในรูปของเหยื่อ .
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- อภิวัฏ ธวัชสิน . 2553. แมลงสาบ, น. 27 – 37. ใน อุษาวดี ถาวรระ (ผู้รวบรวม). ชีววิทยา และการควบคุม
แมลงที่เป็นปัญหาสาธารณสุข. ดีไซน์, กรุงเทพฯ.
- อุทัยวรรณ ระดมสุข . 2535. ผลของสารสกัดกวาวเครือขาว (*Pueraria mirifica* Airy shaw and
Suvatabandhu) ต่อการสืบพันธุ์ของแมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta americana* Linn.).
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- อุษาวดี ถาวรระ . 2546. สมุนไพรป้องกันกำจัดแมลงทางการแพทย์ . สถาบันวิจัยสาธารณสุข กรม
วิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข, นนทบุรี.
- Anonymous. 1994. The uses of wood vinegar and charcoal in agriculture : How to improve crop quality
while reducing dependence on agricultural chemicals.
- Chompoosri, J., Thavara, U., Tawatsin, A., Sathantriphop, S. and Yi T. 2004. Cockroach surveys in the
Northern Region of Thailand and Guangxi Province of China. J Trop Med Public Health. 35 :
46-49.
- Cochran, D.G. 1982. Cockroaches Biology and Control. WHO/VBC. 82.856, 53.
- Essam, Enan. 2001. Insecticidal activity of essential oils : octopaminergic sites of action. Vanderbilt
University, School of Medicine, Department of Biochemistry, 640 Light Hall, Nashville, USA.

Food and Agriculture Organization of The United Nation. 1985. FAO Forestry paper 63 Industrial charcoal making Mechanical Wood Products Branch Forest Industries Division FAO Forestry Department.

Kadota, M. and Niimi, Y. 2004. Effect of charcoal with pyroligneous acid and barnyard manure on bedding plants. *Scientia Horticulture*. 101 : 327 – 332.

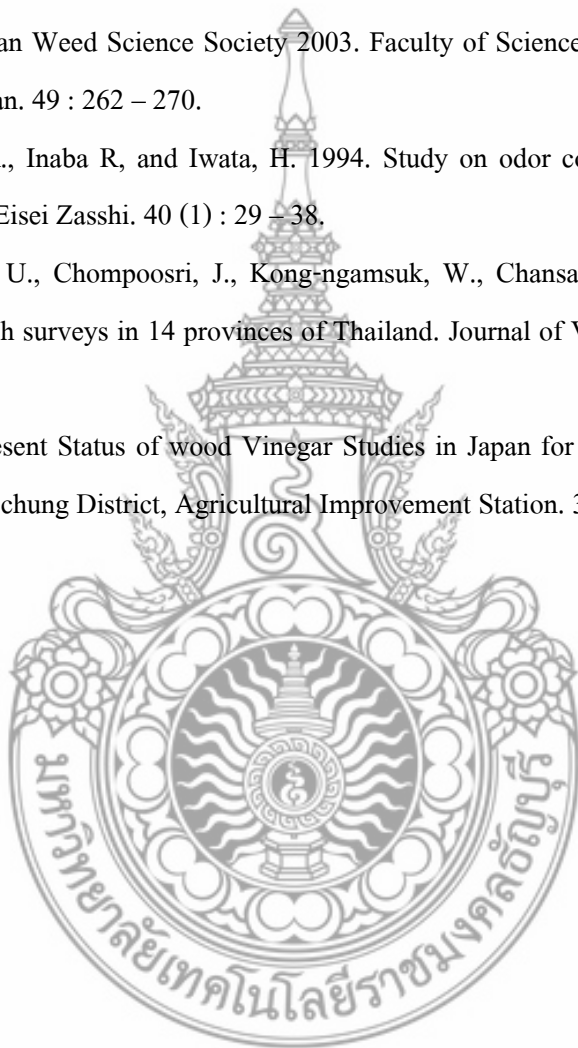
Jun, M., Tohru, U. and Takeshi F. 2003. Effect of bamboo vinegar on regulation of germination and radical growth of seed plants. *Journal of wood science*. 49 (3) : 262 – 270.

Mu j., Uehara T., and Furuno, T. 2001. Effect of Bamboo Vinegar on Regulation Growth of Seed Plants. The Japan Weed Science Society 2003. Faculty of Science and Engineering, Shimane, University, Japan. 49 : 262 – 270.

Takahara, Y., Katoh, K., Inaba R, and Iwata, H. 1994. Study on odor control using wood vinegars. *Nippon Koshu Eisei Zasshi*. 40 (1) : 29 – 38.

Tawatsin, A., Thavara, U., Chompoosri, J., Kong-ngamsuk, W., Chansang, C., and Paosriwong, S. 2001. Cockroach surveys in 14 provinces of Thailand. *Journal of Vector Ecology*. 26 (2) : 232 – 238.

Yoshimoto T. 1994. Present Status of wood Vinegar Studies in Japan for Agricultural Usage. Special Publication, Taichung District, Agricultural Improvement Station. 35 : 811– 820



ภาคผนวก



การศึกษาชีววิทยาของแมลงสาบอเมริกัน (*Periplaneta americana* (L.))



ภาพผนวกที่ 1 ลักษณะของแมลงสาบอเมริกัน
(*Periplaneta americana* (L.))



ภาพผนวกที่ 2 ลักษณะการวางไข่ของแมลง
สาบอเมริกัน



ภาพผนวกที่ 3 ลักษณะของตัวอ่อนภายในฝักไข่
(ootheca) ของแมลงสาบ



ภาพผนวกที่ 4 แมลงสาบอเมริกันหลังฟักออกจากไข่ 1 ชั่วโมง



ภาพผนวกที่ 5 การลอกคราบของตัวอ่อนวัยที่ 1
อายุประมาณ 30 วัน



ภาพผนวกที่ 6 ตัวอ่อนของแมลงหลังลอกคราบ
30 นาที

การศึกษาชีววิทยาของแมลงสาบอเมริกัน และการผลิตน้ำส้มควันไม้



ภาพผนวกที่ 7 การลอกคราบของตัวอ่อนระยะที่ 3 เป็นตัวเต็มวัย



ภาพผนวกที่ 8 อบราข้าวที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส



ภาพผนวกที่ 9 ราละเอียด และน้ำ สำหรับเลี้ยงแมลงสาบเพื่อเพิ่มจำนวน



ภาพผนวกที่ 10 แกนกระดาษชำระสำหรับซ่อนตัว และวางไข่ของแมลงสาบ



ภาพผนวกที่ 11 การเตรียมไม้ฟืนสดสำหรับเผาถ่าน และผลิตน้ำส้มควันไม้



ภาพที่ 12 เตาดินเหนียวก่อ (Mud Beehive Kiln) สำหรับผลิตน้ำส้มควันไม้

กระบวนการผลิตน้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar)



ภาพผนวกที่ 13 ดิน : แกลบ อัตรา 2 : 1 สำหรับ
ฉาบเตา



ภาพผนวกที่ 14 ช่องใส่ไฟ และเติมฟืน สำหรับ
ปรับความร้อนภายในเตา



ภาพผนวกที่ 15 การเผาไหม้ของไม้ฟืนสดภายในเตาเผา



ภาพผนวกที่ 16 การลดอุณหภูมิภายในเตาเผา



ภาพผนวกที่ 17 สังเกตควันสำหรับเก็บน้ำส้ม
ควันไม้



ภาพผนวกที่ 18 การเก็บน้ำส้มควันไม้

การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้



ภาพผนวกที่ 19 การวัดค่าความเป็นกรดโดยใช้
เครื่องวัดความเป็นกรดเป็นค่า



ภาพผนวกที่ 20 การวัดอุณหภูมิของน้ำส้มควัน
ไม้โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์



ภาพผนวกที่ 21 การวัดค่าความถ่วงจำเพาะโดย
ใช้ไฮโดรมิเตอร์



ภาพผนวกที่ 22 การวัดค่าการแลกเปลี่ยนประจุ
โดยใช้เครื่องวัดการนำไฟฟ้า

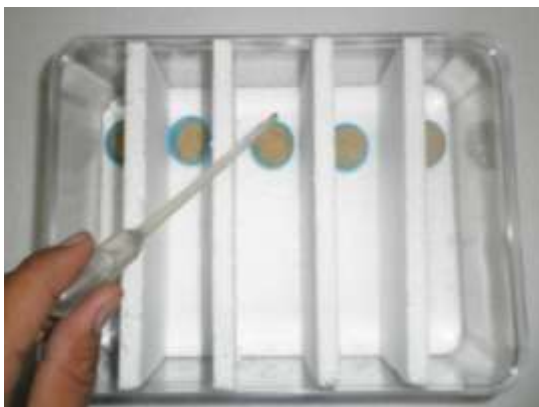
การทดสอบประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้



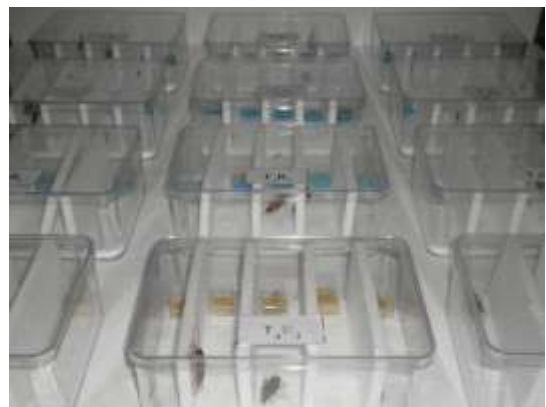
ภาพผนวกที่ 23 การปรับระดับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้



ภาพผนวกที่ 24 กล่องที่ใช้ทดสอบการประสิทธิภาพไล่แมลงสาบของน้ำส้มควันไม้



ภาพผนวกที่ 25 การหยดน้ำส้มควันไม้ลงบนอาหาร



ภาพผนวกที่ 26 การทดสอบประสิทธิภาพการไล่แมลงสาบของน้ำส้มควันไม้



ภาพผนวกที่ 27 การทดสอบประสิทธิภาพการไล่แมลงสาบอเมริกันระดับความเข้มข้นต่างๆ



ภาพผนวกที่ 28 การตรวจนับจำนวนแมลงสาบที่เข้าไปกินอาหารในระยะเวลาต่างๆ