

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของไม้ไผ่บางพันธุ์

A Study on Physical Characteristics of Some Bamboo

สิริน บุนนาค และ สุภกร บุญยีน

สาขาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

ธัญพิสิษฐ์ พวงจิก*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต

Sirin Bunnag and Supakorn Boonyuen

Department of Chemical, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Centre

Thanpisit Phuangchik*

Department of Agricultural Technology, Faculty of Science and Technology, Thammasat University, Rangsit Centre

Received: August 25, 2021 ; Accepted: September 27, 2021

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นเพื่อนำไปใช้งานก่อสร้างของไม้ไผ่ 6 พันธุ์ คือ ไผ่ชางนวล (*Dendrocalamus membranaceus* Munro) ไผ่ชางหม่น (*Dendrocalamus sericeus* Munro) ไผ่เปี๊ยะแม่ตะวอ (*Dendrocalamus copelandii*1) ไผ่มันหมู (*Dendrocalamus copelandii*2) ไผ่รวก (*Thyrsostachys siamensis*) และไผ่กิมชุง (*Bambusa beecheyana*) ที่มีอายุลำ 1 ปี 2 ปี และ 3 ปี โดยทำการตัดลำไผ่ช่วงกลางลำให้มีความยาวเท่ากันที่ 20 เซนติเมตร นำมาวัดขนาดและชั่งตัวอย่าง ทำการตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของไผ่ด้วยการหาปริมาณความชื้น ค่าการหดตัว และความหนาแน่น ผลการทดสอบ พบว่า ที่อายุลำ 1 ปี 2 ปี และ 3 ปี ไผ่ทุกพันธุ์ความหนาแน่นไม่มีความแตกต่างกัน โดยที่อายุลำ 1 ปี ไผ่ชางนวลมีความหนาแน่นสูงที่สุด 804.38 kg/m³ อีกทั้งไผ่ชางนวลยังมีปริมาณความชื้นและค่าการหดตัวน้อยที่สุด 8.42% และ 11.69% ตามลำดับ ที่อายุลำ 2 ปี ไผ่ชางนวลมีความหนาแน่นสูงที่สุด 736.66 kg/m³ ในขณะที่ไผ่กิมชุงมีปริมาณความชื้นและค่าการหดตัวน้อยที่สุด 8.23% และ 10.21% ตามลำดับ และที่อายุลำ 3 ปี ไผ่รวกมีความหนาแน่นสูงที่สุด 777.59 kg/m³ ไผ่กิมชุงมีปริมาณน้อยที่สุด 7.73% และไผ่ชางนวลมีค่าการหดตัวน้อยที่สุด 7.51% โดยไผ่ที่มีลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นที่ดีและเหมาะสมกับงานก่อสร้างคือ ไผ่ชางนวล ที่อายุลำ 1 ปี และ 2 ปี และไผ่รวก ที่อายุ 3 ปี

คำสำคัญ : ไผ่; ลักษณะทางกายภาพ; ความหนาแน่นของลำ

Abstract

The aim of this study was to study preliminary physical characteristics for construction of bamboo 6 varieties including Sang nuan bamboo (*Dendrocalamus membranaceus* Munro), Sang mon bamboo (*D. sericeus* Munro), Poe mae tawo bamboo (*D. copelandii*1), Man moo bamboo (*D. copelandii*2) Ruak bamboo (*Thyrsostachys siamensis*) and Kim sung bamboo (*Bambusa beecheyana*) at culm aged 1 year, 2 years and 3 years, by cutting the middle of the culm in the same length at 20 cm then weight and measure. Determine the physical characteristics of bamboo are including moisture, shrinkage and density. The results showed that there was no difference in density of each bamboo at culm age 1, 2 and 3 years. However, the *D. membranaceus* at culm age 1 year yield the highest density at 804.38 kg/m³, and the *D. membranaceus* had the lowest moisture content and shrinkage at 8.42% and 11.69%, respectively. The studied bamboo varieties at culm age 2 years *D. membranaceus* had the highest density at 736.66 kg/m³ Meanwhile, *B. beecheyana* had the lowest moisture content and shrinkage at 8.23% and 10.21%, respectively. The studied bamboo varieties at culm age 3 years *T. siamensis* had the highest density at 777.59 kg/m³, *B. beecheyana* had lowest moisture content at 7.73% and *D. membranaceus* had the lowest shrinkage at 7.51%. And the bamboo that had a good preliminary physical characteristic and suitable for construction was *D. membranaceus* at culm age 1 and 2 years and also *T. siamensis* at culm age 3 years.

Keywords: Bamboo; Physical characteristics; Culm density

1. บทนำ

จากความต้องการวัสดุก่อสร้างที่มีเพิ่มมากขึ้นเนื่องมาจากจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นในประเทศไทยที่เป็นประเทศกำลังพัฒนา ทำให้มีความต้องการโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นมารองรับกับจำนวนประชากร โดยยังคงต้องพึ่งพาการนำเข้าวัสดุก่อสร้าง เช่น เหล็กกล้า และ ไม้สำหรับก่อสร้าง เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปัญหานี้อาจส่งผลในระยะยาวอย่างไม่มีทางเลือกทั้งจากวัสดุก่อสร้างที่มีอยู่อย่างจำกัดในประเทศ (ไม้ก่อสร้าง) หรือ วัสดุบางชนิดที่จะต้องนำเข้ามา (เหล็กกล้า หรือ โลหะอื่นๆ) แต่ในปัจจุบันได้มีการนำวัสดุหมุนเวียนมาใช้ทดแทนไม้ก่อสร้างและเหล็กกล้าได้ (Javadian *et al.*, 2019) ไม้เป็นวัสดุหมุนเวียนที่มีอยู่ในธรรมชาติและได้รับความสนใจอย่างยิ่งในปัจจุบัน ในการ

นำมาใช้เป็นเส้นใยเสริมแรงในวัสดุก่อสร้าง ไม้เป็นพืชที่โตเร็ว ราคาไม่แพง มีความคงทนในการก่อสร้างเมื่อผ่านการแช่น้ำยากันมอด หรือปลวก และมีความสวยงามเป็นธรรมชาติ โดยการปลูกและขั้นตอนทางอุตสาหกรรมส่งผลให้ไม้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นเหมาะสำหรับการนำไปใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง (Javadian *et al.*, 2019) อีกทั้งในงานหัตถกรรมไม้ยังสามารถนำมาใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ และสินค้าอื่นๆ ซึ่งมีความทันสมัยและมีความต้องการสูง จากการรายงานของ Xing *et al.* (2015) ไม้จัดว่าเป็นทางเลือกที่ดีที่สุดในการนำมาใช้แทนไม้ก่อสร้าง เพราะไม้มีความแข็งแรงสูง จากการรายงานของ Krause and Ghavami (2009) พบว่า ลักษณะที่เป็นวงรอบของไม้แสดงถึงคุณสมบัติทางกลที่ดี ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมก่อสร้างและ

สามารถช่วยลดความต้องการการใช้เหล็กกล้าได้ เนื่องจากไม้จะมีความยืดหยุ่นสูงกว่าเหล็ก สามารถรับน้ำหนักได้ดี รวมถึงไม้มีลักษณะเป็นทรงกระบอกกลวง น้ำหนักเบา เป็นวัสดุประกอบที่เหมาะสมสำหรับใช้เป็นองค์ประกอบค้ำยันในการก่อสร้าง และเนื่องจากไม้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้อย่างหลากหลาย คุณสมบัติในด้านต่างๆ ที่จะนำมาใช้ประโยชน์ จึงมีความแตกต่างกันไป โดยไม้แต่ละชนิดจะมีความเหมาะสมกับงานแต่ละอย่างมากน้อยไม่เหมือนกัน เช่น ในงานก่อสร้าง ต้องคำนึงถึงความแข็งแรง ที่สามารถตรวจสอบด้วยลักษณะทางกายภาพ คือ แรงดัด (Bending) แรงอัด (compressive) แรงดึง (tensile) และแรงเฉือน (shear) (ซึ่งเป็นการทดสอบขั้นสูง) ส่วนความทนทาน จะสามารถตรวจสอบได้ด้วยความหนาแน่นของไม้ ในประดิษฐ์กรรม เครื่องเรือน หรือส่วนประกอบเครื่องจักรกล ซึ่งต้องการความสวยงาม และแนบเนียนในการเข้าไม้ อาจต้องคำนึงถึงลวดลายของไม้ การหด หรือการพองตัว ความยากง่ายในการไสกบตบแต่ง ตลอดจนการลงน้ำมัน ในการทำลึงไม้ของ เราอาจคำนึงถึงความหนักเบา ที่สามารถตรวจสอบด้วยความถ่วงจำเพาะ และปริมาณความชื้น (Thai junior encyclopedia project, 2006) จึงมีความจำเป็นต้องเข้าใจลักษณะทางกายภาพพื้นฐานของไม้เพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ซึ่งไม้แต่ละพันธุ์และอายุก็มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์ในการศึกษาลักษณะทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ความหนาแน่น และค่าการหดตัวของไม้ 6 พันธุ์ที่อายุ 1 ปี 2 ปี และ 3 ปี ในประเทศไทยร่วมกับอายุ เพื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นของไม้ไม้ที่ดีในการนำไปใช้ใน งานก่อสร้าง

2. วิธีการ

2.1 การวางแผนการทดลอง

ในปีที่ 1 ทำการตัดป้ายอายุที่หน่อไม้ของไม้ 6 พันธุ์ ได้แก่ ไม้กิมซุง (*Bambusa beecheyana* Munro) ไม้ชางนวล (*Dendrocalamus membranaceus* Munro) ไม้ชางหม่น (*Dendrocalamus sericeus* Munro) ไม้เปาะแม่ตะวอ [*Dendrocalamus copelandii*1 (Gamble ex Brandis) N.H. Xia & Stapleton] ไม้มันหมู [*Dendrocalamus copelandii*2 (Gamble ex Brandis) N.H. Xia & Stapleton] และไม้รวก (*Thyrsostachys siamensis* Gamble) เมื่อหน่อไม้มีความสูงประมาณ 30 เซนติเมตร (cm) จากนั้นในปีที่ 2 และ ปีที่ 3 ก็ทำเช่นเดียวกันกับปีที่ 1 ก่อนเริ่มทำการทดลอง นำลำไม้แต่ละพันธุ์ที่ทราบอายุแล้วมาทำการเปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพต่าง ๆ ได้แก่ ปริมาณความชื้น ความหนาแน่น และค่าการหดตัวของไม้แต่ละพันธุ์ในแต่ละอายุ

2.2 การเตรียมตัวอย่าง

ทำการตัดลำไม้ (ในช่วงเดือนกันยายน) ให้สูงจากพื้นดิน 10 cm โดยจะเลือกลำไม้ที่มีขนาดความยาว 2 เมตร (m) จากนั้นนำมาตัดช่วงกลางลำให้มีความยาวเท่ากันที่ 20 cm

2.3 การศึกษาลักษณะทางกายภาพของไม้แต่ละพันธุ์และอายุ

2.3.1 การวัดขนาดและชั่งตัวอย่าง

นำตัวอย่างที่ทำการตัดให้มีขนาดที่เท่ากันแล้วมาชั่งน้ำหนักสด วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก (ด้านสัมผัส หรือ Tangential) 4 จุด วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 4 จุด ความหนา (ด้านรัศมี หรือ Radial) 4 จุด และความยาว (Longitudinal) 2 จุด ทำการคำนวณหาปริมาตรใน

แต่ละชั้น ทำการซังและวัดในสถานที่และเวลาเดียวกัน จนกว่าตัวอย่างจะแห้งลงตามสภาพอากาศภายนอกคือไม่มีน้ำหนักและขนาดคงที่ หลังจากนั้นนำตัวอย่างไปอบในตู้อบที่อุณหภูมิ $103 \pm 2^\circ\text{C}$ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง หรือจนกว่าจะมีน้ำหนักคงที่ ทำการซังน้ำหนัก และวัดขนาดต่าง ๆ อีกครั้ง น้ำหนักที่ได้จะเป็นสภาพอบแห้ง (Sompoh et al, 2013) นำตัวอย่างที่ได้ไปหาปริมาณความชื้น ค่าการหดตัว และความหนาแน่นของไม้ (โดยจะทดสอบตาม ISO 22157-1:2004(E)) (Figure 1)

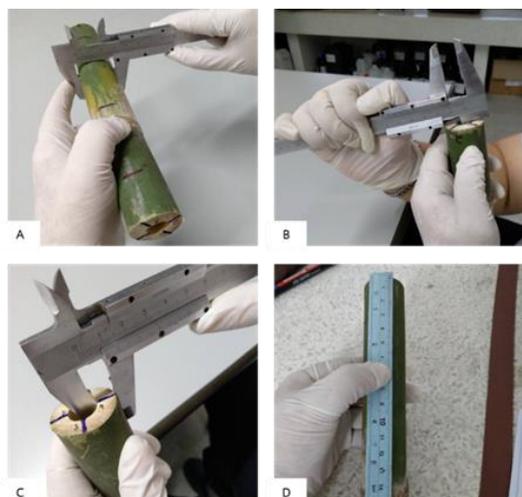


Figure 1 Measure physical characteristics of bamboo culm A) measure outside diameter (radial) B) measure inside diameter C) measure thickness (tangential) and D) measure longitudinal.

โดยปริมาตรจะสามารถหาได้ดังนี้

$$\text{ปริมาตรไม้ไผ่} = \frac{1}{4} \times [L \times (D^2 - d^2)]$$

L = ความยาวปาล้อง มีหน่วยเป็น cm

D = เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก มีหน่วยเป็น cm

d = เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน มีหน่วยเป็น cm

2.3.2 การหาปริมาณความชื้น

การคำนวณหาความชื้นจากสูตร

$$\text{ความชื้น (\%)} = \frac{\text{น้ำหนักก่อนอบ (g)} - \text{น้ำหนักหลังอบ (g)}}{\text{น้ำหนักก่อนอบ (g)}} \times 100$$

2.3.3 การหาค่าหดตัว (Shrinkage)

โดยการหาปริมาณการหดตัวของไม้ ใช้ขนาดสดหรือปริมาตรสดเป็นเกณฑ์ในการเปรียบเทียบ ซึ่งเราสามารถหาได้ดังนี้

$$S (\%) = \frac{G - D}{G} \times 100$$

S = การหดตัวของไม้จากสดถึงอบแห้ง มีหน่วยเป็นเปอร์เซ็นต์ (%)

G = ขนาดของไม้เมื่อสดด้านสัมผัส รัศมี ยาว และปริมาตร มีหน่วยเป็น cm

D = ขนาดของไม้หลังอบแห้ง มีหน่วยเป็น cm

2.3.4 การหาความหนาแน่น(Density)

ความหนาแน่น หมายถึงมวลหรือน้ำหนักของเนื้อไม้ต่อหน่วยปริมาตรที่ความชื้นเดียวกัน เช่น ที่สภาพผึ่งให้แห้ง หรืออบแห้ง เป็นต้น ความหนาแน่นของไม้มีหน่วยเป็น กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร (Kg/m^3) ค่าของความหนาแน่นของไม้หาได้จากสูตร ดังนี้

$$D = \frac{M}{V}$$

D = ความหนาแน่นของไม้ที่สภาพความชื้นตามที่จะกำหนด มีหน่วยเป็น กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (Kg/m^3)

M = น้ำหนักของไม้ มีหน่วยเป็น กิโลกรัม (Kg)

V = ปริมาตรของไม้ มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เซนติเมตร (cm^3)

2.4 การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

ทำการวางแผนการทดลองแบบ CRD จำนวน 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยมีค่า CV

เป็นค่าสัมประสิทธิ์ความแปรผันที่มีค่าน้อยแสดงถึงความเที่ยงสูง และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของแต่ละทรีทเมนต์ โดยวิธี Duncan's Multiple Range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

3. ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

3.1. ศึกษาลักษณะทางกายภาพของไม้แต่ละพันธุ์และอายุ

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของไม้ 6 พันธุ์ที่อายุ 1 ปี (Table 1) พบว่า ค่าความหนาแน่นของไม้ทุกพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งมีค่าอยู่ในช่วง 502.62-804.38 kg/m³ โดยไม้ชางนวลมีความหนาแน่นสูงที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับไผ่รวก ในขณะที่ไผ่เปี๊ยะแม่ต๋วอมีความหนาแน่นน้อยที่สุด (502.62 kg/m³) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่ชางหม่น ไผ่มันหมู และไผ่กิมซุง ในขณะที่ค่าความชื้นของไม้ทุกพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 8.42-10.36%

การหดตัวด้านสัมผัส มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม้ชางหม่นมีค่าการหดตัวด้านสัมผัสสูงที่สุด (9.05%) ในขณะที่ไผ่มันหมูมีค่าการหดตัวด้านสัมผัสน้อยที่สุด (4.34%) แต่ไม่แตกต่างกับไม้ชางนวล ในด้านการหดตัวด้านรัศมี มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยไผ่มันหมูมีค่าการหดตัวด้านรัศมีสูงที่สุด (16.75%) ในขณะที่กิมซุงมีค่าการหดตัวด้านรัศมีน้อยที่สุด (5.80%) แต่ไม่แตกต่างกับไม้ชางนวล และไม้ชางหม่น การหดตัวด้านความยาว มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยไม้ชางหม่นมีค่าการหดตัวด้านความยาวสูงที่สุด (0.92%) ในขณะที่ไผ่เปี๊ยะแม่ต๋วอ ไผ่มันหมู ไผ่รวก และไผ่กิมซุงมีค่าการหดตัวน้อยที่สุดเท่ากัน (0.23%) แต่ไม่แตกต่างกับไม้ชางนวล และในการหดตัวด้านปริมาตร พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ โดยไผ่มันหมูมีค่าการหดตัวด้านปริมาตรสูงที่สุด (21.38%) ในขณะที่ไม้ชางนวลมีค่าการหดตัวด้านปริมาตรน้อยที่สุด (11.69) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่กิมซุง

Table 1 Physical characteristic of 6 bamboo varieties at culm age 1 year.

Varieties	Density (kg/m ³)	Moisture (%)	Shrinkage (%)			
			Tangential	Radial	Longitudinal	Volume
<i>B. beecheyana</i>	614.81±47.34 ^{1/b}	10.36±0.85	6.97±0.46 ^b	5.80±0.18 ^d	0.23±0.00 ^b	12.92±0.35 ^d
<i>D. membranaceus</i>	804.38±11.29 ^a	8.42±1.02	4.85±0.13 ^{cd}	6.61±0.75 ^{cd}	0.34±0.11 ^b	11.69±0.76 ^d
<i>D. sericeus</i>	558.13±86.36 ^b	9.10±0.21	9.05±0.40 ^a	7.40±0.40 ^{cd}	0.92±0.01 ^a	16.90±0.46 ^c
<i>D. copelandii</i> 1	502.62±52.09 ^b	9.61±0.77	5.59±0.92 ^c	12.46±0.18 ^b	0.23±0.00 ^b	18.93±0.33 ^b
<i>D. copelandii</i> 2	544.67±50.09 ^b	8.60±0.39	4.34±0.32 ^d	16.75±1.19 ^a	0.23±0.00 ^b	21.38±1.32 ^a
<i>T. siamensis</i>	746.91±33.91 ^a	8.87±0.09	7.46±0.32 ^b	7.56±0.40 ^c	0.23±0.00 ^b	15.33±0.54 ^c
F-test ^{2/}	**	ns	**	**	**	**
CV (%)	10.12	8.77	9.86	8.79	17.54	5.68

^{1/}Means in a column followed by different letters are significantly different at p<0.05 (Duncan's Multiple Range Test, DMRT).

^{2/}differ significantly at $p < 0.01$ (**) (ANOVA); ns, not significant at the 5% level.

B. beecheyana (Kim sung), *D. membranaceus* (Sang nuan), *D. sericeus* (Sang mon), *D. copelandii1* (Pao mae tawo), *D. copelandii2* (Man moo) and *T. siamensis* (Ruak).

Table 2 Physical characteristic of 6 bamboo varieties at culm age 2 years.

Varieties	Density (kg/m ³)	Moisture (%)	Shrinkage (%)			
			Tangential	Radial	Longitudinal	Volume
<i>B. beecheyana</i>	635.61±60.67	8.23±1.69	4.46±0.72 ^{1/cd}	5.67±0.52 ^{bc}	0.00±0.00 ^c	10.21±0.14 ^d
<i>D. membranaceus</i>	736.66±36.48	9.68±0.68	4.84±0.22 ^c	5.58±0.46 ^{bc}	0.00±0.00 ^c	10.94±0.71 ^{cd}
<i>D. sericeus</i>	639.12±41.82	9.10±0.21	7.78±0.39 ^b	7.21±1.20 ^{bc}	0.23±0.00 ^b	15.19±1.67 ^b
<i>D. copelandii1</i>	593.60±89.39	9.61±1.96	20.02±0.27 ^a	4.84±0.45 ^c	1.12±0.02 ^a	29.00±2.82 ^a
<i>D. copelandii2</i>	620.57±61.77	8.60±0.39	3.21±0.67 ^d	12.97±1.50 ^a	0.23±0.00 ^b	16.09±1.05 ^b
<i>T. siamensis</i>	676.41±35.07	8.87±0.09	6.94±1.02 ^b	7.48±0.84 ^b	0.34±0.11 ^b	14.57±1.76 ^{bc}
F-test ^{2/}	ns	ns	**	**	**	**
CV (%)	10.82	10.96	10.96	15.81	20.29	12.88

^{1/}Means in a column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$ (Duncan's Multiple Range Test, DMRT).

^{2/}differ significantly at $p < 0.01$ (**) (ANOVA); ns, not significant at the 5% level.

B. beecheyana (Kim sung), *D. membranaceus* (Sang nuan), *D. sericeus* (Sang mon), *D. copelandii1* (Pao mae tawo), *D. copelandii2* (Man moo) and *T. siamensis* (Ruak).

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของไผ่ 6 พันธุ์ที่อายุ 2 ปี (Table 2) พบว่า ค่าความหนาแน่นของไผ่ทุกพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 593.60-736.66 kg/m³ เมื่อพิจารณาค่าความชื้นของไผ่ทุกพันธุ์ พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 8.23-9.68% เมื่อพิจารณาการหดตัว พบว่า การหดตัวด้านสัมผัสมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยไผ่เปาะแม่ตะวอมีค่าการหดตัว

ด้านสัมผัสสูงที่สุด (20.02%) และไผ่มันหมูมีค่าการหดตัวด้านสัมผัสน้อยที่สุด (3.21%) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่กิมซุง ในด้านการหดตัวด้านรัศมีมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยไผ่มันหมูมีค่าการหดตัวด้านรัศมีสูงที่สุด (12.97%) และไผ่เปาะแม่ตะวอมีค่าการหดตัวด้านรัศมีน้อยที่สุด (4.84%) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่ซางนวล ไผ่ซางหม่น และไผ่กิมซุง ในด้านการหดตัวด้านความยาวมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดย

ไผ่เป็าะแม่ตะวอมีค่าการหดตัวด้านความยาวสูงที่สุด (1.12%) ส่วนไผ่ชางนวล และไผ่กิมซุงไม่มีการหดตัวด้านความยาว (0.00%) และในการหดตัวด้านปริมาตร พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยไผ่เป็าะแม่ตะวอมีค่าการหดตัวด้านปริมาตรสูงที่สุด (29.00%) และไผ่กิมซุงมีค่าการหดตัวด้านปริมาตรน้อยที่สุด (10.21%) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่ชางนวล

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพของไผ่ 6 พันธุ์ที่อายุ 3 ปี (Table 3) พบว่า ค่าความหนาแน่นของไผ่ทุกพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่งมีค่าอยู่ในช่วง 533.07-777.59 kg/m³ ซึ่งไผ่รวกมีความหนาแน่นสูงที่สุด (777.59 kg/m³) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่ชางนวล ในขณะที่ไผ่มันหมูมีความหนาแน่นน้อยที่สุด (533.07 kg/m³) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่ชางหม่น และไผ่เป็าะแม่ตะวอ ในขณะที่ค่าความชื้นของไผ่ทุกพันธุ์ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ มีค่าอยู่ในช่วง 8.15-9.40%

เมื่อพิจารณาด้านการหดตัว พบว่า การหดตัวด้านสัมผัสมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยไผ่รวกมีค่าการหดตัวด้านสัมผัสสูงที่สุด (6.06%) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่ชางหม่น ไผ่เป็าะแม่ตะวอ ไผ่กิมซุง ในขณะที่ไผ่ชางนวลมีค่าการหดตัวด้านสัมผัสน้อยที่สุด (2.49%) ในด้านการหดตัวด้านรัศมีมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยไผ่เป็าะแม่ตะวอมีค่าการหดตัวด้านรัศมีสูงที่สุด (11.60%) และไผ่กิมซุงมีค่าการหดตัวด้านรัศมีน้อยที่สุด (4.62%) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่ชางนวล และไผ่ชางหม่น ในด้านการหดตัวด้านความยาวมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยไผ่ชางนวลมีค่าการหดตัวด้านความยาวสูงที่สุด (0.46%) แต่ไม่แตกต่างกับไผ่เป็าะแม่ตะวอ ในขณะที่ไผ่ชางหม่นและไผ่รวกไม่มีการหดตัวด้านความยาว (0.00%) และในการหดตัวด้านปริมาตร พบว่า มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง โดยไผ่เป็าะแม่ตะวอมีค่าการหดตัวด้านปริมาตรสูงที่สุด (17.29%) และไผ่ชางนวลมีค่าการหดตัวด้านปริมาตรน้อยที่สุด (7.51%)

Table 3 Physical characteristic of 6 bamboo arieties at culm age 3 years.

Varieties	Density (kg/m ³)	Moisture (%)	Shrinkage (%)			
			Tangential	Radial	Longitudinal	Volume
<i>B. beecheyana</i>	663.82±52.77 ^{1/bc}	7.73±1.92	5.15±0.28 ^a	4.62±0.51 ^c	0.23±0.00 ^b	10.53±0.75 ^c
<i>D. membranaceus</i>	762.28±52.77 ^{ab}	8.45±0.84	2.49±0.26 ^c	5.96±0.24 ^{bc}	0.46±0.00 ^a	7.51±0.89 ^d
<i>D. sericeus</i>	637.31±10.89 ^{cd}	9.07±0.22	5.39±0.40 ^a	6.14±0.11 ^{bc}	0.00±0.00 ^d	11.83±0.36 ^{bc}
<i>D. copelandii1</i>	580.57±38.21 ^{cd}	9.40±0.38	5.47±0.00 ^a	11.60±1.13 ^a	0.45±0.01 ^a	17.29±1.35 ^a
<i>D. copelandii2</i>	533.07±74.35 ^d	9.28±0.56	3.72±0.50 ^b	7.93±0.24 ^b	0.13±0.01 ^c	11.85±0.26 ^{bc}
<i>T. siamensis</i>	777.59±0.39 ^a	8.15±1.25	6.06±0.31 ^a	7.87±2.01 ^b	0.00±0.00 ^d	14.16±1.47 ^b
F-test ^{2/}	**	ns	**	**	**	**
CV (%)	9.17	14.61	9.48	18.04	4.08	10.69

¹Means in a column followed by different letters are significantly different at $p < 0.05$ (Duncan's Multiple Range Test, DMRT).

²differ significantly at $p < 0.01$ (**) (ANOVA); ns, not significant at the 5% level.

B. beecheyana (Kim sung), *D. membranaceus* (Sang nuan), *D. sericeus* (Sang mon), *D. copelandii*1 (Pao mae tawo), *D. copelandii*2 (Man moo) and

T. siamensis (Ruak).

เมื่อพิจารณาจากค่าความหนาแน่นซึ่งเป็นค่ามวลต่อปริมาตรของไม้สามารถนำมาจัดแบ่งความหนักเบาของไม้ได้ โดยไม้ที่มีความหนักมากจะมีค่าความหนาแน่นมากกว่า 800 kg/m^3 ซึ่งได้แก่ ไม้ชางนวลที่อายุ 1 ปี ต่อมาเป็นกลุ่มไม้ที่มีความหนักมีความหนาแน่นอยู่ระหว่าง $651\text{-}800 \text{ kg/m}^3$ ซึ่งได้แก่ ไม้ชางนวลที่อายุ 2 ปี และ 3 ปี ไม้รวกในทุกอายุ และ ไม้กิมซุงที่อายุ 3 ปี และกลุ่มสุดท้ายที่จัดเป็นกลุ่มไม้ที่มีความหนักปานกลางมีความหนาแน่นอยู่ที่ $500\text{-}650 \text{ kg/m}^3$ ได้แก่ ไม้ชางหม่นทุกอายุ ไม้เปี๊ยะแม่ตะวอทุกอายุ ไม้มันหมูทุกอายุ และ ไม้กิมซุงที่อายุ 1 ปี และ 2 ปี ค่าความหนาแน่นสามารถใช้ในการบอกความแข็งแรงของไม้ได้โดยไม้ที่มีความหนาแน่นมากจะมีความแข็งแรงและรับแรงมากกว่าไม้ที่มีความหนาแน่นต่ำ (Visuthitepkul et al., 1997; Barnett and Jeronimidis, 2003) จากค่าความหนาแน่นที่แตกต่างกันของแต่ละพันธุ์ในแต่ละช่วงอายุนั้นอาจมาจากปริมาณของ มัดท่อลำเลียง (vascular bundle) และปริมาณเส้นใยใน vascular bundle ที่แตกต่างกัน โดยไม้ชางนวล ไม้ชางหม่น ไม้เปี๊ยะแม่ตะวอ และ ไม้กิมซุง มีลักษณะของมัดท่อลำเลียงที่มีส่วนกลางวาสคิวลาร์ และมัดเส้นใย 1 ส่วน (แบบที่ 3) แต่ไม้รวกจะมีส่วนกลางวาสคิวลาร์ และมัดเส้นใย 2 ส่วน (แบบที่ 4) จากรายงานของ Grosser and Liese (1971) พบว่าลักษณะของ vascular bundle สามารถจำแนกได้ตามสกุลและความสูงของไม้ ไม้ที่อยู่ในตระกูล *Bambusa Dendrocalamus* และ *Thyrsostachys* มี

ลักษณะของ vascular bundle แบบที่ 3 และแบบที่ 4 ขึ้นอยู่กับความสูงของลำไม้ บริเวณลำไม้ด้านบนและกลางจะพบ vascular bundle แบบที่ 3 แต่บริเวณด้านล่างลำไม้จะพบแบบที่ 4 เช่นเดียวกับ Wang et al. (2016) ที่ได้รายงานว่า ลักษณะและปริมาณของ vascular bundle มีความแตกต่างกันตามความสูงของลำไม้แต่ไม่มีความแตกต่างกันตามอายุของลำไม้ จากรายงานของ Abdullah et al. (2017) พบว่าความหนาแน่นของไม้ขึ้นอยู่กับและรูปร่างและขนาดของเวสเซล (vessel) โดยทั่วไป vessel จะมีลักษณะเป็นช่องว่างถ้ามีปริมาณ vessel มากก็จะมีปริมาณความหนาแน่นน้อย และปริมาณความหนาแน่นที่สูงยังเกี่ยวข้องกับปริมาณเส้นใยใน vascular bundle อีกด้วย เช่นเดียวกับการรายงานของ Chiwapreecha et al. (2016) ที่พบว่า ในส่วนเนื้อไม้บริเวณที่มีเส้นใยหนาแน่นจะมีความแข็งแรงและความเหนียวมากกว่าส่วนที่มีปริมาณเส้นใยต่ำ และมีแนวโน้มที่ทำให้ค่าความหนาแน่นสูงไปด้วย อีกทั้ง Anwar et al. (2005) ได้รายงานว่ามีปริมาณ vascular bundle มากก็จะมีค่าความหนาแน่นมากตามไปด้วย เช่นเดียวกับ (Grosser and Liese, 1971; Malanit, 2009; Dixon and Gibson, 2014) โดยค่าความหนาแน่นนี้สามารถบอกได้ถึงความต้านทานต่อตัวทำลายไม้ต่างๆ เช่น มอดหรือปลวก เป็นต้น ไม้ที่มีความหนาแน่นสูง จะมีความทนทานสูงกว่าไม้ที่มีน้ำหนักเบา เมื่อนำไปใช้งานในงานก่อสร้างก็จะสามารถนำไปใช้ได้

ยาวนานกว่า (Thai junior encyclopedia project, 2006)

เมื่อพิจารณาจากค่าความชื้น พบว่า ค่าความชื้นในแต่ละพันธุ์และช่วงอายุไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติโดยจะมีค่าความชื้นอยู่ที่ 7.73-10.36% ซึ่งสอดคล้องกับงานของ (Chiwapreecha et al., 2016) แต่มีค่าความชื้นต่ำกว่างานของ (Awalluddin et al., 2017) โดยค่าความชื้นนั้นจะเกี่ยวข้องกับสถานที่ ความชื้นสัมพัทธ์ อุณหภูมิ และเวลาในการตัดไฟ โดย Wakchaure and Kute. (2012) รายงานว่า ปริมาณความชื้นของไฟในช่วงฤดูแล้งมีปริมาณน้อยกว่าในช่วงฤดูฝน อีกทั้ง Liese (1985) ได้รายงานไว้ว่า ความชื้นที่แตกต่างกันนั้นอาจเกิดขึ้นเพราะฤดูกาล โดยค่าความชื้นในไม้มีผลต่อน้ำหนักของไม้ ยิ่งไม้มีความชื้นสูงก็จะมีน้ำหนักมาก ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งไม้มากขึ้นตามไปด้วย อีกทั้งยังส่งผลต่ออาการหดตัวเมื่อนำไปใช้ในงานก่อสร้าง (Thai junior encyclopedia project, 2006) และเมื่อพิจารณาจากการหดตัวพบว่า โดยส่วนใหญ่ในไฟทุกพันธุ์และทุกอายุมีการหดตัวในด้านรัศมี ด้านสัมผัส และด้านความยาวที่ต่างกัน อาจเนื่องจากการหดตัวด้านรัศมีจะทำให้เกิดการวัดจากเปลือกภายนอกของไฟ (Figure 1) โดยผนังของลำไฟส่วนใหญ่จะมีความยาวของเส้นใยมาก ซึ่งไฟแต่ละพันธุ์อาจมีความยาวของเส้นใยที่ต่างกัน ส่วนด้านสัมผัสจะทำการวัดจากส่วนเปลือกไปถึงเนื้อไม้ส่วนกลาง (Figure 1) ทำให้เซลล์ส่วนใหญ่ที่พบจะเป็นเซลล์พาราไคนิม (parenchyma) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ช่วยในการอุ้มน้ำของไฟ โดยไฟที่มีเซลล์ parenchyma มากก็ทำให้การหดตัวมากตามไปด้วย (Wahab et al., 2010) และจากการหดตัวในด้านความยาวในบางพันธุ์ไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลยนั้น อาจเนื่องจากการเปลือกของไฟในด้านยาวมีความหนาแน่นของเส้นใยมากในระดับนาโนเกรน (nanograins) จึงทำให้มีความแข็งแรงมาก

ส่งผลให้มีการหดตัวน้อยหรือไม่มีการหดตัวเลย (Amada and Untao., 2001) สอดคล้องกับรายงานของ Abdullah Siam et al. (2019) ที่มีค่าการหดตัวด้านรัศมีอยู่ในช่วง 2.10-10.44% การหดตัวด้านสัมผัสอยู่ในช่วง 4.63-14.60% และการหดตัวด้านความยาวอยู่ในช่วง 0.10-2.90% แต่ในไฟเปาะแมตเวทอายุ 2 ปี พบว่า มีการหดตัวด้านสัมผัสสูง อาจเนื่องจากส่วนที่ใช้ทำการวัดนั้นอยู่ในส่วนข้อทำให้มีการหดตัวสูงกว่าในส่วนปล้องของไฟพันธุ์อื่นๆ เนื่องมาจากพบเส้นใยเสริมแกร่งในบริเวณปล้องมาก ในขณะที่บริเวณข้อนั้นส่วนใหญ่จะพบแบบสุม (Amada and Untao., 2001) สอดคล้องกับรายงานของ Tomak et al. (2012) ที่พบการหดตัวในส่วนข้อมากกว่าส่วนปล้อง และจากการหดตัวด้านปริมาตรซึ่งเป็นการหดตัวโดยรวมของลำไฟนั้น อาจขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้นของแต่ละพันธุ์และอายุของไฟ เพราะเมื่อทำการตัดไฟออกมาแล้วนั้น ไฟก็จะเริ่มสูญเสียความชื้นโดยเมื่อความชื้นลดลงรูปร่างของไฟก็จะมีการเปลี่ยนแปลงไปทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงภายในระหว่างเส้นใยของไฟ โดยเส้นใยจะเกิดการหดและติดเข้าด้วยกัน อีกทั้งการหดตัวในแต่ละด้านหรือแต่ละส่วนของไฟก็จะมีองค์ประกอบของเซลล์ที่ต่างกันจึงทำให้ปริมาตรการหดตัวแตกต่างกันไปด้วย (Wahab et al., 2015) โดยไม้ที่เกิดการหดตัวมากเมื่อนำไปใช้ในการก่อสร้างหรือทำไม้ที่เสกบดตกแต่ง ในช่วงแรกจะประกอบเข้าชิดสนิทกัน แต่ภายหลังเมื่อไม้แห้งลงจะเกิดร่อง หรือความหละหลวมที่รอยต่ออันนั้น ๆ เนื่องมาจากการหดตัวของไม้ การที่ไม้หดตัวตามทิศทางต่าง ๆ ไม่เท่ากันนี้ ทำให้ไม้แปรรูปที่ได้จากส่วนต่าง ๆ ของไม้เมื่อยังสดมีการเปลี่ยนแปลงไปเมื่อแห้ง ไม้ที่มีท่อนกลมอย่างไฟ มักจะมีรอยแตกอัดตามผิวรอยหนึ่ง หรือหลาย ๆ รอยเสมอ สำหรับตามแนวยาวของไม้ อาจจะมีการโก่ง โคง และบิด ซึ่งการหดตัวตามด้านต่าง ๆ นี้ จะเป็นข้อมูลสำหรับ

การเลือกไม้แต่ละพันธุ์ไปใช้ในงานต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมมากยิ่งขึ้น (Thai junior encyclopedia project, 2006)

ไม้แต่ละพันธุ์ในแต่ละอายุที่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกันไปในนั้นอาจขึ้นอยู่กับองค์ประกอบภายในไม้ โดยไม้ที่มีอายุมากขึ้นก็จะมีสารละลายที่เป็นแป้งและเกิดการสะสมปริมาณลิกนินเพิ่มมากขึ้นทำให้ลักษณะทางกายภาพต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลงไป (Wahab et al., 2010)

เมื่อเปรียบเทียบไม้แต่ละสายพันธุ์จะพบว่า ไม้ชางนวลและไผ่รวกเป็นไม้ที่มีความหนาแน่นสูง โดยไม้ชางนวลจะมีขนาดลำที่ใหญ่กว่าไผ่รวก แต่การตัดสางก็ทำได้ยากกว่าเพราะมีกิ่งก้านเยอะ ไม้ชางหม่นมีลักษณะทางกายภาพดีน้อยกว่าไม้ชางนวลและไผ่รวกเล็กน้อยแต่มีกิ่งก้านน้อยทำให้สะดวกในการตัดฟัน และมีขนาดลำที่ใหญ่ ไม้กิมซุงมีปริมาณความชื้นและการหดตัวที่น้อย ไม้เปี๊ยะแม่ตะวอมีลักษณะทางกายภาพไม่ค่อยดีนัก อาจเหมาะสำหรับการนำหน่อไปรับประทาน และไม้มันหมูก็มีลักษณะทางกายภาพไม่ค่อยดีเช่นกันอาจเพราะผนังลำไม้บางทำให้ลักษณะทางกายภาพไม่ดีเท่าที่ควร

4. สรุป

4.1 ไม้ชางนวล ที่อายุ 1 ปี และ 2 ปี มีความหนาแน่นสูงที่สุด และไผ่รวก ที่อายุ 3 ปี มีความหนาแน่นสูงที่สุด

4.2 ปริมาณความชื้นและค่าการหดตัวไม้ชางนวล ที่อายุ 1 ปีมีปริมาณความชื้นและค่าการหดตัวน้อยที่สุด ไม้กิมซุง ที่อายุ 2 ปีมีปริมาณความชื้นและค่าการหดตัวน้อยที่สุด และไม้กิมซุง กับไม้ชางนวล ที่อายุ 3 ปีมีปริมาณความชื้นและค่าการหดตัวน้อยที่สุด ตามลำดับ

4.3 ไม้ที่มีลักษณะทางกายภาพเบื้องต้นที่ดี และเหมาะสมกับงานก่อสร้าง คือ ไม้ชางนวล ที่อายุ 1 ปี และ 2 ปี และไผ่รวก ที่อายุ 3 ปี โดยมีความหนาแน่นสูงและค่าการหดตัวน้อย

5. References

- Abdullah, A. H. D., Karlina, N., Rahmatiya, W., Mudaim, S., Patimah and Fajrin, A. R. 2017. Physical and mechanical properties of five Indonesian bamboos. In: 1st International Symposium on Green Technology for Value Chains. 3–5 October 2016. Tangerang, Indonesia. doi:10.1088/1742-6596/755/1/011001.
- Abdullah Siam, N., Uyup, M. K. A., Husain, H., Mohmod, A. L. and Awalludin, M. F. 2019. Anatomical, Physical, and Mechanical Properties of Thirteen Malaysian Bamboo species. *BioResource*. 14(2): 3925-3943.
- Amada, S. and Untao, S. 2001. Fracture Properties of Bamboo. *Composites Part B: Engineering*. 32: 451-459.
- Anwar, U. M. K., Zaidon, A., Hamdan, H. and Tamizi, M. M. 2005. Physical and mechanical propoties of *Gigantochloa scortechinii* bamboo splits and strips. *Journal of Tropical Forest Science*. 17(1): 1-12.
- Awalluddin, D., Ariffin, M. A. M., Osman, M. H., Warid, M., Hussin, Ismail, M. A., Lee, H. S. and Lim, N. H. A. S. 2017. Mechanical properties of different bamboo species. In: 6th International Conference of Euro Asia Civil Engineering Forum. 22- 25 August

2017. Seoul, Korea. doi: 10.1051/mateconf/201713801024.
- Barnett, J. R. and Jeronimidis, G. 2003. Wood Quality and Its Biological Basis. CRC Press, Florida. 226 p.
- Chiwapreecha, B. , Kongpakdee, C. and Janprasert, K. 2016. Diversity, microscopic features and some properties of bamboos in Sakaeo and Prachinburi province. Annual research report 2015. Burapha University, Chonburi.
- Dixon, P. G. and Gibson, L. J. 2014. The structure and mechanics of Moso bamboo material. Journal of The Royal Society Interface. 11: 20140321. doi:10.1098/rsif.2014.0321.
- Grosser, D. and Liese, W. 1971. On the anatomy of asian bamboo, with special reference to their vascular bundles. Wood Science and Technology 5(4): 290-312. International Standard published. , 2 0 0 4, Bamboo -- Determination of physical and mechanical properties, ISO 2 2 1 5 7 - 1:2004(E).
- Javadian, A. , Smith, I, F, C. , Saeidi, N. and Hebel, D, E., 2019, Mechanical properties of bamboo through measurement of culm physical properties for composite fabrication of structural concrete reinforcement. Front. Mater. 6(15): 1-18. doi: 10.3389/fmats.2019.00015.
- Krause, J. Q. and Ghavami, K. , 2009, Transversal reinforcement in bamboo culms, pp. 1-288, in: 11th International Conference on Non-conventional Materials and Technologies, 6-9 September 2009, Bath, UK.
- Liese, W. 1985. Anatomy and properties of bamboo. pp. 196-208. In: Proceedings of the 2nd International Bamboo Workshop. 6-14 October 1985. Hangzhou, China.
- Malanit, P. 2009. The suitability of *Dendrocalamus asper* Backer for oriented strand Lumber. Ph.D. Thesis. University of Hamburg, Germany.
- Sompoh, B. , Fueangvivat, V. , Bauchongkol, P. and Ratcharoen, W. 2013. Physical and Mechanical Properties of Some Thai Bamboos for House Construction, Forest research and development office, Royal Forest department, Bangkok. (In Thai) Thai junior encyclopedia project. 2006. Thai junior encyclopedia by His Majesty King Bhumibol Adulyadej the Great Volume 3. Thai junior encyclopedia foundation, Bangkok.
- Tomak, E. D., Topaloglu, E., Ay, N. and Yildiz, U. C. 2012. Effect of accelerated aging on some physical and mechanical properties of bamboo. Wood Science and Technology. 46: 905–918.
- Visuthitepkul, S. , Fuengvivat. V. and Sukwatnijakul, S. 1997. Density shrinkage and fiber saturation point of trees in swamp forest. Thai J. For. 16: 90-98. (in Thai)
- Wakchaure, M. R. and Kute, S. Y. 2012. Effect of moisture content on physical and mechanical properties of bamboo. Asian Journal of Civil Engineering. 3(6): 753-763.

- Wahab, R. , Mustapa, M. , Sulaiman, O. , Mohamed, A. , Hassan, A. and Khalid, I. , 2010, Anatomical and physical properties of cultivated two- and four- year- old *Bambusa vulgaris*, Sains Malaysiana. 39(4): 571–579.
- Wahab, R., Mustafa, M. T., Salam, M. A., Khalid, I., Mohd, Rasat, S. M. and Bhat, I. U. H. 2015. Comparison in the physical and strength properties of 3- year- old *gigantochloa brang* and *G. scortechinii*. Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci. 6(4): 690-697.
- Xing, Y. H., Jin, Q. Q., Jiu, L. X., Jian, F. H., Bai, D. Q. and Si, M. C., 2015, Variation in anatomical characteristics of bamboo, *Bambusa rigida*, Sains Malaysiana. 44(1): 17-23.