



บทความวิจัย

**เปรียบเทียบกายวิภาคและสมบัติของไม้ไผ่ 4 ชนิด จากจังหวัดกาญจนบุรี
เบญจวรรณ ชิวปรีชา^{1*} เกศราภรณ์ จันทรประเสริฐ¹ และ ชัยมงคล คงภักดี²**

¹ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20131

²ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

ข้อมูลบทความ

Article history

รับ: 30 พฤษภาคม 2565

แก้ไข: 23 มิถุนายน 2565

ตอบรับการตีพิมพ์: 14 กรกฎาคม 2565

ตีพิมพ์ออนไลน์: 1 กันยายน 2565

คำสำคัญ

ลำไผ่

กายวิภาค

มัดท่อลำเลียง

สลายสมบัติ

กลสมบัติ

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์การวิจัยนี้เพื่อศึกษากายวิภาค และสมบัติของไม้ไผ่ โดยเก็บตัวอย่างไม้ 4 ชนิด จากพื้นที่ปลูกพันธุ์กรรมพืช อพ.สร. เขื่อนวชิราลงกรณ อ.ทองผาภูมิ จ.กาญจนบุรี ได้แก่ ไผ่บงใหญ่ (*Dendrocalamus brandisii* (Munro) Kurz) ไผ่มั่นหมู (*Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) N.H. Xia & Stapleton) ไผ่ผาก (*Gigantochloa auriculata* Kurz) ไผ่ข้าวหลาม (*Schizostachyum pergracile* (Munro) R.B. Majumdar) โดยเตรียมตัวอย่างด้วยอุปกรณ์ผ่านชิ้นไม้ ศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ทาคความหนาแน่น และความแข็งแรงของการตัดสถิติ (MOR) ที่ความชื้น 11 เปอร์เซ็นต์ ตามมาตรฐาน ISO ผลการวิจัยพบว่า ไผ่บงใหญ่ ไผ่มั่นหมู และไผ่ผาก มีชนิดของมัดท่อลำเลียงแบบเดียวกัน คือ Type III (broken-waist type) แต่แตกต่างกันขนาดของมัดท่อลำเลียง ในขณะที่ไผ่ข้าวหลามมีชนิดของมัดท่อลำเลียงแบบ Type II (tight-waist type) ไผ่ผากมีความหนาแน่น สูงที่สุด รองลงมาคือ ไผ่ข้าวหลาม ไผ่บงใหญ่ และไผ่มั่นหมู ตามลำดับ (0.8367, 0.7533, 0.6533, 0.4833 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร) ในขณะที่ไผ่ข้าวหลามมีความแข็งแรงของการตัดสถิติสูงสุด รองมาคือ ไผ่ผาก ไผ่บงใหญ่ และไผ่มั่นหมู (212.333, 192.550, 164.083, 102.570 เมกะปาสคาล) เมื่อเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยพบว่า ไผ่ข้าวหลาม และไผ่ผากมีความหนาแน่นสูงสุด รองลงมาคือ ไผ่บงใหญ่ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าไผ่ข้าวหลาม และไผ่ผาก เหมาะแก่การนำไปประยุกต์ใช้ในงานโครงสร้างได้แก่ ผลิตภัณฑ์ไม้อัด ไม้ลามิเนต และไม้ตัดเกล็ดเรียงขึ้น

บทนำ

ไผ่เป็นพืชโตเร็ว เจริญได้ดีในทุกภาค มีความหลากหลายชนิดสูง นักพฤกษศาสตร์คาดว่าไม้ไผ่ในประเทศไทยประมาณ 17 สกุล 80-100 ชนิด ไม้ไผ่มีเอกลักษณ์ และมีความแข็งแรง จึงถูกนำมาใช้เป็นวัสดุในอุตสาหกรรมที่ต้องใช้ไม้เป็นส่วนประกอบ เช่น เฟอร์นิเจอร์ ไม้อัด (Plywood) ไม้ลามิเนต (Laminated wood) และไม้ตัดเกล็ดเรียงขึ้น (Oriented strand board) เป็นต้น ทดแทนการใช้ไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ซึ่งเป็นวัสดุที่หายากในปัจจุบัน จังหวัดกาญจนบุรีมีภูมิประเทศ และภูมิอากาศที่เหมาะสมแก่การแพร่กระจายพรรณไม้ในธรรมชาติสูงแห่งหนึ่งของไทย และเป็นแหล่งสำคัญที่มีการปลูกไผ่เพื่อจำหน่ายลำ หนึ่งแห่งในประเทศ (Laosakul et al., 2014; Sharma et al., 2015)

ไผ่ต่างชนิดกันมีลักษณะโครงสร้างภายนอกและภายในที่แตกต่างกันจึงเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อถึงความแข็งแรงของเนื้อไม้ จากงานด้านกายวิภาคพืชสามารถช่วยในการระบุชนิดของพืชได้ และยังใช้เป็นเครื่องมือยืนยันถึงสมบัติไม้ไผ่ ทั้งนี้การศึกษา

ลักษณะทางกายวิภาคโดยทั่วไปใช้รูปแบบการจัดเรียงเนื้อเยื่อในมัดท่อลำเลียง (Vascular bundle) บริเวณส่วนกลางของลำไผ่เป็นหลัก รูปแบบของมัดท่อลำเลียง แบ่งออก เป็น 4 รูปแบบ (Type) ได้แก่ Type I (Open-type) โพลเอม (Phloem) และไซเลม (Xylem) เรียงตัวอยู่ตรงกลาง ล้อมรอบด้วยสเกลอเรนคิมา (Sclerenchyma) ทั้ง 4 ด้าน ๆ ละเท่า ๆ กัน Type II (Tight-waist type) ประกอบด้วยส่วนสเกลอเรนคิมาด้านที่ อยู่ติดกับโพลเอม และเมทาไซเลม (Metaxylem) มีขนาดเท่า ๆ กัน แต่สเกลอเรนคิมาด้านที่ติดกับโปรโตไซเลม (Protoxylem) ยืดยาวมากกว่า Type III (Broken-waist type) มัดท่อลำเลียงแยกออกเป็น 2 ส่วน ประกอบด้วยส่วนของโพลเอม และไซเลมอยู่รวมกัน และมีส่วนสเกลอเรนคิมาที่แยกออกมา และ Type IV มีการจัดเรียงเนื้อเยื่อในมัดท่อลำเลียงแยกได้ 3 ส่วน ประกอบด้วย ไซเลม และโพลเอมอยู่ตรงกลาง ประกบด้วยสเกลอเรนคิมาหัว-ท้าย (Liese, 1998)

การเลือกชนิดของไม้เพื่อนำมาใช้งานที่มีความแข็งแรงทนทานเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากไม้ต่างชนิดกันมีคุณสมบัติทางกาย

*Corresponding author

E-mail address: benchawon@buu.ac.th (B. Chiwapreecha)

Online print: 1 September 2022 Copyright © 2022. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2022.15>

สมบัติ (Physical properties) และกลสมบัติ (Mechanical properties) ที่แตกต่างกัน คุณสมบัติเนื้อไม้ที่ใช้พิจารณาด้านสกายสมบัติ ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) ซึ่งเป็นปัจจัยกำหนดความแข็งแรงของไม้ ไม้ที่ชัดเจน และมีกรรมวิธีการหาค่าที่ง่ายที่สุด เมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้น ความแข็งแรงของไม้จะเพิ่มขึ้นตามกัน ค่าความหนาแน่นพื้นฐานที่มีในไม้ไม่อยู่ระหว่าง $0.4-0.9 \text{ g/cm}^3$ ทั้งนี้ความหนาแน่นมีความสัมพันธ์กับลักษณะของมัดท่อลำเลียงในเนื้อไม้ไม่อีกประการ ในขณะที่คุณสมบัติเชิงกลที่นิยมใช้ทดสอบไม้ของพืชชนิดต่าง ๆ มีหลากหลายกรรมวิธีทดสอบ ได้แก่ การอัดตั้งฉากเสี้ยน (Compression perpendicular to grain) การเฉือนขนานเสี้ยน (Shear parallel to grain) รวมทั้งความแข็งแรงของการตัดสัณฐาน (Modulus of rupture: MOR) เป็นอีกปัจจัยที่ใช้ระบุความแข็งแรง (Strength) ของไม้ได้ (Anokye et al., 2016; Kaewbuadee & Laemsak, 2014; Kiaokhong & Doungpet, 1999)

อย่างไรก็ตาม การศึกษาทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับความแข็งแรงของไม้ไฟยังงมีไม่มาก ดังนั้นเพื่อให้ได้ข้อมูลครบทั้ง 2 ด้าน จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาทางวิทยาศาสตร์เนื้อไม้ไฟ และสมบัติไม้ ได้แก่ ความหนาแน่น (Density) และความแข็งแรงของการตัดสัณฐาน (MOR) ของไม้พื้นเมือง 4 ชนิด ได้แก่ ไม้บงใหญ่ ไม้มันหมู ไม้ผาก และไม้ข้าวหลาม ซึ่งไม้พื้นเมืองดังกล่าวมีอยู่อย่างหนาแน่นในพื้นที่ อำเภอทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี และพบว่าชุมชนในพื้นที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน แต่ยังขาดข้อมูลด้านความแข็งแรงทนทานของไม้ไฟเพื่อนำมาใช้เป็นวัสดุในการสร้างสรรคผลิตภัณฑ์อีกทั้งเพื่อเป็นข้อมูลให้เกษตรกรที่สนใจสามารถเลือกปลูกไม้ที่มีศักยภาพตอบสนองอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสม โดยงานวิจัยนี้เป็นงานสนองพระราชดำริในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช อันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ชนิดและพื้นที่เจริญของไม้ที่นำมาศึกษา

เลือกไม้ที่เจริญตามธรรมชาติ อายุ 2-3 ปี ในพื้นที่ปกปักพันธุกรรมพืช อ.พ.สธ. เขื่อนวชิราลงกรณ อ.ทองผาภูมิ จังหวัดกาญจนบุรี จำนวน 4 ชนิด โดยใช้หลักการเลือกไม้ที่นำมาศึกษาวิจัย ได้แก่ เป็นชนิดเด่นที่ได้จากการสำรวจ รวมถึงพบในปริมาณที่เจริญอย่างหนาแน่นเป็นที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ของชุมชนในท้องถิ่นและมีการระบุชนิดตามเอกสารไม้ที่พบในประเทศไทย (Sungkaew et al., 2011) ได้แก่ ไม้บงใหญ่ (*Dendrocalamus brandisii* (Munro) Kurz) ไม้มันหมู (*Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) N.H. Xia & Stapleton) ไม้ผาก (*Gigantochloa auriculata* Kurz) และไม้ข้าวหลาม (*Schizostachyum pergracile* (Munro) R.B. Majumdar) (Figure 1) และทำการแยกประเภทตาม

ขนาดลำไม้ เป็น 2 กลุ่ม ประกอบด้วยไม้ขนาดใหญ่ มีลำเจริญเต็มที่ สูงได้กว่า 20 เมตร ได้แก่ ไม้บงใหญ่ และไม้มันหมู อีกกลุ่มคือไม้ขนาดกลาง มีลำเจริญเต็มที่สูงประมาณ 15-20 เมตร ได้แก่ ไม้ผาก และไม้ข้าวหลาม ตัวอย่างที่ได้นำมาศึกษาและวิเคราะห์ผลในห้องปฏิบัติการ ระหว่าง มีนาคม 2562 ถึง กันยายน 2564

การเตรียมชิ้นตัวอย่างเพื่อจัดทำสไลด์ถาวรเนื้อไม้

ตัดเนื้อไม้ขนาด $0.5 \times 0.5 \times 2.0$ เซนติเมตร ทางด้านตัดขวาง (Transverse) ด้านขนานเส้นสัมผัส (Tangential) และแนวรัศมี (Radial) เพื่อเข้าเครื่องฝานเป็นแถบบาง ด้วยไมโครโทมแบบมือเลื่อน (Sliding microtome) รุ่น American Optical Company Model 860 Ser. No. 17066 ความหนาประมาณ 20-40 ไมโครเมตร แล้วนำไปย้อมสีซาฟรานินโอ (Safranin O) เข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ในตัวอย่างที่ละลายแอลกอฮอล์เข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ดึงน้ำออกจากเนื้อเยื่อด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 30, 50, 70, 95 และ 100 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ขั้นตอนละ 10 นาที แล้วนำไปแช่ในไซลีน (Xylene) 3 ชั่วโมง จึงนำตัวอย่างวางบนกระดาษสไลด์และฟลิกด้วยเปอร์เมท (Permunt) ตามกรรมวิธีของ Kermanee (2008) นำสไลด์ถาวรจำนวนชนิดละ 10 สไลด์ ศึกษาผ่านกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (Light microscope) รุ่น Zeiss Axioskop 2 plus บันทึกภาพและวัดขนาดมัดท่อลำเลียงที่ตำแหน่งกึ่งกลางระหว่างเนื้อเยื่อผิวและเนื้อเยื่อด้านในของลำไม้ ด้วยชุดอุปกรณ์ถ่ายภาพดิจิทัลรุ่น Zeiss Axio Cam MRc หาความกว้าง ความยาวเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ระบุรูปแบบของมัดท่อลำเลียงตามกรรมวิธีของ Liese (1998)

การเตรียมตัวอย่างเพื่อศึกษาสมบัติไม้

ตัดส่วนกลางลำของไม้ทั้ง 4 ชนิด ๆ ละ 3 ลำ ฝั่งให้หมดในกระแสบรรเทา ให้มีความชื้นเหลือในเนื้อไม้ ประมาณ 11-12 เปอร์เซ็นต์ ทดสอบหาความหนาแน่นของไม้ เตรียมชิ้นไม้ขนาด $1 \times 1 \times 1$ เซนติเมตร จำนวนชนิดละ 10 ชิ้นตัวอย่าง นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ $120 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ให้น้ำหนักคงที่ แล้วคำนวณหาความหนาแน่น

ความหนาแน่น = มวล/ปริมาตร (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)
($D=M/V$)

ทดสอบหาค่าความแข็งแรงของการตัดสัณฐาน โดยการเตรียมชิ้นไม้ขนาด $20 \times 20 \times 300$ มิลลิเมตร ที่มีความชื้น 12 เปอร์เซ็นต์ ชนิดละ 3 ชิ้นตัวอย่าง นำเข้าเครื่อง Universal testing machine รุ่น Instron 4466, USA (Kiaokhong & Doungpet, 1999).

การวิเคราะห์ข้อมูล

วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรม Minitab 17 (คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา) โดยใช้แผนการทดลองสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA analysis of variance) และวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ย (Multiple comparison test) ด้วยวิธีของ Tukey

ผลการวิจัย

การเปรียบเทียบกายวิภาค และสมบัติไม้ไฟ 4 ชนิด ได้แก่ ไม้บงใหญ่ ไม้มันหมู ไม้ผาก และไม้ข้าวหลาม ได้ผลการศึกษาดังต่อไปนี้

กายวิภาคไม้ไฟ

ไม้บงใหญ่ ไม้มันหมู และไม้ผาก มีชนิดของมัดท่อลำเลียงแบบเดียวกัน คือ Type III โดยมีลักษณะดังกล่าวคือ มัดท่อลำเลียงแยกออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกประกอบด้วยส่วนของโพลีเอม ไซเล็มที่อยู่รวมกัน แต่ละเนื้อเยื่อมีสเกลอโรจิมัลล้อมรอบ ส่วนที่สองปรากฏส่วนสเกลอโรจิมัลที่แยกออกมา (Figure 2: A,E; B,F; C,G) อย่างไรก็ตาม ไม้ทั้ง 3 ชนิดดังกล่าว มีความแตกต่างกันที่ขนาดมัดท่อลำเลียง

โดยที่ไผ่มันหมูมีขนาดมัดต่อลำเลียงทั้งด้านกว้าง และด้านยาวมากที่สุด รองลงมาคือ ไผ่ผาก และไผ่บงใหญ่ ตามลำดับ (Table 1)

รายละเอียดลักษณะเนื้อเยื่อมัดต่อลำเลียงของไผ่ทั้ง 3 ชนิด ประกอบด้วย ไผ่บงใหญ่ มัดต่อลำเลียงส่วนแรกมีโพลีเอมอยู่ตรงกลางประกบด้วยเมทาไซเล็ม (Metaxylem) ที่มีเซลล์เวสเซล (Vessel member) ขนาดใหญ่ (75-90 μm) 2 ด้าน และด้านล่างติดกับ โปรโตไซเล็ม (Protoxylem) ขนาดเล็ก (25-30 μm) ต่อลำเลียงส่วนแรกล้อมด้วยสเกลอเรนคิมา ส่วนที่สองมีเพียงสเกลอเรนคิมาที่แยกออกมา มีขนาด 250-280 μm ไผ่มันหมู มัดต่อลำเลียงส่วนแรกมีโพลีเอมอยู่ตรงกลางประกบด้วยเมทาไซเล็ม ที่มีเซลล์เวสเซลขนาดใหญ่ (150-180 μm) 2 ด้าน และด้านล่างติดกับโปรโตไซเล็มขนาดเล็ก (40-50 μm) ต่อลำเลียงส่วนแรกล้อมด้วยสเกลอเรนคิมา ส่วนที่สองมีเพียงสเกลอเรนคิมาที่แยกออกมา มีขนาด 220-250 μm ไผ่ผาก มัดต่อลำเลียงส่วนแรกมีโพลีเอมอยู่ตรงกลางประกบด้วยเมทาไซเล็ม ที่มีเซลล์เวสเซลขนาดใหญ่ (50-70 μm) 2 ด้าน และด้านล่างติดกับโปรโตไซเล็มขนาดเล็ก (15-20 μm) ต่อลำเลียงส่วน

แรกล้อมด้วยสเกลอเรนคิมา ส่วนที่สองมีเพียงสเกลอเรนคิมาที่แยกออกมา มีขนาด 280-300 μm

สำหรับไผ่ข้าวหลาม มีชนิดของมัดต่อลำเลียงแตกต่างจากไผ่ 3 ชนิดแรก เป็นแบบ Type II มัดต่อลำเลียงไม่แยกเป็น 2 ส่วน (Figure 2 D, H) ประกอบด้วยสเกลอเรนคิมาด้านที่อยู่ติดกับโพลีเอม และเมทาไซเล็มมีขนาดเท่า ๆ กัน (70-90 μm) แต่สเกลอเรนคิมาด้านที่ติดกับโปรโตไซเล็มยืดยาวมากกว่า (190-220 μm)

สมบัติไม้ไผ่

เปรียบเทียบค่าสกายสมบัติ (ความหนาแน่น) พบว่า ไผ่ผากมีความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือ ไผ่ข้าวหลาม ไผ่บงใหญ่ และไผ่มันหมู ตามลำดับ (Table 2) ในขณะที่ค่ากลสมบัติ (ความแข็งแรงของการดัดสติติย) ไผ่ข้าวหลามมีความแข็งแรงของการดัดสติติยสูงที่สุด รองลงมาคือ ไผ่ผาก ไผ่บงใหญ่ และไผ่มันหมู ตามลำดับ จากผลการทดลองพบว่าไผ่มันหมูมีค่าความหนาแน่น และความแข็งแรงของการดัดสติติยต่ำที่สุด



Figure 1 The 4 species of bamboos from Plant Genetic Protection Area of RSPG, Vajiralongkorn Dam EGAT, (A) *Dendrocalamus brandisii* (Munro) Kurz (B) *Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) N.H. Xia & Stapleton (C) *Gigantochloa auriculata* Kurz (D) *Schizostachyum pergracile* (Munro) R.B. Majumdar.

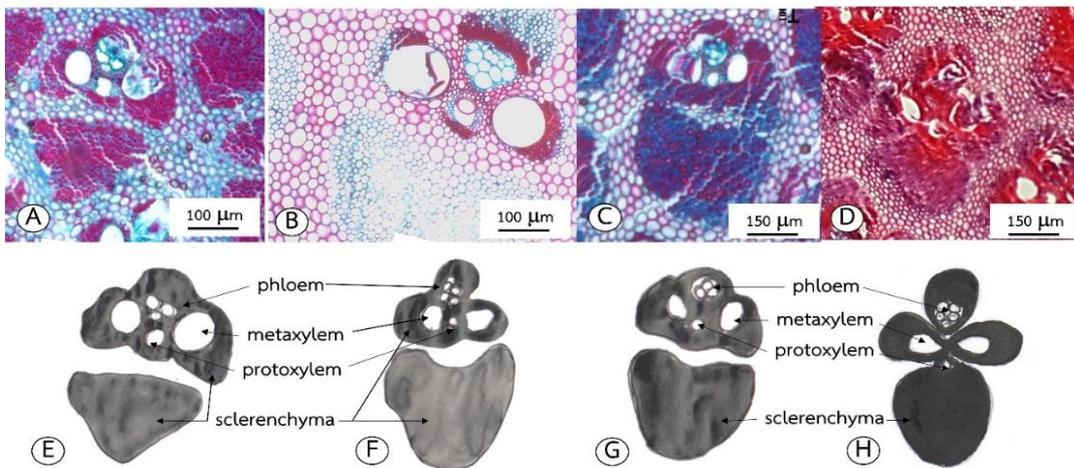


Figure 2 Vascular bundle characteristics on middle position. (A,E) *Dendrocalamus brandisii* (Munro) Kurz (B,F) *Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) N.H. Xia & Stapleton (C,G) *Gigantochloa auriculata* Kurz (D,H) *Schizostachyum pergracile* (Munro) R.B. Majumdar.

Table 1 Average vascular bundle size on middle position of 4 bamboo culms

Species	Width (μm)	Length (μm)
<i>Dendrocalamus brandisii</i>	448.4 \pm 60.18	591.8 \pm 45.16
<i>Dendrocalamus copelandii</i>	610.3 \pm 94.95	982.1 \pm 133.91
<i>Gigantochloa auriculata</i>	495.2 \pm 56.83	742.3 \pm 60.25
<i>Schizostachyum pergracile</i>	611.6 \pm 87.94	713.5 \pm 93.50

Table 2 Comparison density and modulus of rupture of 4 bamboo culms

Species	Density (g/cm^3)	MOR (MPa)
<i>Dendrocalamus brandisii</i>	0.6533 ^{ab}	164.083 ^{ab}
<i>Dendrocalamus copelandii</i>	0.4833 ^b	102.570 ^b
<i>Gigantochloa auriculata</i>	0.8367 ^a	192.550 ^{ab}
<i>Schizostachyum pergracile</i>	0.7533 ^a	212.333 ^a

Remark: analysis of variance at significant level 0.05

: mean in a column

: the same letter to be non-statistically significant difference

: MOR = modulus of rupture.

วิจารณ์ผลการวิจัย

กายวิภาคไม้

รูปแบบมัดท่อลำเลียงของไผ่สกุล *Dendrocalamus* และ *Gigantochloa* จากรายงานของ Liese (1998) ระบุว่าอาจมีรูปแบบได้ทั้ง Type III และ Type IV แต่การศึกษาค้นคว้าพบเฉพาะรูปแบบ Type III ทั้ง 2 สกุล รูปแบบดังกล่าวมีความแตกต่างกับงานวิจัยของ Park et al. (2018) รายงานมัดท่อลำเลียงของไม้ *D. asper* ที่พบในอินโดนีเซีย มีรูปแบบ Type IV กล่าวคือ การจัดเรียงเนื้อเยื่อในมัดท่อลำเลียงแยกได้ 3 ส่วน ประกอบด้วย ไชเล็มและโพลีเอมอยู่ตรงกลางประกบด้วยสเกลอเรจคิมาหุ้มท้าย ในขณะที่ลักษณะมัดท่อลำเลียงที่พบในไผ่ผากของไทย คล้ายคลึงกับไผ่ผากเพลิง (*G. sortechinii* Gamble) ที่แพร่กระจายในมาเลเซีย โดยที่ไม้ทั้ง 2 ชนิดมีความแตกต่างที่ส่วนสเกลอเรจคิมาที่แยกออกมาของไผ่ผากเพลิงมีความยาวมากกว่าไผ่ผากชนิดที่พบในไทยถึง 3 เท่า (Zakikhani et al., 2017) ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากชนิด (Species) ที่แตกต่างกันนั่นเอง อย่างไรก็ตามพบว่าลักษณะมัดท่อลำเลียงในไผ่ผากอีก 3 ชนิด ได้แก่ *G. brang*, *G. levis* และ *G. wrayi* ตามรายงานของ Mustafa et al. (2011) มีรูปแบบมัดท่อลำเลียงเป็นแบบ Type III เช่นเดียวกัน ความแตกต่างระหว่าง 3 ชนิด ได้แก่ ขนาดมัดท่อลำเลียง และเนื้อเยื่อภายในของมัดท่อลำเลียง

ส่วนไผ่ข้าวหลาม มีลักษณะของมัดท่อลำเลียง (Type II) สอดคล้องกับไผ่ในสกุลเดียวกัน ได้แก่ ไผ่สีทอง (*S. brachycladum*) และไผ่กาบแดง (*S. zollingeri*) ที่พบในมาเลเซีย (Siam et al., 2019) แต่อย่างไรก็ตามไผ่ในสกุล *Schizostachyum* ทั้ง 3 ชนิด ยังคงมีความแตกต่างที่ขนาดมัดท่อลำเลียง และความหนาแน่นของเซลล์เส้นใยที่เรียงตัวในสเกลอเรจคิมา

สมบัติไม้

เปรียบเทียบค่าสกายสมบัติ (ความหนาแน่น) กับค่ากลสมบัติ (ความแข็งแรงของการดัดสถิตย์) (Table 2) พบว่าไม้ที่มีความหนาแน่นสูง จะมีค่ากลสมบัติสูงตามไปด้วย สอดคล้องกับรายงานของ Anokye et al. (2016) ศึกษาไผ่ป่า และไผ่ชางดำ พบความหนาแน่นของไผ่ป่า (*Bambusa bambos*) มีค่า 0.65 g/cm^3 มีความแข็งแรงของการดัดสถิตย์ 67.4 N/m^2 ในขณะที่ ไผ่ชางดำ (*D. strictus*) มีความหนาแน่น 0.72 g/cm^3 มีความแข็งแรงของการ

ดัดสถิตย์เพิ่มขึ้นเป็น 118.4 N/m^2 จึงสรุปได้ว่าความหนาแน่นที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความแข็งแรงของไม้เพิ่มขึ้นตามกัน อย่างไรก็ตามเมื่อใช้การวิเคราะห์ทางสถิติศึกษาค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของการดัดสถิตย์ พบว่าความแข็งแรงของไผ่ผากยังคงอยู่ในระดับเดียวกับไผ่ข้าวหลาม (ที่ระดับ a) ในขณะที่ไผ่มันหมูซึ่งเป็นไผ่ขนาดใหญ่ กลับพบว่ามีความหนาแน่น และความแข็งแรงต่ำที่สุด (ที่ระดับ b)

ปัจจัยที่ทำให้ไม้ไม่มีความหนาแน่นสูงหรือต่ำ มาจากความหนาแน่นของเซลล์เส้นใย (Fibre) ที่ปรากฏในส่วนของสเกลอเรจคิมาของมัดท่อลำเลียง (Guerreiro et al., 2013) ดังรายงานการศึกษาลักษณะของสเกลอเรจคิมาในมัดท่อลำเลียงเทียบกับการทดสอบสมบัติไม้ 3 ชนิด ที่ใช้ในอุตสาหกรรมไม้อัด ไม้ลามิเนต และไม้อัดเกล็ดเรียงขึ้น ได้แก่ Moso (*Phyllostachys pubescens* Mazel), *Guadua* (*Guadua angustifolia* Kunth) และ *Gai* (*B. stenostachya*) จากภาพของมัดท่อลำเลียงที่ปรากฏ พบว่าไม้ Moso และ ไม้ Gai ส่วนของสเกลอเรจคิมาปรากฏความหนาแน่นที่ของเซลล์เส้นใยน้อยกว่าไม้ *Guadua* เมื่อนำเนื้อไม้ไปหาความหนาแน่น พบว่า ไม้ Moso และ ไม้ Gai มีค่าอยู่ระหว่าง 0.4-0.85 g/cm^3 ในขณะที่ไม้ *Guadua* มีค่า 0.6-1.2 g/cm^3 ทั้งนี้ค่าความหนาแน่นที่สูงกว่ามีผลต่อการต้านความโค้งตัว (Deflection) ของไม้ได้ดีกว่า ไม้จากไม้ *Guadua* จึงมีความแข็งแรงที่สุดเมื่อเทียบกับไม้ทั้ง 2 ชนิด (Dixon et al., 2015) สอดคล้องกับลักษณะมัดท่อลำเลียงที่ปรากฏใน Figure 2 จากภาพแสดงให้เห็นชัดเจนว่าไผ่บงใหญ่ ไผ่ผาก และไผ่ข้าวหลาม (Figure 2, A-C-D) ปรากฏความหนาแน่นที่ของเซลล์เส้นใยในส่วนของสเกลอเรจคิมา มากกว่าไผ่มันหมู (Figure 2, B)

ในการศึกษาสมบัติเนื้อไม้ มีจุดมุ่งหมายให้ได้มาซึ่งข้อมูลสำหรับการตัดสินใจนำไม้ไปใช้สร้างผลิตภัณฑ์คุณภาพสูงที่ต้องการเฉพาะไม้ที่มีความแข็งแรง ในประเทศมาเลเซียมีเขตการแพร่กระจายพันธุ์ไม้เชื่อมต่อกับประเทศไทย และมีความหลากหลายของชนิดไม้ เช่นเดียวกับในประเทศไทย โดยประเทศมาเลเซียมีการพัฒนาอุตสาหกรรมที่ใช้ไม้เป็นวัตถุดิบอย่างแพร่หลาย จากรายงานวิจัยสมบัติไม้ในพื้นที่เมืองของประเทศมาเลเซีย 4 สกุล (*Bambusa*, *Dendrocalamus*, *Gigantochloa*, *Schizostachyum*) จำนวน 13 ชนิด พบว่ามีค่าความหนาแน่นระหว่าง 0.355-0.751 g/cm^3 และมีค่าความแข็งแรงของการดัดสถิตย์ระหว่าง 116-236 MPa ทั้งนี้ไม้

G. thooi ซึ่งอยู่ในสกุลเดียวกับไผ่ผาก มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด ส่วนไผ่ *S. brachyeladum* ที่อยู่ในสกุลเดียวกับไผ่ข้าวหลาม มีค่าความแข็งแรงของการตัดสถิติสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับผลของงานวิจัยนี้ ที่พบว่าไผ่ผากมีความหนาแน่นเฉลี่ยสูงสุด และไผ่ข้าวหลามมีค่าความแข็งแรงของการตัดสถิติสูงสุด โดยที่งานวิจัยของประเทศมาเลเซียได้ระบุถึงสายสมบัติไผ่ที่มีค่าความหนาแน่นไม่ต่ำกว่า 550 g/cm³ และมีค่าความแข็งแรงของการตัดสถิติไม่ต่ำกว่า 125 MPa ขึ้นไป เหมาะแก่การนำไปผลิตเป็นเครื่องเรือน พื้นไม้ปาร์เก้ และวัสดุโครงสร้าง (Siam et al., 2019) ดังนั้น ไผ่บงใหญ่ ไผ่ผาก และไผ่ข้าวหลาม ที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้มีค่าความหนาแน่นระหว่าง 0.653-0.753 g/cm³ และมีค่าความแข็งแรงของการตัดสถิติระหว่าง 164.083-212.333 MPa ย่อมถูกนำไปประยุกต์ใช้งานที่ต้องการเนื้อไม้คุณภาพสูงได้เช่นเดียวกัน ยกเว้นไผ่มันหมูที่มีค่าสมบัติไม้ต่ำที่สุด

อย่างไรก็ตามขนาดของลำไผ่อาจไม่ตอบสนองความต้องการด้านความแข็งแรงของไม้ การเลือกปลูกไผ่ขนาดใหญ่อาจไม่ได้นำไปสู่การใช้งานประเภทที่ต้องมีความแข็งแรงทนทาน นอกจากนี้ไผ่มันหมูซึ่งเป็นไผ่พื้นเมืองขนาดใหญ่ของกาญจนบุรียังคงมีข้อดี กล่าวคือ ให้อายุการใช้งานที่ยาวนาน หน่อมีรสชาติดี จึงเป็นที่นิยมนำมาบริโภค และสร้างรายได้ในระดับครัวเรือน สำหรับไผ่ที่มีความแข็งแรงจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้งสายสมบัติ และกลสมบัติ ได้แก่ ไผ่ข้าวหลาม ไผ่ผาก และไผ่บงใหญ่ ตามลำดับ จากการค้นคว้าการใช้ประโยชน์ไผ่ข้าวหลามในต่างประเทศยังไม่พบรายงานที่แน่ชัด อาจเนื่องมาจากเขตการแพร่กระจายของไผ่ข้าวหลามมีจำกัด พบเฉพาะในบริเวณเขตร้อนของเอเชีย ตั้งแต่ประเทศจีนตอนใต้ ไปยังบางส่วนของประเทศอินโดนีเซีย จากรายงานการใช้ประโยชน์ดังกล่าวสามารถนำมาใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบอาหาร เช่น เผาข้าวหลาม เนื่องจากมีเยื่อด้านในที่ทำให้ลอกเอาข้าวหลามออกได้ง่ายและให้กลิ่นหอม ส่วนหน่อมีรสขมไม่นิยมบริโภค เนื้อไม้ถูกนำไปใช้งานจักสานหรือทำเครื่องมือเกษตรต่าง ๆ (Sungkaew et al., 2011) ซึ่งงานวิจัยนี้จึงให้ข้อมูลที่ประโยชน์แก่นักพัฒนาผลิตภัณฑ์ที่จะนำไผ่ข้าวหลามไปประยุกต์ใช้ได้หลากหลายยิ่งขึ้น

สำหรับไผ่บงใหญ่ โดยทั่วไปนิยมปลูกเพื่อบริโภคหน่อที่ได้รับการยอมรับว่ามีรสชาติดี แต่จากการวิจัยนี้พบว่าเนื้อไม้ของไผ่บงใหญ่ยังมีค่าความแข็งแรงที่อยู่ในระดับที่สูงรองจากไผ่ข้าวหลาม และไผ่ผาก (164.083 MPa) รายงานการใช้ประโยชน์ไม้ไผ่ในงานก่อสร้างของไทยระบุว่า ไผ่บงใหญ่สามารถนำมาทำโครงสร้าง ฝ้าเพดาน หลังคา กำแพงแบบครึ่งและทั้งลำ ค้ำยัน และนั่งร้าน สอดคล้องกับรายงานวิจัยของ Bhushan et al. (2020) พบว่าเซลล์เส้นใยของไผ่บงใหญ่มีความยาวและความแข็งแรงเหมาะสมกับการนำมาทำเป็นแผ่นไม้ลามิเนต (Laminated bamboo lumber) ทดแทนการตัดไม้ยืนต้นมาใช้ในการก่อสร้าง ในขณะที่ไผ่ข้าวหลามสามารถนำไปใช้ทำฝ้าเพดาน และกำแพงแบบครึ่งและทั้งลำ (Daram, 2019; Laemsak & Chotikhun, 2007)

สรุปผลการวิจัย

ไผ่บงใหญ่ ไผ่มันหมู และ ไผ่ผาก มีชนิดของมัดท่อลำเลียงแบบเดียวกัน คือ Type III โดยมีลักษณะเด่นของมัดท่อลำเลียง

แยกออกเป็น 2 ส่วน พบความแตกต่างของไผ่ทั้ง 3 ชนิด อยู่ที่ขนาดมัดท่อลำเลียง ในขณะที่ไผ่ข้าวหลามมีชนิดของมัดท่อลำเลียงแบบ Type II ที่มีลักษณะเด่นของสเกลอแรงคิมาด้านที่ติดกับโพรโทไซเล็ม ยึดยาวมากกว่าด้านอื่น

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความหนาแน่น พบว่า ไผ่ข้าวหลาม และไผ่ผาก มีค่าความหนาแน่นสูงที่สุด รองลงมาคือไผ่บงใหญ่ ในขณะที่ไผ่มันหมูมีค่าความหนาแน่นต่ำที่สุด สำหรับความแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยความแข็งแรงของการตัดสถิติ พบว่า ไผ่ข้าวหลาม มีความแข็งแรงสูงที่สุดในขณะที่ไผ่มันหมูมีความแข็งแรงต่ำที่สุด ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

จากผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าไผ่ข้าวหลาม และไผ่ผาก เหมาะแก่การใช้งานที่ต้องการความแข็งแรงของเนื้อไม้ เช่น งานโครงสร้าง พื้นไม้ปาร์เก้ หรือนำไปเป็นวัตถุดิบในการผลิต ผลิตภัณฑ์ ไม้อัด ไม้ลามิเนต และไม้อัดเกล็ดเรียงขึ้น เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณเงินรายได้ จากเงินอุดหนุนรัฐบาล (งบประมาณแผ่นดิน) มหาวิทยาลัยบูรพา ผ่านสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ เลขที่สัญญา อพสธ 4/2558 ได้รับการสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยโดยโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริฯ (อพ.สธ.) และการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เชื้อนวนิชาลกรกรม กาญจนบุรี

References

- Anokye, R., Bakar, E. S., Ratnansingam, J., & Awang, K. B. (2016). Bamboo properties and suitability as a replacement for wood. *Pertanika Journal of Scholarly Research Reviews*, 2(1), 64-80.
- Bhushan, U. K., Sharma, S. K., & Shukla, S. R. (2020). Optimization of pressing parameters of PF-bonded laminated bamboo lumber from *Dendrocalamus brandisii*. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 17(2), 149-157.
- Daram, S. (2019). The analysis of safety factor for bamboo used in construction. *Journal of Architecture, Design and Construction*, 1(3), 11-27. (in Thai)
- Dixon, P. G., Ahvenainen, P., Aijazi, A. N., Chen, S. H., Lin, S., Augusciak, P. K., Borrega, M., Svedstrom, K., & Gibson, L. J. (2015). Comparison of the structure and flexural properties of Moso, Guadua and Tre Gai bamboo. *Construction and Building Material*, 90, 11-17.
- Guerreiro, C., Rodriguez, M. F., & Agrasar, Z. E. R. (2013). Clum anatomy a contribution to the identification of vegetative Andean woody bamboos in southernmost America. *Kew Bulletin*, 68(2), 209-218.
- Kaewbuadee, S., & Laemsak, N. (2014). Mechanical properties of bamboo culms from Phai Tong (*Dendrocalamus asper*) and Phai Chin (*Dendrocalamus sinicus*). *Journal of Forest Management*, 8(16), 30-38. (in Thai)

- Kermanee, P. (2008). *Techniques in plant tissue*. Bangkok: Kasetsart university press. (in Thai)
- Kiaokhong, B., & Doungpet, M. (1999). *Laboratory manual for mechanical testing of wood*. Bangkok: Kasetsart university press. (in Thai)
- Laemsak, N., & Chotikhun, A. (2007). Properties of some bamboo culms planted at the Royal agriculture station Ankhang. *Thai Journal of Forestry*, 26, 68-74. (in Thai)
- Laosakul, S., Boonsermsuk, S., & Sungkaew, S. (2014). *Bamboos in Queen Sirikit park*. Bangkok: Forest research and development office, Royal Forest Department. (in Thai)
- Liese, W. (1998). *The Anatomy of Bamboo Culms*. Beijing: Art Options.
- Mustafa, M. T., Wahab R., Sudin, M., Sulaiman, O., Kamal, N. A. M., & Khalid, I. (2011). Anatomical and microstructures features of tropical bamboo *Gigantochloa brang*, *G. levis*, *G. scotechinii* and *G. wrayi*. *International Journal of Forest, Soil and Erosion*, 1(1), 25-35.
- Park, S. H., Jang, J. H., Wistara, N. J., Hidayat, W., Lee, M., & Febrianto, F. (2018). Anatomical and physical properties of Indonesian bamboos carbonized at different temperatures. *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 46(6), 656-669.
- Sharma, B., Gattoo, A., Bock, M., & Ramage, M. (2015). Engineered bamboo for structural applications. *Construction and Building Material*, 81, 66-73.
- Siam, N. A., Uyup, M. K. A., Husain, H., Mohmod, A. L., & Awalludin, M. F. (2019). Anatomical, physical and mechanical properties of thirteen Malaysian bamboo species. *Bioresources*, 14(2), 3925-3943.
- Sungkaew, S., Teerawatananon, A., & Jindawong, K. (2011). *Bamboo of Thailand*. Bangkok: Amarin Printing & Publishing Public Co., Ltd. (in Thai)
- Zakikhani, P., Zahari, R., Sultan, M. T. H., & Majid, D. L. (2017). Morphological, mechanical and physical properties of four bamboo species. *Bioresources*, 12(2), 2479-2495.

Research article

Comparative culms anatomical and properties of 4 bamboos from Kanchanaburi Province

Benchawon Chiwapreecha^{1*} Kadsaraporn Chanprasert¹
and Chaimongkol Kongpakdee²

¹ Department of Biology, Faculty of Science, Burapha University, Chonburi, 20131

² Department of Microbiology, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok, 10900

ARTICLE INFO
Article history

Received: 30 May 2022

Revised: 23 June 2022

Accepted: 14 July 2022

Online published: 1 September 2022

Keyword

Bamboo culm

Anatomical

Vascular bundle

Physical properties

Mechanical properties

ABSTRACT

The aim of this study was to investigate wood anatomy and wood properties. The collection of four bamboo culms including *Dendrocalamus brandisii* (Munro) Kurz, *Dendrocalamus copelandii* (Gamble ex Brandis) N.H. Xia & Stapleton, *Gigantochloa auriculata* Kurz and *Schizostachyum pergracile* (Munro) R.B. Majumdar was made from Plant Genetic Protection Area of RSPG, Vajiralongkorn Dam, Thong Pha Phum district, Kanchanaburi province. The specimens were prepared by sliding microtome and were examined under light microscope. Wood density and modulus of rupture were determined on conditioned at 11 % relative humidity following as ISO standards. The results show that the vascular bundles of *D. brandisii*, *D. copelandii* and *G. auriculata* were classified under Type III (broken-waist type) but the bundle size were different depending on the species while *S. pergracile* was Type II (tight-waist type). The highest density was found in *G. auriculata* and followed by *S. pergracile*, *D. brandisii* and *D. copelandii*, (0.8367, 0.7533, 0.6533, 0.4833 g/cm³) respectively. The modulus of rupture of *S. pergracile* was the highest followed by *G. auriculata*, *D. brandisii* and *D. copelandii*, (212.333, 192.550, 164.083, 102.570 MPa) respectively. However, multiple comparison test found that *S. pergracile* and *G. auriculata* with excellent density followed by *D. brandisii*. This results indicated that *S. pergracile* and *G. auriculata* are more suitable for many construction applications such as plywood, laminated wood or oriented strand board.

*Corresponding author

E-mail address: benchawon@buu.ac.th (B. Chiwapreecha)

Online print: 1 September 2022 Copyright © 2022. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. <https://doi.org/10.14456/paj.2022.15>