



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (วนศาสตร์)
ปริญญา

วนผลิตภัณฑ์	วนผลิตภัณฑ์
สาขา	ภาควิชา
เรื่อง	ประสิทธิภาพและวิธีการป้องกันไม้อย่างพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน โดยใช้สารประกอบโบรอน
	Efficiency and Protection Methods against Subterranean Termites Damaging Rubberwood (<i>Hevea brasiliensis</i> Muell. Arg.) Using Boron Compounds
نامผู้วิจัย	นายเอกพงศ์ เพชรอาวุธ
ได้พิจารณาเห็นชอบโดย	
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	(ร่องศาสตราจารย์ธีระ วัฒน, Dr.Agr.)
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	(ร่องศาสตราจารย์ทรงกลด จารุสมบัติ, M.S.)
หัวหน้าภาควิชา	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สาวิตรี พิสุทธิพิเชฏฐ์, D.Tech.Sci)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(ร่องศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

ประสิทธิภาพและวิธีการป้องกันไม้ยางพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน
โดยใช้สารประกอบโบรอน

Efficiency and Protection Methods against Subterranean Termites Damaging Rubberwood
(*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) Using Boron Compounds

โดย

นายเอกพงศ์ เพชรอาวุธ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์)
พ.ศ. 2555

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกพงศ์ เพชรอาวุธ 2555: ประสิทธิภาพและวิธีการป้องกันไ้มยางพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินโดยใช้สารประกอบโบรอน ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วนศาสตร์) สาขาวนผลิตภัณฑ์ ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: รองศาสตราจารย์ธีระ วิณิน, Dr.Agr. 59 หน้า

จากการศึกษาประสิทธิภาพและวิธีการป้องกันไ้มยางพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินด้วยสารประกอบโบรอน โดยแบ่งไ้มยางพารานขนาด $5 \times 10 \times 2.5$ เซนติเมตร ออกเป็น 2 ชุด ชุดแรก ทำการอัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนให้มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไ้มเฉลี่ยร้อยละ 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 ชุดที่สอง ทำการทาด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 จากนั้นนำไ้มทดลองทั้งหมดไปทำการทดลองกับปลวกใต้ดินในแปลงทดลองที่ปราศจากการชะล้างของน้ำเป็นเวลา 6 เดือน และ 12 เดือน ผลการทดลองพบว่า ในระยะเวลา 6 เดือน ไ้มทดลองอาบน้ำยาและไ้มทดลองเปรียบเทียบมีความเสียหายพื้นที่ผิวจากการทำลายของปลวกใต้ดินน้อย ส่วนระยะเวลา 12 เดือน ไ้มยางพาราที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไ้มเฉลี่ยร้อยละ 1.6 มีพื้นที่ผิวเสียหายน้อยที่สุดเฉลี่ยร้อยละ 2 อย่างไรก็ตาม ค่าความเสียหายพื้นที่ผิวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับไ้มยางพาราที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไ้มเฉลี่ยร้อยละ 1.4 และไ้มยางพาราที่ทาด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งมีความเสียหายพื้นที่ผิวเฉลี่ยร้อยละ 4

จากการนำไ้มยางพาราที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนที่มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไ้มเฉลี่ยร้อยละ 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 ไปตรวจหาปริมาณสารประกอบโบรอนในเนื้อไ้มในห้องปฏิบัติการ ผลปรากฏว่ามีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไ้มเฉลี่ยร้อยละ 0.913, 0.920, 1.043, 1.193 และ 1.727 ตามลำดับ

จากการศึกษาการตรวจหาอัตราการแทรกซึมของสารประกอบโบรอนในเนื้อไ้มด้วยสารละลาย Turmeric และสารละลาย Salicylic acid ผลปรากฏว่า ไ้มยางพาราที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนทั้งหมดมีอัตราการแทรกซึมของสารประกอบโบรอนเต็มพื้นที่หน้าตัดของไ้มขณะที่ไ้มยางพาราที่ทาด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 มีอัตราการแทรกซึมของสารประกอบโบรอนเฉลี่ยร้อยละ 69.33, 79.13 และ 58.47 ตามลำดับ

Ekkapong Phetarwut 2012: Efficiency and Protection Methods against Subterranean Termites Damaging Rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) Using Boron Compounds. Master of Science (Forestry), Major Field: Forest Products, Department of Forest Products. Thesis Advisor: Associate Professor Teera Veenin, Dr.Agr. 59 pages.

Study on efficiency and protection methods against subterranean termites damaging rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) using boron compounds. Rubberwood sized 5×10×2.5 centimeter were divided into 2 parts. The first parts were impregnated with boron compound. The rates of average boric acid equivalent (BAE) retention were 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 and 1.6%. The second parts were brushed with mixture of Bora-care and water at ratio of 1:1, 1:2 and 1:3. Both tested wood samples were exposed to subterranean termites for 6 months and 12 months in field condition without leaching. The result of all treated samples and control after 6 month experiment showed a little damage on surface area. After 12 month, the rubberwood treated with 1.6%BAE showed the lowest lose surface area (2%). However, there were no significantly differences with the rubberwood treated with 1.4%BAE (4%) and rubberwood brushed with mixture of Bora-care and water at ratio 1:1 (4%)

Then the amount of boron in rubberwood impregnated with boron compound at average BAE 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 and 1.6% were analyzed in laboratory. The results of average BAE were 0.913, 0.920, 1.043, 1.193 and 1.727%, respectively.

Studies on penetration of boron in all treated rubberwood were determined with Turmeric solution and Salicylic acid solution. The results showed that all rubberwood impregnated with boron compound had full penetration along cross section area while penetration percentage of rubberwood brushed with mixture of Bora-care and water at ratio of 1:1, 1:2 and 1:3 were 69.33, 79.13 and 58.47%, respectively

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ต้องขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระ วิณิน อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และ รองศาสตราจารย์ทรงกลด จารุสมบัติ อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำแนะนำในการศึกษา การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจสอบแก้ไข วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณ เจ้าหน้าที่และพนักงาน ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ คุณขวัญชัย เจริญกรุง หัวหน้างานศูนย์ข้อมูลวิจัยด้านป่าไม้ กลุ่มงานพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยี สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดราชบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่ให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ตลอดจนให้คำแนะนำงานการทดลองสำเร็จไปด้วยดี

ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และคุณศศิวิมล รมณารักษ์ ผู้ซึ่งให้กำลังใจ และคอยสนับสนุนในการศึกษาของข้าพเจ้าโดยตลอดมา สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณท่าน อาจารย์ทุก ๆ ท่านที่ได้เคยอบรมสั่งสอนและถ่ายทอดความรู้จนประสบความสำเร็จในการศึกษา

เอกพงศ์ เพชรอาวุธ
กรกฎาคม 2555

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(6)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	20
อุปกรณ์	20
วิธีการ	22
ผลและวิจารณ์	36
ผล	36
วิจารณ์	48
สรุปและข้อเสนอแนะ	49
สรุป	49
ข้อเสนอแนะ	50
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	51
ภาคผนวก	55
ประวัติการศึกษา และการทำงาน	59

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายของไม้ทดลองในระยะเวลา 6 เดือน หลังการทดลองในสภาพธรรมชาติที่ปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ	37
2	ค่าเฉลี่ยพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายของไม้ทดลองในระยะเวลา 12 เดือน หลังการทดลองในสภาพธรรมชาติที่ปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ	38
3	แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ของค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวไม้ทดลองอาบน้ำยาสารประกอบ โบรอนและสารบอราแคร์ ในสภาพธรรมชาติโดยปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 12 เดือน ($P \leq 0.01$)	40
4	ผลการทดลองการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารโบรอนในเนื้อไม้	44
5	ค่าเฉลี่ยของอัตราการแทรกซึมของตัวสารประกอบโบรอนและสารบอราแคร์	45
6	การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ของค่าเฉลี่ยของอัตราการแทรกซึมของของตัวยาในไม้ทดลองอาบตัวยา สารประกอบโบรอนและสารบอราแคร์	46
ตารางผนวกที่		
1	วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลอัตราความเสียหายของไม้ทดลองอาบตัวยา สารประกอบโบรอนและสารบอราแคร์ จากการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้างของน้ำเป็นระยะเวลา 6 เดือน	56
2	วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลอัตราความเสียหายของไม้ทดลองอาบตัวยา สารประกอบโบรอนและสารบอราแคร์ จากการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้างของน้ำเป็นระยะเวลา 12 เดือน	56
3	วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลอัตราความเสียหายของวิธีการอัดน้ำยา สารประกอบโบรอนและวิธีการทาสารบอราแคร์	37

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
4	วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ (ระดับนัยสำคัญ 0.01)	57
5	วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลอัตราการแทรกซึมของของตัวยาใน ไม้ทดลองอาบตัวยาสารประกอบโบรอนและสารบอราแคร์	58

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	วงจรชีวิตของปลวก	9
2	แสดงชิ้นไม้ทดลองยางพารา	27
3	แสดงพื้นที่ที่ใช้การทดสอบ (1) และการทดสอบประสิทธิภาพของสารประกอบ โบรอนและสารบอราแคร์ในการป้องกันปลวกภายใต้สภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้าง (2)	28
4	แสดงการตรวจวัดพื้นที่ผิวไม้ทดลองที่ถูกทำลาย โดยใช้ dot grid นับพื้นที่ผิว ที่ถูกทำลายภายหลังการทดลอง	29
5	การเตรียมตัวอย่างไม้ในการทดลองหาสาร โบรอนในเนื้อไม้	32
6	แสดงการสกัดสารประกอบโบรอนจากเนื้อไม้	32
7	แสดงลักษณะสีของสารละลาย Turmeric (A) และสารละลาย Salicylic (B)	34
8	แสดงให้เห็นว่าเมื่อหยดสารละลาย Turmeric (A) แล้วผิวไม้ทดลองจะเป็นสีเหลือง (1) และเมื่อหยดสารละลาย Salicylic (B) แล้วผิวไม้ทดลองจะเป็นสีแดงสด ในบริเวณที่มีสารประกอบโบรอนแทรกซึม (2)	35
9	แสดงสภาพไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ (Control) และไม้ทดลองที่อัดด้วย สารประกอบโบรอน ภายหลังการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจาก การชะล้างด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 6 เดือน	41
10	แสดงสภาพไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ (Control) และไม้ทดลองที่อัดด้วย สารประกอบโบรอนภายหลังการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจาก การชะล้างด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 1 ปี	41
11	แสดงสภาพไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ (Control) และไม้ทดลองที่ทำด้วยสาร บอราแคร์ ภายหลังการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้าง ด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 6 เดือน	42
12	แสดงสภาพไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ (Control) และไม้ทดลองที่ทำด้วยสาร บอราแคร์ ภายหลังการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้าง ด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 1 ปี	42

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่

หน้า

- 13 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการผลิตของสารประกอบโบรอนและ
 สารบอราแคร์ในเนื้อไม้

47



คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

NDSR = Net dry salt retention

BAE = Boric acid equivalent



ประสิทธิภาพและวิธีการป้องกันไม้ยางพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน โดยใช้สารประกอบโบรอน

Efficiency and Protection Methods against Subterranean Termites Damaging Rubberwood (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) Using Boron Compounds

คำนำ

จากวิกฤตป่าไม้ในปัจจุบัน นับวันจะยิ่งขาดแคลนไม้ใช้สอยมากยิ่งขึ้น ไม้ที่มีคุณภาพ และมีความต้านทานตามธรรมชาติสูง เช่น ไม้สัก ไม้เต็ง ไม้รัง ไม้มะค่า ฯลฯ ที่มีมากในอดีต ปัจจุบันหาได้ยากและมีราคาค่อนข้างแพง ทำให้มีความจำเป็นต้องนำไม้ชนิดที่มีคุณภาพต่ำไม่มีความทนทานต่อการเข้าทำลายของแมลงศัตรูทำลายไม้ โดยเฉพาะไม้ยางพาราซึ่งจำเป็นต้องค้นหาด้วยมาป้องกันรักษาเนื้อไม้

ปลวกเป็นแมลงศัตรูทำลายไม้ที่สร้างความเสียหายอย่างยิ่งต่อเศรษฐกิจ ชนิดของปลวกที่จัดได้ว่าสร้างความเสียหายทางเศรษฐกิจรุนแรงที่สุดในประเทศไทยคือปลวกใต้ดิน *Coptotermes gestroi* Wasmann ปลวกสามารถเข้าทำลายอาคารบ้านเรือนและสิ่งปลูกสร้างต่างๆที่ทำจากไม้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำ เช่น ไม้ยางพาราที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน แม้ว่าไม้ยางพาราที่ใช้กันอยู่จะได้รับการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้แล้วก็ตาม แต่ระดับการอาบน้ำยานี้เพียงพอต่อการเข้าทำลายของมอดขี้ซွญเท่านั้น ดังนั้นจึงยังประสบปัญหาในเรื่องความทนทานต่อการเข้าทำลายของปลวก ทำให้การใช้ไม้ยางพารายังมีข้อจำกัดอยู่ ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากปริมาณตัวยาที่เข้าไปอยู่ในเนื้อไม้ที่แตกต่างกันย่อมมีผลต่อประสิทธิภาพในการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงทำลายไม้ได้แตกต่างกันด้วย

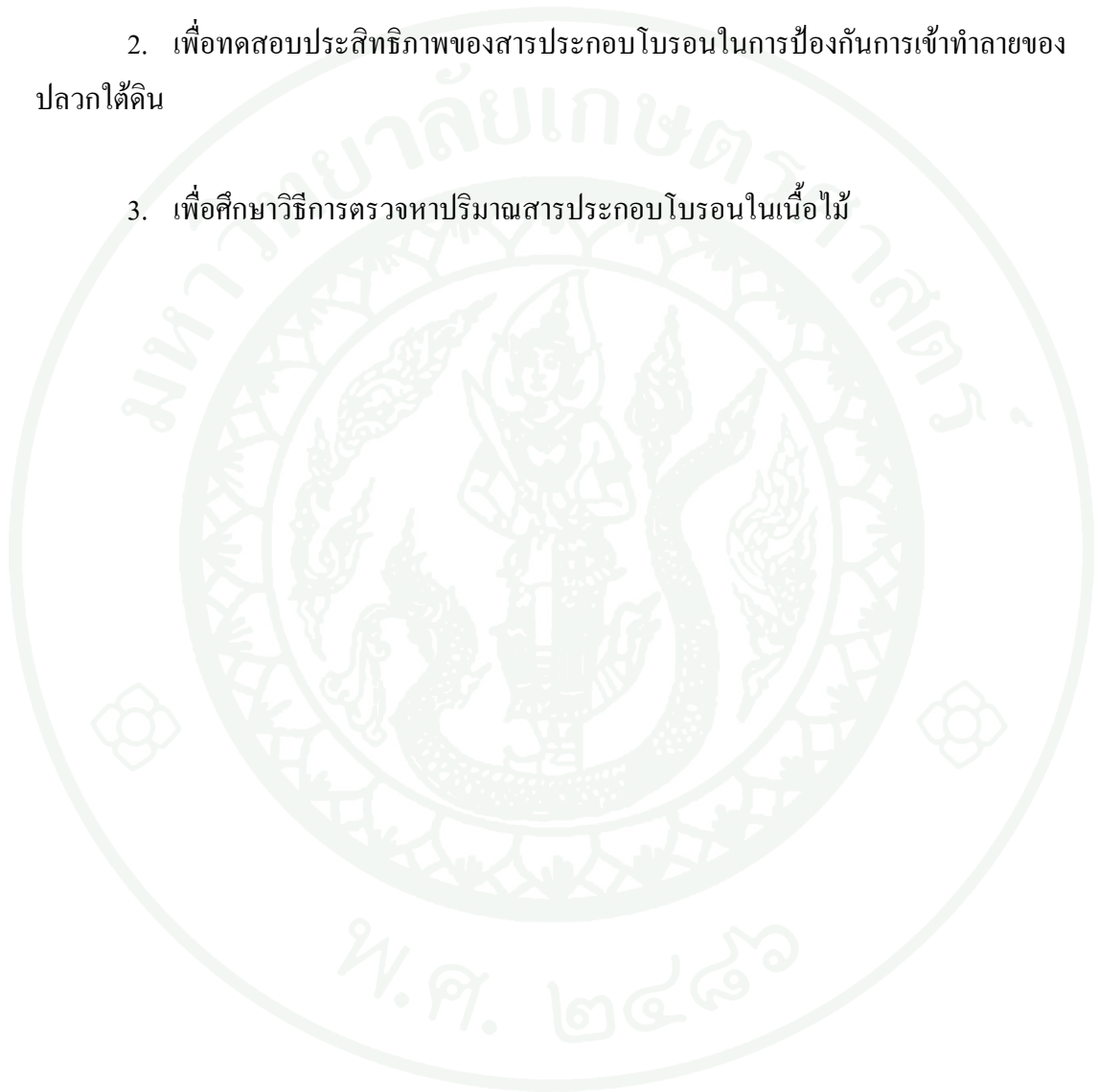
การใช้สารเคมีเพื่อป้องกันกำจัดปลวกใต้ดิน ในอดีตนิยมใช้กันมากคือสารคลอรีเนตไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbon) เช่น อัลดริน เดลเดริน แต่จากที่สารเคมีกลุ่มดังกล่าวมีความเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมสูง อีกทั้งยังมีผลตกค้างในสภาพแวดล้อมเป็นเวลานาน ในปัจจุบันประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกได้ตระหนักในเรื่องของสภาวะแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ทำให้แนวโน้มการใช้สารเคมีที่มีพิษรุนแรงในกลุ่มดังกล่าวหมดไปในอนาคต

โครงการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาถึงร้อยละของปริมาณสมมูลกรดบอริก (%BAE) ในระดับต่างๆของสารประกอบโบรอน (Boron compound) และสารบอราแคร์ (Bora-care) เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินชนิด *Coptotermes gestroi* โดยสารประกอบโบรอน มีคุณสมบัติความเป็นพิษต่อมนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ ไม่ทำลายสภาพแวดล้อมและไม่ทำให้ไม้ยางพาราเปลี่ยนสี



วัตถุประสงค์

1. เพื่อหาวิธีการและประสิทธิภาพของสารประกอบโบรอนในการป้องกันไม่ยุงพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน
2. เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารประกอบโบรอนในการป้องกันการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน
3. เพื่อศึกษาวิธีการตรวจหาปริมาณสารประกอบโบรอนในเนื้อไม้



การตรวจเอกสาร

ลักษณะทั่วไปของไม้ยางพารา

ไม้ยางพารามีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae ซึ่งมีชื่อเรียกสามัญว่ายางพารา (para rubber) ซึ่งไม้ยางพาราสายพันธุ์ *Hevea brasiliensis* เป็นชนิดที่ดีที่สุดในการให้น้ำยางจึงนิยมปลูกกันแพร่หลายเฉพาะชนิด และได้รับการปรับปรุงพันธุ์ให้ดีขึ้นเป็นลำดับ เพื่อให้ได้ผลผลิตน้ำยางที่สูงขึ้น

ต้นยางพาราเป็นพันธุ์ไม้ที่มีถิ่นกำเนิดอยู่ในอเมริกาใต้ ประเทศบราซิล มีผู้นำมาปลูกในประเทศไทยศรีลังกาและมาเลเซีย ในปี ค.ศ. 1876 (พ.ศ. 2419) ต่อมาก็มีนำไปปลูกยังประเทศใกล้เคียง เช่น เขมร และเวียดนาม ประเทศไทยนำเข้าเมื่อราวปี พ.ศ. 2442-2444 ที่อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง โดย พระยารัษฎานุประดิษฐ์ มหิศรภักดี (คอซิม บี ณ หนอง) ต่อมาได้แพร่หลายไปทั่วพื้นที่ภาคใต้ และภาคตะวันออก จังหวัดระยอง จันทบุรี และตราด โดย หลวงราชไมตรี (บุญ บุญศรี) เป็นผู้นำไปปลูกในปี พ.ศ. 2454 ปัจจุบันจึงปรากฏว่ามีสวนยางพาราทั่วไป ทั้งภาคใต้และภาคตะวันออก จนมีความสำคัญแก่เศรษฐกิจของประเทศไทยมาจนทุกวันนี้และต่อไปในอนาคต (องค์การสวนยาง, 2553)

Hong (1985) ได้บรรยายไว้ว่าไม้ยางพารามีสีของเนื้อไม้เป็นสีขาว หรือสีครีมถึงครีมอมชมพู โดยส่วนของแก่นและกระพี้แยกกันไม่เด่นชัด ลักษณะของเนื้อไม้หยาบปานกลางถึงหยาบมาก เนื้อไม้มีเสี้ยนตรง โดยในบางครั้งจะพบว่ามีเสี้ยนสนบ้าง วงเจริญเติบโตไม่ปรากฏเด่นชัดทางด้านหน้าตัด แต่จะเห็นเป็นลายไม้เนื่องจากความแตกต่างระหว่างความหนาแน่นของไฟเบอร์ และปริมาณความหนาแน่นของพาราคีมา

ยางพาราเป็นพืชยืนต้น พื้นที่ปลูกไม่ควรอยู่สูงจากระดับน้ำทะเลเกิน 200 เมตร ลักษณะดินควรเป็นดินร่วนเหนียวปนทราย มีความอุดมสมบูรณ์ปานกลาง มีหน้าดินลึกไม่น้อยกว่า 1 เมตร ระบายน้ำและอากาศดี ไม่เป็นดินเค็ม ปริมาณน้ำฝนไม่น้อยกว่า 1,350 มิลลิเมตรต่อปี ฝนตกไม่น้อยกว่า 120 วันต่อปี ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดปีไม่น้อยกว่า 65 เปอร์เซ็นต์ อุณหภูมิเฉลี่ย 24-27 องศาเซลเซียส

ลักษณะโครงสร้างของเนื้อไม้

Hong (1985) ได้อธิบายถึง โครงสร้างของไม้ยางพาราไว้ดังนี้

1. วงเจริญเติบโต (growth rings) ในไม้ยางพาราปรากฏว่าไม่เด่นชัด แต่จะปรากฏแถบของพารენคิมาที่มีลักษณะคล้ายวงเจริญเติบโต
2. เวสเซล (vessels) ท่อเวสเซลมีขนาดปานกลางถึงขนาดใหญ่ ส่วนใหญ่จะรวมอยู่เป็นกลุ่มในลักษณะของพอร์แฟลด์จำนวน 2-4 เซลล์ และบางครั้งอาจพบพอร์แฟลด์ถึง 5-8 เซลล์ พอร์เคียวพบได้น้อย การเรียงตัวของพอร์จะเรียงตัวเป็นกลุ่มไม่แน่นอน มีไทโลส (tylose) มาก
3. พารენคิมา (parenchyma) การเรียงตัวของพารენคิมามองเห็นได้ชัดเจน และมักเรียงตัวแบบไม่ติดพอร์ แบบเป็นแถบหรือเป็นแถวเซลล์เดียวหรือสองเซลล์ติดกันไปอย่างชัดเจน การเรียงตัวของพารენคิมาดัดกับพอร์พบบ้างตามขอบของเวสเซล
4. เซลล์รัศมี (rays) เซลล์รัศมีมีความละเอียดปานกลางเมื่อสังเกตจากตาเปล่า แต่จะปรากฏไม่เด่นชัดทางด้านตัดรัศมี ลักษณะเป็นเซลล์แถวเดียวสูงไม่เกิน 1 มิลลิเมตร เซลล์ที่เป็นองค์ประกอบเป็นเซลล์จตุรัสหรือเซลล์ตั้งทั้งหมด
5. ไฟเบอร์ (fiber) มีขนาดความยาวประมาณ 1.10-1.78 มิลลิเมตร กว้างประมาณ 26-30 ไมโครเมตร

ธีระ และทรงกลด (2548) ได้กล่าวไว้ว่า แก่นและกระพี้ของไม้ทั่วไปจะมีสีแตกต่างกันไม่มากนัก โดยสีของแก่นไม้จะมีสีเข้มกว่ากระพี้ไม้ แต่ไม่เสมอไป ไม้บางชนิดสีของแก่นและกระพี้ไม่แตกต่างกัน เราจึงเรียกแก่นกระพี้ (Ripewood) เช่น ไม้ยางพารา เป็นต้น

องค์ประกอบทางเคมี

Hong (1985) ได้รายงานว่า ไม้ยางพารามีคุณสมบัติทางเคมีใกล้เคียงกับไม้ใบกว้างทั่วไป โดยมีองค์ประกอบทางเคมี ดังนี้ ลิกนินประมาณร้อยละ 22-29 เพนโตแซนประมาณร้อยละ 20

มีไฮโดรเซลลูโลสสูงมากประมาณร้อยละ 70 และมีอัลฟาเซลลูโลสต่ำประมาณร้อยละ 40 ไม่ยางพารา จัดได้ว่าเป็นไม้ที่มีปริมาณแป้งและน้ำตาลสูงกว่าไม้ชนิดอื่น ๆ

กลสมบัติไม้ยางพารา

Hong (1985) ได้รายงานว่าไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีเนื้อแข็งแรงปานกลางที่มีความชื้น ร้อยละ 15 มีความหนาแน่นประมาณ 560-640 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร

สุชาติ และคณะ (2547) ได้รายงานว่า สกยสมบัติของไม้ยางพารามีความหนาแน่น 700 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร การหดตัวทางด้านรัศมี 2.95 % และการหดตัวด้านสัมผัส 5.58 % ส่วนทางด้านกลสมบัติ (Strength properties) ของไม้ยางพาราในสภาวะแห้งมีมอดูลัสแตกร้าว (Modulus of rupture, MOR) 95 เมกกะปาสกาล มอดูลัสยืดหยุ่น (Modulus of elasticity, MOE) 9414 เมกกะปาสกาล แรงอัดขนานเส้น (Compression parallel to grain) 46 เมกกะปาสกาล แรงเฉือน (Shear parallel) 15.8 เมกกะปาสกาล และความแข็ง (Hardness) 5276 นิวตัน

ความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยางพารา

ธีระ และคณะ (2533) ได้ทำการทดลองหาอายุความทนทานตามธรรมชาติของไม้ยางพารา พบว่า ไม้ยางพารามีอายุความทนทานตามธรรมชาติเฉลี่ย 1.9 ปี (พิสัย 0.5-3.8 ปี) ซึ่งถือได้ว่า ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีอายุความทนทานตามธรรมชาติต่ำ

ความยากง่ายในการอาบน้ำยาไม้ยางพารา

ธีระ (2551) ได้กล่าวไว้ว่าความยากง่ายในการอาบน้ำยาไม้ตามมาตรฐานของส่วนวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ไม้ กรมป่าไม้ โดยใช้ตัวยาครีโอโซตผสมน้ำมันดีเซลอัตราส่วน 50 ต่อ 50 โดยปริมาตร เป็นน้ำยามาตรฐานและใช้กรรมวิธีอาบน้ำยาแบบเต็มเซลล์ (Full-cell process) ความสามารถในการอาบน้ำยาของไม้ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ชั้น ซึ่งไม้ยางพารานั้นอยู่ในชั้นที่ 1 คือ อาบน้ำยาได้ง่ายมาก (Very easily) ไม่ต้องใช้กำลังอัดก็สามารถอาบน้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้ได้ โดยทั่วถึง

ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับปลวก

การจำแนกปลวก

ปลวกในภาษาละติน “termes” หมายถึง หนอนที่มีฟันแทะ (rodent worm) มีชื่อเรียกโดยทั่วไปว่า “white ant” ปลวกเป็นแมลงที่ถูกจัดอยู่ในอันดับ Isoptera (iso = เหมือน, ptera = ปีก) มีลักษณะที่สำคัญคือ มีปีกทั้งสองคู่เหมือนกันทั้งขนาดและรูปร่าง (Eaton and Hale, 1993) เนื่องจากภายในรังปลวกแต่ละรังประกอบไปด้วยปลวกหลายวรรณะ แต่ละวรรณะต่างก็มีรูปร่างและหน้าที่แตกต่างกันออกไป การที่จะจำแนกปลวกไปจนถึงขั้นสกุลและชนิดจึงเป็นเรื่องที่ทำให้ยุ่งยากและไม่อาจทำได้โดยใช้ลักษณะภายนอกของปลวกธรรมดา แมลงเม่า หรือตัวอ่อนเท่านั้น จะต้องมีการศึกษาลักษณะและส่วนประกอบอื่น ๆ มาเป็นข้อมูลเพื่อให้การจำแนกชนิดทำได้โดยถูกต้องที่สุด

ปลวกถูกจำแนกออกเป็น 7 วงศ์ (family) ด้วยกัน คือ (จารุณี และคณะ, 2548)

1. Family Mastotermitidae กลุ่มนี้มีปลวกเพียงชนิดเดียว คือ *Mastotermes darwiniensis* ซึ่งพบบริเวณป่าที่ไม่มีฝนทางเหนือของประเทศออสเตรเลีย เหนือเส้น Tropic of Capricorn เป็นปลวกที่มีขนาดใหญ่มาก วรรณะทหารของปลวกชนิดนี้มีความยาวมากกว่า 2 เซนติเมตร
2. Family Hodotermitidae เป็นปลวกที่จัดอยู่ในกลุ่มโบราณของพวกหาคินบนผิวหน้าดิน กินหญ้าเป็นอาหาร เป็นพวกที่พบอาศัยอยู่ในทุ่งหญ้าสะวันนา (Savannah) จนถึงทุ่งหญ้าที่แห้งแล้งต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะสร้างจอมปลวกเป็นที่อยู่อาศัย
3. Family Termopsidae ปลวกทุกชนิดในวงศ์นี้สร้างรังและกินอาหารในท่อนไม้ผู้เป็นปลวกที่อยู่ในลำดับต้น ๆ ของสายวิวัฒนาการ จัดเป็นปลวกโบราณอีกกลุ่มหนึ่ง มีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางในแถบเอเชีย
4. Family Kalotermitidae ปลวกในวงศ์นี้หมายถึงปลวกไม้แห้ง และรวมไปถึงปลวกไม้ชื้น มีการพัฒนามาจากปลวกในวงศ์ Mastotermitidae

5. Family Rhinotermitidae ปลวกในวงศ์นี้ทั้งหมดเป็นปลวกกินเนื้อไม้ และมีการแพร่กระจายอย่างกว้างขวางตลอดทั้งบริเวณเขตร้อนใกล้เส้นศูนย์สูตรและในเขตนานา เป็นปลวกที่อาศัยอยู่ใต้ดิน ปลวกในสกุล *Coptotermes* และ *Reticulitermes* เป็นปลวกที่เป็นศัตรูสำคัญในทวีปเอเชีย อเมริกา และยุโรป

6. Family Serritermitidae ปลวกในวงศ์นี้ พบมีปลวก *Serritermes serrifer* จากประเทศบราซิลเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ปลวกวงศ์นี้มีกรามที่ผิดปกติทั้งในวรรณะสืบพันธุ์และวรรณะทหาร

7. Family Termitidae ปลวกในวงศ์นี้จัดเป็นปลวกวงศ์ที่ใหญ่ที่สุด ประกอบด้วยปลวกประมาณสามในสี่ของปลวกทั้งหมดที่พบอยู่ในโลกขณะนี้

ชีวิตความเป็นอยู่และวงจรชีวิตของปลวก

ปลวกเป็นแมลงที่มีชีวิตความเป็นอยู่แบบสังคม มักอยู่รวมกันเป็นกลุ่มใหญ่ ภายในรังโดยทั่วไปมีนิสัยไม่ชอบแสงสว่าง ชอบที่มืดและอับชื้น ประชากรปลวกมีการแบ่งแยกหน้าที่การทำงานออกไปตามวรรณะต่าง ๆ รวม 3 วรรณะ คือ (จารุณี และ ขวัญชัย, 2551)

1. วรรณะสืบพันธุ์หรือแมลงเม่าประกอบด้วยตัวเต็มวัยที่มีปีกมีทั้งเพศผู้และเพศเมียทำหน้าที่สืบพันธุ์และกระจายพันธุ์ โดยจะบินออกจากรังเมื่อคืนไฟอากาศเหมาะสม เมื่อจับคู่กันแล้วจะสลัดปีก ผสมพันธุ์กันและหาพื้นที่ที่เหมาะสม เพื่อวางไข่

2. วรรณะกรรมกรหรือปลวกงานเป็นปลวกตัวเล็กที่พบเห็นมาก โดยทั่วไปจะมีสีขาวนวล ไม่มีปีก ไม่มีเพศ ไม่มีตา ใช้หนวดเป็นอวัยวะรับความรู้สึกคลำทาง ทำหน้าที่เกือบทุกอย่างภายในรัง เช่น หาอาหารมาป้อนราชินี ราชาดำอ่อนและทหาร ซึ่งไม่หาอาหารกินเอง นอกจากนี้ยังทำหน้าที่สร้างรัง ทำความสะอาดรัง ดูแลไข่เพาะเลี้ยงเชื้อราและซ่อมแซมรังที่ถูกทำลาย

3. วรรณะทหารเป็นปลวกที่มีหัวโต สีเข้ม มีโครงสร้างผนังลำตัวแข็งกว่าวรรณะอื่น ๆ มีกรามขนาดใหญ่ ซึ่งดัดแปลงไปเป็นอวัยวะคล้ายคีมที่มีปลายแหลมคม เพื่อใช้ในการต่อสู้กับศัตรูที่มารบกวนสมาชิกภายในรัง ไม่มีปีก ไม่มีตา ไม่มีเพศ บางชนิดจะดัดแปลงส่วนหัวให้ยื่นยาวออกไปเป็นงา เพื่อก่ล้อมสารเหนียวเพื่อปล่อยหรือพ่นไปติดตัวศัตรู ทำให้เคลื่อนไหวไม่ได้หรืออาจทำให้ตายได้



ภาพที่ 1 วงจรชีวิตของปลวก

ที่มา: นิรนาม (2552)

นิเวศวิทยาของปลวก

สภาพความเป็นอยู่หรือสภาพทางนิเวศวิทยา รวมถึงอุปนิสัยในการกินอาหารของปลวก แตกต่างกันไปแล้วแต่นิคมและประเภทของปลวก ซึ่งจำแนกออกกว้าง ๆ เป็น 2 ประเภท โดยใช้แหล่งที่อยู่อาศัยเป็นหลักได้ดังนี้ (จารุณี และ ขวัญชัย, 2551)

1. ปลวกที่อาศัยอยู่ในเนื้อไม้ ปลวกชนิดนี้ตลอดชีวิตจะอาศัยและกินอยู่ภายในไม้ โดยไม่มีการสร้างทางเดินมาติดต่อกับพื้นดินเลย ลักษณะโดยทั่วไปที่บ่งชี้ว่ามีปลวกในกลุ่มนี้ เข้าทำลายไม้ คือ วัสดุแข็งเป็นเม็ดกลมรี อยู่ภายในเนื้อไม้ที่ถูกกินเป็นโพรง หรืออาจร่วงหล่นออกมาภายนอกตามรูที่ผิวไม้ เราอาจแบ่งปลวกประเภทนี้เป็นกลุ่มย่อยลงไปอีกตามลักษณะ ความชื้นของไม้ที่ปลวกเข้าทำลาย ดังนี้

1.1 ปลวกไม้แห้ง (dry-wood termites) ปลวกชนิดนี้อาศัยอยู่ในไม้ที่แห้ง หรือไม้ที่มีอายุการใช้งานมานานและมีความชื้นต่ำ โดยปกติมักไม่ค่อยเห็นตัวปลวกชนิดนี้อยู่บนผิวนอกไม้ แต่จะพบวัสดุแข็งรูปกลมรี ก้อนเล็ก ๆ กองอยู่บนพื้นบริเวณ โคนเสา ฝานั่ง หรือโครงสร้างไม้

ที่ถูกทำลาย โดยทั่วไปปลวกชนิดนี้จะทำลายไม้เฉพาะภายในชิ้นไม้โดยเหลือผิวไม้ด้านนอกเป็นฟิล์มบาง ๆ ไว้ ทำให้มีผิวดูภายนอกเหมือนไม้ยังอยู่ในสภาพดี

1.2 ปลวกไม้เปียก (damp-wood termites) ปลวกชนิดนี้มักอาศัยและกินอยู่ในเนื้อไม้ของไม้ยืนต้น หรือไม้ล้มตายที่มีความชื้นสูง ส่วนใหญ่จะพบในบริเวณป่าดิบชื้น ซึ่งอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1000 เมตรขึ้นไป โดยเฉพาะปลวกในตระกูล Archotermopsis ซึ่งจัดเป็นปลวกชนิดดึกดำบรรพ์ ซึ่งพบหลักฐานว่ามีชีวิตในยุคเดียวกับไดโนเสาร์

2. ปลวกที่อาศัยอยู่ใต้ดิน ปลวกประเภทนี้จะอาศัยอยู่ในดิน แล้วออกไปหาอาหารที่อยู่ตามพื้นดินหรือเหนือพื้นดินขึ้นไป โดยส่วนใหญ่จะทำท่อทางเดินดินห่อหุ้มตัว เพื่อป้องกันการสูญเสียความชื้นและหลบซ่อนตัวจากศัตรูที่จะมารบกวน จำแนกเป็น 3 พวก คือ

2.1 ปลวกใต้ดิน (subterranean termites) เป็นปลวกที่อาศัยและทำรังอยู่ใต้ดิน มีลักษณะของการเข้าทำลายไม้และที่อยู่อาศัยเฉพาะเจาะจงไปแต่ละสกุล เช่น Coptotermes, Microtermes, Ancistrotermes และ Hypotermes เป็นต้น

2.2 ปลวกที่อยู่ตามจอมปลวก (mound-building termites) เป็นปลวกที่สร้างรังขนาดกลางถึงขนาดใหญ่อยู่บนพื้นดิน เช่น ปลวกในสกุล Globitermes, Odontotermes และ Macrotermes เป็นต้น ลักษณะของรังแต่ละสกุลแตกต่างกันออกไป ผู้ที่มีความคุ้นเคยสามารถจำแนกชนิดเบื้องต้นได้จากรูปร่าง ขนาดและลักษณะส่วนประกอบภายในรังของปลวกเหล่านี้

2.3 ปลวกที่อยู่ตามรังขนาดเล็ก (Carton nest termites) เป็นปลวกที่สร้างรังขนาดเล็กอยู่บนดินหรือเหนือพื้นดิน เช่น ตามกิ่งไม้ ต้นไม้ เสาไฟฟ้า หรือโครงสร้างอื่น ๆ ภายในอาคาร เช่น ปลวกในสกุล Microcerotermes, Termes, Dicuspiditermes, Nasutitermes และ Hospitalitermes เป็นต้น ลักษณะรังของปลวกประเภทนี้ก็แตกต่างกันไปในแต่ละสกุลสามารถใช้เป็นข้อมูลในการจำแนกชนิดได้เช่นกัน

การกินอาหารของปลวก

แหล่งอาหารของปลวก จำแนกออกเป็น 4 ประเภท คือ

1. ไม้ (wood)
2. ดินและฮิวมัส (soil & humus)
3. ใบไม้และเศษซากพืชที่ทับถมกันอยู่บนพื้นดิน (leaves & litter)
4. ไลเคนและมอส (lichen & moss)

ปลวกส่วนใหญ่จะกินอาหารประเภทเนื้อไม้ เศษไม้ใบไม้ หรือวัสดุอื่น ๆ ที่มีเซลลูโลส เป็นองค์ประกอบ โดยระบบทางเดินอาหารของปลวกจะมีสัตว์เซลล์เดียว คือ โปรโตซัว ในปลวก ชั้นต่ำ หรือมีจุลินทรีย์ ได้แก่ แบคทีเรีย และเชื้อราในปลวกชั้นสูง ซึ่งทำหน้าที่ผลิตน้ำย่อยออกมา ช่วยในการย่อยอาหารประเภทเซลลูโลส หรือสารประกอบอื่น ๆ ให้กลายเป็นอาหารที่มีประโยชน์ ต่อร่างกายปลวก

บทบาทของปลวกในระบบนิเวศ

ประโยชน์ที่ได้รับจากปลวก

ปลวกเป็นแมลงที่มีบทบาทสำคัญมากในระบบนิเวศวิทยาป่าไม้ คือ (จารุณี และ ขวัญชัย, 2551)

1. ช่วยย่อยสลายอินทรีย์วัตถุต่าง ๆ ได้แก่ เศษไม้ ท่อนไม้ กิ่งไม้ ใบไม้ และส่วนต่าง ๆ ของพืชที่หักร่วงหล่นหรือล้มตามทับถมกันอยู่ในป่าแล้วเปลี่ยนให้กลายเป็นสภาพเป็นฮิวมัสในดิน เป็นต้นกำเนิดของขบวนการหมุนเวียนของธาตุอาหารจากพืชไปสู่ดิน ทำให้ดินอุดมสมบูรณ์ ซึ่งจะส่งผลให้พันธุ์พืชทุกระดับในป่าธรรมชาติ เจริญเติบโตสมบูรณ์ดี

2. มีบทบาทสำคัญในห่วงโซ่อาหารในระบบนิเวศน์ คือนอกจากจะช่วยให้พืชในป่า เจริญเติบโตดี เป็นอาหารของสัตว์ป่าแล้ว ตัวปลวกเองยังเป็นอาหารที่อุดมไปด้วยโปรตีนของสัตว์ ขนาดเล็กหลายชนิด เช่น ไก่ นก กบ คางคก และสัตว์เลื้อยคลานต่าง ๆ ซึ่งเป็นอาหารของสัตว์ใหญ่ ต่อไปเป็นทอด ๆ

3. เป็นแหล่งผลิตโปรตีนที่สำคัญของมนุษย์ โดยนอกจากจะเป็นอาหารได้เองแล้ว ปลวกบางชนิดสามารถสร้างเห็ดโคน ซึ่งเป็นอาหารอันโอชะ และมีราคาแพง สามารถเพิ่มรายได้เสริมให้แก่เกษตรกร ทั้งนี้โดยมีเชื้อราที่อยู่ร่วมกันภายในรังปลวกหลายชนิดช่วยในการผลิต

4. จุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในทางเดินอาหารปลวก ซึ่งสามารถผลิตเอนไซม์บางชนิดที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถนำมาพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ ในเชิงพาณิชย์ ด้านเกษตร อุตสาหกรรม หรือใช้ในการแก้ไขและควบคุมภาวะสิ่งแวดล้อมในอนาคตต่อไป เช่น การย่อยสลายสารกำจัดศัตรูพืชที่มีฤทธิ์ตกค้างนาน หรือการกำจัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม และการย่อยสลายขยะ เป็นต้น

โทษที่เกิดจากปลวก

ปลวกเป็นแมลงที่ก่อให้เกิดความเสียหายทางเศรษฐกิจ ความเสียหายที่เกิดจากปลวก ส่วนใหญ่เกิดจากการทำลายพืชและผลผลิตที่ประกอบด้วยเส้นใยเซลลูโลสทุกระยะ ตั้งแต่ระยะต้นกล้าไปจนถึงผลผลิตสำเร็จรูป ได้แก่ (จารุณี และ ขวัญชัย, 2551)

1. กล้าไม้และไม้ยืนต้นป่าธรรมชาติและสวนป่า
2. ไม้ใช้ประโยชน์อยู่กลางแจ้ง
3. ไม้ใช้ประโยชน์ที่เป็นโครงสร้างภายในอาคารบ้านเรือน
4. วัสดุสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆที่ทำมาจากไม้และพืชเส้นใย เช่น โต๊ะ ตู้ กระจาด หนังสือพิมพ์ และเสื้อผ้า เป็นต้น

5. กัดทำลายรากของพืชเกษตร พืชไร่ พืชผัก พืชสวนและผลไม้

ปลวกทำลายไม้ใช้สอยที่มีความสำคัญบางชนิด

1. ปลวกไม้แห้ง ชนิดที่สำคัญ คือ *Cryptotermes thailandis* ส่วนใหญ่พบเข้าทำลายความเสียหายรุนแรงต่ออาคารบ้านเรือนที่อยู่บริเวณชายฝั่งทะเลหรือพื้นที่เกาะ โดยเฉพาะในเขตพื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศ

2. ปลวกใต้ดิน ชนิดที่สำคัญ คือ *Coptotermes gestroi* และ *Coptotermes havilandi* ปลวกใต้ดินชนิด *Coptotermes gestroi* จัดเป็นปลวกชนิดที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจสูงที่สุดในประเทศ ร้อยละ 90 ของอาคารบ้านเรือนที่ถูกทำลาย เกิดจากการเข้าทำลายของปลวกชนิดนี้และพบเข้าทำความเสียหายต่ออาคารบ้านเรือนที่อยู่ในเขตเมืองมากถึง 100 เปอร์เซ็นต์

3. ปลวกสร้างรังขนาดเล็ก ชนิดที่สำคัญ คือ *Microcerotermes crassus* โดยทั่วไปพบเข้าทำความเสียหายต่อไม้ใช้ประโยชน์ภายนอกอาคารหรือในอาคารบ้านเรือนที่อยู่ในเขตชนบท โดยเฉพาะตามทุ่งนา แต่ในปัจจุบันเนื่องจากการขยายพื้นที่โครงการบ้านจัดสรรไปตามเขตชานเมืองที่เคยเป็นทุ่งนามาก่อน จึงพัฒนาตัวเองจนกลายเป็นศัตรูทำลายไม้ที่สำคัญของอาคารที่อยู่อาศัยในแถบพื้นที่ดังกล่าว โดยเฉพาะในระยะหลังปลูกสร้างเสร็จแล้วภายใน 1-2 ปี แล้วจึงพบปลวก *Coptotermes* เข้าทำลาย

4. ปลวกสร้างรังขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ชนิดที่สำคัญ คือ *Globitermes sulphureus*, *Marcrotermes gilvus* และ *Odontotermes longignathus* มักพบเข้าทำความเสียหายต่อไม้ใช้ประโยชน์ภายนอกและภายในอาคารบ้านเรือนที่อยู่ในเขตชนบท

อนุกรมวิธานของปลวกชนิด *Coptotermes gestroi* Wasmann

ปลวกจัดเป็นแมลงชนิดหนึ่งจัดอยู่ใน Kingdom Animalia, Phylum Arthropoda ปลวกชนิด *Coptotermes gestroi* จัดเรียงตามลำดับอนุกรมวิธาน ตั้งแต่ชั้นของอันดับ (order) ได้ดังนี้ (Ahmad, 1965)

Order	Isoptera
Family	Rhinotermitidae
Subfamily	Coptotermitinae
Genus	Coptotermes
Species	<i>Coptotermes gestroi</i> Wasmann

Ahmad (1965) ได้บรรยายลักษณะทางสัณฐานวิทยาของปลวกชนิด *Coptotermes gestroi* Wasmann ไว้ดังนี้

ปลวกวรรณะทหาร : บริเวณหัวมีสีเหลืองแดง ส่วนของริมปากบน (labrum) มีสีเหลืองน้ำตาล กรามสีน้ำตาลแดง หนวด (antenna) สีน้ำตาลอ่อน แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรก (pronotum) มีสีอ่อนกว่าส่วนหัว บริเวณส่วนท้องและขาไม่มีสีขาวย พบขนสั้น ๆ (setae) กระจายเล็กน้อยที่ส่วนหัว ปลายของริมฝีปากบนมีขนสั้น ๆ 2 เส้น ริมฝีปากล่างส่วนแรก (postmentum) มีขนสั้น ๆ 1 คู่ที่บริเวณ ขอบด้านหน้า และอีก 1 คู่ที่บริเวณขอบด้านหลัง แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรกพบขนน้อยมาก ส่วนหัวมีรูปร่างยาวรีรูปไข่ มีความยาวมากกว่าความกว้าง ริมฝีปากบนมีลักษณะแคบสั้น กรามมีความโค้งปานกลาง ริมฝีปากล่างส่วนแรกมีความยาวประมาณ 2 เท่าครึ่งของด้านกว้าง หนวดมี 14-15 ปล้อง ปล้องที่สองยาวกว่าปล้องที่สาม แผ่นแข็งปกคลุมส่วนอกปล้องแรก ด้านกว้างมีขนาดเป็น 2 เท่าของด้านยาว ขอบด้านบนมีลักษณะเป็นหยัก ส่วนขอบด้านล่างมีรอยหยักอยู่บริเวณตรงกลาง ขอบด้านข้างมีลักษณะเป็นแผ่นกลมใหญ่

ปลวกวรรณะกรรมกร : ส่วนหัวและกรามมีสีเหลืองอ่อน หนวด ริมฝีปากบน แผ่นแข็ง ปกคลุมส่วนอกปล้องแรกและส่วนท้องจะมีสีซีด ส่วนหัวและตามลำตัวจะมีขนปกคลุมหนาแน่น ลำตัวปลวกมีความยาวประมาณ 4.00-4.40 มิลลิเมตร ส่วนหัวมีลักษณะกลม มีความกว้างมากกว่า ความยาวเล็กน้อย ไม่มีตา หนวดสั้นมีประมาณ 14-15 ปล้อง ปล้องที่สามสั้นกว่าหรือเท่ากับปล้อง ที่สองหรือสี่ ริมฝีปากบนค่อนข้างเป็นรูปเหลี่ยมความกว้างมากกว่าความยาว ขอบด้านหน้าริมฝีปาก บนโค้งกลม มีขนแข็งเล็กน้อย แผ่นแข็งปกคลุมอกปล้องแรกมีความกว้างมากกว่าความยาว ขอบด้านบนเป็นรอยหยักลึกตรงกลาง ขอบด้านท้ายตรงขาและท้องมีขนาดเท่าในวรรณะทหาร

สารประกอบโบรอน (Boron compound)

สารประกอบโบรอน จัดเป็นตัวยาประเภทเกลือเคมีที่สามารถละลายในน้ำและถูกใช้เป็น ตัวออกฤทธิ์ในการอาบน้ำยาเนื้อไม้มาเป็นเวลาช้านานแล้ว การเตรียมสารประกอบโบรอนทำได้ โดยการผสมกรด โบริก (Boric acid) กับเกลือโบแรกซ์ (disodium tetrahydrate) ในอัตราส่วน 46:54 มีชื่อทางเคมีว่า Disodium octaborate tetrahydrate ($\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) (Eaton and Hale, 1993)

Findly (1967) ได้กล่าวไว้ว่าสารประกอบโบรอนมีความเหมาะสมในการนำมาใช้เป็นตัวยา อาบเนื้อไม้ เนื่องจากเป็นตัวยาที่มีพิษกว้างขวางต่อแมลงและเห็ดราทำลายไม้ อีกทั้งยังเป็นพิษต่อ มนุษย์และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ ตัวยาเมื่อละลายน้ำแล้วมีลักษณะใส ไม่ทำให้ไม้ภายหลังการอาบ น้ำยาเสียสี เป็นตัวยาที่มีราคาไม่แพงและหาได้ง่าย ความเป็นพิษของสารประกอบโบรอนที่มีต่อ

ปลวกเกิดภายหลังจากปลวกกินตัวขาเข้าไปในร่างกาย ตัวขาจะเข้าไปทำลายจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในระบบการย่อยอาหารของปลวก ทำให้ปลวกไม่สามารถย่อยสลายเซลลูโลสได้ (Eaton and Hale, 1993)

Lloyd (n.d.) ได้กล่าวไว้ว่าธาตุโบรอนนั้นแพร่กระจายอยู่ทุกหนทุกแห่ง สารโบรอนนั้นยังจำเป็นต่อพืชและยังเป็นองค์ประกอบพื้นฐานของอาหาร โดยสารโบรอนมีความเป็นพิษต่ำสามารถต้านทานเชื้อราทำลายไม้และแมลงทำลายไม้ ดังนั้นจึงเป็นตัวเลือกที่ดีในการป้องกันรักษาเนื้อไม้

บอเร็ตมีการใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้และแมลงทำลายไม้เพียง 1% และอีก 99% ใช้ในการเกษตร การใช้โบรอนในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ในเอเชียแปซิฟิกนั้น ส่วนใหญ่ใช้ในไม้สำหรับการตกแต่งและงานก่อสร้างโดยเฉพาะไม้ยางพารา ส่วนในยุโรปจะคิดค้นและปรับปรุงสารรักษาเนื้อไม้ที่ใช้ภายใน และในอเมริกาเหนือจะใช้กับงานโครงสร้าง ไม้ประกอบ และควบคุมแมลงทำลายไม้

ความเป็นพิษของบอเร็ตที่จะเกิดขึ้นได้มีการศึกษาเป็นอย่างดีในช่วงระยะเวลา 10 ปี สารบอเร็ตเป็นสารที่เป็นพิษน้อยมากและไม่มีความเสี่ยงที่จะเป็นพิษเรื้อรัง โดยปกติในการป้องกันรักษาไม้ใช้สารโบรอนเพียง 1.176 %BAE ก็สามารถป้องกันปลวกได้ และในไม้ยางพาราใช้ความเข้มข้นที่ 0.034% (0.2 %BAE) จะไม่เสี่ยงต่อมนุษย์ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหรือสิ่งแวดล้อม

Greaves (n.d.) ได้กล่าวถึงการใช้สารประกอบโบรอนในประเทศออสเตรเลียไว้ว่ามีการใช้ประมาณ 630 ตัน ในการใช้กับงานไม้เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลง ปลวก และเชื้อราทำลายไม้ สารประกอบโบรอนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ ถูกใช้ในงานไม้โครงสร้างและงานไม้ภายใน เนื่องจากสารประกอบโบรอนเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและมีความเป็นพิษต่อสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมต่ำ เมื่อเปรียบเทียบกับ organophosphate และ synthetic pyrethroid

จากการใช้สารประกอบโบรอนเป็นตัวยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่ใช้เป็นโครงสร้างภายในอาคารบ้านเรือนในประเทศนิวซีแลนด์ พบว่าใช้ได้เป็นอย่างดีต่อการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงศัตรูต่าง ๆ และจากการทดสอบในออสเตรเลียสามารถป้องกันมอดในสกุล *Lyctus* (Powder post beetles) ได้ดีมาก แต่มีข้อเสีย คือ สารประกอบโบรอนมีความคงทนอยู่ในสภาพแวดล้อมธรรมชาติได้น้อยและง่ายต่อการชะล้าง จึงควรใช้สารประกอบโบรอนในสภาวะที่ปราศจาก

การชะล้างและไม่เหมาะที่จะใช้ในสภาพสัมผัสดิน นอกจากนี้ยังมีการใช้สารประกอบโบรอนเป็นสารป้องกันไฟได้อีกด้วย (Hunt and Garratt, 1967)

สารประกอบโบรอนนอกจากจะมีความเป็นพิษสูงต่อแมลงและเห็ดราทำลายไม้ ตลอดจนปลอดภัยต่อสภาพแวดล้อมแล้วยังสามารถนำไปใช้งานได้ง่ายและเป็นตัวยาที่สามารถแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดี Richardson (1993) ได้กล่าวไว้ว่าการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่ตัดฟันลงมาใหม่ ๆ หรือไม้ที่มีความชื้นสูงกว่าร้อยละ 50 สามารถทำการอาบน้ำยาอย่างง่ายโดยการจุ่มแล้วหมัก หรือการพ่นก็สามารถให้ผลที่น่าพอใจต่อการป้องกันการเข้าทำลายของแมลงและเห็ดรา การทดลองดังกล่าวนั้น สอดคล้องกับ ชีระ (2534) ซึ่งได้นำไม้ยางพาราสด (ปริมาณความชื้นเฉลี่ย 64.80 %) ทำการจุ่มแล้วหมัก โดยใช้สารประกอบโบรอน 15% และ 30% ผสมกับโซเดียมเพนตาคลอโรฟีนีต 2% และหมักเป็นเวลา 9 วัน พบว่า สารประกอบโบรอนนั้นสามารถป้องกันการเข้าทำลายของมอด *Heterobostrychus aequalis* ได้

Grace *et al.* (1992) ได้ทดลองประสิทธิภาพของสารประกอบโบรอนในการป้องกันการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินชนิด *Coptotermes formosanus* ต่อไม้ดักลาสเฟอร์ (Douglas-fir) โดยการทดสอบภายในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 4 สัปดาห์ พบว่า ไม้ทดลองที่มีปริมาณสมมูลกรดบอริกอยู่ในเนื้อไม้ตั้งแต่ 0.35 เปอร์เซ็นต์ สามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 8.4 เปอร์เซ็นต์ และที่ปริมาณสมมูลกรดบอริกอยู่ในเนื้อไม้ตั้งแต่ 0.35 เปอร์เซ็นต์ พบว่า ปลวกจะตาย 100 เปอร์เซ็นต์ ในเวลา 3 สัปดาห์ และภายหลังการทดสอบในพื้นที่ธรรมชาติโดยไม่มีการชะล้างด้วยยาออกจากเนื้อไม้ เป็นเวลา 162 วัน พบว่า ไม้ที่มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ 0.22 เปอร์เซ็นต์ (0.80 กก./ลบ.ม.) 0.65 เปอร์เซ็นต์ (2.40 กก./ลบ.ม.) 0.73 เปอร์เซ็นต์ (2.72 กก./ลบ.ม.) และ 1.02 เปอร์เซ็นต์ (3.84 กก./ลบ.ม.) มีอัตราการสูญเสียน้ำหนัก 60.2 เปอร์เซ็นต์ 13.6 เปอร์เซ็นต์ 16.9 เปอร์เซ็นต์ และ 2.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Grace and Yamamoto (1994) ได้ใช้สารประกอบโบรอนเพื่อป้องกันการทำลายของปลวกใต้ดินชนิด *Coptotermes formosanus* โดยทดลองใช้ Disodium octaborate tetrahydrate ในการอาบน้ำยาไม้ดักลาสเฟอร์ ด้วยกรรมวิธีใช้แรงดัน (pressure process) ที่มีปริมาณตัวยาในเนื้อไม้ 0 เปอร์เซ็นต์ 0.88 เปอร์เซ็นต์ 1.23 เปอร์เซ็นต์ 1.60 เปอร์เซ็นต์ และ 2.10 เปอร์เซ็นต์ (น้ำหนักต่อน้ำหนัก) เมื่อนำไปทดสอบในพื้นที่ธรรมชาติโดยไม่มีการชะล้างด้วยยาออกจากเนื้อไม้ เป็นเวลา 40 สัปดาห์ หลังจากการทดสอบ พบว่า ไม้ทดลองมีการสูญเสียน้ำหนักที่แตกต่างกัน และไม้ทดลองที่มีปริมาณสารประกอบโบรอน 0.88 เปอร์เซ็นต์ และ 1.23 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักที่มี

ไม้แตกต่างกัน โดยในทุก ๆ 10 สัปดาห์ที่ซึ่งน้ำหนักไม้ทดลอง พบว่า มีอัตราการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 1.20-4.60 เปอร์เซ็นต์ ส่วนไม้ที่มีปริมาณสารประกอบโบรอนในเนื้อไม้เฉลี่ย 1.60 เปอร์เซ็นต์ ถึง 2.10 เปอร์เซ็นต์ ในทุก ๆ 10 สัปดาห์ที่ซึ่งน้ำหนักไม้ทดลองพบว่าการสูญเสีย น้ำหนักเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.70-1.30 เปอร์เซ็นต์ และเมื่อการทดลองเสร็จสิ้น ไม้ทดลองที่มีปริมาณ คาร์บอนประกอบโบรอนในเนื้อไม้ 0.88 เปอร์เซ็นต์ 1.23 เปอร์เซ็นต์ 1.60 เปอร์เซ็นต์ และ 2.10 เปอร์เซ็นต์ มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 10.2 เปอร์เซ็นต์ 8.7 เปอร์เซ็นต์ 3.6 เปอร์เซ็นต์ และ 2.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

Mankowski and Morrel (1993) ได้ทำการทดสอบสารประกอบโบรอนต่อการเข้าทำลาย ของปลวกไม้ชื้นชนิด *Zootermopsis augusticollis* ต่อไม้คัลลาสเฟอร์ พบว่า ไม้ทดลองที่มีปริมาณ สมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ที่ระดับ 0.19, 0.53 และ 0.84 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อนำไปทดสอบ การเข้าทำลายของปลวกเป็นระยะเวลา 5 เดือน มีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ยร้อยละ 4.61, 3.19 และ 1.86 ตามลำดับ

Williams *et al.* (1990) ได้ทดสอบประสิทธิภาพของสารประกอบโบรอนในการป้องกัน การเข้าทำลายของปลวก 2 ชนิด คือ the eastern subterranean termite (*Reticulitermes flavipes* (Kollar)) และ the Formosan subterranean termite (*Coptotermes formosus* Shiraki) ทดสอบกับ ไม้ Banak wood (*virola* spp.) ใช้สาร timbor (disodium octaborate tetrahydrate) ทำการอาบน้ำยา โดยใช้กำลังอัด (Pressure process) ในความเข้มข้นต่าง ๆ กัน ผลการทดลองการป้องกันการเข้า ทำลายของปลวกได้ดินชนิด *C. formosus* ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 7 สัปดาห์ พบว่า ไม้ทดลอง ที่มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 0.069 ขึ้นไป สามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวก ได้ดินชนิด *C. formosus* ได้ โดยมีการสูญเสียน้ำหนักเฉลี่ย 6.7 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบการรอดตาย ของปลวก ส่วนผลการทดลองการป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้ดินชนิด *R. flavipes* ในห้อง ปฏิบัติการเป็นเวลา 6 สัปดาห์ พบว่า ไม้ทดลองที่มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 0.016 ขึ้นไป สามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้ดินชนิด *R. flavipes* ได้ โดยไม้ทดลองมีการสูญเสีย น้ำหนักเฉลี่ย 9.6 เปอร์เซ็นต์ และไม่พบการรอดตายของปลวก ซึ่งผลการทดลองทั้ง 2 การทดลอง แสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนักของไม้ทดลองและเปอร์เซ็นต์การรอดตายของปลวก จะลดลงตามความเข้มข้นของปริมาณสมมูลกรดบอริก (BAE) ที่เพิ่มขึ้น

Salamet *et al.* (1989) ได้ทำการวิเคราะห์สารโบรอนในสารละลายและตัวอย่างไม้ที่ผ่านการอบน้ำยาสารโบรอน โดยใช้วิธีการ Atomic Absorption Spectrophotometer, Inductively Coupled Plasma, Colorimetric และการไทเทรตตามมาตรฐานออสเตรเลีย (Australia Standard, AS 1605) และ British Wood Preserving Association (BWPA) จากการทดลองพบว่า การวิเคราะห์สารโบรอนด้วยวิธีการ Atomic Absorption Spectrophotometer และ Inductively Coupled Plasma นั้นได้ผลการทดลองที่รวดเร็วและแม่นยำที่สุด โดยทั้งสองวิธีการนี้สามารถตรวจพบสารโบรอนที่มีความเข้มข้นต่ำ ๆ (0-60 ppm) ได้ดี ส่วนวิธี Colorimetric นั้นให้ผลการทดลองที่แม่นยำแต่ไม่เหมาะสมกับการทดลองที่มีจำนวนตัวอย่างที่มาก ส่วนวิธีการไทเทรตนั้นใช้ระยะเวลาในการทดลองที่นานและไม่เหมาะสมกับการวิเคราะห์สารโบรอนที่มีความเข้มข้นต่ำ

กรรมวิธีอบน้ำยาไม้

ธีระ (2549) ได้อธิบายไว้ว่ากรรมวิธีการอบน้ำยาไม้มียุทธวิธีด้วยกัน แต่พอจะจำแนกออกเป็นกรรมวิธีใหญ่ ๆ ได้ 2 กรรมวิธี คือ 1. การอบน้ำยาไม้อย่างง่าย เป็นกรรมวิธีที่ไม่ต้องใช้กำลังอัด (Non-Pressure Processes) 2. การอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัด (Pressure Processes)

การอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัด

การอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัดหรือที่เรียกกันทั่วไปว่า การอัดน้ำยาไม้ เป็นการอบน้ำยาโดยใช้เครื่องจักรภายในถังรูปทรงกระบอก (Cylinder) ที่ฝาปิดเปิดได้ สามารถต้านทานต่อกำลังอัด (Pressure) ได้สูง ซึ่งเรียกถังนี้ว่า ถังอัดน้ำยา (Impregnating Cylinder or Tank) ถังอัดน้ำยาจะมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางระหว่าง 1.8-2.7 เมตร ยาวตั้งแต่ 4.5 เมตรขึ้นไป นอกจากนี้ก็ประกอบด้วย ถังเก็บน้ำยา (Storage and Measuring Tank) ที่สามารถอ่านปริมาณของน้ำยาภายในถังได้ เครื่องอัด (Pressure pump) ซึ่งอาจเป็นเครื่องอัดอากาศ (Air pressure) หรือเครื่องอัดน้ำยา (Hydraulic Pump) ก็ได้ เครื่องทำสุญญากาศ (Vacuum Pump) ซึ่งบางทีก็เป็นเครื่องเดียวกันกับเครื่องอัด แต่ทำงานได้ทั้งสองอย่าง

วิธีการอบน้ำยาไม้ด้วยกำลังอัด มีอยู่ 2 วิธีด้วยกันคือ

1. การอัดน้ำยาไม้แบบเต็มเซลล์ (Full-cell Process) เป็นการอัดน้ำยาให้น้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ตามลักษณะของการนำไปใช้ประโยชน์ ให้น้ำยาเข้าไปจนเต็มช่องว่าง

ของเซลล์เนื้อไม้ และซึมเข้าไปตามผนังเซลล์ด้วย การอัดน้ำยาตามกรรมวิธีนี้เหมาะกับการอัดน้ำยาคด้วยตัวยาประเภทเกลือเคมีละลายในน้ำ ส่วนยาประเภทน้ำมันไม่เหมาะสม เพราะน้ำมันจะเยิ้มอยู่เป็นเวลานาน

2. การอัดน้ำยาไม้แบบไม่เต็มเซลล์ (Empty-cell Process) เป็นการอัดให้น้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้พอควร เพียงให้น้ำยาซึมเข้าไปในผนังเซลล์ และติดอยู่ตามผนังเซลล์ของไม้บ้างเท่านั้น ส่วนในช่องเซลล์ของเนื้อไม้ยังคงว่างอยู่ มีวิธีดำเนินงานอยู่ 2 วิธีด้วยกัน คือ วิธีของรือบิง (Rueping) และวิธีของลอว์รี (Lowry) การอัดน้ำยาตามกรรมวิธีนี้เหมาะกับการอัดน้ำยาคด้วยตัวยาประเภทน้ำมัน เพราะตัวยาจะซึมเข้าไปในเนื้อไม้ลึก แต่มีตัวยาในเนื้อไม้พอประมาณ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไม้ทดลอง

ใช้ไม้ยางพารา (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg) อายุประมาณ 30 ปี ตัดพินมาจาก
อำเภอห้วยยอด จังหวัดตรัง

2. ยาป้องกันรักษาเนื้อไม้

2.1 สารประกอบโบรอน (TIM-BOR) หรือ disodium octaborate tetrahydrate
มีส่วนประกอบของ Sodium oxide (Na_2O) ร้อยละ 14.7 Boric acid ร้อยละ 67 และน้ำร้อยละ 18.2
และสารประกอบโบรอน 1 กิโลกรัม มีกรดบอริก (Boric acid) 1.19 กิโลกรัม (Anonymous, 1984)

2.2 สารบอราแคร์ (BORA-CARE) มี Disodium octaborate tetrahydrate อยู่ร้อยละ 40
ส่วนร้อยละ 60 ที่เหลือนั้นเป็น Monoethylene glycol และ polyethylene glycol (Anonymous, 2011)

3. ปลวกที่ใช้ในการทดลอง

ปลวกใต้ดินชนิด *Coptotermes grestroi*

4. สารเคมีที่ใช้วิเคราะห์หาสารโบรอนในเนื้อไม้

- 4.1 Ascorbic acid
- 4.2 Boric acid
- 4.3 Ammonium acetate
- 4.4 Disodium EDTA
- 4.5 Glacial acetic acid
- 4.6 Azomethine-H

- 4.7 Ethyl alcohol
- 4.8 Hydrochloric เข้มข้น
- 5. สารเคมีที่ใช้ตรวจอัตราการแทรกซึมของสารโบรอน
 - 5.1 Turmeric
 - 5.2 Salicylic acid
- 6. อุปกรณ์อื่น ๆ ที่จำเป็น
 - 6.1 เครื่องเลื่อยแปรรูปไม้
 - 6.2 เครื่องอัดน้ำยาไม้โดยใช้แรงดัน
 - 6.3 เครื่องซั่ง
 - 6.4 กระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร
 - 6.5 เทอร์โมมิเตอร์
 - 6.6 เครื่องวัดความถ่วงจำเพาะน้ำยา
 - 6.7 บ่อซีเมนต์ทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร
 - 6.8 อิฐบล็อก ขนาด 20×40 เซนติเมตร
 - 6.9 เครื่อง Spectrophotometer
 - 6.10 ปีกเกอร์
 - 6.11 เตาอบ
 - 6.12 Flask
 - 6.13 น้ำกลั่น
 - 6.14 Hot plate

วิธีการ

เพื่อให้การทดลองครั้งนี้ได้ผลอย่างครบถ้วนสมบูรณ์ จึงแบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่

1. การทดลองประสิทธิภาพของสารประกอบโบรอนและสารบอราเคร์ในการป้องกันปลวกใต้ดิน
2. การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารโบรอนในเนื้อไม้
3. การตรวจหาอัตราการแทรกซึมของน้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้

1. การทดลองประสิทธิภาพของสารประกอบโบรอนและสารบอราเคร์ในการป้องกันปลวก

วางแผนการทดลอง

ทำการทดลองตามแผนการทดลองแบบสุ่มตลอดในบล็อก (Randomized complete block design, RCBD) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพและวิธีการป้องกันไม้ยางพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินโดยใช้สารประกอบโบรอน ภายใต้สภาพธรรมชาติที่ไม้ทดลองปราศจากการชะล้างของน้ำ โดยให้การทดลองครั้งนี้มี 2 วิธีการ คือ การอัดน้ำยาคัด้วยสารประกอบโบรอนและการทาคัด้วยสารบอราเคร์ โดยการอัดน้ำยาคัด้วยสารประกอบโบรอนให้มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ 5 ระดับ คือ 0.8 (พิสัย 0.75-0.85), 1.0 (พิสัย 0.95-1.05), 1.2 (พิสัย 1.15-1.25), 1.4 (พิสัย 1.35-1.45) และ 1.6 (พิสัย 1.55-1.65) และการทาคัด้วยสารบอราเคร์ผสมน้ำ 3 ระดับ คือ 1:1, 1:2 และ 1:3 ระยะเวลาในการทดลอง คือ 6 เดือน (ธันวาคม 2552 ถึง พฤษภาคม 2553) และ 12 เดือน (ธันวาคม 2552 ถึง พฤศจิกายน 2553) จำนวนทั้งหมด 16 ทรีทเมนต์ และไม้ทดลองที่ไม่ได้อาบน้ำยาเป็นไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ 2 ทรีทเมนต์ รวมทั้งหมด 18 ทรีทเมนต์ โดยแต่ละทรีทเมนต์มีจำนวนซ้ำ 5 ซ้ำ

การเตรียมไม้ทดลองสำหรับการอบน้ำยาสารประกอบโบรอน

1. เตรียมไม้ยาวพาราวขนาด $5.0 \times 10.0 \times 2.5$ เซนติเมตร (ตามภาพที่ 2)
2. เตรียมสารประกอบโบรอน (TIM-BOR)
3. นำไม้ทดลองที่เตรียมไว้มาอบน้ำยาตามกรรมวิธีการอัดแบบเต็มเซลล์ (Full-cell process) ด้วยสารประกอบโบรอน (TIM-BOR) ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ธีระ, 2549)
 - 3.1 นำไม้ทดลองที่เตรียมไว้ไปชั่งหาน้ำหนักไม้ก่อนการอบน้ำยาแล้วบันทึก
 - 3.2 เรียงไม้ทดลองใส่ในถังอัดน้ำยา ทำสุญญากาศขั้นต้น (Initial Vacuum) -0.84 bars หรือ 635 มิลลิเมตรปรอท หรือ 24-26 นิ้วปรอท นาน 15-60 นาที
 - 3.3 เติมน้ำยาเข้ากองไม้ (Flooding)
 - 3.4 ใช้แรงอัด (Pressure Period) 150-200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (psi) นาน 1-2 ชั่วโมง แล้วปล่อยน้ำยาออกจากถัง
 - 3.5 ทำสุญญากาศขั้นสุดท้าย (Final Vacuum) -0.84 bars หรือ 635 มิลลิเมตรปรอท หรือ 24-26 นิ้วปรอท นาน 10-15 นาที
 - 3.6 นำไม้ทดลองออกจากถังอัดน้ำยามาสิ่งให้หมาด ชั่งน้ำหนักขณะหมาด เป็นน้ำหนักไม้ภายหลังการอบน้ำยา แล้วบันทึกผล
 - 3.7 นำไม้ตัวอย่างมาคำนวณหาปริมาณด้วยาแห้งในเนื้อไม้ในเนื้อไม้ดังนี้

$$\text{NDSR (kg/m}^3\text{)} = \frac{C \times V}{100}$$

3.8 นำค่าปริมาณตัวยาแห้งในเนื้อไม้ในเนื้อไม้มาคำนวณหาปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ดังนี้ (ธีระ, 2553)

$$\%BAE \text{ ในเนื้อไม้} = \frac{NDSR \text{ (kg/m}^3\text{)} \times \%BAE \text{ ของตัวยา}}{\text{ความหนาแน่นของไม้}}$$

โดย	NDSR	คือ	ปริมาณตัวยาแห้งที่เข้าไปในเนื้อไม้ (กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร)
	C	คือ	ความเข้มข้นของตัวยา (%)
	V	คือ	ปริมาณน้ำยาที่ใช้ (ลิตร/ลูกบาศก์เมตร)
	BAE	คือ	ปริมาณสมมูลกรดบอริก

4. เมื่อเตรียมไม้ทดลองที่ผ่านการอบน้ำยาสารประกอบโบรอนแล้ว นำไม้ทดลองที่ได้ไปทดลอง 3 การทดลองดังนี้

4.1 การทดลองประสิทธิภาพในการป้องกันปลวก

4.2 การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารโบรอนในเนื้อไม้

4.3 การตรวจหาอัตราการแทรกซึมของน้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้

เตรียมไม้ทดลองสำหรับการทดสอบบอราแคร์

1. เตรียมไม้ยาวพารายขนาด 5.0×10.0×2.5 เซนติเมตร

2. เตรียมสารบอราแคร์ (BORA-CARE) ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3

3. นำไม้ทดลองที่เตรียมไว้มาทดสอบบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วนต่าง ๆ ที่เตรียมไว้ เมื่อไม้ทดลองแห้งแล้วทำซ้ำอีกครั้ง เพื่อให้ตัวยาแทรกซึมเข้าไปในเนื้อไม้ได้ดี

4. เมื่อเตรียมไม้ทดลองที่ผ่านการทดสอบบอราแคร์แล้ว นำไม้ทดลองที่ได้ไปทดลอง 2 การทดลอง ดังนี้

4.1 การทดลองประสิทธิภาพในการป้องกันปลวก

4.2 การตรวจหาอัตราการแทรกซึมของน้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้

การทดสอบประสิทธิภาพของสารประกอบโบรอนในการป้องกันปลวก

1. เลือกสถานที่ทดลองที่พบว่ามีปลวกชนิด (*Coptotermes gestroi* Wasmann) เข้าทำลายอยู่ก่อนแล้ว
2. นำบ่อซีเมนต์ทรงกลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 80 เซนติเมตร สูง 60 เซนติเมตร หัวท้ายเปิด จำนวนเท่ากับจำนวนซ้ำที่จะทดสอบในแต่ละครั้ง วางในพื้นที่ที่ได้จัดเตรียมไว้ โดยมีระยะห่างแต่ละจุดเท่ากับ 1 เมตร นำชิ้นไม้ทดลองที่ผ่านการอบน้ำยาสารประกอบโบรอนและไม้ทดลองที่ทาสารบอราแคร์ซึ่งมีขนาด $5.0 \times 10.0 \times 2.5$ เซนติเมตร และชิ้นไม้ยางพาราที่ไม่ได้ใช้วัตถุอันตรายเป็นทริทเมนต์เปรียบเทียบ (control) วางลงไปบนบ่อซีเมนต์ โดยวางบนอิฐบล็อกจากโรงงานเพื่อให้อยู่ในระดับเหนือดิน ในลักษณะการทดสอบแบบไม่สัมผัสดิน (ตามภาพที่ 3)
3. นำไม้ทดลองที่ผ่านการอบน้ำยาที่เตรียมไว้ วางไว้ในกองไม้ โดยปราศจากการชะล้างของน้ำ ปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 6 เดือน และ 12 เดือน
4. ภายหลังเสร็จสิ้นการทดลองเป็นเวลา 6 เดือน และ 12 เดือน นำไม้ทดลองมาทำความสะอาด ตรวจสอบการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินบนชิ้นไม้ทดสอบเมื่อสิ้นสุดการทดสอบ
5. ประเมินการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน โดยการคำนวณค่าร้อยละพื้นที่ผิวของไม้ทดลองที่ถูกทำลาย โดยใช้ dot grid นับพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายภายหลังการทดลอง (ภาพที่ 4) และคำนวณหาร้อยละพื้นที่ผิวของไม้ที่ถูกทำลาย จากสมการ

$$\text{ร้อยละพื้นที่ผิวไม้ที่ถูกทำลาย} = \frac{\text{พื้นที่ผิวไม้ที่ถูกทำลาย} \times 100}{\text{พื้นที่ผิวไม้ทั้งหมด}}$$

ประเมินการเข้าทำลายของปลวกจากการตรวจสอบความเสียหายด้วยสายตา (Visual rate) แบ่งเป็นระดับความเสียหายโดยดัดแปลงมาจากวิธีการของ ยูพาพร (2536) ได้ดังนี้

อัตราการเข้าทำลาย (เปอร์เซ็นต์)	ความเสียหายของเนื้อไม้	ประสิทธิภาพ
0	ไม่ถูกทำลาย	ดี (good)
0-10	สังเกตการทำลายได้ยาก	น่าพึงพอใจ (satisfactory)
10-35	ทำลายผิวหน้าไม้	ไม่ยอมรับ (unacceptable)
35-80	ทำลายภายในเนื้อไม้ปานกลาง	ไม่ยอมรับ (unacceptable)
80-100	ทำลายในเนื้อไม้อย่างรุนแรง	ไม่ยอมรับ (unacceptable)

แนวทางในการพิจารณา

ต้องสามารถป้องกันไม้ได้ในเกณฑ์ ดี หรือ น่าพึงพอใจ คือ พบความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของปลวกบนชิ้นไม้ทดสอบ (ไม้ยางพารา) ในทริทเมนต์ที่ผ่านการอบน้ำยาไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ และพบการเข้าทำลายชิ้นไม้ทดสอบ (ไม้ยางพารา) ในทริทเมนต์ควบคุม (control) ไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองได้แก่ ค่าร้อยละของพื้นที่ผิวหน้าไม้ที่ถูกทำลาย นำไปวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance) และทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยตามวิธีการ Duncan's multiple range test (อนันต์ชัย, 2535)



ภาพที่ 2 แสดงชิ้นไม้ทดลองยางพารา

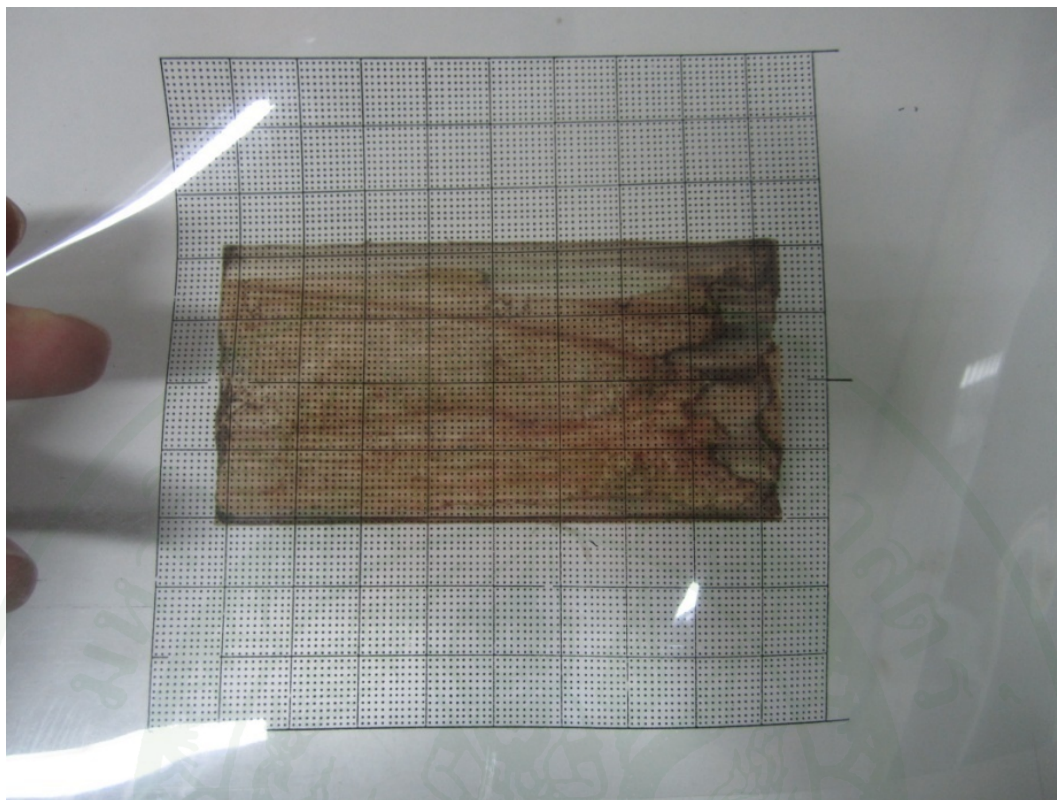


(1)



(2)

ภาพที่ 3 แสดงพื้นที่ที่ใช้การทดสอบ (1) และการทดสอบประสิทธิภาพของสารประกอบ
โบรอนและสารบอราแมร์ในการป้องกันปลวกภายใต้สภาพธรรมชาติ โดยปราศจาก
การชะล้าง (2)



ภาพที่ 4 แสดงการตรวจวัดพื้นที่ผิวไม้ทดลองที่ถูกทำลาย โดยใช้ dot grid นับพื้นที่ผิวที่ถูกทำลาย ภายหลังการทดลอง

2. การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารโบรอนในเนื้อไม้

การตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสาร โบรอนในเนื้อไม้ได้ปฏิบัติตามมาตรฐานสหราชอาณาจักร (British Standard, BS 5688)

2.1 การเตรียม Unknown

นำไม้ทดลองที่ได้จากการเตรียมในข้อที่ 1.2 มาย่อยเป็นชิ้นเล็ก ๆ ดังภาพที่ 5 แล้ว นำเข้าเตาอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักไม้คงที่ นำชิ้นไม้ใส่ลงใน flask หลังจากนั้น ชั่งน้ำหนักให้ได้ประมาณ 2 กรัม (บันทึกน้ำหนัก) เติมน้ำกลั่น 75-100 มิลลิลิตร แล้วชั่งน้ำหนัก (บันทึกน้ำหนัก) หลังจากนั้นติดตั้ง flask ลงบน Hot plate ดังภาพที่ 7 แล้วค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิ เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบ 30 นาที นำ flask ออกจากเครื่อง รอจนเย็น

2.2 การเตรียม Standard Boron Solutions : 100 ppm boron

ชั่ง boric acid 0.5715 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วนำไปเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนได้ปริมาตร 1000 มิลลิลิตร

2.3 การเตรียม Buffer Solution

ชั่ง ammonium acetate 250 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 400 มิลลิลิตร แล้วเติม disodium EDTA 15 กรัม หลังจากนั้นเติม glacial acetic acid 125 มิลลิลิตร (131 กรัม) เขย่าให้เข้ากัน

2.4 การเตรียม Azomethine-H Reagent

ชั่งกรด ascorbic 1 กรัม และ azomethine-H 0.45 กรัม ใส่ลงใน flask ขนาด 100 มิลลิลิตร แล้วละลายสารทั้งสองในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

2.5 Reagent Blank

นำสารละลาย Standard Boron Solutions ปริมาณ 2, 4, 8 และ 10 มิลลิลิตร ใส่ลงใน volumetric flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ 100 มิลลิลิตร นำสารละลายที่ได้มา ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร ดังภาพที่ 8 แล้วเติมน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร หลังจากนั้นเติมสารละลาย Azomethine-H Reagent ที่เตรียมไว้ปริมาณ 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที แล้วนำเข้าเครื่อง Spectrophotometer อ่านค่า absorption ที่ 420 nm บันทึกค่าที่อ่านได้แล้วนำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นและค่า absorption

2.6 การหาปริมาณสารโบรอนจากขั้นตอนทดสอบ

นำ unknown มา 2 กรัม เจือจางน้ำ 10 เท่า (บันทึกน้ำหนักของ unknown และน้ำหนักน้ำ) นำสารละลายที่ได้มา 1 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ขนาด 50 มิลลิลิตร แล้วเติม Buffer Solution 1 มิลลิลิตร และ Azomethine-H Reagent 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ 30 นาที หลังจากนั้นนำสารละลายที่ได้เข้าเครื่อง Spectrophotometer แล้วอ่านค่า absorption ที่ 420 nm แล้วบันทึกค่า นำค่าที่ได้มา

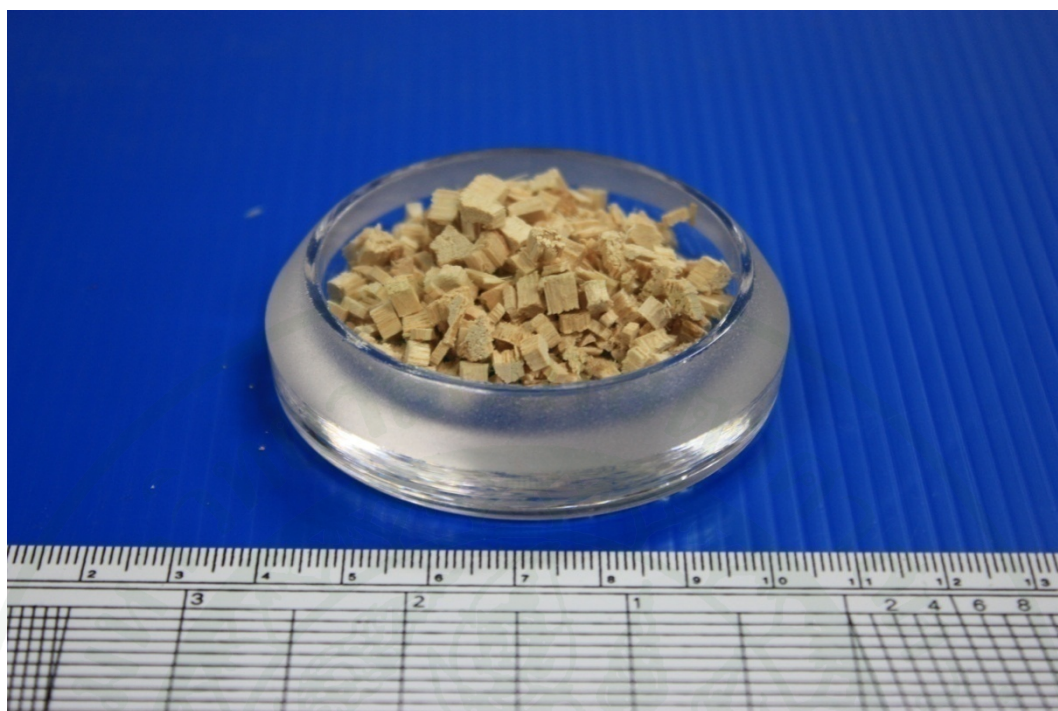
เปรียบเทียบกับค่าที่อ่านได้จาก Reagent Blank แล้ว converse กลับมาหาความเข้มข้นของโบรอน
ดังนั้น จึงคำนวณหาค่า %BAE ได้จากสมการ

$$\%BAE = \frac{W_{\text{water}}}{W_{\text{sample}}} \times \text{conc.} \times 0.0005715 \times \frac{W'_{\text{water}}}{W'_{\text{sample}}}$$

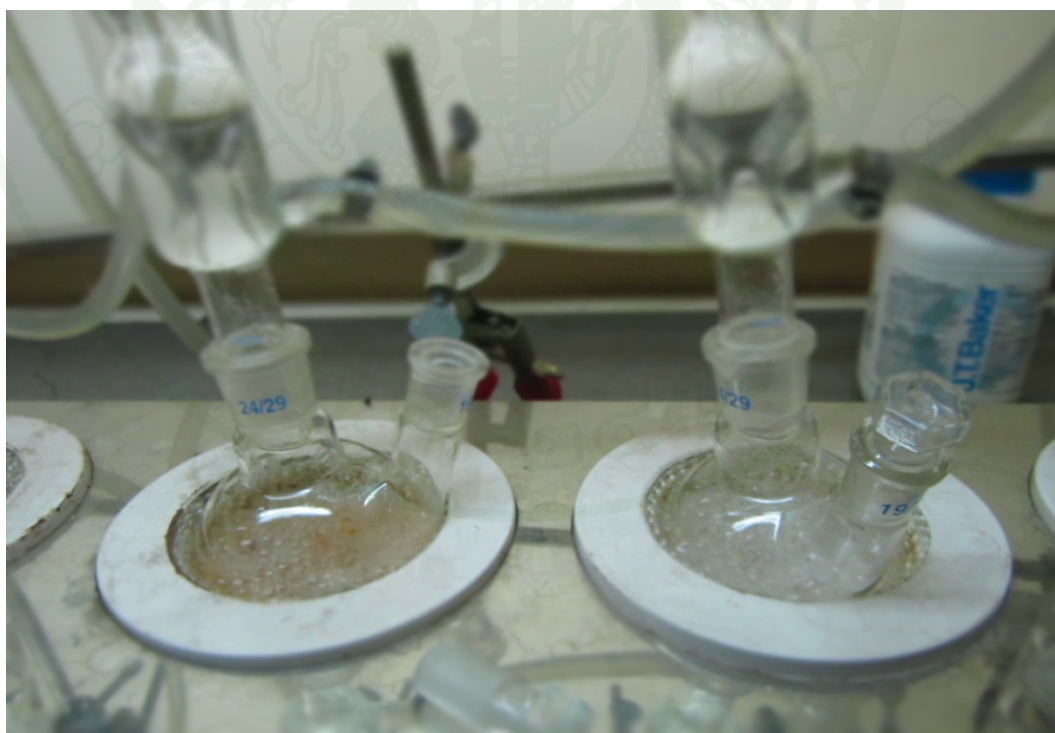
โดย	W_{water}	คือ	น้ำหนักของน้ำที่ชั่งได้ก่อนการทดสอบ (กรัม)
	W_{sample}	คือ	น้ำหนักของชิ้นไม้ที่ชั่งได้ก่อนการทดสอบ (กรัม)
	W'_{water}	คือ	น้ำหนักของน้ำที่เจือจาง (กรัม)
	W'_{sample}	คือ	น้ำหนักของ unknown (กรัม)
	Conc.	คือ	ความเข้มข้นของ unknown ที่หาได้จากกราฟ

2.7 การเปรียบเทียบ

ร้อยละของปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้จากการวิเคราะห์กับปริมาณสมมูลกรด
บอริกจากการคำนวณ โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของร้อยละของปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้
จากการวิเคราะห์กับร้อยละของปริมาณสมมูลกรดบอริกจากการคำนวณ (ฉัตรศิริ, 2548)



ภาพที่ 5 การเตรียมตัวอย่างไม้ในการทดลองหาสารโบรอนในเนื้อไม้



ภาพที่ 6 แสดงการสกัดสารประกอบโบรอนจากเนื้อไม้

3. การตรวจหาอัตราการแทรกซึมของน้ำยาเข้าไปในเนื้อไม้

3.1 เตรียมไม้ตัวอย่างที่เตรียมไว้ นำมาเลื่อยบริเวณกึ่งกลางของไม้ตัวอย่าง

3.2 เตรียมสารละลาย A และสารละลาย B โดยที่สารละลาย A เตรียมจากการสกัด Turmeric 10 กรัม ด้วย Ethyl alcohol 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 6-8 ชั่วโมง จากนั้นนำมากรองจะได้สารละลายสีเหลืองใส ส่วนสารละลาย B เตรียมจากกรด Hydrochloric เข้มข้น 20 มิลลิลิตร เจือจางด้วย Ethyl alcohol ให้ได้ 100 มิลลิลิตร แล้วทำให้อิ่มตัวด้วยกรด Salicylic ได้สารละลายใสไม่มีสี ดังภาพที่ 8

3.3 นำสารละลาย A พ่นหรือทา ลงที่หน้าตัดไม้ที่ถูกตัดบริเวณกึ่งกลางไม้ ทิ้งไว้ให้แห้ง 3-5 นาที ดังภาพที่ 9

3.4 นำสารละลาย B ทาลงไป จะทำให้เกิดเป็นสีแดงสด (Bright red) ในบริเวณที่มีตัวยา สารประกอบโบรอนและสารบอราแคร์แทรกซึมเข้าไป ดังภาพที่ 9

สถานที่และระยะเวลาทำการวิจัย

สถานที่ที่ใช้ในการทำวิจัย คือ บริเวณศูนย์ส่งเสริมพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีการใช้ประโยชน์ไม้ขนาดเล็กและของป่า จังหวัดราชบุรี สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ และภาควิชาวนผลิตภัณฑ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ระยะเวลาในการทำวิจัยเริ่มตั้งแต่เดือนตุลาคม พ.ศ. 2552 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2553 รวมระยะเวลาในการทำวิจัยทั้งสิ้นประมาณ 14 เดือน



ภาพที่ 7 แสดงลักษณะสีของสารละลาย Turmeric (A) และสารละลาย Salicylic (B)



(1)



(2)

ภาพที่ 8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อหยดสารละลาย Turmeric (A) แล้วผิวไม้ทดลองจะเป็นสีเหลือง (1) และเมื่อหยดสารละลาย Salicylic (B) แล้วผิวไม้ทดลองจะเป็นสีแดงสด ในบริเวณที่มี สารประกอบโบรอนแทรกซึม (2)

ผลและวิจารณ์

ผล

1. การศึกษาประสิทธิภาพของสารประกอบโบรอนและสารบอราเคร์ในการป้องกันปลวก

การทดลองหาประสิทธิภาพของไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนและไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราเคร์ผสมน้ำต่อการเข้าทำลายของปลวกได้ดิน ภายใต้สภาพธรรมชาติที่ปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ โดยนำไม้ทดลองไปวางในแปลงทดลองที่เตรียมไว้เป็นเวลา 6 เดือน และ 12 เดือน ผลการทดลองแสดงเป็นค่าเฉลี่ยพื้นที่ผิวของไม้ทดลองที่ถูกปลวกได้ดินทำลายคิดเป็นร้อยละ

1.1 ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 ในช่วงระยะเวลาการทดลอง 6 เดือน พบว่า ไม้ทดลองมีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 2, 0 (ยังไม่พบการเข้าทำลาย), 0 (ยังไม่พบการเข้าทำลาย), 2 และ 4 ตามลำดับ (ตามตารางที่ 1)

1.2 ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราเคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 ในช่วงระยะเวลาการทดลอง 6 เดือน พบว่า ไม้ทดลองมีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 2, 0 (ยังไม่พบการเข้าทำลาย) และ 2 ตามลำดับ (ตามตารางที่ 1)

1.3 ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 ในช่วงระยะเวลาการทดลอง 12 เดือน พบว่า ไม้ทดลองมีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 33, 17, 10, 4 และ 2 ตามลำดับ (ตามตารางที่ 2)

1.4 ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราเคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 ในช่วงระยะเวลาการทดลอง 12 เดือน พบว่า ไม้ทดลองมีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 4, 13 และ 21 ตามลำดับ (ตามตารางที่ 2)

1.5 ไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบที่ไม่ได้รับการอาบน้ำ ในช่วงระยะเวลา 6 เดือน และ 12 เดือน พบว่า ไม้ทดลองมีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 12.5 และ 73 ตามลำดับ (ตามตารางที่ 1 และ 2)

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายของไม้ทดลองในระยะเวลา 6 เดือน หลังการทดลอง ในสภาพธรรมชาติที่ปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ

สารเคมี	ปริมาณตัวยาแห้ง ในเนื้อไม้เฉลี่ย (กก./ลบ.ม)	ปริมาณสมมูลกรดบอริก จากการคำนวณเฉลี่ย (%BAE)	พื้นที่ผิวที่ถูก ทำลาย (เปอร์เซ็นต์)
สารประกอบโบรอน	4.816	0.8	2
สารประกอบโบรอน	5.910	1.0	0
สารประกอบโบรอน	6.940	1.2	0
สารประกอบโบรอน	8.124	1.4	2
สารประกอบโบรอน	9.230	1.6	4
สารบอราแคร์ผสมน้ำ (1:1)	-	-	2
สารบอราแคร์ผสมน้ำ (1:2)	-	-	0
สารบอราแคร์ผสมน้ำ (1:3)	-	-	2
Control	-	-	12.5

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายของไม้ทดลองในระยะเวลา 12 เดือน หลังการทดลอง
ในสภาพธรรมชาติที่ปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ

สารเคมี	ปริมาณตัวยาแห้ง ในเนื้อไม้เฉลี่ย (กก./ลบ.ม)	ปริมาณสมมูลกรดบอริก จากการคำนวณเฉลี่ย (%BAE)	พื้นที่ผิวที่ถูก ทำลาย (เปอร์เซ็นต์)
สารประกอบโบรอน	4.788	0.8	33
สารประกอบโบรอน	5.803	1.0	17
สารประกอบโบรอน	7.166	1.2	10
สารประกอบโบรอน	8.448	1.4	4
สารประกอบโบรอน	9.466	1.6	2
สารบอราแครฟสมน้ำ (1:1)	-	-	4
สารบอราแครฟสมน้ำ (1:2)	-	-	13
สารบอราแครฟสมน้ำ (1:3)	-	-	21
Control	-	-	73

เมื่อวิเคราะห์ความแปรปรวนและเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ผิวที่ถูกทำลาย
โดยแยกการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ช่วง

1. ในช่วง 6 เดือนแรกของการทดสอบในสภาพธรรมชาติโดยปราศจากการชะล้างของน้ำ
เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายของไม้ทดลองที่อัด
น้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ระดับต่าง ๆ และไม้ทดลองที่ทำ
ด้วยสารบอราแครฟสมน้ำที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน พบว่า แปลงทดลองไม่มีผลใดๆต่อความแตกต่าง
ในการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินและค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายของไม้ทดลอง
ในช่วงระยะเวลา 6 เดือนนั้นไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ (ตามตารางภาคผนวกที่ 1)

2. เมื่อครบระยะเวลา 1 ปี ของการทดสอบในสภาพธรรมชาติโดยปราศจากการชะล้าง
ของน้ำ เมื่อนำมาวิเคราะห์ความแปรปรวนค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายของไม้
ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ระดับต่าง ๆ และ
ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแครฟสมน้ำที่อัตราส่วนต่าง ๆ กัน พบว่า แปลงทดลองไม่มีผลใด ๆ ต่อ
ความแตกต่างในการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินและค่าเฉลี่ยความเสียหายของพื้นที่ผิวที่ถูกทำลาย

ของไม้ทดลองในช่วงระยะเวลา 12 เดือน มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตามตารางผนวกที่ 2) และเมื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยของความเสียหายของพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายของไม้ทดลองโดยวิธี Duncan's multiple range test (ตามตารางที่ 3) ผลปรากฏว่า

2.1 ไม้ทดลองที่อัดน้ำด้วยสารประกอบโบรอนที่มีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายน้อยที่สุด คือ ไม้ทดลองที่อัดน้ำด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.6 ซึ่งค่าความเสียหายของพื้นที่ผิวไม้แตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่อัดน้ำด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.4 ที่มีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 2 และ 4 ตามลำดับ ส่วนไม้ทดลองที่อัดน้ำด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.2 ที่มีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 10 ซึ่งค่าความเสียหายของพื้นที่ผิวไม้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่อัดน้ำด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.0 และ 0.8 ที่มีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 17 และ 33 ตามลำดับ นอกจากนี้ไม้ทดลองที่อัดน้ำด้วยสารประกอบโบรอนที่มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.6 และ 1.4 มีค่าความเสียหายของพื้นที่ผิวแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) กับไม้ทดลองที่อัดน้ำด้วยสารประกอบโบรอนที่มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.2, 1.0 และ 0.8

2.2 ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำที่มีพื้นที่ผิวถูกทำลายมีความเสียหายน้อยที่สุด คือ ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 มีพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 4 ส่วนไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:2 มีพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 13 ซึ่งค่าความเสียหายของพื้นที่ผิวไม้แตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:3 ซึ่งมีพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 21 นอกจากนี้ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 มีค่าความเสียหายของพื้นที่ผิวแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 และ 1:2

2.3 ไม้ทดลองที่อัดน้ำด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.6 และ 1.4 มีค่าความเสียหายของพื้นที่ผิวไม้ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 ส่วนไม้ทดลองที่อัดน้ำด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.2, 1.0 และ 0.8 มีค่าความเสียหาย

ของพื้นที่ผิวไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:2 และ 1:3

2.4 ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนและไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำนั้นมีความแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ (Control)

เมื่อทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนของวิธีการอาบน้ำยาป้องกันรักษาไม้ยางพารา ระหว่างวิธีการอัดด้วยสารประกอบโบรอนและวิธีการทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำ พบว่า ไม้ทดลองที่อัดด้วยสารประกอบโบรอนมีค่าความเสียหายของพื้นที่ผิวไม่แตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ (ตามตารางภาคผนวกที่ 3)

ตารางที่ 3 แสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ของค่าเฉลี่ยความเสียหายของผิวไม้ทดลองอาบน้ำยาสารประกอบโบรอนและสารบอราแคร์ ในสภาพธรรมชาติโดยปราศจากการชะล้างด้วยน้ำเป็นระยะเวลา 12 เดือน ($P \leq 0.01$)

ลำดับ ที่	สารเคมี	ปริมาณสมมูลกรดบอริก จากการคำนวณเฉลี่ย	พื้นที่ผิวที่ถูกทำลาย (เปอร์เซ็นต์)*	SD
1	สารประกอบโบรอน	1.6	2.00 ก	2.191
2	สารประกอบโบรอน	1.4	4.00 ก	2.490
3	สารบอราแคร์ผสมน้ำ (1:1)	-	4.00 ก	6.496
4	สารประกอบโบรอน	1.2	10.00 ข	9.839
5	สารบอราแคร์ผสมน้ำ (1:2)	-	13.00 ข	10.262
6	สารประกอบโบรอน	1.0	17.00 ข	24.648
7	สารบอราแคร์ผสมน้ำ (1:3)	-	21.00 ข	20.433
8	สารประกอบโบรอน	0.8	33.00 ข	28.416
9	Control	-	73.00 ค	33.461

C.V. = 88.9%

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ



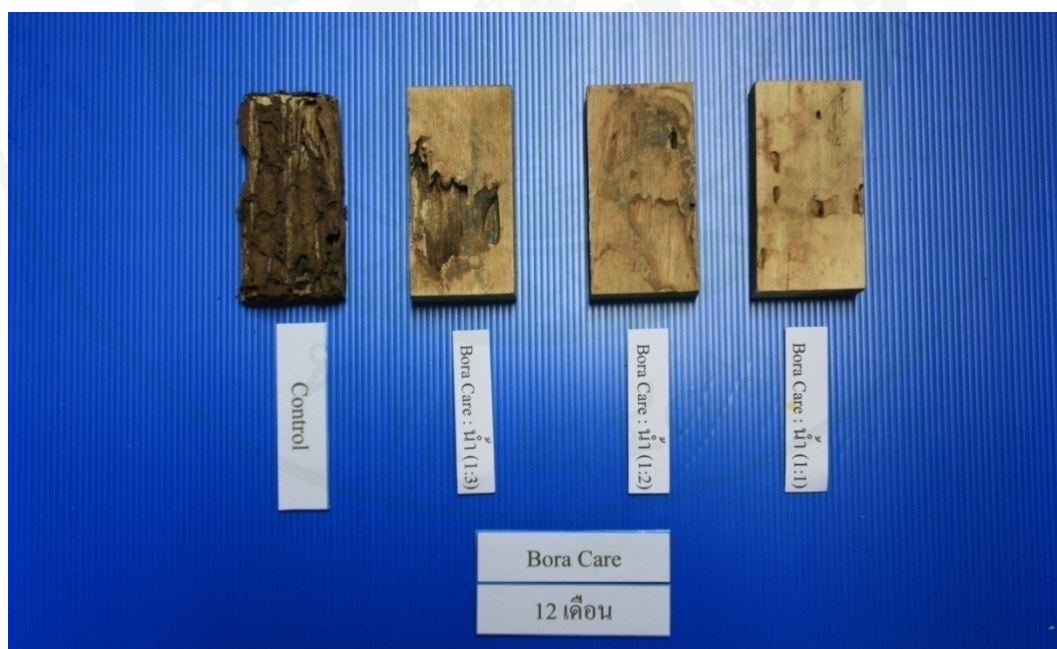
ภาพที่ 9 แสดงสภาพไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ (Control) และไม้ทดลองที่อัดด้วยสารประกอบโบรอน ภายหลังการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 10 แสดงสภาพไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ (Control) และไม้ทดลองที่อัดด้วยสารประกอบโบรอน ภายหลังการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 1 ปี



ภาพที่ 11 แสดงสภาพไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ (Control) และไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ ภายหลังการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 6 เดือน



ภาพที่ 12 แสดงสภาพไม้ทดลองชุดเปรียบเทียบ (Control) และไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ ภายหลังการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ เป็นระยะเวลา 1 ปี

2. การศึกษาหาปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้

จากการทดลองหาปริมาณสมมูลกรดบอริกในห้องปฏิบัติการ โดยใช้ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกที่ระดับต่าง ๆ ผลการทดลองปรากฏดังนี้

2.1 ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 0.8 เมื่อวิเคราะห์สารประกอบโบรอนในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 0.913 และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้ T-test พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากห้องปฏิบัติการนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 0.8 (ตามตารางที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 4)

2.2 ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.0 เมื่อวิเคราะห์สารประกอบโบรอนในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 0.920 และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้ T-test พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากห้องปฏิบัติการนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.0 (ตามตารางที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 4)

2.3 ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.2 เมื่อวิเคราะห์สารประกอบโบรอนในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 1.043 และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้ T-test พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากห้องปฏิบัติการนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.2 (ตามตารางที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 4)

2.4 ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.4 เมื่อวิเคราะห์สารประกอบโบรอนในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 1.193 และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้ T-test พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากห้องปฏิบัติการนั้นแตกต่างกันทางสถิติกับปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.4 (ตามตารางที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 4)

2.5 ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.6 เมื่อวิเคราะห์สารประกอบโบรอนในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีค่าเฉลี่ยของปริมาณ

สมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 1.727 และเมื่อเปรียบเทียบทางสถิติโดยใช้ T-test พบว่า ค่าเฉลี่ยที่ได้จากห้องปฏิบัติการนั้นไม่แตกต่างกันทางสถิติกับปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.6 (ตามตารางที่ 4 และตารางภาคผนวกที่ 4)

ตารางที่ 4 ผลการทดลองการตรวจวิเคราะห์หาปริมาณสารโบรอนในเนื้อไม้

สารเคมี	ปริมาณสมมูลกรดบอริกที่ได้ จากคำนวณโดยเฉลี่ย (%BAE)	ผลการวิเคราะห์ปริมาณ สารโบรอนโดยเฉลี่ย (%BAE)
สารประกอบโบรอน	0.8	0.913
สารประกอบโบรอน	1.0	0.920
สารประกอบโบรอน	1.2	1.043
สารประกอบโบรอน	1.4	1.193
สารประกอบโบรอน	1.6	1.727

3. การศึกษาอัตราการแทรกซึมของสารประกอบโบรอนและสารบอราเคร์ในเนื้อไม้

ในการศึกษาอัตราการแทรกซึมของไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนที่มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ระดับต่าง ๆ และไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราเคร์ในอัตราส่วนต่าง ๆ ผลปรากฏว่า

3.1 ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 หลังจากการทดสอบการแทรกซึมของสารประกอบโบรอนพบว่า ตัวยามีอัตราการแทรกซึมเฉลี่ยร้อยละ 100, 100, 100, 100 และ 100 (ตัวยาแทรกซึมเต็มพื้นที่หน้าตัดของไม้ทดลอง) ตามลำดับ (ตามตารางที่ 5)

3.2 ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราเคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3 หลังจากการทดสอบการแทรกซึมของสารบอราเคร์ พบว่า ตัวยามีอัตราการแทรกซึมเฉลี่ยร้อยละ 69.33, 79.13 และ 58.47 ตามลำดับ (ตามตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยของอัตราการแทรกซึมของสารประกอบโบรอนและสารบอราแควร์

สารเคมี	ปริมาณสมมูล กรดบอริกจาก การคำนวณเฉลี่ย	ปริมาณตัวยาในเนื้อไม้ เฉลี่ย (kg/m ³)	อัตราการแทรกซึม เฉลี่ย (เปอร์เซ็นต์)
สารประกอบโบรอน	0.8	4.88	100
สารประกอบโบรอน	1.0	5.70	100
สารประกอบโบรอน	1.2	7.11	100
สารประกอบโบรอน	1.4	8.36	100
สารประกอบโบรอน	1.6	9.41	100
สารบอราแควร์ผสมน้ำ (1:1)	-	-	69.33
สารบอราแควร์ผสมน้ำ (1:2)	-	-	79.13
สารบอราแควร์ผสมน้ำ (1:3)	-	-	58.47

จากการวิเคราะห์ค่าความแปรปรวนของค่าเฉลี่ยอัตราการแทรกซึมของตัวยาในไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนและไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแควร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการแทรกซึมของไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ระดับต่าง ๆ กัน และไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแควร์ผสมน้ำในอัตราส่วนต่าง ๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางผนวกที่ 5) และเมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test พบว่า ค่าเฉลี่ยของอัตราการแทรกซึมของตัวยามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P \leq 0.01$) (ตารางที่ 5)

1. ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนที่มีอัตราการแทรกซึมของตัวยามากที่สุด คือ ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกโดยเฉลี่ยร้อยละ 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 มีค่าเฉลี่ยอัตราการแทรกซึมของตัวยาที่เท่ากัน คือ ร้อยละ 100 หรือมีการแทรกซึมของตัวยาเต็มพื้นที่หน้าตัด ซึ่งมีค่าอัตราการแทรกซึมของตัวยาที่ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

2. ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแควร์ผสมน้ำที่มีอัตราการแทรกซึมมากที่สุด คือ ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแควร์ผสมน้ำอัตราส่วน 1:2 มีอัตราการแทรกซึมร้อยละ 79.13 ซึ่งมีค่าอัตราการแทรกซึมแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแควร์ผสมน้ำอัตราส่วน 1:1 และ

ไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร้ผสมน้ำอัตราส่วน 1:3 มีอัตราการแทรกซึมร้อยละ 69.33 และ 58.47 ตามลำดับ ส่วนไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร้ผสมน้ำอัตราส่วน 1:1 ซึ่งมีอัตราการแทรกซึมแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร้ผสมน้ำอัตราส่วน 1:3

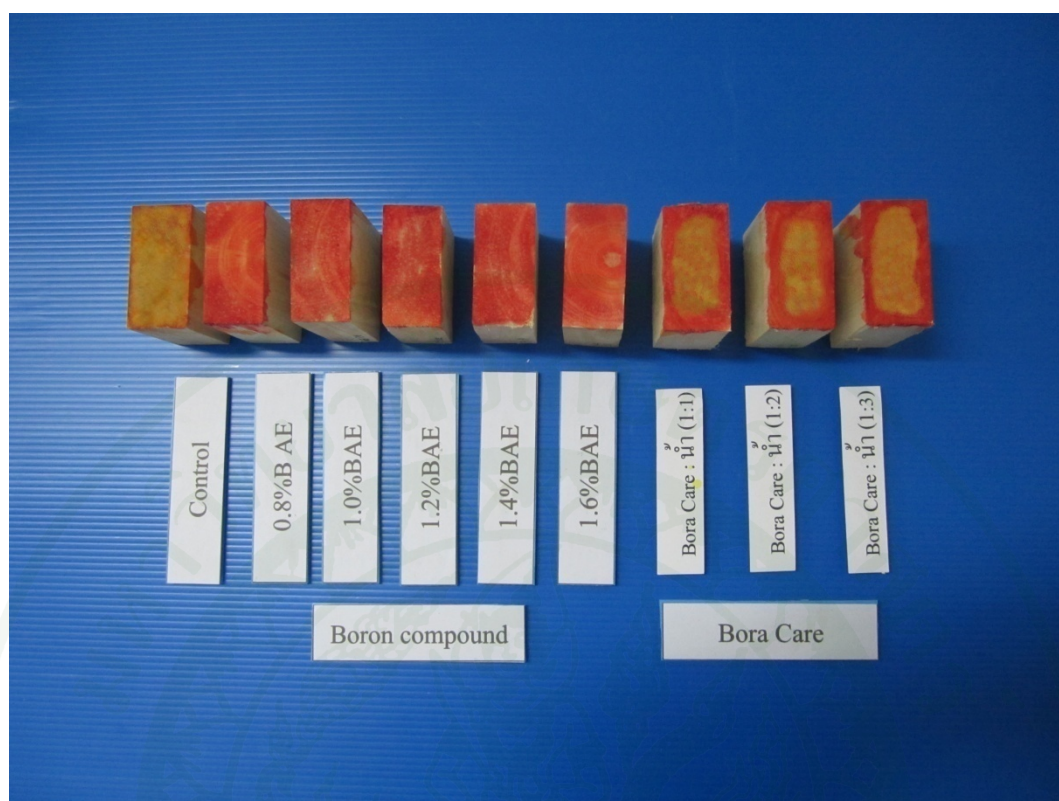
3. ไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกเฉลี่ยร้อยละ 0.8, 1.0, 1.2, 1.4 และ 1.6 มีความแตกต่างกันทางสถิติกับไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร้ผสมน้ำอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 1:3

ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test ของค่าเฉลี่ยของอัตราการแทรกซึมของของดวยาในไม้ทดลองอาบด้วยยาสารประกอบโบรอนและสารบอราแคร้ ($P \leq 0.01$)

สารเคมี	ปริมาณสมมูลกรดบอริกจากการคำนวณเฉลี่ย	อัตราการแทรกซึมโดยเฉลี่ย	SD
สารบอราแคร้ผสมน้ำ (1:3)		58.47 ก	18.13
สารบอราแคร้ผสมน้ำ (1:1)		69.33 ข	8.33
สารบอราแคร้ผสมน้ำ (1:2)		79.13 ค	3.78
สารประกอบโบรอน	0.8	100.00 ง	0
สารประกอบโบรอน	1.0	100.00 ง	0
สารประกอบโบรอน	1.2	100.00 ง	0
สารประกอบโบรอน	1.4	100.00 ง	0
สารประกอบโบรอน	1.6	100.00 ง	0

C.V. = 7.88%

* ค่าเฉลี่ยที่มีอักษรเหมือนกัน หมายถึง มีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ



ภาพที่ 13 แสดงการเปรียบเทียบอัตราการแทรกซึมของสารประกอบโบรอนและสารบอราแคร์
ในเนื้อไม้

วิจารณ์

1. จากการทดลองประสิทธิภาพและวิธีการป้องกันไม้อย่างพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินภายใต้สภาพธรรมชาติโดยปราศจากการชะล้างของน้ำ พบว่า ไม้อย่างพาราที่อัดด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 1.4 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินได้ ซึ่งแตกต่างกับการทดลองของ Grace และ Yamamoto (1994) และการทดลองของ Grace และคณะ (1992) ซึ่งผลการทดลองพบว่า ไม้ดักลาสเฟอร์ที่มีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 1-1.18 นั้นสามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกชนิด *Coptotermes formosanus* ได้ แต่ในการทดลองการทดลองครั้งนี้ใช้ไม้อย่างพาราเป็นไม้ทดลองและปลวกที่ใช้ทดลองเป็นปลวกใต้ดินชนิด *Coptotermes gestroi* และสภาพธรรมชาติที่ใช้ในการทดลองของแต่ละภูมิภาคนั้นแตกต่างกัน จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้ปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้และอัตราการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินแตกต่างกัน

2. จากการวิเคราะห์หาสารโบรอนในเนื้อไม้จากห้องปฏิบัติการนั้นพบว่า ค่าเฉลี่ยของปริมาณสมมูลกรดบอริกที่ได้จากห้องปฏิบัติการบางค่านั้นมีความแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของปริมาณสมมูลกรดบอริกจากการคำนวณนั้น เพราะในการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการนั้น ผู้ปฏิบัติขาดความรอบคอบและความละเอียด จึงอาจทำให้เกิดความผิดพลาดได้ เช่น การต้มขึ้นทดสอบบน hot plate นานเกินไปและการทำความสะอาดอุปกรณ์ที่ไม่ทั่วถึง จึงทำให้ค่าที่ได้จากวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมีความคลาดเคลื่อน ดังนั้น ผู้ทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการควรมีความชำนาญรอบคอบและมีความละเอียดในการปฏิบัติ

3. จากการทดลองตรวจหาอัตราการแทรกซึมของไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำเป็นที่น่าสนใจที่ได้ว่ามีอัตราการแทรกซึมที่แตกต่างกัน โดยเฉพาะไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำอัตราส่วน 1:2 นั้น มีการแทรกซึมของตัวยามากกว่าไม้ทดลองที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำอัตราส่วน 1:1 และ 1:3 เนื่องจากไม้ทดลองบางชิ้นเป็นส่วนของแก่นไม้ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่าไม้ทดลองที่เป็นส่วนของกระพี้จึงทำให้อัตราการแทรกซึมของตัวยานั้นแตกต่างกัน โดยอัตราการแทรกซึมบริเวณแก่นไม้จะน้อยกว่าบริเวณกระพี้ ซึ่งโดยปกติแล้วไม้อย่างพารานั้นมีสีของแก่นและกระพี้ที่ไม่แตกต่างกัน (Ripewood) (ธีระ และทรงกลด, 2548) จึงทำให้สังเกตได้ยากกว่าส่วนใดเป็นกระพี้หรือแก่น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. การทดลองประสิทธิภาพสารประกอบโบรอนในการป้องกันไม้ยางพาราจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินโดยปราศจากการชะล้างด้วยน้ำ พบว่า ไม้ยางพาราที่อัดด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกร้อยละ 1.4 หรือมีปริมาณตัวยาแห้งในเนื้อไม้เฉลี่ย 8.13 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินได้ โดยมีพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 4 และไม้ยางพาราที่ผ่านการอัดด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ร้อยละ 1.6 มีพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 2 โดยปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ทั้งสองระดับนั้นมีประสิทธิภาพของตัวยาอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ
2. จากการทดลองไม้ยางพาราที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 สามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกใต้ดินได้ โดยมีพื้นที่ผิวที่ถูกทำลายมีความเสียหายเฉลี่ยร้อยละ 4 ซึ่งตัวยามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่น่าพึงพอใจ
3. จากการทดลองใช้ไม้ยางพาราที่อัดด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ระดับต่าง ๆ และไม้ยางพาราที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วนต่าง ๆ มีประสิทธิภาพในการป้องกันปลวกใต้ดินที่ไม่แตกต่างกัน แต่ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นของตัวยาที่ใช้ในการอาบนำยาไม้
4. จากการตรวจวิเคราะห์สารโบรอนในห้องปฏิบัติการและการคำนวณหาปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้หลังการอัดนำยานั้นมีค่าใกล้เคียงกัน แต่การตรวจวิเคราะห์สารโบรอนในห้องปฏิบัติการเป็นวิธีที่ค่อนข้างยุ่งยากและต้องมีความชำนาญในการปฏิบัติ
5. ไม้ยางพาราที่อัดด้วยสารประกอบโบรอนมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้ระดับต่าง ๆ กับไม้ยางพาราที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำอัตราส่วนต่างๆ มีอัตราการแทรกซึมที่แตกต่างกัน โดยไม้ยางพาราที่อัดด้วยสารประกอบโบรอนมีอัตราการแทรกซึมและแพร่กระจายเต็มพื้นที่หน้าตัดของไม้ยางพาราและไม้ยางพาราที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:2 มีอัตราการแทรกซึมมากกว่าอัตราส่วน 1:1 และ 1:3 แต่การแทรกซึมของไม้ยางพาราที่ทำด้วยสารบอราแคร์ผสมน้ำนั้นโดยรวมแล้วมีการแทรกซึมเกือบเต็มพื้นที่หน้าตัดของไม้ยางพารา

ข้อเสนอแนะ

1. ไม้ยางพาราเป็นไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติแต่ไม้ยางพารานั้นมีความแข็งแรงใกล้เคียงไม้สักจึงควรมีการอาบน้ำยาป้องกันรักษาเนื้อไม้เพื่ออายุการใช้งาน นอกจากการใช้ทำเฟอร์นิเจอร์แล้วไม้ยางพารายังเหมาะสมที่จะนำไปใช้ในงานโครงสร้าง เช่น ไม้พื้น วงกบประตูและหน้าต่าง เป็นต้น

2. จากการใช้สารประกอบโบรอนและสารบอราเคร์ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ พบว่า ไม้ที่ใช้สารเคมีทั้งสองชนิดนี้ควรเป็นไม้ที่ใช้งานภายในเท่านั้น เพราะสารทั้งสองมีคุณสมบัติละลายน้ำ เช่น เฟอร์นิเจอร์แบบบิวต์-อิน (Build-in) บันได และราวบันได เป็นต้น และที่สำคัญไม่ทำให้เนื้อไม้เปลี่ยนสี

3. จากการใช้สารประกอบโบรอนและสารบอราเคร์ในการป้องกันปลวกนั้น ไม้ยางพาราควรมีปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้เฉลี่ยร้อยละ 1.4 ขึ้นไป จึงจะสามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้ดินได้ หรือทาสารบอราเคร์ผสมน้ำในอัตราส่วน 1:1 จึงสามารถป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้ดินได้เช่นกัน และควรทาสารบอราเคร์ผสมน้ำอย่างน้อย 2 ครั้ง โดยแต่ละครั้งควรห่างประมาณ 1 ชั่วโมง เพื่อให้ตัวยาสามารถแทรกซึมได้ดี

4. จากการทดลองการป้องกันการเข้าทำลายของปลวกได้ดิน พบว่า การใช้ dot grid ในการประเมินพื้นที่ความเสียหายของผิวไม้ทดลองนั้น น่าจะเหมาะสมกับการทดลองภายใต้สภาพธรรมชาติ แต่ไม้ทดลองควรมีความหนาแน่นน้อย ๆ เพราะในการทดลองครั้งนี้ไม้ทดลองมีความหนา 2.5 เซนติเมตร (ไม้ทดลองมีขนาด $2.5 \times 5 \times 10$ เซนติเมตร) จึงทำให้การวัดผลค่อนข้างจะลำบาก เนื่องจากปลวกเข้าทำลายภายในไม้ทดลองพบความเสียหายเป็นปริมาณมาก แต่บริเวณผิวไม้ทดลองพบความเสียหายน้อย ดังนั้นไม้ทดลองควรมีความหนาที่น้อย เพื่อลดปัญหาในการวัดผล

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

จารุณี วงศ์ข้าหลวง, ยุพาพร สรรนวัตร, ขวัญชัย เจริญกรุง และ ศศิษฐ์ ชูติภาพกรณ์. 2548.

ความหลากหลายของปลวกในประเทศไทย. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผล
กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

_____ และ ขวัญชัย เจริญกรุง. 2551. ปลวก การป้องกันและกำจัด. สำนักวิจัย
การจัดการป่าไม้และผลิตผล กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. 2548. การใช้ SPSS เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูล. ภาควิชาการประเมินผล
และวิจัย คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา.

ธีระ วิณิน. 2534. การอบนํ้ายาไม้ยางพาราตามกรรมวิธีจุ่มแล้วหมักด้วยสารประกอบโบรอน
เพื่อป้องกันการเข้าทำลายของมอด. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

_____. 2549. การรักษาคุณภาพไม้. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ, สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ปทุมธานี.

_____. 2551. การป้องกันและรักษาเนื้อไม้. เอกสารประกอบการเรียน, ภาควิชาวนผลิตภัณฑ์
คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ

_____. 2553. การป้องกันรักษาเนื้อไม้. เอกสารประกอบการอบรมเพื่อเสริมทักษะบุคลากร
ในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้ยางพารา ภายใต้โครงการเพิ่มประสิทธิภาพอุตสาหกรรมแปรรูป
ไม้ยางพาราขนาดย่อม, นครศรีธรรมราช.

_____ และ ทรงกลด จารุสมบัติ. 2548. ไม้โครงสร้าง คุณสมบัติ. เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ,
สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี, ปทุมธานี.

ธีระ วินิน, ศุภศรี อภินันท์ธรรม, ประสิทธิ์ นิ่มนวลนวิ และ อรุโณทัย วงศ์ศิริ. 2533.

ความทนทานตามธรรมชาติของไม้บางชนิด, น. 197-220. ใน เอกสารประชุมวิชาการป่าไม้
ปี 2533. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ยุพาพร สรณวัตร. 2536. การทดสอบประสิทธิภาพของสารเคมีป้องกันปลวกที่ใช้ทาเนื้อไม้ภายใน
ห้องปฏิบัติการ, น. 229-237. ใน เอกสารประชุมวิชาการป่าไม้ปี 2536. กรมป่าไม้,
กรุงเทพฯ.

สุชาติ ไทยเพ็ชร์, เกรียงศักดิ์ เสพย์ธรรม, ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์, อุทาร์ตัน ภูไพบูลย์,
วัลยุทธ เพ็ญวิวัฒน์, บุญส่ง สมเพาะ, วิเชียร ปิยาจารประเสริฐ และ บางรัก เชษฐสิงห์.
2547. คุณลักษณะของไม้ไทย, ส่วนพัฒนาผลผลิตป่าไม้ สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และ
ผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

นิรนาม. 2552. มาตรฐานการบริการและขั้นตอนการปฏิบัติงาน. บริษัท เบสท์ โฮม พลัส เซอร์วิส
จำกัด. แหล่งที่มา: www.besthomeplus.siam2web.com, 20 ตุลาคม 2553.

องค์การสวนยาง. 2553. ประวัติยางพารา. องค์การสวนยาง. แหล่งที่มา: www.reothai.co.th,
20 ตุลาคม 2553.

อนันต์ชัย เขื่อนธรรม. 2535. สถิติวิเคราะห์. ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัย
เกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Anonymous. 1984. **Timbor preservative plant operators' manual of recommended practice.**
Borax holdings limited, Borax house, Carlisle place, London.

_____. 2011. **Opportunity.** Nisus Corporation. Rockford. Tennessee, USA.

Ahmad, M. 1965. **Termites (Isoptera) of Thailand.** Bull. Amer. Mus. Nat. Hist. 131: 1-113

British Standard. 1986. **Methods of test for orthoboric acid (boric acid), diboron trioxide (boric oxide), disodium tetraborates, sodium perborates and crude sodium borates for industrial use. General introduction.** BS: 5688

Eaton, R. A. and M. D. C. Hale. 1993. **Wood: Decay, Pests and Protection.** Chapman & Hall, U.K.

Findly, W. P. K. 1967. **Timber Pests and Disease.** Pergamon Press, Rome.

Grace, J. K. and R.T. Yamamoto. 1994. Repeated exposure of borate-treated Douglas-fir lumber to Formosan subterranean termites in an accelerated field test. **Forest Prod. J.** 44 (1) : 65-67.

_____ and M. Tamashiro. 1992. Resistant of borate-treated Douglas-fir to the Formosan subterranean termite. **Forest Prod. J.** 42 (2): 61-65.

Greaves, H. n.d. **Boron treated timber in Australia.** Harry Greaves Consulting, Glen Iris. Victoria 3146. Australia.

Hong, L. T. 1985. **Rubberwood Processing and Utilization.** Forest Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur.

Hunt, G. M. and G. A. Garratt. 1967. **Wood Preservative.** McGraw-Hill Book Co., New York.

Lloyd, J. n.d. **Borate Preservative Systems and Relative Risks Associated with Treated Rubberwood.** Nisus Corporation, Rockford, Tennessee, USA.

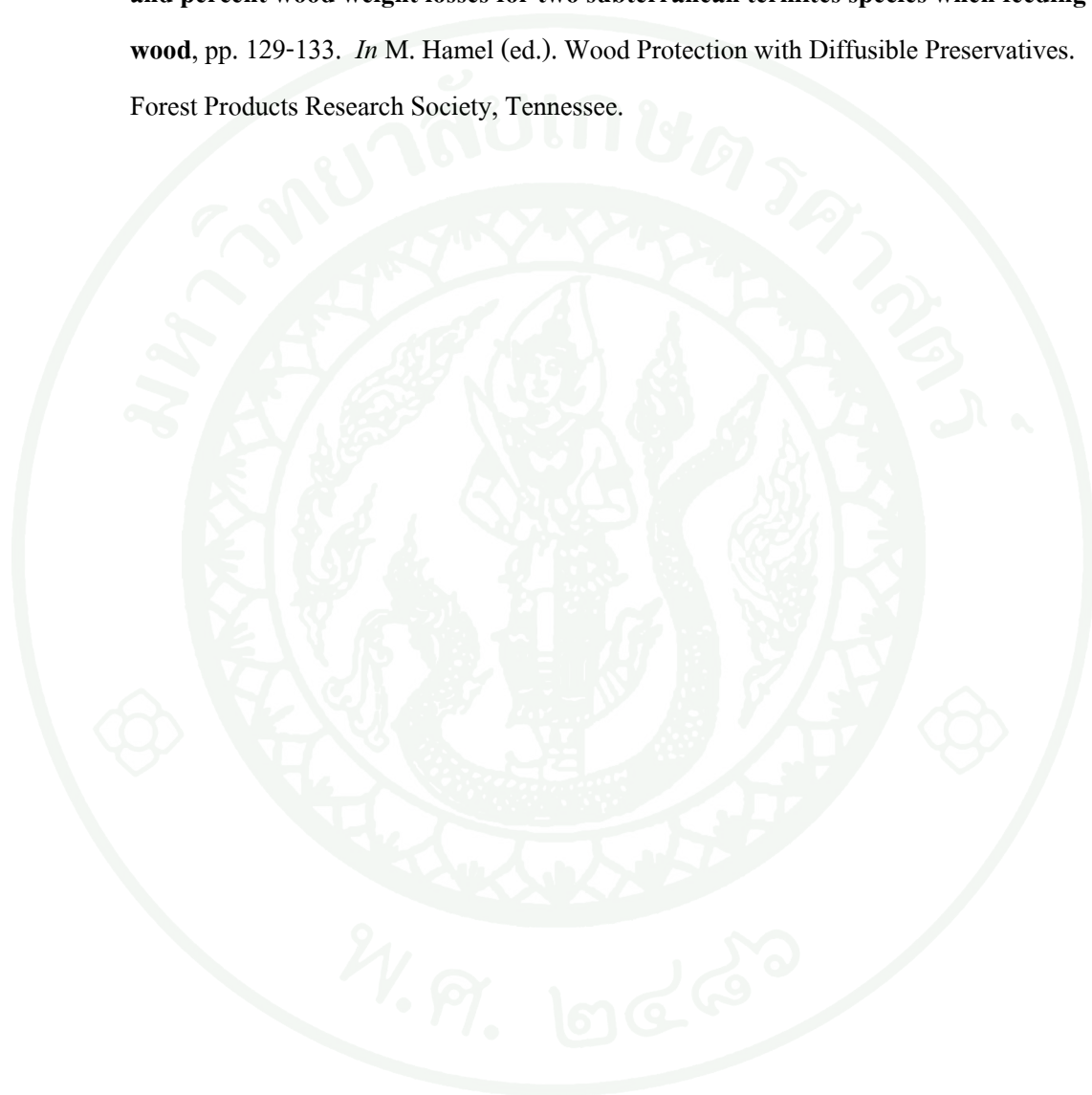
Mankowski, M. E. and J. J. Morrel. 1993. Resistance of dampwood termites to preservative-treated wood. **Forest Prod. J.** 43(9): 58-60

Richardson, B. A. 1993. **Wood preservation.** Vol. 2. Chapman & Hall Inc., London.

Selamat, S., Z. Said. and H. Mohamad. 1989. Boron analysis in treat wood and solution.

Journal of Tropical Forest Science. 2 (1): 14-49

Williams, L. H., T. L. Amburgey and B. R. Parresol. 1990. **Toxic thresholds of three borates and percent wood weight losses for two subterranean termites species when feeding wood**, pp. 129-133. *In* M. Hamel (ed.). Wood Protection with Diffusible Preservatives. Forest Products Research Society, Tennessee.





ตารางผนวกที่ 1 วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลอัตราความเสียหายของไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนและทาด้วยสารบอราแคร์ จากการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้างด้วยน้ำเป็นระยะเวลา 6 เดือน

sov	df	SS	MS	F
Block	4	186.67	46.67	1.145 ^{ns}
Treatment	8	607.78	75.97	1.865 ^{ns}
Error	32	1,303.33	40.73	
Total	44	2,097.78		

หมายเหตุ ^{ns} แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 2 วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลอัตราความเสียหายของไม้ทดลองที่อัดน้ำยาด้วยสารประกอบโบรอนและทาด้วยสารบอราแคร์ จากการทดลองในสภาพธรรมชาติ โดยปราศจากการชะล้างด้วยน้ำเป็นระยะเวลา 12 เดือน

sov	df	SS	MS	F
Block	4	2,142.22	535.56	1.753 ^{ns}
Treatment	8	19,860.00	2,482.50	8.124*
Error	32	11,217.78	305.56	
Total	44	33,220.00		

หมายเหตุ * ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ที่ระดับความเป็นไปได้ 0.05)

ตารางผนวกที่ 3 วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลอัตราความเสียหายของวิธีการอัดน้ำยา
สารประกอบโบรอนและวิธีการทาสารบอราแคร์

sov	df	SS	MS	F
Treatment	1	1.042	1.042	0.003 ^{ns}
Error	38	12,587.733	323.993	
Total	39	12,388.775		

หมายเหตุ^{ns}แตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ

ตารางผนวกที่ 4 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของปริมาณสมมูลกรดบอริกในเนื้อไม้
(ระดับนัยสำคัญ 0.01)

สารเคมี	ปริมาณสมมูล กรดบอริก โดยทฤษฎี	ปริมาณสมมูล กรดบอริกโดย การวิเคราะห์ใน ห้องปฏิบัติการ	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	t	Sig
สารประกอบโบรอน	0.83	0.913	0.166	0.871	0.475
สารประกอบโบรอน	0.97	0.920	0.010	-8.660	0.013
สารประกอบโบรอน	1.207	1.043	0.046	-6.138	0.026
สารประกอบโบรอน	1.423	1.193	0.031	-13.021	0.006
สารประกอบโบรอน	1.597	1.727	0.076	2.966	0.970

ตารางผนวกที่ 5 วิเคราะห์ความแปรปรวนข้อมูลอัตราการผลิตของของตัวยาในไม้ทดลอง
อาบด้วยสารประกอบโบรอนและสารบอราแคร์

sov	df	SS	MS	F
Treatment	7	26,877.73	3,839.68	83.83**
Error	18	824.48	48.50	
Total	25	27,702.21		

หมายเหตุ **ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง (ที่ระดับความเป็นไปได้ 0.01)

ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นายเอกพงศ์ เพชรอาวุธ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันที่ 6 กรกฎาคม พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดตรัง
ประวัติการศึกษา	ระดับปริญญาตรี คณะเทคโนโลยีและการจัดการ สาขาการจัดการอุตสาหกรรมยาง มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ผลงานดีเด่นและรางวัลทางวิชาการ	-
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	-