

ประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวในการป้องกันรักษาเนื้อไม้เสม็ดขาว จากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน *Coptotermes gestroi* (Wasmann) (Isoptera: Rhinotermitidae)

Efficiency of Cajuput Wood Vinegar on *Melaleuca cajuputi* (Myrtaceae) Wood Protection from *Coptotermes gestroi* (Wasmann) (Isoptera: Rhinotermitidae) Infestation

มานพ ธรสินธุ์^{1*} และ วิกันดา รัตนพันธ์²

Manop Tarasin^{1*} and Wigunda Rattanapun²

บทคัดย่อ: การศึกษาประสิทธิภาพของน้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวในการป้องกันรักษาเนื้อไม้เสม็ดขาวจากการเข้าทำลายของปลวกใต้ดิน *Coptotermes gestroi* (Wasmann) (Isoptera: Rhinotermitidae) ทดสอบโดยการอัดน้ำส้มควันไม้เสม็ดขาว ที่ระดับความเข้มข้น 10% 15% และ 30% เข้าสู่เนื้อไม้ภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ -750 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 30 นาที โดยทำการเปรียบเทียบกับชิ้นไม้ที่อัดสารประกอบโบรอน 1.2% และ 1.4% และ 1.6% และชิ้นไม้ควบคุม จากนั้นนำชิ้นไม้มาทดสอบการทำลายจากปลวกใต้ดิน *C. gestroi* ภายใต้สภาพห้องปฏิบัติการ ผลการศึกษา พบว่า ชิ้นไม้เสม็ดขาวที่อัดสารประกอบโบรอน 1.6% และ 1.4% สูญเสียน้ำหนักจากการทำลายของปลวกน้อยกว่าชิ้นไม้ที่อัดน้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือชิ้นไม้ที่อัดน้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาว ความเข้มข้น 30% 15% และ 10% ตามลำดับ และชิ้นไม้ควบคุมสูญเสียน้ำหนักจากการทำลายมากกว่าชิ้นอื่นอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ: สารประกอบโบรอน, ไม้แปรรูป

ABSTRACT: The study on the efficiency of cajuput wood vinegar on the *Melaleuca cajuputi* (Myrtaceae) wood protection from *Coptotermes gestroi* (Wasmann) (Isoptera: Rhinotermitidae) infestation was carried out by treated 10%, 15% and 30% of cajuput wood vinegar into *M. cajuputi* wood under -750 mmHg of vacuum pressure for 30 minutes. These treatments were compared with *M. cajuputi* wood treated with 1.2%, 1.4% and 1.6% of boron compounds and control. All treated wood samples were tested with *C. gestroi* under the laboratory. Result presented that the average percentage weight loss of *M. cajuputi* wood treated with 1.6% and 1.4% of boron compounds were significantly lower than that of wood sample treated with cajuputi wood vinegar, followed by *M. cajuputi* wood treated with 30%, 15% and 10% of cajuput wood vinegar. The average percentage weight loss of control wood sample was highest.

Keywords: Boron compounds, lumber

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีไม้ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
Division of Wood Technology, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla University,
Surat Thani Campus

² สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี
Division of Agricultural Science and Technology, Faculty of Science and Industrial Technology, Prince of Songkla
University, Surat Thani Campus

* Corresponding author: manop8899@gmail.com

บทนำ

ไม้เสม็ดขาว *Melaleuca cajuputi* (Myrtaceae) สามารถปลูกเพื่อนำส่วนต่างๆมาใช้ประโยชน์ และสร้างรายได้ให้เกษตรกรในพื้นที่ที่มีปัญหาดินมีความเป็นกรดจัด ดินเค็ม สภาพน้ำท่วม และแห้งแล้ง (Sasaki, *et al.*, 1995) ในพื้นที่ที่มีระดับน้ำท่วมขังลึกจะสามารถเจริญเติบโตได้ดีและเร็วกว่าในพื้นที่ที่มีน้ำท่วมขังอยู่ตื้น (Tang, *et al.*, 1998) ไม้เสม็ดขาว นำมาใช้สร้างที่พักอาศัย ทำพื้น เสาถ่าน ซึ่งให้ถ่านที่มีคุณภาพดี ใช้ทำเสาเข็ม ใช้ทำนังร้าน และเสาเข็ม นำลำต้นที่มีขนาดใหญ่มาแปรรูปใช้ทำเสาบ้าน ไม้พื้น วงกบ ประตู หน้าต่าง ลำต้นที่มีขนาดเล็กมาใช้ทำคันทันเบ็ดตกปลา หรือทำไม้ค้ำปลูกพืชไร่ ทำไม้หลักหมายแนวปลูกพืชสวน จากการศึกษาของ พบว่าเนื้อไม้เสม็ดขาวมีศักยภาพสูงในการผลิตแผ่นไม้อัดซีเมนต์ รวมทั้งสามารถนำเนื้อไม้มาแกะสลักได้ดี (สมชัย และคณะ, 2538) สำหรับส่วนของใบเสม็ดขาว ชาวบ้านในชุมชนได้นำไปใช้เสม็ดขาวมาต้ม เพื่อใช้ดื่มแทนน้ำชาเป็นการช่วยรักษาโรค ดีซ่าน โรคหอบ ถ่ายพยาธิ แก้ไอ และช่วยให้มดลูกของสตรีหลังคลอดบุตรเข้าอยู่เร็วและในต่างประเทศได้นำใบมาสกัดเอาน้ำมัน ที่เรียกทางการค้าว่า น้ำมันเขียว cajuput oil หรือ Melaleuca oil ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มน้ำมันที่ไม่มีพิษ ไม่ก่อให้เกิดอาการแพ้ นำมาใช้เป็นสารผสมในการผลิตยาหม่อง ยาสระผม ยานวดผ่อนคลายกล้ามเนื้อ และยาถ่ายพยาธิ (ไอนเย็น และดุจ, 1999) นอกจากนี้ยังพบว่า น้ำมันเขียวมีสรรพคุณไล่ยุงและออกฤทธิ์ฆ่าแบคทีเรีย ฆ่าปลวกทำลายไม้ได้ดี (Kim และคณะ, 2544) น้ำมันเขียวที่ได้จากใบเสม็ดขาวให้คุณภาพดีและมีราคาสูงกว่าน้ำมันที่สกัดจากใบไม้ยูคาลิปตัส จากการศึกษาในประเทศเวียดนาม พบว่าป่าเสม็ดขาวเนื้อที่ 1 ไร่สามารถนำไปสกัดน้ำมันเขียวได้สูงถึง 64-96 กิโลกรัม (Thin, 1997)

ปัจจุบันได้มีการคำนึงถึงเรื่องพิษของสารเคมีและผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและมนุษย์มากกว่าในอดีต ในอุตสาหกรรมแปรรูปไม้และผลิตเฟอร์นิเจอร์ได้มีองค์กรเพื่อสิ่งแวดล้อมทั่วอเมริการวมตัวกันห้าม

ใช้สารป้องกันรักษาเนื้อไม้ (Wood preservatives) 3 ชนิด คือ Chromated Copper Arsenate (CCA), Pentachlorophenol (PCP) และ Creosote ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมและร่างกายของมนุษย์ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้มีการศึกษาวิจัยสารธรรมชาติที่มีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ได้มาทดแทน เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อสิ่งแวดล้อมและไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ มานพ และ วิกันดา (2560) ศึกษาประสิทธิภาพของยางสนฉัตรในการป้องกันรักษาเนื้อไม้อย่างพาราจากการทำลายของปลวกใต้ดิน *Coptotermes gestroi* (Wasmann) (Isoptera: Rhinotermitidae) พบว่าไม้อย่างพาราที่อัดยางสนฉัตรที่ระดับความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์สูญเสียน้ำหนักจากการทำลายของปลวกใต้ดินน้อยกว่าชุดทดลองที่ระดับความเข้มข้น 25 และ 15 เปอร์เซ็นต์ อย่างมีนัยสำคัญ และมานพ (2557) รายงานว่า ชินไม้อย่างพาราที่อัดน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 100% สูญเสียน้ำหนักจากการทำลายของปลวกใต้ดินน้อยกว่าชินไม้ที่อัดน้ำส้มควันไม้ความเข้มข้น 90% และ 80% อย่างมีนัยสำคัญ น้ำส้มควันไม้เป็นของเหลวซึ่งได้จากกระบวนการสลายตัวของไม้ด้วยความร้อน น้ำส้มควันไม้เกิดจากการดักเก็บควันขณะที่ทำกาเผาถ่าน อุณหภูมิในเตาอยู่ระหว่าง 300-400 องศาเซลเซียส น้ำส้มควันไม้มีสีเหลืองปนน้ำตาล มีกลิ่นควันไฟ น้ำส้มควันไม้มีองค์ประกอบทางเคมี ที่ประกอบด้วยน้ำ กรดอะซิติก (acetic acid) เมธานอลอะซิโตน (methanol acetone) กรดฟอร์มิก (formic acid) และ สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) เป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งกรดอะซิติก และสารฟีนอลิก เป็นสารที่เป็นพิษต่อปลวกและเชื้อรา (Yatagai *et al.*, 2002; Tarasin, 2013)

งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะนำสารที่ได้จากธรรมชาติ คือ น้ำส้มควันไม้ (Wood Vinegar) จากไม้เสม็ดขาว มาทดสอบประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ เนื่องจากมีรายงานถึงการออกฤทธิ์ฆ่าปลวกทำลายไม้ได้ (Kim และคณะ, 2544) ดังนั้น น้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวอาจมีประสิทธิภาพในการป้องกันรักษาเนื้อไม้จากการทำลายของปลวกได้

วิธีการศึกษา

ดำเนินการทดลองที่ศูนย์ทดสอบไม้ยางพาราและผลิตภัณฑ์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี วางแผนการทดลองแบบ CRD (Completely Randomized Design)

การเตรียมสารและชิ้นไม้ทดสอบ

นำน้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวมาผสมกับน้ำกลั่นในสัดส่วนโดยน้ำหนัก (w:w) คือ 10:90 15:85 และ 30:70 เพื่อใช้ในการทดสอบกับปลวกใต้ดิน *C. gestroi* และเตรียมสารประกอบโบรอนซึ่งเป็นสารที่ใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ทั่วไป โดยใช้บอริก Boric acid (H_3BO_3) และ บอแรกซ์ Borax ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$) ในอัตราส่วน 46:54 (Eaton and Hale, 1993) โดยละลายในน้ำกลั่น จากนั้นเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ได้ระดับความเข้มข้น 1.2% 1.4% และ 1.6 %

นำไม้เสม็ดขาวขนาด 2.5x2.5x0.64 เซนติเมตร ครอบด้วยตูบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสจนน้ำหนักคงที่ ทำการอัดสารที่ต้องทดสอบเข้าสู่เนื้อไม้ภายใต้สภาวะสุญญากาศที่ -750 มิลลิเมตรปรอท เป็นเวลา 30 นาที โดยมีชิ้นไม้ที่ไม่อัดสารใดเลยเป็นชุดควบคุม

การทดสอบแบบไม่มีตัวเลือก

นำชิ้นไม้มาทดสอบกับปลวกใต้ดิน *C. gestroi* โดยดำเนินการตามมาตรฐานการทดสอบของ American Society for Testing and Materials (ASTM) นำชิ้นไม้ตัวอย่างที่เตรียมไว้ ซึ่งน้ำหนักก่อนวางในกล่องพลาสติกทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10.5 เซนติเมตร สูง 5.5 เซนติเมตร รองพื้นด้วยทรายที่ผ่านการฆ่าเชื้อและมีความชื้น กล่องละ 1 ชิ้น ปล่อยปลวกจำนวน 1 กรัม ซึ่งประกอบด้วยปลวกงาน 90% และปลวกทหาร 10% ต่อกล่องทดลอง ใช้กรรมวิธีละ 10 ซ้ำ ทิ้งไว้เป็นเวลา 4 สัปดาห์ภายใต้ระดับอุณหภูมิในห้องปฏิบัติการ 24 ± 0.5 องศาเซลเซียส โดยมีชุดควบคุมคือไม้ยางพาราที่ไม่ผ่านกระบวนการรักษาเนื้อไม้ จากนั้นนำไปอบด้วยตูบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนน้ำหนักคงที่ก่อนนำมาชั่งเพื่อนำน้ำหนักไม้ที่หายไป

การประเมินความเสียหายบนไม้ทดลอง โดยใช้ น้ำหนักของไม้ที่สูญหาย (weight loss) จากน้ำหนักไม้

ก่อนและหลังการทดสอบ เป็นร้อยละของความเสียหายที่เกิดจากการเข้าทำลายของปลวก

$$\text{Weight loss (\%)} = (W_1 - W_2) \times 100 / W_1$$

$$\text{Weight loss (\%)} = \text{ค่าร้อยละน้ำหนักที่สูญหาย}$$

$$W_1 = \text{น้ำหนักไม้ก่อนการทดลอง}$$

$$W_2 = \text{น้ำหนักไม้หลังการทดลอง}$$

การใช้สถิติวิเคราะห์

การวิเคราะห์ความแตกต่างของน้ำหนักไม้ที่หายไปในแต่ละกรรมวิธี ใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (one-way ANOVA)

ผลการศึกษา

จากการทดสอบการลงทำลายของปลวกใต้ดิน *C. gestroi* ในชิ้นไม้เสม็ดขาวที่อัดน้ำส้มควันไม้เสม็ดขาว พบว่า น้ำหนักไม้ที่สูญเสียไปจากการทำลายของปลวกในแต่ละวิธีที่ทดสอบมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (One-way ANOVA: $F_{6,63} = 24.489$, $P \leq 0.0001$) โดยชิ้นไม้เสม็ดขาวที่อัดสารประกอบโบรอนที่ระดับความเข้มข้น 1.6% และ 1.4% สูญเสียน้ำหนักจากการทำลายของปลวกน้อยกว่าชิ้นไม้ทดลองที่อัดน้ำส้มควันไม้เสม็ดขาวและชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ รองลงมาคือ ชิ้นไม้เสม็ดขาวที่อัดสารประกอบโบรอนที่ระดับความเข้มข้น 1.2% ชิ้นไม้เสม็ดขาวที่อัดน้ำส้มควันไม้เสม็ดขาวที่ระดับความเข้มข้น 30% 15% 10% และชุดควบคุม ตามลำดับ (Figure 1)

จากการการสังเกตความเสียหายที่เกิดขึ้นบนชิ้นไม้ตัวอย่างจากการทำลายของปลวกใต้ดิน *C. gestroi* พบว่าชิ้นไม้เสม็ดขาวที่อัดสารประกอบโบรอนทั้ง 3 ระดับความเข้มข้นเสียหายน้อยกว่าชิ้นไม้เสม็ดขาวที่อัดน้ำส้มควันไม้ (Figure 2)

วิจารณ์

ผลที่ได้พบว่า ชิ้นไม้ชุดควบคุม ชิ้นไม้เสม็ดขาวที่อัดน้ำส้มควันไม้ 10 และ 15% มีความเสียหายของไม้ไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ชิ้นไม้เสม็ดขาวที่อัดน้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวที่ระดับ

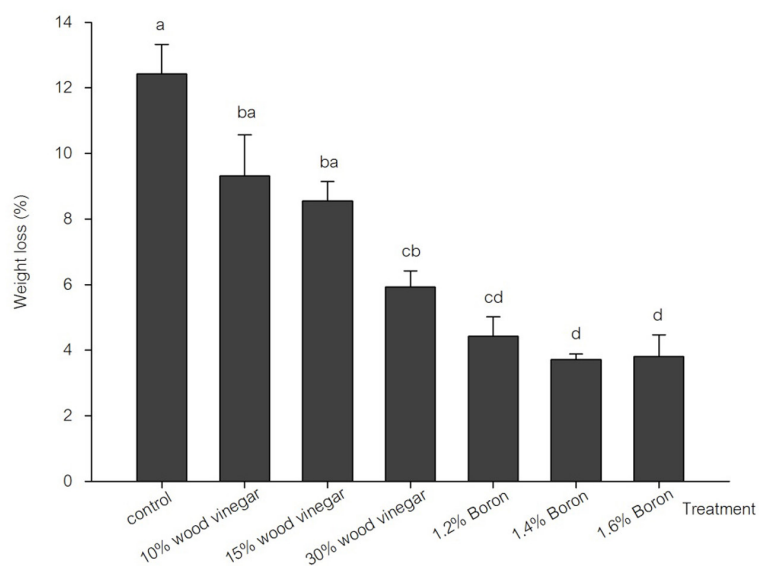


Figure 1 Weight loss percent of cajuputi wood sample treated with different concentration of cajuputi wood vinegar and boron

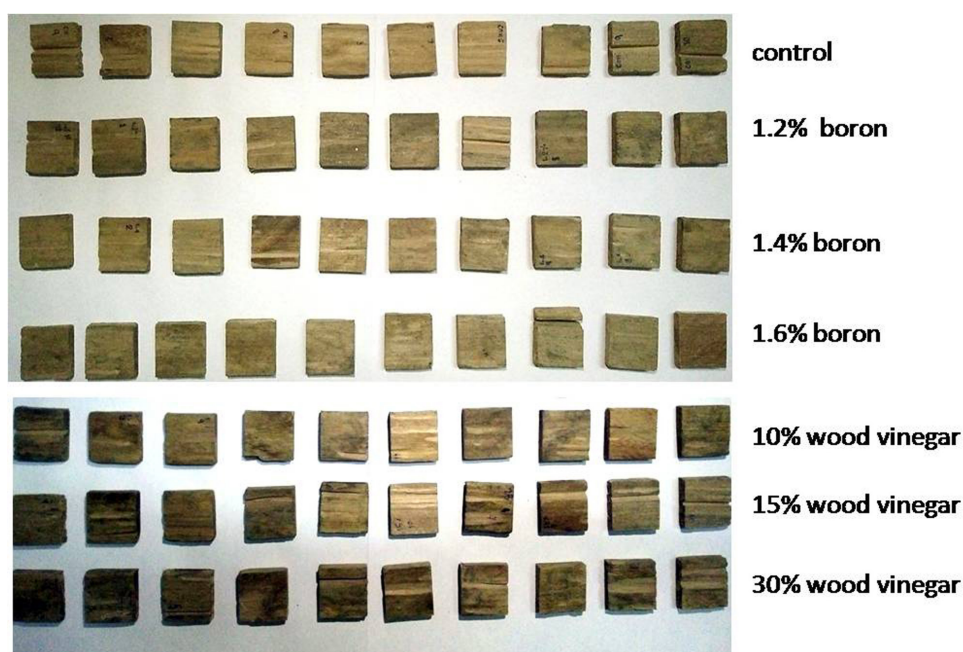


Figure 2 Damage scar from *C. gestroi* infestation found on cajuputi wood sample treated with different concentration of cajuputi wood vinegar and boron

ความเข้มข้น 15% และ 30% สูญเสียน้ำหนักจากการทำลายของปลวกได้ดิน *C. gestroi* ไม่เกิน 10% ซึ่งอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แม้ว่าน้ำหนักไม้ที่สูญเสียจากการทำลายของปลวกที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับระดับความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่ 10% คือ 30% แต่เนื่องจากระดับความเสียหายที่ยอมรับได้ ไม่เกิน 10% ดังนั้นความเข้มข้นของน้ำส้มควันไม้ที่ 15% จึงเพียงพอในการป้องกันกำจัดปลวกชนิดนี้

นอกจากนี้ ผลการศึกษาพบว่าที่ระดับความเข้มข้น 30% พบว่าน้ำหนักที่สูญเสียไปไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับชิ้นไม้ที่อัดสารประกอบโบรอนความเข้มข้น 1.2% ดังนั้นน้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวมีประสิทธิภาพในการลดการทำลายจากปลวกได้ดิน *C. gestroi* ได้ดี ซึ่งอาจเนื่องมาจากประกอบด้วยสารบางชนิดที่มีผลในการยับยั้งการทำลายของแมลง (Kim และคณะ, 2544; Yatagai et al., 2002; Tarasin, 2013) ดังนั้นสามารถใช้ น้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวทดแทนสารประกอบโบรอนซึ่งเป็นสารป้องกันรักษาเนื้อไม้ที่นิยมใช้ แม้ว่าสารประกอบโบรอนจะยังไม่มีรายงานถึงผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม แต่เป็นสารเคมีที่ต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีราคาแพง ดังนั้นหากสามารถใช้ น้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวที่ผลิตได้เองในประเทศ มาใช้ในการรักษาเนื้อไม้ จะช่วยลดต้นทุนการผลิตในอุตสาหกรรมไม้แปรรูปได้ โดยไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม อย่างไรก็ตาม ควรทำการทดสอบกับไม้เศรษฐกิจชนิดอื่นเพื่อเปรียบเทียบ เช่น ไม้ยางพารา เนื่องจากเนื้อไม้เสม็ดเอง อาจมีสารประกอบที่ต้านทานแมลงอยู่ จึงทำให้ผลการทดสอบที่ได้ค่อนข้างดี

สรุป

น้ำส้มควันไม้จากไม้เสม็ดขาวที่ระดับความเข้มข้น 15% และ 30% สามารถใช้ในการป้องกันรักษาเนื้อไม้ได้

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณมูลนิธิชัยพัฒนา ที่สนับสนุนไม้เสม็ดขาวจากป่าพุดฉิมพลี อำเภอบางบาล จังหวัดนครสวรรค์ เพื่อใช้ในการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- คิม (J.H. Kim), ลียู (K.H. Liu), ยูน (Y. Yoon) ทรรศนีย กิติรัตนตรการ และ ชูจิตร อนันตโชค. 2544. น้ำมันหอมระเหยจากใบเสม็ด. รายงานผลงานการวิจัยโครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง (งานป่าไม้) จังหวัดนราธิวาส. 15 หน้า.
- มานพ ธรสินธุ์. 2557. ประสิทธิภาพน้ำส้มควันไม้ยูคาลิปตัสในการลดการทำลายจากปลวกได้ดินในไม้ยางพาราภายใต้สภาวะที่แตกต่างกัน. แก่นเกษตร 42(ฉบับพิเศษ 1): 615-619.
- มานพ ธรสินธุ์ และ วิกันดา รัตนพันธ์. 2560. ประสิทธิภาพของยางสนฉัตรในการป้องกันเนื้อไม้ยางพาราจากการทำลายของปลวกได้ดิน *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). แก่นเกษตร 45(ฉบับพิเศษ 1): 1303-1306.
- สมชัย เบญจชัย, ธวัช จิรายุ, พรพิมล อมรโชติ, ลักษณะ สุทธิวิไลรัตน์, จรัส ชัยชนะ, สุวรรณ เป็นสุข. 2538. การใช้ประโยชน์ใบเสม็ดขาวเพื่อการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง. รายงานผลงานการวิจัยโครงการศูนย์ศึกษาการพัฒนาพิกุลทอง (งานป่าไม้) จังหวัดนราธิวาส. 11 หน้า. (โรเนียว)
- โอเยน (L.P.A. Oyen) และ ดุง (N.X. Dung). 1999. ทรัพยากรพืชในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ลำดับที่ 19. พืชที่ให้ น้ำมันหอม .สหมิตรพรินติ้ง. นนทบุรี.
- Eaton, R. A. and M. D. C. Hale. 1993. Wood: Decay, Pests and Protection. Chapman & Hall, U.K.
- Sasaki, S., H. Yagi, T. Yamanoshita, M. Masumori, K. Kojima, T. Tange, T. Nuyim, and C. Niyomdham, 1995. Reforestation Trial of degraded peat swamp forest and sand dune in Narathiwat, Thailand, pp. 55-61. In the International Workshop on Global Environmental Studies on Greenhouse Gas Emission and Tropical Peat Swamp in Southeast Asia. Pisoot Vijamsom, (ed.), Tokyo: Nodai research institute. Tokyo university of agriculture.

- Tang, T., T. Yamanoshita, T. Kawazoe, T. Nuyim, M. Masumori, K. Kojima, Y. Morikawa, C. Uraeepatanapong, B. Boontawee, H. Yagi, and S. Sasaki. 1998. Regeneration and growth of *Melaleuca cajuputi* at degraded peat swamp. *In* International Seminar The development of Sustainable Biological Production Technologies in the Problem soil in South Asia, August 10-12, 1998. Narathiwat, Thailand.
- Tarasin, M. 2013. Effect of eucalyptus wood vinegar on rubberwood infestation by Asian subterranean termite, *Coptotermes gestroi* (Isoptera: Rhinotermitidae). 65th International Symposium on Crop Protection, May 22, 2013. Gent, Belgium.
- Thinh, P.T. 1997. Zones and their functions in Tram chim National Reserve, pp.77-85. *In* Towards Sustainable Management of Tram Chin National Reserve, Vietnam, Proceedings of a Workshop on Balancing Economic Development with Environmental Conservation. Safford, R.J., D.V. Ni, E. Maltby & V.-T. Xuan, (ed.), London: Royay Holloway institute for environmental research.
- Yatagai M., M. Nishimoto, K. Hori, T. Ohira, and A. Shibata. 2002. Termiticidal activity of wood vinegar, its components and their homologues. *Journal of Wood Sciences*. 48: 338–42.