



17. ความผันแปรในความยาวเส้นใยไม้ *Acacia aulacocarpa*¹

VARIATION IN FIBER LENGTH OF *ACACIA AULACOCARPA*

บทคัดย่อ

การศึกษาความผันแปรในความยาวเส้นใยของไม้ *Acacia aulacocarpa* อายุ 17 ปี จากสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ทรายทอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 3 ขนาดลำต้น คือ ลำต้นใหญ่ ลำต้นกลาง ลำต้นเล็ก โดยเปรียบเทียบระหว่างลำต้น ความสูง แนวรัศมี 4 แนว และระยะห่างจากใจไม้ของไม้ในต้นเดียวกันในแต่ละต้นวัดความยาวเส้นใยในแนวรัศมี 5 ตำแหน่ง ระหว่างรัศมี 4 แนว และระดับความสูง 5 ระดับ ผลการศึกษาพบว่าความยาวเส้นใยของเนื้อไม้เฉลี่ย 0.94 ถึง 0.98 มิลลิเมตร และความยาวเส้นใยที่แตกต่างกันเกิดจากลำต้น ความสูง แนวรัศมี ระยะห่างจากใจไม้มีความผันแปรน้อยมาก เมื่อพิจารณาสัดส่วนเส้นใยไม้เพื่อใช้ผลิตเยื่อกระดาษ เส้นใยมีผนังเซลล์บางประสานกันได้ดี กระดาษที่ผลิตได้จะได้กระดาษแผ่นเรียบ มีความต้านทานแรงดึงขาดสูง

คำหลัก: ความผันแปร ความยาวของเส้นใยไม้ ไม้อะเคเซีย ออลาโคคาร์ปา

ABSTRACT

Study on the variation in fiber length of *Acacia aulacocarpa* age 17 years from Traitong planting trial station, three sized as large, medium and small culm. To compare the the variation between culm and the variation within single culm, i.e. with high, within radius and within axial direction. Three culms represented in tree sized were used for fiber length study which was measured in 5 position of four radial samples from 5 deferent levels in culm. The unweighted means of fiber length of culm ranged from 0.94 to 0.98 mm. All sources of fiber length variation: i.e.culm, height, radius and axial were low. To consider morphological fiber for pulp production, fiber has thin wall and good fiber bonding which will produce smooth paper with high tensile strength

¹ เพ็ญศรี อติวรรณพัฒน์ วรธรรม อุ่นจิตติชัย สำนักวิจัยและพัฒนาการป่าไม้ กรมป่าไม้

และวิวัฒน์ อรรถพานุรักษ์ สถาบันคั้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ



Keyword: Variation, Fiber length, *Acacia aulacocarpa*

คำนำ

เส้นใยไม้มีลักษณะทรงกระบอกกลวงยาวปลายแหลม ความแตกต่างของเส้นใยขึ้นกับชนิดไม้ เช่น ไม้ใบกว้าง (hardwoods) ไม้ใบแคบ (softwoods) พืชเส้นใยอื่นๆ เป็นต้น จะมีความยาว ความกว้าง ความหนา พลังเซลล์และความยืดหยุ่นของเส้นใยแตกต่างกันไป ซึ่งมีผลต่อการผลิตเยื่อกระดาษ ต้นไม้ที่จะนำมาผลิตเยื่อ ต้องมีเส้นใยเพียงพอ และต้องดูความเหมาะสมของเส้นใยด้วย เส้นใยของไม้ต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติแตกต่างกันไป นักวิจัยด้านเยื่อกระดาษต้องมีความรู้เรื่องเส้นใยของไม้ที่นำมาใช้ผลิตเยื่อกระดาษด้วย จึงจำเป็นต้องศึกษาพื้นฐานเส้นใยของไม้ที่นำมาผลิตเยื่อกระดาษ (Casey, 1980) เส้นใยของไม้ใบกว้างจะสั้น และบางกว่าเส้นใยของไม้ใบแคบ พวกสน สนปูซเฟอร์ มีความยาวเส้นใยประมาณ 3-4 มิลลิเมตร ไม้ใบกว้างมีความยาวเส้นใยประมาณ 0.6-1.3 มิลลิเมตร (Bucher and Widerkehr-Scher, 1948) ความยาวของเส้นใยมีผลต่อแรงดึงขาดและความหนาแน่นของกระดาษ แต่ไม่มีผลต่อแรงฉีกขาด (McKenzie, 1994)

ไม้ *Acacia aulacocarpa* มีถิ่นกำเนิดทางตอนเหนือของประเทศออสเตรเลียและประเทศปาปัวนิวกินี นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยเมื่อปี 2528 เป็นพันธุ์ไม้ที่มีศักยภาพในการนำไปปลูกป่าเศรษฐกิจ เนื่องจากเป็นไม้โตเร็วในเขตร้อน จึงนำไปปลูกได้ในแทบทุกสภาพพื้นที่ในประเทศไทย เป็นพืชตระกูลถั่ว มีความสามารถในการตรึงไนโตรเจนจากอากาศได้ มีคุณสมบัติในการปรับปรุงสภาพดิน เนื้อไม้มีความแข็งแรงทนนำไปใช้ประโยชน์ได้หลายด้านเช่น การก่อสร้าง ทำเฟอร์นิเจอร์ ไม้เชื้อเพลิง ทำเยื่อกระดาษ (วิฑูรย์, 2544 ; สุจิตราและคณะ, 2536 ; Luangviriyasaeng, V. et. al., 1997) การวิจัยนี้เพื่อศึกษาพื้นฐานเส้นใยของไม้ *Acacia aulacocarpa* อายุ 17 ปี จากสถานีทดลองปลูกพรรณไม้ทรายทอง จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จำนวน 3 ขนาดลำต้น คือ ลำต้นขนาดใหญ่ ลำต้นกลาง ลำต้นเล็ก เพื่อศึกษาความผันแปรต่างๆ ของความยาวเส้นใยเนื้อไม้เปรียบเทียบกับระหว่างขนาดลำต้น ระหว่างระดับความสูงจากพื้นดิน 5 ระดับ ระหว่างแนวรัศมีในแต่ละระดับความสูงจากพื้นดิน 4 แนวซึ่งตั้งฉากกัน ระหว่างระยะห่างจากใจไม้ของต้นไม้เดียวกัน และศึกษาปฏิกริยาสัมพันธ์ซึ่งกันและกันในปัจจุบันดังกล่าว และศึกษาขนาดเส้นใยของเนื้อไม้ เพื่อดูความเหมาะสมในการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษ

โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของแผนงานวิจัยคุณสมบัติและการใช้ประโยชน์ไม้สวนป่าเศรษฐกิจสกุล *Acacia*



วิธีการศึกษา

การศึกษาพื้นฐานเส้นใยของไม้ *Acacia aulacocarpa* ทั้งความผันแปรของความยาวเส้นใยเนื้อไม้ ขนาดของเส้นใยในส่วนของความยาว ความกว้าง ความหนาผนังเซลล์ และความกว้างลูเมน มีวิธีดังนี้

1. ตัดเลือกไม้ *Acacia aulacocarpa* อายุ 17 ปี จำนวน 3 ขนาดลำต้น คือ ขนาดใหญ่ ขนาดกลางและ ขนาดเล็กจากแปลงปลูกพันธุ์ไม้

2. การเก็บตัวอย่าง

2.1 หมายตัวอย่างตรงระดับความสูงจากพื้นดิน 0.30 เมตร

2.2 หมายตำแหน่งแวนไม้ในแต่ละต้น ให้เริ่มนับจากตำแหน่งที่หมายไว้ตามข้อ 2.1 เป็นแวนที่ 1 และให้แวนต่อๆ ไป มีระยะห่างกัน 1 เมตร ได้ทั้งหมด 5 แวน แล้วเลื่อยแต่ละแวนที่หมายไว้ให้มีความหนา 10 เซนติเมตร

3. การเตรียมชิ้นไม้ทดลอง

3.1 แบ่งแวนไม้เป็นสองซีกแล้วนำมาเลื่อยออกข้างละ 3.5 ซม. ให้เหลือความหนาเพียง 3 ซม.

3.2 แบ่งไม้ครึ่งแวนออกเป็น 2 เลี้ยวเท่าๆ กัน จะได้ 4 เลี้ยว

3.3 หมายตำแหน่งชิ้นไม้ทดลองบนเส้นแบ่งครึ่งในไม้แต่ละเลี้ยวตรง 10 30 50 70 และ 90% ของระยะจากใจไม้ถึงเปลือกไม้

3.4 เลื่อยและผ่าไม้แต่ละเลี้ยว ตามตำแหน่งที่หมายไว้ในข้อ 3.3 ให้ได้ชิ้นไม้ทดลองตำแหน่งละ 1 ชิ้น ซึ่งมีขนาดเท่ากับก้านไม้ขีดไฟและสูง 1 ซม. สำหรับการหาความยาวของเส้นใย

3.5 เก็บไม้ชิ้นเล็กๆ ขนาดเท่ากับก้านไม้ขีดไฟและสูง 1 ซม. ไว้ในขวดมิให้ปะปนกัน

4. การวัดสัณฐานเส้นใยไม้

4.1 นำชิ้นไม้ชิ้นเล็กในขวด จากข้อ 3.5 มาเติมน้ำกลั่นให้ท่วมชิ้นไม้ทดลอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชม. จนกระทั่งชิ้นไม้ทดลองจมน้ำ

4.2 เทน้ำออกจากขวดทดลองแล้วเติมกรด CH_3COOH และ H_2O_2 ในอัตราส่วน 1:1 ให้ท่วมชิ้นไม้ทดลอง แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 24 ชม. จนกระทั่งชิ้นไม้ทดลองเป็นสีขาว

4.3 เทกรดออกจากขวดทดลอง แล้วล้างชิ้นไม้ทดลองด้วยน้ำกลั่นให้ปราศจากกรด แล้วเติมน้ำกลั่นลงในขวดให้ท่วมชิ้นไม้ทดลอง ปิดฝาเก็บไว้เพื่อนำไปวัดความยาวของเส้นใยต่อไป

4.4 วัดสัณฐานเส้นใยไม้ นำชิ้นไม้ทดลองออกจากขวดทดลอง แล้วใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลางเติมน้ำกลั่นประมาณ 2/3 ของหลอด เขย่าจนชิ้นไม้ทดลองแยกตัวออกเป็นเส้นใยเล็กๆ วัดความยาวเส้นใยด้วยกล้องจุลทรรศน์ จำนวน 25 เซลล์ต่อสไลด์ รวม 2 สไลด์ แต่ละสไลด์ให้สุ่มตัวอย่างจากการวัดหาความยาวของเส้นใยเพื่อวัดเส้นที่ 13 และ 38 สำหรับวัดความกว้างลูเมนและความหนาของผนังเซลล์ของเส้นใยด้วย



5. การวิเคราะห์ข้อมูลความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ แล้วพิจารณาองค์ประกอบของความผันแปรที่เกิดจากทั้งหมด หรือเฉพาะส่วนที่สุ่มเลือกมา โดยแสดงเป็นค่าความผันแปรแท้จริงและเป็นค่าร้อยละของความผันแปร จึงจะสรุปค่าเฉลี่ยของแต่ละต้น แต่ละระดับความสูงจากพื้นดินและแต่ละระยะที่ห่างจากใจไม้ พร้อมค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานด้วย

6. นำข้อมูลการวัดขนาดเส้นใยที่เกี่ยวกับความยาว ความกว้างลูเมน และความหนาของผนังเซลล์มาคำนวณ Runkel ratio flexibility coefficient slenderness ratio wall fraction (%) ซึ่งเป็นอัตราส่วนสองเท่าของความหนาของผนังเซลล์กับลูเมน ลูเมนกับความกว้างของเส้นใย ความยาวกับความกว้างของเส้นใย อัตราส่วนสองเท่าของความหนาของผนังเซลล์คูณด้วย 100 กับความกว้างของเส้นใยตามลำดับ

ผลการศึกษาและวิจารณ์ผล

1. ผลการศึกษาความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้

ความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* มีความแตกต่างกันไปตามแหล่งของความผันแปร

ตารางที่ 1 ความผันแปรและการพิจารณาองค์ประกอบของความผันแปรของความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa*

แหล่งของความผันแปร	องศาอิสระ	อัตราส่วนค่าเฉลี่ยกำลังสอง
ลำต้น (C)	2	7.45**
ความสูง (H)	4	0.94 ^{ns}
C x H	8	31.06**
รัศมี (R)	45	2.30 ^{ns}
ตำแหน่ง (P)	4	8.84**
C x P	8	3.52**
H x P	16	5.67**
C x H x P	32	0.39 ^{ns}

ความคลาดเคลื่อน 180

หมายเหตุ ** มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 99

ns มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ



จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าความผันแปรในความยาวเส้นใยของไม้ *Acacia aulacocarpa* ปัจจัยปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่าง C (ลำต้น) x H (ความสูง) x P (ตำแหน่ง) และปัจจัย R (รัศมี) เป็นปัจจัยสุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัย H x P และปัจจัย P เป็นปัจจัยคงที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัย C x H เป็นปัจจัยสุ่มที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ปัจจัย H เป็นปัจจัยคงที่มีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงพิจารณาเป็น 2 ประเด็น

1. ความผันแปรระหว่างต้น

ขนาดลำต้นใหญ่ ลำต้นกลาง ลำต้นเล็ก มีความยาวเส้นใยเฉลี่ยเท่ากับ 0.96 0.94 และ 0.98 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งจะมีค่าแตกต่างกันขนาดละ 0.02 มิลลิเมตร แสดงให้เห็นว่าไม้อายุเท่ากันแต่มีขนาดลำต้นที่ต่างกันจะมีความยาวเส้นใยแตกต่างกันด้วย

2. ความผันแปรภายในต้นไม้

ปัจจัยปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่าง C x H แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าความยาวเส้นใยตามระดับความสูงจากโคนถึงปลายในแต่ละต้นมีความแตกต่างกัน จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาความยาวของเส้นใยของไม้แต่ละขนาด พบว่า ค่าเฉลี่ยความผันแปรในความยาวเส้นใยตามระดับความสูงจากโคนต้นลดลงและมีความผันแปรที่ส่วนโคนมากกว่าส่วนปลายโดย

ลำต้นขนาดใหญ่และขนาดกลางมีความยาวเส้นใยลดลงถึงส่วนกลางและเพิ่มขึ้นเล็กน้อยตรงส่วนปลาย แต่ลำต้นขนาดเล็กมีความยาวเพิ่มขึ้นเล็กน้อยในส่วนโคนและลดลงเล็กน้อยในส่วนปลาย

ความผันแปรในแนวรัศมีมีปัจจัย P ซึ่งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าความยาวเส้นใยตามระยะห่างจากใจแต่ละแนวมีความแตกต่างกัน ปัจจัยปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่าง C x P แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และปัจจัยปฏิกริยาสัมพันธ์ระหว่าง H x P แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ตามระยะห่างจากใจในแต่ละแนวรัศมี มีความผันแปรโดยจะเพิ่มขึ้นจากด้านในถึงด้านนอกทุกระดับความสูง

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการเปรียบเทียบความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* ในการพิจารณารายต้น

ขนาดลำต้น	ความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ (มิลลิเมตร)
ลำต้นใหญ่	0.96
ลำต้นกลาง	0.94
ลำต้นเล็ก	0.98
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	0.559



ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการเปรียบเทียบความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* ในกรณีพิจารณาระดับความสูงของต้นไม้จากผิวดิน

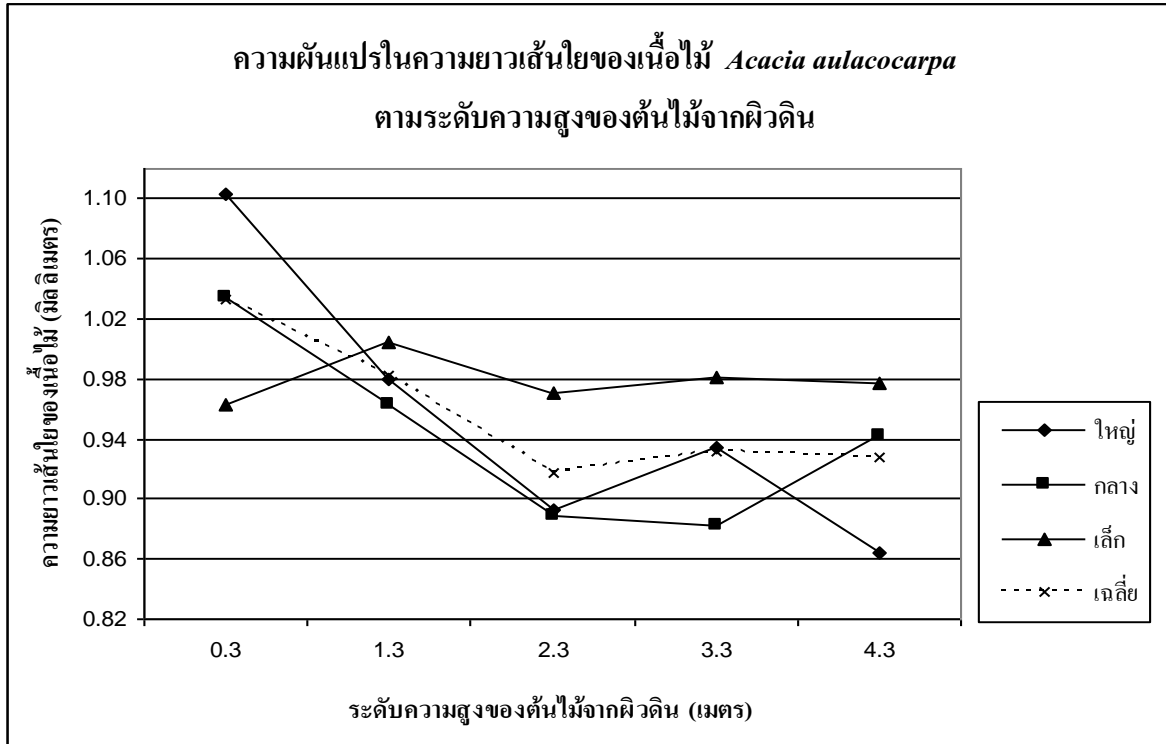
ความสูง (เมตร)	ความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ (มิลลิเมตร)
0.30	0.99
1.30	0.90
2.30	0.88
3.30	0.89
4.30	0.89
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	4.024

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการเปรียบเทียบความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* กรณีพิจารณาแต่ละแนวรัศมีซึ่งตั้งฉากกัน 4 แนวของต้นไม้

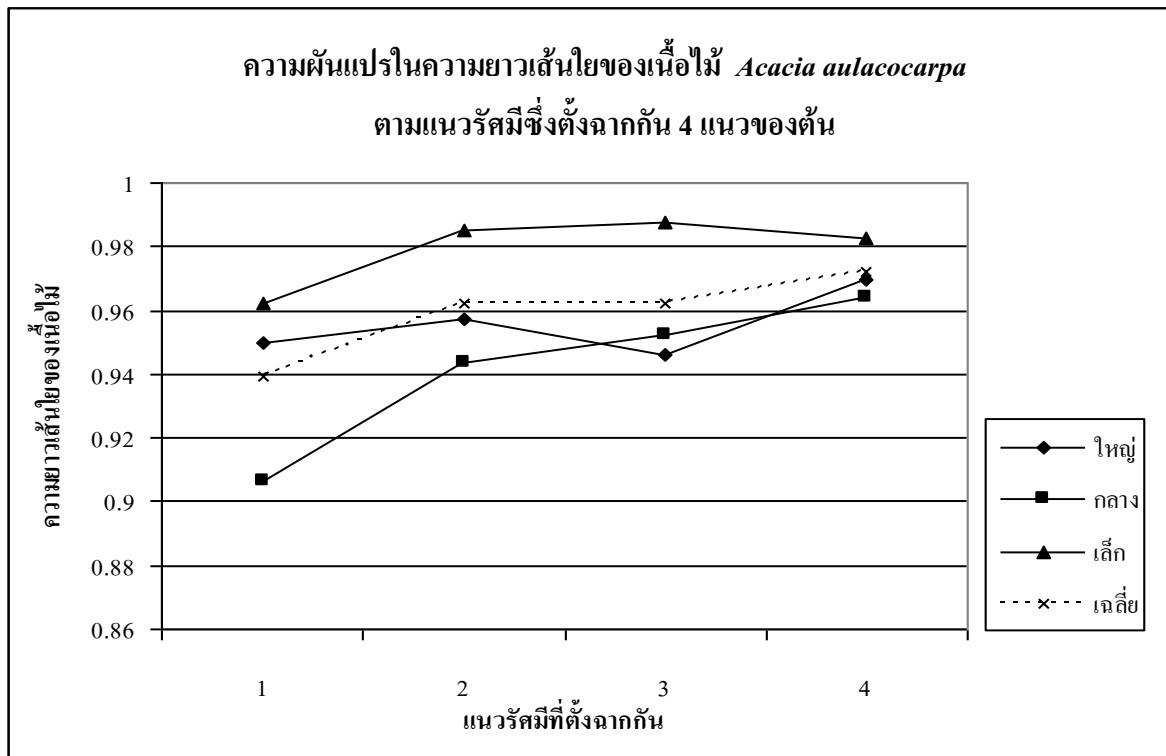
แนวรัศมี	ความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ (มิลลิเมตร)
1	0.90
2	0.92
3	0.92
4	0.93
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	0.425

ตารางที่ 5 ค่าเฉลี่ยและค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการเปรียบเทียบความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* แต่ละตำแหน่งของระยะห่างจากใจไม้

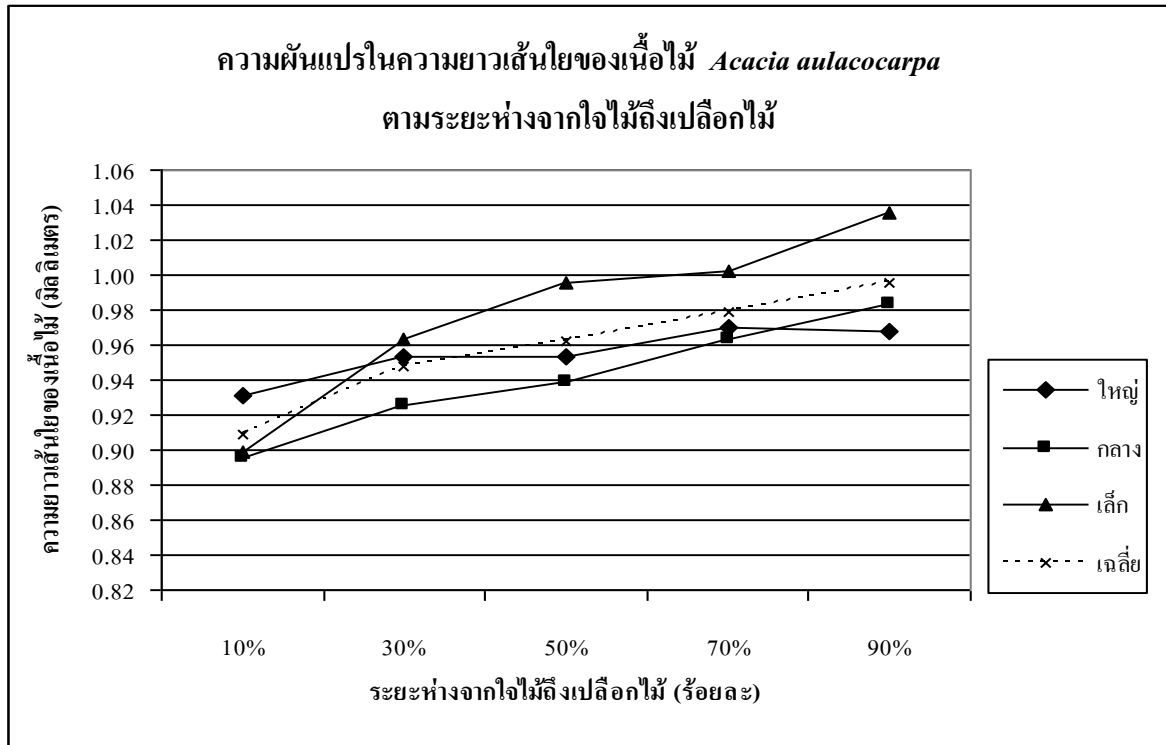
ตำแหน่ง (ร้อยละ)	ความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ (มิลลิเมตร)
10	0.94
30	0.91
50	0.92
70	0.94
90	0.96
ความคลาดเคลื่อนมาตรฐาน	0.89



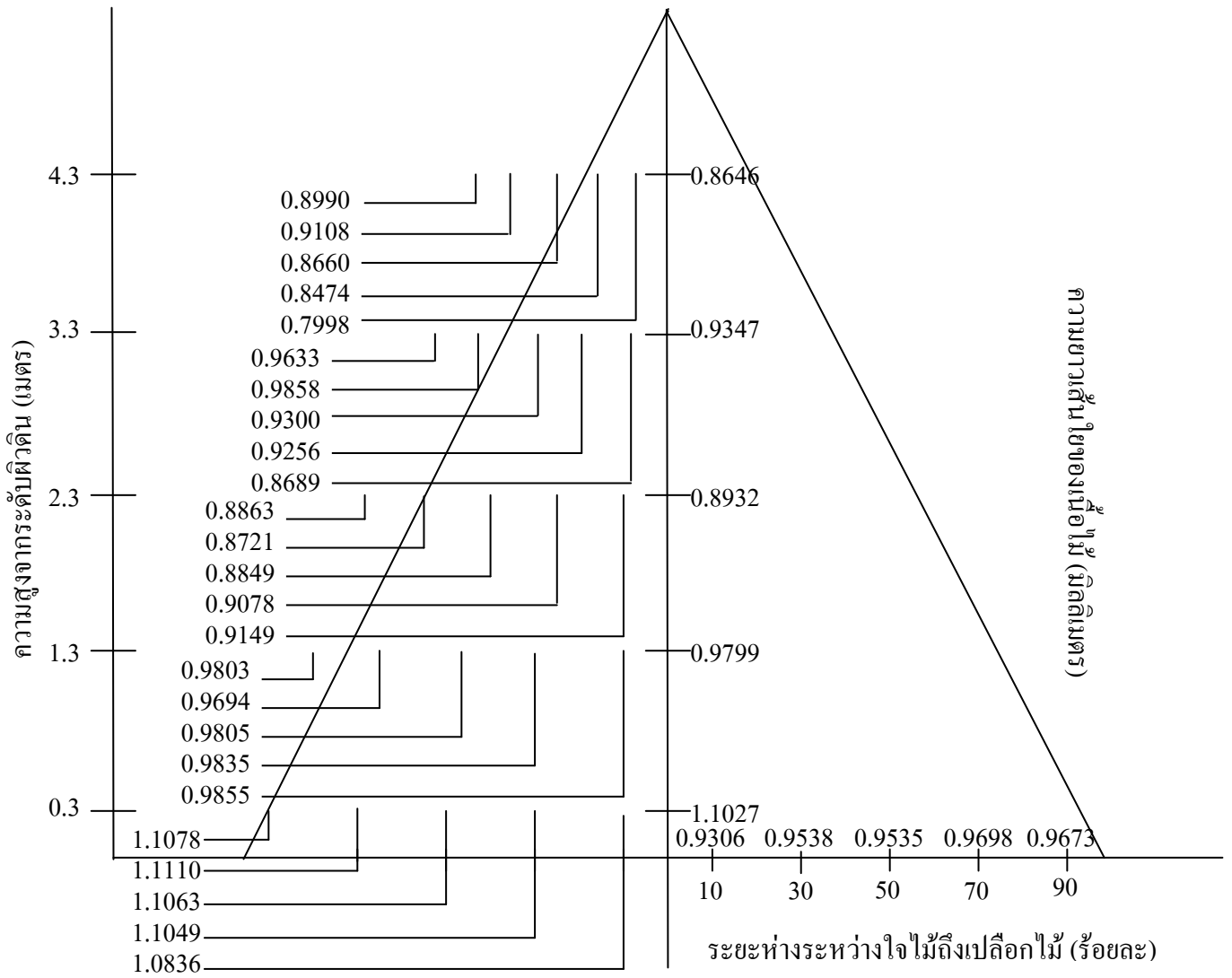
ภาพที่ 1 ความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* จำนวน 3 ขนาดลำต้น ตามระดับความสูงของต้นไม้จากผิวดิน



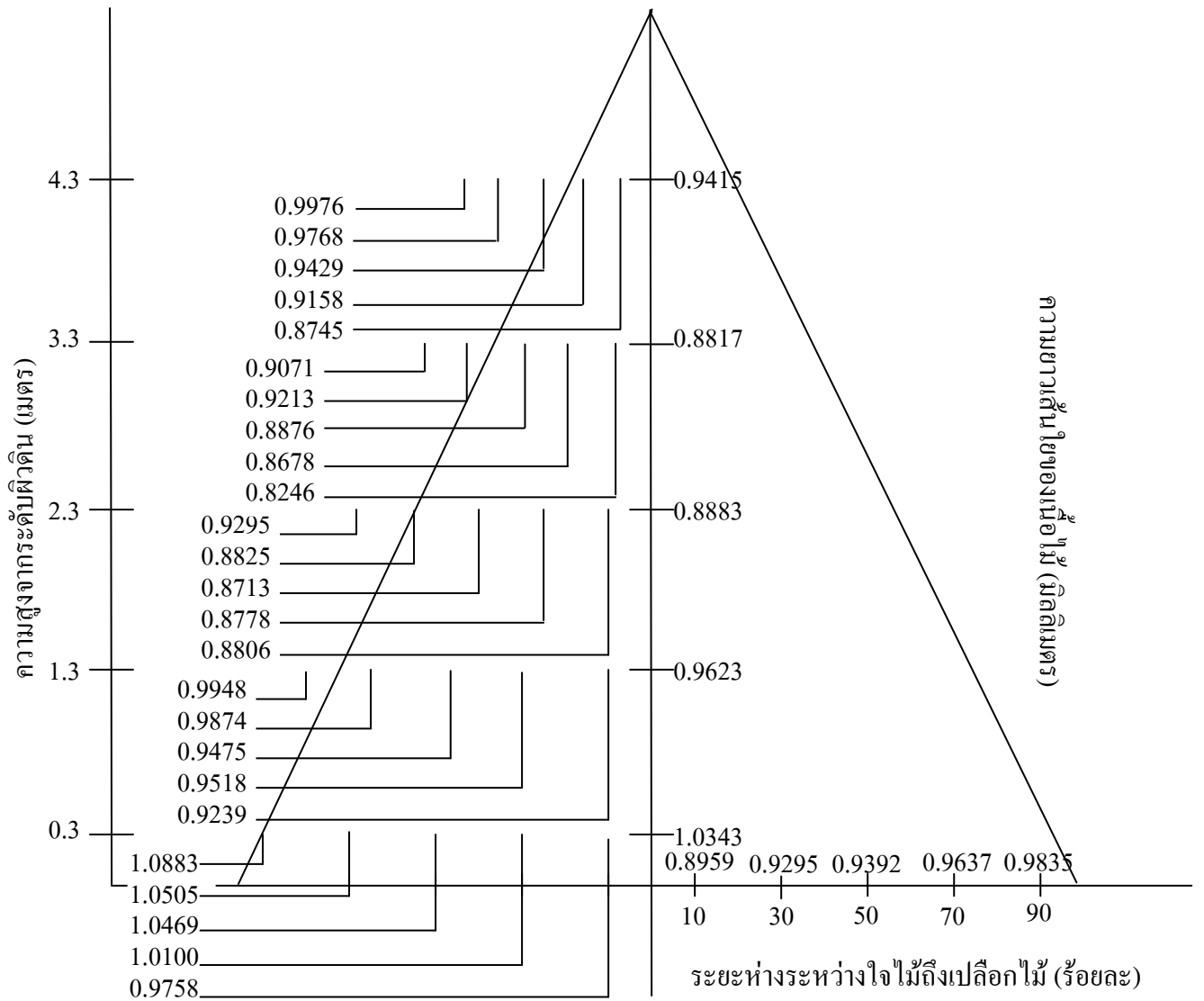
ภาพที่ 2 ความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* จำนวน 3 ขนาดลำต้น ตามแนวรัศมีซึ่งตั้งฉากกัน 4 แนวของต้น



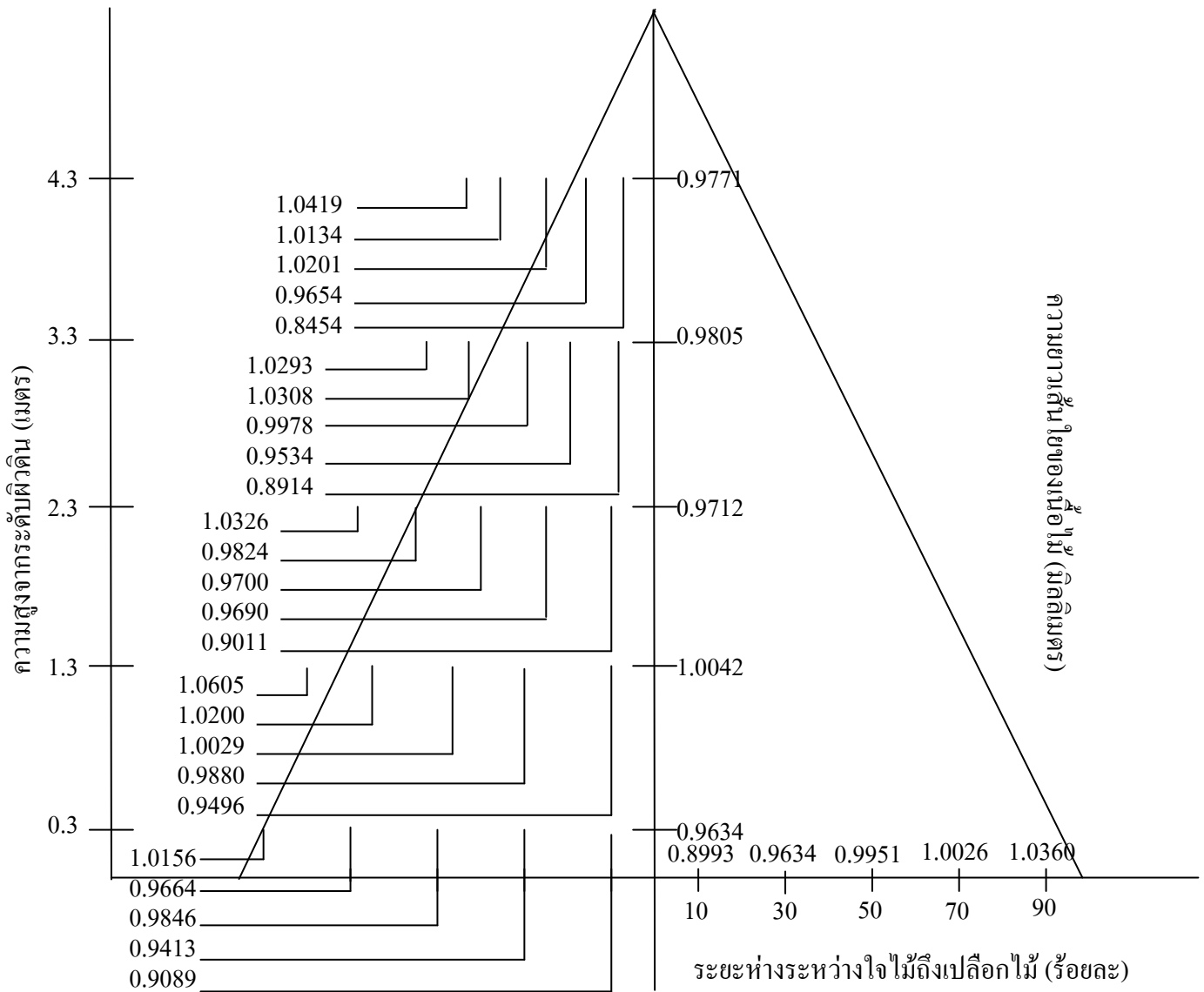
ภาพที่ 3 ความผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* จำนวน 3 ขนาดลำต้น ตามระยะห่างจากใจไม้ถึงเปลือกไม้



ภาพที่ 4 การผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* ภายในลำต้นตามระยะห่างจากใจไม้ ในระดับความสูงของต้นไม้ออกจากพื้นดินถึงระดับความสูง 4.30 เมตร ไม้ลำต้นขนาดใหญ่



ภาพที่ 5 การผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* ภายในลำต้นตามระยะห่าง จากใจไม้ ในระดับความสูงของต้นไม้ จากพื้นดินถึงระดับความสูง 4.30 เมตร ไม้ลำต้นขนาดกลาง



ภาพที่ 6 การผันแปรในความยาวเส้นใยของเนื้อไม้ *Acacia aulacocarpa* ภายในลำต้นตามระยะห่างจาก ใจไม้ในระดับความสูงของต้นไม้ จากพื้นดินถึงระดับความสูง 4.30 เมตร ไม้ลำต้นขนาดเล็ก



2. ผลการศึกษาสัณฐานเส้นใยของไม้ *Acacia aulacocarpa*

ผลการศึกษาสัณฐานเส้นใยของไม้ *Acacia aulacocarpa* โดยการวัดและประเมินศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบผลิตเยื่อกระดาษแสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขนาดเส้นใยของไม้ *Acacia aulacocarpa* และค่าที่เกี่ยวข้อง

รายการ	ขนาดเส้นใยของเนื้อไม้และค่าที่เกี่ยวข้อง		
	ลำต้นขนาดใหญ่	ลำต้นขนาดกลาง	ลำต้นขนาดเล็ก
ความยาวเส้นใยเฉลี่ย (มม.)	0.96	0.94	0.98
ความกว้างเส้นใยเฉลี่ย (ไมครอน)	25.00	22.50	22.00
ความกว้างลูเมน (ไมครอน)	15.00	12.50	12.00
ความหนาผนังเซลล์ (ไมครอน)	5.00	5.00	5.00
Runkel ratio	0.67	0.80	0.83
Flexibility coefficient	0.60	0.56	0.54
Slenderness ratio	38.20	41.84	44.51
Wall fraction, %	40.00	44.44	45.45

จากตารางที่ 6 เส้นใยของไม้ *Acacia aulacocarpa* จัดเป็นพวกเส้นใยสั้นมีความยาวเส้นใย 0.94 ถึง 0.98 มิลลิเมตร ความกว้างเส้นใย 22.00 ถึง 25.00 ไมครอน ความกว้างลูเมน 12.00 ถึง 15.00 ไมครอน ความหนาผนังเซลล์ 5.00 ไมครอน เมื่อพิจารณาค่า Runkel ratio น้อยกว่า 1 แสดงว่าเส้นใยมีผนังเซลล์บ้าง ทำให้เส้นใยประสานกันได้ดี เมื่อนำมาทำกระดาษจะได้กระดาษแผ่นเรียบ (Casey, 1980) ค่า Flexibility coefficient มากกว่า 0.5 เมื่อนำมาทำกระดาษน่าจะมีค่าความต้านทานแรงดึง แรงดันทะลุ และแรงหักพับสูง ค่า Slenderness ratio น้อยกว่า 75 อาจทำให้ค่าความต้านทานแรงฉีกขาดต่ำ ค่า Wall fraction น้อยกว่า 50% ทำให้เยื่อกระดาษมีเส้นใยประสานกันดี ทำให้กระดาษมีความต้านทานต่อแรงดึงและแรงดันทะลุสูง



สรุปผล

การหาความผันแปรในความยาวเส้นใยของไม้ *Acacia aulacocarpa* เพื่อใช้เป็นมูลพื้นฐาน พิจารณาคัดเลือกสายพันธุ์ การเลือกอายุตัดฟัน และความแตกต่างของขนาดลำต้น การเลือกตัดฟันและการนำเนื้อไม้ไปใช้ประโยชน์อย่างเหมาะสม ซึ่งสรุปได้ว่าไม้ *Acacia aulacocarpa* มีความยาวเส้นใยเฉลี่ย 0.94 ถึง 0.98 มิลลิเมตร โดยที่ความยาวเส้นใยของเนื้อไม้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างต้นระหว่างปฏิกริยาสัมพันธ์ของต้นกับความสูงระหว่างตำแหน่ง เมื่อพิจารณาสัณฐานเส้นใยของไม้เพื่อใช้ผลิตกระดาษ เส้นใยมีผนังเซลล์บางประสานกันได้ดี กระดาษที่ผลิตจะได้แผ่นเรียบ มีความต้านทานต่อแรงดึงขาดสูง

เอกสารอ้างอิง

- Bucher, H. and Widerkehr-Scher, L.P. 1948. Morphology and Structure of Wood Fibers. Research on Laboratories of the Cellulosefabrik Attissholz. 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.
- วิบูลย์ เหลืองวิริยะแสง. 2544. การปรับปรุงพันธุ์ไม้เอกคาเซียเพื่อการปลูกป่าเศรษฐกิจ. รายงานการสัมมนาทางวนวัฒนครั้งที่ 7 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร.
- สุจิตรา จางตระกูลและคณะ. 2536. *Acacia aulacocarpa*. เอกสารส่งเสริมการปลูกไม้ป่า. ฝ่ายวนวัฒนวิจัย. กองบำรุง. กรมป่าไม้. กรุงเทพมหานคร.