

นิพนธ์ต้นฉบับ

การศึกษาคุณสมบัติและความคงขนาดของไม้สักตัดขยายระยะ

**Investigation of Properties and Dimensional Stability of Thinned Teak
(*Tectona grandis*)**กัจจาริณี ชำนาญกิจ^{1,2*}นิคม แหล่มสัก¹วิวัฒน์ หาญวงศ์จิรวัดน์¹Kanjarinee Chamnankit^{*}

Nikhom Laemsak

Wiwat Hanvongjirawat

คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Faculty of Forestry, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND

สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

Forest Research and Development Bureau, Royal Forest Department, Chatuchak, Bangkok 10900, THAILAND

*Corresponding Author, E-mail: kanjarinee.c@ku.th

รับต้นฉบับ 8 พฤษภาคม 2562

รับแก้ไข 11 มิถุนายน 2562

รับลงพิมพ์ 3 กรกฎาคม 2562

ABSTRACT

In this study, the mechanical properties and dimensional stability of thinning teak plantations which were 15 and 25 years old were examined. Teak trees were selected from the Forest Industry Organization located in Kanchaburi, Thailand. The specific gravity, moisture content, density, swelling and shrinkage of radial, tangential, and volumetric were measured. The mechanical properties were tested to determine the static bending, compression parallel and perpendicular to the grain, shear strength parallel to grain and hardness according to the ISO standard. Specimens were tested at three different positions, i.e., bottom, middle, and top of each position 120 cm in length and nested designs were used for the analysis of variance. The results were compared to the strength of sampled wood from various positions.

The results indicate that mechanical properties of 15 years old thinned teak were higher than 25 years old. Most properties were not statistically significant apart from the compression perpendicular to the grain and tangential section hardness. The strength of each position was statistically significant. The average strength of thinned 15 years old teak was ordered as being from the bottom, middle to the top of the stem. The densities were 655.86, 627.25, and 622.25 kg/m³ while the specific gravities were 0.59, 0.56. and 0.55, respectively. Mechanical properties such as modulus of rupture were 149.98, 139.33 and 132.87 MPa, modulus of elasticities were 12775.85, 12618.70 and 11857.68 MPa, compression parallel to the grain were 63.92, 62.95 and 61.17 MPa, compression perpendicular to the grain were 33.97, 26.46 and 26.40 MPa and the

shears strength were 12.79, 11.36 and 9.84 MPa. Meanwhile the longitudinal hardness were 6.50, 6.14 and 6.05 kN, tangential hardness were 6.76, 6.34, and 5.90 kN, while the radial hardness were 5.35, 5.49 and 5.11 kN, respectively. The average strength of the 25 years old thinned teak was ordered as being from the bottom, middle to the top of the stem. The densities were 617.88, 584.48 and 570.14 kg/m³, specific gravities of the oven dry weight were 0.54, 0.52 and 0.53, the mechanical properties such as modulus of rupture were 133.68, 131.21 and 125.36 MPa, modulus of elasticities were 13180.90, 13089.71 and 13825.30 MPa, compression parallel to the grain were 61.63, 59.96 and 58.97 MPa, compression perpendicular to the grain were 24.32, 21.96 and 21.22 MPa and shear strengths were 11.43, 10.67, and 10.25 MPa. Meanwhile the longitudinal hardness were 5.63, 4.73 and 4.46 kN, tangential hardness were 6.18, 4.87 and 4.08 kN, while the radial hardness were 5.21, 4.01 and 3.48 kN, respectively. The strengths of wood decreased with increasing positions and were statistically significant except for the compression parallel to grain.

The dimensional stability of 15 years old thinned teak was ordered as being from the bottom, middle, to the top of the stem. It was found that the radial swellings were 2.91%, 2.94% and 3.10%, tangential swellings were 4.41%, 4.80% and 6.10%, while the volumetric swellings were 7.46%, 8.05% and 9.20%. The radial shrinkages were 2.83%, 2.85% and 3.00%, tangential shrinkages were 4.22%, 4.57% and 5.72%, while the volumetric shrinkages were 6.93%, 7.44% and 8.42%, respectively. The dimensional stability of the 25 years old thinned teak was ordered as being from the bottom, middle to the top of the stem. The radial swelling s were 3.01%, 3.14% and 3.25%, tangential swellings were 4.84%, 5.52% and 5.79%, while the volumetric swellings were 8.00%, 8.83%, and 9.24%. The radial shrinkages were 2.92%, 3.04%, and 3.15%, tangential shrinkages were 4.62%, 5.22% and 5.47%, while the volumetric shrinkages were 7.40%, 8.10% and 8.44% respectively. Moreover, the dimensional stabilities of the 15 and 25 years old thinned teak were not significantly different and decreased with the stem height.

Keywords: *Tectona grandis*, Thinned teak, Mechanical properties, Dimensional stability

บทคัดย่อ

ในการศึกษาวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาค้นสมบัติเชิงกล และความคงทนของไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 และ 25 ปี จากสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ จังหวัดกาญจนบุรี โดยได้ทำการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะ ความหนาแน่น แรงดัดสถิตย์ แรงอัดขนานเส้น แรงอัดตั้งฉากเส้น แรงเฉือนขนานเส้น ความแข็ง รวมทั้งการหดและการขยายตัว ด้านรัศมี ด้านสัมผัส และตามปริมาตร โดยใช้วิธีทดสอบตามมาตรฐาน ISO (International Organization for Standardization) ได้ทำการทดสอบเนื้อไม้ที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ โคน ลำต้น และ ส่วนบน และวางแผนการทดลองแบบซ้อนซ้อน (nested designs) แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบความแข็งแรงของเนื้อไม้จากตำแหน่งต่าง ๆ

ผลการทดลองพบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีค่าความแข็งแรงโดยรวมสูงกว่าไม้สักตัดขยายระยะอายุ 25 ปี อย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ค่าแรงอัดตั้งฉากเส้นและค่าความแข็งด้านสัมผัส ซึ่งค่าความแข็งแรง

ที่ระดับความสูงต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความแข็งแรงเฉลี่ยของไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี เรียงจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน พบว่า มีค่าความหนาแน่น 655.86, 627.25 และ 622.25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความถ่วงจำเพาะ 0.59, 0.56 และ 0.55 ความต้านแรงดัด เท่ากับ 149.98, 139.33 และ 132.87 เมกะปาสกาล โมดูลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 12775.85, 12618.70 และ 11857.68 เมกะปาสกาล แรงอัดขนานเส้น เท่ากับ 63.92, 62.95 และ 61.17 เมกะปาสกาล แรงอัดตั้งฉากเส้น เท่ากับ 33.97, 26.46 และ 26.40 เมกะปาสกาล แรงเฉือนขนานเส้น เท่ากับ 12.79, 11.36 และ 9.84 เมกะปาสกาล ความแข็งด้านหน้าตัด 6.50, 6.14 และ 6.05 กิโลนิวตัน ความแข็งด้านสัมผัส เท่ากับ 6.76, 6.34 และ 5.90 กิโลนิวตัน ความแข็งด้านรัศมี 5.53, 5.49 และ 5.11 กิโลนิวตัน ตามลำดับ และค่าความแข็งแรงเฉลี่ยของไม้สักตัดขยายระยะอายุ 25 ปี เรียงจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน พบว่า มีค่าความหนาแน่น 617.88, 584.48 และ 570.14 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ความถ่วงจำเพาะที่สภาวะอบแห้ง 0.54, 0.52 และ 0.53 ความต้านแรงดัด เท่ากับ 133.68, 131.21 และ 125.36 เมกะปาสกาล โมดูลัสยืดหยุ่น เท่ากับ 13180.90, 13089.71 และ 13825.30 เมกะปาสกาล แรงอัดขนานเส้น เท่ากับ 61.63, 59.96 และ 58.97 เมกะปาสกาล แรงอัดตั้งฉากเส้น เท่ากับ 24.32, 21.96 และ 21.22 เมกะปาสกาล แรงเฉือนขนานเส้น เท่ากับ 11.43, 10.67 และ 10.25 เมกะปาสกาล ความแข็งด้านหน้าตัด 5.63, 4.73 และ 4.46 กิโลนิวตัน ความแข็งด้านสัมผัส เท่ากับ 6.18, 4.87 และ 4.08 กิโลนิวตัน ความแข็งด้านรัศมี 5.21, 4.01 และ 3.48 กิโลนิวตัน ตามลำดับ ค่าความแข็งแรงของเนื้อไม้ลดลงตามลำดับความสูงของลำต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ยกเว้น ค่าแรงอัดขนานเส้น

ค่าความคงทนของไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี เรียงจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน พบว่า มีค่าการขยายตัวด้านรัศมีอยู่ที่ร้อยละ 2.91, 2.94 และ 3.10 การขยายตัวด้านสัมผัสร้อยละ 4.41, 4.80 และ 6.10 การขยายตัวตามปริมาตรร้อยละ 7.46, 8.05 และ 9.20 ค่าการหดตัวด้านรัศมีอยู่ที่ร้อยละ 2.83, 2.85 และ 3.00 การหดตัวด้านสัมผัสร้อยละ 4.22, 4.57 และ 5.72 การหดตัวตามปริมาตรร้อยละ 6.93, 7.44 และ 8.42 ตามลำดับ และค่าความคงทนของไม้สักตัดขยายระยะอายุ 25 ปี เรียงจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน พบว่า มีค่าการขยายตัวด้านรัศมีอยู่ที่ร้อยละ 3.01, 3.14 และ 3.25 การขยายตัวด้านสัมผัสร้อยละ 4.84, 5.52 และ 5.79 การขยายตัวตามปริมาตรร้อยละ 8.00, 8.83 และ 9.24 ค่าการหดตัวด้านรัศมีอยู่ที่ร้อยละ 2.92, 3.04 และ 3.15 การหดตัวด้านสัมผัสร้อยละ 4.62, 5.22 และ 5.47 การหดตัวตามปริมาตรร้อยละ 7.40, 8.10 และ 8.44 ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่า ค่าความคงทนของไม้สักทั้งสองช่วงอายุมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อพิจารณาในแต่ละระดับความสูงภายในต้นเดียวกันพบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยค่าความคงทนจะลดลงเมื่อตำแหน่งของเนื้อไม้สูงขึ้น

คำสำคัญ: ไม้สัก ไม้สักตัดขยายระยะ สมบัติเชิงกล ความคงทน

คำนำ

ในอดีตจวบจนปัจจุบันไม้สักเป็นไม้ที่ได้รับความนิยมและมีการใช้งานกันอย่างแพร่หลาย ทั้งใช้เป็นไม้โครงสร้าง และเป็นส่วนประกอบในการผลิตเครื่องเรือน รวมทั้งการประดับตกแต่งอาคารบ้านเรือนหรือแม้กระทั่งนำมาทำเป็นอุปกรณ์เครื่องใช้ต่างๆ เนื่องจากไม้สักเป็นไม้ที่มีผลผลิตสวยงามมีสีเหลืองทองถึง

สีน้ำตาล เส้นตรง อีกทั้งยังมีความแข็งแรง สามารถใช้งานได้ยาวนานตามธรรมชาติสูงมากกว่า 10 ปี (Royal Forest Department, 2006) ทนต่อศัตรูทำลายไม้ได้ดี แต่อายุของไม้สักที่จะนำมาใช้ประโยชน์โดยทั่วไปนั้นต้องมีอายุมากกว่า 30 ปี ซึ่งเป็นระยะเวลานานในการทำสวนป่าไม้สักนั้นระหว่างที่รอให้ไม้สักเติบโตเต็มที่จะต้องมีการตัดขยายระยะซึ่งเป็นการปฏิบัติทาง

วนวัฒน์ในการจัดการสวนป่าเพื่อให้เกิดผลผลิตที่มีปริมาณและคุณภาพตามต้องการ (Gunthasorn *et al.*, 2011) โดยการนำต้นสักบางส่วนออกเพื่อให้ต้นที่คงอยู่เจริญได้อย่างเต็มที่ สำหรับการปลูกไม้สัก การตัดขายระยะครั้งแรก ต้นสักที่ได้จะมีขนาดเล็ก ราคาต่ำ ผู้ปลูกสวนป่าส่วนมากไม่ทำการตัดขายระยะครั้งที่ต้นไม้ขึ้นหนาแน่นมาก ส่งผลเสียต่อการเติบโตของสักทั้งหมด (Pusudsavang, 2010) ในการตัดขายระยะบางครั้งอาจขายไม้ค้ำกับค่าใช้จายเนื่องจากไม้ยังมีขนาดเล็ก ไม่เป็นที่ต้องการของตลาด (Forest Industry Organization, 2005) ปัจจุบันไม้สักที่ได้จากการตัดขายระยะส่วนใหญ่นิยมนำมาใช้งานเป็นไม้เสากลม และบ้านไม้ปึกไม้ (log cabin) และผลิตภัณฑ์ไม้ขนาดเล็ก รวมทั้งมีการใช้งานเป็นส่วนประกอบของบ้าน เช่น กรอบประตู หน้าต่าง (Djati *et al.*, 2015)

เพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าของไม้สักตัดขายระยะจึงมีแนวคิดในการนำไม้สักที่ได้จากการตัดขายระยะมาใช้ประโยชน์อย่างไรก็ตามการที่จะนำไม้สักตัดขายระยะมาใช้ประโยชน์ได้อย่างมีประสิทธิภาพนั้น จำเป็นต้องทำการศึกษาวิจัยถึงค่าคุณสมบัติเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับการนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยค่าคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) มีความสำคัญต่อการนำไปใช้ประโยชน์เนื่องจากเป็นค่าที่บ่งบอกถึงประสิทธิภาพและความแข็งแรงของไม้ (Jerrold, 1994) คุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) เป็นค่าความต้านทานสูงสุดของไม้ในการรับน้ำหนัก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของไม้ ไม้ แร่และระยะเวลาในการรับแรง เนื่องจากไม้เป็นวัสดุที่คุณสมบัติแตกต่างกันทุกทิศทาง (anisotropic) ค่าคุณสมบัติในแต่ละด้านจึงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (Jerrold, 1994) ความคงขนาด (dimensional stability) มีความสำคัญอย่างมากในการใช้งานผลิตภัณฑ์จากไม้ เนื่องจากการดูดความชื้นเป็นคุณสมบัติที่โดดเด่นที่สุด

อย่างหนึ่งของไม้และผลิตภัณฑ์ไม้ทุกชนิดจะดูดซับและลดความชื้นจากอากาศรอบ ๆ จนกว่าจะมีความชื้นสมดุลระหว่างความชื้นของไม้และของสภาพแวดล้อมโดยรอบ (Roger, 2007) ซึ่งเกิดจากการสูญเสียความชื้นและการดูดซับความชื้นซึ่งอาจทำให้ขนาดของไม้เกิดการเปลี่ยนแปลงไป (Lothar and Alexander, 2013) มีผลต่อสภาพและอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์จากไม้

เพื่อเป็นการใช้ประโยชน์ไม้สักตัดขายระยะให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด งานวิจัยนี้จึงได้ทำการศึกษาไม้สักตัดขายระยะอายุ 15 ปี และอายุ 25 ปี จากสวนป่าขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ โดยทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของไม้ ได้แก่ ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ คุณสมบัติเชิงกล ได้แก่ แรงดัดลัดยัด แรงอัดขนาน ลื่นแรงอัดตั้งฉาก ลื่นแรงเฉือนขนาน ลื่น และความแข็ง สมบัติด้านความคงขนาด ได้แก่ การหดและการขยายตัวทางด้านรัศมี ด้านสัมผัส และตามปริมาตร ระหว่างไม้สักที่ได้จากการตัดขายระยะสองช่วงอายุ โดยทำการสุ่มเลือกไม้ในแต่ละต้นทำการทดสอบที่ระดับความสูงแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ โคน ลำต้น และส่วนบน ค่าคุณสมบัติต่าง ๆ ที่ได้จากการทดสอบทำให้ทราบถึงสมบัติของเนื้อไม้ในส่วนต่าง ๆ ของลำต้น เพื่อเป็นแนวทางในการพิจารณาเลือกใช้ประโยชน์ไม้สักตัดขายระยะให้มีความเหมาะสมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

สุ่มเลือกไม้สักขององค์การอุตสาหกรรมป่าไม้จากสวนป่าไทรโยค 2 จังหวัดกาญจนบุรี อายุ 15 ปี และ 25 ปี อย่างละ 2 ต้น โดยทำการโค่นไม้สักสูงจากพื้นดินประมาณ 10 เซนติเมตร แล้วดำเนินการตัดเป็นท่อน ที่ระดับความสูงของลำต้นแตกต่างกัน 3 ระดับ คือ 10, 130 และ 250 เซนติเมตร แต่ละท่อนมีความยาว 120 เซนติเมตร

การเตรียมตัวอย่าง

1. นำท่อนไม้สักในสภาวะสดมาแปรรูปและทำการผึ่งไม้ให้ได้ความชื้นอยู่ในช่วงร้อยละ 10-15 ใช้สำหรับตัดชิ้นทดสอบ

2. ตัดชิ้นทดสอบตามมาตรฐาน ISO (International Organization for Standardization) โดยการสุ่มสำหรับในการทดสอบคุณสมบัติเชิงกลแต่ละสมบัติ ใช้ชิ้นทดสอบจำนวน 20 ชิ้น และสำหรับทดสอบความคงขนาดใช้ชิ้นทดสอบจำนวน 12 ชิ้น วัดขนาดและชั่งน้ำหนักชิ้นทดสอบแต่ละชิ้นพร้อมบันทึกผล

3. นำชิ้นทดสอบสำหรับทดสอบคุณสมบัติเชิงกลปรับสภาวะที่อุณหภูมิ 20 ± 2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65 ± 3 จนน้ำหนักคงที่

การทดสอบคุณสมบัติ

ทำการคุณสมบัติทางกายภาพ (physical properties) คุณสมบัติเชิงกล (mechanical properties) และความคงขนาด (dimensional stability) ตามมาตรฐาน ISO โดยตัดชิ้นทดสอบดังแสดงใน Table 1 โดยใช้เครื่องทดสอบสากล (universal testing machine) สำหรับทดสอบค่าคุณสมบัติเชิงกล

Table 1 Dimensions of tested samples and standard followed for the tests.

Test type	Sample dimension (mm)	Standard reference
	width × thickness × length	
Moisture content	20 × 20 × 25	ISO 3130
Density	20 × 20 × 25	ISO 3131
Specific gravity	20 × 20 × 25	ISO 3131
Modulus of rupture (MOR)	20 × 20 × 300	ISO 13061-3
Modulus of elasticity (MOE)	20 × 20 × 300	ISO 13061-4
Compression stress parallel to grain	20 × 20 × 60	ISO 13061-17
Compression stress perpendicular to grain	20 × 20 × 60	ISO 3132
Shearing stress parallel to grain	20 × 20 × 20	ISO 3347
Hardness	50 × 50 × 50	ISO 13061-12
Radial and tangential shrinkage	20 × 20 × 30	ISO 13061-13
Volumetric shrinkage	20 × 20 × 30	ISO 13061-14
Radial and tangential swelling	20 × 20 × 30	ISO 13061-15
Volumetric swelling	20 × 20 × 30	ISO 13061-16

การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การวิจัยนี้ใช้แผนการทดลองแบบซ้อนซ้อน (nested designs) วิเคราะห์ความแปรปรวน Analysis of Variance: ANOVA โดยใช้ไม้สักตัดขายระยะอายุ 15 ปี และ 25 ปี และทำการศึกษาตามระดับความสูง 3 ระดับ โดยใช้ชิ้นทดสอบ 20 ชิ้น ในแต่ละการทดสอบ วิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติของค่าคุณสมบัติทางกายภาพและคุณสมบัติเชิงกล

ผลและวิจารณ์

คุณสมบัติทางกายภาพ

1. ความหนาแน่น

จากการทดลองหาค่าความหนาแน่นที่ปริมาณความชื้นร้อยละ 10-13 พบว่า ไม้สักตัดขายระยะอายุ 15 ปี มีค่าความหนาแน่นเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน เท่ากับ 655.86, 627.25 และ 622.25 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ

25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 617.88, 584.48 และ 570.14 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 2 และเมื่อพิจารณาแต่ละระดับความสูงภายในต้นเดียวกันพบว่า ค่าความหนาแน่นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ Dwi *et al.* (2018) รายงานค่าความหนาแน่นของไม้สักอายุ 7-10 ปี และอายุ 40-60 ปี ในประเทศมาเลเซีย พบว่า มีค่าความหนาแน่นอยู่ที่ 472.00 และ 664.00 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ตามลำดับ

2. ความถ่วงจำเพาะ

จากการทดลองหาค่าความถ่วงจำเพาะที่สภาวะอบแห้งของไม้สักตัดขายระยะอายุ 15 ปี พบว่า มีค่าความถ่วงจำเพาะเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน เท่ากับ 0.59, 0.56 และ 0.55 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 0.54, 0.52 และ 0.53 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาแต่ละระดับความสูงภายในต้นเดียวกัน พบว่า ค่าความถ่วงจำเพาะมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ดังแสดงใน Table 2 ซึ่ง Miles and Smith (2009) รายงานว่า ความถ่วงจำเพาะของไม้จะแปรผันไปตามปัจจัยต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นอายุของไม้ ปริมาณความชื้น ตำแหน่งต่างๆ ภายในลำต้น รวมไปถึงที่ตั้งทางภูมิศาสตร์ สายพันธุ์ของต้นไม้ และเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก (diameter

at breast height: DBH) และ Seviset *et al.* (2017) ได้ทำการศึกษาค่าความถ่วงจำเพาะของไม้สักตัดขายระยะ อายุ 9 ปี เปรียบเทียบกับไม้สักจากป่าธรรมชาติที่อายุมากกว่า 30 ปี พบว่าค่าความถ่วงจำเพาะอยู่ที่ 0.52 และ 0.60 ตามลำดับ

ค่าความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะของไม้สักอายุ 25 ปี มีค่าสูงกว่าค่าดังกล่าวของไม้สักอายุ 15 ปี นั้นขึ้นอยู่กับลักษณะทางกายวิภาค และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ ซึ่ง Racero *et al.* (2015) กล่าวว่า ค่าความหนาแน่นอาจแปรผันได้ในสปีชีส์เดียวกันหรือแม้แต่ในต้นไม้เดียวกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสูงของลำต้นและตำแหน่งของเนื้อไม้ โดย Miranda *et al.* (2011) กล่าวว่า มีหลายการทดลองที่พบว่าสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของไม้สักอายุน้อยและไม้สักโตเต็มวัยมีความแตกต่างกันอย่างมาก โดยค่าคุณสมบัติที่แตกต่างกันของไม้สักสวนป่านั้น เกิดจากการได้รับผลกระทบจากการปฏิบัติทางวนวัฒนวิทยา ได้แก่ ระยะห่างของต้น การใส่ปุ๋ย การตัดขายระยะ การตัดแต่งกิ่ง รวมทั้งสภาพพื้นที่ปลูกและลักษณะภูมิอากาศซึ่งส่งผลต่อปัจจัย 5 ประการ ได้แก่ ปัจจัยทางกล กายภาพ ชีวภาพ ความสวยงามและโครงสร้างไม้ (Baillères and Durand, 2000)

Table 2 The average density and specific gravity of individual 15 and 25 year old thinned teak according to their height level.

Age (Years)	Height level	Diameter (cm)	Density (kg/m ³)	Specific gravity	n
			Avg. ± SD	Avg. ± SD	
15	Bottom	16.28	655.86 ± 25.40	0.59 ± 0.02	20
	Middle	15.63	627.25 ± 15.89	0.56 ± 0.01	20
	Top	14.15	622.25 ± 20.21	0.55 ± 0.02	20
25	Bottom	17.93	617.88 ± 18.34	0.54 ± 0.01	20
	Middle	16.56	584.48 ± 13.97	0.52 ± 0.01	20
	Top	15.28	570.14 ± 19.30	0.53 ± 0.02	20
F-Value between age			44.84*	51.69*	
F-Value between position			13.88**	9.52**	

Remarks: Sampled at heights above 10 cm (bottom), 130 cm (middle) and 250 cm (top)

Avg. = Average, SD = standard deviation, n = sample size

* significant difference (p<0.05), ** highly significant difference (p<0.01)

คุณสมบัติเชิงกล

1. การต้านแรงคด (MOR) เป็นค่าที่แสดงถึงขีดความสามารถในการรับน้ำหนักของไม้ จากการทดลองพบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีค่าเฉลี่ยการต้านแรงคดจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน อยู่ที่ 149.98, 139.33, 132.87 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 133.68, 131.21 และ 125.36 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 3 จะเห็นได้ว่าค่าการต้านแรงคดมีแนวโน้มลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งค่าการต้านแรงคดนี้อาจแตกต่างกันไปตามความหนาแน่นของเนื้อไม้ในแต่ละส่วน (Burdon *et al.*, 2001) โดย Miranda *et al.* (2011) ได้ทำการทดลองหาค่าการต้านแรงคดของไม้สักธรรมชาติอายุ 50-70 ปี จากติมอร์ พบว่า มีค่าอยู่ที่ 141.00 เมกะปาสกาล

2. โมดูลัสยืดหยุ่น (MOE) เป็นความสามารถ

ในการต้านการโก่งของไม้จากการทดลองพบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีค่าโมดูลัสยืดหยุ่นเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน เท่ากับ 12775.85, 12618.70 และ 11857.68 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 13180.90, 13089.71 และ 13825.30 เมกะปาสกาล ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าโมดูลัสยืดหยุ่นมีความแตกต่างกันในแต่ละระดับความสูงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ Izeke *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาค่า MOE ของไม้สักอายุ 15, 20 และ 25 ปี พบว่า มีค่าอยู่ที่ 6846.92, 9920.54 และ 12845.57 เมกะปาสกาล ตามลำดับ และกล่าวว่า ค่า MOE ที่สูงนั้นอาจเนื่องมาจากการเพิ่มขึ้นของวงปี (growth rings) และกลุ่มเซลล์ cambial ของไม้ที่โตเต็มที่ รวมทั้งอายุของไม้อีกด้วย และ Wayan *et al.* (2015) ได้ทำการศึกษาค่าโมดูลัสยืดหยุ่นของไม้สักธรรมชาติอายุ 40-60 ปี จากอินโดนีเซียพบว่า มีค่าอยู่ที่ 12759.00 เมกะปาสกาล

Table 3 The average modulus of rupture and modulus of elasticity of 15 and 25 years old thinned teak according to their height level.

Age (Years)	Height level	Density (kg/m ³)	Bending (MPa)		n
			MOR	MOE	
			Avg. ± SD	Avg. ± SD	
15	Bottom	662.57	149.98 ± 7.80	12775.85 ± 1063.88	20
	Middle	654.56	139.33 ± 8.19	12618.70 ± 1192.42	20
	Top	631.65	132.87 ± 15.50	11857.68 ± 1663.18	20
25	Bottom	625.25	133.68 ± 5.80	13180.90 ± 1358.38	20
	Middle	587.29	131.21 ± 9.48	13089.71 ± 3138.95	20
	Top	583.29	125.36 ± 12.11	13825.30 ± 1134.34	20
F-Value between age			13.69 ^{ns}	10.51 ^{ns}	
F-Value between position			5.43 ^{**}	3.30 ^{**}	

Remarks: Sampled at heights above 10 cm (bottom), 130 cm (middle) and 250 cm (top)

Avg. = Average, SD = Standard deviation, n = sample size

^{ns} non significant difference (p>0.05), ^{**} highly significant difference (p<0.01)

3. ความเค้นอัดขนานเสี้ยน เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเค้นของวัสดุซึ่งได้รับแรงอัดขนานกับเสี้ยนใช้ในการทดสอบขีดความสามารถในการรับน้ำหนักของ

ไม้ จากการทดลองพบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีค่าความเค้นอัดขนานเสี้ยนเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน เท่ากับ 63.92, 62.95 และ 61.17

เมกะปาสกาล ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 61.63, 59.96 และ 58.97 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4 โดย Izekor *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาค่าความเค้นอัดขนานของไม้สักสวนป่าอายุ 15, 20 และ 25 ปี พบว่า มีค่าอยู่ที่ 43.74, 58.47 และ 75.36 เมกะปาสกาล ตามลำดับ และ Thulasidas and Bhat (2012) ได้ทำการทดสอบความเค้นอัดขนานของไม้สักอายุ 35 ปี จากประเทศอินเดีย พบว่า มีค่าอยู่ที่ 60.60 เมกะปาสกาล ซึ่งมีค่าใกล้เคียงสอดคล้องกับงานวิจัยในครั้งนี้ โดยค่าความเค้นอัดขนานที่แตกต่างกันนั้นเกิดจากอายุของไม้ ตัวอย่างไม้ รวมทั้งตำแหน่งของเนื้อไม้

4. ความเค้นอัดตั้งฉากเส้น จากการทดลอง

พบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีค่าความเค้นอัดขนานเส้นเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน เท่ากับ 33.97, 26.46 และ 26.40 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 24.32, 21.96 และ 21.22 เมกะปาสกาล ตามลำดับ จาก Table 4 จะเห็นได้ว่า ค่าความเค้นอัดตั้งฉากเส้นลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้น และเมื่อพิจารณาในแต่ละระดับความสูงภายในต้นเดียวกัน พบว่า มีค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 Seviset *et al.* (2017) รายงานค่าความเค้นอัดตั้งฉากเส้นของไม้สักอายุ 9 ปี และไม้สักธรรมชาติอายุมากกว่า 30 ปี มีค่าอยู่ที่ 8.00 และ 22.92 เมกะปาสกาล ตามลำดับ

Table 4 The average compression strength of 15 and 25 years old thinned teak according to their height level.

Age (Years)	Height level	Value	Compression (MPa)		n
			Parallel to grain	Perpendicular to grain	
15	Bottom	Avg. $\pm$ SD	63.92 $\pm$ 3.60	33.97 $\pm$ 6.33	20
		Density	682.76	689.36	
	Middle	Avg. $\pm$ SD	62.95 $\pm$ 5.46	26.46 $\pm$ 2.27	20
		Density	626.20	637.655	
	Top	Avg. $\pm$ SD	61.17 $\pm$ 3.60	26.40 $\pm$ 4.91	20
		Density	624.825	628.075	
25	Bottom	Avg. $\pm$ SD	61.63 $\pm$ 4.76	24.32 $\pm$ 4.31	20
		Density	609.02	621.87	
	Middle	Avg. $\pm$ SD	59.96 $\pm$ 4.52	21.96 $\pm$ 2.39	20
		Density	582.93	585.73	
	Top	Avg. $\pm$ SD	58.97 $\pm$ 6.67	21.22 $\pm$ 2.82	20
		Density	579.33	583.10	
F-Value between age			7.41 ^{ns}	27.17*	
F-Value between position			0.81 ^{ns}	8.92**	

Remarks: Sampled at heights above 10 cm (bottom), 130 cm (middle) and 250 cm (top)

The unit of density is kg/m³

Avg. = Average, SD = Standard deviation, n = sample size

^{ns} non-significant difference (p>0.05), * significant difference (p<0.05), ** highly significant difference (p<0.01)

5. แรงเฉือนขนานเส้น ดังแสดงใน Table 5 จากการทดลองพบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีค่าแรงเฉือนเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน เท่ากับ 12.79, 11.36 และ 9.84 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 11.43, 10.67 และ 10.25 เมกะปาสกาล ตามลำดับ ซึ่งค่าแรงเฉือนมี

แนวโน้มลดลงเมื่อความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่ง Seviset *et al.* (2017) ได้ทำการทดสอบค่าแรงเฉือนของไม้สักอายุ 9 ปี เปรียบเทียบกับไม้สักจากป่าธรรมชาติอายุมากกว่า 30 ปี พบว่า มีค่าแรงเฉือนขนานเส้นอยู่ที่ 11.28 และ 13.00 เมกะปาสกาล ตามลำดับ

Table 5 The average shear strength of 15 and 25 years old thinned teak according to their height level.

Age (Years)	Height level	Density (kg/m ³)	Shear strength (MPa)	n
			Avg. $\pm$ SD	
15	Bottom	642.09	12.79 $\pm$ 1.49	20
	Middle	625.01	11.36 $\pm$ 1.06	20
	Top	617.99	9.84 $\pm$ 1.16	20
25	Bottom	598.75	11.43 $\pm$ 0.64	20
	Middle	571.14	10.67 $\pm$ 0.85	20
	Top	545.10	10.25 $\pm$ 1.13	20
F-Value between age			4.49 ^{ns}	
F-Value between position			16.89 ^{**}	

Remarks: Sampled at heights above 10 cm (bottom), 130 cm (middle) and 250 cm (top)

The unit of density is kg/m³

Avg. = Average, SD = Standard deviation, n = sample size

^{ns} non-significant difference (p>0.05), ^{**} highly significant difference (p<0.01)

6. ค่าความแข็ง

6.1 ค่าความแข็งด้านหน้าตัด จากการทดลองพบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีความแข็งด้านหน้าตัดเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน เท่ากับ 6.50, 6.14 และ 6.05 กิโลนิวตัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.63, 4.73 และ 4.46 กิโลนิวตัน ตามลำดับ

6.2 ค่าความแข็งด้านสัมผัส จากการทดลองพบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีความแข็งด้านสัมผัสเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน เท่ากับ 6.76, 6.34 และ 5.90 กิโลนิวตัน ตามลำดับ ซึ่งมี

ความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 6.18, 4.87 และ 4.08 กิโลนิวตัน ตามลำดับ

6.3 ค่าความแข็งด้านรัศมี จากการทดลองพบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีความแข็งด้านรัศมีเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน เท่ากับ 5.53, 5.49 และ 5.11 กิโลนิวตัน ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 5.12, 4.01 และ 3.48 กิโลนิวตัน ตามลำดับ

จาก Table 6 เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ค่าความแข็งที่ตำแหน่งต่างกันมีความแตกต่างกัน

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดย Josue and Imiyabir (2011) ได้ทำการศึกษาค่าความแข็งแรงของไม้สักอายุ 15 ปี ในประเทศมาเลเซีย พบว่า มีค่าความแข็งด้านสัมผัสและด้านรัศมีอยู่ที่ 4.11 และ 3.99

กิโตนัดัน ตามลำดับ ซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าทดลองที่ได้พบว่ามีความน้อยกว่าไม้สักอายุ 15 ปี ที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้

Table 6 The average hardness of individual height 15 and 25 years old thinned teak according to their height level.

Age (Years)	Height level	Density (kg/m ³)	Hardness (kN)			n
			Longitudinal	Radial	Tangential	
			Avg. $\pm$ SD	Avg. $\pm$ SD	Avg. $\pm$ SD	
15	Bottom	652.43	6.50 $\pm$ 0.55	5.35 $\pm$ 0.60	6.76 $\pm$ 0.54	20
	Middle	614.03	6.14 $\pm$ 0.55	5.49 $\pm$ 0.51	6.34 $\pm$ 0.81	20
	Top	610.16	6.05 $\pm$ 0.39	5.11 $\pm$ 0.49	5.90 $\pm$ 0.77	20
25	Bottom	624.05	5.63 $\pm$ 1.05	5.21 $\pm$ 0.74	6.18 $\pm$ 0.51	20
	Middle	575.02	4.73 $\pm$ 1.29	4.01 $\pm$ 0.73	4.87 $\pm$ 0.77	20
	Top	567.18	4.46 $\pm$ 1.09	3.48 $\pm$ 0.58	4.08 $\pm$ 0.56	20
F-Value between age			0.53 ^{ns}	7.95 ^{ns}	36.92*	
F-Value between position			7.19**	19.38**	16.48**	

Remarks: Sampled at heights above 10 cm (bottom), 130 cm (middle) and 250 cm (top)

Avg. = Average, SD = Standard deviation, kN = kilonewtons, n = sample size

^{ns} non-significant difference (p>0.05), * significant difference (p<0.05), ** highly significant difference (p<0.01)

จากผลการทดลองค่ากลสมบัติของไม้สักที่แตกต่างกันนั้นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงเชิงกลของไม้สักคือ ตำแหน่ง ทำเลที่ตั้ง ลักษณะพื้นที่ปลูกที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อโครงสร้างและลักษณะทางกายวิภาคของไม้สัก ซึ่งส่งผลให้มีความแข็งแรงแตกต่างกัน ส่วนปัจจัยอื่นๆ เช่น ตำแหน่งตามแนวแกน (โคนต้น ส่วนตรงกลาง และส่วนบนของลำต้น) ส่วนตำแหน่งตามแนวรัศมีของกระพี้และแก่น ไม้ นั้นไม่มีผลต่อสมบัติเชิงกลอย่างมีนัยสำคัญ (Hardiyanto and Prayitno, 2006)

ความคงขนาด

เป็นค่าที่บ่งบอกถึงการหดและขยายตัวของไม้ ซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นในผนังเซลล์จากการทดลองการหดและขยายตัวทางด้านรัศมี ด้าน

สัมผัส และตามปริมาตร ของไม้สักอายุ 15 และ 25 ปี จาก Table 7, Figure 1 และ Figure 2 พบว่า

1. การขยายตัว จากการทดลองวัดการขยายตัวของไม้ที่ความชื้นเฉลี่ยเริ่มต้นร้อยละ 12 จนถึงสภาวะสด (มีความชื้นเหนือจุดหมาดที่ร้อยละ 25-30) พบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีค่าการขยายตัวเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน ของด้านรัศมีร้อยละ 2.91, 2.94 และ 3.10 ตามลำดับ การขยายตัวด้านสัมผัสร้อยละ 4.41, 4.80 และ 6.100 ตามลำดับ การขยายตัวตามปริมาตร ร้อยละ 7.46, 8.05 และ 9.20 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับ ไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการขยายตัวด้านรัศมี ร้อยละ 3.01, 3.14 และ 3.25 ตามลำดับ การขยายตัวด้าน

สัมพัทธ์ร้อยละ 4.84, 5.52 และ 5.79 ตามลำดับ การขยายตัวตามปริมาตรร้อยละ 8.00, 8.83 และ 9.24 ตามลำดับ

2. การหดตัว สำหรับขึ้นทดสอบการหดตัวของไม้ความชื้นเริ่มต้นร้อยละ 12 (มีความชื้นสมดุลกับบรรยากาศ) จากนั้นนำไปอบแห้งแล้ววัดการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น พบว่า ไม้สักตัดขยายระยะอายุ 15 ปี มีค่าการหดตัวเฉลี่ยจากโคนต้น ลำต้น และส่วนบน ของด้านรัศมี ร้อยละ 2.83, 2.85 และ 3.00 ตามลำดับ การหดตัวด้านสัมผัสร้อยละ 4.22, 4.57 และ 5.72 ตามลำดับ การหดตัวตามปริมาตร ร้อยละ 6.93, 7.44 และ 8.42 ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 25 ปี ซึ่งมีค่าเฉลี่ยการหดตัวด้านรัศมี ร้อยละ 2.92, 3.04 และ 3.15 ตามลำดับ การหดตัวด้านสัมผัสร้อยละ 4.62, 5.22 และ 5.47 ตามลำดับ การหดตัวตามปริมาตร ร้อยละ 7.40, 8.10 และ 8.44 ตามลำดับ

การขยายและหดตัวของเนื้อไม้เมื่อเทียบด้านรัศมีและด้านสัมผัส พบว่า ด้านสัมผัสมีค่าสูงกว่าด้านรัศมี และเมื่อระดับความสูงของเนื้อไม้เพิ่มขึ้นค่าการขยายและหดตัวจะเพิ่มมากขึ้น กล่าวคือมีค่าความคงขนาดจะลดลง เมื่อเปรียบเทียบทางสถิติ พบว่า ค่า

การขยายและหดตัวของเนื้อไม้ที่ตำแหน่งต่างกันมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดย Chunwarin (1990) รายงานค่าการหดตัวของไม้สักด้านรัศมี ด้านสัมผัส และตามปริมาตรร้อยละ 2.50, 5.20 และ 7.60 ตามลำดับ และ Miranda *et al.* (2011) ได้ทำการศึกษาค่าการหดตัวของไม้สักธรรมชาติอายุ 50-70 ปี พบว่า มีค่าการหดตัวด้านรัศมี ด้านสัมผัส และการหดตัวตามปริมาตร อยู่ที่ร้อยละ 3.50, 5.17 และ 7.60 ตามลำดับ

Reeb (2009) รายงานว่า ค่าการขยายและหดตัวของไม้ในด้านสัมผัสจะมากที่สุด รองลงมาคือ ด้านรัศมี และด้านตามยาว ค่าความคงขนาดหรือค่าการขยายและหดตัวนี้แม้ว่าจะตัดจากต้นเดียวกันก็มีความแตกต่างกัน ซึ่งจะแตกต่างกันตามความถ่วงจำเพาะของไม้ (Forest Product Laboratory, 1957) โดย Dwi *et al.* (2018) กล่าวว่า ปริมาณสารแทรกในเนื้อไม้ส่งผลต่อค่าความคงขนาดของไม้ ไม้ที่มีปริมาณสารแทรกสูงทำให้คุณสมบัติการดูดความชื้น (hygroscopic) ของไม้บางชนิดลดลง ซึ่งอาจเป็นปัจจัยที่ทำให้ความคงขนาดเพิ่มขึ้น ซึ่งไม้สักรอบตัดฟันต้นนั้นมีความการหดตัวไม่ด้อยกว่าเมื่อเทียบกับไม้สักอายุ 40-60 ปี (Wayan *et al.*, 2015)

Table 7 The average dimensional stability of 15 and 25 years old thinned teak according to their height level.

Age (Years)	Height level	Value	Swelling ¹ (%)			Shrinkage ² (%)			n
			Redial	Tangential	Volumetric	Redial	Tangential	Volumetric	
15	Bottom	Avg.	2.91	4.41	7.46	2.83	4.22	6.93	12
		SD	0.57	0.79	1.29	0.54	0.73	1.13	
	Middle	Avg.	2.94	4.80	8.05	2.85	4.57	7.44	12
		SD	1.04	0.71	1.14	0.98	0.65	0.98	
	Top	Avg.	3.10	6.10	9.20	3.00	5.72	8.42	12
		SD	0.52	1.82	0.9	0.49	1.61	0.75	
25	Bottom	Avg.	3.01	4.84	8.00	2.92	4.62	7.40	12
		SD	0.55	0.50	0.69	0.51	0.45	0.59	
	Middle	Avg.	3.14	5.52	8.83	3.04	5.22	8.10	12
		SD	0.73	0.86	1.40	0.68	0.77	1.25	
	Top	Avg.	3.25	5.79	9.24	3.15	5.47	8.44	12
		SD	0.55	0.93	1.49	0.51	0.84	1.18	
F-Value between age			0.44 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.58 ^{ns}	0.93 ^{ns}	0.72 ^{ns}	0.57 ^{ns}	
F-Value between position			5.11 ^{**}	8.68 ^{**}	4.22 [*]	5.04 ^{**}	8.49 ^{**}	4.17 [*]	

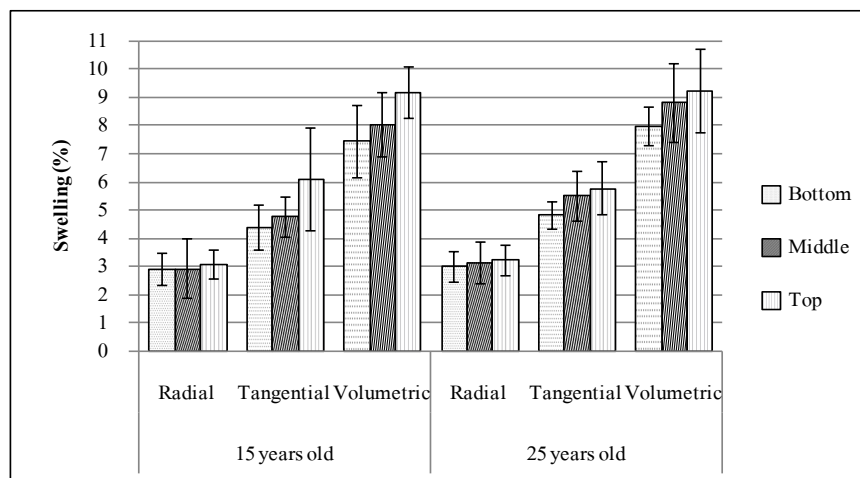
Remarks: ¹ Swelling of wood from moisture content of 12 % to fiber saturation point (25-30%)

² Shrinkage of wood from moisture content of 12% to oven dry weight

Sampled at heights above 10 cm (bottom), 130 cm (middle) and 250 cm (top)

Avg. = Average, SD = Standard deviation, n = sample size

^{ns} non-significant difference (p>0.05), ^{*} significant difference (p<0.05), ^{**} highly significant difference (p<0.01)

**Figure 1** Relationship between sections and average swelling of 15 and 25 years old thinned teak.

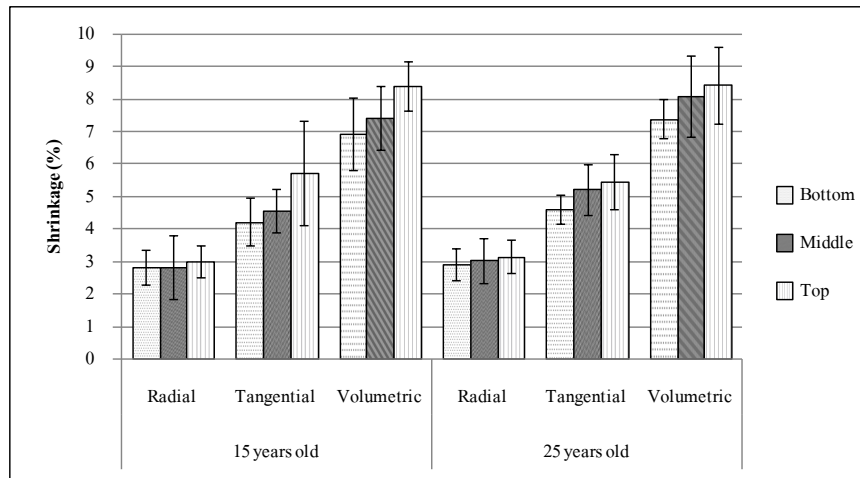


Figure 2 Relationship between sections and average shrinkage of 15 and 25 years old thinned teak.

สรุป

1. การศึกษาคุณสมบัติและความคงขนาดของไม้สักตัดขยายระยะ อายุ 15 และ 25 ปี จากผลการทดลองสรุปว่า ไม้สักตัดขยายระยะ อายุ 15 ปี มีค่ากลสมบัติเทียบเคียงได้กับไม้สักตัดขยายระยะ อายุ 25 ปี ยกเว้น ค่าแรงอัดตั้งฉากเสี้ยนและค่าความแข็งด้านสัมผัส โดยมีค่าความแข็งแรงลดลงตามลำดับความสูงของลำต้น คือ มีค่าความแข็งแรงสูงสุดที่ท่อนโคนและลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความคงขนาดของไม้สักตัดขยายระยะทั้ง 2 ช่วงอายุนั้นมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

2. ค่ากลสมบัติที่แตกต่างกันนั้นอาจเนื่องมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น สภาพภูมิอากาศลักษณะภูมิประเทศ ความลึกของดินหรือวิธีการทางวนวัฒนวิทยา รวมทั้งลักษณะทางกายวิภาค และองค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ซึ่งมีผลทำให้ความหนาแน่นของไม้ต่างกัน จึงทำให้ค่าคุณสมบัติของไม้สักในแต่ละช่วงอายุมีความแตกต่างกัน

3. จากการทดลองนี้พบว่า ไม้สักตัดขยายระยะ อายุ 15 ปี และ 25 ปี มีค่าความแข็งแรงบางประการแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติและมีประสิทธิภาพเทียบเคียงได้กับไม้สักที่ครบรอบตัดฟันจึงสามารถเลือก

ใช้ไม้สักช่วงอายุใดก็ได้แต่จะมีข้อจำกัดเรื่องขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและผลลวดลายของเนื้อไม้ หากต้องการใช้ไม้ที่มีหน้ากว้างหรือมีผลลวดลายของเส้นวงเค็ดโต ควรเลือกใช้ไม้ช่วงอายุที่มากกว่า

4. ในการศึกษาคุณสมบัติและความคงขนาดของเนื้อไม้มีความสำคัญอย่างมากในการนำไม้ไปใช้ประโยชน์ด้านต่าง ๆ ทั้งการใช้เป็นไม้โครงสร้างและเป็นผลิตภัณฑ์ไม้ซึ่งค่าคุณสมบัติดังกล่าวนี้จะสามารถทำให้เลือกใช้ไม้ได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพเนื่องจากคุณสมบัติของไม้มีความแปรผันกันในแต่ละระดับความสูงจึงต้องมีการพิจารณาเลือกใช้ไม้ตามการใช้งานที่แตกต่างกันออกไป การนำไม้แต่ละส่วนไปใช้ประโยชน์ควรเลือกให้มีความเหมาะสม หากต้องการใช้ประโยชน์สำหรับงานที่ต้องรับน้ำหนักเช่น เฟอร์นิเจอร์ ไม้พื้น ให้เลือกใช้ส่วนโคนต้นจนถึงกลางลำต้น และเลือกใช้ส่วนบนของลำต้นในการใช้งานที่รับน้ำหนักได้น้อยเช่น โต๊ะเอนกประสงค์ อุปกรณ์สำนักงาน อุปกรณ์เครื่องครัว เป็นต้น

คำนิยม

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่สวนป่าไทรโยค 2 องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้ที่เอื้อเฟื้อวัตถุดิบในการวิจัย

รวมทั้งฝ่ายอุตสาหกรรมวัสดุทดแทนไม้และกาวติดไม้
ส่วนพัฒนาอุตสาหกรรมไม้ สำนักวิจัยและพัฒนาการ
ป่าไม้ กรมป่าไม้ ที่เอื้อเพื่อสถานที่และเครื่องมือในการ
ทดสอบสมบัติเชิงกลของไม้

REFERENCES

- Baillères, H. and P.Y. Durand. 2000. Non-destructive techniques for wood quality assessment of plantation-grown teak. **Bois et Forêts des Tropiques** 263 (1): 17-29.
- Burdon, R.D., R.A.J Britton and G.B. Walford. 2001. Wood stiffness and bending strength in relation to density in four native provenances of *Pinus Radiata*. **New Zealand Journal of Forestry Science** 31(1): 130-146.
- Chunwarin, W. 1990. **Physical Properties of Wood**. Department of Forest Products, Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.
- Djati, I.D., T. Tauchi. M. Kubo and F. Terauchi. 2015. Sapwood of young teak from thinning as potential material for making products. **Bulletin of JSSD** 61(5): 77-86.
- Dwi, E.R., W. Darmawan, B. George, A. Merlin, S. Dumarcay, H. Chapuis, C. Gérardin, E. Gelhay, P. Raharivelomanana, R.K. Sari, W. Syafil, R. Mohamed and P. Gerardin. 2018. Comparison of teak wood properties according to forest management: Short versus long rotation. **Annals of Forest Science** 75: 39.
- Forest Industry Organization. 2005. **Teak plantation manual**. Available Source: <http://www.janjc84.com/ebook/1/mobile/index.html#p=1>, March 8, 2019.
- Forest Product Laboratory. 1957. Shrinking and Swelling of Wood in Use. **Information Reviewed and Reaffirmed. No. 736**.
- Gunthasorn, P., P. Prasomsin and K. Duangsathaporn. 2011. Growth of teak (*Tectona grandis* L.f.) in unthinned plantations. **Thai Journal Forestry** 30(1): 57-65.
- Hardiyanto, E.B. and T.A. Prayitno. 2006. **Present Utilization of Small-Diameter Teak Log from Community Teak Plantation in Java and Eastern Indonesia**. Technical Report ITTO PPD 121/06 Rev. 2(1). Indonesia.
- International Standard ISO 3130. 1975. **Wood – determination of moisture content for physical and mechanical tests**. 1st ed. Case postale 56, CH-1211, Geneva 20, Switzerland.
- _____. ISO 3131. 1975. **Wood – determination of density for physical and mechanical tests**. 1st ed. Geneva, Switzerland.
- _____. ISO 3132. 1975. **Wood – testing in compression perpendicular to grain**. 1st ed. Geneva, Switzerland.
- _____. ISO 3347. 1975. **Wood – determination of ultimate shearing stress parallel to grain**. 1st ed. Geneva, Switzerland.
- _____. ISO 13061-3. 2014. **Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 3: Determination of ultimate strength in static bending**. 1st ed. Geneva, Switzerland.
- _____. ISO 13061-4. 2014. **Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 4: Determination of modulus of elasticity in static bending**. 1st ed. Geneva, Switzerland.
- _____. ISO 13061-12. 2017. **Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 12: Determination of static hardness**. 1st ed. Geneva, Switzerland.

- _____. ISO 13061-13. 2016. **Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 13: Determination of radial and tangential shrinkage.** 1st ed. Geneva, Switzerland.
- _____. ISO 13061-14. 2016. **Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 14: Determination of volumetric shrinkage.** 1st ed. Geneva, Switzerland.
- _____. ISO 13061-15. 2017. **Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 15: Determination of radial and tangential swelling.** 1st ed. Geneva, Switzerland.
- _____. ISO 13061-16. 2017. **Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 16: Determination of radial and volumetric swelling.** 1st ed. Geneva, Switzerland.
- _____. ISO 13061-17. 2017. **Physical and mechanical properties of wood – Test methods for small clear wood specimens – Part 17: Determination of ultimate stress in compression parallel to grain.** 1st ed. Geneva, Switzerland.
- Izekor, D.N., J.A. Fuwape. and A.O. Oluyeye. 2010. Effect of density on variations in the mechanical properties of plantation grown *Tectona grandis* wood. **Archives of Applied Science Research** 2(6): 113-120.
- Jerrold, E.W. 1994. Wood properties. **Encyclopedia of Agricultural Science** 4: 549-561.
- Josue, J. and Z. Imiyabir. 2011. **Anatomical Features, Quality and Mechanical Properties of 15-Years-Old *Tectona grandis* (TEAK) Planted in Sabah.** ITTO project on improving utilization and value adding of plantation timbers from sustainable sources in Malaysia project no. PD 306/04 (1). Forest Research Institute Malaysia, Selangor Darul Ehsan.
- Lothar, C. and P. Alexander. 2013. Determination of dimensional stability of thermally modified beech and spruce wood. **Wood modification.**
- Miles, P.D. and W.B. Smith. 2009. Specific gravity and other properties of wood and bark for 156 tree species found in North America. **Res. Note NRS-38.** U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Northern Research Station, Newtown Square, PA.
- Miranda, I., M., V. Sousa. and H. Pereira. 2011. Wood properties of teak (*Tectona grandis*) from a mature unmanaged stand in East Timor. **Journal of Wood Science** 57: 171-178.
- Patrick, D.M. and S.W. Brad. 2009. Specific gravity and other properties of wood and bark for 156 tree species found in North America. **Northern Research Station: 1-35.**
- Pusudsavang, A. 2010. **Teak Economic Planting and Management for Agriculturist and Private Sector.** 2nd ed. *Aksornsiam Printing Service*, Bangkok.
- Racero, C.S.E., B.I.B Nieto and J.R.H. Ávila. 2015. Physical and mechanical properties of the wood used in indigenous housing of the Tuchín Township, Department of Cordoba, Colombia. **INGE CUC** 11: 99-108.
- Reeb, J.E. 2009. **Wood and Moisture Relationships.** **Oregon State Extension University Service.** Available Source: <http://catalog.extension.oregonstate.edu/em8600>, March 22, 2019.

- Roger, E.H. 2007. Swelling properties of hardwoods as affected by their extraneous substances, wood density, and interlocked grain. **Wood and Fiber Science** 39(1): 146-158.
- Royal forest department. 2006. **General Characteristics of Thai Timbers**. 3rd ed. *MONKOL* Part., Ltd. *Printing Service*, Bangkok.
- Seviset, S., T. Piromgran, U. Saributr, R. Porncharoen, K. Raerai and S. Charoensettasilp. 2017. Mechanical property of 9 years old thinning of teak plantation in Thailand. **MATEC Web of Conferences** 95: 03004.
- Thulasidas, P.K. and K.M. Bhat. 2012. Mechanical properties and wood structure characteristics of 35-year old home-garden teak from wet and dry localities of Kerala, India in comparison with plantation teak. **Journal of the Indian Academy of Wood Science** 9(1): 23-32.
- Wayan, D., D. Nandika., R. Kartikasari., A. Sitompul., I Rahayu. and D. Gardner. 2015. Juvenile and mature wood characteristics of short and long rotation teak in JAVA. **IAWA Journal** 36(4): 429-443.
-