

# กายวิภาคของไม้ป่าชายเลน

## Wood Anatomy of Mangrove Forest

วิเชียร ปิยาจารประเสริฐ <sup>1</sup>	(Wichian Piyajaraprasert)
ประนอม ชุมเรียง <sup>2</sup>	(Pranom chumriang)
ภัทรสินี วงศ์ศรีแก้ว <sup>1</sup>	(Phutsinee wongsrikaew)
มารศรี แก้วปราณี <sup>1</sup>	(Marasree Kaewpranee)

### บทคัดย่อ

กายวิภาคของไม้ป่าชายเลนทำการศึกษาในปี ไม้หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเล (*Excoecaria agallocha* L.) จากจังหวัดสตูล ผลการศึกษา คำนวณหาค่ากลสมบัติที่ความชื้นที่ 12 % ของทั้งสองชนิด คือ ค่ามอดุลัสแตกร้าว เท่ากับ 56.4 และ 46.2 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 5.53 และ 4.56 เมกะปาสคาล ค่ามอดุลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 5,390 และ 5,040 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 529 และ 497 เมกะปาสคาล ค่าแรงอัดตั้งฉากกับเส้น เท่ากับ 8.19 และ 7.11 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 0.803 และ 20.697 เมกะปาสคาล ค่าแรงอัดขนานกับเส้น เท่ากับ 25.9 และ 25.8 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 2.54 และ 2.53 เมกะปาสคาล ค่าแรงเฉือน เท่ากับ 11.8 และ 9.5 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 1.16 และ 0.952 เมกะปาสคาล ค่าความเหนียวจากการตัดกระแทก เท่ากับ 4.5 และ 1.32 กก-ม ส่วนค่าความแข็ง เท่ากับ 296 และ 170 กก หรือ 3,020 และ 1,730 นิวตัน

**คำหลัก:** กลสมบัติ สกายสมบัติ ป่าชายเลน

<sup>1</sup> กลุ่มงานพัฒนาผลิตผลป่าไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้

<sup>2</sup> ศูนย์ส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทรัพยากรป่าชายเลนที่ 5 (สตูล) กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง

## Abstract

Mechanical properties of Mangrove forest Kaling (*Cordia cochinchinensis* Pierre) Paper bark tree (*Excoecaria agallocha* L. ) form Satun was conducted in 2013–2014. The physical and mechanical properties were studied. In case of mechanical properties studied, wet and dry conditions of them were tested, and measured their properties at 12 percent moisture content.

The result of mechanical properties at 12 percent moisture content of revealed that modulus of rupture were 56.4, 46.2 kg/cm<sup>2</sup> or 5.53, 4.56 megapascal, modulus of elasticity were 5,390, 5,040 kg/cm<sup>2</sup> or 529, 497 megapascal, compression perpendicular to the grain were 8.19, 7.11 kg/cm<sup>2</sup> or 0.803, 20.697 megapascal compression parallel to the grain were 25.9, 25.8 kg/cm<sup>2</sup> or 2.54, 2.53 megapascal, shearing were 11.8, 9.5 kg/cm<sup>2</sup> or 1.16, 0.952 megapascal, impact bending were 4.5, 1.32 kg–m. Hardness were 296, 170 kg or 3,020, 1,730 newton respectively.

**Keywords:** mechanical properties, physical properties, mangrove forest

## คำนำ

กลสมบัติไม้ คือ ค่าที่บอกถึงความแข็งแรง ความแข็งตึง และความแข็งแกร่งต่อการกระทำของแรงต่างๆ เมื่อนำไปใช้งาน และจะใช้ค่ากลสมบัตินี้เป็นตัวพิจารณาเพื่อคำนวณการรับแรงของส่วนประกอบของอาคาร ได้แก่ คาน เสา อเส จันทัน ตง พื้น เป็นต้น ฉะนั้นการที่จะใช้ไม้ชนิดใดที่ให้ความแข็งแรงถูกต้องเหมาะสมกับอาคาร ย่อมทำให้สิ่งก่อสร้างนั้นคงทนอยู่ได้นาน ส่วนกายสมบัติ คือ ค่าที่บอกปริมาณ ขนาด น้ำหนักของเนื้อสารและช่องว่าง ทำให้ไม้มีคุณสมบัติแตกต่างกันเมื่อถูกกระทำจากปัจจัยภายนอก ได้แก่ ความร้อน แสง เสียง ความชื้น ไฟฟ้า เป็นต้น โดยค่าสกายสมบัติไม้ จะมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อค่ากลสมบัติ เช่น ไม้ที่มีน้ำหนักมาก จะมีความแข็งแรงและความแข็งตึงสูงด้วย เป็นต้น

ในการศึกษากลสมบัติและสกายสมบัติของป่าชายเลน ประกอบด้วย หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) จากจังหวัดสตูล ในครั้งนี้จะเป็นการศึกษาว่า ไม้ป่าชายเลนมีความแข็งแรงเพียงใด และมีความเหมาะสมในการใช้งานใดบ้าง และเพื่อดูว่าชนิดใดนำไปใช้ประโยชน์จะให้คุณค่าทางเศรษฐกิจมากที่สุด ดังนั้นวัตถุประสงค์การศึกษา คือ ให้อ่านค่า

กลสมบัติในแต่ละชนิดไม้ป่าชายเลน เพื่อเปรียบเทียบกันว่าเป็นไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานกรมป่าไม้ หรือไม้ และมีค่ากลสมบัติที่เด่นด้อยหรือดีเสียอย่างไร

## วิธีการศึกษา

### อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน เครื่องทดสอบแรงเดาะยี่ห้อ MOHR & FEDERHAFF AG เครื่องเลื่อย เครื่องไส เครื่องขัดกระดาษทราย เวอร์เนียร์ คาลิปเปอร์ ไม้บรรทัดขนาน เครื่องชั่งน้ำหนัก และตุ้บ

### สถานที่เก็บตัวอย่างและการทดสอบคุณสมบัติไม้

เก็บตัวอย่างหมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และ ตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) จากจังหวัดสตูล

### การเก็บและเตรียมตัวอย่างไม้ป่าชายเลน

ทำการคัดเลือกไม้ป่าชายเลนจำนวนสองชนิด หลังจากนั้นจึงทำการตัดฟัน แล้วทอนออกเป็น ท่อนๆ ท่อนละประมาณ 1.5 ม เพื่อความสะดวกในการขนส่ง นำมาฝั่งระยะหนึ่งเพื่อให้ความชื้นในไม้ ลดลง จากนั้นจึงทำการแปรรูปและฝั่งไม้ให้แห้งเท่ากับความชื้นในบรรยากาศ ตัดตัวอย่างให้ได้ขนาด ตามมาตรฐานอังกฤษ (British Standard) คือ ขนาด 2 x 2 ซม และได้ไม้ตัวอย่างแห้งและเปียก จำนวน อย่งละ 30 ตัวอย่าง ต่อหนึ่งการทดสอบ

### การทดสอบคุณสมบัติไม้

1. การทดสอบแรงดัดสถิต (static bending strength) โดยใช้เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2 ซม ยาว 30 ซม วางบนหมอนรองห่างกัน 28 ซม โดยให้น้ำหนักตรงจุดกึ่งกลางของตัวอย่างไม้ ใช้ความเร็วเพิ่มน้ำหนักดเฉลี่ย 0.254 ซม/นาที่ จะได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับค่าการเสียรูป ซึ่งสามารถหาค่ามอดุลัสแตกร้าว (modulus of rupture) ความเค้นที่ขีดจำกัดคีนรูป (stress at proportioned limit) และมอดุลัสยืดหยุ่น (modulus of elasticity) บันทึกรูปแบบการเสียรูปของตัวอย่างไม้แต่ละชิ้น

2. การทดสอบแรงอัดตั้งฉากกับเส้น (compression perpendicular to the grain) โดยใช้เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2 ซม ยาว 6 ซม เข้าเครื่องอัดตามแนวขนานกับเส้น โดยมีอัตราการใช้น้ำหนักกด 0.061 ซม/นาที่ ได้ค่าน้ำหนักสูงสุด (maximum crushing strength) ได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับค่าการเสียรูป แล้วหาค่าแรง ตั้งฉากกับเส้น พร้อมทั้งบันทึกรูปแบบการเสียรูปของตัวอย่างไม้แต่ละชิ้น

3. การทดสอบแรงอัดขนานกับเส้น (compression parallel to the grain) โดยใช้เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2 ซม ยาว 6 ซม เข้าเครื่องอัดตามแนวขนานกับเส้น โดยมีอัตราการใช้น้ำหนักกด 0.061 ซม/นาที ได้ค่าน้ำหนักสูงสุด (maximum crushing strength) ได้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงกับค่าการเสียรูป แล้วหาค่าแรงอัดขนานเส้นพร้อมทั้งบันทึกรูปแบบการเสียรูปของตัวอย่างไม้แต่ละชิ้น

4. การทดสอบแรงเฉือน (shearing strength) โดยใช้เครื่องทดสอบกำลังไม้ Testometric รุ่น MICO 500 ขนาด 30 ตัน ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2x2 ซม ใส่เข้าเครื่องทดสอบแรงเฉือนที่ละชั้นให้น้ำหนักกดในอัตราความเร็ว 0.061 ซม/นาที ตามแนวเส้นไม้ จะได้ค่าน้ำหนักสูงสุด แล้วนำไปหาค่าแรงเฉือน

5. การทดสอบค่าความแข็ง (hardness) ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2 ซม ยาว 6 ซม นำตัวอย่างไม้เข้าที่จับกันไม้แตก กดลูกปืนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 11.20 มม จนลูกปืนจมไปครึ่งลูกพอดี การกดนั้นจะกด 2 ด้าน คือด้านรัศมีและด้านสัมผัส ตามลำดับ นำค่าน้ำหนักที่ได้มาเฉลี่ยกัน จะได้ค่าความแข็งเฉลี่ย

6. การทดสอบค่าความเหนียวจากแรงดัดกระแทก (impact bending) ใช้ไม้ตัวอย่างขนาด 2x2 ซม ยาว 30 ซม เข้าเครื่องทดสอบแรงดัดกระแทกยี่ห้อ MOHR & FEDERHAFF AG โดยวางไม้ตัวอย่างบนฐานรองห่างกัน 24 ซม แล้วปล่อยลูกตุ้มน้ำหนัก (pendulum) ฟาดบนไม้ ณ จุดกึ่งกลางไม้ โดยให้ด้านรัศมีรับแรง ค่าที่ได้บนหน้าตัด จะเป็นงานที่ทำให้ไม้หัก หน่วยเป็น กก-ม

## ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

การศึกษาคูณสมบัติของไม้ป่าชายเลน ได้แก่ หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) จากจังหวัดสตูลได้ค่ากลสมบัติในสภาวะแห้งและสภาวะเปียกรวมทั้งคำนวณค่ากลสมบัติที่ระดับความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ได้ผลการศึกษา ดังนี้ (Table 1)

### 1. ความแข็งแรง (Strength)

#### 1.1 มอดุลัสแตกร้าว (Modulus of Rupture: MOR)

ก) สภาวะเปียก

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 47.4 และ 42 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 4.65 และ 4.12 เมกะปาสคาล

ข) สภาวะแห้ง

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.)  
เท่ากับ 63.9 และ 48.3 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 6.27 และ 4.74 เมกะปาสคาล

ค) ที่ระดับความชื้น 12%

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.)  
เท่ากับ 56.4 และ 46.2 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 5.53 และ 4.56 เมกะปาสคาล

## 1.2 มอดุลัสยืดหยุ่น (Modulus of Elasticity: MOE)

ก) สภาวะเปียก

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.)  
เท่ากับ 4,950 และ 4,900 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 485 และ 481 เมกะปาสคาล

ข) สภาวะแห้ง

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.)  
เท่ากับ 5,460 และ 5,040 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 535 และ 497 เมกะปาสคาล

ค) ที่ระดับความชื้น 12%

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.)  
เท่ากับ 5,390 และ 5,040 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 529 และ 497 เมกะปาสคาล

## 1.3 แรงอัดตั้งฉากเสี้ยน (Compression perpendicular to grain)

ก) สภาวะเปียก

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.)  
เท่ากับ 6.30 และ 5.37 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 0.618 และ 0.530 เมกะปาสคาล

ข) สภาวะแห้ง

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.)  
เท่ากับ 9.34 และ 7.72 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 0.916 และ 0.757 เมกะปาสคาล

ค) ที่ระดับความชื้น 12%

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.)  
เท่ากับ 8.19 และ 7.11 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 0.803 และ 0.697 เมกะปาสคาล

**Table 1.** แสดงค่าที่ได้จากการทดสอบกลสมบัติเชิงกลของไม้ป่าชายเลน

ชนิด	สภาวะ	การดัด (Static bending)		แรงอัดตั้งฉากกับเส้น	แรงอัดขนานกับเส้น	แรงเฉือนขนานกับเส้น	การดัดกระแทก Impact (กก.-ม.)	ความแข็ง Hardness (กก) N
		MOR	MOE	Com ⊥ grain MPa	Com//grain (กก/ซม <sup>2</sup> ) MPa	Shear // grain (กก/ซม <sup>2</sup> ) MPa		
		(กก/ซม <sup>2</sup> ) MPa	(กก/ซม <sup>2</sup> ) MPa					
หมัน (Man) ( <i>Cordia cochinchinensis</i> Pierre)	แห้ง	63.9	5,460	9.34	29.4	13.3	4.35	260
	4.67%	6.27	535	0.916	2.88	1.30		3,020
	เปียก	47.4	4,950	6.30	19.4	7.66	5.80	396
	73.31%	4.65	4.85	0.618	1.76	0.696		4,040
	12%	56.4	5,390	8.19	25.9	11.8	4.5	296
		5.53	529	0.803	2.54	1.16		3,020
ตาดุ่มทะเล (Tatum thale) ( <i>Excoecaria agallocha</i> L.)	แห้ง	48.3	5,040	7.72	26.17	10.4	0.70	170
	3.67%	4.74	497	0.757	2.57	1.02		1,730
	เปียก	42	4,900	5.37	18.3	6.93	3.98	299
	80%	4.12	481	0.530	1.79	0.680		3,050
	12%	46.2	5,040	7.11	25.8	9.5	1.32	170
		4.56	497	0.697	2.53	0.932		1,730

#### 1.4 แรงอัดขนานเสี้ยน (Compression parallel to grain)

ก) สภาวะเปียก

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 19.4 และ 18.3 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 1.76 และ 1.79 เมกะปาสคาล

ข) สภาวะแห้ง

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 29.4 และ 26.17 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 2.88 และ 2.57 เมกะปาสคาล

ค) ที่ระดับความชื้น 12%

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 25.9 และ 25.76 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 2.54 และ 2.53 เมกะปาสคาล

#### 1.5 แรงเฉือน (Shear parallel to grain)

ก) สภาวะเปียก

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 7.66 และ 6.93 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 0.696 และ 0.608 เมกะปาสคาล

ข) สภาวะแห้ง

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 13.3 และ 10.4 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 1.30 และ 1.02 เมกะปาสคาล

ค) ที่ระดับความชื้น 12%

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 11.8 และ 9.5 กก/ซม<sup>2</sup> หรือ 1.16 และ 0.932 เมกะปาสคาล

#### 2. การดัดกระแทก (Impact bending)

ก) สภาวะเปียก

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 5.8 และ 3.98 กก-ม

ข) สภาวะแห้ง

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 4.35 และ 0.70 กก-ม

ค) ที่ระดับความชื้น 12%

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 4.5 และ 1.32 กก-ม

### 3. ความแข็ง (Hardness)

ก) สภาวะเปียก

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 396 และ 299 กก หรือ 4,040 และ 3,050 นิวตัน

ข) สภาวะแห้ง

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 296 และ 170 กก หรือ 3,020 และ 1,730 นิวตัน

ค) ที่ระดับความชื้น 12%

หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) เท่ากับ 296 และ 170 กก หรือ 3,020 และ 1730 นิวตัน

### สรุปผล

จากการทดสอบหาค่ากลสมบัติของไม้ป่าชายเลน หมัน (*Cordia cochinchinensis* Pierre) และตาตุ่มทะเลขาว (*Excoecaria agallocha* L.) จัดอยู่ในประเภทไม้เนื้อแข็งอ่อนมาก (ค่ามอดุลัสต่ำกว่า 60 เมกะปาสคาล) ไม่เหมาะกับการเหมาะสำหรับเครื่องเรือนและเครื่องใช้และผลิตภัณฑ์ นอกจากการใช้เป็นเชื้อเพลิง

### ข้อเสนอแนะ

จากการหาค่ากลสมบัติของไม้ป่าชายเลนพบว่า ยังมีการศึกษาในประเทศไทยน้อยมาก และมีปัจจัยอื่นๆ ทำให้การวิจัยครั้งนี้บรรลุวัตถุประสงค์อันเนื่องมาจากข้อจำกัดในหลายๆ เรื่อง การหาตัวอย่างไม้ เทคนิคการแปรรูป ปริมาณไม้ที่ใช้ทดสอบ เวลา และสถานที่ต่างๆ จากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำให้พบว่า ไม้ป่าชายเลน มีค่ากลสมบัติที่แปรผันตามอายุและชนิดของไม้ และควรมีการจำแนก เช่น คุณสมบัติ หรือ ความเหมาะสมของไม้ ดังนั้นการจัดจำแนกความทนทานของไม้ป่าชายเลนจะต้องดำเนินการต่อไปในอนาคต เพื่อจะได้ปรับปรุงคุณภาพไม้ป่าชายเลนดังกล่าวให้สามารถนำมาประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม



## เอกสารอ้างอิง

- กลุ่มงานพัฒนาผลผลิตป่าไม้. 2548. ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย. กรมป่าไม้, กรุงเทพมหานคร. 111 หน้า.
- เต็ม สมิตินันท์. 2544. ชื่อพรรณไม้แห่งประเทศไทย. กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. 809 หน้า.
- บุญนำ เกี่ยวข้อง และมยุรี ดวงเพชร. 2542. คู่มือปฏิบัติการเชิงกลของไม้. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 99 หน้า.
- พงศ์ โสโน สงคราม ตรังรัฐภูมิพิทย์ และศิริ เจือวิจิตรจันทร์. 2517. ปริมาณความชื้น การหดตัว ความถ่วงจำเพาะ และช่องว่างในไม้ไทย. กองวิจัยผลผลิตป่าไม้ กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. 56 หน้า.
- พงศ์ โสโน. 2516. กลสมบัติไม้ (อัดสำเนา). กองค้นคว้า กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. 12 หน้า.
- ราชบัณฑิตยสถาน. 2547. ศัพท์ป่าไม้ อังกฤษ-ไทย ไทย-อังกฤษ ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. ศักดิ์โสภากาการพิมพ์. กรุงเทพมหานคร. 640 หน้า.
- วิรัช ชื่นวาริน. 2533. สมบัติทางฟิสิกส์ของเนื้อไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร. 315 หน้า.
- ศักดิ์พิชิต จุลฤกษ์. 2544. กลสมบัติของไม้และการใช้ประโยชน์ไม้. สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร. 145 หน้า.
- Hiziroglu, S. 2004. Wood Properties. Department of Forest Products, Kasetsart University. Bangkok. 175 p.