

30. ความผันแปรในความยาวเส้นใยไม้กระถินเทพา¹
**VARIATION IN FIBER LENGTH
OF ACACIA MANGIUM**

บทคัดย่อ

การศึกษาสัณฐานเส้นใยของไม้กระถินเทพา อายุ 19 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัยสะแกราช จังหวัดนครราชสีมา เพื่อศึกษาความผันแปรความยาวของเส้นใยของเนื้อไม้และขนาดของเส้นใยไม้ ผลการศึกษาพบว่าความยาวเส้นใยของเนื้อไม้เฉลี่ย 0.98 - 1.00 มิลลิเมตร ความยาวของเส้นใยเนื้อไม้มีความแตกต่างกันระหว่างต้นและระยะห่างจากใจไม้ แต่ระหว่างระดับความสูงและระหว่างแนวรัศมีมีความแตกต่างกันน้อย เมื่อพิจารณาเส้นใยของเนื้อไม้เพื่อใช้ผลิตกระดาษ เส้นใยมีผนังเซลล์บางทำให้เส้นใยประสานกันได้ดี กระดาษที่ผลิตได้จะได้กระดาษแผ่นเรียบ มีความต้านทานแรงดึง แรงดันทะลุ และแรงพับขาดค่อนข้างสูง แต่ค่าความต้านทานแรงฉีกขาดค่อนข้างต่ำ

คำหลัก : ความยาวเส้นใย แนวรัศมีที่ตั้งฉาก ระดับความสูงของไม้ ระยะห่างจากใจไม้ถึงเปลือก

ABSTRACT

Study on the variation in fiber length of *Acacia mangium* age 19 years from Sakaerat silvicultural station, To compare the variation of fiber within single culm, i.e. between height, radius and distance from axial direction. The unweighted means of fiber length of culm ranged form 0.98 - 1.00 mm. All sources of fiber length : i.e culm, height, radius and axial were low. To consider as raw material for paper production, fiber has thin wall and good fiber bonding. Paper produced has rather good smoothness, tensile strength, burst strength and folding endurance but rather low tear strength.

Keywords : Length of fiber, Radius of perpendicular, Altitude from ground, Altitude from heartwood to bark.

¹ เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์ วรรณ อุ่นจิตติชัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

และวิวัฒน์ อรรถพานุรักษ์ สถาบันคั้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ



คำนำ

เส้นใยไม้มีลักษณะทรงกระบอกกลวงยาวปลายแหลม ความแตกต่างของเส้นใยขึ้นกับชนิดไม้ เช่น ไม้ใบกว้าง (hardwoods) ไม้ใบแคบ (softwoods) พืชเส้นใยอื่นๆ เป็นต้น จะมีความยาว ความกว้าง ความหนาผนังเซลล์ และความยืดหยุ่นของเส้นใยแตกต่างกันไป ซึ่งมีผลต่อการผลิตเยื่อกระดาษ ต้นไม้ที่จะนำมาผลิตเยื่อต้องมีเส้นใยเพียงพอ และต้องดูความเหมาะสมของเส้นใยด้วย เส้นใยของไม้ต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป นักวิจัยด้านเยื่อกระดาษต้องมีความรู้เรื่องเส้นใยของไม้ที่นำมาใช้ผลิตเยื่อกระดาษด้วย จึงจำเป็นต้องศึกษาพื้นฐานเส้นใยของไม้ที่นำมาผลิตเยื่อกระดาษ (Casey, 1980) เส้นใยของไม้ใบกว้างจะสั้นและบางกว่าเส้นใยของไม้ใบแคบ พวกสนสนูปูซเฟอร์ มีความยาวเส้นใยประมาณ 3 – 4 มิลลิเมตร ไม้ใบกว้างมีความยาวเส้นใยประมาณ 0.6 - 1.3 มิลลิเมตร (Bucher and Widerkehr-Scher, 1948) ความยาวของเส้นใยมีผลต่อแรงดึงขาดและความหนาแน่นของกระดาษแต่ไม่มีผลต่อแรงฉีกขาด (McKenzie, 1994)

ไม้กระถินเทพาเป็นพันธุ์ไม้พื้นเมืองของประเทศออสเตรเลีย เจริญเติบโตได้ดีในดินที่ไม่ค่อยดีมากนัก เช่น พื้นที่ที่ถูกรบกวนหรือโค่นไฟไหม้ ที่ซึ่งเป็นดินลูกรังหรือที่ซึ่งผ่านการทำไร่เลื่อนลอย มีความสามารถในการผลิตปมที่รากช่วยปรับปรุงดิน ขึ้นได้ดีในสภาพที่เป็นกรด เจริญเติบโตเร็ว ให้ผลผลิตสูงเป็นไม้ที่มีการปลูกป่าเศรษฐกิจอย่างจริงจังในประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซียและเวียดนาม ในประเทศไทยมีการปลูกเพื่อศึกษาหลายแห่ง เช่น ที่สวนสมเด็จพระเจ้าพี่นางเธอ เจ้าฟ้ากัลยาณิวัฒนา กรมหลวงมหามยุจินทร์ อำเภอบางบาล จังหวัดพระนครศรีอยุธยา จังหวัดชุมพร ที่ภูหลวง อำเภอปักธงชัย จังหวัดนครราชสีมา สถานีวนวัฒนวิจัยสระแก้ว จังหวัดนครราชสีมาและสถานีปลูกพรรณไม้ห้วยทา อำเภอนำเกลี้ยง จังหวัดศรีสะเกษ เนื้อไม้นำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง เช่น ทำไม้แปรรูป ทำเครื่องเรือน วงกบประตูหน้าต่าง ปอกเป็นไม้วีเนียร์ ทำแผ่นปาร์ติเกิลบอร์ด เป็นไม้แบบก่อสร้าง นอกจากนี้ยังใช้เป็นไม้ฟืนได้ดีเพราะมีความหนาแน่นและค่าความร้อนสูง การทดลองนี้เพื่อศึกษาพื้นฐานเส้นใยของไม้กระถินเทพาอายุ 19 ปี จากสถานีวนวัฒนวิจัยสระแก้ว จังหวัดนครราชสีมา จำนวน 5 ต้น คือ ต้นเบอร์ 167 252 280 290 และ 294 เพื่อศึกษาความผันแปรต่างๆ ของความยาวเส้นใยเนื้อไม้เปรียบเทียบระหว่างระดับความสูงจากพื้นดิน 3 ระดับ คือ ที่ 1 เมตร 6 เมตร และ 11 เมตร ระหว่างแนวรัศมีในแต่ละระดับความสูงจากพื้นดิน 4 แนว ซึ่งตั้งฉากกันระหว่างระยะห่างจากใจไม้ของต้นไม้เดียวกัน และศึกษาปฏิกิริยาสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในปัจจัยดังกล่าวและศึกษาขนาดเส้นใยของเนื้อไม้เพื่อดูความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษ

การวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานหรือชุดโครงการวิจัยคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้สวนป่าเศรษฐกิจสกุล *Acacia*



วิธีการศึกษา

การศึกษาพื้นฐานเส้นใยของไม้กระถินเทพา ทั้งความผันแปรของความยาวเส้นใยเนื้อไม้ ขนาดของเส้นใยในส่วนของความยาว ความกว้าง ความหนาผนังเซลล์ และความกว้างลูเมน มีวิธีการศึกษาดังนี้

1. การคัดเลือกไม้กระถินเทพา

โดยคัดเลือกไม้กระถินเทพา อายุ 19 ปี จำนวน 5 ต้น คือ ต้นเบอร์ 167 252 280 290 และ 294

2. การเก็บตัวอย่าง

ทำเครื่องหมายบนไม้กระถินเทพาที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 1 เมตร 6 เมตร และ 11 เมตร แล้วเลื่อยเป็นแวนไม้ที่มีความหนา 10 เซนติเมตรของแต่ละระดับความสูง

3. การเตรียมชิ้นไม้ทดลอง

3.1 แบ่งแวนไม้เป็นสองซีกแล้วนำมาเลื่อยออกข้างละ 3.5 เซนติเมตร ให้เหลือความหนาเพียง 3 เซนติเมตร

3.2 แบ่งไม้ครึ่งแวนออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆ กัน จะได้ 4 ส่วน

3.3 หามตำแหน่งชิ้นไม้ทดลองบนเส้นแบ่งครึ่งในไม้แต่ละส่วนตรง 10 30 50 70 และ 90% ของระยะจากใจไม้ถึงเปลือกไม้

3.4 เลื่อยและผ่าไม้แต่ละเลี้ยว ตามตำแหน่งที่ทำเครื่องหมายไว้ในข้อ 3.3 ให้ได้ชิ้นไม้ทดลองตำแหน่งละ 3 ชิ้น ซึ่งมีขนาดเท่ากับก้านไม้ขีดไฟและสูง 2.5 เซนติเมตร สำหรับการหาความยาวของเส้นใย

3.5 เก็บไม้ชิ้นเล็กๆ ขนาดเท่ากับก้านไม้ขีดไฟและสูง 2.5 เซนติเมตรไว้ในขวดไม้ให้ปะปนกัน

4. การวัดลักษณะเส้นใยไม้

4.1 นำชิ้นไม้ชิ้นเล็กในขวด จากข้อ 3.5 มาเติมน้ำกลั่นให้ท่วมชิ้นไม้ทดลอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนกระทั่งชิ้นไม้ทดลองจม

4.2 เทน้ำออกจากขวดทดลองแล้วเติมกรด CH_3COOH และ H_2O_2 ในอัตราส่วน 1:1 ให้ท่วมชิ้นไม้ทดลอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จนกระทั่งชิ้นไม้ทดลองเป็นสีขาว

4.3 เทกรดออกจากขวดทดลอง แล้วล้างชิ้นไม้ทดลองด้วยน้ำกลั่นให้ปราศจากกรด แล้วเติมน้ำกลั่นลงในขวดให้ท่วมชิ้นไม้ทดลอง ปิดฝาเก็บไว้เพื่อนำไปวัดความยาวของเส้นใยต่อไป



4.4 วัดขนาดสัณฐานเส้นใยไม้ นำชิ้นไม้ทดลองออกจากขวดทดลอง แล้วใส่ลงในหลอดทดลอง ขนาดกลางเติมน้ำกลั่นประมาณ 2/3 ของหลอด เขย่าจนชิ้นไม้ทดลองแยกตัวออกเป็นเส้นใยเล็กๆ วัดขนาด ความยาวเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ จำนวน 25 เซลล์ต่อสไลด์ รวม 2 สไลด์ เท่ากับ 50 เซลล์ แต่ละสไลด์ให้สุ่ม ตัวอย่างจากการวัดขนาดความยาวของเส้นใยเพื่อวัดเส้นที่ 13 และ 38 สำหรับวัดขนาดความกว้างลูเมนและความหนาของผนังเซลล์ของเส้นใยด้วย

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลของความยาวเส้นใยของเนื้อไม้มาพิจารณาองค์ประกอบของความผันแปรที่เกิดจากทั้งหมด หรือเฉพาะส่วนที่สุ่มเลือกมาโดยแสดงเป็นค่าความผันแปรแท้จริงและเป็นค่าร้อยละของความผันแปร จึงจะสรุปค่าเฉลี่ยของแต่ละต้น แต่ละระดับความสูงจากพื้นดินและแต่ละระยะที่ห่างจากใจไม้พร้อมค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานด้วย

6. การคำนวณ

นำข้อมูลการวัดขนาดเส้นใยที่เกี่ยวกับความยาว ความกว้างลูเมน และความหนาของผนังเซลล์มาคำนวณ Runkel ratio Flexibility coefficient Slenderness ratio Wall fraction (%) ซึ่งเป็นอัตราส่วนสองเท่าของความหนาของผนังเซลล์กับลูเมน ลูเมนกับความกว้างของเส้นใย ความยาวกับความกว้างของเส้นใย อัตราส่วนสองเท่าของความหนาของผนังเซลล์คูณด้วย 100 กับความกว้างของเส้นใยตามลำดับ

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้

ความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพา มีความแตกต่างกันไปตามแหล่งของความผันแปร

ตารางที่ 1. ความผันแปรและการพิจารณาองค์ประกอบของความผันแปรของความยาวเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพา

แหล่งของความผันแปร	องศาอิสระ	อัตราส่วนค่าเฉลี่ยกำลังสอง
ลำต้น (C)	4	14.34**
ความสูง (H)	2	0.17 ^{ns}
C x H	8	1.59 ^{ns}
รัศมี (R)	45	0.45 ^{ns}
ตำแหน่ง (P)	4	80.05*



C x P	16	0.29 ^{ns}
H x P	8	0.8 ^{ns}
C x H x P	32	0.28 ^{ns}

ความคลาดเคลื่อน 180

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

* มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ

ความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพา ปรากฏผลวิเคราะห์ความผันแปรและองค์ประกอบของความผันแปรในตารางที่ 1 และแสดงค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของแต่ละต้นแต่ละระดับความสูงของต้นไม้จากผิวดิน แต่ละแนวรัศมีซึ่งตั้งจาก 4 แนวของต้นและแต่ละตำแหน่งของระยะห่างจากใจไม้ ตารางที่ 2 3 และ 4 พร้อมการแสดงลักษณะการผันแปรตามระดับความสูงของต้นไม้จากผิวดิน ตามภาพที่ 1 ตามแนวรัศมีซึ่งตั้งจากกับ 4 แนว ตามภาพที่ 2 และตามระยะห่างจากใจไม้ ตามภาพที่ 3 ตารางที่ 2. ค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการเปรียบเทียบความยาวเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพา ในการพิจารณาตามระดับความสูง

ความสูง (เมตร)	ความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ (มิลลิเมตร)
1	1.04
6	1.03
11	1.03
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	0.00271

ตารางที่ 3. ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการเปรียบเทียบความยาวเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพา กรณีพิจารณาแต่ละแนวรัศมีซึ่งตั้งจากกัน 4 แนวของต้น

แนวรัศมี	ความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ (มิลลิเมตร)
1	1.05
2	1.02
3	1.02
4	1.03



ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน

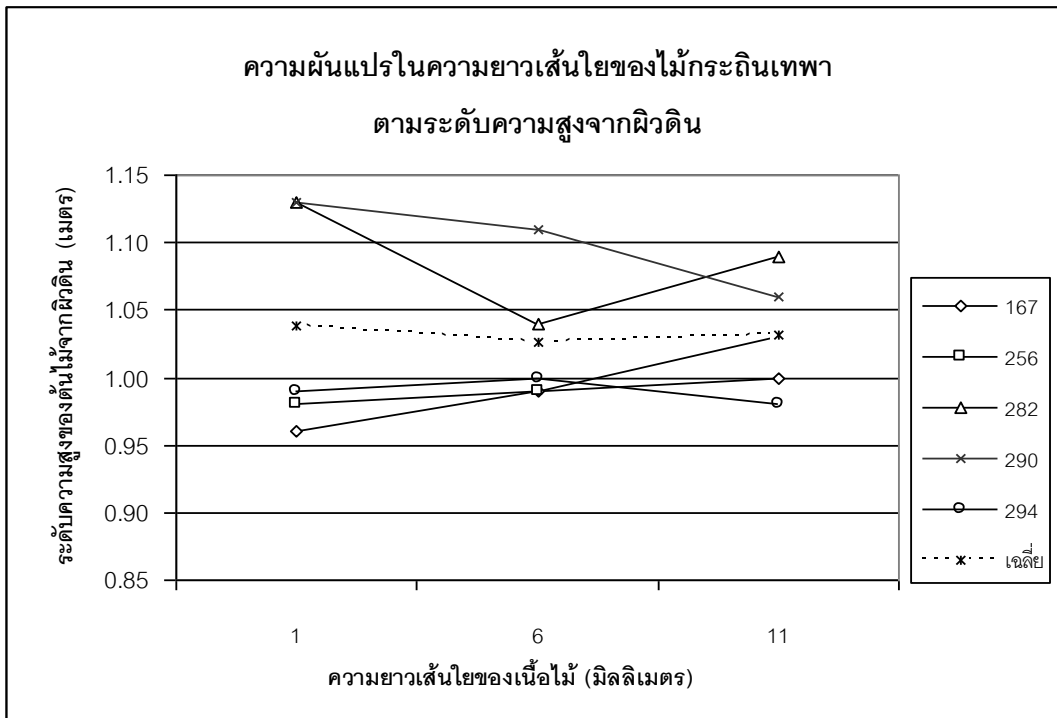
0.0194

ตารางที่ 4. ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการเปรียบเทียบความยาวเส้นใยของเนื้อไม้
กระดิ่งเทพา แต่ละตำแหน่งของระยะห่างจากใจไม้

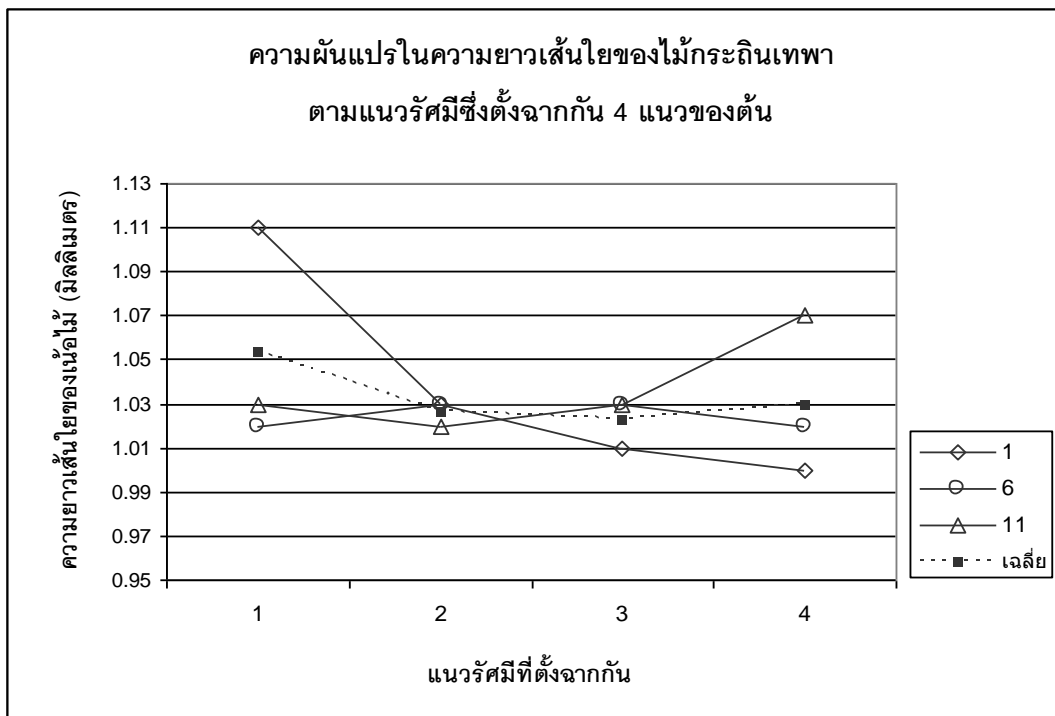
ตำแหน่ง (ร้อยละ)	ความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ (มิลลิเมตร)
10	0.89
30	0.97
50	1.05
70	1.11
90	1.15
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	0.0421

ตารางที่ 5. ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการเปรียบเทียบความยาวเส้นใยของเนื้อไม้กระดิ่ง
เทพา ในการพิจารณารายต้น

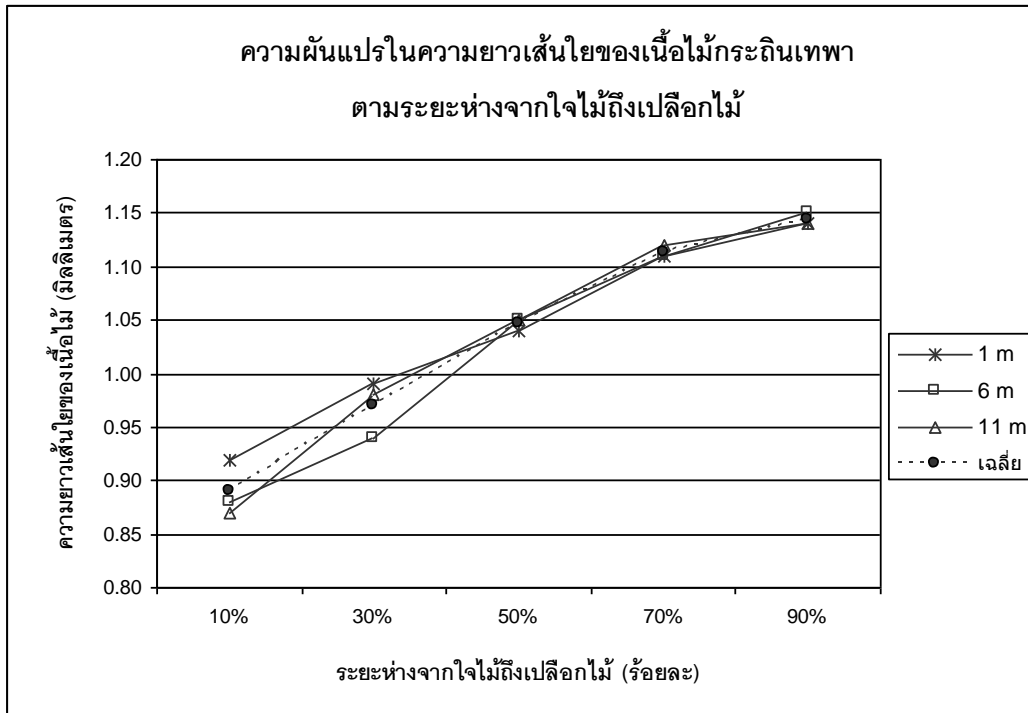
ขนาดลำต้น	ความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ (มิลลิเมตร)
167	0.98
256	1.00
282	1.08
290	1.10
294	0.99
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	0.0223



ภาพที่ 1. ความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพา จำนวน 3 ขนาดลำต้น ตามระดับความสูงของต้น ไม้จากผิวดิน



ภาพที่ 2. ความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพา จำนวน 3 ขนาดลำต้น ตามแนวรัศมีซึ่งตั้งฉากกัน 4 แนวของต้น



ภาพที่ 3. ความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพาจำนวน 3 ขนาดลำต้น ตามระยะห่างจากใจไม้ถึงเปลือกไม้

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าความผันแปรในความยาวเส้นใยของไม้กระถินเทพา ปัจจัยปฏิบัติการสัมพันธ์ระหว่าง C (ลำต้น) \times H (ความสูง) \times P (ตำแหน่ง) $C \times H$ $C \times P$ และปัจจัย R (รัศมี) เป็นปัจจัยสุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัยปฏิบัติการสัมพันธ์ระหว่าง $H \times P$ และปัจจัย H เป็นปัจจัยคงที่ที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัย P เป็นปัจจัยคงที่ที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัย C เป็นปัจจัยสุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จึงพิจารณาเป็น 2 ประเด็น

1.1 ความผันแปรภายในต้น

ปัจจัยปฏิบัติการสัมพันธ์ระหว่าง $C \times H$ แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ และปัจจัย H แสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ที่ระดับความสูง 3 ระดับจากผิวดินในแต่ละต้นไม่มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 1

ความผันแปรในแนวรัศมีมีปัจจัย P แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ตามระยะห่างจากใจไม้มีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 4 และภาพที่ 3

1.2 ความผันแปรระหว่างต้น



ความผันแปรความยาวเส้นใยของเนื้อไม้มีความแตกต่างกันระหว่างต้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต้นที่ 167 มีความยาวเส้นใยต่ำสุด 0.98 มิลลิเมตร ต้นที่ 290 มีความยาวเส้นใยสูงสุด 1.1 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 2

2. ผลการศึกษาขนาดเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพา

ผลการศึกษาสัณฐานเส้นใยของไม้กระถินเทพาโดยการวัดและประเมินศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6. ขนาดเส้นใยของไม้กระถินเทพา และค่าที่เกี่ยวข้อง

รายการ	ขนาดเส้นใยของเนื้อไม้และค่าที่เกี่ยวข้อง		
	ลำต้นขนาดใหญ่	ลำต้นขนาดกลาง	ลำต้นขนาดเล็ก
ความยาวเส้นใยเฉลี่ย (มม.)	1.04	1.03	1.03
ความกว้างเส้นใยเฉลี่ย (ไมครอน)	21.00	19.50	19.70
ความกว้างลูเมน (ไมครอน)	10.80	9.40	9.60
ความหนาผนังเซลล์ (ไมครอน)	5.10	5.00	5.10
Runkel ratio	0.94	1.06	1.06
Flexibility coefficient	0.51	0.48	0.49
Slenderness ratio	49.69	52.21	52.42
Wall fraction (%)	48.57	51.82	51.77

เส้นใยของไม้กระถินเทพาจัดเป็นพวกเส้นใยสั้น มีความยาวเส้นใยเฉลี่ย 1.00 มิลลิเมตร ความกว้างเส้นใยเฉลี่ย 20.00 ไมครอน ความกว้างลูเมนเฉลี่ย 10.00 ไมครอน ค่า Runkel ratio เฉลี่ย 1 แสดงว่าเส้นใยมีผนังเซลล์บางทำให้เส้นใยประสานกันได้ดี เมื่อนำมาผลิตกระดาษจะได้กระดาษแผ่นเรียบ (Casey,1980) ค่า Flexibility coefficient เฉลี่ย 0.5 นำมาทำกระดาษได้ดี ทำให้กระดาษมีค่าความต้านทานแรงดึง แรงดันทะลุ และแรงพับขาดค่อนข้างสูง ค่า Slenderness ratio น้อยกว่า 75 แสดงว่าค่าความต้านทานแรงฉีกขาดต่ำ ค่า Wall fraction น้อยกว่า 50% ทำให้เยื่อกระดาษมีเส้นใยประสานกันดี กระดาษจึงมีความต้านทานต่อแรงดึงและแรงดันทะลุสูง



สรุปผล

การศึกษาสัณฐานเส้นใยของเนื้อไม้กระถินเทพา เพื่อใช้เป็นมูลพื้นฐานในการพิจารณาคุณภาพของเนื้อไม้เพื่อการนำเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม ไม้กระถินเทพามีความยาวเส้นใยเฉลี่ย 1.00 มิลลิเมตร โดยที่ค่าความยาวเส้นใยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างต้นและระยะห่างจากใจไม้ แต่ระหว่างปฏิกิริยาสัมพันธ์ของความสูงกับต้นระหว่างระดับความสูงและระหว่างแนวรัศมีมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อพิจารณาเส้นใยของเนื้อไม้เพื่อใช้ผลิตกระดาษเส้นใยมีผนังเซลล์บางทำให้เส้นใยประสานกันดี และเมื่อนำมาผลิตกระดาษจะได้กระดาษแผ่นเรียบ มีความต้านทานแรงดึง แรงดันทะลุและแรงพับขาด ก่อนข้างสูงแต่ค่าความต้านทานแรงฉีกขาดก่อนข้างต่ำ

เอกสารอ้างอิง

- Bucher, H. and Widerkehr-Scher, L.P. 1948. Morphology and Structure of Wood Fibers. Research on Laboratories of the Cellulosefabrik Attisholz. AG. Switzerland.
- Casey, J.P. 1980. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. 3Ed. Vol.1. A Wiley- Interscience Publication. John Wiley & Sons. Inc. New York, U.S.A.
- McKenzie, AW. 1994. A guide to pulp evaluation. CSIRO. Australia.