รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

ผลของสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงและสารสกัดจากพืชบางชนิดต่อการตายของปลวก *Coptotermes curvignathus* Holmgren

Effects of Some Insect Growth Regulators and Plant Extracts on Mortality of *Coptotermes curvignathus* Holmgren (Isoptera: Rhinotermitidae)

คณะผู้วิจัย

รองศาสตราจารย์ ดร. อรัญ งามผ่องใส
รองศาสตราจารย์ ดร.สุรไกร เพิ่มคำ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิสุทธิ์ สิทธิฉายา
นายสุระพงศ์ สายบุญ

ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

พ.ศ. 2559

ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากเงินรายได้ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ประจำปีงบประมาณ 2554

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ประจำปีงบประมาณ 2554 ขอขอบคุณ นายกนก มหารัตน์ นักศึกษาศึกษาปริญาโทสาขาวิชากีฏวิทยาผู้ช่วยนักวิจัยที่ช่วยได้ดำเนินการทดลองจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ขอบคุณภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนห้องปฏิบัติการ ครุภัณฑ์และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย

สารบัญ

บทคัดย่อ 3
Abstract 4
ความสำคัญและที่มาของการวิจัย 5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 6
ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย 10
ผลการทดลอง และวิจารณ์ 16
สรุป 26
เอกสารอ้างอิง 27

บทคัดย่อ

ปลวก *Coptotermes curvignathus* Holmgren เข้าทำลายต้นยางพาราสดและต้นไม้อื่นอีกหลายชนิด ทำให้ต้นตายในที่สุด ปัจจุบันยังไม่มีวิธีการควบคุมปลวกชนิดนี้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงได้ทดสอบพิษของสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง น้ำมันและสารสกัดหยาบจากพืชบางชนิด เพื่อคัดเลือกสารที่มีศักยภาพพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมปลวกชนิดดังกล่าวต่อไป ทดสอบพิษแบบกินตายและสัมผัสตายโดยให้ปลวกงานกินเหยื่อพิษและสัมผัสกระดาษกรอง Whatman ที่มีสารทดสอบความเข้มข้นต่างๆ ตามลำดับ แต่ละความเข้มข้นใช้ปลวกทดสอบ 10 ตัว จำนวน 5 ซ้ำ คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายและค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) โดยวิธีโปรบิท (probit analysis) หลังทดสอบ 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง

สารฆ่าแมลงลูเฟนูรอน ฆ่าปลวกได้ดีที่สุดโดยมีค่า oral LC_{50} ที่ 120 ชั่วโมง ต่ำสุดเท่ากับ 323.7 ppm รองลงมาได้แก่สาร ฟลูเฟนอกซูรอน บูโปรเฟซิน คลอร์ฟลูอะซูรอน และโนวาลูรอน โดยมีค่า oral LC_{50} เท่ากับ 505.6, 830.6, 1,054.3 และ 2ม939.8 ppm ตามลำดับ น้ำมันดีปลี น้ำมันพริกไทย และน้ำมันสะเดาช้าง มีพิษสูงต่อปลวก *C. curvignathus* ที่ระดับความเข้มข้น 2,000, 2,500 และ 3,000 ppm ทำให้ปลวกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากสัมผัสสารเป็นเวลา 120 ชั่วโมง น้ำมันจากพืชซึ่งสกัดด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน ฆ่าปลวกได้ดีกว่าสารสกัดหยาบซึ่งสกัดด้วยตัวทำละลายเอทธานอล ค่า dermal LC_{50} ที่ 120 ชั่วโมงของน้ำมันพืชทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวเท่ากับ 120.2, 121.9 และ 110.8 ppm ในขณะที่ของสารสกัดหยาบเท่ากับ 6,654.0, 7,670.3 และ 10,859.9 ppm ตามลำดับ สารสกัดจากพืชออกฤทธิ์ฆ่าปลวกแบบสัมผัสตายดีกว่าแบบกินตาย นอกจากนี้ได้ทดสอบการถ่ายทอดพิษของปลวกงานที่ได้รับเหยื่อพิษของสารทดสอบไปยังปลวกงานปกติ โดยให้ปลวกงานกินเหยื่อพิษของสารลูเฟนูรอน ฟลูเฟนอกซูรอน น้ำมันดีปลี น้ำมันพริกไทย และน้ำมันสะเดาช้าง เปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงฟิโปรนิลและน้ำเปล่าเป็นชุดควบคุม นำปลวกงานที่กินเหยื่อพิษ 1 ตัว ปล่อยรวมกันกับปลวกงานปกติจำนวน 10 ตัว นับจำนวนปลวกที่ตายและคำนวณเปอร์เซ็นต์การตายที่เวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง พบว่า ปลวกงานที่ได้รับเหยื่อพิษสามารถถ่ายทอดสารพิษไปยังปลวกงานปกติได้ ที่เวลา 120 ชั่วโมง ปลวกงานที่ได้รับเหยื่อพิษของน้ำมันดีปลีถ่ายทอดสารพิษไปสู่ปลวกงานปกติได้สูงสุด เนื่องจากพบปลวกตายสูงสุด 30 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาได้แก่ เหยื่อพิษจากสารฟิโปรนิล น้ำมันสะเดาช้าง น้ำมันพริกไทย สารลูเฟนูรอน และสารฟลูเฟนอกซูรอน ซึ่งพบปลวกงานตาย 26 24 22 18 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

หากพิจารณาค่าความเป็นพิษและความสามารถในการถ่ายทอดสารพิษของปลวกงานที่ได้รับเหยื่อพิษไปสู่ปลวกงานปกติ น้ำมันดีปลีซึ่งสกัดด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนออกฤทธิ์ฆ่าปลวก *C. curvignathus* ได้ดีกว่าสารฆ่าแมลงฟิโปรนิลและสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง สารดังกล่าวจึงมีศักยภาพที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ควบคุมปลวกชนิดนี้ เพื่อลดการใช้สารเคมีสังเคราะห์ในอนาคต แต่อย่างไรก็ตาม ควรศึกษาและทดสอบประสิทธิภาพเพิ่มเติมในแปลงทดลองภายใต้สภาพแวดล้อมในธรรมชาติเพื่อยืนยันประสิทธิภาพในการใช้สารดังกล่าวต่อไป

Abstract

Coptotermes curvignathus Holmgren attacks living rubber tree and other tree species, finally providing death of the trees. Due to lack of the effective control for this termite, therefore toxicity of some insect growth regulators (IGRs), plant oils and crude extracts were screened for the potential further product development to control this termite species. Baits and Whatman filter papers treated with different concentrations of tested solutions were ingested and contacted by worker termites as referred to stomach and contact poisons, respectively. Ten worker termites were used for each concentration with five replications. Percent mortality and LC_{50} values were then calculated by using probit analysis at 24, 48, 72, 96 and 120 h after treatment.

Lufenuron showed the most toxic effect to *C. curvignathus* with the lowest oral LC_{50} at 120 h of 323.7 ppm. The oral LC_{50} values of flufenoxuron, buprofezin, chlorfluazuron and novaluron were 505.6, 830.6, 1054.3 and 2,939.8 ppm, respectively. Oils from long pepper, black pepper and thiam were highly toxic to *C. curvignathus*, providing 100% mortality after exposure for 120 h at the concentrations of 2,000, 2,500 and 3,000 ppm, respectively. Plant oils, extracted by *n*-hexane solvent, exhibited greater bioactivity than plant crude extracts, extracted by ethanol solvent. Plant extracts as contact exposure was more toxic than those as stomach exposure. In addition, toxic transmission was tested by feeding termite workers with poison baits of lufenuron, flufenoxuron and oils from long pepper, black pepper and thiam in a comparison with fipronil and water as control. One termite worker fed with poison baits was released to living together with other 10 normal termite workers. Termite mortality was calculated at 24, 48, 72, 96 and 120 h after treatment. Treated termite workers could transmit poison baits to normal workers. After 120 h of treatment, workers fed with long pepper oil showed the greatest poison bait transmission because of the highest mortality of 30%. Mortality percentages of poison baits from fipronil, thiam oil, black pepper oil, lufenuron and flufenoxuron were 26%, 24%, 22%, 18% and 14%, respectively.

In terms of toxicity and toxic transmission to normal termite workers, long pepper oil extracted by *n*-hexane was more toxic to kill *C. curvignathus* workers as compared with fipronil and IGRs. This plant oil has a potential development for controlling this termite species to reduce application of synthetic chemicals in the future. However, field trials should be done to confirm the efficiency application of the product under really natural conditions.

ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

ปลวก *Coptotermes curvignathus* Holmgren เป็นปลวกที่สำคัญในสวนยางพารา เนื่องจากเป็นปลวกชนิดเดียวที่เข้าทำลายต้นยางพาราสดทำให้ต้นตายในที่สุด มีเขตแพร่กระจายในประเทศไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดเนเซีย บรูไน กัมพูชา และเวียตนาม นอกจากยางพาราแล้วยังเข้าทำลายพืชอื่นอีกหลายชนิด เช่น กระถินเทพา สน ขนุน มะพร้าว ปาล์มน้ำมัน มะม่วง มันสำปะหลัง แม้ว่าปลวกชนิดนี้มีโอกาสไปตั้งรกรากในพื้นที่ใหม่น้อยกว่าปลวกที่เข้าทำลายไม้แห้งก็ตาม แต่ประเทศจีน นิวซีแลนด์และออสเตรเลีย ได้กำหนดให้ปลวกชนิดดังกล่าวอยู่ในรายชื่อที่ต้องควบคุมสำหรับการกักกันพืช ลักษณะการเข้าทำลายของปลวกชนิดนี้สังเกตได้จากมีชั้นดินปกคลุมพื้นผิวภายนอกของต้นพืชที่ถูกทำลาย โดยปกคลุมรอบลำต้นหรือไม่รอบลำต้นก็ได้ โดยทั่วไปมักพบบริเวณโคนต้นของพืช อาจมีบ้างที่พบในระดับที่สูงขึ้นไปเหนือบริเวณโคนต้น ในบางกรณีอาจจะไม่พบลักษณะของชั้นดินให้เห็นเด่นชัดในกรณีที่ต้นไม้บางชนิดที่มีเปลือกนอกแตกออกเป็นแผ่นหยาบ ไม่เรียบ ส่วนของปลวกจะเข้าทำลายอยู่ภายในลำต้น โดยเข้าทำลายจากรากและเคลื่อนย้ายขึ้นมาในระดับสูงขึ้นภายในเปลือกไม้ หากขูดเปลือกไม้ออกจะพบรูบริเวณเนื้อไม้ซึ่งเป็นรอยทำลายของปลวกดังกล่าว และอาจพบปลวกทหารซึ่งมีหัวสีเหลืองและปล่อยสารเหนียวสีขาวออกมาขับไล่ศัตรู (Tho and Kirton, 1992; Kirton and Wong, 2001) หลังจากที่ลำต้นถูกทำลาย ส่วนของใบจะเหี่ยวและเปลี่ยนเป็นสีเหลืองก่อนที่ใบจะร่วงและต้นพืชตายในที่สุด มีรายงานปลวกชนิดนี้เข้าทำลายส่วนของยอดมะพร้าวและปาล์มน้ำมัน (Mariau *et al*., 1992; Lim and Bit, 2001) โดยสังเกตเห็นส่วนของดินที่สร้างเป็นอุโมงค์ทางเดินบนลำต้นขึ้นสู่ส่วนยอดของพืชดังกล่าว การเข้าทำลายจะเกิดขึ้นได้ง่ายขึ้นเมื่อต้นไม้ถูกเข้าทำลายโดยแมลงชนิดอื่น เช่น ด้วงหนวดยาวและมอดสกุล Scolytidae (Kirton *et al*., 1999) ปลวกชนิดนี้สร้างรังใต้พื้นดินหรือบนพื้นดินในท่อนไม้ที่ตายแล้วหรือต้นไม้ที่ยังมีชีวิตอยู่ อย่างไรก็ตาม ปลวกงานสามารถเข้าทำลายต้นพืชที่อยู่ไกลจากรังได้

มีรายงานผลกระทบและความเสียหายที่เกิดขึ้นจากการเข้าทำลายของปลวกชนิดนี้ทั้งในและต่างประเทศโดยเป็นศัตรูสำคัญของปาล์มน้ำมันในประเทศมาเลเซีย (Lim and Bit, 2001) และเป็นศัตรูสำคัญของมะพร้าวในประเทศอินโดนีเซีย (Mariau *et al*., 1992) สำหรับประเทศไทย ปลวกชนิดนี้เข้าทำลายพืชเศรษฐกิจที่สำคัญคือ ยางพารา โดยเข้าทำลายในแกนกลางของต้นยางพาราที่โค่นเพื่อปลูกใหม่ (สุทัศน์, 2535) กัดกินต้นยางสดทั้งเนื้อเยื่อที่ตายแล้วและเนื้อเยื่อที่มีชีวิตอยู่ เนื่องจากปลวกชนิดนี้ไม่สร้างจอมปลวก ดังนั้นจะเริ่มกัดกินเนื้อเยื่อส่วนของรากและโคนต้นที่อยู่ใต้ดินก่อนแล้วจึงสร้างทางเดินออกมาบนลำต้น กัดกินลำต้นยางภายในจนเป็นโพรง สร้างรังอยู่ภายในโคนต้น บางครั้งพบว่าต้นยางล้มในขณะที่ใบเขียวและลำต้นยังมีน้ำยางอยู่ ปลวกชนิดนี้สามารถออกไปหากินบริเวณห่างไกลจากรังมาก และอาจสร้างรังย่อยขึ้นเป็นระยะๆ ระหว่างทางเดินจากรังใหญ่ไปสู่แหล่งอาหาร จากพฤติกรรมการสร้างรังใต้ดินดังกล่าวข้างต้น การฉีดพ่นสารเคมีให้สัมผัสโดยตรงจึงเป็นเรื่องยาก เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นรังปลวกดังกล่าวได้ (ปัทมา, 2533)

ในประเทศไทยเกษตรกรกำจัดปลวกชนิดนี้โดยใช้เกลือแกงโรยบริเวณโคนต้นที่มีปลวก ปลวกจะหายไปแต่จะไปอยู่ที่ต้นถัดไป ต้นที่โรยเกลือจะแสดงอาการเปลือกแห้ง เกษตรกรบางรายใช้สารฆ่าแมลงฉีดพ่น แต่ควบคุมได้ระยะหนึ่งเท่านั้น อาจเนื่องจากเป็นสารฆ่าแมลงถูกตัวตาย จึงไม่สามารถกำจัดปลวกให้ตายทั้งรังได้ ศูนย์วิจัยยางสงขลาแนะนำให้ใช้สารฆ่าแมลงคาร์โบซัลแฟน (carbosulfan) 20% EC อัตรา 40-80 ซีซีต่อน้ำ 20 ลิตร หรือสารฟิโปรนิล (fipronil) 5% SC อัตรา

20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร ราดรอบ ๆ โคนต้นยางพาราที่ถูกปลวกทำลาย และต้นข้างเคียง ต้นละ 1-2 ลิตร (สถาบันวิจัยยาง, 2549)

การกำจัดปลวกชนิดนี้ให้หมดสิ้นโดยการใช้สารฆ่าแมลงที่แนะนำดังกล่าวจึงเป็นไปได้ยาก แนวทางการควบคุมปลวกที่ให้ผลดีนั้นควรใช้หลักการลดขนาดประชากรและหยุดการขยายพันธุ์ของปลวกโดยอาศัยปลวกงานซึ่งออกหาอาหารไปเลี้ยงประชากรปลวกวรรณะอื่นๆ โดยให้ปลวกงานได้รับสารพิษพร้อมกับอาหารในรูปของเหยื่อพิษไปถ่ายทอดให้ประชากรปลวกอื่นๆ ที่อยู่ในรัง ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ทดสอบความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงกลุ่มยับยั้งการเจริญเติบโตซึ่งออกฤทธิ์ช้าไม่ทำให้ปลวกตายทันทีหลังได้รับสารและสารสกัดจากพืชบางชนิดซึ่งอาจจะมีผลต่อกระบวนการย่อยอาหารโดยทำลายจุลินทรีย์ในทางเดินอาหาร หยุดการลอกคราบของตัวอ่อน ลดการฟักไข่ของ นางพญา สุรพล (2548) โดยทดสอบทั้งในรูปของเหยื่อพิษแบบกินตาย และแบบสัมผัสตายในห้องปฏิบัติการ ที่มีต่อปลวก *C. curvignathus* เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพัฒนาเหยื่อพิษควบคุมปลวกชนิดนี้ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ทดสอบการออกฤทธิ์แบบกินตายในรูปของเหยื่อพิษของสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง (IGRs) บางชนิดที่มีต่อปลวก *C. curvignathus*
2. ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชบางชนิดต่อการตายของปลวก *C. curvignathus*
3. ศึกษาการถ่ายทอดความเป็นพิษของสารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs และสารสกัดจากพืชบางชนิดโดยปลวกงาน

ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปลวก Coptotermes curvignathus Holmgren

ปลวก *Coptotermes curvignathus* มีชื่อสามัญภาษาอังกฤษว่า rubber termite เรียกชื่อภาษาไทยว่า ปลวกไม้ยางพารา ก่อนหน้านี้เคยใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Coptotermes gestroi* จนกระทั่ง Holmgren (1913) ได้พบว่าปลวกชนิดนี้ไม่ใช่ *Coptotermes gestroi* เนื่องจาก ปลวก *C. gestroi* ไม่เข้าทำลายไม้สด แตกต่างจาก *C. curvignathus* ที่เข้าทำลายไม้สด มีลักษณะเด่น คือ มีช่องเปิดบริเวณด้านหน้าของส่วนหัวเรียกว่า fontanelle มีขนาดใหญ่กว่าปลวกในสกุลอื่นๆ ซึ่งปลวกจะผลิตสารเคมีที่เป็นของเหลวสีขาวขุ่นออกมาเพื่อใช้ในการป้องกันตัวจากศัตรู ปลวก *C. curvignathus* มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาของดังนี้คือ

ปลวกวรรณะทหาร: บริเวณส่วนหัวมีสีเหลืองทอง เป็นรูปไข่ มีความยาวของหัววัดถึงฐาน กราม 1.40 – 1.51 มิลลิเมตร ส่วนกว้างสุดประมาณ 1.15 – 1.24 มิลลิเมตร กรามยาว 0.82 – 0.93 มิลลิเมตร ใต้ริมฝีปากบนมีรูเปิดกว้างเรียกว่า fontanelle สำหรับปล่อยสารเหนียวสีขาวออกมาต่อสู้ศัตรู ส่วนของริมฝีปากบน (labrum) มีสีเหลืองปนน้ำตาล ส่วนกรามสีน้ำตาลแดง ส่วนหนวด (antenna) มีสีน้ำตาลอ่อน แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรก (pronotum) มีสีน้ำตาลอ่อนกว่าส่วนหัว บริเวณส่วนท้องและขามีสีขาว ที่ส่วนหัวพบขนสั้นๆ (setae) กระจายอยู่ทั่วไปเล็กน้อย ส่วนปลายของริมฝีปากบนมีขนสั้นๆ 2 เส้น ริมฝีปากล่างส่วนแรก (postmentum) มีขนสั้นๆ 1 คู่บริเวณขอบด้านหน้า และอีก 1 คู่ ที่บริเวณขอบด้านล่าง แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรกพบขนน้อยมาก ส่วนหัวมีรูปร่างยาวรีรูปไข่มีความยาวมากกว่าความกว้าง ริมฝีปากบนมีลักษณะแคบสั้น กรามมีความโค้ง

ปานกลาง ริมฝีปากล่างส่วนแรกมีความยาวประมาณ 2 เท่าของด้านกว้าง หนวดมี 14-15 ปล้อง ปล้องที่สองยาวกว่าปล้องที่สาม แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรกด้านกว้างมีขนาดเป็น 2 เท่าของด้านยาว ขอบด้านบนมีลักษณะเป็นหยัก ส่วนขอบล่างมีรอยหยักอยู่บริเวณตรงกลาง ขอบด้านล่างมีลักษณะเป็นแผ่นกลมใหญ่

ปลวกวรรณะกรรมกร: ส่วนหัวและกรามมีสีเหลืองอ่อน หนวด ริมฝีปากบน แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรกและส่วนท้อง ส่วนหัวและตามลำตัวจะมีขนปกคลุมหนาแน่น ลำตัวปลวกมีความยาวประมาน 4.00-4.40 มิลลิเมตร ส่วนหัวมีลักษณะกลม มีความกว้างมากกว่าความยาวเล็กน้อย ไม่มีตา หนวดสั้นประมาน 14-15 ปล้อง ปล้องที่สามสั้นกว่าหรือเท่ากับปล้องที่สองหรือสี่ ริมฝีปากบนค่อนข้างเป็นรูปเหลี่ยมความกว้างมากกว่าความยาว ขอบด้านหน้าริมฝีปากบนโค้งกลม มีขนเล็กน้อย แผ่นแข็งปกคลุมอกปล้องแรกมีความกว้างมากกว่าความยาว ขอบด้านบนเป็นรอยหยักลึกตรงกลาง ขอบด้านข้างท้ายตรงขาและท้องมีขนขนาดเท่าในวรรณะทหาร

การใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงควบคุมปลวก

การใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง (Insect growth regulators, IGRs) ควบคุมปลวกในบ้านเรือนได้รับความนิยมมากยิ่งขึ้นในปัจจุบัน โดยใช้รูปแบบเหยื่อพิษโดยวางเหยื่อล่อปลวกงานที่บริเวณบ้าน เมื่อปลวกงานมากินเหยื่อที่วางไว้ จึงนำสารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs ผสมในเหยื่อดังกล่าว เมื่อปลวกงานกินอาหารจึงได้รับสารพิษดังกล่าว และเนื่องจากสารกลุ่ม IGRs ออกฤทธิ์ช้าไม่ทำให้ปลวกตายทันที เมื่อปลวกงานกลับรังก็จะนำอาหารที่มีสารพิษไปเลี้ยงปลวกวรรณะอื่นและปลวกแม่รัง ประกอบกับพฤติกรรมการเลียปากซึ่งกันและกันของปลวกงานเมื่อพบกัน จึงมีโอกาสถ่ายทอดสารพิษไปสู่ปลวกงานตัวอื่นได้ ทำให้ประชากรปลวกค่อยๆ ลดลงและตายหมดทั้งรังในที่สุด สารในกลุ่มนี้จะออกฤทธิ์ยับยั้งการสร้างไคตินซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของผนังลำตัวแมลง ดังนั้นเมื่อไม่มีการสร้างไคติน ปลวกจึงไม่สามารถลอกคราบได้ทำให้ตายในที่สุด การใช้เหยื่อพิษดังกล่าวมีความปลอดภัยเนื่องจากสารกลุ่มดังกล่าวจะมีผลต่อสัตว์ที่มีการลอกคราบเท่านั้น ไม่เหมือนกับฉีดพ่นสารฆ่าแมลงกลุ่มอื่นๆ เช่น กลุ่มออร์กาโนฟอสเฟส ไพรีทรอยด์ นิโคตินอยด์ ที่อาจจะก่อเกิดอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตอื่น แม้แต่มนุษย์และสัตว์เลี้ยงมากกว่าสารในกลุ่ม IGRs ที่ใช้ในรูปเหยื่อพิษ

Su และ Scheffrahn (1996) ได้ทำการศึกษาประสิทธิภาพของสาร hexaflumuron และ lufenuron ต่อการควบคุมปลวก *C. formosanus* และ *R. flavipes* พบว่า สาร hexaflumuron ที่ความเข้มข้น 125.0 ppm สามารถออกฤทธิ์ควบคุม*ปลวก C. formosanus* และ *R. flavipes* ที่ความเข้มข้น 31.1 ppm สามารถออกฤทธิ์ควบคุม*ปลวก R. flavipes* สามารถออกฤทธิ์ควบคุมปลวกได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ หลังจากการทดสอบ 9 สัปดาห์

การใช้สารสกัดจากพืชควบคุมปลวก

Ding และ Xing (2010) ศึกษาการใช้ส่วนต่างๆ ของดอก ใบ ลำต้น และรากของสาบเสือมาใช้ควบคุมปลวก 2 ชนิด คือ *Coptotermes formosanus* and *Reticulitermes flavipes* พบว่าเมื่อใช้ใบและลำต้นสดที่หั่นเป็นชิ้นเล็กคลุกดิน ทำให้ปลวกสร้างทางเดินลดลง แต่ไม่มีผลทำให้ปลวกตาย ส่วนของใบ ลำต้น และดอก มีฤทธิ์ขับไล่ปลวกได้ดีกว่าราก

Nilanjana และ Chattopadhyay (2003) รายงานว่าสารสกัดจากพืช *Adhatoda vasica*, *Cynodon dactylon*, *Pongamia pinnata*, *Rauvolfia serpentina*, *Cleistanthus collinus*, *Tamarindus indica* and *Eichhornia crassipes* สามารถควบคุมปลวก *Microcerotermes mycophagus* ได้

การใช้ตัวทำละลายในการสกัดพืชที่แตกต่างกันส่งผลให้มีประสิทธิภาพควบคุมแมลงแตกต่างกันโดย Moein และ Farrag (2000) ใช้เฮกเซน เอทานอล และปิโตรเลียม อีเทฮร์ สกัดพริกไทยแล้วทดสอบความเป็นพิษกับปลวก *Cryptotermes brevis* พบว่า การสกัดด้วยเฮกเซน มีประสิทธิภาพดีที่สุด โดยที่ความเข้มข้น 0.5 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปลวกตาย 50 เปอร์เซ็นต์ ขณะที่ค่าดังกล่าวเท่ากับ 4.8 และ 14.3 เปอร์เซ็นต์ เมื่อสกัดด้วยเอทานอล และปิโตรเลียม อีเทฮร์ ตามลำดับ หลังจากทดสอบสารเป็นเวลา 2 วัน

นอกจากนี้ Khan และ Siddique (1994) ใช้ตัวทำละลาย benzene, acetone, chloroform, methanol และน้ำสกัดสารจากส่วนต่างๆ ของพืช 6 ชนิด ได้แก่ ใบและเมล็ดของสะเดาอินเดีย ใบของเลี่ยน (*Melia azedarach*) และ (*Nerium Indicum)* และทุกส่วนของ (*Calotropis procera*) และ (*Butea monosperma*) และส่วนหัวของกระเทียม พบว่า สารสกัดจากใบและเมล็ดของพืชที่สกัดด้วย benzene, chloroform และ methanol มีประสิทธิภาพในการฆ่าหนอนกะหล่ำ *Pieris brassicae* ได้ดีอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หลังจากทดสอบเป็นเวลา 1 2 และ 3 วัน

Tellez และคณะ (2001) ได้สกัดสารจากใบพืช tarbush (*F. cernua*) ด้วยเฮกเซน diethyl ether และ ethanol พบองค์ประกอบของสารกลุ่ม monoterpenoids ในสารสกัดที่สกัดด้วยเฮกเซน และพบสารกลุ่ม sesquiterpenoids ในสารสกัดที่สกัดด้วย ethanol อย่างไรก็ตามเมื่อนำสารสกัดที่ได้จากตัวทำละลายทั้ง 3 ชนิดดังกล่าวไปทดสอบผลต่อปลวก *Reticulitermes* sp. ในห้องปฏิบัติการ พบว่า สารทดสอบทั้งหมดมีผลยับยั้งกิจกรรมต่างๆ ของปลวก

Sajap และ Aloysius (2000) สกัดใบสะเดาช้างด้วยตัวทำละลายชนิดต่างๆ ได้แก่ acetone, hexane และ methanol แล้วทดสอบผลกับปลวก *Coptotermes curvignathus* ในสภาพแปลง พบว่า ดินที่ราดด้วยสารสกัดจากพืชดังกล่าวยับยั้งกิจกรรม โดยมีการสร้างทางเดินของปลวกลดลง

สำหรับประเทศไทย สุรพล (2548) วิจัยสมุนไพรกำจัดปลวกที่ได้จากการสกัดจากสารธรรมชาติเพื่อนำมาใช้ทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์โดยมีวัตถุประสงค์ คือ ลดประชากรปลวกและหยุดการขยายพันธุ์ของปลวกกระบวนการทำงานของสมุนไพรกำจัดปลวกส่งผลโดยไปลดกระบวนการย่อยอาหาร ทำลายจุลินทรีย์ในทางเดินอาหารหยุดการลอกคราบของตัวอ่อน ทำให้ตัวอ่อนไม่เจริญเติบโต ลดการฟักไข่ของนางพญาเพื่อหยุดการขยายพันธุ์ของปลวกซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่ให้ผลดีมากในการทำให้ปลวกสูญพันธุ์ไป สมุนไพรที่ทำการวิจัยและนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการกำจัดปลวกคือ ขมิ้นชัน ซึ่งมีผลต่อการหยุดการทำงานของเอนไซม์ที่ของเชื้อราในมนุษย์ พืชและสัตว์สะเดาอินเดียมีสารที่ลดการพัฒนาของแมลง ทำให้แมลงไม่กินพืชที่ปลูกสาบเสือมีผลต่อการลดระดับเอนไซม์ในเลือด หญ้าแห้วหมูมีสารยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ในปลวกเปลือกมังคุดมีผลต่อการทำลายระบบภูมิคุ้มกันในปลวกแต่เนื่องจากสมุนไพรเหล่านี้ปลวกไม่ชอบกิน ซึ่งหากจะฆ่าปลวกได้นั้นต้องนำมาผสมกับไม้ที่ปลวกชอบกิน เช่น ไม้ฉำฉา โกงกาง ทองหลางโดยนำมาผสมกันในอัตราส่วน สมุนไพร 1 เปอร์เซ็นต์ และอีก 99 เปอร์เซ็นต์ เป็นไม้การใช้สมุนไพรกำจัดปลวกมีให้เลือกใช้ถึง 3 รูปแบบ ดังนี้

1. Terminate เป็นไม้เหยื่อล่อปลวกอัดแท่งผสมพืชสมุนไพร บรรจุในท่อพลาสติกที่สามารถเสียบปักฝังดินได้ โดยฝังไปรอบ ๆ บริเวณบ้านในทุกระยะ 1.20 เมตร ปลวกจะกินเหยื่อและนำไปสู่รังของมัน โดยในครั้งแรกจะต้องเข้าทำการตรวจเช็คทุก 15 วัน หากจุดใดที่เหยื่อหมดไปให้เปลี่ยนเหยื่อ

ใหม่แทน โดยเปลี่ยนเฉพาะเหยื่อที่มีปลวกกินเท่านั้นระหว่างดำเนินการนี้ปลวกจะค่อย ๆ น้อยลงไป และเห็นผลภายใน 6 เดือนหรือมากกว่านั้น ขึ้นอยู่กับขนาดของรังปลวกวิธีนี้เหมาะสำหรับป้องกันปลวกไม่ให้รุกล้ำเข้าบ้าน

2. Terminus เป็นไม้เหยื่อล่อปลวกอัดแท่งเหมือนแบบแรกแต่ไม่ต้องฝังดิน เพียงแต่เอาไปติดตั้ง บริเวณทางเดินของปลวกเพื่อล่อให้ปลวกมากัดกินเหยื่อสมุนไพรที่อยู่ในกล่อง Terminus การตรวจเช็คกระทำเช่นเดียวกับ Terminate จะสามารถสังเกตได้ว่าหากปลวกได้รับเหยื่อสมุนไพรนี้ ลำตัวจะเปลี่ยนเป็นสีเข้มมากกว่าเดิม วิธีนี้เหมาะสำหรับบ้านที่เจอปัญหาปลวกบุกเข้าโจมตีกัดกินข้าวของในบ้านเรียบร้อยแล้ว

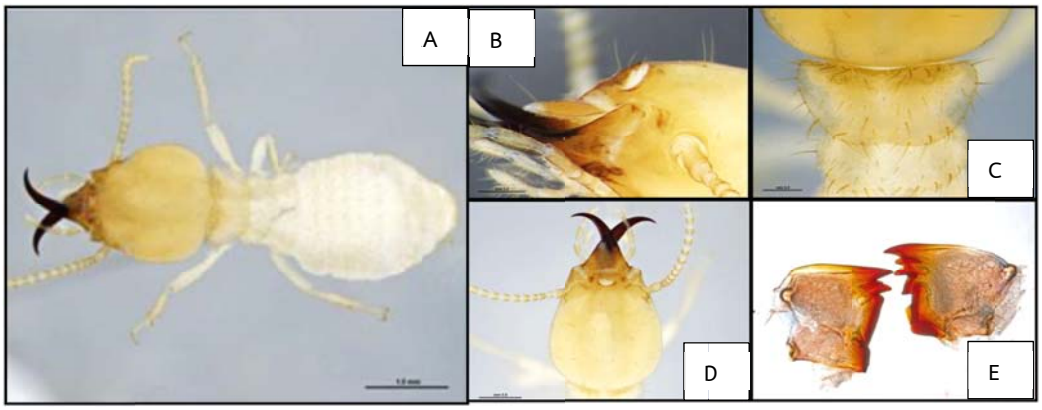
3. Termina Oil เป็นน้ำมันสกัดสมุนไพรเข้มข้น เวลานำไปใช้งานต้องทำให้เจือจางในน้ำอัตราส่วน สมุนไพร 1 ลิตรต่อน้ำ 35 ลิตร ใช้ฉีดพ่น อัดใส่ท่อ และวิธีการเจาะอัดแทนการใช้สารเคมีมีผลออกฤทธิ์ในการสัมผัสทำให้ปลวกค่อย ๆ อ่อนแอลง ตัวที่แข็งแรงกว่าจะมากัดกินตัวที่อ่อนแอ ทำให้สารนั้นแพร่กระจายในรังโดยอัตโนมัติ ปริมาณประชากรปลวกจะลดลงไปเรื่อย ๆ จนสูญพันธุ์ไปในที่สุด

นันทวัน และคณะ (2546) ได้พัฒนาสารกำจัดปลวกจากพริกไทยเบา (*Piper nigrum* Linnaeus) พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากเปลือกพริกไทยมีพิษต่อปลวก โดยมีทั้งฤทธิ์ขับไล่ พิษจากการสัมผัส และพิษจากการระเหย โดยสารองค์ประกอบหลักที่พบ คือ caryophyllene, limonene และ β-pinene

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างปลวก Coptotermes curvignathus Holmgren

เก็บตัวอย่างปลวก *C. curvignathus* Holmgren จากสวนยางของเกษตรกร จังหวัดสงขลา จำแนกและยืนยันชนิดโดยยึดรูปวิธานจาก Textbook ชื่อ “The insects of Australia” (Watson and Gay, 1970) และหนังสือจำแนกชนิดปลวกของ Ahmad (1965) และ Morimoto (1973) โดยใช้ปลวกวรรณะทหารในการจำแนกชนิด (Watson and GAY, 1970) ซึ่งมีลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนก คือ ส่วนหัว กราม ริมฝีปากบน ฐานริมฝีปากบน ฐานริมฝีปากล่าง หนวด แผ่นนอกด้านหลังแผ่นแรกที่ติดกับหัว รูเปิดของต่อมขับสารพิษที่อยู่บริเวณหัวด้านบน (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ปลวกชนิด *Coptotermes curvignathus* Holmgren (A); รูเปิดของต่อมขับสารพิษ (B); แผ่นนอกด้านหลังแผ่นแรกที่ติดกับหัว (C); ส่วนหัวของปลวกทหาร (D); กราม (E)

เลี้ยงปลวกในห้องปฏิบัติการทางกีฏวิทยา ภาควิชาการจัดการศัตรูพืช คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตามวิธีการของ Owusu (2008) ดังนี้คือ นำปลวกงานมาเลี้ยงในกล่องเลี้ยงแมลงขนาดกว้าง×ยาว×สูง เท่ากับ 18×20×10 เซนติเมตร พื้นผิวของกล่องโรยด้วยดินร่วนที่เก็บจากแปลงยางพาราและขี้เลื่อยไม้ยางพารา เป็นชั้น ๆ โดยจัดเรียง ดังนี้

ชั้นที่ 1 ดินร่วนรองพื้นหนาประมาณ 1 เซนติเมตร

ชั้นที่ 2 ขี้เลื่อยไม้ยางพาราประมาณ 450 กรัม โรยให้ทั่วกล่อง

ชั้นที่ 3 ดินร่วนโรยบนขี้เลื่อยไม้ยางพาราหนาประมาณ 1 เซนติเมตร

ชั้นที่ 4 ขี้เลื่อยไม้ยางพาราประมาณ 450 กรัม โรยให้ทั่วกล่อง

ชั้นที่ 5 ดินร่วนโรยบนขี้เลื่อยไม้ยางพาราหนาประมาณ 0.5 เซนติเมตร

จากนั้นรดน้ำให้ทั่วแล้วตั้งทิ้งไว้ 4-6 ชั่วโมง นำปลวกใส่ลงไปในกล่อง และนำกล่องไปเก็บไว้ในที่มืด ที่อุณหภูมิห้อง (25-28 °C) และความชื้นสัมพัทธ์ 70-85 เปอร์เซ็นต์

2. สารฆ่าแมลง การเตรียมตัวอย่างพืชและการสกัดสารจากพืชทดสอบ

ใช้สารฆ่าแมลงกลุ่มยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง (IGRs) 5 ชนิด โดยมีชื่อสามัญ ชื่อการค้า และความเข้มข้นที่ใช้ทดสอบแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชื่อสามัญ ชื่อการค้า และอัตราการใช้ของสารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs ที่ใช้ทดสอบ

ชื่อสามัญ	ชื่อการค้า	อัตราการใช้
บูโปรเฟซิน (buprofezin)	โกลซิน®	5 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร
คลอร์ฟลูอะซูรอน (chlorfluazuron)	อาทาบรอน®	30 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร
ฟลูเฟนอกซูรอน (flufenoxuron)	คาสเคด®	20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร
ลูเฟนูรอน (lufenuron)	แมทช์ 050 อีซี®	20 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร
โนวาลูรอน (novaluron)	ไรมอน®	10 ซีซี ต่อน้ำ 20 ลิตร

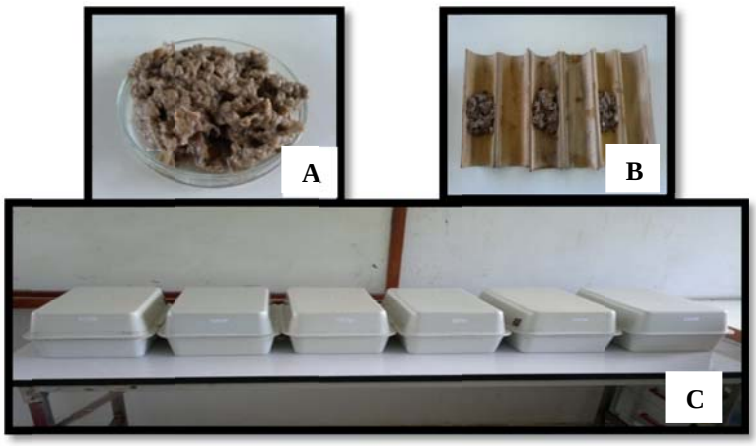
ส่วนสารสกัดจากพืชนั้น ใช้พืชทดสอบ 10 ชนิดได้แก่ ขิง ข่า ไพล กระทือ และกระชาย (ใช้ส่วนที่เป็นเหง้าหรือหัว) กระวาน พริกไทย ดีปลี และสะเดาช้าง (ใช้ส่วนที่เป็นเมล็ด/ผล) และกานพลู (ใช้ส่วนที่เป็นดอก) โดยจัดซื้อสมุนไพรดังกล่าวที่อบแห้งแล้วจากร้านจำหน่ายพืชสมุนไพรอย่างละ 5 กิโลกรัม ยกเว้นเมล็ดสะเดาช้างที่เก็บเมล็ดจากต้นในจังหวัดสงขลา นำส่วนของพืชทดสอบดังกล่าวมาปั่นด้วยเครื่องปั่นอาหารให้ละเอียดก่อนนำไปสกัดโดยวิธีการแช่ยุ่ย (maceration) ในตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซนและตัวทำละลายเอทานอล โดยมีรายละเอียดในการสกัดดังนี้คือ นำส่วนของพืชที่อบแห้งข้างต้นชนิดละ 5 กิโลกรัม ใส่ในขวดแก้วขนาด 20 ลิตร เติมตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน ลงไปจนท่วมตัวอย่าง ปิดปากขวดให้สนิท ทิ้งไว้ 7 วัน นำสารละลายที่ได้กรองด้วยกระดาษกรองแบบหยาบ และระเหยด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) นำสารที่ได้หลังจากระเหยตัวทำละลายออกหมดแล้วไปใส่ในขวดสีชา ส่วนตัวทำละลายที่แยกออกมาได้นำกลับไปแช่กากที่ได้จากการสกัดครั้งแรกซ้ำ เพื่อสกัดน้ำมันที่ยังหลงเหลืออยู่ ทำซ้ำแบบนี้จำนวน 4 ครั้ง นำสารที่สกัดได้ทั้งหมดแต่ละครั้งมารวมกัน สารที่สกัดได้เรียกว่า “น้ำมัน” เช่น น้ำมันขิง น้ำมันข่า น้ำมันไพล ฯลฯ จากนั้นนำส่วนของกากพืชที่เหลือจากการสกัดน้ำมัน มาแช่ด้วยเอทานอลโดยวิธีการสกัดเหมือนกับการสกัดน้ำมันข้างต้น สารที่สกัดได้เรียกว่า “สารสกัดหยาบ” จากนั้นนำน้ำมันและสารสกัดหยาบที่ได้จากพืชชนิดต่างๆ ไปทดสอบประสิทธิภาพในการควบคุมปลวกในห้องปฏิบัติการต่อไป ขั้นตอนการสกัดแสดงในภาพที่ 2

ภาพที่ 2 ขั้นตอนการสกัดน้ำมันและสารสกัดหยาบจากพืช

3. ทดสอบการออกฤทธิ์แบบกินตายในรูปของเหยื่อพิษของสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง (IGRs) บางชนิดที่มีต่อปลวก *Coptotermes curvignathus* Holmgren

ทดสอบความเป็นพิษแบบกินตาย (stomach poison) โดยใช้เหยื่อล่อทำด้วยกระดาษลังมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ปริมาณ 200 กรัม ผสมน้ำ 500 มิลลิลิตรแล้วนำไปปั่นกับสารฆ่าแมลงที่ใช้ทดสอบแต่ละชนิดที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0 50 100 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 4,000 และ 5,000 ppm ได้เหยื่อพิษเพื่อใช้ทดสอบ (ภาพที่ 3A) นำเหยื่อพิษบรรจุลงในกระบอกไม้ไผ่ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 4 เซนติเมตร ยาวประมาณ 20 เซนติเมตร (ภาพที่ 3B) แต่ละความเข้มข้นทำ 5 ซ้ำ ปล่อยปลวกงานในกระบอกไม้ไผ่จำนวน 20 ตัว/กระบอก นำกระบอกไม้ไผ่ใส่ในถาดพลาสติก ขนาดกว้าง x ยาว x สูง เท่ากับ 28 x 50 x 10 เซนติเมตร แล้วปิดทับด้วยถาดพลาสติกอีกใบเพื่อให้สภาพแวดล้อมทึบแสง (ภาพที่ 3C)

นับจำนวนปลวกที่ตายหลังจากทดสอบที่เวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายในแต่ละความเข้มข้นของสารทดสอบแต่ละชนิดเพื่อคำนวณหาค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) ที่เวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง โดยวิธีโพรบิท (probit analysis) และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายของสารทดสอบที่เวลาต่างๆ เพื่อคัดเลือกสาร IGRs ที่ดีที่สุดไปทดสอบความสามารถในการถ่ายทอดพิษของปลวก *C. curvignathus* ต่อการตายของปลวกในการทดลองต่อไป



ภาพที่ 3 ลักษณะของเหยื่อพิษที่ทำจากกระดาษลัง (A); การวางเหยื่อในกระบอกไม้ไผ่ (B) และการนำไปเก็บไว้ในที่มือในกระบะทดสอบที่มีฝาปิด (C)

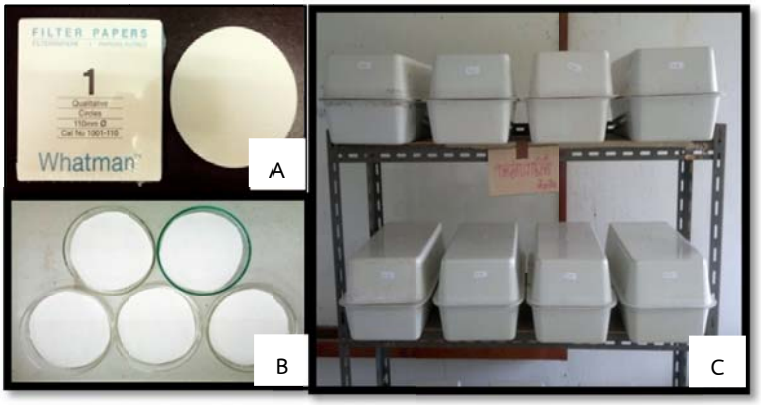
4. ศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชบางชนิดต่อการตายของปลวก *Coptotermes curvignathus* Holmgren

นำน้ำมันและสารสกัดหยาบจากพืชชนิดต่างๆ ที่สกัดได้ในข้อ 2 มาทดสอบความเป็นพิษต่อปลวกงาน *C. curvignathus* โดยทดสอบความเป็นพิษแบบสัมผัสตาย (contact poison) และแบบกินตาย (stomach poison) มีวิธีการดังนี้

4.1 การทดสอบความเป็นพิษแบบสัมผัสตาย

เตรียมสารละลายโดยนำน้ำมันและสารสกัดหยาบจากพืชมาผสมกับน้ำเปล่า 500 มิลลิลิตร (เติมสารละลาย Tween® 80 ความเข้มข้น 10 เปอร์เซ็นต์ เพื่อช่วยเพิ่มการแพร่กระจายของสารทดสอบในน้ำได้ดีขึ้น) ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ได้แก่ 0 50 100 500 1,000 1,500 2,000 2,500 3,000 4,000 5,000 และ 10,000 ppm จากนั้นนำกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 (ภาพที่ 4A) จุ่มลงในสารทดสอบนาน 1 นาที แล้วนำกระดาษกรองไปวางไว้ในจานเลี้ยงเชื้อ (ภาพที่ 4B) ทิ้งไว้ให้แห้งพอประมาณ หลังจากนั้นจึงปล่อยปลวกงานจำนวน 10 ตัว/จานเลี้ยงเชื้อ 1 ใบ แต่ละความเข้มข้นทำซ้ำ 5 ครั้ง แล้วนำจานเลี้ยงเชื้อไปเก็บไว้ในที่มืด โดยใส่ในกระบะพลาสติกที่มีฝาปิดมิดชิด (ภาพที่ 4C)

นับจำนวนปลวกที่ตายหลังจากทดสอบที่เวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายในแต่ละความเข้มข้นของสารทดสอบแต่ละชนิดเพื่อหาค่า LC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธีโพรบิท (probit analysis) และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายของสารทดสอบที่เวลาต่างๆ

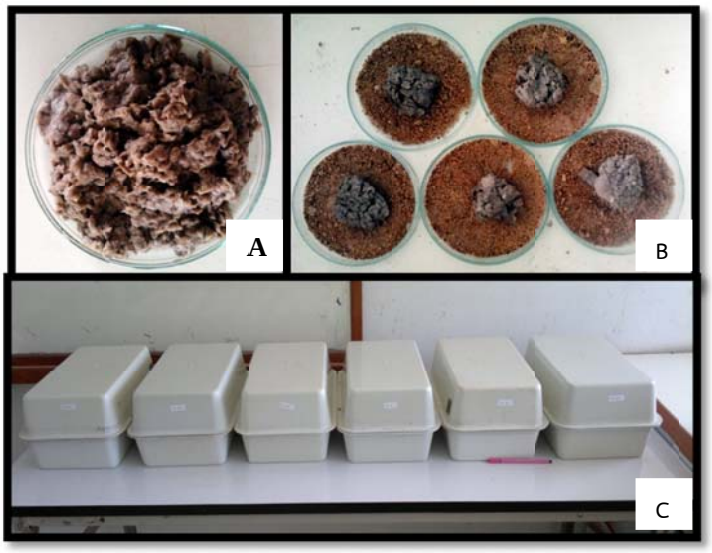


ภาพที่ 4 การทดสอบความเป็นพิษแบบสัมผัสตาย โดยใช้กระดาษกรอง (A) จุ่มสารทดสอบวางไว้ในจานเลี้ยงเชื้อ (B) ก่อนนำไปใส่ไว้ในที่มืดในกระบะพลาสติกที่มีฝาปิด (C)

4.2 การทดสอบความเป็นพิษแบบกินตาย

เตรียมสารละลายของน้ำมันและสารสกัดหยาบจากพืชชนิดต่างๆ ตามวิธีการและระดับความเข้มข้นต่างๆ เหมือนกับข้อ 4.1 นำกระดาษลังตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ปริมาณ 200 กรัม ผสมน้ำ 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปปั่นกับน้ำมันและสารสกัดหยาบจากพืช ให้ได้ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆ ตามข้อ 4.1 เพื่อใช้เป็นเหยื่อพิษ (ภาพที่ 5 A) นำไปใส่ในจานเลี้ยงเชื้อที่ใส่ดินอบฆ่าเชื้อและพรมน้ำให้มีความชื้นพอสมควร (ภาพที่ 5B) นำปลวกงานจำนาน 10 ตัว มาใส่ในจานเลี้ยงเชื้อดังกล่าวแล้วนำไปเก็บไว้ที่มืดโดยใส่ในกระบะพลาสติกที่มีฝาปิดมิดชิด (ภาพที่ 5 C) แต่ละความเข้มข้นทำซ้ำ 5 ครั้ง

บันทึกผลโดยนับจำนวนปลวกที่ตายหลังจากทดสอบที่เวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายในแต่ละความเข้มข้นของสารทดสอบแต่ละชนิดเพื่อหาค่า LC_{50} ที่เวลา 24 ชั่วโมง โดยวิธีโพรบิท และเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การตายของสารทดสอบที่เวลาต่างๆ



ภาพที่ 5 การทดสอบความเป็นพิษแบบกินตาย โดยใช้กระดาษลังผสมสารทดสอบเป็นเหยื่อพิษ (A) นำไปวางไว้ในจานเลี้ยงเชื้อ (B) ก่อนนำไปไว้ในที่มืดในกระบะพลาสติกที่มีฝาปิด (C)

5. ศึกษาการถ่ายทอดความเป็นพิษโดยปลวกงานของสารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs และสารสกัดจากพืชบางชนิด

คัดเลือกสารทดสอบที่ได้จากการทดลองในข้อ 3 และข้อ 4 ที่มีประสิทธิภาพในการฆ่าปลวกได้ดี ซึ่งจากผลการทดลองในข้อ 3 คัดเลือกสาร 2 ชนิด คือ สารลูเฟนนูรอน และสารฟลูเฟนนอกซูรอน ส่วนผลการทดลองในข้อ 4 คัดเลือกน้ำมันจากพืช 3 ชนิด คือ น้ำมันเมล็ดสะเดาช้าง ดีปลี และพริกไทย มาทดสอบการถ่ายทอดความเป็นพิษโดยปลวกงาน เปรียบเทียบกับการใช้สารฆ่าแมลงฟิโปรนิลและน้ำเป็นชุดควบคุม

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (completely randomized design, CRD) ทรีทเมนต์ประกอบด้วยสารฆ่าแมลงและน้ำมันจากพืชข้างต้นเปรียบเทียบกับสารฆ่าแมลงฟิโปรนิลและน้ำเป็นชุดควบคุม เตรียมสารทดสอบในน้ำ 100 มิลลิลิตร (ใช้สารฆ่าแมลงชนิดต่างๆ ตามอัตราในตารางที่ 1 ส่วนน้ำมันจากพืชใช้ความเข้มข้น 100 เปอร์เซ็นต์) นำกระดาษลังมาตัดเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปแช่ในสารทดสอบเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำมาใส่ในจานเลี้ยงเชื้อ ปล่อยปลวกงานจำนวน 10 ตัว ให้กินเหยื่อที่ผสมสารทดสอบไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำปลวกงานจำนวน 1 ตัวที่ยังมีชีวิตไปใส่ในจานเลี้ยงเชื้อที่ใส่ดินอบฆ่าเชื้อและพรมน้ำให้มีความชื้นพอสมควรและมีปลวกงานจำนาน 10 ตัว แล้วนำไปเก็บไว้ที่มืด แต่ละทรีทเมนต์ทำซ้ำ 5 ครั้ง

บันทึกจำนวนการตายของปลวกงานที่ไม่ได้กินเหยื่อพิษโดยตรงหลังจากทดสอบเป็นเวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง เพื่อดูความสารมารถการถ่ายทอดสารพิษไปของปลวกงานที่กินเหยื่อพิษไปยังปลวกงานที่ไม่กินเหยื่อพิษโดยตรง คำนวณเปอร์เซ็นต์การตายของปลวกงานที่ไม่กินเหยื่อพิษโดยตรงของสารทดสอบแต่ละชนิด วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยระหว่างทรีทเมนต์โดยวิธี Duncan’s multiple range test (DMRT)

ผลการทดลอง และวิจารณ์

1. ทดสอบการออกฤทธิ์แบบกินตายในรูปของเหยื่อพิษของสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง (IGRs) บางชนิดที่มีต่อปลวก *C. curvignathus* Holmgren

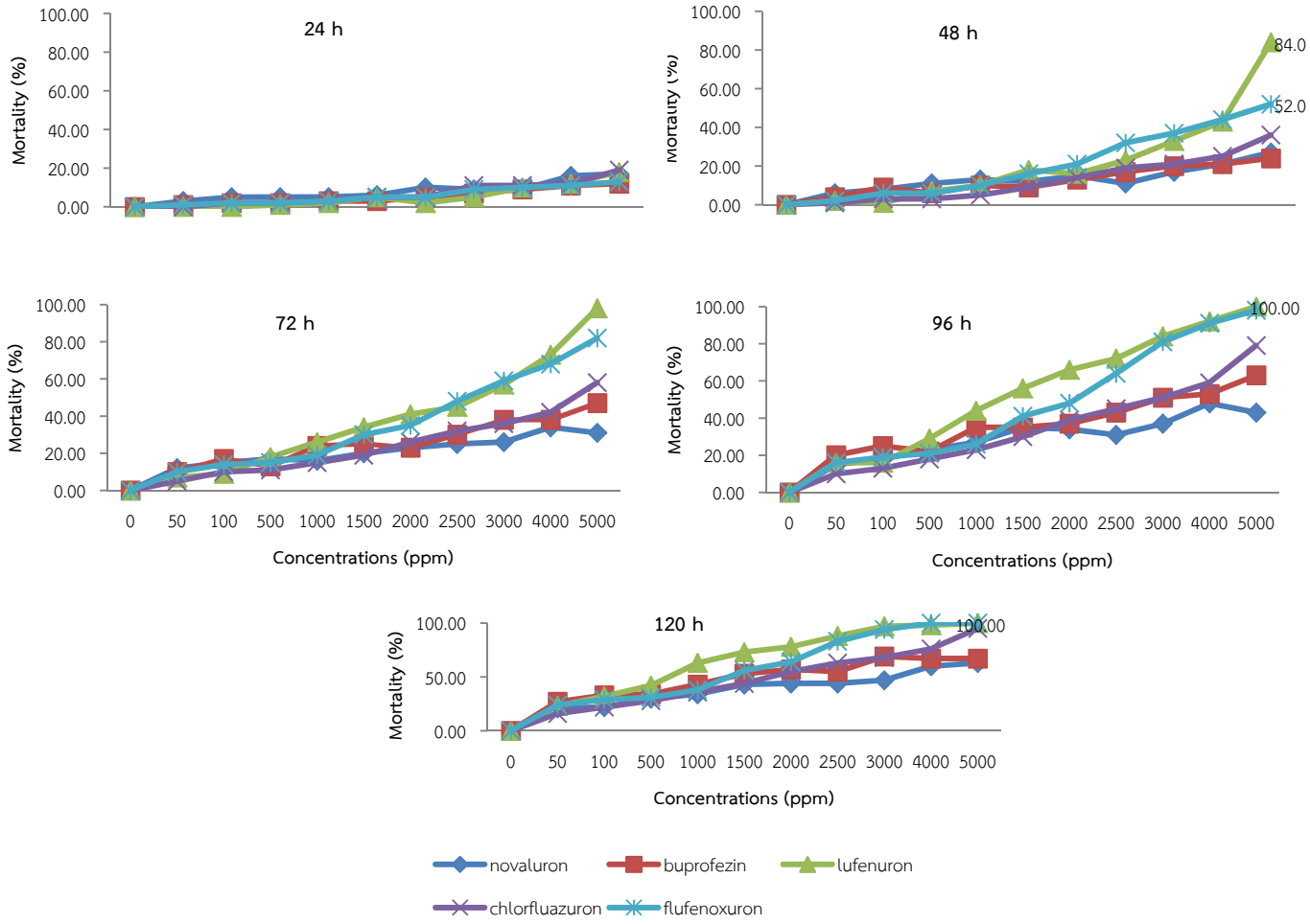
สารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs มีพิษต่อปลวกงาน *C. curvignathus* แบบกินตายแตกต่างกัน เมื่อพิจารณาจากค่าความเป็นพิษ (LC_{50}) ดังแสดงในตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า สาร lufenuron มีพิษต่อปลวกสูงสุดเนื่องจากมีค่า LC_{50} ต่ำสุด รองลงมาได้แก่สาร flufenoxuron chlorfluazuron buprofezin และ novaluron ตามลำดับ หากพิจารณาความเข้มข้นและระยะเวลาในการออกฤทธิ์ของสารที่ใช้ทดสอบพบว่า สารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs ออกฤทธิ์ช้า โดยพบปลวกตายน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ หลังจากที่ปลวกกินเหยื่อพิษของสารทดสอบเป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ภาพที่ 6) ที่เวลา 48 ชั่วโมงพบปลวกตายสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร lufenuron และ flufenoxuron ที่ความเข้มข้นสูงสุด 5,000 ppm ทำให้ปลวกตาย 84 และ 52 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และเมื่อเวลานานขึ้นส่งผลให้ปลวกตายมากขึ้น โดยสาร lufenuron ทำให้ปลวกตาย 100 เปอร์เซนต์ ที่เวลา 96 ชั่วโมง ส่วนสาร flufenoxuron ทำให้ปลวกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 120 ชั่วโมง ในขณะที่สารทดสอบชนิดอื่นๆ ไม่สามารถทำให้ปลวกตายได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ที่ทุกระดับความเข้มที่ใช้ทดสอบ (ภาพที่ 6) ดังนั้น สาร lufenuron และ flufenoxuron มีศักยภาพที่จะนำไปใช้เป็นเหยื่อพิษควบคุมปลวกชนิดนี้ได้

มีรายงานการศึกษาผลของสาร lufenuron ที่มีต่อปลวก *Coptotermes formosanus* Shiraki โดยให้ปลวกกินกระดาษกรองที่มีสารดังกล่าวที่ระดับความเข้มข้น 250, 500 และ 1,000 ppm เปรียบเทียบกับชุดควบคุมในห้องปฏิบัติการ หลังจากทดสอบเป็นเวลา 30-320 วัน ทำให้การอยู่รอด การเดิน การสร้างอุโมงค์ทางเดิน และการกินอาหารลดลงอย่างมีนัยสำคัญ (Wang *et al*., 2014) Gautam และ Henderson (2014) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของสารกลุ่ม IGRs 3 ชนิดได้แก่ lufenuron diflubenzuron และ noviflumuron โดยให้ปลวกชนิดดังกล่าวข้างต้นกินสารทดสอบ หลังจากนั้น 6 สัปดาห์พบว่า ปลวกที่กินสารทดสอบทั้งสามชนิดตายเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลวกที่ได้รับสาร lufenuron มีการตายสูงกว่าสารทดสอบอีก 2 ชนิด Lewis และ Forschler (2010) ได้ทดสอบผลของสารกลุ่ม IGRs 5 ชนิดที่มีต่อปริมาณของโปรโตซัวในลำไส้ส่วนหลัง (hind gut) ของปลวก *Reticulitermes flavipes* (Kollar) หลังทดสอบ 3 วันทำให้ปริมาณของโปรโตซัวในลำไส้ลดลงมากกว่า 30เปอร์เซ็นต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร lufenuron มีการลดลงมากกว่าสารชนิดอื่น ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองในครั้งนี้ที่สาร lufenuron มีพิษฆ่าปลวก *C. curvignathus* ได้ดีที่สุด

ตารางที่ 2 ค่า LC_{50} แบบกินตายของสารฆ่าแมลงกลุ่มยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลงชนิดต่างๆ ต่อปลวก *Coptotermes curvignathus* Holmgren เป็นเวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง

	LC_{50} (ppm)				
ชนิดของสารทดสอบ	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง
บูโปรเฟซิน	522,441.6	307,838.2	1,9041.6	4,137.4	830.6
คลอร์ฟลูอะซูรอน	66,314.0	17,038.5	8,053.7	2,846.2	1,054.3
ฟลูเฟนอกซูรอน	346,298.0	6,993.8	2,447.5	1,057.3	505.6
ลูเฟนูรอน	21,862.6	4,450.9	1,920.5	718.9	323.7
โนวาลูรอน	2093,899.7	767,467.5	21,5004.7	14,370.2	2,939.8

สารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs ไม่ออกฤทธิ์ฆ่าปลวกทันที แต่จะค่อยออกฤทธิ์ช้าๆ หลังจากกินสารเข้าไป ที่เวลา 24 ชั่วโมง พบการตายน้อยกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ของสารทดสอบทุกชนิด แต่หลังจาก 48 ชั่วโมง เปอร์เซ็นต์การตายเพิ่มสูงขึ้นอย่างเด่นชัด (ภาพที่ 6) โดยเฉพาะอย่างยิ่งสาร lufenuron พบปลวกตายมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเข้มข้นสูงสุดที่ใช้ทดสอบ (5,000 ppm) (ภาพที่ 6) นอกจากชนิดของสารที่ใช้ทดสอบแล้ว ความเข้มข้นที่สูงขึ้นส่งผลให้การตายของปลวกงาน *C. curvignathus* เพิ่มสูงขึ้น (ภาพที่ 6)



ภาพที่ 6 เปอร์เซ็นต์การตายของปลวกงาน *Coptotermes curvignathus* Holmgren หลังจากกินเหยื่อพิษของสาร novaluron, buprofezin, lufenuron, chlorfluazuron และ flufenoxuron ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง

2. ผลของสารสกัดจากพืชบางชนิดต่อการตายของปลวก *Coptotermes curvignathus* Holmgren

น้ำมันและสารสกัดหยาบจากพืชที่ใช้ทดสอบทั้ง 10 ชนิด มีพิษต่อปลวกงาน *C. curvignathus* แตกต่างกัน ขึ้นกับชนิดของพืชที่ใช้ทดสอบ ความเข้มข้น ระยะเวลาการได้รับสารพิษ ตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด และวิธีการเข้าสู่ลำตัวปลวกของสารทดสอบ หากพิจารณาค่า LC_{50} ที่เวลา 120 ชั่วโมง (ตารางที่ 3) กลุ่มพืชที่มีพิษสูง ได้แก่ สะเดาช้าง ดีปลี พริกไทย และไพล เนื่องจากมีค่า LC_{50} ค่อนข้างต่ำ หากพิจารณาความเข้มข้นที่ทำให้ปลวกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ที่เวลา 120 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันดีปลีมีประสิทธิภาพดีที่สุดโดยใช้ความเข้มข้น 2,000 ppm รองลงมาได้แก่ น้ำมันพริกไทย สะเดาช้าง และไพล โดยต้องใช้ความเข้มข้น 2,500 ppm, 3,000 ppm และ 10,000 ppm ตามลำดับ (ภาพที่ 7-10) กลุ่มที่มีพิษปานกลาง ได้แก่ ขิงและกานพลู และกลุ่มที่มีพิษต่ำ ได้แก่ กระทือ ข่า กระชาย และกระวาน การตายของปลวกเพิ่มสูงขึ้นตามความเข้มข้นและ

ระยะเวลาการได้รับสารพิษ (ภาพที่ 7-10) น้ำมันพืชทดสอบที่ได้จากการสกัดด้วยนอร์มอลเฮกเซนมีพิษสูงกว่าสารสกัดหยาบที่ได้จากเอทธานอลเป็นตัวทำละลาย และการได้รับสารทดสอบโดยการสัมผัสมีพิษสูงกว่าการได้รับสารโดยการกิน (ตารางที่ 3) ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าน้ำมันสะเดาช้างที่มีพิษสูงกับปลวก *C. curvignathus* ให้ผลใกล้เคียงกับการศึกษาของ Doolittle และคณะ (2007) ที่รายงานว่า สารสกัดจากสะเดาอินเดีย (*Azadirachta indica*) ที่ระดับความเข้มข้น 1 ppm สามารถลดประชากรของโปรโตซัว *Pseudotrichonympha grassii* ที่อยู่ในลำไส้ส่วนหลังของปลวก *Coptotermes formosanus* แล้วทำให้ปลวกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งโปรโตซัวดังกล่าวช่วยย่อยเซลลูโลสในลำไส้ของปลวก แต่อย่างไรก็ตาม น้ำมันสะเดาช้าง (*A. excelsa*) ออกฤทธิ์ฆ่าปลวกโดยการสัมตายดีกว่ากินตาย เนื่องจากมีค่า LC_{50} แบบสัมผัสตายเท่ากับ 110.8 ppm ต่ำกว่าแบบกินตายซึ่งมีค่าเท่ากับ 5,618.3 ppm (ตารางที่ 3) แสดงให้เห็นว่าปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อการตายของปลวก *C. curvignathus* ไม่ได้มีสาเหตุมาจากการลดประชากรของโปรโตซัวในลำไส้ปลวกแต่อย่างใด เนื่องจากการสัมผัสน้ำมันสะเดาช้างผ่านทางผนังลำตัวของปลวกไม่มีโอกาสเข้าสู่ลำไส้ส่วนหลังของปลวกได้

สารสกัดจากพริกไทยและดีปลีซึ่งอยู่ในสกุลเดียวกัน มีพิษสูงต่อปลวก *C. curvignathus* โดยมีค่า dermal LC_{50} เท่ากับ 121.9 ppm และ 120.2 ppm ตามลำดับ (ตารางที่ 3) ให้ผลสอดคล้องกับการศึกษาของ Chieng และ Assim (2008) โดยทดสอบน้ำมันที่สกัดได้จากใบพืช *Piper sarmentosum* ที่ระดับความเข้มข้น 10,000 ppm กับปลวก *Coptotermes* sp. สามารถฆ่าปลวกได้ 100 เปอร์เซ็นต์ ภายในเวลา 2 วัน ส่วนสารสกัดจากข่าที่ได้จากการทดลองในครั้งนี้จัดอยู่ในกลุ่มมีพิษต่ำ ซึ่งแตกต่างจากการศึกษาของ Abdullah และคณะ (2015) ที่พบว่า น้ำมันหอมระเหยจากข่าออกฤทธิ์ฆ่าปลวก *C. curvignathus* โดยการกินได้ดีเนื่องจากมีค่า oral LD_{50} ที่เวลา 72 ชั่วโมง เท่ากับ 3,456 มิลลิกรัม/กิโลกรัม ในขณะที่ค่า oral LC_{50} ที่เวลา 120 ชั่วโมงจากผลการศึกษาครั้งนี้ เท่ากับ 59,598.3 ppm (mg/Kg) (ตารางที่ 3) เป็นไปได้ว่าวิธีการสกัดน้ำมันจากข่าสดในการทดลองของ Abdullah และคณะ (2015) ส่งผลให้มีปริมาณสาร 1,8-cineol ซึ่งเป็นสารออกฤทธิ์หลักที่สำคัญที่พบในข่ามากกว่าการใช้ข่าที่นำไปตากแห้ง ก่อนนำมาสกัดน้ำมันในการศึกษาครั้งนี้ นอกจากนี้ Roszaini และคณะ (2013) ได้ทดสอบพิษของน้ำมันหอมระเหยจากไม้การบูร (*Cinnamomum camphora* (L.) Presl.) ใบตะไคร้หอม (*Cymbopogon nardus* Rendle) ใบ *Melaleuca cajuputi* และ *Dipterocarpus* sp. ต่อปลวก *C. curvignathus* พบว่าน้ำมันจากใบ *Dipterocarpus* sp. มีพิษสูงสุด โดยมีค่า dermal LC_{50} ที่ 24 ชั่วโมงเท่ากับ 16,000 ppm รองลงมาได้แก่น้ำมันตะไคร้หอม การบูร และ *Melaleuca cajuputi* โดยมีค่า dermal LC_{50} เท่ากับ 39,400, 41,400 และ 46,000 ppm ตามลำดับ

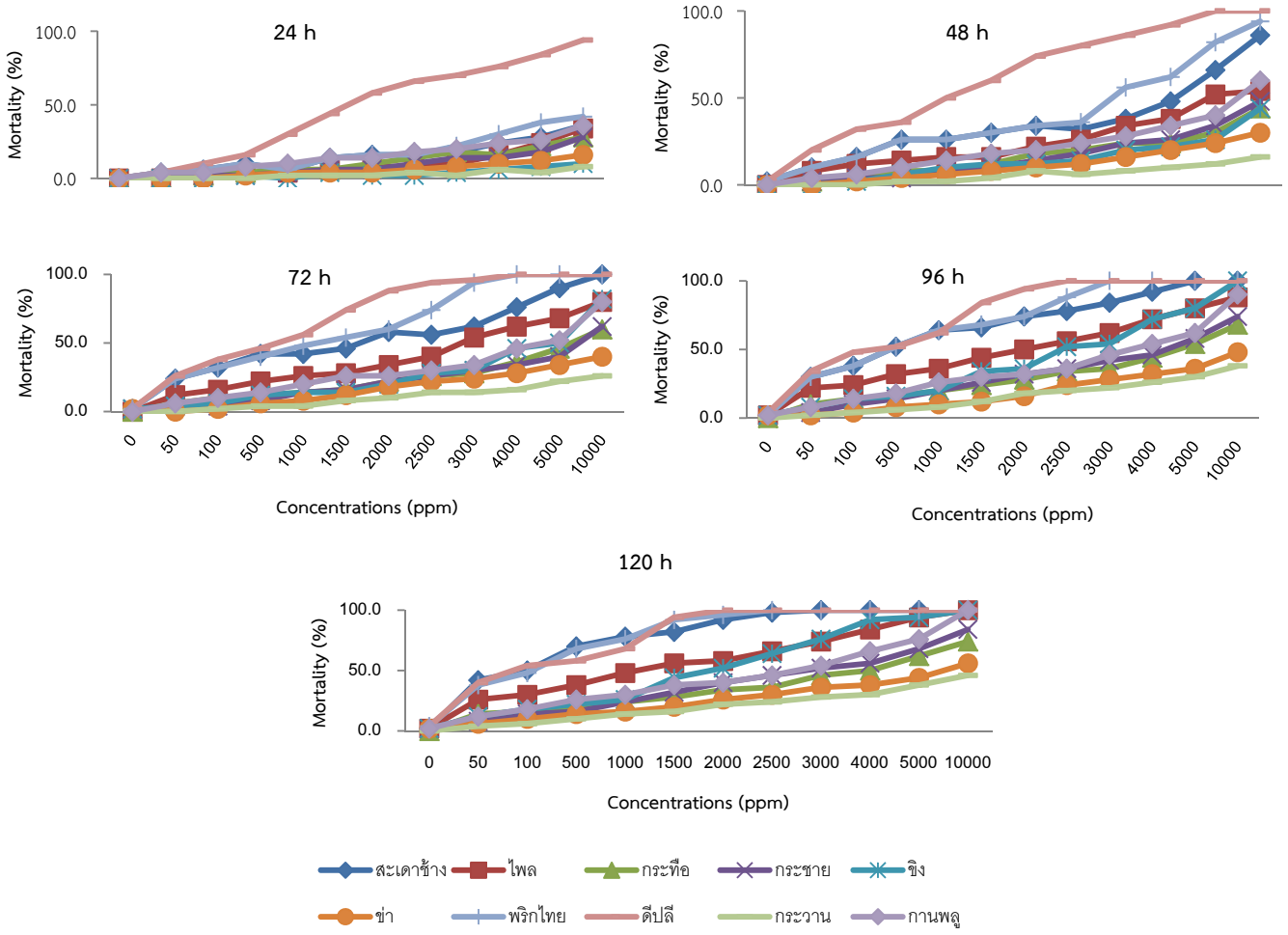
น้ำมันของพืชทดสอบซึ่งใช้นอร์มอลเฮกเซนเป็นตัวทำละลายในการสกัดของการศึกษาครั้งนี้ส่วนใหญ่มีพิษสูงกว่าสารสกัดหยาบที่ใช้เอทธานอลเป็นตัวทำละลายในการสกัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งการได้รับสารโดยการสัมผัสจะมีพิษที่สูงกกว่าการได้รับสารโดยการกิน ดังแสดงใน ตารางที่ 3 เป็นไปได้ว่าน้ำมันสามารถแทรกซึมผ่านผนังลำตัวของปลวกได้ดีกว่าสารสกัดหยาบ เนื่องจากน้ำมันสามารถละลายชั้นของไขมันที่เป็นองค์ประกอบของผนังลำตัวของแมลงซึ่งทำหน้าที่ป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายของแมลง ซึ่งการศึกษาของ Moein และ Farrag (2000) ที่สกัดสารจากพริกไทยด้วยตัวทำละลายที่แตกต่างกัน คือ เฮกเซน เอทธานอล และปิโตรเลียม อีเทอร์ แล้วทดสอบกับปลวก *Cryptotermes brevis* พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 5,000 ppm สารที่สกัดด้วยเฮกเซนทำให้ปลวก

ตายสูงสุด 50 เปอร์เซ็นต์ หลังจากทดสอบเป็นเวลา 2 วัน ส่วนสารที่สกัดด้วย เอทธานอล และ ปิโตรเลียม อีเทอร์ ทำให้ปลวกตาย 4.7 เปอร์เซ็นต์ และ 14.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งให้ผลสอดกล้องกับการทดลองครั้งนี้ที่น้ำมันพริกไทยที่สกัดด้วยเฮกเซนมีพิษต่อปลวก *C. curvignathus* สูงกว่าสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเอทธานอล โดยค่า LC_{50} ของน้ำมันพริกไทยแบบสัมผัสตายเท่ากับ 121.9 ppm ในขณะที่ค่าดังกล่าวของสารสกัดหยาบพริกไทยมีค่าเท่ากับ 7,670.3 ppm (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ Abdullah และคณะ (2015) รายงานว่า น้ำมันหอมระเหยจากข่าออกออกฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของปลวก *C. curvignathus* และ *C. gestroi* ได้ดีกว่าสารสกัดหยาบที่สกัดด้วยเมทธานอล

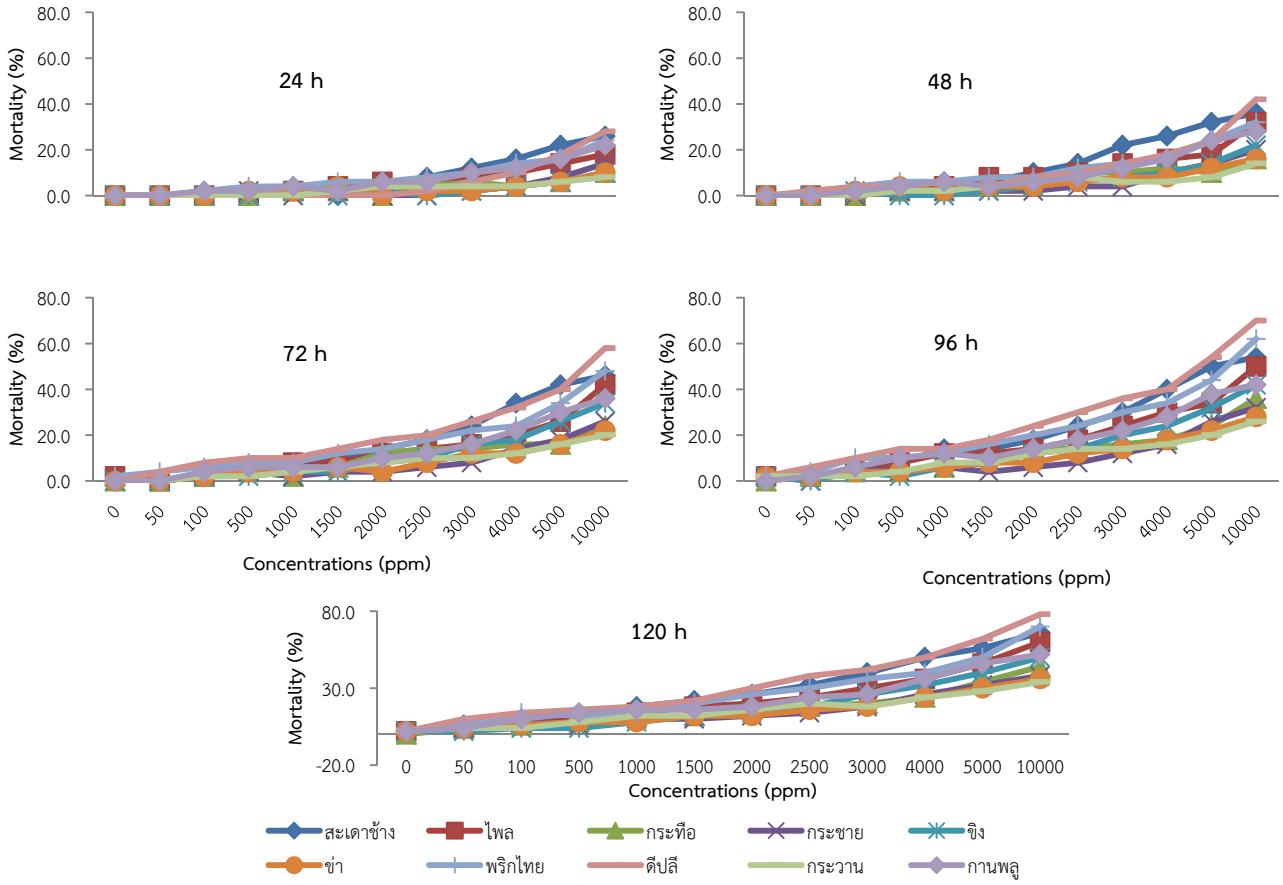
พืชส่วนใหญ่ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ออกฤทธิ์แบบสัมผัสตายดีกว่าแบบกินตาย ยกเว้นสารสกัดหยาบของไพล ข่า และกานพลูที่ออกฤทธิ์แบบกินตายดีกว่าแบบสัมผัสตาย (ตารางที่ 3) เป็นไปได้ว่าสารสกัดจากพืชที่ใช้ในการทดสอบทั้งส่วนที่เป็นน้ำมันและสารสกัดหยาบ ประกอบด้วยสารออกฤทธิ์มากกว่า 1 ชนิดซึ่งอาจจะออกฤทธิ์ขับไล่แมลง (repellent) หรือยับยั้งการกินของแมลง (antifeedant) ทำให้ปลวกกินอาหารที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากพืชทดสอบดังกล่าวลดน้อยลง ซึ่งเหตุผลดังกล่าวมีความเป็นได้เนื่องจากมีรายงานว่าน้ำมันเมล็ดสะเดาอินเดียออกฤทธิ์ยับยั้งการกินอาหารของปลวก *Reticulitermes speratus* (Serit *et al*., 1992) ในขณะที่น้ำมันกานพลูออกฤทธิ์ขับไล่ปลวก *Coptotermes formosanus* (Chen *et al*., 2002)

ตารางที่ 3 ค่า LC_{50} แบบสัมผัสตายและกินตายของน้ำมันและสารสกัดหยาบจากพืชชนิดต่างๆ ต่อปลวกงาน *Coptotermes curvignathus* Holmgren ที่เวลา 120 ชั่วโมง

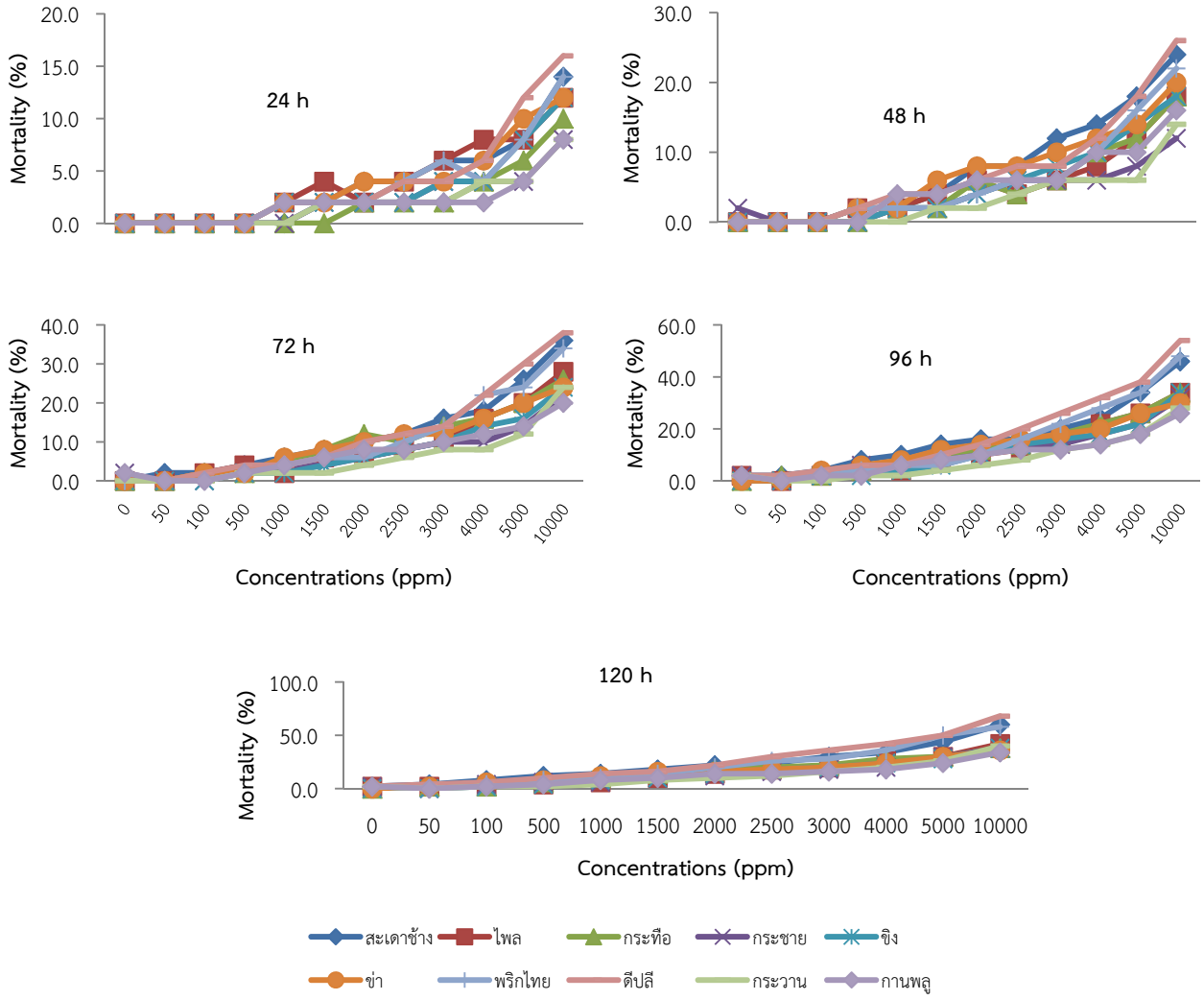
	LC_{50} (ppm)			
	สัมผัสตาย		กินตาย	
ชนิดของพืช	น้ำมัน	สารสกัดหยาบ	น้ำมัน	สารสกัดหยาบ
สะเดาช้าง	110.8	10,859.9	5,618.3	23,860.6
ไพล	566.8	19,465.3	9,709.9	18,731.8
กระทือ	4,198.6	21,836.6	31,807.9	63,962.4
กระชาย	2,677.9	26,444.3	56,236.5	43,402.5
ขิง	1,051.1	19,302.4	12,782.6	25,031.7
ข่า	10,604.9	41,226.0	59,598.3	31,675.2
พริกไทย	121.9	7,670.3	7,507.6	12,630.6
ดีปลี	120.2	6,654.0	4,382.6	12,032.4
กระวาน	18,021.4	18,794.2	53,836.4	27,224.7
กานพลู	1,743.0	30,458.3	14,846.4	29,288.7



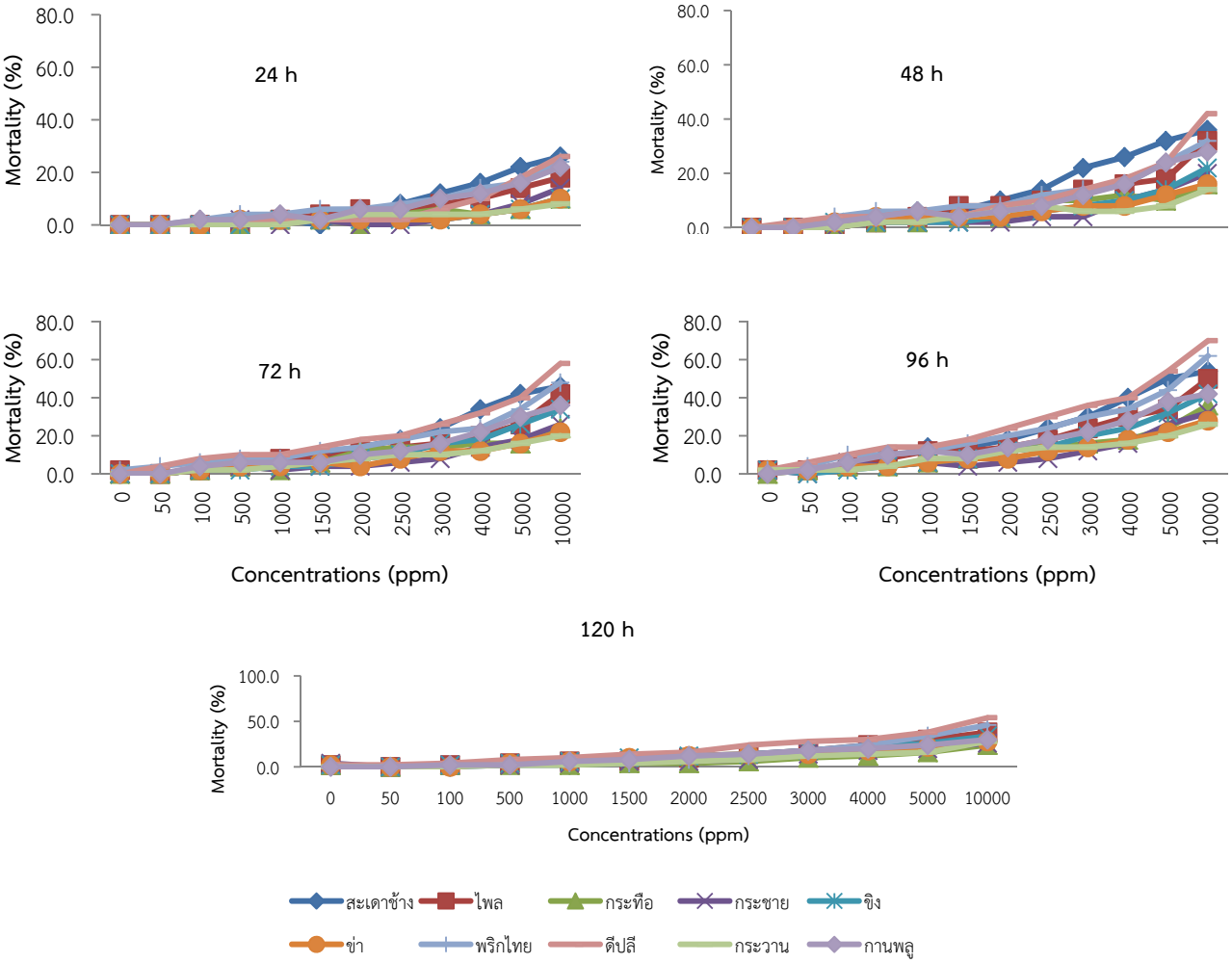
ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์การตายของปลวกงาน *Coptotermes curvignathus* Holmgren หลังสัมผัสน้ำมันจากพืชที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง



ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์การตายของปลวกงาน *Coptotermes curvignathus* Holmgren หลังกินเหยื่อพิษของน้ำมันจากพืช ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์การตายของปลวกงาน *Coptotermes curvignathus* Holmgren หลังสัมผัสสารสกัดหยาบจากพืช ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง



ภาพที่ 10 เปอร์เซ็นต์การตายของปลวกงาน *Coptotermes curvignathus* Holmgren หลังกินเหยื่อพิษของสารสกัดหยาบจากพืช ที่ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 24 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง

3. การถ่ายทอดความเป็นพิษโดยปลวกงานของสารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs และสารสกัดจากพืชบางชนิด

จากการทดสอบความสามารถในการถ่ายทอดพิษในรูปเหยื่อพิษของสารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs 2 ชนิด และสารสกัดจากพืช 3 ชนิด ที่ฆ่าปลวกงาน *C. curvignathus* ได้ดีจากการทดสอบเบื้องต้น เปรียบเทียบสารฆ่าแมลงฟิโปรนิลและชุดควบคุม พบว่า เปอร์เซ็นต์การตายของปลวกระหว่างทรีทเมนต์ต่างๆ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P<0.01$) ดังแสดงในตารางที่ 4 ที่เวลา 24 ชั่วโมง สารฟิโปรนิล น้ำมันสะเดาช้าง และน้ำมันดีปลี ทำให้ปลวกตายสูงกว่าสารทดสอบอื่นๆ และเปอร์เซ็นต์การตายเพิ่มสูงขึ้นหลังจากปลวกได้รับสารนานขึ้นเป็น 48 72 96 และ 120 ชั่วโมง ตามลำดับ และเมื่อสิ้นสุดการทดสอบที่เวลา 120 ชั่วโมง พบว่า น้ำมันดีปลี ออกฤทธิ์ฆ่าปลวกได้ดีที่สุด และปลวกสามารถถ่ายทอดสารทดสอบไปยังปลวกตัวอื่นได้ จึงส่งผลให้ปลวกตัวอื่นตาย 30 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ สารฟิโปรนิล สามารถออกฤทธิ์ควบคุมปลวกได้ 26 เปอร์เซ็นต์ ส่วนน้ำมันสะเดาช้าง น้ำมันพริกไทย สารลูเฟนนูรอน และสารฟลูเฟนนอกซูรอน สามารถออกฤทธิ์ฆ่าปลวกได้ 24 22 18 และ 14 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

จากการทดลอง พบว่า สารสกัดจากดีปลีสามารถควบคุมปลวกได้ดีว่าสารทดสอบชนิดอื่นๆ แต่ต้องใช้ระยะเวลานานเนื่องจากพืชในวงศ์ Piperaceae มีสารประกอบ piperamide ซึ่งเป็นสารที่สามารถใช้ในการควบคุมแมลงขนาดเล็ก และสามารถลดการพัฒนาการต้านทานลงได้เมื่อนำไปผสมกับสารเพิ่มประสิทธิภาพ หรือผสมกับสารฆ่าแมลงจากธรรมชาติชนิดอื่น เช่น ไพรีทรัม (pyrethrum) (Scott *et al*., 2008)

จากการศึกษาความสามารถในการถ่ายทอดพิษของปลวก *C. curvignathus* พบว่า ปลวกสามารถถ่ายทอดสารเคมีไปยังปลวกตัวอื่นๆ ได้ ซึ่งสอดคล้องกับขอมูลของ รุ่งทิพย์ (2556) ที่รายงานว่าปลวกงานมีหน้าที่หาอาหารมาเลี้ยงปลวกอื่นๆ ในรัง แต่ด้วยความที่ปลวกไม่มีตา ดังนั้น ปลวกจะใช้ประสาทสัมผัสที่รับกลิ่นและรับแรงสั่นสะเทือน ซึ่งตั้งอยู่บริเวณที่หัวและท้อง ปลวกจะใช้วิธีการสื่อสาร โดยมีพฤติกรรมเขี่ยอยู่สองอย่าง คือ เขี่ยปาก (stomodeal feeding) โดยการเลียสัมผัสกันตลอดเวลากับวรรณะอื่นๆ จึงสามารถถ่ายทอดอาหารจากตัวหนึ่งไปอีกตัวหนึ่งได้ บางคนเรียกว่าพฤติกรรมเลียแต่ปลวกไม่มีลิ้นจึงเรียกพฤติกรรมเขี่ย ปลวกมีส่วนของหนวดกระตุ้นฝ่ายตรงข้าม และเอาปากตัวเองไปจ่อที่ปากฝ่ายตรงข้ามเพื่อรับอาหารจากปากของอีกฝ่าย และพฤติกรรมนี้ยังมีผลต่อปรากฏการณ์ในด้านอื่นของสังคมเพื่อสื่อสารกัน

ตารางที่ 4 เปอร์เซ็นต์การตายของปลวก *C. curvignathus* Holmgren หลังได้รับสารทดสอบชนิดต่างๆ ที่ความเข้มข้นต่างๆ ที่เวลา 24 48 72 96 และ120 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการ

สารทดสอบ	เปอร์เซ็นต์การตายของปลวก (Means±S.D.)[1/]				
	24 ชั่วโมง	48 ชั่วโมง	72 ชั่วโมง	96 ชั่วโมง	120 ชั่วโมง
ชุดควบคุม	0.0±0.0[a2/]	0.0±0.0[a]	2.0±0.5[a]	2.0±0.5[a]	2.0±0.5[a]
ฟิโปรนิล	10.0±1.5[bc]	10.0±1.5[bc]	14.0±2.2[bc]	24.0±3.8[c]	26.0±4.0[cd]
ลูเฟนนูรอน	6.0±1.0[ab]	10.0±1.6[bc]	12.0±2.0[b]	16.0±2.5[bc]	18.0±2.8[bc]
ฟลูเฟนนอกซูรอน	4.0±0.8[ab]	6.0±1.0[b]	10.0±1.6[ab]	12.0±1.9[32b]	14.0±2.2[b]
น้ำมันสะเดาช้าง	10.0±1.6[bc]	14.0±2.2[cd]	18.0±2.8[bc]	22.0±3.4[bc]	24.0±3.7[cd]
น้ำมันดีปลี	12.0±1.9[c]	18.0±2.8[d]	22.0±3.4[c]	26.0±3.9[c]	30.0±4.6[d]
น้ำมันพริกไทย	6.0±1.0[ab]	10.0±1.5[bc]	16.0±2.5[bc]	18.0±2.8[bc]	22.0±3.4[bcd]
F-test	**	**	**	**	**
CV.	1.4	1.2	1.8	2.1	1.9

[1/] เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยจากการทดสอบ 5 ซ้ำ

[2/] ตัวเลขในสดมภ์ที่กำกับด้วยตัวอักษรแตกต่างกัน แสดงว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติที่ระดับ 95% ($P<0.05$) จากการเปรียบเทียบโดยวิธี DMRT

** มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ

สรุป

จากผลการศึกษาประสิทธิภาพของสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง ต่อการควบคุมปลวก *C. curvignathus* โดยให้ปลวกได้รับสารฆ่าแมลงกลุ่ม IGRs 5 ชนิด พบว่า สารลูเฟนนูรอน และ สารฟลูเฟนนอกซูรอน ออกฤทธิ์ควบคุมปลวก *C. curvignathus* ได้ดีที่สุด ส่งผลให้ปลวกตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ถึงแม้ว่าต้องใช้ระยะเวลานาน 4-5 วัน ส่วนการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากพืชบางชนิดต่อการควบคุมปลวกชนิดดังกล่าว โดยทดสอบความเป็นพิษแบบกินตาย และแบบสัมผัสตาย ของน้ำมัน และสารสกัดหยาบจากพืชชนิดต่างๆ นั้น สารสกัดจากพืชออกฤทธิ์แบบสัมผัสตายดีกว่าแบบกินตาย และการสกัดด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน มีพิษสูงกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอล โดยน้ำมันดีปลีที่สกัดด้วยตัวทำละลายนอร์มอลเฮกเซน ออกฤทธิ์สัมผัสตายได้ดีที่สุด รองลงมา ได้แก่น้ำมันพริกไทย และน้ำมันสะเดาช้าง ตามลำดับ ส่วนการศึกษาความสามารถในการถ่ายทอดสารพิษของปลวกงานไปสู่ปลวกงานตัวอื่นนั้น ปลวกงานที่ได้รับเหยื่อพิษของสารทดสอบสามารถถ่ายทอดสารพิษไปยังปลวกงานปกติได้ โดยปลวกงานที่ได้รับเหยื่อพิษจากน้ำมันดีปลี สามารถถ่ายทอดความเป็นพิษไปสู่ปลวกงานปกติได้สูงสุด เนื่องจากพบปลวกงานตายสูงสุดรองลงมา ได้แก่ เหยื่อพิษจาก สารฟิโปรนิล น้ำมันสะเดาช้าง น้ำมันพริกไทย สารลูเฟนนูรอน และสารฟลูเฟนนอกซูรอน ตามลำดับ

สรุปได้ว่าสารยับยั้งการเจริญเติบโตของแมลง 2 ชนิด ได้แก่ สารลูเฟนนูรอน และ สารฟลูเฟนนอกซูรอน และน้ำมันดีปลี น้ำมันพริกไทย และน้ำมันสะเดาช้าง มีความเป็นไปได้ที่จะนำมาพัฒนาเพื่อใช้ควบคุมปลวก *C. curvignathus* ต่อไป และน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการควบคุมปลวกชนิดนี้ เพื่อทดแทนการใช้สารเคมีสังเคราะห์กลุ่มอื่น แต่อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษา

เพิ่มเติมเกี่ยวกับประสิทธิภาพในการใช้งานในสภาพแปลงทดลองของสารดังกล่าว เพื่อเป็นแนวทางการใช้สารดังกล่าวให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อไปในอนาคต

เอกสารอ้างอิง

นันทวัน บุณยประภัศร, อังคณา หิรัญสาลี, ยุพาพร สรนุวัตร พจวรรณ ลาวัณย์ประเสริฐ สุวรรณ ธีระวรพันธ์ อโนชา อุทัยพัฒน์ วิสุดา สุวิทยาวัฒน์ สิริมา สอนเล็ก เบ็ญจวรรณ คฤหพัฒนา กฤษณา ชายกวด ศานติ ฉันทตุลย์ และวีรญา เรืองสวัสดิ์. 2546. รายงานการวจัย การพัฒนายากำจัดปลวกจากวัสดุเหลือใช้: พริกไทยเบา (*Piper nigrum* L.).

ปัทมา ชนะสงคราม. 2533. ปลวกทำลายต้นยางสด. ว. ยางพารา. 31: 28-31.

รุ่งทิพย์ สุขกำเนิด. 2556. รู้..สู้..ปลวก..สยบได้โดยไม่ต้องรบ. ออนไลน์. สืบค้นจาก http://tonkidthipdhama.blogspot.com/2013/01/blog-post.html.

สถาบันวิจัยยาง. 2549. ข้อมูลวิชาการยางพารา 2549. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร.กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สุทัศน์ สุบินประเสริฐ. 2535. ชนิด ปริมาณ ลักษณะการเข้าทำลายของศัตรูธรรมชาติของปลวกในสวนยางพารา. ปัตตานี : คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

สุรพล วิเศษสรรค์. 2548. สมุนไพรกำจัดปลวกชนิดน้ำ เทอร์มิน่าออยล์. (ออนไลน์). สืบค้นจาก www.powerpestgroup.com. (สืบค้นเมื่อ 2 มกราคม 2551).

Abdullah, F., Subramanian, P., Ibrahim, H. H., Malek, S. N. A., Lee, G. S. and Hong, S. L. 2015. Chemical composition, antifeedant, repellent, and toxicity activities of the rhizomes of galangal, *Alpinia galanga* against Asian subterranean termites, *Coptotermes gestroi* and *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermitidae). J. Insect Sci. 15: 1-7.

Ahmad, M. 1965. Termite (Isopteran of Thailand). Bull. Am. Mus. Nat. Hist.131: 1-113.

Chen, F., Zhu, B.R.C., Henderson, G., Fei, H., Laine, R. and Wang, X. 2002. Termiticidal activity of essential oils against the formosan subterranean termite. Abstracts of Papers, 224th ACS National Meeting, Boston, MA, United States, August 18–22.

Ding, W. and Xing, P.H. 2010. Antitermitic effect of the *Lantana camara* plant on subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). Insect Sci. 17: 427–433.

Doolittle, M., Raina, A., Lax, A. and Boopathy, R. 2007. Effect of natural products on gut microbes in Formosan subterranean termite, *Coptotermes formosanus*. Int. Biodeterior. Biodegradation. 59: 69–71.

Gautam, B. K. and Henderson, G. 2014. Comparative evaluation of three chitin synthesis inhibitor termite baits using multiple bioassay designs. Sociobiol. 61: 82-87.

Holmgren, N. 1913. Termitenstudien. 4. Versuch einer systematischen Monographie der Termiten der orientalischen Region. Kungliga Svenska vetenskapsakademiens handlingar. 50:1-276.

Khan, S. M. and Siddiqui, M. 1994. Assessment of some indigenous plants for their repellency against stored grain *Tribolium castenteum* (Herbst.). Gomal Univ. J. Res. 14: 31 – 37.

Kirton, L.G., Brown, V.K. and Azmi, M. 1999. The pest status of the termite *Coptotermes curvignathus* in *Acacia mangium* plantations: incidence, mode of attack and inherent predisposing factors. J. Tropic. Forest Sci. 11: 822-831.

Kirton, L.G. and Wong, A.H.H. 2001. The economic importance and control of termite infestations in relation to plantation forestry and wood preservation in Peninsular Malaysia - An overview. Sociobiol. 37:325-349.

Lewis, J. L. and Forschler, B.T. 2010. Impact of five commercial baits containing chitin synthesis inhibitors on the protist community in *Reticulitermes flavipes* (Isoptera: Rhinotermitidae). Environ. Entomol. 39: 98-104.

Lim, K.H. and Bit, S. 2001. Termite infestation on oil palms planted on deep peat in Sarawak: Tradewinds experience. Cutting-edge technologies for sustained competitiveness: Proceedings of the 2001 PIPOC International Palm Oil Congress, Agriculture Conference, Kuala Lumpur, Malaysia, 20-22 August 2001, 355-368; 11 ref.

Mariau, D., Renoux, J. and Chenon, R.D. 1992. *Coptotermes curvignathus* Holmgren Rhinotermitidae, the main pest of coconut planted on peat in Sumatra. Oleagineux (Paris), 47:561-568.

Moein, S.I. and Farrag, R.M. 2000. Susceptibility of the dry-wood termite *Cryptotermes brevis* Walker to the black pepper extracts. Egyptian J. Agric. Res. 78: 1135-1140.

Morimoto, K. 1973. Termite from Thailand. Bulletin of the Government Forest Experiment Station No. 257: 57-80.

Nilanjana, D. and Chattopadhyay, R. N. 2003. Control of termites through application of some phyto-extracts – a new approach in forestry. Indian Forester. 129: 1538-1540.

Owusu, E.O., Akutse, K.S. and Afreh-Nuamah, K. 2008. Effect of some traditional plant components on the control of termites, *Macrotermes* spp. (Isoptera:termitidae). Sci. Eng. Series. 9: 82-89.

Roszaini, K., Nor Azah, M.A., Mailina, J., Zaini, S. and Mohammad Faridz, Z. 2013. Toxicity and antitermite activity of the essential oils from *Cinnamomum camphora*, *Cymbopogon nardus, Melaleuca cajuputi* and *Dipterocarpus* sp. against *Coptotermes curvignathus.* Wood Sci. Technol. 47: 1273-128.

Sajap, A.S. and Aloysius, F. 2000. Effects of leaf extracts of *Azadirachta excelsa* on *Coptotermes curvignathus* (Isoptera: Rhinotermidae). Sociobiol. 36: 497–503.

Scott, I.M., Jensen, H.R., Philogène, B.J.R. and Arnason, J.T. 2008. A review of *Piper* spp. (Piperaceae) phytochemistry, insecticidal activity and mode of action. Phytochem. Rev. 7: 65-75.

Serit, M., Ishida, M., Nakata, K., Kim, M. and Takahashi, S. 1992. Antifeedency potency of neem (*Azadirachta indica*) extractives and limonoids against termite (*Reticulitermes speratus*). J. Pestic. Sci. 17: 267–273.

Su, N.Y. and Scheffrahn, R.H. 1996. Comparative effects of two chitin synthesis inhibitors, hexaflumuron and lufenuron, in a bait matrix against subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). J. Economic. Entom. 89: 1156-1160.

Tellez, M., R. Estell, E. D. Fredrickson, J. Powell, D. Wedge, K. Schrader, and M. Kobaisy. 2001. Extracts of *Flourensia cernua* (L.): volatile constituents and antifungal, antialgal and antitermite bioactivities. J. Chem. Ecol. 27: 2263–2273.

Tho, Y.P. and Kirton, L.G. 1992. The economic significance of *Coptotermes* termites in Malaysian forestry. Proceedings of the 3rd International Conference on Plant Protection in the Tropics (edited by Ooi, P. A. C.; Lim, G. S.; Teng, P. S.) Kuala Lumpur, Malaysia; Malaysian Plant Protection Society, No. 4:193-199.

Wang, C., Henderson, G., Gautam, B.K. and Chen, X. 2014. Lethal and sublethal effects of lufenuron on the Formosan subterranean termite (Isoptera: Rhinotermitidae). J. Econ. Entomol. 107:1573-81.

Watson, J.A.L. and Gay, F.J. 1970. Isoptera (*Termite*). In the insects of Australia. A textbook for Students and Research Workers Volume II. Melbourne: Melbourne University Press. pp. 330-347.