การวิจัยไม้กฤษณา

กรมป่าไม้

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
พ.ศ. 2557

การวิจัยไม้กฤษณา

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

พ.ศ. 2557

คำนำ

ไม้กฤษณาเป็นต้นไม้ที่มีลักษณะเฉพาะที่สามารถสร้างสารที่มีกลิ่นหอมในเนื้อไม้ ที่เรียกขานกันว่า กฤษณา หรือสารกฤษณา ลักษณะเป็นสีน้ำตาลหรือดำ มีความหนาแน่นสูง เพราะมียาง (Resin) สะสมอยู่ เมื่อเผาไฟจะให้กลิ่นหอม กลิ่นกฤษณาจะติดผิวนาน

จากอดีตถึงปัจจุบัน ประเทศไทยมีการลักลอบตัดโค่นทำลายต้นกฤษณาเพื่อค้นหาและนำเนื้อไม้ที่มีสารกฤษณาออกจากป่าธรรมชาติกันอย่างมาก หากปล่อยให้เป็นไปเช่นนี้จะทำให้ไม้กฤษณาสูญพันธุ์ได้ ดังนั้นภาครัฐต้องสนับสนุนให้มีการปลูกและเพิ่มจำนวนต้นกฤษณา ในพื้นที่ดั้งเดิมและพื้นที่ใหม่ที่มีความเหมาะสม พร้อมกับแนะนำและส่งเสริมให้ประชาชนปลูกไม้กฤษณาไว้ใช้ประโยชน์เนื้อไม้ และจัดการให้มีมูลค่าเพิ่มในเชิงเศรษฐกิจ โดยปัญหาที่ว่ากฤษณาไม่ได้เกิดในไม้กฤษณาทุกต้น และเป็นการยากที่จะทราบว่าต้นใดมีกฤษณาเกิดขึ้น ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องกล่าวถึงข้อเท็จจริงเกี่ยวกับไม้กฤษณาที่สับสนและผิดไปจากความเป็นจริงหลายประการ เพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจและเกิดประโยชน์ต่อกระแสความต้องการของประชาชนที่เกี่ยวกับวงจรไม้กฤษณา

อย่างไรก็ตาม ในส่วนของความอุดมสมบูรณ์ของไม้กฤษณาในประเทศไทยนั้น ยังมีศักยภาพทางเศรษฐกิจสูง และพัฒนาได้ไม่ยาก ซึ่งมีพันธุกรรมที่เด่นเป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น สามารถเลือกสรรเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัย พัฒนาต่อยอดให้เกิดประโยชน์ในเชิงธุรกิจ และเพิ่มองค์ความรู้ของไม้กฤษณาต่อจากนักวิจัยในอดีตให้มีความชัดเจนและทันสมัย โดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับความหลากชนิดและเขตการกระจายพันธุ์ของพันธุ์ไม้เนื้อหอมในประเทศไทย ชีววิทยาของดอกและการติดผลกฤษณา การจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรมตามธรรมชาติของไม้กฤษณาในประเทศไทย การทดสอบสายพันธุ์ไม้กฤษณาในประเทศไทย การเตรียมกล้าไม้กฤษณา อัตราการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของไม้กฤษณา โรคและแมลงศัตรูไม้กฤษณา การพัฒนาการเกิดกฤษณา การผลิตน้ำมันกฤษณา และองค์ความรู้ลักษณะโครงสร้างของเนื้อไม้กฤษณาที่ใช้ดำเนินคดีทางป่าไม้

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณนักวิจัยทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการเรียบเรียง แก้ไข ปรับปรุง และจัดทำข้อมูลการวิจัยไม้กฤษณาเป็นรูปเล่ม หวังว่าเอกสารนี้จะเป็นประโยชน์แก่นักวิจัย และผู้ที่สนใจในไม้กฤษณา

คณะผู้จัดทำ
เมษายน 2558

สารบัญ

		หน้า
คำนำ		
บทที่ 1	ความหลากชนิดและเขตการกระจายพันธุ์ของพันธุ์ไม้เนื้อหอมในประเทศไทย	1
บทที่ 2	ชีววิทยาของดอกและการติดผลกฤษณา	29
บทที่ 3	การจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรมตามธรรมชาติของไม้กฤษณาในประเทศไทย	45
บทที่ 4	การทดสอบสายพันธุ์ไม้กฤษณาในประเทศไทย	70
บทที่ 5	การเตรียมกล้าไม้กฤษณา	92
บทที่ 6	อัตราการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของไม้กฤษณา	98
บทที่ 7	โรคและแมลงศัตรูไม้กฤษณา	123
บทที่ 8	การพัฒนาการเกิดกฤษณา	133
บทที่ 9	การผลิตน้ำมันกฤษณา	148
บทที่ 10	องค์ความรู้ลักษณะโครงสร้างของเนื้อไม้กฤษณาที่ใช้ดำเนินคดีทางป่าไม้	156

บทที่ 1

ความหลากชนิดและเขตการกระจายพันธุ์ของพันธุ์ไม้เนื้อหอมในประเทศไทย

พันธุ์ไม้เนื้อหอม (Incense wood) หมายถึงพันธุ์ไม้ที่มีสารหอมสะสมอยู่ในเนื้อไม้ในกลุ่มสาร เตอร์พีนอยด์ (Terpenes) และมนุษย์ได้ใช้ประโยชน์จากคุณสมบัติดังกล่าวในลักษณะเป็นของป่า (Forest minor products) อย่างเช่นการนำทั้งส่วนใบ กิ่งก้าน และเนื้อไม้ มาทำเป็นธูปเพื่อใช้จุดไหว้ประกอบในพิธีกรรม ดังที่รายงานของ Pennacchio *et al.* (2010) ระบุว่าหลายชนเผ่าที่อาศัยอยู่บริเวณเทือกเขาหิมาลัยมีการนำพันธุ์ไม้เนื้อหอมมาจุดเป็นธูปเพื่อทำให้ควันที่มีกลิ่นหอมประมาณ 90 ชนิดด้วย ส่วนใหญ่เป็นไม้สนสกุลจูนิเปอร์ (Juniperus) ขณะที่การศึกษาของ Staub *et al.* (2011) พันธุ์ไม้เนื้อหอมที่ใช้ประกอบพิธีกรรมของชาวไบ (Bai) ในมณฑลซานสีพบทั้งหมด 17 ชนิด จากทั้งหมด 12 วงศ์ ในจำนวนดังกล่าวมีชนิดที่นำเนื้อไม้มาทำธูปอยู่ 3 ชนิด ได้แก่ *Cupressus funebris* สนฮิโนกิ (*Chamaecyparis obtusa*) และ *Juniperus squamata* และในประเทศลาวนำเนื้อไม้โลงเลง (*Folkenia hodginsii*) มาใช้ประกอบทำธูปหอมได้เช่นกัน ด้วยประเทศไทยตั้งอยู่เขตร้อนชื้นไม่พบไม้สนที่มีเนื้อไม้หอมดังกล่าว แต่ในประเทศไทยพบพันธุ์ไม้ในวงศ์ Thymelaeaceae เป็นต้นไม้ที่มีเนื้อไม้หอม ได้แก่ สกุลกฤษณาหรือเอควิลาเรีย (Aquilaria) และสกุลกฤษณาน้อยหรือไกรินนอป (Gyrinop) ที่เนื้อไม้มีชันหอมสะสมอยู่สามารถนำไปกลั่นเป็นน้ำหอมได้ นอกจากนี้ยังมีชนิดไม้อีกหลายชนิดที่มีเนื้อไม้หอม แต่สารเคมีที่มีกลิ่นหอมในเนื้อไม้เป็นคนละชนิดกัน ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ในวงศ์ Lauraceae อาทิ เช่น เทพทาโร (*Cinnamomum parthenoxylon*) กะเพราต้น (*Cinnamomum ilicioide*) และตะไคร้ต้น *(Litsea cubeba*) ฯลฯ ส่วนพันธุ์ไม้สกุลกำยาน

(Stryrax) วงศ์ Stryracaceae เป็นสกุลไม้ชันหอมเช่นกัน แต่เกิดจากชันหอมที่สะสมอยู่ภายในเนื้อไม้คล้ายกับชันกฤษณาที่สามารถทำให้ชันไหลออกรวมตัวเป็นก้อนชันโดยตรงได้เลยแล้วนำไปใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์

ดังที่กล่าวมาแล้วสกุลที่มีเนื้อไม้หอมของวงศ์ Thymelaeaceae ได้แก่ สกุลกฤษณา สกุลกฤษณาน้อย และสกุลต้นหยงพรุหรือไม้รามิน พินังมุดา (Ramin pinang muda) หรือสกุล Gonystylus ซึ่งสกุลนี้ในประเทศไทยมีเพียง 1 ชนิด (*Gonystylus confusus*) และเป็นไม้หายากที่พบได้น้อยมากภายในประเทศ ดังนั้นพันธุ์ไม้เนื้อหอมในที่นี้ขออธิบายถึงเฉพาะพันธุ์ไม้สกุลกฤษณา สกุลกฤษณาน้อย และสกุลต้นหยงพรุ

1. พันธุ์ไม้สกุลกฤษณา

1.1 ลักษณะสัณฐานของพันธุ์ไม้สกุลกฤษณา

วิสัย: ไม้ต้นหรือไม้พุ่ม ใบเดี่ยว เรียงสลับ เส้นแขนงใบเป็นแบบร่างแห มีเส้นเรียงขนานไปกับขอบใบ ดอกออกปลายกิ่งหรือง่ามใบเป็นช่อกระจุกคล้ายช่อซี่ร่มหรือช่อแยกแขนง ก้านช่อดอกสั้นหรือไม่มี ดอกสมบูรณ์เพศ มีก้านดอกย่อย กลีบเลี้ยง กลีบดอกอย่างละ 5 หลอด กลีบเลี้ยงติดคงทน สีเหลือง เหลืองอมเขียว รูปถ้วยปลายกลีบแยก 5 แฉก ตั้งตรงหรือปลายโค้ง มีระยางค์คล้ายกลีบดอกมากเป็นสองเท่าหรือเท่ากับจำนวนกลีบดอก ติดอยู่คอคอดในหลอดดอก มีเกล็ดคล้ายวงแหวนเชื่อมติดกันที่ฐานรองดอก และมีขนนุ่มสั้นปกคลุมหนาแน่น เกสรเพศผู้มีเป็นสองเท่าหรือเท่ากับจำนวนกลีบเลี้ยงเรียงสลับกับระยางค์คล้ายกลีบดอก ก้านชูอับเรณูสั้นหรือไม่มี อับเรณูรูปขอบขนาน ไม่มีฐานรองรับ รังไข่ไม่มีก้านชู ขนนุ่มสั้นปกคลุม มี 2 ช่อง ก้านชูปลายยอดเกสรเพศเมียสั้นมาก เป็นปมกลม

ผลแห้งแก่แล้วตามรอยตะเข็บแตกออก 2 พู รูปร่างไข่กลับ ที่ขั้วผลมีกลีบเลี้ยงติดอยู่ เปลือกผลมีความแข็งคล้ายเนื้อไม้หรือแผ่นหนัง ปกติมี 2 เมล็ด ในบางผลอาจฝ่อเหลือ 1 เมล็ด รูปไข่มนหรือรี มีสายรกเชื่อมติดกับขั้วเมล็ดกับเปลือกผล

เขตกระจายพันธุ์ของพันธุ์ไม้: ไม้สกุลกฤษณาพบจำกัดอยู่เฉพาะเขตร้อนชื้นของทวีปเอเชีย โดยที่มีพื้นที่ครอบคลุมประเทศภูฏาน บังคลาเทศ อินเดีย (บริเวณตะวันออกเฉียงเหนือ) เมียนมาร์ ลาว จีน ไทย กัมพูชา มาเลเซีย สิงคโปร์ และอินโดนีเซีย

1.2 ความหลากชนิด ลักษณะสัณฐานและนิเวศเขตกระจายพันธุ์ของพันธุ์ไม้สกุลกฤษณา

พันธุ์ไม้สกุลกฤษณามีอยู่ด้วยกันทั้งหมด 21 ชนิด (ตารางที่ 1–1) และในประเทศไทยมีไม้ต้นพื้นเมือง มีจำนวน 5 ชนิด นำเข้ามาปลูกจากประเทศจีน 1 ชนิด คือ กฤษณาจีน (ตารางที่ 1–2)

ตารางที่ 1-1 รายชื่อพันธุ์ไม้สกุลกฤษณาทั่วโลก (http://www.theplantlist.org, 2013)

ลำดับ	ชื่อพฤกษศาสตร์	เขตกระจายพันธุ์
1	*Aquilaria apiculata* Merr.	ฟิลิปปินส์
2	*Aquilaria baillonii* Pierre ex Lecomte	กัมพูชา
3	*Aquilaria banaensis* P.H. Hô	เวียดนาม
4	*Aquilaria beccariana* Tiegh	บอร์เนียว ซาราวัค บรูไน และสุมาตรา
5	*Aquilaria brachyantha* (Merr.) Hallier f.	ฟิลิปปินส์
6	*Aquilaria citrinicarpa* (Elmer) Hallier f.	ฟิลิปปินส์
7	*Aquilaria crassna* Pierre ex Lecomte	ลาว กัมพูชา เวียดนาม และไทย
8	*Aquilaria cumingiana* (Decne.) Ridl.	ฟิลิปปินส์
9	*Aquilaria decemcostata* Hallier f.	ฟิลิปปินส์
10	*Aquilaria filaria* (Oken) Merr.	ฟิลิปปินส์
11	*Aquilaria hirta* Ridl.	คาบสมุทรมลายู (ไทย และมาเลเซีย) และสุมาตรา
12	*Aquilaria khasiana* Hallier f.	อินเดีย
13	*Aquilaria malaccensis* Lam. (มีชื่อพ้องคือ *A. agallocha*)	อินเดีย ภูฏาน เมียนมาร์ ไทย มาเลเซีย สุมาตรา บอร์เนียว และ ฟิลิปปินส์
14	*Aquilaria microcarpa* Baill.	บอร์เนียว ซาราวัค และสุมาตรา
15	*Aquilaria parvifolia* (Quisumb) Ding Hou	ฟิลิปปินส์
16	*Aquilaria rostrata* Ridl.	มาเลเซีย
17	*Aquilaria crassna rugosa* Kiet & Kressler	เวียดนาม และไทย
18	*Aquilaria sinensis* Lour.	จีน (ฮ่องกง ไหหนาน)
19	*Aquilaria subintegra* Ding Hou	ภาคใต้ของไทย
20	*Aquilaria urdanetensis* (Elmer) Hallier f.	ฟิลิปปินส์
21	*Aquilaria yunnanensis* S.C. Huang	จีน (ยูนนาน)

ตารางที่ 1–2 รายชื่อพันธุ์ไม้สกุลกฤษณาที่พบในประเทศไทย

ลำดับ	ชื่อไทย	ชื่อพฤกษศาสตร์	เขตกระจายพันธุ์
1	กฤษณา	*Aquilaria crassna* Pierre ex Lecomte	ลาว เวียดนาม กัมพูชา และไทย
2	จะแน	*Aquilaria hirta* Ridl.	ไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ และอินโดนีเซีย
3	ไม้หอม	*Aquilaria malaccensis* Lam.	ภูฏาน เมียนมาร์ อินเดีย ไทย มาเลเซีย อินโดนีเซีย สิงคโปร์ และฟิลิปปินส์
4	กฤษณาดอย	*Aquilaria rugosa* Kiet & Kessler	เวียดนาม และไทย
5	กฤษณาจีน	*Aquilaria sinensis* (Lour.) Spreng.	จีน (มณฑลกวางตุ้ง) นำเข้ามาปลูกในไทย
6	กำแย	*Aquilaria subintegra* Ding Hou	พืชถิ่นเดียวของไทย

หมายเหตุ กฤษณาจีนเป็นไม้ต้นต่างถิ่นที่นำเข้ามาปลูกในประเทศไทย

1.3 การจำแนกชนิดของพันธุ์ไม้สกุลกฤษณาในประเทศไทย

จากรูปวิธานจำแนกชนิดของ Eiadthong (2007) จำแนกชนิดไม้พื้นเมืองของพันธุ์ไม้สกุลกฤษณา จำนวน 5 ชนิด ไม่นับรวมกฤษณาจีนที่เป็นชนิดที่นำเข้ามาปลูก มีรูปวิธานจำแนกชนิดได้ดังนี้

(1) หลอดกลีบดอกรูประฆังคว่ำยาว 3–5 มิลลิเมตร

(2) ก้านดอกย่อยยาว 2–5 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงยาว 2–3 มิลลิเมตร เปลือกผลเรียบเมื่อผลแก่

ไม้หอม (*A. malaccensis*)

(2) ก้านดอกย่อยยาว 5–10 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงยาว 3–6.5 มิลลิเมตร เปลือกผลมีขนปกคลุมมีรอยย่นตะปุ่มตะป่ำเมื่อผลแก่ และเมื่อแห้งมีรอยย่นเป็นหลุมลึก

(3) ยอดเกสรเพศเมียเป็นตุ่ม ผลแก่รูปไข่กลับมน เปลือกผลรอยย่นตะปุ่มตะป่าเล็กน้อย ขนาดผล 20–25 X 25–35 มิลลิเมตร

กฤษณา (*A. crassna*)

(3) ยอดเกสรเพศเมียเป็นพูไม่เป็นระเบียบ ผลแก่รูปกลมหรือคล้ายลูกแพร์ เปลือกผลรอยย่นตะปุ่มตะป่ำเป็นหลุมลึก ขนาดผล 20 X 20 มิลลิเมตร

กฤษณาดอย (*A. rugosa*)

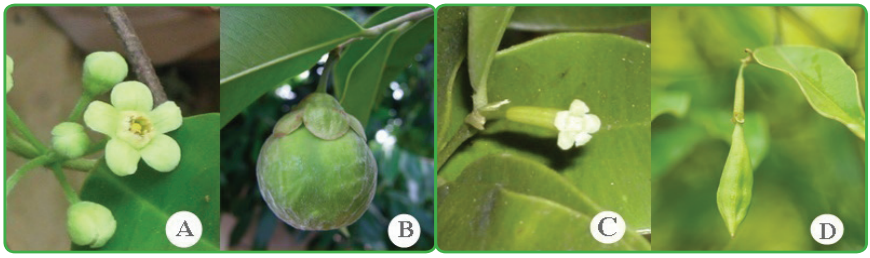
(1) หลอดกลีบดอกรูปทรงกระบอก ยาว 5–12 มิลลิเมตร

(4) ใบใหญ่ ขนาด 5–11 X 14–28 เซนติเมตร ผลรูปรี เมล็ดรูปร่างรีแคบ

กำแย (*A. subintegra*)

(4) ใบเล็ก ขนาด 2.5–5.5 X 6.5–14 เซนติเมตร ผลรูปใบหอกกลับ เมล็ดรูปร่างไข่มน

จำแน *(A. hirta)*



ภาพที่ 1–1 ความแตกต่างของดอกและผลระหว่างสกุล Aquilaria (*A. crassna*; A, B) กับสกุล Gyrinops (*G. vidalii*; C, D)

1.4 ลักษณะสัณฐานของพันธุ์ไม้สกุลกฤษณาในแต่ละรายชนิด

1.4.1 กฤษณา

ชื่อพฤกษศาสตร์: *Aquilaria crassna* Pierre ex Lecomte

ชื่อท้องถิ่น: ไม้หอม (ภาคตะวันออก)

ลักษณะสัณฐาน

วิสัย: เป็นไม้ต้นผลัดใบขนาดกลางสูง 10–30 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มทรงเจดีย์ต่ำหรือรูปกรวย ลำต้นเปลาตรงมักมีพูพอนเล็กน้อยที่โคนต้นเมื่อมีอายุมาก เปลือกลำต้นชั้นนอกเรียบสีเทาอ่อนหรือมีรอยปริของช่องระบายอากาศ ส่วนเปลือกลำต้นชั้นในมีสีขาวอมเหลือง เหนียว ตามกิ่งอ่อนมีขนนุ่มปกคลุม

ใบ: เป็นใบเดี่ยว รูปไข่มนจนถึงรูปไข่กลับ หายากที่มีรูปขอบขนานเรียงสลับ ขอบใบเรียบหรือเป็นคลื่น ปลายใบแหลมจนถึงเรียวแหลม ใบกว้าง 2.5–5 เซนติเมตร ยาว 7–11.5 เซนติเมตร โคนใบรูปลิ่มหรือสอบ ใบแก่เกลี้ยงเป็นมัน แต่ใบอ่อนสั้นและคล้ายไหม เส้นแขนงใบ 12–18 คู่ ก้านใบยาว 3–7 มิลลิเมตร สีเขียวอ่อน ใบแก่มีสีเขียวเข้มก่อนร่วงเป็นเหลือง

ดอก: ออกเป็นช่อกระจุกออกตามที่ง่ามใบหรือปลายกิ่ง มี 4–6 ดอกต่อช่อ ก้านชูช่อดอก 3–5 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุม ดอกย่อยกลีบดอกสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน ดอกสมบูรณ์เพศ ก้านดอกย่อย 5–10 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุม กลีบเลี้ยงเชื่อมติดเป็นรูปถ้วย ปลายกลีบแยก 5 กลีบ ขนาดกลีบเลี้ยงกว้าง 2–3.5 มิลลิเมตร ยาว 3–4 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุมทั้งด้านนอกและด้านใน กลีบดอกสีขาว โคนกลีบเชื่อมติดเป็นรูปโดม มีขนยาวนุ่ม ยาว 1–1.5 มิลลิเมตร ก้านชูอับเรณูยาว 1–1.5 มิลลิเมตร อับเรณู 1 มิลลิเมตร รังไข่ยาว 2–3 มิลลิเมตร มีก้านชูปลายเกสรเพศเมีย

ไม่ชัดเจน ขนนุ่มปกคลุมยอดปลายเกสรเพศเมียเป็นปมยาว 1 มิลลิเมตร

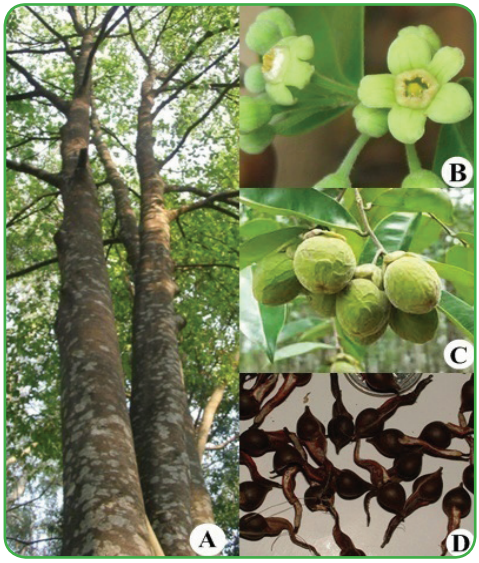
ผล: แห้งแก่แล้วแตก รูปค่อนข้างกลมมีขนนุ่มปกคลุมกว้าง 2–2.5 เซนติเมตร ยาว 2.5–3.5 เซนติเมตร ที่ขั้วผลมีกลีบเลี้ยงติดอยู่ เมล็ดรูปหยดน้ำขนาด 5 X 10 มิลลิเมตร

นิเวศ: พื้นที่ดอนในป่าดิบแล้งและป่าดิบชื้น

เขตกระจายพันธุ์ในประเทศไทย: ภาคเหนือ (พิษณุโลก เพชรบูรณ์ อุตรดิตถ์) ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (เลย) ภาคตะวันออก (ชัยภูมิ นครนายก นครราชสีมา) ภาคตะวันออกเฉียงใต้ (ปราจีนบุรี สระแก้ว จันทบุรี ระยอง ตราด)

เขตกระจายพันธุ์ต่างประเทศ: ลาว กัมพูชา และเวียดนาม

สถานภาพทางอนุรักษ์: CR A1cd ver 2.3 (IUCN, 2012)



ภาพที่ 1–2 ลักษณะสัณฐานลำต้น (A) ดอก (B) ผล (C) และเมล็ด (D) ของกฤษณา

1.4.2 จะแน

ชื่อพฤกษศาสตร์: *Aquilaria hirta* Ridl.

ชื่อท้องถิ่น: จันดัน (มาลายู–ตรังกานู)

ลักษณะสัณฐาน

วิสัย: เป็นไม้ต้นผลัดใบขนาดเล็กสูงถึง 15 เมตร ลำต้นเปลาตรง เปลือกลำต้นชั้นนอกเรียบสีเทา เปลือกลำต้นชั้นในมีสีขาวอมเหลือง มีมัดเส้นใยเหนียว

ใบ: เป็นใบเดี่ยว รูปไข่มนจนถึงรูปไข่กลับ เรียงสลับ ปลายใบเรียวแหลม กว้าง 2.5–5.5 เซนติเมตร ยาว 6.5–14 เซนติเมตร โคนใบรูปลิ่มจนถึงมน ใบแก่เกลี้ยงเป็นมัน แต่ใบอ่อนมีขนนุ่มหนาแน่น เนื้อใบคล้ายแผ่นหนัง ก้านใบมีขนสั้นนุ่มยาว 5–7 มิลลิเมตร สีเขียวอ่อน ใบแก่สีเขียวเข้มก่อนร่วงเป็นเหลือง

ดอก: ออกเป็นช่อกระจุก ออกตามซอกใบ มี 5–14 ดอกต่อช่อ ก้านช่อดอกยาวถึง 1 เซนติเมตร ดอกสมบูรณ์เพศ ดอกสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน ก้านดอกย่อยยาวถึง 20 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุมอยู่ทั่วไป กลีบเลี้ยงเชื่อมติดเป็นรูปทรงกระบอกยาว 6–8 มิลลิเมตร ปลายกลีบแยก 5 กลีบ มีขนนุ่มปกคลุมด้านนอกและด้านในปกคลุมหนาแน่น รูปร่างกลีบเลี้ยงรูปไข่มนยาว 2–3 มิลลิเมตร กลีบดอกมีขนคล้ายเส้นไหมปกคลุมหนาแน่น กลีบดอกยาว 1 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้ไม่มีก้านชูอับเรณู อับเรณูยาว 1 มิลลิเมตร รังไข่ไม่มีก้านชูปลายยอดเกสรเพศเมีย รังไข่ยาว 5 มิลลิเมตร ยอดเกสรเพศเมียเป็นปม

ผล: แห้งแก่แล้วแตกรูปไข่กลับ เมล็ดรูปไข่มีเส้นรกยาวประมาณ 10 มิลลิเมตร

นิเวศ: พื้นที่ดอนในป่าดิบชื้น

เขตกระจายพันธุ์ในประเทศไทย: พบภาคใต้ (ปัตตานี นราธิวาส)

เขตกระจายพันธุ์ต่างประเทศ: มาเลเซีย และอินโดนีเซีย

สถานภาพทางอนุรักษ์: VU A1d ver 2.3 (IUCN, 2012)

ภาพที่ 1–3 ลักษณะสัณฐานใบ (A) ช่อดอก (B) และผลและใบ (C) ของจะแน (ที่มาของภาพ: A; สวนพฤกษศาสตร์คิว, B; ชวลิต, 2543, C; สวนพฤกษศาสตร์สิงคโปร์)

ภาพที่ 1–4 ลักษณะช่อดอกของจะแน (Lau & Chua, 2011)

1.4.3 ไม้หอม

ชื่อพฤกษศาสตร์: *Aquilaria malaccensis* Lam.

ชื่อพ้อง: *Aquilaria agallocha* Roxb., *A. ovata* Cav., *A. secundaria* DC.

ชื่อท้องถิ่น: พวมพร้าว (ตรัง, พัทลุง), กายู–การู; กายูกาฮู (มาเลย์–ปัตตานี), การาส, เตงการาส (มาลายู)

ลักษณะสัณฐาน

วิสัย: เป็นไม้ต้นผลัดใบขนาดกลางสูงถึง 40 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มทรงเจดีย์ต่ำหรือรูปกรวย ลำต้นเปลาตรง มักมีพูพอนเล็กน้อยที่โคนต้น เปลือกลำต้นชั้นนอกเรียบสีเทาอมขาว หนาประมาณ 5–10 มิลลิเมตร มีรูปริเป็นช่องระบายอากาศสีน้ำตาลอ่อนบนเปลือกลำต้นชั้นนอก เมื่ออายุมากขึ้นส่วนเปลือกลำต้นชั้นในสีขาวอมเหลืองเป็นมัดเส้นใยเหนียว

ใบ: เป็นใบเดี่ยว รูปไข่ เรียงสลับ ปลายใบเรียวแหลม บางครั้งพบปลายใบยาว 0.5–1.0 เซนติเมตร ใบกว้าง 2.5–5 เซนติเมตร ยาว 5–15 เซนติเมตร โคนใบรูปลิ่ม ใบแก่เกลี้ยงเป็นมัน แต่ใบอ่อนมีขนนุ่มและขนคล้ายไหมปกคลุมโดยเฉพาะอย่างยิ่งตามเส้นกลางใบ เนื้อใบบางคล้ายแผ่นกระดาษ เส้นแขนงใบ 12–16 คู่ ก้านใบมีขนสั้นนุ่มหรือเกลี้ยง ยาว 3–6 มิลลิเมตร ใบแก่มีสีเขียวเข้มก่อนร่วงเป็นเหลือง

ดอก: ออกเป็นช่อกระจุก พบทั้งซอกใบและ / หรือปลายกิ่ง แต่ละช่อมี 8–10 ดอก ก้านช่อดอกยาวถึง 4–10 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุม ดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเขียวอ่อนหรือเหลืองอ่อน ก้านดอกย่อยยาว 2–5 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุมอยู่ทั่วไป กลีบเลี้ยงเชื่อมติดเป็นรูปถ้วยยาว 3–5 มิลลิเมตร ปลายกลีบแยก 5 กลีบ ด้านนอกมีขนนุ่มปกคลุมหนาแน่น ด้านในเกือบเกลี้ยง กลีบเลี้ยงกว้าง 1.5–2 มิลลิเมตร ยาว 2–3 มิลลิเมตร ทั้งสองด้านของกลีบเลี้ยงมีขนนุ่มสั้นปกคลุม กลีบดอกสีขาว โคนกลีบเชื่อมติดเป็นรูปโดม ขนนุ่ม ยาว 1–1.5 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้มีก้านชูอับเรณูยาว 1–2 มิลลิเมตร อับเรณู 1–1.5 มิลลิเมตร รังไข่มีขนนุ่มปกคลุม รังไข่ยาว 1–2 มิลลิเมตร ก้านชูปลายยอดเกสรเพศเมียไม่เด่นชัด ยอดเกสรเพศเมียรูปร่างกลมยาว 1 มิลลิเมตร

ผล: แห้งแก่แล้วแตก รูปขอบขนานขนาดประมาณ 1.5–2.5 X 2.5–4 เซนติเมตร ผิวผลเกลี้ยงหรือเกือบเกลี้ยง เมล็ดรูปไข่มนขนาด 6 X 10 มิลลิเมตร ระยางค์สายรกยาวเท่ากับความยาวเมล็ด มีขนสีน้ำตาลแดงปกคลุม

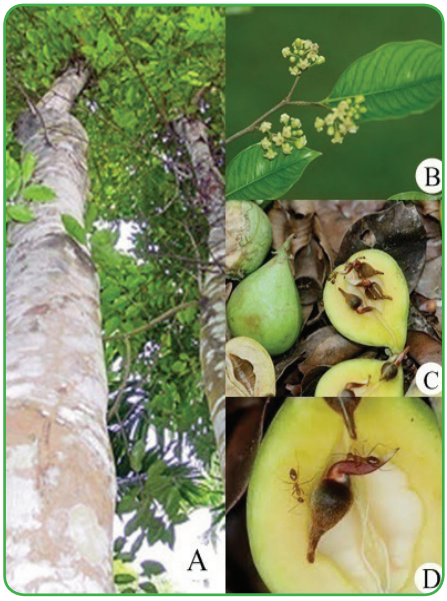
นิเวศ: พื้นที่ดอนในป่าดิบชื้น

เขตกระจายพันธุ์ในประเทศไทย: พบภาคใต้ (ระนอง ชุมพร สุราษฎร์ธานี พังงา ภูเก็ต กระบี่ นครศรีธรรมราช ตรัง พัทลุง สงขลา

สตูล ยะลา ปัตตานี นราธิวาส) ภาคตะวันตก (ประจวบคีรีขันธ์ เพชรบุรี กาญจนบุรี ตาก)

เขตกระจายพันธุ์ต่างประเทศ: อินเดีย ภูฏาน บังคลาเทศ เมียนมาร์ พม่า มาเลเซีย และอินโดนีเซีย

สถานภาพทางอนุรักษ์: VU A1cd ver 2.3 (IUCN, 2012)



ภาพที่ 1–5 ลักษณะสัณฐานลำต้น (A) ช่อดอก (B) ผล (C) และ เมล็ด (D) ของไม้หอม (ที่มาของภาพ: C; www.flickr.com, D; www.flickr.com)

1.4.4 กฤษณาดอย

ชื่อพฤกษศาสตร์: *Aquilaria rugosa* Kiet & Kessler

ชื่อท้องถิ่น: กฤษณา (กลาง)

ลักษณะสัณฐาน

วิสัย: เป็นไม้ต้นผลัดใบขนาดกลางสูงถึง 35 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มทรงเจดีย์ต่ำ หรือรูปกรวย ลำต้นเปลาตรง เปลือกลำต้นชั้นนอกเรียบ สีเทาอ่อนจนถึงเทาอมน้ำตาล ส่วนเปลือกลำต้นชั้นในมีสีขาว มีมัดเส้นใยเหนียว ตามกิ่งอ่อนมีขนนุ่มสีน้ำตาลแดงปกคลุม

ใบ: เป็นใบเดี่ยว รูปไข่มนจนถึงรูปไข่กลับ เรียงสลับ แผ่นใบกว้าง 3–5 เซนติเมตร ยาว 6–10 เซนติเมตร ปลายใบแหลมจนถึงเรียวแหลม บางครั้งพบปลายใบยาวถึง 1.0 เซนติเมตร โคนใบรูปลิ่มจนถึงมน ขอบใบม้วนเป็นคลื่น ใบแก่เกลี้ยงเป็นมัน แต่ใบอ่อนมีขนนุ่มและขนคล้ายไหมปกคลุมโดยเฉพาะอย่างยิ่งตามเส้นกลางใบ เนื้อใบบางคล้ายแผ่นกระดาษ เส้นแขนงใบ 20–25 คู่ ก้านใบยาว 5–6 มิลลิเมตร มีขนสั้นนุ่มเมื่ออ่อนและเมื่อแก่อาจจะเกลี้ยง ใบแก่มีสีเขียวเข้มก่อนร่วงเป็นเหลือง

ดอก: ออกเป็นช่อกระจุกหรือช่อซี่ร่ม ออกตามปลายกิ่ง จำนวนช่อที่พบ 1–3 ช่อซี่ร่ม แต่ละช่อซี่ร่มมี 5–15 ดอก ก้านช่อดอกไม่มีหรือสั้นมาก มีขนนุ่มปกคลุม ดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีเขียวอ่อน หรือเหลืองอ่อน ก้านดอกย่อยยาว 8–10 มิลลิเมตร มีขนนุ่มคล้ายเส้นไหมปกคลุมอยู่ทั่วไป กลีบเลี้ยงเชื่อมติดเป็นรูปแตรสีเหลืองอ่อนยาว 4.5–6.5 มิลลิเมตร ปลายกลีบแยก 5 กลีบ รูปร่างกลีบเลี้ยงเป็นรูปไข่มน ทั้งสองด้านของกลีบเลี้ยงมีขนนุ่มสั้นปกคลุม ระยางค์กลีบดอกรูปไข่หรือกึ่งกลม สีขาวยาว 1 มิลลิเมตร มีขนหนาแน่นปกคลุม สั้นกว่าเกสรเพศผู้ เรียงสลับกับเกสรเพศผู้ เกสรเพศผู้ 10 อัน เรียงสองชั้น เกลี้ยง รังไข่ยาวประมาณ 2 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุม รังไข่ยาว 2.5–3.5 มิลลิเมตร 2 ช่อง และแต่ละช่องมี 1 ออวูล ก้านชูปลายยอดเกสรเพศเมียไม่เด่นชัด ยอดเกสรเพศเมียรูปร่างเป็นลอน สีน้ำตาลอ่อน

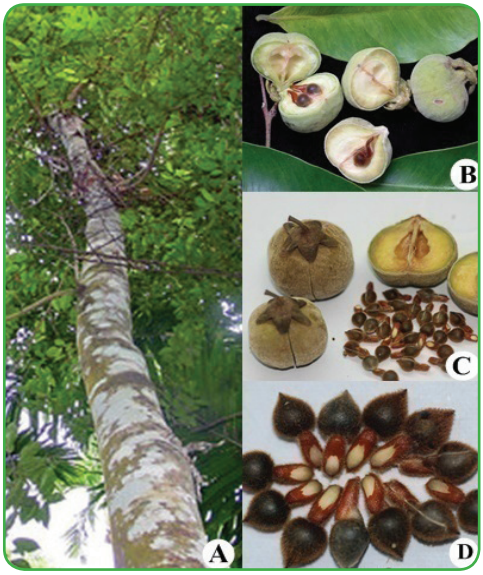
ผล: แห้งแก่แล้วแตก รูปกลมหรือคล้ายรูปแพร์ ขนาดประมาณ 2.5–3.0 X 2.3–3.0 X 1.8–2.0 เซนติเมตร ปลายผลรูปตัด ผิวผลมีรอยพับย่น ที่ขั้วผลมีลักษณะบีบคอด เมื่อแตกเปลือกแตกอ้าทำมุมเกือบ 180 องศา เปลือกผลแห้งแข็ง 1 ผล มี 2 เมล็ด เมล็ดรูปไข่มน ขนาด 4–6 X 6–7.5 มิลลิเมตร ระยางค์สายรกยาวเท่ากับความยาวเมล็ด มีขนสีน้ำตาลแดงปกคลุมหนาแน่น และบิดเวียนเมื่อแห้ง

นิเวศ: พื้นที่ดอนในป่าดิบเขาระดับต่ำและป่าดิบแล้ง

เขตกระจายพันธุ์ในประเทศไทย: พบภาคเหนือ (อุตรดิตถ์ เชียงใหม่ แม่ฮ่องสอน ลำปาง)

เขตกระจายพันธุ์ต่างประเทศ: ลาว และเวียดนาม

สถานภาพทางอนุรักษ์: DD (data defifficient) (IUCN, 2012)



ภาพที่ 1–6 ลักษณะสัณฐานลำต้น (A) ผลและเมล็ด (B, C) และเมล็ด (D) ของกฤษณาดอย

1.4.5 กำแย

ชื่อพฤกษศาสตร์: *Aquilaria subintegra* Ding Hou

ลักษณะสัณฐาน

วิสัย: เป็นไม้พุ่มหรือไม้ต้นผลัดใบขนาดเล็กสูง 2–5 เมตร เปลือกลำต้นชั้นนอกเรียบ สีเทาอมน้ำตาล ส่วนเปลือกลำต้นชั้นในมีสีขาว มีมัดเส้นใย

ใบ: เป็นใบเดี่ยว รูปไข่มน เรียงสลับ แผ่นใบกว้าง 7–10.5 เซนติเมตร ยาว 19–27.5 เซนติเมตร ปลายใบเรียวแหลม โคนใบรูปลิ่มจนถึงมน ขอบใบเรียบ ใบมีขนนุ่มปกคลุมโดยเฉพาะอย่างยิ่งตามเส้นกลางใบ เนื้อใบบางคล้ายแผ่นกระดาษ ก้านใบยาว 5–10 มิลลิเมตร มีขนสั้นนุ่มเมื่ออ่อนและเมื่อแก่อาจจะเกลี้ยง

ดอก: ออกเป็นช่อกระจุกหรือช่อซี่ร่ม ออกตามปลายกิ่ง แต่ละช่อซี่ร่มมี 8–20 ดอก ก้านช่อดอกยาว 1–3 เซนติเมตร มีขนนุ่มปกคลุม ดอกสมบูรณ์เพศ กลีบดอกสีขาว ก้านดอกย่อยยาว 6–13 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุมอยู่ทั่วไป กลีบเลี้ยงเชื่อมติดเป็นรูปหลอดยาว 5–12 มิลลิเมตร ปลายกลีบแยก 5 กลีบ รูปร่างกลีบเลี้ยงเป็นรูปไข่มน ทั้งสองด้านของกลีบเลี้ยงมีขนนุ่มสั้นปกคลุมแต่หนาแน่นบริเวณโคนกลีบด้านใน ขนาดกลีบเลี้ยง 1.2–2.5 X 3–5 มิลลิเมตร ขอบกลีบเลี้ยงมีขนอุยปกคลุม กลีบดอกเชื่อมติดกันที่ฐานมีขนปกคลุมหนาแน่นยาว 1–1.5 มิลลิเมตร เกสรเพศผู้ 10 อัน เรียงสองชั้น อับเรณูยาว ประมาณ 1.5–2 มิลลิเมตร รังไข่ยาว 2–3 มิลลิเมตร 2 ช่อง และแต่ละช่องมี 1 ออวูล ก้านชูปลายยอดเกสรเพศเมีย 0.5–1 มิลลิเมตร ยอดเกสรเพศเมียรูปร่างกลม

ผล: แห้งแก่แล้วแตก รูปรี 1 ผล มี 2 เมล็ด บนระยางค์สายรกเกลี้ยง

นิเวศ: พื้นที่ดอนในป่าดิบชื้น

เขตกระจายพันธุ์ในประเทศไทย: พบภาคใต้ (ปัตตานี) เป็นพืชถิ่นเดียวของไทย

เขตกระจายพันธุ์ต่างประเทศ: ไม่มีรายงานพบในประเทศอื่น

สถานภาพทางอนุรักษ์: DD (data defifficient) (IUCN, 2012)

ภาพที่ 1–7 ลักษณะสัณฐานใบ (A) กิ่ง ใบ ดอก (B) และผลยังไม่แก่เต็มที่ (C) ของกำแย (ที่มาของภาพ: A; อรุณ, 2545, B; สวนพฤกษศาสตร์คิว, C; อรุณ, 2545)

1.4.6 กฤษณาจีน

ชื่อพฤกษศาสตร์: *Aquilaria sinensis* (Lour.) Spreng.

ชื่อพ้อง: *Aquilaria grandiflora* Bentham

ลักษณะสัณฐาน

วิสัย: เป็นไม้ต้นผลัดใบสูงถึง 15 เมตร เปลือกลำต้นชั้นนอกเรียบสีเทาเข้ม มีรูปริของช่องระบายอากาศบนเปลือกลำต้นชั้นนอกทำให้ขรุขระเล็กน้อย เปลือกลำต้นชั้นในมีสีขาว

ใบ: เป็นชนิดใบเดี่ยว รูปกลม รี และรูปขอบขนาน เรียงสลับ ปลายใบแหลมจนถึงติ่งแหลม ใบกว้าง 2.8–6 เซนติเมตร ยาว 5–9 เซนติเมตร โคนใบรูปลิ่ม ใบแก่เกลี้ยงเป็นมัน เส้นแขนงใบ 15–20 คู่ ก้านใบมีขนสั้นนุ่มยาว 5–7 มิลลิเมตร ใบแก่มีสีเขียวเข้มก่อนร่วงเป็นเหลือง

ดอก: ออกเป็นช่อซี่ร่ม ออกตามปลายกิ่ง ดอกย่อยสมบูรณ์เพศ ก้านดอกย่อยยาว 5–10 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุมอยู่ทั่วไปสีเทา กลีบเลี้ยงเชื่อมติดเป็นรูปถ้วยยาว 5–6 มิลลิเมตร ปลายกลีบแยก 5 กลีบ รูปร่างกลีบเลี้ยงเป็นรูปสามเหลี่ยมมีขนนุ่มปกคลุมเล็กน้อย แต่ละกลีบยาว 3–5 มิลลิเมตร ระยางค์กลีบดอก 10 กลีบ สีขาว มีขนนุ่มหนาปกคลุมด้านใน เกสรเพศผู้ 5 อัน เกสรเพศผู้มีก้านชูอับเรณูยาว 1 มิลลิเมตร อับเรณูยาว 1.5 มิลลิเมตร รูปร่างขอบขนานค่อนไปทางเส้นตรง รังไข่รูปไข่มน มีขนปกคลุมหนาแน่น

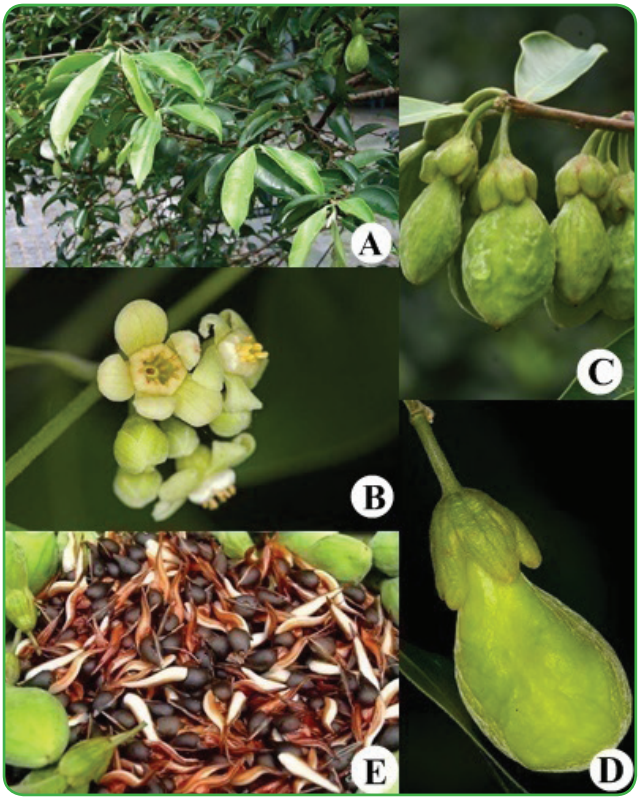
ผล: แห้งแก่แล้วแตกรูปไข่ยาว 2–3 X 2 มิลลิเมตร มีขนสีเหลืองปกคลุม ปลายผลแหลม เปลือกผลบางและเรียบเมื่อแห้ง เมล็ดสีน้ำตาลดำ รูปไข่มนปลายเรียวยาวขนาด 7.5 X 10 มิลลิเมตร สายรกยาว 4 มิลลิเมตร

นิเวศ: พื้นที่ดอนในป่าดงดิบ

เขตกระจายพันธุ์ในประเทศไทย: ปลูกแปลงรวมพันธุ์ที่ศูนย์ฝึกอบรมโป่งสลี จังหวัดเชียงราย

เขตกระจายพันธุ์ต่างประเทศ: จีน

สถานภาพทางอนุรักษ์: VU B1+2cde (IUCN, 2012)



ภาพที่ 1–8 ลักษณะสัณฐานกิ่ง ใบ (A) ช่อดอก (B) ผลยังไม่แก่เต็มที่ (C&D) เมล็ด (E) ของกฤษณาจีน (ที่มาของภาพ: A, B, C, & D; http://www.conservancy.org.hk, E; http://www.aliexpress.com)

2. พันธุ์ไม้สกุลกฤษณาน้อย

2.1 ลักษณะสัณฐานประจำสกุลกฤษณาน้อย

วิสัย: ไม้ต้นหรือไม้พุ่ม ใบเดี่ยว เรียงสลับ เส้นแขนงใบเป็นแบบร่างแห มีเส้นเรียงขนานไปกับขอบใบ ดอกออกปลายกิ่งหรือง่ามใบเป็นช่อกระจุกคล้ายช่อกระจุก 3–10 ดอก ก้านช่อดอกสั้นหรือไม่มี ดอกสมบูรณ์เพศ มีก้านดอกย่อย กลีบเลี้ยง กลีบดอกอย่างละ 5 หลอด กลีบเลี้ยงติดคงทน สีเหลือง เหลืองอมเขียว **รูปหลอดหรือท่อยาว** ปลายกลีบแยก 5 แฉก ตั้งตรง มีระยางค์คล้ายกลีบดอกมากเป็นสองเท่าหรือเท่ากับจำนวนกลีบดอก ติดอยู่คอคอดในหลอดดอก มีเกล็ดคล้ายวงแหวนเชื่อมติดกันที่ฐานรองดอกและมีขนนุ่มสั้นปกคลุมหนาแน่น เกสรเพศผู้มีเป็นสองเท่าหรือเท่ากับจำนวนกลีบเลี้ยงเรียงสลับกับระยางค์คล้ายกลีบดอก ก้านชูอับเรณูสั้นหรือไม่มี อับเรณูรูปขอบขนาน รังไข่ไม่มีก้านชูหรือสั้นมาก ขนนุ่มสั้นปกคลุมมี 2 ช่อง ก้านชูปลายยอดเกสรเพศเมียสั้นมาก ผลแห้งแก่แล้วตามรอยตะเข็บแตกออก 2 พู รูปร่างคล้ายหยดน้ำที่ขั้วผลมีกลีบเลี้ยงติดอยู่หลอดยาว เปลือกผลแข็งคล้ายแผ่นหนังปกติมี 2 เมล็ด ในบางผลอาจฝ่อเหลือ 1 เมล็ด รูปไข่มนหรือรี มีสายรกเชื่อมติดกับขั้วเมล็ดกับเปลือกผล

เขตกระจายพันธุ์ของพันธุ์ไม้: สกุลกฤษณาน้อยพบจำกัดอยู่เฉพาะเขตร้อนชื้นของเขตภูมิพฤกษ์มาลีเซียน (Malesian) โดยที่มีพื้นที่ครอบคลุมประเทศ ลาว เวียดนาม ไทย กัมพูชา มาเลเซีย สิงคโปร์ บรูไน อินโดนีเซีย และปาปัวนิวกินี (http://www.conabio.gob.mx, 2013)

พันธุ์ไม้สกุล Gyrinops ทั่วโลกมี 9 ชนิด ในประเทศไทยพบ 1 ชนิด คือ กฤษณาน้อย (*Gyrinops vidalii* P.H.HO)

ลักษณะสัณฐาน

วิสัย: ไม้ต้นขนาดเล็ก ผลัดใบ สูง 10–15 เมตร เปลือกลำต้นเรียบ สีดำ เปลือกลำต้นชั้นในปกคลุมด้วยเส้นใยสีเทาอมขาว

ใบ: เป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ ไม่มีหูใบ รูปขอบขนานหรือรูปหอก แผ่นใบบาง เกือบเกลี้ยง เป็นมันวาว ขนาด 4–7.5 x 1.5–3.5 เซนติเมตร ขอบเรียบ ม้วนลง ปลายใบยาวคล้ายหาง ยาว 1–2 เซนติเมตร โคนใบรูปลิ่ม เส้นใบมีจำนวนมาก เรียงเป็นเส้นร่างแหเกือบขนานจรดกันที่ขอบใบรวมเป็นเส้นขอบใบค่อนข้างหนา เส้นกลางใบปุ่มด้านบน นูนด้านล่าง ก้านใบยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร

ดอก: ออกเป็นช่อดอก เป็นช่อกระจุกมี 2–3 ดอก ออกตามปลายกิ่ง หรือตามง่ามใบ มีขนหนานุ่มปกคลุม ก้านดอกยาวประมาณ 0.5 เซนติเมตร กลีบเลี้ยง เป็นรูปหลอด สีครีม มีขนนุ่มปกคลุมประปราย ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร แฉกกลีบเลี้ยงมี 5 แฉก ติดทน ยาว 1.5–2 มิลลิเมตร กลีบดอกหรือระยางค์กลีบดอกคล้ายเกล็ดติดบนหลอดกลีบเลี้ยงระหว่างแฉกขนาดเล็กมากประมาณ 0.5 มิลลิเมตร มีขนหนานุ่มปกคลุมหนาแน่น เกสรเพศผู้มี 5 อัน ติดบนหลอดกลีบเลี้ยงตรงข้ามแฉกกลีบเลี้ยง อับเรณูไม่มีก้านชู อับเรณูรูปหอกยาวประมาณ 1.5 มิลลิเมตร รังไข่อยู่เหนือวงกลีบมี 2 ช่อง แต่ละช่องมี 1 ออวุล ก้านเกสรเพศเมียมี 1 อัน ยอดเกสรเพศเมียกลม

ผล: ผลแห้งแก่แล้วแตกเป็น 2 พู คล้ายผลพริกยาวประมาณ 3 เซนติเมตร ก้านผลยาวประมาณ 2 เซนติเมตร

นิเวศ: พบขึ้นในป่าดิบแล้งที่ราบตามเชิงเขา ความสูงของระดับน้ำทะเล 200–300 เมตร ขึ้นปะปนในสังคมพืชที่มีไม้วงศ์ยาง (Dipterocarpaceae) เช่น เกล็ดเข้ ยางแดง ตะเคียนเต็ง และพันจำ

เขตกระจายพันธุ์ในประเทศไทย: ที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูวัว อำเภอบุ่งคล้า จังหวัดบึงกาฬ และพบจำนวนต้นน้อยมากจนเป็นพืชหายากของไทย

เขตกระจายพันธุ์ต่างประเทศ: มีเขตการกระจายพันธุ์แคบพบในประเทศลาว (เวียงจันทน์) เพียงแหล่งเดียว

สถานภาพทางอนุรักษ์: กฤษณาน้อยนับว่าเป็นพืชหายาก และสามารถจัดสถานภาพการอนุรักษ์ในระดับ CR (Critically Endangered) มีร่องรอยการลักลอบตัดฟันเพื่อเอาเนื้อไม้หอมที่มีคุณลักษณะและคุณสมบัติเช่นเดียวกับไม้กฤษณา

ภาพที่ 1–9 ลักษณะสัณฐานลำต้น (A) ดอก (B) และผล (C) ของกฤษณาน้อย

3. พันธุ์ไม้สกุลตันหยงพรุ

3.1 ลักษณะสัณฐานประจำสกุลตันหยงพรุ

วิสัย: ไม้ต้นหรือไม้พุ่ม ใบเดี่ยว เรียงสลับ เส้นแขนงใบเป็นแบบร่างแห เนื้อใบมีจุด ดอกออกปลายกิ่งหรือง่ามใบเป็นช่อแยกแขนงหรือลดรูปเป็นช่อกระจุก มีกาบรองขนาดเล็กรองรับและร่วงง่าย ดอกสมบูรณ์เพศมีก้านดอกย่อยยาว กลีบเลี้ยงหนาคล้ายรูปถ้วยปลายกลีบแยกเป็น 5 แฉก แต่ละแฉกไม่เท่ากัน (ตามปกติใหญ่ 3 และเล็ก 2 กลีบ) มีขนปกคลุมด้านใน กลีบเชื่อมกันที่ฐานกลีบดอก 7–40 กลีบ รูปหยดน้ำหรือสามเหลี่ยมมน เกสรเพศผู้เท่ากับกลีบดอก หายากที่มากกว่าเป็น 2 เท่า แยกอิสระ อับเรณูรูปขอบขนานมี 2 ช่อง รังไข่ไม่มีก้านชูรังไข่ รูปกลมมี 3–5 ช่อง (ส่วนใหญ่) ก้านชูปลายยอดเกสรเพศเมียเป็นเส้นตรง เกลี้ยงหรือมีขน ยอดเกสรเพศเมียขนาดเล็ก ผลแห้งแก่แล้วตามรอยตะเข็บแตกออก 2–5 พู เปลือกผลแข็ง มีสายรกเชื่อมติดกับขั้วเมล็ดกับเปลือกผล

เขตกระจายพันธุ์ของพันธุ์ไม้: ไม้สกุลตันหยงพรุพบจำกัดอยู่เฉพาะเขตร้อนชื้นของเขตภูมิพฤกษ์มาลีเซียน (Malesian) ตอนบน โดยที่มีพื้นที่ครอบคลุมภาคใต้ตอนล่างของไทย มาเลเซีย สิงคโปร์ อินโดนีเซีย (สุมาตรา)

พันธุ์ไม้สกุล Gonystylus ทั่วโลกมี 32 ชนิด ในประเทศไทยพบ 1 ชนิด คือ ตันหยงพรุ (*Gonystylus confusus* Airy Shaw) (Niyomdham & Tarumatsawat, 2003)

ลักษณะสัณฐาน

วิสัย: ไม้ต้นขนาดกลาง ไม่ผลัดใบ สูงถึง 30 เมตร เปลือกลำต้นเรียบจนถึงแตกร่อนเป็นสะเก็ดขนาดเล็ก สีน้ำตาลเข้มจนถึงน้ำตาลอมดำ

เปลือกลำต้นชั้นในปกคลุมด้วยเส้นใยสีแดงจนถึงน้ำตาลแดง กระพี้สีขาว กิ่งก้านมีขนปกคลุม

ใบ: เป็นใบเดี่ยว เรียงสลับ ไม่มีหูใบ รูปขอบขนานหรือรูปหอกกลับ กิ่งขอบขนาน แผ่นใบคล้ายแผ่นหนัง เกลี้ยง เป็นมันวาว ขนาด 3.5–9 x 6.5–23.5 เซนติเมตร ขอบใบเรียบ ปลายใบเรียวจนถึงยาวคล้ายหาง โคนใบรูปลิ่มจนถึงมน เส้นใบมีจำนวนมาก เรียงเป็นเส้นร่างแหเกือบขนานจรดกันที่ขอบใบรวมเป็นเส้นขอบใบค่อนข้างหนา เส้นกลางใบนูนด้านบน นูนด้านล่าง ก้านใบยาวประมาณ 1–2 เซนติเมตร

ดอก: เป็นช่อแยกแขนง ช่อยาว 5–20 เซนติเมตร ออกตามปลายกิ่งหรือตามง่ามใบ มีขนหนานุ่มปกคลุม ดอกย่อยขนาดเล็ก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียง 6 มิลลิเมตร กลีบเลี้ยงมี 4–5 แฉก ยาว 5–6 มิลลิเมตร กว้าง 3–4 มิลลิเมตร มีขนนุ่มปกคลุมด้านนอก ติดทน กลีบดอกมีประมาณ 30 กลีบ เป็นเส้นคล้ายระยางค์หรือเกล็ดยาวประมาณ 3–4 มิลลิเมตร เชื่อมติดกันที่ฐานกลีบ รังไข่อยู่เหนือวงกลีบมี 3 ช่อง แต่ละช่องมี 1 ออวุล

ผล: ผลแห้งแก่แล้วแตกเป็น 2–3 พู รูปร่างรีค่อนไปทางกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2.5–3.5 เซนติเมตร ยาวประมาณ 4–6 เซนติเมตร มี 2–3 เมล็ดต่อผล

นิเวศ: ตันหยงพรุพบขึ้นในป่าดิบชื้นและป่าพรุ ตั้งแต่ระดับความสูงของระดับน้ำทะเล 0–600 เมตร

เขตกระจายพันธุ์ในประเทศไทย: เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส และพบจำนวนต้นน้อยมากจนเป็นพืชหายากของไทย

เขตกระจายพันธุ์ต่างประเทศ: มีเขตการกระจายพันธุ์แคบพบในประเทศมาเลเซียและอินโดนีเซีย (สุมาตรา)

สถานภาพทางอนุรักษ์: ตันหยงพรุนับว่าเป็นพืชหายาก มีการสะสมชันหอมเช่นเดียวกับกฤษณา

ภาพที่ 1–10 ลักษณะสัณฐานลำต้น (A) ช่อดอก (B) และผล (C,D) ของตันหยงพรุ (Niyomdham & Tarumatsawat, 2003)

ความหลากชนิดและเขตการกระจายพันธุ์ของพันธุ์ไม้เนื้อหอมที่เป็นสมาชิกวงศ์ Thymelaeaceae พบว่าอยู่ในสกุล Aquilaria, Gyrinops และ Gonystylus โดยที่ทั่วโลกพบว่าความหลากชนิดของพันธุ์ไม้สกุล Aquilaria มี 21 ชนิด พันธุ์ไม้สกุล Gyrinops มี 9 ชนิด และพันธุ์ไม้สกุล Gonystylus มี 32 ชนิด ขณะที่ในประเทศไทยมีพันธุ์ไม้สกุล Aquilaria

จำนวน 6 ชนิด โดยเป็นชนิดพื้นเมือง 5 ชนิด และนำเข้ามาปลูก 1 ชนิด ส่วนพันธุ์ไม้สกุล Gyrinops และ Gonystylus พบเพียงสกุลละ 1 ชนิด สำหรับการใช้ประโยชน์พันธุ์ไม้เนื้อหอมเหล่านี้พบว่าสกุล Aquilaria เป็นสกุลที่มีความสำคัญมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

วิชาญ เอียดทอง. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. กฤษณาและไม้หอม. ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้, คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สอาด บุญเกิด จเร สดากร และ ทิพย์พรรณ สดากร. 2543. ชื่อพรรณไม้ในประเทศไทย. สมาคมศิษย์เก่าวนศาสตร์. บริษัท อนิเมท พริ้นท์ แอนด์ ดีไซน์ จำกัด. 672 น.

ส่วนพฤกษศาสตร์ป่าไม้. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย เต็ม สมิตินันทน์ ฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ. 2544. สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้.

Burkill, I.H. 1966. A Dictionary of the Economic Products of the Malay Peninsula. vol. I. Governments of Malaysia and Singapore, Ministry of Agriculture and Co-operative, Malaysia.

CITES. 2004. Amendments to appendices I and II of CITES. The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. Available Source: http://www.cites.org/eng/cop/13/prop/E13-P49.pdf, December 15, 2004.

Ding Hou, L. 1960. Thymelaeaceae, pp. 1-48. In C.G.G.J. Van Steenis, ed. Flora Malesiana. Wolters-Noordhoff, Groningen, Netherlands.

Eiadthong, W. 2007. *Aquilaria rugosa* (Thymelaeaceae) : A new record for Thailand. The Thailand Natural History Museum Journal 2 (1): 63-66.

Lau, K.H. and L.S.L.Chua. 2011. Conservation of Aquilaria (Thymelaeaceae) in Malay peninsula. International symposium on multi-national and transboundary conservation of valuable and endangered forest tree species; 5-7 December 2011, Guangzhou, China.

Naef, R. 2010. The volatile and semi-volatile constituents of agarwood, the infected heartwood of Aquilaria species: A review. Flavour and Fragrance Journal 26: 73-89.

Niyomdham, C. and M. Tarumatsawat. 2003. A preliminary study of Gonystylaceae in Thailand. Thai For. (Bot.) 31: 136-140.

Pennacchio, M. L.V. Jefferson and K. Havens. 2010. Uses and abuses of plant-derived smoke: its ethnobotany as hallucinogen, perfume, incense and medicine. Oxford University Press.

Peterson, B. 1997. Thymelaeaceae, pp. 226-245. In T. Smitinand and K. Larsen, eds. Flora of Thailand. vol. 6 (3). The Forest Herbarium, Royal Forest Department, Bangkok.

Ridley, H.N. 1967. The Flora of the Malay Peninsula. vol. III. A. Asher & Co., Holland. Rogers, Z. S. 2010. A World Checklist of Thymelaeaceae: www.tropicos.org.

Siripatanadilok, S., A. Chalermpongse and S. Sangthongpraow. 1991. Utilization and propagation of agarwood trees (*Aquilaria* spp.). IFS Research Grant Agreement Number D/0731. 40p.

Soehartono, T. and A.C. Newton. 2001. Reproductive ecology of *Aquilaria* spp. in Indonesia. Forest Ecology and Management 152 (2001): 59-71. ELSEVIER.

Staub, P.O., M.S. Geck and C.S. Weckerle. 2011. Incense and ritual plant use in Southwest China: A case study among the bai in Shaxi. J. Ethnobiology and Ethnomedicine 7(43) 1–16:http: www.ethnobiomed.com: access; 20 Dec 2013.

Takhtajan, A. 1997. Diversity and classification of flowering plants. Columbia University Press, New York.

TRP. 2005. New species "Wood of the Gods" tree discovered in Viet nam. The Rain Forest Project Foundation. Available Source: http://www.thefainforestproject.net/press.htm, December 25, 2005.

Whitmore, T.C. 1973. Thymelaeaceae. In Tree Flora of Malaya; A Manual for Foresters. vol. 2. Longman, London.

http://www.theplantlist.org, 2013: access 19 Dec 2013.

http://www.conabio.gob.mx/: access 19 Dec 2013.

บทที่ 2

ชีววิทยาของดอกและการติดผลกฤษณา

1. ชีพลักษณ์การออกดอก (Flowering phenology)

จากการศึกษาการออกดอกผลของกฤษณาที่บริเวณอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จำนวน 12 ต้นจาก 3 แหล่ง ได้แก่ พื้นที่มอสิงโต ศูนย์ฝึกอบรมการป่าไม้เขาใหญ่ และน้ำตกผากล้วยไม้ พบว่า กฤษณาเริ่มออกดอกตั้งแต่ต้นเดือนมีนาคมและทยอยบานไปถึงเดือนพฤษภาคม ดอกกำเนิดจากตายอด (Terminal bud) และตาตามง่าม (Axillary buds) พร้อม ๆ กับการผลิใบใหม่ โดยจากตาดอกที่มีขนาด 2 มิลลิเมตร พัฒนาเป็นช่อดอกถึงระยะดอกพัฒนาเต็มที่และบานใช้เวลาประมาณ 3 สัปดาห์ ช่อดอกเป็นแบบซี่ร่ม (Umbel) ซึ่งก้านดอกย่อยมีขนาดต่างกันเล็กน้อย

ในแต่ละช่อดอกที่เจริญเต็มที่ ส่วนใหญ่ดอกไม่บานทุกวัน การบานของดอกเริ่มจากขอบนอกสู่กลางช่อดอกโดยทยอยบานครั้งละ 1 ดอก และดอกที่ไม่ได้รับการผสมเกสร (Lack of pollination) หรือผสมไม่ติด (Incompatibility) จะร่วงภายใน 5 วัน จำนวนดอกย่อยต่อช่อมีตั้งแต่ช่อดอกมีดอกย่อย (Floret) เดียว จนถึง 17 ดอกย่อยต่อช่อ แต่ส่วนใหญ่มีจำนวน 4–7 ดอกย่อยต่อช่อ หรือมีค่าเฉลี่ย 7 ดอกย่อยต่อช่อ แต่ละต้นมีความแปรผันและแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($F=78.217$, $df=2$, $P<0.001$) กล่าวคือ ต้นที่ 1 ต้นที่ 2 และ ต้นที่ 3 เท่ากับ 8, 7 และ 4 ดอกย่อยต่อช่อ ตามลำดับ (ตารางที่ 2–1)

ตารางที่ 2–1 จำนวนดอกต่อช่อของกฤษณา ที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่

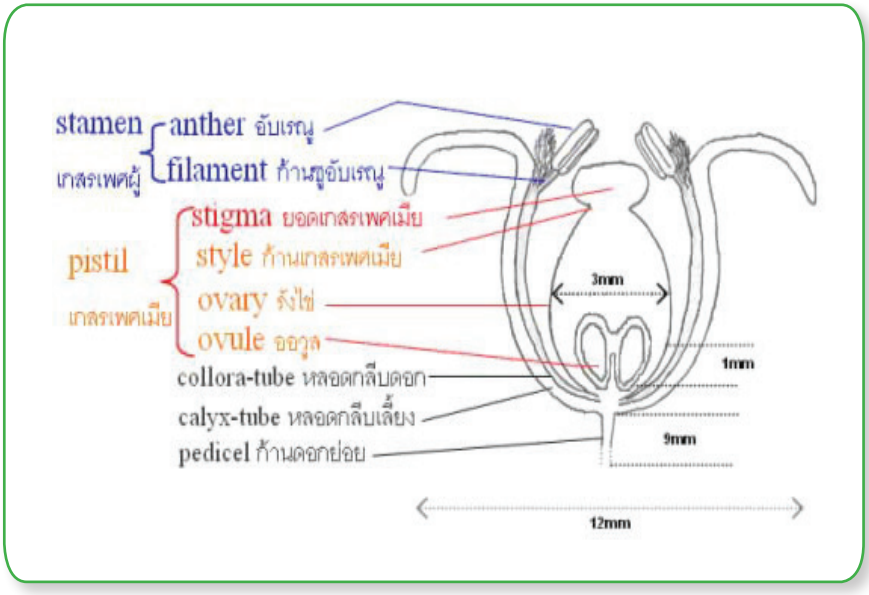
ต้นที่	จำนวนดอกต่อช่อ	ช่วงจำนวนดอกที่ศึกษา (Ranging)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	จำนวนดอกที่ศึกษา
T1	8.15	1–17	0.30	100
T2	7.16	3–13	0.22	100
T3	4.36	2–6	0.08	100
เฉลี่ย/รวม	6.56	1–17	1.12	300

2. สัณฐานวิทยาดอกย่อย (Floral morphology)

กฤษณาเป็นพืชสมบูรณ์เพศ (Polygamo–monoecious plant) ในแต่ละดอกย่อยเป็นดอกสมบูรณ์เพศ (Perfect flower) สมมาตรของดอกเป็นแบบดอกสมมาตรตามรัศมี (Regular flower) ลักษณะแบบทรงกลม (Cyclic) ขนาดดอกทั้งกว้างและยาวของทั้ง 3 ต้น มีความแปรผัน ซึ่งมีความกว้าง 10.2–13.8 มิลลิเมตร ยาว 4.2–5.8 มิลลิเมตร และแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($F=458.881$, $df=2$, $P<0.01$; $F=332.741$, $df=2$, $P<0.01$, ตามลำดับ) โดยความกว้างและความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 12.1±0.12 มิลลิเมตร และ 4.9±0.05 มิลลิเมตร ตามลำดับ ($n=234$) ก้านดอก (Peduncle) ยาว 8–10 มิลลิเมตร ไม่มีฐานรองดอก

ดอกย่อยประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ หลอดวงกลีบเลี้ยง (Calyx–tube) หลอดวงกลีบดอก (Collora–tube) วงเกสรเพศผู้ (Androecium) และวงเกสรเพศเมีย (Gynoecium) (ภาพที่ 2–1 และ 2–2)

ภาพที่ 2-1 ด้านบน (A) และด้านข้าง (B) ของดอกกฤษณา ซึ่งบานระหว่าง 16.30-19.00 น. และส่วนมากบานเวลา 18.00 น.



ภาพที่ 2-2 โครงสร้างของดอกกฤษณาซึ่งเป็นดอกสมบูรณ์เพศ ประกอบด้วย 4 ส่วน คือ เกสรเพศผู้ เกสรเพศเมีย หลอดกลีบดอกและหลอดกลีบเลี้ยง

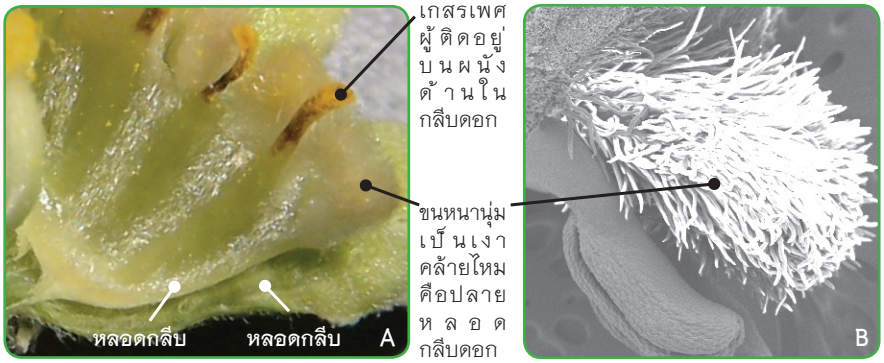
2.1 วงกลีบเลี้ยงสีเขียวอ่อนเชื่อมติดกันยาวเป็นหลอด รูปร่างเป็นรูปถ้วย (Cup-shaped) สีเขียว ปลายกลีบแยกเป็น 5 กลีบ รูปร่างกลีบเป็นรูปไข่ (Ovate) ขอบกลีบเรียบ (Smooth) ปลายกลีบมนถึงกลม (Obtuse to rounded) มีสิ่งปกคลุมด้านนอกเป็นขนสั้นค่อนข้างหยัก (Villose) แบบใยไหม เมื่อดอกบานเต็มที่ปลายกลีบเลี้ยงแผ่ออกตามแนวระนาบ ปลายกลีบโค้งลงเล็กน้อย ความกว้างเฉลี่ย 12 มิลลิเมตร จากการตรวจนับจำนวน พบว่า ส่วนมากมีจำนวน 5 กลีบ (96.57 เปอร์เซ็นต์) แต่บางครั้งพบว่ามี 4 (2.64 เปอร์เซ็นต์), 6 (0.64 เปอร์เซ็นต์) หรือ 7 (0.14 เปอร์เซ็นต์) กลีบปะปนอยู่บ้าง (ตารางที่ 2-2)

ตารางที่ 2-2 จำนวนกลีบดอกกฤษณา ซึ่งพบว่าอาจมีตั้งแต่ 4-7 กลีบ แต่ส่วนมากมี 5 กลีบ

ต้นที่	4 กลีบ	5 กลีบ	6 กลีบ	7 กลีบ	จำนวนดอกที่ศึกษา
T1	1	99	0	0	100
T2	16	482	1	1	500
T3	17	580	3		600
T4	3	191	5	1	200
Total	37	1352	9	2	1400
%	2.64	96.57	0.64	0.14	1400

2.2 วงกลีบดอกสีเหลืองปนเขียวเชื่อมติดกันยาวเป็นหลอด โดยส่วนใหญ่เชื่อมติดกับหลอดวงกลีบเลี้ยง ตั้งแต่ส่วนโคนดอกจนถึงปลายกลีบ รูปร่างเป็นรูปโดม (Dome-shaped) มีสิ่งปกคลุมด้านนอกเป็นขนสั้นค่อนข้างหยัก (Villose) แบบใยไหม ปลายเป็น 10 แฉก (Lobe) สีครีม แต่ละแฉกยาว 1.5 มิลลิเมตร เรียงตัวสลับกับวงเกสรเพศผู้ดูคล้ายเป็นเกล็ด (Scale) ที่โคนแฉกของหลอดวงกลีบดอก จำนวน 10 เกล็ด อยู่บนหลอดกลีบดอกละ 2 เกล็ด ติดอยู่บนรอยแยกของหลอดวงกลีบดอก

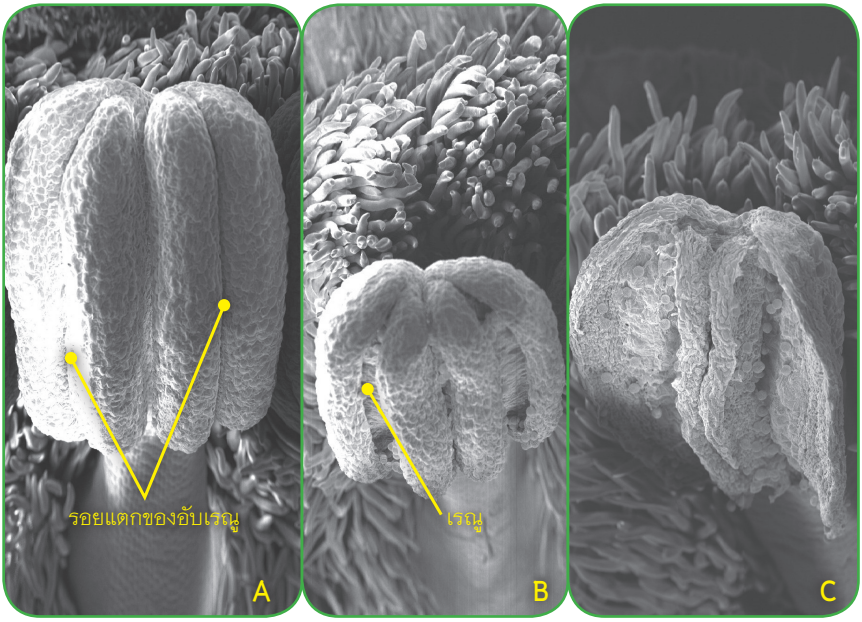
แต่จากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์พบว่าเกล็ดดังกล่าวที่ปลายกลีบดอก (Collora tip) ซึ่งประกอบด้วยกระจุกขนหนานุ่มเป็นมันเงาคล้ายไหม แบบ Villose แบบเดียวกับที่ปกคลุมวงหลอดกลีบดอกอยู่คือขนหยักแต่ยาวกว่า ยาว 1.5–2 มิลลิเมตร (ภาพที่ 2–3A, B) ทำให้รายงานบางฉบับกล่าวว่า ไม่มีกลีบดอก (ดีพร้อม, 2537; การ์เนอร์, 2543; ทองพูล, 2543) หรือกลีบดอกสั้น (1–1.5 มิลลิเมตร) (ปรัชญา, 2549; Peterson, 1997)



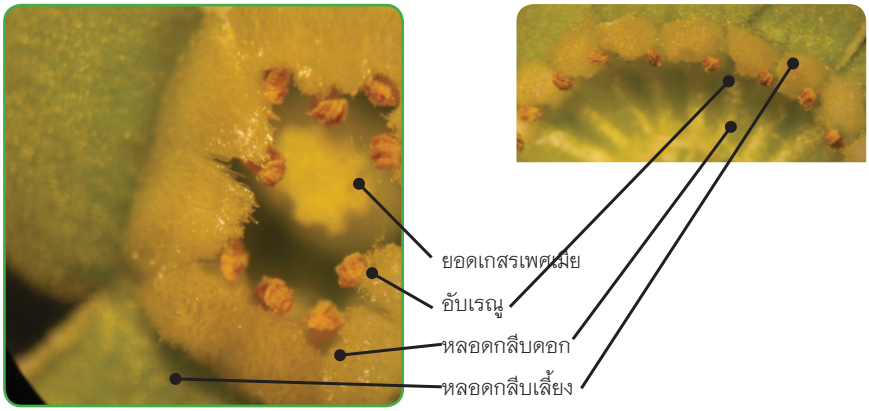
ภาพที่ 2–3 ภาพขยายของหลอดกลีบดอกและหลอดกลีบเลี้ยงของดอกกฤษณา ซึ่งแสดงการติดของอับเรณู (A) และภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Micrographs–SEM มีลักษณะเป็นขนอุย (Villous) ที่ปลายหลอดกลีบดอก

2.3 วงเกสรเพศผู้ ประกอบด้วยเกสรเพศผู้ (Stamen) มี 10 อับเรณู (Anther) แต่ละอับเรณูยาว 1.5 มิลลิเมตร รูปร่างขอบขนาน สีเหลือง หันรอยแตกเข้าด้านใน (Introse) ประกอบด้วย 2 พู (Micro sporangia) ซึ่งแต่ละพู ประกอบด้วย 1 ห้อง (Chamber) (ภาพที่ 2–4) แต่ละอับเรณูมีเรณู 1,937 เรณู หรือประมาณ 18,956 ต่อดอก ก้านอับเรณูยาวเท่ากัน (Homofilamentous stamen) ยาว 0.5 มิลลิเมตร ติดอยู่บนผนังด้านในของหลอดกลีบดอก (Epipetalous stamen) (ภาพที่ 2–3A, B)

โดยอยู่บนหลอด กลีบดอก ๆ ละ 2 อัน และซุกอยู่ระหว่างกระจุกขนของกลีบดอก (Antisepalous anther) ในตำแหน่งบริเวณกลางและรอยแยกของหลอดกลีบดอกแต่ละแฉก (ภาพที่ 2–5A, B) ก้านชูติดอับเรณูที่ปลายด้านหนึ่งของอับเรณู (Basifixed) เมื่อดอกบานจะเห็นอับเรณูโผล่พ้นกลีบดอกเล็กน้อย เรณูเป็นรูปทรงกลม (Spherical) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20–25 ไมครอน เมื่อจัดชั้นขนาดของเรณูที่จัดว่าเรณูขนาดเล็ก (อ้างตามลาวัลย์, 2534) และลักษณะผนังเรณู (Exine) เป็นแบบ Gemmate (ภาพที่ 2–7D)

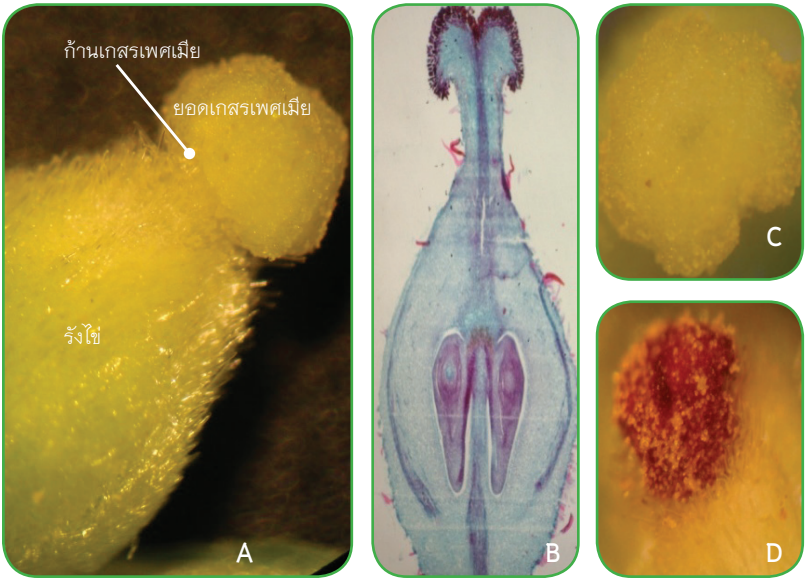


ภาพที่ 2–4 ภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของอับเรณูกฤษณา แสดงลักษณะของอับเรณูที่มี 2 พู (แต่ละพูมี 1 ห้อง) A) อับเรณูก่อนดอกบาน 4 ชั่วโมง B) อับเรณูขณะดอกบาน C) อับเรณู 48 ชั่วโมง หลังดอกบาน



ภาพที่ 2-5 A) ภาพขยายมองจากด้านบนของดอกกฤษณา B) ส่วนของหลอดกลีบเลี้ยงที่แผ่ให้เห็นการเรียงตัวของอับเรณูแบบ Antipetalous

2.4 วงเกสรเพศเมีย ประกอบด้วยเกสรเพศเมีย (Pistil) ยาว 4 มิลลิเมตร ประกอบด้วยรังไข่ (Ovary) ก้านเกสรเพศเมีย (Style) และยอดเกสรเพศเมีย (Stigma) ตำแหน่งรังไข่เป็นแบบ Flower epigynous คือส่วนของรังไข่อยู่เหนือวงกลีบ (Superior ovary) และเกสรเพศผู้อยู่เหนือรังไข่ รังไข่ลักษณะค่อนข้างเป็นทรงกลมคล้ายแจกันสั้นสีเขียวอ่อน มีขนสั้นค่อนข้างหยัก (Villose) ปกคลุม เส้นผ่านศูนย์กลางที่เป็นด้านกว้างประมาณ 3 มิลลิเมตร และความยาว (ด้านแคบ) ประมาณ 2 มิลลิเมตร ก้านเกสรเพศเมียสั้นมาก (< 1 มิลลิเมตร) เชื่อมต่อเนื่องกับยอดเกสรเพศเมีย (Style continuous) (ภาพที่ 2-6) ยอดเกสรเพศเมียมีรูปร่างเป็นกระจุกกลม (Capitate) ยาว 0.7 มิลลิเมตร มีผิวขรุขระเป็นตุ่มกลมแบบ Papillae (ภาพที่ 2-7A, B) รังไข่ประกอบด้วยช่องว่าง (Locule) จำนวน 2 ช่อง แต่ละช่องบรรจุ 1 ออวุล ยาว 1 มิลลิเมตร พลาเซนตาติดที่แกนกลาง (Axile placentation) (ภาพที่ 2-6B)

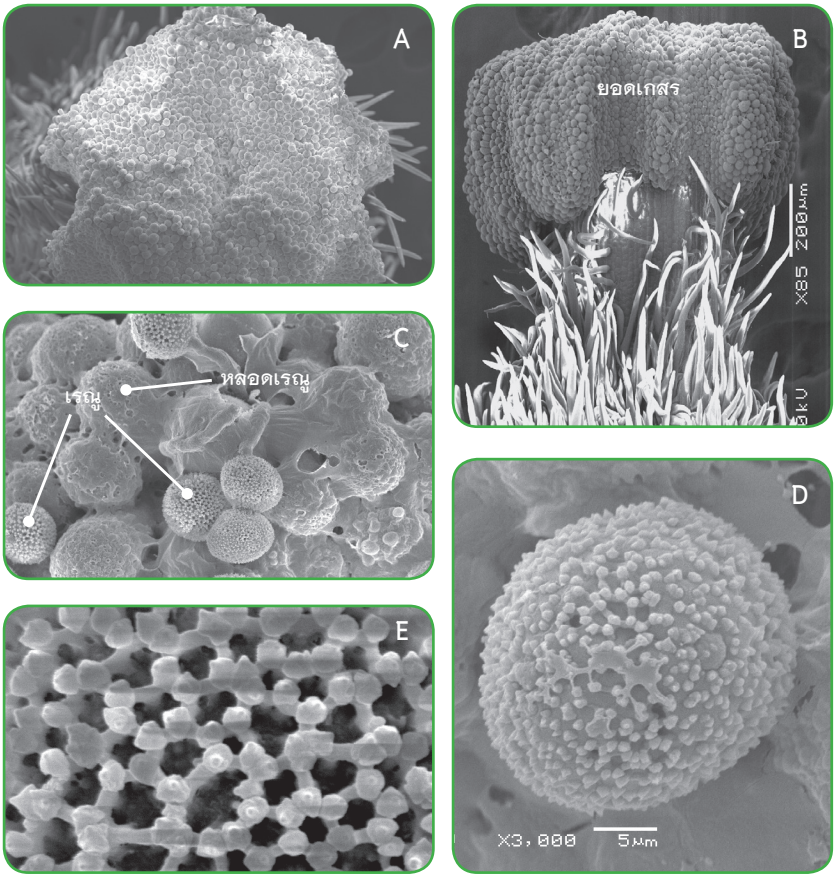


ภาพที่ 2–6 เกสรเพศเมียของดอกกฤษณา A) รังไข่ปกคลุมด้วยขนค่อนข้างหยัก (Villous hairs) B) ภาพตัดด้านยาวของดอกที่บาน แสดงพลาเซนตาติดที่แกนกลาง (ลูกศร) C) ภาพจากมองด้านบนของยอดเกสรเพศเมียในวันที่ดอกบาน D) ภาพยอดเกสรเพศเมีย 3 วันหลังดอกบาน

3. ช่วงเวลาการผสมเกสร (Pollination period)

ดอกกฤษณาเริ่มบานตั้งแต่เวลา 16.30–18.30 น. แต่ส่วนมากบานเต็มที่เวลา 18.00 น. ดอกทยอยบานทีละกลีบ โดยใช้เวลาที่ดอกบานตั้งแต่กลีบแรกถึงกลีบสุดท้ายประมาณ 20 นาที เกสรต่างเพศในดอกเดียวกันแก่ไม่พร้อมกัน (Dichogamy) เป็นแบบ Protandry คือ อับเรณูแตก (Anther dehiscence) ก่อนที่ยอดเกสรเพศเมียจะพร้อมรับเรณู อับเรณูเริ่มแตกเวลา 13.00 น. หรือกล่าวได้ว่าอับเรณูแตกก่อนความพร้อมผสมของเกสรเพศเมียไม่เกิน 4 ชั่วโมง อับเรณูแตกตามยาว (Longitudinal) ตามรอยช่องเปิด

(Stromium) รูปร่างและลักษณะของยอดเกสรเพศเมียเอื้ออำนวยให้เรณูติดได้มากและง่าย เนื่องจากยอดเกสรมีรูปร่างเป็นกระจุกมีพื้นที่ผิวทั้งด้านบนและด้านข้างมาก ทำให้เรณูมีโอกาสตกลงบนผิวได้มาก และลักษณะผิวขรุขระช่วยให้เรณูติดบนยอดเกสรได้ง่าย



ภาพที่ 2–7 ภาพจากกล้องอิเล็กตรอนแบบส่องกราดของยอดเกสรเพศเมียภายหลังดอกบาน 3 ชั่วโมง A) มองจากด้านบน B) มองจากด้านล่างแสดงรูปร่างแบบกระจุกกลม C) ผิวยอดเกสรแบบ Papillae มีเรณู และหลอดเรณูติดอยู่ D) ภาพขยายจาก C แสดงเรณูและสารเยิ้ม Exudates E) เรณูขนาดเล็ก (20–25 ไมครอน) แสดงผิวนอก (Exine) ของเรณู

นอกจากนี้ขณะดอกบานมีสารเหนียว (Stigmatic fluid) เยิ้มออกมา (ภาพที่ 2–7C, D) เอื้ออำนวยให้เรณูติดได้มั่นคงขึ้น เรณูที่ตกลงบนยอดเกสรนี้ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างแต่อย่างใด เรณูงอกหลอดเรณูภายใน 3 ชั่วโมง หลังดอกบาน โดยหลอดเรณูงอกลงไประหว่างช่องว่าง Papillae (ภาพที่ 2–7C) จากการสังเกตยอดเกสรเพศเมียพบว่า ช่วงที่ยอดเกสรเพศเมียพร้อมรับเรณู (Receptive period) ค่อนข้างนาน ตั้งแต่ดอกเริ่มบานถึงหลังดอกบานอย่างน้อย 12 ชั่วโมง แต่ไม่เกิน 48 ชั่วโมง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าดอกพร้อมรับเรณูตั้งแต่เริ่มบานในตอนเย็นจนถึงเช้าวันรุ่งขึ้น แต่ไม่เกิน 18.00 น. ของวันถัดไป

4. ค่าสัดส่วนของจำนวนเรณูต่อออวุลและระดับการผสมข้าม (The P:O Ratio and Outcrossing Level)

จากการตรวจนับจำนวนเรณูต่ออับเรณูของต้นกฤษณาจำนวน 2 ต้น พบว่า มีค่าเฉลี่ย 1,937.1±16.34 โดยต้นที่ 1 มีจำนวนเรณูต่ออับเรณูอยู่ในช่วง 1,626–2,371 (เฉลี่ย 1,895±25.61) และต้นที่ 3 มีจำนวนเรณูต่ออับเรณูอยู่ในช่วง 1,728–2,309 (เฉลี่ย 1,978±18.61) และจำนวนเรณูต่อดอกของต้นกฤษณาจำนวน 2 ต้น พบว่า มีค่าเฉลี่ย 19,371±147.12 โดยต้นที่ 1 มีจำนวนเรณูต่อดอกอยู่ในช่วง 18,038–19,808 (เฉลี่ย 18,956±170.46) และต้นที่ 3 มีจำนวนเรณูต่ออับเรณูอยู่ในช่วง 18,732–20,462 (เฉลี่ย 19,786±155.11) (ตารางที่ 2–3) ทั้งนี้จำนวนเรณูต่ออับเรณูของกฤษณาใกล้เคียงกับไม้สัก ซึ่งมีจำนวน 2,100 เรณูต่ออับเรณู (Tangmitcharoen and Owens,1997a) สำหรับจำนวนออวุลต่อดอกของทั้ง 2 ต้น เฉลี่ยเท่ากับ 2.0 หรือดอกทุกดอกที่ตรวจนับ 200 ดอก มีจำนวนออวุลเท่ากับ 2

ตารางที่ 2-3 จำนวนเรณูในดอกกฤษณา

ต้นที่	จำนวนเรณูต่อดอก										เฉลี่ย	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
T1	18,956	18,372	19,384	18,038	19,494	19,210	19,808	18,566	18,870	18,862	18,956	17.0.46
T3	19,696	20,174	19,880	20,200	19,348	19,830	20,462	19,590	18,732	19,948	19,786	15,5.11
เฉลี่ย											19,371	14,7.12

ตารางที่ 2-4 สัดส่วนของเรณูต่อออวุล (The Pollen-Ovule Ratio) ของกฤษณา

ต้นที่	จำนวนเรณูในดอก	จำนวนออวุลในดอก	ค่าสัดส่วนของจำนวนเรณูต่อออวุล
T1	18,956	2	9,478
T3	19,786	2	9,893
เฉลี่ย	19,371±58.69	2	9,685.5±29.34

ค่าสัดส่วนของจำนวนเรณูต่อออวุล (P/O ratio) ของต้นที่ 1 และต้นที่ 3 คือ 9,478 และ 9,893 ตามลำดับ โดยมีค่าเฉลี่ยเป็น 9,685.5±29.34 (ตารางที่ 2-4) สำหรับค่าสัดส่วนของจำนวนเรณูต่อออวุลในดอกที่พืชสร้างขึ้น ส่อให้เห็นถึงระบบการผสมพันธุ์ของพืช (Cruden, 1977) ค่า P/O ratio ที่พบในกฤษณานี้จัดว่ามีค่าสูง เมื่อนำมาจัดชั้นตามเกณฑ์การประเมินระดับการผสมข้ามของ Cruden (1977) แล้วปรากฏว่า กฤษณาจัดว่ามีระดับการผสมข้ามสูง ที่เรียกว่า Obligate xenogamy ถือว่าเป็นระดับการผสมข้ามสูงสุด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า กฤษณาจำเป็นต้องได้รับการผสมข้ามในการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติ

ทั้งนี้ลักษณะ Obligate outcrossing ที่พบในกฤษณานี้เหมือนกับที่มีรายงานก่อนหน้านี้ของไม้ในสกุล Aquilaria (Soehartono and Newton, 2001) และในไม้สัก (Tangmitcharoen and Owens, 1997a) อย่างไรก็ตาม ค่า P/O ratio นี้ยังไม่สามารถชี้ชัดถึงระบบสืบต่อพันธุ์ของไม้กฤษณาได้ แต่ใช้เป็นเพียงตัวชี้แบบกว้าง ๆ การระบุระบบสืบต่อพันธุ์โดยละเอียดจำเป็นต้องมีการศึกษาอื่น ๆ เพิ่มเติมอีก เช่น กลไกการถ่ายเรณู ดัชนี Self-incompatibility เป็นต้น

5. การติดผลอ่อนและความสำเร็จของการสืบพันธุ์ (Initial Fruit Set and Reproductive Success)

5.1 การติดผลอ่อนจากการผสมเองตามธรรมชาติ (Initial Fruit Set From Opened Pollination)

จากการศึกษาในปีพ.ศ. 2549 พบว่า อัตราการติดผลของทั้ง 3 ต้น อยู่ในเกณฑ์ต่ำและไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($F=2.546$, $df=2$, $P=0.082$) เฉลี่ย 2.23 เปอร์เซ็นต์ โดยต้นที่ 3 ติดผลมากที่สุดเท่ากับ 3.78 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือต้นที่ 1 (2.09 เปอร์เซ็นต์) และต้นที่ 2 ติดผลน้อยที่สุด (0.81 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 2-5)

ตารางที่ 2–5 การติดผลระยะแรก (1 สัปดาห์หลังดอกบาน) ของกฤษณา

ต้นที่	การติดผล (%)	ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	จำนวนช่อดอกที่ศึกษา	จำนวนดอกทั้งหมด	จำนวนดอกที่พัฒนาเป็นผล
T1	2.09	0.07	40	344	7
T2	0.81	0.04	50	471	4
T3	3.78	1.32	50	236	10
เฉลี่ย/รวม	2.23	0.55	140	1,051	21

5.2 ความสำเร็จการสืบต่อพันธุ์ (Reproductive Success : RS)

ค่า RS ของกฤษณาจัดว่ามีค่าเฉลี่ยต่ำใกล้เคียงกับยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.056 (ประเสริฐและจินตนา, 2545) แต่สูงกว่าสัก (Tangmitcharoen and Owens, 1997) ซึ่งมีค่าเฉลี่ย 0.011 ขณะที่พวงพรรณและคณะ (2549) รายงานค่า RS ของมะขามป้อม (*Phyllanthus emblica*) มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 ซึ่งมากกว่าไม้ชนิดอื่น ๆ

ค่า RS ของไม้กฤษณามีค่าผันแปรระหว่าง 0.030–0.059 โดยมีค่าเฉลี่ย 0.05 (ตารางที่ 2–6) โดยค่าอัตราส่วนระหว่างจำนวนผลและดอกต่อช่อดอก (fr/fl) มีค่าต่ำกว่า เฉลี่ยเท่ากับ 0.05 ค่าสัดส่วนจำนวนเมล็ดต่อผลและจำนวนออวุลต่อดอก (s/o) เฉลี่ยเท่ากับ 0.93 หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่ามีดอกจำนวนน้อยที่เจริญพัฒนาไปเป็นผล แต่ออวุลส่วนใหญ่สามารถพัฒนาเป็นเมล็ดที่สมบูรณ์ ปรากฏการณ์นี้บ่งชี้ว่า การร่วงหล่นของผล (Fruit abortion) เกิดขึ้นในอัตราสูงกว่าการชะงักการเจริญเติบโตของเมล็ด (Seed abortion)

ตารางที่ 2-6 ค่าความสำเร็จของการสืบต่อพันธุ์ตามธรรมชาติของกฤษณา

ต้นที่	จำนวนดอกต่อช่อดอก (FL)	จำนวนผลต่อช่อ (Fr)	Fr/Fl	จำนวนออวุลต่อดอก (O)	จำนวนเมล็ดต่อผล (S)	S/O	RS
T1	6.44	0.35	0.054	2	1.95	0.98	0.053
T3	5.28	0.34	0.064	2	1.83	0.92	0.059
4	7.07	0.25	0.035	2	1.82	0.91	0.032
Mean	6.26	0.31	0.05	2.00	1.87	0.93	0.05
SE	0.091	0.006	0.001	0	0.007	0.004	0.001
n	600	600		300	600		

เอกสารอ้างอิง

ไซมอน การ์เนอร์. 2543. คู่มือศึกษาพรรณไม้ยืนต้น ในป่าภาคเหนือ ประเทศไทย โครงการจัดพิมพ์คบไฟ กรุงเทพฯ.

ดีพร้อม ไชยวงศ์เกียรติ. 2537. กฤษณา. ชมรมถ่ายทอดเทคโนโลยีการเกษตร อักษรสยามการพิมพ์ กรุงเทพฯ.

ประเสริฐ สอนสถาพรกุล และ จินตนา บุพบรรพต. 2545. การเจริญพัฒนาของดอกไม้ยางพลวง, น. 350-368. *ใน* รายงานการประชุมวิชาการป่าไม้ ประจำปี 2545. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

ปรัชญา รัศมีธรรมวงศ์. 2549. กฤษณา. บริษัท นาคาอินเตอร์ มีเดีย จำกัด กรุงเทพฯ.

พวงพรรณ ยงรัตนา สุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ และปทุม บุญนะฤธี. 2549. ชีพลักษณ์ ลักษณะดอกและผล และความสำเร็จของไม้มะขามป้อม. น. 81–92, *ใน* รายงานผลการวิจัย ประจำปี 2549. สำนักวิจัยการจัดการป่าไม้และผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้. มปป. 2007. กฤษณาไม้หอมมีค่า. http:www.thaiwoodcentral.com/blog/stories/post47.html. 30 กรกฎาคม 2551.

ลาวัลย์ รักสัตย์. 2534. ละอองเรณู. เอกสารวิชาการประกอบการเรียนการสอน ศูนย์หนังสือมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

Chakrabarty, K., A. Kumar, V. Menon. 1994. Trade in Agarwood. WWF–TRAFFIC, India.

Cruden R.W. 1977. Pollen–ovule ratio: a conservative indicator of breeding systems in flowering plants. Evolution 31: 32–46.

Ng L.T., Y.S. Chang, A.A. Kadir. 1997. A review of Agar (Gaharu) producing *Aquilaria* spp. J. Trop. For.Prod. 2(2). 272–285.

Peterson, Bo. 1997. Thymelaeaceae. *In* Santisuk, T. and Larsen K. (eds.) Flora of Thailand 6 (3) The Forest Herbarium, Royal Forest Department, Bangkok, Thailand. pp. 226–245.

Sidiyasa, K. 1986. Jenis–jenis Gaharu di Indonesia (Gaharu in Indonesia). Jurnal Penelitian dan Pengembangan Kehutanan 2(1), 7–16.

Soehartono T. and Newton A. C. 2001. Reproductive biology of *Aquilaria* spp. In Indonesia. Forest Ecology Management 152: 59–71.

Tangmitcharoen S. and Owens J.N. 1997a. Floral biology, pollination, pistil receptivity, and pollen–tube growth of teak *(Tectona grandis* L.f.*).* Annals of Botany: 79: 227–241.

Tangmitcharoen S. and Owens J.N. 1997b. Pollen viability and pollen-tube growth following controlled pollination and their relation to low fruit production in teak (*Tectona grandis* Linn.f.): Annals of Botany 80: 401-410.

Tangmitcharoen S. 1997. Technique for controlled-hand pollination of teak (*Tectona grandis* Linn.f.). A Manual. ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre Project, Saraburi, Thailand. 17p.

Yamada, L. 1995. Aloeswood forest and the maritime world. Southeast Asian Studies 33(3). 181-186.

บทที่ 3

การจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรมตามธรรมชาติ ของไม้กฤษณาในประเทศไทย

ในปัจจุบันความต้องการไม้กฤษณาของตลาดมีเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้นกฤษณาในป่าอนุรักษ์ตามธรรมชาติถูกโค่นทำลายเป็นจำนวนมาก เพียงเพราะหวังแก่นไม้กฤษณาเพื่อนำมาผลิตเป็นน้ำมันหอมระเหย ในขณะที่การปลูกสร้างสวนไม้กฤษณาเชิงพาณิชย์ยังมีน้อยมาก และการเกิดสารกฤษณายังไม่ประสบผลสำเร็จอย่างแท้จริง ซึ่งหากสถานการณ์ยังเป็นเช่นนี้อยู่ต่อไปเรื่อย ๆ อีกไม่นานไม้กฤษณาก็คงจะหมดไปจากป่า ดังนั้นการอนุรักษ์สายพันธุ์ไม้กฤษณาจึงเป็นความจำเป็นเร่งด่วนที่จะต้องดำเนินการและควบคู่ไปกับการส่งเสริมให้เกษตรกรปลูกสร้างสวนไม้กฤษณา ซึ่งในระยะยาวจะต้องดำเนินการบริหารจัดการให้ครบวงจร ตั้งแต่ การอนุรักษ์ การจัดการสวนป่าและการใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์

ดังนั้นโครงการจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรมตามธรรมชาติของไม้กฤษณา จึงได้ดำเนินการเพื่อสงวนอนุรักษ์สายพันธุกรรมไม้กฤษณา ในการศึกษาแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ได้แก่

1. การคัดเลือกสายพันธุ์แม่ไม้กฤษณา โดยดำเนินการสำรวจแหล่งตามธรรมชาติและคัดเลือกสายพันธุ์แม่ไม้กฤษณาเพื่อเป็นข้อมูลในการจัดเก็บสายพันธุ์ไว้ใช้ในการจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรมต่อไป

2. การศึกษาวิจัยดินป่าไม้ในพื้นที่ที่ไม้กฤษณาเจริญเติบโตตามธรรมชาติ เพื่อกำหนดพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการปลูกสร้างสวนป่าไม้กฤษณาให้ประสบผลสำเร็จ

3. การจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์สายพันธุ์ไม้กฤษณา โดยดำเนินการจัดเก็บสายพันธุ์ เพาะเลี้ยงกล้าไม้และปลูกในแปลงรวบรวมสายพันธุ์

ในรายงานฉบับนี้จะกล่าวรายงานผลการศึกษาการคัดเลือกสายพันธุ์แม่ไม้กฤษณาจากการคัดเลือกแหล่งการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ จำนวน 5 แหล่ง เพื่อเป็นตัวแทนให้ได้พันธุกรรมที่มีความหลากหลายของชนิด สำหรับการปรับปรุงพันธุ์และส่งเสริมการปลูกสวนป่าเชิงพาณิชย์และการใช้ประโยชน์อย่างยั่งยืนต่อไป

1. การอนุรักษ์และปรับปรุงพันธุกรรมไม้ตระกูลกฤษณา

กระบวนการอนุรักษ์และปรับปรุงพันธุกรรมไม้ป่ายืนต้นที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ จะใช้เวลานาน โดยเริ่มจากกระบวนการรวบรวมข้อมูลแหล่งการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ ข้อมูลลักษณะทางชีววิทยาของการออกดอกและผล การคัดเลือกสายพันธุ์ที่เป็นตัวแทนของแหล่งการกระจายพันธุ์ การเก็บสายพันธุ์ไม่ว่าจะเป็นเมล็ดหรือกิ่งพันธุ์เพื่อการจัดสร้างแปลงอนุรักษ์สายพันธุ์ การผสมข้ามระหว่างต้นสายพันธุ์เพื่อให้ได้สายพันธุ์ที่มีลักษณะตามที่ต้องการ รวมถึงการนำไปใช้ประโยชน์ในการผลิตสายพันธุ์ไว้ใช้ในการปลูกสวนป่าไม้เศรษฐกิจอย่างยั่งยืน (วิฑูรย์, 2552)

สุวรรณและคณะ (2552) ได้ศึกษาลักษณะชีววิทยาการออกดอกของไม้กฤษณา โดยพบว่าไม้กฤษณาเริ่มออกดอกและบานระหว่างเดือนมีนาคมถึงพฤษภาคม ซึ่งผันแปรระหว่างต้นและแหล่งกำเนิด รวมทั้งปัจจัยสภาพภูมิอากาศแต่ละปี ศึกษาลักษณะการบานของในแต่ละวัน โดยดอกกฤษณาจะบานในช่วงเวลาเย็นประมาณ 16.30–18.30 น. นอกจากนี้ยังศึกษาลักษณะของเรณูและการเก็บเกสรตัวผู้เพื่อใช้ในการผสมพันธุ์

ระหว่างต้น (Control pollination) ซึ่งยังมีการติดผลค่อนข้างน้อย วัฒนชัย และคณะ (2552) ศึกษาลักษณะความหลากหลายของแมลงที่ตอมช่วยในการผสมระหว่างดอกกฤษณาตามธรรมชาติ พบว่า มีแมลงทั้งสิ้น 86 ชนิด เป็นผีเสื้อ 46 ชนิด ผึ้ง ต่อ แตน และมด 25 ชนิด แมลงวัน 8 ชนิด และด้วง 7 ชนิด ซึ่งช่วงเวลาที่แมลงเข้าตอมมากที่สุดมี 2 ช่วง คือ 10.00–12.00 น. และ 20.00–22.00 น.

ในกระบวนการอนุรักษ์สายพันธุกรรมไม้กฤษณาไม่ว่าจะเป็นการอนุรักษ์ในถิ่นกำเนิด (In-situ gene conservation) และนอกถิ่นกำเนิด (Ex-situ gene conservation) มีความสำคัญและจำเป็นอย่างยิ่ง เพื่อป้องกันการสูญเสียพันธุกรรมบางสายพันธุ์ ซึ่งยังมิได้มีการตรวจสอบพิสูจน์และอาจเป็นประโยชน์ได้ในอนาคต หรือเก็บไว้ใช้ประโยชน์ให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ ได้แก่ การทำให้เกิดแก่นไม้กฤษณาและเพื่อสร้างสวนป่าเศรษฐกิจขึ้นมาใหม่ จึงต้องมีการสำรองลักษณะทางพันธุกรรมที่สำคัญ ๆ ไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในอนาคตต่อไป

การอนุรักษ์แหล่งพันธุกรรมตามธรรมชาติ มักหมายถึงการเก็บรักษาระบบนิเวศทั้งระบบ สำหรับในป่านั้นแหล่งพันธุกรรมตามธรรมชาติหมายถึงแหล่งที่พืชนั้น ๆ หรือต้นพ่อต้นแม่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติดั้งเดิมและคงอยู่ในขณะนั้น ซึ่งก็คือการคงสภาพของการไม่ถูกรบกวนของป่าธรรมชาติที่เติบโตเต็มที่ที่สามารถสืบพันธุ์ได้ เพื่อให้มีการสืบพันธุ์ตามธรรมชาติคงอยู่ต่อไป และรวมถึงการป้องกันโดยการช่วยให้มีการสืบพันธุ์ (Artificial regeneration) เช่น การหว่านเมล็ด การปลูกหรือเพิ่มจำนวนต้นไม้โดยการใช้เมล็ดที่เก็บในแหล่งนั้น ๆ ที่มิได้มีการคัดเลือกแล้วปลูกในพื้นที่เดิม

ที่แม่ไม้นั้น ๆ ขึ้นอยู่ นอกจากนี้ก็ยังหมายถึงการป้องกันรักษากลุ่มประชากรของต้นไม้ (Population) ที่ปลูกโดยนำมาจากแหล่งอื่นเป็นระยะเวลาอันยาวนานซึ่งมีการปรับตัวกับพื้นที่ได้ดีแล้ว (Land race) และสามารถสืบพันธุ์ได้ตามธรรมชาติ

การอนุรักษ์พันธุ์ไม้ป่าแบบนอกถิ่น คือ การอนุรักษ์โดยการจัดเก็บสายพันธุ์ทั้งเมล็ดและกิ่งพันธุ์ แล้วนำมาปลูกรวมกันในพื้นที่นอกถิ่นที่อยู่เดิม ทำให้ไม่เสี่ยงต่อการสูญหายของลักษณะทางพันธุ์ที่ต้องการสงวนรักษาไว้ มีการวางแผนแบบแปลงเชิงวิทยาศาสตร์ มีการบำรุงดูแลรักษาต้นไม้เชิงประณีต มีการเก็บข้อมูลอย่างต่อเนื่อง และใช้พื้นที่ไม่มากนัก ทำให้สะดวกในการวางแผนการศึกษาต่อไปในอนาคต (Zobel and Talbert, 1984)

ในการเก็บรักษาลักษณะทางพันธุกรรมของพืชให้คงสภาพทางพันธุ์เช่นเดียวกับต้นดั้งเดิมมีอยู่หลายวิธี ที่ทราบกันโดยทั่วไปก็คือการขยายพันธุ์แบบไม่อาศัยเพศ (Vegetative propagation) เช่น การติดตา การต่อกิ่ง ทาบกิ่ง หรือเสียบยอด (Grafting) การตัดปักชำ (Cutting) การตอนกิ่ง (Air–layering) เป็นต้น (Longman, 1976) ดังนั้นในการจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรมแบบนี้จะเสียค่าใช้จ่ายสูงและใช้เวลานานกว่าจะทำการรวบรวมพันธุ์ได้ครบ ดังนั้นการจัดสร้างสวนอนุรักษ์พันธุกรรมโดยการรวบรวมลักษณะทางพันธุกรรมที่ต้องการมาไว้ในพื้นที่เดียวกัน ถึงแม้จะไม่สามารถอนุรักษ์ความหลากหลายในระดับพันธุกรรมได้มาก แต่สามารถรักษาพันธุกรรมในระดับชนิดให้คงอยู่ได้ และเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่าย

อีกวิธีหนึ่งในการจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรม โดยวิธีเก็บรวบรวมเมล็ดจากแม่ไม้ที่คัดเลือกไว้ นำมาเพาะแล้วปลูกเป็นสวนอนุรักษ์

พันธุกรรมคล้ายการปลูกสร้างสวนป่า ก็เป็นอีกวิธีหนึ่งที่พอจะอนุมาณได้ว่าเป็นการอนุรักษ์พันธุกรรมแบบนอกถิ่นเช่นเดียวกัน เพียงแต่สายพันธุกรรมจะได้จากต้นแม่ไม้ครึ่งหนึ่งเท่านั้น

ตามปกติแล้วยังมีการอนุรักษ์พันธุกรรมแบบนอกถิ่นอีกหลายวิธี เช่น การเก็บรักษาเมล็ดไว้ในห้องเย็นที่อุณหภูมิต่ำมาก ๆ และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสามารถเก็บรักษาไว้ได้หลายปี แต่อย่างไรก็ตามเมล็ดก็ยังมีการสูญเสียความงอกอยู่ดี จึงอาจจะต้องหาเมล็ดมาทดแทนเป็นระยะ ๆ นอกจากนั้นเมล็ดไม้บางชนิดก็ไม่สามารถเก็บไว้ได้นาน เช่น เมล็ดไม้ตระกูลยางบางชนิด (Recalcitrant seeds) ซึ่งจะสูญเสียความงอกไปอย่างรวดเร็ว การเก็บรักษาเมล็ดไม้โดยวิธีนี้ มีอัตราความเสี่ยงต่อการเกิดการผ่าเหล่า (Mutations) ในขณะเก็บรักษาอยู่บ้าง ซึ่งจะทำให้ต้นไม้ที่ได้จากเมล็ดที่เก็บรักษาไว้นาน ๆ เมื่อปลูกออกมาแล้วอาจมีลักษณะทางพันธุ์บางอย่างเปลี่ยนแปลงไปจากประชากร (Population) เดิมได้ (Zobel and Talbert, 1984)

นอกจากนั้นยังสามารถอนุรักษ์โดยการเก็บรักษาละอองเกสรตัวผู้ (Pollen) ไว้ก็ได้ แต่ละอองเกสรตัวผู้จะมีลักษณะทางพันธุ์เพียงครึ่งเดียวของที่ต้องการทั้งหมด ดังนั้นจึงต้องการดอกตัวเมียจากต้นที่มีลักษณะทางพันธุ์ตามที่ต้องการในการผสมพันธุ์เพื่อผลิตลูกให้ตรงตามลักษณะที่ประสงค์หรือประชากรเดิม (Zobel and Talbert, 1984)

ในเขตพื้นที่ภาคพื้นแปซิฟิก เขตประเทศอาเซียน ได้มีการศึกษาและอนุรักษ์สายพันธุกรรมไม้ป่าหลายชนิดที่สำคัญ สำหรับไม้สกุลกฤษณามีการศึกษาก้าวหน้าพอสมควร มีรายงานความก้าวหน้ามากน้อยต่างกัน เช่น ในประเทศกัมพูชา ไม้กฤษณา (*Aquilaria crassna*) เป็นอีกชนิดหนึ่งที่มีศักยภาพในอนาคต ด้านวนเกษตรและการผลิตน้ำมันหอมระเหย แต่ไม้กฤษณาได้ถูกทำลายนำมาใช้ประโยชน์มากเกินไปทำให้สูญเสีย

สายพันธุกรรมอย่างรวดเร็ว จึงจำเป็นต้องมีการอนุรักษ์พันธุกรรมไม้ชนิดนี้อย่างเร่งด่วน (Ma Sok Tha, 2002) ซึ่งจะแตกต่างจากประเทศอินโดนีเซีย (Hardiyanto, 2002) และประเทศมาเลเซีย (Lee, *et al.* 2002) โดยไม้หอม (*Aquilaria malaccensis*) จะถูกอนุรักษ์ในถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติในพื้นที่ป่าที่ไม่ได้มีการบุกรุก มีการเก็บข้อมูลของพันธุ์ไม้ จัดเก็บสายพันธุกรรมเพื่อการอนุรักษ์ในถิ่นและนอกถิ่นกำเนิด

ไม้กฤษณาในประเทศเวียดนามเป็นพันธุ์ไม้สำคัญและถูกระบุเป็นชนิดพันธุ์ที่เสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ระดับ CRA1cd (Critically endangered (criteria A1) conservation dependent) (Nghia, 2002) มีการใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายและเสี่ยงต่อการสูญพันธุ์ มีพื้นที่ที่ได้คัดเลือกสำหรับเป็นแหล่งเมล็ดพันธุ์เนื้อที่ 77.1 เฮกแตร์ (Lieu, 2002) ไม้กฤษณามีการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติในเขตภาคเหนือ ภาคกลาง และภาคใต้ของประเทศ Loc and Luu (2002) รายงานว่า ไม้กฤษณาส่วนใหญ่กระจายเป็นกลุ่มเล็ก ๆ บริเวณทางตอนใต้ติดกับประเทศกัมพูชา กระจายบริเวณส่วนตะวันตกของจังหวัดดานังติดชายแดนประเทศลาว กระจายบริเวณป่าชายฝั่งแถบพื้นที่ Quang Ninh, Ha Bac, Hoa Binh, Tuyen Quang และ Phu Quoc Island ส่วนบริเวณภาคกลางที่สูง (Central highland) จะพบบริเวณ Ha Tinh, Kon Tum, Quang Nam–Da Nang, Binh Dinh และ Gia Lia ไม้กฤษณาในเวียดนามมีการทดลองปลูกในปี ค.ศ. 1997 เป็นการปลูกชนิดพันธุ์เดี่ยวและปลูกผสมกับกาแฟและมะเยาหิน (*Veenici fordii*) ผลการศึกษาพบว่าต้นกฤษณาสามารถเจริญเติบโตได้ดีในระบบวนเกษตร ในแง่การอนุรักษ์สายพันธุ์ได้ดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์แม่ไม้ได้ 34 ต้น บริเวณ Huong Khe Dist., Hatin Prov. ในปี ค.ศ. 2000 และจัดสร้างเป็นสวนผสมพันธุ์ (Breeding orchard) ส่วนการศึกษาด้านการเก็บรักษาเมล็ดไม้พบว่า สามารถเก็บรักษาได้นานถึง 2 เดือน ที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส ที่ความชื้นของเมล็ดไม้ 25 เปอร์เซ็นต์

สำหรับประเทศไทยนั้น การศึกษาเกี่ยวกับสกุลไม้กฤษณายังมีน้อย ส่วนใหญ่เป็นการศึกษาและเก็บข้อมูลทางชีววิทยาที่เกี่ยวกับแหล่งการกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติ ลักษณะโครงสร้าง ชีพลักษณ์ การพัฒนาการของเมล็ด การปลูกและขยายพันธุ์ และดูแลรักษา การเก็บเมล็ดและกล้าไม้ในป่าธรรมชาติ (Sumantakul, 2002)

2. การสำรวจและคัดเลือกแม่ไม้กฤษณา

การสำรวจและคัดเลือกแม่ไม้กฤษณา สกุล *Aquilaria* ได้ทำการคัดเลือกชนิดพันธุ์ไม้กฤษณา 4 แหล่ง และไม้หอม 1 แหล่ง จากแหล่งถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติ จำนวน 5 แหล่ง ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ได้แก่ ป่าสงวนแห่งชาติแม่โป่ง จังหวัดลำปาง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา และเทือกเขาบรรทัด จังหวัดตรังและกระบี่ ลักษณะภูมิประเทศของถิ่นกำเนิดไม้กฤษณาตามธรรมชาติจะเป็นป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง และป่าเบญจพรรณ ลักษณะดินโดยทั่วไปเป็นดินร่วนหรือดินร่วนปนทราย และพบที่ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 70–1,300 เมตร (ตารางที่ 3– 1)

ตารางที่ 3-1 ลักษณะภูมิประเทศของแหล่งพันธุกรรมไม้กฤษณาตามธรรมชาติ

ลำดับที่	แหล่งพันธุกรรม	ชนิดป่า	ลักษณะดิน	ความสูงจากระดับน้ำทะเล (เมตร)
1	จังหวัดลำปาง	ป่าเบญจพรรณ	ดินร่วน/ร่วนปนเหนียว	1,083-1,246
2	จังหวัดชัยภูมิ	ป่าดิบเขา	ดินร่วน/ดินร่วนปนทราย	876-896
3	จังหวัดเลย	ป่าดิบแล้ง	ดินร่วน	518-606
4	จังหวัดนครราชสีมา	ป่าดิบชื้น	ดินร่วนปนทราย	745
5	จังหวัดตรัง และกระบี่	ป่าดิบชื้น	ดินร่วนปนทราย	75-200

ในแต่ละแหล่งถิ่นกำเนิดดำเนินการคัดเลือกสายพันธุ์แม่ไม้โดยใช้วิธีการเดียวกับการคัดเลือกแม่ไม้สัก (อภิชาต, 2543) ตามแบบฟอร์มทะเบียนประวัติแม่ไม้ ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูลลักษณะภูมิประเทศของแหล่งพันธุกรรมและลักษณะของสายพันธุ์แม่ไม้ และบันทึกจับพิกัดตำแหน่งของต้นแม่ไม้กฤษณาในแต่ละพื้นที่

สำหรับการบันทึกลักษณะแม่ไม้ที่สำคัญ ได้แก่ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความสูงของต้นไม้ ลักษณะรูปทรง ลักษณะเรือนยอด ลักษณะกิ่ง ลักษณะลำต้น การปรากฏของโรคหรือแมลง ดังเช่น ภาพที่ 3-1 และ 3-2 จะแสดงลักษณะรูปทรงของต้นไม้และลักษณะเรือนยอดของไม้กฤษณา เป็นต้น

ภาพที่ 3–1 ลักษณะรูปทรงของลำต้นไม้กฤษณา

ภาพที่ 3–2 ลักษณะเรือนยอดไม้กฤษณา

ในการให้คะแนนลักษณะของต้นแม่ไม้ที่มีลักษณะดียึดถือ 4 ลักษณะ สำคัญ ได้แก่

1. รูปทรงลำต้น (ตรง = 3 เอนเล็กน้อย = 2 เอนมาก = 1)
2. ลักษณะเรือนยอด (ใหญ่ = 3 กลาง = 2 เล็ก = 1)
3. ความกลมของลำต้น (กลม = 3 ค่อนข้างกลม = 2 รี = 1)
4. การบิดของลำต้น (ไม่บิด = 3 บิดน้อย = 2 บิดมาก = 1)

ผลการประเมินจะแบ่งลักษณะคุณภาพของต้นแม่ไม้ที่คัดเลือก แบ่งเป็น 3 ชั้น คือ

1. แม่ไม้ชั้นดีมาก (Superior plus tree) มีคะแนนมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์
2. แม่ไม้ชั้นดี (Good plus tree) มีคะแนนช่วง 60–80 เปอร์เซ็นต์
3. แม่ไม้ชั้นปานกลาง (Intermediate plus tree) มีคะแนนต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

จากการสำรวจแหล่งและคัดเลือกแม่ไม้กฤษณา ได้ทำการคัดเลือกแม่ไม้จำนวนทั้งสิ้น 101 ต้น (ตารางที่ 3–2) โดยทั่วไปต้นแม่ไม้ที่คัดเลือกจะเป็นลักษณะพันธุ์ไม้เด่น (Dominant trees) มีขนาดใหญ่ ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) เฉลี่ยระหว่าง 40–98 เซนติเมตร และความสูงเฉลี่ย 23–38 เมตร และบางต้นจะสูงกว่า 50 เมตร เช่น ในเขตอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (ตารางที่ 3–3) ลักษณะลำต้นโดยส่วนใหญ่จะเปลาตรง มีกิ่งก้านน้อย ซึ่งมีความสูงถึงกิ่งแรกประมาณ 2/3 ของความสูงทั้งหมด จากข้อมูลพบว่า ไม้กฤษณา 62.60 เปอร์เซ็นต์ มีลักษณะรูปทรงของต้นไม้ตรง โดยเฉพาะแหล่งอุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ (ตารางที่ 3–4) ดังนั้นไม้กฤษณาจะมีลักษณะของการทิ้งกิ่งเองตามธรรมชาติของลำต้นหลัก จนถึงระยะที่จะแข่งขันด้านกว้างของเรือนยอดเพื่อรับแสงสำหรับการเจริญเติบโต ซึ่งในป่าธรรมชาติการแข่งขันด้านความสูงจึงค่อนข้างเด่นกว่าการแข่งขันด้านความกว้าง เช่นเดียวกับไม้กฤษณาจะแสดงลักษณะเหล่านี้ เช่น ความกว้างของเรือนยอด การบิดของลำต้น และความกลมของ

ลำต้น ดังปรากฏว่าเรือนยอดที่ปกคลุมด้านความกว้างส่วนใหญ่จะมีขนาดกลาง (เฉลี่ย 69.20 เปอร์เซ็นต์) และขนาดเล็ก (25.6 เปอร์เซ็นต์) เรือนยอดขนาดใหญ่จะมีน้อยมาก (ตารางที่ 3–5) ลักษณะการบิดของลำต้นส่วนใหญ่จะไม่บิด (72 เปอร์เซนต์) และบิดน้อย (28 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3–6) และลักษณะความกลมของลำต้นส่วนใหญ่ลำต้นจะกลม (65.40 เปอร์เซ็นต์) และค่อนข้างกลม (34.60 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 3–7) ซึ่งจากการประเมินคัดเลือกลักษณะองค์ประกอบของต้นแม่ไม้ เช่น รูปทรงลำต้น ความเปลาตรง เรือนยอด และการบิดของลำต้น แสดงผลว่าแม่ไม้ที่คัดเลือกไว้นั้นเป็นแม่ไม้ชั้นดีมาก 61 ต้น ชั้นดี 32 ต้น และอีก 8 ต้น เป็นชั้นปานกลาง (ตารางที่ 3–8)

ตารางที่ 3–2 จำนวนแม่ไม้กฤษณาที่ทำการคัดเลือกในป่าธรรมชาติ

ลำดับที่	ชื่อพฤกษศาสตร์	แหล่งพันธุกรรม		จำนวนแม่ไม้ (ต้น)
1	*Aquilaria crassna*	ป่าสงวนแห่งชาติแม่โป่ง	อำเภองาว จังหวัดลำปาง	20
2	*Aquilaria crassna*	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว	อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ	41
3	*Aquilaria crassna*	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง	อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย	9
4	*Aquilaria crassna*	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่	อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	8
5	*Aquilaria malaccensis* Lam.	เทือกเขาบรรทัด หมู่บ้านกะช่อง	จังหวัดตรัง และกระบี่	23
รวม				101

ตารางที่ 3-3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH) และความสูง ของแม่ไม้กฤษณาที่ทำการคัดเลือกในเบื้องต้น

แหล่งพันธุกรรม	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (เซนติเมตร)			ความสูง (เมตร)		
	เฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	เฉลี่ย	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
1. ป่าสงวนแห่งชาติแม่โป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง	49.92	34.40	71.30	25.21	23.60	31.70
2. เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ	49.29	36.60	65.25	31.18	21	40
3. เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย	47.99	25.14	73.84	22.89	15	30
4. อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	42.20	24.48	85.99	29.58	24	51
5. เทือกเขาบรรทัด อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง และจังหวัดกระบี่	65.30	40	98	31.09	23	38

ตารางที่ 3-4 ลักษณะรูปทรงของต้นแม่ไม้กฤษณาที่คัดเลือกเบื้องต้น

ลำดับที่	แหล่งพันธุกรรม	ลักษณะลำต้น (%)		
		ตรง	เอนเล็กน้อย	เอนมาก
1	ป่าสงวนแห่งชาติแม่โป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง	35	55	10
2	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ	66	27	7
3	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย	67	33	0
4	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	88	12	0
5	เทือกเขาบรรทัด อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง และจังหวัดกระบี่	57	43	0
เฉลี่ย		62.60	34.00	3.40

ตารางที่ 3-5 ลักษณะเรือนยอดของแม่ไม้กฤษณา

ลำดับที่	แหล่งพันธุกรรม	ลักษณะเรือนยอด (%)		
		ใหญ่	กลาง	เล็ก
1	ป่าสงวนแห่งชาติแม่โป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง	5	35	60
2	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ	17	46	37
3	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย	0	78	22
4	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	0	100	0
5	เทือกเขาบรรทัด อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง และจังหวัดกระบี่	4	87	9
เฉลี่ย		5.20	69.20	25.60

ตารางที่ 3-6 ลักษณะการบิดของลำต้นแม่ไม้กฤษณาที่คัดเลือก

ลำดับที่	แหล่งพันธุกรรม	ลักษณะการบิดของลำต้น (%)		
		ไม่บิด	บิดน้อย	บิดมาก
1	ป่าสงวนแห่งชาติแม่โป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง	45	55	0
2	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ	75	25	0
3	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย	78	22	0
4	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	67	33	0
5	เทือกเขาบรรทัด อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง และจังหวัดกระบี่	95	5	0
เฉลี่ย		72.00	28.00	0.00

ตารางที่ 3-7 ลักษณะความกลมของลำต้นแม่ไม้กฤษณาที่คัดเลือก

ลำดับที่	แหล่งพันธุกรรม	ลักษณะความกลมของลำต้น (%)		
		กลม	ค่อนข้างกลม	รี
1	ป่าสงวนแห่งชาติแม่โป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง	20	80	0
2	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ	24	76	0
3	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย	100	0	0
4	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	100	0	0
5	เทือกเขาบรรทัด อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง และ จังหวัดกระบี่	83	17	0
เฉลี่ย		65.40	34.60	0.00

ตารางที่ 3-8 การจัดชั้นแม่ไม้กฤษณาที่คัดเลือก

ลำดับที่	แหล่งพันธุกรรม	จำนวนแม่ไม้ที่คัดเลือก	การคัดเลือกแม่ไม้		
			ดีมาก (A)	ดี (B)	ปานกลาง (C)
1	ป่าสงวนแห่งชาติแม่โป่ง อำเภองาว จังหวัดลำปาง	20	3	12	5
2	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว อำเภอคอนสาร จังหวัดชัยภูมิ	41	22	16	3
3	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย	9	8	1	0
4	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา	8	8	0	0
5	เทือกเขาบรรทัด อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง และจังหวัดกระบี่	23	20	3	0
รวม		101	61	32	8

ในการคัดเลือกแม่ไม้กฤษณาครั้งนี้เพื่อดำเนินการจัดเก็บสายพันธุ์แม่ไม้สำหรับการจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรมนอกถิ่นกำเนิดเพื่อสงวนพันธุ์ไว้ในการศึกษาต่อไป ลักษณะที่สำคัญ คือ ต้องการสายพันธุ์แม่ไม้ที่มีคุณลักษณะดีให้ได้มากที่สุด อาจจะมีบางต้นที่ไม่เกิดสารกฤษณาในลำต้น ทั้งนี้เนื่องจากการสร้างสารกฤษณาเป็นกระบวนการรักษาบาดแผลของต้นกฤษณา (สมคิด, 2534) ปัจจัยการเกิดสารกฤษณาตามธรรมชาติมาจากการเกิดบาดแผลของลำต้นจากปัจจัยภายนอก เช่น เกิดจากแมลงเจาะลำต้น เกิดจากรอยขีดข่วนของสัตว์ชนิดต่าง ๆ ที่ปีนป่ายต้นไม้ เกิดจากรอยถูไถลำต้นของสัตว์ขนาดใหญ่ เกิดจากรอยหักโค่นของกิ่งก้านสาขาจากลมพายุหรือต้นไม้อื่นล้มใส่ เป็นต้น ต้นกฤษณาจะสร้างสารเคมีมาสะสมที่บาดแผลแต่มีจำนวนน้อย กระบวนการทำให้เกิดสารกฤษณาสามารถกระทำได้โดยเทคนิคต่าง ๆ เช่น การทำให้เกิดบาดแผลจากการใช้มีดสับ ตอกตะปู สว่านเจาะลำต้น เหล็กเผาไฟจี้ หรือใช้สารเคมีบางอย่าง (กรมป่าไม้, 2553) ดังนั้นเราสามารถศึกษารายละเอียดต่อไปจนถึงแนวทางการเกิดสารกฤษณาจากสายพันธุ์ต่าง ๆ อย่างไรให้ได้ผลมาที่สุด

3. ลักษณะดินของแหล่งพันธุกรรมตามธรรมชาติของไม้กฤษณา

การศึกษาถิ่นกำเนิดไม้กฤษณาทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ กำแย (*Aquilaria subintegra*) ไม้หอม (*Aquilaria malaccensis*) และกฤษณา (*Aquilaria crassna*) จาก 6 ถิ่นกำเนิด (ตารางที่ 3–9)

ตารางที่ 3-9 รายละเอียดถิ่นกำเนิดไม้กฤษณาที่ทำการศึกษา

ลำดับที่	ถิ่นกำเนิดตามธรรมชาติ	พื้นที่ศึกษา
1	จังหวัดเชียงราย	จังหวัดเชียงราย
2	จังหวัดจันทบุรี และตราด	จังหวัดจันทบุรี
3	จังหวัดนครราชสีมา สระแก้ว ปราจีนบุรี และนครนายก	จังหวัดนครราชสีมา
4	จังหวัดขอนแก่น ชัยภูมิ และเลย	จังหวัดชัยภูมิ และเลย
5	จังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร ระนอง และกระบี่	จังหวัดสุราษฎร์ธานี
6	จังหวัดตรัง และปัตตานี	จังหวัดตรัง

การศึกษาลักษณะหน้าดินของถิ่นกำเนิดไม้กฤษณาทั้ง 6 ถิ่นกำเนิด โดยแบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

3.1 การศึกษาหน้าตัดดินในแต่ละถิ่นกำเนิดของไม้กฤษณา รวม 7 จังหวัด ประกอบด้วยถิ่นกำเนิดต่าง ๆ ดังนี้

1) ถิ่นกำเนิดจังหวัดเชียงราย ดำเนินการศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของดิน 1 แห่ง ที่อำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย (ภาพที่ 3-3)

2) ถิ่นกำเนิดจังหวัดจันทบุรี และตราด ดำเนินการศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของดิน 1 แห่ง ที่อำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี (ภาพที่ 3-4)

3) ถิ่นกำเนิดจังหวัดนครราชสีมา สระแก้ว ปราจีนบุรี และนครนายก ดำเนินการศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของดิน 2 แห่ง ที่อำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา (ภาพที่ 3-5)

4) ถิ่นกำเนิดจังหวัดขอนแก่น ชัยภูมิ และเลย ดำเนินการศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของดิน 3 แห่ง ที่อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ (ภาพที่ 3–6)

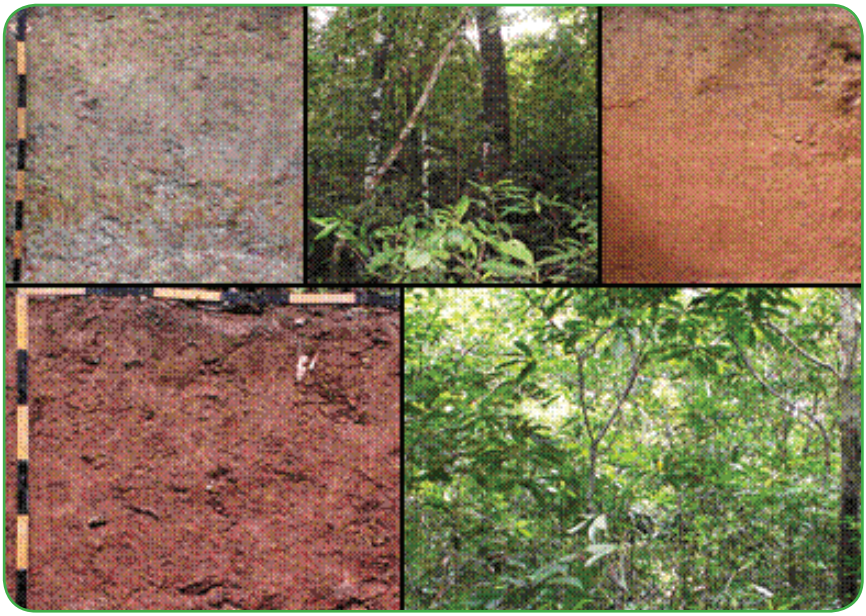
5) ถิ่นกำเนิดจังหวัดสุราษฎร์ธานี ชุมพร ระนอง และกระบี่ ดำเนินการศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของดิน 1 แห่ง ที่อำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ภาพที่ 3–7)

6) ถิ่นกำเนิดจังหวัดตรัง และปัตตานี ดำเนินการศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของดิน 1 แห่ง ที่อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง (ภาพที่ 3–8)

ภาพที่ 3–3 หน้าตัดดินในพื้นที่ศึกษาอำเภอเวียงป่าเป้า จังหวัดเชียงราย (CHR)

ภาพที่ 3–4 หน้าตัดดินพื้นที่ศึกษาอำเภอขลุง จังหวัดจันทบุรี (CHB)

ภาพที่ 3-5 หน้าตัดดินในพื้นที่ศึกษาอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา (NKR 1 และ NKR 2)



ภาพที่ 3-6 หน้าตัดดินในพื้นที่ศึกษาอำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ (PKS 1 และ PKS 2 และอำเภอภูหลวง จังหวัดเลย (PLS)

ภาพที่ 3–7 หน้าตัดดินในพื้นที่ศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี (STS)

ภาพที่ 3–8 หน้าตัดดินในพื้นที่ศึกษาอำเภอนาโยง จังหวัดตรัง (TRS)

จากการศึกษาหน้าตัดดินทั้งหมด พบว่าดินส่วนใหญ่เป็นดินที่มีความลึกมาก คือมากกว่า 1 เมตร อย่างไรก็ดี ไม้กฤษณาก็สามารถขึ้นได้ในดินที่

มีหินขึ้นปะปน และไม่จำเป็นต้องเป็นดินที่มีชั้นหน้าตัดดินลึกมาก

3.2 คุณสมบัติของดินและระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในถิ่นกำเนิดของไม้กฤษณา (ตารางที่ 3–10)

ทำการเก็บตัวอย่างดินในพื้นที่ศึกษา โดยเก็บตัวอย่างดินแบบตัวอย่างดินรวม (Composite sample) ให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาพื้นที่ละ 3–5 จุด เพื่อประเมินคุณสมบัติโดยเฉลี่ยของดินในแต่ละพื้นที่ โดยเก็บที่ความลึก 0–15, 15–30 และ 30–50 เซนติเมตร มาวิเคราะห์สมบัติของดิน ได้แก่ ปฏิกิริยาดิน (Soil reaction; pH ดิน:น้ำ เท่ากับ 1:1 – วัดด้วย pH meter) อินทรียวัตถุในดิน (Organic matter; O.M. – Walkley and Black method) ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (Available phosphorus; P– Bray II method) โปแตสเซียม แคลเซียม แมกนีเซียม โซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ (Exchangeable Potassium, Calcium, Magnesium, Sodium; K, Ca, Mg, Na – วัดด้วย Atomic absorption spectrophotometer) ความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวก (Cation exchange capacity; C.E.C. – Summation Method, exchangeable basic cation plus exchange acidity) การอิ่มตัวด้วยด่าง (Base saturation; B.S. – percentage basic cation in C.E.C.) สมบัติทางฟิสิกส์ คือ ปริมาณกลุ่มอนุภาคดินขนาดทราย ทรายแป้ง และดินเหนียว (Sand, Silt และ Clay – Bouyoucos hydrometer method) เพื่อประเมินชนิดเนื้อดิน (Soil texture) และประเมินระดับความอุดมสมบูรณ์ของดิน (เอิบ, 2526) พร้อมทั้งขุดหลุมดินศึกษาหน้าตัดดิน

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของดินในถิ่นกำเนิดไม้กฤษณา พบว่าทุกถิ่นกำเนิดในทุกระดับชั้นความลึก ดินมีค่าปฏิกิริยาดินเป็นกรดรุนแรงมากถึงกรดจัดมาก (pH 3.7–4.9) ปริมาณอินทรียวัตถุอยู่ในระดับที่ต่ำถึงสูงทั้งในดินชั้นบน (0.85–4.65 เปอร์เซ็นต์) และในดินชั้นล่างทั้ง 2 ระดับ (0.52–8.50 เปอร์เซ็นต์) ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์อยู่ในระดับ

ต่ำถึงสูงทั้งในดินชั้นบน (ปริมาณน้อยมาก ถึง 82.4 ppm) และในดินชั้นล่าง (ปริมาณน้อยมาก ถึง 106.1 ppm) ปริมาณโพแตสเซียม แคลเซียม และแมกนีเซียมที่แลกเปลี่ยนได้ พบว่ามีแนวโน้มเช่นเดียวกันคืออยู่ในระดับต่ำถึงสูง ทั้งในดินชั้นบน (13.5–274.6, 19.1–1,494.6 และ 4.3–130.1 ppm ตามลำดับ) และในดินชั้นล่าง (4.5–296.0, 6.0–1,152.0 และ 2.4–139.0 ppm ตามลำดับ) แต่จะพบว่าปริมาณโซเดียมที่แลกเปลี่ยนได้ในทุกถิ่นกำเนิดมีปริมาณต่ำทุกระดับความลึกเท่ากับ 4.8–20.5 ppm ปริมาณความจุในการแลกเปลี่ยนประจุบวกในดินชั้นบนอยู่ในระดับต่ำถึงสูงเท่ากับ 3.64–41.21 me/100g และในดินชั้นล่างอยู่ในระดับต่ำถึงสูงเช่นกันเท่ากับ 2.22–33.81 me/100g การอิ่มตัวด้วยด่างที่พบโดยทั่วไปอยู่ในระดับต่ำทั้งในดินชั้นบนและดินชั้นล่างเท่ากับ 0.9–28.9 และในดินชั้นบนในพื้นที่อำเภอภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ มีค่าการอิ่มตัวด้วยด่างปานกลางเท่ากับ 39.5–59.4 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะของเนื้อดินที่พบมี 4 แบบ ส่วนมากเป็นเนื้อดินที่มีดินเหนียวเป็นองค์ประกอบ ได้แก่ ดินเหนียว (Clay) ดินเหนียวปนทราย (Sandy clay) ดินร่วนเหนียวปนทราย (Sandy clay loam) และอีก 1 ชนิดที่ไม่มีองค์ประกอบของดินเหนียว คือ ดินร่วนปนทราย (Sandy loam)

ตารางที่ 3-10 คุณสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินในพื้นที่ศึกษาถิ่นกำเนิดไม้กฤษณา

Code	Depth (cm)	pH 1:1 H_2O	O.M. (%)	Avail. P (ppm)	Exch. Cation (ppm) K	Ca	Mg	Na	C.E.C. (me/100g)	B.S. (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil Texture	Fertility*
จังหวัดเชียงราย															
CHR	0-15	4.3	4.54	12.5	274.6	77.0	85.4	11.3	15.34	12.0	50	12	38	Sandy clay	M
	15-30	4.2	2.94	1.0	204.8	34.0	73.3	13.6	10.86	12.5	38	12	50	Clay	M
	30-50	4.4	1.82	7.5	296.0	18.4	83.9	15.0	11.10	14.5	28	8	64	Clay	M
จังหวัดจันทบุรี															
CHB	0-15	6.0	2.86	82.4	100.6	1494.6	125.1	6.7	14.79	59.4	79	9	12	Sandy loam	M
	15-30	6.0	1.24	62.0	47.6	1144.6	104.9	8.3	12.24	55.1	77	9	14	Sandy loam	M
	30-50	6.0	0.75	106.0	44.1	1152.0	139.0	10.1	12.56	56.2	79	9	12	Sandy loam	M

หมายเหตุ: M = ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินปานกลาง

L = ระดับความอุดมสมบูรณ์ของดินต่ำ

ตารางที่ 3-10 (ต่อ)

Code	Depth (cm)	pH 1:1 H_2O	O.M. (%)	Avail. P (ppm)	Exch. Cation (ppm)				C.E.C. (me/100g)	B.S. (%)	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil Texture	Fertility*
					K	Ca	Mg	Na							
จังหวัดนครราชสีมา															
NKR 1	0-15	4.2	2.06	1.4	30.4	36.2	4.3	9.2	13.33	2.5	36	14	50	Clay	L
	15-30	3.7	8.50	8.7	48.4	50.4	11.3	12.9	25.03	2.1	40	18	42	Clay	M
	30-50	4.0	4.74	6.5	36.3	41.0	6.3	11.7	17.90	2.2	36	16	48	Clay	M
NKR 2	0-15	3.9	8.03	7.7	55.0	155.0	20.1	10.4	25.63	4.4	34	18	48	Clay	M
	15-30	4.1	4.15	4.3	30.0	55.6	7.8	11.0	19.97	2.4	30	14	56	Clay	M
	30-50	4.3	2.52	3.1	23.4	37.0	5.4	9.7	16.33	2.0	26	16	58	Clay	L
จังหวัดชัยภูมิ															
PKS 1	0-15	4.2	4.65	9.6	47.2	251.6	53.9	9.2	17.36	10.7	32	36	32	Clay loam	M
	15-30	4.0	1.69	0.3	22.6	80.2	18.9	10.1	9.66	6.8	26	36	38	Clay loam	L
	30-50	4.3	0.83	1.5	20.3	81.2	11.3	8.7	8.59	6.9	22	36	42	Clay	L
PKS 2	0-15	4.9	3.58	6.0	97.9	946.2	64.4	8.5	14.05	39.5	64	16	20	Sandy clay loam	M
	15-30	4.3	1.37	1.8	56.2	269.0	21.0	9.9	10.20	16.2	58	16	26	Sandy clay loam	L
	30-50	4.2	0.83	4.2	54.2	217.6	22.9	8.3	8.45	17.2	52	16	32	Sandy clay loam	L

ตารางที่ 3-10 (ต่อ)

Code	Depth (cm)	pH 1:1 H_2O	O.M. (%)	Avail. P (ppm)	Exch. Cation (ppm)				C.E.C. (me/100g)	B.S. (%)	Sand	Silt	Clay	Soil Texture	Fertility*
					K	Ca	Mg	Na			(%)				
จังหวัดเลย															
PLS	0-15	4.2	2.77	6.4	63.6	236.0	130.1	12.7	16.46	15.0	54	16	30	Sandy clay loam	M
	15-30	4.4	1.36	1.6	34.3	96.2	87.7	9.0	15.83	8.4	48	16	36	Sandy clay	L
	30-50	4.2	1.31	nil	31.6	73.4	95.8	10.6	16.78	7.6	43	15	42	Sandy clay	L
จังหวัดสุราษฎร์ธานี															
STS	0-15	3.7	0.85	nil	17.0	19.1	15.1	13.0	10.82	3.0	80	8	12	Sandy loam	L
	15-30	3.8	0.70	1.0	9.7	7.4	4.1	8.9	3.63	3.7	80	8	12	Sandy loam	L
	30-50	3.9	0.39	0.6	5.0	6.0	2.4	9.2	3.10	3.3	80	6	14	Clay	L
จังหวัดตรัง															
TRS	0-15	4.2	1.67	9.6	36.4	42.4	28.2	14.3	6.10	9.8	78	6	16	Sandy loam	L
	15-30	4.4	1.57	7.4	42.7	27.3	22.5	13.6	7.99	6.1	60	6	34	Sandy clay loam	L
	30-50	4.3	1.41	7.6	38.9	32.0	21.7	14.1	7.50	6.7	54	6	40	Sandy clay	L

จากการประมวลผลความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้ง 6 ถิ่นกำเนิด พบว่า ในถิ่นกำเนิดจังหวัดสุราษฎร์ธานี จังหวัดชุมพร จังหวัดระนอง และจังหวัดกระบี่ ถิ่นกำเนิดจังหวัดตรัง และจังหวัดปัตตานี มีค่าความอุดมสมบูรณ์ของดินทั้งชั้นบน และดินชั้นล่างอยู่ในระดับต่ำ ในถิ่นกำเนิดจังหวัดเชียงราย มีค่าความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับปานกลาง และถิ่นกำเนิดจังหวัดจันทบุรี และจังหวัดตราด ถิ่นกำเนิดจังหวัดนครราชสีมา จังหวัดสระแก้ว จังหวัดปราจีนบุรี และจังหวัดนครนายก ถิ่นกำเนิดจังหวัดขอนแก่น จังหวัดชัยภูมิ และจังหวัดเลย มีค่าความอุดมสมบูรณ์ของดินอยู่ในระดับต่ำถึงปานกลาง ดังนั้นแสดงให้เห็นว่าดินที่ทำการสำรวจในแหล่งกำเนิดไม้กฤษณาตามธรรมชาติไม่ได้เป็นดินที่มีความสมบูรณ์สูง

เอกสารอ้างอิง

เอิบ เขียวรื่นรมย์. 2526. การสำรวจดิน เล่ม 2: เทคนิคในการสำรวจและจำแนกดิน. ภาควิชาปฐพีวิทยา คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 454 หน้า.

บทที่ 4

การทดสอบสายพันธุ์ไม้กฤษณาในประเทศไทย

4.1 สายพันธุ์กฤษณาที่นำมาทดสอบสายพันธุ์

สายพันธุ์กฤษณาที่นำมาทดสอบจำนวน 50 สายพันธุ์ จาก 3 เขต (Region) คือ เขตเขาใหญ่ ซึ่งเป็น *Aquilaria crassna* เขตภาคตะวันออก ซึ่งอาจจะเป็น *Aquilaria subintegra* หรือ *Aquilaria crassna* ยังไม่แน่ชัดในชื่อชนิดนี้ และเขตภาคใต้ ซึ่งเป็น *Aquilaria malaccensis* โดยรวบรวมพันธุ์จาก 9 แหล่ง ในท้องที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา และปราจีนบุรี อุทยานแห่งชาติเขาคิชกูฏ จังหวัดจันทบุรี อุทยานแห่งชาติน้ำตกพริ้ว เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเทือกเขาบรรทัด จังหวัดตรัง อุทยานแห่งชาติเขาปู่-เขาย่า จังหวัดพัทลุง และบ้านในช่อง อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่ (ตารางที่ 4-1)

ตารางที่ 4-1 แหล่งเมล็ดพันธุ์ไม้กฤษณาที่นำไปปลูกในแปลงทดสอบสายพันธุ์

ลำดับที่	เขตพันธุกรรม (ชนิดไม้)	แหล่งเมล็ดพันธุ์	ท้องที่	จำนวนแม่ไม้
1	เขาใหญ่ *(A. crassna)*	ลำตะคอง (LK)	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา	13
2	เขาใหญ่ *(A. crassna)*	หินกอง (HK)	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา	8
3	เขาใหญ่ *(A. crassna)*	เหวนรก (HR)	อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครราชสีมา	2
4	ภาคตะวันออก *(A. subintegra / crassna)*	เขาคิชฌกูฏ (KK)	อุทยานแห่งชาติเขาคิชฌกูฏ จังหวัดจันทบุรี	2
5	ภาคตะวันออก *(A. subintegra / crassna)*	น้ำตกพริ้ว (NP)	อุทยานแห่งชาติน้ำตกพริ้ว จังหวัดจันทบุรี	2
6	ภาคใต้ *(A. malaccensis)*	กระช่อง 1 (KC1)	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาบรรทัด จังหวัดตรัง	10
7	ภาคใต้ *(A. malaccensis)*	เขาปู่-เขาย่า (KP)	อุทยานแห่งชาติเขาปู่-เขาย่า จังหวัดพัทลุง	6
8	ภาคใต้ *(A. malaccensis)*	กระช่อง2 (KC2)	เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเทือกเขาบรรทัด จังหวัดตรัง	6
9	ภาคใต้ *(A. malaccensis)*	กระบี่ (KB)	บ้านในช่อง อำเภอเมือง จังหวัดกระบี่	1
		รวมจำนวนแม่ไม้		50

โดยดำเนินการทดสอบสายพันธุ์ใน 2 ท้องที่ คือ สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา และ สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี (ตารางที่ 4–2)

ตารางที่ 4–2 ตำแหน่งของสถานีวนวัฒนวิจัยที่ปลูกแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้กฤษณา

ชื่อสถานี	ตำแหน่งที่ตั้ง			ปริมาณน้ำฝนรายปี (มิลลิเมตร)
	เส้นรุ้ง (เหนือ)	เส้นแวง (ตะวันออก)	ความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย (เมตร)	
สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช	14° 28.109’	101° 54.259’	450	1,300
สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี	9° 6.110’	99° 21.803’	50	1,700

4.2 การทดสอบสายพันธุ์กฤษณาที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Nested treatment ที่แสดงในตารางที่ 4–3 แสดงความแตกต่างทางสถิติของการเจริญเติบโตทางความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก อย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างชนิดไม้กฤษณา ที่ปลูกในทุกชั้นอายุตั้งแต่อายุ 1–4 ปี

ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี *Aquilaria carassna* ที่มีแหล่งพันธุ์อยู่ในเขตเขาใหญ่ มีการเจริญเติบโตทางความสูงเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.28, 1.72, 2.27 และ 2.88 เมตร ตามลำดับ และมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 1.00, 2.02 และ 3.41 เซนติเมตร ที่อายุ 2, 3 และ 4 ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 4–4)

Aquilaria subintegra/crassna ที่มีแหล่งพันธุ์อยู่ในเขตภาคตะวันออก มีค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตทางความสูงเฉลี่ยรองลงมาเท่ากับ 1.18, 1.55, 2.15 และ 2.86 เมตร ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี ตามลำดับ ส่วนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 0.75, 1.68 และ 3.20 เซนติเมตร ที่อายุ 2, 3 และ 4 ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 4–4)

Aquilaria malaccensis ที่มีแหล่งพันธุ์อยู่ในเขตภาคใต้ มีการเจริญเติบโตทางความสูงเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.51, 0.69, 0.95 และ 1.42 เมตร ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี ตามลำดับ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 0.06, 0.18 และ 0.47 เซนติเมตร ที่อายุ 2, 3 และ 4 ปี ตามลำดับ (ตามตารางที่ 4–4)

สำหรับเปอร์เซ็นต์การรอดตายมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญในทุกระดับของ Nested treatment คือระหว่างชนิดไม้กฤษณา (Species) ระหว่างแหล่งภายในชนิดไม้ (Seed sources within species) และระหว่างสายพันธุ์ภายในแหล่งและภายในชนิดไม้กฤษณา (Family within seed sources within species) โดยความแตกต่างของเปอร์เซ็นต์การรอดตายระหว่างชนิดไม้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในทุกชั้นอายุ (ตามตารางที่ 4–3)

เปอร์เซ็นต์การรอดตายเฉลี่ยที่อายุ 1 ปี ของ *Aquilaria crassna Aquilaria subintegra/crassna* และ *Aquilaria malaccensis* เท่ากับ 86, 89 และ 91 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่อายุ 2 ปี เท่ากับ 93, 99 และ 48 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่อายุ 3 ปี เท่ากับ 77, 68 และ 35 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่อายุ 4 ปี เท่ากับ 59, 48 และ 19 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตามตารางที่ 4–4)

ตารางที่ 4-3 แสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้กฤษณา ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

Source of variation	d.f. (MV)	ความสูง		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก		การรอดตาย	
		m.s.	F pr.	m.s.	F pr.	m.s.	F pr.
ปีที่ 1							
Replicate stratum	4	1533.3		–		744.7	
Species	2	180129.5	<.001	–	–	960.7	0.006
Species.sources	8	555.0	0.232	–	–	1013.0	<.001
Species.sources.family	41	868.5	<.001	–	–	395.1	<.001
Residual	196	407.8		–		183.5	
ปีที่ 2							
Replicate stratum	4	5261		0.4879		957.8	
Species	2	3133557	<.001	25.7400	<.001	65228.8	<.001
Species.sources	8	1410	0.334	0.2531	0.062	1102.2	0.007
Species.sources.family	41	1970	0.018	0.1481	0.213	653.8	0.004
Residual	190(6)	1224		0.1239		360.9	

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

Source of variation	d.f. (MV)	ความสูง		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก		การรอดตาย	
		m.s.	F pr.	m.s.	F pr.	m.s.	F pr.
ปีที่ 3							
Replicate stratum	4	17764		3.4848		3321.3	
Species	2	532690	<.001	100.6590	<.001	52242.2	<.001
Species.sources	8	2543	0.339	0.3134	0.672	1163.7	0.041
Species.sources.family	41	3450	0.028	0.507	0.347	847.7	0.015
Residual	175(21)	2222		0.4663		519	
ปีที่ 4							
Replicate stratum	4	19429		10.282		3714.1	
Species	2	663164	<.001	263.474	<.001	46762.4	<.001
Species.sources	8	1040	0.887	0.699	0.795	1241.1	0.004
Species.sources.family	41	2972	0.329	1.533	0.29	603.2	0.021
Residual	153(44)	2696		1.354		380.5	

หมายเหตุ * MV = Missing Value

ตารางที่ 4-4 ค่าเฉลี่ยของความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และการรอดตายของไม้กฤษณาในแปลงทดสอบ สายพันธุ์ที่อายุ 1-4 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

ชนิดพันธุ์กฤษณา (แหล่งพันธุ์)	สายพันธุ์	ปีที่ 1			ปีที่ 2			ปีที่ 3			ปีที่ 4		
		ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย
Aquilaria crassna (LK)	1	1.26	-	73	1.57	0.75	88	2.18	1.71	58	2.83	3.20	53
	2	1.09	-	55	1.48	0.62	80	1.97	1.58	68	2.70	3.01	55
	3	1.09	-	95	1.66	0.88	98	2.24	2.04	78	2.79	3.27	50
	4	1.24	-	73	1.45	0.66	95	1.72	1.28	75	2.71	2.92	48
	5	1.41	-	95	1.79	1.06	95	2.30	2.02	80	2.89	3.49	63
	6	1.41	-	80	1.71	1.08	83	2.43	2.27	60	3.11	3.96	45
	7	1.40	-	90	1.88	1.23	100	2.49	2.32	83	3.00	3.63	65
	8	1.33	-	90	1.78	1.00	100	2.28	1.87	78	2.77	2.74	58
	9	1.29	-	83	1.64	0.88	88	2.46	2.24	68	2.92	3.46	50
	10	1.53	-	78	1.75	1.06	88	2.62	2.73	63	3.34	4.77	50
	11	1.27	-	70	1.71	0.92	78	2.18	1.97	65	2.83	3.91	48
	12	1.22	-	73	1.63	0.92	98	2.07	1.77	83	2.75	3.10	70
	13	0.95	-	98	1.46	0.76	95	1.97	1.77	85	2.87	3.29	53
	14	1.31	-	83	1.78	1.17	95	2.12	1.94	85	2.95	3.59	55
Aquilaria crassna (KH)	15	1.19	-	98	1.69	1.04	90	2.18	1.83	75	2.57	2.64	60
	16	1.61	-	100	1.89	1.34	100	2.45	2.33	95	2.82	3.50	83
	17	1.19	-	100	2.06	1.27	95	2.57	2.23	93	3.17	3.69	80
	18	1.11	-	98	1.45	0.59	83	1.98	1.50	68	2.50	2.55	60

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์กฤษณา (แหล่งพันธุ์)	สายพันธุ์	ปีที่ 1			ปีที่ 2			ปีที่ 3			ปีที่ 4		
		ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย
	19	1.50	-	100	2.22	1.67	98	2.80	3.04	90	3.51	5.15	63
	20	1.48	-	85	1.80	1.04	95	2.28	1.75	85	2.80	2.75	73
	21	1.16	-	95	1.68	1.03	90	2.18	1.81	80	2.78	2.87	60
Aquilaria crassna	22	1.29	-	80	1.76	1.13	100	2.57	2.57	78	2.98	3.89	53
(HR)	23	1.14	-	85	1.66	0.84	100	2.26	1.85	83	2.71	2.97	68
Mean of *Aquilaria crassna*		1.28	-	86	1.72	1.00	93	2.27	2.02	77	2.88	3.41	59
Aquilaria subintegra	24	1.16	-	93	1.53	0.69	100	2.10	1.57	83	2.93	3.14	58
(KK)	25	1.17	-	75	1.52	0.64	98	2.04	1.41	58	2.66	2.76	43
Aquilaria subintegra	26	1.12	-	95	1.54	0.79	100	2.16	1.72	73	2.57	2.94	58
(NP)	27	1.28	-	95	1.63	0.86	100	2.31	2.06	60	3.29	3.98	35
Mean of *Aquilaria subintegra*		1.18	-	89	1.55	0.75	99	2.15	1.69	68	2.86	3.20	48

ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์กฤษณา (แหล่งพันธุ์)	สายพันธุ์	ปีที่ 1			ปีที่ 2			ปีที่ 3			ปีที่ 4		
		ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย
Aquilaria malaccensis (HC1)	28	0.47	-	83	0.40	0.00	33	1.26	0.31	13	1.28	0.48	8
	29	0.47	-	95	0.58	0.06	50	1.33	0.39	33	1.71	0.90	25
	30	0.58	-	90	0.72	0.05	55	1.23	0.33	30	1.59	0.56	15
	31	0.53	-	95	1.14	0.29	63	1.39	0.57	48	1.80	1.03	38
	32	0.56	-	95	0.99	0.05	68	1.02	0.10	63	1.29	0.31	48
	33	0.43	-	93	0.90	0.12	53	1.25	0.32	40	1.66	0.91	25
	34	0.51	-	88	0.55	0.05	45	0.53	0.06	30	1.62	0.61	13
	35	0.40	-	93	0.72	0.03	38	0.90	0.13	28	1.26	0.06	8
	36	0.67	-	93	0.58	0.03	43	0.72	0.19	38	1.18	0.04	13
	37	0.43	-	90	0.50	0.03	30	0.63	0.00	23	1.48	1.41	5.0
	38	0.38	-	90	0.66	0.01	30	1.01	0.24	20	1.38	0.50	10
Aquilaria malaccensis (KP)	39	0.43	-	95	0.83	0.06	30	0.72	0.09	28	1.27	0.45	10
	40	0.68	-	98	1.02	0.19	73	1.15	0.40	60	1.62	0.78	33
	41	0.40	-	75	0.46	0.00	23	0.65	0.02	15	1.51	0.16	5
	42	0.36	-	80	0.44	0.00	28	1.04	0.19	10	1.36	0.40	8
	43	0.41	-	98	0.72	0.04	53	0.74	0.00	38	1.29	0.09	5

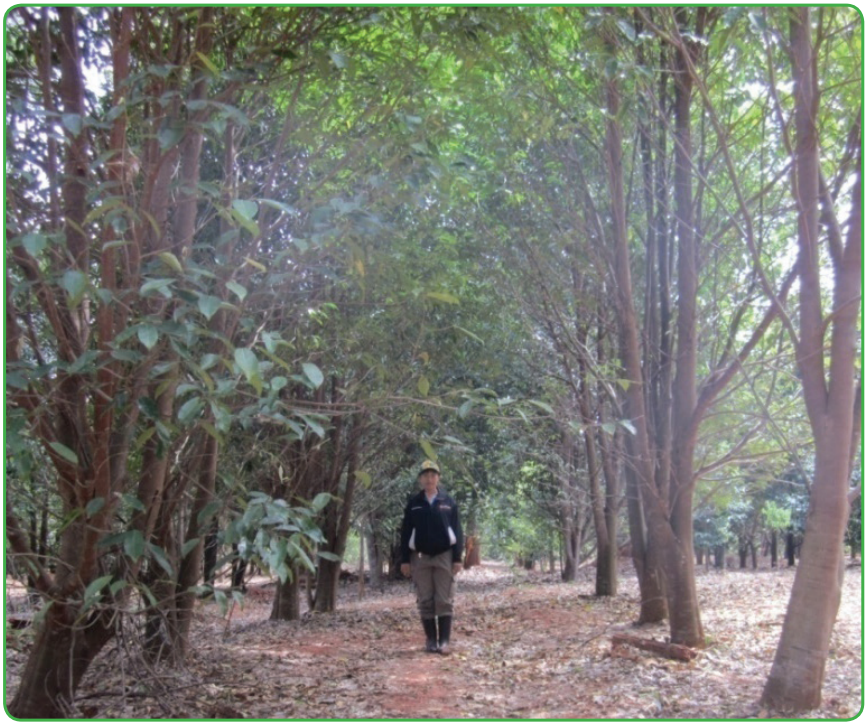
ตารางที่ 4-4 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์กฤษณา (แหล่งพันธุ์)	สายพันธุ์	ปีที่ 1			ปีที่ 2			ปีที่ 3			ปีที่ 4		
		ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย	ความสูง	ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	การรอดตาย
Aquilaria malaccensis (KC2)	44	0.46	-	88	0.52	0.00	55	0.64	0.02	40	0.86	0.00	20
	45	0.62	-	95	0.87	0.15	58	1.15	0.37	40	1.69	0.84	28
	46	0.58	-	88	0.53	0.00	43	0.73	0.02	23	1.18	0.08	10
	47	0.55	-	90	0.44	0.01	45	0.67	0.00	33	1.23	0.00	23
	48	0.54	-	100	0.84	0.09	85	1.09	0.25	73	1.45	0.37	38
	49	0.60	-	98	0.97	0.10	65	1.31	0.27	53	1.56	0.74	43
Aquilaria malaccensis (KBi)	50	0.55	-	98	0.54	0.00	40	0.62	0.00	30	1.37	0.19	13
Mean of *A malaccensis*		0.51	-	91	0.69	0.06	48	0.95	0.18	35	1.42	0.47	19
Grand mean		0.92	-	89	1.23	0.55	73	1.65	1.15	57	2.21	2.04	40

หมายเหตุ ความสูง เป็น เมตร, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เป็น เซนติเมตร, การรอดตาย เป็น เปอร์เซ็นต์

4.3 การทดสอบสายพันธุ์ไม้กฤษณาที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบ Nested treatment ที่แสดงในตารางที่ 4–5 แสดงความแตกต่างทางสถิติของการเจริญเติบโตทางความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งระหว่างชนิดไม้กฤษณาที่ปลูกในทุกชั้นอายุ ตั้งแต่อายุ 1–4 ปี เช่นเดียวกับที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช (ภาพที่ 4–1)



ภาพที่ 4–1 แปลงทดสอบสายพันธุ์กฤษณาที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี

Aquilaria crassna ที่มีแหล่งพันธุ์อยู่ในเขตเขาใหญ่ ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี มีการเจริญเติบโตทางความสูงเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 1.33, 2.91, 4.74 และ 5.61 เมตร ตามลำดับ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 0.18, 2.33, 5.12 และ 6.63 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4–6)

Aquilaria subintegra / crassna ที่มีแหล่งพันธุ์อยู่ในเขตภาคตะวันออก มีค่าความสูงเฉลี่ย ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี ใกล้เคียงกับ *Aquilaria crassna* เท่ากับ 1.41, 3.00, 4.72 และ 5.53 เมตร ตามลำดับ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 0.22, 2.44, 5.11 และ 6.53 เซนติเมตร ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี ตามลำดับ (ตารางที่ 4–6)

ที่อายุ 1, 2, 3 และ 4 ปี *Aquilaria malaccensis* ที่มีแหล่งพันธุ์อยู่ในเขตภาคใต้ มีการเจริญเติบโตทางความสูงเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 0.69, 0.97, 2.06 และ 2.81 เมตร ตามลำดับ และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 0.02, 0.20, 1.16 และ 2.05 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 4–6)

สำหรับเปอร์เซ็นต์การรอดตายมีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งในระดับของระหว่างชนิดไม้กฤษณา (Species) เท่านั้น (ตารางที่ 4–5)

ตารางที่ 4-5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติของแปลงทดสอบสายพันธุ์ไม้กฤษณา สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

Source of variation	d.f. (MV)	ความสูง		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก		การรอดตาย	
		m.s.	F pr.	m.s.	F pr.	m.s.	F pr.
ปีที่ 1							
Replicate stratum	3	0.8936		0.0802		760.7	
Species	2	10.69271	<.001	0.74034	<.001	923.6	<.001
Species.sources	8	0.05324	0.328	0.02848	0.023	86.2	0.636
Species.sources.family	41	0.0608	0.111	0.0170	0.040	226.0	0.003
Residual	147	0.0457		0.0113		120.2	
ปีที่ 2							
Replicate stratum	3	1.0694		1.5810		2137.3	
Species	2	95.3664	<.001	114.5903	<.001	1801.8	0.005
Species.sources	8	0.1839	0.587	0.4078	0.435	359.7	0.378
Species.sources.family	41	0.2555	0.357	0.4753	0.268	531.6	0.024
Residual	146(1)	0.2359		0.4125		333.6	

ตารางที่ 4-5 (ต่อ)

Source of variation	d.f. (MV)	ความสูง		ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก		การรอดตาย	
		m.s.	F pr.	m.s.	F pr.	m.s.	F pr.
ปีที่ 3							
Replicate stratum	3	1.3443		4.0210		2625.3	
Species	2	177.6444	<.001	387.998	<.001	43968.8	<.001
Species.sources	8	0.8581	0.328	1.832	0.373	604.3	0.200
Species.sources.family	41	0.8118	0.331	1.6570	0.508	590.0	0.070
Residual	136(11)	0.7357		1.6850		417.2	
ปีที่ 4							
Replicate stratum	3	0.4706		3.7060		2944.0	
Species	2	195.0073	<.001	516.808	<.001	47757.1	<.001
Species.sources	8	0.6985	0.649	2.038	0.541	405.8	0.440
Species.sources.family	41	1.0658	0.377	2.6370	0.352	582.3	0.073
Residual	136(11)	0.9966		2.4250		413.7	

หมายเหตุ * MV = Missing value

Aquilaria crassna, Aquilaria subintegra/crassna และ *Aquilaria malaccensis* มีเปอร์เซ็นต์การรอดตายเฉลี่ยที่อายุ 1 ปี เท่ากับ 92, 95 และ 87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่อายุ 2 ปี เท่ากับ 91, 88 และ 74 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ที่อายุ 3 ปี เท่ากับ 80, 86 และ 39 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ และที่อายุ 4 ปี เท่ากับ 80, 86 และ 37 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 4–6)

ภาพรวมของการเจริญเติบโตและการรอดตายของสายพันธุ์ไม้กฤษณาทั้งสองท้องที่แสดงให้เห็นกฤษณาที่ปลูกที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี มีการเจริญเติบโตและการรอดตายได้ดีมาก (ภาพที่ 4–2)

ภาพที่ 4–2 เปรียบเทียบการเติบโตสายพันธุ์ *Aquilaria malaccensis* (ต้นเล็กด้านหน้า) กับ *Aquilaria crassna* (ต้นใหญ่ด้านหลัง) ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี

และดีกว่าการปลูกกฤษณาที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช (ภาพที่ 4-3) เนื่องจากที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานีมีความชื้นสูงจากปริมาณน้ำเฉลี่ยรายปีที่มีมากกว่า อีกทั้งมีแมลงกินใบกฤษณาที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราชเป็นจำนวนมาก โดยเฉพาะในปีที่ 4 ของการปลูก ทั้งนี้แปลงปลูกอยู่ติดกับป่าดิบแล้ง ทำให้แปลงปลูกกฤษณาเป็นแหล่งอาหารของแมลงในป่าธรรมชาติได้ จึงทำให้ต้นกฤษณาที่ปลูกที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราชตายมากขึ้นจากแมลงกินใบ

ภาพที่ 4-3 แปลงทดสอบสายพันธุ์กฤษณาที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช

ชนิดไม้กฤษณาที่เป็น *Aquilaria crassna* มีการเจริญเติบโตและรอดตายดีที่สุด รองลงมาคือ *Aquilaria subintegra/crassna* ส่วน *Aquilaria malaccensis* นั้นมีการเจริญเติบโตและรอดตายต่ำที่สุดทั้งสองท้องที่

ผลการเจริญเติบโตของสายพันธุ์ไม้กฤษณาที่ปลูกในสองท้องที่ดังกล่าว แสดงให้เห็นไม้กฤษณาที่เก็บเมล็ดจากทางภาคใต้ ซึ่ง *Aquilaria malaccensis* มีการเจริญเติบโตและการรอดตายต่างจากไม้กฤษณาที่เก็บเมล็ดจากเขตเขาใหญ่ ซึ่งเป็นชนิด *A. crassna* (ภาพที่ 4–2) และจากเขตภาคตะวันออก ซึ่งเป็นชนิด *Aquilaria subintegra/crassna* อย่างชัดเจน และไม้กฤษณาจากเขตเขาใหญ่ และเขตภาคตะวันออกมีการเจริญเติบโตและรอดตายใกล้เคียงกันมาก รวมทั้งรูปทรงเมล็ดอีกด้วย ซึ่งอาจจะเป็นไม้กฤษณาชนิดเดียวกัน คือ *Aquilaria crassna* ดังนั้นการปลูกไม้กฤษณาเพื่อให้ได้ผลควรเลือกกฤษณาที่เป็น *Aquilaria crassna* จากเขตเขาใหญ่และเขตภาคตะวันออก

ตารางที่ 4-6 ค่าเฉลี่ยของความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก และการรอดตายของไม้กฤษณาในแปลงทดสอบสายพันธุ์ที่อายุ 1-4 ปี ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสุราษฎร์ธานี จังหวัดสุราษฎร์ธานี

ชนิดพันธุ์กฤษณา (แหล่งพันธุ์)	สายพันธุ์	ปีที่ 1 ความสูง	ปีที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 1 การรอดตาย	ปีที่ 2 ความสูง	ปีที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 2 การรอดตาย	ปีที่ 3 ความสูง	ปีที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 3 การรอดตาย	ปีที่ 4 ความสูง	ปีที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 4 การรอดตาย
	1	1.07	0.03	75	2.34	1.56	63	3.97	4.51	60	4.92	6.11	60
	2	1.30	0.12	98	2.82	2.12	90	4.66	4.50	90	5.53	6.19	90
	3	1.27	0.21	95	2.90	2.38	80	4.87	5.61	78	5.73	7.30	78
	4	1.40	0.24	98	3.14	2.71	98	5.14	5.69	98	5.92	7.13	98
	5	1.46	0.24	93	3.11	2.63	80	5.01	5.54	80	5.95	7.23	80
Aquilairia	6	1.27	0.12	98	2.76	1.98	85	4.50	4.46	85	5.46	6.06	85
crassna	7	1.49	0.30	98	2.92	2.37	80	4.54	4.98	80	5.26	6.35	80
(LK)	8	1.37	0.20	93	3.08	2.57	83	4.88	5.65	80	5.73	7.19	80
	9	1.73	0.43	98	3.59	3.55	88	5.71	6.93	88	6.46	8.35	88
	10	1.41	0.30	98	2.94	2.51	73	4.47	4.91	73	5.32	6.28	70
	11	1.38	0.17	95	3.11	2.62	88	5.14	5.60	88	6.04	7.24	88
	12	1.12	0.07	90	2.78	1.95	75	4.29	4.15	75	5.18	5.50	75
	13	1.22	0.12	88	2.58	1.94	83	4.45	4.78	78	5.38	6.18	78

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์กฤษณา (แหล่งพันธุ์)	สายพันธุ์	ปีที่ 1 ความสูง	ปีที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 1 การรอดตาย	ปีที่ 2 ความสูง	ปีที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 2 การรอดตาย	ปีที่ 3 ความสูง	ปีที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 3 การรอดตาย	ปีที่ 4 ความสูง	ปีที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 4 การรอดตาย
	14	1.18	0.07	78	2.28	1.53	63	3.95	3.71	60	5.03	5.03	60
	15	1.37	0.20	90	3.34	2.87	83	5.25	5.95	83	6.25	7.72	83
	16	1.44	0.22	93	3.03	2.48	88	5.19	5.46	85	6.11	6.90	85
Aquilaria crassna	17	1.22	0.11	83	2.77	2.00	70	4.55	4.76	70	5.53	6.33	70
(KH)	18	1.33	0.18	95	2.61	1.95	80	4.16	4.00	83	4.89	5.35	80
	19	1.32	0.18	98	2.94	2.42	90	4.90	5.33	90	5.81	7.07	90
	20	1.35	0.17	93	3.06	2.51	80	4.81	5.49	80	5.56	6.89	80
	21	1.16	0.08	93	2.94	2.24	88	4.85	4.99	85	5.69	6.51	85
Aquilaria crassna	22	1.36	0.22	88	2.98	2.37	78	4.89	5.41	75	5.79	6.78	75
(HR)	23	1.39	0.21	95	3.01	2.41	90	4.87	5.32	88	5.72	6.74	88
Mean of *Aquilaria* crassna		1.33	0.18	92	2.91	2.33	81	4.74	5.12	80	5.62	6.63	80
Aquilaria subintegra	24	1.57	0.33	95	3.31	3.00	90	5.09	6.02	90	5.83	7.41	90
(KK)	25	1.50	0.28	98	3.09	2.58	90	4.83	5.29	90	5.66	6.73	90
Aquilaria subintegra	26	1.27	0.16	88	2.56	1.69	78	3.98	3.92	73	4.80	5.10	73
(NP)	27	1.31	0.11	100	3.07	2.48	93	5.00	5.19	90	5.86	6.85	90
Mean of *Aquilaria subintegra*		1.41	0.22	95	3..00	2.44	88	4.72	5.11	86	5.53	6.53	86

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์กฤษณา (แหล่งพันธุ์)	สายพันธุ์	ปีที่ 1 ความสูง	ปีที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 1 การรอดตาย	ปีที่ 2 ความสูง	ปีที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 2 การรอดตาย	ปีที่ 3 ความสูง	ปีที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 3 การรอดตาย	ปีที่ 4 ความสูง	ปีที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 4 การรอดตาย
Aquilaria malaccensis (HC1)	28	0.59	0.00	83	0.77	0.16	58	2.70	1.73	25	3.55	3.19	23
	29	0.60	0.00	90	0.94	0.15	85	1.96	1.06	48	2.63	1.54	48
	30	0.83	0.04	90	1.07	0.28	80	2.83	1.71	38	3.65	3.10	38
	31	0.77	0.02	90	1.27	0.38	93	2.32	1.58	68	3.34	2.73	60
	32	0.67	0.00	95	1.07	0.26	80	1.94	1.05	50	2.64	1.95	50
	33	0.83	0.04	95	1.14	0.37	68	2.23	1.41	30	2.87	2.30	30
	34	0.73	0.01	80	1.02	0.37	70	2.40	1.80	45	3.53	3.21	45
	35	0.70	0.04	83	0.98	0.25	83	2.33	1.47	33	2.97	2.37	33
	36	0.51	0.00	90	0.60	0.00	60	1.44	0.40	15	1.95	0.78	15
	37	0.63	0.01	88	0.71	0.10	40	2.75	1.75	8	2.71	2.01	13
	38	0.74	0.03	88	0.94	0.19	70	1.69	0.65	30	2.49	1.44	30
Aquilaria malaccensis (KP)	39	0.85	0.07	85	1.01	0.28	73	3.05	2.32	40	4.09	3.71	40
	40	0.54	0.00	95	0.74	0.04	78	1.69	0.60	30	2.73	1.45	23
	41	0.64	0.01	85	1.02	0.29	58	1.86	1.11	33	2.24	1.47	30
	42	0.63	0.01	65	0.83	0.21	63	1.99	1.21	28	2.70	2.07	28
	43	0.66	0.02	100	1.04	0.24	90	1.57	0.67	53	2.18	1.23	48

ตารางที่ 4-6 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์กฤษณา (แหล่งพันธุ์)	สายพันธุ์	ปีที่ 1 ความสูง	ปีที่ 1 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 1 การรอดตาย	ปีที่ 2 ความสูง	ปีที่ 2 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 2 การรอดตาย	ปีที่ 3 ความสูง	ปีที่ 3 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 3 การรอดตาย	ปีที่ 4 ความสูง	ปีที่ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก	ปีที่ 4 การรอดตาย
Aquilaria malaccensis (KC2)	44	0.63	0.00	75	1.00	0.13	58	2.27	1.46	25	3.49	2.91	15
	45	0.70	0.02	73	1.02	0.18	83	1.77	0.89	55	2.50	1.70	53
	46	0.73	0.00	95	0.94	0.06	95	1.38	0.43	53	2.24	1.37	40
	47	0.60	0.00	90	0.91	0.06	90	1.50	0.58	63	2.10	1.11	63
	48	0.87	0.03	83	1.44	0.49	83	2.27	1.55	55	3.27	2.66	55
	49	0.69	0.00	93	1.05	0.10	85	1.90	0.75	45	2.48	1.56	45
Aquilaria malaccensis (KBi)	50	0.69	0.00	83	0.78	0.05	73	1.65	0.60	35	2.18	1.31	35
Mean of *Aquilaria malaccensis*		0.69	0.02	87	0.97	0.20	74	2.06	1.16	39	2.81	2.05	37
Grand mean		1.04	0.11	90	2.03	1.36	79	3.51	3.30	62	4.32	4.52	61

หมายเหตุ ความสูง เป็น เมตร
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เป็น เซนติเมตร
การรอดตาย เป็น เปอร์เซ็นต์

เอกสารอ้างอิง

สมคิด สิริพัฒนดิลก. 2525. ไม้กฤษณา เอกสารวิชาการเล่มที่ 17 ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 14 หน้า

บทที่ 5

การเตรียมกล้าไม้กฤษณา

1. การเก็บผลกฤษณาในป่าธรรมชาติ

ใช้เจ้าหน้าที่ปีนขึ้นไปเก็บผลกฤษณาจากแม่ไม้ที่คัดเลือกไว้ที่อุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ จังหวัดนครนายก จำนวน 28 แม่ไม้ โดยแยกเป็นผลของแม่ไม้แต่ละต้นบรรจุไว้ในถุงพลาสติกใส และนำไปดำเนินการปฏิบัติต่อผลเพื่อนำเมล็ดกฤษณาไปเพาะชำที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

การเก็บผลกฤษณาจากแหล่งไกล ๆ ควรใช้ถุงพลาสติกหรือถุงปุ๋ยเป็นภาชนะใส่ผลกฤษณาเพราะถุงพลาสติกหรือถุงปุ๋ยจะช่วยเก็บความชื้นได้ดี จะไม่ทำให้ผลกฤษณาคายน้ำเร็วทำให้ผลแห้งและแตก และอาจมีเปอร์เซ็นต์การงอกลดลง เมื่อแกะผลกฤษณานำเมล็ดออกมาแล้วไม่ควรทำการเพาะทันที ควรผึ่งลมให้เมือกรอบ ๆ เมล็ดแห้งเสียก่อนโดยเฉพาะขั้วของเมล็ด หากแกะแล้วเพาะทันทีอาจทำให้เกิดเชื้อราในแปลงเพาะขึ้นได้ (ภาพที่ 5–1)

ภาพที่ 5–1 ผลและการเก็บรักษาผลไม้กฤษณาใส่ถุงพลาสติกจากแม่ไม้ในถิ่นกำเนิดท้องที่จังหวัดนครนายก

2. การเพาะชำเมล็ดไม้กฤษณา

ดำเนินการเพาะชำในดินร่วน ทราย แกลบดำ ซึ่งแกลบดำเป็นตัวเลือกที่ดีสำหรับการเพาะเมล็ดกฤษณา เพราะถอนกล้าไปชำได้ง่ายมาก เพราะเมื่อรดน้ำ ดินร่วน ทราย แกลบดำ จะหลวมและเก็บความชื้นได้ดี แต่การเพาะด้วยแกลบดำอาจจะมีปัญหาอยู่บ้าง เพราะแกลบดำมีคุณสมบัติเฉพาะตัวซึ่งจะทำให้กล้าไม้เน่าเสียได้ ดังนั้นเมื่อเมล็ดงอกแล้วต้องรีบย้ายชำ การเพาะเมล็ดสามารถทำได้โดยวิธีตัดด้านท้ายของเมล็ดกฤษณาให้เห็นเนื้อในเล็กน้อยและปักด้านตัดลงในดินของแปลงเพาะหรือหว่านก็ได้ วิธีนี้จะทำให้เมล็ดกฤษณางอกเร็วยิ่งขึ้น (ภาพที่ 5–2)

ภาพที่ 5–2 การเพาะเมล็ดและลักษณะการงอกของเมล็ดไม้กฤษณา ในแปลงเพาะชำที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

การเพาะเมล็ดโดยวิธีธรรมชาติโดยไม่ต้องกระทำหรือกระตุ้นใดๆ ต่อเมล็ดกฤษณาก่อน เพาะควรปรับพื้นที่แปลงเพาะชำให้เรียบ รดน้ำวัสดุเพาะชำให้ชุ่ม หลังจากนั้นจึงทำการหว่านหรือจิ้มเมล็ดกฤษณา การจิ้มอาจใช้ไม้ปลายแหลมจิ้มนำร่องก่อนก็ได้หรือใช้เมล็ดจิ้มเลยก็ได้ โดยให้ลึกเท่ากับขนาดเมล็ดกฤษณา แล้วโรยทับด้วยทรายหรือแกลบดำบาง ๆ

อีกครั้ง สำหรับการเพาะเมล็ดด้วยการหว่าน ควรหว่านให้สม่ำเสมอทั่วทั้งแปลง ใช้ภาชนะกดเบา ๆ ให้เมล็ดกฤษณาจมลงพื้นแปลงเพาะอย่างน้อยครึ่งหนึ่งของเมล็ด แล้วโรยทับด้วยทรายหรือแกลบเผาให้กลบมิดเมล็ด แต่อย่าโรยให้หนามากนัก เสร็จแล้วรดน้ำให้ชุ่มอีกครั้งและรดน้ำวันละ 2 ครั้ง ในช่วงเช้าและเย็น ปฏิบัติเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ โรงเพาะชำหรือเรือนเพาะชำควรมีตาข่ายพรางแสงให้ร่มเงาเพื่อเก็บความชื้นในแปลงเพาะ

3. การย้ายชำกล้าไม้กฤษณา

ทำการย้ายชำต่อเมื่อกล้าไม้มีใบ 2 ใบ หรือหลังจากกล้าไม้งอกพ้นพื้นแปลงเพาะได้ประมาณ 4–5 วัน ช่วงนี้ระบบรากจะยังไม่มีรากฝอย มีแต่รากแก้ว ความยาวของรากประมาณ 3.5–7.0 เซนติเมตร ง่ายต่อการถอนหรือย้ายชำ หากรากของกล้าไม้กฤษณายาวจนเกินไป ก็สามารถเด็ดหรือตัดทิ้งบ้างก็ได้ให้เหลือพอเหมาะแก่การย้ายชำ ก่อนการถอนกล้าไม้หรือย้ายชำควรรดน้ำแปลงเพาะให้ชุ่มเสียก่อน ดินจะร่วนซุยทำให้ง่ายต่อการถอนกล้าไม้ ภาชนะที่ใส่กล้าไม้ควรเติมน้ำลงไปครึ่งหนึ่งของภาชนะ เพื่อรองรับไม่ให้กล้าไม้บอบช้ำและป้องกันการคายน้ำของกล้าไม้ด้วย

4. ถุงเพาะชำกล้าไม้กฤษณา

ควรใช้ถุงพลาสติกดำพับขนาด 2½ นิ้ว x 6 นิ้ว ขึ้นไป กรณีถุงพลาสติกดำเล็กกว่านี้จะทำให้กล้ามีลำต้นเล็ก เมื่อนำไปปลูกลำต้นจะอ่อนและปลายยอดห้อย ถุงพลาสติกดำพับขนาด 2½ นิ้ว x 6 นิ้ว เป็นขนาดที่พอเหมาะในการย้ายชำและสะดวกในการขนย้ายเข้าพื้นที่ปลูก กฤษณามีขนาดลำต้นไม่เล็กไม่ใหญ่เกินไป

5. วัสดุเพาะชำกล้าไม้กฤษณา

ควรเป็นดินที่มีส่วนผสมของแกลบดิบหรือเศษใบไม้ แกลบดิบจะเป็นส่วนผสมที่ดี จะทำให้ดินร่วนซุยโปร่งไม่แน่น ซึ่งจะทำให้กล้าไม้เจริญงอกงามได้ดีมีระบบรากดี (ภาพที่ 5–3) จากการสังเกตการย้ายชำไว้ในดินล้วน ๆ ที่ไม่มีส่วนผสมของแกลบดิบ จะเห็นได้ว่า ระบบรากแผ่ขยายได้ไม่ค่อยดี รากฝอยมีน้อยจะมีแต่รากแขนง ซึ่งตรงกันข้ามกับการย้ายชำด้วยดินผสมแกลบดิบ ระบบรากจะเดินได้ดีมีรากฝอยมาก แสดงให้เห็นว่ากล้าไม้กฤษณาน่าจะชอบดินร่วนซุยและโปร่ง อัตราการผสมวัสดุเพาะชำประกอบด้วยดิน 1 ส่วน ต่อ แกลบดิบ 1–1½ ส่วน และส่วนที่เป็นเศษใบไม้และปุ๋ยคอกอีก 1 ส่วน อัตราส่วนนี้จะทำให้วัสดุเพาะชำโปร่งระบายน้ำได้ดี เป็นผลทำให้รากของกล้าไม้สามารถแผ่ขยายได้ดี

ภาพที่ 5–3 กล้าไม้กฤษณาหลังย้ายชำอยู่ในเรือนเพาะชำที่มีตาข่ายพรางแสง ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

สำหรับการเพาะชำกล้าไม้กฤษณาด้วยแกลบเผาในระยะแรก ๆ ไม่เกิน 7–8 เดือน กล้าไม้สามารถเจริญเติบโตได้ดีมาก หลังจากนั้นแกลบเผา

น่าจะมีอิทธิพลต่อปริมาณรากฝอย ทำให้กล้าไม้กฤษณา มีเฉพาะรากแขนง เมื่อนำไปปลูกในแปลงทดลอง เมื่อฝนทิ้งช่วงหรือดินแห้งแกลบเผาจะแห้งเป็นผง ไม่เกาะยึดติดราก ทำให้ศักยภาพในการดูดความชื้นจากดินรอบๆ มาเลี้ยงลำต้นด้อยลงไปไม่เหมือนกับดินผสมแกลบดิบ นอกจากนี้จะทำให้กล้าไม้เกิดโรคหรือเชื้อราได้ง่าย โดยเฉพาะที่รากและโคนเน่า

6. การเพาะชำกล้าไม้กฤษณาข้ามปี

ถุงพลาสติกดำในการเพาะชำควรเป็นขนาด 3 นิ้ว x 7 นิ้ว หรือ 3½ นิ้ว x 9 นิ้ว หรือ 4 นิ้ว x 12 นิ้ว วัสดุเพาะชำควรมีส่วนผสมดิน 1 ส่วน ต่อแกลบดิบ 1–1½ ส่วน จะทำให้ดินมีความโปร่งร่วนซุยไม่แน่น รากฝอยแผ่ขยายดี ไม่ซึมซับน้ำเกินไประบายน้ำได้ดี และเมื่อนาน ๆ ไป แกลบดิบจะทำให้ดินเพาะชำยิ่งมีความร่วนซุย ไม่แน่น และไม่ควรใช้แกลบเผาเป็นวัสดุเพาะชำกล้าไม้ข้ามปีเด็ดขาด แกลบเผาจะดีเฉพาะระยะแรก ๆ เท่านั้น เมื่อนาน ๆ ไปแกลบเผากลายเป็นผงไม่เกาะติดราก และมีอิทธิพลต่อปริมาณรากฝอยเหลือแต่รากแขนงหรือเหง้า ซึ่งจะทำให้กล้าไม้เจริญเติบโตไม่ดีและค่อย ๆ ตายไปในที่สุด

7. การทำให้กล้าไม้กฤษณาแกร่ง

แสงแดดเป็นปัจจัยที่มีความสำคัญในการเพาะชำกล้าไม้กฤษณา โดยการเพาะชำกล้าไม้กฤษณาควรดำเนินการในพื้นที่โล่งแจ้ง ไม่มีร่มเงาของต้นไม้บดบังแสงทั้งวัน และในระยะแรกควรใช้ตาข่ายพรางแสงช่วยให้กล้าไม้เจริญเติบโตได้สักระยะหนึ่ง เมื่อเห็นว่ากล้าไม้มีความแข็งแกร่งมีอายุ 1.5–2 เดือน จึงทำการเปิดตาข่ายพรางแสงให้กล้าไม้ได้รับแสงแดดอย่างเต็มที่ ซึ่งจะทำให้กล้าไม้เจริญเติบโตได้เร็ว แข็งแรงและปลอดภัยจากเชื้อราหรือโรคอื่น ๆ สำหรับการเปิดตาข่ายพรางแสงนั้นควรทำในวันที่แสงแดดไม่ร้อนจ้าหรือวันที่แสงแดดมีน้อย โดยเปิดตาข่ายพรางแสงหลังเวลา

16.00 น. เพราะอากาศในช่วงเย็นจะไม่ร้อนมากซึ่งน่าจะใกล้เคียงกับตาข่ายพรางแสง จากนั้นอากาศจะค่อย ๆ เย็นลงและค่อย ๆ ร้อนขึ้นในวันใหม่ วิธีนี้จะทำให้กล้าไม้กฤษณาค่อย ๆ ปรับตัวเองให้เข้ากับอากาศที่ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลง และไม่ควรเปิดตาข่ายพรางแสงในขณะที่มีแสงแดดร้อนจ้าจะทำให้กล้าไม้ปรับตัวไม่ทัน

8. การให้ปุ๋ยกล้าไม้กฤษณา

หลังจากย้ายชำ 1 สัปดาห์ สามารถให้ปุ๋ยยูเรียแก่กล้าไม้ได้ โดยผสมน้ำให้มีความเข้มข้นน้อย ๆ ฉีดพ่นสัปดาห์ละครั้ง เมื่อกล้าไม้ตั้งตัวและผ่านไป 3–4 สัปดาห์ จึงเพิ่มปริมาณปุ๋ยยูเรียและฉีดพ่นเป็น 2–3 ครั้งต่อสัปดาห์ การเพิ่มปริมาณปุ๋ยยูเรียสามารถทำได้โดยใช้วิธีสังเกตใบของกล้าไม้ หากใบมีสีเหลืองอมขาวแสดงว่าน่าจะขาดธาตุอาหารสามารถเพิ่มปริมาณปุ๋ยยูเรียขึ้นอีกได้ตามการเจริญเติบโตของกล้าไม้ และเปลี่ยนเป็นปุ๋ยเคมีสูตร 15:15:15 ประมาณ 6–10 เม็ดต่อถุงเพาะชำ เมื่อกล้าไม้กฤษณามีอายุครบ 2 เดือน

บทที่ 6

อัตราการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของไม้กฤษณา

1. การตอบสนองของกล้าไม้กฤษณาที่ระดับความเข้มแสงต่างกัน

ทำการคัดเลือกกล้าไม้กฤษณาในเรือนเพาะชำ ที่อยู่ในระดับความเข้มแสง 3 ระดับ ได้แก่ 100, 50 และ 20 เปอร์เซ็นต์ และคัดเลือกใบตัวอย่างที่มีลักษณะสมบูรณ์และโตเต็มที่ จำนวน 5 ต้น ๆ ละ 1 ใบ เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเข้มแสงต่ออัตราการดูดซับคาร์บอนไดออกไซด์ของไม้กฤษณาที่คัดเลือกไว้ โดยการติดเครื่องกำเนิดแสง (Light source) เข้ากับ Leaf chamber เครื่องกำเนิดแสงดังกล่าวนี้เป็นหลอดไฟที่ไม่มีความร้อน และสามารถปรับระดับความเข้มแสงได้โดยการเปลี่ยน Filter กรองแสง ในที่นี้จะทำการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงที่ระดับความเข้มแสงต่าง ๆ กัน 10 ระดับตั้งแต่ 0–2000 μmol m^{-2} s^{-1} ทั้งนี้เครื่องจะทำการบันทึกค่าต่างๆ ทางสรีรวิทยาและปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (Net photosynthesis) อัตราการคายน้ำ การปิดเปิดของปากใบ ความเข้มแสง อุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์ เป็นต้น ซึ่งเครื่องวัดอัตราการสังเคราะห์แสงนี้สามารถเชื่อมต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์สำหรับการสื่อสารข้อมูลหรือตรวจสอบข้อมูลในภาคสนามได้

การวิเคราะห์ Photosynthetic–light response curve อาศัยความสัมพันธ์แบบ Asymtotic exponential ตามสมการของ Boote and Loomis (1991)

$$A_{net} = A_{sat}\left[1 - e^{\left(\frac{-\phi\ PPFD}{A_{sat}}\right)}\right] - R_d$$

เมื่อ A_{net} = Net photosynthesis (μmol m^{-2} s^{-1})

PPFD = Photosynthetic photon flux density (μmol m^{-2} s^{-1})

A_{sat} = Light–saturated photosynthesis (μmol m^{-2} s^{-1})

ϕ = Quantum yield of photosynthesis

R_d = Dark respiration (μmol m^{-2} s^{-1})

การศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงของกล้าไม้กฤษณาที่ระดับความเข้มแสงต่างกัน พบว่าที่ระดับความเข้มแสง 50 เปอร์เซ็นต์ ค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ 10 เปอร์เซ็นต์ และ 20 เปอร์เซ็นต์ เท่ากับ 4.948, 3.225 และ 0.428 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 6–1) โดยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นไปในรูปแบบเดียวกันกับค่าการเปิดปิดของปากใบและค่าประสิทธิภาพการใช้น้ำ สำหรับค่าการคายน้ำ พบว่าที่ระดับความเข้มแสง 100 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากที่สุด รองลงมาได้แก่ 50 และ 20 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เนื่องจากที่ระดับความเข้มแสง 100 เปอร์เซ็นต์ กล้าไม้ต้องคายน้ำเพื่อรักษาสมดุลในลำต้นเพื่อการสังเคราะห์แสง และที่ระดับ 20 เปอร์เซ็นต์ ปากใบของกล้าไม้กฤษณาปิด แม้จะมีการกระตุ้นด้วยแสงก็ยังไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ดี ดังนั้นในการปลูกหรือเพาะชำกล้าไม้กฤษณาในระยะเริ่มต้น จึงควรใช้ความเข้มแสงที่ 50 เปอร์เซ็นต์ จึงจะทำให้กล้าไม้มีการเจริญเติบโตดีที่สุด

ตารางที่ 6–1 อัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดและค่าทางสรีระวิทยาของกล้าไม้กฤษณาที่ระดับความเข้มแสง 20, 50 และ 100 เปอร์เซ็นต์

ความเข้มแสง (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการสังเคราะห์แสง (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	การเปิดปิดปากใบ (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	การคายน้ำ (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	ประสิทธิภาพการใช้น้ำ
20	0.428[a]	0.050[a]	1.420[a]	0.020[a]
50	4.948[c]	0.121[b]	2.146[b]	0.236[c]
100	3.225[b]	0.100[b]	2.622[b]	0.122[b]
F	0.022	0.010	0.114	0.062

จากการศึกษาการตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงต่อความเข้มแสงของกล้าไม้กฤษณาที่อยู่ในระดับความเข้มแสงต่างกัน พบว่าที่ระดับความเข้มแสง 100, 50 และ 20 เปอร์เซ็นต์ มีจุดอิ่มตัวของแสงเท่ากับ 700, 500 และ 200 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ (ตารางที่ 6–2) ซึ่งพันธุ์ไม้แต่ละชนิดมีจุดอิ่มตัวของแสงที่แตกต่างกัน โดยทั่วไปพันธุ์ไม้ที่ชอบแสงจะมีจุดอิ่มตัวของแสงสูงกว่าพรรณไม้ที่ชอบร่ม แต่ที่ระดับความเข้มแสงต่ำ อัตราการสังเคราะห์แสงของพันธุ์ไม้ที่ชอบร่มจะมีค่าสูงกว่า (Bidwell, 1974) นอกจากนี้ความเข้มแสงอิ่มตัวอาจผันแปรไปตามระดับชั้นเรือนยอด ซึ่ง Rundel *et al.* (1995) พบว่า ความเข้มแสงอิ่มตัวของตะเคียนทองที่เป็นไม้ใหญ่ ลูกไม้ และกล้าไม้ ที่ขึ้นในสภาพธรรมชาติมีความเข้มแสงอิ่มตัวประมาณ 700, 500 และ 400 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ตามลำดับ ซึ่งไม้ในเขตร้อนโดยทั่วไปจะมีจุดอิ่มตัวของแสงอยู่ที่ 600–800 μmol$m^{-2}s^{-1}$ หรือมีปริมาณเพียง 1 ใน 3 ของปริมาณความเข้มแสงที่ได้รับเต็มที่ (สาพิศและลดาวัลย์, 2539; Larcher, 1995)

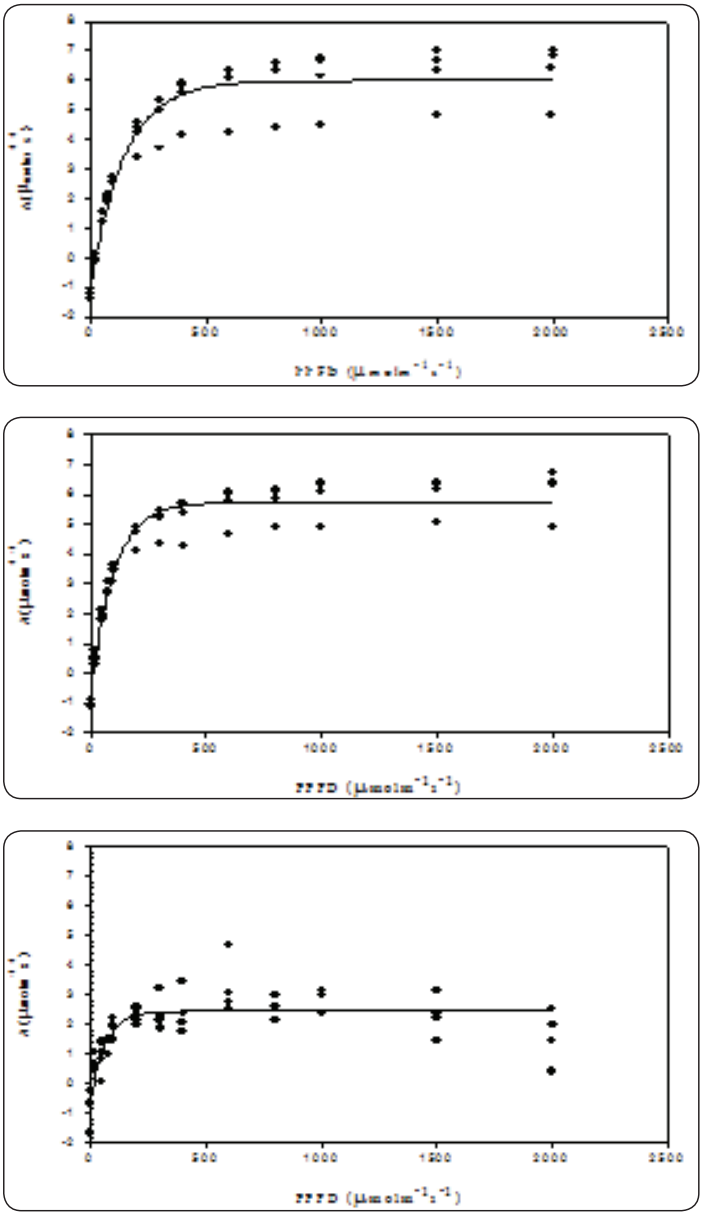
เมื่อพิจารณาค่าการสังเคราะห์แสงสูงสุดของกล้าไม้กฤษณาพบว่าที่ระดับความเข้มแสง 100 และ 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อพิจารณาค่า Quantum yield (ϕ) จากตารางที่ 6-2 ซึ่งเป็นค่า Initial slope ที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพในการใช้แสงที่ระดับต่ำ ในสภาพปกติของไม้ที่ได้รับแสงเต็มที่ จะมีค่า Quantum yield อยู่ระหว่าง 0.05-0.07 (สาพิศ และคณะ, 2547) พบว่าที่กล้าไม้กฤษณาที่อยู่ในระดับความเข้มแสง 50 เปอร์เซ็นต์ มีค่ามากที่สุดนั่นคือ กล้าไม้กฤษณาสามารถนำแสงที่มีอยู่ในระดับต่ำ ไปใช้ในการสังเคราะห์แสงได้ดี สามารถเจริญเติบโตได้ในพื้นที่ที่มีแสงปานกลาง แต่ไม่น้อยจนเกินไป (ภาพที่ 6-1)

ตารางที่ 6-2 การตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงต่อความเข้มแสงของไม้กฤษณาจากการคำนวณโดยใช้สมการของ Boote and Loomis (1991)

ความเข้มแสง (เปอร์เซ็นต์)	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สูงสุด (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	ประสิทธิภาพการใช้แสง	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซในช่วงมืด (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	จุดอิ่มตัวของแสง (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	อัตราการแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (μmol $m^{-2}s^{-1}$)	ค่าความแปรปรวน
100	6.95	0.048	0.96	700	0.94	<0.0001
50	6.53	0.066	0.80	500	0.95	<0.0001
20	3.05	0.048	0.61	200	0.70	<0.0001

การศึกษาอัตราการสังเคราะห์แสงของไม้กฤษณาที่อายุ 4 ปี พบว่าอัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคมเท่ากับ 9.08 μmol $m^{-2}s^{-1}$ และมีค่าต่ำสุดในเดือนมกราคมเท่ากับ 2.13 μmol $m^{-2}s^{-1}$ โดยอัตราการสังเคราะห์แสงในช่วงเช้าของช่วงแล้งมีค่ามากกว่าช่วงบ่ายอย่างชัดเจน แต่ในช่วงฝนมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งอัตราการสังเคราะห์แสงมี

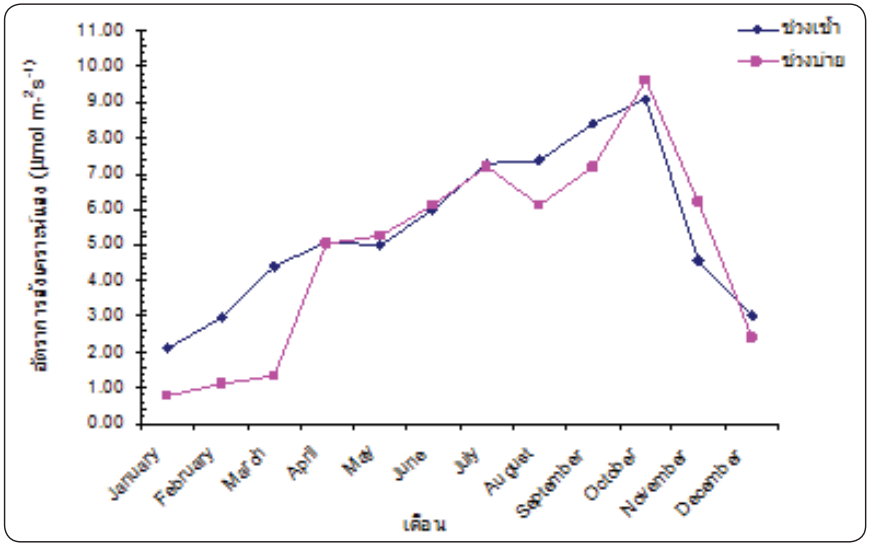
ค่าเพิ่มขึ้นในช่วงฝน และมีค่าลดลงในช่วงแล้ง (ตารางที่ 6-3 และภาพที่ 6-2) จากการศึกษาของ Eamus and Cole (1997) พบว่าปกติแล้วอัตราการสังเคราะห์แสงในช่วงเช้าจะสูงกว่าช่วงบ่ายและความแตกต่างระหว่างอัตราการสังเคราะห์แสงในตอนเช้าและบ่ายจะเด่นชัดในช่วงฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ คือ 1) อุณหภูมิใบในตอนบ่ายสูงกว่าในตอนเช้า เป็นผลให้การคายน้ำมาก ปากใบจึงปิด ทำให้การสังเคราะห์แสงลดลง (Prior *et al.*,1997) และ 2) ความแตกต่างของความดันไอระหว่างใบและบรรยากาศ จะมีอิทธิพลต่ออัตราการสังเคราะห์แสงในฤดูแล้งมากกว่าฤดูฝน และมีอิทธิพลในช่วงบ่ายมากกว่าช่วงแล้ง การชักนำการเปิดปากใบจะตอบสนองต่อค่าความแตกต่างของความดันไอระหว่างใบและบรรยากาศมาก ซึ่งการเพิ่มขึ้นของความแตกต่างดังกล่าว จะทำให้ปากใบปิด ส่งผลทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงลดลง (Eamus and Cole, 1997)



ภาพที่ 6-1 การตอบสนองของอัตราการสังเคราะห์แสงต่อความเข้มแสงของกล้าไม้กฤษณาที่ได้รับแสง 100 50 และ 20 เปอร์เซ็นต์ จากการคำนวณโดยใช้สมการของ Boote and Loomis (1991)

ตารางที่ 6-3 ค่าอัตราการสังเคราะห์แสง (A_{net}) การชักนำการเปิดปากใบ (G_s) การคายน้ำ (E) และความแตกต่างของความดันไอระหว่างใบและบรรยากาศ (LAVPD) ของไม้กฤษณาในรอบปี

เดือน	อัตราการสังเคราะห์แสง		การชักนำการเปิดปากใบ		การคายน้ำ		ความแตกต่างของความดันไอระหว่างใบและบรรยากาศ	
	ช่วงเช้า	ช่วงบ่าย	ช่วงเช้า	ช่วงบ่าย	ช่วงเช้า	ช่วงบ่าย	ช่วงเช้า	ช่วงบ่าย
มกราคม	2.13	0.79	0.02	0.01	0.63	0.35	3.01	2.35
กุมภาพันธ์	2.97	1.12	0.03	0.01	0.88	0.44	2.51	2.90
มีนาคม	4.39	1.35	0.05	0.02	2.03	1.80	4.26	7.43
เมษายน	5.09	5.05	0.07	0.05	2.29	1.56	3.12	2.92
พฤษภาคม	4.99	5.27	0.05	0.06	0.78	1.86	1.40	2.81
มิถุนายน	5.99	6.14	0.06	0.17	1.96	2.58	2.97	1.57
กรกฎาคม	7.28	7.18	0.11	0.11	2.18	2.20	2.07	2.14
สิงหาคม	7.39	6.14	0.09	0.17	1.72	1.41	1.82	0.83
กันยายน	8.41	7.21	0.12	0.17	0.93	2.37	0.75	1.40
ตุลาคม	9.08	9.64	0.12	0.12	2.66	2.52	2.25	2.10
พฤศจิกายน	4.57	6.20	0.04	0.06	1.30	1.94	3.06	3.04
ธันวาคม	3.01	2.41	0.03	0.02	0.48	0.59	1.59	2.29
เฉลี่ย	5.44	4.87	0.07	0.08	0.63	1.64	2.40	2.65



ภาพที่ 6-2 อัตราการสังเคราะห์แสงในรอบปี ของไม้กฤษณา อายุ 4 ปี

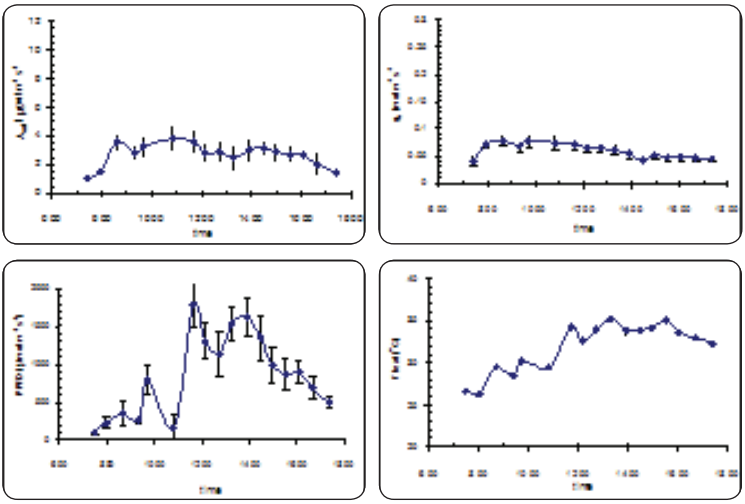
2. อัตราการสังเคราะห์แสงของไม้กฤษณา

ทำการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงของกฤษณา โดยใช้เครื่องมือวัดอัตราการสังเคราะห์แสง Portable Photosynthesis System LI-6400 (LICOR Inc., USA) ซึ่งเป็นเครื่องมือแบบระบบเปิด ชนิดนำเคลื่อนที่ได้ การวัดทำได้โดยการเลือกตัวอย่างใบที่ต้องการศึกษาใช้ Leaf chamber หนีบใบ แล้วทำการวัดข้อมูล เครื่องจะบันทึกข้อมูลปริมาณความเข้มแสง ปริมาณของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศ ปริมาณไอน้ำ ความดันบรรยากาศ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิของอากาศ อุณหภูมิใบ และเครื่องจะทำการคำนวณอัตราการสังเคราะห์แสง การชักนำการเปิดของปากใบ การคายน้ำ ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในเซลล์ และอื่น ๆ

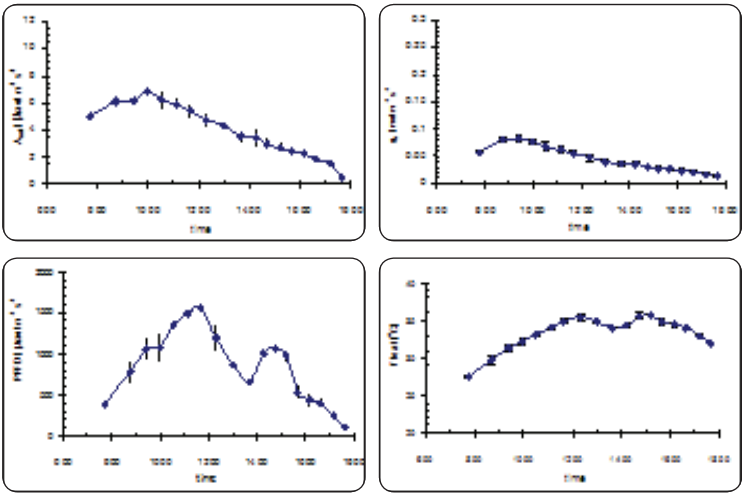
2.1 ความผันแปรของอัตราการสังเคราะห์แสงรอบวันแต่ละฤดูกาล

ความผันแปรรอบวันแต่ละฤดูกาลของอัตราการสังเคราะห์แสงของไม้กฤษณา ทำการเลือกใบตัวอย่างที่มีสภาพดี มีการเติบโตเต็มที่ไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป (Mature leaf) อยู่ในระดับเรือนยอดที่ได้รับแสงเต็มที่ (Sunleaf) ต้นละ 10 ใบ ทำการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงทุก ๆ 1 ชั่วโมง ในรอบวัน ตั้งแต่ เวลา 07.00–18.00 น.

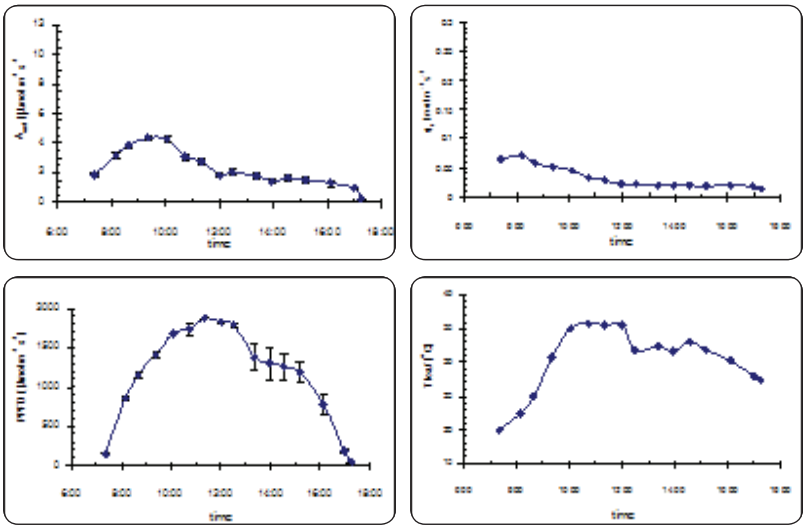
จากการศึกษาความผันแปรของอัตราการสังเคราะห์แสงรอบวันของไม้กฤษณา ในช่วงเวลาตั้งแต่เวลาประมาณ 07.00–18.00 น. ของเดือนกุมภาพันธ์ กรกฎาคม ธันวาคม และกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นตัวแทนของช่วงแล้ง ช่วงฝน และก่อนฤดูแล้ง ตามลำดับ พบว่า มีความผันแปรที่คล้ายคลึงกัน กล่าวคือ อัตราการสังเคราะห์แสงจะค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงเช้า เมื่อมีความเข้มแสงเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดในเวลาที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับฤดูกาล โดยในเดือนกรกฎาคม และธันวาคม ซึ่งเป็นช่วงที่ยังมีฝนและความชื้นอยู่ อัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดนี้จะเกิดขึ้นในช่วงเวลา 09.00–10.00 น. แต่ในเดือนกุมภาพันธ์ ซึ่งเป็นช่วงแล้ง จะขึ้นถึงจุดสูงสุดในช่วงเวลาก่อน 09.00 น. หลังจากนั้นจะต่ำลงในช่วงเที่ยงวัน ซึ่งเกิดได้เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่ต่ำลง การปิดของปากใบเพื่อลดการสูญเสียน้ำอันเนื่องมาจากการคายน้ำ อุณหภูมิที่สูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่สูงเกินไป จะไปยับยั้งปฏิกิริยาของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งโดยทั่วไปช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการสังเคราะห์แสงของไม้ยืนต้นในเขตร้อนมีค่าระหว่าง 25–30 องศาเซลเซียส (Bannister, 1976) อัตราการสังเคราะห์แสงที่ลดลงในช่วงเที่ยงนี้อาจยังคงลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงบ่ายถึงเย็น ในบางชนิดพบว่าอาจเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในช่วงเวลาก่อนเย็น หลังจากนั้นอัตราการสังเคราะห์แสงจะลดลงจนกระทั่งแสงหมดไปในรอบวัน (ภาพที่ 6–3, 6–4 และ 6–5)



ภาพที่ 6-3 ความผันแปรในรอบวันของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (A_{net}) การชักนำการเปิดปากใบ (G_S) ความเข้มแสง (PPFD) และอุณหภูมิใบ (T_{leaf}) ของไม้กฤษณา ในเดือนกุมภาพันธ์



ภาพที่ 6-4 ความผันแปรในรอบวันของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (A_{net}) การชักนำการเปิดปากใบ (G_S) ความเข้มแสง (PPFD) และอุณหภูมิใบ (T_{leaf}) ของไม้กฤษณา ในเดือนกรกฎาคม



ภาพที่ 6–5 ความผันแปรในรอบวันของอัตราการสังเคราะห์แสงสุทธิ (A_{net}) การชักนำการเปิดปากใบ (G_s) ความเข้มแสง (PPFD) และอุณหภูมิใบ (T_{leaf}) ของไม้กฤษณา ในเดือนธันวาคม

2.2 ความผันแปรของอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดในรอบปี

การศึกษาความผันแปรของอัตราการสังเคราะห์แสงสูงสุดในรอบปีของไม้กฤษณา โดยทำการเลือกใบตัวอย่างที่มีลักษณะดี มีการเติบโตเต็มที่ ไม่แก่หรืออ่อนจนเกินไป อยู่ในระดับเรือนยอดที่ได้รับแสงเต็มที่ เช่นเดียวกับความผันแปรรอบวันแต่ละฤดูกาลของอัตราการสังเคราะห์แสง จำนวนต้นละ 7 ใบ ทำการวัดอัตราการสังเคราะห์แสงในช่วงเช้า และช่วงบ่าย โดยติดตั้งอุปกรณ์กำเนิดแสง (Light source) เข้ากับ Leaf chamber ปรับระดับความเข้มแสงเท่ากับ 2,000 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ซึ่งเป็นระดับความเข้มแสงที่เกินจุดอิ่มตัวของแสง ทำให้ต้นไม้สามารถสังเคราะห์แสงได้สูงสุด ทำการวัดทุก ๆ เดือน

จากการศึกษาในเดือนกุมภาพันธ์ พบว่า ไม้กฤษณามีการตอบสนองต่อความเข้มแสงในช่วงเช้าค่อนข้างเร็ว มีการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วหลังจากที่ได้รับแสง และถึงจุดสูงสุดในช่วงเช้าก่อนเวลา 09.00 น. และมีค่าลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงก่อนเที่ยงวันและช่วงบ่าย แม้ว่าความเข้มแสงจะมีค่าเพิ่มขึ้นก็ตาม อัตราการสังเคราะห์แสงเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.47 μmol $m^{-2}s^{-1}$ (ภาพที่ 6–3) สำหรับในเดือนกรกฎาคม พบว่าไม้กฤษณามีการตอบสนองต่อความเข้มแสงในช่วงเช้าค่อนข้างช้า ทำให้อัตราการสังเคราะห์แสงค่อย ๆ เพิ่มขึ้นในช่วงเช้าตามปริมาณความเข้มแสงที่เพิ่มขึ้นทีละน้อย เนื่องจากเป็นช่วงฤดูฝน ปริมาณความเข้มแสงในช่วงเช้ามีน้อย และอัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าถึงจุดสูงสุดในเวลาก่อนเที่ยงเวลาประมาณ 10.00 น. จากนั้นการสังเคราะห์แสงจะค่อย ๆ ลดลงอย่างต่อเนื่องในช่วงเที่ยงและบ่าย จะเห็นว่าในเดือนกรกฎาคมอัตราการสังเคราะห์แสงเฉลี่ยของไม้กฤษณามีค่าสูง เท่ากับ 4.08 μmol $m^{-2}s^{-1}$ ในช่วงฤดูฝนต้นไม้มีการเจริญเติบโตสูง อีกทั้งปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ เหมาะต่อการเจริญเติบโตของพืช (ภาพที่ 6–4) ส่วนในเดือนธันวาคมซึ่งเป็นช่วงก่อนฤดูแล้งไม้กฤษณามีค่าการสังเคราะห์แสงค่อนข้างต่ำเท่ากับ 2.26 μmol $m^{-2}s^{-1}$ โดยอัตราการสังเคราะห์แสงเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเช่นเดียวกับปริมาณความเข้มแสงที่เพิ่มอย่างรวดเร็วในช่วงเช้าถึงเที่ยง อัตราการสังเคราะห์แสงถึงจุดสูงสุดในช่วงเช้าก่อนเวลา 10.00 น. จากนั้นการสังเคราะห์แสงจะลดลงอย่างรวดเร็วในช่วงก่อนเที่ยงวัน เนื่องจากอุณหภูมิของใบเพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับความชื้นสัมพัทธ์ในอากาศมีค่าลดลงมากในช่วงเที่ยงและช่วงบ่าย ทำให้ความแตกต่างของความดันไอระหว่างใบและบรรยากาศเพิ่มสูงขึ้น และปากใบปิดเพื่อลดการคายน้ำ ทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของใบเป็นไปได้ยาก ส่งผลให้อัตรา

การสังเคราะห์แสงมีค่าค่อนข้างต่ำ และอัตราการสังเคราะห์แสงมีค่าค่อนข้างคงที่ในช่วงเวลาบ่ายและลดลงจนกระทั่งปริมาณแสงหมดไปในรอบวัน (ภาพที่ 6–5)

เมื่อนำค่าอัตราการสังเคราะห์แสงรอบวันทั้ง 3 ช่วง ประเมินค่าอัตราการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์พบว่า ไม้กฤษณาสามารถดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ได้น้อยเท่ากับ 7.02 ตันต่อไร่ต่อปี คิดเป็นปริมาณคาร์บอนเท่ากับ 1.91 ตันต่อไร่ต่อปี เมื่อเปรียบเทียบไม้ชนิดอื่น ซึ่งไม้กฤษณาเป็นไม้ที่ไม่ทิ้งใบ แต่อัตราการสังเคราะห์แสงหรือการดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีค่าต่ำตลอดทั้งปี นอกจากนี้พบว่าไม้กฤษณาไม่ทนต่อสภาพอากาศที่แห้งแล้ง ในสภาวะที่อุณหภูมิสูง ความชื้นสัมพัทธ์ต่ำ ปากใบของไม้กฤษณาจะไม่เปิดทำให้การแลกเปลี่ยนก๊าซเพื่อการสังเคราะห์แสงมีน้อย แต่ในสภาวะที่เหมาะสม แม้ว่าความเข้มแสงมีน้อย ไม้กฤษณาก็สามารถสังเคราะห์แสงได้ ในปริมาณที่ใกล้เคียงกับความเข้มแสงเต็มที่

3. อัตราการรอดตายของไม้กฤษณาที่มีระยะปลูกต่างกัน

อัตราการรอดตายของไม้กฤษณาที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณาที่ปลูกในพื้นที่นี้มีอัตราการรอดตายถึง 100 เปอร์เซ็นต์ ในระยะปลูก 1 เมตร x 1 เมตร 2 เมตร x 2 เมตร 2 เมตร x 3 เมตร 2 เมตร x 4 เมตร 3 เมตร x 3 เมตร 3 เมตร x 4 เมตร 4 เมตร x 4 เมตร และ 4 เมตร x 8 เมตร แต่ในระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร มีอัตราการรอดตายเท่ากับ 98.33 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6–4)

ที่อายุ 6, 9 และ 12 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณาที่ปลูกในพื้นที่นี้ก็มีอัตราการรอดตายค่อนข้างสูงในทุกระยะปลูกมีค่าเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 96.67–100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6–4)

ที่อายุ 15, 18, 21 และ 24 เดือนหลังปลูก กฤษณาที่ปลูกด้วย 9 ระยะปลูกในพื้นที่นี้มีอัตราการรอดตายอยู่ในระดับสูงเช่นเดิม โดยมีค่าเฉลี่ยระหว่าง 96.67–100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6–4)

ที่อายุ 30 เดือนหลังปลูก พบว่าอัตราการรอดตายของไม้กฤษณาใน 9 ระยะปลูกมีค่าเฉลี่ยค่อนข้างสูงอยู่ระหว่าง 94.29–100 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6–4) โดยระยะปลูก 1 เมตร x 1 เมตร 1 เมตร x 2 เมตร และ 2 เมตร x 2 เมตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 97.52, 96.67 และ 99.00 เปอร์เซ็นต์ แสดงว่าที่อายุ 2.5 ปี หลังปลูกไม้กฤษณายังมีการแก่งแย่งกันไม่มาก และยังสามารถขึ้นอยู่ร่วมกันได้อย่างดีถึงแม้ว่าจะถูกปลูกด้วยระยะปลูกที่แคบมาก (1 เมตร x 1 เมตร)

ที่อายุ 33 เดือนหลังปลูก พบว่าอัตราการรอดตายของไม้กฤษณาส่วนใหญ่มีแนวโน้มคล้ายคลึงกับที่อายุ 30 เดือน แต่ระยะปลูก 2 เมตร x 4 เมตร และ 3 เมตร x 4 เมตร มีอัตราการรอดตายลดลง โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 98.00 และ 82.86 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ (ตารางที่ 6–4)

ที่อายุ 36 เดือนหลังปลูก พบว่าอัตราการรอดตายมีแนวโน้มคล้ายคลึงกับที่อายุ 33 เดือน โดยที่ระยะปลูก 3 เมตร x 4 เมตร มีอัตราการรอดตายน้อยที่สุดเท่ากับ 78.57 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 6–4)

ตารางที่ 6-4 อัตราการรอดตาย (เปอร์เซ็นต์) ของไม้กฤษณา 9 ระยะปลูก ที่มีอายุ 3-36 เดือนหลังปลูก ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

ระยะปลูก (เมตรxเมตร)	อายุหลังปลูก (เดือน)										
	3	6	9	12	15	18	21	24	30	33	36
	กย. 2549	ธค. 2549	มีค. 2550	มิย. 2550	กย. 2550	ธค. 2550	มีค. 2551	มิย. 2551	ธค. 2551	มีค. 2552	มิย. 2552
1x1	100.00	99.17	99.17	99.17	99.17	99.17	99.17	98.35	97.52	97.52	97.52
1x2	98.33	98.33	96.67	96.67	96.67	96.67	96.67	96.67	96.67	96.67	96.67
2x2	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00
2x3	100.00	99.00	98.00	98.00	98.00	98.00	98.00	98.00	97.00	97.00	97.00
2x4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	98.00	98.00
3x3	100.00	98.90	98.90	98.90	98.90	98.90	98.90	98.90	97.80	97.80	97.80
3x4	100.00	98.57	98.57	98.57	97.14	97.14	97.14	97.14	94.29	82.86	78.57
4x4	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	99.00	99.00	99.00	99.00	99.00	98.00
4x8	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

4. การประมาณความสูงทั้งหมดของไม้กฤษณาที่ปลูกด้วยระยะปลูกต่างกัน

จากการศึกษาสามารถประมาณความสูงทั้งหมดของกฤษณาอายุ 1-3 ปี ได้จากค่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ซึ่งเป็น Parameter ที่สามารถวัดได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยได้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูงทั้งหมด (H, m) กับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (DBH,cm) ของ 9 ระยะปลูก ดังต่อไปนี้

4.1 ระยะปลูก 1 เมตร x 1 เมตร ใช้สมการความสัมพันธ์

$$\log H = 0.0043 + 1.6608 \log DBH$$

4.2 ระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร ใช้สมการความสัมพันธ์

$$\log H = 0.3021 + 0.3620 \log DBH$$

4.3 ระยะปลูก 2 เมตร x 2 เมตร ใช้สมการความสัมพันธ์

$$\log H = 0.2904 + 0.2346 \log DBH$$

4.4 ระยะปลูก 2 เมตร x 3 เมตร ใช้สมการความสัมพันธ์

$$\log H = 0.3063 + 0.3758 \log DBH$$

4.5 ระยะปลูก 2 เมตร x 4 เมตร ใช้สมการความสัมพันธ์

$$\log H = 0.2896 + 0.3015 \log DBH$$

4.6 ระยะปลูก 3 เมตร x 3 เมตร ใช้สมการความสัมพันธ์

$$\log H = 0.3053 + 0.3411 \log DBH$$

4.7 ระยะปลูก 3 เมตร x 4 เมตร ใช้สมการความสัมพันธ์

$$\log H = 0.3002 + 0.2769 \log DBH$$

4.8 ระยะปลูก 4 เมตร x 4 เมตร ใช้สมการความสัมพันธ์

$$\log H = 0.3090 + 0.3045 \log DBH$$

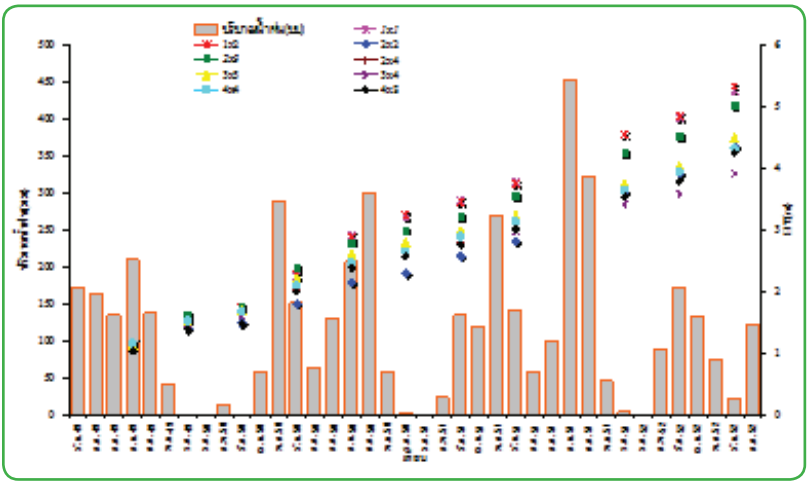
4.9 ระยะปลูก 4 เมตร x 8 เมตร ใช้สมการความสัมพันธ์

$$\log H = 0.3099 + 0.2545 \log DBH$$

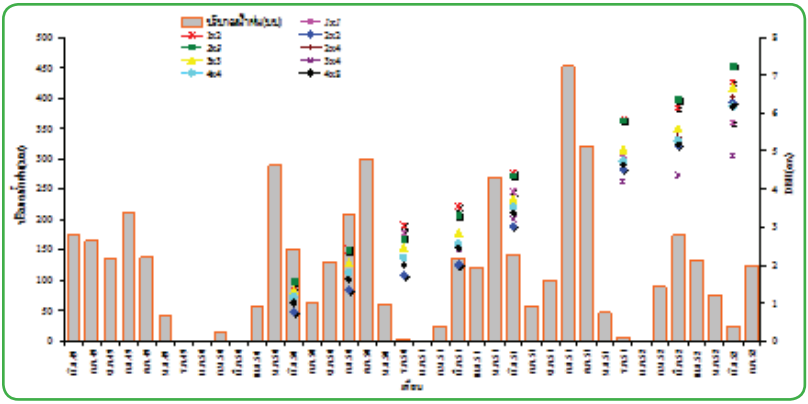
5. การเจริญเติบโตของไม้กฤษณาที่มีระยะปลูกต่างกัน

จากการศึกษาพบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกและความสูงทั้งหมดเฉลี่ย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นในแต่ละชั้นอายุ โดยในช่วงที่มีอายุ 3 เดือน ถึง 1 ปีหลังปลูก มีความแตกต่างกันไม่มากนัก แต่เมื่อมีอายุตั้งแต่ 1 ปี

3 เดือนขึ้นไป มีความแตกต่างกันของแต่ละระยะปลูกชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งน่าจะมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำฝนของพื้นที่ปลูกทดลอง (ภาพที่ 6-6 และ 6-7)

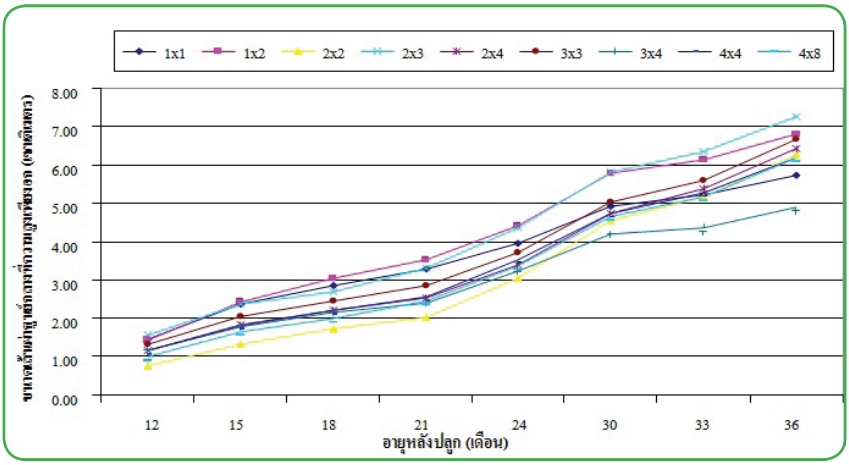


ภาพที่ 6-6 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับความสูงทั้งหมด (H) ของไม้กฤษณา (เมตร) ทั้ง 9 ระยะปลูก อายุ 3 เดือนถึง 3 ปี



ภาพที่ 6-7 ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณน้ำฝนกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก เฉลี่ย (DBH) ของไม้กฤษณา (เซนติเมตร) ทั้ง 9 ระยะปลูก อายุ 1 ปี ถึง 3 ปี

5.1 การเจริญเติบโตทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยของไม้กฤษณา พบว่าไม้กฤษณาที่ปลูกทั้ง 9 ระยะปลูก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยเพิ่มขึ้น เมื่อระยะเวลาเปลี่ยนไปตั้งแต่ 12–36 เดือนหลังปลูก (ภาพที่ 6–8) โดยที่อายุ 12 เดือนหลังปลูกมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุดในระยะปลูก 2 เมตร x 3 เมตร เท่ากับ 1.57 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ ระยะปลูก 1 เมตร x 1 เมตร 1 เมตร x 2 เมตร 3 เมตร x 3 เมตร 2 เมตร x 4 เมตร 3 เมตร x 4 เมตร 4 เมตร x 4 เมตร 4 เมตร x 8 เมตร และ 2 เมตร x 2 เมตร ตามลำดับ และที่อายุ 24 เดือนหลังปลูก พบว่า ไม้กฤษณามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุด ในระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร เท่ากับ 4.43 เซนติเมตร ในระยะปลูก 2 เมตร x 2 เมตร มีค่าน้อยที่สุด (ตารางที่ 6–5) สำหรับที่อายุ 36 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุด ในระยะปลูก 2 เมตร x 3 เมตร เท่ากับ 7.26 เซนติเมตร รองลงมาได้แก่ 1 เมตร x 2 เมตร 3 เมตร x 3 เมตร 2 เมตร x 4 เมตร 2 เมตร x 2 เมตร 4 เมตร x 4 เมตร 4 เมตร x 8 เมตร 1 เมตร x 1 เมตร และ 3 เมตร x 4 เมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าที่อายุ 36 เดือน หรือ 3 ปี ระยะปลูกที่แคบที่สุด (1 เมตร x 1 เมตร) เริ่มมีบทบาทต่อการพัฒนาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกของไม้กฤษณา นอกจากนี้ยังพบว่าไม้กฤษณา อายุ 2 ปี 6 เดือน อายุ 2 ปี 9 เดือน และอายุ 3 ปีหลังปลูก มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุด ในระยะปลูก 2 เมตร x 3 เมตร เท่ากับ 5.81, 6.35 และ 7.26 เซนติเมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6–5)



ภาพที่ 6–8 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของไม้กฤษณา อายุ 12–36 เดือน หลังปลูกด้วย 9 ระยะปลูก ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

ตารางที่ 6–5 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของไม้กฤษณา อายุ 12–36 เดือน หลังปลูกด้วย 9 ระยะปลูก ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

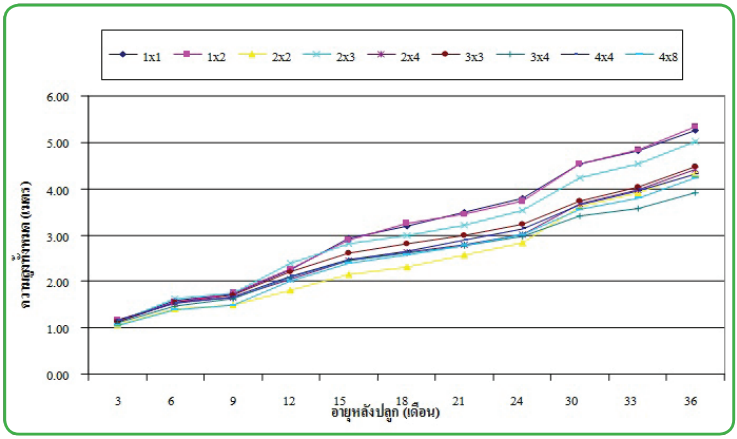
ระยะปลูก (เมตรxเมตร)	อายุหลังปลูก (เดือน)							
	12	15	18	21	24	30	33	36
	มิย. 2550	กย. 2550	ธค. 2550	มีค. 2551	มิย. 2551	ธค. 2551	มีค. 2552	มิย. 2552
1x1	1.45±0.51	2.37	2.85	3.28	3.96±0.96	4.92	5.22	5.57±1.18
1x2	1.43±0.42	2.43	3.05	3.54	4.43±0.72	5.80	6.15	6.82±1.12
2x2	0.75±0.33	1.33	1.73	2.02	3.04±0.80	4.54	5.16	6.27±1.48
2x3	1.57±0.40	2.38	2.70	3.31	4.37±0.43	5.81	6.35	7.26±1.54
2x4	1.16±0.40	1.84	2.20	2.54	3.39±0.45	4.74	5.38	6.44±1.17
3x3	1.33±0.40	2.06	2.45	2.85	3.37±1.02	5.05	5.60	6.69±1.53
3x4	1.16±0.43	1.79	2.15	2.41	3.23±0.93	4.21	4.36	4.89±1.33
4x4	1.15±0.41	1.80	2.20	2.56	3.52±0.91	4.73	5.28	6.19±1.31
4x8	0.99±0.42	1.63	2.00	2.45	3.37±0.92	4.66	5.18	6.19±1.30

5.2 การเจริญเติบโตทางด้านความสูงทั้งหมดเฉลี่ยของไม้กฤษณา จากการศึกษาที่อายุ 3 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณามีการเจริญเติบโตทางด้านความสูงทั้งหมดเฉลี่ยมากที่สุดในระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร และ 4 เมตร x 4 เมตร เท่ากับ 1.16 เมตร ส่วนในระยะปลูก 4 เมตร x 8 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.04 เมตร ที่อายุ 6 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณามีความสูงเฉลี่ยทั้งหมดเพิ่มขึ้น โดยในระยะปลูก 2 เมตร x 3 เมตร มีค่ามากที่สุดเท่ากับ 1.62 เมตร รองลงมาได้แก่ 1 เมตร x 1 เมตร 1 เมตร x 2 เมตร 2 เมตร x 4 เมตร 3 เมตร x 3 เมตร 4 เมตร x 4 เมตร 3 เมตร x 4 เมตร 2 เมตร x 2 เมตร และ 4 เมตร x 8 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6–6) ที่อายุ 12 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณามีความสูงทั้งหมดเฉลี่ยเพิ่มขึ้น โดยในระยะปลูก 2 เมตร x 3 เมตร มีค่ามากที่สุด เท่ากับ 2.38 เมตร รองลงมาได้แก่ 1 เมตร x 2 เมตร 1 เมตร x 1 เมตร 3 เมตร x 3 เมตร 4 เมตร x 4 เมตร 3 เมตร x 4 เมตร 2 เมตร x 4 เมตร และ 4 เมตร x 8 เมตร ตามลำดับ (ภาพที่ 6–4) และในระยะปลูก 2 เมตร x 2 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 1.80 เมตร (ตารางที่ 6–6) ที่อายุ 18 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณามีความสูงทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.30–3.25 เมตร โดยในระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.25 เมตร และระยะปลูก 2 เมตร x 2 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 2.30 เมตร ที่อายุ 24 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณามีความสูงทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 2.82–3.79 เมตร โดยในระยะปลูก 1 เมตร x 1 เมตร มีค่าเฉลี่ยมากที่สุดเท่ากับ 3.79 เมตร รองลงมาได้แก่ 1 เมตร x 2 เมตร 2 เมตร x 3 เมตร 3 เมตร x 3 เมตร 4 เมตร x 4 เมตร 2 เมตร x 4 เมตร 4 เมตร x 8 เมตร 3 เมตร x 4 เมตร และในระยะปลูก 2 เมตร x 2 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 2.82 เมตร (ตารางที่ 6–6) ที่อายุ 30 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณามีความสูงทั้งหมดเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 3.41–4.54 เมตร โดยมีค่าเฉลี่ยมากที่สุดในระยะปลูก 1 เมตร x 1 เมตร และ 1 เมตร x 2 เมตร และในระยะปลูก 3 เมตร x 4 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อย

ที่สุด และที่อายุ 36 เดือนหลังปลูก ไม้กฤษณามีความสูงทั้งหมดเฉลี่ยมากที่สุด ในระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร เท่ากับ 5.33 เมตร และในระยะปลูก 3 เมตร x 4 เมตร มีค่าเฉลี่ยน้อยที่สุดเท่ากับ 3.91 เมตร (ตารางที่ 6-6)

ตารางที่ 6-6 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (เมตร) ของไม้กฤษณา อายุ 3 – 36 เดือน หลังปลูก ด้วย 9 ระยะปลูก ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

ระยะปลูก	อายุหลังปลูก (เดือน)										
	3	6	9	12	15	18	21	24	30	33	36
(เมตรxเมตร)	กย. 2549	ธค. 2549	มีค. 2550	มิย. 2550	กย. 2550	ธค. 2550	มีค. 2551	มิย. 2551	ธค. 2551	มีค. 2552	มิย. 2552
1x1	1.15	1.58±0.26	1.73	2.25±0.40	2.92	3.20	3.49	3.79±0.49	4.54	4.81	5.26±0.66
1x2	1.16	1.55±0.27	1.75	2.27±0.36	2.88	3.25	3.46	3.74±0.48	4.54	4.84	5.33±0.51
2x2	1.07	1.40±0.19	1.49	1.80±0.29	2.14	2.30	2.57	2.82±0.40	3.62	3.92	4.34±0.71
2x3	1.13	1.62±0.46	1.75	2.38±0.30	2.80	3.00	3.21	3.54±0.43	4.24	4.53	5.02±0.56
2x4	1.12	1.54±0.24	1.65	2.04±0.39	2.45	2.62	2.79	3.02±0.49	3.67	3.97	4.42±0.40
3x3	1.13	1.54±0.20	1.70	2.21±0.29	2.61	2.80	2.98	3.23±0.45	3.74	4.03	4.48±0.59
3x4	1.11	1.47±0.25	1.62	2.08±0.34	2.44	2.60	2.77	2.97±0.48	3.41	3.58	3.91±0.47
4x4	1.16	1.53±0.15	1.67	2.10±0.33	2.47	2.65	2.89	3.13±0.42	3.65	3.95	4.31±0.66
4x8	1.04	1.39±0.27	1.48	2.00±0.31	2.39	2.57	2.76	3.02±0.41	3.55	3.79	4.24±0.52



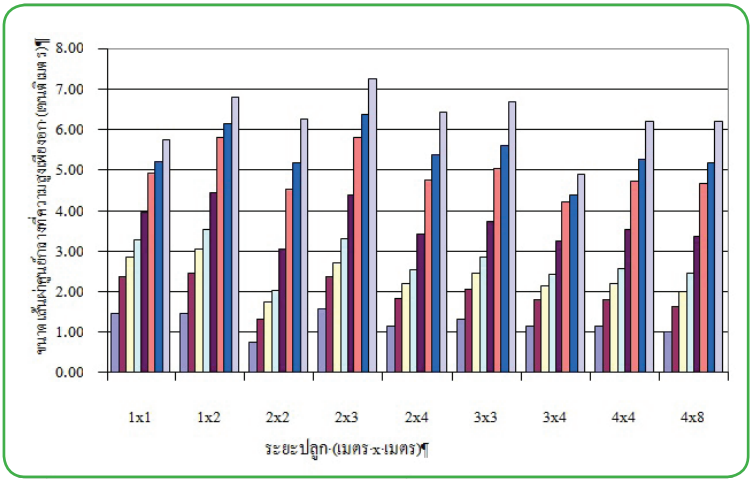
ภาพที่ 6-9 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (เมตร) ของไม้กฤษณา อายุ 3 – 36 เดือน หลังปลูกด้วย 9 ระยะปลูก ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

6. ระยะปลูกที่เหมาะสมของการปลูกไม้กฤษณา

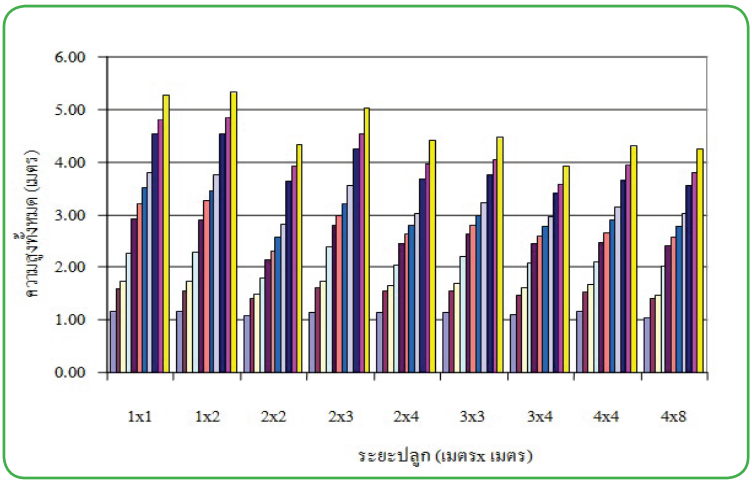
ในช่วงอายุ 1 ปี หรือ 12 เดือน เมื่อพิจารณาจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย (DBH, cm) และความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (H, m) ของไม้กฤษณาที่ปลูกด้วย 9 ระยะปลูกนี้ พบว่ามีความแตกต่างกันไม่มากนักในแต่ละระยะปลูก (ภาพที่ 6–8 และ 6–9)

ในช่วงอายุ 2 ปี หรือ 24 เดือน การเจริญเติบโตของไม้กฤษณาทั้ง 9 ระยะปลูก มีความแตกต่างกันเล็กน้อย ซึ่งระยะปลูกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุดได้แก่ 1 เมตร x 2 เมตร นอกจากนี้ไม้กฤษณาที่ปลูกด้วยระยะปลูก 1 เมตร x 1 เมตร และ 1 เมตร x 2 เมตร มีความสูงทั้งหมดเฉลี่ยมากที่สุด (ภาพที่ 6–8 และ 6–9)

ในช่วงอายุ 3 ปี หรือ 36 เดือนไม้กฤษณาที่ปลูกด้วยระยะปลูก 2 เมตร x 3 เมตร เป็นระยะปลูกที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร 3 เมตร x 3 เมตร 2 เมตร x 4 เมตร 2 เมตร x 2 เมตร 4 เมตร x 4 เมตร 4 เมตร x 8 เมตร 1 เมตร x 1 เมตร และ 3 เมตร x 4 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6–5 และภาพที่ 6–8) และยังพบว่าระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร มีความสูงทั้งหมดเฉลี่ยมากที่สุด รองลงมาได้แก่ระยะปลูก 1 เมตร x 1 เมตร 2 เมตร x 3 เมตร 3 เมตร x 3 เมตร 2 เมตร x 4 เมตร 2 เมตร x 2 เมตร 4 เมตร x 4 เมตร 4 เมตร x 8 เมตร และ 3 เมตร x 4 เมตร ตามลำดับ (ตารางที่ 6–6 และภาพที่ 6–11)



ภาพที่ 6–10 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย (เซนติเมตร) ของไม้กฤษณา อายุ 12–36 เดือน หลังปลูกด้วย 9 ระยะปลูก ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา



ภาพที่ 6–11 ความสูงทั้งหมดเฉลี่ย (เมตร) ของไม้กฤษณา อายุ 3 – 36 เดือน หลังปลูก ด้วย 9 ระยะปลูก ที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

จากการพิจารณาความสูงทั้งหมดเฉลี่ยและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ยของไม้กฤษณาทั้ง 9 ระยะปลูกเห็นว่า ระยะปลูกที่แคบจะมีการเจริญเติบโตได้ดีทางด้านความสูงทั้งหมด ส่วนระยะปลูกที่ห่างกันจะมีการเจริญเติบโตได้ดีทางด้านขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก ซึ่งระยะปลูกที่เหมาะสมที่สุด ได้แก่ ระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร และ 2 เมตร x 3 เมตร โดยสรุปภายในระยะเวลาที่ทำการศึกษานี้ ควรปลูกไม้กฤษณาด้วยระยะปลูก 2 เมตร x 3 เมตร หรือปลูกไม้กฤษณาที่มีความหนาแน่นเท่ากับ 260 ต้นต่อไร่ เพราะการใช้ประโยชน์กฤษณาน่าจะมีอายุตั้งแต่ 5 ปีขึ้นไป และทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายของกล้าไม้เมื่อเทียบกับระยะปลูก 1 เมตร x 2 เมตร ตลอดจนสามารถกำจัดวัชพืชได้ด้วยเครื่องจักรกลที่เป็นรถแทรกเตอร์ล้อยาง ซึ่งจะช่วยประหยัดเวลาและแรงงานคนด้วย

เอกสารอ้างอิง

สาพิศ ร้อยอำแพง และลดาวัลย์ พวงจิตร. 2539. ลักษณะทางกายวิภาคของใบและการแลกเปลี่ยนก๊าซของไม้ประดู่บ้านที่ปลูกในกรุงเทพมหานคร. *ใน* รายงานการประชุมการป่าไม้แห่งชาติ ประจำปี 2538 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ ระหว่างวันที่ 20–24 พ.ย. 2538 กรมป่าไม้. หน้า 79–95.

สาพิศ ร้อยอำแพง เจษฎา เหลืองแจ่ม ภาณุมาศ ลาดปาละ. 2544. การเก็บกักคาร์บอนของป่าไม้. *ใน* เอกสารประกอบการประชุมวิชาการประจำปี 2544 วิกฤติสิ่งแวดล้อม:งานวิจัยและทิศทางของประเทศไทย วันที่ 26 กันยายน 2544 ณ โรงแรม รอยัลซิตี้ กรุงเทพฯ. 10 หน้า.

สาพิศ ดิลกสัมพันธ์ ภาณุมาศ ลาดปาละ และ เจษฎา เหลืองแจ่ม. 2547. การดูดซับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ของพรรณไม้ป่าเบญจพรรณ *ใน* เอกสารประกอบการประชุมการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศทางด้านป่าไม้:ป่าไม้กับการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ. กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กรุงเทพฯ.

Bannister, P. 1976. Introduction to Physiological Plant Ecology. John Wiley & Sons, New York.

Boote, K. J. and R.S. Loomis. 1991. The prediction of canopy assimilation, pp.109–139. *In* K.J. Boote and R. Loomis eds. Modeling Crop Photosynthesis from Biochemistry to Canopy, CSSA Special Publication No. 19. CSSA, Madison.

Eamus, D. and S.C. Cole. 1997. Diurnal and seasonal comparisions of assimilation, phyllode conductance and water potential of three Acacia and one Eucalypt species in the wet–dry tropics of Australia. Aust. J. Bot. 45:275:290.

Larcher, W. 1995. Physiological Plant Ecology: Ecophysiology and Stress Physiology of Functional Groups. Springer–Verlag, Berlin.

Office of Environmental Policy and Planning OEPP. 2000. Thailand's National Greenhouse Gas Inventory 1994. Ministry of Science, Technology and Environment. Bangkok. 118 p.

Prior, L., D. Eamus and G.A. Duff. 1997. Seasonal and diurnal patterns of carbon assimilation, stomatal conductance, leaf water potential of *Eucalyptus tetrodonta* sapling in wet–dry savanna in Northern Australia. Aust. J. Bot. 45: 241–258.

บทที่ 7

โรคและแมลงศัตรูไม้กฤษณา

1. โรคและแมลงศัตรูของกล้าไม้กฤษณา

1.1 โรคของกล้าไม้กฤษณาที่พบเห็นและเป็นอันตรายร้ายแรง มี 2 ชนิด

1. โรคใบจุด ใบไหม้ และใบหงิก

เกิดจากเชื้อไวรัส โดยมีเพลี้ยอ่อนเป็นพาหะ โรคใบหงิกเป็นโรคที่ทำความเสียหายร้ายแรงที่สุด ตั้งแต่ยังเป็นต้นอ่อนอยู่ ทำให้ลำต้นมีขนาดเล็ก เส้นใบอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนกว่าปกติ ใบหงิกม้วนงอ เป็นโรคในระยะที่กฤษณามีอายุมาก จะแสดงอาการที่ยอด ส่วนใบล่างเป็นปกติ เมื่อบีบใบที่เป็นโรคจะเปราะกรอบ โรคที่พบในไม้กฤษณาจะพบกับกล้าไม้ที่อยู่ภายใต้ร่มเงาไม้ใหญ่ในช่วงฤดูฝน แต่ไม่ทำให้กล้าไม้ตายทันที ส่วนมากจะทำลายใบให้เป็นสีเหลืองและร่วงหล่นลงพื้นดิน โดยเฉพาะในส่วนปลายยอดหรือร่วงหมดทั้งต้น ซึ่งเป็นผลทำให้กล้าไม้ชะงักการเจริญเติบโตระยะหนึ่ง เมื่อให้ปุ๋ยให้น้ำไปเรื่อย ๆ ก็จะแตกใบขึ้นมาใหม่ และต้องนำกล้าไม้ออกไปทำให้แกร่งในที่กลางแจ้ง

2. โรครากและโคนเน่า

เกิดจากเชื้อรา *Phytophthora parasitica* หรือบางตำราอาจมาจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* และอาจมีอิทธิพลจากเชื้อแบคทีเรียด้วย เชื้อโรคสามารถเข้าทำลายรากฝอย รากแขนง และตามโคนต้น สังเกตเห็นได้ว่า

อาการใบจะมีสีเหลืองซีดถึงเหลือง โดยเริ่มที่เส้นกลางใบก่อนแล้วลุกลามไปเรื่อย ๆ จากโคนใบไปถึงยอด ใบจะเขียวม้วนงอ เมื่อโดนแดดจัด ๆ ในตอนกลางวัน หรือใบเหี่ยวคล้ายขาดน้ำ ใบจะร่วง กิ่งแห้งตาย ผลมีสีเหลืองร่วงหล่นง่าย เมื่อขุดดูที่รากจะพบว่ารากฝอยเน่า ถอดปลอก รากแขนง หรือรากขนาดโตเน่าเปื่อยยุ่ย และลุกลามไปทั่ว ใบแห้ง ผลร่วง ถ้าเป็นมากอาจถึงต้นตายได้ในเวลารวดเร็ว นอกจากนั้นยังมีสาเหตุอื่น ๆ อีกที่ทำให้รากเน่า เช่น น้ำท่วมขัง การใช้สารเคมีผิด และพิษจากปุ๋ยเคมี เป็นต้น

โรคชนิดนี้เกิดจากความแฉะของดินชำ ดินไม่สามารถระบายน้ำ ดินดูดซับน้ำหรือในช่วงฤดูฝนเจอฝนตกบ่อย ๆ ตกติด ๆ กันครั้งละหลายวัน ยิ่งตกแล้วฟ้าปิดไม่มีแสงแดด พื้นเรือนเพาะชำก็มีส่วนระบายน้ำไม่ดี น้ำท่วมขัง ถุงกล้าแช่น้ำ เครื่องพลางแสงทึบบดบังแสงแดด เหล่านี้เป็นสาเหตุของการเกิดโรครากและโคนเน่า ซึ่งโรคชนิดนี้ร้ายแรงและรุนแรงมาก เกิดขึ้นแล้วจะสร้างความเสียหายต่อกล้าไม้ครั้งละมาก ๆ เมื่อกล้าไม้เกิดโรคชนิดนี้แล้วโอกาสรอดน้อยมาก ส่วนใหญ่จะตาย ลักษณะการเกิดโรคชนิดนี้ ใบของกล้าไม้จะเฉามีสีเหลืองตลอดทั้งต้น และจะร่วงหมดทั้งต้น จากนั้นกิ่งหรือยอดลำต้นจะค่อย ๆ แห้งลามลงไปตามลำต้นจนตายในที่สุด โรคชนิดนี้เกิดขึ้นกับส่วนที่อยู่ในดิน จึงให้ใช้สารชนิดดูดซึม เช่น เมทาแล็คซิล (Metalaxyl) ใส่บัวรดลงดินให้ดินดูดสารเก็บไว้ ระบบรากของกล้าไม้จะดูดซึมสารไปรักษาในส่วนที่เกิดโรค หรือฉีดพ่น วิธีนี้จะเห็นผลเร็วแต่เปลืองค่าใช้จ่าย

1.2. แมลงศัตรูของกล้าไม้กฤษณา

หนอนผีเสื้อที่ชื่อ *Heortia vitessoides* เป็นภัยที่ร้ายแรงในการเพาะชำกล้าไม้กฤษณาที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา หรือแม้

กระทั่งกล้าไม้ที่นำไปปลูกลงดินแล้ว ไม่ว่าจะเป็นต้นเล็กหรือต้นใหญ่ ในช่วงที่กล้าไม้กฤษณาแตกยอดหรือใบอ่อน ซึ่งจะอยู่ในช่วงฤดูฝนหรือช่วงที่อากาศชื้นสูง ผีเสื้อจะมาวางไข่และกลายเป็นตัวหนอนกัดกินใบหรือแม้แต่กิ่งอ่อน เปลือกของลำต้นของกล้าไม้ ชนิดโกร๋นทั้งต้น หากกล้าไม้กฤษณาไม่แข็งแรงเพียงพออาจตายได้

1.3 การป้องกันและบำรุงดูแลรักษากล้าไม้กฤษณา

หลังย้ายชำเสร็จแล้วผ่านไป 5–7 วัน หากสถานีวนวัฒนวิจัยพบกล้าไม้ใดตายให้รีบทำการย้ายซ่อม เพื่อกล้าไม้จะได้เจริญเติบโตทันกัน และรดน้ำโดยใช้หัวบัวฝอยทั้งช่วงเช้าและเย็น เมื่อเห็นว่ากล้าไม้แข็งแรงจึงเปลี่ยนเป็นรดน้ำเฉพาะช่วงเช้า หลังย้ายชำผ่านไป 2 สัปดาห์ เริ่มให้ปุ๋ยยูเรียทางใบโดยวิธีพ่น ในช่วงแรก ๆ ให้ใช้ปริมาณปุ๋ยน้อย ๆ และค่อยเพิ่มปริมาณปุ๋ยยูเรียขึ้นตามการเจริญเติบโตของกล้าไม้ ควรให้ปุ๋ยยูเรีย 2–3 ครั้งต่อสัปดาห์ เมื่อกล้าไม้ได้รับปุ๋ยอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอสลับกับการพ่นยาป้องกันแมลง สารป้องกันรากและโคนเน่า สารป้องกันใบจุด ใบไหม้ ใบหยิกงอ สัปดาห์ละครั้ง กล่าวคือ สัปดาห์ที่ 1 พ่นยากันแมลง สัปดาห์ที่ 2 พ่นสารป้องกันรากและโคนเน่า และสัปดาห์ที่ 3 พ่นสารใบจุด ใบไหม้ ใบหยิกงอ ปฏิบัติเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกล้าไม้ไม่มีอาการให้เห็นแต่จะต้องป้องกันไว้เรื่อย ๆ หากเกิดขึ้นแล้วอาจจะป้องกันไม่ทันโดยเฉพาะโรครากและโคนเน่า

2. แมลงศัตรูของต้นไม้กฤษณา

ศัตรู คือ สิ่งที่มารบกวนหรือสร้างผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้อาจจะมีการทำลายและก่อให้เกิดผลเสียให้กับส่วนต่าง ๆ ของต้นไม้

เช่น ใบ กิ่ง ลำต้น และราก ซึ่งศัตรูมีทั้งที่เป็นสัตว์ขนาดใหญ่และขนาดเล็ก เช่น หมูป่า หนู แมลง หนอน เพลี้ย เป็นต้น

ศัตรูของไม้กฤษณาที่สำคัญและพบได้ทั่วไป ได้แก่ หนอนผีเสื้อกินใบ (*Heortia vitessoides)* วงศ์ Pyralidae (ภาพที่ 7–1) และหนอนกาแฟสีแดง *(Zeuzera coffeae)* แต่หนอนผีเสื้อกินใบที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช มีการระบาดในช่วงต้นฤดูฝน ตั้งแต่ต้นเดือนพฤษภาคมถึงเดือนกันยายน เพราะช่วงนี้ไม้กฤษณามีการแตกใบอ่อนมากทำให้มีการระบาดของหนอนกินใบมากกว่าช่วงอื่นๆ

ภาพที่ 7–1 หนอนผีเสื้อกินใบกฤษณา *(Heortia vitessoides)*

2.1 หนอนผีเสื้อกินใบกฤษณา *(Heortia vitessoides)*

1. ความสำคัญ เป็นแมลงศัตรูสำคัญชนิดหนึ่งของต้นกฤษณา ทำความเสียหายเป็นอย่างมาก หนอนกัดกินใบ ตาใบ และยอดอ่อน หากมีการระบาดรุนแรงใบกฤษณาจะถูกหนอนกินหมดทั้งต้น มีผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของต้นกฤษณา พบการระบาดของหนอนผีเสื้อกินใบชนิดนี้จำนวนหลายครั้งในหนึ่งปี หรืออาจกล่าวได้ว่าบางพื้นที่มีการระบาด

ของหนอนชนิดนี้ตลอดทั้งปีที่ต้นกฤษณาแตกใบ การระบาดที่รุนแรงและต่อเนื่องตลอดทั้งปีทำให้ต้นกฤษณาสูญเสียใบทั้งหมดเป็นเวลานานจึงไม่สามารถสังเคราะห์แสงและผลิตอาหารได้ ทำให้ต้นกฤษณายืนต้นตายในที่สุด

2. ลักษณะทั่วไป เป็นผีเสื้อกลางคืน ปีกกว้าง 27–35 มิลลิเมตร ปีกคู่หน้ามีสีเหลืองอ่อน มีจุดและแถบ เส้น สีน้ำเงิน–ดำ ปีกคู่หลังมีสีขาว มีแถบสีน้ำเงิน–ดำ ตรงขอบปีก (ภาพที่ 7–1) ส่วนหัวและอกมีสีเหลืองท้องสีเหลืองส้ม วางไข่เป็นกลุ่ม ๆ ที่ด้านท้องใบขนาดเล็ก ไข่มีสีเหลือง–เขียว ลักษณะแบนตรงกลางนูนเล็กน้อยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3–0.5 มิลลิเมตร หนอนระยะแรกมีสีเหลืองอ่อนมีขนาด 3 x 4 มิลลิเมตร ขนาดโตเต็มที่ประมาณ 4 x 20 มิลลิเมตร อยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (ภาพที่ 7–2) และสร้างเส้นใยบาง ๆ ปกคลุม และเมื่อถูกรบกวนจะทิ้งตัวลงสู่พื้นดินโดยมีการชักใยลงสู่พื้นดิน

3. พฤติกรรมหนอนระยะแรกจะกินผิวใบและเนื้อใบ เมื่อหนอนมีขนาดใหญ่ขึ้นจะกัดกินเนื้อใบ เส้นใบ ยอดอ่อนจนหมด หนอนจะอยู่รวมกลุ่มกันที่ใบกฤษณา หากมีการระบาดที่รุนแรงจะพบหนอนชนิดนี้มีจำนวนมากบนใบกฤษณา และกัดกินใบกฤษณาอย่างรวดเร็ว ทำให้ต้นกฤษณาผลิใบใหม่ไม่ทัน จึงทำให้ต้นกฤษณามีการเจริญเติบโตลดลงหรือยืนต้นตายในที่สุด เมื่อหนอนถูกรบกวนจะทิ้งตัวจากใบทันที โดยมีเส้นใยที่ตัวหนอนสร้างขึ้นมายึดตัวหนอนลงสู่พื้นดิน หนอนที่โตเต็มที่จะเข้าดักแด้ในดิน โดยใช้ดินมาทำเป็นรังห่อหุ้มตัว ดักแด้มีสีน้ำตาลเข้มขนาด 4 x 12 มิลลิเมตร วงจรชีวิตประมาณ 22–26 วัน

4. การระบาดของหนอนผีเสื้อกินใบกฤษณา พบว่าหนอนผีเสื้อชนิด *Heortia vitessoides* ระบาดกินใบกฤษณารุนแรงในหลายพื้นที่ โดยในระยะแรกที่ออกจากไข่ จะกัดกินผิวใบอ่อนและยอดอ่อนอยู่กันเป็นกลุ่มในปริมาณมาก (ภาพที่ 7–2) ตัวหนอนระยะที่ 2 นำใบไม้ 2–3 ใบ หรือบริเวณยอดมาเชื่อมต่อกันด้วยการชักใยเชื่อมไว้ ลักษณะคล้ายเต็นท์อยู่อาศัยปกคลุมตัวหนอน เมื่อตัวหนอนมีขนาดโตมากขึ้นจะกัดกินใบกฤษณาจนมีรูพรุน ในตัวหนอนระยะสุดท้ายจะทิ้งตัวลงสู่พื้นดินและเข้าดักแด้ที่พื้นดิน และบางส่วนจะกัดใบไม้มาห่อหุ้มลำตัวซึ่งเชื่อมด้วยเส้นไหมและเข้าดักแด้อยู่ภายใน ถ้าระบาดในต้นไม้กฤษณาขนาดเล็ก อาจทำให้ต้นไม้อ่อนแอและตายได้ (ภาพที่ 7–2)

ภาพที่ 7–2 หนอนกัดกินใบชื่อ หนอนผีเสื้อกลางคืน (*Heortia vitessoides*) และลักษณะ การทำลายไม้กฤษณาที่สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

5. การกำจัดหนอนผีเสื้อกินใบทำได้โดยใช้สารกำจัดแมลงที่มีชื่อการค้าว่า ควินไซด์ มีชื่อสามัญไซเพอร์เมทริน (Cypermethrin) กลุ่มสารไพรีทอยด์ (Pyrethroid) ฉีดพ่นยาฆ่าแมลง ในอัตราส่วนตัวยา 1 ขวด ผสมกับน้ำ

500 ลิตร หรือตัวยา 50 มิลลิลิตรต่อน้ำ 20 ลิตร ผสมกับสารจับใบ และใช้เครื่องยนต์พ่นยาติดปั๊ม มี 2 หัว เป็นแบบสายยางใช้คนลากฉีดพ่น 1 คน และอีก 2 คน ช่วยกันลากสายยาง ซึ่งแต่ละหัวจะใช้คนงาน 3 คน ในการฉีดพ่นและควบคุมเครื่องอีก 1 คน ในการฉีดพ่นยาฆ่าแมลงนั้นจะต้องฉีดพ่นให้ทั่วทรงพุ่มของต้นไม้ทุกต้น (ภาพที่ 7–3) และจะฉีดพ่นในช่วงต้นฤดูฝนเพื่อป้องกันหนอนกินใบหรือฉีดพ่นเมื่อพบว่ามีการระบาดของหนอนกินใบ ในการพ่นยาฆ่าแมลงแต่ละครั้งจะป้องกันหนอนกินใบได้นานประมาณ 2–3 เดือน นอกจากนี้ยังเคยใช้สารแบคทีเรีย (*Bacillus thuringiensis)* ชนิดผง ละลายน้ำ ฉีดพ่นเพื่อกำจัดตัวหนอนกินใบแต่ไม่ค่อยได้ผล ซึ่งอาจจะเป็นเพราะการฉีดพ่นที่ไม่ตรงกับช่วงเวลาที่เหมาะสมของการระบาดของหนอนกินใบซึ่งอาจจะช้าหรือเร็วเกินไป หรืออาจจะถูกชะล้างด้วยฝนทำให้ฤทธิ์การทำลายลดลงหรือหมดศักยภาพการทำลาย

ภาพที่ 7–3 ลักษณะการฉีดพ่นสารฆ่าแมลงในแปลงปลูกไม้กฤษณาที่มีระยะปลูกต่างกันที่ สถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา

การใช้สารเคมีกำจัดแมลงศัตรูพืช จะต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง เนื่องจากเป็นสารพิษเป็นอันตรายต่อผู้ใช้ สัตว์และสิ่งแวดล้อม ในพื้นที่ที่เป็นพื้นที่ต้นน้ำและใกล้กับแหล่งชุมชน ไม่ควรจะใช้สารเคมีกำจัดแมลง แต่หากจำเป็นต้องใช้ จะต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง ไม่ให้สารเคมีกำจัดแมลงแพร่ไปยังชุมชนหรือแหล่งน้ำ

สำหรับการใช้สารแบคทีเรีย ซึ่งเป็นสารชีวภาพมีข้อจำกัดอยู่บ้าง คือ เป็นสารที่มีความคงทนในสภาพพื้นที่ไม่นาน จึงต้องพ่นสารแบคทีเรียบ่อยครั้งกว่าสารเคมี และต้องพ่นในช่วงที่พบการระบาดของหนอนทุก 10–15 วัน เนื่องจากสารแบคทีเรียจะเป็นพิษทำให้หนอนตายได้เมื่อหนอนกินสารแบคทีเรียเข้าไปในตัวหนอน

การพ่นสารควบคุมหนอน แมลงศัตรูพืช หากเป็นพื้นที่กว้างและต้นไม้มีขนาดใหญ่ อาจต้องใช้เครื่องพ่นชนิดหมอกควัน

2.2 หนอนผีเสื้อเจาะต้นกฤษณา (Lepidoptera: Cossidae)

เป็นหนอนผีเสื้อกลางคืน ลักษณะของหนอนและผีเสื้อคล้ายกับหนอนผีเสื้อเจาะต้นกฤษณาที่ทำให้เกิดสารกฤษณาแต่มีขนาดเล็กกว่า หนอนจะเจาะต้นกฤษณาที่มีขนาดเล็ก อายุประมาณ 1–4 ปี ส่วนยอดจะเหี่ยวและแห้งตาย หรือลำต้นหักเมื่อมีลมพัดแรง ทำให้ต้นกฤษณาต้องแตกยอดใหม่มีรูปทรงไม่ดี

ลักษณะการทำอันตรายต้นกฤษณา เริ่มจากหนอนที่ฟักออกจากไข่เจาะเข้าสู่ภายในลำต้นกฤษณา กัดกินส่วนที่เป็นเนื้อไม้ ทำเป็นช่องอาศัยหรืออุโมงค์ ความกว้างของอุโมงค์นี้จะขึ้นกับขนาดของตัวหนอน เมื่อหนอนมีขนาดใหญ่ขึ้น อุโมงค์นี้จะมีขนาดกว้างและยาวเพิ่มขึ้น หนอนจะ

อาศัยอยู่ภายในอุโมงค์นี้ และขับขุยไม้หรือขี้ขุยออกจากอุโมงค์อาศัยทางปากรูที่มีลักษณะเป็นรูกลมบนต้นกฤษณา ขุยไม้ที่ออกจากปากรูจะตกกองอยู่ที่โคนต้น มีลักษณะเป็นท่อนเล็ก ๆ สั้น ๆ สีเหลืองอ่อนตามสีของเนื้อไม้ ขุยไม้ที่โคนต้นนี้สามารถใช้เป็นจุดกำหนดหรือตำแหน่งการเจาะทำลายต้นได้ หนอนจะอาศัยภายในอุโมงค์และเข้าดักแด้อยู่ภายในลำต้นกฤษณา หลังจากนั้นดักแด้จะลอกคราบเป็นผีเสื้อออกจากต้นกฤษณา โดยทิ้งคราบดักแด้ไว้ที่ปากรูบนต้นกฤษณา

การป้องกันกำจัด เนื่องจากหนอนเจาะเข้าต้นและอาศัยอยู่ภายในลำต้นกฤษณา การพ่นสารเคมีกำจัดแมลงไม่ค่อยได้ผล ฉะนั้นต้องหมั่นเดินตรวจสอบการทำลายของแมลงโดยการสังเกตจากกองขุยไม้ที่หนอนแมลงขับออกจากอุโมงค์ เมื่อพบกองขุยไม้แล้ว ให้ตรวจจากโคนต้นขึ้นด้านบน เพื่อตรวจปากรูของแมลง มีลักษณะกลม อาจมี 1–3 รู จากนั้นใช้เข็มฉีดยาขนาดใหญ่ที่บรรจุสารเคมีกำจัดแมลง เช่น คลอไพริฟอส (Chlopyrifos) มีชื่อการค้าว่า ลอร์สแบน 40 อีซี (Lorsban 40 EC) ฉีดอัดเข้าไปในรูทุกรูแล้วอุดปากรูด้วยดิน หนอนผีเสื้อเมื่อถูกพิษสารเคมีกำจัดแมลงที่ฉีดอัดเข้าไปจะตายในที่สุด จึงเป็นการลดปริมาณของหนอนผีเสื้อในรุ่นต่อไป ทำให้การระบาดของหนอนลดลงด้วย

หนอนกาแฟสีแดงจะเจาะลำต้นและกิ่งเป็นทางยาว ทำให้ลำต้นแห้งตายเหนือรอยที่หนอนเจาะ มีการแตกยอดใหม่ ทำให้รูปทรงของต้นไม้ไม่ดี สำหรับกิ่งที่ถูกเจาะเห็นเป็นรู และมีมูลของหนอนเป็นแท่งกลมทรงกระบอกสีน้ำตาลแดง หรือสีเหลืองตกอยู่รอบ ๆ โคนต้น ตัวหนอนที่เริ่มฟักจะเจาะเข้าไปในกิ่งไม้แก่ และเติบโตอยู่ภายในกิ่งที่เจาะเป็นเวลา

ประมาณ 3 เดือน ตัวหนอนเจาะกิ่งอยู่ภายในเป็นทางยาว และสามารถเจาะออกจากกิ่งเดิมไปเข้ากิ่งใหม่ได้ หากกิ่งเดิมหัก หรือเหี่ยวแห้งไปก่อนที่ตัวหนอนพร้อมที่จะเข้าดักแด้และดักแด้จะอยู่ภายในกิ่งที่ตัวหนอนเจาะนานถึง 3 สัปดาห์ เมื่อผีเสื้อออกจากดักแด้จะสังเกตได้จากคราบดักแด้ตกค้างอยู่ ที่ปากรู

บทที่ 8

การพัฒนาการเกิดกฤษณา

1. การเกิดสารกฤษณาในเนื้อไม้

กฤษณาที่พบทั้งหมดในโลกนี้มี 26 ชนิด และมีเพียง 6 ชนิดเท่านั้นที่สามารถสร้างสารกฤษณาขึ้นสะสมอยู่ในเนื้อไม้ได้ (Eurlings and Gravendeel, 2003) ได้แก่ 1) *Aquilaria beccariana* Van Tiegh. พบในประเทศมาเลเซีย และอินโดนีเซีย 2) *Aquilaria crassna* Pierre ex Lecomte พบในประเทศไทย กัมพูชา ลาว และเวียดนาม 3) *Aquilaria filaria* (Oken) Merr. พบในประเทศฟิลิปปินส์ และนิวกินีตะวันตก 4) *Aquilaria khasiana* H Hallier. พบในประเทศอินเดีย 5) *Aquilaria malaccensis* Lam. พบในประเทศมาเลเซีย ไทย ฟิลิปปินส์ และอินโดนีเซีย และ 6) *Aquilaria sinensis* Merr. พบในประเทศจีน สำหรับประเทศไทย พบว่ามีเพียง *Aquilaria crassna* Pierre ex Lecomte และ *Aquilaria malaccensis* Lam. เท่านั้นที่สามารถพัฒนาให้เกิดสารกฤษณา

สารกฤษณาเป็นสารประกอบอินทรีย์ที่เกิดและสะสมอยู่ในเซลล์เนื้อไม้ของต้นกฤษณา ซึ่งเป็นสารประเภทเรซิน (Resin) ที่มีองค์ประกอบหลักเป็นสารประเภทเทอร์ปีน (Terpenes) โดยเฉพาะสารประกอบเซสควิเทอร์พีนส์ (Sesquiterpenes) ในน้ำมันกฤษณาที่ได้จากการกลั่นไม้กฤษณา จากการวิเคราะห์พบสารเซสควิเทอร์พีนส์ ประมาณ 39 ชนิด เช่น calarene, (+)–Aromadendrene, β–Maaliene, β–Selinene, α–Guaiene, β–Guaiene Agarospirol, Alloaromadendrene, α–Humulene,

α–Agarofuran, β–Agarofuran, Hnesol, Valencenec และ (+)–Aristolene เป็นต้น มีรายงานมาเป็นเวลาช้านานแล้วว่า ต้นกฤษณาสามารถสร้างสารหรือน้ำมันสะสมอยู่ในเนื้อไม้ได้ และมีความพยายามค้นหาถึงสาเหตุของการเกิดสารกฤษณา เพราะโดยปกติแล้วในเนื้อไม้ของต้นกฤษณาไม่มีเซลล์หรือท่อ (Duct) พิเศษใด ๆ ที่ทำหน้าที่สร้างสารกฤษณาให้เกิดขึ้นในลำต้นได้

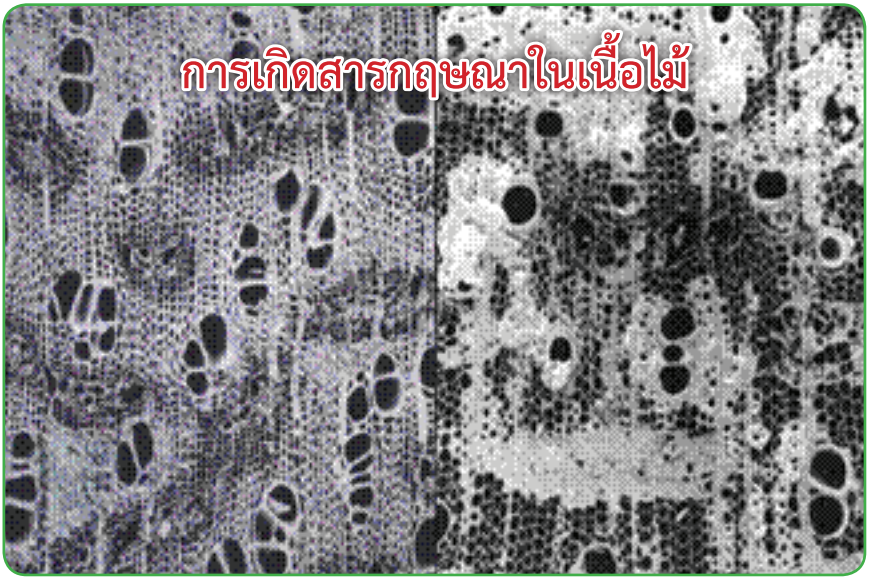
สาเหตุของการเกิดกฤษณานั้นเคยเชื่อว่า เกิดจากการกระทำของเชื้อโรค หรือแมลงเจาะลำต้น (พระยาอนุวัฒน์วนรักษ์, 2485; Ding Hou,1960; Gianno and Kochummen, 1981) การแยกเชื้อราจากไม้กฤษณาที่หอมนั้น มีนักวิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเชื้อรามากมาย Bhatacharyya *et al.* (1952) แยกเชื้อรา *Epicoccum granulatum* จากไม้กฤษณา Jalaluddin (1970) กล่าวถึง เชื้อรา 3 ชนิด ได้แก่ Penicillium, Aspergillus และ Fusarium เป็นสาเหตุของการเกิดไม้หอม แต่ต่อมา Jalaluddin (1977) กล่าวว่าเชื้อราทั้ง 3 ชนิดนั้น ไม่สามารถทำลายไม้กฤษณาได้ ทั้งในสภาพยืนต้นหรือสภาพห้องทดลอง และได้แยกเชื้อราบริสุทธิ์ตัวใหม่ คือ *Cytophaera mangiferare* มาเพาะลงบนไม้กฤษณา ขนาด 4x4 เซนติเมตร พบว่า เชื้อราเข้าทำลายชิ้นไม้เมื่อทิ้งไว้เป็นเวลา 14 วัน พบยางสีเข้มไหลซึมออกมาในปริมาณเล็กน้อย เมื่อนำเชื้อราชนิดนี้ไปเพาะลงบนไม้ *Syzgium* sp. และ *Amoora* sp. เชื้อราไม่ทำลายไม้ทั้ง 2 ชนิดนี้เลย ในประเทศไทยพบเชื้อราจำนวน 17 ชนิด จากตัวอย่างไม้กฤษณา 9 ตัวอย่าง ที่เก็บจากป่าดิบชื้นในจังหวัดระยอง จันทบุรี ตราด นครราชสีมา กระบี่ ตรัง และพัทลุง (วนิดา และคณะ, 2527) ต่อมาสมคิด (2534) ได้ทำการวิจัยลักษณะโครงสร้างของเซลล์ในเนื้อกฤษณาพบว่าการสร้างกฤษณาเป็นกระบวนการรักษาบาดแผลของต้นกฤษณา เชื้อรา ไม่ได้เป็นตัวการที่สำคัญ แต่ตัวการอะไร

ก็ตามที่ทำให้เนื้อไม้ของต้นกฤษณาเกิดบาดแผลได้ ต้นกฤษณาจะสร้างสารเคมีที่เกี่ยวข้องกับการสร้างกฤษณามาสะสมบริเวณบาดแผล และปรากฏให้เห็นเป็นสีน้ำตาลอ่อน ๆ สีน้ำตาลจะเข้มขึ้น เมื่ออายุของแผลเพิ่มมากขึ้น กฤษณาที่สะสมจะมีสีน้ำตาลดำหรือเกือบดำ แต่กฤษณาที่เกิดขึ้นนี้จะปรากฏเพียงเป็นแถบแคบ ๆ กว้าง 1–2 มิลลิเมตร ซึ่งการผิดปกตินี้ไม่ได้เกิดขึ้นกับกฤษณาทุกต้น ได้มีการศึกษาถึงสาเหตุการเกิดสารกฤษณา จากผลการศึกษาพบว่า เชื้อราไม่ใช่ปัจจัยที่จะสามารถชี้ชัดลงไปได้ว่าทำให้เกิดสารกฤษณาได้ เนื่องจากต้นกฤษณาที่ไม่ได้ใส่เชื้อราลงไปในลำต้น (Control) ก็สามารถสร้างสารกฤษณาได้เช่นกัน (Rahman and Basak, 1982; Rahman and Khisa, 1984) จากรายงานของนักวิจัยไทย Siripatanadilok *et al.* (1991) ได้พิสูจน์ว่า สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดสารกฤษณาในเนื้อไม้ เนื่องมาจากกลไกการรักษาบาดแผลที่เกิดขึ้นในเนื้อไม้ของต้นกฤษณาเอง ทั้งนี้เชื้อราอาจเข้าไปทำลายเนื้อไม้ให้เกิดบาดแผลได้ แต่ไม่ใช่สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดสารกฤษณาขึ้นในเนื้อไม้ นอกจากนี้มีชัย (2532) ยังพบว่า ลักษณะทางกายวิภาคของชิ้นไม้ที่เกิดสารกฤษณาจะพบเซลล์ที่มีลักษณะผิดปกติ กล่าวคือผนังเซลล์ของเซลล์จะมีลักษณะคล้ายถูกย่อยสลายจนทำให้เกิดเป็นช่องขนาดใหญ่ การสลายตัวของผนังเซลล์ บางเซลล์เกิดการสลายตัวไปทั้งเซลล์ และส่วนของเซลล์ที่ผิดปกตินี้จะอยู่ใกล้กับบาดแผลมากที่สุด และในส่วนที่อยู่ลึกจากบาดแผลตามธรรมชาติ ไม่พบว่ามีเซลล์ที่ผิดปกติอยู่เลย (ภาพที่ 8–1)

ต้นกฤษณามีลักษณะเด่นคือ มีความสามารถในการรักษาบาดแผลและสร้างเนื้อเยื่อประเภทเดียวกับเนื้อเยื่อของเปลือก (Phloem) กระจายปนอยู่ทั่วไปและจำนวนมาก ทำให้สามารถสร้างเปลือกขึ้นปิดแผลได้ทุกแห่งภายในเนื้อไม้ มีชัย (2532) ได้รายงานว่าการเกิดบาดแผลน่าจะ

เกี่ยวข้องกับ Included–Phloem ซึ่งเป็นกลุ่มของเนื้อเยื่อพาเรงไคมา (Parenchyma Fiber) และซีฟทิวบ์ (Sieve Tube) ที่ช่วยในการสมานแผลที่เกิดกับไซเลม (Xylem) และเป็นส่วนที่มีการสะสมน้ำมันกฤษณา Nobuchi and Somkid (1991) กล่าวถึงเซลล์ Parenchyma เป็นตัวการสร้างสารทำให้เกิดไม้หอมในต้นกฤษณาโดยมีการเปลี่ยนแปลงชั้นแรกในการเกิดแผลคือการลดลงของแป้งและมีการสะสมของน้ำตาลอมเหลืองในเซลล์พาเรงไคมา (Parenchyma) ใน 14–30 วัน หลังจากเกิดแผล ซึ่งหยดสีน้ำตาลอมเหลืองนี้เป็นสารพวกฟีนอล (Phenol) ไม่ใช่น้ำมันหอม ขบวนการสร้างสารมาปกป้องบาดแผลของต้นกฤษณานี้เป็นลักษณะขบวนการตอบสนองทางสัณฐานวิทยาและการเปลี่ยนแปลงทางเมตาโบลิซึมส์ (Metabolic Response) ต้นไม้ทั่วไป Yamanaka (1989) รายงานถึงต้นสนญี่ปุ่น (Japanese Cypress) เมื่อลำต้นถูกเชื้อราหรือแมลงเข้าทำลายต้นสนจะสร้างน้ำยางออกมาจากท่อสร้างน้ำยางในชั้นของไซเลม (Xylem) และโฟเอม (Phloem) มาสะสมที่บาดแผลใน 9–11 วัน และส่วนเซลล์พาเรงไคมาเต็มวัยที่มีอายุน้อยที่สุด (Youngest Mature Parenchyma Cells) มีลักษณะทางสรีระวิทยาที่ง่ายต่อการกระตุ้นให้ขยายและแบ่งเซลล์ นอกจากนี้ Abe (1989) และ Ingram and williams (1986) กล่าวถึงขบวนการเมื่อเชื้อราเข้าทำลายไม้ต้นไม้จะป้องกันตนเองด้วยการสร้างสารเคมีขึ้นมายับยั้งการเข้าทำลาย เช่น ยางไม้ Tyloses, Gum เพื่อปิดบาดแผลและสารเคมีที่เป็นตัวยับยั้ง (Allelopathic Chemical) ทำให้เนื้อไม้เกิดการเปลี่ยนสี (Discoloration) ร่วมกับการขาดธาตุอาหารมาหล่อเลี้ยง การขาดอากาศ การจำแนกแลกเปลี่ยนออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในเนื้อไม้ ทำให้เนื้อไม้เปลี่ยนเป็นสีเหลืองอ่อนหรือสีน้ำตาลอ่อนปนดำ หลังจากเชื้อราเข้าทำลายได้ 6 เดือน ในเวียดนามมีรายงานว่าการที่เชื้อราเข้าทำลายต้นไม้ทำให้เกิดการสร้าง

กลิ่นหอมขึ้น ซึ่งเชื้อราที่ คือ *Phialophora parasitica* เป็นเชื้อราโรคต้นไม้ เชื้อราจะเข้าทำลายต้นไม้และต้นไม้สร้างสารขึ้นมาปกป้องต้นเอง เรียกว่า น้ำมันกฤษณาเกรด 1 (Agar # 1) ส่วนเกรดที่ต่ำกว่าจะเกิดโดยการทำแผลกับต้นไม้เรียกว่าน้ำมันกฤษณาเกรด 2 (Agar # 2) (Oller, 2001)



ภาพที่ 8–1 การเกิดสารกฤษณาในเนื้อไม้

ไม้กฤษณาเป็นไม้ที่มีค่ามากทางเศรษฐกิจ ทำให้มีการลักลอบนำไม้กฤษณาออกจากป่าธรรมชาติโดยผิดกฎหมายมากขึ้นทุกปี (ภาพที่ 8–2) และเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้ไม้กฤษณามีแนวโน้มที่จะเป็นไม้ที่สูญพันธุ์ แต่ความต้องการไม้กฤษณายังคงมีเพิ่มมากขึ้นทุกปี การพัฒนาการเกิดกฤษณาจากไม้สวนป่า จึงเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถแก้ปัญหาการสูญพันธุ์ของไม้กฤษณาได้ (ภาพที่ 8–2)

ภาพที่ 8–2 ไม้กฤษณาสายพันธุ์ crassna และ malaccensis ที่ถูกลักลอบออกจากป่าธรรมชาติ

2. กรรมวิธีการพัฒนาหรือชักนำการเกิดสารกฤษณา

วิธีการหรือตัวการหลักที่จะทำให้ต้นกฤษณาในสวนป่าเกิดสารกฤษณา ส่วนใหญ่ที่ปฏิบัติกันอยู่ในขณะนี้ คือการทำให้เกิดบาดแผลแก่ต้นไม้ เช่น การเจาะรู การสับ หรือการตอกตะปูบนลำต้น หรือหนอนเจาะ หรือมีการผสมผสานของทั้งสองสาเหตุ เพื่อทำให้เกิดบาดแผลและมีการใส่ตัวกระตุ้นหรือตัวชักนำ เช่น เชื้อรา สารเคมี สารชีวภาพ ลงไปในลำต้นด้วย พอสรุปได้ดังนี้

1. การทำให้เกิดบาดแผลโดยการใช้ขวานสับ แล้วทิ้งไว้ประมาณ 4 เดือน ถึง 1 ปี จึงใช้มีดถาก หรือสับ แล้วทิ้งไว้ระยะหนึ่งจึงทำการถากหรือสับมาใช้ ทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ วิธีการดังกล่าวจะเป็นวิธีการที่ใช้ลักลอบนำไม้กฤษณาออกจากป่าธรรมชาติ (ภาพที่ 8–3)

ภาพที่ 8–3 การทำให้เกิดบาดแผลโดยการใช้ขวานสับลำต้นไม้กฤษณา

2. ใช้ตะปูเจาะ บางแห่งอาจใช้ตะปูชุบสารเคมีก่อน ตอกทิ้งไว้ประมาณ 8–12 เดือน จึงค่อย ๆ เซาะไม้ส่วนที่เป็นกฤษณามาใช้ (ภาพที่ 8–4)

ภาพที่ 8–4 การใช้ตะปูเจาะลำต้นไม้กฤษณา

3. การเกิดสารกฤษณาโดยหนอนเจาะลำต้น

จากการสำรวจในพื้นที่ที่ปลูกต้นกฤษณาผสมกับไม้ผลทางเศรษฐกิจ พบว่ามีหนอนแมลงหลายชนิดที่เจาะลำต้นกฤษณา แล้วทำให้ต้น

กฤษณาสร้างสารกฤษณาขึ้นบริเวณรอบรอยทางเจาะของหนอนแมลง ที่ไม่สามารถควบคุมปริมาณหรือประมาณการผลผลิตได้ และใช้เวลาประมาณ 2–5 ปี (ภาพที่ 8–5)

ภาพที่ 8–5 สารกฤษณาที่เกิดจากหนอนเจาะลำต้นโดยธรรมชาติ

ในปีพ.ศ. 2550 กรมป่าไม้ได้มีโครงการสำรวจและศึกษาวิธีการเกิดสารกฤษณาในเนื้อไม้โดยแมลง โดย สุภโชติ และคณะ ได้ทำการสำรวจพื้นที่ที่ปลูกกฤษณาในท้องที่จังหวัดนครราชสีมา สุราษฎร์ธานี และตราด พบว่าต้นกฤษณาที่มีขนาดเล็ก อายุ 1–3 ปี มีหนอนผีเสื้อในวงศ์ Cossidae เข้าเจาะลำต้นกฤษณา ทำให้ยอดต้นกฤษณาเหี่ยวแห้ง และหักง่าย สำหรับต้นกฤษณาที่มีขนาดใหญ่อายุมากกว่า 5 ปี พบว่ามีหนอนผีเสื้อในวงศ์ Cossidae เข้าเจาะลำต้นกฤษณา โดยที่ตัวหนอนแมลงจะเจาะทำเป็นช่องอาศัยขนาด 0.5–1.2 เซนติเมตร ตามขนาดของตัวหนอน เกิดเป็นช่องตามแนวของลำต้น เมื่อเติบโตเต็มที่จะออกเป็นผีเสื้อและทิ้งคราบดักแด้ติดไว้ที่ปากรู (ภาพที่ 8–6) ทำให้ต้นกฤษณาสร้างสารกฤษณาขึ้นที่บริเวณรอบ ๆ ช่องของหนอน เนื้อเปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลเข้ม (ภาพที่ 8–6) เมื่อนำไปกลั่นในห้องปฏิบัติการ จะได้สารละลายกฤษณาที่มีสีเหลืองอำพัน ซึ่งเป็นสารกฤษณาที่มีคุณภาพดี

จากการสังเกตและการเข้าเจาะของหนอน ตรวจหาขุยไม้ที่มีลักษณะเป็นท่อนขนาดเล็ก สีเหลืองอ่อนบริเวณใต้ต้นกฤษณา หากพบกองของขุยไม้ดังกล่าวให้ตรวจหารูของหนอนที่ลำต้นกฤษณาที่อยู่เหนือกองขุยไม้นั้น จะเห็นรูของหนอนเป็นรูกลม การเจาะของหนอนผีเสื้อจะเป็นลักษณะที่หนอนเจาะเข้าไปในเนื้อไม้ทำช่องหรือร่องอาศัยเป็นแนวยาวของต้น หนอนจะขับขุยไม้ออกที่ปากรู ภายในร่องหนอนจะไม่มีขุยไม้ หนอนเข้าดักแด้ภายในต้นกฤษณา ออกเป็นผีเสื้อโดยทิ้งคราบดักไว้ที่ปากรู (ภาพที่ 8–7)

ภาพที่ 8–6 ลักษณะการเกิดสารกฤษณาบริเวณร่องเจาะของหนอนแมลง

ภาพที่ 8–7 ขุยไม้เป็นท่อนสีเหลืองนวล (1) คราบดักแด้ที่ปากรู (2) และตัวเต็มวัยเป็นผีเสื้อ (3)

ดังนั้นการเกิดสารกฤษณาในต้นกฤษณาโดยหนอนแมลง จึงเป็นวิธีการที่น่าสนใจวิธีการหนึ่ง ที่อาจนำมาศึกษาวิจัย และพัฒนาการไปสู่การใช้แมลงชักนำให้เกิดสารกฤษณา ในต้นกฤษณาในเชิงพาณิชย์ต่อไป

4. การเกิดสารกฤษณาโดยใช้สารเคมีหรือเชื้อรา

โดยการเจาะรูที่ลำต้นด้วยสว่าน ขนาด 2 หรือ 4 หุน ซึ่งขึ้นอยู่กับขนาดของลำต้นกฤษณา ระยะห่างประมาณ 5–10 นิ้ว แล้วใส่สารเคมีเพื่อกระตุ้นให้เกิดสารกฤษณา (ภาพที่ 8–8)

ภาพที่ 8–8 การใช้สว่านเจาะแล้วใส่สารเคมีหรือเชื้อราเพื่อกระตุ้นลำต้นให้เกิดสารกฤษณา

4.1 การพัฒนาการเกิดสารกฤษณาโดยใช้เชื้อรา

กรมป่าไม้ได้ทดลองการเกิดสารกฤษณาในท้องที่จังหวัดจันทบุรี ในเดือนพฤษภาคม 2529 (นัยนา, ไม่ได้ตีพิมพ์) โดยการทำบาดแผลเป็นรูปลิ่มกับลำต้นของกฤษณา กว้าง 1 นิ้ว ยาว 1 นิ้ว ลึก 1 นิ้ว และทาบาดแผลด้วยยากันรา 3 ชนิด คือ เบนเลท (Benlate), ยูนิไซด์ (Unizide), ดีโคนิล (Deconil) และไม่ทายากันรา (Control) และทาด้วยกรดซัลฟูริคเข้มข้น (H_2SO_4) ทำบาดแผลกับต้นกฤษณาจำนวน 4 ต้น ต้นละ 5 บาดแผล ทิ้งไว้

45 วัน ใช้สิ่วสกัดชิ้นไม้มาตรวจ พบว่า การทำแผลไม่ทายาเกิดไม้หอมดีที่สุด แต่มีเชื้อรามากใน Daconil สีของไม้หอมค่อนข้างดี ราเข้าน้อย ส่วนใน Benlate สีของไม้หอมไม่ดี มีเส้นใยราบริเวณบาดแผลมาก สำหรับ Unizide และกรด H_2SO_4 เข้มข้นกันเชื้อราได้ดี ไม่ค่อยเกิดสารกฤษณา เนื้อไม้ขาวเหมือนเนื้อไม้ปกติ เกิดเป็นเส้นสีน้ำตาลจางๆ บริเวณรอบนอกเท่านั้น ซึ่งอาจเป็นเพราะสารเคมี ทั้ง 2 ชนิดมีความเข้มข้นสูง ทำให้เซลล์ของต้นไม้ตาย ขบวนการกระตุ้นไม้หอมจึงไม่เกิดขึ้น

ต่อมากรมป่าไม้ โดย วนิดา และนัยนา (2532) ได้ทำการทดลองการเกิดสารกฤษณา โดยใช้เชื้อรา 4 ชนิด ได้แก่ โบทริโอดิบโพลเดีย (Botryodiplodia), เซฟฟาโลสปอเรียม (Cephalosporium), ฟูซาเรียม (Fusarium), ชาโตเมียม (Chaetomium) และสารกฤษณาสด ใส่ลงในแผลที่ทำขึ้น ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร ลึก 1 เซนติเมตร บนต้นกฤษณา พบว่าการใส่เชื้อราและปิดแผลด้วยซีเมนต์ขาว และทิ้งไว้ในช่วง 6–12 เดือน เป็นวิธีที่ดีที่สุดในการทำให้เกิดสารกฤษณา โดยกฤษณาที่ได้อยู่ประมาณ 15–30 กรัมต่อบาดแผล และเป็นไม้กฤษณาเกรดต่ำมีสีน้ำตาลถึงน้ำตาลเข้ม มีกลิ่นหอมปานกลางเมื่อเผาไฟ สามารถนำไปใช้ในการกลั่นน้ำมันหอมระเหย

จากการวิจัยของนัยนา (2536) (ไม่ได้ตีพิมพ์) พบว่าในท้องที่จังหวัดจันทบุรี การเกิดสารกฤษณาในฤดูแล้งจะทำให้น้ำหนักสารกฤษณามากกว่าในฤดูฝน และน้ำหนักสารกฤษณาที่ได้ที่จังหวัดเลยจะน้อยกว่าที่จังหวัดจันทบุรี นอกจากนี้ยังเปรียบเทียบการเกิดสารกฤษณาระหว่างกิ่งยอดและกิ่งแขนงด้านข้างในท้องที่จังหวัดนครราชสีมา โดยการทำให้เกิดบาดแผลแล้วใส่เชื้อราและไม่ใส่เชื้อรา พบว่าการเกิดสารกฤษณาระหว่างกิ่งยอด และกิ่งแขนงข้างไม่ได้แตกต่างกันทั้งที่มีการใส่เชื้อและไม่ใส่เชื้อในบาดแผล แต่ได้ปริมาณสารกฤษณาน้อย และคุณภาพไม่ดี เนื่องจากกิ่งที่ใช้ศึกษามีขนาดเล็ก

4.2 การพัฒนาการเกิดสารกฤษณาโดยใช้สารเคมี

กรมป่าไม้ได้ดำเนินการทดลองการพัฒนาการเกิดสารกฤษณาโดยใช้สารเคมีกับต้นกฤษณา 2 สายพันธุ์ ได้แก่ กฤษณาสายพันธุ์ crassna ที่มีอายุ 5, 16 และ 20 ปี และสายพันธุ์ malaccensis อายุ 15 ปี ด้วยวิธีการเจาะต้นกฤษณาด้วยสว่านขนาด $\frac{1}{2}$ นิ้ว ลึกประมาณ 2 นิ้ว ใส่สารเคมีในรูที่เจาะ แล้วทิ้งไว้ประมาณ 1 ปี เพื่อให้เกิดสารกฤษณา (ภาพที่ 8–9)

ภาพที่ 8–9 การทดลองโดยการเจาะด้วยสว่านแล้วใส่สารเคมีในลำต้นไม้กฤษณาสายพันธุ์ crassna ที่มีอายุ 5, 16 และ 20 ปี

จากการศึกษาพบว่า

1) ต้นกฤษณาสายพันธุ์ที่ใช้ ควรจะเป็นสายพันธุ์ crassna

2) กฤษณาที่นำมาพัฒนาเพื่อเกิดสารกฤษณาควรมีอายุตั้งแต่ 8 ปีขึ้นไป มิฉะนั้นต้นกฤษณาจะตาย

3) ต้นกฤษณาสายพันธุ์ malaccensis อายุ 15 ปี ที่นำมาใช้ในการทดลอง ไม่เกิดสารกฤษณา และมีผุบ้างเล็กน้อย จึงน่าที่จะนำไม้ที่มีอายุมากกว่า 20 ปีมาทดลอง ขณะเดียวกันควรมีการปรับสูตรน้ำยาเคมี

เพราะสูตรน้ำยาเคมีที่ใช้กับสายพันธุ์ crassna ไม่สามารถใช้กับสายพันธุ์ malaccensis ได้

4) การเกิดสารกฤษณาพบว่า ในแต่ละต้นเกิดสารกฤษณาไม่เท่ากันมากบ้างน้อยบ้าง โดยสรุปจะเกิดสารกฤษณาประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ (ภาพที่ 8–10)

5) การเกิดสารกฤษณายังมีปัจจัยหลายอย่าง เช่น อายุ สายพันธุ์ ขนาดของลำต้น ถิ่นกำเนิด กรรมวิธี ความเข้มข้นของสารเคมีที่เหมาะสม ปัจจัยสิ่งแวดล้อม และฤดูกาล ล้วนแล้วแต่มีอิทธิพลต่อการเกิดกฤษณาทั้งสิ้น

ภาพที่ 8–10 การเกิดสารกฤษณา

เอกสารอ้างอิง

มีชัย ประชากุล. 2532. ลักษณะทางกายวิภาคของเนื้อไม้ปกติและเนื้อไม้ผิดปกติของต้นกฤษณา (*Aquilaria crassna* Pierre ex H.Lec.). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วนิดา สุบรรณเสณี นัยนา ทองเจียม และวิบูลย์ เสเกกูล. 2527. เชื้อราที่พบบนต้นไม้หอม. น. 8-15. *ใน* รายงานการวิจัยของป่า เลขที่ 5. 247. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

วนิดา สุบรรณเสณี และนัยนา ทองเจียม. 2532. การทำให้ไม้กฤษณามีกลิ่นหอมโดยใช้เชื้อรา. น. 251-269. ในการประชุมการป่าไม้. กรมป่าไม้ กรุงเทพฯ.

Ding Hou, L. 1960. Thymelaeaceae, pp. 1-48. In C.G.G.J. Van Steenis, ed. Flora Malesiana. Wolters-Noordhoff, Groningen, Netherlands.

Eurlings, M and B, Gravendeel. 2003. Identification of Agarwood (*Aquilaria* and *Gyrinops*) Dry Wood Using trnL-trnF Polymorphisms. (CD Rom). The Rainforest Project. Viet Nam. (First International Agarwood Conference, November 10-15).

Hidayat, W., Shakaff, A. Y.M., Ahmad, M. N. and Adom, A. H. 2010. Classification of Agarwood Oil using Electronic Nose. Sensor. 10(5):4675-4685

Jalaluddin, M. 1977. A useful pathological condition of wood. Economic Botany. vol 31(2): 222-224. CABI. Accession no. 771337216.

Kwangtung Institute of Botany. 1976. A Preliminary Attempt at Unravelling the Secret of the Oleoresin Formation in the Wood of Aquilaria sinensis (Lour.) Gilg. Acta Botanica Sinica. vol.18 (4): 287-292. CABI. Accession no. 770641192.

Lam, N.H. 2003. Factor Influencing the Natural Formation of Agarwood Resin in Aquilaria Trees and the Use of a New Biological Product for Stimulating Resin Formation in Aquilaria crassna in Viet Nam. (CD Rom). The Rainforest Project. Viet Nam. (First International Agarwood Conference, November 10–15).

Rahman, M.A. and A.C. Basak. 1982. Agar Production in Agar Tree by Artificial Inoculation and Wounding. Bano Biggyan Patrika 9(1/2). CABI. Accession no. 840688636.

Rahman, M.A. and S.K. Khisa. 1984. Agar Production in Agar Tree by Artificial Inoculation and Wounding. II. Further Evidences in Favour of Agar Formation. Bano Biggyan Patrika 13(1/2): 57–63. CABI. Accession no. 860613128.

Santisuk T. and Larsen K. 1977. Flora of Thailand Volume Six Part; p.226–245 (Thymelaeceae).Three. The Forest Herbarium. Royal Forest Department, Bangkok, Thailand.

Siripatanadilok, S., A. Chalermpongse and S. Sangthongpraow. 1991. Final Report: Utilization and Propagation of Agarwood Trees (*Aquilaria* spp.). IFS Research grants agreement num D/0731. Department of Forest biology, Faculty of Forestry, Kasetsart University.

Soehartono, T. and A. Mardiastuti. 1997. The Current Trade in Gaharu in West Kalimantan. Jurnal Ilmiah Biodiversitas Indonesia, 1(1).

บทที่ 9

การผลิตน้ำมันกฤษณาเชิงพาณิชย์

น้ำมันกฤษณา (Agar oil) เป็นน้ำมันที่สกัดได้จากกฤษณาเกรด 3 หรือเกรด 4 เนื่องจากการสะสมของสารกฤษณามีปริมาณน้อยกว่า ไม่สามารถนำไปขายเป็นชิ้นไม้ได้ หน่วยที่ใช้เรียกน้ำมันกฤษณา เรียกว่า โตรา (Tora) ซึ่ง 1 โตรา มีปริมาณประมาณ 12 กรัม ราคาขายกันอยู่ที่ประมาณ 2,400–4,800 บาทต่อโตรา ชาวอาหรับนิยมใช้ทาตัวเพื่อให้มีกลิ่นหอม เป็นส่วนผสมของเครื่องยา เป็นส่วนผสมของน้ำหอมและเครื่องสำอางบางชนิด

การกลั่นน้ำมันกฤษณาในประเทศอินเดีย มีรายงานว่าได้นำชิ้นไม้กฤษณาอายุ 50–60 ปี ที่เกิดสารกฤษณาสีดำตามธรรมชาติ มากลั่นน้ำมันด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ ให้ผลผลิตรวมเฉลี่ยร้อยละ 0.75–2.50 ในประเทศไทยมีรายงานการนำกฤษณาที่รับการเหนี่ยวนำให้เกิดสารกฤษณา มากลั่นน้ำมันด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ ให้ผลผลิตรวมร้อยละ 0.226 (ผกามาศและคณะ, 2549) นอกจากนี้ยังได้นำไม้กฤษณา *Aquilaria crassna* ที่ได้รับการเหนี่ยวนำให้เกิดสารหอม มากลั่นน้ำมันด้วยวิธีการกลั่นด้วยน้ำ ได้ผลผลิตรวมร้อยละ 0.11 และนำกากมาสกัดต่อด้วยเฮกเซน ได้ผลผลิตรวมร้อยละ 0.15 (ณัฏฐา, ไม่ระบุปีที่พิมพ์) กระบวนการกลั่นน้ำมันกฤษณาในปัจจุบัน โดยทั่วไปจะกลั่นด้วยวิธีการต้มกลั่นด้วยน้ำ (Water Distillation) ผลผลิตรวมของน้ำมันกฤษณาที่ได้ยังไม่สูง ซึ่งกระบวนการหมักผงกฤษณาเป็นขั้นตอนที่สำคัญในขบวนการกลั่น จะมีผลต่อปริมาณน้ำมันที่สกัดได้ และคุณภาพของน้ำมันหอม

1. การหาระยะเวลาในการหมักผงกฤษณาที่เหมาะสม

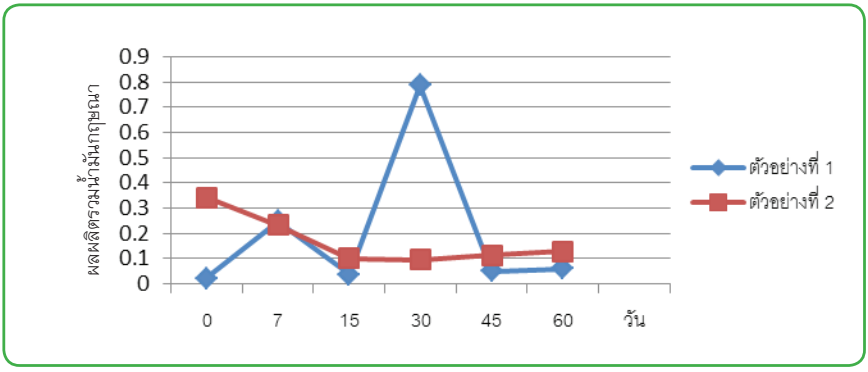
กฤษณาที่ใช้ในการวิจัยนี้ เป็นตัวอย่างกฤษณาจากจังหวัดตราดที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ จำนวน 6 ตัวอย่าง ๆ ละ 150 กรัม และกฤษณาที่เกิดเองตามธรรมชาติจากจังหวัดนครราชสีมา นำมาหมักด้วยน้ำกลั่นเป็นระยะเวลา 0, 7, 15, 30, 45 และ 60 วัน โดยใช้อัตราส่วนตัวอย่างกฤษณา : น้ำกลั่น เท่ากับ 1 : 10 เมื่อครบกำหนดแต่ละช่วงเวลา นำผงกฤษณาแต่ละตัวอย่างมากลั่นด้วยน้ำ จนกระทั่งไม่มีน้ำมันกฤษณาออกมา โดยทำการเก็บน้ำมัน 3 วันแรกและวันสุดท้ายของการกลั่น

น้ำมันกฤษณาที่ได้จากการกลั่นด้วยน้ำ ทั้ง 2 แหล่ง มีสีเหลืองลอยปริ่มน้ำ เมื่อผ่านกระบวนการทำให้น้ำมันกฤษณาบริสุทธิ์ จะมีสีเหลืองเข้ม มีความหนืดสูง กลิ่นหอม ติดทนนาน เมื่อเก็บไว้ระยะหนึ่งจะมีสีอำพัน และความหนืดจะสูงมาก สามารถละลายได้ในเอทานอล ผลผลิตรวมที่ได้ของน้ำมันกฤษณาตัวอย่างที่ 1 ที่เกิดจากการเหนี่ยวนำโดยเทียบกับน้ำหนักแห้ง ตัวอย่างที่แช่น้ำเป็นเวลา 30 วัน กลั่นเป็นระยะเวลา 73.5 ชั่วโมง จะให้ผลผลิตสูงสุดร้อยละ 0.79 หากหมักแช่น้ำไว้ 7 วัน ได้ผลผลิตรวมร้อยละ 0.25 และตัวอย่างที่ไม่ได้หมัก ได้ผลผลิตรวมต่ำสุดร้อยละ 0.02 น้ำมันกฤษณาสำหรับตัวอย่างที่ 2 ตัวอย่างที่ไม่ได้หมัก และกลั่นเป็นเวลา 57.45 ชั่วโมง ให้ผลผลิตสูงสุดร้อยละ 0.34 หากแช่น้ำไว้ 7 วัน จะได้ผลผลิตรวมร้อยละ 0.23 และ 30 วัน จะให้ผลผลิตรวมต่ำที่สุดร้อยละ 0.09 (ตารางที่ 9–1 และภาพที่ 9–1)

ตารางที่ 9–1 ผลผลิตรวมน้ำมันกฤษณาตามระยะเวลาการหมักผงกฤษณา ที่แตกต่างกัน

ระยะเวลาหมัก (วัน)	ตัวอย่างที่ 1			ตัวอย่างที่ 2		
	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)	ผลผลิต (%)	ระยะเวลากลั่น (ชั่วโมง)	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)	ผลผลิต (%)	ระยะเวลากลั่น (ชั่วโมง)
0	0.0289	0.0217	67.3	0.4626	0.3416	57.45
7	0.3315	0.2481	64	0.315	0.2326	64.3
15	0.0504	0.0377	81	0.1343	0.0992	74
30	1.0506	0.7861	73.5	0.1281	0.0946	75.3
45	0.0666	0.0499	58.18	0.1528	0.1128	59.7
60	0.0794	0.0594	128.8	0.1734	0.1281	129.7

หมายเหตุ : ร้อยละผลผลิตรวม $= \frac{\text{น้ำหนักน้ำมันกฤษณา (กรัม)} \times 100}{\text{น้ำหนักผงกฤษณาแห้ง (กรัม)}}$



ภาพที่ 9–1 แนวโน้มผลผลิตรวมน้ำมันกฤษณา (เปอร์เซ็นต์) ตามระยะเวลาการหมักผงกฤษณาที่แตกต่างกัน

หมายเหตุ : ตัวอย่างที่ 1 กฤษณาจังหวัดตราดที่เกิดจากการเหนี่ยวนำ
ตัวอย่างที่ 2 กฤษณาจังหวัดนครราชสีมาที่เกิดจากธรรมชาติ

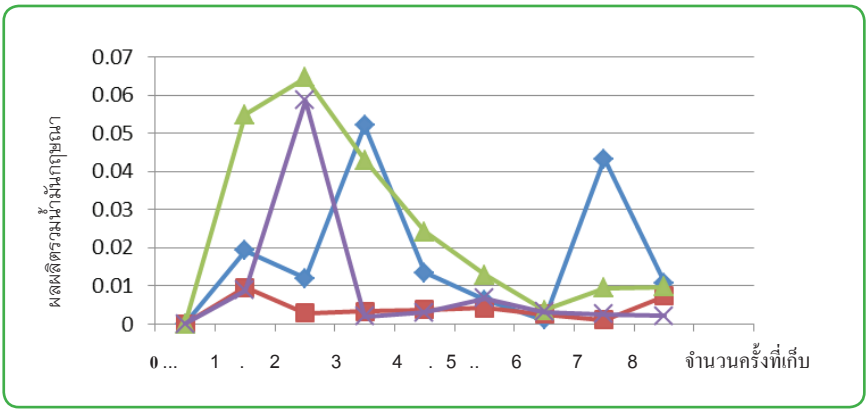
2. อัตราผลผลิตได้ของการกลั่นน้ำมันกฤษณา

ตัวอย่างกฤษณาที่ 1, 2, 3 และ 4 เป็นกฤษณาที่เกิดจากการเหนี่ยวนำหรือการกระตุ้น จากจังหวัดอุตรดิตถ์ พิษณุโลก นครราชสีมา และตราด ตามลำดับ นำผงกฤษณาไปหมักเป็นเวลา 7 วัน ในอัตราส่วนตัวอย่างผงกฤษณา : น้ำกลั่นเท่ากับ 1:10 เมื่อครบกำหนด นำเข้าชุดกลั่น ต้มกลั่นด้วยน้ำ และเก็บตัวอย่างน้ำมันทุก 8 ชั่วโมง จำนวน 8 ครั้ง เป็นเวลา 64 ชั่วโมง

ลักษณะน้ำมันกฤษณาตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 จะมีสีเหลืองเข้มและเมื่อเก็บไว้ระยะหนึ่งจะมีสีอำพัน แต่น้ำมันกฤษณาตัวอย่างที่ 1 จะเป็นไขสีเหลือง น้ำมันหอมระเหยกฤษณาของทุกตัวอย่างจะเริ่มออกในช่วง 8 ชั่วโมงแรกของการกลั่น และเก็บตัวอย่างเมื่อกลั่นครบ 8 ชั่วโมง พบว่าตัวอย่างกฤษณาตัวอย่างที่ 1 จะมีน้ำมันหอมระเหยออกมากที่สุดในช่วงที่ 3 ของการกลั่น แต่ตัวอย่างที่ 2, 3 และ 4 น้ำมันจะออกมามากในช่วงที่ 1 และ 2 ของการกลั่น หลังจากนั้นผลผลิตของตัวอย่างกฤษณาทั้ง 4 แหล่งจะเริ่มลดลง เมื่อกลั่นเป็นระยะเวลา 40 ชั่วโมง กลั่นครบ 64 ชั่วโมง อัตราผลผลิตจะคงที่ตามตารางที่ 9–2 และภาพที่ 9–2 โดยตัวอย่างกฤษณาที่ 2 จะให้ผลผลิตรวมต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ0.035 และตัวอย่างที่ 3 ให้ผลผลิตรวมสูงสุดเป็นร้อยละ 0.22 (ตารางที่ 9–3 และภาพที่ 9–3)

ตารางที่ 9-2 ผลผลิตน้ำมันกฤษณาตามระยะเวลาที่เก็บน้ำมันทุก 8 ชั่วโมง จำนวน 8 ครั้ง

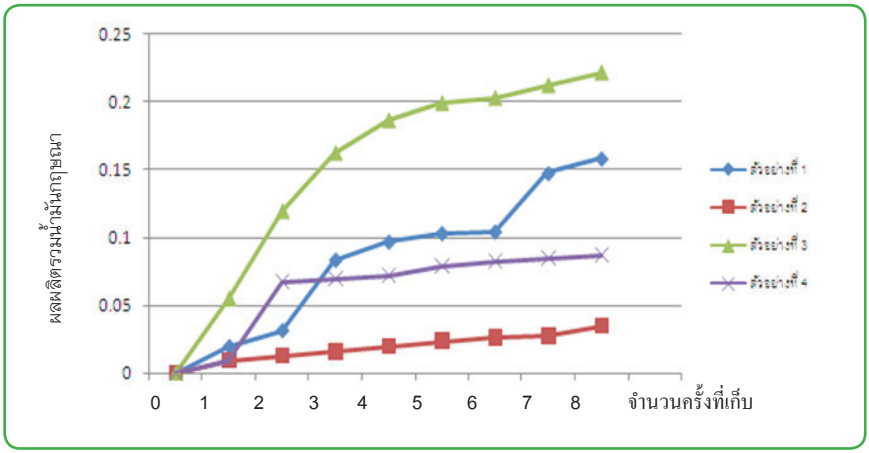
การเก็บตัวอย่าง (ครั้ง)	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3		ตัวอย่างที่ 4	
	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)	ร้อยละผลผลิต	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)	ร้อยละผลผลิต	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)	ร้อยละผลผลิต	น้ำหนักน้ำมัน (กรัม)	ร้อยละผลผลิต
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0.1927	0.0193	0.0941	0.0095	0.2192	0.0548	0.0890	0.0089
2	0.1184	0.0119	0.0281	0.0029	0.2580	0.0645	0.0586	0.0586
3	0.5203	0.0521	0.0328	0.0033	0.1714	0.0429	0.0188	0.0019
4	0.1338	0.0134	0.0374	0.0038	0.0966	0.0242	0.0215	0.0030
5	0.0624	0.0063	0.0412	0.0042	0.0515	0.0129	0.0673	0.0068
6	0.0107	0.0011	0.0256	0.0026	0.0142	0.0036	0.0315	0.0032
7	0.0433	0.0433	0.0107	0.0011	0.0375	0.0094	0.0244	0.0025
8	0.1074	0.0108	0.0737	0.0074	0.0387	0.0097	0.0204	0.0021



ภาพที่ 9-2 ร้อยละผลผลิตน้ำมันกฤษณาตามระยะเวลาที่เก็บน้ำมันทุก 8 ชั่วโมง จำนวน 8 ครั้ง

ตารางที่ 9-3 ผลผลิตรวมน้ำมันกฤษณา (เปอร์เซ็นต์) ตามระยะเวลาเก็บน้ำมันทั้งหมด 64 ชั่วโมง

การเก็บตัวอย่าง (ครั้ง)	ผลผลิตรวมน้ำมันกฤษณา			
	ตัวอย่างที่ 1	ตัวอย่างที่ 2	ตัวอย่างที่ 3	ตัวอย่างที่ 4
0	0	0	0	0
1	0.0193	0.0095	0.0548	0.0089
2	0.0312	0.0124	0.1193	0.0675
3	0.0833	0.0157	0.1622	0.0694
4	0.0967	0.0195	0.1864	0.0724
5	0.1030	0.0237	0.1993	0.0792
6	0.1041	0.0263	0.2029	0.0824
7	0.1474	0.0274	0.2123	0.0847
8	0.1582	0.0348	0.2217	0.0870



ภาพที่ 9-3 ผลผลิตรวมน้ำมันกฤษณา (เปอร์เซ็นต์) ตามระยะเวลาเก็บน้ำมันสะสม จำนวน 8 ครั้ง

3. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันกฤษณา

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องแก๊สโครมาโตกราฟี่ควบกับแมสสเปคโตรมิเตอร์ (GC/MS) ใช้คอลัมน์ HP-5MS;Capillary 30.0 m x 250 µm x 0.25 µm เพื่อหาระยะเวลาการหมักผงกฤษณาที่เหมาะ ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่อง GC/MS โดยใช้สภาวะการทดลองเดียวกัน จะพบว่าตัวอย่างที่ 1 ตัวอย่างที่ไม่หมัก และเก็บตัวอย่างในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการกลั่น จะพบของสารประกอบ Agarospirol เท่ากับ 2.06 เปอร์เซ็นต์ 2-Butanone, 3-phenyl เท่ากับ 12.82 เปอร์เซ็นต์ และพบ n-Hexadecanoic acid เล็กน้อยในช่วงท้ายของการกลั่น ตัวอย่างที่หมักจะพบ 2-Butanone, 3-phenyl ในปริมาณที่สูง และจะพบสาร 3-Pentanone 1, 5-diphenyl แต่ในตัวอย่างไม่หมักจะไม่พบสารประกอบนี้ และในทุกตัวอย่าง จะพบ n-Hexadecanoic acid ในปริมาณที่สูง สำหรับตัวอย่างที่ 2 เป็นตัวอย่างที่ไม่ได้หมักจะพบสารที่ให้ความหอมออกมาอย่างครบถ้วน ในการเก็บน้ำมันกฤษณา 24 ชั่วโมงแรกของการกลั่นจะได้ขององค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญ ได้แก่ 2-Butanone, 3-phenyl เท่ากับ 2.26 เปอร์เซ็นต์ α-Agarofuran เท่ากับ 0.79 เปอร์เซ็นต์ β-Dihydro agarofuran เท่ากับ 0.70 เปอร์เซ็นต์ Agarospirol เท่ากับ 22.21 เปอร์เซ็นต์ และพบ n-Hexadecanoic acid เล็กน้อย แต่ตัวอย่างที่หมักพบสาร α-Agarofuran Hinesol 3-Pentanone 1, 5-diphenyl และ n-Hexadecanoic acid เล็กน้อย

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ของการหาอัตราผลผลิตได้ของตัวอย่างกฤษณาตัวอย่างที่ 1, 2, 3 และ 4 พบว่ากฤษณาตัวอย่างที่ 3 มี 2-Butanone, 3-phenyl เป็นองค์ประกอบหลักและมี 3-Pentanone 1, 5-diphenyl เริ่มออกมาในช่วงที่ 4 และเพิ่มขึ้นตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบ n-Hexadecanoic acid ออกมาเล็กน้อย กฤษณาตัวอย่างที่ 2 มี α-Eudesmol

ออกมาในช่วงที่ 3 ของการกลั่นและมี n –Hexadecanoic ออกมาตั้งแต่ช่วงแรกของการกลั่นและเพิ่มสูงขึ้นตามลำดับ แต่ไม่พบ 3–Pentanone 1, 5–diphenyl ออกมาเลย กฤษณาตัวอย่างที่ 1 มีสารสำคัญออกมาในช่วง 24 ชั่วโมงแรกของการกลั่น และมี 3–Pentanone 1, 5–diphenyl ออกมาช่วงที่ 2–3 ของการกลั่นเท่านั้นพร้อมกับมี n–Hexadecanoic acid ออกมาในช่วงที่ 2 ของการกลั่นและเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ส่วนกฤษณาตัวอย่างที่ 4 จะมีองค์ประกอบหลักออกมาอย่างครบถ้วนในช่วงที่ 1 ของการกลั่นและ 3–Pentanone 1, 5–diphenyl ออกมาในทุกระยะของการกลั่น ในปริมาณเฉลี่ยใกล้เคียงกัน เท่ากับร้อยละ 2.4

เอกสารอ้างอิง

ผกาศ เจษฎ์พัฒนานนท์ และชาคริต ทอง อุไร. 2549. การสกัดน้ำมันหอมระเหยกฤษณา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ จังหวัดสงขลา.

ณัฏฐา อิงคะวัต. ไม่ระบุปีที่พิมพ์. การสกัดและการวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำมันหอมระเหยไม้กฤษณา (*Aquilaria crassna*). ปัญหาพิเศษระดับปริญญาตรี คณะวิทยาศาสตร์

(online) http://www.Sciwath.org สืบค้นข้อมูล 26/07/2555.

บทที่ 10

องค์ความรู้ลักษณะโครงสร้างของเนื้อไม้กฤษณาที่ใช้ดำเนินคดีทางป่าไม้

1. ลักษณะโครงสร้างของ *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec.

1.1 ลักษณะโครงสร้างอย่างหยาบของเนื้อไม้ (Macroscopic structure)

เนื้อไม้มีสีขาวแกมเหลือง เนื้ออ่อน เสี้ยนตรง เนื้อค่อนข้างละเอียด เมื่อส่องดูด้วยแว่นขยายกำลังขยายต่ำ (Hand lens) กำลังขยาย 15 เท่า ด้านหน้าตัด สามารถเห็นพอร์แฝด (Multiple pore) การกระจายของพอร์ (Pore) แบบกระจัดกระจายได้อย่างชัดเจน เส้นรัศมีเล็กบางเบามากเห็นไม่ชัดเจน พบเห็นลักษณะของ Included phloems ได้อย่างชัดเจน มีการกระจายแบบสุ่มอยู่ทั่วไป บางครั้งมีลักษณะยาวเชื่อมต่อกัน Included phloems เป็นรูปรีคล้ายเกาะ มีความกว้างทางด้านสัมผัสมากกว่าทางด้านรัศมี (ภาพที่ 10–1)

1.2 ลักษณะโครงสร้างอย่างละเอียดของเนื้อไม้ (Microscopic structure)

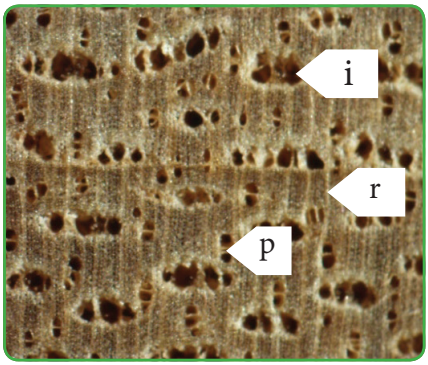
การศึกษาลักษณะโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงพบว่าประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังนี้

1. พอร์หรือเวสเซล (Pore or vessel) เนื้อไม้กฤษณามีพอร์ส่วนใหญ่เป็นชนิดพอร์แฝด 3–4 พอร์ การเรียงตัวเป็นแบบกระจัดกระจาย (Diffuse

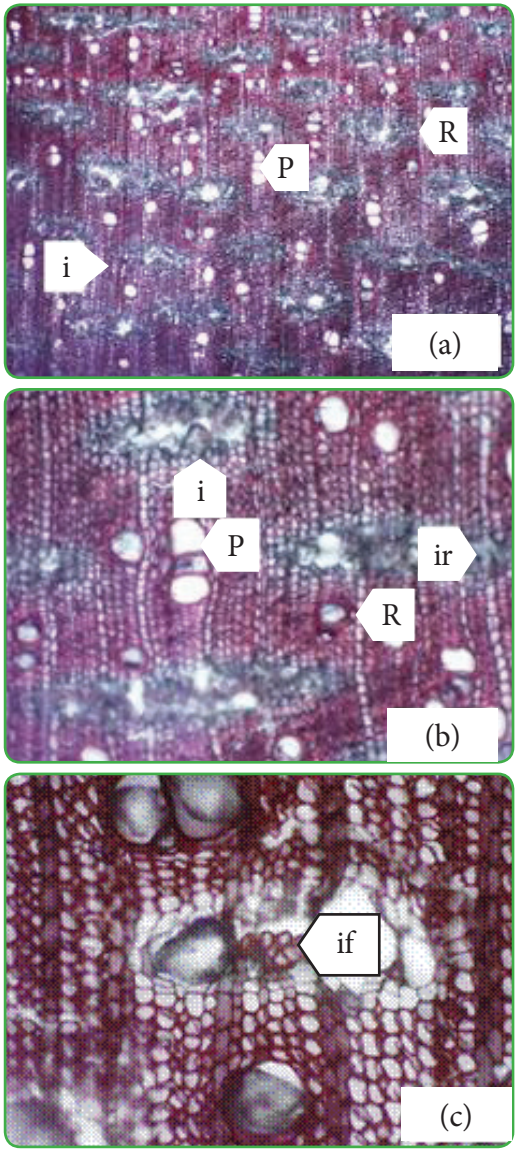
porous) มีส่วนน้อยที่เป็นพอร์เดี่ยว (Solitary pore) และพอร์กลุ่ม (Pore cluster) (ภาพที่ 10–2) ช่องทะลุปลายเซลล์เวสเซลเป็นแบบช่องเดียว (Simple perforation plate) ผนังเซลล์ของเวสเซล (Vessel) มีหลุมผนังเซลล์แบบมีขอบ (Bordered pit) ลักษณะกลม มีการเรียงตัวของหลุมผนังเซลล์แบบสลับ (Alternate pitting) (ภาพที่ 10–3)

2. รัศมี (Ray) เป็นรัศมีเชิงผสม (Heterogeneous ray) ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด คือเซลล์แบบนอน (Procumbent ray cell) มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และเซลล์แบบตั้ง (Upright cell) ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อมองทางด้านรัศมี (ภาพที่ 10–5) การเรียงตัวของเซลล์รัศมีเป็นแบบแถวเดียว (Uniseriate ray) ส่วนมาก อาจพบเป็น 2 แถวได้บ้างแต่น้อยมาก (ภาพที่ 10–6) ลักษณะเซลล์รัศมีเป็นแบบแถวเดียวนี้ เป็นลักษณะเด่นของไม้กฤษณา เพราะลักษณะเซลล์รัศมีแบบนี้พบน้อยมากในไม้ยืนต้นใบกว้าง (Hardwood)

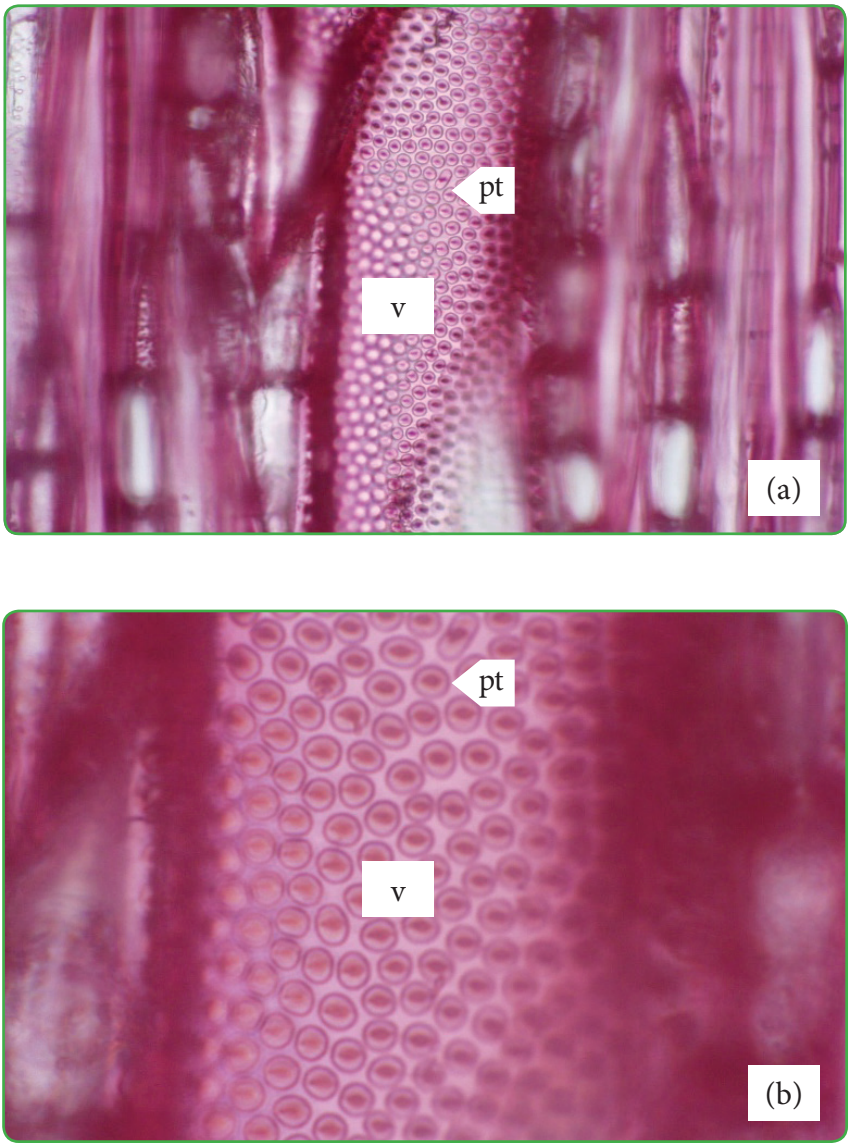
3. Included phloems อยู่เป็นกลุ่มกระจัดกระจายแบบสุ่ม แทรกอยู่ในเนื้อไม้ มีลักษณะเป็นรูปแบบเกาะ (Island) มีความกว้างทางด้านสัมผัสมากกว่าทางด้านรัศมี (ภาพที่ 10–2)



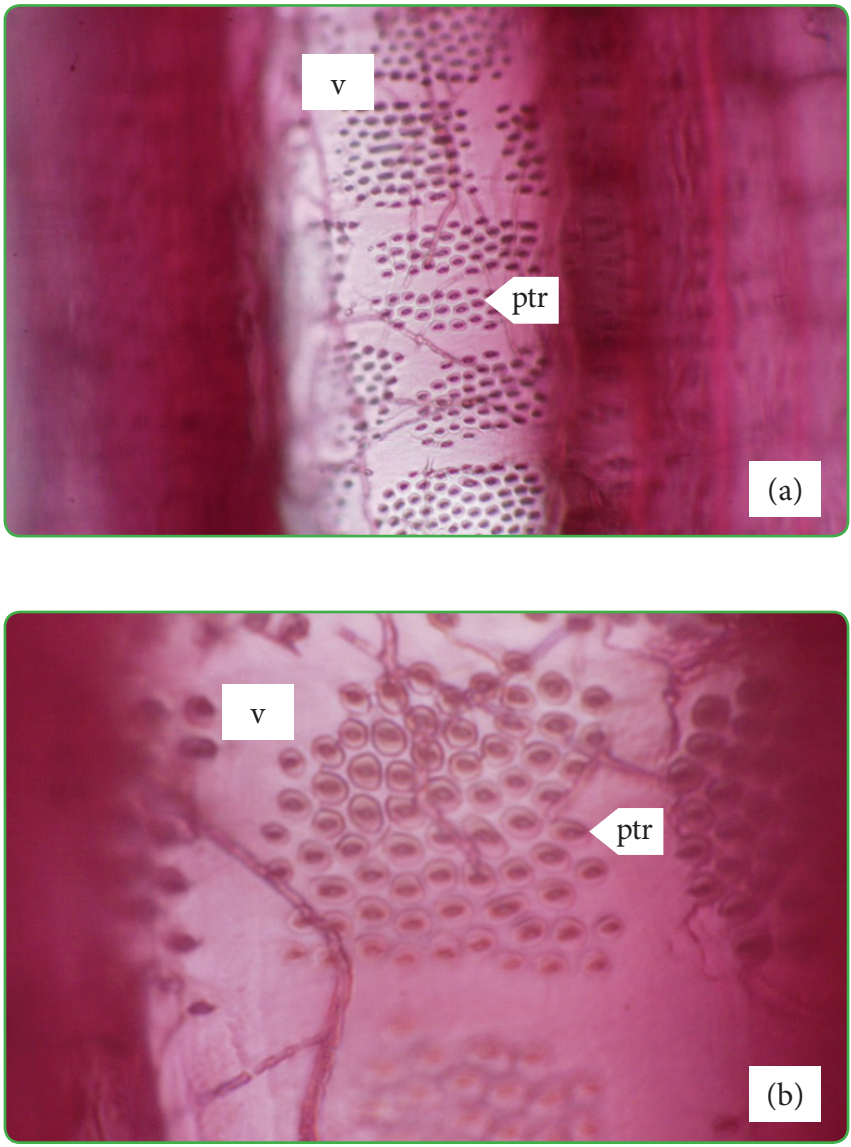
ภาพที่ 10–1 ลักษณะเนื้อไม้ของ *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec. ด้านหน้าตัดเมื่อมองด้วยแว่นขยาย (Hand lens) กำลังขยาย 15 เท่า (r = Ray , p = Pore , i = Included phloem)



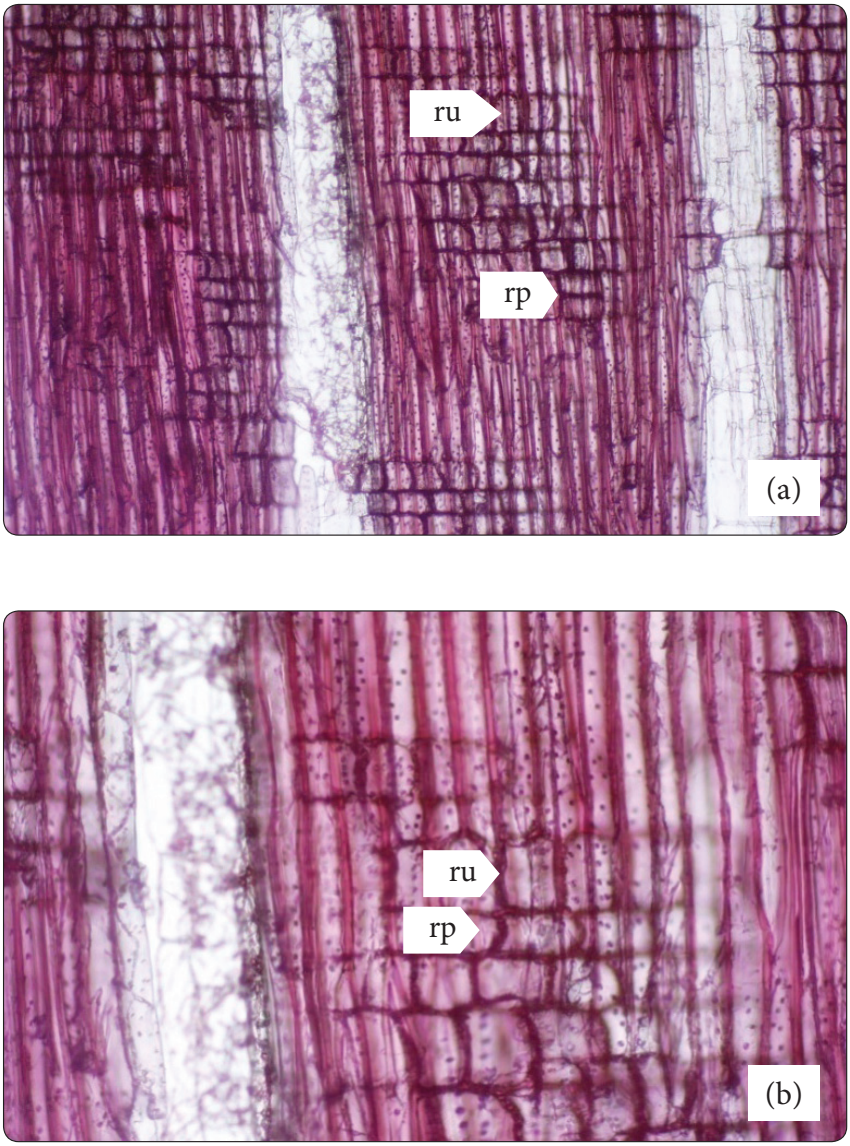
ภาพที่ 10–2 ลักษณะเนื้อไม้ของ *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec. ด้านหน้าตัดเมื่อศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายสูง (a) กำลังขยาย 40 เท่า (b) กำลังขยาย 100 เท่า (c) กำลังขยาย 400 เท่า (r = Ray , p = Pore , i = Included phloem , ir = Included phloem ray , if = Included phloem fiber)



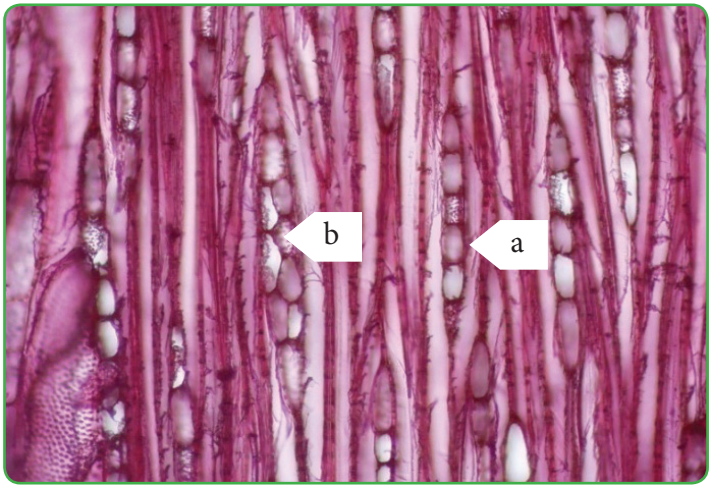
ภาพที่ 10-3 เซลล์เวสเซล (Vessel) ของ *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec. แสดงหลุมผนังเซลล์แบบมีขอบ และการเรียงตัวของหลุมผนังเซลล์แบบสลับ (Alternate pitting) (a) ด้านสัมผัสกำลังขยาย 400 เท่า (b) ด้านสัมผัสกำลังขยาย 1000 เท่า (v = Vessel , pt = Pit , r = Ray)



ภาพที่ 10-4 เซลล์เวสเซส (Vessel) ของ *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec. แสดงหลุมผนังเซลล์จากเซลล์เวสเซลต่อกับผนังเซลล์รัศมี (a) ด้านรัศมีกำลังขยาย 100 เท่า (b) ด้านรัศมีกำลังขยาย 1000 เท่า (ptr = Pits from vessel to ray parenchyma)



ภาพที่ 10–5 ด้านรัศมีของ *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec. แสดงเซลล์รัศมีเชิงผสม (Heterogeneous ray) (a) กำลังขยาย 100 เท่า (b) กำลังขยาย 200 เท่า (rp = เซลล์รัศมีแบบนอน (Procumbent cell) ru = เซลล์รัศมีแบบตั้ง (Upright cell))



ภาพที่ 10–6 ด้านสัมผัสของ *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec. แสดงเซลล์รัศมี (a) แบบแถวเดียว (Uniserriate ray) และ (b) แบบ 2 แถว ที่กำลังขยาย 200 เท่า (r = Ray cell)

2. ลักษณะโครงสร้างของ *Aquilaria malaccensis* Lamk.

2.1 ลักษณะโครงสร้างอย่างหยาบของเนื้อไม้ (Macroscopic structure)

เนื้อไม้มีสีขาวแกมเหลือง เนื้ออ่อน เสี้ยนตรง เนื้อค่อนข้างละเอียด เมื่อส่องดูด้วยแว่นขยายกำลังขยายต่ำ (Hand lens) กำลังขยาย 15 เท่า ด้านหน้าตัด สามารถเห็นพอร์แฝด (Multiple pore) การกระจายของพอร์ (Pore) แบบกระจัดกระจายได้อย่างชัดเจน เส้นรัศมีเล็กบางเบามาก เห็นไม่ชัดเจน พบเห็นลักษณะของ Included phloems ได้อย่างชัดเจน มีการกระจายแบบสุ่มอยู่ทั่วไป บางครั้งมีลักษณะยาวเชื่อมต่อกัน included phloems เป็นรูปรีคล้ายเกาะ มีความกว้างทางด้านสัมผัสมากกว่าทางด้านรัศมี (ภาพที่ 10–7)

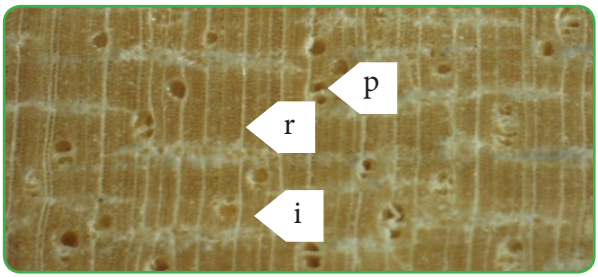
2.2 ลักษณะโครงสร้างอย่างละเอียดของเนื้อไม้ (Microscopic structure)

การศึกษาลักษณะโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงพบว่าประกอบด้วยส่วนสำคัญ ดังนี้

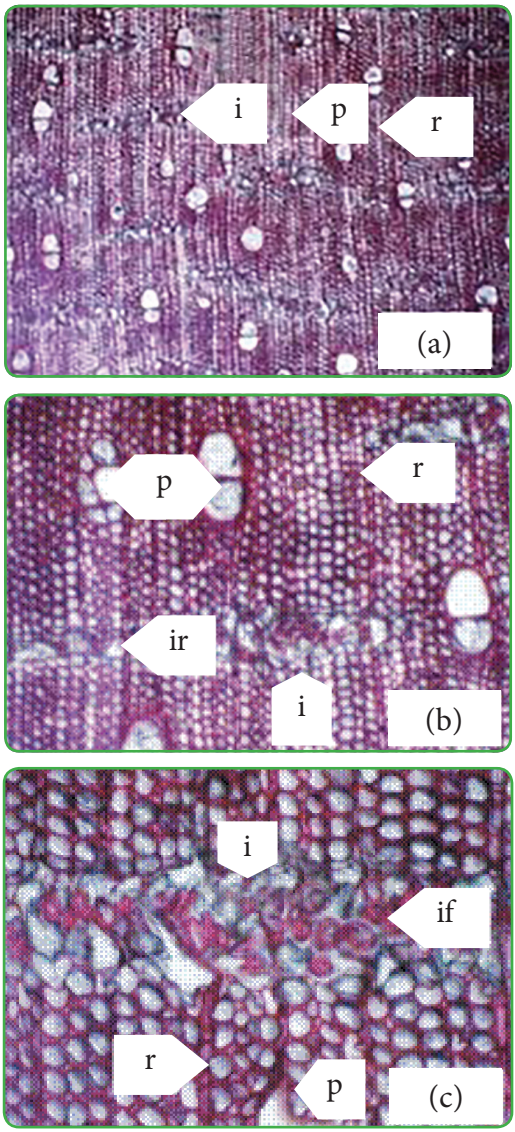
1. พอร์หรือเวสเซล เนื้อไม้กฤษณามีพอร์ส่วนใหญ่เป็นชนิดพอร์แฝด 3–4 พอร์ การเรียงตัวเป็นแบบกระจัดกระจาย มีส่วนน้อยที่เป็นพอร์เดี่ยวและพอร์กลุ่ม (ภาพที่ 10–8) ช่องทะลุปลายเซลล์เวสเซลเป็นแบบช่องเดียว ผนังเซลล์ของเวสเซล (Vessel) มีหลุมผนังเซลล์แบบมีขอบ ลักษณะกลม การเรียงตัวของหลุมผนังเซลล์แบบสลับ (ภาพที่ 10–9)

2. รัศมี เป็นรัศมีเชิงผสม ประกอบด้วยเซลล์ 2 ชนิด คือเซลล์แบบนอน มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า และเซลล์แบบตั้ง ที่มีรูปร่างเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เมื่อมองทางด้านรัศมี (ภาพที่ 10–11) การเรียงตัวของเซลล์รัศมีส่วนมากเป็นแบบแถวเดียว (ภาพที่ 10–12) และอาจพบเป็น 2 แถวได้บ้าง แต่น้อยมาก

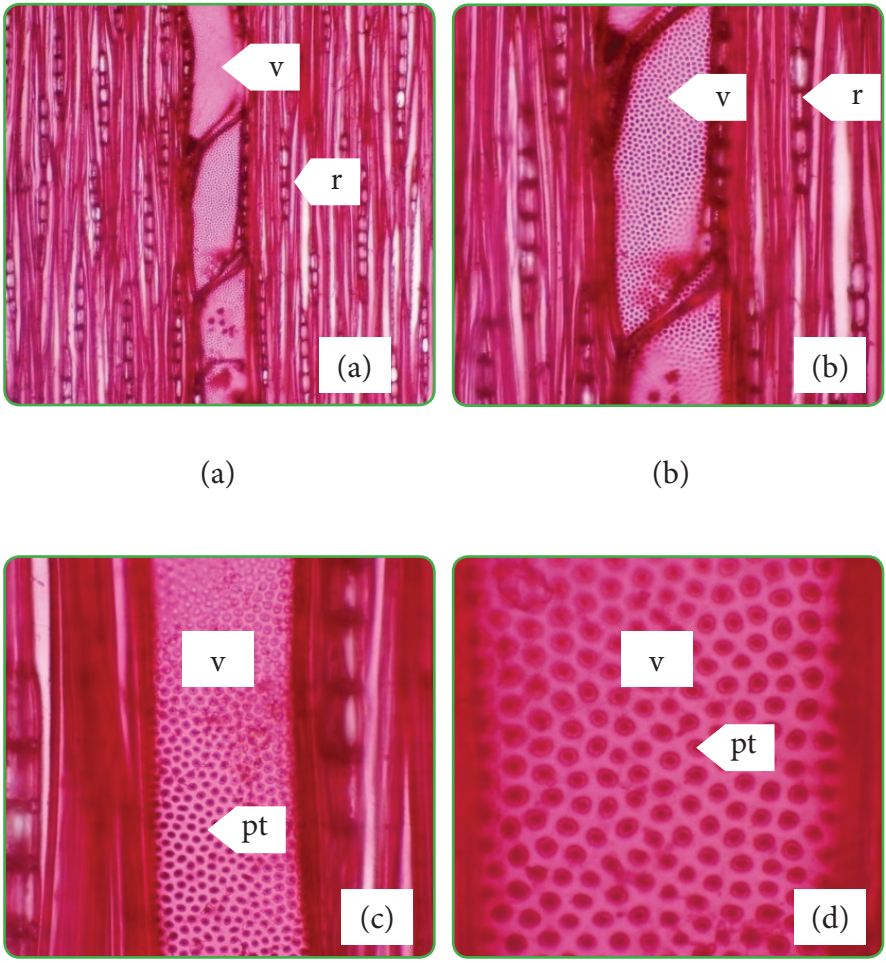
3. Included phloems อยู่เป็นกลุ่มกระจัดกระจายแบบสุ่ม แทรกอยู่ในเนื้อไม้ มีลักษณะเป็นรูปแบบเกาะ มีความกว้างทางด้านสัมผัสมากกว่าทางด้านรัศมี (ภาพที่ 10–2)



ภาพที่ 10–7 ลักษณะเนื้อไม้ของ *Aquilaria malaccensis* Lamk. ด้านหน้าตัดเมื่อมองด้วยแว่นขยาย (Hand lens) กำลังขยาย 15 เท่า (r = Ray , p = Pore , i = Included phloem)



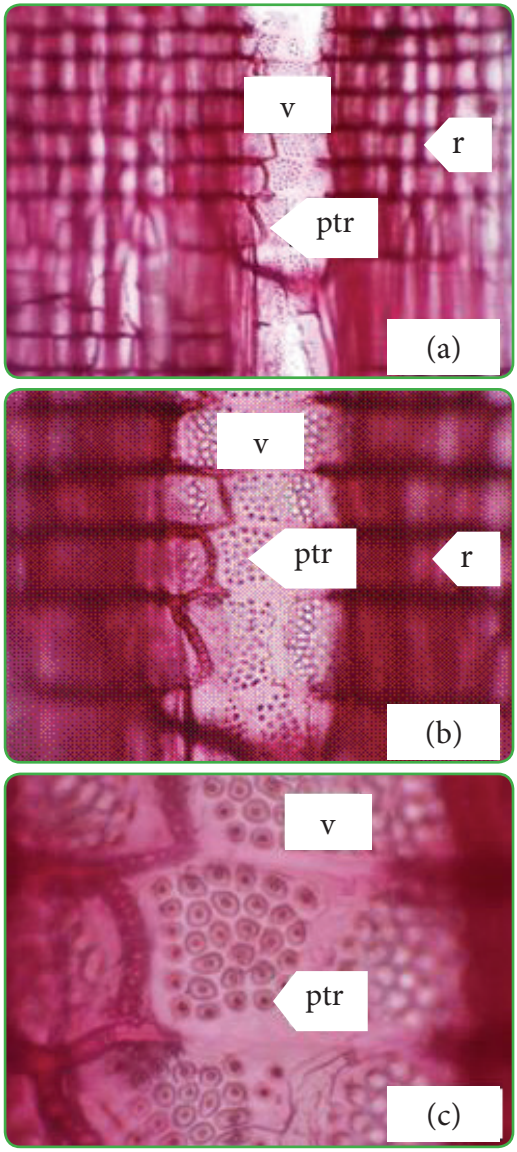
ภาพที่ 10-8 ลักษณะเนื้อไม้ของ *Aquilaria malaccensis* Lamk. ด้านหน้าตัด เมื่อศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์ที่กำลังขยายสูง (a) กำลังขยาย 40 เท่า (b) กำลังขยาย 100 เท่า (c) กำลังขยาย 200 เท่า (r = Ray , p = Pore , i = Included phloem , ir = Included phloem ray , if = Included phloem fiber)



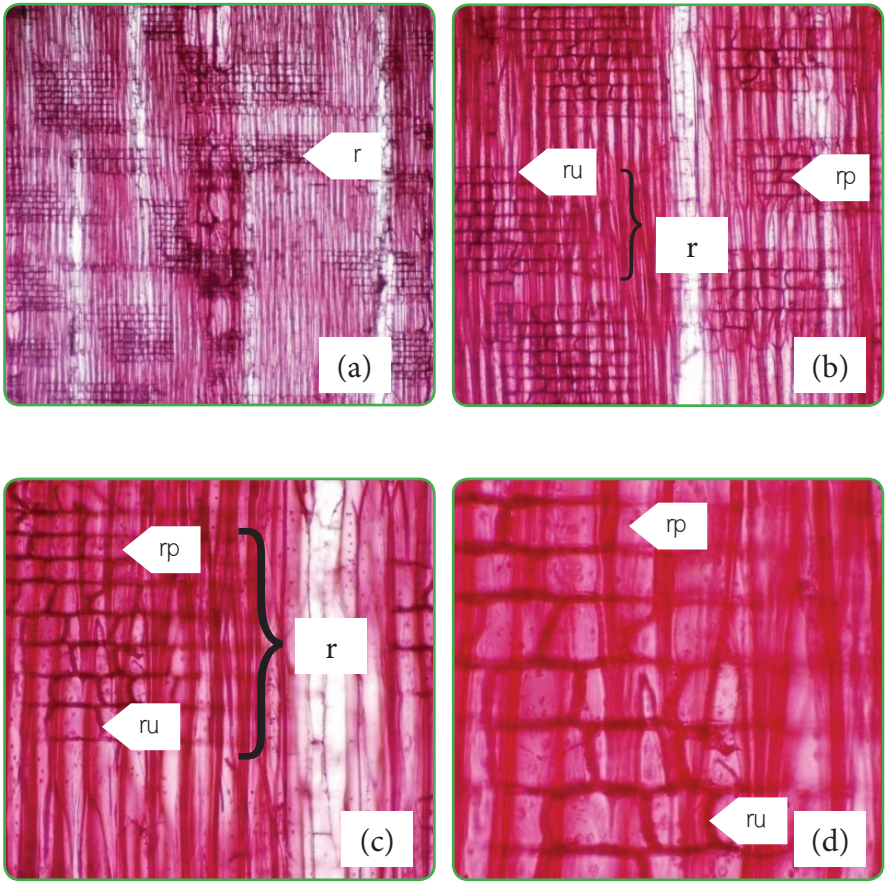
(a) (b)

(c) (d)

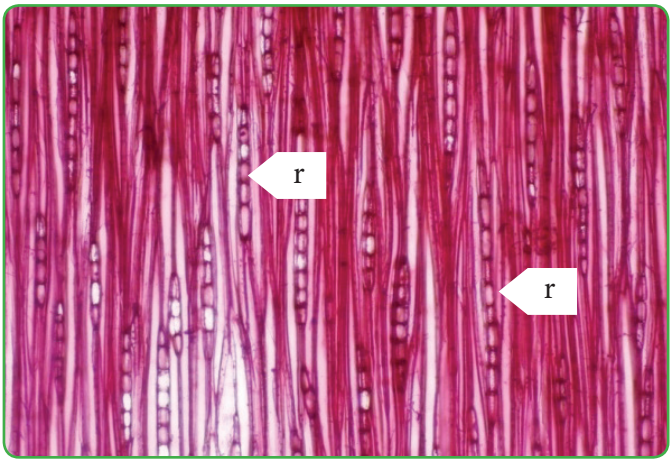
ภาพที่ 10–9 เซลล์เวสเซล (Vessel) ของ *Aquilaria malaccensis* Lamk. แสดงหลุมผนังเซลล์แบบมีขอบ และการเรียงตัวของหลุม ผนังเซลล์แบบสลับ (Alternate pitting) (a) ด้านสัมผัสกำลังขยาย 100 เท่า (b) ด้านสัมผัสกำลังขยาย 200 เท่า (c) ด้านสัมผัสกำลังขยาย 400 เท่า (d) ด้านสัมผัสกำลังขยาย 1000 เท่า (v = Vessel , pt = Pit , r = Ray)



ภาพที่ 10–10 ด้านรัศมีของ *Aquilaria malaccensis* Lamk. แสดงหลุมผนังเซลล์จากเซลล์เวสเซลสู่รัศมี (a) กำลังขยาย 200 เท่า (b) กำลังขยาย 400 เท่า (c) กำลังขยาย 1000 เท่า (r = Ray, v = Vessel , ptr = Pit from vessel to ray parenchyma)



ภาพที่ 10–11 ด้านรัศมีของ *Aquilaria malaccensis* Lamk. แสดงเซลล์รัศมีเชิงผสม (Heterogeneous ray) (a) กำลังขยาย 40 เท่า (b) กำลังขยาย 100 เท่า (c) กำลังขยาย 200 เท่า (d) กำลังขยาย 400 เท่า (r = Ray, rp = เซลล์รัศมีแบบนอน (Procumbent cell) , ru = เซลล์รัศมีแบบตั้ง (Upright cell))



ภาพที่ 10–12 ด้านสัมผัสของ *Aquilaria malaccensis* Lamk. แสดงเซลล์รัศมี เป็นแบบแถวเดียว (Uniserriate ray) ที่กำลังขยาย 100 เท่า (r = Ray cell)

การศึกษาวิจัยถึงลักษณะโครงสร้างของไม้กฤษณาทั้ง 2 ชนิด คือ *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec. และ *Aquilaria malaccensis* Lamk. จากตัวอย่างชิ้นไม้ที่เป็นตัวอย่างที่แท้จริง (Authentic specimen) ดังนี้

1. พอร์ หรือเวสเซล (Pore or vessel)
2. การเรียงตัวของพอร์ (Pore or vessel)
3. ชนิดและการเรียงตัวของรัศมี (Ray)
4. ชนิดและการเรียงตัวของพาเรงคิมา (Parenchyma)
5. หลุมผนังเซลล์ (Pits) ของเวสเซล (Vessel) และหลุมผนังเซลล์คู่ (Pit pairs)
6. เปลือกในเนื้อไม้ (Included– phloems)

จากการศึกษาพบว่าลักษณะเด่นทางโครงสร้างของไม้กฤษณาทั้ง 2 ชนิด คือ เปลือกที่แทรกในไม้ (Included–phloems) ที่มีลักษณะเป็นรูปคล้ายเกาะ (Island) แทรกกระจายอยู่ในเนื้อไม้ทั่วไป นอกจากนั้นลักษณะโครงสร้างของเนื้อไม้ ตั้งแต่ชนิดของพอร์หรือเวสเซล (Pore or vessel) ซึ่งเป็นชนิดพอร์แฝด (Multiple pore) 3–4 พอร์ รูปแบบการเรียงตัวของพอร์เป็นแบบกระจัดกระจาย (Diffuse porous) และชนิดของหลุมผนังเซลล์ (Pit) บนผนังเวสเซล (Vessel) เป็นหลุมผนังเซลล์แบบมีขอบ (Bordered pit) ตลอดจนการเรียงตัวของหลุมผนังเซลล์ (Pit pair) บนผนังเซลล์เวสเซลมีลักษณะอยู่เรียงกันเป็นแถวในแนวทะแยง หรือเรียกว่าเรียงสลับ (Alternate pitting) ของไม้กฤษณาทั้ง 2 ชนิด เป็นรูปแบบอย่างเดียวกัน ไม่อาจตรวจพบถึงความแตกต่างอย่างเด่นชัด ถ้าหากจะใช้หลักของการตรวจพิสูจน์ไม้ (Wood identification) ของไม้แข็งหรือไม้ใบกว้าง (Hardwoods) ตรวจพิสูจน์ชิ้นไม้เล็ก ๆ ที่ถูกตัดฟันเก็บหามาเพื่อกลั่นเป็นน้ำมันกฤษณาแล้วจะโดยวิธีการตรวจดูด้วยแว่นขยาย (Hand lens) หรือโดยนำตัวอย่างชิ้นไม้กฤษณาที่ต้องการตรวจพิสูจน์ไปตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายสูงก็ตาม ลักษณะโครงสร้างต่าง ๆ ที่ปรากฏให้เห็นทั้งหมด ก็ยังไม่อาจแสดงถึงความแตกต่างของลักษณะโครงสร้างของไม้กฤษณาทั้ง 2 ชนิดที่ทำการศึกษาออกจากกันได้อย่างชัดเจน

ดังนั้นการที่จะบอกว่าชิ้นไม้เล็ก ๆ ที่ได้มาเป็นไม้กฤษณา (*Aquilaria* spp.) หรือไม่ โดยวิธีการตรวจพิสูจน์นั้นจึงไม่ใช่เป็นเรื่องยากจนเกินไป แต่การที่จะระบุว่าชิ้นไม้กฤษณาดังกล่าวเป็นชนิดใดชนิดหนึ่งระหว่าง *Aquilaria crassna* Pierre ex H. Lec. และ *Aquilaria malaccensis* Lamk. นั้น คงจะเป็นไปได้ยาก อย่างไรก็ตามการศึกษาค้นคว้าวิจัยอย่างละเอียดกว้างขวางต่อไปแบบไม่หยุดยั้ง อาจก่อให้เกิดแนวทางสายใหม่ ๆ ขึ้นก็เป็นได้

คณะผู้จัดทำ

ที่ปรึกษา

นายธีรภัทร ประยูรสิทธิ	**อธิบดีกรมป่าไม้**
นายประลอง ดำรงค์ไทย	**รองอธิบดีกรมป่าไม้**
นางเปรมพิมล พิมพ์พันธุ์	**รองอธิบดีกรมป่าไม้**
นายสมชัย มาเสถียร	**รองอธิบดีกรมป่าไม้**

กองบรรณาธิการ

นายธิติ วิสารัตน์	**ผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านวิจัยการจัดการป่าไม้**
นายบพิตร เกียรติวุฒินนท์	**ผู้อำนวยการกลุ่มงานวนวัฒนวิจัย**
นางสาวอังสุมา พิณทอง	**นักวิชาการป่าไม้**
นางสาวปาริตา มงคล	**เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป**
นางสาวสุทธิมา ภูละมุล	**เจ้าหน้าที่บริหารงานทั่วไป**

ผู้เรียบเรียง

บทที่ 1 ความหลากชนิดและเขตการกระจายพันธุ์ของพันธุ์ไม้เนื้อหอมในประเทศไทย
นายวิชาญ เอียดทอง

บทที่ 2 ชีววิทยาของดอกและการติดผลกฤษณา
นายสุวรรณ ตั้งมิตรเจริญ นางพวงพรรณ ยงรัตนา และนายวัฒนชัย ตาเสน

บทที่ 3 การจัดสร้างแหล่งอนุรักษ์พันธุกรรมตามธรรมชาติของไม้กฤษณาในประเทศไทย
นายรัตนะ ไทยงาม และนางวิลาวัณย์ วิเชียรนพรัตน์

บทที่ 4 การทดสอบสายพันธุ์ไม้กฤษณาในประเทศไทย
นายวิฑูรย์ เหลืองวิริยะแสง

บทที่ 5 การเตรียมกล้าไม้กฤษณา
นายธิติ วิสารัตน์ และนายสมพล กองกิ่ง

บทที่ 6 อัตราการสังเคราะห์แสงและการเจริญเติบโตของไม้กฤษณา
นายดุริยะ สถาพร และนายธิติ วิสารัตน์

บทที่ 7 โรคและแมลงศัตรูไม้กฤษณา
นายณธีพัฒน์ ฐิติภัทรภูวนนท์ และนายธิติ วิสารัตน์

บทที่ 8 การพัฒนาการเกิดกฤษณา
นางเบญจวรรณ คฤหพัฒนา นายอารยันต์ บุญแสง
นายบรรดิษฐ์ หงษ์ทอง และนางสาวนัยนา ทองเจียม

บทที่ 9 การผลิตน้ำมันกฤษณา
นายจันไท จิตรจักร

บทที่ 10 องค์ความรู้ลักษณะโครงสร้างของเนื้อไม้กฤษณาที่ใช้ดำเนินคดีทางป่าไม้
นางอุทารัตน์ ภู่ไพบูลย์

ISBN : 978-616-316-248-9

พิมพ์ครั้งที่ : 1

จำนวนเล่ม : 500 เล่ม

จำนวนหน้า : 180 หน้า

จัดทำโดย : กลุ่มงานวนวัฒนวิจัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้
กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม
61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร
กรุงเทพมหานคร 10900

พิมพ์ที่ : บริษัท วีแคนโซลูชั่น จำกัด
211 / 106 หมู่ 4 ต.บางไผ่ อ.เมือง จ.นนทบุรี
โทร : 087 – 9333854

การวิจัยไม้กฤษณา

กรมป่าไม้

61 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900

โทร. 02-561-4292-3 www.forest.go.th