

ศึกษาวิธีการบังคับให้เกิดเนื้อไม้กฤษณา
Preliminary Study on the Suitable Method for Formation
of Aloeswood in Kritsana Tree

เสริมสกุล พจนการุณ^{1/}

Sermsakul Pojanagaroon

เซวง แก้วรักษ์^{1/}

Chawaeng Kaewrak

ABSTRACT

Preliminary study on the suitable method using mechanical injury for the formation of aloeswood in 4-years-Kritsana trees (*Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec.), grown at Phurua Highland Agricultural Experiment Station, Phurua, Loei province (950 m asl, 17°17 'N 101° 24 'E) was carried out during February, 2001 - February, 2002. The changes of wood around injury wound spot were mainly observed. One month after wounding, the pale discoloration was occurred, followed with darker yellowish brown discoloration after 3 months, and changing to dark brown with 8-10 months with odor by burning . Wood blocks collected from living trees, 10 months after wounding were compared among the different mechanical treatments. Results showed that holed with screws, inflicted with chisel, barked with hatchet on the trunk gave dark yellowish brown to dark brown discoloration near injury (5-10 mm from the cut end), while beated with nails gave dark brown to black occurring by the interaction between ferric oxide and fibers, whereas beated with hammer gave only little discoloration. The width of the discoloration could be found that holed with screws (1.27 cm) and inflicted with wide chisel had the widest discoloration (0.725 and 0.722 mm), while inflicted with narrow chisel and holed with screws (1.11 cm) had the width of 0.706 and 0.700 mm respectively; whereas beated with nails (2.54 cm long) and beated with hammer had the narrowest (0.519 and 0.500 mm) at $p \leq 0.05$. Results revealed that the mechanical injury could be used for the formation of aloeswood in Kritsana tree.

Key words: Kritsana tree, *Aquilaria crassna*, agarwood, aloeswood, oleoresin deposit

1/ สถานีทดลองเกษตรที่สูงภูเรือ อ.ภูเรือ จ.เลย 42160

Phurua Highland Agricultural Experiment Station, Phurua district, Loei province 42160

บทคัดย่อ

ศึกษาวิธีการบังคับให้เกิดเนื้อไม้ กฤษณา โดยการกระทำให้เกิดบาดแผลด้วย ขบวนการทางกลวิธีต่างๆ กับต้นกฤษณา (*Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec.) อายุ 4 ปี ณ สถานีทดลองเกษตรที่สูงภูเรือ อ. ภูเรือ จ.เลย (950 m asl, 17° 17' N 101° 24' E) ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ 2544 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2545 โดยทำการบันทึกลักษณะการเปลี่ยนแปลง บริเวณบาดแผล พบว่าทุกวิธีการจะเริ่มปรากฏให้เห็นเป็นสีน้ำตาลอ่อนภายในเวลา 1 เดือน แต่ยังไม่ให้กลิ่นหอมเมื่อถูกเผา เมื่อบาดแผล อายุประมาณ 3 เดือนมีการสะสมกฤษณา รอบบาดแผลมากขึ้นและเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม เมื่อบาดแผลอายุ 8-10 เดือนจะเปลี่ยนเป็น สีน้ำตาลดำหรือเกือบดำ นำมาเผาจะมีกลิ่นหอม ทำการเก็บตัวอย่างเพื่อเปรียบเทียบแต่ละ วิธีการ ภายหลังจากทำให้เกิดบาดแผลเป็น เวลา 10 เดือนพบว่า การเจาะรูด้วยสว่าน การตอกด้วยสิ่วหน้ากว้างและหน้าแคบ การ พันด้วยขวาน จะเกิดแถบเนื้อไม้หอมกฤษณา สีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาลดำ ห่างจากบาดแผล 5-10 มม. ขณะที่การตอกด้วยตะปูคานทั้งทะลุ และไม่ทะลุตันเกิดแถบสีดำบนสีน้ำตาลเข้มถึงดำ สนิทอันเกิดจากการปฏิกิริยาระหว่างสนิมเหล็ก กับเนื้อไม้ ส่วนการทุบด้วยค้อนพบว่า แทบ ไม่เกิดเนื้อไม้หอมกฤษณาเลย สำหรับความกว้าง ของแถบเนื้อไม้หอมกฤษณา พบว่า เจาะด้วย สว่านขนาดหัวเจาะ 1.27 ซม. และการตอกด้วย สิ่วหน้ากว้างให้ความกว้างของแถบกว้างที่สุด เท่ากับ 0.725 และ 0.722 มม. รองลงมา

คือการตอกด้วยสิ่วหน้าแคบและเจาะด้วยสว่าน ขนาดหัวเจาะ 1.11 ซม. เท่ากับ 0.706 และ 0.700 มม. ตามลำดับ ขณะที่การตอกคา ด้วยตะปูขนาด 2.54 ซม. และการทุบด้วยค้อน ให้แถบแคบที่สุดเพียง 0.519 และ 0.500 มม. ตามลำดับ ($p \leq 0.05$) ดังนั้นสามารถบังคับ ให้เกิดเนื้อไม้หอมกฤษณาจากการกระทำ ให้เกิดบาดแผลโดยขบวนการทางกลวิธีได้

คำหลัก: ต้นกฤษณา ไม้กฤษณา ไม้หอม การเกิดเนื้อไม้หอม

คำนำ

กฤษณาหรือไม้หอมเป็นไม้ยืนต้นสกุล *Aquilaria* วงศ์ Thymelaeaceae มีขนาดกลาง ถึงใหญ่ จัดอยู่ในจำพวกพรรณไม้ที่ เนื้อไม้หรือ เปลือกไม้มีกลิ่น ซึ่งมีอยู่ทั้งหมด 15 ชนิด แต่ใน ประเทศไทยพบเพียง 3 ชนิด (สมคิด, 2525) คือ

1. *Aquilaria malaccensis* Lamk. (ชื่อพ้องคือ *A. agallocha* Roxb.) เรียกว่า ไม้หอม (Mai Hom) ไม้พวงมะพร้าว (ภาษาใต้) หรือกายูตือปู (ภาษายาวี) (เสวก, 2545) พบ เฉพาะภาคใต้ที่มีความชุ่มชื้น เช่น เขาช่อง จ.ตรัง

2. *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec. พบในป่าดงดิบชื้นและป่าดงดิบแล้ง ทางภาคเหนือ ภาคกลางและภาคตะวันออก เฉียงเหนือ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งบนเขาใหญ่ ซึ่งเป็นรอยต่อหลายจังหวัด บริเวณดงพญาไฟ) ชนิดนี้เรียกว่ากฤษณา (Kritsana)

3. *Aquilaria subintegra* DingHou พบทางภาคตะวันออก เช่น เขาสอยดาว จ.จันทบุรี

คำว่า กฤษณา คือ ส่วนที่เรียกว่า แก่นของต้นไม้ที่อยู่ในสกุล *Aquilaria* ส่วนที่เรียกว่า แก่นหรือกฤษณานี้ ความจริงไม่ใช่แก่นแต่เป็นส่วนที่มีสีน้ำตาลหรือดำกว่าเนื้อไม้ส่วนอื่นๆ และมีความหนาแน่นมากกว่า (มีความถ่วงจำเพาะสูงกว่า) เนื้อไม้ธรรมชาติ เมื่อเอามัดเคียนจะมีลักษณะเป็นมันหรือชั้นคล้ายยาง (resin) ผสมอยู่ กฤษณาจะมีกลิ่นหอมเมื่อเผาไฟ ในวงการค้าต่างประเทศเรียก กฤษณา แตกต่างกันไป ออกไป เช่น *aquilaria* หรือ *agilawood*, *agallochum*, *agarwood*, *eagle wood*, *lignum alose*, *aloeswood* ชาวจีน เรียกกฤษณาว่า "ติ้มเฮียว" (อนันต์, 2540) ชาวบ้านเรียกชื่อแตกต่างกันตามคุณภาพของไม้กฤษณา ไม้ลูกแก่น เป็นไม้คุณภาพดีที่สุด เป็นไม้เกรตหนึ่ง สีดำสนิท ใช้เผาให้เกิดกลิ่นหอม ใช้ในพิธีกรรมทางศาสนาอิสลาม ในสุเหร่าหรือตามบ้านอภิมหาเศรษฐีในพระราชวัง และสถานที่ต่างๆ โดยเชื่อว่าเป็นการล้างเสนียดจัญไร เป็นสิริมงคล สุดดมแล้วเกิดเรี่ยวแรงทำงานมากขึ้น เนื่องจากช่วยบำรุงหัวใจ (เสวก, 2545) ไม้เกรตลูกแก่น Super จากประเทศเขมรราคา 150,000-200,000 บาท/กก. จากภาคใต้ราคา 80,000-90,000 บาท/กก. และจากสาธารณรัฐประชาชนลาวราคา 40,000-60,000 บาท/กก. (องอาจ, 2545) กฤษณา คุณภาพรองลงมาเป็นไม้เกรตสอง เช่น ไม้ลำเสา มีราคาตั้งแต่ 10,000-30,000 บาท/กก. ส่วนไม้กฤษณาคุณภาพรองลงมาอีกคือ ไม้ตกตะเคียน (ที่เกิดจากการฟันต้นทิ้งไว้ 6-7 เดือน จนเนื้อไม้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลเข้ม) หรือไม้ปากขวาน (มีคุณภาพสูงกว่าไม้ตกตะเคียน เกิดจากการฟันต้นไม้ทิ้งไว้ราว 3 ปี มีสีเกือบดำ ถ้าทิ้งไว้เป็น 100 ปี มีสีดำ

สนิทเป็นไม้เกรตหนึ่ง) ถือเป็นไม้เกรตสามและสีมีราคาตั้งแต่ 60-3,000 บาท/กก. จะนำมากลั่นเป็นหัวน้ำหอม โดยนำเนื้อไม้มาป่นเป็นเส้นเท่าเข็มเย็บผ้า ความยาวไม่เกิน 1 ซม. นำไปตากแห้งแล้วแช่น้ำไว้ประมาณ 2 สัปดาห์แล้วนำไปต้ม กลั่นด้วยระบบควบแน่น เพื่อให้ได้หัวน้ำหอมบริสุทธิ์ มีสีดำ บรรจุขวด 1 โตร่า (tora) หรือ 12.5 ซีซี น้ำหนักประมาณ 11.7 กรัม ราคาในประเทศไทย โตร่าละประมาณ 2,500-3,000 บาท (มนตรี, 2537) จึงเห็นได้ว่า ประเทศตะวันออกกลางและประเทศที่มีประชาชนชาวมุสลิมมีความต้องการไม้กฤษณาและน้ำมันหอมเป็นอย่างมาก เพราะเป็นของจำเป็นที่ต้องใช้ในชีวิตประจำวัน คือเอาแก่นกฤษณาและไม้สับมาเผา กับถ่านหินในเตาเล็ก ซึ่งทำเป็นพิเศษสำหรับเผาไม้กฤษณาโดยเฉพาะ เพื่อให้ควันและกลิ่นหอมของกฤษณาติดผิวหนังป้องกันแมลงหรือไรทะเลทราย (องอาจ, 2545) คุณภาพเนื้อไม้ขึ้นอยู่กับ การสะสมของน้ำมันกฤษณาในเซลล์ต่างๆ ของเนื้อไม้ องค์ประกอบทางด้านเคมีของน้ำมันหอมระเหย จากกฤษณาประกอบด้วยสารที่เป็นยาง (resin) อยู่มาก สารที่ทำให้เกิดกลิ่นหอมกฤษณา คือ sesquiterpene alcohol มีหลายชนิดคือ dihydroagarofuran, β -agarofuran, -agarofuran, agarospirol และ agarol (มีชัย, 2532)

แต่เดิมเชื่อว่าการเกิดเนื้อไม้หอมกฤษณาเกิดจากเชื้อรา ต่อมา Chalermpongse และคณะ (1990) ได้ทำการสำรวจและทดลองเพื่อต้องการทราบอิทธิพลและกิจกรรมของเชื้อราที่ทำให้เกิดไม้หอมกับต้นกฤษณา (*Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec) โดยดำเนินการวิจัยในบริเวณห้องที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

จังหวัดนครราชสีมา พบว่า การเกิดไม้หอม กฤษณา (agar or oleoresin deposit) มิได้มีความสัมพันธ์กับอิทธิพลและกิจกรรมของเชื้อรา ซึ่งเชื้อถือกันมาแต่อดีตอันยาวนาน แต่เกิดจากปฏิกิริยาโต้ตอบภายในต้นไม้เอง เนื่องจากต้นกฤษณาเป็นไม้ที่มีลักษณะพิเศษ คือ มีท่ออาหาร (phloem) กระจายอยู่ในเนื้อไม้อีกส่วนหนึ่ง นอกเหนือจากที่มีอยู่บริเวณรอยต่อของเปลือกไม้กับเนื้อไม้ดังเช่นพืชใบเลี้ยงคู่อื่นๆ เมื่อทำให้เกิดแผล ความชอกช้ำ หรือความเครียด เนื้อไม้ก็จะมี การหลั่งสารจำพวกชันหรือเรซิน เข้ามาสะสมที่เนื้อไม้รอบๆ แผล และจะมีสารดังกล่าวสะสมมากขึ้นจนเปลี่ยนสีของเนื้อไม้จากสีขาวเป็นสีเหลือง สีน้ำตาลและสีดำ จนมีน้ำมันเยิ้มในที่สุด ซึ่งก็คือการเกิดกฤษณานั้นเอง การพบเชื้อราในเนื้อไม้กฤษณานั้น เป็นสาเหตุทำให้ไม้หอม กฤษณาต่อคุณภาพและน้ำหนักลดน้อยลง (Chalermpongse *et al.*, 1990) การเกิดสาร กฤษณาที่เป็นมาโดยธรรมชาติเกิดได้จากการที่ต้นไม้เกิดบาดแผลโดยวิธีการใดๆ ก็ตาม เช่น ถูกต้นไม้หรือวัสดุอื่นทับ หรือหล่นกระแทกให้เป็นแผล หรือโดนลมโยกจนกิ่งหักหรือฉีก หรือ ถูกสัตว์กระทำ เช่น ขวิด กัด หรือเบียดถูให้เป็นแผลชอกช้ำ หรือถูกแมลงเจาะซอนไซ เมื่อเกิดแผลขึ้นแล้วจะเกิดการหลั่งสารดังกล่าว สมคิด (2534) ได้พิสูจน์ว่า เมื่อทำแผลที่ต้น กฤษณาที่ยังมีชีวิตอยู่ ต้นกฤษณานั้นจะสร้าง สารกฤษณาลงในเนื้อไม้รอบแผลได้แก่นกฤษณา สามารถสร้างขึ้นได้ในต้นที่อายุต่างๆ ตั้งแต่ในต้น ที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 ซม. (สมคิด, 2525) จนถึงมีขนาดใหญ่หลายๆ และมีอายุมากเท่าไรก็ได้ อย่างไรก็ตาม จากการศึกษากับต้นกฤษณาที่มี อายุ 1 ปี 6 เดือน ไม่สามารถตรวจสอบกลิ่น

กฤษณาจากบาดแผลที่สร้างขึ้นได้ ซึ่งแสดงว่า กฤษณาที่มีอายุน้อยมากๆ นั้น การกระตุ้น ไม่ประสบความสำเร็จ (สมคิด, 2534) ฉะนั้น การปลูกกฤษณาเพื่อสร้างเนื้อไม้กฤษณาจึงใช้ เวลาไม่นาน มีเทคโนโลยีชาวบ้านที่ทำการเจาะ รูลำต้นกฤษณาด้วยสว่าน ซึ่งเป็นวิธีการเลียนแบบ การเจาะของด้วง สามารถกระตุ้นการเกิดแก่น กฤษณาได้ภายในระยะเวลาอันสั้น (เสวก, 2545) ปัจจุบันได้มีการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกสร้าง สวนป่าไม้กฤษณามากขึ้น โดยเฉพาะโครงการ ปลูกไม้กฤษณาที่ขึ้นทะเบียนสวนป่าภาคเอกชน และโครงการสวนเกษตรไม้กฤษณาต่างๆ เพื่อ ตอบสนองความต้องการกฤษณาที่มีมากขึ้น แต่ใน ป่าธรรมชาติมีปริมาณไม่เพียงพอ อย่างไรก็ตาม การกระทำกับต้นกฤษณาดังกล่าวเท่าที่กระทำมา ถึงปัจจุบันยังไม่มียุทธวิธีชัดเจนและให้ผล แน่นนอน ในการบังคับให้เกิดแก่นไม้หอมกฤษณา ดังนั้นทางสถานีทดลองเกษตรที่สูงภูเรือ จึงได้ ดำเนินการทดลองโดยทำให้เกิดบาดแผลตาม ขบวนการทางกลวิธีต่างๆ จากการดัดแปลงวิธีการ ให้คล้ายคลึงกับไม้กฤษณาที่เกิดตามธรรมชาติ ประเภทต่างๆ เพื่อให้ได้วิธีการขึ้นต้นที่เหมาะสม ในการบังคับให้เกิดเนื้อไม้กฤษณา สำหรับเป็น แนวทางเบื้องต้นในการส่งเสริมให้เกษตรกร และ ผู้ปลูกสวนป่าไม้กฤษณา ตลอดจนใช้เป็นแนวทาง ในการวิจัยเพื่อปรับปรุงวิธีการให้เหมาะสม และ ให้ผลแน่นอนยิ่งขึ้นต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

ศึกษาวิธีการบังคับให้เกิดเนื้อไม้กับต้น กฤษณา (*Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec.) อายุ 4 ปี ณ สถานีทดลองเกษตรที่สูงภูเรือ

ต.ปลาบ่า อ.ภูเรือ จ.เลย (950 m asl, 17° 17' N 101° 24' E) ระหว่างเดือนกุมภาพันธ์ 2544 ถึงกุมภาพันธ์ 2545 ด้วยวิธีการต่างๆ 13 กรรมวิธี และ 1 กรรมวิธีเปรียบเทียบ (control) จำนวน 4 ซ้ำ (ซ้ำละ 2 ต้น สุ่มขนาดแปลงมา 4 แปล) โดยวางแผนการทดลองแบบ RCB ระยะปลูก 2x4 เมตร ดังนี้

- กรรมวิธีที่ 1 ใช้สี่หน้ากว้าง (2.54 ซม.) เจาะแนวเฉียงตามต้นให้หน้าข้าง จำนวน 15 จุด
- กรรมวิธีที่ 2 ใช้สี่หน้าแคบ (1 ซม.) เจาะแนวเฉียงตามต้นให้หน้าข้าง จำนวน 20 จุด
- กรรมวิธีที่ 3 ใช้ส่วนเจาะต้น หัวเจาะขนาด 0.40 ซม. จำนวน 30 จุด
- กรรมวิธีที่ 4 ใช้ส่วนเจาะต้น หัวเจาะขนาด 0.55 ซม. จำนวน 30 จุด
- กรรมวิธีที่ 5 ใช้ส่วนเจาะต้น หัวเจาะขนาด 1.11 ซม. จำนวน 10 จุด
- กรรมวิธีที่ 6 ใช้ส่วนเจาะต้น หัวเจาะขนาด 1.27 ซม. จำนวน 10 จุด
- กรรมวิธีที่ 7 ใช้ขวานลับให้เกิดรอยแผลที่ต้น จำนวน 20 รอย
- กรรมวิธีที่ 8 ใช้ตะปูขนาด 2.54 ซม. ตอก คัดัน ตอกคัดัน 30 จุด
- กรรมวิธีที่ 9 ใช้ตะปูขนาด 5.08 ซม. ตอก คัดัน ตอกคัดัน 30 จุด
- กรรมวิธีที่ 10 ใช้ตะปูขนาด 7.62 ซม. ตอก คัดัน ตอกคัดัน 20 จุด
- กรรมวิธีที่ 11 ใช้ตะปูขนาด 10.16 ซม. ตอก คัดัน ตอกคัดัน 20 จุด
- กรรมวิธีที่ 12 ใช้ตะปูขนาด 12.70 ซม. ตอกคัดัน ตอกคัดัน 15 จุด

กรรมวิธีที่ 13 ใช้ค้อนทุบลำต้นให้เปลือกแตก จำนวน 20 รอย

กรรมวิธีที่ 14 ตัวควบคุมไม่กระทำการใดๆ

โดยมีการบันทึกผลดังนี้

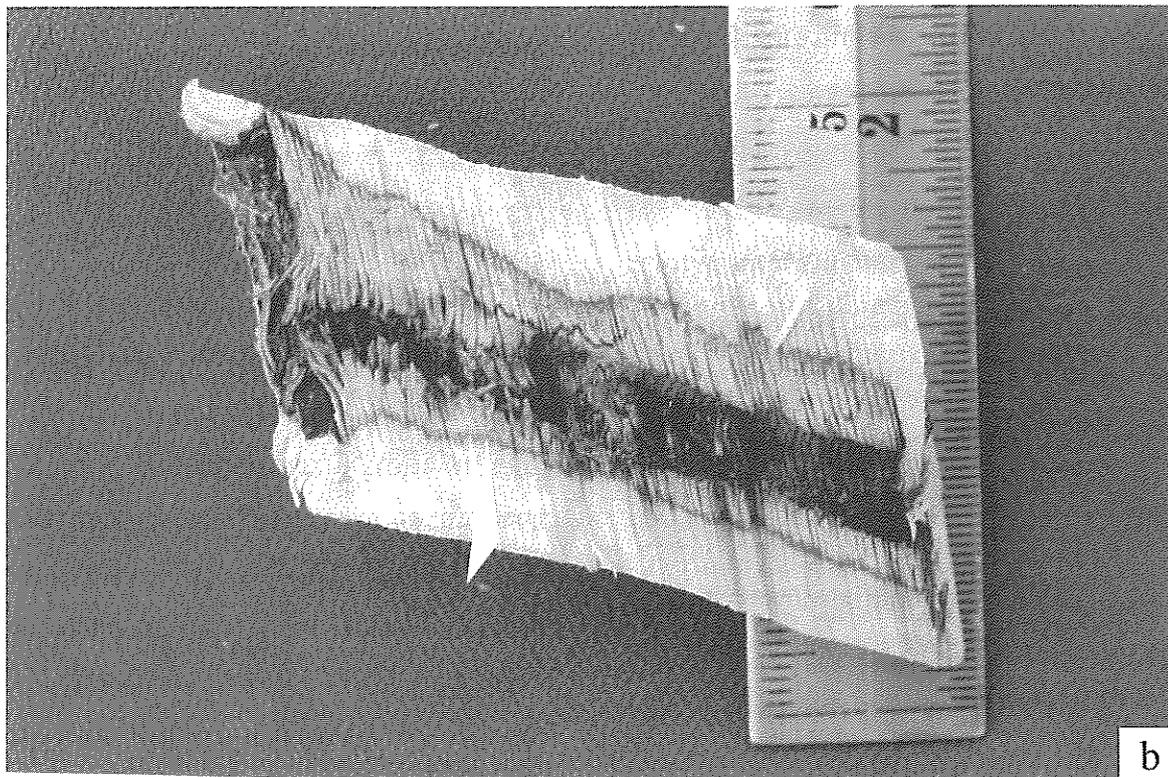
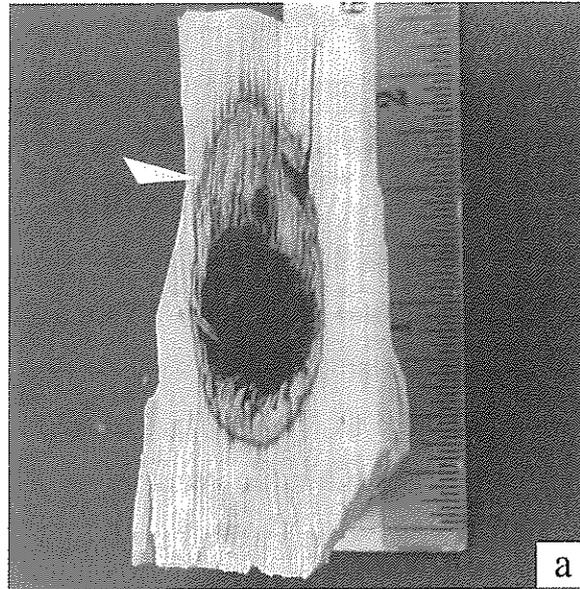
1. บันทึกการเปลี่ยนแปลงทุก 15 วัน ดูการเปลี่ยนแปลงภายนอกบริเวณขนาดแผลของเนื้อไม้

2. เก็บตัวอย่างเนื้อไม้หลังจากการทำบาดแผล 10 เดือน ทำการผ่าเนื้อไม้ตามขวางและตามยาว บันทึกลักษณะการเกิดเนื้อไม้ผิดปกติ ความกว้างของแถบเนื้อไม้ผิดปกติที่เกิดขึ้นโดยใช้เวอร์เนียร์คาร์ลิปเปอร์ เปรียบเทียบกันทุกกรรมวิธี

ผลการทดลองและวิจารณ์

การกระทำบาดแผลโดยขบวนการทางกลวิธีต่างๆ เมื่อทำการเก็บตัวอย่างเนื้อไม้บริเวณบาดแผลกฤษณาภายหลังกระทำบาดแผลเป็นเวลา 10 เดือน แล้วทำการผ่าเนื้อไม้ตามแนวขวาง และตามแนวยาวบริเวณรอบๆ รอยแผลพบว่า การกระทำบาดแผลทุกวิธีการสามารถเกิดเนื้อไม้ผิดปกติ หรือน้ำยางหอม (oleoresin deposit or agar) ขึ้นในเนื้อไม้บริเวณชิดกับรอยแผล โดยจากบริเวณที่กระทำบาดแผลจะมีเนื้อไม้ที่แห้งตายต่อจากบาดแผลไปเล็กน้อย จึงเกิดส่วนที่ผิดปกติเป็นน้ำยางหอมกฤษณาสะสมอยู่เป็นแถบสีน้ำตาลอ่อนถึงเข้มแคบๆ โดยรอบบาดแผล(Figure 1) ที่เกิดจากการเจาะด้วยส่วนหัวเจาะขนาด 1.27 ซม. ปกติเนื้อไม้กฤษณาประกอบด้วยท่อน้ำ(xylem) และท่ออาหารแทรกท่อน้ำ(included-phloem) ซึ่งท่ออาหาร

Figure 1. Aloeswood blocks occurred by the screws of 3.05 cm (a) cross-section (b) longitudinal-section. The arrows show the yellowish to dark brown discoloration ring (10 months after wounding)



แทรกท่อน้ำเป็นกลุ่มของเซลล์ที่ทำหน้าที่ในการลำเลียงอาหารภายในต้น มีการกระจายตัวแบบสุ่มภายในท่อน้ำ และเชื่อมติดต่อกันไปตามความยาวของลำต้น และแต่ละกลุ่มยังเชื่อมต่อกันทางด้านสัมผัส(tangential) หรือเฉียงไปทางด้านรัศมี (radial) ด้วย สำหรับเนื้อไม้ผิดปกติหรือ

เนื้อไม้ที่มีกฤษณาเกิดขึ้นปกติจะแบ่งออกเป็น 4 เกรด โดยใช้ความถี่จำเพาะของเนื้อไม้เป็นเกณฑ์ ความแตกต่างที่สำคัญของเนื้อไม้ผิดปกติแต่ละเกรด คือ การสะสมของกฤษณาภายในเซลล์ชนิดต่างๆ ของเนื้อไม้ กลุ่มเซลล์ที่ผิดปกติมีลักษณะแตกต่างจากกลุ่มเซลล์ปกติ คือผนังเซลล์

ของเซลล์ต่างๆ เหล่านี้มีลักษณะคล้ายถูกย่อยสลายจนเกิดเป็นช่อง มีลักษณะเรียวยาวเป็นรูปลike ขนาดใหญ่ บางเซลล์เกิดการสลายทั้งเซลล์ บางเซลล์มีการสลายบางส่วนยังคงมีส่วนที่ไม่สลายอยู่ด้วย ถ้าเป็นไม้ผิติดปกติเกรด 1 จะมีการสะสมภายในเซลล์เกือบทุกเซลล์ทั้งในพาราเรโนโคมาเนอริสมี(ray parenchyma) ท่ออาหารแทรกท่อน้ำ เวสเซล(vessel) และเส้นใยของท่อน้ำ(xylem fiber) สำหรับไม้ผิติดปกติเกรด 3 จะมีการสะสมกษณาในท่ออาหารแทรกท่อน้ำและพาราเรโนโคมาเนอริสมีน้อย ยังปรากฏช่องว่างให้เห็นแต่เซลล์อื่นๆ มีการสะสมใกล้เคียงกับเกรด 1 ขณะที่ไม้ผิติดปกติเกรด 4 จะมีการสะสมเฉพาะในท่ออาหารแทรกท่อน้ำและพาราเรโนโคมาเนอริสมีเท่านั้น แต่น้อยกว่าเกรด 1 และ 3 มาก (สะสมไม่เต็มช่องว่างของเซลล์) (มีชัย, 2532) การสะสมกษณาเกิดขึ้นในเซลล์พาราเรโนโคมาที่มีชีวิตซึ่งเปลี่ยนแปลงทันทีในกระพี้(sapwood) ภายหลังจากเกิดบาดแผลโดยขบวนการทางกลวิธี การเปลี่ยนแปลงหลัก คือการลดลงและหายไปของแป้งและเกิดการสะสมเพิ่มขึ้นของสารประกอบฟีนอลิก(phenolic compound) ซึ่งเกิดขึ้นภายหลังในแวคิวโอล(vacuole) ของกระพี้(เรียกว่ากระบวนการ vacuolization) โดยเห็นเป็นหยดสีน้ำตาลเหลือง ซึ่งจะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เพิ่มขึ้น องค์ประกอบของไซโตพลาสซึม(cytoplasmic matrix) มีแนวโน้มที่จะเป็น osmiophilic และเคลื่อนย้ายสารต่างๆ จากเซลล์ที่มีชีวิตเข้าสู่แวคิวโอลภายในเนื้อเยื่อไม้(wood fiber) ทำให้เกิดเนื้อเยื่อหอมกษณาขึ้นได้ ปกติถ้ากระทำให้เกิดบาดแผลในฤดูฝนแป้งจะหายไปอย่างรวดเร็วภายใน 4 วัน ขณะที่กระทำในฤดูแล้งแป้งจะลดลงเหลืออยู่เพียงเล็กน้อยภายใน 7 วัน

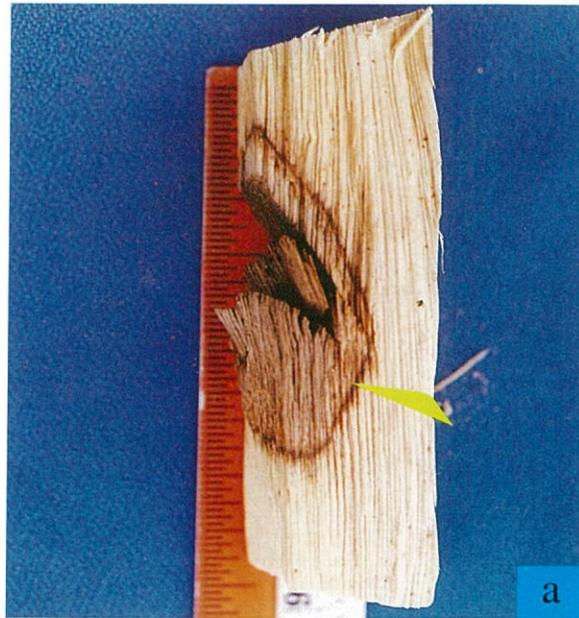
ภายหลังทำให้การเกิดบาดแผล แต่เริ่มเกิดหยดสารประกอบฟีนอลิกในเซลล์พาราเรโนโคมาภายใน 14 วัน(ฤดูฝน) และ 30 วัน(ฤดูแล้ง) อันเป็นผลเนื่องจากฤดูกาล กล่าวคือ ในฤดูฝนมีการขนส่งสารที่สร้างขึ้นจากการสังเคราะห์แสง(assimilates) ที่คล่องตัว(active) รวมทั้งน้ำเคลื่อนที่ได้ง่ายกว่าและมีปริมาณมากกว่าในฤดูแล้ง (Nobushi and Siripatanadilok, 1991) นั่นคือจะปรากฏให้เห็นเป็นสีน้ำตาลอ่อนภายในเวลา 1 เดือน แต่ยังไม่ให้กลิ่นหอมหรือมีกลิ่นเพียงจางๆ เมื่อถูกเผา เมื่อบาดแผลมีอายุประมาณ 3 เดือน มีการสะสมกษณาได้บาดแผลมากขึ้นและจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลแก่ เมื่อบาดแผลอายุประมาณ 8 เดือนถึง 1 ปี กษณาที่สะสมจะมีสีน้ำตาลดำหรือเกือบดำ การเกิดกษณาดังกล่าวปรากฏเพียงแถบแคบๆ กว้าง 1-2 มม. เท่านั้น (สมคิด, 2534) ซึ่งสอดคล้องกับการเกิดไม้หอมกษณาในงานวิจัยนี้

เมื่อเปรียบเทียบการเกิดกษณาด้วยขบวนการทางกลวิธีต่างๆ(Table 1) พบว่าทั้งการใช้ขวานเจาะรู(Figure 1) และตอกด้วยสิ่วทั้งหน้ากว้าง(Figure 2) และหน้าแคบ รวมทั้งการใช้ขวานสับจะเกิดแถบสีน้ำตาลค่อนข้างเข้มถึงเข้ม ห่างจากบาดแผลออกไปประมาณ 5-10 มม. ซึ่งต่างกับเนื้อไม้กษณาปกติโดยสิ้นเชิง ขณะที่การใช้ตะปูขนาดต่างๆ ตอกทะลุคานหรือตอกไม้ทะลุต้นก็ตาม กลับให้ลักษณะแถบเนื้อไม้กษณาที่มีสีดำปนสีน้ำตาลเข้มถึงดำสนิท(Figure 3) ซึ่งเชื่อว่าเกิดเนื้อไม้หอมกษณาน้อยสีดำที่เห็นเป็นสีอันเกิดจากสนิมเหล็กของตะปูทำปฏิกิริยากับเนื้อไม้(สมคิด, ติดต่อบุคคล) ซึ่งเชื่อว่าอากาศเป็นปัจจัยสำคัญปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการสะสมเนื้อไม้หอมกษณา(Nobuchi and

Table 1. Variation types of the discoloration ring around wounding of aloeswood by the different mechanical treatments

No.	Mechanical treatments	Types of the discoloration ring around wounding
1.	Inflicted with wide chisel	Yellowish to dark brown discoloration ring around wounding (3-10 mm from wounding)
2.	Inflicted with narrow chisel	Yellowish to dark brown discoloration ring around wounding (3-10 mm from wounding)
3.	Holed with screws (0.40 cm diameter)	Dark brown discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding)
4.	Holed with screws (0.55 cm diameter)	Dark brown discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding)
5.	Holed with screws (1.11 cm diameter)	Dark brown discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding)
6.	Holed with screws (1.27 cm diameter)	Dark brown discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding)
7.	Barked with hatchet	Yellowish to dark brown discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding)
8.	Beated with nails (2.54 cm long)	Yellowish brown to dark discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding) occurred by the interaction between the ferric oxide of the nails and the fibers
9.	Beated with nails (5.08 cm long)	Yellowish brown to dark discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding) occurred by the interaction between the ferric oxide of the nails and the fibers
10.	Beated with nails (7.62 cm long)	Yellowish brown to dark discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding) occurred by the interaction between the ferric oxide of the nails and the fibers
11.	Beated with nails (10.16 cm long)	Yellowish brown to dark discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding) occurred by the interaction between the ferric oxide of the nails and the fibers
12.	Beated with nails (12.70 cm long)	Yellowish brown to dark discoloration ring around wounding (5-10 mm from wounding) occurred by the interaction between the ferric oxide of the nails and the fibers
13.	Beated with hammer	Yellowish to pale brown discoloration ring only at the top of the wounding
14.	Control	White to pale yellow wood

Figure 2. Aloeswood blocks occurred by the wide chisel (a) cross-section (b) longitudinal-section. The arrows show the yellowish to dark brown discoloration ring (10 months after wounding)



Siripatanadilok, 1991) จึงทำให้การตอกตะปูคาเอาไว้ในต้นไม้กฤษณา อากาศโดยรอบ โดยเฉพาะก๊าซออกซิเจนไม่สามารถเข้าไปสัมผัสกับแผลได้ จึงมีผลให้การสะสมเนื้อไม้หอมกฤษณาเกิดขึ้นน้อย ซึ่งแตกต่างจากการเจาะรู

ลำต้นกฤษณาด้วยสว่าน สี่ และขวานนั้น บริเวณรอยแผลสามารถสัมผัสอากาศและก๊าซออกซิเจนได้อย่างเต็มที่ อย่างไรก็ตาม จุดนี้ควรทำการวิเคราะห์หาปริมาณสารหอมระเหยกฤษณาทางเคมีว่าเกิดกฤษณาหรือไม่ ปริมาณมากน้อย

Figure 3. Longitudinal-section of aloeswood blocks occurred by the 12.7 cm nails. The arrows show the dark discoloration ring (10 months after wounding)



Figure 4. Longitudinal-section of aloeswood blocks occurred by insects; the arrows show the yellowish to dark brown discoloration ring

เพียงใจ และควรวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบระหว่างวิธีการต่างๆ เพื่อหาวิธีการที่ทำให้คุณภาพไม้หอมกฤษณาและน้ำมันหอมระเหยกฤษณาดีที่สุดในอีกทั้งให้ปริมาณสารหอมระเหยสูงที่สุดด้วย สำหรับการใช้สว่านเป็นวิธีการเลียนแบบการเจาะของด้วงซึ่งเป็นแมลงศัตรูของกฤษณา ผลลัพธ์เนื้อไม้หอมกฤษณาที่ได้จะคล้ายคลึงกับผลที่เกิดจากแมลงเจาะ (Figure 4)

ความกว้างของแถบเนื้อไม้หอมกฤษณา (มิดปกติ) ที่เกิดจากกรรมวิธีทำให้เกิดบาดแผลโดยขบวนการทางกลวิธีต่างๆ พบว่าการเจาะด้วยสว่านหัวเจาะขนาด 1.27 ซม. และการดอกด้วยสิ่วหน้ากว้าง ทำให้เกิดความกว้างของแถบเนื้อไม้กฤษณามากที่สุด (0.725 และ 0.722 มม. ตามลำดับ) รองลงมา คือ การดอกด้วยสิ่ว หน้าแคบและการเจาะด้วยสว่านหัวเจาะขนาด 1.11 ซม. ซึ่งต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) เมื่อเปรียบเทียบกับ การดอกด้วยสิ่วหน้าขนาด 2.54 ซม. และการทุบด้วยค้อนจะให้ความกว้างของแถบน้อยที่สุด (0.519 และ 0.500 มม. ตามลำดับ) (Table 2)

สำหรับการทุบด้วยค้อนให้เปลือกแตกนั้นพบว่า ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร เนื่องจากเกิดแถบเนื้อไม้หอมกฤษณาน้อยมาก ส่วนใหญ่เป็นเปลือกและเนื้อไม้แห้งรอบบาดแผล และสีแถบเนื้อไม้หอมกฤษณาก็มีสีน้ำตาลที่จางกว่าวิธีการอื่นๆ

ข้อเสนอแนะในการวิจัย

1) ควรทำการศึกษาต่อไปโดยเก็บตัวอย่างทุกๆ 5 เดือน โดยเก็บช่วง 15 20

25 30 35 และ 40 เดือน เพื่อศึกษาลักษณะการเพิ่มปริมาณการสะสมของเนื้อไม้ผิดปกติกฤษณาและนำแต่ละช่วงไปสกัดและวิเคราะห์หาปริมาณน้ำมันหอมระเหยโดยเครื่องมือวิเคราะห์ทางเคมี เพื่อเปรียบเทียบหาวิธีการที่ให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยกฤษณามากที่สุด ซึ่งได้มีผลการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยกฤษณาชนิดไม้หอม (*Aquilaria malaccensis*) พบว่า ประกอบด้วย α -agarofuran, (-)-10-Epi- γ -eudesmol, agarospirol, jinkohol, jinkoh-eromol, kusenol, jinkohol-II และ oxo-agarospirol จำนวน 1.3 6.2 7.2 5.2 3.7 3.4 5.6 และ 3.1 % ตามลำดับ (Yoneda *et al.*, 1984) นอกจากนี้ได้มีการวิจัยหาสูตรโครงสร้างสาร sesquiterpene ต่างๆ โดยใช้ NMR spectrometry (Nakanishi *et al.*, 1981; Ishihara *et al.*, 1991 a,b; Ishihara *et al.*, 1993) สำหรับงานวิจัยนี้เก็บตัวอย่างการเจาะด้วยสว่านเพียงบางขนาดหัวเจาะ เนื่องจากเป็นเพียงการวิจัยเบื้องต้น จึงเก็บเนื้อไม้ส่วนใหญ่ไว้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางเคมีต่อไป

2) ควรศึกษาหาสาเหตุการสะสมสารกฤษณา โดยการเก็บตัวอย่างภายหลังการทำให้เกิดบาดแผลเป็นระยะ เพื่อศึกษาหาหลักการเกิดทางชีวเคมีมาประยุกต์หาวิธีการเลียนแบบการเกิดสะสมสารกฤษณา รวมทั้งหาสารที่เหมาะสมในการชักนำและกระตุ้นให้เกิดการสะสมของสารกฤษณามากกว่าการทำแผลโดยขบวนการทางกลวิธีทั้งในสภาพต้นกฤษณา และการชักนำให้เกิดน้ำมันหอมระเหยกฤษณาในลักษณะของ secondary metabolite โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

Table 2. The width of the yellowish to dark brown discoloration rings of the aloeswood by the different mechanical treatments

No.	Mechanical treatments	Width of discoloration rings (mm)
1.	Inflicted with wide chisel	0.722 a
2.	Inflicted with narrow chisel	0.706 ab
3.	Holed with screws (0.40 cm diameter)	0.606 de
4.	Holed with screws (0.55 cm diameter)	0.641 cd
5.	Holed with screws (1.11 cm diameter)	0.700 ab
6.	Holed with screws (1.27 cm diameter)	0.725 a
7.	Barked with hatchet	0.541 fg
8.	Beated with nails (2.54 cm long)	0.519 g
9.	Beated with nails (5.08 cm long)	0.578 ef
10.	Beated with nails (7.62 cm long)	0.575 ef
11.	Beated with nails (10.16 cm long)	0.638 cd
12.	Beated with nails (12.70 cm long)	0.669 bc
13.	Beated with hammer	0.500 g
14.	Control	0.000 h

Note : In a column, means followed by a common letter are not significantly different at 95% level by DMRT

สรุปผลการทดลอง

สามารถใช้วิธีการทำให้เกิดบาดแผลกับต้นกฤษณาอายุ 4 ปี ด้วยขบวนการทางกลวิธีต่าง ๆ บังคับให้เกิดเนื้อไม้หอมกฤษณาได้ วิธีการทำให้เกิดบาดแผลโดยใช้สว่านหัวเจาะขนาด 1.27 ซม. และการตอกด้วยสั้วหน้ากว้างจะให้แถบเนื้อไม้หอมกฤษณาสีน้ำตาลเข้มถึงน้ำตาลดำกว้างที่สุด

คำขอบคุณ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมคิด สิริพัฒน์ดีลภ ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้ข้อมูล ความรู้ความเข้าใจ และข้อชี้แนะเกี่ยวกับการเกิด ลักษณะและกายวิภาคของเนื้อไม้หอมผิปกติกฤษณาแก่คณะผู้วิจัย งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้

เอกสารอ้างอิง

- มีชัย ประชากุล. 2532. ลักษณะทางกายวิภาคของเนื้อไม้ปกติและเนื้อไม้ผิดปกติของต้นกฤษณา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล(วนศาสตร์). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 79 หน้า.
- มนตรี พงษ์เจริญ. 2537. กฤษณาราคาแพงลิ่วไม้ทำลายตัวใหม่ที่คนทำต้องอดทนและรู้จริง. *เทคโนโลยีชาวบ้าน*. 6(100) : 18-20.
- แสวง พงษ์สำราญ. 2545. กฤษณาไม้หอม... พืชความหวังใหม่จากป่าชุมชน. *เคหการเกษตร*. 26(2) 198-203.
- สมคิด สิริพัฒน์ดิลก. 2525. ไม้กฤษณา. เอกสารวิชาการเล่มที่ 17. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 14 หน้า.
- สมคิด สิริพัฒน์ดิลก. 2534. ไม้กฤษณา. หน้า 144-147 ใน *อุทยานวิจัยมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*. สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- องอาจ คล้ามไพบูลย์. 2545. กฤษณา ไม้หอม ไม้มหาเศรษฐี. สำนักพิมพ์สนธิใจ กรุงเทพฯ. 136 หน้า.
- อนันต์ คำคง. 2540. รายงานการวิจัยเรื่อง "สถานภาพของการวิจัยไม้กฤษณาในประเทศไทย" กองโครงการ และประสานงานการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ. 47 หน้า.
- Chalermpongse, A., S. Siripatanadilok and S. Sangthongprao. 1990. Role and activities of fungi associated with agarwood and Kritsana tree in Thailand. *Thai J. Forestry* 9(3): 163-171.
- Ishihara, M., T. Tsuneya and K. Uneyana. 1991a. Gualane sesquiterpenes from agarwood. *Phytochem.* 30(10) : 3343-3347.
- Ishihara, M., T. Tsuneya, M. Shiga and K. Uneyana. 1991b. Three sesquiterpenes from agarwood. *Phytochem.* 30(2) : 563-566.
- Ishihara, M., T. Tsuneya, M. Shiga and K. Uneyana. 1993. Fragrant sesquiterpene from agarwood. *Phytochem.* 33 (5): 1147-1155.
- Nakanishi, T., E. Yamagata, K. Yoneda and I. Miura. 1981. Jinkohol, A Prezizane sesquiterpene alcohol from agarwood. *Phytochem.* 20(7): 1597-1599.
- Nobuchi, T. and S. Siripatanadilok. 1991. Preliminary observation of *Aquilaria crassana* wood associated with the formation of aloeswood. *Bull. of the Kyoto Univ. Forests.* 63 : 226-235.
- Yoneda, K., E. Yamagata, T. Nakanishi, T. Nagashima, I. Kawasaki, T. Yoshida, H. Mori and I. Miura. 1984. Sesquiterpenoids in Two different kinds of agarwood. *Phytochem.* 23(9): 2068-2069.